



# Interreg



## Szlovákia-Magyarország

# Partnerséget építünk

## TANULMÁNYKÖTET

**Szlovákia-Magyarország Együttműködési Program**

**SKHU /1802 / 3.1 / 023 Co-innovation projekt**

*Témavezető: Dr. Szakál Pál*

Mosonmagyaróvár, 2021



# Interreg



## Szlovákia-Magyarország

# Partnerséget építünk

## TARTALOMJEGYZÉK

- I. **STEFANOVITSNÉ DR. BÁNYAI ÉVA:** Antioxidáns / redukáló anyagok, képződése, szerepe, jelentősége az emberi táplálkozásban. Antioxidáns, redukáló hatást mérő vizsgálati módszerek, spektrofotometriás úton történő meghatározása különböző eredeti / friss állapotú ill. feldolgozott kertészeti, mezőgazdasági és élelmiszeripari termékekben. 2-31.
- II. **DR. LIGETVÁRI FERENC:** A klímaváltozás okozta hatások kiküszöbölése, öntözési technológiák kialakítása, alkalmazhatósága különböző növénykultúrák esetében. Öntözővizek hatása a mezőgazdasági termelésre mennyiség, minőség szempontjából 32-133.
- III. **DR. HORNYÁK MARGIT:** Mezőgazdasági és ipari hulladékok hasznosításának jogi szabályozása, kiemelten az EU által támogatott körforgásos gazdálkodás biztosítására. Különböző hulladékok gyűjtése és hasznosítása tápelemenkénti visszapótlás céljából. 134-166.
- IV. **DR. CSATAI RÓZSA:** A gazdaságos növénytaplálás biztosítása megfelelő tápanyagokkal, és azok eredményeinek statisztikai értékelése. A pályázatban felhasznált vegyületek és kísérletek gazdaságossági számításának az elvégzése, statisztikai értékelése. 167-209.
- V. **DR. PLUTZER JUDIT:** Mezőgazdasági felhasználás céljából a vizek, öntözővizek lehetséges fertőzést okozható kórokozók vizsgálata, melyek kihathatnak a biztonságos mezőgazdasági termelés feltételeinek megvalósulására. Szennyeződést okozó hormonok előfordulási lehetőségei és hatásainak vizsgálata. 210-233.
- VI. **DR. HANNUS ISTVÁN:** A természetes és szintetizált zeolitok bemutatása és alkalmazási lehetőségeinek ismertetése, kiemeleten mezőgazdasági célú felhasználás céljából. A szintetizált zeolitok stabilitásának és ioncsere kapacitásának bemutatása, kiemeleten a pályázatban szereplő Zeolon P4-re. 234-274.
- VII. **DR. VARGA-HASZONITS ZOLTÁN:** A klímaváltozás hatása a mezőgazdasági termelésre. Az evapotranszspiráció hatása a növények növekedésére, fejlődésére és produktivitására. Az aszály jelensége és az öntözéses védekezés meteorológiai alapjai. 275-341.
- VIII. **DR. MOLNÁR JUDIT:** Fontosabb funkcionális élelmiszerek bemutatása, táplálkozásban betöltött szerepük. A búzaliszt minőségi előírásai, belőlük előállítható termékek bemutatása, figyelembe véve az ősi búzafajtákat. 342-370.

**Antioxidáns anyagok, képződése, szerepe, jelentősége az emberi táplálkozásban.  
Antioxidáns, redukáló hatást mérő vizsgálati módszerek, spektrofotometriás úton  
történő meghatározása különböző eredeti/friss állapotú, ill. feldolgozott kertészeti,  
mezőgazdasági és élelmiszeripari termékekben.**

**Stefanovitsné Dr. Bányai Éva**

A fogyasztói szokások megváltozásával az egyszerű vásárlók között is egyre nagyobb igényként jelentkezik arra, hogy olyan termékeket vásároljanak, amelyek nem tartalmaznak tartósítószeret, nem szennyezettek a természetstechnológia során bekerült növényvédőszerrel, műtrágyákkal és egyéb, a feldolgozás során felhasznált adalékanyagokkal. Egyes felmérések azt mutatják, hogy a fogyasztók jelentős része az ilyen feltételeknek is megfelelő termékekért még nagyobb árat is szívesen fizetne, természetesen ez nem vonatkozik mindenkire. Felmerülhet a kérdés, hogy miért alakulnak így a fogyasztói szokások?

Folyamatosan egyre több olyan tudományos, és hangsúlyozni kell tudományos háttérrel rendelkező magyar és angol nyelvű cikk jelenik meg, ami eljuthat a fogyasztók nagy részéhez.

A nemzetközi és a hazai adatok alapján jól láthatóan a vezető halálokok között kiemelkedő helyen szerepelnek a szív- és érrendszeri betegségek, valamint a daganatos megbetegedések különböző típusai (KSH, 2011; Eurostat, 2009), mely betegségek kialakulása összefüggésbe hozható a helytelen táplálkozási szokásokkal. Ismert, például, hogy zsírban gazdag élelmiszereket fogyasztunk, nagyon rossz konyhatechnikai műveletekkel készítjük táplálékainkat, füstöléssel, grillezéssel és még több pontban lehetne felsorolni azokat a káros dolgokat, amikkel magunk járunk hozzá az egészségünk romlásához. Ugyanakkor megfigyelték, hogy azokban az országokban, ahol a rostban, a különböző vitaminokban, flavonoidokban és ásványi elemekben gazdag, antioxidáns kapacitással rendelkező zöldségekből és gyümölcsökből sokkal többet fogyasztanak (az ún. mediterrán diéta) ott kimutathatóan kevesebb az említett betegségekben szenvedők aránya. Ennek kapcsán számos,

táplálkozással kapcsolatos ajánlás látott napvilágot, hányszor miből mit és mennyit fogyasszunk, így született meg az USA-ban a napi ötszöri, nálunk a napi háromszori zöldség és gyümölcsfogyasztás hirdetése/ajánlása.

Felmerül a kérdés, mi állhat ezen problémák hátterében. Erre az orvostudomány nagy felfedezése után megismert tudományos ismeretek kapcsán lehet megadni a magyarázatokat. Ekkor, egy tudományos felfedezésnek a kapcsán hozták kapcsolatba az egyes betegségek kialakulását a szervezetben megnövekedett szabadgyökök (szuperoxidgyökök, hidroxilgyökök, szinglet oxigén stb.) ill. molekulák (hidrogén-peroxid, nitrogén-monoxid stb.) mennyiségének megjelenésével. Ennek háttere, hogy 1969-ben (McCord és Fridovich, 1969) kimutatták, hogy az erythrocytein nevű fehérje a szuperoxidgyökök dizmutálását katalizálja. Az, hogy ez a fehérje az emlősállatok szinte minden szövetében előfordul, arra engedett következtetni, hogy a szuperoxidgyökök jelenléte, illetve az általuk előidézett oxidáció komoly veszélyt jelent a sejtek számára. Ezzel vette kezdetét az oxigén szabadgyökök különböző betegségek patogenezisében betöltött szerepének tanulmányozása. Ez a kutatás a mai napig tart és olyan mennyiségű kutatás történt és szakirodalmi eredmény született ezzel kapcsolatban, hogy egy kutató szinte ennek a nagy történetnek csak egy kis szeletét tudja átlátni és kutatásai is specifikus területekre korlátozódnak. Hogy egy kicsit jobban meg lehessen érteni ezeket a folyamatokat először tisztázni kell, hogy mik is ezek a szabad gyökök, milyen káros hatást fejtenek ki az élő szervezetben és lehet-e és ha igen, hogyan védekezni ellenük.

A *szabadgyökök* olyan reaktív oxigén-, vagy nitrogénközpontú molekulák vagy molekularészletek, amelyek párosítatlan elektront tartalmaznak a legkülső elektronhéjukon. Mivel az elektronok párképzésre hajlamosak a magányos elektront tartalmazó molekulák nagy intenzitással keresnek más molekulákat, amelyekről elektronokat vonhatnak el. A nagy reakciókészség miatt rövid életű jellemző rájuk. A reakcióban a szabadgyök megsemmisül (átalakul), ugyanakkor abban a molekulában, amellyel reakcióba lépett jelentős változást/károsodást hoz létre. Ezek alapján nevezi Szabó Csaba találóan „kamikáze molekuláknak” a szabadgyököket (Eltner, 1982; Cadenas, 1989; Szabó, 2006).

Egy kis biokémia. Az élő szervezetben lejátszódó *aerob* energiefelhasználás alapja az oxigén vízzé történő redukálása, ami egy négylépéses reakciósorozat. A sejtben minden ilyen

jellegű folyamat nagy veszéllyel jár, mert az oxigén redukciója a légzési láncban gyakran nem teljes, és így toxikus aktív oxigénformák (AOF) képződhetnek. Maga a folyamat a terminális oxidációhoz és a növények életében még a fotoszintézishez is köthető, ami éretelemszerűen nagyobb veszélyforrást jelent a növények számára. Nem csak itt, hanem egyéb sejtorganellekben, illetve citoplazmatikusan is keletkezhetnek aktív oxigénformák enzimatikus reakciók során. A nem enzimatikus út mellett számos intracelluláris enzim működése is szabadgyökök felhalmozódásával jár (Kehrer és Smith, 1994).

Ezen az anyagcseréhez kötött keletkezések mellett a szabad gyökök az élő szervezetet ért biotikus (vírusok, baktériumok, gombák rovarok) és abiotikus (hő, fény, UV, mechanikai sérülése, gyógyszerek, ipari oldószerek, dohányfüst stb.) stresszhatásokra is indukálódnak.

A teljesség igénye nélkül a legjelentősebb károsító szabad gyökök/molekulák a következők lehetnek. Az O-központú szabad gyökök és nem gyök jellegűek a szinglet oxigén  $^1\text{O}_2$  (nem szabadgyök), szuperoxidgyök ( $\text{O}_2^{\bullet}$ ), hidroxilgyök ( $\text{OH}^{\bullet}$ ), hidrogén-peroxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), míg a N központú vegyületek közé tartozik a nitrogén-monoxid ( $\text{NO}^{\bullet}$ ), a peroxinitrit ( $\text{ONOO}^-$ ), nitrogén-dioxid ( $\text{NO}_2^{\bullet}$ ) és dinitrogén-trioxid ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) (Eltner, 1982; Kehrer és Smith, 1994; Lugasi és Blázovics, 2001).

A szabad gyökök *károsító hatása* az egész szervezetet érintheti. Elsősorban a lipidek (lipidperoxidáció) károsodnak, majd a fehérjékben, szénhidrátokban is károk keletkezhetnek és a legvégén a DNS károsodása révén a sejthalál is bekövetkezik/bekövetkezhethet (Esterbauer és mtsai, 1992; Pryor, 1994; Kamat és mtsai., 2000).

Oxidánsokkal a mindennapi életünkben is találkozhatunk, sokszor nem is gondolunk rá. Ilyen például az aflatoxin (*Aspergillus flavus* gomba anyagcsereterméke) amit földimogyoróval, gabonafélékkel, néha állati eredetű táplálékkal vihetünk be a szervezetünkbe, vagy a nitrátok, nitritek jelenléte, amik a zöldségfélékben, pácolt húsokban, szennyezett ivóvízben fordulhatnak elő, vagy hevített élelmiszerekben a proteinek, aminosavak pirolizálásával keletkezett heterociklusos aminok, a grillezéskor keletkező policiklusos aromás szénhidrogének, de ugyan indirekt módon de ilyen hatást fejtenek ki az alkoholok is. Szabad gyökök okozzák pl. élelmiszereinkben bekövetkező kellemetlen változásokat is, avasodást, illat, szín és íz változást is. Külön fejezetet érdemelne a szabad gyökök és a humán (de nem csak) betegségek közötti

kapcsolatok bemutatása, gondoljunk itt pl. a szív és érrendszeri betegségekre, a gyulladásokra, a különböző daganatos megbetegedésekre stb.

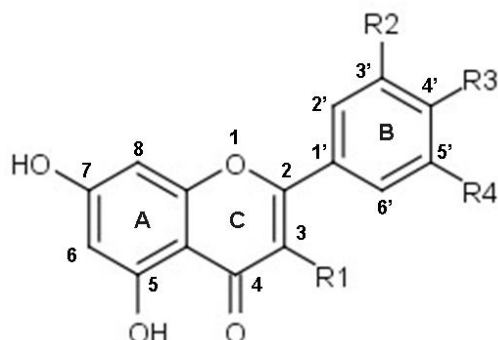
Minden élő szervezet célja az alacsony szöveti oxigéntenzió fenntartása és a szabad gyökök közömbösítése. Az aktív oxigénformák okozta károsodással szemben normál körülmények között az antioxidáns védekező rendszer összehangolt működése védi a sejteket. Az *antioxidáns védelmi rendszert* enzimatis és kismolekulás csoportokra is feloszthatjuk. Az enzimatis védelmi rendszer tagja, mely enzimeket az élő szervezet maga elő tud állítani a következők lehetnek: a szuperoxid dizmutáz, a kataláz, a peroxidázok, az aszkorbinsav- peroxidáz, a glutation-peroxidáz, a glutation-reduktáz, a glutation-S-transzferáz (Benzie, 2000; Hegedűs és Stefanovitsné-Bányai, 2012).

A nem enzimatis, kismolekulás védelmi rendszer elemei: a C-, A-, E-vitaminok, a karotinoidok, a szelén, a zsírsavak és talán a legnagyobb csoportot képviselő flavonoidok. Ezen a védelemben szerepet játszó molekulák nagy részét a szervezet nem tudja előállítani, csak táplálék útján tudjuk a szervezetünkbe juttatni, mint a vitaminokat, flavonoidokat, más részüket, például a glükózt és a húgysavat az állati és az emberi szervezet is képes előállítani. Miután az antioxidánsokra vonatkozó információk mellett (ld. később) a szintén redukáló tulajdonságú polifenoloknak a mérése is előkerül, ezért egy kicsit részletesebben érdemes ezen molekulacsoporttal foglalkozni.

A polifenolos komponensek a növényi metabolizmus másodlagos termékei, melyek megvédik a növényt a különböző stresszhatásoktól. A flavonoidok és nem flavonoid jellegű polifenolok számos, jelentős kémiai és biológiai hatásért felelősek: antioxidánsok, kelátképzők, elektrofil reagensek befogására képesek, C- és E-vitamin-analóggként viselkednek (Hegedűs és Stefanovitsné-Bányai, 2012).

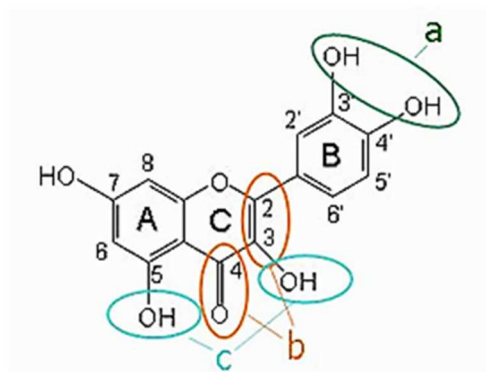
A flavonoidokra a C6-C3-C6 (difenilpropán) alapváz jellemző (1. ábra). A két benzolgyűrű (A és B) egy oxigénatomot tartalmazó heterociklusos pirán vagy pirongyűrűn (C) keresztül kapcsolódik. Az alapszerkezet rendkívüli változatosságot biztosít, jelenleg már 4000-nél több különböző szerkezetű flavonoidot ismerünk. Az alapvázhoz (aglikon) különböző cukormolekulák kapcsolódhatnak, és glükozidokat hoznak létre, amelyek a természetben

gyakrabban fordulnak elő. Általában vízoldhatók, és a növényi sejtek vakuólumaiban halmozódnak fel (Rice-Evans és mtsai., 1997; Lugasi és Blázovics, 2004).



1. ábra A flavonoidok szerkezete

A heterociklusos gyűrű alapján, valamint a benzol és benzopirán gyűrűk közötti kapcsolatot szerint a *flavonoidok* a *flavonok*, *flavonolok*, *flavanonok*, *flavanonolok*, *flavanolok*, *flavan3-olok*, *antocianidinek* és az *izoflavonoidok* csoportjába sorolhatóak, ezek részletezésére nem térünk ki. A flavonoidok legfontosabb hatásai között a gyökfogó (scavenger) hatás, a lipidperoxidációt gátló hatást és a fém-kelát képző hatást említhetjük meg. Talán már itt az elején érdemes a flavonoidok és a gyökfogásuk közötti szerkezeti összefüggésekre rámutatni. Gyökfogásukat akkor tudják kifejezni, ha a molekulában (2.ábra): a két szomszédos szénatomon hidroxil (OH) csoportok jelenléte megvan, többnyire a B gyűrűn a 3-4-es szénatomon **(a)**, a 4-oxo funkcióhoz konjugált helyzetű 2,3 kettős kötés megvan **(b)**, a 3-as és az 5-ös szénatomon megvan a hidroxil-csoportok megléte **(c)**.



2. ábra. A flavonoidok gyökfogása

Ide kívánczik a teljesség igénye nélkül egy olyan gondolat, ami polifenolok egészségvédő hatásával kapcsolatos. Az antioxidáns hatás mellett ismert az immunmoduláns és gyulladáscsökkentő hatása is, asztma és allergiaellenes hatása, ösztrogén aktivitása, antivirális és antibakteriális hatása, az ösztrogénaktivitása, antikarcinogén hatása stb. (Hegedűs és Stefanovitsné-Bányai, 2012).

A kutatások során felhalmozott információ után joggal merült fel a kérdés és főleg az igény, no de hogyan lehetne ezen ismereteket számszerűsíteni, mérni a kedvező hatást a különböző eredetű mintákban.

Az antioxidáns kapacitást mérő módszerek *választ tudnak adni* arra: mennyire aktívak azok a komponensek, amelyek a mintákban (pl. élelmiszerekben, gyümölcsökben) jelen vannak és arra, hogy mennyire képesek az adott körülmények között a reakcióterben levő vegyületeket redukálni, a szabad gyököket semlegesíteni. Ugyanakkor *nem tudnak választ adni* arra: milyen komponensek vannak a mintákban és az egyes komponensekből mennyi van jelen.

Mielőtt bármelyik módszerrel hozzákezdnenék a mérésekhez szem előtt kell tartani azt, hogy az egyes mérések eredményét számos tényező befolyásolja/befolyásolhatja, ami nehezé, sokszor lehetetlenné teszi még az azonos méréssel kapott eredmények összehasonlítását is. Ezek a tényezők következők lehetnek: a mintaelőkészítés milyensége, az extrakció (hatásfok, hőmérséklet stb.), az alkalmazott oldószer (metanol, etanol, víz, aceton stb.), a választott módszer (elektronátmenettel, hidrogénatom átmenettel), méréshez használt szabadgyök

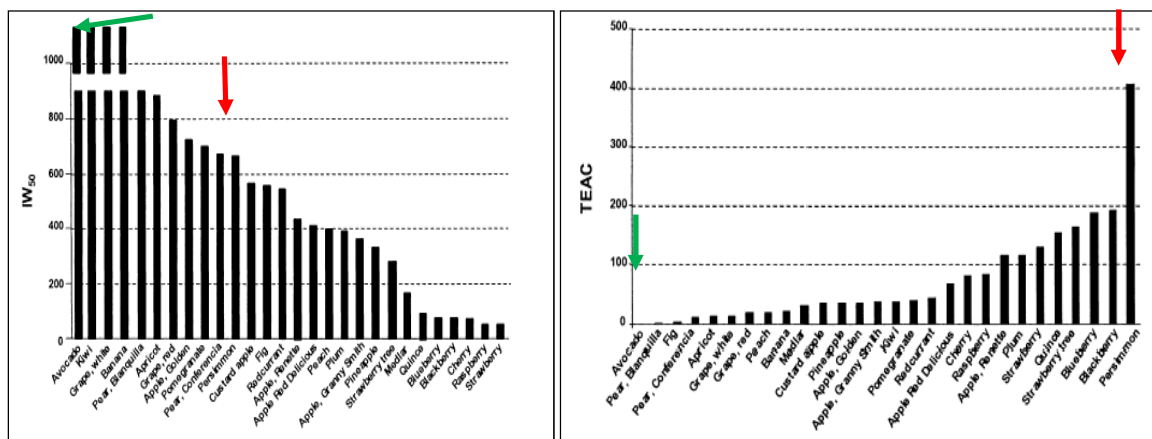


(peroxil, DPPH), a mintamátrix, fényérzékenység, hőmérséklet érzékenység, pH, reakció sebesség, reakció kinetika, a méretből adódó különbségek, additív, szinergens hatások stb.

Az utóbbi évtizedekben több mint 100 különböző analitikai technika került kidolgozásra, melyek oldatok antioxidáns kapacitását számszerűsítik. Az antioxidáns kapacitást mérő módszereket alapvetően két csoportra oszthatjuk (Frankel és Meyer, 2000). Az egyik az *elektronátmeneten alapuló (ET–elektrontranszfer) módszerek* az oldatok redukálóképességét mérik. Színváltozással járnak, melynek mértékéből lehet következtetni az antioxidáns kapacitásra (Huang és mtsai., 2005). A másik csoportba tartoznak a *hidrogénatom átvitelén alapuló (HAT – hidrogén atomtranszfer) mérő módszerek*, melyek a szabadgyök-semlegesítés hatékonyságát jellemzik, és elsősorban reakciókinetikán alapulnak.

Gyakorlatilag mindegyik mérőmódszer rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal. Önmagában egyetlen módszer alkalmazása sem nyújt megbízható információt a vizsgált minta antioxidáns kapacitására vonatkozóan, ezért több különböző mérőmódszer használata ajánlott (Huang és mtsai., 2005).

Meg kell azt is jegyezni, hogy az egyes vizsgált minták összehasonlítására csak akkor van lehetőség, ha mind azonos mérési módszerrel mért eredményekről van szó. Erre álljon itt egy azonos mintákat, más módszerrel mért adatsor (3. ábra). A nyilakkal jelzett azonos minták antioxidáns kapacitása módszerfüggő. A két módszernek nem kell szükségszerűen egymással korrelálni, hiszen egy minta redukálóképessége nem feltétlen függ össze a gyökbefogó képességével



TBARS módszer

TEAC módszer

4. ábra Azonos minták különböző módszerrel mért antioxidáns kapacitása.

Először a *hidrogénatom átvitelén alapuló (HAT – hidrogén atomtranszfer)* módszerekről essen szó, mivel ezeket a módszereket ritkábban használják, míg a következőben tárgyaltakat lényegesen gyakrabban használják, mi is ezen módszereket alkalmaztuk a méréseink során.

*ORAC-Oxygen Radical Absorbance Capacity:* Az *ORAC* módszert Cao és munkatársai fejlesztették ki 1993-ban. A mérés során a próba molekula (fehérje) a peroxilgyökökkel (ROO·) reagálva oxidatív sérülést szenved, ezért az általa kibocsátott fluoreszcens jel intenzitása csökkeni fog. Antioxidánsok jelenlétében ez a reakció gátlódik. Zsír- és vízoldható antioxidánsok vizsgálatára egyaránt alkalmas. Automatizált változata is létezik, ami nagy mintaszám esetén gyors eredményt ad, rutinszerűen használható (Huang és mtsai., 2005). A módszer pH érzékeny és lassú (Apak és mtsai., 2007). Fluorimétert igényel, ami a legtöbb laboratóriumban nem áll rendelkezésre. A reakció kinetika a koncentrációtól és az antioxidánsoktól függően változik, illetve mintafüggő is (Huang és mtsai., 2005).

*TRAP-Total peroxil Radical Trapping Parameter:* Az eredeti TRAP módszert Wayner és munkatársai fejlesztették ki (1985). Peroxilgyök generálóként ABAP-ot (2,2'-azobis-2-amidinopropán) használtak, amit később lecserélték AAPH-ra (2,2'-azo-bis(2-amidinopropán)-dihidroklorid), illetve lipidszubsztrátként, linolénsavat adtak a mintához (Prior és Cao, 1999). A szabadgyökök oxidáló hatását az antioxidánsok késleltetni tudják. Az oxidáció az oxigénfogyással nyomon követhető.

A mérés során ún. lag görbe figyelhető meg, ennek az indukciós időnek a hosszát (lag fázis hossza) ismert koncentrációjú trolox (trolox=6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-kromán-2-karboxil sav, az E-vitamin vízoldható formája) oldat lag fázis hosszával hasonlítják össze, amelyből az antioxidáns kapacitásra lehet következtetni (Wayner és mtsai., 1985). Később lecserélték a gyökgenerálót AAPH-ra (2,2'-azo-bis(2-amidinopropán)-dihidroklorid), illetve lipidszubsztrátként, linolénsavat adtak a mintához (Prior és Cao, 1999). A módszer hátrányai közé tartozik, hogy a módszer időigényes, (2 óra/minta), így naponta kevés minta megmérése van lehetőség. A szükségesen alkalmazott nagymértékű hígítás miatt nő a hibalehetőség és a fehérjék szulfhidril csoportjai is részt vesznek a redox egyensúlyban és módosítani képesek az eredményeket (Ghiselli és mtsai., 2000).

*Kemilumineszcencián alapuló módszerek:* a módszert Alho és Leinonen (1999) írta le részletesen. A módszer alapja a szabadgyökök generálása, elsődlegesen azofestékek például ABAP, AAPH termolízisével. A luminol (próba) szabadgyökökkel reakcióba lépve luminolgyökké alakul és fényt bocsát ki. Ha antioxidánst adunk a mintához, a fénykibocsátás gátlódik, a fény intenzitása csökken. A reakció kémiaiilag nyomon követhető. Ha elfogy a rendszerből az antioxidáns a kemilumineszcens jel intenzitása visszaáll. A reakció gyors, érzékeny, könnyen automatizálható (Alho és Leinonen, 1999). A módszer hátránya, hogy luminométert igényel, ami nem tartozik laboratóriumi alapfelszereléshez, valamint a mérések nagyon időigényesek (Said és mtsai., 2003).

*Krocin elszíntelenedésén alapuló módszer:* A mérési módszer azon alapszik, hogy a krocin egy természetes karotinoid mély narancssárga színnel, így a látható fénytartományban intenzív abszorbanciája van (Bors és mtsai., 1984). Ha a krocin peroxilgyökökkel reagál, akkor elszíntelenedik, de antioxidánsok jelenlétében ez a reakció gátlódik. A módszer olcsó, gyors, nem igényel drága műszert, a fiziológiai pH-hoz közeli a reakcióelegy pH-ja (Prior és Cao, 1999). Az alkalmazott hullámhosszon (443 nm) sok az interferenciát okozó egyéb komponens is (Huang és mtsai., 2005). Az élelmiszer-mátrix túl komplex ehhez a méréshez, egyes komponensek adnak lag fázist, míg mások nem, így nagyon nehéz az összehasonlítás.

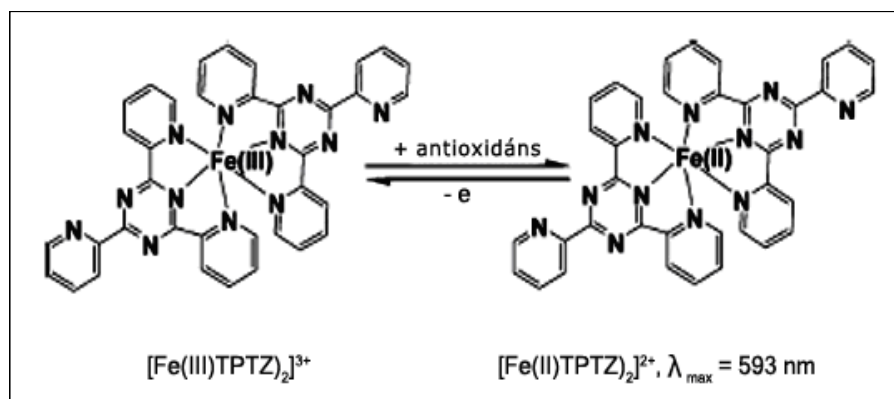
*Fotokemilumineszcencián alapuló antioxidáns kapacitás mérés- PCL-Photochemiluminescence módszer:* A fotokemilumineszcencián alapuló módszert Popov és

Lewin (1994, 1996) írták le. A mérés elve: a fényérzékeny komponensből UV fény hatására szuperoxid anionok válnak szabaddá. Ezek egy részét a minta antioxidánsai eliminálják, míg a másik részük reagálni fog egy „detektor” vegyülettel, amely hatására fotonok emittálódnak (Popov és Lewin, 1994, 1996). Készülék igénye nagy.

Az elektronátmeneten alapuló antioxidáns kapacitás mérési módszerek a következők lehetnek.

A vasredukálóképességen alapuló módszer –(FRAP)-(Ferric Reducing Ability of Plasma)

A módszer kidolgozása Benzie és Strain (1996) nevéhez köthető. A mérési elv értelmében a vas-2,4,6-tripiridil-S-triazin (TPTZ) komplexet az antioxidánsok (AH) redukálják, mely reakció színváltozással jár (Huang és mtsai., 2005). A reakcióidő 5 perc, amely a lejátszódó kinetikára jellemzően lett meghatározva (5. ábra).



5. ábra. A FRAP módszer mérési elve

A keletkező kék szín spektrofotometriásan nyomon követhető 593 nm-en (Benzie és Strain, 1996). Mint ahogy a módszer neve is mutatja, a vas redukálóképességet méri 3,6-os pH-n (Prior és Cao, 1999). Olcsó, egyszerű, gyors reprodukálható, nem igényel drága laboratóriumi felszerelést. A legelterjedtebb és a legtöbb laboratóriumban használatos mérési módszerek közé tartozik (Apak és mtsai., 2007).

A mérés hátrányai közé lehet sorolni, hogy a mérés jóval kisebb pH-n történik, mint a fiziológiai pH (pH=3,6). A módszer nem érzékeny a tiol típusú (SH csoportot tartalmazó) antioxidánsokra, mint például a glutation (Kranl és mtsai., 2005). A karotinoidoknak nincs vasredukálóképességük. Más komponensek is okozhatnak interferenciát az alkalmazott

hullámhosszon. Minden komponens, amely redoxpotenciálja 0,77 V-nál kisebb redukálhatja a vasiont, tehát a módszer nem csak antioxidánsokat detektál (Cao és Prior, 1998). Vannak komponensek, amelyek reakcióideje a módszerben meghatározottnál (5 percnél) jóval hosszabb pl. kávésav, ferulasav, akár néhány óra is lehet, ezért e komponensek antioxidáns kapacitása nem járul hozzá a kapott értékhez (Apak és mtsai., 2007).

A minták mérésének megkezdése előtt kalibrációs görbét kell készíteni (aszorbinsav) minden nap, melynek segítségével a mintáink antioxidáns kapacitása meghatározható. Az eredményeket  $\mu\text{M AS}$  (aszorbinsav)/L, vagy g-ban adjuk meg. Célszerű minden kapott eredményt, ha lehet szárazanyagra vonatkoztatva megadni, a könnyebb és korrektebb összehasonlítás miatt (Izd. később).

#### *Összes polifenol-tartalom (TPC)-(Total Polyphenolic Content) meghatározása:*

Az eredeti módszer kidolgozása Singleton és Rossi (1965) nevéhez fűződik. A módszer alapja, hogy a Folin-Ciocalteu reagens sárga színű Mo(VI) ionja a vizsgált mintában található antioxidánsoktól elektront vesz fel, és kék színű Mo(V) ionná redukálódik. A keletkező kék szín spektrofotometriásan ( $\lambda=765$  nm-en) detektálható. A módszer elnevezése nem teljesen pontos, mivel nemcsak a fenolok, hanem a vízzoldható, elektronleadásra képes antioxidánsok vizsgálatára alkalmas. A módszer előnye, hogy egyszerű, olcsó, reprodukálható és nem igényel drága laboratóriumi felszerelést (Huang és mtsai., 2005). A módszer hátránya többek között, hogy lúgos (nem fiziológiás) pH-n zajlik a reakció (Frankel és Meyer 2000), az aszorbinsav és a Cu(I) ionok is redukálják a reagenst (Apak és mtsai., 2007; Balogh, 2010).

A mérés megkezdése előtt minden nap friss kalibrációs görbét kell készíteni galluszsavból. Az eredményeket  $\mu\text{M GS}$  (galluszsav)/L, vagy g-ra vonatkoztatva adjuk meg. Itt is célszerű a szárazanyagra történő átszámítás.

#### *TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity vagy ABTS gyökfogó hatás) módszer:*

A módszer kidolgozása Miller és munkatársai (1993) nevéhez fűződik. A 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkromán-2-karboxilsavra (trolox) vonatkoztatott antioxidáns kapacitás mérőmódszer szintén színreakción alapul. Az ABTS (2,2'-azino-di-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfoninsav) oxidációjával sötétzöld színű  $\text{ABTS}^{\cdot+}$  kation keletkezik, mely antioxidáns molekulák jelenlétében elszíntelenedik (Stratil és mtsai., 2007). A színreakció spektrofotometriásan

( $\lambda=734$  nm-en) nyomon követhető. A módszer előnye, hogy olcsó, egyszerű, gyors és a gyök viszonylag stabil. A módszer hátrányai többek között a hosszú minta-előkészítés, és hogy a mesterségesen előállított gyök a természetben nem létezik (Frankel és Meyer, 2000; Frankel és Finley, 2008; Balogh, 2010). Minden nap frissen kalibrációs görbét kell készíteni Trolox-ból. Az eredményeket  $\mu\text{M}$  Trolox ekvivalens/L, vagy g-ban adjuk meg. A szárazanyagra történő átszámítás itt is segítségünkre lehet.

*DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) módszer:*

A stabil DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitást mérő módszer (Blois, 1958) a legkorábbi módszerek közé tartozik. A reakció a következőképpen zajlik: a sötétlila színű gyök antioxidánsokkal reagálva elveszíti színét. Széles körben alkalmazzák, mert a molekula kereskedelmi forgalomban kapható, stabil, kevésbé reakcióképes, és kevésbé agresszív, ami a lezajló reakciók során hasznos (bomlása nem jelent problémát), a mérés egyszerű. Hátránya, hogy a sejtben normál anyagcsere során keletkező gyököktől jelentősen különböző, stabil gyököt használ (Huang és mtsai., 2005). Egy időben vita zajlott, hogy a hidrogénatom átvitelén vagy elektronátmeneten alapul-e a reakció. Korábban HAT reakcióként tartották számon a DPPH gyök és az antioxidánsok között lejátszódó reakciót, de később igazolták, hogy valójában az elektronátmenet meghatározó a reakciókinetika során. Ezt a módszert alkalmazva nem lehet képet kapni arról, hogy a minta antioxidánsai a biológiai gyökökkel szemben mennyire reaktívak. Fény-, oxigén-, pH- és oldószerfüggő. További problémát jelent a szerkezetből adódó rossz hozzáférhetőség. A kis molekulák jobban odaférnek a DPPH gyökhöz, így nagyobb antioxidáns kapacitás értéket mutatnak. A mérés hullámhosszán (517 nm-en) a karotinoidok zavarhatnak (Apak és mtsai., 2007). Minden nap a troloxból készített kalibrációs görbe elkészítésér szükség van. Az eredményeket  $\mu\text{M}$  Trolox ekvivalens/L, vagy g-ban adjuk meg. A szárazanyagra történő átszámítás itt is segítségünkre lehet.

*A krocín elszíntelenedésén alapuló módszer:*

Ez a ritkán használt mérési módszer azon alapszik, hogy a krocín (a sáfrány virágából izolált) természetes karotinoid mély narancssárga színű, így a látható fénytartományban jelentős mértékű abszorbananciája van (Bors és mtsai., 1984). Ha a krocín peroxilgyökökkel reagál, akkor elszíntelenedik, de antioxidánsok jelenlétében ez a reakció gátolt. E módszer esetében is lag

fázis figyelhető meg a reakció során. A reakció nyomon követése 443 nm-en történik 10 percig 7-es pH-n (Prior és Cao, 1999). Gyökgenerálónak a 2,2'-azo-bisz(2-amidinopropán) dihidrokloridot (AAPH) használják. A módszer olcsó, gyors, nem igényel drága műszert, a fiziológiai pH-hoz közeli a reakcióelegy pH-ja (Prior és Cao, 1999). Az alkalmazott hullámhosszon sok az interferenciát okozó egyéb komponens (Huang és mtsai., 2005). Ebben a rendszerben a C-vitaminnak különösen nagy az antioxidáns kapacitása, hétszer nagyobb, mint ORAC módszerrel mérve (Prior és Cao, 1999). A módszer egyik változatában  $\beta$ -karotint használnak, ebben a rendszerben a linolénsav autooxidációja következtében keletkeznek a gyökök.

Ezen bevezető után térjünk rá arra, hogy ezeket a méréseket hol és mire lehet felhasználni és konkrét mérések segítségével nézzünk példákat a friss, feldolgozott élelmiszeripari termékekre kapott eredményekre.

Milyen területeken és milyen összefüggésben lehet ezeket a méréseket felhasználni. A kertészeti növények közül az egyes fajokon belüli fajták közötti különbségek kimutatására. Ennek mind termesztési mind feldolgozási szempontból fontos jelentősége van, ami kihat az egészségünkre. Amennyiben a kertészeti termesztés során ki tudjuk választani a legértékesebb tulajdonságokkal rendelkező, fajokon belüli fajtákat, akkor ezzel a nemesítők és a termesztők is értékes információkhoz juthatnak. Ha már a legjobb tulajdonságokkal rendelkező kerülnek nagyobb súllyal be a termesztésbe, akkor az élelmiszeripar számára, a különböző feldolgozási műveletekre is a legjobbak kerülhetnek, ahol természetesen a legkisebb veszteségekkel lehet számolni. A később bemutatott eredményekből ez kitűnik.

Számos példával igazoltuk, mikrobiológiai kísérletek kapcsán, hogy a jobb antioxidáns kapacitással rendelkező mintáknak, legyen az friss gyümölcs, zöldség, fűszernövény, tea, késztermék stb. jobb antimikrobás hatással rendelkeznek. Miután az élelmiszeripar számos mesterséges (vegyszerek) antioxidánst alkalmaz az ipari feldolgozás során el lehet gondolkodni azok természetes alapanyagokra történő kicserélésével. Számos olyan növény van, amit lehetne használni.

Ugyancsak az élelmiszeriparban alkalmazott gyártástechnológiák során a feldolgozott termékekben levő értékes anyagokban csökkenés következik be, ezért egy gyártási folyamatot

végig kísérve képet kaphatunk arról, hogy esetleg melyek azok a legoptimálisabb technológiák, ahol a legkisebbek a veszteségek. Ezek a felsorolt lehetőségek szinte csak a szorosan vett termesztéshez és feldolgozáshoz kapcsolódnak, de még számos lehetőség van a ezekkel a mérésekkel történő analitikának. Természetes nem szabad megfeledkezni más értékes endogén komponensek vizsgálatokról sem, mert csak ezek együttes eredményei vezethetnek a legegészségesebb zöldségek gyümölcsök fogyasztásához, amelyeknek humánegészségügyi szempontból nagy jelentősége lehet.

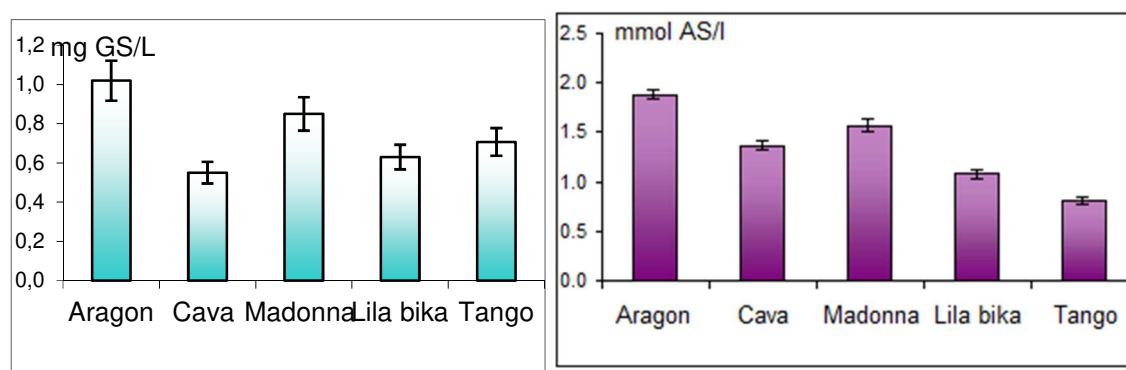
Természetesen nem csak humánegészségügyi vonatkozási lehetnek a kapott eredményeknek, de a takarmányozás területén is jól hasznosíthatók lehetnek az eredmények.

### Friss növényi mintákban mért antioxidáns/redukáló kapacitás értékek

A következőkben a saját tanszékünkön mért eredmények bemutatására kerül sor (Stefanovitsné-Bányai, 2006).

A *zöldségnövények* közül néhányat kiemelve, jól nyomon követhetők a fent elmondottak, miszerint a két mérési módszerrel mért értékek nem összevethetők, csak a fajokon belüli fajták közötti különbségek mutathatók ki.

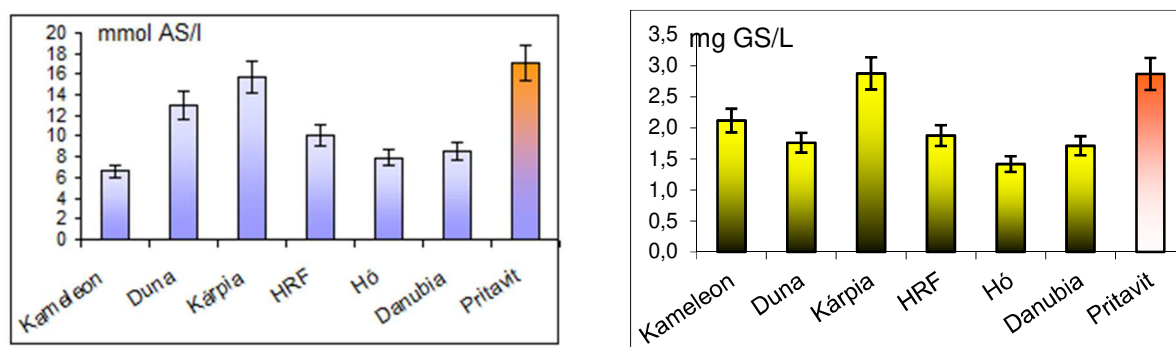
Azért a padlizsánnal kezdeném, miután erről a zöldségről sem az antioxidáns kapacitás jut az eszébe a vásárlónak. A különbségek, ha nem is óriásiak, de nagyon jól kimutathatók.



6. ábra. A padlizsán fajták antioxidáns kapacitása.

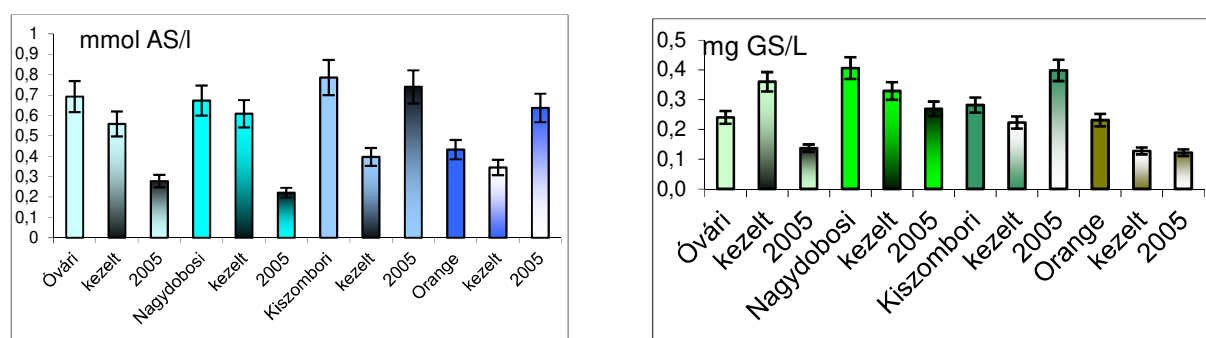


A papikafajtáknál mért (7. ábra) különbségek is jól nyomonkövethetők. Látható, hogy a piros színű paprikákban kedvezőbben alakulnak a redukáló komponensek. Itt azt érdemes megjegyezni, hogy ezekbe a redukáló hatást kifejtő molekulák mellett mások is beleszólnak (C-vitamin) az eredmények alakulásába.



7. ábra. Paprika fajták antioxidáns kapacitása.

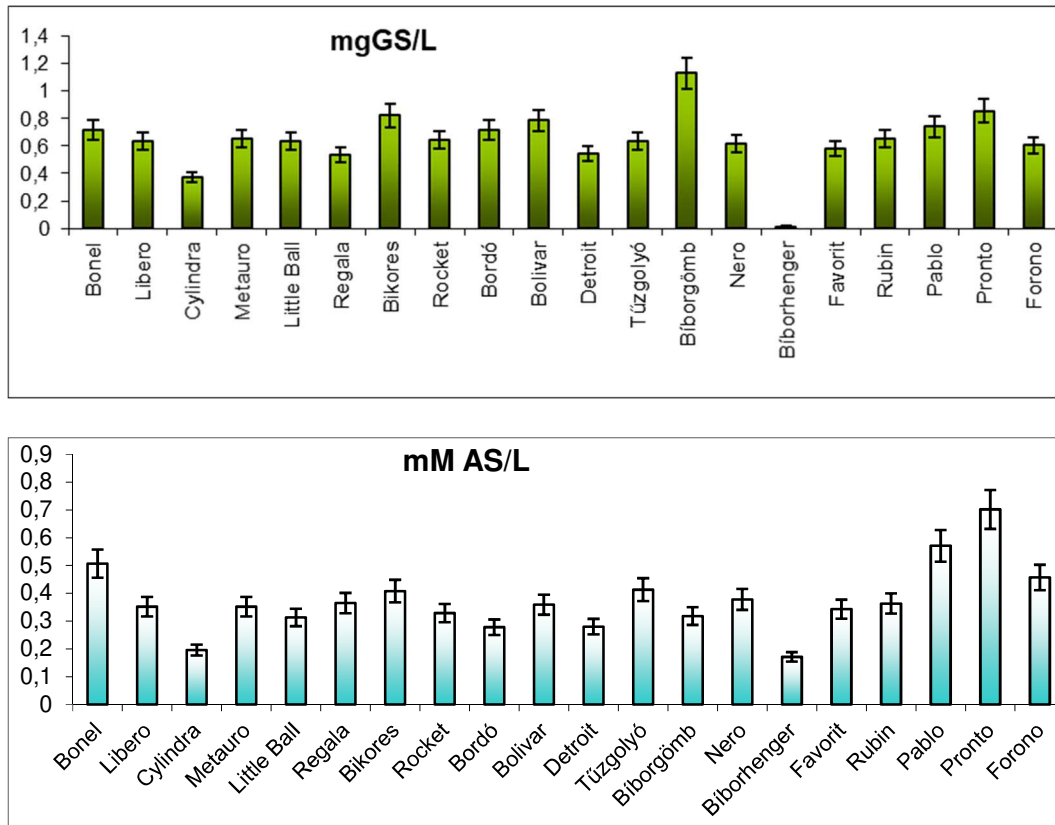
A sütőtökkel kapcsolatos eredmények bemutatása (8. ábra), azon kívül, hogy a fajták közötti különbségeket is bemutatja, láthatóan az évjáráthatás is megjelenik az alkalmazott kezelések által okozott hatások mellett. Itt két olyan alkalmazási lehetőségét lehet fellelni, ami ezen mérések felhasználhatóságát is bizonyítja.



8. ábra. Sütőtök fajták antioxidáns kapacitása.

A zöldségvények közül következőnek a céklafajtákban (9. ábra). rejülő különbségeket kívánom bemutatni. Ennek azért is lesz fontos szerepe, mert a későbbiekben a paprika

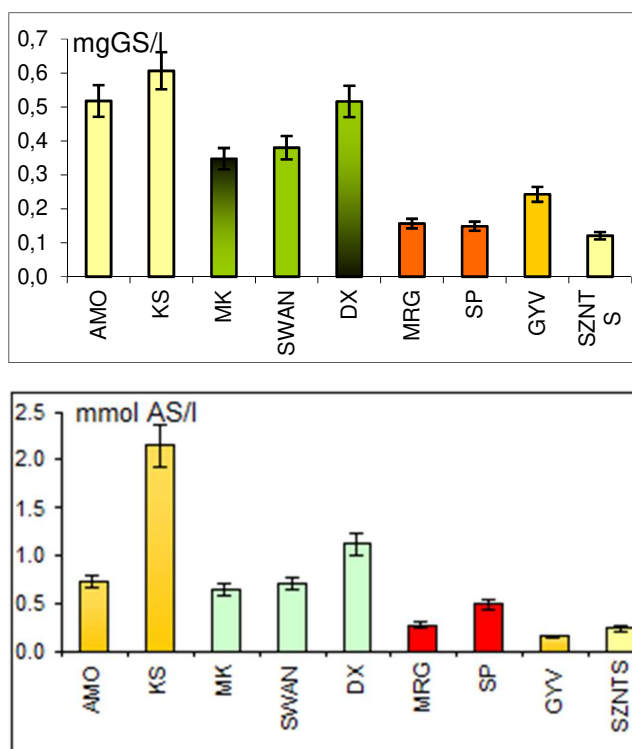
hőkezelés hatására a redukáló, antioxidáns kapacitásban jelentkező változások mellett a céklánál a feldolgozás hatására bekövetkező változások kerülnek bemutatásra.



9. ábra. Céklafajták antioxidáns kapacitása.

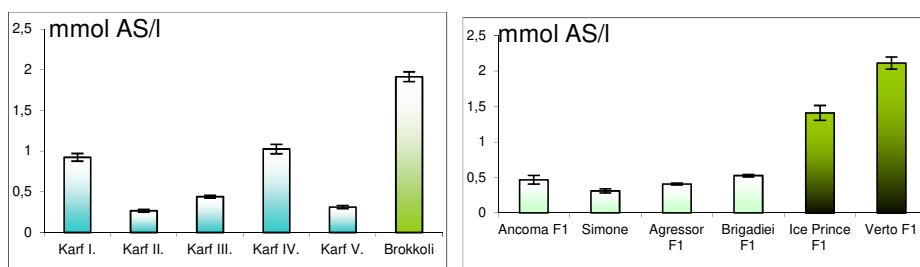
Ennél a zöldségfajtánál már sokkal nagyobbak a fajták közötti különbségek, ami a cékla friss és feldolgozott állapotban történő fogyasztásánál igencsak megszívlelendő.

Sárgadinnyék sárga húsú és zöld húsú (10. ábra), a színekkel jelezve szintén kapunk különbséget és a görögdinnyék piros és sárga húsú (10. ábra) változataihoz képest jobb eredmények adódnak mindkét módszerrel mért redukáló tulajdonságnál.



10. ábra. Sárga és görögdinnye fajták antioxidáns kapacitásai.

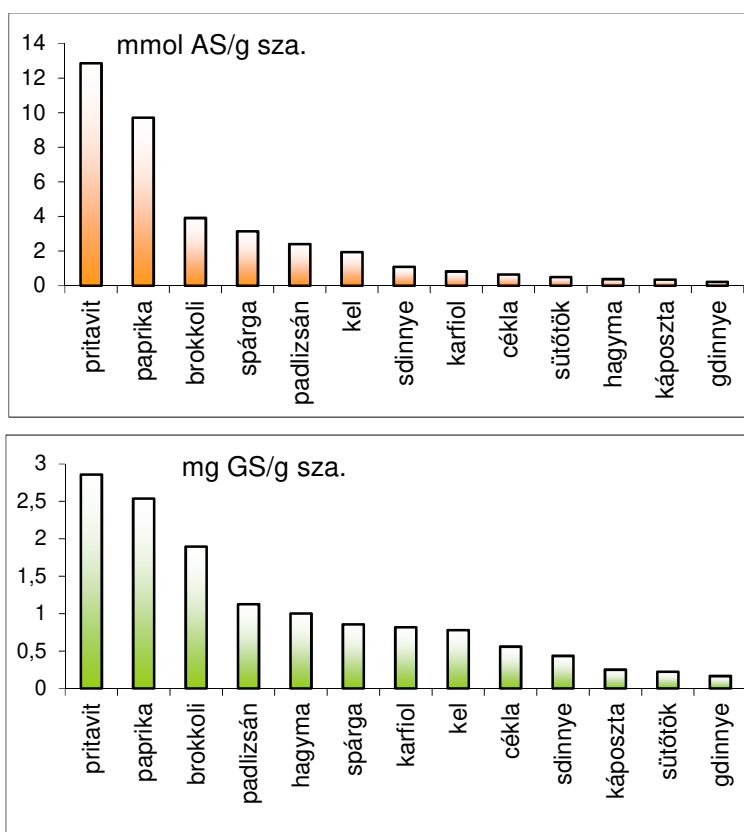
A káposztaféléknél (11. ábra) is ugyanúgy megvannak a fajták közötti különbségek, de itt az egészségvédő hatásuk ismeretében már jelentősebbek a különbségek. Mindenki előtt ismert a brokkoli kiváló egészségvédő hatása, ami láthatóan meg is jelenik az értékekben. A fejeskáposztánál jobb értéket adnak a kelkáposzta értékei.



11. ábra. Káposztafajták antioxidáns kapacitásai.

Ha végignézzük (szándékos) az eredményeket, azoknak a különböző dimenziókban való közlésén látható, hogy az egyes eredmények megadása a szerzőtől függ. Ilyen esetre vonatkozóan történtek azok a megjegyzések, hogy mit mivel lehet összehasonlítani, összevetni és főleg az eredményekből bármilyen következtetést levonni.

Már az elején szó esett arról hogy az összehasonlításra csak akkor van lehetőség, ha valamilyen azonos dimenzióra vonatkoztatjuk. Ez a növények esetében a megszokott viszonyítási alap a szárazanyagtartalom. Érdekes, ha a vizsgált zöldségnövények szárazanyagra vonatkoztatott antioxidáns kapacitását nézzük, mivel a dinnyefajtákra és a paprikafajtákra, kiemelve a Pritavitot 10-12 szeresek a különbségek. Így már összevethetők az eredmények és ki lehet alakítani egy sorrendet a fajok között (12. ábra).



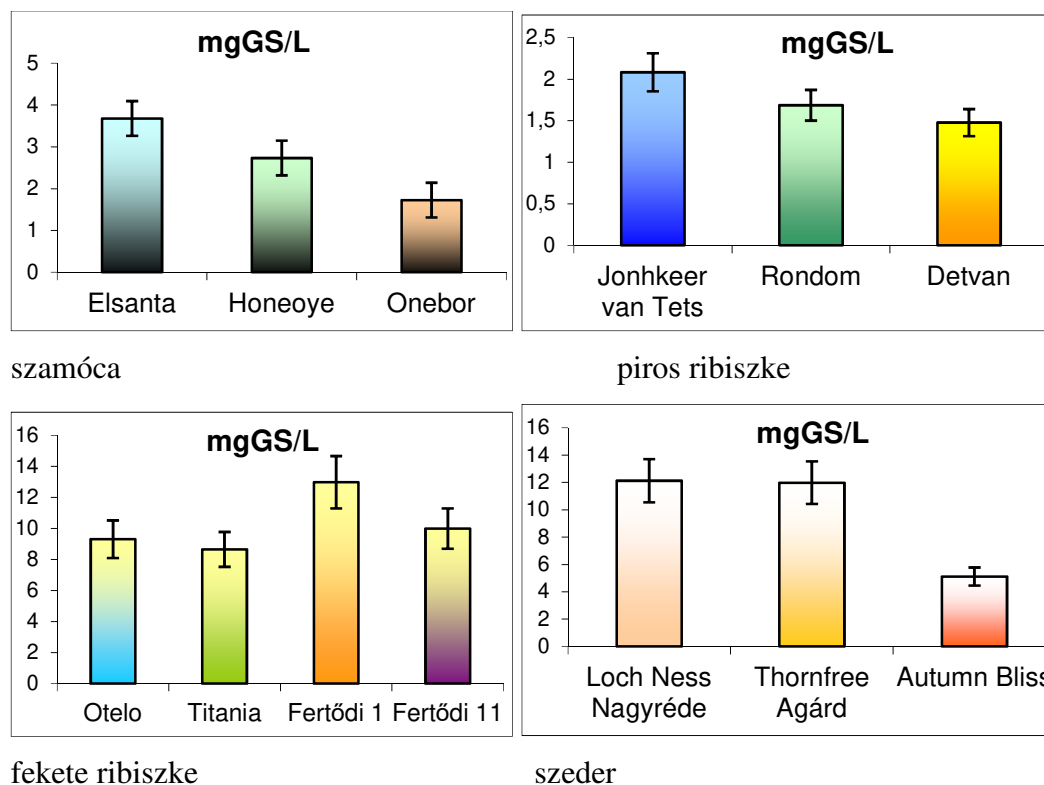
12. ábra. Zöldségfajok antioxidáns kapacitásának összehasonlítása.

Ezekből az ábrákból részben az látható nagyon jól, hogy az egyes fajok szárazanyagtartama más és más, és azt, hogy mennyi friss zöldség fogyasztásával mennyi kedvező hatás érhető el. Ez persze csak elvi dolog, hiszen mindegyik zöldségnek meg van a maga jelentősége.

A **gyümölcsök** körében kapott eredmények közötti válogatás során (a teljesség igénye nélkül) a cél az, hogy nagyobb rendszertani egységeket nézzünk.

A **bogyósok** közül bemutatva néhányat szintén érdekes összefüggéseket láthatunk.

A helyspórolás miatt is, de a logika miatt is csak a polifenoltartalmat tüntetem fel, mivel ezek a vegyületek járulnak hozzá nagymértékben az antioxidáns kapacitás kialakításáért, az előzőekben bemutatott kritériumonak megfelelően. Ezen bogyósoknál (13. ábra) már a fajok között lényeges különbségek vannak, ami már a fogyasztók körében is igen ismert. Általában a választás a színesebb (több polifenoltartalom) gyümölcsökre esnek.

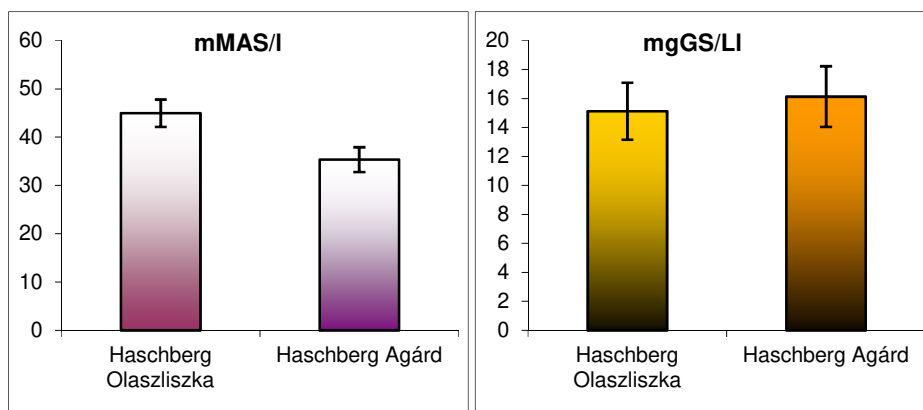


13. ábra. Bogyósok ( számoéca, piros ribiszke, fekete ribiszke, szeder) polifenoltartalmai.

A piros és a fekete ribiszke között, már csak a színéből adódóan a különbségek jól kivehetők. A fekete ribiszkéről minden fogyasztó ismeri, hogy az íze, az a rókaíznek mondott

viszonylag nem kellemes íz, de nagyon tele van vitaminokkal értékes anyagokkal, melyeknek jelentős szerepük van az antioxidáns kapacitás kialakításában, pl. a C-vitamin. Ha az egyes mérésekhez tartozó értékeket nézzük máris megvan a magyarázat.

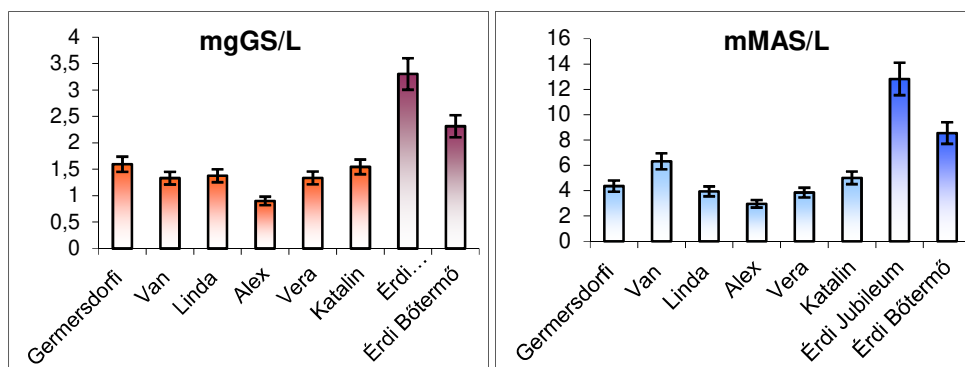
Van egy igen értékes, sokszor elfelejtett növényünk a bodza (14. ábra), amelynek vizsgálatai során megint jól kivehető az értékes polifenolokból adódó kedvező antioxidáns kapacitás.



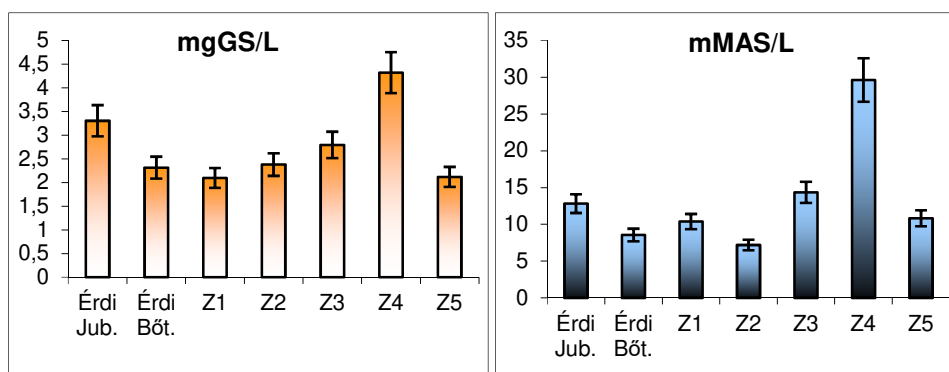
14. ábra. A bodza antioxidáns kapacitása.

A *csonthéjasok* a következő nagy egység.

A cseresznye és a meggy (15. ábra) fajták összehasonlításából származó eredmények azt mutatják, hogy mind a polifenoltartalomban, mind az antioxidáns kapacitásban a meggyfajták kedvezőbb eredményeket adnak. Ha csak meggyfajtákat (16. ábra) nézünk akkor a fajtákon belül igen lényeges különbségek vannak.

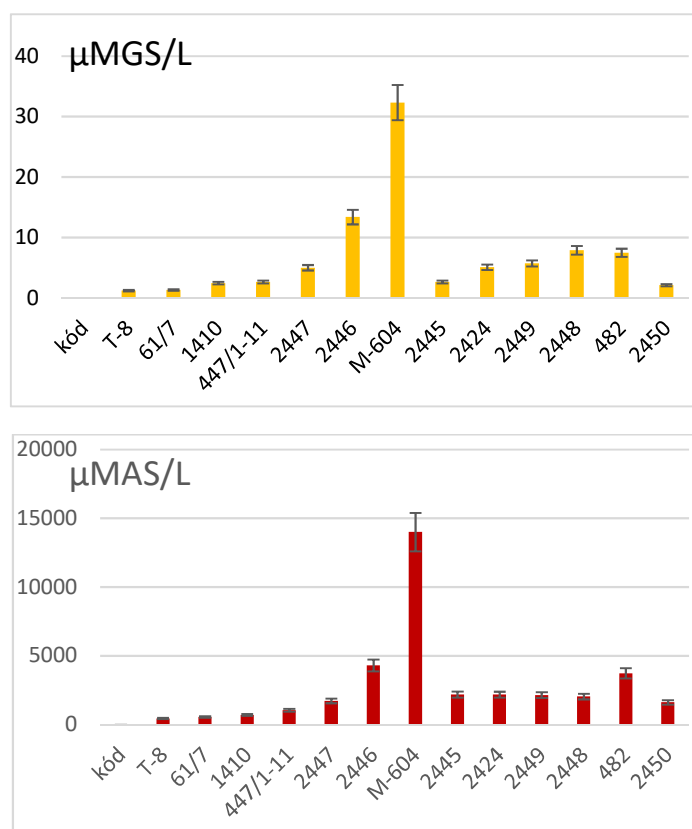


15. ábra. A cseresznye és meggy fajták antioxidáns kapacitása.



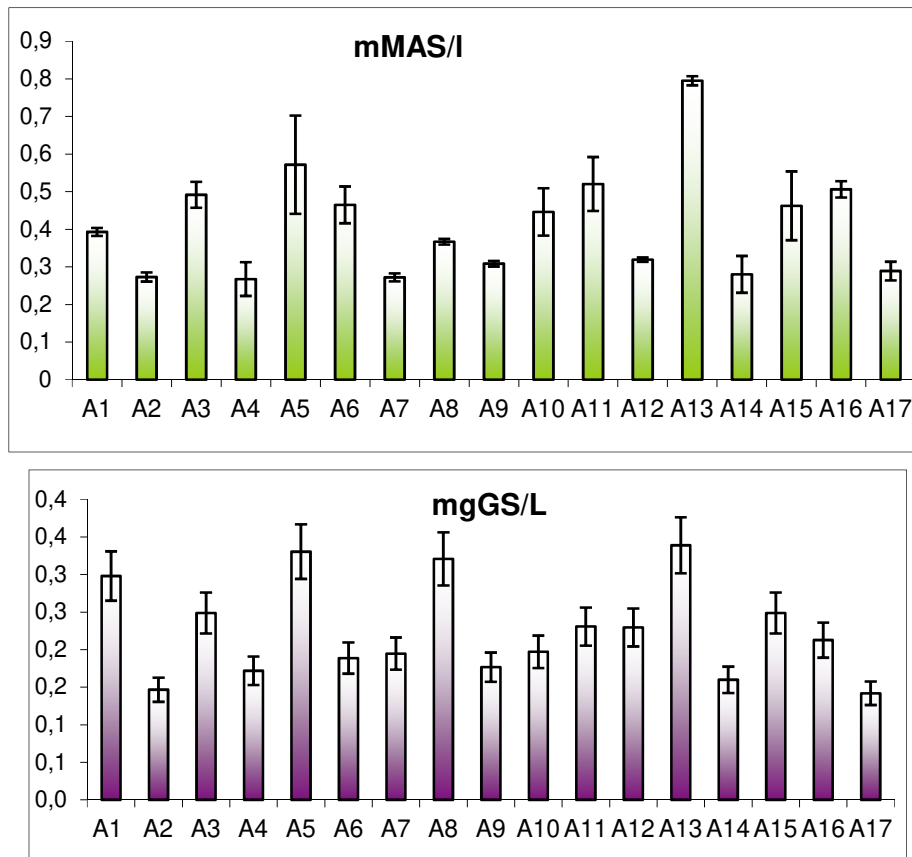
16. ábra. A meggyfajták antioxidáns kapacitása.

A fajon belüli fajták közötti különbség talán a kajszinál (17. ábra) érzékelhető. Itt utalnék vissza a nemesítési lehetőségekre, ha ilyen jellegű tulajdonságok továbbvitelére van szükség.



17. ábra. Kajszi fajták antioxidáns kapacitása.

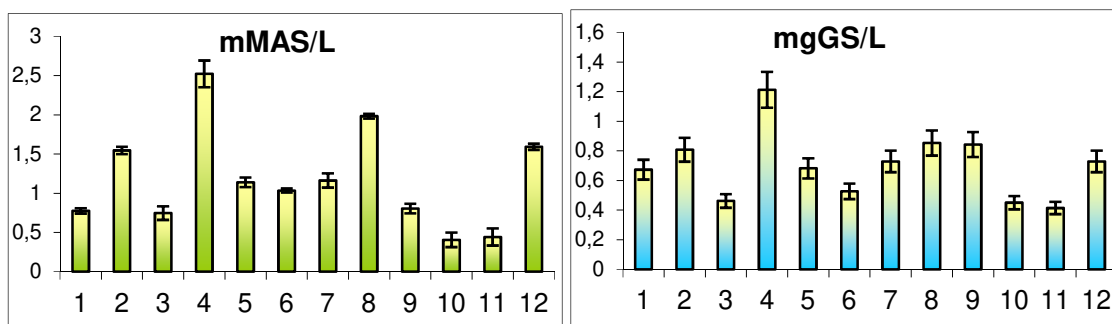
Elhagyva a csonthéjasokat talán a hazai fogyasztói szokások miatt a legértékesebb gyümölcsre az almák bemutatására, majd a másik népszerű, szinte különállóan szereplő szőlőre térnék ki. A fogyasztók szinte el sem tudják képzelni, hogy mi ugyan csak 17 alma fajta vizsgálatát végeztük el, hogy ilyen különbségek lehetnek a fajták között (18. ábra).



18. ábra. Almafajták antioxidáns kapacitásai.

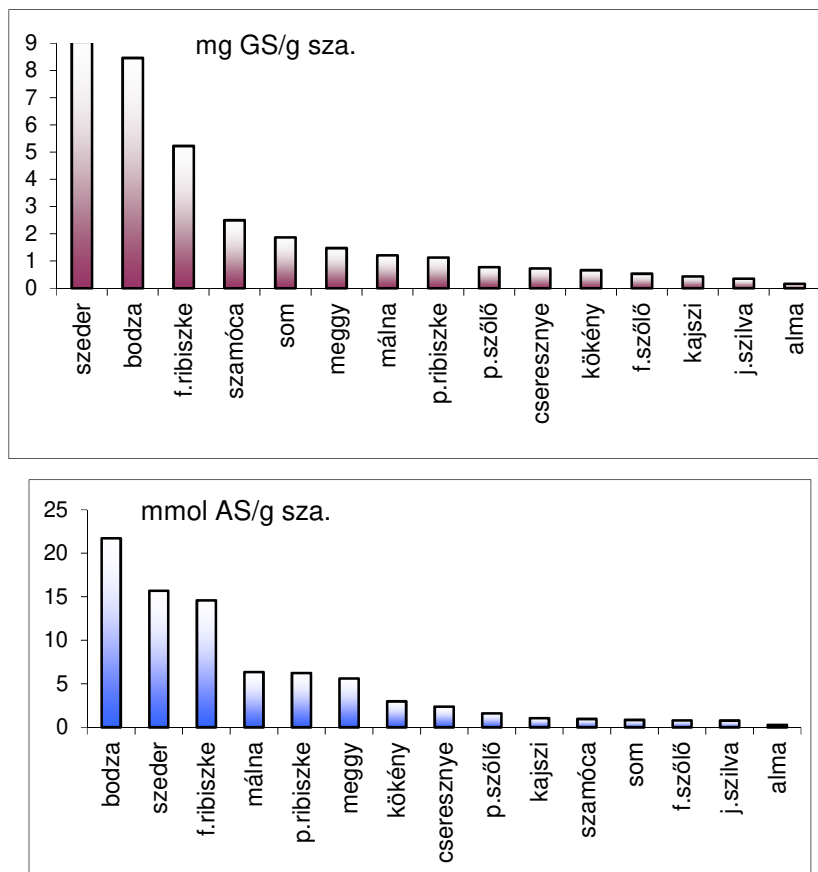
A szőlőfajták (19. ábra) esetében ugyan kevesebb minta állt rendelkezésre, de a különbségek nagyon jól megjelennek.





19. ábra. Szőlőfajták antioxidáns kapacitásai.

A gyümölcsök körében végzett vizsgálatok után is el kell mondani, hogy a különbségek korrekt bemutatásához a szárazanyagra (20. ábra) vonatkoztatott értékeket kell és lehet összehasonlítani.

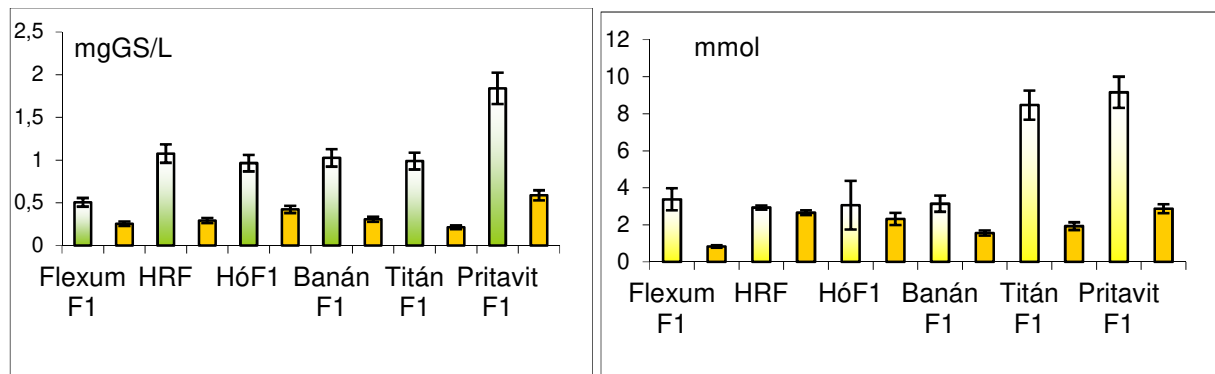


20. ábra. A gyümölcsfajok antioxidáns kapacitásai, szárazanyagra vonatkoztatva.

Ezen összegzés nagyon sok információval szolgál. A bodzához, szederhez, és a fekete ribiszkéhez viszonyítva ugyan leghátul szerepel az alma, de ha belegondolunk almából lényegesen többet eszünk, mint például bodzából egy évre vonatkoztatva.

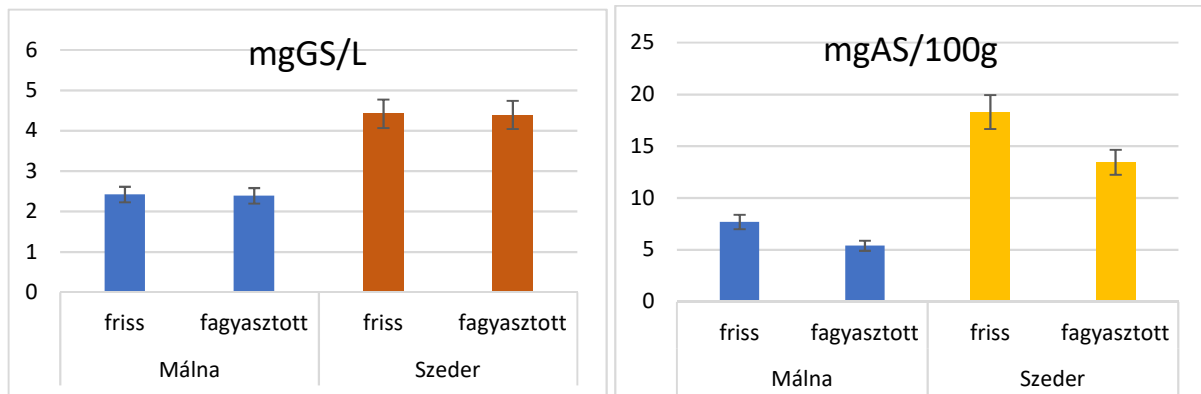
Az egyes, a fogyasztók körében igen kedvelt növények bemutatása után az antioxidáns kapacitást befolyásoló *ipari vagy konyhatechnikai műveletek hatására* bekövetező változásokat nézzük.

A magyar háztartásokban igen nagy népszerűségnek örvendő paprika fajták hőkezelése (21. ábra) után jelentős csökkenések következnek be a C-vitaminon kívül a polifenolokban is, ezáltal a fogyasztáskor csökken az egészségvédő hatásuk. Ezek a változások jelentős mértékben fajtafüggők. Ez a feldolgozó ipar számára lehet érdekes.



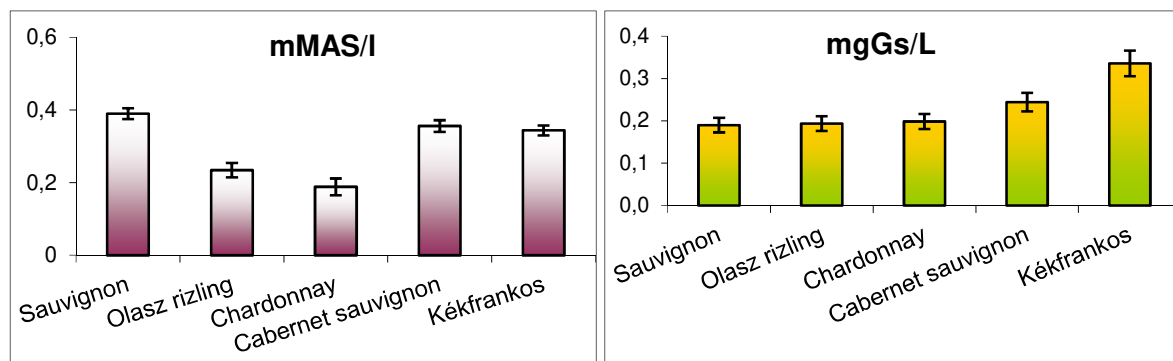
21. ábra. Paprikafajták hőkezelés hatására megváltozó antioxidáns kapacitásai.

A málnával és a szederrel végzett fagyasztásos kísérletek (22. ábra) egyértelműen bebizonyították, hogy ez talán az egyik legjobb tartósítási lehetőség, igen kis értékes beltartalmi érték csökkenéssel jár.



22. ábra. Málna és szeder fagyasztás hatására bekövetkező antioxidáns kapacitásbeli változása.

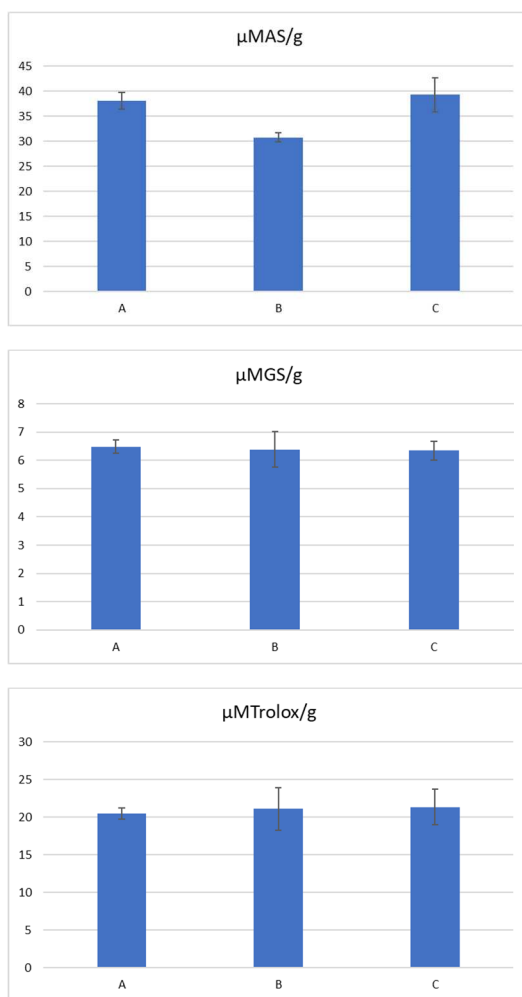
A mérsékelt, borfogyasztáskor (szőlőből készült feldolgozás) (23. ábra) is számolni lehet a polifenolos vegyületek bevitelével, az esetleges kedvező élettani hatás eléréséhez.



23. ábra. Néhány borfajta antioxidáns kapacitása.

A kertészeti növények mellett a mezőgazdasági növények köréből búzával, repcével is folytak hasonló jellegű mérések. Most csak egy búza példán nézzük 3 búzafajta 3 módszerrel, FRAP, TPC, TEAC mért antioxidáns kapacitását (24. ábra). Ugyan az egyes fajták között nincs nagy különbség, de ebből is látszik, hogy csak az azonos módszerrel mért eredmények hasonlíthatók össze.

A repcével kapcsolatos eredmények egy cikk formájában kerülnek bemutatásra.



24. ábra. Búzafajták különböző módszerrel mért antioxidáns kapacitásai.

Összességében elmondható, hogy a különböző antioxidáns kapacitást mérő módszerek alkalmasak fajok, fajták közötti különbségek kimutatására, mind a kertészeti, mind a mezőgazdasági növények esetében.

A módszerek ugyancsak alkalmasak késztermékek, különböző technológiai folyamatokkal előállított élelmiszerek antioxidáns/redukáló kapacitásának jellemzésére.

Felhasználható lehet a gyártástechnológiai folyamatok kapcsán megváltozó redukáló kapacitás nyomonkövetésére is.

Hasonlóan alkalmas egy adott kultúrában alkalmazott technológiák öntözés, tápanyagutánpótlás, növényvédelmi kezelések (stresszhatás) hatására megváltozó endogén komponensek, pl. pofenolos komponensek vizsgálatára.

## Irodalomjegyzék

- Alho, H. és Leinonen, J. (1999) Total antioxidant activity measured by chemiluminescence methods, in: *Oxidants and Antioxidants, Pt A*, pp 3-15.
- Apak, R., Guclu, K., Demirata, B., Ozyurek, M., Celik, S.E., Bektasoglu, B., Berker, K.I. Ozyurt, D. (2007): Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12: 1496–1547.
- Balogh, E. (2010): Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében. Doktori értekezés. Corvinus Egyetem.
- Benzie, I.F.F. és Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1).70-76.
- Benzie, I.F.F. (2000): Evolution of antioxidant defense mechanism. *Eur. J. Nutr.*,39. 53-61.
- Blois, M. S. (1958): Antioxidant determination by the use of a stable free radicals. *Nature* 4617.1198-1200.
- Bors, W., Michel, C. és Saran, M. (1984): Inhibition of the bleaching of the carotenoid crocin- a rapid test for quantifying antioxidant activity. *Biochimica Et Biophysica Acta* 796(3).312-319.
- Cadenas, E. (1989): Biochemistry of oxygen toxicity. *Annu. Rev. Biochem.*, 58: 79–110.
- Cao, G. H., Alessio, H. M. és Cutler, R. G. (1993): Oxygen-radical absorbency capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine* 14(3).303-311.
- Elstner, E.F. (1982): Oxygen activation and oxygen toxicity. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 33. 73-96.
- Esterbauer, H., Gebicki, J., Puhl, H., Jurgens, G. (1992): The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of low density lipoproteins. *Free Rad. Biol. Med.*, 13. 341-390.
- Eurostat (2009): Causes of death in the EU. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>.
- Frankel, E.N. és Finley, J.W. (2008): How to standardize the multiplicity of methods to evaluate natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(13).4901-4908.

- Frankel, E.N. és Meyer, A.S. (2000): The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(13).1925-1941.
- Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F. és Scaccini, C. (2000): Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: Critical view and experimental data. *Free Radical Biology and Medicine* 29(11).1106-1114.
- Hegedűs, A., Stefanovitsné Bányai, É. (2012): Természetes antioxidáns-forrásun: A gyümölcs. Debreceni Egyetem, AGTC, Kertészettudományi Intézet, Debrecen.
- Huang, D.J., Ou, B. X. és Prior, R. L. (2005): The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(6).1841-1856.
- Kamat, J.P., Devasagayam, T.P.A., Priyadarsini, K.I., Mohan, H. (2000): Reactive oxygen species mediated membrane damage induced by fullerene derivatives and its possible biological implications. *Toxicology*, 155. 55-61.
- Kehrer, J.P., Smith, C.V. (1994): Free radicals in biology: sources, reactivities and roles in the etiology of human diseases. In: Frei, B. (ed.) *Natural antioxidants in human health and disease*, Academic Press, pp.25–62.
- Központi Statisztikai Hivatal, (2012): Magyar statisztikai zsebkönyv 2011. KSH, Budapest.
- Lugasi A., Blázovics A. (2001): *Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai*. Fodor József Országos Közegészségügyi Központ, Budapest.
- McCord, J.M., Fridovich, I. (1969): Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocyte hemoglobin. *J. Biol.Chem.*, 244. 6049-6055.
- Miller, N. J., Riceevans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V. és Milner, A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science* 84(4).407-412.
- Popov, I. N. és Lewin, G. (1994): Photochemiluminescent detection of antiradical activity.2. Testing nonenzymic water-soluble antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine* 17(3).267-271.

- Popov, I. N. és Lewin, G. (1996): Photochemiluminescent detection of antiradical activity .4. Testing of lipid-soluble antioxidants. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods* 31(1-2).1-8.
- Prior, R.L., Cao, G.H. (1999): *In vivo* total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. *Free Radical Bio. Med.*, 27: 1173–1181.
- Pryor, A. (1994): Free radicals and lipid peroxidation: what they are how they got that way. In: Natural antioxidants in human health and disease. Ed.: Frei, B., Academic press, San Diego, CA, USA, 1-24.
- RiceEvans, C.A., Miller, J., Paganga, G. (1997): Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 2(4).152-159.
- Said, T. M., Kattal, N., Sharma, R. K., Sikka, S. C., Thomas, A. J., Mascha, E. és Agarwal, A. (2003): Enhanced chemiluminescence assay vs colorimetric assay for measurement of the total antioxidant capacity of human seminal plasma. *Journal of Andrology* 24(5).676-680.
- Singleton, V. L. és Rossi, J. A. (1965): Colometry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 161.144-158.
- Stefanovitsné Bányai É. (2008): Kertészeti növények antioxidáns hatásának vizsgálata. MTA Doktori értekezés. Budapest.
- Stratil, P., Klejdus, B. és Kuban, V. (2007): Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta* 71(4).1741-1751.
- Szabó Cs. (2006): Kamikaze molekulák. Typotex, Budapest.
- Wayner, D.D.M., Burton, G.W., Ingold, K. U. és Locke, S. (1985): Quantitative measurement of the total, peroxy radical-trapping antioxidant capability of human-blood plasma by controlled peroxidation-the important contribution made by plasma-proteins. *Febs Letters* 187(1).33-37.



**A klímaváltozás okozta hatások kiküszöbölése, öntözési technológiák kialakítása,  
alkalmazhatósága különböző növénykultúrák esetében. Öntözővizek hatása a  
mezőgazdasági termelésre mennyiség, minőség szempontjából**

Összeállította:  
**Dr. Ligetvári Ferenc**

## TARTALOM

<b>1.</b>	<b>BEVEZETÉS</b> .....	<b>35</b>
<b>2.</b>	<b>FELKÉSZÜLÉS A KLÍMAVESZÉLY CSÖKKENTÉSÉRE</b> .....	<b>38</b>
<b>3.</b>	<b>AZ ÖNTÖZÉS AGROTECHNIKAI CÉLJAI, ALAPFOGALMAK</b> .....	<b>38</b>
	<b>3.1. Biológiai alapok változása</b> .....	<b>39</b>
	<b>3.2. Az öntözési norma</b> .....	<b>39</b>
	<b>3.3. Az öntözési technika fejlődése</b> .....	<b>41</b>
	<b>3.4. Az öntözési költség és a költségszerkezet változása</b> .....	<b>42</b>
	<b>3.5. Az üzemi szerkezet és az érdekeltség változása</b> .....	<b>42</b>
	<b>3.6. A munka szemlélete</b> .....	<b>43</b>
	<b>3.7. Az öntözés területi egységei</b> .....	<b>44</b>
<b>4.</b>	<b>ÖNTÖZÉSI TECHNOLÓGIÁK</b> .....	<b>50</b>
	<b>4.1 Többrendeltetésű öntöző berendezések</b> .....	<b>50</b>
	<b>4.2. Fagyvédelmi öntözés</b> .....	<b>52</b>
	<b>4.3. Az állati kártevők elleni védekezés öntözéssel</b> .....	<b>53</b>
	<b>4.4. A frissítő-öntözés</b> .....	<b>54</b>
	<b>4.5. Az öntözővíz hőmérsékletének változása esőszerű öntözésnél</b> .....	<b>54</b>
	<b>4.6. A trágyázó öntözés és a levéltrágyázás</b> .....	<b>57</b>
	<b>4.6.1. Tápláló öntözés esőztető berendezéshez kapcsolt műtrágyaoldó berendezéssel</b> .....	<b>57</b>
	<b>4.6.2. A mezőgazdaság igénye a központi műtrágyaoldó berendezésekkel szemben</b> .....	<b>60</b>
	<b>4.7. A tápláló öntözés</b> .....	<b>61</b>
	<b>4.8. Az egyenletes víz- és tápanyag-adagolás feltételei, megvalósításának eszközei a mikroöntözésben</b> .....	<b>64</b>
	<b>4.8.1. Színező öntözés</b> .....	<b>74</b>
	<b>4.8.2. Homoktalajok defláció elleni védelme öntözéssel</b> .....	<b>74</b>
	<b>4.8.3. Kelesztő öntözés</b> .....	<b>76</b>
	<b>4.8.4. Iszapoló öntözés</b> .....	<b>77</b>

<b>5.</b>	<b>NÖVÉNYEK VÍZELLÁTÁSA</b> .....	<b>78</b>
<b>5.1.</b>	<b>Kertészeti növények öntözése</b> .....	<b>78</b>
<b>5.1.1.</b>	<b>A zöldségnövények öntözése</b> .....	<b>81</b>
<b>5.1.2.</b>	<b>A gyümölcsnövények öntözése</b> .....	<b>89</b>
<b>5.2</b>	<b>Egynyári kultúrák öntözése</b> .....	<b>122</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Dinnye</b> .....	<b>122</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>Burgonya</b> .....	<b>124</b>
<b>5.2.3.</b>	<b>A kalászosok (őszi búza) öntözése</b> .....	<b>126</b>
<b>5.2.4.</b>	<b>A kukorica öntözése</b> .....	<b>128</b>
<b>5.2.5.</b>	<b>A cukorrépa öntözése</b> .....	<b>130</b>

## 1. BEVEZETÉS

A mezőgazdaság birtokviszonyaiban beállt változás szükségessé teszi a gazdaságos termelés feltételeinek megteremtését.

A növénytermesztésre vállalkozóknak döntéshozatalukban jól kell ismerniük a **természeti** és a **közgazdasági adottságokat**. Felelősséggel kell kiválasztani a termesztendő növényfajokat, illetve fajtákat, továbbá ismerni kell a termesztésükhöz elengedhetetlen **talajművelési, növényvédelmi technológiákat** is.

Állandó nagy termések elérésének egyik döntő előfeltétele a megfelelő **nedvesség fenntartása**, amelyet nálunk a természeti adottságok nem tesznek mindig lehetővé. Ugyanis az az 500-600 milliméternyi csapadék, amelyre általában számíthatunk, igen egyenlőtlen eloszlású. Az Alföldön, a Tisza környékén és a tiszántúli tájakon a **csapadék mennyisége a növények tenyészideje** alatt alig éri el a 300-350 millimétert, holott ennek kétszeresére volna szükség. Ezeken a száraz vidékeken a nedvesség megőrzését elősegítő megfelelő talajművelés mellett az öntözés az az eszköz, amellyel csökkenthetjük a **szélsőséges időjárás**, ill. az **aszály** kártételét. Ezeken a tájakon az öntözés természeti szükségesség, a mezőgazdasági termelés belterjes irányú fejlesztésének legalapvetőbb feltétele.

Öntözéssel a **terméshozamokat** biztonságosabbá és egyenletesebbé tehetjük és lehetővé válik új kultúrák meghonosítása is. Az öntözéshez szükséges beruházások és az **üzemeltetés költségei** azonban igen jelentékenyek, így a jövedelmező, **gazdaságos öntözéssel termesztés** csak abban az üzemben lehetséges, ahol a vízellátottságon kívül a többi terméshozamot befolyásoló **termesztéstechnológiai tényező** optimumban van.

Hazánkban is több kiemelkedő – a mezőgazdasági termelést jól ismerő – szakember (Bocz, Budavári, Cselótei, Dobos és Fekete, Oroszlány, Petrasovits, Ruzsányi, Sajó és Trummer, Szalai, Szalóki) bizonyította az öntözés szükségességét.

### **Az öntözéses gazdálkodás fejlődése**

Az öntözés csaknem olyan régi, mint a mezőgazdasági kultúra. Israelsen szerint az öntözés ősrégi művészet. A civilizáció fejlődése az öntözés fejlődését követte.

Hazánkban az öntözéses gazdálkodás első nyomait már a 16. században megtaláljuk, amikor a rizs – déli országrészeinken – meghonosodott.

Az Alföld öntözéséről az első nagyobb méretű fejlesztési tervek a 18. század elején készültek. Ezen időszak vízi munkái elsősorban a lecsapolásokat és az aszály elleni védekezést szolgálták.

Írásos és ma is értékelhető feljegyzéseink az 1863-65-ös aszályokról és az ezt követő intézkedésekről vannak. Az ekkor kibontakozott vitákban erőteljes igény merült fel öntözőfőművek létesítésére, amit abban az időben is egyértelműen állami feladatnak tekintettek.

Az 1863. évi aszály után – de a rákövetkező minden nagyobb aszály idején is rendszeresen – felvetődött az öntözés kérdése a viták során.

A közérdekű öntözőcsatorna létesítéséről szóló 1890. évi XXX. tc. vitáján mások között Kossuth Ferenc (Kvassay Mária férje) fejtette ki: „... csak az állam lehet képes arra, hogy megfelelő lökést adjon az öntözés ügyének; s nagyon fontos a tervszerűség ebben a munkában: ne ötletszerűen történjék az öntözőművek kiépülése, mint ahogyan korábban a vasutaké történt.”

A két világháború közötti évtizedek sem hoztak érdemleges változást az öntözésben. 1919-1930. között az öntözött terület (összesen) csupán 1549 hektárral nőtt, a növekedés tehát évente nem érte el átlagosan a 130 hektárt sem (Szilárd, 1988).

Igen alapos munkát végzett Mayer János az 1931-ben megjelentetett „Az öntözésről” című kiadványával, valamint Sajó Elemér és Trummer Árpád az 1933-ban szerkesztett „Újabb tanulmányok az öntözésről” című jelentős munkájukkal. Ez utóbbiból idézünk azon célból, hogy ráirányítsuk a figyelmet a több mint fél évszázaddal ezelőtt megindult kezdeményezésekre.

*„A másfél évvel ezelőtt megjelent fenti (Mayer-féle) tanulmányokban részletesen kifejtettük, hogy hazánkban a most küszöbön álló vízhasznosításoknak, az intenzívebb vízgazdálkodásnak egyik legfontosabb alappillére öntözéseinknek fejlesztése lesz.*

Részletesen kimutattuk, hogy az Alföld éghajlatát nem változtatták meg az ármentesítések és a belvízrendezések, megokoltuk, hogy nem a vízrendezések következtében állítólag bekövetkezett kiszáritás, hanem egészen más okok teszik szükségessé az öntözések fejlesztését.

Az Alföld egyoldalú (főképpen búza, tengeri) termelése – ami a kontinentális éghajlat következménye – ma már a külföldi, sőt a belföldi piac szempontjából sem felel meg a sokkalta nehezebbé vált értékesítési viszonyoknak. Az Alföldön a változatosabb és biztosabb termelés, az erősebb állattartás és trágyázás, a magasabb terméseredmények, racionális gyümölcsstermelés a mélyműveléssel, okszerű szárazgazdálkodással (dry farming), bizonyos mértékig megközelíthetők ugyan, de tökéletes módon csakis az öntözőgazdálkodással érhetők el.

Ha az öntözések ügyében való állami működést a mostoha pénzügyi viszonyok az elmúlt években meg is bénították, ez a nagy kérdés azért nem pihent, mert a társadalom, a közvélemény állandóan, nagyon élénken foglalkozott vele. Az 1931. évi nyári nagy aszály ennek folytán a **kapásnövényeknek és a takarmányféléknek** katasztrofálisan rossz termése is hozzájárult ahhoz, hogy a közvélemény, a napi- és a szakajtó az öntözések ügyét állandóan napirenden tartsa. A törvényhatóságok, érdekképviseltek és érdekeltségek részéről a kormányhoz az öntözések érdekében nagyszámú felirat is érkezett. E kérdést 1932. évi összes gyűlésein az Országos Alföldi Bizottság is tárgyalta.

Beadványok érkeztek a földművelésügyi minisztériumhoz vízitársulatok, de egyes birtokosok részéről is, akik – miután a pénzintézetek jelenleg **agrárkölcsonöket** nem folyósítanak – az államtól kérnek némi kölcsönt, hogy kedvezően (holt folyamágak stb. mellett) fekvő területeiken kísérleti öntözéseket rendezhessenek be.

Aki a külföldi **vízhasznosítások** és öntözések újabb hatalmas fejlődését áttekinti, kétségtelenül arra a meggyőződésre jut, hogy a technika legújabb vívmányainak felhasználásával a súlyos gazdasági viszonyok ellenére is hatalmas arányú tevékenység folyik az egész világon a vizekben rejlő igen nagy energiák kihasználása érdekében. Az emberiség az aszályos, sőt a félig-meddig aszályos vidékeken is meg akarja szüntetni azokat a rettenetes csapásokat, amelyeket az esőtlen száraz nyarak, az ebből keletkező nélkülözések és éhínségek zúdítanak a nagy kozmikus erők ellen még védtelen lakosságra. Mindeniütt elérni igyekeznek a termelés biztonságát, ezzel a biztos, reális kalkulációt, a termelési önköltségek csökkentését, a biztos önellátást és az exportra kerülő termények versenyképességét.”

## **2. FELKÉSZÜLÉS A KLÍMAVESZÉLY CSÖKKENTÉSÉRE**

Az ENSz jelentés szerint 2050 helyett már 2030-ban elérjük a másfél fokos felmelegedést. Az élővilág újkihívásokkal néz szembe. A világ országaiban megváltoznak az életfeltételek. A hollandok, lettek, litvánok és észtek és az EU több országában megemelkednek a tengerszintek és elindulnak –többek között–irányunkban. A világ sok országában jelentős erőfeszítéseket tesznek az élettér harmonizálására. Ezt tájformálásnak hívjuk. A megélhetéshez szükséges biodiverzitás megőrzésével képesek vagyunk megőrizni, ill. az elcsépelet divatos szóval fenntartani a komfortos megélhetést, amelynek alapja a felmelegedés ütemének csökkentése. Mivel az éghajlatváltozást nem lehet elkerülni ezért fel kell készülni várható káros hatásainak csökkentésére. Az éghajlatváltozás következtében –lényegesen– növekedni fog a vízhiányos, de a víztöbbletes időszakok száma, sőt azok időtartama is. Az életet adó élelem mennyisége és minősége iránt jelentős kereslet fog mutatkozni. Különösen az agrárszakmában válik egyre fontosabbá annak a tudásnak a birtoklása, amely képes a rendelkezésre álló vízkészletek szakszerű hasznosítására. Más gazdálkodásra lesz szükség. Változni fog a víz-műszakiak szerepe is. Közösén kell megtanulni és gyakorolni a jelen és a jövő igényeit kielégítő ökológiai elvű vízgazdálkodást, főleg a vízhasznosítást.

## **3. AZ ÖNTÖZÉS AGROTECHNIKAI CÉLJAI, ALAPFOGALMAK**

Az öntözési műveletek szerteágazását igazolja, az általánosságban figyelembe vett gondolatok nagy száma:

- a növények felhasználása, nedvesség igénye, vízfelvételi dinamikája;
- a környezeti tényezők (a hőmérséklet, a sugárzás, a levegő nedvességtartalma, a szél, a tápanyag), arra gyakorolt hatása;
- a növekedés, a fejlődés, a morfológia és az öntözés összefüggései;
- a növény vízigénye kielégítésének forrásai (csapadék, talajvíz, öntözővíz);
- az öntözővíz mennyiségének és
- az öntözési idő meghatározásának összetevői és módja;

- az öntözési célok a természetben;
- az öntözési módok és az öntözési technika egyes kérdései, valamint
- az öntözés hatása, a termés tömegére, minőségére, éréskezdetére és érésdinamikájára

A szántóföldi és a kertészeti termelésben növényfajonként változó, de összességében egyre inkább növekvő az öntözés, mint agrotechnikai eljárás jelentősége. Alkalmazása sokszor nemcsak indokolt, hanem feltétele az adott technológiának).

A mindig változó társadalmi-, gazdasági körülmények között az öntözés jelentősége is eltérően alakul. Különösen így volt ez az 1980-as évek elejétől, amikor fejlődés indult meg az öntözési technikában. Ez közvetve, vagy közvetlenül hatással volt a termelési technológiát alakító csak nem valamennyi tényezőre (Cselótei, 1999).

### 3.1. Biológiai alapok változása

**Egyes növényfajoknál – azon belül meghatározott termelési technológiákhoz – a termelési célnak megfelelő fajtákban lényeges változás történt.** Egyes zöldségnövényeknél különösen **megnőtt a hibrid fajták aránya**, amelyek vetőmagja sokkal drágább (esetenként többszöröse), mint a régebbi konstans fajtáké. Ez arra készíti a termelőket, hogy minél kevesebb vetőmaggal ériék el az optimális állománysűrűséget, tehát lehetőleg minden csírából termést hozó növény legyen. A kiváló kelési százalék, azt követően pedig a gyors és egyenletes kezdeti fejlődés nem csak a vetőmag minőségétől, hanem az időjárástól, azon belül döntően a csapadék mennyiségétől és megoszlásától függ.

Ez **aláhúzza a kelesztő és kezdeti fejlődést segítő öntözések fontosságát.** Ezeknek a megvalósítására régebben is törekedtünk, de a nehézkes áttelepítés, a szórófejek munkaminősége, a víz rossz porlasztása stb. miatt ilyen célú alkalmazásukra csak ritkán került sor. Az új, ma már általánossá váló technika erre lényegesen több és jobb lehetőséget ad.

### 3.2. Az öntözési norma

**Az új öntözési technika bevezetésével alapvető változás következett be, az öntözésnél annyira jelentős öntözési norma – öntöző vízádag – lehetőségei tekintetében.**



A **korábban használt** kézi áttelepítésű, vontatott, gördülő, stb., szárnyvezetékek szórófejei közepes, 8-10 mm/óra intenzitással működtek. **Ezeknél** áttelepítésük **miatt az átállás ritkítására törekedtek, ami az egy-egy alkalommal használt nagyobb öntözővíz-adaghoz vezetett.** Így a szántóföldi növények vízpótló öntözésében az 1970-es évek elejétől bruttó 80, nettó 60 mm öntözési normával és 18-21 napos öntözési fordulóval számoltak.

Ugyan ez a törekvés a zöldségnövényeknél a vízpótló öntözések esetében 40 mm-es öntözési normához és 10-12 napos öntözési fordulóhoz vezetett. **Mindkét esetben alapvető probléma volt az egyéb** – kelesztő-indító, frissítő kondicionáló, kezdeti fejlődést segítő – **öntözési célokhoz szükséges kisebb öntöző vízadag kiadása,** ezért róluk inkább csak beszéltünk a termelés gyakorlatában azonban alig alkalmaztuk. Ezt a helyzetet erősítette az is, hogy az akkor elterjedt közepes intenzitású szórófejekkel ezeknek az öntözési céloknak a megvalósításához szükséges finomabb öntözést, jobb porlasztást, jó szórásképet – sok esetben az alkalmazási hibák miatt is – nehezen lehetett érvényesíteni. Az új technikával a felsoroltak tekintetében a helyzet gyökeresen megváltozott.

A **lineár** és a **csévélhető berendezések** menet közben öntöznek, így döntően a konzol mozgási sebességével határozzuk meg az öntözési normát és vele az öntözés intenzitását.

Ez utóbbi már 15-20 mm vízadag esetén is többszöröse a talajaink vízbefogadó képessége által még elfogadható 8-10 mm/óra intenzitásnak. **Így még a jó vízbefogadó képességű talajon is legfeljebb 15-20 mm öntöző vizet tudunk kiadni egy menetben.** Ez, vagy az esetenként jóval kisebb öntözési norma, a korábbiakhoz képest több öntözési cél megvalósítását teszi lehetővé. **Bizonyos esetekben azonban ennél nagyobb vízadag szükséges,** amit csak osztott üzemben, két, esetleg három menetben tudunk kiadni.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a növény adott igényéhez igazodva az új technikával lassan kezd formálódni az az öntözési gyakorlat, melynek elméleti alapjai a kutatás és fejlesztésben már régebben kialakultak, de a megvalósításához csak kis részben tudtuk megteremteni a szükséges technikai feltételeket.

### 3.3. Az öntözési technika fejlődése

Cselőtei szerint az 1980-as évek elejétől az öntözés gépesítésében megindult változások az előző időszak törekvéseire vezethetők vissza.

Az öntözés az **1960-as évek elején** lendületet vett fejlődése kezdetben döntően a kézi áttelepítésű, esőztető öntöző berendezésekre épült. Ezeket a nehézkesen mozgatható, az öntözőmunkások egészségére káros, termesztési szempontból is sok problémával járó öntözőgépeket és berendezéseket az **1960-as évek derekától, de különösen az 1970-es években különböző módon kísérelték meg tovább fejleszteni.** Így az öntözőcsövek áttelepítéséhez ilyen célra kialakított szállítókoszt alkalmaztak. Kisebb mértékben bevezették a kerekeken vontatott, majd a gördülő szárnyvezetékeket. Néhány példányban kipróbálták a körkörös, a lineár berendezéseket, a hidromotoros, vagy más módon csévélhető öntözőgépeket, ezek konzolos változatát. Az 1960-as évek végétől megkezdődött a csepegtető, majd az úgynevezett mikroöntözés alkalmazása, amely a világ gazdagabb részein és a területegységekre nagy értéket adó vízigényes növények esetén gyorsan elterjedt.

Ennek nálunk is sok típusa alakult ki (csepegtető, vízugaras, kortyoló, mikroszórófejes stb.), de nagy beruházási igényük és üzemelési költségük miatt ma is inkább az ültetvényekben és a kertekben alkalmazzák. A régebbi – a barázdás, a sávos árasztó, stb. – eljárások inkább a kevésbé intenzív növényeknél és kisebb területen maradtak meg.

Az **1980-as évek elejétől** ez a sokszínű helyzet rövid idő alatt gyökeresen változott azzal, hogy a kukoricaexport állami támogatására alapozva **tömegesen hoztunk be hidromotoros csévélhető és ún. lineár berendezéseket.** Főként a kisebb méretű, hidromotoros csévélhető öntözőgépeket, valamint a nagyobbak egyes elemeit Magyarországon is gyártani kezdtük. Mindez azt eredményezte, hogy ez az 1990-es évek elejére a nagyüzemekben, azok szakcsoportos, háztáji és egyéb területein döntő fölénybe kerültek. **Ma már az összes, ténylegesen öntözött terület 70-80%-át ezek uralják.**

Az **öntözési technika várhatóan továbbra is ebben az irányban halad** (Bozán, 2014, Tóth). Ezeket a nagy gépeket a termelősövetkezetek és állami gazdaságok helyén alakult különböző társas üzemek és egyszerű társulások hasznosítják. A kisebb önálló üzemekben – különösen a zöldségtermesztésben és egyes intenzív szántóföldi ágazatokban – a hazai

gyártmányú, kisebb méretű hidromotoros csévélhető berendezések is jól helyt álltak. A **mikroöntözések elsősorban ültetvényekben, valamint újabban a legintenzívebb szántóföldi zöldségtermelésben találnak helyet.** Az ún. kerti termelésben is mind több területen alkalmazzák.

### **3.4. Az öntözési költség és a költségszerkezet változása**

Az új technika területegységre eső beruházási költsége lényegesen meghaladja a korábbiakét és az üzemelési költségük is emelkedett. A nagyobb energiaigény és a többszörös energiaár miatt különösen **megnőtt az energia jelentősége.** Mindez a termelés általános költségnövekedésénél nagyobb mértékben tette **drágábbá az öntözést, pedig az,** mint résztechnológia, **sok év átlagában már korábban is csak a területegységre több értéket adó növényeknél volt gazdaságos.**

Az öntözés kiugró költségnövekedése ma még inkább az intenzív ágazatok felé tolja el a kiegészítő vízellátás alkalmazási lehetőségét. Más oldalról közelítve ezek az ágazatok a feltételesen öntözöttek egyre inkább kizárólagosan öntözötté, vagy kis részben nem öntözötté válnak. **A korábbiakhoz képest tehát ilyen vonatkozásban is újra kell értékelni öntözésük lehetőségét, illetve szükségességét.**

### **3.5. Az üzemi szerkezet és az érdekeltség változása**

Régebben a nagyüzemben az öntözést külön önálló, úgynevezett öntözőbrigádok végezték. Ezeknek az érdekeltsége az öntözésben esetenként több, már nem szükséges öntözővíz kiadásához kötődött. Így volt ez sokszor még a nagyüzemek keretében működő szakcsoportok esetében is, ahol a végtermék-érdekeltségű kistermelők nehezen tudták elérni az időben és megfelelően végzett öntözést. **Ezért a technika fejlesztésénél az volt a fő törekvés,** hogy az öntözővíz-mennyiség az öntözés minősége, intenzitása, időbeni végrehajtása tekintetében **kiküszöböljék az alkalmazók szubjektív magatartását.**

Az új technika bevezetésével a felsorolt nehézségek nagyrészt megszüntethetőek. A lineár, a hidromotoros csévélhető és különösen a mikroszórófejes berendezések használatával az öntözés részben automatizálható, alkalmazása ellenőrizhetőbb. A végtermék-érdekeltségű

termelők kívánalmi is jobban érvényesülnek: **a termelési cél megkívánta – simulás a növény (víz-) igényéhez – egyre inkább lehetővé és gyakorlattá vált.** (Ezt a szemléletet a megfelelő idejű, angolul time-ként emlegetett módon végezzük.)

A korszerű berendezések révén lehetőség nyílt a növény növekedési szakaszainak (fenofázisainak) megfelelő tápanyagigény fedezésére is. Ennek következtében igen jó kondíciójú növények, növényállomány jött létre, amely a külső gyengítő hatásoknak is ellenállt.

### **3.6. A munka szemlélete**

A növénytermesztésben – még inkább a kertészetben –, különösebben pedig a termelés céljában, módjában, technikájában, termesztési idejében, intenzitásában stb., a rendkívül sokszínű és változatos zöldségtermesztésben csak kerettechnológiák készülhetnek, és soha sem lehet kész technológiákat mechanikusan alkalmazni.

Az öntözés, mint résztechnológia tervezésénél, szerkesztésénél, fejlesztésénél is annak az alapjait tudjuk megadni és csak utalhatunk a különböző körülmények közötti alkalmazás lehetőségeire. **Adott termőhelyre** a termelési célhoz megválasztott fajtával, termesztési idővel, a rendelkezésre álló talajművelési technika és öntözési technika alapján a **szaktanácsadóknak, illetve maguknak a termelőknek kell kialakítani a legkedvezőbb öntözési technológiát.** **Annak végrehajtása során pedig alkalmazkodni kell az évjárat körülményeihez, elsősorban az időjáráshoz.**

A tervezett technológiához meg kell határozni, hogy a sok éves tapasztalat és az időjárás valószínűsége **alapján milyen mértékig gazdaságos felkészülni a növény igényeinek kielégítésére.** **Az intenzív zöldségnövényeknél öntözési szempontból ez 75-80%-os csapadék-valószínűséget jelent.** Így gyakorlatilag 10 évből 8-ban ki tudjuk juttatni a szükséges vizet, két évben pedig csak részleges a vízigény kielégítése. A fennmaradó 8-ból 7-ben az öntözőkapacitást kisebb-nagyobb mértékben nem lehet kihasználni. A termelés legintenzívebb változatainál – **ahol** ma már a szabadföldön is többnyire állandóan helyben maradó **csepegtető vagy más mikroöntözést alkalmazunk (és a csúcsidőben szükséges**

víztömeg is biztosított) – ez a „simulás” a növény igényéhez elvileg 100 %-os lehet (az angol irodalom az éppenidejűséget – real time – kívánja elérni az öntözés során).

**Különösen fontos a növény tenyészidő alatti, az évjáratától függő vízfelhasználásának, öntözési igényének figyelemmel kísérése, ha egyszerre több öntözött növényt termelünk.**

Az öntözés várható hatását ugyanis ez esetben nem egy, hanem párhuzamosan több növény tekintetében kell megítélnünk: az öntözést ott alkalmazzuk, ahol a legjobb eredmény látszik elérhetőnek.

**Az előzőek indokolják, hogy az eddigi gyakorlattól eltérően az öntözés valószínűségét amennyire lehet, ne csak a növény – az egyes termelési változatok – egész tenyészidejére, hanem a tenyészidő főbb szakaszaira igyekezzük megadni és hatását megítélni, így jobban lehetővé válik az egyes növények, illetve a több növényből álló öntözési ágazat gazdaságos vízellátása (Cselőtei, 1999).**

### 3.7. Az öntözés területi egységei

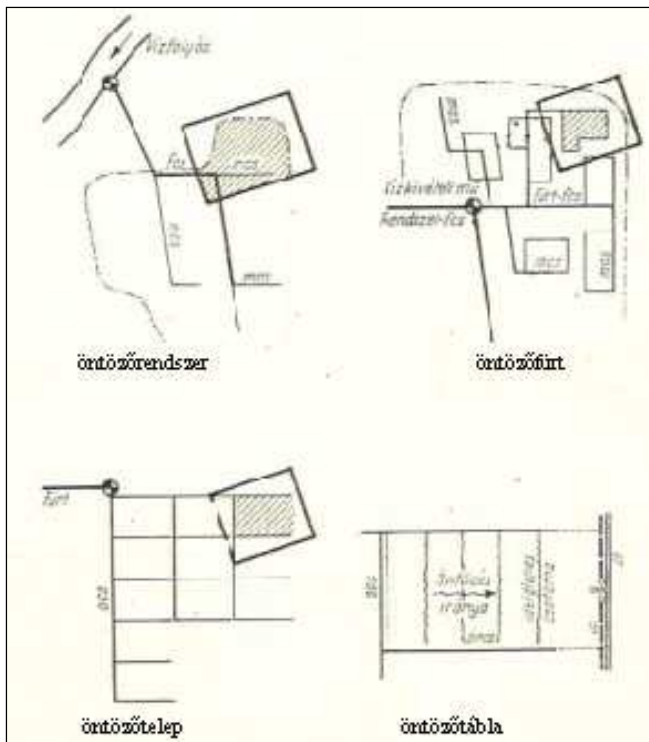
Az öntözés végrehajtása, illetve a vízszállítás szempontjából különböző területi egységeket különböztetünk meg.

Az öntözőtelep az öntözőgazdálkodás alapvető üzemelési, termelési és vízgazdálkodási egysége. Területe több táblából állhat. A berendezés részei:

- vízkivételi mű (az esetleges vízkiemelés gépeivel);
- a telep főcsatornája;
- osztócsatornák, vagy fővezeték-csövek;
- öntözőcsatornák, vagy mellékvezeték-csövek;
- időszakos csatornák, vagy szárnyvezeték-cső;
- rizsgátak;
- műtárgyak;
- öntözőelemek és
- lecsapoló csatornák.

A berendezés részei a 1. ábrán; az elsődleges, másodlagos üzemelés elrendezése a 2. ábrán;

az öntözőrendszer szállító és elosztó csatornái a 3. ábrán láthatók.



1. ábra. Az öntözési területi egységei

Jelmagyarázat:

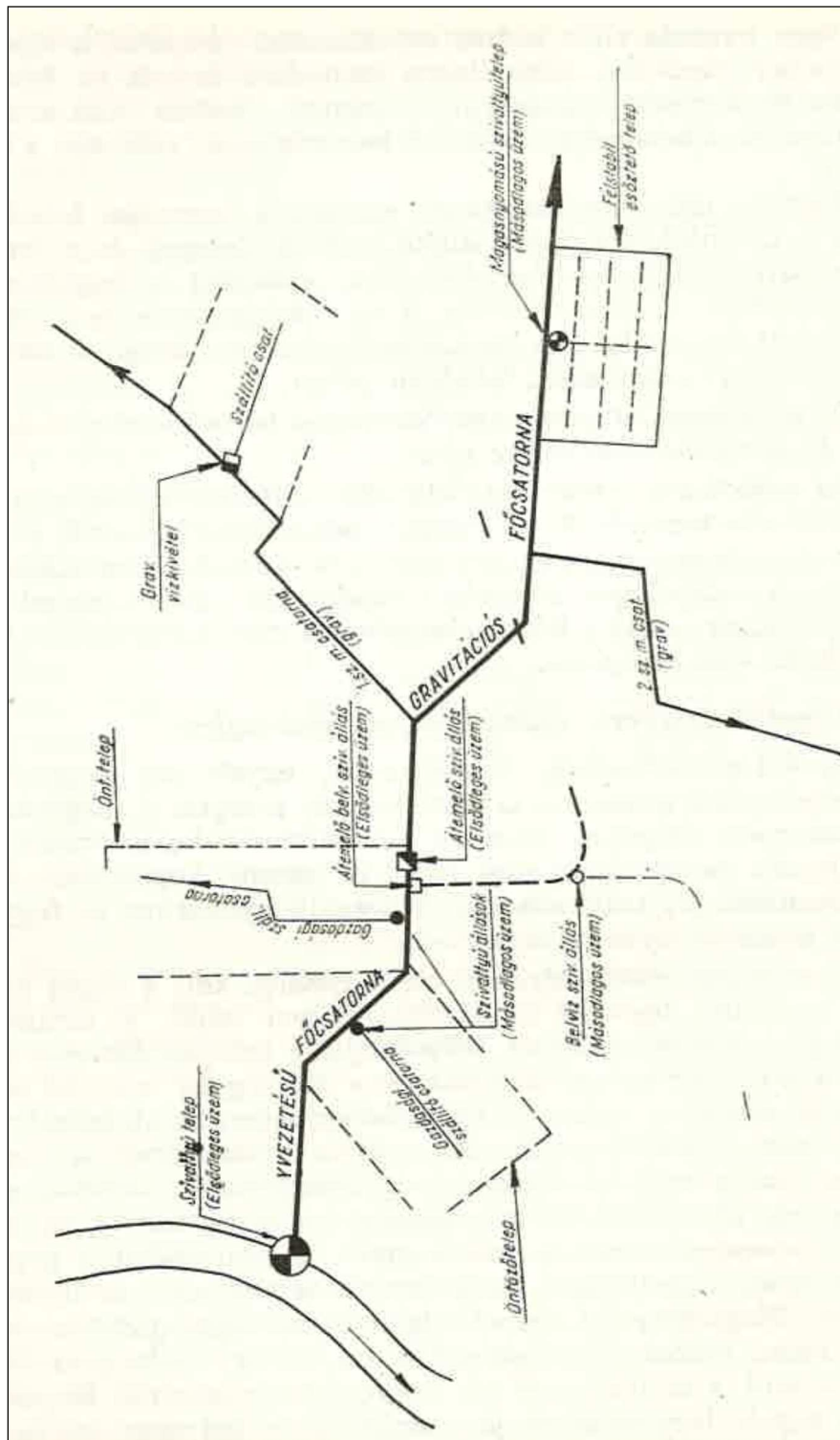
fcs: főcsatorna;

ocs: osztócsatorna;

mcs: mellékcsonna;

öncs: öntözőcsatorna;

cs: gyűjtőcsatorna



2. ábra. Elsődleges, másodlagos üzemelés elrendezése

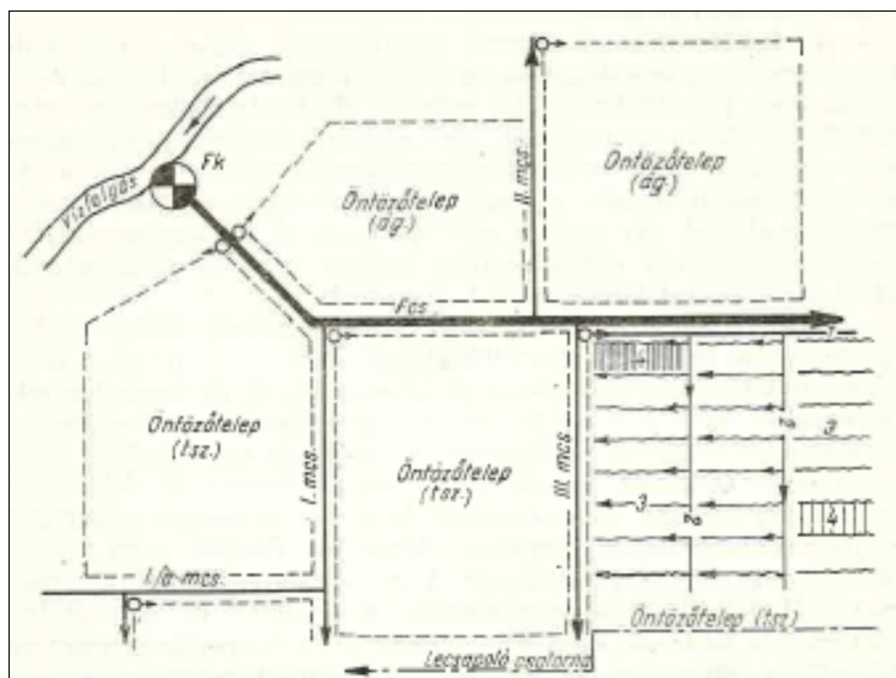
A legnagyobb egység: az **öntözőrendszer** (például a kiskörei víztároló vízkészletének hasznosítására kijelölt területek). Az öntözőrendszer (3. ábra) a legmagasabb rendű, nagy kiterjedésű egység, öntözőfűrtökből tevődik össze. Példaként említjük a Kiskörei Vízlépcsőhöz kapcsolódó Jászsági, illetve Nagykunsági Öntözőrendszert. Területe 10 000- 100 000 ha.

Az öntözőrendszeren belül található az **öntözőfűrt**, amely az öntözőrendszer része, öntözőtelepekből áll. Területe: 2000-5000 ha.

Az elmúlt időszak nagyüzemein belül a jellemző öntözött területet **öntözőtelepnek** neveztük. Az öntözőtelep a legkisebb öntözési jellegű mezőgazdasági üzemegység, **öntözőtömbök** alkotják, területe 200-2000 ha. Az öntözőtömb az öntözési forduló alatt megöntözött terület, amely öntözött táblákból áll.

Az **öntözött tábla**, mint öntözési egység, megegyezik a mezőgazdasági táblával. A mezőgazdasági tömb az az egység, amelyen egy fajta növényt termelnek, és azonos módon művelik.

A termőterület elemek azok az ideiglenes csatornákkal, barázdákkal, szárnyvezetékekkel uralt területek, amelyekből az öntözött tábla összetevődik, mint öntözési területi egység.

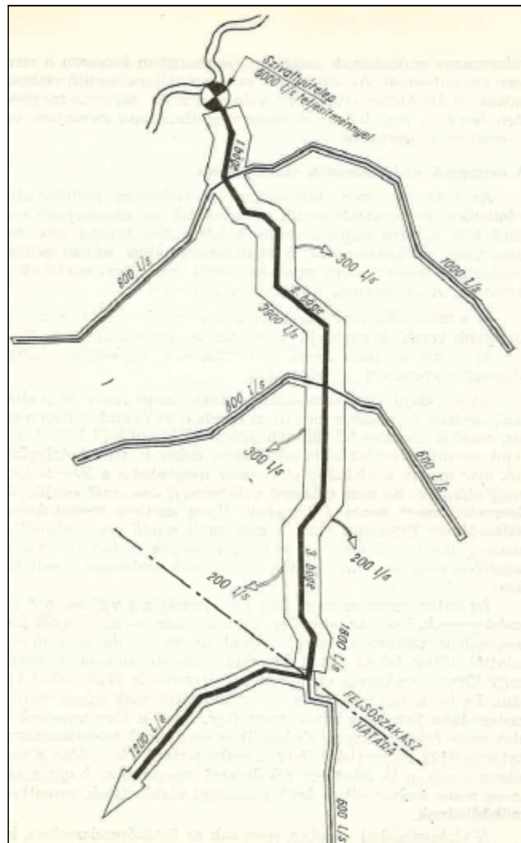


3. ábra. Az öntözőfűrt szállító és elosztó csatornái



Az öntözőrendszer vízhozamának elosztását az 4. ábra mutatja.

Az öntözőrendszereknél célszerű vízhozamszükségleti tervet készíteni (1. táblázat), minden fontos adatot tartalmaz az öntözési időny, hó, dekad idejére.



4. ábra. Az öntözőrendszer vízhozamának elosztása

1. táblázat. Vízhozamszükségleti terv

VÍZHOZAMSZÜKSÉGLETI TERV									
..... öntözőrendszerben ..... idejű, hó, dekad-ra									
Jelölés helye	Területi igények alapján								
	Földművelésügyi					Érdemes művelés	Összes	Vízhozam igények alapján	Vízigény össz.
	szőlő kukorica	szőlő kukorica	szőlő kukorica	szőlő kukorica	szőlő kukorica				
Kül. hóidő									l/s
Norma szerinti érték l/s/ha									
I. sz. m. öntözés kh									
I. sz. m. vízigény l/s									
I. sz. m. veszteség l/s									
I. sz. m. összesen									
II. sz. m. öntözés kh									
II. sz. m. vízigény l/s									
II. sz. m. veszteség l/s									
II. sz. m. összesen									
III. sz. m. öntözés kh									
III. sz. m. vízigény l/s									
III. sz. m. veszteség l/s									
III. sz. m. összesen									
Főcsatorna I bősé kh									
Főcsat. vízigény l/s									
Főcsat. veszteség l/s									
Főcsat. I bősé Össz.									
Öntözőrendszer Össz. kh									
Öntözőrendszer Össz. l/s									

## 4. ÖNTÖZÉSI TECHNOLÓGIÁK

### 4.1 Többrendeltetésű öntöző berendezések

#### *A többrendeltetésű öntözőberendezések*

Az utóbbi húsz évben a világ mezőgazdaságában olyan üzemi jellegű fejlesztés ment végbe, amely nagy tőkebefektetést kívánt meg. A nagy tőkebefektetés és a termelési költség visszatérülése magas termésátlagokkal érhető el. A mezőgazdasági termelésnél fellépő sokféle kockázat kiküszöbölése ezekben az üzemekben alapvető feladattá vált.

A tapasztalatok alapján a mezőgazdasági gépek és eszközök nagy tömege között az öntözőberendezés a munkát nem csak megkönnyíti és meggyorsítja, hanem növeli a terméshozamot, megóvja a kultúrnövényeket a fagytól, a szárazságtól, bizonyos kártevőktől és például a gyümölcsöket megszínezi.

Az a védőhatás, az ebből fakadó folyamatosság és biztonság a termelésben – ami a "többrendeltetésű" öntözőberendezések felhasználásával elérhető – valószínűleg elsődleges oka elterjedésének.

A többrendeltetésű öntözőberendezések alkalmazási köre messze továbbterjed a vízpótló öntözésnél. Európa szinte minden országában késő tavaszi, vagy kora őszi fagyokkal számolhatunk, melyek esetleg nagyobb kárt okoznak, mint az aszály. A nagy termelési költségű kertészeti üzemekben fokozott jelentősége van e súlyos kockázat kiküszöbölésének. A fagy elleni védekezésnél pl. olyan öntözőberendezésre van szükség, mellyel az egész terület egy időben beöntözhető.

Amennyiben ez megvalósul, akkor (az egész területet egy időben öntözzük – az aszály és a fagy elleni küzdelmen kívül) öntözőberendezéseinket olyan további célok érdekében is hasznosíthatjuk, melyekkel a termést biztosabbá és nagyobbá tehetjük, az önköltséget pedig csökkenthetjük. Ezen beavatkozások (növényi és állati kártevők elleni védekezés, levéltrágyázás, színezés, stb.) módot nyújtanak a minőség fokozására, a termék exportképességének növelésére. A célt szolgáló sokféle alkalmazási lehetőség miatt nevezték el ezeket a berendezéseket "többrendeltetésű" öntözőberendezéseknek. A tapasztalatokból az

szűrhető le, hogy alkalmazásuk több szempontból is indokolt – meghatározott körülmények között – indokolt. Magyarországon az első ilyen többrendeltetésű öntözőberendezés megépítésére az 1960-as években az Izsáki Állami Gazdaság termőkaros-almás ültetvényében került sor.

### ***Gazdaságossági szempontok***

A meteorológiai adatok alapján tíz évből háromban számolhatunk késő tavaszi fagyokkal. Ilyen években a kártétel 30-70%-os. Ha tehát csak a fagyok alkalmával megvédjük gyümölcsünket, szőlőinket, a berendezés 25-30 éves élettartama alatt önmagát többszörösen kifizeti. Általános azonban az a tapasztalat, hogy a többrendeltetésű öntözőberendezés – még fagymentes években is – sokfajta felhasználási lehetőség következtében a beruházási költség gyors megtérülését eredményezi.

### ***A többrendeltetésű öntözőberendezések típusai***

A többrendeltetésű öntözőberendezéseknek a világon több típusa alakult ki. Minden típus azonban közös alapelv – az egész terület egyidejű öntözése – szerint működik.

Műszaki megoldás szerint teljes kiépítésű stabil (hordozható berendezés része nincs) csővezetékes eljárás, melynél a fő-, mellék- és szárnyvezetéket (fővezetéket minden esetben, a szárnyvezetéket egyes esetekben) felszín alá helyezik.

Gyümölcsösökben általában a teljes kiépítésű felszín alatti csővezetékes eljárást alkalmazzák. Szőlőnél – különösen domboldalakon – gyakori az a megoldás, amikor véglegesen 2-3 m magas oszlopra helyezik a szárnyvezetéket.

A zöldségnövényeknél, a virágkertészetben előfordulhat az is, hogy több hordozható berendezés együttes alkalmazásával végzik el a fagyvédő öntözést.

A többrendeltetésű öntözőberendezések nagy előnye, hogy a legnagyobb felületen is – a szivattyútelep gépészén kívül – más munkaerőre nincs szükség. E berendezéseknél szinte kivétel nélkül automatikát alkalmaznak.

## 4.2. Fagyvédelmi öntözés

A tapasztalatok szerint a fagy elleni védekezést legbiztonságosabban – majdnem valamennyi növénynél – a fagyvédő öntözéssel érhetjük el. A fagyvédő öntözés azon alapszik, hogy  $1,92 \cdot 10^{-5}$  kJ/kg hő a fagyási folyamat során felszabadul (a folyékony halmazállapotból a szilárd halmazállapotba való átmenet alkalmával).

A növényre tapadó jég rétegnek csak szerény izoláló képessége van, a vizsgálatok szerint 2-4 percig tart. Ezért a víz állandó átmenete szükséges a cseppfolyósból a szilárd halmazállapotba – más szavakkal a fagyási hő állandó előállítására – melynek következtében a jégburok hőmérséklete  $0\text{ °C}$ -nál állandó marad. A jégburkot állandóan vízfilmnek kell bevonnia, mert az utolsó  $\text{H}_2\text{O}$  molekula után a jégfelületen meleg nem szabadul már fel és hőmérsékletcsökkenés következik be, először a jégburkon, majd a növényen.

A fagyvédő öntözést mindaddig végezni kell, ameddig a külső hőmérséklet annyira felmelegszik, hogy a jég már a hőhatás következtében kezd felolvadni.

A vízmennyiség az időjárási tényezőktől, a növények magasságától, a levélzetük formájától, a növények elrendezésétől és a geológiai fekvéstől függ. Adott helyen mindezek figyelembevételével kell a szórófejek intenzitását megállapítani.

A kiszámított vízmennyiség azonban nem felel meg a teljes vízszükségletnek. A jelenleg használatos körkörös szórófejeknek ugyanis nem egyenletes az intenzitása, ezért a teljes vízmennyiség annál nagyobb lesz, minél jobban távolodnak a szórófejek intenzitásértékei az előre kiszámított intenzitás értékétől.

### *A fagyvédő öntözés végrehajtása*

Az intenzitást meg kell vizsgálni, ki kell számítani és esetenként kell eldönteni a szükségletet. Kielégítő fagyvédelem elérésére  $1,5\text{ mm/h}$  vízmennyiséget használnak alacsony növényeknél (virág-zöldség),  $2\text{ mm/h}$  mennyiséget virágzó gyümölcsös,  $3\text{ mm/h}$ -t szőlőnél. Szélnek kitett területen ezt a mennyiséget célszerű kissé növelni.

A fagyvédelemre szolgáló berendezéseket különböző rendeltetéssel használják. Egyes esetekben főleg a virágzó gyümölcsösök védelmére, más esetben arra, hogy a paradicsom és egyéb zöldségnövények korai kihalántázását tegyék lehetővé. Sok helyen a primőrök korai

exportálása érdekében védik ezeket a hidegtől. Olyan növényeknél, ahol a korai piacra juttatás a cél, az öntözőberendezés mindig teljesíti feladatát, mivel még ha nem is következik be hideg idő, a biztos fagyvédelem által lehetővé válik a palánták korai kiültetése és ezzel a termés korábbi betakarítása és értékesítése. A kései fagyok is nagy kárt képesek előidézni pl. a fűszerpaprikában.

#### **4.3. Az állati kártevők elleni védekezés öntözéssel**

Az állati kártevők elleni védelmet vagy tiszta víz kiöntözésével érik el – a kártevőket így kedvezőtlen életkörülmények közé juttatják – vagy a vízzel együtt kémiai rovarirtó szereket öntöznek ki.

Az esőcseppek lemosó-képessége, a hőmérséklet csökkenése, a levegő relatív nedvességtartalmának emelkedése, csökkentik a kártevők szokásos tapadási és kapaszkodási lehetőségeit, részben a fejlődését is.

Az olyan kártevőket, melyek száraz és meleg környezetet igényelnek, a hirtelen mikroklíma-változás (meleg és szárazról – hideg és nedvesre) életfolyamataikban gátolja.

A különböző gombabetegségek ellen a többrendeltetésű öntözőberendezések úgy használhatók fel, hogy a kiöntözött víz a megfelelő növényvédő-szerek hordozója lesz. Ez a módszer gyümölcs-, szőlő-, zöldségtermesztés, valamint fa- és szőlőiskolák esetében alkalmazható.

Az öntözőberendezést ki kell egészíteni:

- egy tartállyal (fémből vagy betonból), mely az öntözőszivattyú szívóoldali vezetékéhez csatlakozik az öntözőoldat tárolására és
- egy szabályozóval, melyet a tartály és a szívóvezeték közé szerelnek fel és az öntözőoldat mennyiségének szabályozására szolgál.

A védekező anyagot a tartályban előzetesen feloldják. A tartályból az öntözőoldatot a kívánt öntözési idő alatt ürítik ki. Ha a tartály kiürült, az üzemelés vezetője megállapítja, mikor álljon le az öntözőberendezés. Ha ugyanis közvetlenül a tartály kiürülése után állítják le a berendezést, akkor – különösen nagy kiterjedésű öntözési felületnél – fennállhat az a veszély, hogy tetemes

oldat marad a vezetékben. Ezenkívül a szivattyútól távolabb lévő szórófejeknél kisebb mennyiségű oldat kerül kiöntözésre. Ha azonban az öntözőberendezést csak akkor állítjuk le, amikor már a terület szélein és a szivattyúktól távol levő szórófejek is tiszta vizet adagolnak, akkor az a veszély fenyeget, hogy leöblíti a levelekről a növényvédő szert. Némelyik üzemből a középutat választják. A berendezést a tartály kiürítése után azonnal leállítják, és csak akkor helyezik megint működésbe, amikor a levelek teljesen megszáradtak. Másutt addig folytatják az öntözést, amíg a legtávolabb fekvő szórófejeket keresztül is csak tiszta víz áramlik.

Az eddigi külföldi tapasztalatok azt mutatják, hogy az előírások betartása esetén a kártevők elleni öntözéses védekezés jó eredményeket hozhat.

#### **4.4. A frissítő-öntözés**

A frissítő-öntözésnek az a célja, hogy megvédje a növények levélzetét a túlságos felmelegedéstől. Nagy melegben, alacsony páratartalom mellett ugyanis megszakad az asszimilációs folyamat, sőt az előállított szőlőcukor disszimilálódása is bekövetkezhet, még olyan esetben is, ha a talajban elegendő nedvesség van.

Az eddigi tapasztalatok alapján ez az állapot úgy kerülhető el, ha a növényt gyakran, kis megszakításokkal, kis intenzitású szórófejekkel, kis vízmennyiséggel megöntözik. Ez a lassú, rövid időközönként végrehajtott öntözés lehetővé teszi a megfelelő mikroklíma és az egyes növényeknek szükséges optimális feltételek megteremtését.

Van olyan külföldi tapasztalat, hogy pl. a szőlő cukortartalmának emelkedése – öntözéssel – két cukorfokot is elérhet. A bor minőségének többi faktorát – úgymint az aromát, testességét stb. – is ideálisan befolyásolja a frissítő-öntözés, főleg homoktalajokon.

#### **4.5. Az öntözővíz hőmérsékletének változása esőszerű öntözésnél**

Az öntözések végzésekor általában nem vizsgáljuk, hogy milyen a víz hőmérséklete. A gyakorlatban legtöbbször azt az eljárást alkalmazzák, hogy tavasszal mindaddig nem öntöznek, amíg a napi középhőmérséklet a 20 °C-ot el nem éri. A nyári időszakban nincs szükség az

alacsony hőmérséklet miatti esetleges szüneteltetésre. Minél magasabb a napi középhőmérséklet, annál jobban felmelegszik az öntözővíz is.

Mi történik a csőkutas öntözés esetén? Fekete I. (1972) többéves vizsgálatai szerint ugyanis a csőkutak vizének hőmérséklete az öntözési időben alig változik. Áprilisban – az öntözési idő kezdetén – 13-13,4 °C a csőkút vizének hőmérséklete és a legnagyobb nyári melegben sem haladja meg a 14 °C-ot. Természetszerűen merül fel az a gondolat, hogy ilyen alacsony hőmérsékletű vízzel nappal ne, hanem éjszaka öntözzünk. Az öntözőberendezések ilyen rossz kihasználtsága azonban nem engedhető meg, s így nappal is végezték az öntözéseket (általában 17 h-kor kezdtek öntözni, s másnap 11 h-ig folyamatosan). Miután azonban a hideg víz okozta kártételt egyetlen esetben sem észlelték, vizsgálatot indítottak annak tisztázása érdekében, hogy nem változik-e meg a víz hőmérséklete a csőkúttól a talajra érés pillanatáig.

A vizsgálathoz különböző színű, anyagú, átmérőjű csöveket, más-más hosszúságban, napon és árnyékban lefektetve próbálták ki. A vizsgálat során az igazolódott, hogy a cső színének, átmérőjének és hosszának a víz hőmérsékletváltozása szempontjából kisebb a jelentősége. Vizsgálták a szélesség, hőmérséklet, páratartalom és talajhőmérséklet értékeit. A kitűzött cél annak megállapítása volt, hogy a csőkút vize a talajra jutás pillanatáig milyen hőmérsékletváltozáson megy keresztül.

A mérések alapján az volt megállapítható, hogy a csőkutaknál a vízhőmérséklet lényegében állandóan azonos. A csőhálózatban – bizonyos mértékig a cső hosszúságával összefüggésben – némi felmelegedés bekövetkezik, de ebben is nagyobb szerepe lehet a külső hőmérsékletnek, mint a sűrűlódásnak. A külső hőmérséklettől függő erős felmelegedés következik azonban be a víznél a szórófej elhagyása után a levegőben a talajra jutás pillanatáig. Ez a növekedés azonban 15 °C külső hőmérsékletnél csak +0,4 °C, ilyen hőmérséklet mellett azonban nem szabad öntözni.

A mérési adatok végeredményben azt mutatják, hogy a talajra jutás pillanatáig – esőszerű öntözésnél – olyan felmelegedés következik be – ha megfelelő a külső hőmérséklet – mely a növényekre káros nem lehet. 20 °C-nál alacsonyabb hőmérséklet mellett csak homokverés



megelőzése miatt szabad öntözni. Optimumnak pedig 25 °C körüli hőmérséklet látszik. Ez irányban azonban a vizsgálatokat tovább kell folytatni.

Fekete (1972) vizsgálta azt is, hogy a talaj hőmérsékletében milyen változást okozott az öntözés. Miután a több éves vizsgálati adatok tendenciájukban hasonló jellegűek, egy vizsgálatot ismertetünk.

25,5 °C-os átlagos hőmérsékletű napon

	2 cm-en	37,2 °C,
a talaj hőmérséklete	5 cm-en	32,0 °C,
	10 cm-en	26,8 °C

volt közvetlenül az öntözés megkezdése előtt.

Két órával az öntözés után:

	2 cm-en	34,0 °C,
	5 cm-en	30,1 °C,
a talaj hőmérséklete	10 cm-en	
	(a víz fajhője	29,0 °C.
	következtében)	

A víz hőmérséklete tehát a 0-5 cm-es talajszintben előnyösen csökkentette a talaj hőmérsékletét, 10 cm-nél pedig már felmelegedést okozott, s ezzel a legfelső talajréteg hőmérséklete kiegyenlítettebb lett. (A vizsgálat részletesen nem utalt a napszakra, talajtípusra és a növényi fedettségre sem.)

**Megállapítható**, hogy az öntözések időpontjának megválasztásánál feltétlenül figyelembe kell venni a légkör hőmérsékletét, függetlenül a vízforrástól, mert bár esőszerű öntözésnél a vízcsepp felmelegszik, ez is elsősorban a külső hőmérséklettől függ. Ausztráliai gyakorlati tapasztalat szerint a levegő magas 35-40 °C hőmérséklete esetén is alkalmazhatjuk az esőszerű öntözést, mivel a nagy felületű, de kis tömegű vízcseppek a levegőben könnyen felmelegednek és így a növényekben nem okoznak kárt. Különösen ne töprengjünk (aszály esetén), a víz ún. "forrázási hatása" miatt, ugyanis az esetleges kisebb károsodás kevesebb értékcsökkenést eredményez, mint a növényállomány elpusztulása.

#### **4.6. A trágyázó öntözés és a levéltrágyázás**

A trágyázó öntözés és levéltrágyázás külföldi elterjedésének oka az a nagymértékű munka- és időmegtakarítás, amelyet a vízben oldott műtrágyának az öntözőberendezésen keresztül történő kiszórása eredményez.

Amerikai kutatások kimutatták, hogy a műtrágya kihasználási foka, mely a szokásos kiszórás esetén (száraz ásványi sók) 50% körül van, kiöntözésekor 70-80%-ra emelkedik. A tápanyag vízzel történő keverésének lehetősége és ennek szakaszos adagolása lehetővé tesz több, egymást követő nitrogéntrágyázást.

Az öntözéses trágyázás ellen gyakran felmerült az a kifogás, hogy az a tápanyagot egyenetlenül juttatja ki és ezért célszerűbb azt kiszórni és azután rábocsátani az öntözővizet. Ez a feltevés csak feltételesen igaz. Ha a körforgó szórófej a vizet egyenetlenül szórja, úgy a műtrágyaoldatot sem kielégítően permetezi szét. Ilyen szórófej használatakor a kiszórt műtrágya utólagosan, vízzel való öntözés esetén is egyenetlen marad.

A növények egyenletes tápanyagellátása az alkalmazott szórófej munkájának minőségétől függ.

A kis intenzitású szórófejek általában megfelelnek a követelményeknek és ezáltal kielégítően biztosítják a trágyaoldatok kipermetezését. Természetesen lehetőleg szélcsendes, vagy enyhe szél erősségű időben kell a berendezéseket működtetni. Mivel ez a gyakorlatban nem mindig lehetséges, ajánlatos a szórófejeket többszöri trágyaszórás esetén úgy átállítani, hogy a csapadéksűrűség – és ezzel együtt a trágyamennyiség is – kiegyenlítődjék. Ez minden többszörösen megöntözött növénynél kívánatos.

A tápanyagelosztás függ az esetenként használt oldó-berendezéstől is.

##### **4.6.1. Tápláló öntözés esőztető berendezéshez kapcsolt műtrágyaoldó berendezéssel**

Az esőztető öntözőberendezések műtrágya-oldatok és folyékony trágyák kiadagolására is alkalmassá tehetők.

A szilárd halmazállapotú műtrágyát – esőztető öntözéssel való kiadagolásához – először fel kell oldani, illetőleg az öntözővízzel össze kell keverni. A műtrágyának az öntözővízzel való együttes kiadagolása sok előnnyel jár. Ezek között megemlíjtük a következőket:

- a) a növényi táplálóanyagok oldott állapotban jutnak a talajba és a gyökérzet által azonnal felvehetők;
- b) az öntözővíz mennyiségének helyes megállapításával a növényi táplálóanyagok a termelt növények számára optimális mélységű talajrétegbe vihetők be;
- c) az öntözővízzel együttes műtrágya-adagolásnál megtakaríthatók a műtrágyakiszórás szállítási és munkaköltségei.

A műtrágya-adagolást legpontosabban a csőhálózaton történő vízszállítással végezhetjük el. Fontossága egyre inkább növekszik. Alkalmazása még sok erőfeszítést igényel mind a termékforgalmazók, mind a vállalkozók részéről. Az átalakuló magyar mezőgazdaságon belül ez az egyik terület, ahol a szaktanácsadási tevékenység kimondottan nagy segítsége lehet a gazdáknak.

A fő feladat: a növény számára szükséges tápanyag időben történő kiadagolása. A fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban (pl. Izraelben) a magas termésátlag elérése érdekében néha akkor is működtetik az öntözőberendezést, ha nem a víz-, hanem a tápanyagpótlást végzik el. Nálunk ugyancsak fontos ezen megoldás alkalmazása.

A műtrágyaoldó berendezést az alapvezetékbe beépített keverőcsőhöz gumitömlővel csatlakoztatjuk.

A műtrágyaoldó henger alakú acéltartály, mely felül fedéllel zárható. A tartály aljában – lemezgallérral körülvéve – helyezkedik el a kivehető szűrőkosár. Az öntözővíz egy részét a csatlakozó gumitömlő az elzáró csap közvetítésével a tartály aljába vezeti, ahol a víz a szűrőkosárban lévő műtrágyát körülmossa, feloldja. Az oldat egy zárócsapon keresztül hagyja el a tartályt és a gumitömlőn visszaáramlik az alapvezetékbe. A visszavezető cső csonkja belóg a keverőcsőbe, az oldat jó elkeveredését biztosítva. Igen finom szemcséjű műtrágyáknál a szűrőkosárba még egy finom szitát is helyezünk, hogy a nagy lyukakon ne ömöljön ki a

műtrágya a tartály fenekére, ahol összepépesedve dugulást okozna. A tartály fenekén vízleeresztő csap is van.

A műtrágyaoldóba adagolandó műtrágya mennyisége a szórófejek kötésétől és az egyidejűleg üzemelő szórófejek darabszámától függ (2. táblázat).

2. táblázat. Az adagolandó műtrágya mennyiségének meghatározása

A szórófejek kötésmérete és területe	Hektáronként adagolandó műtrágya	Egy üzemelő szórófejre számított műtrágya-mennyiség
24 x 24 = 576 m <sup>2</sup>	90 kg	9 kg
	180 kg	18 kg
	360 kg	36 kg

Más kötéseknel kiszámítjuk, hogy a kötésterület hányszorosa a táblázatban levőnek és ennek megfelelően az arányos mennyiséget vesszük.

Pl. 36 x 36 m-es kötés területe 1296 m<sup>2</sup>, ami éppen 2,25-szöröse az 576 m<sup>2</sup>-nek. Tehát az egy szórófejre számítandó műtrágya mennyiségek:

$$9 \times 2,25 = 20,25 \text{ kg}; \quad 18 \times 2,25 = 40,50 \text{ kg}; \quad 36 \times 2,25 = 60,75 \text{ kg}.$$

Az egy szórófejre számított műtrágya mennyiségét megszorozzuk az egy szárnyvezetéken üzemelő szórófejek számával és kg-ra kerekítjük. Így megkaptuk az egy szárnyvezeték üzemideje alatt kiszórandó műtrágyamennyiséget. Ezt annyiszor kell venni, amennyi az üzemelő szárnyvezetékek működési ideje. A kiszámított műtrágya mennyiséget folyamatosan kell kiadagolni.

A műtrágyaoldat kiöntözése előtt legalább 10 percig, utána legalább 10-30 percig tiszta vízzel öntözzünk. Erre egyrészt a növényzet, de legfőképpen az öntözőberendezés védelme miatt van szükség. A műtrágyaoldat ugyanis még a horganyzott csövek anyagát is támadja. Ha alkalmazása után az összes fémrészről nem mossuk le alaposan, akkor korrózió következtében azok elrozsdásodnak és kilyukadnak. Az alapos lemosás a műtrágyaoldó tartály külsejére és belsejére is vonatkozik.

A műtrágya feloldása és kiszórása aránylag gyorsan megtörténik. Ha a szivattyú vízszállítása 1200 l/p, akkor óránként kb. 280-430 kg műtrágya öntözhető ki.

#### ***Központi műtrágyaoldó berendezések működési elve***

A központi műtrágyaoldó berendezések működési elvük alapján három csoportba sorolhatók:

a) műtrágyaoldó berendezés a szivattyú nyomóoldalán;

Működési elve azonos a hordozható berendezéseknél alkalmazott mellékáramkörös oldó berendezésekével.

b) műtrágyaoldó berendezés a szivattyú szívóoldalán;

Ebben az esetben az öntözővízbe keverik a műtrágyát, vagy a szivattyú külön tartályból szívja elágazó szívócsövén keresztül az elkészített műtrágyaoldatot.

c) műtrágyaoldó berendezés külön szivattyúval ellátva;

A műtrágyaoldat külön medencében készült és azt külön szivattyúval juttatják a tiszta vizet szállító nyomócsőbe.

Az "a" alatti megoldás tapasztalat szerint nem biztosít megfelelő keverést. A "b" alatti több szivattyú alkalmazása miatt nem tekinthető a mezőgazdaság igényeit kielégítő megoldásnak. A "c" alatti tartjuk a helyes megoldásnak.

#### **4.6.2. A mezőgazdaság igénye a központi műtrágyaoldó berendezésekkel szemben**

A mezőgazdaság igénye röviden úgy fogalmazható meg, hogy a központi oldó- és adagoló berendezés úgy nyerjen kialakítást, hogy az azonos időben öntözhető táblák eltérő tápanyagigényét is biztosítani tudja anélkül, hogy a tápanyagöntözés zavarná a tiszta vízzel öntözött tábla üzemét. Más szóval: az egyidejűleg öntözhető táblák közül bármelyik öntözhető legyen tiszta vízzel, s bármelyik tápanyaggal anélkül, hogy azok egymás üzemét zavarnák.

A mezőgazdasági igény megfogalmazása nem csak a tápanyagoldó és elosztó berendezés, hanem az öntözőfürt műszaki megoldására is kihat. A műszaki megoldással szemben támasztott igények a következők:

- körvezetékes megoldás nem alkalmazható,
- a táblákat, illetve tömböket külön-külön kell fővezetékkel ellátni,

- fővezetékenként, illetve tömböként egyidejűleg csak egy tábla öntözhető.

A fentiek szerinti megoldást a hartai öntözőfürt kialakítása alapján ismertetjük.

A fürt területe – melynek kb. a súlypontjában helyezkedik el az automatikus vezérlésű nyomásközpont – 1250 ha.

A táblák átlagos nagysága (480 x 960 m) 46 ha, a táblák száma 28 db. Négy tábla alkot egy tömböt, így a tömbök száma 7, s minden tömböt külön-külön fővezeték lát el.

Egyidejűleg tömböként 1 tábla öntözhető. Egy tábla beöntözési ideje 16 órás munkaidővel és 60 mm csapadék kiadásával számolva 4 nap. Egy tömb, illetve a teljes fürt területe 4 tábla x 4 nap = 16 munkanap alatt öntözhető be.

Egy táblán egyidejűleg 10 db 228 m hosszú szárnyvezeték üzemel, rajta 10 db szórófejjel. A tíz egység által táblánként egyidejűleg lefedett terület 6 ha. Az egész fürt egyidejűleg öntözött területe maximálisan 7 x 6 ha = 42 ha.

Tömböként, illetve öntözött táblánként a vízigény 120 l/s, az egész fürtre vonatkoztatva 7 x 120 = 840 l/s.

#### **4.7. A tápláló öntözés**

Az öntözésfejlesztésben élenjáró országokban szinte általánossá vált, hogy a magas terméseredmények elérése érdekében a tápanyagok jelentős részét az öntözővízzel juttatják ki.

Az eljárás azzal az előnnyel jár, hogy a növények az oldatokat könnyen hasznosítják, továbbá csak annyi tápanyag kiadagolására van szükség, amennyi a növekedéshez éppen nélkülözhetetlen.

A következő fejezetekben a mikroöntözésben alkalmazható újszerű lehetőségeket ismertetjük. Ez a megoldás természetstechnikai és ökonómiai szempontból is előnyösnek mutatkozik, és különösen a mikroöntözésben nyert igazán teret. Ez elsősorban a térben koncentrált, ill. csökkentett területű vízadagolásnak köszönhető. Vagyis a lényegesen kevesebb vízzel a tápanyag csak a gyökérszónába kerül. Ez egyúttal csökkentett tápanyag-felhasználást eredményez, szemben az esőszerű öntözéssel, ahol lényegesen több tápanyagot juttatunk ki az

öntözővízzel, mivel a tápanyag olyan helyre is kerülhet, ahol nincs a növénynek gyökere (pl. gyümölcsösben).

Az öntözés és a tápanyag-adagolás közös végrehajtását az angol nyelvben "fertigation"-nak nevezik, amit a műtrágyázás (fertilization) és az öntözés (irrigation) kifejezésekből képeztek. A magyar megfelelője a tápláló öntözés. A mikroöntözés hazai elterjedésével, de a különböző esőztető öntözőberendezések üzemeltetésével indokolt lenne minél nagyobb területen történő alkalmazása. (Itt jegyezzük meg, hogy a hajtatasos zöldségtermesztésben tápoldatos öntözés terjedt el. A tápláló öntözés elnevezés mögött az időszakos tápanyag-kijuttatás rejlik, vagyis a tenyészidőszak során több alkalommal - általában – „csupán” vízpótlás történik, és csak néhányszor kerül tápanyag a vezetékbe. A tápoldatos öntözés során valamennyi öntözéskor folyékony műtrágya kerül a hálózatba.)

#### ***A műtrágyaoldatok felhasználása a korszerű öntözési technológiában***

Már évtizedekkel korábban kísérleteztek a műtrágyáknak oldat formájában történő kijuttatásával, azonban az öntözési technika gyengeségei, a megfelelő műtrágyakészítmények hiánya miatt az eljárás nehézkesnek bizonyult és nem terjedt el széles körben, sőt a kezdeti próbálkozások is félbe maradtak. Új lendületet ad a fejlesztő munkának a korszerű, nagyteljesítményű öntözőgépek, vagy éppen az igen kicsiny vízmennyiségek pontos szétosztására alkalmas öntözőberendezések megjelenése. Ezek közös jellemzője az egyenletes vízszétosztás és a nagyfokú automatizálhatóság.

Az öntözővízzel történő tápanyag-kijuttatás ideális módszernek tűnik a legtöbb kultúra esetében. Az egyik legfőbb érv a tápláló öntözés mellett, hogy még ugyanazon növényfaj különböző fajtáinak is az egyes fejlődési fázisokban igen eltérő lehet a tápelem-igénye, s ez a változó igény a műtrágyázás hagyományos módszereivel nemigen biztosítható, figyelembe véve az egyes talajtípusok szélsőségesen eltérő tápanyag-szolgáltató képességét is. Tekintve, hogy a fenti folyamatokban a talaj-tápanyagtöke felvehető formába történő átalakulásának sebessége döntő jelentőségű (Buzás, 1987), okkal feltételezhetjük, hogy a tápanyagot könnyen felvehető formában a gyökérszónába juttatva megkönnyítjük, hogy a növény azt felvegye.

A felvehető tápelemformák a különböző növényélettani vizsgálatok alapján jól ismertek. A növény a nitrogént főleg  $\text{NO}_3^-$  vagy  $\text{NH}_4^+$ , a foszfort  $\text{H}_2\text{PO}_4^+$ , a káliumot  $\text{K}^+$  stb. formájában képes felvenni. A talajból is ezek vehetők fel. Azok a tápelemek, amelyek ettől eltérőek, közvetlenül nem vehetők fel. Speciális esetekben (mint a növényházi termesztés) a víz- és tápanyagellátás jól összehangolható. Különösen igaz e megállapítás a talaj nélküli (kőgyapotban, perlitben, durva homokban, kavicsban és egyéb szubsztrátumokban) történő termesztési eljárásoknál, ahol a tápanyagellátás kizárólag tápoldatozással történik. Ezeknél a zárt, szabályozott légtér néhány olyan problémát is kiküszöböl, amely a szabadföldi termesztésnél jelentősen befolyásolja a módszer alkalmazhatóságát. Ugyanis a nem zárt térben folyó termesztésnél különösen számolni kell azzal az eshetőséggel is – melyre Gastoud és munkatársai (1982) hívják fel a figyelmet – hogy a növények vízszükségletének és tápanyagfelvételének maximuma időben esetleg nem esik egybe. Például: a gyümölcsfák és a szőlő ásványi-anyag szükséglete jelentős az egész vegetációs időszak során. Hazai csapadékviszonyaink mellett a talaj nedvességkészlete többnyire csak tavasszal képes öntözés nélkül is biztosítani a növények vízigényét.

### ***A tápláló öntözés előnyei és korlátai***

Előnyök:

- az agrotechnikai műveletek számának csökkentése, a talaj felesleges taposásának elkerülése;
- az automatizálhatóság, valamint a magas szintű munkaszervezési igény révén a munkaerő-felhasználás csökkentése;
- a kiadagolás pontosítása és megosztása eredményeként a növények tápanyag-szükségletének optimális kielégítése a fejlődési állapothoz igazodóan.

Korlátok:

- többé-kevésbé bonyolult berendezések – többletberuházás igénye;
- a tápoldatok okozta korrózió megelőzésére különleges korrózióálló ötvözetek, vagy műanyagok használata szükséges az öntözőberendezésben;



- a megfelelően magas szintű technikai és agronómiai felkészültség igénye.

A tápanyagok egyenletes területi elosztásának igénye egybeesik az öntözővíz egyenletes elosztásának következményével, így bármely öntözőberendezés, amellyel a fenti követelmény megvalósítható, alkalmazható tápanyagok egyidejű kijuttatására is. Ilyen szempontból a jelenleg széles körűen alkalmazott öntözési módok közül az esőszerű öntözés többfajta megoldása, illetve a mikroöntözés jöhetnek szóba.

#### **4.8. Az egyenletes víz- és tápanyag-adagolás feltételei, megvalósításának eszközei a mikroöntözésben**

A hagyományos és a járvaüzemelő esőztető berendezések hatását összehasonlítva megállapítható, hogy a mozgás – a járvaüzemelés eredményeként azonos szélviszonyokat feltételezve – sokkal egyenletesebb vízborítást tesz lehetővé (Lelkes, 1988). A nagy hatósugarú szórófejes csévélhető berendezéseknél a szélereősség és a szélirány hatása bizonyos fokig ellensúlyozható a haladási sebességgel, a fúvóka átmérővel, a szórófej nyomással, valamint a szektorszög nagyságával és elhelyezkedésével. (Pl. a kisebb sebesség nagyobb fúvókaméret esetén a szél kevésbé képes a nagyobb vízcseppeket távolabbra juttatni).

Az egyenletes vízelosztás követelményének jobban megfelelnek a frontálisan mozgó (ún. lineár-rendszerű), valamint a konzolos öntözőberendezések, mivel az előbbiektől eltérően az időben változó csapadék-intenzitás a munkaszélesség bármely pontján elvileg azonos, ezért szélérzékenységük a vezeték mentén egyező értékű. Szeles időben igen fontos az intenzitás módosítása, hogy az apróbb cseppek helyett nagyobbak képződjenek. Ezen öntözőgéptípusokhoz csatlakoztatható műtrágyaoldó, illetve tápanyag-adagoló egység. Alkalmazásuknál szem előtt kell tartani, hogy az öntözőgépek nagy térfogatárama miatt egységnyi idő alatt jelentős mennyiségű műtrágyaoldat kerül kijuttatásra, így ennek megfelelően kell méretezni az oldó-berendezést, illetve törzsoldat-tartályt.

A mikroöntözésben többfajta előny kínálkozik a tápanyagok öntözővízzel történő kijuttatására. Ezek:

- a pontos adagolás lehetősége;

- a lokalizált öntözés esetén a kisebb felületre csökkentett tápanyag mennyisége adagolandó;
- a szélérzékenység jóval csekélyebb, mint az esőszerű öntözésnél;
- az automatizálás nem csak lehetséges, de "kötelező".

Ugyanakkor a mikroöntözés technikai megoldásaitól függően a tápanyagok öntözőberendezésen keresztüli kijuttatása nem kívánatos hatásokat is okozhat. Ezek eltérő folyamatok eredményeként jöhetnek létre, de végül is két formában jelennek meg. Az egyik a rendszer részbeni vagy teljes eltömődésével okoz üzemelési zavarokat, a másik jelenség pedig a korrózió, amely képes idő előtt tönkretenni az öntözőberendezést, vagy annak egyes alkatrészeit. Mindkét probléma valamilyen módon összefüggésben van a felhasználandó kemikáliák kémiai-fizikai tulajdonságaival, az öntözővíz minőségével és a környezeti tényezők hatásával.

### ***Folyékony vegyi anyagok öntözővízbe adagolására szolgáló készülékek***

A tápláló öntözés elterjedésével az öntözőberendezés-gyártók a tápanyag-adagoló berendezések legkülönbözőbb változataival jelentek meg.

*Ezeket az injektáló készülékeket működési elvük szerint három csoportba soroljuk:*

1. szívóoldali betáplálású adagolók;
2. oldótartályos adagolók, mellékáramkörös betáplálással;
3. hidraulikus- és elektromos adagoló szivattyúk.

Az importált öntözőberendezések jelentős részéhez a szívórendszerű adagolókat is megvásárolták az üzemek, azonban alkalmazásukra csak kismértékben került sor.

### ***Tápanyagok mikroöntöző-berendezéseken keresztüli kijuttatása***

Bucks és Nakayama (1980) szerint bármely, a mikroöntöző-berendezésben alkalmazott kemikália meg kell hogy feleljen az alábbi feltételeknek:

1. vízben oldható vagy emulgálható legyen;

2. ne lépjen olyan reakcióba az öntözővízben lévő sókkal vagy más vegyületekkel, hogy az a berendezésre vagy a növényekre káros hatást gyakoroljon;
3. ne okozzon korróziót, vagy hasonló jellegű károsodást (pl. műanyagrészek lágyulása, oldódása);
4. a berendezésben ne idézzen elő eltömődést.

(Ezek a követelmények az esőszerű öntözés esetén is érvényesek!)

A négy feltétel lényegében összefügg egymással, mivel a felhasználandó szilárd, vagy folyékony műtrágyák fizikai-kémiai sajátosságai határozzák meg viselkedésüket. Esetünkben legfontosabb ezek közül az oldhatóság kérdése. Nem csak arról van szó, hogy az adott anyag az öntözővízben teljesen feloldódjon, hanem arról is, hogy a rendszerre jellemző hőmérsékleten milyen töménységű törzsoldat készíthető belőle. A leggyakrabban alkalmazott műtrágyák összetételére és oldhatóságára vonatkozóan a 3. táblázat ad áttekintést.

3. táblázat. A leggyakrabban alkalmazott műtrágyák oldhatósága 0 és 20 °C-on

Műtrágya típusa	Oldhatóság (kg/100 liter víz)		Telített oldat hatóanyagtartalma 20 °C-on kg/100 liter		
	0 °C-on	20 °C-on	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Ammónium-nitrát	118	192	64,4	-	-
Ammónium-szulfát	71	73	14,6	-	-
Kalcium-nitrát	102	122	18,3	-	-
Kálium-nitrát	13	32	4,0	-	13,6
Karbamid	68	103	46,4	-	-
Monokalcium-foszfát	15	2	-	0,9	-
Monokálium-foszfát	43	20	-	10,5	5,7
Kálium-klorid	28	34	-	-	20,4
Kálium-szulfát	8	11	-	-	5,3

Mint a táblázatban látható, N-műtrágyákból viszonylag magas hatóanyag-tartalmú törzsoldatok készíthetők, ami nem mondható el a felsorolt P- és K-műtrágyákról. Foszfor

esetében a lehetséges megoldás polifoszforosavak, illetve a N-szükséglet figyelembevételével, magasabb ammonizáltsági fokú ammonopolifoszfatok alkalmazása. Amennyiben több műtrágyából törzsoldat készíthető, ionjaik nem léphetnek egymással olyan reakcióba, amely kicsapódáshoz vezet, vagyis egymással, illetve az öntözővízben található ionokkal összeférhetőnek kell lenniük.

Néhány vízzeloldható szilárd műtrágya szemcséit a tárolás alatti összeesomósodás megelőzésére speciális bevonattal látják el. A bevonatként alkalmazott viasz vagy olajszerű anyag a törzsoldat-tartályban iszap vagy hab formájában gyűlik össze. Ezeknek a szűrőkhöz, illetve a vízkiadagoló elemekhez jutását meg kell gátolnunk.

A hab- és iszapképződés megelőzésére nedvesítőszerrel segíthetjük a bevonószerek emulgeálódását. A törzsoldat-tartály megfelelő szerkezeti kialakításával, az üledék rendszeres eltávolításával is jórészt megelőzhető a szűrők, vízkiadagoló elemek eltömődése. Az egyes makro-, mezo- és mikroelemek élettani szerepére, a vízzel és a talajjal való kölcsönhatásaira részleteiben az adott elemnél térünk ki. Amit még általánosságban el lehet mondani, az a különböző vegyületek és oldataik pH-jával függ össze, nevezetesen a korrózióhatás mértéke, valamint a balesetek megelőzésének kérdése.

A semlegestől jelentősen eltérő kémhatású oldatok (mind a savas, mind a lúgos tartományban) potenciális korrózióvesztélyt jelentenek az öntözőberendezés fémből készült (réz, vas, cink, alumínium és bronz) alkatrészeire (4. táblázat).

4. táblázat. A műtrágyák korrozív hatásának mértéke (0-4) különböző fémekre

Fém megnevezése	Kalcium-nitrát	Ammónium-nitrát	Ammónium-szulfát	Karbamid	Fosfor-sav	Diammóniumfoszfát
Műtrágya-oldat pH-ja	5,6	5,9	5,0	7,6	0,4	8,0
Galvanizált acél	2	4	3	1	4	1
Hengerelt alumínium	0	1	1	0	2	2

<b>Rozsdament es acél</b>	0	0	0	0	1	0
<b>Foszforbron z</b>	1	3	3	0	2	4
<b>Sárgaréz</b>	1	3	2	0	2	4

Megjegyzés: 0 = nincs; 1 = csekély; 2 = közepes; 3 = számottevő; 4 = igen erős.

Körülmények: 1. a fémlapok a műtrágyaoldatban 4 napig álltak; 2. oldatok: 5 kg anyag 400 liter vízben oldva.

A korrózióveszély különösen fennáll a foszfortartalmú oldatok alkalmazásánál, mivel a különböző oldhatatlan Ca- és Mg-sók kiválásának megelőzésére a gyakorlatban a pH-t foszfor- vagy kénsav adagolásával tartják alacsony értéken. Speciális, sav- és lúgálló ötvözetekkel, műanyagokkal a korrózió okozta károsodás minimálisra csökkenthető. Műanyagok esetében arra kell ügyelni, hogy a kijuttatásra kerülő kemikália az adott műanyagot esetleg károsító oldószert ne tartalmazzon.

Ami a munkavédelmi és egyéb óvintézkedéseket illeti, a felhasználható vegyi anyagokkal, illetve a belőlük készített tömény törzsoldattal kapcsolatos munkavégzési szabályokat be kell tartani, ideértve a szükséges védőszemüveg, védőálarc, védőruházat alkalmazását és a megfelelő segélyfelszerelés készenlétben tartását is.

Egyéb, a tápanyagok öntözőberendezéssel történő kijuttatásával összefüggő probléma lehet (a víz tápanyagtartalmának növekedése folytán) az alga- és mikrobapopulációk megjelenése. Ezek a mikroszervezetek igen nagymértékben képesek elszaporodni kedvező pH- és hőmérsékleti viszonyok között, s az általuk termelt nyálka gyorsan eltömi a szűrőket és az öntözőberendezés egyéb részeit.

A nyálkaképződés megakadályozása különféle baktericidek, algicidek alkalmazásával a felhasználás egyedi körülményeitől függően eltérő sikerű lehet. Abban az esetben, ha fennáll a veszélye, hogy a mikroszervezetek a homokszűrőben fejlődnek ki, célszerű a tápoldatot a szűrőből kivezető öntözővíz-körbe juttatni. Az algák ellen a legjobb védekezés klórral történik. Az ivóvízre megengedett töménységnél kevesebbel (3-4 ppm) védekezhetünk ellenük.

### ***A különböző ionok kölcsönhatásai az öntözővízben és a talajban***

A kijuttatott tápanyagok jelentős része szervesen oldható, vagyis a vizes oldatban ionos formában vannak jelen.

A tápanyagok kijuttatása jó minőségű víz esetében szinte fennakadás nélkül történik. A legkevesebb problémával a nitrogén kiadagolását valósíthatjuk meg. Az előálló kémiai változásokra azonban figyelemmel kell lennünk. Pl. vízmentes ammónia, vagy ammónium-hidroxid alkalmazásakor a pH növekszik, amely az öntözővízben lévő  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  kicsapódásához, foszfor jelenlétében pedig oldhatatlan magnézium-ammónium-foszfát keletkezéséhez vezet.

Laher és Avnimelech (1980) megfigyelései szerint csepegtető öntözéskor az ammóniumion a talajban a csepegtető test alatti telített zónában helyezkedik el változatlan formában, s nitrifikációja csak a telített zónán kívüli telítetlen talajrétegben játszódik le. Ez annak következménye, hogy csak a telítetlen zónában kedvezőek a körülmények a nitrifikáló baktériumok normális élettevékenységéhez.

Ezt a folyamatot jól szabályozhatjuk a kijuttatott  $\text{NH}_4^+$  mennyiségével és töménységével. Amennyiben magas koncentrációban és nagy mennyiségű öntözővízzel juttatjuk a talajba, a talajkolloidok kötődési helyeinek telítődése után a mélyebb talajszieintek felé mozdulnak el az  $\text{NH}_4^+$ . Ha a talaj pH-ja a lúgos tartományba esik, az ammónia egy része elillanhat a talajfelszínről a levegőbe. Ez a veszteség nő, ha az öntözővíz pH-ja is lényegesen magasabb 7-nél, ami előfordul, amikor ammóniát vagy ammónium-hidroxidot injektálunk a rendszerbe. Amennyiben a csepegtető test által nedvesített talajfelület nem nagyobb átmérőjű 200-300 mm-nél, az ammónia párolgási vesztesége viszonylag kismértékű. Egyéb, a teljes talajfelszínt és a növényeket nedvesítő öntözési módoknál a  $\text{NH}_4^+$ -t tartalmazó tápoldat kijuttatása nem javasolt a lehetséges nagymértékű elillanási veszteség miatt.

A nitrátsók vízben jól oldhatók és közülük a kálium-nitrát a víz és a talaj kémhatásában csak csekély változást okoz, ellentétben az ammónium-nitráttal, amely jól érzékelhető pH-csökkenést vált ki a nedvesített talajzónában. A  $\text{NO}_3^-$  az ammóniumionoktól eltérően nem kötődik meg a talajkolloidokon, hanem a nedvesedési front mentén a vízzel együtt mozog. Így,

ha a szükségesnél nagyobb talajterfogatot nedvesítünk (túlöntözés!), a nitrátionok részben a gyökérszóna alá mosódnak, s a növény számára elvesznek. Ugyanakkor a talajvízbe jutva szükségtelen környezeti terhelést is okoznak.

A talajra juttatott nitrogénműtrágyák veszteségének másik forrása a denitrifikáció lehet. Amennyiben nagy mennyiségű lebontható szerves anyag van a talajban, időszakos túlnedvesedés hatására a denitrifikáló baktériumok aktivitása fokozódik, s a folyamat gáz alakú N-veszteséghez vezet  $N_2$  és/vagy  $N_2O$  alakjában. Black (1971) arra hívja fel a figyelmet, hogy denitrifikáció által okozott veszteségek olyan talajokban is előfordulnak, amelyek víztartalma jóval alacsonyabb a telítettségi állapotnál. Mikroöntözés esetén a csepegtető testek alatti majdnem telített zónából a szárazabb talajkörnyezet felé történő víz- és nitrátdiffúzió a denitrifikáció lehetőségét csökkenti (Bíróné Oncsik M., Nagy L., 2007).

A karbamid az egyik legkedveltebb N-műtrágya a tápláló öntözésben, mivel jól oldódik. A karbamid hasonlóan a  $NO_3^-$ -hoz csak kismértékben kötődik a talajkolloidokhoz, így mélyebbre képes mozogni, mint az  $NH_4^+$ .

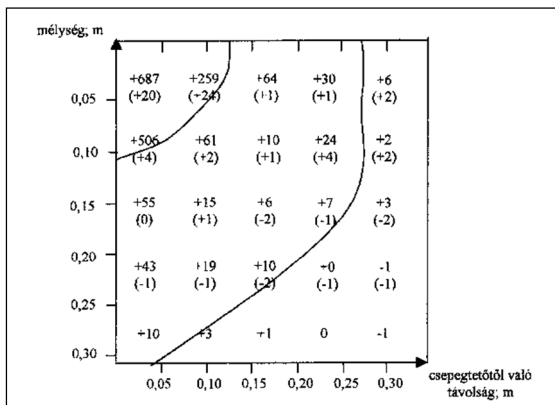
### ***A foszfor viselkedése az öntözővízben és a talajban***

A növények számára közvetlenül felvehetőnek általában a dihidro- és hidro-ortofoszfát-iont tekintik, vagyis ha a talajoldatban a foszfor  $H_2PO_4^-$  vagy  $HPO_4^{2-}$  alakjában van, a felvétel sebessége csak a növénytől függ. Jól ismert, hogy a talajban található összes foszfor csak igen kis hányada van közvetlenül felvehető formában.

A felvehetővé váló formák a pH-tól függően a Ca-, Fe- és Al-foszfátok. Ezek rossz vízoldhatósága és a talajkolloidok szabad töltéshelyein való abszorpciója miatt a foszforvegyületek mozgása jelentéktelen.

Rauschkolb és munkatársai (1976), Chase (1985) és mások vizsgálatait, valamint gyakorlati tapasztalatok alapján a csepegtető öntözéssel az ortofoszfátionok mozgékonyosságát mintegy tízszeresére sikerült növelni. Mivel a vízszétosztó elemek alatti viszonylag szűk területen folyamatosan, nagy koncentrációban jelennek meg a  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ , a kijuttatás helyéhez

közeli foszfor-megkötőhelyek telítődése után az ortofoszfátionok az öntözővízzel tömegáramlás révén mozognak lefelé, illetve oldalirányban (5. ábra).



5. ábra. Vízoldható P-tartalom megoszlása a csepegtetőtest alatt agyagos vályogtalajon

A zárójelben lévő értékeket 6,5 kg/ha; a fölöttük lévő értékeket pedig 39 kg/ha ortofoszforsav kijuttatásakor mérték.

(Rauschkolb et al., 1976 nyomán)

A korszerű folyékony foszforműtrágyák (poli- és metafoszfátok) hatóanyagainak sajátos kémiai kötési formája lassítja azok lekötődését a talajban, vagyis kevésbé kell tartani a foszfor felvehetőségének gyors csökkenésétől, mint egyéb vízoldható foszforműtrágyák esetében. A polifoszfátionok komplex képző hajlama előnyös az ortofoszfáttal kicsapódó mikroelemek oldatban tartása és a talajban lejátszódó foszfátreverzió csökkentése miatt is.

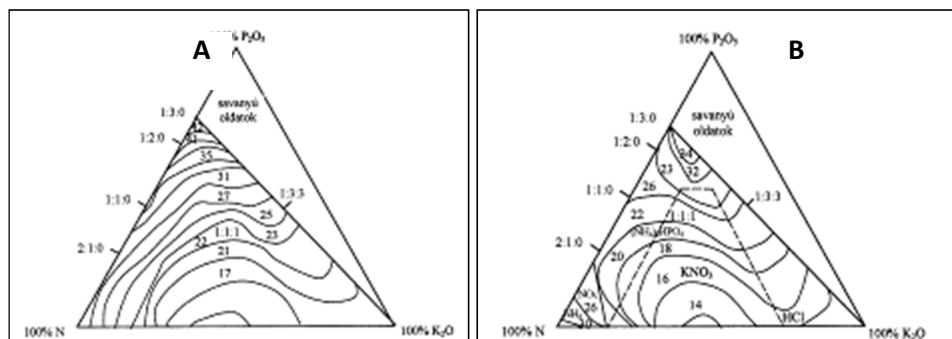
Ortofoszforsav ammonizálásával a maximálisan elérhető hatóanyag tartalom 39%, ami a  $N:P_2O_5=0,31$  tömegaránynál következik be. A foszforsav töménységének növekedésével fokozatosan csökken az ortofoszfát aránya és növekszik a piro-, majd a polifoszfát-tartalom. Ezek ammóniás semlegesítésekor az előbbinél lényegesen töményebb ammónium-polifoszfát oldatok képződnek. A magasabb koncentráción kívül az ammónium-polifoszfátok komplexképző képessége folytán a vas, alumínium, cink, réz, magnézium és más mikroelemek oldatban tarthatók. A vas és alumínium esetében a nagyobb pirofoszfát arány kedvező, míg a magnézium szempontjából ez a rosszul oldódó Mg-pirofoszfát képződése miatt hátrányos és a magas polifoszfát-szint előnyös (Almássy et al., 1977).

NPK-oldatok előállításakor a nitrogén és foszfor komponensek mellett a kálium komponens oldhatósága is fontos. Kálium-forrásként általában 60%-os kálisót (kálium-kloridot) használnak. A polifoszfát alapú folyékony NP-műtrágyákban elérhető nagy tápanyagtartalom kálisó jelenlétében jelentősen csökken. A következő két oldhatósági diagramról ez a hatás jól leolvasható.

A görbék felvételénél egyik esetben szuperfoszforsav-alapú 11-37-0 alapoldatot (70-80 polifoszfátszint) (6. ábra A része), a másikon ortofoszforsavat alkalmaztak. A káliumszint növelésével az oldhatósági diagram az ortofoszforsavval felvett görbék lefutásához válik hasonlónak (6. ábra B



része). Ezek alapján megállapítható, hogy a polifoszfát-tartalmú műtrágyák előnye az oldhatóságban és magas tápanyagtartalomban addig marad meg, amíg kálissóval nem keverik az oldatot.



6. ábra. Oldhatósági diagramok

A: Ammónia-szuperfoszforsav-karbamid-ammónium-nitrát-kálium-klorid-víz rendszer 0 °C-on

B: Ammónia-ortofoszforsav-karbamid-ammónium-nitrát-kálium-klorid-víz rendszer 0 °C-on

### ***A kálium viselkedése az öntözővízben és a talajban***

A növények káliumellátása szempontjából a talajban a vízoldható és a kicserélhető káliumformáknak van jelentősége. A megfelelő vízellátottság – akár természetes csapadék által, akár öntözés révén biztosítjuk – a kationok, így a  $K^+$  mozgékonyágát is növeli a talajban. Az intenzív növénytermesztésnél, a megfelelő tápelem-arány fenntartása érdekében még jó káliumszolgáltató-képességű talajon is szükség lehet az öntözővízzel együtt káliumműtrágya kijuttatására.

Külföldi tapasztalatok alapján a legalkalmasabbnak e célra a  $KNO_3$ -ot tartják. Bár oldhatósága alacsonyabb, mint a  $KCl$ -é, előnyös tulajdonsága, hogy  $Cl^-$ -t nem tartalmaz, ugyanakkor nitrát-tartalma gyorsan, könnyen felvehető nitrogénforrást jelent a növények számára. Korábban már szó esett a káliumsóknak az ammónium-polifoszfát oldatokra gyakorolt oldékonyság-csökkentő hatásáról. A törzsoldat megfelelő foszfát-koncentrációjának fenntartása érdekében célszerű a káliumműtrágyát külön menetben kijuttatni vagy kiöntözni. Ha ez alkalmazástechnikai vagy munkaszervezési okokból nem lehetséges, akkor alacsonyabb hatóanyag-tartalmú (200-300 g/l töménységű) összetett műtrágyaoldatok alkalmazásával kell megelégednünk.

### ***Mezo- és mikroelem-készítmények kijuttatása az öntözővízzel***

A kis mennyiségben szükséges, de nélkülözhetetlen elemeknek a felvehetősége is jelentősen függ a talajtulajdonságoktól és környezeti tényezőktől (pH, hőmérséklet, nedvesség, stb.). Bár minden mezo- és mikroelemnek létezik vízben jól oldható szervesetlen sója, a készítmények többsége kelát formában kerül alkalmazásra. A jelenleg forgalomban lévő mikroelem-tartalmú oldatműtrágyák többsége levéltrágyázás céljára készült, de stabilizáló, diszpergáló segédanyagokat, bioaktív anyagokat és feleslegben kelátképző vegyületeket is tartalmaznak, amelyek meggátolják a mikroelemek  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  tartalmú öntözővízben való kicsapódását, s biztosítják a talajban való mozgékonyt is. Az öntözővízzel történő mikroelem-kijuttatás – egyenletessége, valamint gyors hatása révén – felülmúlja a hagyományos módon történő kiszórást.

### ***A tápláló öntözés elterjedése***

A növény víz- és tápanyagellátása a különféle öntözőberendezésekkel eredményesen oldható meg. Az eljárás megvalósításához szükséges korszerű technikai eszközök rendelkezésre állnak.

A tápláláshoz szükséges oldatműtrágyák választéka is bővült, ill. külföldről beszerezhetők.

A tápláló öntözés széles körű elterjedése érdekében a stabil, jól pufferolt, vízzel jól elegyedő, magas tápanyagtartalmú oldatműtrágyák kifejlesztése, gyártása iránti igény megfogalmazható.

**Összefoglalva:** a növények víz- és tápanyagellátásában a korszerű öntözési technológiák és az újszerű kémiai anyagok megjelenésével lehetőség nyílt a víznek és a tápanyagoknak együttes, pontos kiadagolására. Ahogy korábban is utaltunk rá az angol nyelvű szakirodalom két kifejezése, a műtrágyázás (fertilization) és az öntözés (irrigation) összevonásával a "fertigation" elnevezést alkalmazza ennek az eljárásnak a megjelölésére. A kifejezés magyar megfelelőjeként a tápláló öntözés használatát javasoljuk (Oncsik, M. et al., 2007). A fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban már kiterjedten alkalmazott öntözés hazai bevezetése, a szükséges kiegészítő berendezések alkalmazása számos előnnyel járhat.

#### 4.8.1. Színező öntözés

Színező öntözésnél az öntözőberendezést az **erősebb pigmentáció** elérése céljából üzemeltetjük a gyümölcsösökben. Ismételt rövid ideig tartó öntözéssel ugyanis almánál, őszibaracknál – erős sugárzás és szél jelenlétekor – intenzív színezés érhető el a gyümölcs felületén. Ez azzal magyarázható, hogy a gyümölcsön lévő vízcseppek elpárolgása következtében fellépő hirtelen hőmérséklet-csökkenés kedvezően befolyásolja a felületi pigmentációt, méghozzá oly módon, hogy a klorofil háttérbe szorul és az anthociánok lépnek előtérbe.

#### 4.8.2. Homoktalajok defláció elleni védelme öntözéssel

Magyarország területén mintegy 1 380 000 ha a homoktalaj. A homoktalajok 3 önálló tájegységet alkotnak: a Nyírség, a Duna-Tisza közti homokhátság és a somogyi homokhát. A Nyírségben és a somogyi homokháton a talajképző kőzet savanyú, míg a Duna-Tisza közti homokhátságon meszes homok, melyhez helyenként különböző mértékű lösz is keveredett. E tájakon 150-200 évvel ezelőtt nagy kiterjedésű homoksvatag terült el, melynek homokját a szél évről-évre tovább szállította. Elődeink óriási munkát végeztek a homokvándorlás megakadályozása érdekében: erdősítés, fasorok, tanyafásítások, gyümölcsösök, szőlők szelídítették meg a szél erejét. Ezenkívül olyan eljárásokat alkalmaztak, mint a szalmatrágyázás, a zöldtrágyázás, melyekkel részben fedetté tették a talajt; illetve a talaj szerves anyag készletének gyarapításával kívánták a homokverés – sok esetben igen nagy – kárát mérsékelni.

Korábban a nagyüzemi gazdálkodás a homoki táj addigi képét fokozatosan megváltoztatta. A nagy táblák kialakítása fásításokat szüntetett meg, ugyanakkor az igen nagy felületen végrehajtott talajforgatás és tereprendezés a felszínre hozott laza homok miatt a defláció kártételét növelte.

Rendkívül nagy érdek fűződik tehát ahhoz, hogy homoktájainkon gazdálkodó üzemekben, gazdaságokban – a különböző adottságok mellett – az alkalmazható leggazdaságosabb megoldással védekezünk a defláció kártételével szemben. Az egyik ilyen lehetőség az öntözés. Régi tapasztalat, hogy elsősorban a szárító tavaszi szelek, másodsorban – növényzetmentes

állapotban – a nyári, nyárvégi szelek idején a legnagyobb a homokfúvás. A téli viharok – még ha erősebbek is – nem veszedelmesek, mert a nedvesség összetapasztja a homokszemcséket, s a futóhomok nem mozog. De ha a nedvesség, mint összetartó erő megszűnik, a homokfúvás ismét kezdetét veszi, 1960 nyarán – a csökutas öntözés kialakításával – egyes homoktalajokon megindult az öntözés, s ezzel a talaj rendszeres nedvesen tartásának lehetősége is. Így volt vizsgálható, illetve kialakítható a homoklefogó öntözés.

A csapadék mennyisége, megoszlása, lehullásának időpontja döntően befolyásolja a talaj nedvességállapotát és ezen keresztül a talaj ellenállását a szélrózsiával (defláció) szemben. A hőmérséklet a talaj nedvességállapotát ellentétes irányban befolyásolja. Az időjárási elemek közül legfontosabb a szél, különösen tartama és erőssége befolyásolja a defláció határfokát. A levegő párateltségének és nyomásának nem közvetlenül, hanem az időjárási elemek egymással összefüggő hatásában van jelentősége.

A defláció kialakulásával kapcsolatos néhány főbb irodalmi megállapítás:

1. a nem erodált frakciók nagysága 0,84 mm nagyságnál kezdődik, általában 1 mm felett van;
2. legalább 50% nem erodálható frakció szükséges ahhoz, hogy a talaj a deflációnak ellenálljon;
3. a legerodálhatóbb nagyságú részecske átmérője 0,1 mm körül van.

A homokverés előfordulási lehetősége általában nem esik egybe az öntözési idővel, hanem az előtt (március második fele, április) és lényegében utána (augusztus vége – szeptember eleje) van a veszély fő időszaka (részint akkor van erősebb széljárás, részint növényekkel még, vagy már nem fedettek a talajok).

A nedvességállapot többféle módon csökkenti, sőt gátolja a defláció kialakulását.

A 0-2 cm-es talajréteg vízzel való ellátása összetapasztja a homokszemcséket, s ilyen állapotban nem mozog a futóhomok. A mélyebb rétegek (2 cm-től) nedvességállapota viszont azért fontos, mert a gyorsan száradó homoktalajoknál hosszantartó, erős szél esetén a felalaj elfújása után az újabb rétegek nedvességállapota is csökkenti a szélrózsi kártételét. Az öntözés révén azért is csökken a kártétel, mert minden öntözéskor a talaj felszínén – a talajrészecskék

bizonyos mértékű rendeződése következtében – olyan kéreg alakul ki, amely az esők után is megfigyelhető. Bármilyen kicsi is e kéreg mechanikai stabilitása, miután minden öntözés alkalmával újra és újra képződik, hatásosan segít a homokverés kártételének megakadályozásánál.

Mozgásra hajlamos homoktalajoknál a legfelső 0-5 cm-es talajréteg állandó nedvesen tartása – mindaddig, míg a talajt növényzet nem borítja – nagymértékben csökkenti, illetve az optimális védekezés meggátolja a homokverés kártételét (Tóth Á., 2011).

### ***Homoklefogó öntözések***

1. Amennyiben a talaj nedvességállapota megkívánja, a vetés előtt és közvetlenül utána is öntözni kell.
2. A vetéstől kezdve, a leeső csapadéktól, a hőmérséklettől és az előforduló szél erősségétől függően 1-7 naponként, 4-6 hétig 4-5 mm-es vízmennyiséggel – a 0-5 cm-es talajréteg állandó nedvesen tartása és a felszínen újból és újból kialakítandó kéreg képződése miatt – öntözni kell.
3. Az átlagosnál nagyobb hőmérséklet rövidíti a két öntözés közötti időtartamot, a lehulló csapadék pedig növeli. A 3 m/sec-on felüli szélesebségnél – különösen az átlagosnál magasabb hőmérséklet mellett – az öntözést azonnal meg kell kezdeni.
4. Az öntözéseket a védeni kívánt melletti táblán is – az uralkodó szélirányt figyelembe véve – rendszeresen végezni kell, amennyiben az növényel nem fedett.
5. Miután a lefogó öntözésre az öntözési idény előtt és után kerül sor, újabb beruházásra nincs szükség, a gazdaságokban a rendszeres öntözésnél használatos berendezések a lefogó öntözés végzésére alkalmazhatók.

### **4.8.3. Kelesztő öntözés**

Fontos lehet a csapadékhiányos telek után a tavaszi vetés eredményes kelése érdekében, különösen a kis mélységben elhelyezkedő magvak esetében a kiszáradt felszín nedvesítése. (A

nagy értékű faiskolai termékek előállításakor a felszínhez közeli elhelyezkedést a népnyelv úgy fejezi ki, hogy *csak olyan mélységbe kerülhet a mag, hogy a harangszót mindig meghallja.*)

A felszínhez közeli réteg állandó nedvesítését jó permeteloszlással oldhatjuk meg.

#### **4.8.4. Iszapoló öntözés**

Az ültetvények telepítésekor fontos a gyökérzet és a talaj kapcsolata. Ennek érdekében a telepítést követően azonnal megkezdhetjük az öntözést, hogy a gyökérszálakat a nedvesített talajszemcsék körülvegyék.

Ugyancsak fontos a gépi rázás alkalmazása esetén (főleg meggyénél) az elszakadt gyökerek növekedési erélyének növelése érdekében az aktív gyökérhálózat alsó határáig történő átnedvesítés. Ennek hatása még nem bizonyított, de a könyv szerzője (Ligetvári F.) feltételezi annak előnyös hatását.

## 5. NÖVÉNYEK VÍZELLÁTÁSA

### 5.1. Kertészeti növények öntözése

Az egynyári, de néhány kertészeti növény élethosszát nevezhetjük félnyárinak is csak úgy tud megélni, ha optimális ökológiai körülményeket alakítunk ki számára. Vagyis: a **hőösszeg, a tápanyag és a víz mindig ”kedvére valóan”** álljon rendelkezésre.

Gondoljunk a retekre vagy a hagymára, amelyek annyira nem kényesek, mégis fontos a rövid tenyészidő alatti **optimumok** kialakítására (7. ábra).



7. ábra: kertészeti növények

Ide sorolható a **palántanevelés**. A nagyértékű magvakból kifejlődő egyedek csak akkor viselik el az átültetéseket, ha megfelelő kondícióval rendelkeznek.

A **fás növényekre alapozott ültetvények** csak igen magas beruházási értékkel valósulnak meg. Ezért már a telepítés pillanatától gondoskodni kell a növekedési erély megteremtéséről és folyamatos fenntartásáról.

Az ültetvények esetében nem csak a szaporítóanyag, hanem a táंबरendezés is komoly költségvonzatú. A biztonságos termelést szolgálják a madár-kártétel és jégverés elleni védőhálók. Az ehhez kapcsolódó, tápláló öntözésre alkalmas berendezés ugyancsak jelentősen növeli a költségeket. Ezek megtérülése az "éppen idejű" víz- és tápanyag ellátással felszerelt hálózattal érhető el.

Ezek a tényezők indokolják, hogy a kertészeti termesztés (főleg a zöldségeké) esetén az öntözés az ágazat közé egyenlőségjel illesztendő. Még a hősiességre nevelt szőlő biztonságos termesztése is indokolja az aszály-érzékeny és téli fagyveszélynek kitett területeken a jó kondíció megteremtését, amely képes ellenállni a szélsőséges környezeti hatásoknak. Példaként említhetjük az Alföldön rendszeresen jelentkező  $-10\text{ °C}$  alá süllyedő hőmérséklet következtében kialakuló fagykárokat. Az ún. szárazgazdálkodási körülmények között gyengébb a tőkék kondíciója; továbbá az elfagyott vesszők és karok, adott esetben a tőkék regenerálódása a vízzel együtt kiadott tápanyag hatására gyorsabban megtörténik.

Ez indokolja, hogy jelen esetben erre a feladatra hívjuk fel a figyelmet. A javaslatunkhoz vegyünk figyelembe néhány számot. jelenleg 140 000 hektáron folyik kertészeti termesztés, ebből mindössze 20 000 hektáron történik öntözés. Egy hektár öntözéses kultúra létesítése 1,5-2 fő munkaerő bevonását eredményezné (8. ábra, 9. ábra).





8. ábra



9. ábra

### 5.1.1. A zöldségnövények öntözése

A zöldségtermesztés öntözési gyakorlatát két jellegzetes fajon keresztül mutatjuk be (Cselőtei, 1999 nyomán).

#### 5.1.1.1. A paradicsom öntözéses termesztése

##### *A termelés jellemzése*

A paradicsom az egyik legnagyobb területen termelt zöldségnövényünk. Szántóföld termesztése hazánkban a 19. század végén, a 20. század elején Észak-Pest környékén indult meg, amikor a házikertekből – az úgynevezett „vizes kertekből” – kikerült a szántóföldre. Az addig jó víz- és tápanyag-ellátási körülmények között lévő növény lazább, könnyen melegedő homoktalajokon a korábbihoz viszonyítva előbb érett más növényekhez képest, nagyobb termelési értéket adott. Így a homokon – majd másutt is – gazdaságosan termesztendő növényé vált. **Terméstömege és minősége** azonban, főként homokon, **az évjáratonként változó vízellátás miatt ingadozik, ezért** a kiegyenlítettebb, nagy termés eléréséhez **megkívánja az öntözést (10. ábra).**



10. ábra: paradicsom termesztése

Enyedi Dezső elmondta: mintegy kilencszáz hektáron hagyományos szántóföldi növénykultúrák termesztésével, vetőmag-előállítással és szabadföldi zöldségtermesztéssel foglalkoznak. Tevékenységüknek ez a része évről-évre nullszaldó körüli eredményt produkál. Idén a kedvezőtlen piaci viszonyok és az aszály miatt várhatóan veszteséges lesz.

Az alig három és fél hektár fólia alatt termelt paradicsom ellenben idén eddig négyzetméterenként három-négy kilogrammal jobb termésátlagot hozott a szokásos bő negyven kilogrammnál, így e tevékenység időarányos nyeresége nagyobb a tavalyinál (11. ábra). Ennek köszönhető, hogy várhatóan az egész vállalkozás nyereséggel zárhatja majd 2009-et magyarázta a cégtulajdonos.



11. ábra: Négy kilogrammal jobb termésátlagot produkál a holland módszer

A fóliás paradicsom harmadát a fővárosi nagybani zöldségpiacon, harmadát hazai nagykereskedőknek, a többit pedig termelői értékesítő szervezeteknek (TÉSZ) adják el. Szezontól függően hatvanöt-hatszázötven forint közötti áron, ezért ez februártól júniusig, illetve szeptembertől novemberig nyereséges. Július és augusztus inkább veszteséget hoz, hiszen ekkorra esik a paradicsom dömpingje. A kilónkénti ár ilyenkor alatta marad az átlagosan százhatvan forint körüli önköltségnek. Jelenleg százhúsz-százötven forintot adnak a felvásárlók az itt termelt paradicsoméért.

Oborzil Zoltán telepvezető szerint az intenzív paradicsomtermesztésnek ezt a formáját Európában a hollandok művelik a legmagasabb szinten. "Mi is onnan importáltuk a technológiát. Talaj helyett bazaltból szálhúzással előállított, majd műgyantával összeragasztott kőzetgyapot-kockákba ültetjük a paradicsomot. Ennek előnye, hogy mentes a kórokozóktól. Ez szervesen közeg, tápanyagot sem tartalmaz, viszont kiválóan megköti a vizet és levegőt" - fogalmazott.

A szakember szerint a természetre így csak a fény "adagolását" bízzák. A tápanyagot, a vizet, a párárt, a szén-dioxid szintet és a hőmérsékletet mesterségesen, számítógépes rendszerrel szabályozzák. A fóliák alatt nyáron is fűtenek. Nappal 45, éjjel 50-55 Celsius fokos termálvizet keringtetnek a csövekben. Ez a növények párologtatásának fenntartását, tehát végső soron a magasabb hozamok elérését segíti.

A cég által hasznosított termálvizet 1973-ban, kőolaj és földgázkutatózás közben találták, ezeröttszáz méteres mélységben. Az óránként nyolcvan köbméter hozamú, kilencven Celsius fokos termálvizet adó kút ma már a Kkft. tulajdona. Maga a vállalkozás 1991-ben alakult, jelenleg Öcsöd legnagyobb munkaadója. Összesen ötvenhét embert foglalkoztatnak. Ebből közel negyvenen a fóliaházakban dolgoznak.

Az ezredfordulón vezették be a holland módszert, melynek kapcsán azóta mintegy félmilliárd forintot költött fejlesztésre a társaság. Ráadásul minden esztendőben milliókat áldoznak arra, hogy lépést tartsanak a technológia fejlődésével. Éves árbevételük ötszázmillió forintra tehető.

Kezdetben a paradicsomot friss fogyasztásra és házi befőzésre használták. Később a termelését **a konzervipar fejlődése lendítette előre**. Termőterülete ezért a konzervgyárak közelében, a hevesi-jászsági körzetben és Kecskemét-Nagykőrös vidékén fejlődött tovább. Később más konzervgyárak (Debrecen, Békéscsaba, Szeged stb.) körzetében is nagy paradicsom termőterületekkel találkozunk.

Különböző adatok szerint jelenleg a **paradicsomnak mintegy harmadát-felét öntözzük. A jövőben a termelés** intenzívebbé válásával még fontosabb lesz a kiegyenlített, nagy és jó minőségű termés, ezért termelése várhatóan **még inkább az öntözött földekre tevődik át**.

A paradicsom országos termésátlaga az elmúlt 30-35 év alatt mintegy másfélszeresére növekedett, ez részben az új fajtáknak, részben a megváltozott termelési technikáknak (így az öntözésnek) tudható be. Ennek ráfordításai különösen gépesítési és energiaköltségei a gazdaságos termelés érdekében a jelenleginél nagyobb termést kívánnak.

A ma általános kézi szedés gazdaságosságához – a várhatóan később növekvő gépi szedéshez még inkább – **kívánatos a termés koncentrált érése**. Ezzel párhuzamosan biztosítanunk kell **a felhasználók folyamatos ellátását**, valamint a termelő- és a feldolgozó berendezések minél hosszabb üzemeltetését.

### ***Az öntözés módja és technikája***

A paradicsom kiegészítő vízellátása a gyakorlatban kialakult 35-40 mm-es vízadaggal – a talaj típusától is függően – 10 évből 5-6-ban, egy-két vízpótló öntözéssel megoldható. Egy-két évben nem kell öntözni, a fennmaradó 2-3 évben pedig szükség lehet harmadik, kivételesen negyedik öntözésre.

Az öntözési módok közül egyéb indokok mellett ez is az **esőszerű vízpótlást indokolja**. Növény-egészségügyi szempontból kedvező volna ugyan, ha a víz csak a talajt, illetve annak egy részét érintené. A barázdás öntözés alkalmazása azonban üzemi körülmények között megoldhatatlan, a felszín alatti öntözés igen ritka. Így meghatározott körülmények között ahol ez gazdaságos, csak a csepegtető öntözés jöhet számításba. A helyrevetésnél a technológia feltétlen részét képező kelesztő, vagy a mindkét szaporítási módnál előforduló frissítő-kondicionáló öntözés szintén az esőszerű öntözést kívánja.

A zöldségnövények öntözésében ma leginkább elterjedt **csévélhető** öntöző berendezések alkalmazását a paradicsom ikersoros termelése is indokolja. Ezekhez – különösen a kelesztő-indító és a frissítő-kondicionáló öntözéseknél, de később is – lehetőleg a jobb porlasztást adó kétsugarú szórófejet vagy még inkább **a konzolos** megoldást használjuk.

Ugyanez vonatkozik a lineár öntözőgépekre is.

Az öntözőberendezések közül ma még előfordul a növény sorokra csaknem mindig keresztben járó, gördülő szárnyvezetékek használata. Ezek kerekei június derekáig az inkább

frissítő-kondicionáló jelleggel alkalmazott öntözéskor alig tapossák a növényt. A későbbi korszakú, 1-2, legfeljebb 3 öntözésnél elviselhető az állomány 0,5-1%-át érintő taposási kár.

A paradicsom **csepegtető öntözése** főként kertekben vagy üzemi körülmények között akkor gazdaságos, ha a termés jelentős részét **étkezési paradicsomként** értékesítjük. Ilyenkor a növényt **többnyire támrendszer mellett** termesztjük, ez lehetővé teszi, az ikersorokban elhelyezett csepegtető szárnyak mentén ne alakuljon ki túlzottan párás környezet és így csökkenjen a fertőzés veszélye. Ezzel az öntözési móddal a növény gyökérzetének mintegy 30-40%-át látjuk el nedvességgel, ez azonban a folyamatos vízellátás mellett a tápanyagellátást is lehetővé teszi és így igen nagy termésre képes.

### **5.1.1.2. A paprika öntözéses termesztése**

#### ***A termés jellemzése***

Termőterületében igen jelentős, a szántóföldön a legnagyobb termelési értékű zöldségnövényünk. A kertekben is kiemelkedő helyet foglal el. Emellett a legfontosabb hajtattott zöldségféle: a fólia alatti több mint felét főnövényként paprikával hasznosítjuk (*12. ábra*). Hosszú tenyészidejű, melegigényes növény, így csaknem kizárólag palántáról szaporítjuk.



12. ábra

A nemesítés és az agrotechnika fejlődésének eredményeként helyrevetéses termesztése is megindult. A szántóföldi terület jelentős részét, mintegy **40-45%**-át a gyümölcs biológiai érésekor szedett, főként paradicsom alakú fajtákkal ültetjük be.

Mint a talaj nedvességtartalmára érzékeny növény, régebben a mélyebb fekvésű jó vízgazdálkodású, üde területeken (Cece környékén, dunai és más öntéstalajokon) talált helyet. Az öntözés terjedésével a zöldségfélék közül elsősorban a paprika került előtérbe, mert hőigényét a magasabb fekvésű, könnyebben melegedő öntözött talajok jobban kielégítik.

Ma már gyakorlatilag **teljes egészében öntözött növénynek tekinthetjük.**

Termésátlaga az 1980-as évek második feléig alig fejlődött. Ennek oka, hogy a vízre, tápanyagra és növényápolásra nagyon érzékeny paprika szántóföldi körülmények között sokszor még ma sem kapja meg a számára szükséges feltételeket. Fejlődését az is befolyásolja, hogy a régebbi, intenzív korai termelés szerepét nagyrészt átvette a hajtatas, különösen mióta a nagyobb termő- és jobb megújuló-képességű új fajták a fólia alól nyáron is jelentős terméstömeget adnak. A hajtatas ugyanis a paprika számára esetenként még nyáron is

kedvezőbb ökológiai körülményeket nyújt, mint a szabadföldi körülmények, így érdemes a növényt továbbra is termelésben tartani.

A szántóföldi paprika termesztésének fejlődése – az előzőeket figyelembe véve – két irányba mutat. Egyrészt a ma uralkodó palántás termelésben az eredményességet jobb fajtákkal a nagyobb állománysűrűségben, a kedvezőbb tápanyagellátásban, a hatékony növényvédelemben és a tenyészidő meghosszabbításában kereshetjük. A másik irány a helyre vetés, amikor elmarad a drága palántavetés, lényegesen megnöveljük az állománysűrűséget, és ugyancsak jó tápanyagellátással, növényvédelemmel érünk el a palántázottnál várhatóan későbbi, esetleg kevesebb, de gazdaságosabban termelt paprikát. A jelenleginél hatékonyabb **a biológiai optimumhoz közelítő öntözés mindkét esetben feltétele a termelés eredményességének.**

#### *Az öntözés módja és technikája*

Az 1950-es évek végén és az 1960-as évek elején, amikor az esőszerű öntözési mód kezdte felváltani a többi felületi – főként a barázdás – öntözést, a paprika nagy hőigénye miatt sokan vitatták annak bevezetését. Pedig a korábban alkalmazott locsoló-lapátos eljárás és a barázdás öntözés összehasonlítása azt mutatta, hogy azonos időben történő öntözés esetén inkább a kijutatott víz mennyiségétől függ az eredmény. Ez egyúttal azt a véleményt is cáfolta, hogy a felülről adott víz által leverődő néhány százaléknyi virág jelentősebben befolyásolja a termés mennyiségét.

A vitát az esőszerű öntözés javára az öntözési technika lehetőségei – nagyrészt a biológiai hatástól függetlenül – eldöntötték. Ezzel együtt az esőszerű öntözés alkalmazásának nehézségei – a kézi áttelepítés, a hosszabb öntözési forduló a gépi áttelepítés problémái, a több műszakos öntözés nehézségei – általánosan csökkentették a paprika öntözésének számát és az öntözési időnormát. A rossz porlasztás és egyéb okok miatt bekövetkező „paskoló hatás” és „tócsásodás” kedvezőtlenége többnyire az öntözési normára is csökkentően hatott. Mindezek miatt **a paprika országosan alacsony termésátlaga** közvetlenül vagy közvetve jelentős mértékben **az elégtelen öntözésre volt visszavezethető.**



A **paprika** sok év átlagában kívánatos 4-5, egyes években 6-7 (bizonyos talajokon és technológiával, kisebb öntözési normával ennél is több) **öntözését csak könnyen áttelepíthető – újabban főként a csévélhető és a lineár típusú – vagy stabil berendezéssel lehet elvégezni.** A régebbi, főként a kézi áttelepítésű berendezéseknél nagy volt a taposási kár, amely az új gépekkel kiküszöbölődik.

Az öntözés minősége, a víz jó porlasztása – a növények érzékenysége, a talaj cserepedése, tömődöttsége stb., – a kelesztő öntözéskor a legfontosabb. Hasonló a helyzet a helyretett és a palántázott állomány kezdeti fejlődését segítő öntözéskor. Az állomány záródását követően a cseppnagyságnak már nincs olyan nagy jelentősége. Természetesen a durva nagy cseppekkel végzett öntözés ilyenkor sem kívánatos.

A kerti termelésben, de a paprika nagy termelési költsége és várható nagy termelési értéke miatt nagyobb táblákon, szántóföldön is indokolt lehet a **csepegtető öntözőberendezés** használata. A palánta eredését követően minden második sorba elhelyezett (vagy ikersoros, 50-80 + 25-40 cm-es ültetésnél az ikersorokba telepített) csepegtető szárnyvezetékkel biztosítani tudjuk a növény folyamatos, kedvező víz- és tápanyagellátását. Ily módon a tenyészidőben a talaj felületének csak kisebb része nedvesedik be. Az öntözés hűtő hatása így lényegesen csökken, a kiegészítő víz- és tápanyagellátás pedig szükség esetén már korábban, május végén, június elején megindulhat. Arra természetesen figyelemmel kell lenni, hogy a szárnyvezetékek kitelepítését követően az ikersorok között gyakorlatilag csak gyomlálni lehet és még kézi eszközökkel is alig végezhető a növényápolás.

**A csepegtető öntözés igen intenzív termelésben és emellett főként átlagos vagy alacsonyabb hőmérsékletű években nyújthat az esőszerű öntözésnél jobb eredményt.**

**A bemutatott két növény meghatározó szerepet tölt be a zöldségtermesztésben. A termesztési tájak körzetek ökológiai feltételeihez illetve adottságaihoz rendelt öntözési technika révén – a technológia betartásával – eredményes termesztés végezhető.**

### 5.1.2. A gyümölcsnövények öntözése

A gyümölcsfajok a fás növények csoportjába tartoznak (a **szamóca** kivételével).

Így, szemben a zöldségnövényekkel, képesek az aszályállapotot túlélni, de termésüket elveszíthetik. Az eddigi tapasztalatok szerint, vannak évek, amikor öntözés nélkül megélhetést biztosító árut termelnek a gyümölcsfák.

Az évről évre rendszeresen nagy termést és jó minőséget célzó ültetvények technológiájából **nem hiányozhat az öntözés, mint a termés mennyiségét és minőségét egyaránt biztosító technológiai beavatkozás.** Ugyanakkor a hazai fogyasztás egy részét, valamint az ipari feldolgozás jelentős hányadát olyan termőhelyeken fogjuk továbbra is megtermelni, ahol az öntözésnek nincsenek és a jövőben sem lesznek meg a feltételei. Reálisan tudomásul kell vennünk, hogy az ilyen „szárazgazdálkodásra” **berendezett ültetvények termésbiztonsága sem a mennyiségi, sem a minőségi paramétereket tekintve nem éri, nem érheti el az öntözött ültetvényekét.** Ugyanakkor számos olyan kutatási és gyakorlati tapasztalattal rendelkezünk, amelyek figyelembevételével, illetve alkalmazásával száraz körülmények között átmeneti vagy tartós aszályos időszakok ellenére is jelentős mértékű mennyiségi és minőségi javulást eredményezhetnek. Számos olyan gyakorlati fogásnak vagyunk birtokában, amelyek célirányos felhasználásával egyes szélsőségesen tartós negatív hatásokat nem számítva kiegyenlítő, mérséklő hatásokat érhetünk el. A korábbi évtizedekben a kutatás-fejlesztés feladatainak nagy része, illetve eredményeinek jelentős hányada szárazgazdálkodási körülmények között született, illetve érvényesült. A vizsgált gyümölcsfajok és évek átlagában az öntözés hatására – az öntözési kísérletek évében – mintegy 20-30%-os termésnövekedést, esetenként hasonló arányú minőségi javulást állapítottak meg (Gonda, 1998).

A külföldi tapasztalatok, különösen a szomszédos mediterrán területeken kialakult öntözésre alapozott gyümölcsstermesztés szerint igazolni látszik, hogy **az eredményességnek nemcsak a vízellátás, hanem az időjárás egyéb hatásai elleni védekezés is fontos része.**

Az öntözés indokoltságát magának a növénynek a jellemzői is igazolják.

A gyümölcsstermesztést rendkívüli mértékben befolyásolják a természeti viszonyok az éghajlati és talajadottságok. **Jelentős szerepet játszik az időben és térben változóan rendelkezésre álló víz, ami a gyümölcsstermesztés egyik fontos tényezője.** A víz a növény

szempontjából a táplálék felvételét szolgáló oldószer, a túlzott felmelegedés ellen párologás által védelmet nyújtó közeg és a növényi sejtekben a szükséges feszültségállapotot fenntartó anyag.

A fejlődéséhez a fajtától, a növekedési szakasztól, valamint az ökológiai viszonyoktól függően **változó mennyiségű vízre van szükség**. Ennek a vízmennyiségnek egy részét a növény közvetlenül felhasználva a testébe építi, míg másik részét élettevékenysége folyamán elpárologtatja. A transzspirációval párhuzamosan a talajból, a talaj és a növény felületéről (intercepció) közvetlenül is párolog víz. Ez nem vesz részt ugyan közvetlenül a növény testépítő munkájában, de mikroklímátikus közvetett hatása befolyásolja a transzspirációt, a növény fejlődését. A növényen keresztül és a talajból távozó vízmennyiség együtt képezi a növényzet evapotranszpirációs vízszükségletét. A mérsékelt éghajlatú területeken nincs feltétlenül szükség minden évben vagy az egész tenyészidőben az öntözésre, mert **a csapadék az évek bizonyos hányadában, vagy a tenyészidő egyes szakaszaiban elegendő az optimális terméshozamok eléréséhez**.

A korábbi években a gazdaságos termesztés – az esetek többségében – a rendelkezésre álló csapadékkal megoldható volt. Az újabban termesztésben vont intenzív fajták és művelési rendszerek miatt szükségessé vált a biztonságos termesztés feltételeinek megteremtése. **Az öntözés akkor tölti be szerepét, ha az ültetvények létesítése során figyelembe vesszük a helykijelölésre, az alany-és fajta megválasztásra vonatkozó előírásokat**. Vagyis az öntözés akkor válik a gyümölcstermesztő segítőjévé, ha a növénye képes a sokirányú szolgáltatás hasznosítására. Ez viszont azt jelenti, hogy a termelés színvonalának és biztonságának érdekében a magasabb termelési szint eléréséhez szükséges vízmennyiségnek mindenkor rendelkezésre kell állnia.

A feltételes öntözési zónában a vízpótlás csak akkor eredményez terméknövekedést, ha az egyéb termesztési tényezők optimumban vannak.

**Állandó nagy terméseket csak akkor érhetünk el, ha a növény fejlődése számára valamennyi feltételről – folyamatosan és egyidejűleg – a megkívánt mennyiségben és minőségben gondoskodunk**. Ebből az is következik, hogy bármely agrotechnikai eljárás – így az öntözés is – csak akkor érvényesül megfelelően, ha termésfokozó hatásában egy másik tényező hiánya nem gátolja. Ugyanakkor előnyösen hathat egymásra a különféle folyamatok

összevonása. Például az öntözővízzel kijuttatott folyékony tápanyag eredményesen jut el a növény gyökérszónájába.

A korszerű gyümölcsösökben (főleg külföldön) az úgynevezett beépített esőztető berendezéseket alkalmazzák. E módszernél a fő- és szárnyvezeték kibővül a kettő közötti osztó-, illetve mellékvezetékkel.

Az esőztető berendezésekkel az öntözővíz kiadagolása a lombkorona alatt és felett történhet. Lombfeletti öntözésnél a kiadagolandó vízmennyiséget az ültetvény egész területén, egyenletesen próbáljuk elosztani. Ezért a szórófejeket a lombfeletti összekötőcsőre szereljük.

#### 5.1.2.1. Az alma öntözéses termesztése

A téli alma öntözése több figyelmet érdemel. Szereti a hűvösebb területeket és ehhez kapcsolódik a vízigénye is, **kedveli a párásabb csapadékosabb éghajlatot**. Közismert hogy a Jonatán-fajta azokat a helyeket szereti, ahol reggelenként a harmat fürösztí. A növény megfelelő fejlődéséhez évi 9-10 °C-os, illetve május -augusztus hónap között 18-19 °C-os középhőmérséklet szükséges. **Fényigényét hazánknak minden tája kielégíti**, hacsak nem túlságosan mélyen fekvő a terület, vagy valamilyen árnyékoló hatás nem érvényesül (13. ábra).



13. ábra

Hosszantartó, nagy szárazságban a vízigény szempontjából megkülönböztetett szakaszoktól függetlenül öntözni kell. Átlagos időjárás esetén az említett szakaszokat a virágzás, a

hajtásnövekedés, a gyümölcsnövekedés – rügydifferenciálódás időszakait fokozott figyelemmel kell kísérni. A hajtásnövekedés elején általában még elég víz van a talajban, de ha például köztes zöldtrágyát vagy gyepet telepítettünk a fák alá, akkor fokozott a vízfelhasználás és a növények annyira kiszáríthatják a talajt, hogy ilyenkor is szükségessé válhat az öntözés (Gonda, 1998; Bozán, 2011).

**Inkább ritkábban, nagyobb mennyiségű vízzel öntözzünk.** Esetenként, talajtól függően 60-80 mm vizet is adhatunk és ezt az első fejlődési periódusban egyszer, a másodikban 2-3szor – ha nagy a szárazság többször – ismételjük meg.

Az élettani adottságokból következő „megfelelő idejűség” itt is szükségessé teszi az öntözés, különösen a tápanyagok időbeni kijuttatásának elvégzését (5. táblázat). Homoktalajon a mikro-szórók alkalmazásával nagyobb gyökértömeg számára adagoljuk a vizet, de a terület részbeni nedvesítése víztakarékosságot eredményez. Kötött talajon a csepegtető testeket részesítjük előnyben.

#### ***Almaállomány vízfogyasztása***

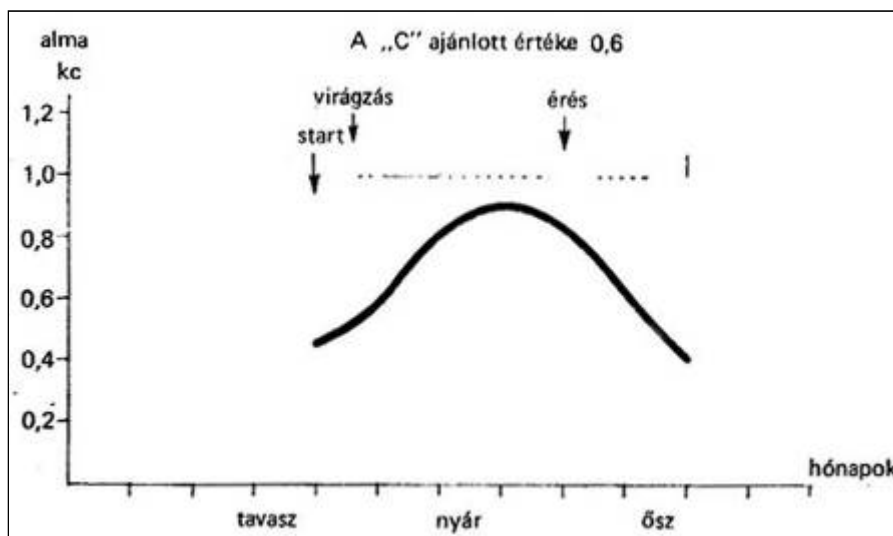
Csökkenteni kell a kiadagolandó vízmennyiséget és határesetekben abba kell hagyni az öntözést:

- ha már meglévő ültetvényt rendezünk be csepegtető öntözésre és a gyökérzet még nem idomult az új vízellátási módhoz (az első évben 30-40%-kal, a másodikban mintegy 10-30%-kal kevesebb vízre van szükség);
- amennyiben a fák más forrásból (pl. talajvízből) pótlólagos nedvességhez jutnak;
- ha túl erős a fák vegetatív növekedése (kihagyó évben, vagy nehezen termőre forduló alany-nemes kombinációk esetében). Ilyenkor az intenzív hajtásnövekedés idején ne, vagy alig öntözzük. Ezen időszakban egy rövid időszakra is felfüggesztett vízellátás kedvezően hat a termőrügy differenciálódásra és mérsékli a hajtásnövekedést;
- ha a teljes területhez viszonyított beöntözési hányad nem éri el a 25-30%-ot, annak csökkenése arányában.

Az öntözővíz szükséglet a következő képletek segítségével, valamint a 14. ábra alapján határozható meg:

$CU = kc \cdot ET_0$  és a

$$ET_a = C \frac{CU \cdot 10^3}{N}$$



14. ábra. Almaállomány vízfogyasztása

A  $kc$  az  $A$  kád párologtatásához ( $ET_0$ ) viszonyított koeffidicienst jelzi. A  $C$  szorzótényező a növényfajra vonatkozik. Az  $N$  a területegységen található növényszám. A diagramon a vízszintes, folyamatos vonal a legkritikusabb, a pontozott vonal a fontos, a kihagyott rész pedig a minimális öntözési igény, vagy az öntözés szüneteltetését jelzi.

5. táblázat. Az alma vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Április			Május			Június			Július			Augusztus			Szeptember			Október			November		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Érés ideje</b>																								
Július 1.	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,50	0,55	0,60	0,70	0,75	0,70	0,60	0,50	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20			
Július 10.	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,75	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20			
Július 20.	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,40	0,50	0,55	0,65	0,70	0,75	0,80	0,70	0,60	0,50	0,35	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20			
Aug. 1.	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20	0,20			
Aug. 10.	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,70	0,55	0,45	0,30	0,25	0,20	0,20			
Aug. 20.	0,20	0,25	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,65	0,70	0,75	0,65	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20			
Szept. 1.	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,60	0,65	0,70	0,75	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20			
Szept. 10.	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,45	0,50	0,55	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,55	0,45	0,40	0,35	0,30	0,20
Szept. 20.	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,60	0,70	0,60	0,50	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,20
Okt. 1.	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,52	0,55	0,55	0,65	0,65	0,70	0,55	0,40	0,35	0,30	0,20
Okt. 10.	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,56	0,60	0,65	0,70	0,55	0,45	0,30	0,20
Okt. 20.	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52	0,55	0,58	0,62	0,65	0,70	0,50	0,30	0,20

94

Az öntözés gyakoriságát az egy öntözéssel kiadott és a talajban tárolt vízkészlet, valamint vízfogyasztás intenzitásának viszonya határozza meg. Homoktalajokon a vízfogyasztás csúcsidőszakában 0,5-1 naponként, kötött talajokon pedig 1-3 naponként kell öntözni.

A legnagyobb napi vízfogyasztás értéke egy fára vetítve a lombfelület függvényében: 25-180 l. Egy fa vízigénye 2-25 m<sup>3</sup>.

**A túlöntözés következményei:** kötött talajokon a túlöntözés a talajok levegőtlenységéhez vezet, így a talajélet egyensúlya felbomlik, s gátolja a fák élettevékenységét. Lazább szerkezetű talajok esetében a túlzott vízellátás a talaj különben is kis ásványi- és szervesanyag-tartalmának kilúgozódását idézi elő, amely károsan hat a fa tápanyagtartalmának megváltozásán keresztül a gyümölcs minőségére és tárolhatóságára.

**Az öntözés hatása:** az öntözés hatására több év átlagában 25-35%-kal nő a termés mennyisége és annál nagyobb mértékben javul a kiváló kereskedelmi méretű gyümölcsök aránya. Az öntözés önmagában nem szünteti meg a termés szakaszosságát. A rendszeres és a vízigényhez igazodó vízellátás javítja a gyümölcs tárolhatóságát, különösen akkor, ha okszerű tápanyag-visszapótlással is együtt jár.

#### **5.1.2.2. Az körte öntözéses termesztése**

Elsősorban a mérsékelt égöv növénye, de termesztetőségének határai az almától eltérően a melegebb szélességi fokok felé húzódnak. Melegigényes növény, különösen a téli fajtái. Hűvös fekvésben nem érik be ezért elsősorban, védett meleg helyre kell telepíteni. **Száraz körülmények között növekedése és fejlődése lelassul.** Fényigényét hazánk átlagos fényviszonyai kielégítik (15. ábra).





15. ábra

Általában annyi vizet igényel, mint az alma – főként a téli fajták igénye egyezik–, és többé-kevésbé a tenyészidő alatti vízfelvétel váltakozás is az ott elmondottakkal azonos. Egy két téli fajta pl. a Kieffeer- vagy a Pap-körte szárazságtűrőbbek a többiekénél. Az öntözések száma és ideje – az elmondottak alapján – nagyjából az almáéval egyezik, de inkább egy két alkalommal többször öntözzük. **A kiadott öntözővíz is több lehet, tekintettel a mélyebb gyökerezésre.**

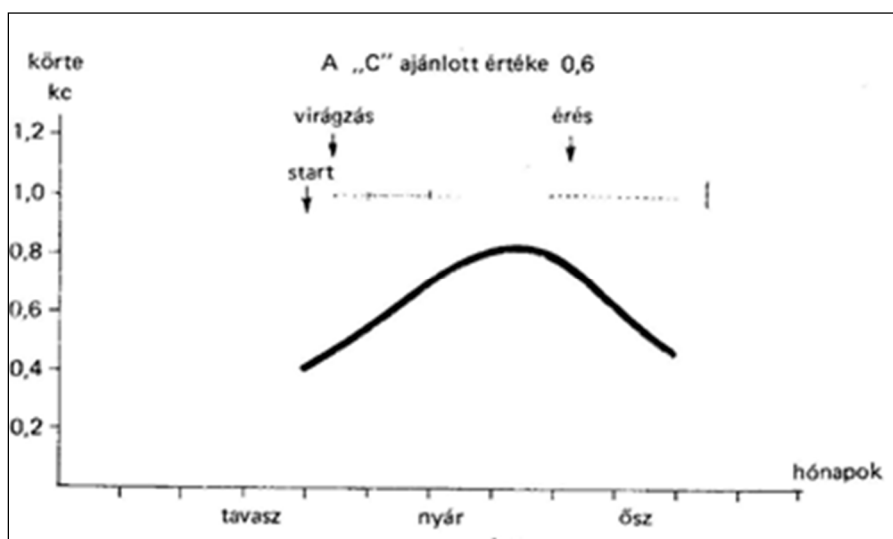
A gyümölcsösök öntözése érdekében szükségesnek tartjuk a komplex, vagyis valamennyi agrotechnikai beavatkozás magas szintű elvégzését, a korszerű és jól ható növényvédő-szerek alkalmazását, a betegségek időbeni felismerését az optimális érettségi állapot meghatározását, a tárolási feltételek kialakítását és a piacon történő „elegáns” megjelenést. Ezek összessége segíti a termeszőt bármelyik részfeladat költséghatékony végrehajtásában, illetve az eredményesség elérésében.

#### ***A körte vízigénye***

Az eredményes, öntözés nélküli termesztéshez hazánkban 700 mm feletti csapadék szükséges. Ez alatt öntözni kell. Az öntözés során fokozottan figyelembe kell venni az ültetvény

- alanyát (vad alanyú ültetvényben ritkábban és nagy vízadagokkal öntözzük, pl. birs alany esetében);
- a fajta érési idejét (a téli érésű fajták érzékenyebbek az időszakos vízhiányra, mint a koraiak);
- a fák termőegyensúlyát (a vegetatív túlsúlyban lévő fákat csak az első hajtásnövekedési hullám befejezése után öntözzük);
- az ültetvény intenzitását.

Az öntözővíz szükséglet a 16. ábra és a 6. táblázat alapján határozható meg.



16. ábra. Körteállomány vízfogyasztása

6. táblázat. A körte vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Május			Június			Július			Augusztus			Szeptember			Október		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Érés ideje</b>																		
Július 10.	0,10	0,10	0,25	0,35	0,45	0,55	0,60	0,68	0,40	0,25	0,00	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10
Július 20.	0,10	0,15	0,20	0,35	0,40	0,45	0,55	0,61	0,64	0,35	0,30	0,20	0,145	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10
Aug. 1.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,45	0,53	0,60	0,60	0,65	0,356	0,35	0,25	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10
Aug. 10.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,55	0,60	0,35	0,20	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10
Aug. 20.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	0,50	0,55	0,60	0,30	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10
Szept. 1.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	0,30	0,40	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,30	0,20	0,15	0,10	0,10
Szept. 10.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,50	0,30	0,20	0,10	0,10
Szept. 20.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40	0,45	0,45	0,25	0,20	0,10
Okt. 1.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,25	0,10
okt. 10.	0,10	0,15	0,20	0,30	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,20

A legnagyobb napi vízfogyasztás értéke egy fára vetítve: 25-180 l. Egy fa éves vízigénye: 4,1-27 m<sup>3</sup>.

#### Az öntözés hatása

Az öntözés hatására a természetes vízellátás (csapadék, talajvíz) függvényében 15-40%-kal nő a termés mennyisége és 3-8 mm-rel a gyümölcs átmérője. Az egyenletes vízellátás hatására kevésbé alakul ki a gyümölcs kövecsesedése, ami jelentősen javítja az étkezési minőséget.

#### 5.1.2.3. A cseresznye öntözése

Valamennyi növény esetében fontos a származási hely ismerete. A természeti, ökológiai környezet jellemzőinek a figyelembe vétele segítséget jelent az optimális feltételek érdekében végzendő beavatkozások megtételéhez.

A cseresznye tőlünk északabbra igen jól érzi magát. A tenyészidőszak alatti alacsonyabb hőmérséklet és az egyenletes természetes vízellátás kiegyensúlyozott nedvességpótlást jelent. Gondoljunk csak Lettország éghajlatára, ahol szintén jó terméseredményeket érnek el az évek jelentős átlagában (17. ábra).



17. ábra

Azonban a téli csapadék hiánya a termesztési zóna északi határán is gondokat okozhat, mivel a virágzást követően rövid időszak áll rendelkezésre a biológiai produktum előállítására, szemben az alma vagy a téli körte gyümölcs előállításával.

A vízzel szembeni igénye a gyökérszóna viszonylag alacsony mértékű, de állandó ellátása. A folyamatos nedvességtartalom a tápanyagok feltáródását is segíti. Ezért fontos, hogy a vegetációs időszak elején kellő mennyiségben álljon a víz rendelkezésre.

A téli talajszelvény feltöltődést követő folyamatos csapadék-segítségre van a gyümölcs egyenletes növekedéséhez (18. ábra).



18. ábra

Különösen fontos, illetve előnyös a kismértékű párolgás, illetve a változékony időjárással szemben a kiegyensúlyozott állapot.

Ahogy korábban is utaltunk rá, az egyenletes víz- és tápanyagfelvétel az alapja a magas terméshozamnak és a növény ez esetben jelenik meg a fajra jellegzetes módon.

A másik kritikus vízellátási időszak a rügy-differenciálódás. A mérsékelt égöv déli szakasza az egyenetlenebb és nyáron alacsony csapadékhozama miatt kritikus állapotot idézhet elő. A következő évi termés megalapozása érdekében elengedhetetlen az optimális körülmények kialakítása. A cseresznye öntözővíz szükségletét a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat. A cseresznye vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Április			Május			Június			Július			Augusztus			Szeptember		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Érés ideje</b>																		
Május 10.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,30	0,27	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,10
Május 20.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,38	0,34	0,31	0,27	0,24	0,24	0,24	0,21	0,18	0,18	0,15	0,15	0,10
Június 1.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,39	0,42	0,35	0,32	0,28	0,24	0,24	0,21	0,18	0,18	0,15	0,15	0,10
Június 10.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,34	0,37	0,42	0,43	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28	0,23	0,20	0,15	0,15	0,10
Június 20.	0,15	0,20	0,24	0,28	0,33	0,36	0,40	0,44	0,48	0,44	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,15	0,10
Július 1.	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,43	0,40	0,51	0,45	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Július 10.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,47	0,45	0,55	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Az öntöző berendezés megválasztásakor a talajszelvény nagyobb hányadát benedvesítő mikroszórós megoldás javasolt.

A kombinált mikroszórós megoldás, vagyis a szárnyvezetékhez történő hosszabb csatlakozó erő alkalmazásával a mikroszórók a lombkoronába is elhelyezhetők, amely lehetővé teszi a frissítő öntözés elvégzését.

A csepegtetőtestek és a mikroszórók alkalmazásával a napi vízigényhez igazodó/simuló vízmennyiség juttatható ki. A hirtelen nagy mennyiségben (áztató öntözéssel) kijuttatott víz különösen a szüret előtti időszakban a gyümölcsök repedését idézheti elő.

A víz- és tápanyag-kiadagolás különösen a telepítést követően fontos, hogy megfelelő kondíciójú, betegségekkel szemben ellenálló egyedek fejlődjenek ki.

Oregon és Washington államokban végzett kísérletek azt igazolják, hogy az egyenletes vízellátás pozitívabb hatást vált ki, mint az eltérő mennyiségű szakaszos adagolású vízadag különbségek.

#### 5.1.2.4. A meggy öntözése

A cseresznyéhez hasonlóan kedveli az állandó „földnedves” állapotot. Az egyenletes nedvességállapot-fenntartás a víz- és tápanyag utánpótlás optimális megoldását adja. Ez általánosságban igaz az étkezési és az ipari terméket szolgáló fajtákra egyaránt.



19. ábra

Ugyanakkor megállapítható, hogy az intenzív fajták esetében az időszakosan nagyobb vízadag is jól hasznosul. Sőt, maga a növény igen „pozitívan” reagál a vízadagra, ugyanis vegetatív túlsúly jöhet létre (19. ábra). A nagy lombzat hajtásainak összezáródása a betegségek megjelenését idézheti elő.

A fajták reakció-képessége a vízellátottságra lényegesen eltér. Bizonyos fajták az állandó nedvességtartalomra adnak pozitív választ. Lettországi kísérletek során faforgáccsal takarták be a fasorok melletti sávokat (1-1 méter szélességben) és ennek hatására jobb válasz érkezett, mint az ugyanott csepegtetve öntözött fajták esetében. Ugyanakkor megállapítható, hogy a téli fagy következtében sérült rügyek revitalizációja gyorsabban történt az öntözés hatására. Nyilván a feloldódott műtrágya, vagy az adagolt folyékony trágya is hatással volt rá.

Az éves szinten jelentkező viszonylag magas (700 mm) vízigény többféle adagolással hasznosítható. A száraz telek után a feltöltő jellegű talajszelvény nedvesítés segíti a virágzás elindulását. A vízállapot fenntartásával a tápanyag-felvétellel az optimális cukor-sav arány kialakulására kerül sor.

Az ipari fajták gépi rázását követően a gyökérszálak jelentős része elszakad, alkalmatlanná válva a nagyobb mennyiségű víz- és tápanyag felvételére, amely a rügy-differenciálódás szempontjából nagy hátrányt jelent. Ez esetben különösen a mikroszórók alkalmazása az előnyös, de a szántóföldi öntözésre használt csévlődobos berendezés is segítségünkre lehet. Ez a művelet az iszapoló öntözés, amely fogalom bevezetésére jelen sorok írója tesz javaslatot.

A kísérletek igazolták, hogy a telepítéssel együtt megkezdett öntözés jelentős kondícióbeli eltéréseket mutatott.

A meggy öntözővíz szükségletét a 8. táblázat alapján lehet kiszámítani.

8. táblázat. A meggy vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Május			Június			Július			Augusztus			Szeptember			Október		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Érés ideje																		
Június 10.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,45	0,30	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Június 20.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,45	0,30	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Július 1.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,50	0,45	0,35	0,30	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Július 10.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,45	0,40	0,30	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Július 20.	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,60	0,45	0,30	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20

#### 5.1.2.5. A mandula öntözése

Hagyományosan a dombvidéki szőlőtáblák közé, a sekélyebb talajú területekre telepítették és szolgálták ki a család igényét. A nagyobb igények (cukrászdák, csokoládégyárak) kielégítésére a köves talajokra telepítették (20. ábra).

A telepítés során fontos volt, hogy a talajba jutó víz betározódjon, ezért a felszín alatt elhelyezkedő márgás, vízzáró réteg révén az optimális feltételek megteremtődtek.

A faegyedek „gyámoltalan” gyökérzettel rendelkeznek. Ezért nagy segítséget jelent a jó vízellátás. Ennek érdekében a mikroszóró alkalmazása ajánlott, mert annak nedvesítő hatása meghaladja a csepegtető test hatását.

A növény képes a nyár végi öntözővizet és nagyobb mennyiségű csapadékot felvenni, de a faggyal szemben kevésbé képes ellenállni.



20. ábra

A legátfogóbb vizsgálatokat Kaliforniában végezték. Megállapításuk szerint fontos az optimális tápanyag-adagolás betartása.

A mandula öntözővíz szükségletét a 9. táblázat mutatja.

9. táblázat. A mandula vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Május			Június			Július			Augusztus		Szeptember			Október		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3
Érés ideje																	
Aug. 10.	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,15	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05
Aug. 20.	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,15	0,08	0,08	0,05	0,05
Szept. 1.	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25	0,27	0,27	0,30	0,30	0,30	0,15	0,10	0,08	0,05	0,05
Szept. 10.	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,10	0,08	0,05
Szept. 20.	0,08	0,08	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,12	0,22	0,15	0,08	0,05
Okt. 1.	0,05	0,08	0,08	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,05
Okt. 10.	0,05	0,08	0,08	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10



#### 5.1.2.6. Az őszibarack öntözéses termesztése

Az őszibarack a melegebb, kiegyenlített téli hőmérsékletű mediterrán éghajlat növénye. Igénye hasonlít a szőlőéhez, tehát mi a termeszthetősége északi határán vagyunk. Emiatt nálunk a termőhelyet gondosan kell kijelölni. Optimálisak számára az ország déli, vagy középső részén fekvő, a hideg levegőt jól levezető lankás domboldalak, amelyek erős széljárástól mentesek, a hőmérséklet kiegyenlítő hatású vízfelületek közelsége, amelyek a reflexiójukkal a sugárzás mennyiségét is fokozzák (21. ábra).



21. ábra

#### *Az őszibarack vízigénye*

Az őszibarack csapadék, illetve vízigényét a hőellátottság függvényében kell értékelni. Az őszibarack vízigénye az almáénál lényegesen kisebb.

A vízforgalom, így a vízigény évi alakulása során három időszakot különböztetünk meg (Csider, 1968).

- A növekvő vízfelhasználás időszakában az őszibarack vízigénye az almáéval szemben ezért is kisebb, mert a hajtásnövekedés, a lombfelület kialakulásának üteme lassúbb, július végéig eltart. Az almánál általában június végére már befejeződik.

- A vízfelhasználás fő időszakában a vízfelhasználást döntően a hőmérséklet napi ingadozása határozza meg. Az őszibarack nagyobb hőigényét jellemzi az a tény, hogy lombfelület egységre vetítve 24-25 °C-on fogyaszt annyi vizet, mint az alma 20 °C-on.
- A csökkenő vízfelhasználás időszakában az őszibaracknak viszonylag nagyobb vízigénye van, mint az almának, ami részben a lombfelület fokozatos növekedésével magyarázható.

Fontos a kiegyenlített, jó vízellátás a csonthéj keményedésének, majd a gyümölcs zsendülésének időszakában. Mindkettő energiaigényes folyamat. A termés mennyiségét, méretét, minőségét a harmonikus vízellátás kedvezően befolyásolja.

A szüret végeztével még a későn érő fajták esetében sem hagyjuk abba az öntözést, hiszen a szeptemberi meleg napok, s a kedvező vízellátás segítik a termőrészek beérését, a termőrügy differenciálódását, ami a következő év termésének biztosítója.

Az őszibarack áruminőségét jelentősen rontja a meghasadás, ami általában a gyors növekedés következménye, de előidézheti azt az egyenetlen vízellátás is. Száraz tavaszeltől követően, meleg időben adott bőséges vízmennyiség tömeges meghasadást idézhet elő.

Csökken a vízfelhasználás a nyári zöldmetszést követően, hiszen a lombfelület nagy részét eltávolítottuk. Ha az átmeneti vízhiány rövid időn belül megszűnik, az anyagcsere- folyamatok helyreállíthatók. Ugyanez nem történik meg hosszú, száraz időszak után.

Az öntözővíz-szükséglet meghatározásához a 22. ábra nyújt segítséget.

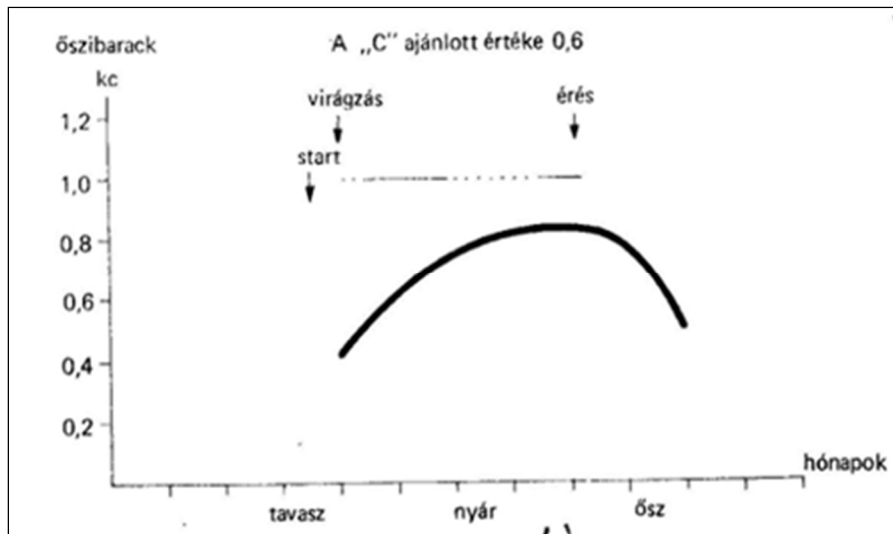
Egy fa legnagyobb napi vízfogyasztásának értéke: 25-90 l. Egy fa éves öntözővíz igénye: 2,3-7,5 m<sup>3</sup>.

### ***Az öntözés hatása***

Az öntözés, különösen a meleg nyarakon kedvezően hat a vegetatív növekedésre, ami okszerű metszés mellett gyorsabb termőre fordulást eredményez.

Hazánkban mért adatok szerint az öntözés 20-30%-kal növeli a termés mennyiségét és emellett egy méretkategóriával növeli a gyümölcsök átmérőjét. A jó és bőséges vízellátás hatását bizonyítja az a hazai megfigyelés, hogy a kedvező talajvízállású termőhelyeken, mint

amilyen pl. Szatymaz környéke is, az őszibarackfák terméshozama kétszerese a Buda vidékének és általában két évvel korábban fordulnak termőre.



22. ábra. Őszibarack állomány vízfogyasztása

#### 5.1.2.7. A kajszii öntözéses termesztése

A kajszit szárazságtűrő, öntözés nélkül is jól díszlő gyümölcsfajként tartjuk számon. Ennek egyik oka az, hogy a gyakran visszatérő késő tavaszi fagyok oly mértékben károsítják gyümölcsünket, hogy túlzott terhelés ritkán fordul elő. A fagyok miatt kimaradó termékek az adott évben gazdaságtalanná teszik a kultúrát, így az öntözést is.

A következő években a kajsziiültvények öntözése egyre jobban előtérbe kerül, ha

- ültvényeinket a késő tavaszi fagyok elkerülése végett szélvédett domboldalakon telepítjük, ahol rossz a talajok vízgazdálkodása (vízmegtartó képesség, sekély termőréteg, nagy elfolyási hányad stb.);
- a nagyobb termékek érdekében intenzív ültvényeket (nagyobb sűrűségű, intenzív fajtákat) telepítünk (23. ábra).



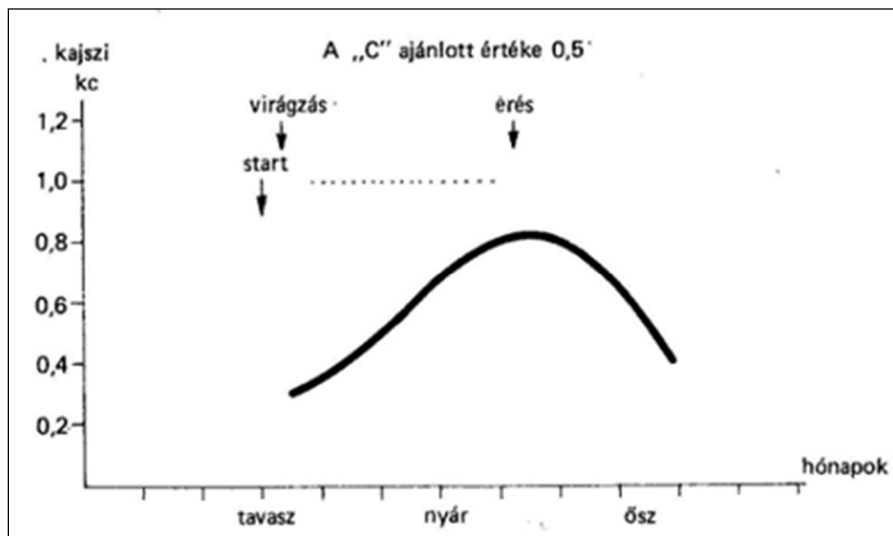
23. ábra

### *A kajszai vízigénye*

Hazánkban a télről tározott vízkészlet legtöbbször május végéig elegendő a gyümölcsfák számára. Ezután már rendszeres vízpótlásra van szükség. A nyár folyamán bármikor fellépő vízhiány a gyümölcsfa, így a termés károsodását vonja maga után. Június második felében a gyümölcs fejlődése szempontjából fontos a vízellátás. Száraz idő esetén öntözés nélkül apró marad a gyümölcs, íz és zamatanyagai nem tudnak kifejlődni. Felgyorsul a gyümölcs leválási folyamata, s valósággal, „lefolyik” a fáról.

A szüret után, szeptember második feléig bezárólag nem szabad az öntözést abbahagyni, mert a szárazság károsan hat a termőrügyek kialakulására, szénhidrátok felhalmozódására, azaz a télre való felkészülésre.

Az öntözővíz szükségletéről a 24. ábra és a 10. táblázat tájékoztat. A legnagyobb napi vízfogyasztás értéke egy fára vetítve, a lombfelület függvényében: 30-150 l. Egy fa éves vízigénye: 5-17 m<sup>3</sup>.



24. ábra. Kajsziállomány vízfogyasztása

10. táblázat. A kajszi vízigény-együtthatói az érési idő függvényében

Hónapok	Április			Május			Június			Július			Augusztus			Szeptember		
Dekád	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3	
Érés ideje																		
Június 10.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10	
Június 20.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,40	0,30	0,25	0,25	0,20	0,10	0,10	0,10	
Július 1.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,35	0,30	0,25	0,20	0,10	0,10	0,10	
Július 10.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,43	0,35	0,27	0,22	0,10	0,10	0,10	
Július 20.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,37	0,42	0,55	0,48	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	
Aug. 1.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,48	0,40	0,30	0,20	0,10	
Aug. 10.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	
Aug. 20.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30	0,33	0,33	0,36	0,40	0,35	0,25	0,10	
Szept. 1.	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,33	0,33	0,35	0,25	0,10	

### Az öntözés hatása

A termés mennyisége 30-40%-kal nő, a gyümölcs mérete 3-6-mm-rel nagyobb lesz. Csökken a termés szakaszossága, mérséklődnek a fagykárosító hatása.

### 5.1.2.8. A szilva öntözéses termesztése

Kevés gyümölcsfaj van, melyet oly eltérő ökológiai feltételek között termesztünk, mint a szilvát. Kiterjedt szilvaültvények vannak az öntözetlen száraz mediterrán domboldalakon, csapadékos, magas talajvízállású völgyekben. Elterjedése szinte a szubtrópusnál kezdődik, de

a gyümölcsstermesztés északi határához közeledve is ez az egyik leggyakrabban termesztett gyümölcsfaj.

Ennek megfelelően az évek során az ökológiai (elsősorban a hőmérsékleti és a vízellátási) feltételekhez jól alkalmazkodó fajtacsoportok alakultak ki. A termesztett fajták közül a hő- és vízellátásra legérzékenyebbek a japán szilvafajták (25. ábra).



25. ábra: szilva csonthéjas termése

### ***A szilva vízigénye***

A szilvafajták legnagyobb része érzékeny a szárazságra, illetve meghálálja az öntözést.

Hazánkban a legszebb öntözetlen szilvaültetvények ott találhatóak, ahol a csapadék évi összege eléri a 650-700 mm-t, vagy a talajvíz kedvezően segíti a fák vízellátását. Az öntözési kísérletek azt igazolják, hogy legkedvezőbb, ha a talaj nedvességtartalma egyenletesen magas szinten van.

A szilvafák vízellátása szempontjából három kritikus szakasz különböztethető meg:

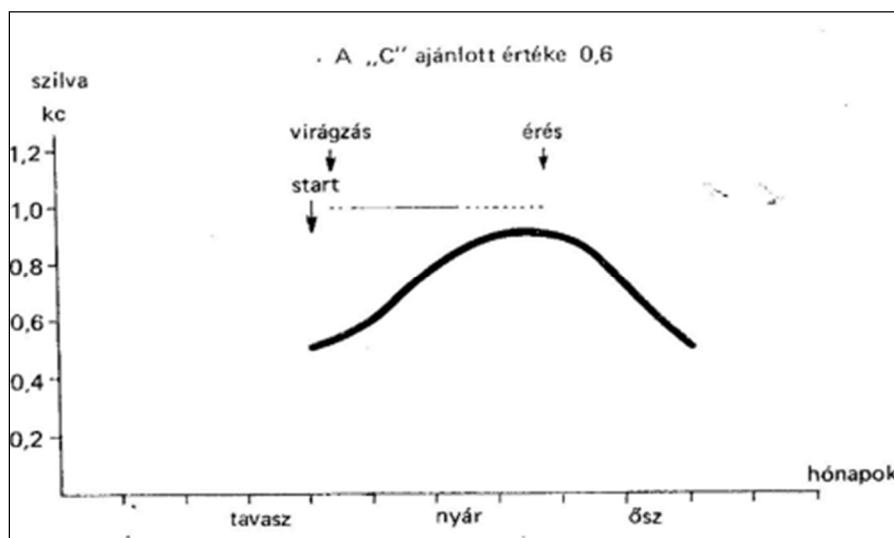
- a gyümölcs kötődése utáni intenzív gyümölcs és hajtásnövekedés,
- a gyümölcs csonthéjának keményedése, végül
- a gyümölcs színeződésének a kezdete.

Az öntözővíz szükségletéről a 26. ábra tájékoztat.

Egy fa legnagyobb napi vízfogyasztásának értéke: 80-180 l. Egy fa éves öntözővíz igénye: 6-25 m<sup>3</sup>.

### ***Az öntözés hatása***

A termő évek során a termés mennyisége 20-45%-kal nő az öntözetlenhez viszonyítva, 6-11%-kal nő a gyümölcsök átlag tömege. Csökken a gyümölcsök szárazanyagtartalma (0,4-2%-kal) az öntözetlenekéhez viszonyítva.



26. ábra. Szilvaállomány vízfogyasztása

#### 5.1.2.9. Bogyós gyümölcsök öntözése

A bogyós gyümölcsűekhez alaktanilag sok szempontból hasonló, de élettani vonatkozásokban eltérő gyümölcsfajok tartoznak. Valamennyi közkedvelt, jó táplálkozási értékű gyümölcs. Általában a feldolgozóipar is szívesen vásárolja.

Tekintettel arra, hogy gyökérzetük sekélyen helyezkedik el, nagyrészt a hűvösebb, nyirkosabb klímájú területekről származnak, az öntözés hatása jó. Sok esetben pedig öntözés nélkül nem is lehet őket gazdaságosan termesztani.

#### Áfonya

Hazánkban még alig ismert gyümölcsfaj. Népszerűsége a bogyósok között évről évre nő. Gyümölcse kellemes ízű, nyersen, fagyasztva és konzerv készítménynek is (27. ábra). Géppel

jól betakarítható, s az így szüretelt gyümölcs friss fogyasztásra is alkalmas. Nálunk különleges igényei miatt terjed lassan. Így

- 4,5-5 pH-jú talajokon fejlődik jól, különösen ott, ahol nagy a szervesanyag-tartalom is;
- a növényfaj eredetét tekintve erdei aljnövényzet volt, tehát hozzászokott, hogy sekély gyökerei mindig nedves talajt találnak. Ezért kultúrnövényként csak öntözve termesztendő.

A legkülönbözőbb éghajlati viszonyok között élő növény. A trópusoktól kezdve a gyümölcstermesztés északi határáig megtalálhatók különböző fajtái, fajtái. Némelyik igen fagyűrő, a -40 °C-os hőmérsékletet is elviseli. Virágai folyamatosan nyílnak, így a késő tavaszi fagyok elpusztíthatják a legszebb első gyümölcsöt, de a teljes termést soha.



27. ábra

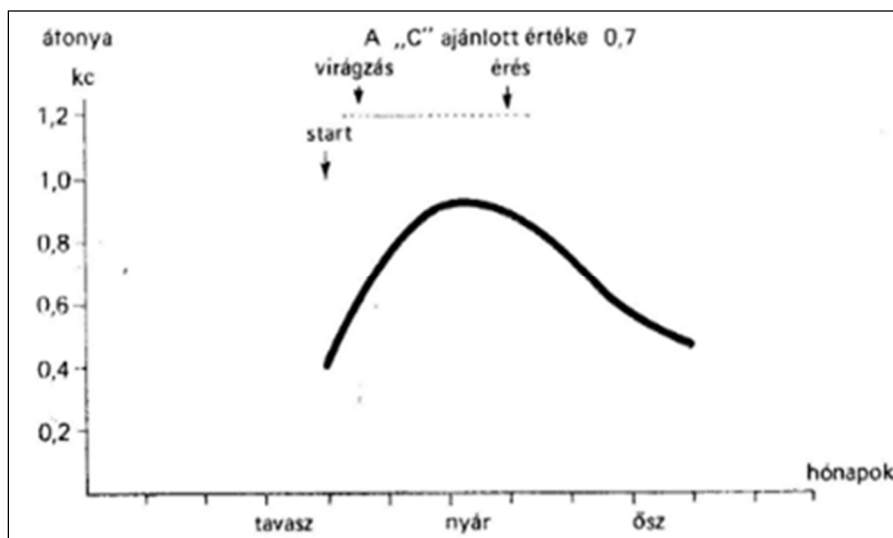
### *Az áfonya vízigénye*

Mivel az áfonya gyökerei kívánják a nedvességet és sekélyen helyezkednek el, gyakran és kis vízádagokkal kell öntözni. Erre jól megfelel a csepegtető öntözés.

Az ültetvény létesítésével egy időben kell megépíteni az öntöző berendezést is, különben 2-3 évet késik a termőre fordulás. Öntözés nélkül az áfonya nem fejlődik, csökött marad, termése pedig kevés és értéktelen lesz. Nagy szárazságban az áfonya könnyen ki is pusztul.

Az áfonya vízszükségletét a 28. ábrán mutatjuk be.





28. ábra. Áfonyaállományok vízfogyasztása

Napi maximális vízszükséglete termő ültetvények esetén 8-13 l/növény. A vegetáció során kiadandó vízmennyiség 8-13 m<sup>3</sup>/év/növény.

### Málna

A málna vízellátás szempontjából az egyik legigényesebb gyümölcsfajunk. Egyrészt gyökérzete sekélyen helyezkedik el, másrészt a faj fiziológiailag a csapadékos, hűvös klímához alkalmazkodott. Igényli a nagy légnedvesség-tartalmat is. Nálunk különösen nyár elején fellépő szárazságok veszélyeztetik a termesztés sikerét (29. ábra).



29. ábra

### ***A málna vízigénye***

A málna termőtájai az ország hűvösebb és csapadékosabb területein alakultak ki, mivel hagyományosan öntözetlen kultúraként termesztjük. A vízpótlást viszonylag korán, általában május végétől el kell kezdeni, mivel a talaj felső 20-30 cm-es rétege – ahol a málna aktív gyökérzete elhelyezkedik – könnyen kiszárad.

Különösen fontos az érés előtti és az érés alatti öntözés, mert szárazság esetén a gyümölcsök nem tudnak kifejlődni, s valósággal rásülnek a vesszőkre. Nagy nyári szárazságok idején gyakran a vesszők is elszáradnak.

A nyár második felében a jó vízellátás segíti a termőrügy differenciálódását, a vesszők beérését. Az öntözés tervezésekor figyelembe kell venni, hogy hasznos élettartama 6-8-év.

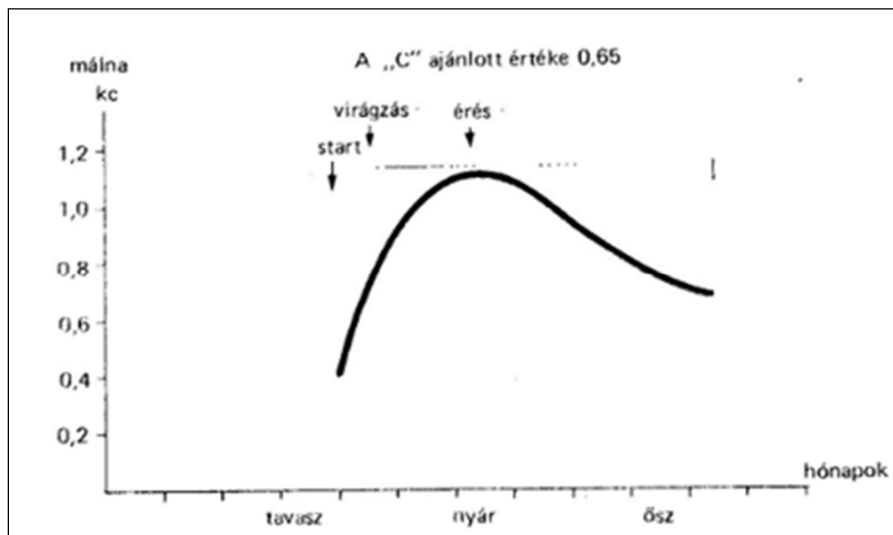
A málna vízszükségletét a 30. ábrán mutatjuk be.

A málna maximális vízszükséglete: 6-9 l/nap/tő. A vegetáció során kiadandó vízmennyiség: 0,6-1 m<sup>3</sup>/év/tő.

### ***Az öntözés hatása***

Ez ideig hazánkban módszeres csepegtető öntözési kísérletet málnában még tudomásunk szerint nem végeztek.

Az öntözött felületek esőszerű öntözőberendezéssel vannak felszerelve, mivel így a talaj nedvességtartalmának biztosításán túl a levegő páratartalma is kedvezően alakul. Valószínű azonban, hogy a minisugaras szórófejes öntözőberendezések e kettős funkciót még jobban el tudják látni.



30. ábra. Málnás kertek vízfogyasztása

### Piros és fekete ribiszke

Termesztett ribiszke fajtáink több faj alakkörébe sorolhatók. Mi két nagy csoportját termesztjük (31. ábra):

- a piros ribiszkét (*Ribes rubrum*, *R. vulgare*, *R. petraeum*),
- a fekete ribiszkét (*R. nigrum*, *R. usuriensis* stb.).

Éghajlati igényüket tekintve fajtánként is igen nagy az eltérés, a piros ribiszkét mégis külön kell tárgyalni, mivel elterjedésük szélesebb körű, jobban tűrik a szárazságot, a meleget. Ezért hazánkban is eredményesebb a termesztése.

A fekete ribiszke a hűvösebb, nagyobb páratartalmú klímát kedveli, ezért nálunk jó ültetvények csak az északi Felvidéken, Nyugat-Dunántúlon vannak. A talaj mésztartalmára is érzékenyebb. A ribiszkék sekélyen gyökeresednek.



31. ábra

### ***A ribizke vízigénye***

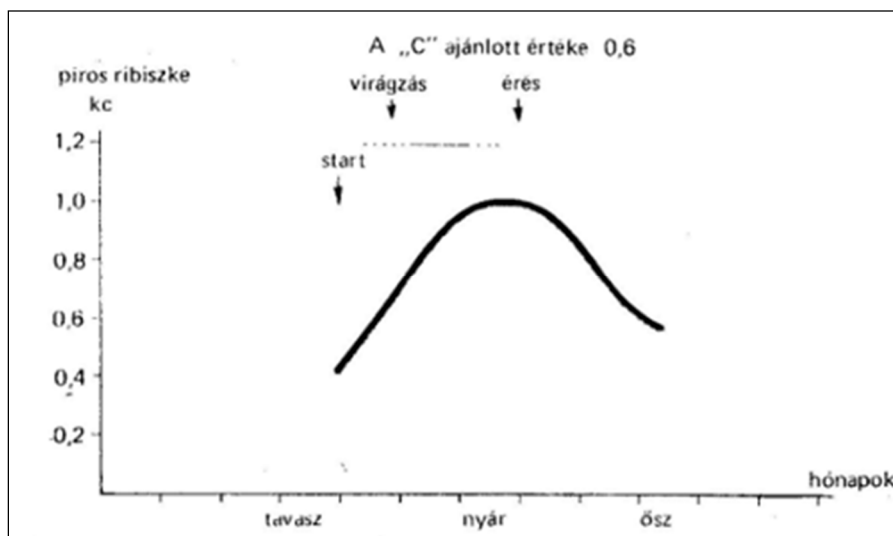
Mivel a ribizke sekélyen gyökeresedik, a nyirkosabb klímát jobban kedveli. Száraz vidékeinken öntözni kell. A ribizke vízszükségletét a 32 és a 33. ábrákon mutatjuk be.

A ribizke maximális vízszükséglete: 1,6-23 l/nap/bokor. A vegetáció során kiadott vízmennyiség 1,6-1,8 m<sup>3</sup>/év/tő a piros ribiszke esetén és 1,8-2,0 m<sup>3</sup>/év/tő a fekete ribiszke esetén.

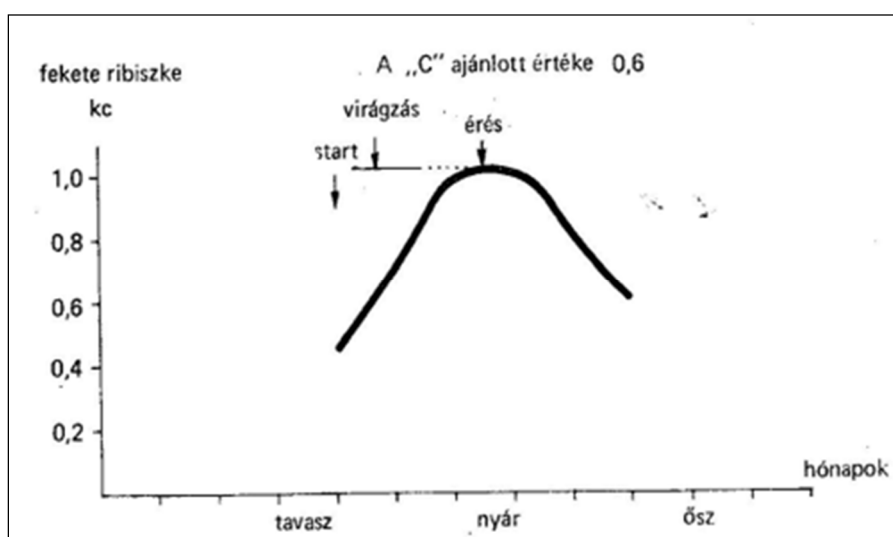
### ***Az öntözés hatása***

Tekintettel arra, hogy mindkét fajkör terméshozama a jó éves vegetatív fejlődéshez kapcsolódik, amit az öntözés elősegít, az öntözést meghálálják.

Piros ribiszke esetén 30-55%, fekete ribiszke esetén 20-30% terméstöbbletre számíthatunk.



32. ábra. Piros ribiszke állományok vízfogyasztása



33. ábra. Fekete ribiszke állományok vízfogyasztása

### Szamóca

A szamóca valamennyi fajtáit a mérsékelt égöv valamennyi országában termesztik (34. ábra). Fajtái kitűnően alkalmazkodnak a meleg – esetenként a szubtropikus – és a szélsőségesen hideg klímához is. Ehhez az alkalmazkodáshoz hozzájárult, hogy kevés gyümölcstermő

növényünkkel folyt olyan intenzív nemesítői munka, mint a szamócéval. Fogyasztásunkban jelentős szerepet foglal el, mivel:

- jó, korai, friss fogyasztású gyümölcs;
- nagy a fiziológiai értéke (C-vitamin, ásványi savak);
- a konzervipar kedveli (dzsem, mélyhűtött szamóca, szörpök);
- hamar termőre fordul és viszonylag sokat terem.



34. ábra

### *A szamóca vízigénye*

Éghajlati viszonyaink között a szamócát öntözni kell. Az öntözés szükségességét és az öntözés technológiájának kialakítását hazánkban Pethő (1960) módszeres munkája alapozta meg.

Két termesztési cél határozza meg az öntözést:

- a gyümölcstermő ültetvény és
- a szaporítóanyag-termesztő ültetvény.

Gyümölcstermő ültetvény esetén két időszakban kell jól ellátni ültetvényeinket. A virágzás után, a kötődéskor, majd ősszel a termőrügy differenciálódása idején. Szüret után nyári, nyugalmi időszakban az ültetvény vízigénye minimális.

Az intenzív szamócatermesztő országokban, ahol a klíma jó termést és a jó infrastruktúra jó feldolgozó háttérrel biztosít, egyre terjed az ikersoros ágyásos művelés, ahol fólia alatt csepegtető öntözéssel öntöznek. Így érhetőek el ma a legnagyobb terméshozamok és ezáltal, hogy a gyümölcs mindig száraz fólián van, öntözés nem éri, tiszta és keményebb konzisztenciájú, mint más öntözési mód esetén.

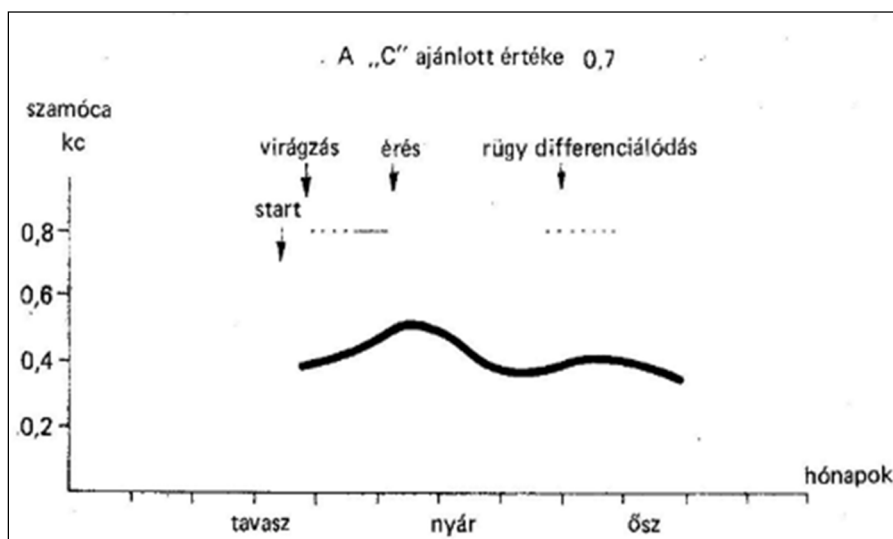
Az új ültetvényeket a jó eredés és a gyors növekedés végett különös gonddal kell ápolni, hogy gyökerei jól behálózzák a szükséges talajterületet. Ezért termőkorban csepegtetve öntözendő szamócat ekkor még célszerű esőszerű öntözéssel öntözni.

A termő szamóca vízszükségletét a 35. ábrán mutatjuk be. A szamóca maximális vízszükséglete: 0,5-0,7 l/nap/növény.

A vegetáció során kiadandó vízmennyiség: 0,1-0,2 m<sup>3</sup>/év/növény

#### **Az öntözés hatása**

A rendszeres öntözés hatására jó agrotechnika és fajtaválasztás esetén 30-60%-kal nő a termés és javul a gyümölcs áruértéke.



35. ábra. Szamócások vízfogyasztása

#### 5.1.2.10. A szőlő öntözése

Az öntözött szőlőültetvények területe hazánkban még az öntözött gyümölcsnél is kisebb. Az öntözés terjedését ez ideig erősen gátolta

- az ültetvények extenzív jellege,
- a szőlő földrajzi elhelyezkedése,
- a termesztés hagyományai.

Az utóbbi évek módszeres kísérletei és a gyakorlati tapasztalatok szerint hazai körülményeink között is érdemes öntözni.

Goldberg (1976) vizsgálatai azt igazolták, hogy a szőlő növekedésére kedvezően hat, ha a vízellátás egyenletes és a szükséges vízmennyiséget gyakori kis adagokban juttatjuk ki, tehát gyakran öntözünk. Erre a csepegtető öntözés ad jó lehetőséget (36. ábra).



36. ábra

#### *A szőlő vízigénye*

A vízigény meghatározásakor igazodni kell a fajta, az állománysűrűség, a növény fejlődési fázisa és az időjárás által meghatározott vízigényhez. Figyelembe kell venni, hogy foglalkozunk

- szaporítóanyag-termesztéssel, ahol a nagy mennyiségű és jól beérett vesszőhozam a fontos (anyatelep, törzstelep, faiskola);
- csemegeszőlő-termesztéssel;
- tömegbort adó fajták és
- minőségi bort adó fajták termesztésével.



Füri (1974) adatai alapján a szőlő vízfelhasználása négy időszakra bontható:

- rügyfakadástól virágzásig 7%,
- virágzástól zsendülésig 42%
- zsendüléstől szüretig 32%
- szürettől lombhullásig 19%

A százalékos arányok az időjárás és a fajta függvényében módosulhatnak.

A vízfogyasztás maximuma az intenzív bogyónövekedés időszakában van. Ez általában egybeesik a fiziológiailag aktív és nagy lombfelület kialakulásával, de ekkor van a legmelegebb nyári időszak is, július-augusztusban.

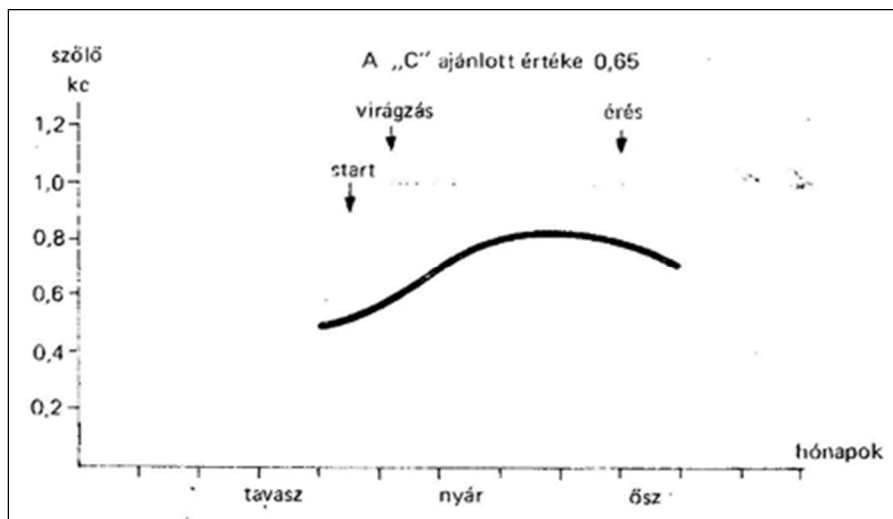
Az almához hasonlóan a szőlő esetében is megállapították, hogy a vegetáció bármely időszakában fellépő vízhiány, ha más-más formában is, de csökkenti a termés mennyiségét.

A szőlő vízellátási igénye szempontjából a vegetációs időszak két részre osztható:

- nagyobb vízigény az érés kezdetéig,
- kisebb az igény az érés kezdete után.

A vegetáció első felében az öntözés szükségesebb és hatékonyabb, mint a második felében.

A szüret előtt 2-3 héttel célszerű az öntözést abbahagyni. A szőlő vízigényéről a 37. ábra tájékoztat. Egy tőke legnagyobb napi vízfogyasztása: 8-20 l. Egy tőke éves öntözővíz igénye 0,8-5,4 m<sup>3</sup>.



37. ábra. Szőlőskertek vízfogyasztása

### *Az öntözés hatása*

A borszőlő esetében fontos kérdés, hogy hogyan hat az öntözés a termés minőségére. A cukortartalom csak kis mértékben, de általában csökken, amit a savtartalom növekedése kísér. Különösen igaz ez akkor, ha az öntözést az érés előtti periódusig folytatták. A cukortartalom csökkenése abból is adódik, hogy az erőteljes vegetatív növekedés hatására a fürtök árnyékoltak lesznek. Ezen segíthet a zsendüléskori csonkázás. A biokémiai vizsgálatok szerint az öntözés hatására a szőlő cukortartalmának felhalmozódása nem lassúbb, mint az öntözetlené, csak elhúzódik és a nagyobb létartalom, a nagyobb terméshozam miatt később kell szüretelni.

A legtöbb kísérleti eredmény azt igazolja, hogy az öntözés hatására nő a területegységen megtermelt cukor mennyisége.

Aszályos években az öntözés hatására nő a must cukortartalma is, különösen, ha nagy termés várható. Ekkor, főként ha meleg az időjárás, a jó vízellátás a fiziológiai és biokémiai folyamatok normális menetét segíti.

Hazai adataink szerint az öntözés hatására 15-30%-kal nőhet a termés mennyisége.

Csemegeszőlőben végzett vizsgálatok szerint nagyobb lett a fürt és a bogyók tömege, így a termés mennyiségének növekedésén túl az áru értéke is nőtt. Szakszerű öntözés esetén a hatás egyértelműen kedvező. Az öntözés fokozza a hajtásnövekedést, nagyobb lesz a tőkék terhelhetősége, s a fiatal tőkék 1-2 évvel hamarabb fordulnak termőre.

A szüret utáni harmonikus vízellátás segíti a tartaléktápanyagok felhalmozódását, tehát a télre való felkészülést. Így csökken a téli fagykár utáni regeneráció esélye is.

Száraz időszakban a gyümölcs fejlődése, majd zsendülése, érése elhúzódik, mivel leáll a szénhidrát képződése. A nagy szárazság idején a hajtások nem képesek beérni, különösen nagy termések esetén.

Elégtelen vízellátáskor gyakori a bogyók napperzselése. Napperzselés esetenként a hajtásokon is előfordulhat. Ilyenkor a csökkent transzspiráció alig szabályozza a hőmérsékletet.

A Magyarországon található vetőmagtermesztő cégek (Pioneer, Monsanto, Syngenta stb.) szerződéses termesztést folytatnak az öntözési feltételekkel rendelkező gazdákkal. Ennek során megfelelő mértékben gondoskodnak a szaktanácsadás elvégzéséről, amely nagy segítséget

jelent valamennyi termelőnek. A biztonsággal előállított vetőmagok jó eséllyel produkálnak átlag feletti terméseket, amely mind számukra, mind a forgalmazóknak elfogadható bevételt eredményez.

Az aszály és a magas hőmérsékleti hatás kivédésére nem vetőmagtermesztő területeken is folytatnak öntözést, azonban az alacsonyabb értékesítési ár miatt annak gazdaságossága sok esetben elmarad a vetőmagtermesztéshez viszonyítva. Hazánkban a szántóföldi öntözéses termesztést folytatók sok esetben kevésbé használják ki az öntözőberendezéseket a különleges célú műveletek végrehajtásához.

Az elkövetkező időszakban át kell gondolni, hogy az öntözőberendezések gazdaságos hasznosításához a minél inkább vízigényes növények termesztése történjen.

## 5.2 Egynyári kultúrák öntözése

Hazánkban az egynyári növényeket csepegtető módszerrel ritkán öntözzük, részben megfelelő műszaki megoldás nincs, de legtöbbször az ökonómiai megfontolások sem indokolják.

Fejlett mikroöntözési kultúrával rendelkező államokban kialakult eljárás, hogy rugalmas, kettős falú szárnyvezetékeket az év végén csörlővel összegyűjtik.

Az egynyári növények esetén a mikro öntözés csak ott alakult ki, ahol szinte minden csepp öntözővízre szükség van (Izrael, Kalifornia, Ausztrália).

Bemutatunk néhány növényt, melyek általában széles sortávolságban is telepíthetők, így öntözésükre a következő években, ha korlátozott mértékben is, de sor kerülhet.

### 5.2.1. Dinnye

Hazánkban két fajt termesztenek, a görögdinnyét és a sárgadinnyét.

A **görögdinnye** őshazája az újabb kutatások szerint India, onnan terjedt el Ázsia, Afrika, Egyiptom és Európa felé. Fejlett főgyökere van. Ezen sok gyökérág képződik. A gyökérzet 1,5-2 m mélyre is lehatol, s egy-egy tő gyökere gyakran 10 m<sup>3</sup> talajt is behálóz. Tehát a vízellátás szempontjából nagy jelentősége van a talajban tárolt és a talajvízből hozzáférhető

vízkezelésnek. Vízigénye nagy. A legtöbb vizet fogyasztó zöldségfélék közé tartozik. A gyökér nagy szívóereje lehetővé teszi, hogy az általa behálózott talajtömeget a legjobban kihasználja (38. ábra).



38. ábra

A **sárgadinnye** őshazája India. Európába, Közép-Ázsia, Irán, Afganisztán és Anatólia területéről jutott el. Főgyökere vastag karógyökér, melyből 15-20 cm mélységben nagy mennyiségű vékonyabb gyökérág képződik. Ezek 2 m mélységig is több méter átmérőjű kört képezve hatolnak a talajba. Ennek és a gyökerek nagy szívóerejének köszönheti szárazságtűrő képességét (39. ábra).



39. ábra

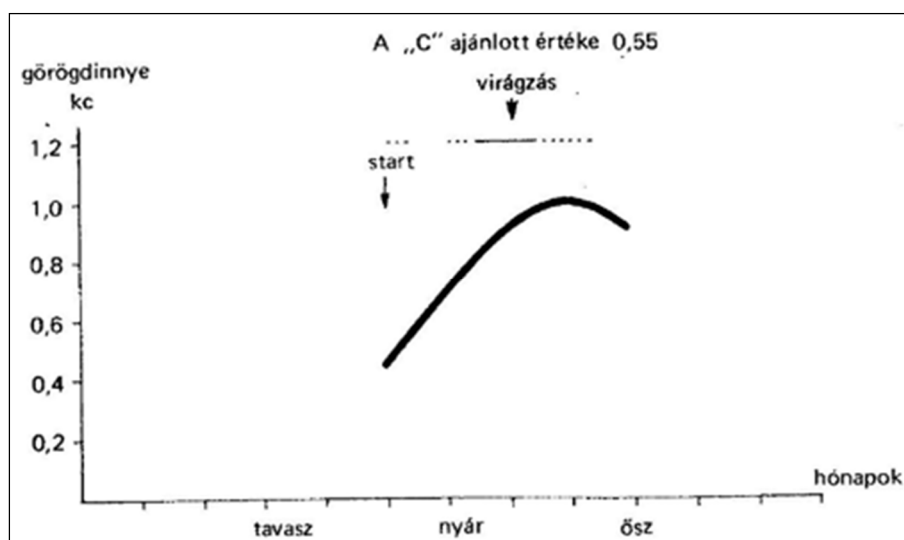
Mindkét dinnyefaj vízigényének kritikus időpontja a nővirágzás kezdete, a termésnövekedés ideje. Az ebben az időszakban fellépő vízhiány nem csak a termés mennyiségét, hanem az érés kezdeti időpontját és a termés minőségét is jelentősen befolyásolja. Vízhiány esetén üregeggé, apadtta válik a dinnye. (Molnár, 1973).

Jó vízgazdálkodású talajokon a dinnye fejlődésének első időszakában ritkán tapasztalunk vízhiányt. Ekkor a gyorsan fejlődő gyökérzet újabb és újabb talajrétegekhez jut, ahonnan fel tudja venni a tárolt vízkészletet.

A rendszeres öntözés igénye általában akkor kezdődik, amikor ez a vízkészlet elfogyott.

A dinnye vízigényét a 40. ábrán mutatjuk be.

A dinnye maximális öntözési igénye: 6-13 l/nap/növény. Vegetáció alatti vízfelhasználása: 0,4-0,7 m<sup>3</sup>/év/növény.



40. ábra. Dinnyeállományok vízfogyasztása

### 5.2.2. Burgonya

A világ népelemezésében az egyik legelterjedtebb növény. Nagyrészt a hűvösebb klímában termesztjük öntözés nélkül, de egyes fajtái öntözött körülmények között jól teremnek a Közép-Keleten, Dél-Ázsiában és a mediterrán klímában is (41. ábra).

Valójában nem klasszikus kertészeti növény, hanem a szántóföldi ágazatba tartozik, de a korai változata a palántázáshoz hasonló műveleteket igényel, amelynek jogán a kertészek szívesen sorolják a szabadföldön termesztett növényeik közé.



41. ábra

### ***A burgonya vízigénye***

A burgonya vízigényét több tényező befolyásolhatja. A legfontosabbak az éghajlat, a talaj víztartó képessége, a fajta tenyészideje. A korai fajták tenyészideje 90-120 nap, közepes érésűeké 120-150 nap, a késői érésűeké 150-180 nap.

Öntözött körülmények között a burgonyát ikersoros művelési módban célszerű termesztetni.

A burgonya érzékeny a túlóntözésre. A pangó talajvizet nem tűri, és ha nagy a páratartalom, a betegségek is hamarabb kárt tesznek benne.

A csepegtető öntözés ilyen vonatkozásban is hasznos lehet.

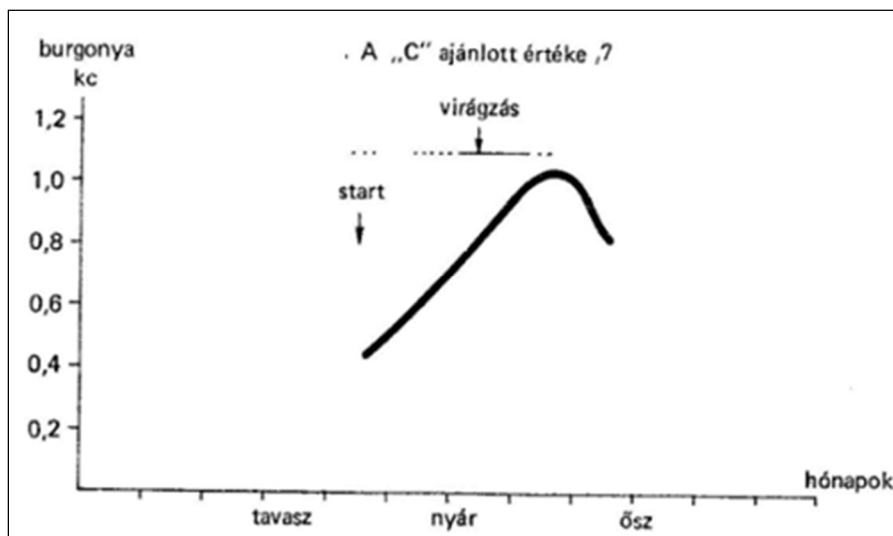
Az optimális vízellátás szempontjából legfontosabb az intenzív hajtásnövekedés és a virágzás időszaka. Ekkor dől el, mennyi lesz a földalatti gumók száma. Ekkor a leghatékonyabb az öntözés. Természetesen ezután is fontos a vízpótlás, hiszen ez határozza meg, milyen nagyok lesznek a gumók és mennyi lesz végül a termés.

Az érés előtt csak ritkán kell öntözni. A túlóntözéssel ugyan jelentősen nő a termés, de a gumók nem lesznek tárolhatóak.

A burgonya vízszükségletét a 42. ábrán mutatjuk be. A burgonya maximális vízszükséglete 0,8-2 l/nap/növény. Az átlagos évi vízfogyasztás 0,1-0,15 m<sup>3</sup>/év/növény.

#### **Az öntözés hatása**

Hazánkban az öntözés csak a szárazabb klímában indokolt, ahol 20-3 %-kal nő a termés mennyisége az öntözés hatására.



42. ábra. Burgonyaállományok vízfogyasztása

#### **5.2.3. A kalászosok (őszi búza) öntözése**

A rövid tenésziidejű és általában szárazságtűrő kalászosok közepes terméséhez az átlagos csapadékú években Magyarországon elegendő csapadék áll rendelkezésre. A búzatermesztés egyik alternatív fejlesztési lehetősége a megfelelő időben, megfelelő módon és szükséges mennyiségben végzett mesterséges vízkiegészítés.

A búzát tekintve hazánk a feltételesen öntözhető területek zónájába tartozik. Vannak olyan évjáratok, amikor a természetes csapadék még a jelenleg köztermesztésben lévőknél igényesebb fajták vízigényét is fedezi. Időnként még olyan esetekre is fel kell készülni, amikor a lehullott csapadék önmagában is soknak bizonyul. Az átlagosnál lényegesen több május-júniusi csapadék és az esetleges nagyobb vízádaggal végzett öntözés kölcsönhatása pedig a legkülönbözőbb gombás megbetegedések gyors felszaporodása következtében

termésdepressziót is okozhat. Az átlagosnál szárazabb vagy kifejezetten aszályos években viszont a búza öntözésének jövedelmezősége vetekedhet a mezőgazdaság bármilyen más, gazdaságosnak ítélt rövid lejáratú ráfordításával (43. ábra).



43. ábra

A vízellátás szempontjából a kritikus időszakok a következők:

- a szárba szökés és
- a virágzás.

A szárbainduló búza zavartalan vízellátást igényel, ugyanis e fázisban – amely mintegy 30 napig tart – termeli a legtöbb szárazanyagot, az összes szárazanyag közel 50%-át. A kedvezőtlen vízellátás – abban az esetben, ha ősszel és télen kevés csapadék hullott, a tavasz száraz és meleg – zavarja a növény fejlődését.

Kísérletek szerint, ha ebben a fejlődési szakaszában éri aszály, a termés a felére csökken. A vegetatív szervek kisebbek lesznek, csökken az asszimilációs tevékenység is, ami a kalászkák virágszerveinek fejletlenségét vonja maga után. Április közepétől május végéig indokolt biztosítani a talaj optimális nedvességtartalmát, mert a növény vízigénye ekkor szorosan megközelíti az evapotranszpirációs értéket, azaz, ebben a mintegy 6 hetes időszakban a 150-160 mm-t. Minél mélyebb rétegű, jobb vízgazdálkodású a talaj, minél bőségesebb a természetes csapadék, annál kevésbé van szükség az öntözésre.

A másik kritikus időszak a kalászolás és virágzás időszaka, amely aránylag rövid ideig tart. A magas hőmérsékletre és a rossz vízellátás hatására bekövetkező virágszervek részleges elhalása miatt hiányos lesz a megtermékenyülés, a termés jelentős mértékben csökken. Ha az



ősz és tél csapadékos volt, a tavasz pedig nem túlságosan száraz, a talajban tárolódott nedvesség mély termőrétegű talajon öntözés nélkül is kielégíti e kettős szakasz megfelelő vízigényét. Csapadékszegény évben, valamint sekély termőrétegű talajokon fontos és hatásos a kritikus időszakot megelőző vagy a kritikus időszakban végzett öntözés.

A jelenleg termesztett fajták csapadékosabb évjáratokban a szemtermést is csökkentő mértékben fertőződhetnek lisztharmattal, fuzáriumokkal, levél- és szárrozsákkal, *Ophiobolusszal*, *Cercosporéllával*, *Septoriával* és más kórokozókkal. Az öntözés hatásaként a párás állományklímák mindezeknek a betegségeknek kedveznek, és gyors elszaporodásukat eredményezhetik. Egyes csapadékos években súlyos terméseszkücsökkenés mutatkozhat, amelynek hatására a napok alatt bekövetkező, példátlan ütemű kényszerérés nyomán beálló ezerszemtömeg-csökkenés a termés kiesés okozója. Rendes körülmények között azonban az öntözés jelentősen emeli az egyedi produktivitást és a fajták ezerszemtömegét.

#### **5.2.4. A kukorica öntözése**

A kukorica öntözéses termesztése nemcsak célszerű, de igen gazdaságos is. Ezért is az egyik legkiterjedtebben termesztett növény gazdaságaink öntözött területein. Hazánkban – az utóbbi években – az öntözött kukorica vetésterülete növekszik, egyrészt a hibrid kukorica nagyobb biológiai termőképessége, másrészt az intenzívebb termesztési feltételek biztosítása következtében (44. ábra).

A kukorica bojtos gyökérzete általában sekélyen gyökerező. Nem véletlen, hogy a régi szakkönyvekben „istállótrágyázott kapásnövényként” emlegették, azaz olyan növényként, amely igényelte az optimális körülményeket. Ezen a tényen a nagyobb vitalitással rendelkező hibridek hoztak bizonyos változást, de a faji jelleg változatlan maradt. A kukorica gyökérzetének zöme a talaj felső, művelt rétegében helyezkedik el, onnan veszi fel tápanyagainak zömét, és ezért az öntözéssel ezt a réteget folyamatosan nyirkosan kell tartani.



44. ábra

A kukorica gyökérzete rendkívül érzékeny az anaerob, levegőtlen körülményekre. Csak rövid ideig tartó túlóntözés hatására is gyorsan felvörösödnek az alsó levelek. E hibát nitráttartalmú műtrágya azonnali adagolásával lehet ellensúlyozni, mert a levegőtlen talajkörülmények között redukációs folyamatok alakulnak ki a talajban, amelyek hatására nemcsak nitrát-N feltáródás nincs, hanem a már meglévő nitrát is nitritté redukálódik. Öntözése szempontjából tehát óvakodnunk kell a túlóntözéstől, amelyre igen kényes.

A kukorica kritikus fejlődési periódusa a címerhányás-virágzás időszakában van. A virágzás ideje július első fele; a szemképződés időszaka mintegy augusztus elejéig tart. A kukorica fő vízfogyasztási periódusa június közepétől augusztus elejéig tart.

Az Alföldön a levegő párologtató-képességének átlagos havi értékei (PET): júniusban 140 mm, júliusban 170 mm, augusztusban 160 mm. Ennek mintegy 75-80%-a a növény reális vízigénye, ha intenzív termelését kívánjuk biztosítani, azaz június közepétől augusztus közepéig mintegy 250 mm. Ebből a talaj nedvességekészlete egyrészt képes fedezni, függően a talajszelvénytől és a talaj víztartó-képességétől. A még hiányzó részt az ebben az időszakban lehulló csapadéknak és az öntözésnek együttesen kell fedeznie.

Az Alföldön június közepétől augusztus közepéig összesen mintegy 110 mm csapadék hull, amelyből legfeljebb 80-85 mm számolható úgy, mint ami a növény részére felvehető. E fő vízfogyasztási időszak 250 mm-es igényéből levonjuk az „átlagos” 80 mm-nyi csapadékot, úgy a talajnak 170 mm-t kellene raktároznia. Ennyi a művelt felső talajrétegben nem lehet, az itt

található érték legfeljebb 100 mm-re becsülhető. Így átlagos csapadékú évben is szükséges a kukorica öntözése a nagy termés eléréséhez. Szükséges öntözni a kukoricát aszályos évben, vagy – különösen – gyengébb vízgazdálkodású talajokon. Egészen ritka és kivételes az olyan esztendő, amikor a kukoricát tenyészidejének legalább valamelyik szakaszában ne kellene öntözni.

Az öntözési módok közül az esőszerű öntözés a leginkább elterjedt; ennek megvalósítása bizonyos termelési kötöttségeket igényel. A hagyományos, merev, gyorskapcsolós csövekkel végrehajtott öntözés esetén azokat a már magasra nőtt kukoricában is tovább kell telepíteni. Ebben az esetben az a módszer vált be a legjobban, ha a kukoricasorok iránya merőleges az egyes szárnyvezeteki állásokra, mert akkor az egyes csöveket az új állásba történő továbbtelepítéshez a kukorica sorában lehet továbbvinni. A szórófejek minden esetben magasított lábra telepítendőek.

A vetőmagtermesztésnél az igen magas költségek megtérülését szintén az öntözés szolgáltatja. Itt is az esőszerű öntözés a leginkább használható. Kelesztéshez szükség esetén 10-20 mm-t, később 30-40 mm vizet adjunk ki egyszerre! Az öntözőkapacitást úgy kell tervezni, hogy szükség esetén 10 naponként újra tudjunk öntözni, a megfelelő adagokkal. Különösen ügyelni kell arra, hogy virágzás előtt és alatt kellően nedves legyen a talaj felső 20-40 cm-es rétege.

A várható terméstopplett sok tényezőtől függ, de a megtérülés biztosan várható, mivel öntözéssel jó terméssbiztonság érhető el.

### **5.2.5. A cukorrépa öntözése**

A cukorrépa a csapadék mennyisége és eloszlása iránt is igényes növény, igényli és meg is hálálja az öntözést. Répatest-hozama csak akkor megfelelő mennyiségű és minőségű, ha a nedvességellátás folyamatos. Ezt pedig a legtöbb hazai termőtájon megfelelő technológiával ki is lehet elégíteni (45. ábra).

Igényli az öntözéses termesztést a cukoripar is, amely érthetően függetleníteni kívánja amúgy is kampány jellegű munkáját az évjáratok anomáliákból levezethető

termésingadozásoktól. Ezt a célt pedig az öntözéses termelés nagyfokú termésbiztonsága jó hatásfokkal garantálni is tudja.



45. ábra

A mai korszerű nemesítés eredményeként előállított fajták nagy termőképességűek. Különös gonddal kell figyelni a cercosporával (*Cercospora beticola*) szembeni ellenálló-képességükre. Ez általános igény, de az öntözött területeken, azok párásabb mikroklímája miatt különösen fontos. Ma már a legtöbb fajtánk rendelkezik a szükséges mértékű rezisztenciával.

A cukorrépa hasznosításra kerülő része a gyökér. Az öntözéssel, annak tudatos irányításával kell elősegítenünk az optimális gyökérfejlődést. Ez azt jelenti, hogy bőséges vagy megfelelő talajnedvességet biztosító időjárás esetén nem kezdjük el korán a répa öntözését abból a célból, hogy a növény alakítsa ki erős, edzett gyökérzetét, amely majd képes lesz a későbbi öntözővizet jobban, eredményesebben hasznosítani. Ugyanakkor azonban száraz tavasz esetén már korán meg kell kezdeni a mesterséges vízpótlást, mert a répa „talpasodását”, elágazó, szabálytalan fejlődését másképpen nem tudjuk elkerülni.

A répa fejlődésének első felében végrehajtott öntözésénél különös gonddal kell ügyelni arra, hogy az egyszeri öntözés vízádagját mértéktartóan határozzuk meg. A répa a talaj levegőtlenségére érzékenyen reagál, és különösen fiatal korban ez növeli a különböző gyökérbetegségek kockázatának a lehetőségét. Az öntözés költsége mindenkor olcsóbb, ha ritkán, de nagyobb adagokban öntözünk, hiszen az öntözési állások kiépítésének költsége így fajlagosan kedvezőbb. A cukorrépa öntözésénél azonban ezt a gazdaságossági elgondolást nem

szabad alkalmazni, mert a termelésre gyakorolt negatív hatása nagyobb, mint az öntözés önköltségének javulása nyomán elért költségcsökkenés.

Ha öntözést azt a növény biológiai igényének megfelelő időben és mértékben hajtjuk végre, úgy nem kell minőségromlással számolnunk.

Száraz ősz esetén, a viszonylag korán abbahagyott öntözés után (a növény kényszerérése következik be), ha ismét öntözünk, a répa „meghizlalható”. Ekkor a növény az öntözés hatására újra visszanyeri aktivitását. Az ilyen időpontban felszedett répa megfelelően nyomja ugyan a mérleget, de ez a gyárnak – a gyengébb minőség miatt – nem előnyös. A minőség kérdése tehát nem az öntözés, hanem az abból eredő szakszerű végrehajtásának a függvénye.

A cukorrépa közismerten nagy vízigényű növény. A nyári hónapokban, amikor intenzíven transzspirál, naponta 6-7 mm-t is képes elpárologtatni. Nincs olyan – még bő csapadékú – év sem, amikor a répa kisebb vagy nagyobb vízadaggal történő öntözésére ne lenne szükség.

Cukorrépat, kimondottan igényes növény lévén, rossz talajadottságok között, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajon eleve ne is termeljünk! Normál évben, jó vízgazdálkodási adottságokkal rendelkező talajon a téli-tavaszi csapadék elegendő nem csak az egyenletes kelés, hanem az erőteljes kezdeti fejlődése biztosítására is. Előfordul azonban, hogy száraz a tavasz, és így a szelek kiszárítják a vetés-kelés fenofázisában a sekély talajréteget. Ilyenkor a kisadagú, esetleg megismételt öntözés biztosítani tudja az egyenletes, hiánymentes kelést. Márpedig a jó mennyiségi és minőségi paraméterekkel rendelkező gyökértermésnek a kifogástalan növényállomány, a beállottság az előfeltétele.

Átlagos évben, június végén, de még inkább július közepén jelentkezik csak az első öntözés szükségessége. Addig a növényzet transzspirációja kisebb, illetve a téli-tavaszi csapadékok hatására rendszerint a talajnedvesség is biztosított.

Július-augusztus (és bizonyos mértékig még szeptember eleje is) a cukorrépa fő vízfogyasztási időszaka. Ekkor folyamatosan gondoskodnunk kell a felső 30-40 mm-es talajréteg nyirkosan tartásáról. Ez ismételt öntözést jelent, a mindenkori nyári csapadékok függvényében.

Az utolsó öntözést úgy kell irányítani, hogy az augusztus 20-a tájára, esetleg augusztus végére jusson. Az ezzel az öntözéssel feltöltött talajnedvesség már elegendő a répának a

szedésig. A megkésett utolsó öntözés minőségromláshoz vezethet. A kisedést megelőző három héten belül a répát nem szabad öntözni.

A cukorrépa öntözését nem szabad egyszerűen a norma vagy egyéb előírás alapján elvégezni. Minden egyes termőterületen, minden évben egyedileg kell az öntözővíz-adagokat meghatározni. A cél a talaj folyamatosan nyirkosan tartásához szükséges nedvesség biztosítása. Réti, réti csernozjom talajon 30-50 mm-nél, csernozjom és öntéstalajon 40-60 mm-nél nagyobb vízádagot egyszerre nem célszerű a cukorrépatáblára kiadni. Az ilyen vízmennyiség alkalmazása is csak akkor jár haszonnal, ha egyenletes az elosztás, és az első, valamint az utolsó öntözés víznormája nem haladja meg a 30-40 mm-t.

A cukorrépa igényes növény, s ugyanakkor nagy termelési értékkel is bír. Indokolt tehát, hogy termelésének minden tényezőjét, beleértve az öntözést is, a leg gondosabban hajtjuk végre

**MEZŐGAZDASÁGI ÉS IPARI HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSÁNAK JOGI  
SZABÁLYOZÁSA, KIEMELTEN AZ EU ÁLTAL TÁMOGATOTT KÖRFORGÁSOS  
GAZDÁLKODÁSRA.**

**KÜLÖNBÖZŐ HULLADÉKOK GYŰJTÉSE ÉS HASZNOSÍTÁSA  
TÁPELEMENKÉNTI VISSZAPÓTLÁS CÉLJÁBÓL**

**Készült a Széchenyi István Egyetem megbízásából**

**Készítette: dr. Hornyák Margit**  
okl. vegyészmérnök  
hulladékgazdálkodási szakértő  
címzetes egyetemi docens

**Mosonmagyaróvár**

**2021**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1.</b>	<b>Mezőgazdasági és ipari hulladékok hasznosításának jogi szabályozása, kiemelten az EU által támogatott körforgásos gazdálkodás biztosítására...</b>	<b>136</b>
1.1.	Bevezetés .....	136
1.2.	A fenntarthatóságot szolgáló környezetpolitika az Európai Unióban .....	136
1.3.	A körforgásos gazdaságról röviden .....	139
1.4.	A hulladékkal, mint erőforrással kapcsolatos jogi szabályozás .....	142
1.5.	Hazai helyzetkép .....	145
<b>2.</b>	<b>Különböző hulladékok gyűjtése és hasznosítása tápelemként történő visszapótlás céljából .....</b>	<b>149</b>
2.1.	Ipari hulladékok mezőgazdasági hasznosítása .....	149
2.2.	Hulladék hasznosításához szükséges engedélyek .....	149
2.2.1.	Hulladékgazdálkodási engedély .....	149
2.2.2.	Forgalomba hozatali és felhasználási engedély.....	152
2.2.3.	Egyéb engedélyek.....	154
2.3.	Esszenciális mikroelemek jelentősége .....	157
2.4.	Nagy tisztaságú technológiai hulladékok hasznosítása a nyomelem-pótlásban...	161
2.5.	A C-komplex termékcsalád .....	162
<b>3.</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>166</b>



## **1. Mezőgazdasági és ipari hulladékok hasznosításának jogi szabályozása, kiemelten az EU által támogatott körforgásos gazdálkodás biztosítására**

### **1.1. Bevezetés**

Ma már mindannyiunk által megtapasztalt globális kihívás az éghajlatváltozás, amit a vele összefüggésben fellépő természeti katasztrófák: sorra megdőlő melegrekordok, erdőtüzek, villámárvizek, hurrikánok, jégverés és más extrém időjárási viszonyok előfordulásának gyakoribbá válása jelez. A klímaváltozás legfőbb okát a kutatók a termelés és a fogyasztás jelenlegi módjának fenntarthatatlanságában, a természeti erőforrások túlzott kitermelésében és feldolgozásában és az üvegházhatású gázok nagymértékű kibocsátásában látják, vagyis röviden és szemléletesen kifejezve abban, hogy Földünk csak egy van, de 2050-re a világ úgy fogyaszt majd, mintha három lenne. Egy OECD jelentés<sup>1</sup> szerint a biomassa, a fosszilis tüzelőanyagok, a fémek és az ásványi anyagok globális fogyasztása a következő negyven évben várhatóan megkétszereződik, míg az éves hulladékképződés az előrejelzések szerint 2050-re 70%-kal növekszik.

### **1.2. A fenntarthatóságot szolgáló környezetpolitika az Európai Unióban**

A riasztó adatok hatására az EU vezetői – mind a 27 tagállam elköteleződése mellett – 2020 decemberében azt vállalták, hogy a kontinens egészén 2050-re megvalósítják a klímasemlegességet, és 2030-ig legalább 55%-kal csökkentik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását az 1990-es szinthez képest.<sup>2</sup> Ennek gyakorlati megvalósításához az éghajlatsemleges, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdaság érdekében az Európai Unió az éghajlat-, energia-, közlekedési- és adópolitikáinak átalakítását is magában foglaló új gazdasági és társadalmi modellre épülő stratégiát alkotott, amit az ún. **európai zöld megállapodásban** (European Green Deal) vázolt fel.

---

<sup>1</sup> OECD (2018), Global Material Resources Outlook to 2060

<sup>2</sup> [A European Green Deal | European Commission \(europa.eu\)](#)

Az európai zöld megállapodásban összehangolt stratégiák egyike, egyúttal Európa fenntartható növekedésének új menetrendje az Európai Bizottság által 2020 márciusában elfogadott, a **körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv**<sup>3</sup> (new Circular Economy Action Plan – röviden CEAP). A körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv [a](#) klímasemlegesség 2050-ig történő megvalósításához olyan gazdasági növekedéssel tervez hozzájárulni, amely növeli az erőforrás-felhasználás hatékonyságát, csökkenti a nyersanyagfogyasztást és megduplázza a körforgásban felhasznált anyagok arányát, részben a hulladékból a lehető legnagyobb mértékben kinyert kiváló minőségű (másod) nyersanyaggal.

Az EU környezetpolitikájában az új cselekvési terv nem előzmények nélküli, sokkal inkább egy hosszabb folyamat eredménye, ami az ENSZ által létrehozott Brundtland Bizottság 1987-ben megjelent "Közös jövőnk" című jelentésének megjelenésétől eredeztethető. A jelentés fő üzenete, hogy a növekedés hajszolása a földi bioszféra összeomlásához vezet, ezért a gazdaság fejlődését fenntartható módon nem mennyiségi, sokkal inkább minőségi növekedésként kell definiálni. Ez az elmélet jelentős hatást gyakorolt a gazdaságra például azzal, hogy környezetbarát fogyasztási szokások és tiszta technológiák elterjesztését, a megújuló erőforrások jelentőségének a felértékelését segítette.

A fenntartható megoldásokra történő átállásban az Európai Közösség már a 6. környezetvédelmi cselekvési programban<sup>4</sup> fontos prioritásokat emelt ki, így – többek között – a természeti erőforrásokkal és a hulladékkal való fenntartható gazdálkodás kérdéseinek előtérbe helyezését. Ezt a politikai szándékot tovább erősítette a 2012-2020 közötti időszakra vonatkozó 7. környezetvédelmi cselekvési program,<sup>5</sup> amely nem kisebb célokat tűzött ki, mint azt, hogy 2020-ig intelligens, fenntartható és inkluzív növekedési pályára állítja az EU gazdaságát, és különböző politikai eszközök és fellépések révén elmozdul az alacsony szén-dioxid-kibocsátás és az erőforrás-hatékonyság irányába, illetve az EU arra törekszik, hogy teljes mértékben szétválassza egymástól a gazdasági növekedést és a környezetkárosítást. A cselekvési programban az EU politikai kötelezettséget vállalt arra, hogy csökkenti a hulladékképződést, a

---

<sup>3</sup> [EUR-Lex - 52020DC0098 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

<sup>4</sup> OJ L242, 10.9.2002

<sup>5</sup> OJ L354, 28.12.2013

hulladékot úgy dolgozza fel, hogy az fontos és megbízható nyersanyagforrást jelentsen az Unió számára, kizárólag újra fel nem dolgozható anyagokból nyer ki energiát, és gyakorlatilag megszünteti a hulladéklerakók használatát.

Fontos dokumentuma az EU környezeti stratégiáinak az Európai Bizottság által 2014 szeptemberében kiadott, Úton a körkörös gazdaság felé: „zéró hulladék” program Európa számára c. közlemény,<sup>6</sup> dacára annak, hogy a javaslatot később, az európai parlamenti választásokat követően felállt, új összetételű Európai Bizottság visszavonta. A közlemény <sup>kiemeli</sup> – többek között – az EU kutatási és innovációs keretprogramja (Horizont 2020) keretében is támogatott tervezés és innováció jelentőségét, az erőforrás-hatékonysági célértékek és a hulladékgazdálkodási célkitűzések megújítását, a tagállamok hulladék-megelőzési programjai létrehozásának szükségességét. Külön kitér a hulladékokkal kapcsolatos egyedi kihívások kezelésére, különösen a tengereken képződő hulladék, az építési-bontási hulladék, a műanyag hulladék, az élelmiszerhulladék és a veszélyes hulladék kezelése terén, továbbá a kritikus nyersanyagok újrafeldolgozásával kapcsolatban.

2015-ben az Európai Bizottság az egy évvel korábbinál újabb, átfogóbb javaslatcsomagot terjesztett elő. A csomag két fő részből áll: „Az anyagkörforgás megvalósítása – a körforgásos gazdaságra vonatkozó uniós cselekvési terv” című közleményből,<sup>7</sup> valamint a jogszabály-módosítási javaslatokból. A felvázolt intézkedések a termékek teljes életciklusára irányulnak, szemben a korábbi hulladék életciklusra fókuszáló szakasszal. A közlemény melléklete az életciklus egyes szakaszaihoz hozzárendelve, határidőket is megjelölve sorolja fel a feladatokat. A jogszabálycsomag a tagállamok számára új, kötelezően elérendő célértékeket ír elő az újrafeldolgozás arányának a növelése, és ezzel párhuzamosan a hulladéklerakás arányának a csökkentése érdekében. A bizottsági közlemény alapján, elsők között a hulladék-keretirányelv, a hulladéklerakókról szóló irányelv, valamint a kiterjesztett gyártói felelősség alkalmazásán alapuló, a csomagolási hulladékokra, a hulladékká vált gépjárművekre, az elektromos és

---

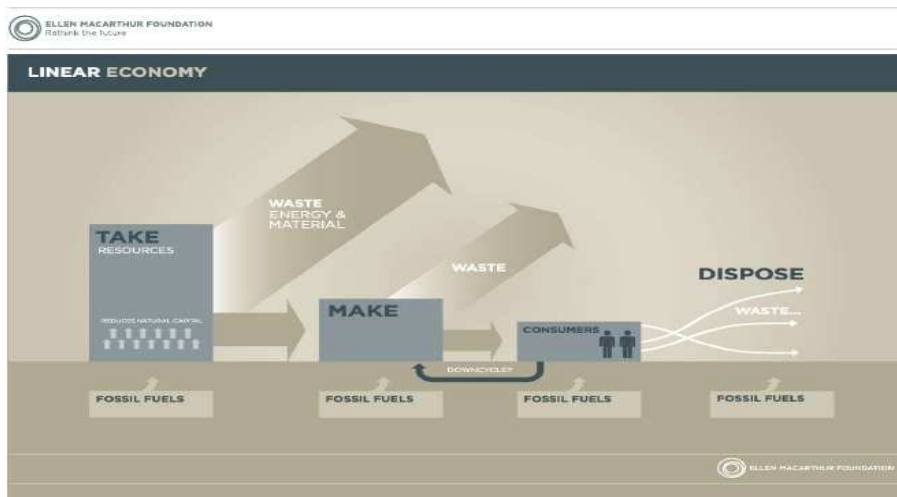
<sup>6</sup> COM (2014) 398 final

<sup>7</sup> [EUR-Lex - 52015DC0614 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

elektronikai hulladékokra, illetve a hulladékká vált elemekre és akkumulátorokra vonatkozó irányelvek módosítására kerül sor.

### 1.3. A körforgásos gazdaságról röviden

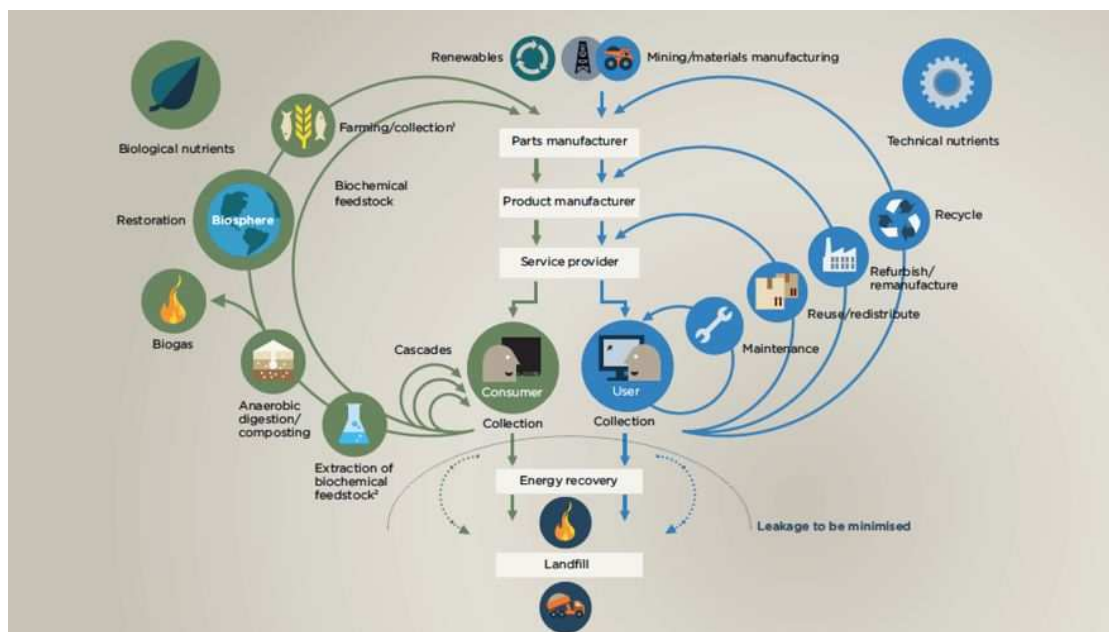
Az ipari forradalom óta gazdaságainkban az 1. ábrán látható „kinyer–legyárt–fogyaszt–ártalmatlanít” növekedési minta alakult ki. Ez egy **lineáris modell**,<sup>8</sup> amit a gyakorlatban sajnos még napjainkban is általánosan alkalmaznak. Lényege, hogy az egyes erőforrásokat a természetből kitermeljük, feldolgozzuk, majd felhasználás után – többnyire összekeverve – ártalmatlanítjuk. Úgy viselkedünk, mintha az erőforrások bőségesen rendelkezésre állnának, könnyen beszerezhetőek és a képződő hulladék olcsón ártalmatlanítható lenne. Ez azonban egyre kevésbé van így, és egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy a lineáris vagy egy-utas minta gátja az erőforrások hatékonyabb felhasználásának, ezzel együtt a gazdasági versenyképesség növelésének. Ez a modell kimeríti a nem megújuló természeti erőforrásokat, a másik oldalon pedig hatalmas hulladékkezelési költségeket okoz, ezért tarthatatlan, ahogy azt az Ellen MacArthur Alapítvány által 2012-ben és 2013-ban készített, “A körforgásos gazdaság irányába” című, két jelentés főbb megállapításai is tartalmazzák.



1. ábra  
A lineáris gazdaság működési modellje  
Forrás: *Ellen MacArthur Foundation*

<sup>8</sup> [Circular economy diagram \(ellenmacarthurfoundation.org\)](http://ellenmacarthurfoundation.org)

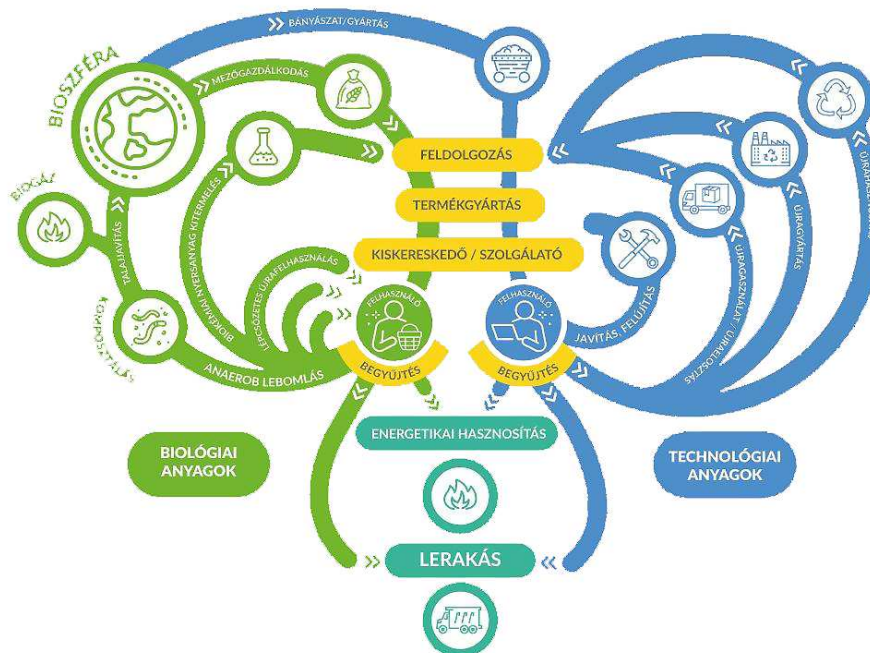
Ezzel szemben a **körforgásos gazdaságban** az anyagcsere-folyamatok tervezetten, zárt körben zajlanak, a hulladék csaknem 100%-osan hasznosul és a biológiai, illetve technológiai anyagáramok keveredés és minőségi veszteség nélkül visszakerülnek a biológiai és gazdasági körfolyamatokba. Vagyis a körforgásos gazdasági rendszerek a lehető legtovább megőrzik a termékek hozzáadott értékét, és lehetőség szerint megszüntetik a hulladék képződését. Ennek a működési modellnek a „pillangóábrája” látható a következő ábrán.



**2. ábra**

**A körforgásos gazdaság működési modellje**

*Forrás: Ellen MacArthur Foundation*



*Forrás: Zöldgazdaság 2021 KSZGYSZ*

A körforgásos gazdaságban a gazdasági egyensúly az energia-intenzív anyagokról és a nyersanyagok elsődleges kitermeléséről áthelyeződik úgy, hogy technológiai oldalról az újrahasználat, a felújítás, az újragyártás vagy az újrafeldolgozás, míg biológiai oldalról az anaerob lebontás, a komposztálás és a lépcsőzetes felhasználás kerül előtérbe. Amikor egy termék eléri az életciklusának végét, a körforgásos gazdasági rendszerek a gazdaságon belül tartják az erőforrásokat, hogy azokat újra és újra produktívan fel lehessen használni. A körforgásos gazdaság az 'end-of-life' (hasznos élettartam vége) koncepciót a helyreállítással váltja fel, a megújuló energiák felhasználását ösztönzi, a mérgező vegyszerek használatát megszünteti, mert azokat nem lehet hasznosítani vagy a bioszférába biztonságosan visszaengedni, és a hulladékot az anyagok, termékek és az üzleti modellek tervezésével kívánja megszüntetni. Ez a korábbi rendszer teljes megváltoztatását jelenti. Innováció szükséges nemcsak a technológiák, hanem a szervezés, a társadalom, a finanszírozási módszerek és a szabályozás terén is. Kétségtelen ugyanakkor, hogy a linearitás egyes elemei még egy szinte teljes mértékben körforgásos gazdaságban is megmaradnak, mivel szükség van új erőforrások bevonására, és sajnos keletkeznek nem hasznosítható hulladékok is.

#### 1.4. A hulladékkal, mint erőforrással kapcsolatos jogi szabályozás

A körforgásos gazdasággal kapcsolatos politikai szándékok gyakorlati megvalósításához a hulladékokra vonatkozó jogszabályok felülvizsgálatára, egyszerűsítésére és hatékonyabb alkalmazására, végrehajtására van szükség.

A hulladékok kezelésének legszélesebb jogi kerete jelenleg az EU-ban a hulladékokról (és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről) szóló 2008/98/EK irányelv,<sup>9</sup> röviden HKI, amely számos formai és lényeges tartalmi változtatást jelent a korábbi keretirányelvekhez képest. Továbbra is megmaradt a hulladéktulajdonos/birtokos szándékát figyelembe vevő hulladékfogalom („hulladék: olyan anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles”) és az egyes hulladékfajták, hulladéktípusok alapvetően eredet szerinti listázása a hulladékjegyzékben, emellett azonban új fogalmak és új jogintézmények születtek azzal a nyilvánvaló jogalkotói szándékkal, hogy ösztönözzék és megkönnyítsék a hulladékhasznosítást, az anyagnak a lehető leghosszabb ideig történő körforgásban tartását. E célt szolgáló két új fogalom: a melléktermék (By-products), illetve a hulladékstátusz vége (End-of-Waste, röviden EoW). Bevezetésükkel és a vonatkozó általános feltételek meghatározásával lehetővé vált, hogy azok az anyagok és tárgyak, amelyek egy másik termelési folyamatban közvetlenül vagy (hulladék)kezelést követően felhasználhatók, és a felhasználás valóban meg is történik, mentesüljenek a hulladékokra vonatkozó szigorúbb adminisztrációs kötelezettségek, az engedélyezés, ellenőrzés, stb. terhei alól.

A **melléktermékre** vonatkozóan a HKI 5. cikke rendelkezik. Ez alapján – az irányelvben meghatározott feltételek között – nem tekintendők hulladéknak azok az „anyagok vagy tárgyak, amelyek olyan előállítási folyamat során keletkeznek, amelynek elsődleges célja nem ezen anyagok vagy tárgyak előállítása”. A termelés nem elsődleges céljaként egy technológiában szükségképpen létrejövő anyag vagy tárgy tehát mellékterméknek minősül, és kikerül a hulladékkal kapcsolatos jogszabályok hatálya alól, amennyiben

- valamely előállítási folyamat szerves részeként állítják elő,

---

<sup>9</sup> [EUR-Lex - 32008L0098 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

- a szokásos ipari gyakorlattól eltérő feldolgozás nélkül, közvetlenül felhasználható,
- biztosított a további felhasználása (piacképes),
- a környezetet és az emberi egészséget nem veszélyezteti,
- további használata jogszerű, azaz megfelel az adott termékre, valamint a környezet és az egészség védelmére vonatkozó összes követelménynek, jogszabályi előírásnak.

A mezőgazdaságban klasszikus példái a mellékterméknek a növények betakarításakor vagy azt követően elkülönített növényi részek (kukoricaszár, gabonaszalma, napraforgó tányér, zöldborsószár, emberi fogyasztásra alkalmatlan zöldség-gyümölcs, stb.) vagy az eladásra alkalmatlanná vált termés. De mellékterméknek minősülhet az érlelt, almos istállótrágya vagy a szakosított állattartó telepek hígtrágyája is. Az „irányelvben meghatározott feltételek között” kitétel ez esetben azt jelenti, hogy amennyiben ezeket az anyagokat átalakítás nélkül felhasználják (pl. frissen vagy silózva takarmányozásra, közvetlenül trágyázásra, talajjavításra), akkor mellékterméknek minősülnek. Ezzel szemben hulladékként (a hulladékgazdálkodási jogszabályoknak megfelelően) kell kezelni azokat, ha a végső felhasználást megelőzően hulladékkezelő létesítménybe, pl. hulladéklerakóba vagy biogáz-üzembe kerülnek.

Az irányelv 6. cikke tartalmazza azokat a feltételeket, amelyek teljesülése esetén **megszűnik a hulladékstátusz**, vagyis az anyag vagy tárgy többé már nem tekinthető hulladéknak, a feldolgozással elhagyhatja a hulladékkört és így ismét terméké válhat. Előfeltétel, hogy a korábbi hulladék valamely hasznosítási műveleten (pl. újrafeldolgozáson) essen át, továbbá feleljen meg az alábbi általános kritériumoknak:

- adott rendeltetéssel általánosan használják,
- piacképes, illetve van rá kereslet,
- megfelel az adott felhasználási célra vonatkozó műszaki követelményeknek és a termékre vonatkozó hatályos jogszabályoknak, előírásoknak,
- nem veszélyezteti a környezetet és az emberi egészséget.

Ez azt jelenti, hogy megszűnhet a korábbi mezőgazdasági hulladék hulladékstátusza, ha pl. a hulladékot biogáz-üzemben vagy komposztálóban kezelik, a szalmából cellulózt gyártanak, az elhullott állatok tetemeiből vagy vágóhídi hulladékból csont-, hús- vagy vérlisztet állítanak



elő. Itt kell megemlíteni, hogy a korábbi szabályozáshoz hasonlóan, a szükségtelen átfedések elkerülése érdekében, csak részben tartoznak a HKI hatálya alá az 1774/2002/EK rendelet<sup>10</sup> hatálya alá tartozó állati melléktermékek, hulladékká vált feldolgozott termékek és a nem vágás útján elpusztult állatok tetemei. Az elégetésre, hulladéklerakásra, valamint biogáz- vagy komposztálóüzemben történő felhasználásra szánt melléktermékekre és hulladékokra – az állategészségügyi jogszabályok mellett – a hulladéokra vonatkozó jogszabályok rendelkezéseit továbbra is alkalmazni kell.

A konkrét kritériumrendszerek meghatározása európai szinten – mind a melléktermék, mind a hulladékstátusz vége esetében – a komitológia szabályai szerint (bizottsági eljárásban) elfogadott jogszabállyal, mégpedig a minden tagállamban kötelezően alkalmazandó rendeleti formában történhet meg. Az így elfogadott jogszabály tartalmazza azokat a részletes kritériumokat, amelyek teljesítése esetén bizonyított, hogy a hulladék – a szükséges hasznosítási műveleteken átesve – elért a feldolgozottság olyan fokára, hogy a továbbiakban nem hulladéknak, hanem terméknek, más technológiák nyersanyagának tekinthető. A biológiailag lebomló hulladékokból származó minőségi komposztra és a fermentált anyagra vonatkozóan is zajlik a szakmai előkészítő munka az EoW kritériumok kidolgozására, EU rendelet azonban még nem került elfogadásra. A különböző minőségű komposztokra egyes tagállamokban már születtek jogszabályok azzal a lehetőséggel élve, hogy amennyiben uniós szinten nem állapítottak meg részletes kritériumokat, lehetősége van a tagállamoknak saját jogszabály elfogadására. Erről az Európai Bizottságot értesíteni kell. (Magyarország eddig nem élt ezzel a lehetőséggel.)

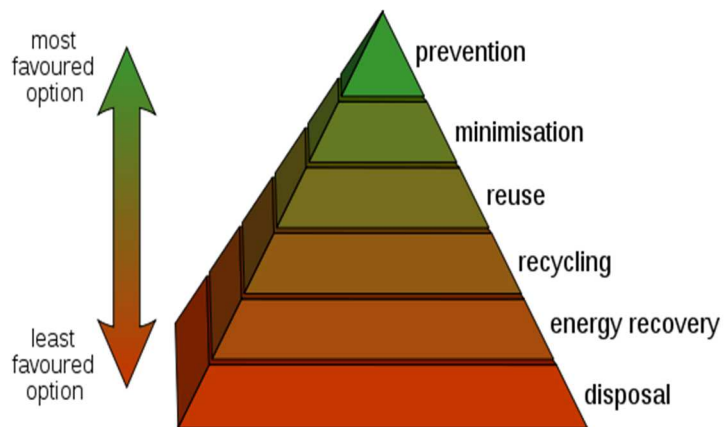
A fent ismertetett jogintézmények mellett az új HKI által bevezetett, a körforgásos gazdaság működését segítő általános rendelkezés a megelőzés, az újra-használat és a hulladék újra feldolgozásának elsőbbsége az energetikai hasznosítással és az ártalmatlanítással szemben, amit a korábbi 3 lépcsős **hulladékhierarchia** 5 lépcsőssé bővítésével értek el. Ezt mutatja be a 3. ábra.

---

<sup>10</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 1774/2002/EK rendelete (2002. október 3.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre vonatkozó egészségügyi előírások megállapításáról

A lépcsők:

1. Megelőzés (prevention)
2. Előkészítés az újra-használatra (minimisation + re-use)
3. Újrafeldolgozás (recycling)
4. Energetikai hasznosítás (recovery)
5. Ártalmatlanítás – lerakás és energiahasznosítás nélküli égetés (disposal)



**3. ábra**  
**Hulladékhierarchia: a hulladékkezelés prioritási sorrendje**

*Forrás: Wikimedia Commons<sup>11</sup>*

A HKI 4. cikke a hulladékhierarchia elsőbbségi sorrendként történő kötelező alkalmazását írja elő. Ebből következően a hulladék tulajdonosának/birtokosának és a hatóságnak egyaránt a kedvezőbb kezelési módszert kell választania, amennyiben biztosítható annak műszaki megvalósíthatósága és gazdasági életképessége. Emellett a támogatási politikáknak a kedvezőbb kezelési módot nyújtó létesítmények kiépítését kell ösztönözniük. A hierarchia alkalmazásától eltérni a legjobb általános környezeti eredmény elérése érdekében kizárólag akkor lehet, ha ezt a hulladék képződésének és kezelésének általános hatásait figyelembe vevő életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, röviden LCA) alátámasztja.

A fenti rendelkezéseket – a HKI egyéb, itt nem részletezett rendelkezéseivel együtt – a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény ültette át a magyar jogrendbe.

### 1.5. Hazai helyzetkép

A hulladékképződés megelőzését a körforgásos gazdaság valamennyi fázisára kiható prioritásként kell kezelni. A **hulladék képződésének megelőzése** érdekében bevezetett intézkedések mennyiségi és minőségi megelőzési célokat egyaránt szolgálhatnak. Mennyiségi

<sup>11</sup> [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Waste\\_hierarchy.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Waste_hierarchy.svg)

megelőzés a hulladék képződésének elkerülése és a képződő hulladék mennyiségének csökkentése, minőségi megelőzés alatt pedig a képződött hulladék környezetre, illetve emberi egészségre való veszélyességének mérséklését értjük. Minden olyan beavatkozás megelőzésnek számít, amely csökkenti a fajlagos anyagfelhasználást, növeli a termelési és szolgáltatási folyamatok hatékonyságát, csökkenti a víz- és energiafelhasználást, vagy csökkenti a képződő összes hulladék mennyiségét.

A HKI előírásainak megfelelően a tagállamoknak országuk egész területére kiterjedő hulladékgazdálkodási tervet és megelőzési programot kell készíteniük, jogszabályban elfogadniuk és végrehajtaniuk. Magyarország ennek a feltételnek első alkalommal a 2014-2020 közötti időszakra vonatkozó **Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT)**<sup>12</sup> részét képező **Országos Megelőzési Program (OMP)** elkészítésével tett eleget. **Az OMP egyik fő célja a szükségleteken alapuló, ésszerű gazdasági növekedés és a hulladékképződés által okozott környezeti hatások közötti összefüggés megszüntetése. Ennek érdekében általános célként fogalmazza meg**

- az anyagfelhasználás csökkentését, a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodás megvalósítását;
- a termékek életciklusának növelését;
- a környezetre a lehető legkisebb hatást gyakorló megoldások alkalmazását;
- a Program célkitűzéseinek beépítését a szabályozási és a többszintű ösztönző rendszerekbe.

A hulladékképződés megelőzése, illetve csökkentése többek között úgy érhető el, hogy a gyártókat olyan alapanyagok, minőségi termékek gyártására ösztönzik, amelyek biztosítják, hogy az anyag vagy termék élettartama hosszabb legyen, vagy újrahasználni, illetve javítani lehessen, és így később váljon hulladékká. Ezt a célt segíti elő a gyártó felelőségének kiterjesztése is, kiindulva abból, hogy a gazdaság jelenlegi nyílt (lineáris) rendszerének zárttá alakítása nem csak az ipar feladata. A környezeti szempontból kedvező változásokhoz a kereskedők, a szolgáltatók és nem utolsósorban a lakosság együttműködése is szükséges.

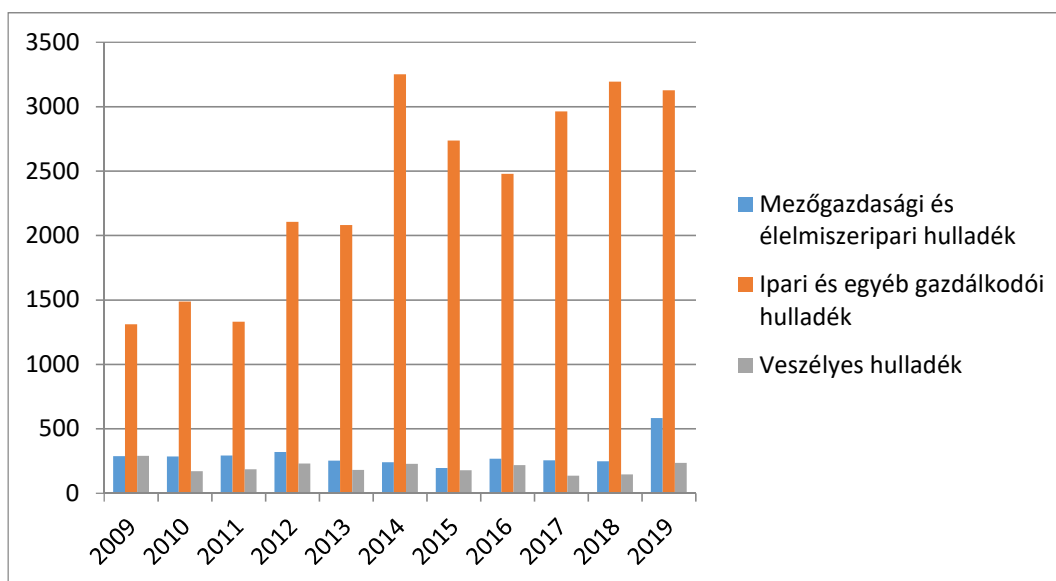
---

<sup>12</sup> [Megjelent az Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020. - szelektivinfo.hu - Hírek](http://szelektivinfo.hu)

Az Országos Megelőzési Program – a nevével ellentétben nem ad részletes menetrendet az egyes szektorokban megvalósítandó tennivalókról, ezzel szemben számos olyan példát mutat be, amelyekben technológiai változtatásokkal sikeresen csökkentették a keletkező hulladék mennyiségét.

A hulladékban lévő anyagok kinyerése és másodlagos felhasználása, vagyis az **újrafeldolgozás** kulcsfontosságú eleme a körforgásos gazdaságnak. Az újrafeldolgozás során a hulladékot annak eredeti használati céljára, vagy más célokat szolgáló terméké vagy nyersanyaggá alakítják át. Az eredményes hasznosítás előfeltétele a hulladék megfelelő, más hulladéktól elkülönített gyűjtése, valamint a hasznosító kapacitások rendelkezésre állása elsősorban itthon, esetleg külföldön.

A KSH adatai<sup>13</sup> szerint Magyarországon a 2009-2019 közötti időszakban feldolgozott, tehát anyagában hasznosított mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék, ipari és egyéb gazdálkodói hulladék, valamint veszélyes hulladék mennyiségét a 4. ábra foglalja össze.



**4. ábra**  
**Egyes hulladékkategóriák anyagában hasznosított mennyisége [ezer tonna/év]**

*Forrás: KSH*

<sup>13</sup> [15.1.1.28. Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint \(ksh.hu\)](http://15.1.1.28. Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint (ksh.hu))

(A KSH a települési és az építési-bontási hulladékot is vizsgálta, ezek mennyisége viszont a tanulmány szempontjából irreleváns.)

A fenti ábra alapján a vizsgált hulladékkategóriák esetében a jogi szabályozás hasznosított mennyiségre gyakorolt pozitív hatása elsősorban az ipari hulladéknál figyelhető meg. Annak ellenére nőtt az ipari hulladék anyagában történő hasznosítása, hogy ebben az időszakban a képződött összes mennyisége a 2009 évi 6 186 ezer t/évről 5 644 ezerre csökkent. A mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban keletkezett hulladékok, valamint a veszélyes hulladékok feldolgozott mennyisége 2009-2018 között gyakorlatilag stagnált. A mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok esetében viszont 2019-ben egy ugrás következett be: a 2009-ben feldolgozott 288 ezer t/év mennyiséghez képest több mint duplájára, 583 ezer t/év értékre nőtt az anyagában hasznosított hulladék mennyisége, miközben az összes képződött mennyiség itt is csökkent a 2009 évi 965 ezer t/évről 790 ezerre. Ez valószínűleg összefüggésben van azzal is, hogy az Európai Bizottság a tagállamok és az élelmiszer-lánc érintett szereplőinek részvételével új platformot hozott létre az élelmiszer-hulladéokra vonatkozó fenntartható fejlesztési célok elérésére, a korábbi élelmiszereknek és az élelmiszerláncból származó melléktermékeknek a takarmány-előállításban történő felhasználása megkönnyítésére anélkül, hogy az veszélyeztetné az élelmiszer- és takarmánybiztonságot.

## **2. Különböző hulladékok gyűjtése és hasznosítása tápelemként történő visszapótlás céljából**

### **2.1. Ipari hulladékok mezőgazdasági hasznosítása**

A növénytermesztésben és az állattenyésztésben képződő természetes szerves anyagok: hulladékok és melléktermékek a természeti anyagcsere folyamatok részei, a szennyezés kockázata nélkül általában biztonságosan visszavezethetők a mezőgazdaságba. Vannak azonban a mezőgazdaság számára hasznosítható olyan hulladékok is, amelyek az iparban képződnek, ezáltal a pillangóábrán (lásd 2. ábra) bemutatottaktól eltérően a technológiai anyagáramokból a biológiai körfolyamatokba kerülnek át. Felhasználásuk az élelmiszer- és takarmánybiztonság érdekében fokozott ellenőrzést igényel. A növénytermesztésben mikroelem-pótlásra felhasználható, eddig megkutatott és hasznosított hulladéktípusok egy része veszélyes hulladék, ami azt jelenti, hogy a hulladék rendelkezik a hulladékgazdálkodásról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény 1. mellékletében meghatározott veszélyességi jellemzők legalább egyikével. Akár veszélyes, akár nem veszélyes hulladékról van azonban szó, a hasznosításhoz első lépésben a hulladékgazdálkodási hatóság, bizonyos kapacitás felett a környezetvédelmi hatóság engedélye szükséges.

### **2.2. Hulladék hasznosításához szükséges engedélyek**

#### **2.2.1. Hulladékgazdálkodási engedély**

Egy hulladék feldolgozása akkor kezdhető meg, ha a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet 9. § szerinti tartalmi követelményeknek megfelelően benyújtott kérelem alapján a hulladékgazdálkodási hatóság által kiadott engedély jogerőssé válik. A kérelmet a hulladékgazdálkodási hatóság kijelöléséről szóló 124/2021. (III. 12.) Korm. rendelet alapján a megyei kormányhivatalnál, mint területi hulladékgazdálkodási hatóságnál kell előterjeszteni. (A területi hulladékgazdálkodási hatóság illetékessége a székhelye szerinti megyére terjed ki azzal az eltéréssel, hogy a Pest Megyei Kormányhivatal illetékessége Pest megyére és Budapest főváros területére terjed ki.)

Az engedély iránti kérelemnek az alábbiakat kell tartalmaznia:

- a kérelmező neve, székhelye, telephelye, valamint statisztikai azonosító adatai (KÜJ-, KTJ kód, KSH-statisztikai számjel, cégjegyzékszám, adószám), egyéni vállalkozó esetén a vállalkozói igazolvány száma;
- a tervezett hulladékgazdálkodási tevékenység és kezelési művelet megnevezése, a kezelési műveletnél alkalmazandó módszerek, kezelési technológia részletes leírása;
- a hulladék fajtája, típusa, jellege, összetétele, valamint a kezelni tervezett, tonnában kifejezett éves hulladékmennyisége típusonként az adott kezelési művelet megjelölésével;
- a tervezett kezelési művelettel érintett terület megnevezése;
- az alkalmazni kívánt kezelési technológia, a kezelési művelet elvégzéséhez szükséges személyi, tárgyi és közegészségügyi feltételek, továbbá az eszközök, a berendezések és a járművek műszaki jellemzői, azok állapota, minősége és felszereltsége;
- a tervezett kezelési művelettel érintett hulladékgazdálkodási létesítmény, telephely címe, helyrajzi száma, műszaki és környezetvédelmi jellemzői, állapota, minősége, felszereltsége, kapacitása (megjelölve a hulladéktároló hely tárolási kapacitását), a telepengedély száma, ha a kérelmező a kezeléshez használni kívánt eszközöket, berendezéseket, járműveket bérlő vagy lízingeli, akkor e jogviszony igazolása;
- a kezelés technológiájával kapcsolatban: a kezelés során felhasználni kívánt segédanyagok, biológiai kezelés esetében a kezelés helyszínén képződő csurgalék-, illetve csapadékvíz összegyűjtésének és kezelésének módja;
- a kezelés során képződött anyag és hulladék mennyisége, fajtája, típusa, jellege, összetétele, fizikai megjelenési formája, annak tervezett kezelési módja, további felhasználási lehetőségei;
- a kezelés anyagmérlege;
- a kezelési folyamat szempontjából kritikus ellenőrzési pontok;
- a kezelés technológiájának műszaki és környezetvédelmi jellemzői;

- a kezelési művelettel elérni kívánt környezetvédelmi és gazdasági cél; a hasznosítással előállítani kívánt anyag vagy termék előállításával, gyártásával vagy forgalomba hozatalával járó környezetvédelmi és gazdasági előny, haszon, továbbá a hulladékstátusz megszűnésére (EoW) vonatkozó igazolás;
- a kezelési tevékenység végzéséhez szükséges, a kérelmező rendelkezésére álló pénzügyi eszközök, azok garanciái, valamint a meglétükre vonatkozó nyilatkozat; a céltartalék képzésére vonatkozó terv, továbbá a környezetvédelmi biztosítás megkötésének tényét igazoló dokumentum;
- a környezetbiztonságra, az esetlegesen bekövetkező káresemény (havária) elhárítására vonatkozó terv;
- a hulladék telephelyen történő tárolásának módjára és körülményeire vonatkozó adatok, információk;
- különböző, a kormányrendeletben előírt nyilatkozatok és igazolások.

A hulladék hasznosítására irányuló kérelmet – más egyéb hulladékgazdálkodási tevékenységhez hasonlóan – a kérelmező szakirányú végzettséggel rendelkező alkalmazottja, vagy a környezetvédelmi, természetvédelmi, vízgazdálkodási és tájvédelmi szakértői tevékenységről szóló 297/2009. (XII. 21.) Korm. rendelet alapján a hulladékgazdálkodás részterületen szakértői jogosultsággal rendelkező szakértő készítheti el.

A hulladékgazdálkodási engedély határozott időre, de legfeljebb 5 évre adható.

A kezelésre átvett hulladékok **tárolására** szolgáló hulladéktároló helyet az egyes hulladékgazdálkodási létesítmények kialakításának és üzemeltetésének szabályairól szóló 246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet 9. fejezetében előírt módon kell kialakítani és üzemeltetni. A hulladéktároló hely részletes működési és ellenőrzési szabályait üzemeltetési szabályzatban kell rögzíteni, amit az engedélyezési eljárás irataihoz csatolva a hulladékgazdálkodási hatósággal jóvá kell hagyatni.

A hulladékhasznosítási tevékenység során keletkező hulladékok **gyűjtésére** csakúgy, mint a termelő tevékenysége során képződő hulladék gyűjtésére a 246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet 7. és 8. fejezetében előírtaknak megfelelően munkahelyi és/vagy üzemi gyűjtőhelyet kell kialakítani a telephelyen. Üzemi gyűjtőhely létesítésére akkor van szükség, ha a telephelyen



kívüli kezelés céljából nem közvetlenül a munkahelyi gyűjtőhelyről szállítják el a hulladékot. A munkahelyi, valamint az üzemi gyűjtőhely üzemeltetéséhez nincs szükség hulladékgazdálkodási engedélyre vagy nyilvántartásba vételre. A hulladék a munkahelyi gyűjtőhelyen a képződésétől számított legfeljebb 6 hónapig gyűjthető, ezzel szemben az üzemi gyűjtőhelyen 1 évig terjedhet a gyűjtés időtartama, viszont naprakész üzemnaplót kell vezetni az ott gyűjtött minden egyes hulladékról. Az üzemi gyűjtőhely működési és ellenőrzési szabályait üzemeltetési szabályzatban kell rögzíteni, amit a hulladékgazdálkodási hatósággal jóvá kell hagyatni.

### **2.2.2. Forgalomba hozatali és felhasználási engedély**

A hulladék hasznosításával előállított anyag elérte a hulladékstátusz végét, amennyiben például a növénytermesztésben műtrágyaként, terméskövelő anyagként felhasználható terméket állítottak elő belőle. Ennek bizonyítására számos laboratóriumi vizsgálatot szükséges elvégezni, és a terméként történő felhasználást engedélyeztetni kell a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal (NÉBIH), mint hatáskörrel és országos illetékességgel rendelkező hatósággal a terméskövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szóló 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet előírásainak megfelelően. A terméskövelő anyagok csak akkor engedélyezhetők, forgalmazhatók, illetve akkor használhatók fel, ha vizsgálatokkal, kísérletekkel alátámasztott kedvező hatást fejtenek ki a talajra vagy a termesztett növényre, előírászerű és szakszerű alkalmazás során nem okoznak kedvezőtlen mellékhatást a növényre, a talajra, az ember és az állat egészségére, és nem jelentenek megengedhetetlen veszélyt a környezetre és a természetre. Ha a terméskövelő anyag növényvédő szert tartalmaz, alkalmazni kell a növényvédő szerek engedélyezésére vonatkozó külön jogszabályban<sup>14</sup> foglaltakat is.

---

<sup>14</sup> 89/2004. (V. 15.) FVM rendelet a növényvédő szerek forgalomba hozatalának és felhasználásának engedélyezéséről, valamint a növényvédő szerek csomagolásáról, jelöléséről, tárolásáról és szállításáról

A forgalomba hozatali és felhasználási engedély iránti kérelem tartalmi követelményei a 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet 1. és 2. mellékletében találhatók meg. Eszerint az alábbi adatokat, dokumentumokat kell megadni a NÉBIH számára:

- A termésknövelő anyag kereskedelmi neve;
- A termésknövelő anyag típusa, az 1. számú melléklet függeléke szerint (pl. műtrágya, szerves trágya, komposzt, talaj- vagy növénykondicionáló, stb.);
- Gyártó és az engedély jogosultjának neve, címe és statisztikai számjele, a gyártás helyszíne, bérgyártás esetén a bérgyártó neve, címe, statisztikai számjele;
- A kérelmező neve, címe és statisztikai számjele;
- A készítmény teljes összetétele, a hatóanyagok, valamint a szennyező anyagok megnevezése és koncentrációja, az alapanyagok származási helye és koncentrációja;
- A gyártó által szavatolt minőségi jellemzők;
- A gyártó által megadott felhasználási lehetőségek és alkalmazási dózisosok, a készítmény hatásmechanizmusa;
- Tűzveszélyességi osztályba sorolás;
- A gyártó által megadott tárolási és eltarthatósági feltételek;
- A gyártó által forgalmazni kívánt kiserelési egység, a csomagolóeszköz anyaga, címketerv;
- A termésknövelő anyag – kérelmező által megadott – vámtarifaszáma hat számjegyig;
- Ha a termésknövelő anyag a veszélyes áruk szállításáról szóló (ADR/RID) szabályzatok hatálya alá esik, a termék UN száma és ADR/RID osztálya;
- Bányászott termékek esetén a feltárási, kitermelési műszaki üzemi terv jóváhagyásáról szóló bányafelügyeleti határozat;
- A termésknövelő anyag gyártástechnológiájának leírása;
- A kérelemhez mellékelendő dokumentumok:
  - o A készítmény vizsgálati eredményei;
  - o A készítmény biztonsági adatlapja, a kémiai biztonságról szóló törvény előírásai szerint;

- A külön jogszabály szerint kockázatos anyagot tartalmazó terméknövelő anyagok esetén annak bemutatása, hogyan viselkednek a kockázatos anyagok a talajban, milyen hatással vannak a felszín alatti vizekre;
- Különböző, a mellékletben részletezett nyilatkozatok, igazolások;
- Hulladékok feldolgozása esetén a hulladékkezelési engedély;
- Állati eredetű melléktermékek feldolgozása esetén az állategészségügyi hatóság engedélye;
- Telepengedély;
- A kísérleti engedély másolata.

Az engedély iránti kérelemmel együtt benyújtandó vizsgálati eredményeket és adatokat az FVM rendelet 2. sz. melléklete részletezi. Hulladékot vagy mellékterméket tartalmazó terméknövelő anyagok esetén az engedélyező hatóság a hulladék és a melléktermék minőségétől függő további vizsgálatokat is előírhat.

Terméknövelő anyag kizárólag az engedélyben foglalt feltételek szerint használható fel.

### **2.2.3. Egyéb engedélyek**

Mind a veszélyes és nem veszélyes hulladékok hasznosítása, mind a műtrágya gyártása, raktározása, tárolása a **telepengedély**-köteles tevékenységek közé tartozik a telepengedély, illetve a telep létesítésének bejelentése alapján gyakorolható egyes termelő és egyes szolgáltató tevékenységekről, valamint a telepengedélyezés rendjéről és a bejelentés szabályairól szóló 57/2013. (II. 27.) Korm. rendelet alapján. A telepengedélyt a telep fekvése szerint illetékes település jegyzője adja ki. A jegyző a telepengedély iránti kérelem elbírálása során köteles meggyőződni arról, hogy a helyi építési szabályzat, illetve annak hiányában az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 18. § (2) bekezdése szerint a kérelemben feltüntetett telepen az adott tevékenység végezhető-e.

A környezetvédelmi engedélyköteles, illetve egységes környezethasználati engedélyköteles tevékenységek körébe sorolt tevékenységek, illetve létesítmények esetén az engedélyezésekor a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendeletben foglaltak szerint kell eljárni. Ebben az esetben nincs

szükség telepengedélyre. A kérelemre induló közigazgatási eljárást az illetékes környezetvédelmi hatóságnál kell kezdeményezni. Az eljárás és az annak végén kiadandó engedély típusát az dönti el, hogy a létesítmény, illetve a tevékenység a kormányrendelet mely mellékletében van felsorolva. Az 1. számú – és bizonyos feltételek fennállása esetén – a 3. számú mellékletben szereplő esetekben a tevékenység megkezdéséhez **környezetvédelmi engedély** szükséges, amit környezeti hatásvizsgálatnak kell megelőznie. A 2. sz. mellékletben felsorolt esetekben **egységes környezethasználati engedélyre** van szükség. Szintén egységes környezethasználati engedély kell, ha a létesítmény/tevékenység az 1. és a 2. számú mellékletben egyaránt szerepel és a környezethasználó összevont eljárás lefolytatását kéri.

Ha a nem veszélyes hulladékot hasznosító telep kapacitása meghaladja a 10 t/nap értéket, akkor a tevékenység a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 3. számú melléklet 107. pontja alá tartozik, ezért előzetes vizsgálatot kell végezni, és a környezetvédelmi hatóság előzetes vizsgálatban hozott döntése alapján kerülhet sor környezeti hatásvizsgálat végzésére is. Méretmegkötés nélkül ugyanez vonatkozik a 109. pontban felsorolt veszélyes hulladékot hasznosító és/vagy tároló önálló telepre.

A hulladékkezelési tevékenységek engedélyezésekor az illetékes hatóságoknak olyan kibocsátási határértékeket kell meghatározniuk, amelyekkel biztosítható, hogy normál üzemeltetési feltételek mellett a kibocsátások nem haladják meg a hulladékkezelésre vonatkozó **elérhető legjobb technika** (Best Available Techniques BAT) **referencia dokumentumban** (BREF)<sup>15</sup> meghatározott legjobb technikákhoz kapcsolódó kibocsátási szinteket. A hulladékkezelésre vonatkozóan jelenleg az Európai Bizottság által 2018-ban kiadott 2018/1147 végrehajtási határozattal<sup>16</sup> közzétett, több mint 800 oldalas BREF dokumentum érvényes. A BAT-következtetések a 2010/75/EU (IED) irányelv által lefedett hulladékgazdálkodási tevékenységek jelentős részére kiterjednek, azonban nem vonatkoznak a hulladéklerakásra, a

---

<sup>15</sup> [Best Available Techniques \(BAT\) Reference Document for Waste Treatment Industrial Emissions Directive 2010/75/EU Integrated Pollution Prevention and Control \(europa.eu\)](#)

<sup>16</sup> [A BIZOTTSÁG \(EU\) 2018/ 1147 VÉGREHAJTÁSI HATÁROZATA - \(2018. augusztus 10.\) - a 2010/ 75/ EU európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti elérhető legjobb technikákkal \(BAT\) kapcsolatos következtetéseknek a hulladékkezelés tekintetében történő meghatározásáról - \(az értesítés a C\(2018\) 5070. számú dokumentummal történt\) \(europa.eu\)](#)

hulladékégetésre és együttégetésre. (Ez utóbbiakra külön BREF került kiadásra, a lerakásra vonatkozóan pedig – annak megszűnő jellege miatt – nincs BREF.) Hulladékhasznosítás esetén a kapacitáshatárok: veszélyes hulladéknál 10 tonna/nap, nem veszélyes hulladéknál 75 tonna/nap.

Az IED irányelv előírja, hogy az EU-tagállamok meglévő, a végrehajtási határozattal érintett hulladékkezelő üzemének a közzétételtől számított 4 éven belül, vagyis 2022. augusztus 17-ig meg kell felelniük a BAT-követelményeknek. A végrehajtási határozat hatályba lépését követő új engedélyezési eljárások során ezeket az előírásokat már figyelembe kellett venni.

Az elérhető legjobb technika meghatározásánál a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 9. számú melléklete szerint különösen a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- kevés hulladékot termelő technológia alkalmazása;
- kevésbé veszélyes anyagok használata;
- a folyamatban keletkező és felhasznált anyagok újrahasználatának, és a hulladékok újrafeldolgozásának elősegítése;
- alternatív üzemeltetési folyamatok, berendezések vagy módszerek, amelyeket sikerrel próbáltak ki ipari méretekben;
- a műszaki fejlődésben és felfogásban bekövetkező változások;
- a vonatkozó kibocsátások természete, hatásai és mennyisége;
- az új, illetve a meglévő létesítmények engedélyezésének időpontjai;
- az elérhető legjobb technika bevezetéséhez szükséges idő;
- a folyamatban felhasznált nyersanyagok (beleértve a vizet is) fogyasztása és jellemzői és a folyamat energiahatékonysága;
- annak igénye, hogy a kibocsátások környezetre gyakorolt hatását és ennek kockázatát a minimálisra csökkentsék vagy megelőzzék;
- annak igénye, hogy megelőzzék a baleseteket és a minimálisra csökkentsék ezek környezetre gyakorolt hatását;

- a magyar környezetvédelmi közigazgatási szervek vagy a nemzetközi szervezetek által közzétett információk, továbbá az Európai Bizottság által a tagállamok és az érintett iparágak között az elérhető legjobb technikákról, a kapcsolódó monitoringról és a fejlődésről szervezett információcserének a Bizottság által közzétett tapasztalatai.

### 2.3. Esszenciális mikroelemek jelentősége

Jó minőségű és megfelelő hozamú mezőgazdasági termék biztonságos termesztésének alapvető feltétele a növények megfelelő, harmonikus tápanyagellátása, értve ez alatt nemcsak a legfontosabb makro tápelemek (N, P, K), hanem az egyes növények igényeihez igazított mikroelemek megfelelő biztosítását is. Évtizedek óta folynak kutatások a SZE Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karán Prof. Dr. Szakál Pál vezetésével arról, hogy miként lehet nagy tisztaságú ipari hulladékokat új vegyületek, termélnövelő anyagok, növényvédő szerek és azok kijuttatási módszereinek kifejlesztésére használni, egyúttal megfelelni a körforgásos gazdaság igényeinek, csökkentve a hulladékok elhelyezéséből eredő problémákat és növelve az energiahatékonyságot. A cél, hogy ezek révén javuljon a megtermelt, előállított élelmiszerek minősége.

A mikroelemek a növényekben csak csekély mennyiségben fordulnak elő, ennek ellenére a növényi életfolyamatokban betöltött szerepük alapvető jelentőségű, hiányuk vagy feleslegük biokémiai változásokat okoz. A növények számára élettanilag fontos, ún. esszenciális mikroelemek többségükben fémionok. Ezek közül a réz, a cink és a vas jelentőségét Kalocsai Renátó és Schmidt Rezső tanulmánya<sup>17</sup> nyomán az alábbiakban mutatjuk be.

A **réz (Cu)** a növényekben átlagosan 2-20 mg/kg szá. mennyiségben fordul elő, specifikus élettani hatását a szakirodalom kis ionátmérvójével, nagy atomtömegével, változó vegyértékével és komplexképző hajlamával magyarázza. Enzimek alkotórészeként részt vesz az elektrontranszportban és légzési anyagcserében, fontos szerepet játszik a fehérjeszintézis és a szénhidrát-anyagcsere folyamataiban. A réz felvétele két vegyértékű kation (Cu<sup>2+</sup>) formájában

---

<sup>17</sup> [A Mikroelemek Növénytáplálási Jelentősége | PDF \(scribd.com\)](#)

vagy szerves anyagokhoz kötve történik. A talajokban a huminsavakkal és a fulvósavakkal alkotott komplexekben található.

Rézhiány következtében a növények növekedése lassul, a levelek szürkés zöldekké válnak, klorotikusak lesznek. A hiánytünetek mindig a fiatal növényeken jelentkeznek. Gabonaféléknél a rézhiány a levelek kifehéredésével kezdődik, jellegzetes tünet az ún. „fehérkalászság”. A rézhiányos állományok gátolt buga-, illetve kalászképzése, valamint a léha szemek részarányának növekedése jelentős veszteségekhez vezet. Gabonafélékre jellemző rézhiánytünetek láthatók az 5. ábrán.

A réz pótlása történhet a talajon keresztül (mikroelem trágyák, egyszerű szervesetlen sók, kelátok), illetve levéltrágyázás formájában.



**5. ábra**

**Jellegzetes rézhiány-tünetek gabonaféléken**

*Forrás: [A Mikroelemek Növényáplálási Jelentősége | PDF \(scribd.com\)](#)*

A **cink (Zn)** jelentős enzimalkotórész és enzim aktivátor. Részt vesz a fehérje anyagcserében és a növények növekedésszabályozásában. A növények a cinket kation ( $Zn^{2+}$ ), illetve kelatizált formában veszik fel a talajból. Átlagos előfordulása a növényekben 25 és 150 mg/kg szá. Az állomány elégtelen cinkellátottságára figyelmeztet, ha a levélszövet cinktartalma 20 mg/kg szá. alatt van.

Cinkhiány esetén a felső levelek érközi klorózisa, majd a levéllemez teljes kifehéredése tapasztalható. A levelek aprók maradnak, és a fellépő auxinhiány miatt rozettásodás, torzulás,

valamint törpe szártagúság figyelhető meg. A cinkhiány a kukoricán és a cirkon a legszembetűnőbb.



**6. ábra**

**Jellegzetes cinkhiány-tünetek a kukoricán**

*Forrás: [A Mikroelemek Növény táplálási Jelentősége | PDF \(scribd.com\)](#)*

Jellegzetes cinkhiány-tünetek láthatók a 6. ábrán. A hiány következtében a kukorica növekedése visszafogottá válik, az ízközök lerövidülnek. Az állomány lemarad az adott fenológiai fázisra jellemző növény magasságtól. A hiány következtében az idősebb leveleken a középér mellett mindkét oldalon fehéres-halványsárgás klorotikus csíkok alakulnak ki. Tartós hiány esetén a levél sötétzöld, bronzszínű lesz, majd nekrotizál. Az egészen fiatal levelek is jellegzetes hiánytüneteket mutatnak: világossárgák, közel fehér színűek lesznek. Ezt a jelenséget „rügyfehéredésnek” nevezzük.

Krónikus cinkhiány esetén a virágképződés késik, sőt sok esetben el is marad. A virág- és termésképzési zavarok következtében erős hiány esetén akár 80%-kal is csökkenhet a hektáronkénti termésmennyiség. A cinkhiány a kezdeti tünetek megjelenésekor még orvosolható, azonban gyakorlati szempontból legnagyobb jelentősége a talajvizsgálatokon alapuló megelőzésnek van. A cinkpótlás talaj- és levéltrágyázással egyaránt megoldható. Az



alkalmazható anyagok spektruma a szervesen cink-sóktól a különböző komplex vegyületekig széles skálán mozog.

A **vas (Fe)** a növényi légzésben, anyagcserében, fotoszintézisben, valamint a fehérjeképző folyamatokban nélkülözhetetlen mikroelem. Legnagyobb része a növények leveleiben, a színtestcskék közelében található. Szerepe a katalázban, citokrómokban és egyéb vastartalmú enzimekben a vas oxidációs-redukciós képességén alapul. A növény a vasat két- és három vegyértékű kationként ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), valamint komplex szerves sók formájában is képes felvenni, azonban leginkább az  $\text{Fe}^{2+}$  forma felvétele dominál. Átlagos mennyisége a különböző növényi részekben 100-200 mg/kg szá. értékek között változik.

A vashiány jellemző tüneteit mutatja be a 7. ábra.



**7. ábra**

**Jellegzetes vashiány-tünetek gabonafélék, kukorica, repce, szőlő esetében**

*Forrás: [A Mikroelemek Növénytáplálási Jelentősége | PDF \(scribd.com\)](#)*

Vashiány esetén a növény klorofiltartalma csökken és a fehérjeszintézis gátoltá válik. A hiány jellegzetes tünete a klorózis. A fiatal levelek érközei világosodnak, sárgulnak, míg az erek zöldek maradnak. Egyszikűeknél jellegzetes hosszanti levélcsíkozottság jelentkezik. Súlyos hiány esetén a levelek szinte teljesen kifehérednek és a levelek erezte sem különül el a levéllemez többi részének színétől. Csökkent hajtásnövekedés, levél- és hajtáselhalás, valamint a szőlőnél bogyólerágás alakulhat ki, mely jelentős termésvesztéshez vezethet. A vashiányra a gyümölcsösök és a szőlő ültetvények különösen érzékenyek. Pótlása talaj- és levéltrágyázással egyaránt végezhető.

#### 2.4. Nagytisztaságú technológiai hulladékok hasznosítása a nyomelem-pótlásban

Alapvetően a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet szerinti 06 főcsoportban, a szerves kémiai folyamatokból származó hulladékok között található azok a nagytisztaságú réz-, cink- és/vagy vastartalmú technológiai hulladékok, amelyek másodnyersanyagként használhatók fel mezőgazdasági célokra alkalmas komplex vegyületek (készítmények) előállításánál. Ezekkel a készítményekkel egyrészt pótolható a termőtalaj esszenciális mikroelem-hiánya, másrészt a növények felületére történő közvetlen kijuttatással megszüntethetőek a réz-, cink-, illetve vashiányból adódó természetési problémák, ezáltal növelhető a termés hozam és javítható a termés minősége.

A készítmények fizikai-kémiai úton történő előállításához felhasználható, nagytisztaságú technológiai veszélyeshulladék-típusokat mutat be az 1. számú táblázat.

#### 1. számú táblázat

##### Mikroelem-tartalmú készítmények előállításához használható veszélyeshulladék-típusok

HAK kód	Megnevezés
01 03 07*	Fém-tartalmú ásványok fizikai és kémiai feldolgozásából származó, veszélyes anyagokat tartalmazó egyéb hulladék
06 01 01*	Kénsav és kénessav (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 01 02*	Sósav (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 01 04*	Foszforsav és foszforosav (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 01 05*	Salétromsav és salétromossav (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 02 01*	Kalcium-hidroxid (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 02 03*	Ammónium-hidroxid (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 02 04*	Nátrium- és kálium-hidroxid (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 02 05*	Egyéb lúg (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 03 13*	Nehézfémeket tartalmazó szilárd sók és oldataik (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 03 15*	Nehézfémeket tartalmazó fénoxid (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
06 06 02*	Veszélyes szulfidvegyületeket tartalmazó hulladék (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
11 01 05*	Reve eltávolítására használt sav (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
11 01 07*	Pácolásra használt lúg (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
11 01 08*	Foszfátosításból származó iszap
12 01 14*	Veszélyes anyagokat tartalmazó, gépi megmunkálás során képződő iszap (réz-, vas- illetve cinktartalommal)

16 03 03*	Veszélyes anyagokat tartalmazó szerves hulladék (réz-, vas- illetve cinktartalommal)
16 05 07*	Használatból kivont, veszélyes anyagokból álló vagy azokkal szennyezett szerves vegyszerek (réz-, vas- illetve cinktartalommal)

## 2.5. A C-komplex termékcsalád

A különböző növényi fajoknak és fajtáknak különböző az optimális tápanyagigénye, ezért a növénytermesztési célokra alkalmas készítmények a mikroelem sók és mikroelem komplexek különböző koncentrációit tartalmazzák vizes oldatban, amelyek makro tápanyag (vinasz) hozzáadásával és/vagy cukor (szacharóz) típusú szénhidrát-komplex kialakításával válnak a mezőgazdaságban levéltrágyaként felhasználható készítménnyé. A stabil szacharóz komplex kialakulását karbamid hozzáadása biztosítja. Az egyszerű fizikai-kémiai módszerekkel előállított mikroelemes műtrágyákkal dúsított szerves trágya kijuttatása közvetlenül a növények felületére történik. A vinasz, a napraforgóolaj és növénykultúránként változó mennyiségű cukor a készítménynek a növény felületén való jobb megkötődését is szolgálja, emellett kedvező a vinasz jelentős a növényi tápelem-tartalma.

A készítményhez felhasznált vinasz szintén ipari hulladék/melléktermék, ami nagy mennyiségben keletkezik a szeszipar fermentációs folyamatai során, az etil-alkoholnak/bioetanolnak a cukortartalmú (cukorrépa, cukornád, cukorcirok, melasz, izocukor), keményítőtartalmú (kukorica, burgonya, gabonafélék), illetve egyéb lignocellulóz-tartalmú anyagok, mint alapanyagok felhasználásával történő előállításakor. A vinasz jellemzője a nagy biológiai és kémiai oxigénigény, a mintegy 21% fehérjetartalom és a jelentős szerves sav- és polifenol-tartalom.

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság által a terméknövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szóló 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet alapján kiadott forgalomba hozatali és felhasználási engedély<sup>18</sup> szerint a fentieknek megfelelően előállított **C-komplex termékcsalád**

<sup>18</sup> 04.2/3246-2/2017 sz. forgalomba hozatali és felhasználási engedély

egyres készítményei világosbarna színű, jellegzetes enyhe vinasz szagú folyadékok, és a következő kereskedelmi néven kerülnek forgalomba:

- C-komplex Universal A;
- C-komplex Universal B;
- C-komplex Kalászosok, napraforgó;
- C-komplex Keresztesvirágúak, pillangósok,
- C-komplex Bio;
- C-komplex Kukorica.

Az egyes termékek felhasználási jellemzőit és a javasolt kezelési időpontokat az alábbiak szerint írja elő az engedély.

#### ***C-komplex Universal-A***

Valamennyi szántóföldi és kertészeti kultúra *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal, a gyártó szaktanácsadása szerint kijuttatva lehet alkalmazni.

Javasolt kezelési időpontok:

- kalászos növényeknél a bokrosodás végén, majd a kalászolás kezdetén,
- kukoricánál 4-6 leveles, majd 8-12 leveles állapotban,
- pillangós növényekben az intenzív vegetatív fejlődés megindulása után, majd virágzás előtt,
- olajos magvú növényeknél a kelést követően 5-6 héttel (őszi vetésűeknél márciusban) valamint a bimbós állapot kezdetéig,
- zöldség- és dísnövényekben a kelést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb bimbós állapotban,
- gyümölcs és szőlő ültetvényekben a levélképződést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb a virágképződésig kijuttatva.

#### ***C-komplex Universal-B***

Gabonafélék, olajos növények, kertészeti kultúrák *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal a gyártó szaktanácsadása szerint kijuttatva.

Javasolt kezelési időpontok:

- kalászos növényeknél a bokrosodás végén, majd a kalászosítás kezdetén,
- kukoricánál 4-6 leveles, majd 8-12 leveles állapotban,
- olajos magvú növényeknél a kelést követően 5-6 héttel (őszi vetésűeknél márciusban) valamint a bimbós állapot kezdetéig
- zöldség és dísznövényekben a kelést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb bimbós állapotban,
- gyümölcs és szőlő ültetvényekben a levélképződést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb a virágképződésig kijuttatva.

#### ***C-komplex Kalászosok, napraforgó***

- kalászos növények *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal, bokrosodás kezdetén és kalászosítás kezdetén (sörépa esetén kalászosításkor) kijuttatva,
- napraforgó *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal, 6-8 leveles állapotban és a virágzást megelőző időszakban kijuttatva.

#### ***C-komplex Keresztesvirágúak, pillangósok***

- keresztesvirágú növények *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal, a kelést követően 5-6 héttel (őszi vetésűeknél márciusban) valamint a bimbós állapot kezdetéig,
- pillangósvirágú növények *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, az intenzív vegetatív fejlődés megindulása után, majd virágzás előtt kijuttatva.

### ***C-komplex Bio***

Valamennyi szántóföldi és kertészeti kultúra *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal a gyártó szaktanácsadása szerint kijuttatva.

Javasolt kezelési időpontok:

- kalászos növényeknél a bokrosodás végén, majd a kalászosítás kezdetén,
- kukoricánál 4-6 leveles, majd 8-12 leveles állapotban,
- olajos magvú növényeknél a kelést követően 5-6 héttel (őszi vetésűeknél márciusban) valamint a bimbós állapot kezdetéig
- zöldség és dísnövényekben a kelést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb bimbós állapotban,
- gyümölcs és szőlő ültetvényekben a levélképződést követően 3-4 héttel, majd 3-4 héttel később, de legkésőbb a virágképződésig kijuttatva.

### ***C-komplex Kukorica***

Kukorica *levéltrágyázására* 4-20 l/ha mennyiségben, legfeljebb 0,2 %-os töménységben, a tenyészidőszak alatt két alkalommal, 6-8- valamint 8-12 leveles állapotban.

C-komplex termékcsalád felhasználására vonatkozó környezetvédelmi előírások a forgalomba hozatali és felhasználási engedély szerint a következők:

A készítmény a méhek és egyéb beporzást végző rovarok védelme érdekében virágzási időszakban nem alkalmazható! Virágzó gyomnövények jelenléte esetén nem alkalmazható!

Tilos a készítményt, fel nem használt maradványát, azzal szennyezett csomagolóburkolatát folyókba, állóvizekbe, vízfolyásokba, tározókba juttatni!

Bioszféra rezervátumokban, fokozottan védett területeken felhasználásuk tilos! Természetvédelmi területeken, nemzeti parkokban és tájvédelmi körzetekben kizárólag az illetékes természetvédelmi kezelő előzetes hozzájárulásával juttatható ki.

A vízi szervezetek védelme és a vízminőség biztosítása érdekében tilos a készítményt az álló- és folyóvizek partjától számított 50 m-es távolságon belül tárolni és kijuttatni.

A termékcsalád gyártói: Dr. Szakál Pál egyéni vállalkozó és bérgyártóként a Phyto.Med Kft.

### 3. Összefoglalás

Az Európai Unió környezetvédelmi politikáját a fenntarthatóság igénye, a természeti erőforrások védelme, a gazdaság szén-dioxid-kibocsátásának drasztikus csökkentése és versenyképességének növelése, a környezet különböző terhelésektől való megóvása és nem utolsósorban az emberek egészségének, jóllétének védelme jellemzi. Ennek jegyében készült az elmúlt évben elfogadott, a körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv, amely a klímasemlegesség 2050-ig történő megvalósításához olyan gazdasági növekedéssel tervez hozzájárulni, amely növeli az erőforrás-felhasználás hatékonyságát, csökkenti a nyersanyagfogyasztást és megduplázza a körforgásban felhasznált anyagok arányát, részben a hulladékból a lehető legnagyobb mértékben kinyert kiváló minőségű (másod) nyersanyaggal.

A körforgásos gazdaság innovatív gyártási technológiák használatára törekszik, ennek egyik, hazánkban már megvalósított formája szervesen vegyipari hulladékok feldolgozása a növénytermesztésben terméskövelő anyagként hasznosítható készítménnyé. Az erre irányuló kutatások évtizedek óta folynak a SZE Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karán Prof. Dr. Szakál Pál vezetésével. A kutatások lényege röviden az, hogy miként lehet nagy tisztaságú ipari hulladékokat új vegyületek, terméskövelő anyagok, növényvédő szerek és azok kijuttatási módszereinek kifejlesztésére használni, egyúttal megfelelni a körforgásos gazdaság igényeinek, csökkentve a hulladékok elhelyezéséből eredő problémákat és növelve az energiahatékonyságot úgy, hogy az alapvető cél mégiscsak a megtermelt, előállított élelmiszerek minőségének javítása.

Ez a tanulmány a NÉBIH Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság által a terméskövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról szóló 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet alapján kiadott forgalomba hozatali és felhasználási engedély felhasználásával bemutatja

- a C-komplex termékcsaládot, annak előállítását és felhasználását;
- szabályozási szempontból pedig azt, hogy az ipari hulladék hasznosításával előállított terméskövelő anyag miképpen érte el a hulladékstátusz végét.

**A gazdaságos növénytaplálás biztosítása megfelelő tápanyagokkal, és azok eredményeinek statisztikai értékelése. A pályázatban felhasznált vegyületek és kísérletek gazdaságossági számításának az elvégzése, statisztikai értékelése.**

**Dr. Csatai Rózsa**

Az elemzéshez először át kell tekinteni a búza társadalmi és gazdasági szerepét. Ezt követi a búzatermesztés eredményeinek üzemgazdasági vizsgálata réz és cink mikroelem hatására, amiben a kezelések hozamra gyakorolt hatása után mindezek pénzügyi vonzatának változásával meg kell határozni a legjobb eredményt adó kezelést.

## **1. Búza társadalmi gazdasági szerepe**

A gabona azoknak a [perjeféléknek](#) az összefoglaló elnevezése, amelyeket táplálkozás céljára felhasználható magjaik miatt termesztnek. Ősidők óta az emberiség fő táplálkozási elemei közé tartoznak. A gabonafélék lisztjéből sült, erjesztett tészta a [kenyér](#), az emberiség számára kezdettől fogva alapvető néptáplálék volt, ezért a gabonaféléket bármely más [haszonnövénynél](#) nagyobb mennyiségben termesztik világszerte. A szénhidrátban gazdag gabonafélék alapélelmiszernek számítanak; egyes fejlődő országokban a rizs, a búza, vagy a kukorica adja szinte a teljes étrendet. A fejlett országokban fogyasztásuk mérsékeltebb és változatosabb, de itt is alapvető.

A búza a legfontosabb és az emberiség egyik legrégebben termesztett gabona növénye. Széles körű elterjedését a búzafajok és fajták változatos éghajlati igénye és jó alkalmazkodóképessége tette lehetővé. Ezért a trópusok, a sivatagok és a sarkvidékek kivételével szinte mindenütt termesztik.

A búza élelmiszerkénti felhasználása főleg őrleményei formájában történik. Felhasználási területe széles körű; nagyjából kenyeret készítenek belőle, de sokféle süti-, tészta- és cukrászipari felhasználási módja van.



A búzának több fajtája van, de a közönséges búza a legelterjedtebb a világon. A közönséges búza valószínűleg Délnyugat-Ázsiában jött létre és onnan terjedt el. Nemesítése az 1700-as években kezdődött meg Európában, míg Magyarországon csak az 1860-as évektől folyik búzanemesítői tevékenység. A Kárpát-medencébe a honfoglaló magyarság már kiterjedt földművelési és növénytermesztési ismeretekkel érkezett, ősi magyar búzafajtáink az alakor, tönke és a tönköly.

Napjainkban a közönséges búza vetésterülete 245-250millió hektár a világon, amelyből Magyarország része 1,0-1,1millió hektár. A magyar búza minőségét tekintve ma is a világ élvonalába tartozó franciával egyenrangú. A búza termésátlag a hazai gazdánál általában 5 tonna körüli hektáranként, de nálunk is előfordul 10t/ha is. A búzatermelés világrekordját az Egyesült Királyságban érték el 16,5 tonna/hektár átlaggal, ami a beltartalmi értékek csökkenésével jár. Magyarország természeti adottságai között magas sikértartalmú, extra minőségű búzát tudunk termelni – az értékesítési árban viszont meg kell térülnie a termelési költségeknek.

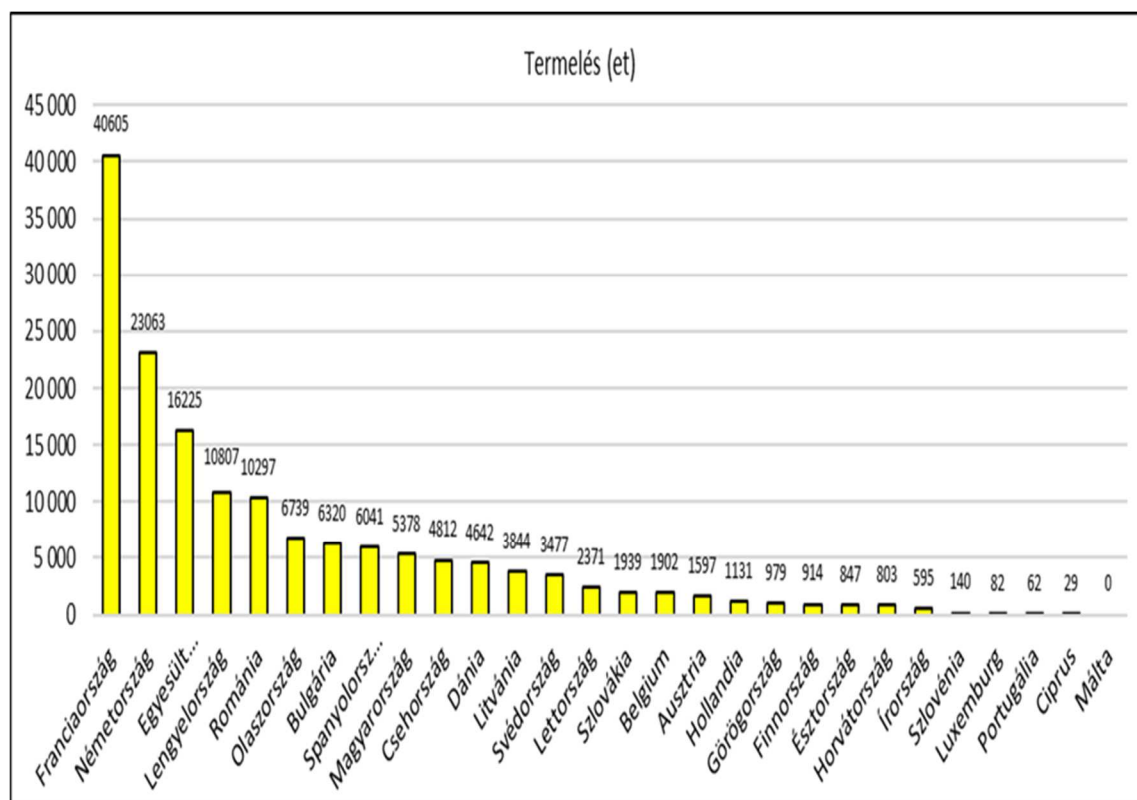
Magyarország nyitott gazdaság, ezért a nemzetközi tényezők erőteljesen befolyásolják működését. Ez igaz a búza vonatkozásában is, az ára a világpiaci árak által determinált. A magyar termelőknek úgy kell búzát termeszteni, hogy a külső tényezők által meghatározott áron is jövedelmezően tegyék ezt. Ehhez szükséges a hozamok növelése, amiben segítséget nyújt, ha arányaiban kevés ráfordítást igénylő tényezőt is – mint a mikroelemekkel történő kezelés – igénybe vesznek.

A búzatermesztés áttekintéséhez az búza, mint termék jellemzőit mutatják a következő táblázatok és ábrák.

Globális termelési rangsor legnagyobb búzatermelői a FAO 2019-es évre vonatkozó adatai alapján:

1. táblázat: Legnagyobb búzatermelő országok (2019. év)

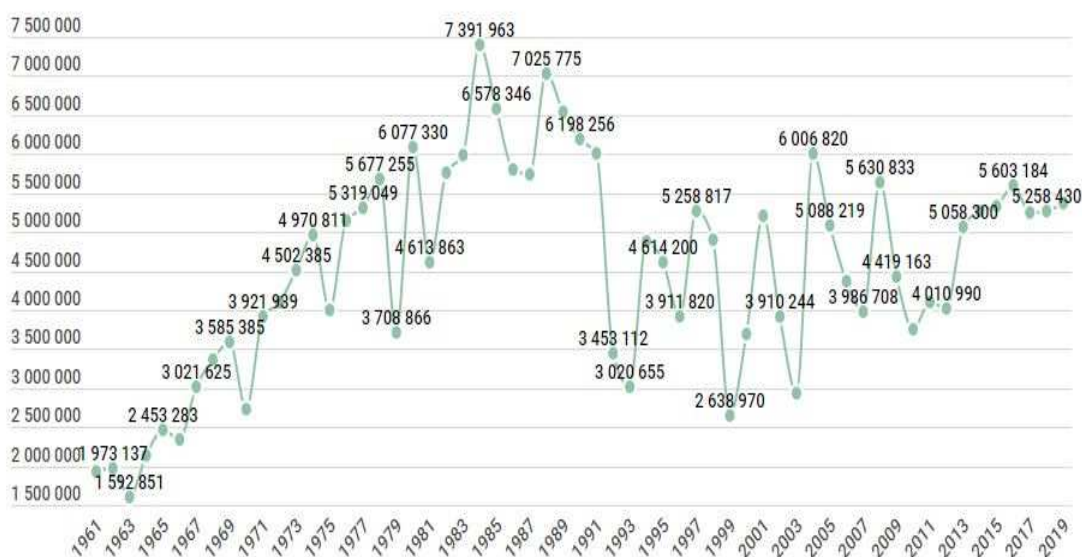
ORSZÁG	TERMELÉS (et)
Kína	133 596
India	103 596
Oroszország	74 453
USA	52 258
Franciaország	40 605
Kanada	32 348
Ukrajna	28 370
Pakisztán	24 349
Németország	23 063
Argentína	19 460



1. ábra: Az EU 28 országának búzatermelése a KSH adatai szerint 2019-ben:

Magyarországon 5,38 millió tonna búzát takarítottak be 2019-ben a FAO adatai szerint. Ez az adat beleillik a 2011 óta tartó trendbe, mely szerint hazánkban 5 millió és 5,6 millió tonna közötti a betakarított búza mennyisége. A 2010-2012-es időszak gyengébb volt, ekkor 3,7 millió és 4,1 millió tonna közt volt a magyar adat. 1991 és 2009 közt szélesebb sávban ingadozott a termés, 2,6 millió és 6 millió tonna közti értékeket lehet látni a grafikonon. Ebben az időszakban a legkisebb termést az 1999-es esztendő hozta 2,6 millióval, míg a legmagasabbat 6 millió tonnát a 2004-es év. Az elmúlt csaknem hatvan év legjobb búzatermése az 1984-es évhez kötődik, amikor 7,39 millió tonnát takarítottak be. Ezután csökkenés következett be, különösen 1991 és 1992 hozott nagy változást, egy év alatt 6 millió tonnáról 3,4 millió tonnára zuhant a termés. Az 1960-as évek elején egyébként alacsonyabb volt a hazai adat, innen az 1984-es csúcspontig folyamatos volt az emelkedés.

## A Magyarországon termesztett búza mennyisége (tonna)



Forrás: fao.org

2. ábra

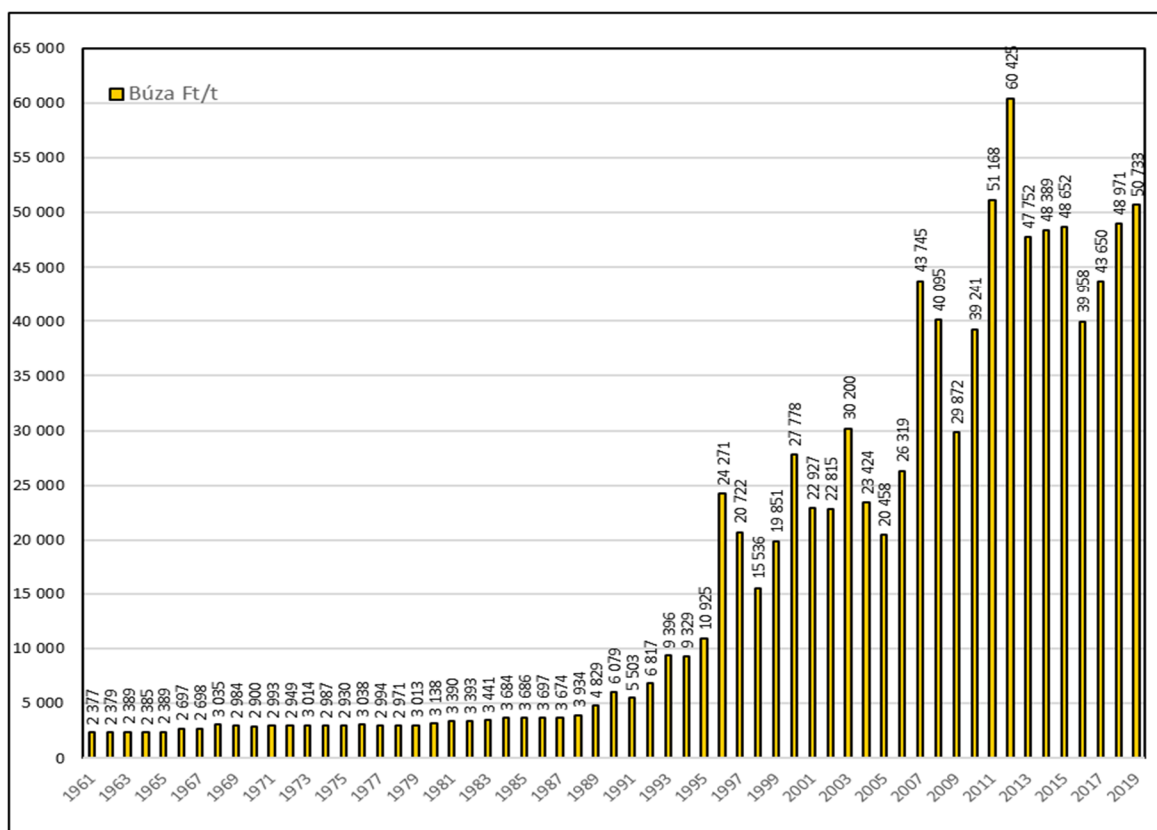
A búzatermesztés azonban nemcsak növénytermesztési tevékenység, amelynél a gazdasági eredményt a mennyiségen kívül ezek pénzügyi vonzata is befolyásolja, ezért a továbbiakban ezeket kell áttekinteni.

### **Búza értékesítése, árai**

A magyar gazdaság a világpiac része és kis mérete miatt az ottani tendenciák meghatározóak számunkra. A nemzetközi gabonapiac legfontosabb szereplői és az ottani búza árak befolyásolják a magyar árakat. A legnagyobb gabonakereskedő helyek a világban a nagy tengeri kikötők és az árutőzsdék. A gabonák esetén is érvényes, hogy azonnali, határidős vagy opciós ügyletként folyik a kereskedés, a teljesítés határideje és helye is nagyban befolyásolja az árat. Így röviden megemlítették csak hozzávetőleges tonnánkénti búzaárak a 2019-es évben (1 \$ = 1 USD = 280 Ft): USA-ban 213\$, Argentínában 230\$, de a Chicagói tőzsdén 170\$ körül alakult. Európában a kikötői árak Franciaországban 215\$, Németországban 217\$, az ukrainai 216\$.

Magyarország is részt vesz a nemzetközi búzakereskedelemben és nálunk is van a budapesti tőzsdén (BÉT) gabona szekció, itt történnek a búzapiaci ügyletek. A magyar búza felvásárlási ára 2019-ben 50 eFt körüli árról év végére kb. 60 eFt-ra növekedett, de a tőzsdei ár itt is ingadozásokat mutatott (KSH és BÉT adatok).

A hosszú távú búzaárak változását szemlélteti a következő ábra, amit összevetve a termelt mennyiségekkel az 1980-as évekig mindkettő ábra növekedést mutat, míg az ezt követő időszakra az árak erőteljes emelkedése jellemző – bár a termés mennyiség nagysága és a nemzetközi kereskedelem alakulása ezt befolyásolja.



forrás:KHS

3. ábra: Búza felvásárlási átlagára Magyarországon (1961–2019)

A Magyarországon termesztett egyik legjelentősebb növény a búza. A magas hozam és a jó minőségű termék előállításának alapfeltétele a harmonikus növénytaplálás. Az intenzíven művelt talaj minőségének javításához a szerves trágyázás nem elegendő, az egyéb tápelemeket műtrágyázással lehet a talajba juttatni. Hazánkban jellemzően csak a három legfontosabb tápelem került pótlásra, ugyanakkor az intenzív növénytermesztés elterjedésével egyre több mikroelem került a talajból kivonásra és ezek pótlására sokáig nem is fordítottak figyelmet. A terméseredmények és a termények minőségi paraméter-értékeinek növelése érdekében időszzerűvé vált a gazdaságos tápelem-visszapótlás módszereinek kidolgozása – elsősorban a réz és cink -, melyek pozitív hatásait a 2000-es évektől folyó kísérletek megalapozták. A kísérletek során réz, valamint cink mikroelem trágyák hatásának vizsgálatára került sor három

éven át az őszi búza hozamára és meghatározásra került a legjobb mikroelem tartalmú anyag, az optimális kijuttatási idő és a nyereségre gyakorolt hatás.

Megjegyzem, hogy ezeknél a kísérleteknél a különböző réz és cinkvegyületekkel történt a kezelés, aminek hatásosságát varianciaanalízissel lehetett bizonyítani. Az optimális kezelésmennyiség meghatározása is megtörtént, amivel sikerült bebizonyítani a Cu és Zn mikroelemek pozitív hatását a hozamra és ez megadta a leginkább hatékony vegyületet. Az elemzése során figyelmet kellett fordítani a minőségi javulásra is: siker, nyersfehérje, zelenyszám, keményítő tartalom vizsgálatára is sor került. A minőségi javulásból eredő haszon nehezen számszerűsíthető az egyébként is jó minőségű búza esetén. A termelőnek nem elegendő csak a nagyon jó minőséget és a nagy mennyiséget elérni, a gazdálkodónak szükséges megfelelő nyereséget is realizálnia termelésével, ami a termelő jövedelmező gazdálkodásához szükséges.

A mikroelemek gazdasági hasznossága egy réz és egy cink mikroelem kezeléssel kísérlet gazdasági elemzésén keresztül kerül bemutatásra (számítások az Excel 7.0-val) az alábbi két fő szempont szerint:

- kezelése hatása a hozamra
- hozamérték változásának gazdasági jelentősége

## **2. Búza hozamváltozása réz és cink mikroelem kezelés hatására**

### **Jellemző értékek meghatározása a mért adatokból**

A gazdasági vizsgálatok lényege az adatok gyűjtése és az ezeken végzett számítások. A felhasznált adatok a kutatáshoz tartozó „saját adatgyűjtés”, illetve a táblázatok és ábrák adatai „saját számítások” eredményeit tartalmazzák, ezért nem került a forrás feltüntetésre.

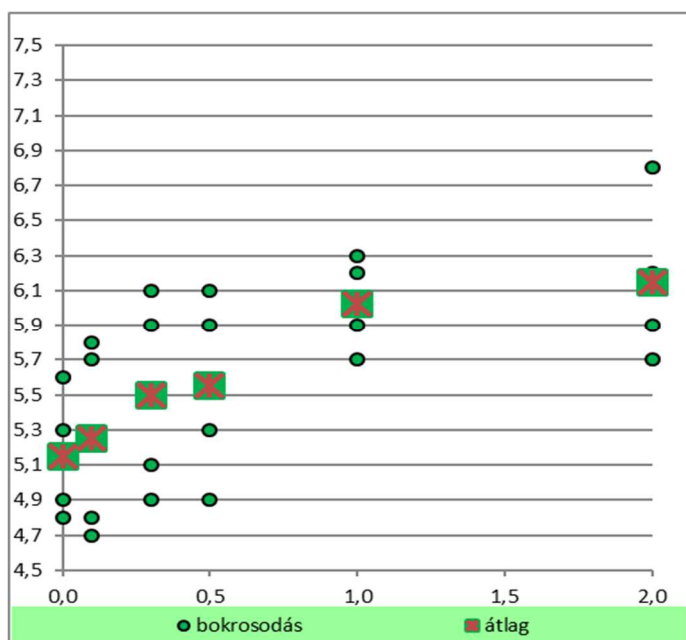
Az adatok a statisztikai kiértékelése a következő módszerekkel történik

- külön kell elemezni a réz és cink kezelése hatását

- mindkettő elem esetén a két fenológiai fázisban, azaz bokrosodáskor és virágzáskor is  
A kísérlet során mért adatok táblázatba rendezése után a szemléletesség miatt grafikusán célszerű ábrázolni. Ki kell számolni a sokaság jellemző értékeit, melyek: a számtani átlag (továbbiakban: átlag), az adatok szórása, a variációs koefficiens, a maximális és minimális értékeket és a szórás terjedelme.

2. táblázat: Réz kezelés bokrosodáskor

Hozam t/ha							
kezeléskg/ha	bokrosodás	átlag	szórás	Cv%	max	min	terjedelem
<b>kontroll</b>	<b>4,9</b>	5,2	0,32	6%	5,6	4,8	0,8
	<b>5,3</b>						
	<b>4,8</b>						
	<b>5,6</b>						
<b>Cu 0,1</b>	<b>4,8</b>	5,3	0,50	10%	5,8	4,7	1,1
	<b>5,7</b>						
	<b>5,8</b>						
	<b>4,7</b>						
<b>Cu 0,3</b>	<b>4,9</b>	5,5	0,51	9%	6,1	4,9	1,2
	<b>5,9</b>						
	<b>6,1</b>						
	<b>5,1</b>						
<b>Cu 0,5</b>	<b>5,3</b>	5,6	0,48	9%	6,1	4,9	1,2
	<b>5,9</b>						
	<b>4,9</b>						
	<b>6,1</b>						
<b>Cu 1,0</b>	<b>5,7</b>	6,0	0,24	4%	6,3	5,7	0,6
	<b>6,2</b>						
	<b>5,9</b>						
	<b>6,3</b>						
<b>Cu 2,0</b>	<b>6,2</b>	6,2	0,42	7%	6,8	5,7	1,1
	<b>5,7</b>						
	<b>5,9</b>						
	<b>6,8</b>						

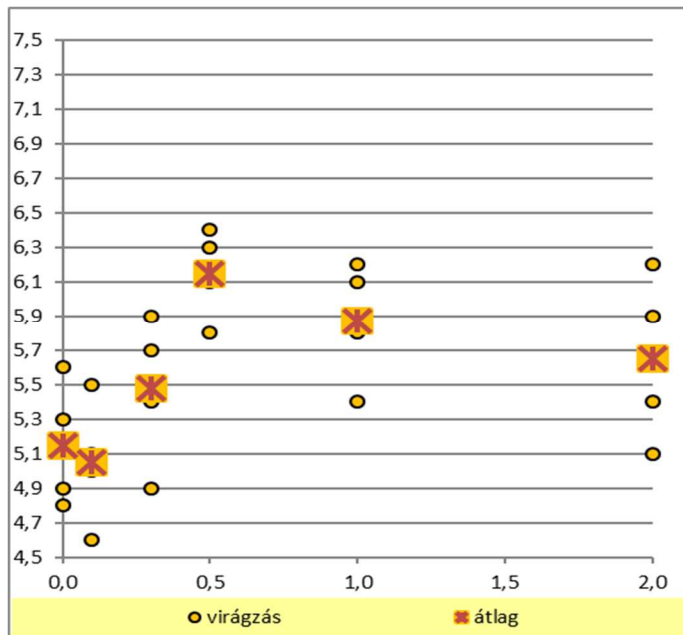


4. ábra: Réz kezelés bokrosodáskor



3. táblázat: Réz kezelés virágzáskor

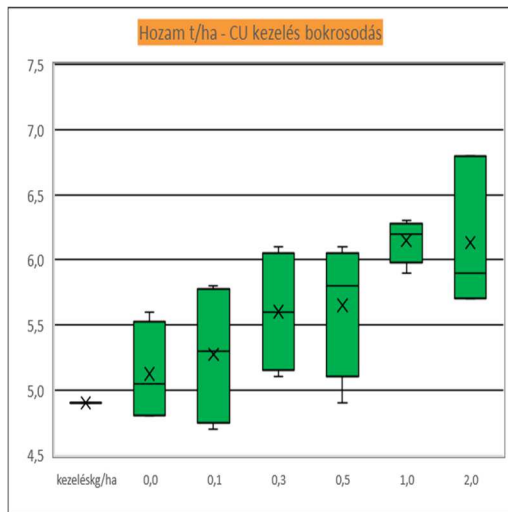
Hozam t/ha							
kezeléskg/ha	virágzás	átlag	szórás	Cv%	max	min	terjedelem
<b>kontroll</b>	<b>4,9</b>	5,2	0,32	6%	5,6	4,8	0,8
	<b>5,3</b>						
	<b>4,8</b>						
	<b>5,6</b>						
<b>Cu 0,1</b>	<b>5,1</b>	5,1	0,32	6%	5,5	4,6	0,9
	<b>5,0</b>						
	<b>4,6</b>						
	<b>5,5</b>						
<b>Cu 0,3</b>	<b>5,4</b>	5,5	0,38	7%	5,9	4,9	1,0
	<b>4,9</b>						
	<b>5,7</b>						
	<b>5,9</b>						
<b>Cu 0,5</b>	<b>6,1</b>	6,2	0,23	4%	6,4	5,8	0,6
	<b>5,8</b>						
	<b>6,4</b>						
	<b>6,3</b>						
<b>Cu 1,0</b>	<b>6,1</b>	5,9	0,31	5%	6,2	5,4	0,8
	<b>5,8</b>						
	<b>6,2</b>						
	<b>5,4</b>						
<b>Cu 2,0</b>	<b>6,2</b>	5,7	0,43	8%	6,2	5,1	1,1
	<b>5,1</b>						
	<b>5,4</b>						
	<b>5,9</b>						



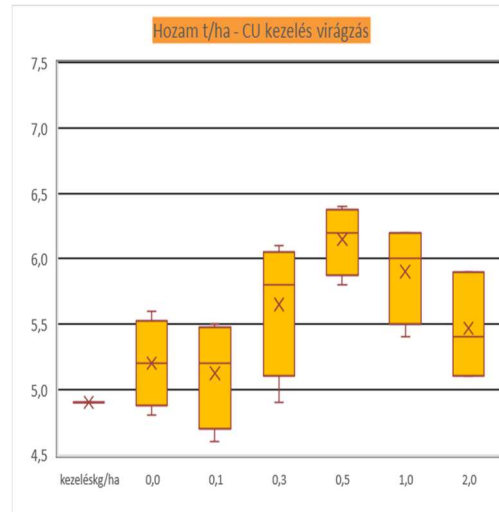
5. ábra: Réz kezelés virágzáskor

Réznel az egyes kezelés-nagyságokhoz tartozó adatokból kiszámolt variációs koefficiens 10% alatti értéke mutatja, hogy a mért adatok kezelésként homogén sokaságot alkotnak. Így megállapítható, hogy a hozamokra az egyéb tényezők jelentősen eltérő hatást nem gyakoroltak, a kezeléskénti adatok jellemzésére a számtani átlag használható.

Ezt támasztja alá a sodrófa diagram is, ahol látható, hogy a medián és az átlag között nincs lényeges különbség egyik esetben sem. (ábra jelölései: X átlag, – medián)



6. ábra: Réz kezelés bokrosodáskor

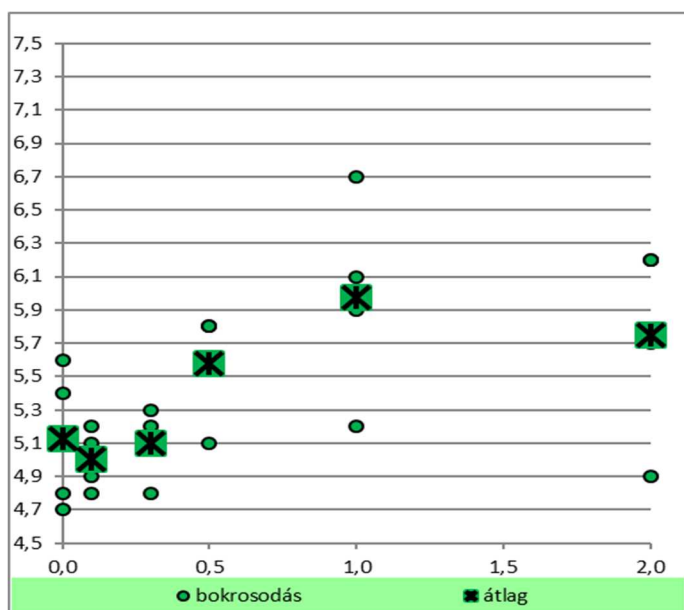


7. ábra: Réz kezelés virágzáskor

Az alapadatok és a rézzel megegyező vizsgálatok cinknél a következő táblázatokban és ábrákban látható:

4. táblázat: Cink kezelés bokrosodáskor

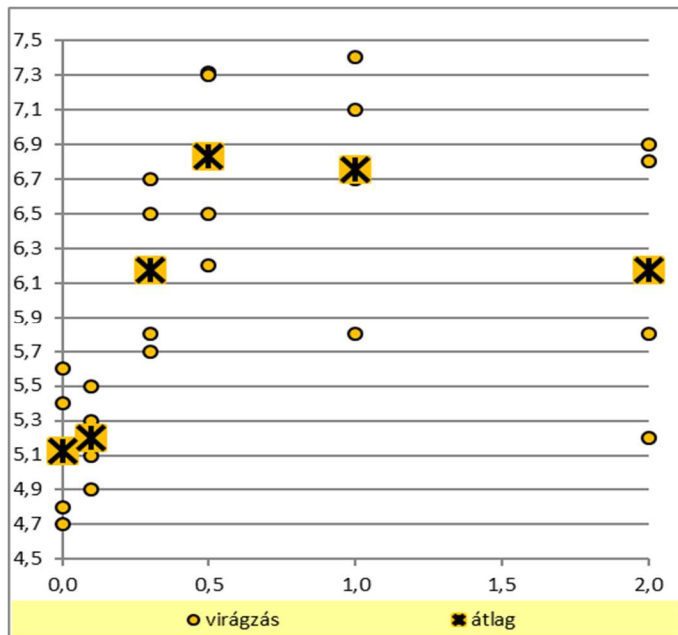
Hozam t/ha							
kezeléskg/ha	bokrosodás	átlag	szórás	Cv%	max	min	terjedelem
kontroll	5,4	5,1	0,38	7%	5,6	4,7	0,9
	4,8						
	5,6						
	4,7						
Zn 0,1	4,8	5,0	0,16	3%	5,2	4,8	0,4
	4,9						
	5,1						
	5,2						
Zn 0,3	4,8	5,1	0,19	4%	5,3	4,8	0,5
	5,3						
	5,1						
	5,2						
Zn 0,5	5,6	5,6	0,29	5%	5,8	5,1	0,7
	5,8						
	5,1						
	5,8						
Zn 1,0	6,1	6,0	0,54	9%	6,7	5,2	1,5
	5,9						
	5,2						
	6,7						
Zn 2,0	4,9	5,8	0,53	9%	6,2	4,9	1,3
	6,2						
	5,7						
	6,2						



8. ábra: Cink kezelés bokrosodáskor

5. táblázat: Cink kezelés virágzaskor

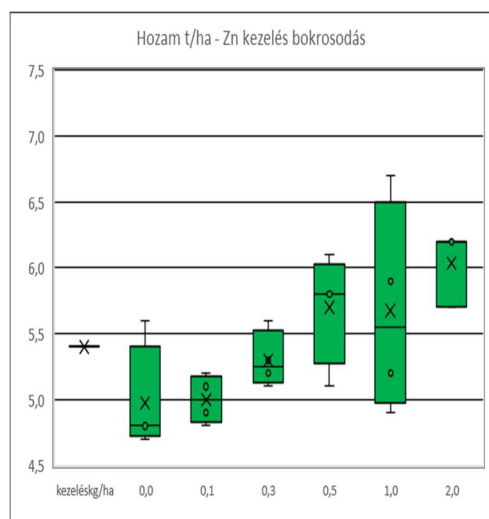
Hozam t/ha							
kezeléskg/ha	virágzás	átlag	szórás	Cv%	max	min	terjedelem
<b>kontroll</b>	5,4	5,1	0,38	7%	5,6	4,7	0,9
	4,8						
	5,6						
	4,7						
<b>Zn 0,1</b>	5,3	5,2	0,22	4%	5,5	4,9	0,6
	4,9						
	5,1						
	5,5						
<b>Zn 0,3</b>	5,8	6,2	0,43	7%	6,7	5,7	1,0
	6,5						
	5,7						
	6,7						
<b>Zn 0,5</b>	7,3	6,8	0,49	7%	7,31	6,2	1,1
	6,5						
	7,3						
	6,2						
<b>Zn 1,0</b>	7,1	6,8	0,60	9%	7,4	5,8	1,6
	5,8						
	6,7						
	7,4						
<b>Zn 2,0</b>	6,9	6,2	0,71	11%	6,9	5,2	1,7
	5,8						
	5,2						
	6,8						



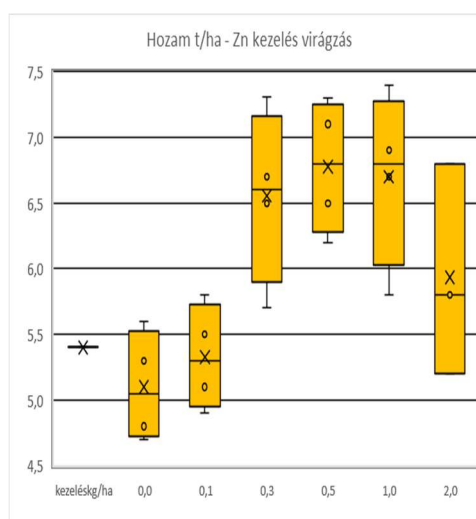
9. ábra: Cink kezelés virágzáskor

Cink hatóanyag esetén az egyes kezelés-nagyságokhoz tartozó adatokból kiszámolt variációs koefficiens értéke 10% alatti (az egyetlen nagyobb érték is alig haladja meg ezt a határt), ezért a mért adatok kezelésenként homogén sokaságnak tekinthetők. Így megállapítható, hogy a hozamokra az egyéb tényezők jelentősen eltérő hatást nem gyakoroltak, a kezelésenkénti adatok jellemzésére a számtani átlag használható.

Ezt szemlélteti a sodrófa diagram is: a medián és az átlag között nincs lényeges különbség egyik esetben sem. (ábra jelölései: X átlag, – medián)



10. ábra: Cink kezelés bokrosodáskor



11. ábra: Cink kezelés virágzáskor

További bonyolultabb elemzési módszerek alkalmazása előtt érdemes a legegyszerűbb módon a hozamnál a kontroll átlagához viszonyított kezelt átlagok arányát megnézni.

Réztartalmú kezelés esetén – egy esetet kivéve – a hatóanyag bokrosodáskori és virágzáskori alkalmazása hozamnövekedéssel járt.

6. táblázat: Réztartalmú kezelésnél a kezelés utáni és a kontroll hozam aránya

kezeléskg/ha	Hozam t/ha	
	bokrosodás	arány %
kontroll	5,15	100%
Cu 0,1	5,25	102%
Cu 0,3	5,50	107%
Cu 0,5	5,55	108%
Cu 1,0	6,03	117%
Cu 2,0	6,15	119%

kezeléskg/ha	Hozam t/ha	
	virágzás	arány %
kontroll	5,15	100%
Cu 0,1	5,05	98%
Cu 0,3	5,48	106%
Cu 0,5	6,15	119%
Cu 1,0	5,88	114%
Cu 2,0	5,65	110%

Cinktartalmú kezelés esetén is – egy esetet kivéve – a hatóanyag alkalmazása hozamnövekedést eredményezett.



7. táblázat: Cinktartalmú kezelésknél a kezelés utáni és a kontroll hozam aránya

kezeléskg/ha	Hozam t/ha		kezeléskg/ha	Hozam t/ha	
	bokrosodás	arány %		virágzás	arány %
kontroll	5,13	100%	kontroll	5,13	100%
Zn 0,1	5,00	98%	Zn 0,1	5,20	101%
Zn 0,3	5,10	100%	Zn 0,3	6,18	120%
Zn 0,5	5,58	109%	Zn 0,5	6,83	133%
Zn 1,0	5,98	117%	Zn 1,0	6,75	132%
Zn 2,0	5,75	112%	Zn 2,0	6,18	120%

A táblázatok arány adataiból látható, hogy a mikroelem trágyák általában növelik a hozamot.

Termelés elemzésénél szokásos megnézni a gazdálkodás hatásfokát. Ez a hatékonyság, azaz az eredmények (output) és ráfordítások (input) hányadosa. A természetes hatékonyság a hozam és a természetes mértékegységben kifejezett ráfordítás vagy erőforrás hányadosa.

(Ha pénzürtékben van kifejezve az eredmény és a ráfordítás legalább valamelyike, akkor ez az ökonómiai hatékonyság - inkább az azonos nagyságrendű értékeknél célszerű vizsgálni.)

8. táblázat: Naturális hatékonyság réznél

kezelés kg/ha	bokrosodás		kezelés kg/ha	virágzás	
	Hozam t/ha	hányados t/kg		Hozam t/ha	hányados t/kg
kontroll	5,15		kontroll	5,15	
Cu 0,1	5,25	1,0	Cu 0,1	5,05	-1,0
Cu 0,3	5,50	1,2	Cu 0,3	5,48	1,1
Cu 0,5	5,55	0,8	Cu 0,5	6,15	2,0
Cu 1,0	6,03	0,9	Cu 1,0	5,88	0,7
Cu 2,0	6,15	0,5	Cu 2,0	5,65	0,3

9. táblázat: Naturális hatékonyság cinknél

bokrosodás		
kezelés kg/ha	Hozam t/ha	hányados t/kg
kontroll	5,13	
Cu 0,1	5,00	1,0
Cu 0,3	5,10	1,2
Cu 0,5	5,58	0,8
Cu 1,0	5,98	0,9
Cu 2,0	5,75	0,5

virágzás		
kezelés kg/ha	Hozam t/ha	hányados t/kg
kontroll	5,13	
Cu 0,1	5,20	-1,0
Cu 0,3	6,18	1,1
Cu 0,5	6,83	2,0
Cu 1,0	6,75	0,7
Cu 2,0	6,18	0,3

A természetes hatékonyság hányadosai megmutatják, hogy már a kisebb adagok alkalmazása is pozitív hatású a hozamra. Normális esetben érvényesül a csökkenő hatékonyság elve, azaz a nagyobb hatóanyagtartalom kevésbé „hatékony” és ez a hatás is csak egy darabig pozitív (ezt fogja mutatni a termelési függvény másodfokú ábrája).

#### A kezelések optimális nagyságának meghatározása termelési függvények segítségével

A termelési függvény általánosságban a felhasznált erőforrások és a velük előállítható termékmennyiség közötti kapcsolatot írja le. A közgazdaságtan a termelési tényezőknek általában négy csoportját különbözteti meg: munkaerő, termelésbe bevont természeti erőforrások, tőkejavak, vállalkozói készség. Mezőgazdasági alkalmazásával az 1960-as években az Iowában levő egyetemen kezdtek foglalkozni, majd német és hazai szakirodalom is részletesen foglalkozott ezzel a kérdéssel a mezőgazdasági üzemtan kapcsán. Ezekben az alkalmazásokban leggyakrabban a parciális termelési függvényeket használják, egyetlen termelési tényező – legtöbbször a műtrágyázás - hatását vizsgálva a hozamra.

A termelési függvény kizárólag fizikai egységekben mért összefüggéseket képes bemutatni, ezért szorosan nem része az ökonómiai vizsgálatoknak, de döntő fontosságú alapadatokat szolgáltat, ezért szokás a termelési függvénynek is nevezni.

Az előállított termékmennyiségnek a termelési tényezők változó ráfordításától való függését különböző feltételek között vizsgálhatjuk. Ha valamelyik termelőeszköz termésmenvelő hatásának kimutatása a cél - ebben az esetben ez a réz- és a cink mikroelemtrágya hatása a búza hozamára -, akkor kizárólag ennek a termelőeszköznek a felhasználását változtatjuk, miközben a többi tényező ráfordítását állandó szinten tartjuk. Így a termelési függvény

$$y = f(x_1|x_2, \dots, x_n), \text{ vagy röviden } y = f(x_1) = f(x).$$

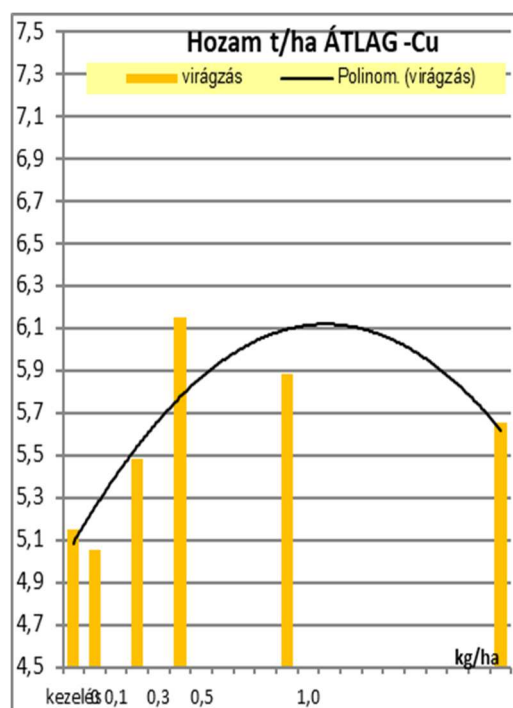
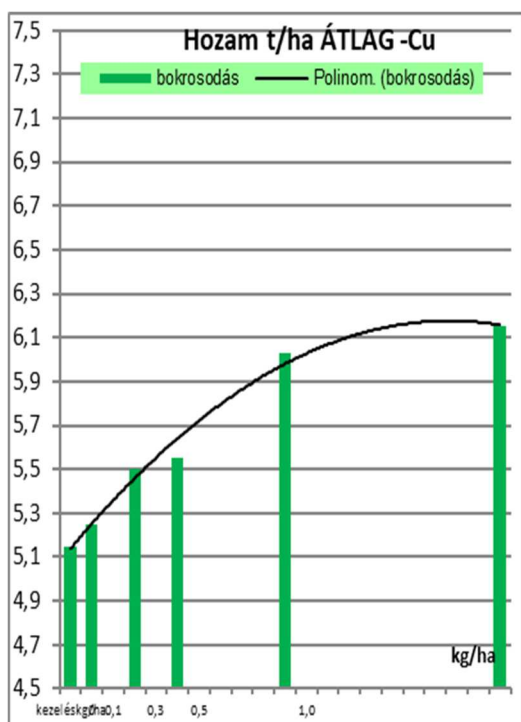
Egyetlen változó termelési ráfordítás esetén is a legkülönbözőbb kapcsolati viszony létezhet a ráfordítás és a hozam között, így a neki megfelelő lefutású termelési függvény tartozhat hozzá. A mikroelemek hatásának vizsgálatakor a hozamképzést befolyásoló többi tényező a lehetséges mértékig állandó szinten marad, akkor a hozam a maximális összhozam eléréséig növekedett, majd azután csökkent, ezért a termelési függvényt másodfokú regressziós görbe illesztésével kell közelíteni. A maximum értéke a függvény deriváltjának zérushelyén van, ami megadja a legmagasabb elérhető hozamhoz szükséges ráfordítás mértékét (az első derivált minden szélsőértéknél nullát vesz fel, ezért a maximumhoz a második derivált negatívitásának ellenőrzésére vagy a grafikus ábrázolásra is szükség van).

Esetünkben a réz és a cink mikroelemeket tartalmazó anyag különböző dózisanagyságának hatását szükséges nézni a mért átlagos hozam adatokra. Termelési függvényként regressziós görbét kell illeszteni, mivel ez mutatja a számszerű összefüggéseket az adatok között: a hatótényező egységnyi változásának hatását az eredményváltozóra.

Szakmai tapasztalatok alapján másodfokú függvény a termelési függvény, amelynek független változója a hatótényező: az egyes dózisdagok, a függő változó a mért fajlagos hozamok átlaga.

10. táblázat: Réztartalmú kezelés

Hozam t/ha	kezeléskg/ha	kontroll	Cu 0,1	Cu 0,3	Cu 0,5	Cu 1,0	Cu 2,0
	bokrosodás	5,15	5,25	5,50	5,55	6,03	6,15
	virágzás	5,15	5,05	5,48	6,15	5,88	5,65



12. ábra: Réztartalmú kezelés

A függvényillesztés eredménye:

réz-kezelés bokrosodáskor:  $y_{\text{Cubok}} = y = -0,74x^2 + 1,75x + 5,09$

réz-kezelés virágzáskor:  $y_{\text{Cuvir}} = y = -0,33x^2 + 1,18x + 5,14$

Értelmezés: A függvény képletében a konstans tag a kezelés nélküli összes adat átlaga, ezt növeli a kezelés egységének hatására az elsőfokú tag együtthatója és csökkenti a másodfokú tag együtthatója a dózis négyzetével. Az illeszkedést jellemző determinációs együttható megmutatja, hogy a független (x) változó mennyire határozza meg a függő (y) változót és értéke minél közelebb van 1-hez, annál jobban illeszkedik a regressziós függvény az adatokhoz.

Minden esetben el kell végezni annak ellenőrzését, hogy valóban van-e kapcsolat a változók között, azaz korrelációs számítást kell végezni. A korrelációs mutatószám (abszolút) értéke minél közelebb van 1-hez, annál szorosabb az összefüggés a hatótényező és az eredményváltozó között.

A kapcsolatszorosságot nemlineáris összefüggéseknél a korrelációs index mutatja:

$$I_r = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

(ahol  $y$  az eredményváltozó,  $\hat{y}$  a függvényérték,  $\bar{y}$  az eredményváltozók átlaga).

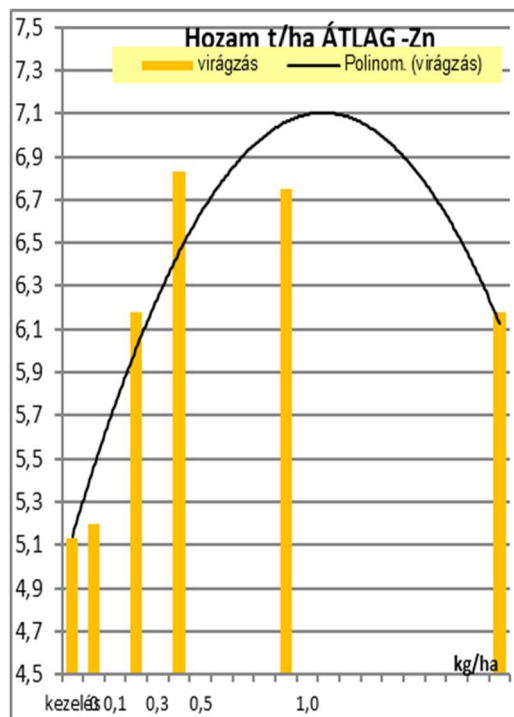
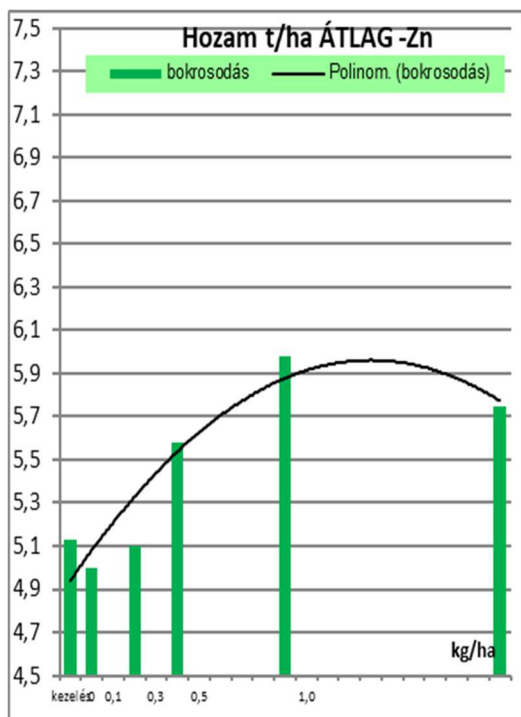
A fenti képlet alapján kiszámolva a réz-kezelés bokrosodáskori termelési függvényénél  $I_r = 0,99$ , ami nagyon szoros összefüggés.

A réz-kezelés virágzáskori termelési függvényénél  $I_r = 0,86$ , ami szintén szoros összefüggést mutat.

A tényezők közötti szoros kapcsolat alapján megállapítható hogy a termelési függvény így meghatározott képlete jól írja le a kezelés és hozam összefüggését, vagyis a további elemzésekhez felhasználható, megbízható értékeléseket ad.

11. táblázat: Cinktartalmú kezelés

Hozam t/ha	kezeléskg/ha	kontroll	Zn 0,1	Zn 0,3	Zn 0,5	Zn 1,0	Zn 2,0
	bokrosodás	5,13	5,00	5,10	5,58	5,98	5,75
	virágzás	5,13	5,20	6,18	6,83	6,75	6,18



13. ábra: Cinktartalmú kezelés

A függvényillesztést ugyanúgy kell végezni, mint réznél és az eredménye:

cink-kezelés bokrosodáskor:  $y_{Znbok} = y = -1,43x^2 + 3,35x + 5,14$

cink-kezelés virágzáskor:  $y_{Znvir} = y = -0,52x^2 + 1,46x + 4,94$

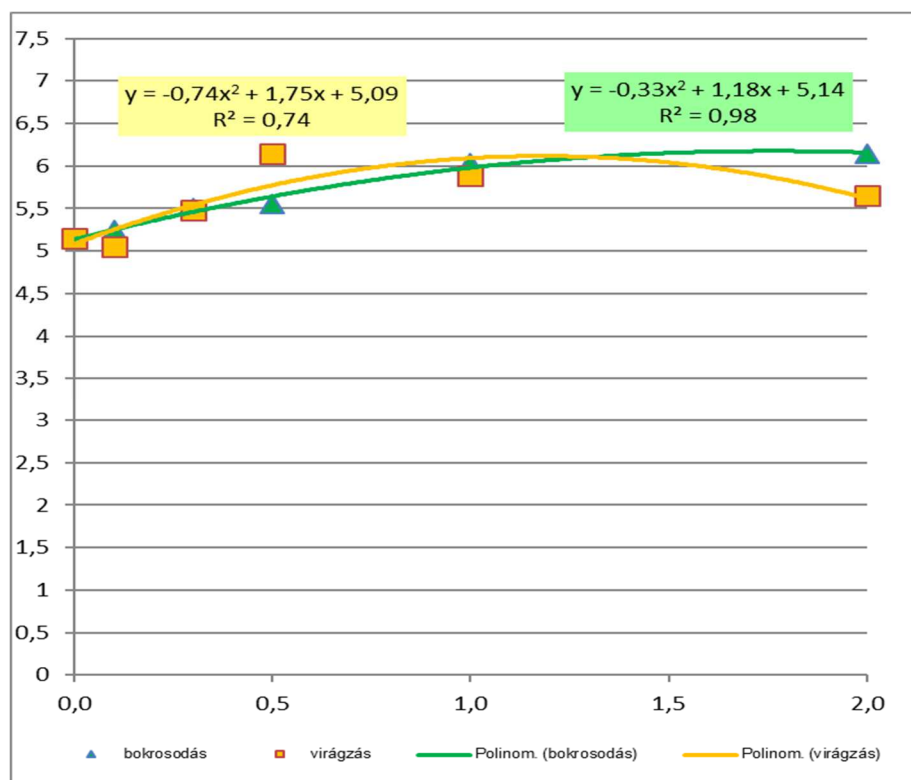
A kapcsolatszorosságot mutató korrelációs indexek  $I_r = 0,93$  bokrosodáskori és  $I_r = 0,94$  virágzáskori kezelésnél, azaz szoros az összefüggés a dózismennyiségek és a hozam mennyisége között.

## A bokrosodáskori és virágzáskori kezelések összevetése

A búzatermesztésnél javasolható mikroelemes kezelés kiválasztásához össze kell hasonlítani a különböző dózisu kezeléseket kezelőanyagokként a bokrosodáskori és virágzáskori hozamra gyakorolt optimális hatás kimutatása érdekében. Ezzel megállapítható, hogy melyik okozza a legnagyobb hozam-mennyiséget.

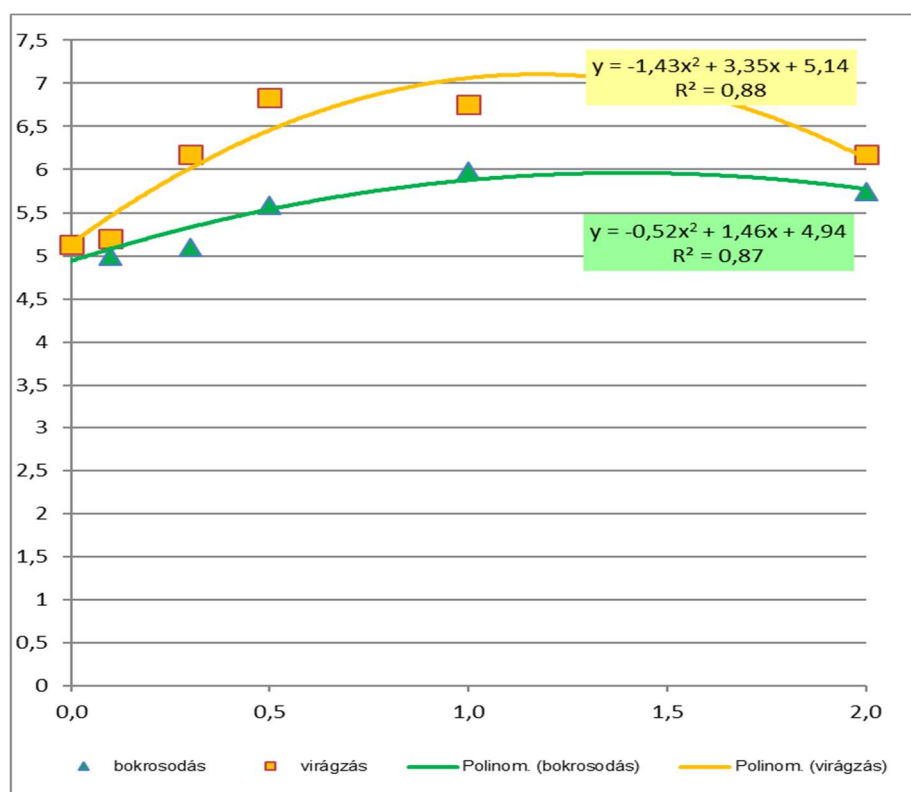
Az adatokhoz legjobban illeszkedő görbék – termelési függvények – másodfokúak, amelyeknek szélsőérték-helyeit deriválással lehet kiszámolni. A másodfokú derivált negatív értéke igazolja, hogy a szélsőérték maximum lesz.

A két fenológiai fázisban elvégzett kezeléseket az illesztett regressziós görbék ábrái is szemléltetik.



14. ábra: Réz hatóanyagú kezelések hozamalakulása

A két görbe közel azonosan alakul. A virágzáskori hozamokra illesztett parabola metszi a bokrosodáskorit (1,1 kg/ha dózissnál), a legkisebb dózishoz tartozó értéktől kezdve eddig felette, a metszéspont után alatta van. A termelési függvények deriválásával megkapjuk, hogy a maximális mennyiség eléréséhez bokrosodáskor az 1,79 kg/ha, virágzáskor 1,11 kg/ha réztartalmú kezelés szükséges. Megállapítható, hogy virágzáskor a hozam-maximum eléréséhez kevesebb mikroelem trágyára van szükség, amely gazdasági és környezetvédelmi szempontból is kedvezőbb. A vizsgált dózisok közül ezért (az 1,11-hez legközelebbi) 1 kg/ha-os réz dózissal történő virágzáskori lombtrágyázás javasolható a búza terménymennyiségének növelése céljából.



15. ábra: Cink hatóanyagú kezelések hozamalakulása

A két görbe közel azonos kezdőpontból indul, mivel itt a kezelés nélküli hozamok szerepelnek mindkét esetben. A virágzáskori hozamokra illesztett parabola a legkisebb

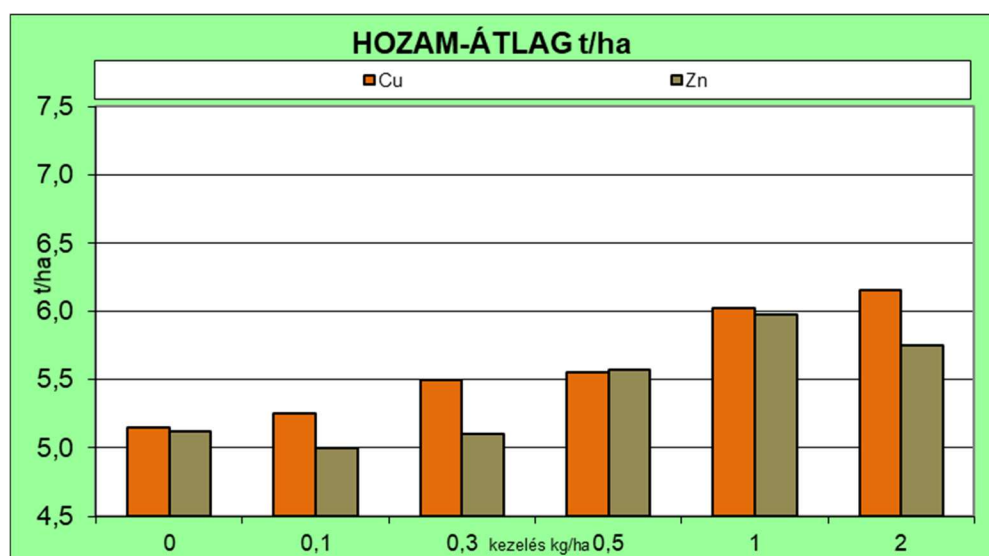


dózishoz tartozó értéktől kezdve a vizsgálati tartományban mindvégig a bokrosodáskori felett fut, azaz a termések mennyiségét összevetve a virágzáskori kezeléseknél a termés mennyisége a kezelés hatására nagyobbak adódnak.

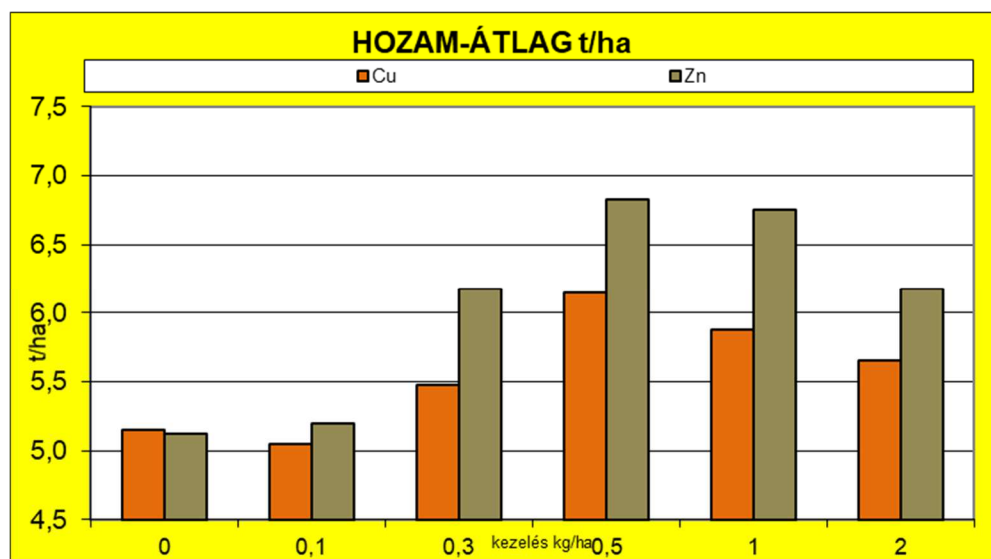
A termelési függvények deriválásával megkapjuk, hogy a maximális mennyiség eléréséhez bokrosodáskor az 1,17 kg/ha, virágzáskor 1,40kg/ha cinktartalmú kezelés szükséges. Megállapítható, hogy virágzáskor a hozam-maximum eléréséhez kevesebb mikroelem trágyára van szükség. A vizsgált dózisok közül ezért (az 1,4-hez legközelebbi) 1,5 kg/ha-os réz dózissal történő virágzáskori lombtrágyázás javasolható a búza hozam-mennyiségének növelése érdekében.

### A réz és a cink hatóanyagú kezelések összevetése

Az előzőek alapján mindkét hatóanyag esetén a virágzáskori kezelések a kedvezőbbek a hozam mennyiségének növeléséhez. Ugyanakkor egy termelő számára fontos, hogy gazdálkodási döntése előtt az alkalmazható lehetőségeket áttekinthesse. Ezért egyszerűen ábrákkal szemléltetve áttekinthető a kétféle hatóanyag hozamra gyakorolt hatása.



16. ábra: Átlaghozamok bokrosodáskori kezeléseknél



17. ábra: Átlaghozamok virágzáskori kezelések esetén

Az ábrák szintén azt erősítik meg, hogy a természnél csak a hozammennyiséget tekintve a virágzáskori kezelések kedvezőbbek, mint a bokrosodáskoriak.

### Hozam értékének változása – üzemgazdasági számítások

A búzatermesztés területén kedvező talaj- és éghajlati adottságok mellett a szakmai tapasztalatok, termesztési-nemesítési hagyományok, korszerű technikák alkalmazása a jellemző Magyarországon. A termelésben relatíve alacsony költségszinten tudunk egységnyi terméket (búzát) előállítani, ami természetes versenyképességünket adja.

A búzatermesztés üzemi megítélésének pozitív és negatív aspektusai is vannak.

Előnyös, hogy:

- jól gépesített, kevés az élőmunka igénye és kisebb a termelési költsége a többi üzemágénál,
- alacsony eszköz és pénzkötéssel termeszthető, korán beérik, így a bevétel is korán jelentkezik
- a munkacsúcsa júliusra esik, amikor a hosszabbak a napok és kedvező az időjárás
- betakarítása után lehetőség nyílik a nyári talajművelésre, talajjavításra és meliorizációra

- a többi növényhez képest kielégítő termést ad viszonylag kedvezőtlen termőhelyen is
- eszközei más üzemágakban is felhasználhatók

Hátrányos, hogy:

- a befektetett eszközök nagy értékűek: föld, gépek, egyéb eszközök
- nem kedvező a forgóeszköz-szükséglete, mert nagy része hosszú lekötési idejű
- az időjárási viszonyok nagyban befolyásolják az évenkénti termésátlagot.

Összességében a búza üzemi megítélése jónak mondható. A megfelelő fajta és technológia kiválasztásával a termés mennyisége és minősége növelhető.

A búzatermesztés ökonómiai áttekintéséhez a ráfordítások és hozamok mennyiségi számbavételén túl ezek pénzügyi vonzatait is ki kell számolni, hiszen alapvető cél, hogy a termesztés megfelelő jövedelmet biztosítson.

#### Ráfordítások értéke - Költségek

A gazdaságos termesztést leginkább alakító tényezők: termelési cél, termésátlag, értékesítési ár, gazdasági ösztönzők, technológia, ráfordítások színvonala és hatékonysága.

A mezőgazdaságra jellemző periodikus szinten jelentkező ráfordítások miatt a költségvizsgálatot két megközelítésben célszerű elvégezni. Az egyik a munkaműveletenkénti ráfordítás- és költségvizsgálat, a másik a költségnemenkénti. Mindkét megközelítés lehetőséget kínál a termelő számára, hogy a tevékenység hatékonyságáról, eredményéről tényszerű információkat szerezzen.

A munkaműveletenkénti (talaj-előkészítés, trágyázás, növényvédelem, betakarítás, szállítás) költségkalkulációból leginkább a munka szervezésének, összehangolásának hatékonyságára lehet következtetni.

A búzatermesztés költségnemenkénti vizsgálata a számviteli nyilvántartás rendszere miatt a legelterjedtebb, a részletes költségvizsgálat alapját jelenti.

Az Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) a Mezőgazdasági Számviteli Információs Hálózat (FADN) a mezőgazdasági üzemek pénzügyi-, vagyoni helyzetét felmérő Európai Unió reprezentatív információs rendszer hivatalos, kizárólagos hazai „üzemeltetőjeként” a növénytermesztés költség- és jövedelemviszonyai vizsgálatának keretében 20 költségnem

alapján végez elemzést és évente teszi közzé az országos eredményeket. A felmérés keretében külön vizsgálják az egyéni- és a társas vállalkozásokat és közlik az országos tesztüzemi átlagadatokat, valamint a piacmeghatározó gazdaságok reprezentatív adatait is. A búzatermesztés költségszerkezete alapvetően anyag-, gép- és egyéb jellegű költségeket különböztet meg.

Az összes költségen belül az anyagköltség a legnagyobb (majdnem fele), ezen belül a vetőmag, a növényvédőszer (kb. 10-10%), és a műtrágya (kb. 20%) költsége a meghatározó. A másik legjelentősebb költség a segédüzemi költség (kb. egyharmad rész), melyen tartalmazza a traktor, a kombájn, a szárító, valamint a szállítás, az amortizáció, a munkabér összegét. A közvetlen költségek az egyebekkel együtt az összköltség közel kilenctizedét teszik ki, a fennmaradó rész az általános költség. A ráfordítások növelésével nő a költség, de bizonyos határig a hozam is, és ezen keresztül a termelési érték is. A magas genetikai és gazdasági értékű fajták potenciális termőképességét a tápanyagellátással és tápanyag-visszapótlással lehet kihasználni, mert alacsony hozam esetén a jövedelem minimális lesz. A korszerű agrotechnika alkalmazása az agrárrolló nyílásával lassulhat, melyet a támogatások kompenzálhatnak.

### Árak és jövedelmek

A termékeket alapvetően értékesítés céljából állítják elő, de az elérhető árat több tényező befolyásolja. Az értékesítési ár nagysága elsősorban a piaci viszonyoktól függ, tiszta piaci verseny esetén leginkább a kereslet-kínálat alakulása befolyásolja, de a termék vagy szolgáltatás jellege, a vállalkozás piaci helyzete, mérete, illetve az ágazat nemzetgazdasági és stratégiai megítélése, a nemzetközi piaci helyzet alapján változhat.

A termelési érték **üzemi szinten a hozammennyiség és az egységár szorzata. Az mezőgazdasági termékeknél szokásos egységár többféle lehet:**

**Piaci ár:** a piacon uralkodó kereslet-kínálati viszonyok alapján kialakult értékesítési ár, amit a potenciális vásárlók ténylegesen hajlandóak kifizetni a termékért.

**Alapár:** egyes termékpálya-szabályozásokban meghatározott olyan ár, amelyhez az agrárpiaci rendtartás egyes eszközeinek alkalmazása köthető.

**Irányár:** egyes termékpálya-szabályozásokban az adott termékre előre meghatározott olyan ár, amely a piaci viszonyok függvényében a várható áringadozások centrumát jelöli, amelyhez az agrárpiaci rendtartás egyes eszközeinek alkalmazása köthető.

**Védő ár:** a társadalmilag vagy gazdaságilag kedvezőtlen piaci hatások kivédésére szolgáló, meghatározott árakat soroljuk ide.

– **Minimum ár:** az egyes termékpálya-szabályozásokban meghatározott, a felvásárló által a termelő részére fizetendő minimális átvételi ár.

– **Maximum ár:** a fogyasztók védelmét szolgáló, felülről korlátozott ár. Általában állami beavatkozás következtében kerül meghirdetésre.

– **Intervenciós felvásárlási ár:** egyes termékpálya-szabályozásokban meghatározott olyan – a termelők vonatkozásában részükre méltányos jövedelmet biztosító, előre meghirdetett – ár, amelyet ha a piaci ár elér és a külön jogszabályban meghatározott feltételek teljesülnek, akkor az állami felvásárlás megindul.

**Önköltségi ár:** belső elszámolásokban alkalmazott kalkulált ár, ennyibe kerül egy termék előállítására a termelőnek.

**Jövedelem = Termelési érték – Termelési költség**

A pozitív jövedelem a nyereség vagy profit, a negatív jövedelem veszteséget jelent.

Egy mezőgazdasági üzem teljesítményének vizsgálatokor többféle jövedelem-mutató is számolható. Ezek a következők lehetnek:

**Fajlagos jövedelem:** a termelőkapacitás egységére, a termelési tényezőre, a hozamra, a termelési érték kategóriák valamelyikének egységére vetített jövedelem

**Nettó jövedelem:** a termelési érték és a termelési költség különbsége - általánosságban minden vállalkozás jövedelemviszonyait jellemzi.

**Bruttó jövedelem:** a nettó jövedelem a személyi jellegű költségekkel növelve. Olyan kisvállalkozások jellegzetes jövedelemkategóriája, ahol a tulajdonos nem számítja fel kimutathatóan a saját munkabérét.

Fedezeti hozzájárulás: a termelési érték és a változó költség különbsége. Megmutatja, hogy az állandó költségek fedezésére mekkora érték képződik a termelés során, másfelől mennyi jövedelem marad a változó költségek kifizetése után.

Fedezeti összeg (rezsibíró képesség): a termelési értékből levonva a közvetlen költség. A közvetlen költségek kifizetése után fennmaradó jövedelem, amiből az általános költségeket („rezsit”) kell fedezni.

Üzem-működési vizsgálatoknál nézni kell a jövedelem növelésének lehetőségeit.

A racionálisan gondolkodó vállalkozó legfőbb célja jövedelmének maximalizálása. Ezt két módon érheti el: vagy növeli a termelési értéket, vagy csökkenti a termelési költségeket – egyidejűleg mindkettőt megtenni általában irreális. A költségek csökkentése a gyakorlatban kismértékben lehetséges, mert megfelelő jövedelmet adó jó minőségi hozammennyiség eléréséhez a ráfordítások csökkentése technikailag kevésbé megvalósítható, esetleg a piaci pozíciót is veszélyeztet. Ezért leggyakrabban a ráfordítások, azaz a termelési költségek olyan szintű emelésével lehet jövedelemnövekedést elérni, amely emelés mellett a termelési érték a költségnövekedést meghaladó mértékben növekszik.

Egy adott üzemnél a termelési döntéseket a fedezetre vonatkozó számítások határozzák meg: mit és mennyit termeljen, hogy a költségei megtérüljenek és jövedelme is képződjön. A vizsgált esetben eldöntött a búzatermesztés és csak a mikroelemes trágyák alkalmazásának szintje az eldöntendő kérdés a jövedelem növelése érdekében.

A mikroelemes kezelések nyereség-növelő hatásának kimutatásához kiindulási feltétel volt, hogy a búzatermesztés az adott területen gazdaságosan végezhető. A búza mikroelemes kezelése során a minőségi paraméterek javulásából eredő haszon gazdaságilag sokkal nehezebben kimutatható, mert a vizsgált területen a búza minősége kezelése nélkül is nagyon jó volt. Ezért ezeket a témákat ebben a gazdasági elemzésben nem részletezzük.

A búzatermesztő gazdálkodást végzők számára is legfontosabb cél a jövedelem növelése. Ehhez termelési ráfordításait és ezek eredményét pénzügyileg is számszerűsíteni kell, aminek

alapján racionális gazdasági döntést tudnak hozni. A döntéseknél a gazdasági előny a termelési érték növekedésével és az ehhez felhasznált ráfordításokkal mérhető.

### **A kezelések hatásának pénzügyi elemzése**

A vizsgálat fő célja a mikroelem-trágyás kezelések, mint ráfordítások hatását kimutatni a hozamra pénzértékben, azaz költség és árbevétel elemzést kell végezni.

A cél elérése érdekében csak a legfontosabbakra kell koncentrálni, ezért egyszerűsítéseket kell alkalmazni: nem egy adott üzemre vonatkoznak az adatok, hanem egy az országban átlagos búzatermelőre, a fajlagos (1 ha-ra vetített) pénzzadatokkal. Konkrét adatként szerepel a 2019. év, a réz és cink mikroelemek mennyisége, ezek ára, valamint az általuk elért hozam.

A továbbiakban a számításoknál

- termelési érték a hozam és a felvásárlási ár szorzata: ár a 2019. év KSH adata ezer forintos pontossággal,

- költség a termelési költségek összessége: alapeset a kontroll, azaz kezelés nélküli terület termelési költsége, amihez hozzáadódik a kezelések miatti költség: a mikroelem trágyával való kezelés költsége megnövelve a hozamnövekedésből adódó egyéb költségekkel (pl. a plusz-hozam szállítása, szárítása, stb. - ami az üzemgazdasági elemzések szerint az összes költség kb.3%-a)

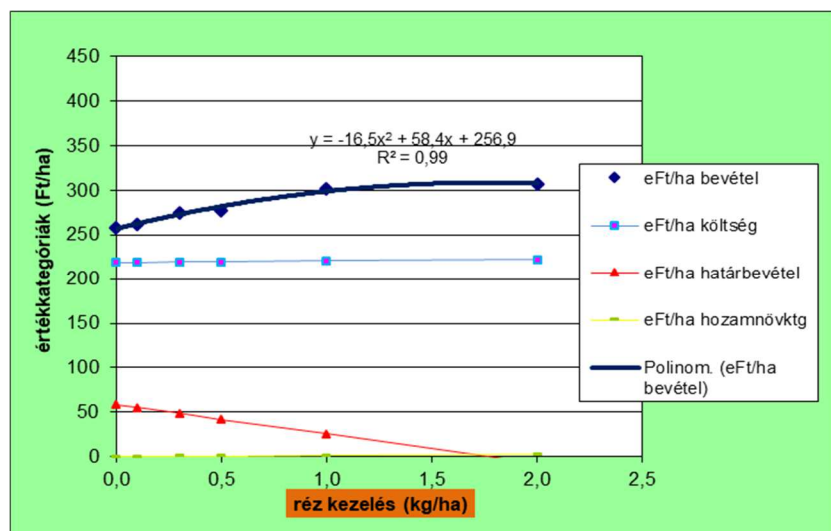
A kezelés költsége mikroelem trágyánként az anyagköltség 1 kg/ha dózisonál réz esetén 1,260 eFt/ha, cink esetén 2,240 eFt/ha és a kezelés elvégzésének költsége. A bokrosodáskori kezelésnél nincs külön költség, mert az ilyenkor esedékes növényvédelmi munkálatok során a többi vegyszerrel együtt kijuttathatók az anyagok, külön költség csak a virágzáskori kezelésnél jelentkezik, ami 5 eFt/ha-ral megnöveli a dózisonkénti kezelési költséget.

Az így számított bevételeket, költségeket, ezek különbségeként kapott nyereségeket a táblázatok mutatják. A részletes elemzéseket a bevétel és a nyereség hatóanyag-mennyiséggel való összefüggését mutató függvények segítségével lehet elvégezni, ami megadja az optimális hatóanyagfelhasználást is. A módszer ugyanaz, mint a termelési függvényeknél: az adatokhoz

legjobban illeszkedő regressziós függvény meghatározása után deriválással a maximális értéket megadó kezelésmennyiség megkapható. Előnyös, hogy a függvény grafikus ábrázolásával szemléletessé lehet tenni a vizsgált értékeket és eredményeket.

12. táblázat: Réz – bokrosodáskor

Dózis (kg/ha)	eFt/ha bevétel	eFt/ha költség	eFt/ha nyereség
Cu 0,0	257,5	218,9	38,6
Cu 0,1	262,5	219,1	43,4
Cu 0,3	275,0	219,7	55,3
Cu 0,5	277,5	220,0	57,5
Cu 1,0	301,3	221,3	80,0
Cu 2,0	307,5	222,7	84,8



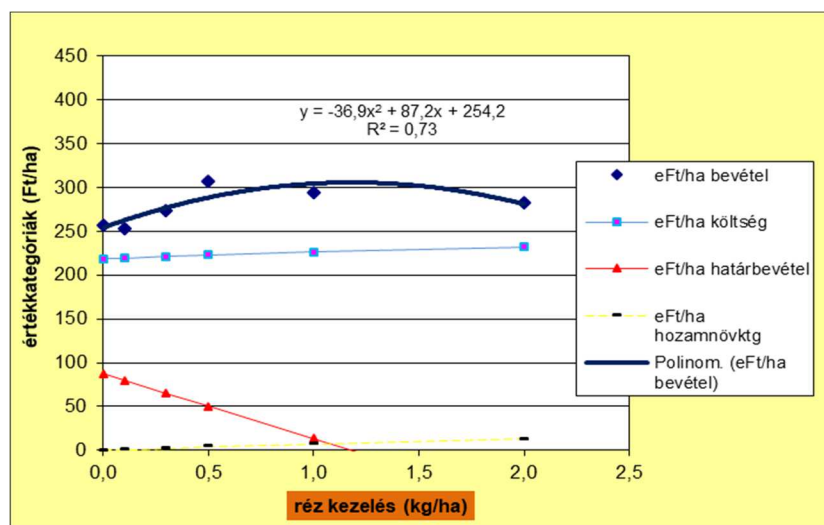
18. ábra: Réz – bokrosodáskor

A réz mikroelemes kezelés bokrosodáskor a legnagyobb bevételt az 1,77-es dózisonál éri el, itt a bevételmaximum 308,6 ezer forint tonnánként. Gyakorlati megvalósításnál ez a 2 kg/ha dózisú réztartalmú trágya használatát jelent. Ekkor a nyereség a táblázat alapján 84,2 eFt/t lesz. Ezzel a kezeletlen természettséghez képest bevétele 20%-os, nyeresége több, mint kétszeres növekedést ér el.



13. táblázat: Réz – virágzáskor

Dózis (kg/ha)	eFt/ha bevétel	eFt/ha költség	eFt/ha nyereség
Cu 0,0	257,5	218,9	38,6
Cu 0,1	252,5	219,4	33,1
Cu 0,3	273,8	221,2	52,6
Cu 0,5	307,5	223,3	84,2
Cu 1,0	293,8	226,1	67,7
Cu 2,0	282,5	232,0	50,5



19. ábra: Réz – virágzáskor

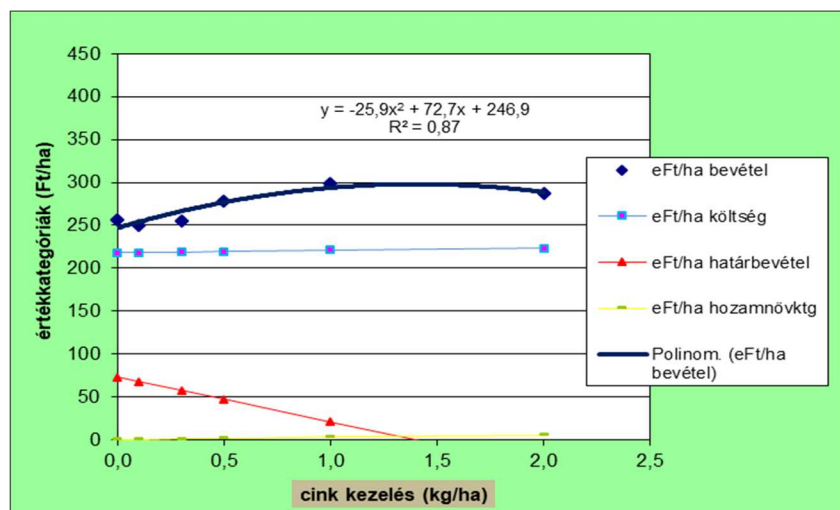
A réz mikroelemes kezelés virágzáskor a legnagyobb bevételt az 1,18-as dózisonál adja, itt a bevételmaximum 305,7 ezer forint tonnánként. Gyakorlati megvalósításnál ez az 1 kg/ha dózisu réztartalmú trágya használatát jelent. Ekkor a nyereség a táblázat alapján 67,7 eFt/t lesz, ami alacsonyabb a 0,5 kg/ha kezelésnél levő 84,2 eFt/t nyereségnél. Ez már megköveteli a termelő döntését: a termelési érték azaz a hozam, vagy a nyereségnövelés a prioritása. Az 1 kg/ha dózisu kezelésnél a bevétele 14%-kal, nyeresége 18%-kal nő. A 0,5 kg/ha-os kezelésnél ugyanezek az arányok 19% ill. 129% növekedés.

Ez rávilágít a pénzügyi döntéshozatal sarkalatos problémájára: az időtényező fontos szerepére. A termelőnek a jelenben kell meghozni a jövőt meghatározó döntést, ami a

növénytermesztésben 1 éves elhatározódást jelent. Ha a nyereség növelése mellett dönt, akkor ez inkább a biztos jövedelem nagyságára irányul. Ha árbevételét maximalizálja, ami a hozam növelése melletti döntés, akkor a több termékkel a későbbi árnövekedést is könnyebben kihasználhatja. Ezen szempontok figyelembe vételével javasolható az 1 kg/ha dózisú kezelés.

14. táblázat: Cink – bokrosodáskor

Dózis (kg/ha)	eFt/ha bevétel	eFt/ha költség	eFt/ha nyereség
Zn 0,0	256,3	217,9	38,4
Zn 0,1	250,0	217,9	32,1
Zn 0,3	255,0	218,5	36,5
Zn 0,5	278,8	219,5	59,2
Zn 1,0	298,8	221,2	77,6
Zn 2,0	287,5	223,1	64,4

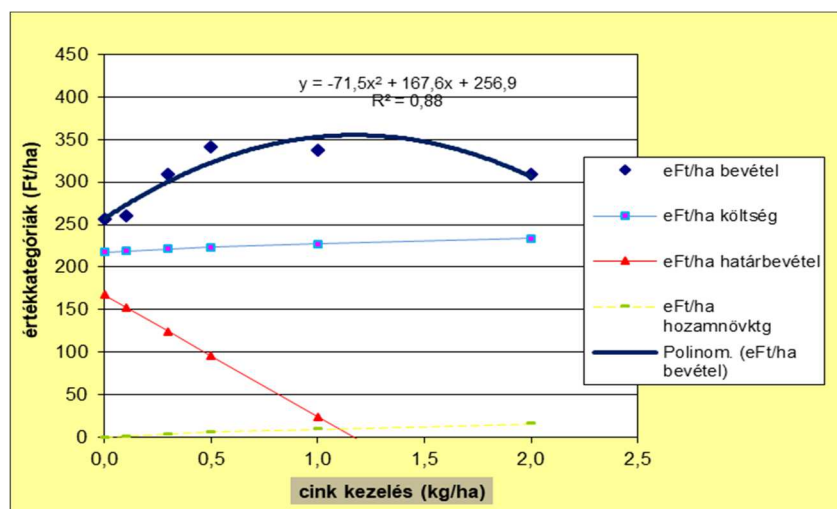


20. ábra: Cink – bokrosodáskor

A cink mikroelemes kezelés bokrosodáskor a legnagyobb bevételt az 1,40-es dózisinál éri el, itt a bevételmaximum 297,9 ezer forint tonnánként. Az előzőekben leírt döntéshozatali megfontolások alapján a gyakorlatban javasolható az 1 kg/ha dózisú cinktartalmú trágya használata. Ekkor a nyereség a táblázat alapján 77,6 eFt/t lesz. Ezzel a kezeletlen termesztéshez képest bevétele 16%-os, nyeresége kétszeres növekedést ér el.

15. táblázat: Cink – virágzáskor

Dózis (kg/ha)	eFt/ha bevétel	eFt/ha költség	eFt/ha nyereség
Zn 0,0	256,3	217,9	38,4
Zn 0,1	260,0	218,7	41,3
Zn 0,3	308,8	221,4	87,4
Zn 0,5	341,4	223,6	117,7
Zn 1,0	337,5	227,2	110,3
Zn 2,0	308,8	233,7	75,1



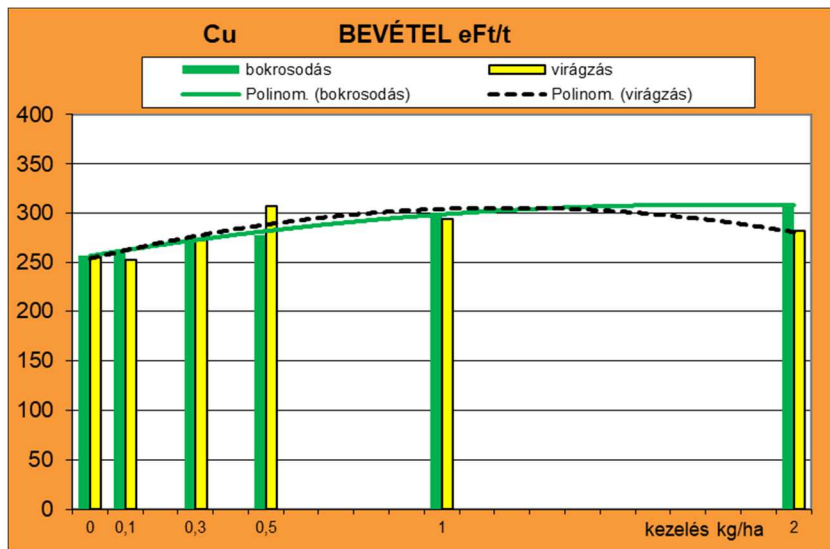
21. ábra: Cink – virágzáskor

A cink mikroelemes kezelés virágzáskor a legnagyobb bevételt az 1,17-es dózissal éri el, itt a bevételmaximum 354,6 ezer forint tonnánként. A gyakorlatban ez 1 kg/ha dózisú cinktartalmú trágya használatát jelenti, a nyereség a táblázat alapján 110,3 eFt/t lesz, ami nagyon kicsit tér el az elérhető maximális nyereségtől, ezért ez jó választás. Ezzel a kezeletlen termesztéshez képest bevétele 30%-os, nyeresége majdnem háromszoros növekedést ér el.

### A bokrosodáskori és virágzás kori kezelések összevetése mikroelemenként

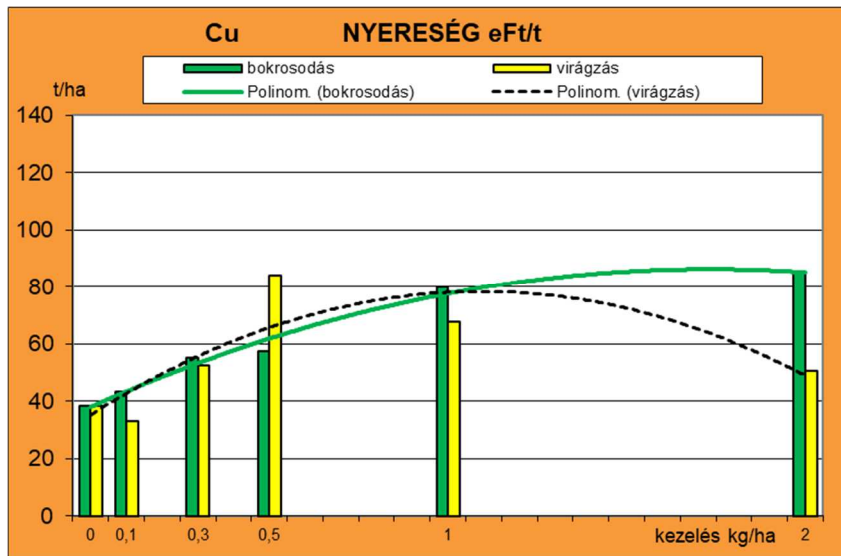
A bokrosodáskori és virágzás kori kezelések eredményeit kell összevetni: a bevételnél, ami a termelés mennyiségi eredményét is mutatja és a nyereségnél, ami a jövedelmet adja.

A bevételek és a nyereségek értékeinek közelítésére a másodfokú regressziós függvények alkalmasak (illeszkedésük szoros az adatokhoz, amit  $R^2$  értékük mutat). A grafikus ábrázolás jól szemlélteti mindazt, amit az előző külön-külön elemzések adatainak összehasonlításából következnek.



22. ábra: Rézkezelés hatása a bevételre

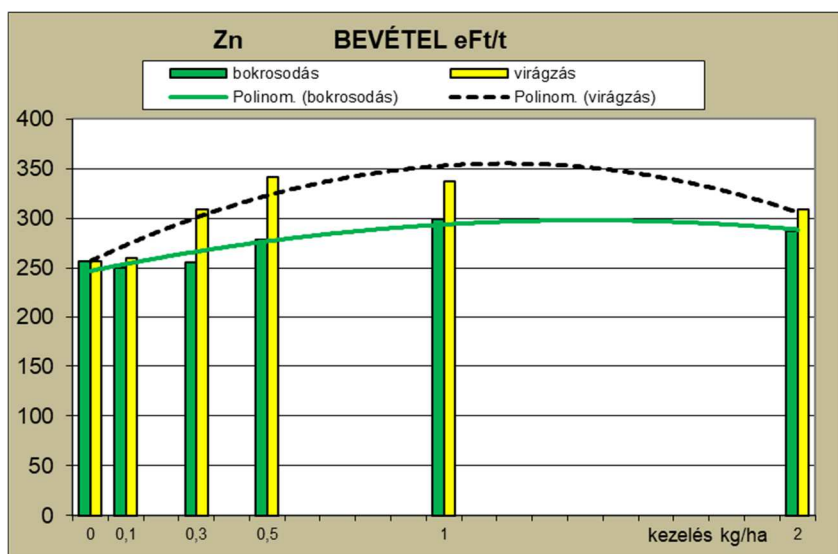
A bevételek alakulásából látható, hogy az eltérő fenológiai fázisban végzett kezelések közel hasonló eredményt mutatnak. Mindkét esetben az 1 - 2 kg/ha réz dózisú anyag a leginkább bevételnövelő hatású.



23. ábra: Rézkezelés hatása a nyereségre

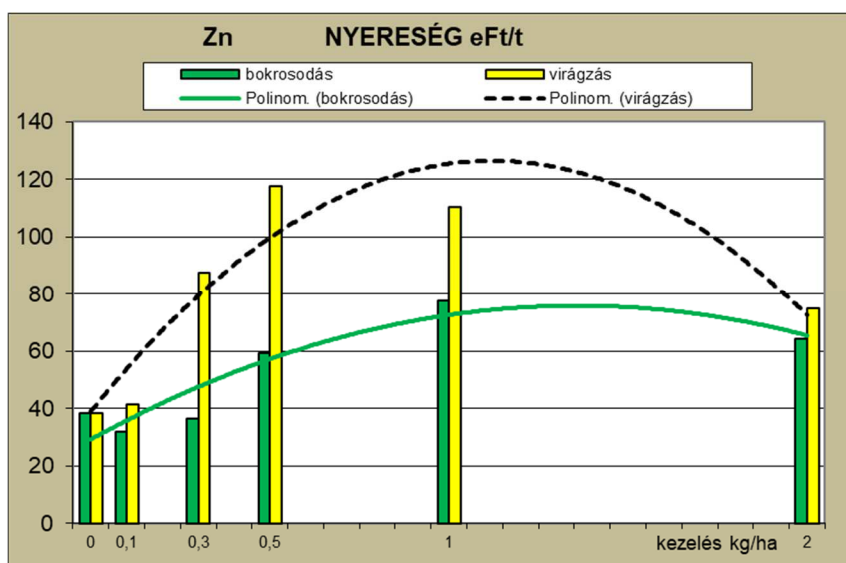
A nyereséget ábrázoló két parabola a vizsgált tartomány elején közel azonos értéket vesz fel, a maximumértékek 80 eFt/t körüliek. A görbék közül a bokrosodáskori kezelést leíró fut meredekebben, ennél a nyereség maximuma a legnagyobb dózisú kezelésnél várható. A virágzáskori kezelésnél kisebb hatóanyagtartalomnál éri el a nyereség maximumát és ez egy plusz trágyázási műveletet is kíván.

Összességében megállapítható, hogy pénzügyileg lényeges különbség nincs a két fenológiai fázisban végzett kezelés hatása között, azaz a termelő döntése, hogy melyiket választja. A réz mikroelemes kezelés mindenképpen pozitív hatású a gazdálkodásra.



24. ábra: Cink kezelés hatása a bevételre

Mindkét esetben az 1 kg/ha-nál nagyobb cink hatóanyag a leginkább bevételnövelő hatású. A grafikon alakulásából is látható, hogy a virágzaskori kezelésekre már kisebb dózisoknál is jobban növelik a bevételt, ezért ennek alkalmazása javasolható.

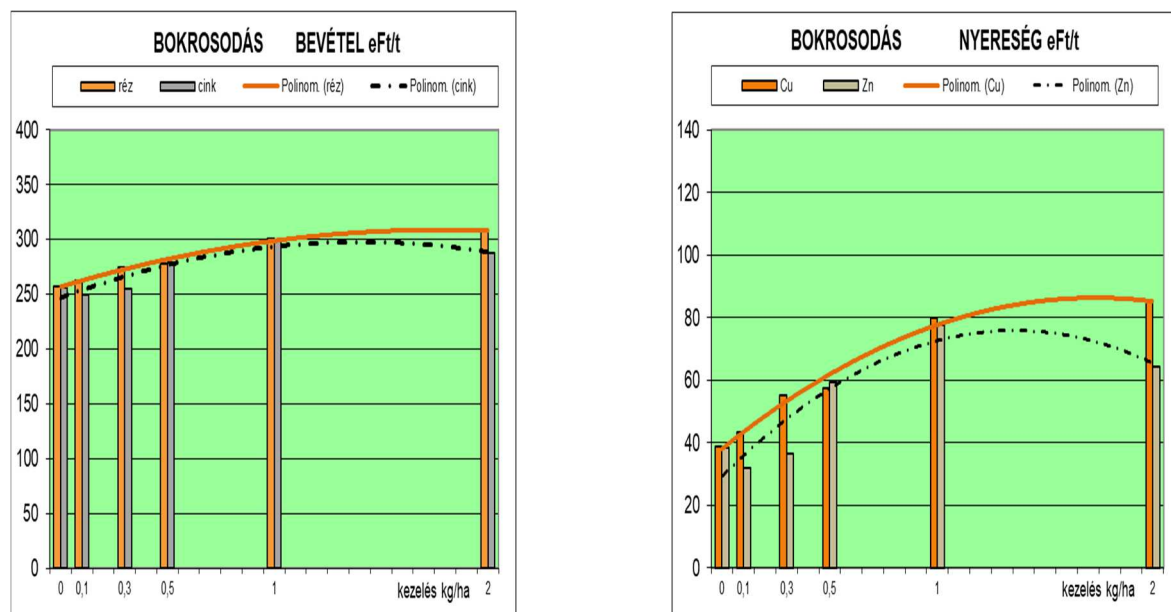


25. ábra: Cink kezelés hatása a nyereségre

A bokrosodáskori és virágzáskori kezelés közül ez utóbbi hozza a magasabb hasznot. A görbék közül a virágzáskori kezelést leíró fut meredekebben, tehát ennél lesz a nyereségek értéke hamarabb nagyobb, és a maximum érték is jelentősen több.

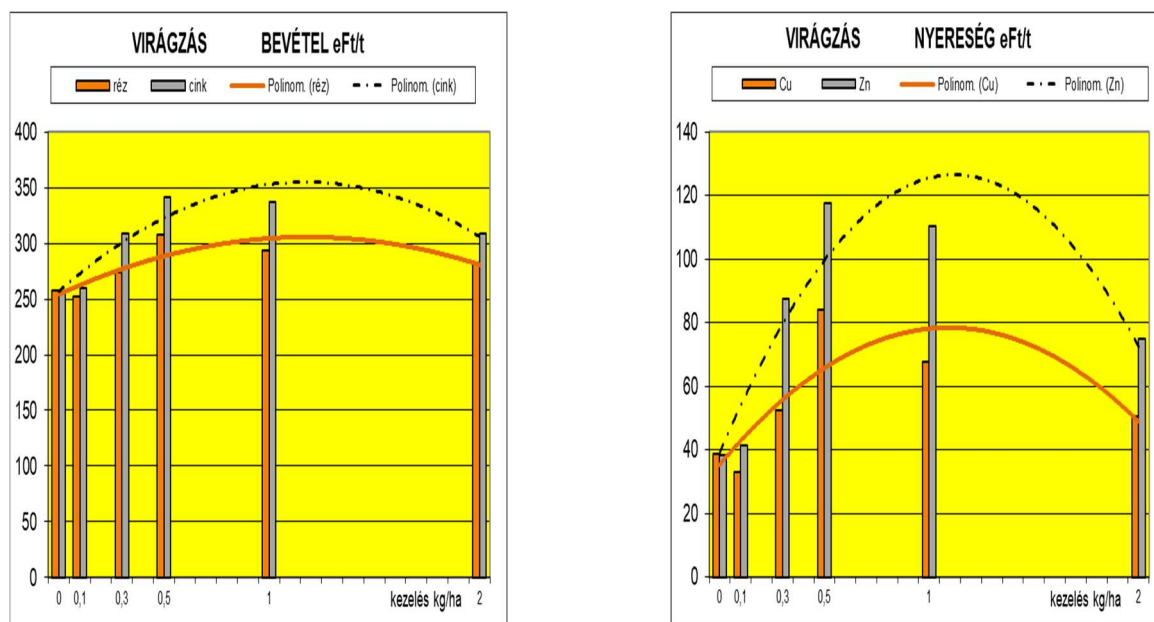
### Réz és cink kezelések összevetése fenológiai fázisonként

A táblázatokban szereplő számított adatok grafikus ábrázolása szemléletesen mutatja az egyes mikroelemes kezelések hatását a bevételre és a nyereségre.



26. ábra: Réz és cink bokrosodáskori kezelések pénzügyi hatása

Az ábrákból egyértelműen látszik, hogy bokrosodáskori kezelésnél szinte nincs eltérés a bevételben, míg a nyereség esetén a réz hatóanyag kedvezőbb hatása látható. A termelő számára az a racionális döntés, hogy nyereségnövelés céljából a réztartalmú anyag használatát válassza.



27. ábra: Réz és cink virágzáskori kezelések pénzügyi hatása

A virágzáskori kezeléseknél már jelentősebb az eltérés a két anyag esetén. Mindkét pénzügyi eredménymutató cink-kezelés esetén nagyobb értékű, a növekedése erőteljes 1kg/ha dóziséig, utána is javít a kontrollhoz képest, de csökkenő jelleggel. A termelő számára ez azt jelenti, hogy virágzáskori kezelést cinktartalmú anyaggal célszerű végezni.

## Összefoglalás

A búza vizsgálatát a nemzetközi és hazai piaci szerepének áttekintése alapozta meg a mennyiségi és értékadatok bemutatásával.

A búza termesztését, mint gazdasági tevékenységet a "legkisebb ráfordítással legnagyobb haszon" elvének megfelelően kell végezni.

Ehhez részletes üzemgazdasági vizsgálatokkal sikerült áttekinteni a réz és cink hatóanyagok hatását a búzatermesztés eredmény-tényezőire.

Réz és cink mikroelem trágya esetén a bokrosodáskor és a virágzáskor végzett kezelések során is 0,1, 0,3, 0,5, 1,0 és 2,0 kg/ha réz dózist került kijuttatásra és maradt kezeletlen kontrol terület



is. A korábbi széleskörű vizsgálatok megállapították varianciaanalízissel a kezelések hatékonyságát, ezért egyetlen adatszoporton be lehet mutatni a kezelések hozamra gyakorolt hatását és ennek gazdasági vonatkozásait. A hozamok kezeléstől való függését leíró termelési függvény segítségével meghatározható volt az optimális ráfordítási dózisszint és az elérhető optimális hozam. Az elemzés eredményei azt mutatták, hogy réz és cink esetén is 1 kg/ha-nál nagyobb dózisok a leghatásosabbak, a virágzaskori kezelések magasabb hozamot adnak, mint a bokrosodáskoriak. A két hatóanyag közül bokrosodáskori kezelés közel azonos hatású, míg virágzaskori kezelésnél a cink mikroelem erőteljesebb hozamnövekedést okozott.

A bevételek, kiadások és az ezekből számított nyereség alapján elmondható, hogy a haszon mértéke mindkét mikroelem hatására megnövekedett. Az emelkedés mértéke a bokrosodáskori kezelésnél is érzékelhető, de közel azonos réz és cink dózisok esetén. A virágzaskor ezek az értékek magasabbak a bevételnél és a nyereségnél is – a hozammennyiséghez hasonlóan a cink hatása erőteljesebb volt (itt a búzaminőség jellemzői nem kerültek elemzésre)

A termesztés során a kezeléseknél a fenológiai fázisok közötti döntésnél a virágzaskori kijuttatás mellett szól az anyagtakarékosság, valamint a nagyobb hozamnövelő hatás, a bokrosodáskori kijuttatás mellett pedig a kevesebb munkamenet, ugyanis ilyenkor a kezelés elvégezhető a növényvédelmi munkálatokkal együtt. Összességében a hozam és gazdasági vizsgálati eredmények alapján a réz és cink mikroelemtrágyák használata kezelés javasolható, az alkalmazott anyag és fenológiai fázis eldöntése a gazdálkodó feladata marad a saját prioritásainak figyelembevételével.

## **Szakirodalom**

### **könyvek**

Samuelson P A – Nordhaus N D (1987): Közgazdaságtan. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest

Szűcs I. szerk. (2002): Alkalmazott statisztika Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest.

Steinhaus, H – Langbehn, C – Peters, U (1984): Bevezetés a mezőgazdasági üzemgazdaságtanba. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Nábrádi A - Púpos T - Takácsné Gy K (2008): Üzemtan I. Szaktudás Kiadó, Budapest

Pfau E - Széles Gy (2001): Mezőgazdasági üzemtan II. Szaktudás Kiadó, Budapest

Magda S (2003): A növénytermesztés szervezése és ökonómiája. Szaktudás Kiadó, Budapest

### **szakcikkek**

Réder O – Csatai R – Szakál P (2005): Az őszi búza réz-tetramin-hidroxid komplexes kezelésének gazdasági vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis 47/1.

Salamon L. (2004): A jövedelmezőség-versenyképesség ökonómiai feltételei a búza- és kukoricatermesztésben. Agro Napló, Zsigmond Kft., Pécs, 2004/7.

Nábrádi A (2005): A gazdasági hatékonyság értelmezése napjaink mezőgazdaságában. (A mezőgazdaság tökeszükséglete és hatékonysága. szerk. Jávora A) Debreceni Egyetem

### **elektronikus adatforrások**

Központi Statisztikai Hivatal adatbázisai és elemzései ([ksh.hu](http://ksh.hu))

Agrárgazdasági Kutató Intézet adatbázisai és repozitóriuma ([aki.gov.hu](http://aki.gov.hu))

Budapesti Értéktőzsde – búzaárak ([bet.hu](http://bet.hu))

Nemzeti Agrárgazdasági Kamara ([nak.hu](http://nak.hu))

Agrofórum Kiadó ([agroforum.hu/agrarhirek](http://agroforum.hu/agrarhirek))

**Mezőgazdasági felhasználás céljából a vizek, öntözővizek lehetséges fertőzést okozható kórokozók vizsgálata, melyek kihathatnak a biztonságos mezőgazdasági termelés feltételeinek megvalósulására. Szennyeződést okozó hormonok előfordulási lehetőségei és hatásainak vizsgálata.**

**Dr. Plutzer Judit**

Széchenyi István Egyetem, Víz és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár  
Nemzeti Népegészségügyi Központ, Közegészségügyi Főosztály, Budapest

### **Összefoglaló**

A nagyüzemi állattartó telepek létesítésével párhuzamosan új melléktermék, a hígtrágya jelent meg a mezőgazdaságban. Szántóföldi felhasználása jó megoldás ettől a mellékterméktől megszabaduláshoz szándékozó gazdálkodók számára és hasznos a mezőgazdasági földtulajdonosoknak is, mivel biztosítja a tápanyag utánpótlást. A hígtrágya-felhasználás engedélyezési eljárása során a tápanyagtartalmát, oldott sóit és egyéb elemeit (pl. fémeket) mérik, de nem tartalmaz sem ökotoxikológiai, sem parazitológiai vizsgálatokat és a hormonhatású anyagok jelenlétének, mennyiségének vizsgálatát sem. Kevés az információ arról is, vajon a hígtrágyakezelés milyen hatással van a fenti összetevőkre. A szakirodalmi adatok alátámasztják, hogy a paraziták gyakran a hígtrágyakezelési procedúrát is túlélnek, viszont a hosszabb, 90 napos tárolás vagy ammóniaadagolás kedvező lehet az inaktiválásukat tekintve. A szilárd alkotók nélküli, folyékony frakció kijuttatásával a paraziták cisztái könnyebben bejutnak a talaj mélyebb rétegeibe, majd onnan a talajvízbe kerülhetnek. A hígtrágya az egyik legfőbb forrása a szántóföldre kerülő természetes hormonoknak és a hormonhatású anyagoknak is, melyek a talajon majd a takarmánynövényeken keresztül az élelmiszerláncba jutnak. Az iszapfrakció elkülönítésével nagymértékben csökkenthetjük a hormonhatást. A laboratóriumi körülmények közt elvégzett csíranövény teszt elősegíti a

hígtrágya gazdaságos alkalmazását a tudatos gazdák számára. Az általa kapott eredmények ismeretében lehetséges minimalizálni, kezelni, figyelemmel kísérni és ellenőrizni olyan nem kívánatos események valószínűségét vagy hatását, mint például a rossz csírázás és a növények növekedésére gyakorolt negatív hatás.

**Kulcsszavak: hígtrágya, paraziták, toxikológia, hormonhatású anyagok**

### **Abstract**

In parallel with the establishment of large-scale livestock farms, a new by-product, slurry, appeared in the agriculture. Field use is a good solution for farming that seeks to get rid of by-products and is beneficial to agricultural landowners as it provides nutrient replenishment. During the authorization procedures for the use of the slurry, the nutrient content, dissolved salts and other elements (eg. metals) are measured, but the authorization does not include either ecotoxicological or parasitological studies or the quantification of hormonal substances. There is also little information on the effect of slurry treatment on the above ingredients. Data from the literature support that parasites are often survivors of slurry treatment processes, however 90 days of storage or ammonia dosing may contribute to their inactivation. By applying the liquid fraction of slurry without solid constituents, parasites more easily transferred to the deeper layer of the soil and then to the groundwater. Slurry is one of the main sources of natural hormones and hormonal substances in the field, which enter the food chain through the soil and then through fodder plants. Its hormone content can be greatly reduced by separating the sludge fraction. A seedling test (phytotox test) performed under laboratory conditions facilitates the application of slurry to conscious farmers. With the knowledge of test results, it is possible to minimize, treat, monitor or control adverse events such as poor germination and plant growth.

**Keywords: slurry, parasites, toxicology, endocrine disrupting chemicals**

## **A minőségi élelmiszer előállításának feltételei**

Az élelmiszerbiztonság kérdése világszerte az érdeklődés központjába került. Természetes elvárás, hogy az elfogyasztott élelmiszer ne tartalmazzon egészségre ártalmas anyagokat, hanem támogassa a szervezet működését. Az egészségtudatos emberek jelentős részét aggasztják az élelmiszerekben esetlegesen megtalálható kórokozók és vegyi anyagok, beleértve a növényvédőszer-, állatgyógyszer-maradékokat, az elszennyeződött környezetből bekerülő vegyszereket. A fejlettebb országok magas színvonalú higiéniai viszonyai között is nagy számban vannak élelmiszer eredetű, kórokozó baktériumok, vírusok és paraziták okozta megbetegedések, növekszik a mikotoxinok és különböző vegyi anyagok okozta élelmiszerbiztonsági veszély (WHO 2021).

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely mindig megújulni képes. Ha védjük az elsavasodástól, a pusztulástól, fenntartjuk a benne élő és mikro- és makro-életközösséget, megőrizzük szerkezetét, pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a rajta termesztett egészséges élelmet. A rendszeres, okszerű talajművelési eljárások talajművelési rendszereket alkotnak. Ezek célja, hogy a talaj termőképességét megőrizzük, illetve javítsuk. A termőképességet fokozhatjuk úgy, ha a javítjuk a talaj fizikai tulajdonságait (pl. megfelelő hézagterefogat kialakítása), javítjuk a kémiai jellemzőket (pl. trágyázás) vagy a vízkészletet pótoljuk (pl. öntözés). A talaj tápanyagtartalmát növelő anyagokat összefoglalóan trágyának nevezzük. A mezőgazdaság fejlődése során számtalan anyagot használhatunk trágyázásra, talajjavításra (Szarka 2008).

## **A hígtrágya keletkezése és felhasználása**

A hígtrágya az almozás nélküli állattartás folyékony halmazállapotú mellékterméke, amely állati bélsárból, vizeletből, elcsurgó ivó- és technológiai vízből, valamint kis mennyiségben egyéb hulladékanyagokból áll. Kémiai szempontból bonyolult kolloid rendszer, illetve

koncentrált szuszpenzió; összetétele nagymértékben függ az állat fajától, nemétől, korától, a takarmány összetételétől, minőségétől, az ivóvíz mennyiségétől és minőségétől. Értékes anyagai a fehérjék, az aminosavak, az emulzióban lévő zsírok, az oldott sók (főleg ammónium-, kálium-, nátrium-kloridok, foszfátok, szulfátok, nitritek és nitrátok), amelyek a meg nem emésztett tápláléknak az ürülékkel távozó maradványai, az emésztés bomlástermékei és a hozzákeveredő víz és egyéb anyagok komponensei (Kocsis 2011). Ennek a trágyaféleségnek a megjelenése hazánkban az 1970-es évek elejére tehető a nagyüzemi állattartó telepek létesítésével párhuzamosan (Vermes 2005).

A hígtrágyával való öntözés jó megoldás az állattartási mellékterméktől való megszabadulásra törekvő gazdálkodók számára, és hasznos a mezőgazdasági földtulajdonosok számára is, akik növények tápanyag-utánpótlásaként használják. A kijuttatás célja olyan szerves és szervetlen anyagoknak a talajba juttatása, amelyek a talaj kémiai és fizikai tulajdonságait, biológiai állapotát javítják, a talaj termékenységét növelik (Kismányoky 1994, Eriksen et al. 2008).

A nem szakszerűen végzett hígtrágyaöntözés környezetvédelmi szempontból kockázatos beavatkozás ezért a hígtrágya-kijuttatáshoz a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXXIX. törvény alapján a talajvédelmi hatóság engedélye szükséges. Az engedélyezés alapja a hígtrágyaöntözést megalapozó talajvédelmi terv. A talajvédelmi tervben kell meghatározni a hígtrágyaterhelés mértékét, valamint javaslatokat kidolgozni a hígtrágyaöntözés esetleges káros hatásainak elkerülése érdekében (90/2008. (VII. 18.) FVM). A nitrátérzékeny területekre még szigorúbb szabályozás vonatkozik (27/2006 (II.7), 59/2008 (IV.29) rendelet). A Tanács 91/676/EGK irányelve (1991. december 12.) a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről elősegíti a helyes gazdálkodási gyakorlatok alkalmazását azáltal, hogy szabályozza a mezőgazdasági eredetű nitrátok okozta környezetszennyezést, és védi a víz minőségét.

A hígtrágya értékes szervestrágya, de alkalmazása számos veszélyt rejt magában: fertőző mikroorganizmusok tömege mutatható ki egyetlen milliliterében. Laboratóriumi vizsgálatok leggyakrabban *Proteusok*, *Klebsiellák*, *Pseudomonas aeruginosa* és a *Salmonella* baktériumok számos fajtát, férgek közül *Oesophagostomum*, *Ascaris*, *Trichuris* és *Strongyloides* petéket mutattak ki (Csávás et al. 1975), de egyéb, nem a férgek rendszertani csoportjaiba tartozó

egysejtű paraziták is előfordulhatnak, mint például *Giardia* és *Cryptosporidium* fajok (Petersen et al. 2012). Mivel egyes kórokozók több hónapos tárolás után sem pusztulnak el, így a hígtrágya potenciális fertőző forrást jelent (Vermees 2005).

A hígtrágya felhasználás engedélyezési eljárása során az iszap tápanyagtartalmát, oldott sóit és egyéb elemeit, azok mennyiségét (pl. N formák, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn) azonosítják és mérik, de az engedélyezés nem tartalmaz sem ökotoxikológiai, sem parazitológiai vizsgálatokat, sem pedig a hormonhatású anyagok mennyiségének/jelenlétének vizsgálatát. Bár a hígtrágya tápanyagtartalma magas, tartalmazhat fertőtlenítőszereket, gyógyszermaradványokat, hormonokat, kórokozókat, amelyek negatív hatással lehetnek a növényekre, a talajra vagy közvetve más élő szervezetekre és ezáltal az emberre is (Petersen et al. 2012, Bloem & Kratz 2016, Adeel et al. 2017, Chen et al. 2021).

A keletkező hígtrágyát gyűjtik, rövid ideig tárolják, melynek célja az, hogy teljes mennyiségét és értékes anyagait minél kisebb beavatkozással, de homogenizálva juttassák ki a hasznosítás területére (Kocsis 2011). A kezelés nélküli hígtrágya veszít tápanyagtartalmából a tárolás során és gyakran kellemetlen szaga van (Petersen et al. 2012). A hígtrágyakezelések közül a szétválasztási eljárások közös jellemzője, hogy a hígtrágya szilárd és híg fázisát elkülönítik. A hígtrágya fázisainak szétválasztására több megoldás is létezik, de alapelveket tekintve két fő csoportra oszthatók: gépi mechanizmus nélkül működő és gépi berendezésekkel működő módszerek. Az első csoportba az ülepítő-szűrő rendszerek tartoznak, amelyek közül Magyarországon a földmedencés ülepítőket, a nagy felületű szűrőberendezéseket és a szűrővel kombinált ülepítőket használják. A második csoportba sorolhatók a fázisbontó gépek, amelyek közül hazánkban előbb a vibrációs szűrők, majd az ívsziták és a centrifugák terjedtek el.

A szilárd fázist minden esetben trágyázásra igyekeznek felhasználni. Újabban kísérleti jelleggel komposztálásra, anaerob rothasztással történő biogáznyerésre és takarmány alapanyaggá való földolgozására is hasznosítják (Kocsis 2011).

A híg fázist nagyobb arányban mezőgazdasági területek öntözésére használják, egyes helyeken a hígtrágya hígrészét a hasznosítás, illetve az elhelyezés előtt tisztítják, hogy korlátozott méretű mezőgazdasági területen nagy adagokban, vagy települések környezetében is kiöntözhető legyen. Ha öblítővízként visszaforgatják az istállóba, csak részleges tisztításon, valamint aerob

kezelésen átesett híg fázis használható fel, amelynek bakteriológiai minősége megfelel a rá vonatkozó állategészségügyi előírásoknak (Kocsis 2011). A hígrágyakezeléshez gyakran olyan baktériumtörzseket vagy azok keverékét adagolják melyek aerob, anaerob vagy fakultatív módon termelnek a szerves anyagok lebontásához szükséges enzimeket, illetve felfalják a szennyező anyagokat, és szervezetükbe beépítik, vagy energiaforrásként lebontják (Kocsis 2011). Ilyen hígrágyakezelő szer például a Free Flow. A Freeflow tableta speciálisan kiválasztott, a természetben is előforduló 12 féle aerob és fakultatív anaerob talajbaktériumot tartalmaz: *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis* (4 féle), *Bacillus licheniformis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens* (2 féle) *Bacillus simplex* (2 féle). Ezeket a mikroorganizmusokat azért izolálták a környezetből, mert rendkívül hatékonyak azon szerves anyagok lebontásában és szagtalanításában, amelyek az iszapcsatornáknak, tároló tartályokban és lagúnákban találhatóak. Az iszapot hasznosítva a baktériumok folyékonyabb és homogénebb elegyet hoznak létre, csökkentve az ammóniatartalmat és a kellemetlen szagot (Kapuvári 2013).

### ***Giardia* és *Cryptosporidium* paraziták előfordulása a hígrágyában, az „Egy egészség” megközelítés**

*Cryptosporidium* spp. és a *Giardia* spp. fajokat világszerte a 6., illetve a 11. legfontosabb élelmiszer-eredetű paraziták közé sorolták (FAO/WHO 2014). Mindkét parazita a fertőzött gazdaszervezetek ürülékébe kerül, és a széklet által a szennyezett talajon, vízen, takarmányon és táplálékon keresztül megfertőzheti az új gazdákat (Xiao & Feng 2008). Számos *Cryptosporidium* faj egyértelműen zoonotikus, köztük a leggyakoribb *C. parvum* is, míg az emberi giardiózist két genetikailag különböző, A és B csoportként emlegetett *G. intestinalis* faj okozza, amelyek más emlős gazdaszervezeteket is megfertőzhetnek, és így zoonotikus potenciállal rendelkeznek (Sprong et al. 2009). Az emberi kriptosporidiózis leggyakoribb klinikai megjelenése a bőséges vizes hasmenés, hasi fájdalommal, lázzal, émelygéssel, hányással és fogyással. Immunkompetens egyéneknél gyakran tünetmentes, enyhe vagy önkorlátozó, és immunszuppresszált személyeknél, például HIV-fertőzötteknél súlyos, sőt



végzetes lehet (Current & Garcia 1991, Tallant et al. 2016). A *Cryptosporidium* fertőzés számos emlőállatnál végzetes, hullóknél krónikus is lehet (Pasmans et al. 2008).

Az akut giardiózis klinikai jellemzői emberekben hasonlóak a kriptosporidiózishoz: súlyos hasmenést, hasi görcsöket, émelygést és fogyást jelentenek. Ezek a tünetek néhány hétig fennmaradhatnak vagy krónikusan visszatérő betegséggé válhatnak. A fertőzés azonban lehet tünetmentes vagy szubklinikai lefolyású is (Farthing 1996). A *Giardia* fertőzés a szarvasmarhák, kecskék és juhok esetén a tápanyagok felszívódásának zavarát okozhatja, ami ennek következtében csökkentheti a súlygyarapodást. Noha a giardiózis okozta halálozás nem gyakori, halálos giardiózisról számoltak be csincsillák és madarak esetében (Upcroft et al. 1997).

Az emberek, állatok és a környezet között átvihető kórokozók elleni védekezés leginkább az „Egy egészség” megközelítéssel érhető el. Az „Egy egészség” szemléletmód lényege a multiszektorális, transzdiszciplináris gondolkodás, melynek alapja, hogy az emberek, állatok, növények és környezetük szorosan összekapcsolódnak. A helyi, regionális, nemzeti, valamint globális szinten történő, szakterületek közötti együttműködés célja az optimális egészségügyi körülmények elérése (1-2. ábra). Az ételmezőgazdasági területeken történő alkalmazása, ugyanakkor az állati hígtrágya jó dokumentált forrása többek közt a fent említett *Cryptosporidium* és *Giardia* fajoknak és a nem megfelelő körülmények (időjárás, talajviszonyok) között történő kijuttatás a talajvíz és környező vizek elszennyeződését eredményezheti a patakokba és folyókba történő közvetlen lefolyás révén (Xiao et al. 2006). Medema et al. (2001) tanulmánya alapján a *Cryptosporidium* mennyisége szarvasmarha tartó telepek hígtrágyájában átlagosan 7500 oociszta (6100-9800) /gramm is lehet. Az oociszták túlélése a hígtrágyában kevesebb, mint 4 hét volt 20 °C -on; magasabb túlélési arányokat figyeltek meg 4 °C -on (Svoboda et al. 1997). Grit et al. (2012) tanulmánya szerint a szarvasmarha hígtrágya 90 napos tárolása nagymértékben csökkenti a benne előforduló *G. duodenalis* ciszták számát és életképességét.

A hígtrágyák parazitológiai vizsgálatáról kevés adat áll rendelkezésünkre Magyarországról. A szerző munkacsoportjának nem publikált adatai alapján 2019 májusában 4 szarvasmarha telep hígtrágya parazitológiai vizsgálati eredményei az alábbiak voltak: 1. telep: 250 *Giardia* ciszta/ml, 20 *Cryptosporidium* oociszta/ml; 2. telep: 5 *Giardia* ciszta/ml; 3. telep: 2 *Giardia* ciszta/ml; 4. telep: 4 *Giardia* ciszta/ml, 1 *Cryptosporidium* oociszta/ml, mely eredmények arra mutatnak, hogy a probléma hazánkban is valós és érdemes rá figyelmet fordítani. A hígtrágya parazitológiai vizsgálatok olyan szempontból is hasznosak lehetnek, hogy átfogó képet adnak egy telep állatállományának egészségi állapotáról.

Darnault et al. (2017) különböző típusú talajok felületét *C. parvum* oocisztákkal fertőzték majd mesterséges csapadékkal esőztették. A talajoszlopokban és a csurgalékvízben mérhető oociszták mennyiségét vizsgálták. Az oociszták különböző talajokban való megtartása nem különbözött jelentősen, de az eredmények azt sugallják, hogy az agyag, a szerves anyagok és a Ca<sup>2+</sup> kölcsönhatása megkönnyíti és közvetíti a szerves anyagok átvitelét az ásványi felületekről az oociszták felszínére, ami az oociszták áttörését eredményezi. Bár a talajmátrixba bejutó oociszták száma a kiindulási koncentráció csak kis százalékát teszi ki, mégis jelentős veszélyt jelenthetnek az emberi egészségre, különösen azokon a helyeken, ahol a talajfelszíntől nem túl messze található az ivóvíz forrása.

Azáltal, hogy a hígtrágya szilárd frakcióját mechanikusan és/vagy kémiai elválasztják, komposztálják és a folyékony frakciót használják fel közvetlenül, a hígtrágya tárolása során fellépő tápanyagvesztés és a szagproblémák csökkennek, de kevés információ áll rendelkezésre a kórokozók sorsáról (Petersen et al. 2012). Az életképes *C. parvum* oociszták szállításának lehetőségeit tanulmányozták szimulált csapadék és ép talajoszlopok segítségével, amelyeket nyers hígtrágyával vagy a szétválasztott folyékony frakcióval kezeltek. A *C. parvum* oocisztákat minden talajoszlopról kimutatták, hígtrágya típusától és alkalmazási módjától függetlenül. A befecskendezett folyékony hígtrágyát tartalmazó talajoszlopok 73, illetve 90% -kal több oocisztát engedtek át, mint az injektált és a felületre felvitt nyers hígtrágyát tartalmazó oszlopok. A talajoszlopok mélységi mintavételezése azt mutatta, hogy a folyékony hígtrágyával kezelt oszlopok több oocisztát tartalmaztak (Petersen et al. 2012).

A nyers hígtrágyához adott vizes ammónia (60 mmol l-1) jelentősen csökkentette a *C. parvum* oociszták életképességét és a bakteriális indikátorok számát. Ennélfogva az ammónia felhasználható a hígtrágya kórokozókoncentrációjának csökkentésére, mielőtt a mezőgazdasági területre kijuttatnák (Petersen et al. 2021).

További vizsgálatok szükségesek annak meghatározásához, hogy a különböző hígtrágya kezelési technológiák milyen hatékonysággal távolítják el a kórokozókat, valamint azt is vizsgálni kell, hogy a szétválasztott folyékony hígtrágya mezőgazdasági területekre történő alkalmazása nagyobb kockázatot jelenthet -e a felszín alatti vizek szennyeződéséhez, mint a nyers hígtrágya alkalmazása.

## **Hormonhatású anyagok és hormonok a hígtrágyában**

### *Hormonhatású anyagok környezetünkben*

Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) által meghatározott hormonhatású anyagok (endocrine disrupting compounds = EDC-k) olyan exogén anyagok, amelyek megzavarják a természetes hormonok szintézisét, szekrécióját, szállítását, anyagcseréjét, receptorhoz kötődését vagy eliminációját. Akadályozhatják a normális endokrin funkciókat, megváltoztathatják az anyai és a magzati endokrin környezetet, ezáltal felelősek a homeosztázis egyensúlytalanságáért, a rendellenes szaporodásért és a fejlődési folyamatokért (Diamanti-Kandarakis et al. 2009, Gore et al. 2015, USEPA 2015). Bár bizonyos vegyi anyagok a 20. század közepére ismertek voltak hormonhatásukról, az endokrin diszruptor kifejezést először az 1991-es Wingspread konferencián használták (Hotchkiss et al. 2008). Az EDC-kkel kapcsolatos kezdeti kutatások főként a szteroid hatású vegyi anyagokra összpontosítottak, de mostanra kiterjedtek egyéb vegyi anyagokra is. Az EPA listát vezet az Egyesült Államokban gyártott, feldolgozott vagy importált vegyi anyagokról, amely körülbelül 86 000 vegyi anyagot tartalmaz. Az Egészségügyi Világszervezet 2012-es becslése szerint körülbelül 800, a mindennapi életben használt vegyi anyag rendelkezik hormonhatást zavaró tulajdonságokkal (Bergman et al. 2013). 2021-ben az „Endokrin Disruption Exchange” adatbázis

(<https://endocrinedisruption.org/interactive-tools/tedx-list-of-potential-endocrine-disruptors/search-the-tedx-list>) 1482 endokrin rendszert károsító vegyi anyagot sorolt fel. Általánosságban elmondható, hogy a hormonhatással rendelkező anyagok köre természetes és antropogén vegyi anyagokat is tartalmaz, amelyeknek az emberek ki vannak téve a mindennapi életben (Gore et al. 2015, Sargis et al. 2019). A természetben előforduló, endokrin rendszert károsító vegyületek közé tartoznak egyes fémek és metalloidok, a parabének, a poliaromás szénhidrogének (PAH) és a fitoösztrogének. A mesterségesen előállított szintetikus EDC-ket gyakran használják a mezőgazdasági gyakorlatban (pesticidek, rovarirtók és gombaölő szerek), csomagolásokban (élelmiszertároló dobozok és zacskók), az iparban (oldószerek, égésgátlók, tartósítószerke, emulgeálószerke, frakcionáló vegyszerek, építőanyagok), háztartási cikkekben (háztartási vegyszerek, kozmetikumok, gyermekjátékok, elektronikai termékek, edények) és orvosi ellátásban (fogamzásgátló tabletták, biocidok, infúziós tasakok és csövek, eldobható kesztyűk, fertőtlenítőszerke). Bár egyes vegyi anyagok, például a fémek és a PAH-ok természetes módon is jelen vannak környezetünkben, expozíciójuk növekedése az emberi tevékenység, például a fémek kitermelése és a fosszilis tüzelőanyagok elégetése miatt következik be (Padmanabhan et al. 2021).

#### *Az ösztrogénkibocsátás fő forrása a hígtrágya*

Az EDC-k csoportján belül az ösztrogénhatású anyagok kiemelt figyelmet kaptak, számos káros hatást kötnek ezekhez a vegyületekhez emberek és állatok esetében is: csökkentik az immunrendszer hatékonyságát, fejlődési rendellenességeket okoznak, valamint a leggyakoribb negatív hatás a reprodukív rendszer működési zavara (csökkent termékenység, rendellenes szexuális viselkedés, szexuális vágy és reakcióképesség, nemi azonosulás és szexuális preferencia) (Kiyama & Wada-Kiyama 2015, Adeel et al. 2017, Mhaouty-Kodja et al. 2018). A kutatások azt mutatják, hogy a környezetben található ösztrogénforrások legnagyobb része állati hulladékból származik. Az elsődleges források közé tartozik a nagyüzemi állattartásból származó ösztrogénvegyületeket tartalmazó trágya és hígtrágya (Hanselman et al. 2003, Rechsteiner et al. 2020). A szakirodalom szerint a szteroid ösztrogének, mint például az ösztron

(E1), az ösztradiol (E2), az ösztriol (E3) és a szintetikus ösztrogén (EE2), mindenütt megtalálhatók a talajban (Adeel et al. 2017). Az Egyesült Államokban és az Európai Unióban tartott állatok kibocsátása együttesen meghaladja a 83 000 kg természetes ösztrogént (E1, E2 és E3), ami kétszerese az emberi kibocsátásnak (Goepfert, et al. 2014; Adeel et al. 2017). Bár a különböző ösztrogének a különböző állatfajokra jellemzőek. A szarvasmarha (*Bos taurus*), az ösztrogének több mint 90% -át szabad és konjugált metabolitként választja ki  $17\alpha$ -E2,  $17\beta$ -E2 és E1 formájában. Wei et al. (2011) Kína északkeleti részén található 24 tejtermelő és marhahús-gazdaság ösztrogén kibocsátását vizsgálták. A tejelő gazdaságban a  $17\alpha$ -E2,  $17\beta$ -E2 és az E1 átlagos koncentrációja 194,6, 104,4, illetve 262  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , míg a hústermelésre fókuszáló gazdaságban 104,5, 67,7 és 216,4  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  volt. A  $17\alpha$ -E2 azonban alig fedezhető fel a sertés (*Sus scrofa*) vagy a baromfi (*Gallus domesticus*) ürülékében (Hanselman et al. 2003). Az állati hulladékkal végzett tápanyagutánpótlás komoly veszélyt jelenthet a környező talajvízre és a felszíni vizekre, nemcsak a fent említett parazita szennyezés, hanem a kémiai hormonszennyezés miatt is (Arnon et al. 2008, Laegdsmand et al. 2009). Az ösztrogén lefolyása a felszíni trágyával rendelkező parcellákról 640-szer nagyobb volt, mint azokon a parcellákon, ahol a trágyát injektálták, beforgatták. A trágyaféleségek talajba juttatása több időt ad a termőföldnek a trágya megkötésére, és lassítja a szennyezőanyag-kibocsátást (Mina et al. 2017).

#### *Az ösztrogének előfordulása a mezőgazdasági termékekben, azok hatása a növények fejlődésére*

Az ösztrogénszennyezés aggasztó probléma nemcsak az ösztrogén emberi és állati egészségre gyakorolt hatása miatt, hanem a növények növekedésére és fejlődésére gyakorolt hatása miatt is (Janeczko & Skoczowski 2005, Franks et al. 2019). Lu és munkatársai szteroid ösztrogének előfordulását vizsgálták az amerikai Fort Pierce piacán. A zöldségekben (saláta, paradicsom, tök, burgonya, sárgarépa) és a gyümölcsökben (alma, eper, citrusfélék) a  $17\beta$ -E2 koncentrációja 1,26-3,09  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  volt. A FAO/WHO Élelmiszer-adalékanyagokkal foglalkozó szakértői bizottsága (JECFA) szerint az  $17\beta$ -E2 napi bevitelének toxikus szintje (ADI) 60 kg-os felnőtt esetében 3,0  $\mu\text{g}$  / nap (Lu et al. 2013).

Bizonyos növények képesek felszívni a környezetükből származó szennyeződések anélkül, hogy azok fejlődésükre negatív hatással lennének. Ezt a mechanizmust fitoextrakciónak nevezzük. Számos olyan növényfajt ismerünk, amelyek alkalmazkodtak a nehézfémekhez, de sajnos kevés információval rendelkezünk azokról a növényekről, amelyek képesek ösztrogénfelhalmozásra. A szennyvízzel végzett folyamatos áramlási tesztek azt mutatják, hogy az algák és a békalencse (*Lemna minor*) kulcsszerepet játszanak az ösztrogén eltávolításában (Shi et al. 2010, Bai & Acharya 2019), ám a *Chlamydomonas* fejlődését 7  $\mu\text{M}$  EE2 gátolta (Pocock & Falk 2014). A keskenylevelű fűz (*Salix exigua*) szintén képes ösztrogén felvételére (Franks et al. 2019). Egy Japánban végzett hidroponikus vizsgálat során (amikor a növény nem a talajban növekszik, hanem tápoldatban vagy tápoldattal rendszeresen átjárt anyagban, mint például perlit, kavics, agyaggolyó kőzetgyapot) több száz különféle növényt vizsgáltak, de csak a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) volt az egyetlen növény, mely 24 órán belül eltávolította a fenoltartalmú vegyszereket, köztük a 17 $\beta$ -E2-t (Imai et al. 2007). A burgonya (*Solanum tuberosum*) gyökérnövekedését és a gumó méretét az ösztrogénhatás (17 $\beta$ -E2) csökkentette (Brown 2006), míg a kukorica (*Zea mays*) palántáinak növekedését 10 mg. L<sup>-1</sup> koncentráció gátolta, viszont 0,1 mg. L<sup>-1</sup> növekedésserkentőként hatott (Bowlin 2014). Kukoricával (*Zea mays*) végzett kísérletek kimutatták, hogy szintetikus és természetes ösztrogének (17 $\beta$ -E2) megjelennek a kukorica gyökereiben, de a szárban is (Card et al. 2012). Mungóbab (*Vigna radiata*) és csicseriborsó (*Cicer arietinum*) esetén az E1 és E2 alacsony (0,1  $\mu\text{M}$ ) koncentrációnál fokozott csírázást és vegetatív növekedést mutatott, de magas (60  $\mu\text{M}$ ) koncentrációnál gátolta a fejlődést (Guan & Roddick 1988, Erdal & Dumlupinar 2011). A lencse (*Lens culinaris*) esetében a 17 $\beta$ -E2 kezelés fokozott növekedést és jobb csírázást eredményezett a kadmium és a réz stressz alatt (Chaoui & El Ferjani 2013).

### **Kezelések hatása a hígtrágya összetételére**

A földekre kijuttatott műtrágyaféléket, annak tudatában választják ki a gazdák, hogy ismerik a talaj tulajdonságait, és annak hiányosságait igyekeznek a megfelelően választott műtrágyával pótolni. Azonban a hígtrágya esetén nem ismerjük ugyanilyen pontossággal az összetevőket,

mivel a hígtrágya összetétele rendszeresen változhat és nagymértékben függ az állattartás technológiájától és az adott állatfajtól, az állategészségügyi kezelésektől (antibiotikumok, gyulladáscsökkentők), a hígtrágyakezelés típusától is.

A Gubó et al. (2021) által publikált tanulmány a hígtrágyában megtalálható ösztrogénhatású anyagokat követte nyomon. Az ösztrogénhatású anyagok csoportjába tartozó vegyületek kémiai sokfélesége nagyon megnehezíti a vizsgálatukat, mivel különböző analitikai módszerek szükségesek kimutatásukhoz, így egy-egy minta igen részletes vizsgálata esetén sem lehet egyértelműen kizárni, hogy valamelyik vegyület észrevétlen marad. Ezt a problémát hidalják át a hormonhatású anyagok jelenlétét hatásoadláról vizsgáló módszerek, mint például a humán ösztrogén receptort termelő élesztősejt tenyészetten végzett vizsgálat, amellyel a különböző típusú vizek vagy a vízből készült koncentrátumok esetleges hormonhatása laboratóriumi körülmények között tesztelhető (YES teszt). Ez a teszt ebben a tanulmányban kimutatta, hogy az iszap folyékony és szilárd fázisainak elválasztása hozzájárul az ösztrogén anyagok redukciójához a folyékony fázisban, azaz a hígtrágya folyékony és szilárd fázisának elválasztása kedvező hatással van a folyékony hígtrágya összetételére és ezáltal a biztonságosabb termőföldre juttatásra. A 30 napig tárolt minták esetében egyértelműen látható, hogy a teljes ösztrogén anyag mennyiségének 71-95% -a kerül át a szuszpendált szilárd fázisba és az abszorbeált mennyiség meghaladta a folyékony fázisét. Gubó et al. számításai alapján szeparátor használata nélkül körülbelül 162-szer több ösztrogénhatású anyagot bocsátunk ki a környezetbe. Ezt alátámasztja, Amin et al (2012) tanulmánya is, miszerint a fizikai elválasztás során az ülepedési és centrifugálási folyamatban az E2 50-75% -a távozik az iszappal.

A toxikológiai vizsgálatokhoz ISO 18763 standardnak megfelelő Phytotoxkit mikrobiotestet (MicroBioTests Inc., TK62 L Phytotoxkit) használtak a mezőgazdasági vetőmag csírázásának és a fiatal gyökerek növekedésének vizsgálatára a termőtalajban, a hígtrágya különböző mértékű hígításainak alkalmazása során. Egyszikű (tarka cirok; tritikálé) és kétszikű (fehér mustár, kerti zsázsa, hajdina) növényeket választottak ki tesztelésre. A növényi magvak csírázásának gátlását tapasztalták, mikor nyers, fázisválasztás nélküli hígtrágyát használtak a tesztalajok átítatására. A fázisok szétválasztása után 97-160% közötti kontrollhoz viszonyított relatív gyökernövekedést értek el, következésképpen a csírázásra káros anyagokat a

szuszpendált szilárd fázissal eltávolították. Míg ez a tanulmány egy adott szarvasmarha-gazdaságban egy adott év (2017) hígtrágya ökotoxicitásának értékelésére összpontosít, felhívja a figyelmet a hígtrágya folyékony és szuszpendált szilárd szeparáció fontosságára, mielőtt azt mezőgazdasági célokra felhasználnák, és kiemeli a növényi vetőmagok tesztjeinek szükségességét, amelyek nyilvánvalóan segítik a hígtrágya-felhasználás kockázatbecslését (Gubó et al. 2021).

Pordán-Háber 2021-es tanulmánya a baktériumkezelés hatását vizsgálja a hígtrágya összetételére. Az előző vizsgálathoz hasonlóan, az élesztőtesztet használta a hígtrágya minták hormonhatásának mérésére, az ökotoxicitás méréséhez pedig szintén a phytotoxkit-et alkalmazta egyszikű (kukorica, tritikálé, olaszperje), és kétszikű (fehér mustár, lucerna) növényekkel. Eredményei azt mutatják, hogy az ösztrogénhatás meglepte számottevő maradt a kezelés végére is. A fitotoxicitási vizsgálat alapján elmondhatjuk, hogy mindegyik növény növekedésére pozitív hatással volt a trágyakezelés, 100x-os hígításnál a kontrollhoz viszonyított többszörös gyökernövekedést értek el (133%-os serkentéstől 345%-os serkentésig) (Pordán-Háber 2021).

### **Konklúzió**

A fenti tanulmányok és kísérletek eredményeinek ismeretében a hígtrágya iszap és folyékony frakciójának elkülönítése, a folyékony frakció minimum 90 napos tárolása és baktériumos kezelése lenne ideális megoldás környezetvédelmi, egészségügyi és gazdasági szempontból is, ámbar további vizsgálatok szükségesek ennek alátámasztására.

Az ökotoxikológiai vizsgálatok célja, hogy viszonylag egyszerű biológiai tesztekkel az ökoszisztéma egészére kivetíthető eredményt kapjunk, közvetlenül mutatják a hígtrágya minták aktuális toxicitását és egyéb káros hatásait. Az fitotoxikológiai teszt eredménye magában foglalja a környezeti mintában, hígtrágyában található, különféle módokon és erősséggel kötődő szennyezőanyagok hozzáférhetőségét, a hatások eredőjét mutatja, melyben az egymást erősítő, összeadó és kioltó hatások egyaránt megjelennek. Ezek a növényi tesztek segítenek meghatározni a hígtrágya gazdaságos alkalmazását, minimalizálni, figyelemmel kísérni és



ellenőrizni olyan nemkívánatos események valószínűségét vagy hatását, mint például a rossz csírázás és a növények növekedésére gyakorolt negatív hatás.

### **Irodalomjegyzék**

27/2006. (II. 7.) Korm. rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről.

59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről.

90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól.

Adeel, M. – Song, X. – Wang, Y. – Francis, D. – Yang, Y. (2017): Environmental Impact of Estrogens on Human, Animal and Plant Life: A Critical Review. *Environment International* 99, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.010>.

Amin, MG. – Petersen, SO. – Lægdsmand, M. (2012): Sorption of 17 $\beta$ -estradiol to pig slurry separates and soil in the soil-slurry environment. *J Environ Qual.* 41, (1) 179-87. doi: 10.2134/jeq2011.0168. PMID: 22218186.

Arnon, S. – Dahan, O. – Elhanany, S. – Cohen, K. – Pankratov, I. – Gross, A. – Ronen, Z. – Baram, S. – Shore, LS. (2008): Transport of testosterone and estrogen from dairy-farm waste lagoons to groundwater. *Environ Sci Technol.* 42, (15) 5521-5526. doi: 10.1021/es800784m. PMID: 18754470.

Bai, X. – Acharya, K. (2019): Removal of seven endocrine disrupting chemicals (EDCs) from municipal wastewater effluents by a freshwater green alga. *Environ Pollut.* 247, 534-540. doi: 10.1016/j.envpol.2019.01.075. PMID: 30708315.

Bergman, A. – Heindel, JJ. – Jobling, S. – Kidd, K. – Zoeller, TR. (2013): World Health Organization. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Bloem, E. – Kratz, S. (2016): Organic Xenobiotics. In: Schnug E., De Kok L. (eds) Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_13).

Bowlin, KM. (2014): Effects of  $\beta$ -Estradiol on Germination and Growth in Zea Mays L. Northwest Missouri State University. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Brown, G. (2006): The Effects of Estrogen on the Growth and Tuberization of Potato Plants ( *Solanum Tuberosum* Cv .‘ Iwa ’) Grown in Liquid Tissue Culture Media. University of Canterbury, School of Biological Science.

Card, ML. – Schnoor, JL. – Chin, YP. (2013): Transformation of natural and synthetic estrogens by maize seedlings. *Environ Sci Technol.* 47, (10) 5101-5108. doi: 10.1021/es3040335. PMID: 23488817.

Chaoui, A. – El Ferjani, E. (2013):  $\beta$ -Estradiol Protects Embryo Growth from Heavy-Metal Toxicity in Germinating Lentil Seeds. *J Plant Growth Regul* 32, 636–645. <https://doi.org/10.1007/s00344-013-9332-x>.

Chen, X. – Li, Y. – Jiang, L. – Hu, B. – Wang, L. – An, S. – Zhang, X. (2021): Uptake, accumulation, and translocation mechanisms of steroid estrogens in plants. *Science of the Total Environment.* 753.141979. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141979.

Current, WL. – Garcia, LS. (1991): Cryptosporidiosis. *Clin Lab Med.* 11, (4) 873-897. PMID:1802526.

Csávás I. – Fekete J. – Kiss O. – Vermes L. (1975): A hígtrágya kezelési módszereinek vizsgálata szakosított sertéstelepeken. Akadémia Kiadó, Budapest.

Darnault, CJG. – Peng, Z. – Yu, C. – Li, B. – Jacobson, AR. – Baveye, PC. (2017): Movement of *Cryptosporidium parvum* Oocysts through Soils without Preferential Pathways: Exploratory Test. *Frontiers in Environmental Science* 5, 39. DOI=10.3389/fenvs.2017.00039 ISSN=2296-665X.

Diamanti-Kandarakis, E. – Bourguignon, JP. – Giudice, LC. – Hauser, R. – Prins, GS. – Ana Soto, AM. – Zoeller, RT. – Gore, AC. (2009): Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement, *Endocrine Reviews*, 30, (4) 293–342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>

Erdal, S. – Dumlupinar, R. (2010): Progesterone and  $\beta$ -Estradiol Stimulate Seed Germination in Chickpea by Causing Important Changes in Biochemical Parameters. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* 65, (3–4) 239–244. <https://doi.org/10.1515/znc-2010-3-412>.

Eriksen, J. – Sørensen, P. – Elsgaard, L. (2008): The fate of sulfate in acidified pig slurry during storage and following application to cropped soil. *J Environ Qual*. 37, (1) 280-286. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0317>.

FAO/WHO Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (2014): Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. *Microbiological Risk Assessment Series No. 23*. Rome: FAO/WHO. 2014. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3649e.pdf>

Farthing, MJ. (1996): Giardiasis. *Gastroenterol Clin North Am*. 25, (3) 493-515. [http://dx.doi.org/10.1016/S0889-8553\(05\)70260-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0889-8553(05)70260-0). PMID:8863037.

Franks, CG. – Pearce, DW. – Rood, SB. (2019): A prescription for drug-free rivers: uptake of pharmaceuticals by a widespread streamside willow. *Environ Manage*. 63, (1) 136-147. doi: 10.1007/s00267-018-1120-8. PMID: 30421133.

Goeppert, N. – Dror, I. – Berkowitz, B. (2014): Detection, fate and transport of estrogen family hormones in soil. *Chemosphere*. 95, 336-345. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.09.039. PMID: 24134891.

Gore, C. – Chappell, VA. – Fenton, SE. – Flaws, J A. – Nadal, A. – Prins, GS. –Toppari, J. – Zoeller, RT. (2015): EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals, *Endocrine Reviews*, 36, (6) E1–E150. <https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>.

Grit, GH. – Bénéré, E. – Ehsan, A. – De Wilde, N. – Claerebout, E. – Vercruyse, J. – Maes, L. – Geurden, T. (2011): *Giardia duodenalis* cyst survival in cattle slurry. *Vet Parasitol.* 2012 Mar 23;184(2-4):330-4. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.08.021. PMID: 21903330.

Guan, M. – Roddick, JG. (1988): Comparison of the Effects of Epibrassinolide and Steroidal Estrogens on Adventitious Root Growth and Early Shoot Development in Mung Bean Cuttings. *Physiologia Plantarum* 73, (3) 426–431. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb00621.x>.

Gubó E. – Kiss-Szarvák I. – Erdenebaatar M. – Gubó R. – Horváth B. – Szakál P. – Plutzer J. (2021): Ecotoxicological investigations of milking cow slurry and changes of oestrogenic compounds in the solid and liquid phase. *Nyomtatás alatt, 2021 Energy ecology and environment.*

Hanselman, TA. – Graetz, DA. – Wilkie, AC. (2003): Manure-borne estrogens as potential environmental contaminants: a review. *Environ Sci Technol.* 37, (24) 5471-5478. doi: 10.1021/es034410+. PMID: 14717153.

Hotchkiss, AK. – Rider, CV. – Blystone, CR. – Wilson, VS. – Hartig, PC. – Ankley, GT. – Foster, PM. – Gray, CL. – Gray, LE. (2008): Fifteen Years after “Wingspread” – Environmental Endocrine Disruptors and Human and Wildlife Health: Where We are Today and Where We Need to Go, *Toxicological Sciences*, 105, (2) 235–259. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn030>

Imai, S. – Shiraishi, A. – Gamo, K. – Watanabe, I. – Okuhata, H. – Miyasaka, H. – Ikeda, K. – Bamba, T. – Hirata, K. (2007): Removal of phenolic endocrine disruptors by *Portulaca oleracea*. *J Biosci Bioeng.* 103, (5) 420-426. doi: 10.1263/jbb.103.420. PMID: 17609156.

Janeczko, A. – Skoczowski, A. (2005): Mammalian sex hormones in plants. *Folia Histochem Cytobiol.* 43, (2) 71-79. PMID: 16044944.

Kapuvári OM. (2013): A sertéstelepi szennyvizek, hígtrágyák tisztításának vizsgálata, Szakdolgozat, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárás technikai Intézet.

Kismányoky T. (1994): Trágyázás In.: Iványi et. al.: Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest; p.53-57., 65-68.

Kiyama, R. – Wada-Kiyama, Y. (2015): Estrogenic endocrine disruptors: Molecular mechanisms of action. *Environ Int.* 83, 11-40. doi: 10.1016/j.envint.2015.05.012 PMID: 26073844.

Kocsis I. (2011): Hígtrágya és szennyvíziszap kezelés, Szent István Egyetem, Budapest.

Laegdsmand, M. – Andersen, H. – Jacobsen, OH. – Halling-Sørensen, B. (2009): Transport and fate of estrogenic hormones in slurry-treated soil monoliths. *J Environ Qual.* 38, (3) 955-964. doi: 10.2134/jeq2007.0569. PMID: 19329684.

Lake, RJ. – Devleeschauwer, B. – Nasinyama, G. – Havelaar, AH. – Kuchenmüller T. – Haagsma, JA. – Jensen, HH. – Jessani, N. – Maertens de Noordhout, C. – Angulo, FJ. – Ehiri, JE. – Molla, L. – Agaba, F. – Aungkulanon, S. – Kumagai, Y. – Speybroeck, N. (2015): National Studies as a Component of the World Health Organization Initiative to Estimate the Global and Regional Burden of Foodborne Disease. *PLoS One.* 10, (12) e0140319. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0140319>. PMID:26633010.

Lu, J. – Wu, J. – Stoffella, PJ. – Wilson, PC. (2013): Analysis of bisphenol A, nonylphenol, and natural estrogens in vegetables and fruits using gas chromatography-tandem mass spectrometry. *J Agric Food Chem.* 61, (1) 84-89. doi: 10.1021/jf304971k. PMID: 23215552.

Medema, GJ. – Ketelaars, HAM. – Hoogenboezem, W. (2001):. *Cryptosporidium* and *Giardia*: occurrence in sewage, manure and surface water. Report RIWA, Amsterdam, The Netherlands, 172p.

Mhaouty-Kodja, S. – Naulé, L. – Capela, D. (2018): Sexual Behavior: From Hormonal Regulation to Endocrine Disruption. *Neuroendocrinology.* 107, (4) 400-416. doi: 10.1159/000494558. PMID: 30326485.

Mina, O. – Gall, HE. – Saporito, LS. – Kleinman, PJ. (2017): Estrogen Transport in Surface Runoff from Agricultural Fields Treated with Two Application Methods of Dairy Manure. *J. Environ. Qual.* (45) 2007-2015. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.05.0173>

Padmanabhan, V. – Song, W. – Puttabyatappa, M. – Perturbatio, P. (2021): Impact of Endocrine-Disrupting Chemicals, *Endocrine Reviews*, 42, (3) 295–353. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa035>.

Pasmans, F. – Blahak, S. – Martel, A. – Pantchev, N. (2008): Introducing reptiles into a captive collection: the role of the veterinarian. *Vet J.* 175, (1) 53-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.12.009>. PMID:17346998.

Petersen, HH. – Dalsgaard, A. – Vinneras, B. – Jensen, LS. – Le, TTA. – Petersen, MA. – Enemark, HL. – Forslund, A. (2021): Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts and faecal indicator bacteria in cattle slurry by addition of ammonia. *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.14881>

Petersen, HH. – Enemark, HL. – Olsen, A. – Amin, MG. – Dalsgaard A. (2012): Transport of *Cryptosporidium parvum* oocysts in soil columns following applications of raw and separated liquid slurries. *Appl Environ Microbiol.* 78, (17) 5994-6000. doi:10.1128/AEM.07829-11.

Pocock, T. – Falk, S. (2014): Negative impact on growth and photosynthesis in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* in the presence of the estrogen 17 $\alpha$ -ethynylestradiol. *PLoS One.* 9, (10) e109289. doi: 10.1371/journal.pone.0109289. PMID: 25310092; PMCID: PMC4195650.

Pordán-Háber Kocsisné D. (2021): *Pseudomonas* és *Bacillus* törzsekkel kezelt és kezeletlen hígtrágya összehasonlító ökotoxikológiai vizsgálata, TDK dolgozat, Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Víz és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

Rechsteiner, D. – Schrade, S. – Zähler, M. – Müller, M. – Hollender, J. – Bucheli, TD. (2020): Occurrence and Fate of Natural Estrogens in Swiss Cattle and Pig Slurry. *J Agric Food Chem.* 68, (20) 5545-5554. doi: 10.1021/acs.jafc.0c00858. PMID: 32364724.

Sargis, RM. – Simmons, RA. (2019): Environmental neglect: endocrine disruptors as underappreciated but potentially modifiable diabetes risk factors. *Diabetologia*. 62, (10) 1811-1822. doi: 10.1007/s00125-019-4940-z. PMID: 31451869; PMCID: PMC7462102.

Shi, W. – Wang, L. – Rousseau, DP. – Lens, PN. (2010): Removal of estrone, 17alpha-ethinylestradiol, and 17beta-estradiol in algae and duckweed-based wastewater treatment systems. *Environ Sci Pollut Res Int*. 17, (4) 824-833. doi: 10.1007/s11356-010-0301-7. PMID: 20213308.

Sprong, H. – Cacciò, SM. – van der Giessen, JW. (2009): Identification of zoonotic genotypes of *Giardia duodenalis*. *PLoS Negl Trop Dis*. 3, (12) e558. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0000558>. PMID:19956662.

Svoboda, I. – Kemp, JS. – Wright, SE. – Coop, RL. – Mawdsley, JL. – Merry, RJ. – Theodoru, MK. – Pain, BF. – Bukhari, Z. – Smith, HV. (1997):. *Cryptosporidium* on cattle farms. Proc. CIWEM symposium *Cryptosporidium in water – the challenge to policy makers and water managers*. Glasgow, 4 December 1997, CIWEM, London, UK.

Szarka A. (2008): Tápanyagutánpótlás. A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának fejlesztése” keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet 1085 Budapest, Baross u. 52. Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063. Felelős kiadó: Nagy László főigazgató.

Tallant, C. – Huddleston, P. – Alshanberi, A. – Misra, S. (2016): Acute, Severe Cryptosporidiosis in an Immunocompetent Pediatric Patient. *Clin Pract*. 6, (2) 837. <http://dx.doi.org/10.4081/cp.2016.837>. PMID:27478580.

United States Environmental Protection Agency. Endocrine Disruption. (2015): Updated June 24, 2019. Accessed September 24, 2021. <http://www.epa.gov/endocrine-disruption>.

Upcroft, JA. – McDonnell, PA. – Gallagher, AN. – Chen, N. – Upcroft, P. (1997): Lethal *Giardia* from a wild-caught sulphur-crested cockatoo (*Cacatua galerita*) established in vitro

chronically infects mice. *Parasitology*. 114, (5) 407-412.  
<http://dx.doi.org/10.1017/S0031182096008724>. PMID:9149411.

Vermes L. (2005): *Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN 963-286-153-1

WHO (2021): <https://www.euro.who.int/en/home>

Wei, H. – Yan-xia, L. – Ming, Y. – Wei, L. (2011): Presence and determination of manure-borne estrogens from dairy and beef cattle feeding operations in northeast China. *Bull Environ Contam Toxicol*. 86, (5) 465-469. doi: 10.1007/s00128-011-0247-6. PMID: 21437787.

Xiao, L. – Feng, Y. (2008): Zoonotic cryptosporidiosis. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 52, (3) 309-323. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-695X.2008.00377.x>. PMID:18205803.

Xiao, L. – Moore, JE. – Ukoh, U. – Gatei, W. – Lowery, CJ. – Murphy TM. – Dooley, JS. – Millar, BC. – Rooney, PJ. – Rao, JR. (2006): Prevalence and identity of *Cryptosporidium* spp. in pig slurry. *Appl Environ Microbiol*. 72, (6) 4461-4463. doi: 10.1128/AEM.00370-06. PMID: 16751569; PMCID: PMC1489634.

### **Köszönetnyilvánítás**

Ez a tanulmány az alábbi projekt támogatásával valósult meg: Interreg V-A Slovakia Hungary Cross Border Cooperation Programme CO-INNOVATION SKHU/1802/3.1/023



1. ábra: Az „Egy egészség” szemléletmód lényege a multiszektoralis, transzdiszciplináris megközelítés, melynek alapja, hogy az emberek, állatok, növények és környezetük szorosan összekapcsolódnak. A helyi, regionális, nemzeti valamint globális szinten történő, szakterületek közötti együttműködés célja az optimális egészségügyi körülmények elérése. (Kép: <https://www.frontiersin.org/research-topics/13053/challenges-and-successes-of-one-health-in-the-context-of-planetary-health-in-latin-america-and-the-c>)



2. ábra: A zoonotikus *Cryptosporidium* és *Giardia* paraziták a haszonállatok és a vadon élő állatok ürülékében találhatóak, azon keresztül szennyezik a környezetet, a vizet és az élelmiszereket és azáltal fertőzhetik az embert. (Kép: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S1471-4922%2820%2930009-X>)



**Természetes és szintetizált zeolitok bemutatása és alkalmazási lehetőségeik  
ismertetése, kiemelten mezőgazdasági célú felhasználás céljából. A  
szintetizált zeolitok stabilitásának és ioncsere kapacitásának bemutatása  
kiemelten a pályázatban szereplő P4-re.**

Összeállította: **Dr. Hannus István**

**Bevezetés**

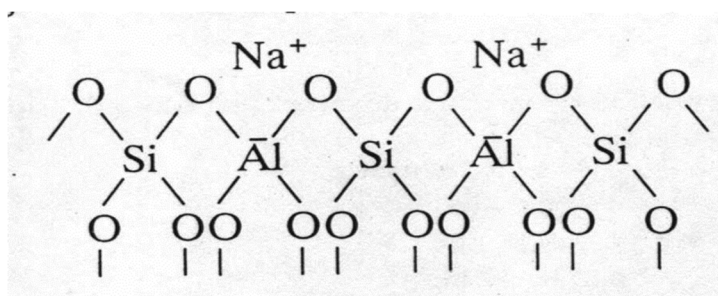
A zeolitok mikropórusos anyagok, néhány tized nm-es pórusátmérővel, ami az egyszerű molekulák átmérőjének felel meg. Kis csúsztatással azt mondhatjuk, hogy a zeolittal foglalkozók már régóta nanotechnológiát csinálnak, amikor az még nem volt ilyen népszerű hívó szó, mint napjainkban. A csúsztatás abban áll, hogy a mai nanotudományok 1-100 nm tartományra vonatkoznak és nem az 1 nm alattira. Ezért is folyik komoly kutatómunka olyan mezopórusos anyagok szintézisére, amelyekbe a nagyobb szerves molekulák, pl. gyógyszerek is beférnek. Az 1. táblázat a pórusos anyagok méretszerinti csoportosítását mutatja.

1. táblázat: Zeolitok és zeolitszerű anyagok csoportosítása pórusméretük alapján

pórusméret/ nm	anyagok	tipikus képviselő	gyűrű tagszám	pórusátmérő/ nm
50 <	makropórusos			
2-50	mezopórusos	MCM-41		1,5-10
2 >	mikropórusos			
	ultranagy pórusú	kloverit	20	0,6 x 1,32
		VPI-5	18	1,21
		AlPO <sub>4</sub> -8	14	0,79 x 0,87
	nagy pórusú	faujasit	12	0,74
		AlPO <sub>4</sub> -5	12	0,73
		ZSM-12	12	0,55 x 0,59
	közepes pórusú	ZSM-48	10	0,53 x 0,56
		ZSM-5	10	0,53 x 0,56
				0,51 x 0,55
	kis pórusú	CaA	8	0,42
		SAPO-34	8	0,43

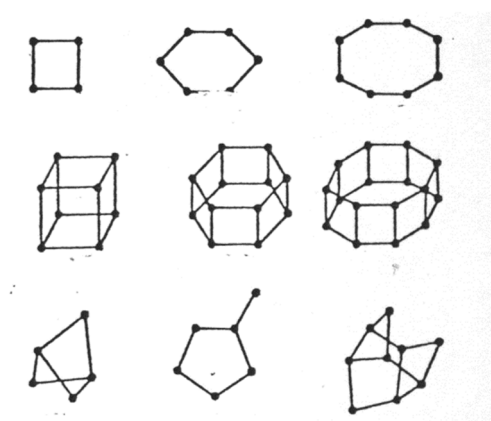
### Összetétel, szerkezet, történet

A zeolitok kristályos alkáli- és/vagy alkáliföldfém-alumínium-hidroszilikátok. Háromdimenziós vázuk alapjai szilícium központú SiO<sub>4</sub> tetraéderek, melyeket izomorf módon AlO<sub>4</sub> tetraéderek helyettesíthetnek a rácsban. A tetraéderek egymáshoz közös oxigénatomokon keresztül kapcsolódnak. A három vegyértékű Al-ot tartalmazó tetraédereknek egy negatív töltése van, és ezt semlegesítik a pozitív töltésű fémionok, amint az 1. ábra síkbeli rajzán látható.



1. ábra: A zeolitok síkbeli szerkezete

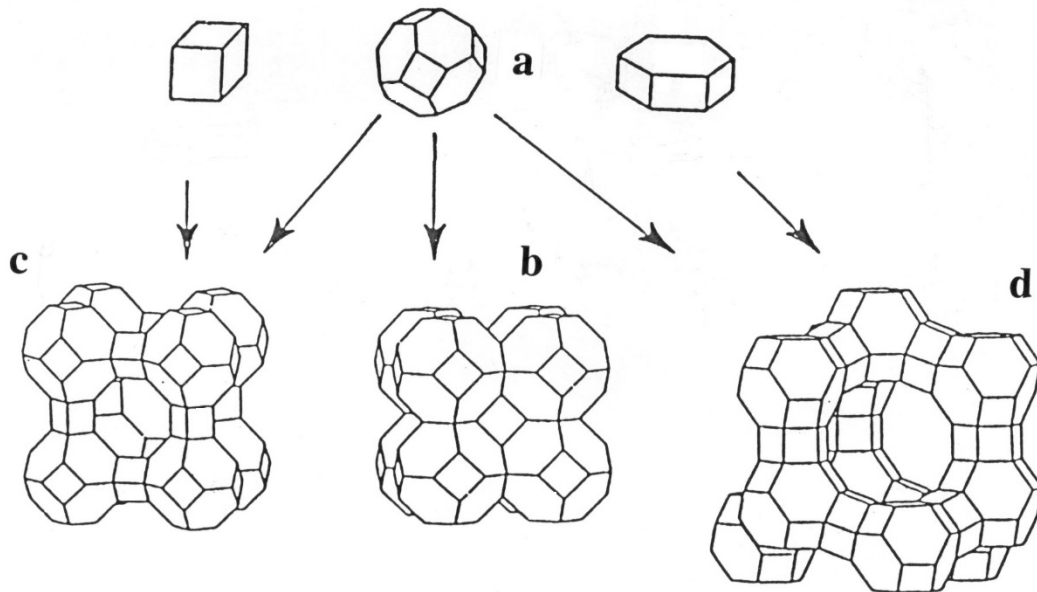
A zeolitok szerkezete a rácsot felépítő legkisebb ismétlődő egység, az elemi cella összetételével fejezhető ki:  $M_{x/n} [(AlO_2)_x(SiO_2)_y] wH_2O$ , ahol az  $M$  kation  $n$  vegyértékű,  $w$  a vízmolekulák száma,  $(y+x)$  a tetraéderek száma az elemi cellában. Az  $y/x$  azaz a Si/Al arány a zeolitok fontos jellemzője, 1-től gyakorlatilag végtelenig változhat. Például a zeolit szerkezetű szilakalitok gyakorlatilag nem tartalmaznak Al-ot. Az 1:1 arány elvi alsó határ, mivel a zeolitokban az  $AlO_4$  tetraéderek közvetlenül nem kapcsolódhatnak egymáshoz, csak  $SiO_4$  tetraéderen keresztül. A tetraéderek összekapcsolódásával jönnek létre a zeolitok ún. másodlagos építőelemei, amint a 2. ábra mutatja.



2. ábra: A zeolitok másodlagos építőelemei.

Ezekből az elemekből épülnek fel azok a testek, amelyek segítségével könnyen leírható a zeolitok szerkezete. A térbeli kapcsolódás úgy jön létre, hogy a zeolitok kristályrácsa csatornákat és üregeket tartalmaz, és ezekben található a hidratált töltéskompenzáló kationok és a vízmolekulák. Több zeolit építőeleme a 3. ábrán látható köboktaéder, amelyet 6 négyzetlap és 8 hatszöglap határol. (Ebben az ábrázolásban a csúcsok jelentik a Si ill. Al ionokat, míg az élek közepén vannak az oxigének.) A köboktaéderek közvetlenül is összekapcsolódhatnak négyzetlapjaikon keresztül, ekkor kapjuk a hidroxiszodalitot (3b. ábra), amelynek nincs túl nagy gyakorlati jelentősége, mivel a szerkezet szűk pórusaiba (bejáratuk négytagú gyűrűkből áll) a víznél nagyobb molekulák nem férnek be. Az  $A$  típusú zeolitokban a kapcsolódás egy kocka közbeiktatásával történik, ugyancsak a négyzetlapokon keresztül (3c. ábra). Ezáltal a

pórusméret is nagyobb (a nyolctagú gyűrűk átmérője 0,4 nm), az ioncsere helyzetben lévő kationok minőségétől függően. A faujazit típusok még nagyobb pórusméretűek, mivel bennük a kapcsolódás a hatszöglapok mentén történik (3d. ábra), ezáltal 12 tagú gyűrűkből álló pórusbejárat jön létre, amelyen keresztül a 0,8 nm kinetikus átmérőjű molekulák is beférnek a pórusokba. A közrezárt belső üreg átmérője pedig 1,3 nm.



3. ábra: Több zeolit közös építőeleme a köböktaéder (a) és összekapcsolódásuk hidroxiszodalittá (b), valamint A típusú (c), ill. faujazit típusú (X,Y) zeolittá (d).

A kationok mozgékonyak és más kationra cserélhetők. Ez az alapja a zeolitok **ioncserélő**ként való hasznosításának.

A kristályközi víz sok zeolitból melegítéssel folyamatosan és reverzibilisen eltávolítható, miáltal szabaddá válnak a molekuláris méretű üregek és pórusok lehetővé téve idegen molekulák befogadását. Ez az alapja a szelektív **adszorben**sként való alkalmazásnak.

Az előző két tulajdonság kombinálásával pedig változatos összetételű és tulajdonságú, a petrolkémiaiban, gyógyszeriparban, finomvegyszer gyártásban és környezetvédelemben alkalmazható **katalizátor**ok állíthatók elő [1].

## Történet

A "zeolit-sztori" 1756-ban kezdődött amikor *Cronstedt* svéd geológus szépen formált kristályokat gyűjtött Svédország északi részének egy rézbányájában. Az új ásványcsaládot *zeolit*nak, magyarul „*forró kő*”-nek nevezte el a *forrni* és *kő* görög szavak alapján. Azt tapasztalta ugyanis a forrasztó cső próba során, hogy ezek a kövek a lángba téve megduzzadtak, megolvadás előtt pedig felhabzottak.

A zeolitok kezdetben mint a bazaltképződmények üregeiben, réseiben előforduló ásványi ritkaságok keltették fel a geológusok figyelmét. Az igen tetszetős kristályok becses darabjai lettek az ásvány gyűjtőknek és a múzeumoknak. Mindössze ennyiből állt szerepük közel 200 évig. A 20. század első harmadában a vegyészek kezdték tulajdonságaikat tanulmányozni. Észrevették ugyanis a dehidratált kristályok szelektív adszorpciós képességét, ekkor született a "molekulaszűrés" elnevezés is.

Az úttörő tudományos munka R. M. Barrer nevéhez fűződik, aki az 1940-es években, Angliában dehidratált ásványi kabazittal igazolta a korábbi feltevéseket, bizonyítva ioncserélő és molekulaszűrő tulajdonságukat. A bazaltüregekből azonban igen kevés zeolit került elő, ipari felhasználásukra gondolni sem lehetett. Mesterséges előállításukkal azonban egyre több vegyész kísérletezett.

1949-ben az USA-ban, a Union Carbide Co.(azóta is a legnagyobb zeolitgyártó cég), Linde Osztálya valósította meg az első zeolit szintézist. Korábban valamelyik ismert tulajdonságú zeolit ásványt (pl. a kabazitot) próbálták előállítani, sikertelenül. Kaptak viszont egy új típusú zeolitot, amelyről kiderült, hogy adszorpciós és molekulaszűrő tulajdonságai jobbak, mint a kabazité. Linde A típusnévvel 1954-ben került forgalomba, s ma is az egyik legfontosabb szintetikus molekulaszűrő. (A különféle zeolitok az A, X, Y, stb. típusjeleket kapták, amit ma is használunk, annak ellenére, hogy az International Zeolite Association által kidolgozott egységes nevezéktanban minden zeolitot három betűvel jelölölnek. Az A zeolit LTA, az X,Y zeolit jele pedig FAU.)

Az 1950-es évek vége különös fordulatot hozott: új típusú zeolit előfordulásokat fedeztek fel a világ különböző pontjain, főleg a tavi és tengeri környezetben levő tufás kőzetekben. Ugyanebben az időben kezdtek amerikai geológusok tufás üledékeket és átalakult vulkáni

hamukat röntgendiffrakciós technikával vizsgálni. Az eredmény meglepő volt. A finomszemcsés, átalakult üvegnek tetsző anyagról kiderült, hogy 90%-a zeolit. Így az eddig ritka ásványként ismert zeolitnak több millió tonnás mennyiségét fedezték fel 1957-ben.

Ekkor érdekes helyzet alakult ki: a vegyészek szorgalmasan szintetizálták a zeolitokat és keresték ipari hasznosításuk lehetőségeit, a geológusok pedig rájöttek arra, hogy sokféle, bányászható mennyiségű zeolit található a természetben is. Mindkét csoport figyelemmel kísérte a másik működését, és a kölcsönhatás eredményeként a zeolitkutatás nagyobb sebességre kapcsolott. A geológusok tapasztalták, hogy a zeolitok nemcsak a tufás, üledékes kőzetek eredetének megfejtéséhez nyújtanak segítséget, hanem önmagukban is hasznosak. A kémikusok meg olyan, aránylag olcsó természetes anyagot találtak, amelyekből ipari feladatok megoldására alkalmas zeolitok állíthatók elő.

Ma mesterséges zeolitot gyártani jövedelmező üzlet, de emellett természetes zeolitokból is évi több százezer tonnát bányásznak a világon. Nem helyettesítik, hanem inkább kiegészítik egymást. A természetes zeolitok olcsóbbak, de nem tisztán fordulnak elő, mindig található mellettük kísérő kőzetként több-kevesebb kvarc, földpát és különböző agyagásványok. Ezért pl. katalizátorként kevéssé jönnek szóba, de kiválóan megfelelnek adszorbensként különböző környezetvédelmi célokra. Széleskörű a mezőgazdasági hasznosításuk is pl. takarmányadalékként vagy talajjavítóként. Magyarországon a Zempléni-hegységben és Tokaj környékén vannak bányászható mennyiségű és minőségű, mordenitet és klinoptilolitot tartalmazó ásványok. Korábban az Országos Érc- és Ásványbányák Hegyaljai Üzeme Mádon, ma pedig a belőle kivált gazdasági társulás foglalkozik a természetes zeolit bányászatával és értékesítésével [2].

A szintetikus zeolitok viszont katalizátorként tettek szert nagy jelentőségre a petrolkémiai iparban, szokatlanul nagy katalitikus aktivitásuk és szelektivitásuk révén. Egyes vélemények szerint a vegyipar fejlődésére gyakorolt hatásuk vetekszik a Haber-Bosch ammóniaszintézis hatásával.

Hazánk vegyipari fejlettségének és kapacitásának megfelelően nálunk nincs katalizátorgyártó ipar. Saját technológiához a MOL RT százhalombattai telepén gyártanak zeolit katalizátort. Adszorpciós célokra korábban a Reanal Finomvegyszergyár Molfilit néven,



a Budapesti Vegyiművek pedig Klinosorb márkanéven forgalmazott zeolitokat. Napjainkban világszerte, így Magyarországon is az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásoknak megfelelően a foszfátmentes mosóporok adalékanyagaként felhasznált zeolitok jelentik a legnagyobb mennyiséget. 1995-ben kezdte meg a termelést Ajkán egy 20 ezer t/év kapacitású, NaA zeolitot (Zeolon P4) gyártó üzem, amely a szintézisben az Al nyersanyagaként a timföldgyár hulladék alumínát lúgját használja, míg a Si nyersanyag vízüveg. ( A 2013-ban bekövetkezett sajnálatos vörösiszap katasztrófa után a bauxit feldolgozás, így a zeolitgyártás is megszűnt Ajkán.)

Magyarország nemcsak természetes zeolit előfordulásban gazdag, hanem a zeolit szintézis és alkalmazás területén is bővelkedett és bővelkedik itthon és külföldön élt és élő szakemberekben. Rabó Gyula (1924-2016), aki 1956 óta Amerikában élt, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja, a UOP volt kutatási igazgatója, akinek neve összeforrott a zeolitok katalitikus alkalmazásával, elsősorban a petrokémiai iparban. Csicsery Zsigmond, aki a zeolit katalizátorok alakszelektív hatásának első rendszerezője, a Chevron Co. volt munkatársa. B.Nagy János belgiumi professzor a zeolitok szintézisének és NMR spektroszkópiás tanulmányozásának nemzetközi hírnévű kutatója. A hazai zeolitkutatás úttörői Beyer Hermann, Fejes Pál (1931-2016) és Kalló Dénes (1931-2017) voltak. Tanítványaik közül többen napjainkban is a zeolitkutatás területén tevékenykednek

Hazánkban több egyetemi és akadémiai kutatóhelyen foglalkoznak a zeolitok eredetének, tulajdonságainak vizsgálatával és hasznosításuk lehetőségeivel. Ezek a szakemberek iparban dolgozó kollégáikkal együtt 1991-ben hozták létre és azóta működtetik szakmai szervezetüket, a Magyar Zeolit Társaságot. A társaság a FEZA (Federation of European Zeolite Association) tagjaként Kiricsi Imre (1948-2010) vezetésével szervezte 1999-ben, Egerben az első, hagyományteremtő FEZA konferenciát. 2017-ben volt a 7. Bulgáriában, Szófiában.

### **Zeolitok (pl. Zeolon P4) szintézise**

Zeolitokat általában hidrotermális körülmények között kristályosítunk. Olyan heterogén rendszerből, amely szilárd és folyadék fázisban lévő anyagokat tartalmaz. Ez a reakcióelegy az alábbiakat tartalmazza: a szerkezet felépítéséhez szükséges ionokat (T ionokat, mint alumínium, szilícium, titán, foszfor, stb), oldást segítő komponenseket (ilyenek a OH-ionok vagy a fluorid-ionok), ásványi kationokat vagy szerves adalékokat (ezek lehetnek ionosak vagy semleges molekulák, úgynevezett templátok), és oldószert (általában vizet).

A legtöbb zeolit szintézisét bázikus közegben 200 C°-nál alacsonyabb hőmérsékleten hajtjuk végre. Az alumínium foszfát család tagjai és az azokhoz hasonló összetételű anyagok (SAPO, MeAPO, stb) szintézisének a pH 3 és 10 között van. Az anionok mint a hidroxid és fluorid segítenek a szilárd szilikátok feloldásában és a reaktív gélben tartásában valamint ezeknek a növekvő kristályokhoz való eljuttatásában. A fluoridionnak még szerkezetalakító szerepet is tulajdonítanak, amely bizonyos szerkezetépítő elemek stabilizálásában áll.

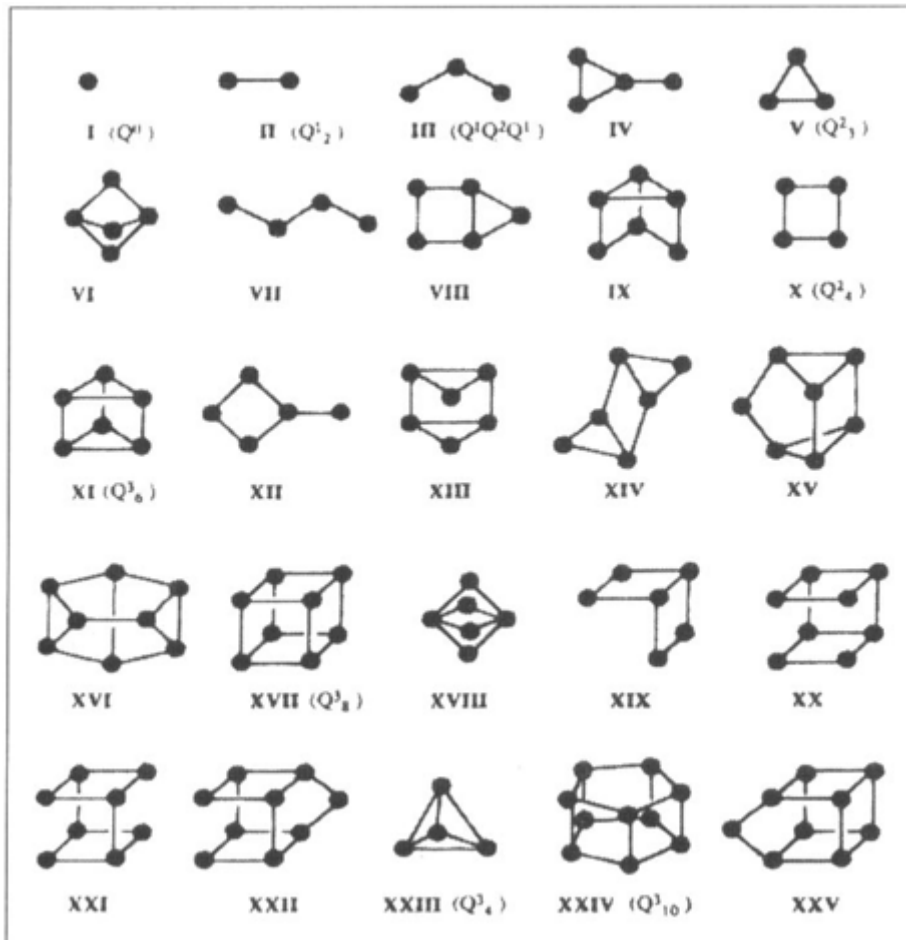
A nem vizes közegben végzett zeolit szintézis módszerek etilén-glikol oldószerben futtathatók le. Ismertek úgynevezett szilárd fázisú szintézisek, ezekben azonban kis mennyiségű víz mindig jelen volt, vagy a kristályosodás közben képződött.

### **ZEOLITOK KÉPZŐDÉSE, KRISTÁLYNÖVEKEDÉS**

Nagyon sok dolgozat foglalkozik a zeolitok kristályosodásának mechanizmusával. Két alapvető elképzelést javasoltak ennek leírására. Az egyiket Flanigen alkotta meg. Szerinte a kristályosodás a kristályosítandó gél szerkezetének átrendeződését jelenti, amely folyamatban a folyadékfázisnak nincs irányító szerepe. Ezt a modellt lényegében felváltotta a Barrer által leírt mechanizmus. Szerinte a zeolit kristályosodása a folyadékfázisban játszódik le. Az elképzelés szerint a kristályok növekedése az oldatból a kristálykákhoz kapcsolódó építőkövek révén valósul meg. Az összekapcsolódás kondenzációs reakció a folyadékfázisból érkező elemek és a kristály épülő része között. Ebben az elképzelésben a gél szerepe az anyagtárolás.

## SZILIKÁT RÉSZECSKÉK A KRISTÁLYOSODÁS SORÁN (ÉPÍTŐELEMEEK)

A műszeres analitika fejlődése, különösen az NMR spektroszkópia nyújtotta lehetőségek kiaknázásával megvalósíthatóvá vált szilikát oldatok tanulmányozása a zeolit szintézisnél használatos erősen lúgos körülmények között, relatíve tömény oldatokban. Az ilyen vizsgálatok szerint mintegy hatvan különböző szerkezetű szilikát oligomert mutattak ki. Ezekből látható egy sereg a 4. ábrán.

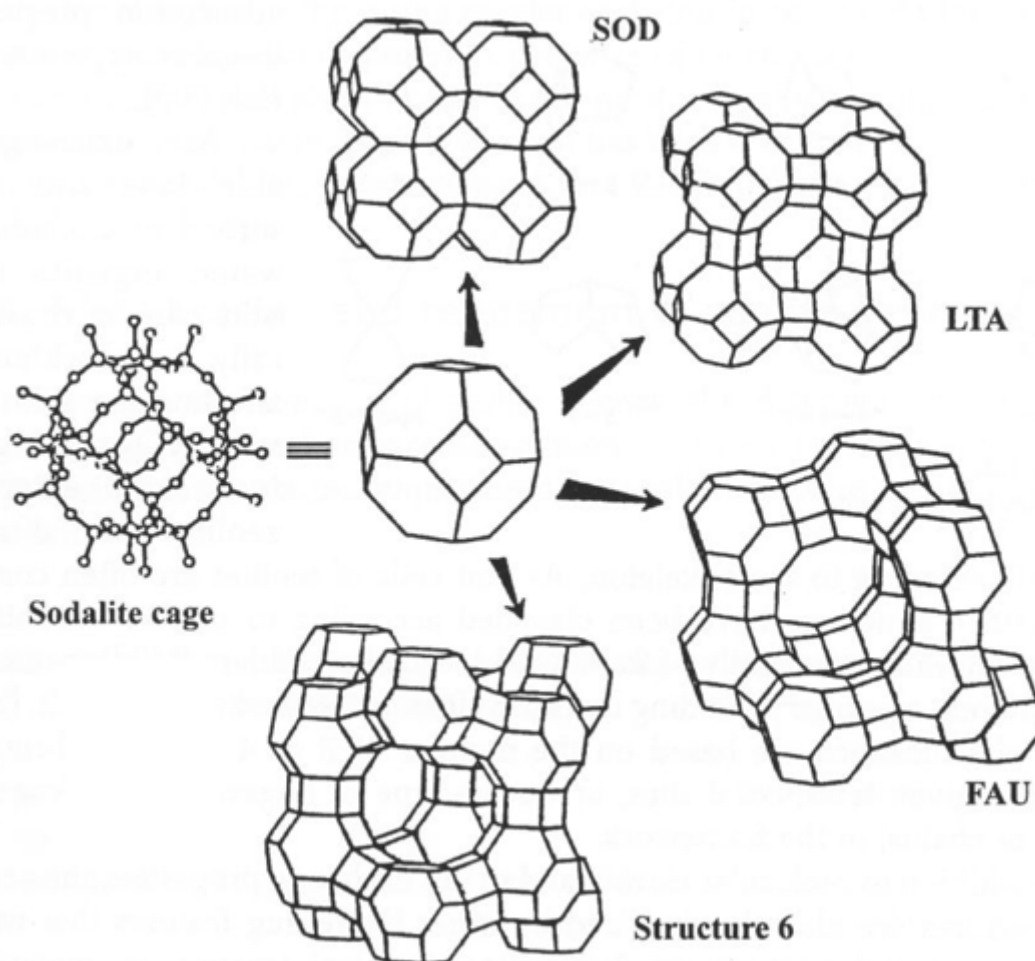


4. ábra: Lúgos szilikát oldatban azonosított Si tartalmú oligomerek

A kristálynövekedésre vonatkozó Barrer-féle elképzelés ezen eredmények alapján nagyon valószínűnek látszik, ugyanis ezek az oligomer részecskék kondenzációval hozzá tudnak kapcsolódni a növekedő kristályokhoz. Példák mutathatók be arra, hogy adott építőelem

különböző összekapcsolódása eltérő szerkezetű zeolit kristályosodásához vezethet. Ilyen példát mutat az 5. ábra.

Ebben az esetben a csonkított oktaéderek összekapcsolódásának három módja, amelyet a szintézis gél összetétele és a szintézis egyéb körülményei határoznak meg, három különböző szerkezethez vezetnek. A négyzetlapon keresztül történő közvetlen kapcsolódás szodalit (SOD), kettős négyes gyűrűkön keresztül A típusú (LTA) zeolithoz, kettős hatos gyűrűn át pedig faujazit (FAU) típusú zeolithoz vezet.



5. ábra: Szodalit egységből felépülő zeolit struktúrák

## A SZERVES KOMPONENS SZEREPE

Mint már jeleztük szerves segédanyagok alkalmazása segít abban, hogy a szilikát komponensből jól definiált, különböző szerkezetű zeolitok legyenek előállíthatók. Sokféle szerves anyagot használtak ilyen célra szintézisekben. A leggyakoribbak a következők: kvaterner ammóniumionok, lineáris és ciklikus éterek, fémorganikus komplexek. Ezek az anyagok megfelelő stabilitással rendelkeznek ahhoz, hogy ne bomoljanak el a szintézis körülményei között. Vannak olyan megoldások is, hogy olyan templátot alkalmaznak, amely elbomlása során képződő molekulák lesznek a szerkezetirányító ágensek. Az 2. táblázatban összefoglaltunk néhány zeolit szintéziséhez használható templát molekulát.

2. táblázat: templátmolekulák és a velük szintetizálható zeolitok összefoglalása.

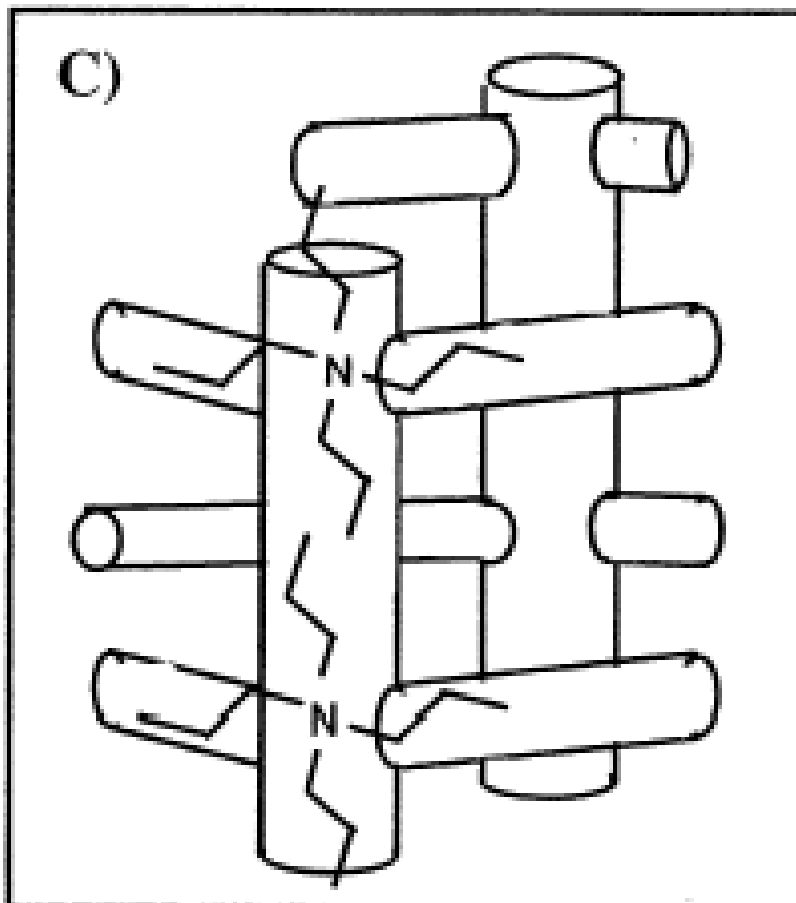
Szerves templátmolekula	Zeolit
Tetrapropil-ammónium kationok	MFI
Dietil-amin	TON
Tetrametil-ammónium kation	MTN
Di-n-propil-amin	MTT
1-amino-adamantán	DDR
N,N,N-trimetil-1-adamantammónium kation	AFI
Dibenzil-dimetil-ammónium kation	BEA
Etilén-glikol vagy trioxán	SOD
N-benzil-1-azónium(2,2,2)biciklo-oktán	IFR
1,3,3,6,6-pentametil-6-azónium(3,2,1)biciklo-oktán	ITE
3,5-dimetil-N,N-dietil-piperidinium kation	MEL
4,4'-trimetilén-dipiperidin	MTW
Quinuklidinium kationok	AST

## A SZERVES TEMPLÁT SZEREPE

A zeolitszintézishez használt templátmolekulák szerepe nem egyszerű. Erről tanúskodik az a tény, hogy több lehetséges szerepet tulajdonítanak nekik. Ezek.

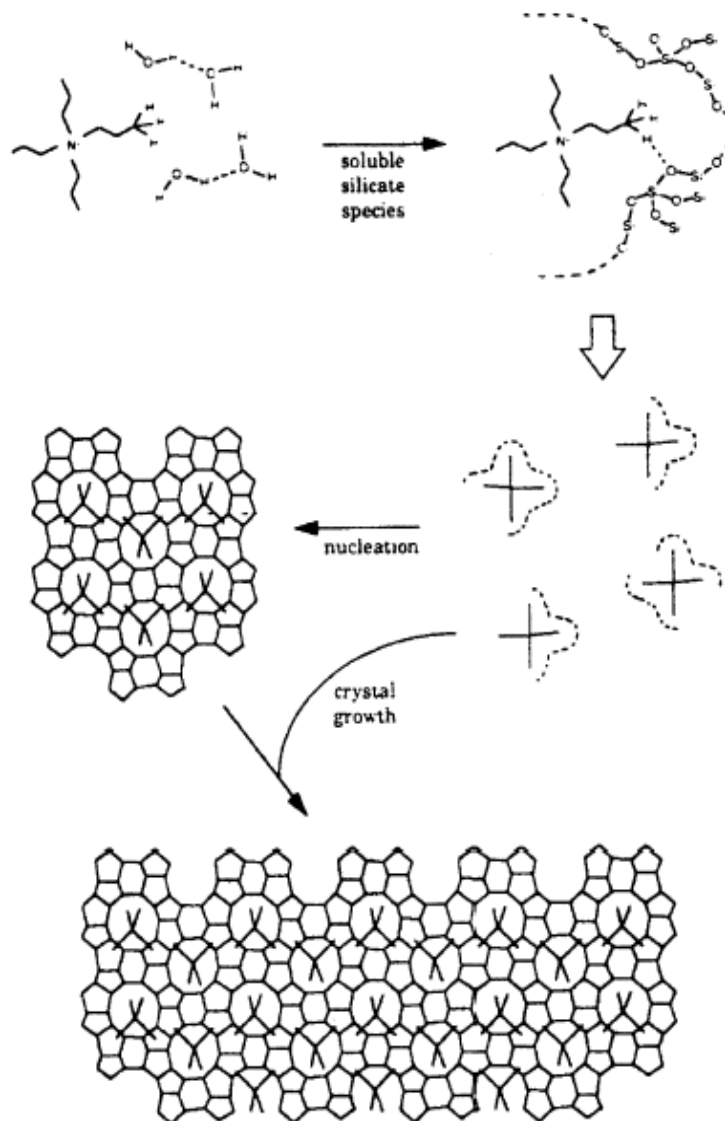
- töltéskompensáció a negatív töltésű szilikát vázban,
- a mikropórusos üregek kitöltése,
- szerkezetirányítás, melynek lényege, hogy a templátmolekulát körülveszik a szilikát komponensek és az így kialakult komplexek épülnek be a kristályosodó zeolitba,
- kémiai hatás, az oldat vagy a gél tulajdonságainak megváltoztatása révén,
- termodinamikai hatás, az építőelemek stabilizálása.

Egy templátot alkalmazó zeolit, a szilikalit képződésének mechanizmusát mutatja a 6. ábra.



6. ábra: A templátmolekula elhelyezkedése ZSM-5 zeolit pórusrendszerében

Ebben az esetben a templátmolekula a szerkezet kialakításában vesz részt. Ezt a következő, 7. ábrán látható módon képzelik el.



7. ábra: A templát molekula szerkezetirányító szerepe

### **Zeolitok jellemzése**

Anyagainkat a szintézist követően a zeolit szerkezet kialakulásának igazolása céljából, illetve a különböző módosító eljárások végrehajtása után különböző fizikai és kémiai módszerekkel jellemezhetjük.

### **Röntgendiffraktometria**

A szerkezet azonosítására alkalmazott módszer a röntgendiffraktometria. Az analízis az anyagainkra jellemző rendezettség igazolásán túl lehetővé teszi a d bázislap-távolságok meghatározását, s a csatornarendszer méretében bekövetkező változások követését is.

A diffraktogramok felvétele során alkalmazott hullámhossz  $\lambda = 0,15418$  nm (Cu  $K_{\alpha}$ ) a diffraktogramokat a Bragg egyenlet alapján értékeljük. A számításoknál a csúcsok súlyvonalának helyzetét vesszük figyelembe.

### **Termogravimetriás analízis**

Anyagaink termikus vizsgálatához magyar gyártmányú MOM DerivatographQ típusú, számítógépes adatfeldolgozó rendszerrel kiegészített készüléket használhatunk. A levegőn szárított, 100 mg tömegű mintákat kerámia tégelyben helyezük a műszer egyik karjára. A derivatogramokat 25-1000°C hőmérséklettartományban, 10 °C/perc fűtési sebesség mellett vesszük fel.

### **Infravörösspektroszkópia**

A templátmentesség, illetve a szerkezetben található hibahelyek kimutatására alkalmas infravörös mérésekhez 0,1 mg mintát homogenizálunk 200 mg vízmentes KBr mátrixban, majd a keverékből kis mechanikai nyomás ( $\sim 0,5$  N/cm<sup>2</sup>) alkalmazásával pasztillát készítünk. A spektrumokat 4000-400 cm<sup>-1</sup> tartományban a rendelkezésre álló készülék segítségével tudjuk felvenni, háttérként 200 mg tiszta KBr-ből készített pasztillát használunk.

### **NMR spektroszkópia**



A  $^{29}\text{Si}$  MAS NMR spektrumok hasznosak a zeolitok vizsgálatokor pl. a Si/Al arány meghatározására. A  $^{29}\text{Si}$  kémiai eltolódásának számításához referenciaként folyékony  $\text{Me}_4\text{Si}$ -t használunk. A felvételek készítésekor 4,0  $\mu\text{s}$ -os ( $\Theta = \pi/6$ ) impulzust és 6,0 s-os ismétlési időt alkalmazhatunk.

### **Differenciál diffúz reflexiós UV-látható spektroszkópia**

Az UV-látható spektrumokat pormintáinkról reflexiós módszerrel készíthetünk megfelelő UV/VIS spektrofotométer segítségével a 190-800 nm tartományban. Anyagainkat alapos, dörzsmozsárban történő porítást követően helyezzük a mintatartóba. Referenciaként hasonlóképpen előkészített MgO-ot használunk.

### **Fajlagos felület és pórusméret-eloszlás meghatározása**

A zeolitok fajlagos felületét és jellemző pórusméretét volumetrikus adszorpciós berendezés segítségével határozhatjuk meg. A holtter meghatározásához héliumot használunk. A nitrogén adszorpciós-deszorpciós méréseket a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén (77 K ) végezzük.

Az izoterma pontjainak meghatározása a Kelvin egyenlet segítségével, a fajlagos felület kiszámítása (az adszorpciós izoterma 0,1-0,3 relatív nyomás tartományát figyelembe véve) a BET módszer szerint történik. A pórusméret-eloszlás meghatározását a deszorpciós ág alapján a mezopórusos rendszerek jellemzésére alkalmas Barrett-Joyner-Halenda összefüggés segítségével végezzük. A mikropórusos anyagok vizsgálatára kidolgozott Horváth-Kawazoe módszer alkalmazásakor az adszorpciós ág értékpárjait használtuk fel.

### **Zeolitok, mint ioncserélők**

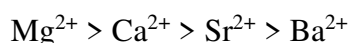
#### *Ioncsere*

Ha az ioncserélő anyag olyan elektrolittal érintkezik, amely az ioncserélő saját ionjaitól eltérő ionokat is tartalmaz, akkor az illető ionok közötti versengés eredményeképpen a rendszerben ioncsere reakció játszódik le.

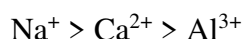
Az, hogy az egyensúly milyen irányban és mértékben tolódik el, az azonos értékű ionok esetén elsősorban az illető ionok minőségétől függ. Az ionok megkötődésének erőssége a liotróp sort követi:



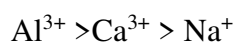
illetve:



Ha az egymással versengő ionok különböző értékűek, akkor döntő szerepe van az oldat koncentrációjának. Tömény oldatokban az egyértékű ionok kötődési hajlama a legnagyobb:



Híg oldatokban a helyzet fordított:



A vízlágyításnál pl. az előbbi két szabályszerűség igen nagy jelentőséggel bír. A természetes vizek ugyanis meglehetősen híg elektrolitok, ezért a  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionok megkötődése a rendszerint Na-formájú ioncserélőn kedvezményezett. A regenerálást viszont tömény NaCl oldattal lehet elvégezni.

Az ioncsere szemléletesen az ioncsere izotermákkal jellemezhető.

### *Zeolitok a vízkezelésben*

A zeolitok, ezen belül a természetes zeolitok környezetvédelmi jelentőségét a vízkezelésben, szennyvízkezelésben betöltött szerepük adja [1,3]. A természetes zeolitok vízkezelésben való hasznosításával kapcsolatban a következő területeket lehet kiemelni [4]:

$\text{NH}_4^+$  eltávolítása különböző eredetű ivóvizekből és szennyvizekből,  
radioaktív ionok (pl.:  $\text{Cs}^+$ ) ioncserés eltávolítása nukleáris szennyvizekből,  
nehézfém ionok eltávolítása és visszanyerése ipari szennyvizekből.

Ezen ionok eltávolíthatóságát a különböző irodalmi adatokból kirajzolódó kép támasztja alá, amint a 3. táblázat adatai mutatják.

3. táblázat: Természetes zeolitok ioncsere szelektivitása

Kabazit	Cs > NH <sub>4</sub> > Pb > Na > Cd > Sr > Cu > Zn
Klinoptilolit	Cs > Pb > NH <sub>4</sub> > Na > Sr > Cd > Cu > Zn
Mordenit	Pb > Cs > NH <sub>4</sub> > Na > Cd
Filipsit	Cs > Pb > NH <sub>4</sub> > Na > Sr > Cd > Zn

Az adatok természetesen átlagok, nem abszolút érvényűek, ugyanis a szelektivitást számos tényező befolyásolja. Egyaránt függ a zeolit összetételétől, ami természetes zeolitok esetében a lelőhelynek is függvénye, és a vizes oldatban lévő kation összetételétől. A klinoptilolit és a mordenit Magyarországon is nagy mennyiségben megtalálható.

A fenti, környezetszennyező ionok kationcseréje általában állóágvas berendezésben történik, ebbe töltik a legtöbbször Na formára hozott természetes zeolitot. A regeneráláshoz tömény NaCl oldatot használnak.

Az ammónium ion eltávolításnak van a legnagyobb hagyománya. Több tízezer m<sup>3</sup> / nap kapacitású berendezések működnek az USA-ban, kisebb volumenben Japánban, Európában, többek között hazánkban is. Az eltávolított ammóniát ammónium-szulfát műtrágyaként hasznosítják.

A 3. táblázatból kitűnik a Cs<sup>+</sup> kiemelkedő ioncsere szelektivitása, amit nukleáris szennyvizek ártalmatlanításában lehet kihasználni. Nagyon jól tudták hasznosítani a Kárpátokban bányászott klinoptilolitos kőzetet 1986-ban, Csernobilban a reaktorbaleset következményeinek felszámolásában, a szennyezett vizek, víztartalmú élelmiszerek közvetlen és ezzel a növények, állatok, emberek közvetett, részleges mentesítésében. Az így koncentrált radioaktív hulladékot betonba ágyazva tárolják. Ha zeolitokkal végzik az ioncserét, akkor később a betonból való kioldódás veszélye sokkal kisebb egy szintén alumínium-szilikát (zeolit) esetén, mint szerves ioncserélő műgyantát használva [3].

A nehézfém ionok közül az ólom eltávolítási vizsgálatok eredményéről számoltak be olasz kutatók. Ez a probléma kerámia ipari szennyvizek kezelésénél jelentkezik. A táblázat adatai jól mutatják, hogy a két vizsgált zeolit közül a filipsit kitűnő szelektivitású és hatékonyságú az ólom ionok eltávolításában, míg a kabazit elfogadható.

4. táblázat: Ólom ionok eltávolítása kerámia ipari szennyvizekből

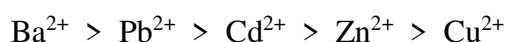
Zeolit	ioncsere kapacitás (meq/g) <sup>a</sup>	Pb <sup>2+</sup> koncentráció (mg/l)	Pb <sup>2+</sup> egyensúlyi (meq/g) <sup>b</sup>	Pb <sup>2+</sup> dinamikus (meq/g) <sup>c</sup>	dinamikus szelektivitás*	hatásfok**
Kabazit	1,62	28	0,93	0,42	0,57	0,26
Filipsit	2,05	21	2,06	1,33	1,00	0,83

\*dinamikus szelektivitás b/a

\*\*hatásfok c/a

Az első oszlop adatai szerint a Na<sup>+</sup> cseréjével meghatározott ioncsere kapacitása a két zeolitnak hasonló. Az ólom ionokra mért egyensúlyi kapacitás a filipsit esetében ugyanilyen, míg kabazitnál már jelentősen kisebb. A dinamikus körülmények között, egy működő ioncserélő oszlopon mért érték természetesen mindkét esetben kisebb, de míg az ebből számolt hatásfok a filipsitre 83 % addig a kabazitra csak 26 %. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a különböző zeolitok ioncsere hatékonyságára különböző nehézfém ionok eltávolításában a dinamikus kísérletek adnak pontos választ.

Amint a 3. táblázat adatai mutatják a klinoptilolit is szelektív ioncserélő anyag nehézfémionok eltávolítására. Részletesen vizsgálták használhatóságát Ba<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> ioncseréjében. Semmens és Seyfarth előzőleg savval kezelt, majd nátrium-formára alakított klinoptiloliton végezte vizsgálatait [5]. A savazást 10 %-os salétromsavval végezték egy órán keresztül, a nátrium-formára hozást pedig 1 M nátrium-klorid oldattal 2 napig. A savval kezelt klinoptilolit ioncserélő szelektivitása kisebb volt, mint a savval nem kezeltté. Mindkét fajta zeolitnál azonos szelektivitási sorrendet tapasztaltak:



Megállapították, hogy a szelektivitás a fémionok hidratációs szabadentalpiájának csökkenésével növekszik.

$\text{Cu}^{2+}$  ionok eltávolítását galvanizáló üzemek szennyvizéből kínai eredetű klinoptilolittal tanulmányozták behatóan [6]. A 20-30 ppm  $\text{Cu}^{2+}$  ion tartalmú galvanizáló szennyvíz pH-ját 4-5 közöttire állították majd a Na-formára hozott klinoptilolitot tartalmazó ioncserélő oszlopra vezették. Két oszlopos rendszert használtak, míg az egyik ioncserélt a másikat regenerálták telített NaCl oldattal. Ezen kísérleti körülmények között a klinoptilolit ioncsere kapacitása 1,01 – 1,23 meq/g-nak bizonyult. A tisztított vizet újrafelhasználásra visszavezették a galvanizáló üzembe.

#### *Magyar természetes zeolitok használata vízkezelésben*

Több kutatócsoport is részletesen vizsgálta a Tokaj környékén bányászható mordenitet ill. klinoptilolitot tartalmazó kőzetek tulajdonságait, ioncsere kapacitását.

Papp János és munkatársai megállapították, hogy mobilizálható kationként K, Na, Ca és Mg ionokat tartalmaznak. Meghatározták a homo vagy kvázihomoionos származékok előállítási körülményeit. Megállapították, hogy klinoptilolit esetében, azonos körülmények között végezve a kezelést, K-, Na-, Ca- és Mg-származékok 100, 85, 74 ill. 55 %-os formában áll elő, a mordenit esetében a K-, Na- és Ca-forma 100, 96 ill. 84 %-os a megfelelő kationra vonatkoztatva [7].

Inczedy és munkatársai a Mádról származó , klinoptilolitot tartalmazó kőzet ioncsere kapacitását határozták meg több kétértékű kationra, többek között nehézfém ionokra ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) is, és részleges ionszűrő hatást tapasztaltak [8].

Hlavay munkatársaival a magyar természetes zeolitok alkalmazását ivóvizek és szennyvizek tisztításában egyaránt részletesen tanulmányozta [9]. Kísérleteket végeztek 50 % klinoptilolit tartalmú zeolittal vizek ammónia tartalmának szelektív eltávolítására. Az ammóniát tartalmazó vizek rendkívül károsak a környezetre. A halak (pl. pisztrángok) esetében 0,3–0,4 mg/dm<sup>3</sup> ammónia koncentráció pusztulásukat okozza, másrészt a nagy ammónia tartalmú víz tápanyagban gazdag környezetet biztosít az algák káros elszaporodásának, az eutrofizációnak. Meghatározták a megfelelő ionformát (Na-forma), az optimális szemcseméretet (0,5-1,0 mm) és az optimális áramlási sebességet. Jelentős mennyiségű huminsavat is tartalmazó ivóvízből

szabadtéri kísérletekben három sorbakapcsolt ioncserélő oszloppal el tudták távolítani az ammóniát.

Emellett tanulmányozták a klinoptilolit ioncsere szelektivitását nehézfémionokra is [10]. Statikus és dinamikus kísérletekben vizsgálták a klinoptilolit tartalmú kőzet alkalmazhatóságát Cu, Zn és Cd ionok eltávolítására. A statikus kísérletek során először a rázás közben fellépő zeolit kőzet aprítódási veszteségét és a teljes ioncsere kapacitást határozták meg. A tömegvesztés kb. 5 %-nak, az ioncsere kapacitást 0,969 mekv/g-nak találták. Az egyensúlyi kísérletek alapján mindhárom fémionra elkészítették az egyensúlyi izotermákat és megállapították, hogy részleges ioncsere játszódott le. A kimerült ioncserélőt  $\text{NaNO}_3$  és  $\text{NaCl}$  oldatokkal, amelyek pH-ját 2 körüli állították, regenerálták. A regeneráló oldatból a fémionok mésztejjel kicsaphatók. A dinamikus oszlop kísérletekben a bemenő oldat pH-ját és ionkoncentrációját változtatva meghatározták az optimális kimerítési és regenerálási körülményeket.

### *Vízlágyítás*

Ismeretes, a vizek keménységét okozó  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionok káros hatása. Ez abban jelentkezik, hogy az ilyen vizet forralva oldhatatlan karbonátok válnak ki és az edény falán vízkő formájában lerakódnak. Ez káros azért, mert a vízkő rosszul vezeti a hőt, tehát az ilyen edényben a víz felmelegítéséhez több energia kell, ami manapság egyáltalán nem közömbös. De ennél nagyobb baj is keletkezhet. A karbonátok hőtágulása más, mint az edény (pl. gőzkazán) falát alkotó fémé, ezért a vízkőréteg időnként megreped és a víz a túlhevült fallal érintkezve hirtelen gőzzé alakul. Ha ez nagyobb területen következik be egyszerre, akkor még kazánrobbanáshoz is vezethet.

A mosószerek használata a másik terület, ahol a vizek keménysége káros. A mosószerek aktív komponensei hosszú alkiláncú savak alkáli sói, így vízben oldódnak. A hagyományos szappan, melyet dédanyáink még állati zsíradékok lúgos főzésével készítettek, 16 vagy 18 szénatomos karbonsavak nátrium sói. A szintetikus mosószereket általában szénhidrogének szulfonálásával állítják elő, majd ennek képezik a nátrium sóját.

A vízben lévő  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionok a mosószer aktív komponensével oldhatatlan sók képeznek, így azok nem tudják kifejteni tisztító (emulgeáló) hatásukat. Ez a folyamat addig tart, amíg az összes  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ion el nem fogy, tehát a kemény víz többlet mosószerfogyasztást eredményez. (A mosóporos dobozon lévő használati utasítás szerint is figyelembe kell vennünk a víz keménységét az adagolásnál.)

Hogyan távolíthatók el a vízből a keménységet okozó  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionok, azaz hogyan történik a vízlágyítás?

Az ipari vizek lágyításának legolcsóbb módja a kicsapásos eljárás. Meszet,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és szódát,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  adva a lágyítandó vízhez a keménységet okozó ionok rosszul oldódó karbonátok alakjában kicsapódnak és szűréssel eltávolíthatók. A módszer előnye, hogy nagy mennyiségű vizet lehet olcsón lágyítani, hátránya, hogy a karbonátok oldhatóságának megfelelő  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ion marad a vízben.

Tökéletes lágyítás, akár ionmentes víz is ioncserével érhető el. Az első vízlágyításra használt ioncserélők a permutitok voltak. Ezek amorf Na-Al-szilikátok, amelyek  $\text{Na}^+$  tartalmukat cserélik ki  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionokra. Ezeket a hatékonyabb műgyanták váltották fel, amelyek szerves polimerek, szénláncukon kation ill. anioncserélő aktív csoportokkal. Lágyításhoz általában elég a nátrium forma alkalmazása, de ivóvíznél szükséges lehet az anionok eltávolítása is pl. nagy nitrátszennyezettségű vizeknél. Teljesen ionmentes víz pedig úgy állítható elő, ha hidrogén formájú és hidroxid formájú gyantán egyaránt átengedjük a vizet, amikor is a kationok helyett  $\text{H}^+$  ion, az anionok helyett  $\text{OH}^-$  ion kerül a vízbe, és a kettő közömbösítve egymást ugyancsak vizet eredményez.

Az ioncserélő műgyanták használata vízlágyítás céljára hatásos, de drága módszer, ezért általában úgy járnak el, hogy a meszes-szódás eljárással előlágyított vizet viszik ioncserélő oszlopokra.

A harmadik, széles körben használatos vízlágyítási módszer nem távolítja el a vízből a keménységet okozó ionokat, hanem komplexbe viszi és így a vízben maradnak ugyan, de nem tudják káros hatásukat kifejteni. A II. világháború után terjedt el a nátrium-tripolifoszfát ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), mint komplexképző használata. Ilyen foszfát adalék volt a Szolnokon gyártott TOMI mosóporokban is.

A 80-as évekre egyértelművé vált, hogy a természetes állóvizek, így a Balaton algásodásáért (eutrofizáció) is, elsősorban a foszforszennyezés a felelős, ami műtrágyákból és nem utolsósorban a mosószerekből kerül a vízbe. Az az ellentmondásos helyzet alakult ki, hogy az egyébként hatékony tisztítószeresek komoly környezetszennyezők.

Mivel lehet helyettesíteni a foszfátokat? Nem komplexképző, hanem ioncserélő adalékanyagokat kell tenni a mosóporokba a keménységet okozó ionok eltávolítására. Az Egyesült Államokban és Nyugat-Európában ma már több százezer tonna zeolitot használnak mosópor adalékként. Néhány éve, a nyugati mosóporok hazai áradatának egyik oka az volt, hogy a szigorúbb előírások szerint Nyugat-Európában már nem forgalmazhattak csak foszfátmentes árut, a magyar piac pedig még nyitva állt a környezetszennyező, de egyébként kiváló minőségű termékek előtt. A nagy cégek ezt agresszív reklámhadjáratokkal ki is használták. Ma már a Henkel által megvásárolt szolnoki gyár is zeolitos mosóport gyárt.

#### *A Zeolon P4 használata*

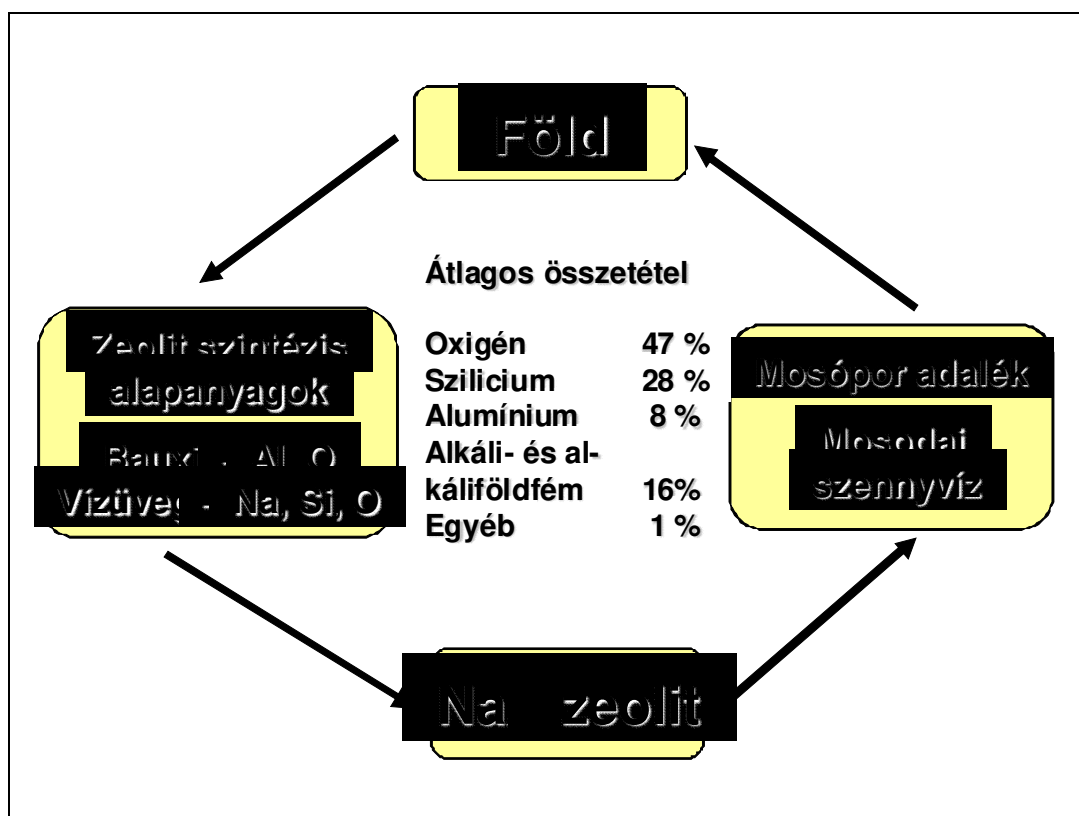
Fenti célra, a már említett "A" típusú zeolit Na-formájának (Zeolon P4) használata terjedt el, mivel tömegegységre vonatkoztatva ennek a legnagyobb az ioncsere kapacitása. A zeolit, a mosópor részeként a vízbe szórva gyorsan kicseréli a keménységet okozó ionokat  $\text{Na}^+$  ionokra, és így biztosítja a mosószer hatékonyságát.

Széleskörű, alapos vizsgálatok bizonyítják, hogy sem használatkor, sem utána a környezetre nem fejt ki káros hatást. A természetes vizekbe jutva, mint alumínium-szilikát fokozatosan a talaj részévé válik, mivel alkotórészei a földkéregben legnagyobb mennyiségben előforduló elemek. Ezt mutatja a 8. ábra.

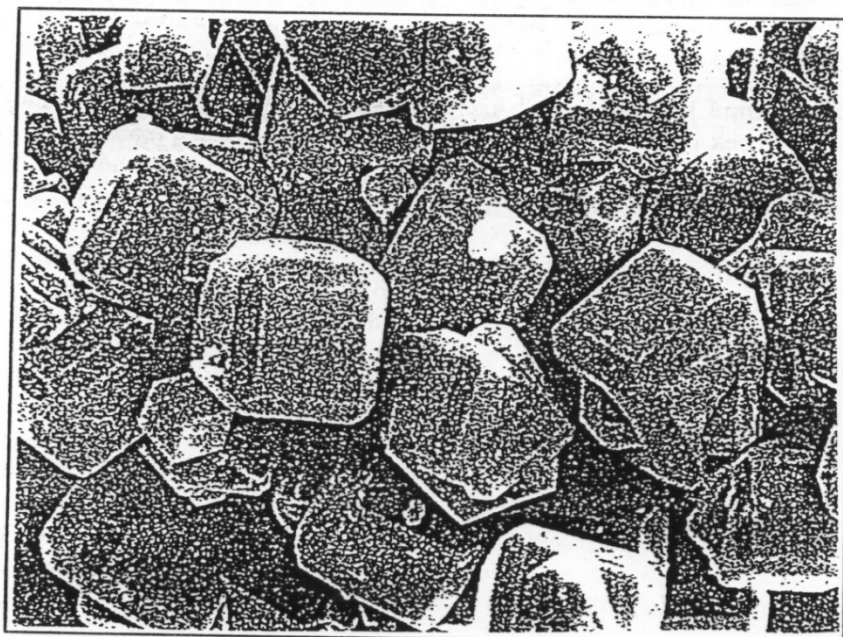
Az eddig ismertetett előnyös tulajdonságai ellenére a NaA zeolit nem tudja tökéletesen helyettesíteni a foszfátadalékokat. A  $\text{Ca}^{2+}$  ion megkötő képessége kiváló, de a  $\text{Mg}^{2+}$  ionokat kinetikai okok miatt egy mosás ideje alatt nem tudja tökéletesen eltávolítani. Ennek döntően az az oka, hogy a  $\text{Mg}^{2+}$  ion kisebb ugyan, mint a  $\text{Ca}^{2+}$  ion, de hidrát burka nagyobb és erősebben kötött, ezért diffúziója az A zeolit pórusaiban lassúbb. Ezen a problémán más típusú, pl. NaX zeolit hozzáadásával lehet segíteni.



A mosás utáni öblítés során jelentkezik egy másik gond. Az ugyanis, hogy az A zeolit köbös, kocka alakú szép, szabályos kristályai a határozott élek és csúcsok miatt könnyen megtapadnak a textíliák szálain, nehezen távolíthatók el és mechanikailag is roncsolják az elemi szálakat. Ezt azonban sikerült a szintézis során bevezetett módosításokkal úgy megoldani, hogy levágott élű és csúcsú kristályok keletkezzenek, amelyek már nehézség nélkül kiöblíthetők a ruhából. (9. ábra).



8. ábra: A zeolitok környezetbarát visszakerülése a természetbe.



9. ábra: A mosóporadalékként használt zeolit textíliát kímélő, levágott élű és csúcsú kristályai.  
*Mezőgazdasági hasznosítás*

A természetes zeolitok keletkezésük során sokféle fémiont kötöttek meg ioncsere pozícióban, azaz nagy a nyomelem tartalmuk. Ezen tulajdonságuk az alapja annak, hogy a nagy bányászható készlettel rendelkező országokban (USA, Japán, Kuba, stb.) talajjavítóként ill. állati takarmányok adalékanyagaként is széles körben használják [3]. Magyarországon is folytak néhány éve biztató kísérletek ezen a téren. Hannus és munkatársai  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  műtrágya beépülését vizsgálták természetes és szintetikus mordenitbe különböző termoanalitikai és spektroszkópiai módszerekkel. Megállapították, hogy a beépült műtrágya kioldódása lassú, így a természetes mordenit alkalmazható, mint töltőanyag, kötőanyag és megnyújtott hatású műtrágya adalék [11]. Kocsis és munkatársai zeolit-lignit őrleményt tartalmazó trágyák alkalmazását vizsgálták a talajerőgazdálkodásban. Arra a következtetésre jutottak, hogy az őrlemény adalékanyagként stabilizálja a nagy tápanyagtartalmú szerves szuszpenziós műtrágyákat, a talajba kerülve javítja annak szerkezetét, a tápanyag érvényesülését [12]. Gaál és munkatársai állattartó telepek hígrágyáját kezelték természetes zeolitokkal. Megállapították,

hogy a kapott termék nem fertőző, nagy stabilitású. tixotróp tulajdonságú, mikroelemeket tartalmazó, nagy aktív felülettel rendelkező, hosszan ható műtrágya [13]. A mezőgazdaság átalakulásával ezek a kísérletek abbamaradtak, és ma főleg a kisállattenyésztők találkoznak természetes alapú zeolit alapú termékekkel.

Szakál Pál és munkatársai vizsgálták különböző réz vegyületek, mint életfontosságú metalloenzim alapanyagok bejuttatását növényi szervezetekbe [14]. Az anyagtakarékos és hatékony pótlási célból a levélzetre juttatnak ki réz-komplexet réz-tetramin-szulfát formájában, melynek alkalmazásával az őszi búza hozamát és minőségét sikerült javítani. A retardáció biztosítása céljából a kedvező hatású a réz-tetramin kationt a szintetizált zeolitba (Ajkán gyártott *Zeolon P4*, Na A típusú zeolit) vitték be ioncserével. Az ilyen típusú komplex alkalmazásával az őszi búza minőségi paramétereinek javulását kapták. A kiváló fungicid hatása eredményeként a *Fusarium* toxinjainak mennyiségét közel 50 %-kal sikerült csökkenteni.

#### *Módosítás ioncserével*

A zeolitok katalitikus tulajdonságait illetve pórusméretét, és ezzel adszorpciós sajátságait is nagymértékben lehet változtatni különböző tulajdonságú és méretű ionok becserélésével. Ez azonban már átvezet bennünket a következő fejezet témájához.

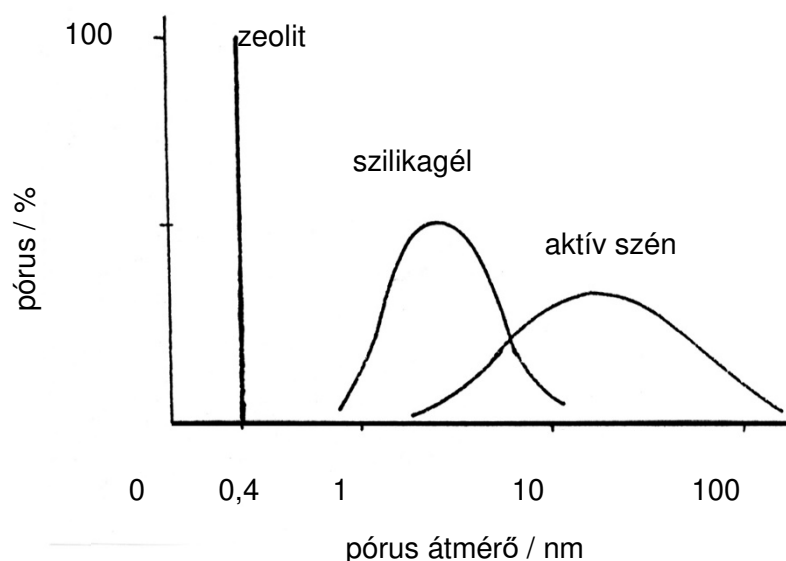
### **Zeolitok, mint adszorbensek**

#### **Szárítás, adszorpciós tisztítás és elválasztás**

A zeolitok egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy a vázukat alkotó  $AlO_4$  és  $SiO_4$  tetraéderek térbeli kapcsolódása úgy jön létre, hogy a zeolitok kristályrácsa csatornákat és üregeket tartalmaz, amiket a természetbeni keletkezés és a mesterséges előállítás során egyaránt vízmolekulák töltenek ki. Ha a zeolitokat 300-400 °C-ra melegítve a vizet eltávolítjuk (aktiválás), több száz  $m^2/g$  felületű szelektív adszorbenshez jutunk. Az egyedülálló szelektivitás annak köszönhető, hogy egy típusú zeolitra csak egyfajta pórusméret jellemző, ellentétben más,

klasszikus adszorbensekkel (pl. szilikagél, aktív szén), amelyek széles pórusméret eloszlással rendelkeznek.

Az 10. ábra a NaA zeolit pórusméret eloszlását mutatja a szilikagéllal és aktívszénnel történő összehasonlításban, logaritmikus skálán [3]. Az ábra azt illusztrálja, hogy ebben a zeolitban minden pórus (a pórusok 100 %-a) azonos, 4 Å-höz közeli (0,4 nm) méretű (ezért nevezik 4A zeolitnak), míg a más típusú adszorbensekben a pórusok mérete széles határok között változik.

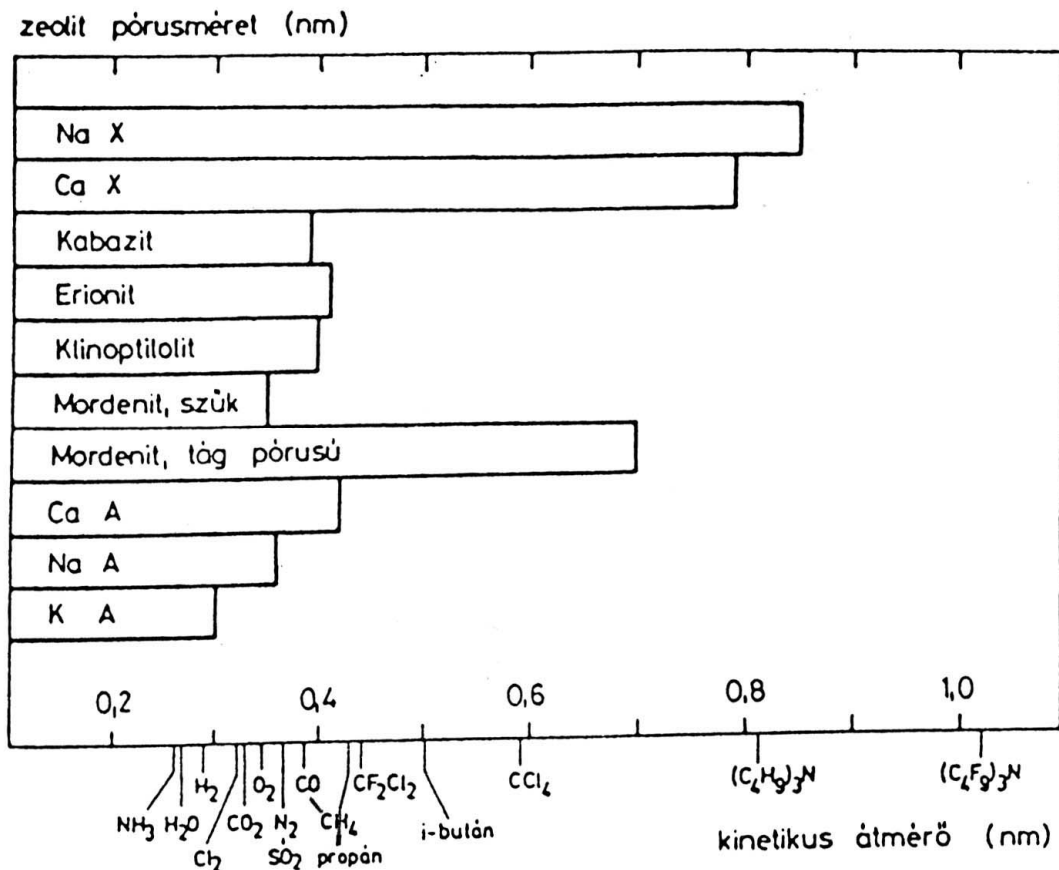


10. ábra: A pórusok méreteloszlása különböző adszorbensek esetében.

Ebből adódik a zeolitok szelektív adszorpciós képessége, az ún. "molekulaszűrés", ugyanis az a molekula, amelyik befér az adott zeolit pórusába ott adszorbeálódik, amelyik nem, az pedig áthalad az adszorbens szemcsék között az oszlopon.

A 11. ábra különböző zeolitok effektív pórusméretét mutatja néhány egyszerű molekula kinetikus átmérőjéhez viszonyítva. Az ábrából jól látszik, hogy a méretek alapján egy adott elválasztási feladathoz kiválasztható a megfelelő zeolit. Például a kálium-A zeolit, (3A molekulaszűrő) segítségével szinte minden gáz vízteleníthető, szárítható, mert molekuláik nem férnek be a zeolit pórusaiba, így csak a víz kötődik meg. Különböző, zeolit tartalmú patronokat használnak a hűtőszekrények hűtőfolyadékának, a járművek fékrendszerének, légkondicionáló berendezéseknek a zárt cirkulációs körében és transzformátor olajoknál az esetlegesen bekerülő

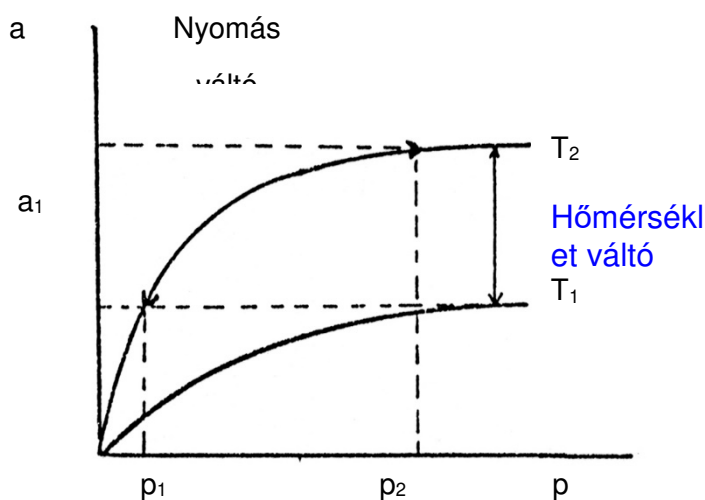
víz megkötésére. Zeolitokat használnak szárító anyagként duplafalú ablakoknál is, ahol a két légmentesen összeragasztott üveg közé különböző gázokat, pl. argont tesznek a hő és hangszigetelés javítására. A növekvő energiaárak mellett az ablakok hőszigetelése egyre fontosabb, így az itt használt zeolitok iránti igény is nő.



11. ábra: Különböző zeolitok effektív pórusmérete és néhány egyszerű molekula kinetikus átmérője.

Nagyobb léptékű szárításnál, pl. hidrogén vagy oxigén gázáramok esetében golyókká vagy kis hengerekké formázott zeolitot használnak. Ezek a dinamikus műveletek folyamatos regenerálást is feltételeznek. A 12. ábrán két jellegzetes adszorpciós izoterma látható, amelyeken az egyensúlyi nyomás függvényében az adszorbens tömegegysége által megkötött

anyagmennyiséget tüntettük fel. Látszik, hogy az adszorpciós-deszorpciós ciklus lejátszatására az egyik lehetőség az, hogy az alacsonyabb  $T_2$  hőmérsékleten történik az adszorpció, míg a magasabb  $T_1$  hőmérsékleten a deszorpció. A másik lehetőség azonos hőmérsékleten, de különböző nyomáson végezni az ad- ill. deszorpciót. A fűtő-hűtő ciklus neve hőmérsékletváltó (thermal swing), míg a nyomás csökkentésével regenerálóé nyomásváltó (pressure swing) eljárás.



12. ábra: Adszorpciós izotermák a regenerálási lehetőségek bemutatásával.

Van egy harmadik lehetőség is, inert leszorító gáz alkalmazása. Ezt a módszert általában a hőmérsékletváltó eljárással kombinálva alkalmazzák.

Mind a 3A, mind a 4A zeolitot világszerte használják csepfolyósított propán, halogénezett szénhidrogének és földgáz szárítására. A 3A alkalmasabb olefineket (etilén, propilén) tartalmazó krakk-gázok és más olajfinomítói gázáramok szárítására, mint a 4A, mert utóbbi pórusaiba ezek a kis szénatom számú olefinek beférnek és megkötődnek. A 4A nagyobb szénatom számú szénhidrogének, benzol, alkoholok szárítására használatos, és akkor, ha a vízzel együtt szén-dioxidot is el kell távolítani pl. a földgázból.

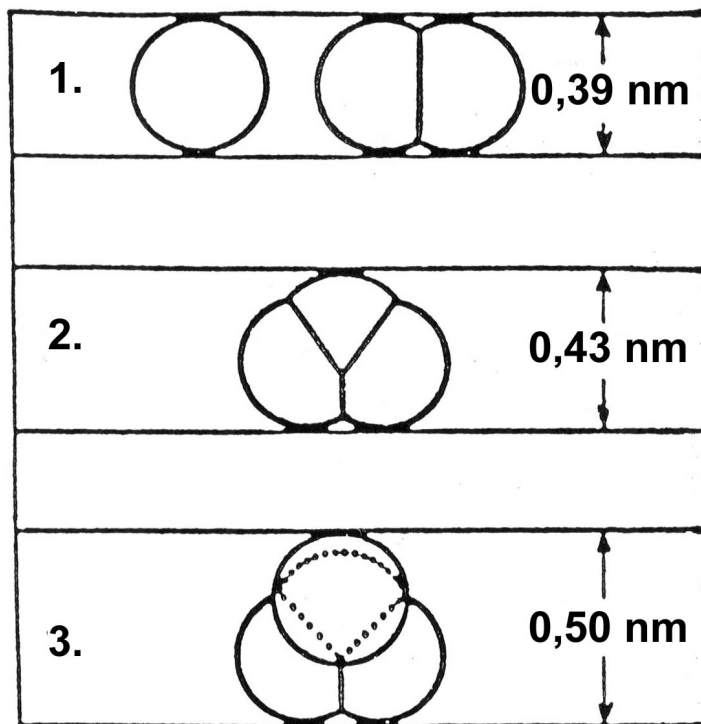
A legismertebb a földgáz tisztítása 4A zeolittal, amely magában foglalja a H<sub>2</sub>S eltávolítását is. Ez nagyon fontos környezetvédelmi szempontból.

Amikor a megszokottnál nagyobb kén- vagy nitrogéntartalmú molekulát kell adszorpcióval eltávolítani, akkor a nagyobb pórusméretű 13X zeolitot használják.

A szárítás mellett, a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok megkötésére a magyar természetes zeolitok, a mordenit és klinoptilolit is alkalmas.

Klasszikus, zeolitokkal megvalósítható feladat a normál- és izoparaffinok szétválasztása. Bizonyos célokra, pl. benzinek oktánszámának javítására az elágazó, más célokra, pl. mosószergyártásra az egyenesláncú szénhidrogének a kívánatosak, ezek könnyebben elbonthatók (miután évszázadokon keresztül az állati zsíradékok lúgos hidrolízisével főzött szappanokban lévő palmitin- és sztearin-sav fogyasztásához szoktak hozzá a természetes vizekben található mikroorganizmusok.)

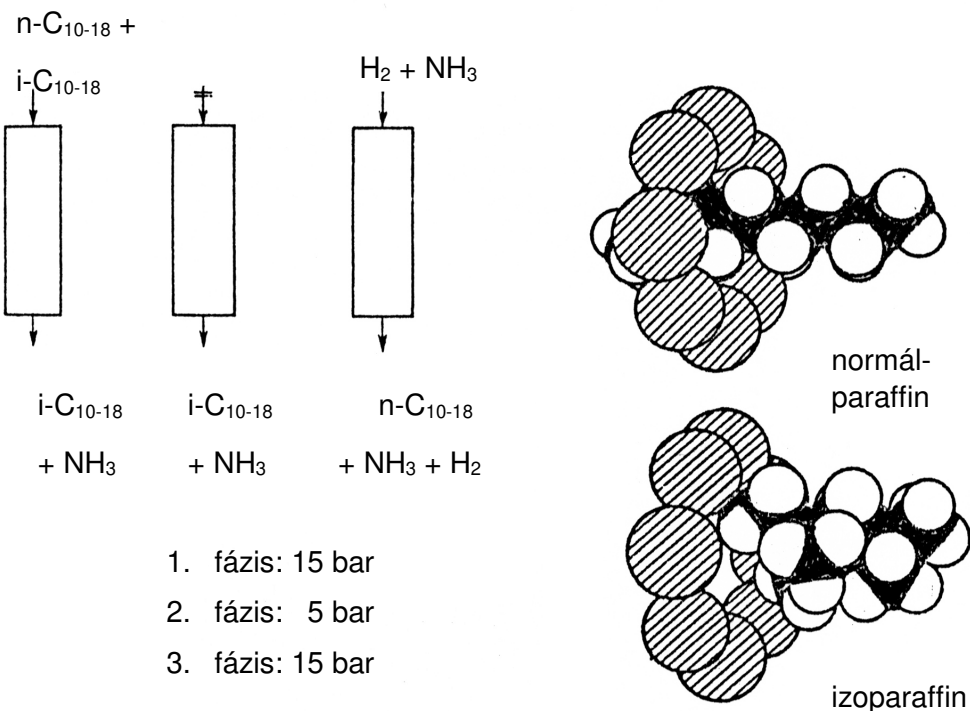
A 13. ábra szemlélteti néhány egyszerű szénhidrogén kinetikus átmérőjét. A hosszabb normál szénhidrogének kinetikus átmérője is a propánéhoz hasonló, míg a legegyszerűbb elágazó szénhidrogén, az izobután is jelentősen nagyobb méretű. A 11. ábráról leolvasható, hogy a CaA zeolit pórusmérete a kettő közé esik, így elválasztásukra kitűnően felhasználható.



13. ábra: Egyszerű szénhidrogének kinetikus átmérője.  
(1. metán, etán; 2. propán; 3. izobután)

Az 10. ábrán a kerozinból mosószeripari célokra a normál szénhidrogéneket 350 °C-on kinyerő eljárás blokk-sémája látható. Az első, adszorpciós lépésben a normál-paraffinok megkötődnek, míg az elágazóak, mivel nem férnek be a zeolit pórusaiba, áthaladnak az oszlopon. A 2. periódusban a nyomást csökkentve a szemcsék közötti térből is távoznak az izo-paraffinok, míg a 3. periódusban leszorító gázok ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ) alkalmazásával érik el a normál paraffinok deszorpcióját.





14. ábra: Normál- és izo-paraffinok elválasztása “molekulaszűréssel”.

Egy másik nagyléptékű művelet a levegő szétválasztása alkotórészeire (oxigén, nitrogén, nemes gázok). Ez zeolitokkal általában alacsony hőmérsékleten történik, de egyre nő a szobahőmérséklet körül működő, nyomásváltó berendezések száma is ipari célú oxigén és nitrogén előállítására. Angliában A és X zeolitot használnak oxigén előállítására kórházi, egészségügyi célokra.

### Katalizátorok

A zeolitok első katalitikus alkalmazására 1959-ben került sor, amikor a Union Carbide Co. kutatói izomerizációs reakciókban tesztelték az Y-zeolitot. 1960-ban javasolták az "alakszelektív katalízis" elnevezést annak a váratlan katalitikus aktivitásnak a megjelölésére, amelyet kalcium ioncserélt A zeolit (5A) esetében tapasztaltak. A 4-5 Å pórus átmérőjű zeoliton szelektíven krakkolódtak az egyenes szénláncú n-paraffinok ugyancsak egyenes láncú termékeket adva.

Az X zeolit krakk katalizátorként való alkalmazására 1962-ben került először sor, amikor kis mennyiségű zeolitot téve a klasszikus amorf alumínium-szilikáthoz jelentős katalitikus aktivitás növekedést tapasztaltak.

A hatvanas évek végén és a hetvenes években jelentős előrelépést jelentett a zeolitok szintézise területén új, nagy szilícium tartalmú, közepes pórusméretű anyagok (főleg a Mobil cég ZSM sorozata) előállítás. Ezek az anyagok addig nem ismert, alakszelektív átalakulásokra kifejlesztett technológiák megvalósításához vezettek.

Ezzel párhuzamosan a zeolitok módosításában is történt előrehaladás. Fémek és fém-oxidok beépítésével, új dealuminálási technikák kidolgozásával, ioncserével, mint a legfontosabb szintézist követő módosításokkal sikerült jelentősen befolyásolni a zeolitok aktivitását és szelektivitását.

Később, a 80-as években kifejlesztett új szintézis módszerekkel sikerült a Si-ot és az Al-ot is más elemekkel helyettesíteni a zeolit rácsban. Ez és a szerkezetvizsgáló módszerek fejlődése lehetővé tette számos új szerkezetű és összetételű zeolit felfedezését és a konkrét alkalmazásoknak jobban megfelelő anyagok előállítását.

Végül, a katalitikusan aktív helyek kialakítási technikájának fejlődése révén, pl. fémek bevitelével és a fémkomplexeknek a zeolitok csatornáiban, üregeiben való létrehozásával a kémiai tulajdonságok olyan finoman változtathatók, hogy reálissá vált a lehetőség az enzim katalízis utánzására.

#### *Zeolitok, mint alakszelektív katalizátorok*

Amint a korábbiakban már szerepelt, a zeolitok egyedi jellegzetessége az, hogy egységes méretű pórusokkal rendelkeznek. A jelenleg rendelkezésre álló zeolitok pórusainak mérete a 4 Å és 13 Å közötti tartományba esik, ami megegyezik a petrolkémiaiban fontos szénhidrogének méretével. Ilyen esetben nagyon kis változás a molekula méretében nagyon megváltoztathatja a diffúzió jellemzőit. Pl. az orto-xilol diffúziója ZSM-5 zeolitban három nagyságrenddel lassúbb mint a para-xilolé.

#### *Reaktáns és termék szelektivitás*

A jelenséget meghatározó paraméterek a molekulák és a zeolit csatornák mérete. Ha a betáplált anyagban különböző molekulák vannak, csak a zeolit pórusainál kisebb méretű és megfelelő alakú molekulák képesek bejutni a pórusokba és ott reakcióba lépni. Ez a reaktáns szelektivitás.

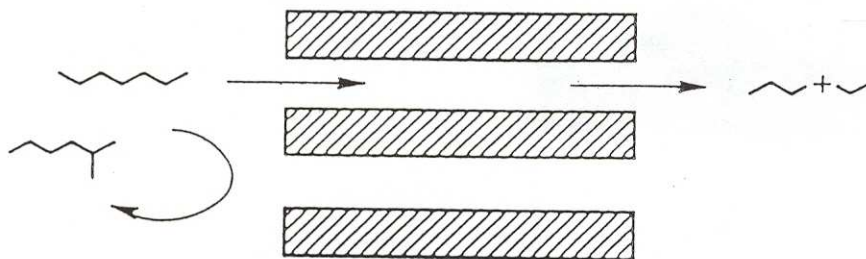
A másik eset az, amikor a reakciónak több terméke is van, de csak azt érzékeljük, tudjuk detektálni, amelyik ki tud diffundálni a zeolit kristályból. Ezért a termékösszetételt nagymértékben befolyásolja a zeolit pórusainak és a termék molekuláknak a mérete. Ez a termék szelektivitás.

A két jelenség sémáját az 15. ábra mutatja.

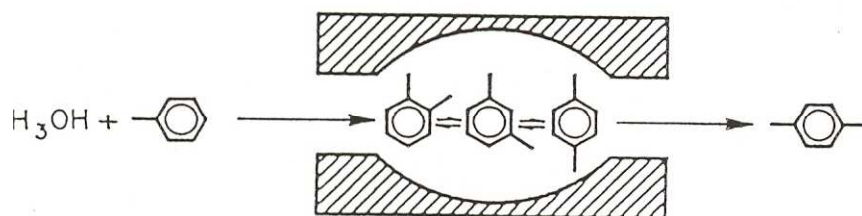
### *Átmenetiállapot szelektivitás*

Vannak olyan esetek, amikor a reaktáns és a termék molekulák is képesek be- és kidiffundálni a zeolit kristályokba(-ból). Ilyen esetekben is megfigyelhető valamiféle szelektivitás. Ha egy bizonyos molekula olyan átmeneti állapoton keresztül keletkezik, amelynek kialakulásához nincs elegendő tér a zeolit csatornában, a katalitikus centrum közelében, akkor ezt a molekulát nem találjuk meg a termékek között. Ezt a jelenséget átmeneti állapot szelektivitásnak nevezik. Illusztrációként az 15. ábra a xilol izomerizáció során az átalkileződés gátlását mutatja pentaszil zeolit alkalmazásával.

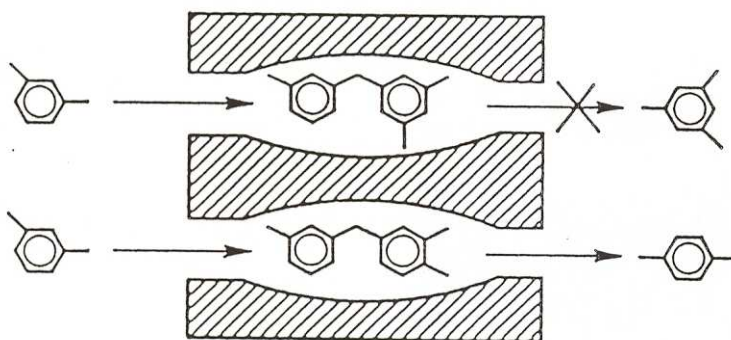
### REAKTÁNS SZELEKTIVITÁS



### TERMÉK SZELEKTIVITÁS



### ÁTMENETI ÁLLAPOT SZELEKTIVITÁS



15. ábra: A reaktáns, termék és átmeneti állapot szelektivitás sémája.

*Zeolitok, mint enzimszerű katalizátorok*

Az enzimekhez hasonlóan a zeolitok is nagyon egyedi tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek a hatásos katalitikus működés alapját jelentik. Mindkét katalizátor típus esetében a következő lépések a meghatározók:

- (i) a reaktáns(ok) és a szubsztrát összekapcsolódása nem kémiai kölcsönhatás révén,
- (ii) ezen kölcsönhatás jellegének befolyása a kémiai reakcióra, beleértve a meglévő kémiai kötések felhasadását és újak kialakulását, olyan átmeneti állapot(ok)on keresztül, amelyek természetét a szubsztrát tulajdonságai határozzák meg.

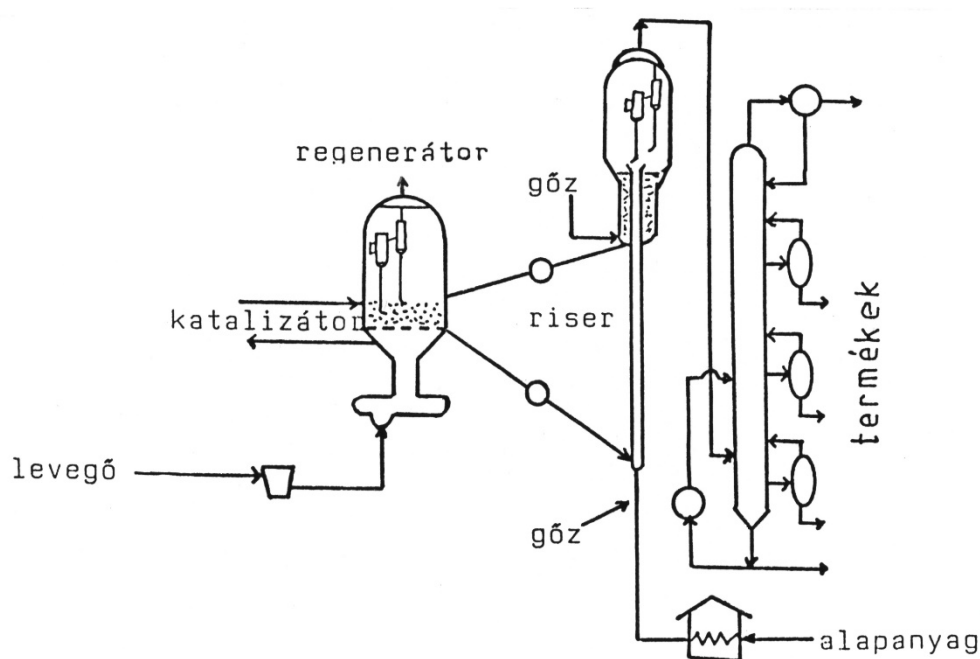
A reaktáns kölcsönhatását a zeolittal (szubsztrát) az előzőekben leírt alakszelektív hatások szabályozzák. Ráadásul a zeolit rács üregei és csatornái mikroreaktorként ill. az előre eltervezett szimmetriájú katalitikusan aktív helyek hordozóiként is szerepelnek.

A reaktáns(ok) és a szubsztrát (enzim) összekapcsolódása egy szupermolekulává emlékeztet a zeolitokban kialakuló átmeneti állapot konfigurációjára. A zeolit a kívánt, reaktáns vagy termék szelektivitásnak megfelelő átmeneti állapot stabilizálásával csökkenti a reakció aktiválási energiáját.

Ipari folyamatok zeolit alapú katalizátorokkal

### *Katalitikus krakkolás*

Ez volt az első ipari eljárás, amelyben zeolitokat katalizátorként alkalmaztak, és az elkövetkező években is még ez marad a zeolit katalizátorok fő hasznosítási területe. Jelenleg a kevésbé értékes nyersolaj frakciók krakkolása, a nagyobb szénhidrogének  $C_1$ - $C_6$  molekulákká alakítása az egyik legfontosabb gázolin forrás. Napjainkban a katalitikus krakkolást fluid ágyas technológiával végzik.



16. ábra: Katalitikus krakkolás.

Ebben az előmelegített nyersolaj a regenerált katalizátor porral találkozik és együtt kerülnek a 450-500 °C hőmérsékletű reakció zónába. Rövid érintkezés után (néhány másodperces kontaktidő) a használt katalizátort és a termékeket egy következő zónában elválasztják egymástól. Itt gőzöléssel távolítják el a katalizátor felületéről az adszorbeált szénhidrogéneket, majd a regenerátorban 600-800 °C-on levegővel leégetik az erősebben kötődött un.

"szénlerakódás"-t. Ezután a regenerált katalizátort újra visszavezetik krakkolásra. A szeparátorban kapott termék szénhidrogéneket különböző frakciókra választják szét: C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> gázok, C<sub>4</sub>, gázolin, krakk benzín, könnyű olaj, nehéz olaj és recirkulációs olaj. A nehezebb frakciókat visszavezetik krakkolásra. Az előzőekben leírt folyamatot a 16. ábra mutatja [15].

A jelenleg használatos katalizátor a faujazit (zeolit) komponens (HY, ultrastabil Y, ritka földfém Y) és a mátrix anyag keveréke. A különböző komponensek jól beállított arányával lehet megfelelő termikus/hidrotermális stabilitást, mérgeződéssel szembeni ellenállást (pl. fém Ni vagy V adalékkal), a zeolit és a mátrix mennyiségének kiegyensúlyozásával pedig megfelelő mechanikai tulajdonságokat (jó fluidizáló képesség, kopás állóság, kismértékű porlódás) elérni. Hazánkban Százhalombattán működik ilyen technológia.

#### *Zeolit katalizátorok a finomvegyszerek gyártásában*

Bár a zeolitok katalizátorként és katalizátor hordozóként való hasznosításának fő területe a petrolkémia marad, egyre több területen nyernek alkalmazást az intermedierek és finomvegyszerek gyártásában is. A homogén katalizátorok heterogénekkel való helyettesítésének igénye iniciálta a kutatás fejlődését ezen a területen. A fő alkalmazási terület a proton ill. Lewis-sav katalizálta reakciók, mivel a savas zeolitok alakszelektív tulajdonságuk miatt előnyösen használhatók. Természetesen más funkciók is beépíthetők a zeolitokba és a sav-bázis tulajdonságok is módosíthatók a szintézis során pl. a Si és Al mellett más elemek beépítésével a zeolit rácsba, vagy a szintézis után alkalmazott dealuminálás, ioncsere, impregnálás révén. Ily módon a kívánt irányba alakíthatók a zeolit katalizátorok tulajdonságai vagy kombinálhatók más katalitikusan aktív centrumokkal a legjobb aktivitás és szelektivitás elérése érdekében.

A zeolit katalizátorokkal végrehajtható reakciók a kettős kötés izomerizáció, vázizomerizáció, dehidratálás, dehidrogénezés, szubsztitúció aromás gyűrűben (halogénezés, acilezés, alkilezés), aromások izomerizációja, szelektív hidrogénezés, szelektív oxidáció.

#### *Zeolitok a környezetvédelmi katalízisben.*

A zeolit alapú katalizátorok a petrolkémiai eljárások kulcsfontosságú anyagai. Jelenleg azonban az olajipar újabb kihívások előtt áll. Ilyenek a légszennyezés csökkentése vagy a nehezebb olajpárlatok minőségi javítása. A légszennyezés csökkentése a kipufogó gázok, ipari véggázok SO<sub>x</sub> és NO<sub>x</sub> tartalmának csökkentését jelenti.

Aromatizálással nagy oktánszámú elegyek kaphatók pl. C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> frakciókból, vagy gyenge minőségű benzinekből. Azonban az új szabályok a C<sub>4</sub> tartalom (az erős párolgás elkerülésére) és a benzol tartalom csökkentését írják elő. Különböző új eljárásokat fejlesztettek ki az előírásoknak megfelelő benzinek előállítására. Ezek egyenes szénláncú olefinek izomerizálása izoolefinekké, amelyek metanollal éterezhetők, C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> olefinek oligomerizációja, vagy benzol alkilezése alkil-aromásokká. A n-paraffinokat izomerizáló eljárások is továbbfejlődtek.

A zeolitok szóba jöhetnek az izoolefinek és a metanol reakciójának katalizátoraként is, mivel róluk a szénlerakódás regenerálással eltávolítható és így újra használható, míg a jelenleg használatos ioncserélő műgyanták nem. Az így kapott éterek fontos oktánszám javító komponensek. A másik fontos oktánszám növelő eljárás, amelyikben zeolitok is szóba jöhetnek, az i-bután alkilezése olefinekkel. Néhány szabadalom H-zeolitok alkalmazásáról szól. A zeolitok előnyösen helyettesíthetnék a jelenleg használatos, de nagyon korrozív tömény H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-at ill HF-ot.

Jelenleg az olajfeldolgozó ipar olyan új eljárásokat és katalizátorokat igényel, amelyekkel a különböző viszkózus nehézőlaj frakciók az eddigiéknél hatékonyabban feldolgozhatók. Ebből a szempontból ígéretes lehet új, mezopórusos szilikátok felfedezése, mivel ezek pórusmérete a jelenleg használatos Y zeolitokénál nagyobb, így nagyobb méretű szénhidrogén molekulák tudnak adszorbeálódni és krakkolódni.

A réz ioncserélt zeolitok, különösen a ZSM-5 változat nemcsak a mozgó, de az álló szennyező források esetén is ígéretes katalizátor a nitrogén-oxidok eltávolítására.

Végezetül megállapítható, hogy a zeolitok egyre nagyobb szerepet kapnak az intermedierek és a finomvegyszer végtermékek előállításában is. A molekulaszűrők új generációjának kifejlesztésével, a zeolitok tulajdonságainak pontosabb kialakításával minden alkalmazásra előállítható a testreszabott katalizátor.

Az előző fejezetekből kiderült, hogy a zeolitok a túlzott algásodást okozó foszfátok helyettesítőiként mosópor adalékként, a savas esőt okozó és más káros gázok megkötésével adszorpciós tulajdonságaik révén, és nem utolsósorban katalizátorként a modern környezetvédelem fontos anyagai.

Amikor a különböző környezetszennyezésekért a kémiát okolják, és nem a tudatlan, vagy felelőtlen emberi tevékenységet, akkor fontos rámutatni, különösen most, a Kémia Nemzetközi



Éve kapcsán, hogy egészséges környezet nem lesz a kémia és a kémikusok hozzájárulása nélkül.

**Felhasznált irodalom:**

- [1] B.Nagy, J., Bodart, P., Hannus, I., Kiricsi, I. (1998) Synthesis, characterization and use of zeolitic microporous materials, DecaGen Ltd., Szeged, Hungary
- [2] Hannus István, Kiricsi Imre: Zeolitok a XXI. század küszöbén, Természet Világa, 134, 452. oldal, 2003.
- [3] A. Dyer, *An introduction to zeolite molecular sieves*, 1988, John Wiley, New York
- [4] C. Colella, *Natural zeolites in environmentally friendly processes and application*, Stud. Surf. Sci. Catal., 125 (1999) 641.
- [5] M.J. Semmens, S. Seyfath, *The selectivity of clinoptilolite for certain heavy metals*, (Natural zeolites: Occurrence, Properties, Use, Szerkesztők: L.B. Sand, F.A. Mumpton), 1978 Pergamon Press, New York, 517. o.
- [6] Z. Guangsheng, Li. Xingzheng, L. Guangju, Z. Quanchang, *Removal of copper from electroplating, effluents (potch water) using clinoptilolite*, ( Occurrence, properties and utilization of natural zeolites, Szerkesztők: D. Kalló, H.S. Sherry) 1988, Akadémiai kiadó, Budapest, 529. o.
- [7] Czárán L-né, Mészárosné Kis Á., Domokos E., Papp J., *A klinoptilolit és a mordenit ioncserélő sajátságainak vizsgálata*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987, MTA VEAB, Veszprém, 89. o.
- [8] Szász, Á., Inczedy J., *A mádi klinoptilolit-tartalmú kőzet ioncserélő tulajdonságai*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987, MTA VEAB, Veszprém, 89. o.
- [9] Hlavay, J., Víggh Gy., Olaszi V., Inczedy J., *Vizek ammónia tartalmának eltávolítása klinoptilolittal*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása, Szerk. Hlavay József) 1982, MTA VEAB, Veszprém, 211. o.
- [10] Polyák K., Hlavay J., *Klinoptilolit szelektivitása néhány nehézfémionra*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987, MTA VEAB, Veszprém, 73. o
- [11] Hannus, I., Tasi, Gy., Kiricsi, I., Fejes, P., *Magyar természetes zeolitok talajjavító tulajdonságának fokozása* (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987 MTA VEAB, Veszprém, 187. o

- [12] Kocsis, I., Kazó, B., Varró, T., *Zeolit-lignit őrleményt tartalmazó trágyák alkalmazása a talajerőgazdaálkodásban*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987 MTA VEAB, Veszprém, 195. o
- [13] Gaál, L., Varró, T., Bodnár, S., Márton, M., *Állattartó telepek szennyvizének kezelése zeolittal*, (Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása II., Szerk. Hlavay József) 1987 MTA VEAB, Veszprém, 206.o
- [14] Szakál Pál szóbeli közlés.
- [15] P.B. Venuto, E.T. Habib, *Fluid catalytic cracking with zeolite Catalysts*, Marcel Dekker, New York (1979)

**A klímaváltozás hatása a mezőgazdasági termelésre. Az evapotranszpiráció hatása a növények növekedésére, fejlődésére és produktívására. Az aszály jelensége és az öntözéses védekezés meteorológiai alapjai.**

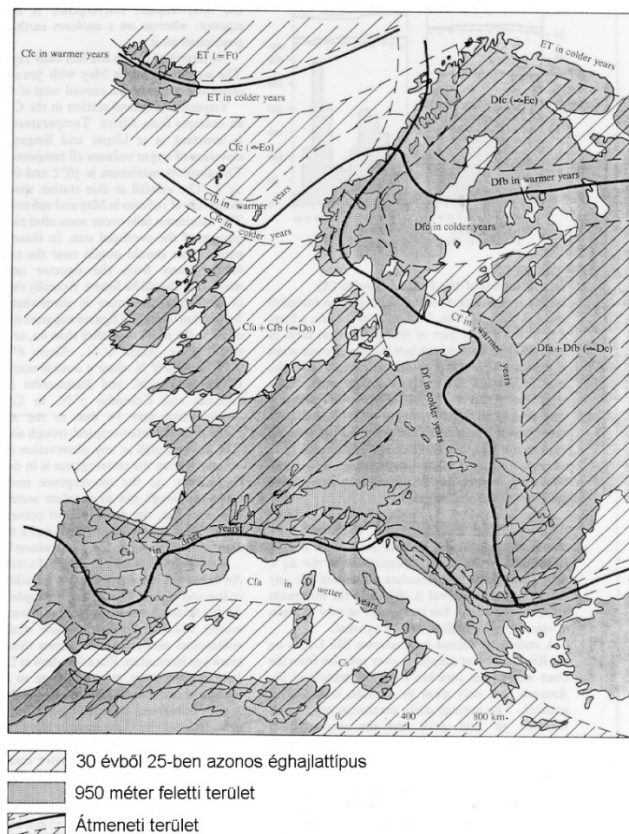
**Dr. Varga-Haszonits Zoltán**

- Tanulmány -

## 1. Hazánk éghajlati változékonyságának főbb jellemzői

Hazánk a Threwartha-féle osztályozás szerint a „kontinentális éghajlat hosszú meleg időszakkal” kategóriába tartozik. Ezt azt jelenti, hogy a tengerektől távolabb helyezkedik el, s több, mint három hónapban a középhőmérséklet 18 fok feletti. Ehhez hozzá kell tenni még azt is, hogy a csapadék viszonyai alapján pedig szubhumid csoportba tartozik, azaz az évi csapadékösszegek hozzávetőlegesen 600 és 1000 mm között változnak.

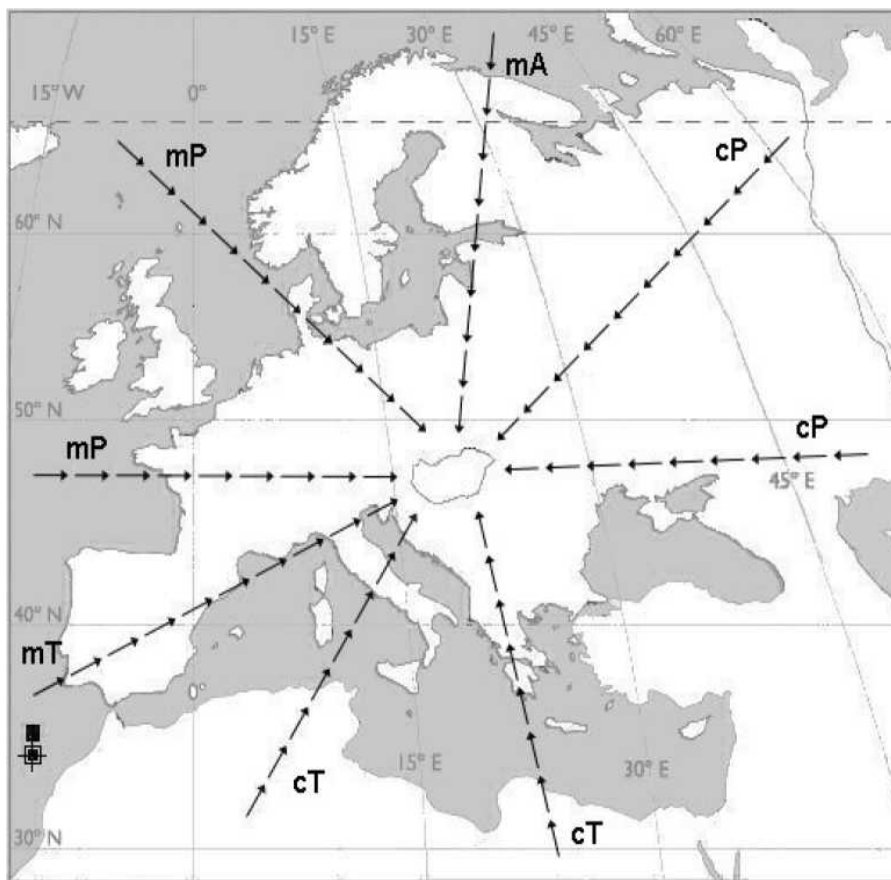
Magyarországot három különböző éghajlattípusú terület veszi körül. Tőlünk nyugatra tengeri nedves éghajlat uralkodik, keletre a hűvös kontinentális éghajlat rövid meleg időszakkal a jellemző, míg délen a téli csapadék maximumú és nyáron száraz mediterrán éghajlat (1. ábra).



1.1. ábra. A különböző éghajlattípusok Európa területén (Riley és Spolton 1974).

Az ábrán a vonalkázott terület mutatja azokat a területeket, ahol a 30 évből 25 év azonos éghajlattípusú volt. A köztük lévő sima terület az átmeneti zóna. A vastag fekete vonal az egyes éghajlattípusokat választja el. Mivel hazánk területe az átmeneti zónában fekszik, számítani kell arra, hogy az egyes időszakokban más-más éghajlattípusnak megfelelő viszonyok uralkodnak.

A növény számára az éghajlat képezi a tágabb környezetet, amelyben a mozgó légtömegek hol melegebb, hol hűvösebb levegőt hoznak távolabbi területekről, amelyek pedig hol több, hol kevesebb vizet tartalmaznak. Befolyásukat az teszi jelentőssé, hogy a növény közvetlen környezetére gyakorolt hatáson keresztül, hatással vannak magára a növényre is.



1.2. ábra. A Kárpátmedencébe érkező légtömegek származási helyei.

A különböző, nagy kiterjedésű felszínek felett, ha a levegő nyugalomba kerül, nincsen légmozgás, akkor a levegő egy idő után felveszi a környezete és közte kialakult kölcsönhatás

által meghatározott fizikai állapotot. Ennek az állapotnak a kialakulása a nyugalmi állapot kezdetétől néhány napot (3-7) vesz igénybe. S ekkor létrejöhetnek olyan néhány százezer négyzetkilométer alapterületű és néhány ezer méter magasságú légtöttek, amelyek a legfontosabb fizikai jellemzőik (hőmérséklet, vízgőztartalom stb.) tekintetében viszonylag homogénnek tekinthetők. Ezeket a nagy kiterjedésű, viszonylag homogén fizikai jellemzőkkel rendelkező légtötteket **légtötteknek** nevezzük.

A légtötteket elsősorban a földrajzi származási helyük (sarkvidéki, mérsékeltövi, trópusi) és a kialakulási helyükön található, nagy területre jellemző felszín (szárazföldi, tengeri) alapján vagy pedig a velük szomszédos légtöttekkel való meteorológiai összehasonlítás (hideg, meleg, száraz, nedves) alapján szokták megkülönböztetni, elnevezni és osztályozni.

**Sarkvidéki légtötteg (A).** Származási helye az Északi Jeges Tenger medencéje. Minden évszakban hideg, viszonylag kis vízgőztartalmu, tiszta, átlátszó levegőjű légtötteg.

*Sarkvidéki tengeri légtötteg (mA).* Származási helye az Atlanti-óceán északi része. Hideg, nem túlságosan nedves, csekély szennyezettségű, átlátszó levegő.

*Sarkvidéki szárazföldi légtötteg (cA).* Származási helye Oroszország és Finnország északi területe. Különösen hideg és száraz, nem olyan tiszta, mint a tengeri eredetű levegő.

**Mérsékeltövi légtötteg (P).** Származási területe a mérsékelt öv. Változó hőmérsékletű, vízgőztartalmu és szennyezettségű.

*Mérsékeltövi tengeri légtötteg (mP).* Származási helye az Atlanti-óceán magasabb és közepes földrajzi szélességű területe. Télen a hőmérséklete a lehűlt kontinens feletti levegőnél melegebb. Ilyenkor tehát meleg légtöttegnek minősül. Nyáron viszont a felmelegedett kontinens feletti levegőnél hidegebb. Ilyenkor hideg légtöttegként viselkedik.

*Mérsékeltövi szárazföldi légtötteg (cP).* Származási helye Oroszország európai területének közepes földrajzi szélességű területei. Télen hideg, nyáron meleg, vízgőztartalma kicsi, levegője szennyezett. Téli beáramlása esetén 5-15 fokos hőmérsékletesést jelenthet

**Szubtrópusi légtötteg (T).** Származási helyük a 20-40. földrajzi szélességek közötti terület. A hazánkban található levegő hőmérsékleténél télen is, nyáron is melegebb. Vízgőztartalma változó, meglehetősen szennyezett.

*Szubtrópusi tengeri légtötteg (mT).* Származási helye az Atlanti-óceán déli része vagy a Földközi-tenger medencéje. meleg, nedves levegőt szállít hazánk légterébe. Szennyezettsége kicsi.

*Szubtrópusi szárazföldi légtömeg (cT).* Származási helye Afrika északi része. Meleg levegőt hoz. Mivel a Földközi-tenger felől érkezik hozzánk, vízgőztartalma is viszonylag magas. Szennyezettsége jelentős.

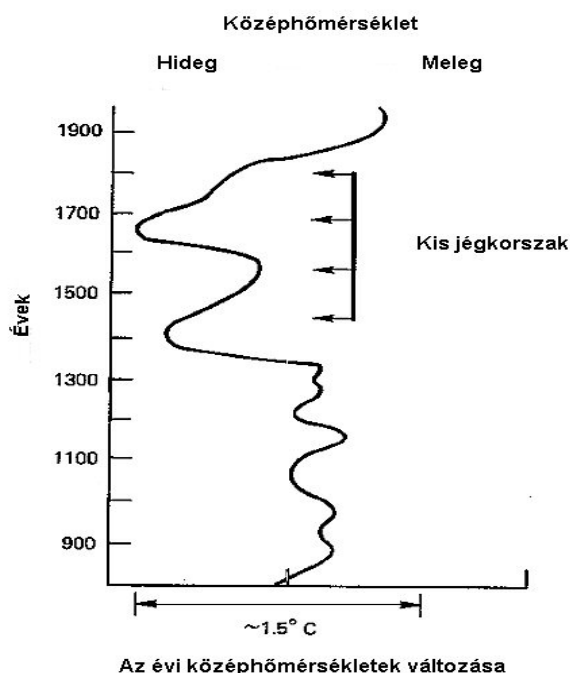
**Egyenlítői légtömeg (E).** Származási helye Afrika vagy az Atlanti-óceán trópusi területe. Közép-Európa felett csak a magasabb légrétegekben észlelhető, ott is inkább kizárólag a nyári idiszakban. A talajközeli légrétegekben nem fordul elő (*Péczely 1979*).

Hazánk éghajlatának ingadozásai és változásai nemcsak térben jellemzőek, hanem időben is. Az időbeli változást a 1.3. ábra szemlélteti.

Az ábrán látható, hogy a honfoglalás utáni időszakban egészen az 1300-as évekig az évi középérték körüli kisebb-nagyobb ingadozások voltak a jellemzőek. Az 1300-as évektől viszont már egy jelentős lehülés volt a jellemző, ami középkori kis jégkorszak néven ismeretes (Mátyást a Duna jegén választották királlyá). Majd az 1800-as évektől megkezdődött felmelegedési folyamat.

A 19. század közepétől, az ipari fejlődés következményeként egyre több szennyező anyag került a levegőbe. A termelés növekedésével a szennyező anyagok mennyisége is növekedett a légkörben, s ennek következményeként fokozatosan emelkedik a Föld középhőmérséklete. Bár a természetes változást előidéző folyamatok és az ipari termelés következményeként fellépő szennyeződés okozta változás nehezen különíthető el egymástól, mindenképpen ésszerű az emberi tevékenységet úgy szabályozni, hogy ne befolyásolja kedvezőtlenül az emberiség életét.





1.3 ábra. Az évi középhőmérsékletek változásai az elmúlt 1000 évben Kelet-Közép-Európában (*National Research Council 1976*).

#### A növények közvetlen környezete

Az egyes éghajlati jellemzők egy viszonylag nagyobb területre érvényesek és különböző éghajlati típusokat határoznak meg. Az egyes éghajlattípusokon belül azonban még a növények közvetlen környezete is különböző lehet.

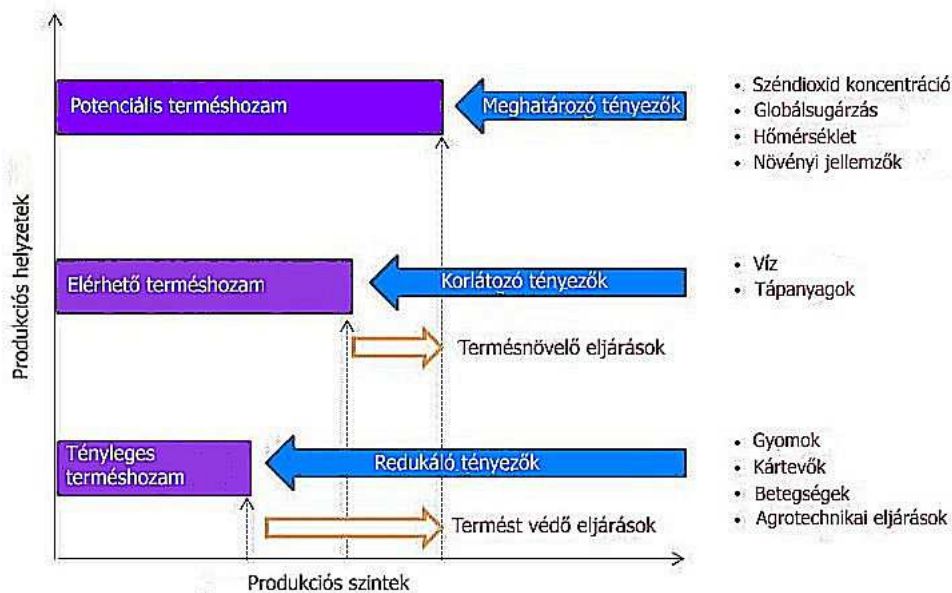
A növény közvetlen környezetét a légnemű anyagokból álló légkör, a folyékony állapotú víz és a szilárd anyagok alkotta talaj képezi. Ez a három különböző halmazállapotú anyag egy rendszert képez, amelyben a víz előfordul a légkörben és a talajban egyaránt, a levegő pedig tartalmaz kisebb mértékben szilárd anyagokat, a talaj pedig a pórusaiban levegőt.

A növényállományon belüli viszonyok is változhatnak aszerint, hogy a növények milyen tő- és sortávolságban vannak egymástól, milyen magasságú, milyen nagyságú a levélfelületük. A

növényeknek a magassága és levélfelületüknek nagysága azonban a vetéstől a teljes kifejlődés állapotáig az időben is változik.

#### A közvetlen környezet produkciós szintek szerinti tagolása

A növény közvetlen környezete, amely hatást gyakorol a növények életére, a növények igényeit figyelembe véve, különböző állapotban lehet. Lehet olyan állapotban a környezet, hogy a növények igényeit optimálisan kielégíti, de felléphetnek bizonyos hiányok, sőt károsan ható jelenségek (fagy, jégeső, aszály) is. Ezek az állapotok pedig jelentős mértékben befolyásolják a növények produktivitását (1.4. ábra) .



1.4. ábra. Produkciós szintek (Bouman et al. 1996).

**Potenciális produkciós helyzet.** Ez azt jelenti, hogy a növények élettevékenységét alapvetően a légköri tényezők: a légkör szén-dioxid tartalma, a napsugárzás és a hőmérséklet befolyásolják, figyelembe véve a növény fenológiai jelenségeit, fejlettségi állapotát, levélzetének alakulását és az adott talajviszonyokat. Vízzelátottságuk és tápanyagellátottságuk nem korlátozott, gyomokkal, kártevőkkel és betegségekkel nem kell számolni.

**Korlátozott ellátottságú produkciós helyzet.** Az előző produktivitási helyzetet jellemző tényezők megléte mellett a vízzelátottság kedvező szintje alá csökkenése esetén kialakult helyzetnek és/vagy amikor a tápanyagellátottság van a kedvező szint alatt, akkor a korlátozott tápanyagellátású produkciós helyzetnek felel meg. Ez előfordulhat a vízzelátottság és a

tápanyagellátottság korlátozáott voltával együtt is, de előfordulhat külön is. De Wit eredetileg a korlátozott nitrogén ellátottságú helyzetet sorolta a harmadik csoportba, a korlátozott foszfor ellátottságú helyzetet pedig a negyedikbe. A későbbiekben azonban ezt a két csoportot összevonták, amint az az 1.4. ábrán is látható (*van Ittersum et al. 2003*).

**Tényleges produktós helyzet.** Ez az a helyzet, amelyben a talajtényezők, növényi tényezők és a légköri tényezők, valamint a víz- és tápanyagellátottságban korlátozott helyzetek mellett a gyomok, kártevők és betegségek hatását is figyelembe kell venni, ha ezek valamelyike fellép. A három produktós szint tulajdonképpen a termésre ható környezeti tényezőket sorolja csoportokba aszerint, hogy egy környezeti tényező csoport milyen állapotban van a termés befolyásolása szempontjából. A légköri tényezők azért kerültek az első csoportba, mert azok állandóan változnak és hatnak a növényre, akkor is amikor a többi csoport tényezői kedvező szinten vannak.

Különbséget lehet még tenni a tényezők között aszerint is, hogy az első csoportba tartozó tényezők folyamatosan változnak, akkor is, ha a három másik tényezőcsoport kedvező szintet mutat, ezért ezeket termésbefolyásoló tényezőknek nevezzük. A második és harmadik csoportba tartozó tényezők elsősorban a kedvező szint alá csökkenésükkel korlátozzák a terméshozamokat. Ezért ezeket szokás terméskorlátozó tényezőknek is nevezni, míg az utolsó csoportba tartozó káros tényezők egyértelműen termés-csökkentő vagy termést károsító hatást fejtenek ki, ezért ezeket termésredukáló (károsító) tényezőknek is nevezik.

A valóságban ritkán lehet találni olyan produktós helyzetet, amely a felsorolt helyzetek valamelyikének teljes mértékben megfelel. Viszont a növények közvetlen környezetének e három esetre történő gyakorlatias leegyszerűsítése lehetővé teszi, hogy egy adott speciális helyzetet ezek valamelyikére redukáljunk.

### Az éghajlati változékonyság és a növénytermesztés

Az éghajlati változékonyságnak két formája ismeretes. Az egyik esetben a változékonyság abban nyilvánul meg, hogy hol magasabb, hol alacsonyabb értékek követik egymást, de az ingadozás rendszerint egy, a mindenkori szélsőértékek által meghatározott intervallumon belül marad. Ekkor **éghajlati ingadozásról** beszélünk. A másik esetben az ingadozás intervalluma tolódik el valamilyen irányban: vagy számottevően magasabb vagy számottevően alacsonyabb

értéktartományban megy végbe az ingadozás. Ha ez az eltolódás hosszabb időn át tartossá válik, akkor **éghajlatváltozásról** beszélünk.

Az utóbbi időben nagy figyelmet fordítanak az átlagos meteorológiai viszonyok megváltozásának a vizsgálatára, feltételezve egy lehetséges éghajlatváltozást, aminek felmelegedés a következménye. Ügyelni kell azonban arra is, hogy az éghajlati viszonyokat alkotó egyes meteorológiai elemek az átlagaik körül folyamatosan ingadoznak, ezért feltételezhető, hogy ha az átlagos viszonyok megváltoznak, akkor az egyes elemek átlagai körüli ingadozások is változnak. Ezek az ingadozásbeli változások pedig különösen a gazdasági növényekre gyakorolt hatásuk miatt jelentősek (*Mearns 2000*). A változékonyság hatását tehát legalább olyan fontos ismerni, mint a meteorológiai elemek átlagainak a hatását (*Katz & Brown 2000*). Ezért *Semenov & Barrow (1997)* és *Mearns et al. (1997)* a növényi modelljeikbe mind a változékonyság, mind pedig az átlagok hatásának a felismerését beépítették.

*Pfeifer et al. (2002)* búzára vonatkozó vizsgálataikban azt tapasztalták, hogy amikor a meteorológiai ingadozás felére csökkent, akkor volt a legnagyobb a termés-növekedés, s amikor az ingadozás a legnagyobb volt, akkor volt a legnagyobb a termés-csökkenés is. Ez a tapasztalat igazolódott akkor is, ha a búzát különböző időpontokban vetették.

A hazánkban folyó mezőgazdasági termelés szinte teljes mértékben természetes csapadékellátottság (rainfed agriculture) mellett történik, s az összes vetésterületből csupán valamivel több, mint 100 ezer hektár az öntözött terület 2012-es adatok szerint (*Statisztikai Tükör 2013*). Ez méginkább növeli a csapadék adatok elemzésének a fontosságát.

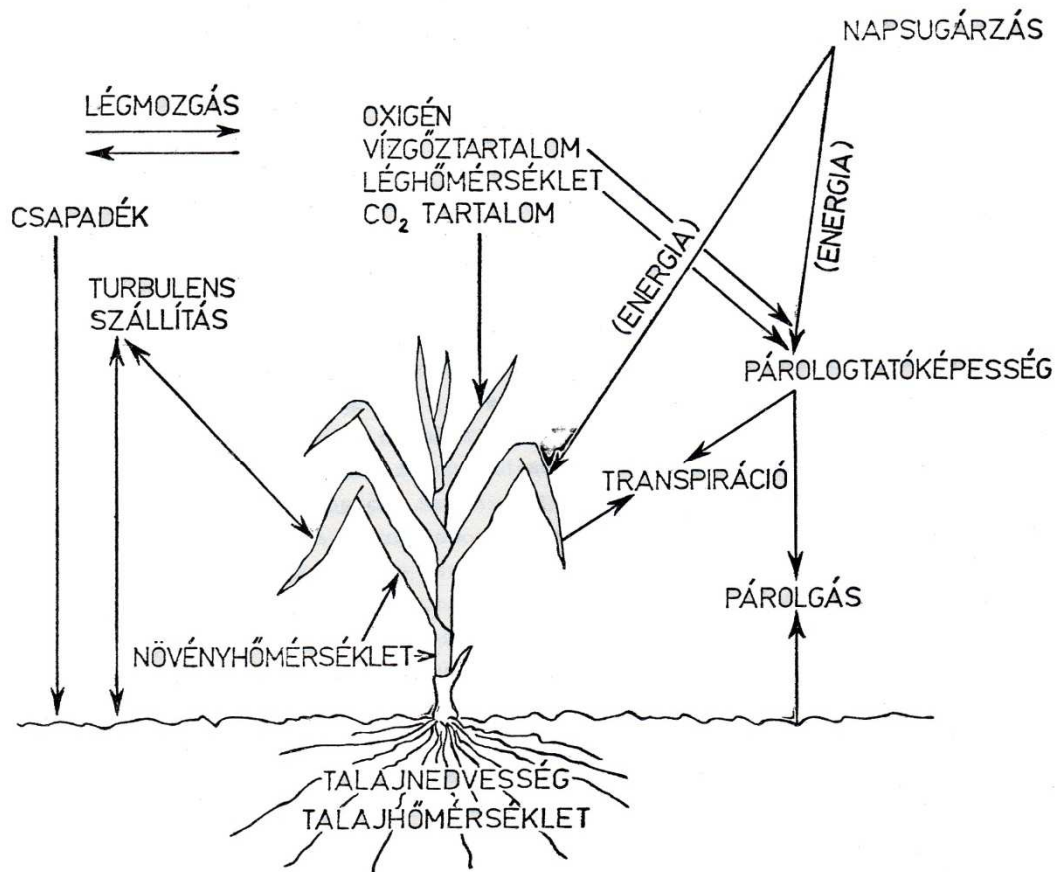
Ahhoz, hogy reális képet kapjunk a csapadékmennyiségek hazánkban történő eloszlásáról a korábban megszokott stabil éghajlatkép helyett az éghajlati változékonyság bemutatása a célunk. A meteorológusok egy jelentős része (*Abelson 1992; Kane et al. 1992; Katz & Brown 1992; Wittwer 1980; 1995*) arra a következtetésre jutott az éghajlat mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatásának vizsgálata során, hogy az éghajlati változékonyság nagyobb hatással van a mezőgazdasági termelésre, mint az éghajlatváltozás. Ezt arra alapozzák, hogy egy esetleges éghajlatváltozás következtében a változás előtti és a változás utáni középértékek közötti különbség kisebb, mint az egyes évek középértékei közötti ingadozás esetén a legkisebb és legnagyobb ingadozás közötti különbség. Mindenekelőtt azt szem előtt kell tartani, hogy éghajlatváltozás után is megmarad a középértékek körüli évek közötti és éven belüli ingadozás, ami növeli az éghajlati változékonyság jelentőségét.

## *Irodalom*

- Abelson, L. 1992: Agriculture and Climate Change. Science 216: 9. oldal.*
- Bouman, B.A.M., H. van Keulen, H.H. van Laar, R. Rabbinge 1996: The „School of de Wit” Crop growth Simulation Models: A Pedigree and Historical Overview. Agricultural Systems, 52:*
- van Ittersum, M. K., P. A. Laffelaar, H. van Keulen, M. J. Kropff, L. Bastiaans, J. Goudriaan 2003: On approaches and applications of the Wageningen crop models. European Journal of Agronomy. 201-234.*
- Kane, S.J., J. Reilly, J. Tobey 1992: An Imperial Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. Climate Change 21: 17-35.*
- Katz, R.W. & B.G. Brown 1992: Extreme Events in a Changing Climate: Variability Is More Important than Averages. Climate Change 21: 289-302. oldal.*
- Katz, R.W., Brown, B.G. 2000: Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. Climatic Change 21: 289-302.*
- Mearns, L.O., Rosenzweig, C., Goldberg, R. (1997): Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measure of uncertainty. Climatic Change, 35: 367-396. European Journal of Agronomy*
- Mearns, L.O. 2000: Climatic change and variability. In: Climate Change and Global Crop Productivity. Szerk.: K.R. Ready and H.F. Hodges, CABI Publishing, 7-35.*
- National Research Council 1976: A Report on Climate and Weather Fluctuations and Agricultural Production. National Academy of Sciences, Washington. 212.*
- Péczely Gy. 1979: Éghajlat. Tankönyvkiadó, Budapest.*
- Pfeifer, R.A., J. Southworth, O.C. Doering, L. Moore 2002: Climate variability impacts on farm-level risk. In: Effect of Climate Change and Variability on Agricultural Production Systems. Ed. by O.C. Doering, J.C. Randolph, J. Southworth, R.A. Pfeifer, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 179-218*
- Riley D., Spolton I. 1974: World weather and climate. University Press, Cambridge.*
- Semenov, M.A., Barrow, E. 1997: Use of stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. Climatic Change, 35: 397-414.*
- Statistikai Tükör 2013: Agrotechnikai adatok, 2012. VII. évf. 94. szám, 3. oldal.*
- Wittwer, S.H. 1980: Carbon Dioxide and Climate Change: An Agricultural Perspective. Journal of Soil and Water Conservation. 35(3): 116-120.*
- Wittwer, S.H. 1995: Food, Climate and Carbon Dioxide. The Global Environment and World Food Production. Lewis Publisher, New York.*

## 2. A meteorológiai tényezők és az őszi búza

A meteorológiai tényezők a távolabbi és a közvetlen környezetnek is a legváltozékonyabb elemei. A meteorológiai hatótényezők együttesét a 2.1. ábrán mutatjuk be.



2.1. ábra. A növényre ható legváltozékonyabb környezeti tényezők (Varga-Haszonits 1983).

### Az éghajlati tényezők és őszi búza fenológiai jelenségei

A növényekre ható meteorológiai tényezők között kiemelkedő szerepet játszik az energiaellátást jelentő napsugárzás és hőmérséklet, valamint a vízellátást befolyásoló csapadék és párolgás. A meteorológiai irodalomban ezeket külön-külön tárgyalják és nagy fontosságot tulajdonítanak nekik. Ugyanakkor ez az elkülönített és kiemelt tárgyalás azt a benyomást is

keltheti, hogy ezek a tényezők függetlenek egymástól. A valóság pedig az, hogy jelentős mértékben függenek egymástól.

Amikor ugyanis a növények a napsugárzás energiáját a növekedésükhöz, fejlődésükhöz felhasználják, vízre van szükségük, mert különben az energia csak felmelegíti a növényt, s az stresszállapotba kerül. Hasonlóképpen, amikor a növény vizet használ fel a növekedéséhez, fejlődéséhez, akkor energiára van szüksége, mert különben a víz elfolyik a talajfelszínen vagy a talajba kerülve, felhasználatlan marad, mert a növény nem tudja felvenni. Az éghajlat növényekre gyakorolt hatását ezért az energia és a víz kölcsönhatása határozza meg (*Gates 1993*).

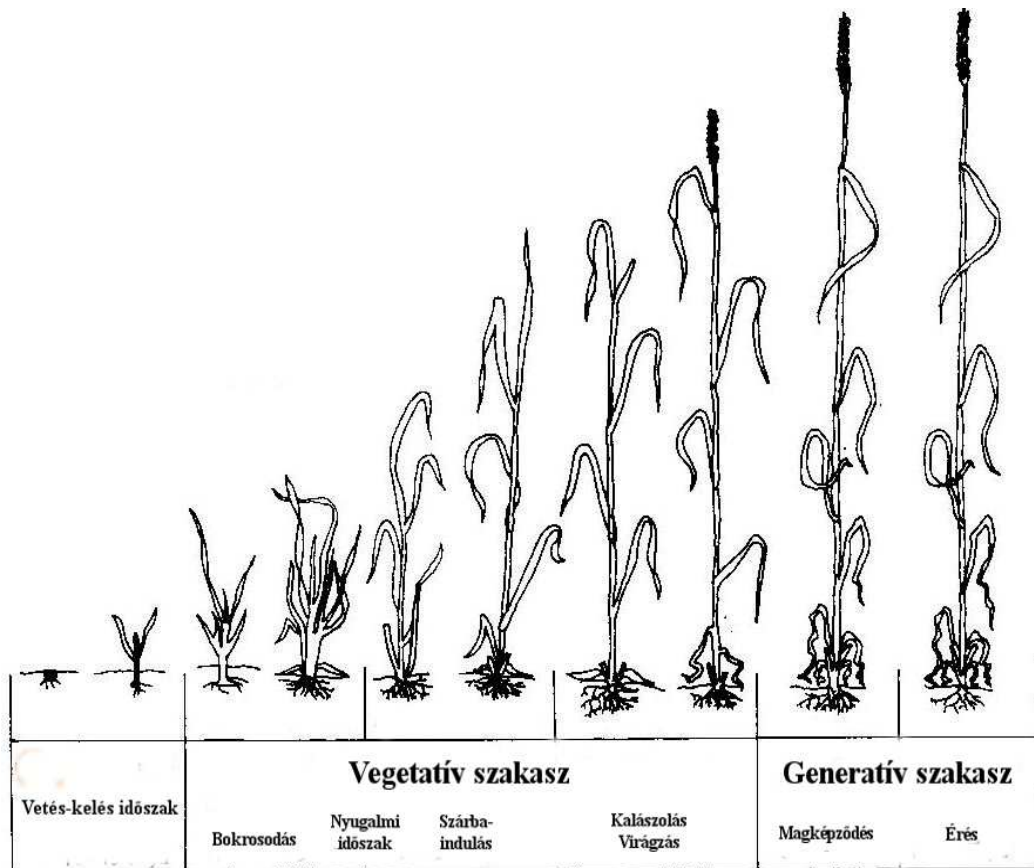
### Az őszi búza alapvető fenológiai jelenségei

Hazánk egyik legfontosabb gazdasági növénye az őszi búza. Ezt bizonyítja mind a vetésterületének a nagysága, mind pedig az termelésben betöltött fontossága.

Az őszi búzát októberben vetik és júliusban aratják, ezért meteorológiai szempontból a tenyészidőszaka (az október-július időszak) jelentős mértékben az év hűvös időszakára esik. Ugyanakkor ebben az időszakban novemberben a csapadéknak másodmaximuma van (mediterrán hatás), februárban pedig a talajnedvességnek van a maximuma, majd június elején a csapadéknak fő maximuma van. Vízellátottság szempontjából tehát a tenyészidőszaka kedvező helyzetben van

A növények fejlődését, legalábbis a fejlődés szemmel leginkább megfigyelhető jelenségeit az ember régóta ismeri. A gazdasági növények többségénél a kelés, a virágzás és az érés az a három legfontosabb fejlődési jelenség, amelynek alapján a növény fejlettségi állapotát meg szokták ítélni. Ezek a külső, környezeti tényezők szempontjából is kiemelkedő fontosságúak, hiszen a csirázás idején (a vetés és kelés közötti szakaszban) a növény magállapotban a talajban van, s ekkor a talaj viszonyai (elsősorban a hőmérséklete és nedvességtartalma) vannak rá hatással. A kelés és a virágzás közötti időszak a vegetatív fejlődés időszaka, amelynek a végén, a folyamatos növekedési és differenciálódási folyamatok végeredményeként a növény felveszi a fajra és fajtára jellemző alakot és nagyságot, s végül a virágzás és az érés közötti időszak, a reprodukív időszak, amelynek során a növény létrehozza a termést.

Az őszi búza fenológiai jelenségeinek alakulását az adatbázisunkat képező 7 megfigyelőhely 30 évi fenológiai adatsorán mutatjuk be. Fenológiai szempontból alapvető két jelenség: a fneofázisok bekövetkezési időpontjai és a fejlődési szakaszok tartamai. E két fenológiai jelenségre vonatkozóan megvizsgáltuk a milyen hatást gyakoroltak rájuk ameteorológiai tényezők. A legfontosabb fenológiai jelenségeket és fejlődési szakaszokat a 2.2 ábrán láthatjuk.



2.2. ábra. Az őszi búza fontosabb fenofázisa ((Doorenbos al. 1986).

**A fenológiai jelenségek bekövetkezésének időpontjai.** A hosszú fenológiai adatsorok alapján meghatározott bekövetkezési időpontok adataiból meg lehet határozni, hogy az egyes fenofázisok mikor következtek be legkorábban, mi tekinthető a hosszú sorok alapján átlagos bekövetkezési időpontjuknak és mikor volt a legkésőbbi bekövetkezési időpontjuk.

Tudjuk, hogy a vetés időpontja nemcsak a természeti tényezőktől, hanem a földművelő embertől is függ. Ezért bizonyos mértékben a kelés is. Így ezek a fenofázisok egyes esetekben



nagyobb ingadozást is mutathatnak, mint az alapvetően a természeti tényezőktől függő tavaszi fenofázisok. Az 2.1. táblázatban látható hosszú fenológiai sorok szélső értékei azonban ezt kevésbé mutatják. Az adatok észak-déli irányban is csak kisebb mértékű változást mutatnak, a délebbre fekvő Székkutason általában korábban következnek be a fenológiai jelenségek, mint az északabbra fekvő Mosonmagyaróváron. Ez érthető, mert hazánk területén mindössze három szélességi kör (a 46., a 47. és a 48.) fut keresztül.

## 2.1. Táblázat

Az őszi búza fenológiai fázisainak legkorábbi (Min) és legkésőbbi (Max) időpontjai az 1954/1955 és 1983/1984 közötti időszakban

Megfigyelőhely	Vetés		Kelés		Szárbaindulás		Kalászás		Teljes érés	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Debrecen	10.08	11.07	10.20	12.10	04.08	05.09	05.14	06.02	06.26	07.24
Iregszemcse	10.07	10.31	10.14	11.23	03.22	05.19	05.08	06.06	06.23	07.23
Kompolt	09.28	11.02	10.09	11.28	04.14	05.12	05.14	06.06	06.25	07.23
Mosonmagyaróvár	10.04	10.29	10.17	12.03	03.31	05.14	05.14	06.11	06.29	07.25
Székkutas	10.07	11.03	10.18	12.08	03.26	05.08	05.06	06.01	06.13	07.15
Táplánszentkereszt	10.01	11.11	20.08	12.15	04.06	05.10	05.09	05.05	06.30	07.27
Tordas	10.03	11.27	10.14	12.04	04.08	05.12	05.11	06.03	06.25	07.19

**Két egymást követő fenofázis közötti időtartam.** A 2.2. táblázatból is látható, hogy az ország egyes megfigyelőhelyein az őszi búza fenológiai fázisainak tartamai közötti különbség többnyire nem haladja meg a 20 napot, akár a legrövidebb fázistartamokat, akár a leghosszabb fázistartamokat vesszük figyelembe

## 2.2. Táblázat

Az őszi búza fázisstartamainakainak minimális és maximális időtartamai  
az 1954/1955 és 1983/1984 közötti időszakban

Megfigyelőhely	Vetés-Kelés		Kelés-Szárbaindulás		Szárbaindulás-Kalászás		Kalászás-Teljes érés	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Debrecen	5	61	131	198	21	45	35	57
Iregszemcse	6	36	131	199	13	61	38	58
Kompolt	8	35	144	205	16	36	34	56
Mosonmagyaróvár	11	35	131	198	19	51	34	57
Székkutas	9	43	123	188	17	50	35	55
Táplánszentkereszt	7	55	134	198	21	48	37	62
Tordas	6	38	146	197	17	42	34	57

A 2.2. táblázatból látható, hogy a vetés és a kelés közötti időszak hossza 5 és 61 nap között változik. A kelés követően a téli időszak folyamán a keléstől a szárbaindulásig 123 és 198 napra van szükség. A szárbaindulástól a kalászásig tartó átmenet 13-61 napig tart. A növény általában a virágzás és kalászás időszakában éri el teljes kifejllettségét. Ezután az érési folyamat 34-62 nap alatt megy végbe.

**A fenofázisok változékonysága.** A növények a tenyészidejük folyamán folyamatosan ki vannak téve a meteorológiai tényezők hatásának. Eközben a fejlődésük során eljutnak a vetéstől az érésig, a növekedésük folyamán pedig a keléstől a teljes kifejllettség állapotáig. A különböző fejlődési és növekedési időszakokban azonban különböző éghajlati hatások érik őket. Ezért az egyes években különböző hosszúságú fejlődési és növekedési szakaszokkal kell számolni. Ennek a változékonyságnak a bemutatásra alkalmaztuk a táblázatokban a szélsőértékeket, amelyek megmutatják, hogy milyen értékek között változnak a fenofázisok bekövetkezési időpontjai és fázisstartamai.

**Tenyészidőszak.** A 2.3. táblázatban bemutatjuk azt is, hogy az őszi búza teljes tenyészidőszaka a vizsgált évek folyamán milyen változásokat mutatott

### 2.3. Táblázat

Az őszi búza tenyészedőszakának hossza

Megfigyelőhely	Tenyészedőszak hossza	
	Minimum	Maximum
Debrecen	239	278
Iregszemcse	249	287
Kompolt	248	291
Mosonmagyaróvár	247	289
Székkutas	244	275
Táplánszentkereszt	249	289
Tordas	253	285

Láthatjuk a táblázatból, hogy a 7 megfigyelőhelyen a vizsgált időszakban a legrövidebb fenológiai fázis, amelyet Debrecenben tapasztaltak 239 napot tett ki. A leghosszabb tenyészedőszakot, amely 291 napig tartott, Kompolton észlelték. A meteorológiai tényezők tehát a vegetációs periódus hosszában is észrevehető változásokat idéztek elő.

**Az egyes éghajlati elemek és a fenofázisok.** A meteorológiai elemek közül a sugárzási energia és a hőmérséklet az, amely elsősorban befolyásolja a növények növekedését és fejlődését. Természetesen e termikus tényezők (sugárzás, hőmérséklet) hatása mindig feltételez egy meghatározott vízellátottságot.

A két alapvető fontosságú tényezőt egyetlen indexbe foglaltuk a következő módon:

$$RATI = \frac{\text{Hőmérséklet}}{\text{Globálsugárzás}}$$

ahol RATI a radiotermikus index. Ezt az indexet hatótényetűnek tekintve úgy értelmezzük, hogy ha a globálsugárzás energiájának nagyobb része fordítódik a hőmérséklet emelésére, akkor az index értéke nő, ha kisebb része fordítódik a hőmérséklet emelésére, akkor pedig csökken. Az index és a fázisstartamok közötti kapcsolatot megvizsgálva a 2.4 táblázaban látható eredményeket kaptuk.

## 2.4. Táblázat

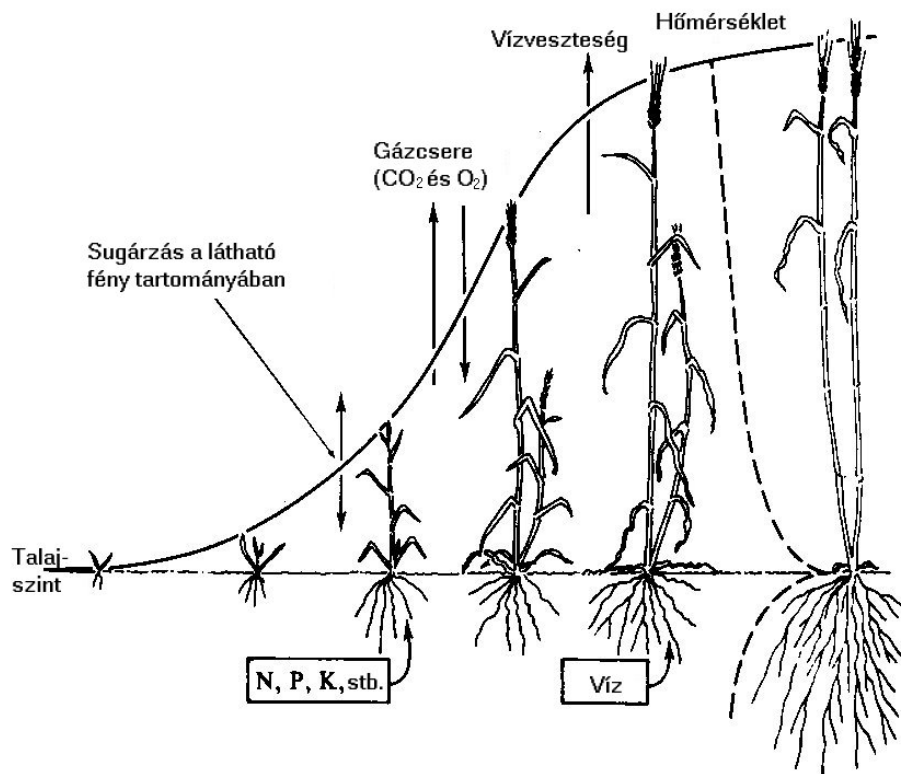
### Összefüggés a radiotermikus index és a fázisstartamok között

Fejlődési szakasz	Összefüggés	r <sup>2</sup>
Vetés - Kelés	$FT = 1748,6 * RATI^2 - 462,23 * RATI + 41,401$	0,8060
Kelés - Szárbaindulás	$FT = -9008,1 * RATI + 197,32$	0,2657
Szárbaindulás - Kalászolás	$FT = 30458 * RATI^2 - 2640,3 * RATI + 77,542$	0,9403
Kalászolás - Teljes érés	$FT = 36074 * RATI^2 - 2887 * RATI + 87,09$	0,6495

A 2.4. táblázat harmadik oszlopában látható, hogy a növény őszi kikelése és a tavaszi szárbaindulása közötti hűvös időszakban a növény kis mértékű növekedés és fejlődés miatt a sugárzás és hőmérséklet együttes hatása csak kis mértékben érvényesül. A szárbaindulás-kalászolás gyors növekedési és fejlődési időszakában pedig a legjelentősebb a két tényező komplex hatása. A vetés-kelés szakaszban a két tényező hatása lényegében csak a hőmérsékleten keresztül érvényesül. A kalászolást követő érési szakaszban a két tényező komplex hatása ugyan kisebb, mint a szárbaindulás-kalászolás szakaszban, de még mindig jelentős marad.

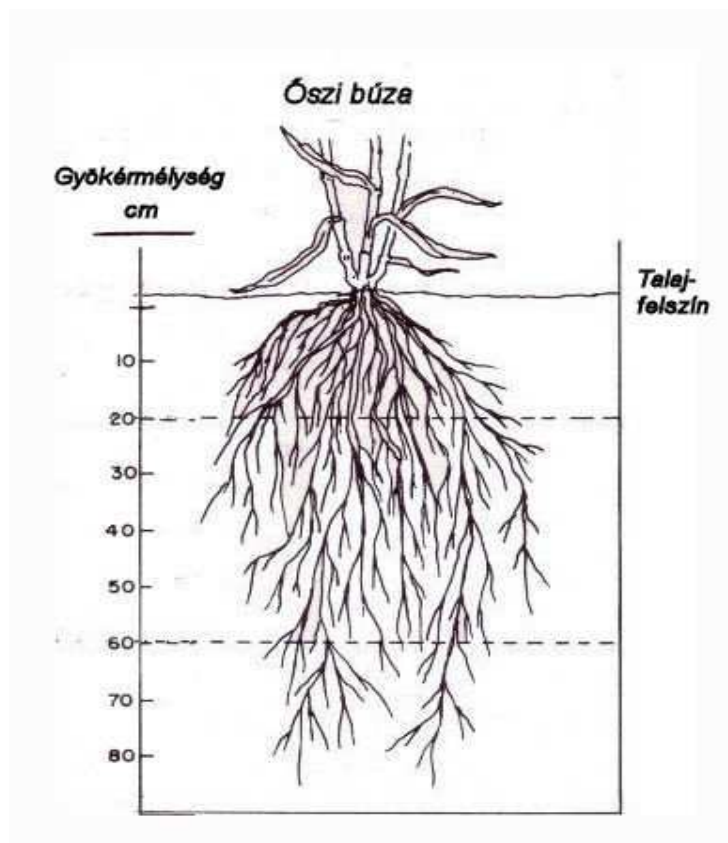
### Az éghajlati tényezők és az őszi búza növekedése

Az őszi búza a kelés után a vegetáció tavaszi megindulásáig a téli hűvös időszakban csak kissé és nagyon lassan növekszik. A látható növekedése (a magasságának és levélfelületének növekedése) a tavaszi vegetáció megindulásától az érési időszakig folyamatos. Ez jellemzi a gyökérszövet növekedését is. Ez a folyamat a növény teljes kifejlődéséig tart, s az ugyancsak folyamatosan változó meteorológiai elemek hatása alatt megy végbe (2.4. ábra).



2.4. ábra. Az őszi búza növekedése

**A gyökérszövet növekedése és helyzete a talajban.** Az őszi búza növekedése során a legnagyobb mélység, ameddig lenyúlik 150-180 cm. Ez természetesen csak a leghosszabb gyökerekre vonatkozik. A folyamatos növekedése során április végéig eléri a 40 cm-es mélységet, május végéig a 100 cm-es mélységet és június végéig a 150 cm-es mélységet (Szalóky 1989). Az őszi búza gyökérszövetének zöme azonban a talj felső 100 cm-es mélységében helyezkedik el (2.5. ábra). Ezért a növény ebben a rétegben veszi fel a talaj hasznosvíztartalmának a számára szükséges szinte teljes mennyiségét.



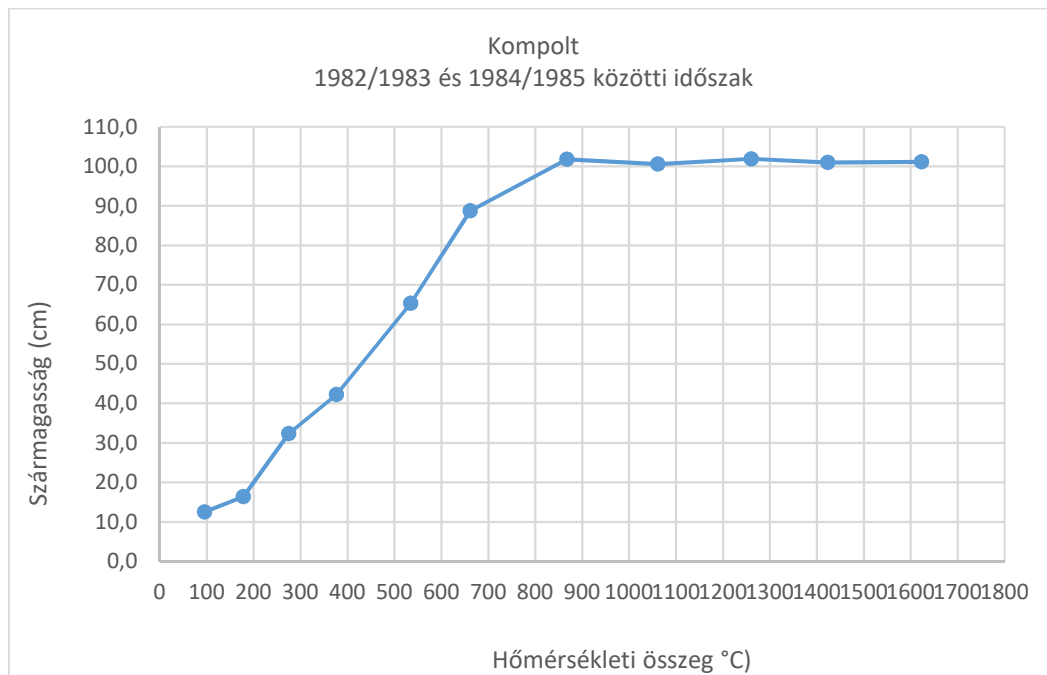
2.5. ábra. Az őszi búza gyökérszomszékének elhelyezkedése (Frère, Popov 11979).

A növényi gyökerek mélyebb rétegek lenyúló ágainak akkor van észrevehető szerepe, amikor a felső, gyökérszomszékot tartalmazó réteg kiszárad, a talajvíz szintje pedig a mélységi gyökerek közelében van.

**Az éghajlati tényezők és a szármagasság növekedése.** A szármagasság növekedést kompolti adatok alapján mutatjuk be. Az őszi búza kelése után a szár növekedés igen lassú a hűvös időszakban. A tavaszi vegetáció megindulása után azonban a hőmérséklet emelkedésével a szár növekedése is felgyosul egészen a növény teljes kifejődéséig. Azután már a növény magassága alig változik (2.6. ábra).

Az olyan sűrűvetésű állományban, mint az őszi búza a szármagasság és azzal párhuzamosan növekvő levélfelület azt eredményezi, hogy a növényállomány alatti talaj egyre árnyékoltabb lesz. Ezért egyre kevesebb sugárzás éri el a növény alsóbb szinten lévő leveleit és az alattuk lévő talajfelszínt. Az alacsony energiaszint pedig a talajból történő párolgást (evaporáció) is csökkenti.

A magas növésű növények esetében a teljes kifejllettség állapotában a növény maximális evapotranszpirációja elérheti vagy meghaladhatja a levegő párologtató képességét (Posza 1984).



2.6. ábra. A hőmérsékleti összeg és a szármagasság növekedése közötti kapcsolat a tenyészidőszak tavaszi szakaszában dekádadatak alapján.

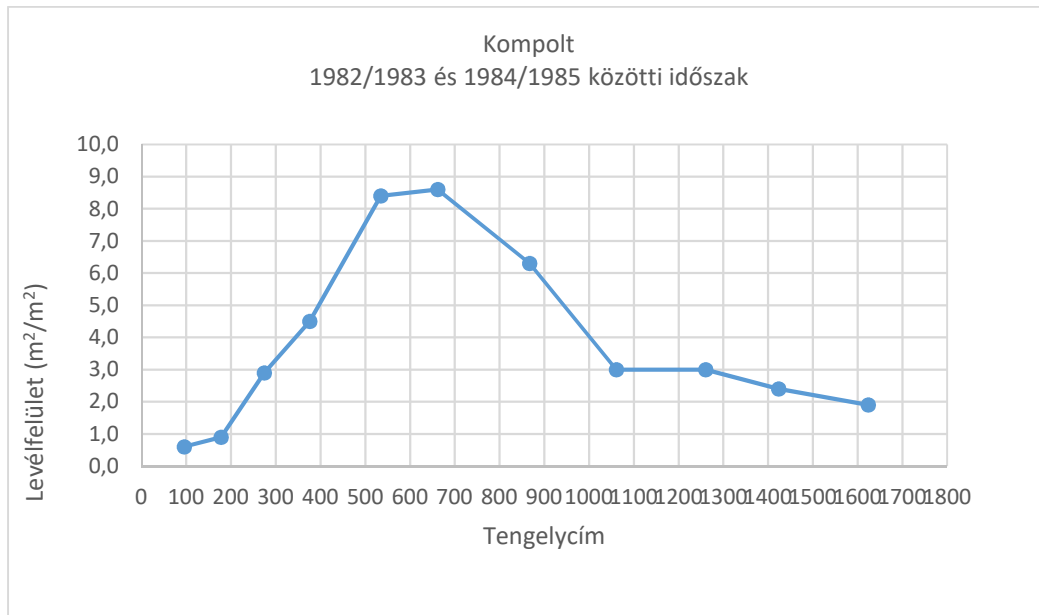
**Az éghajlati tényezők és a levélfelület növekedése.** A kelés után a levelek növekedése, amelyet a levélfelületi index ( $LAI = \text{Leaf Area Index} = \text{levélfelület } m^2 / \text{talajfelszín } m^2$ ) segítségével határozzuk meg szintén a meteorológiai viszonyok függvénye.

A LAI értéke időben nagyon erősen változik, ezért megbízhatóan csak egy hét, vagy annál hosszabb időszak alatt lehet meghatározni. A levélferület növekedése függ a levelek számától, s attól az ütemtől, amellyel a levelek fejlődnek és természetesen a levelek fejlődése függ a meteorológiai viszonyoktól. A hőmérséklet és a vízellátottság a legfontosabb meteorológiai tényezők, amelyek a levélnövekedést befolyásolják

Az őszi búza levélfelületének a tenyészidősk alakulását a 2.7. ábrán láthatjuk. Az őszi búza őszi kelése után a levélfelületi index (LAI) értéke 0,1-nek tekinthető, amely a hűvös téli időszakban csak egy-két tized értékkel emelkedik a vegetáció tavaszi megindulásáig. Ezután a

levélfelület gyorsabban növekszik, majd az érés és öregedés folyamatában ismét csökken. Amint az ábrán látható az öregedés folyamatában a csökkenés lelassul.

A növényfelület jelentősége abban van, hogy a növény a levelek sztómáin keresztül veszi fel a szén-dioxidot és nyeli el a sugárzást. Ugyanakkor a levelek sztómáin keresztül párologtatja el a számára szükségtelen vizet is. Ez a folyamat a transzspiráció.

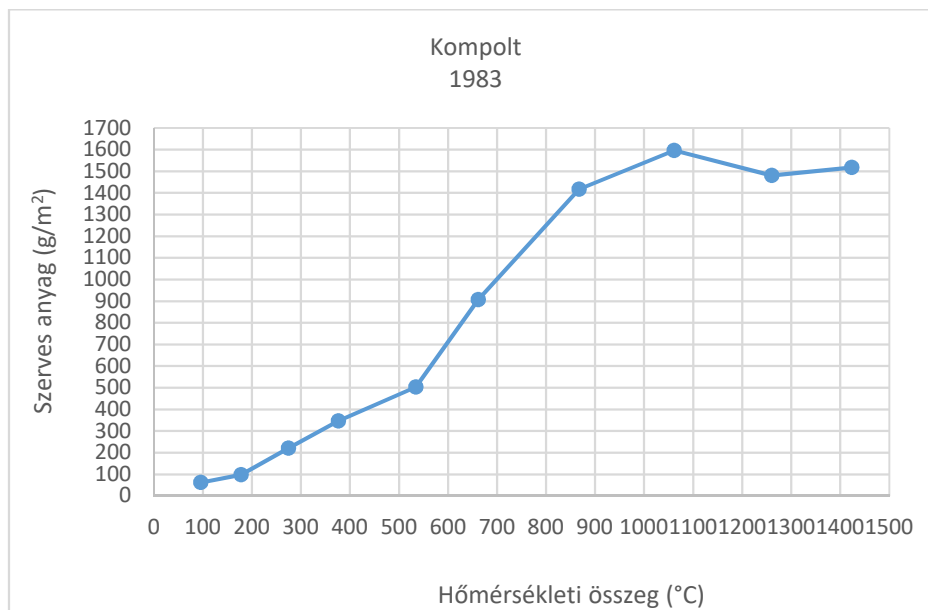


2.7. ábra. A hőmérsékleti összeg és a levélfelület növekedése közötti kapcsolat a tenyészidőszak tavaszi szakaszában dekádadatak alapján.

A levélfelület nagysága és a hőmérsékleti összeg közötti kapcsolat is leírható dekádadatak alapján, mert a levélfelület növekedése is függ a hőmérséklettől (2.7. ábra). azonban, mint az ábrán látható, az öregedési időszakban lelassul a reagálás.

**Az éghajlati tényezők és a szerves anyag növekedése.** A szerves anyag növekedése is jelentős mértékben a hőmérséklettől függ. Ezért a növény szerves anyagának a gyarapodását is a hőmérséklet függvényében ábrázoljuk (2.8. ábra).





2.8. ábra. A hőmérsékleti összeg és a szerves anyag növekedése közötti kapcsolatot a tenyészidőszak tavaszi szakaszában dekádadatak alapján

A szerves anyag képződése ugyanúgy, mint a szármagasság a vegetáció tavaszi megindulása után válik erőteljesebbé. A hűvös időszak elmúltával a hőmérsékleti összeg növekedésével folyamatosan, szinte lineáris módon növekszik a növény szerves anyaga egészen a növény teljes kifejlődésének időszakáig, amely a virágzás-kalászás időszakában fejeződik be. Ezután a szerves anyaga mennyisége az érésig tartó időszakban lényegesen már nem változik.

Természetesen a szerves anyag képződését a hőmérsékleten kívül több meteorológiai tényező is befolyásolja. Elsősorban a légkörből felvett széndioxid mennyisége, a napsugárzás energiája és a talaj hasznosvíztartalma, amely a növények által felvehető vízmennyiséget befolyásolja.

### *Irodalom*

*Doorenbos, J., A.H. Kassam, C.L.M. Bentvelsen, V. Bransched, J.M.G.A. Plusje, M. Smith, G.O. Uittenbogaard, H.K. van der Wal 1986: Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome, 180 oldal.*

*Frère, M., G.F. Popov 1979: Agrometeorological crop monitoring and forecasting. FAO Plant Production and Protection Paper 17. 64 oldal.*

*Gates, D.M. 1993: Climate Change and Its Biological Consequences. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 280 oldal.*

*Posza I. 1984: A növényállományok evapotranszpirációja. Egyetemi doktori értekezés. Szarvas. 111 oldal.*

*Szalóky S., 1989. A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. In: Az öntözés gyakorlati kézikönyve. (Szerk.: Szalai Gy.) 100–154. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.*

*Szalóky S. 1991: A növények vízigénye és öntözésgényessége. In: Öntözés a kisgazdaságokban. Szerk.: Lelkes János-Ligetvári Ferenc. Folium Könyvkiadó, 21-42. oldal.*

*Varga-Haszonits Z. 1983: A meteorológiai tényezők és a növények. Meteorológiai Tanulmányok. No. 42. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 53 oldal.*

### **3. A vízháztartási tényezők és az őszi búza**

#### **A vízháztartási tényezők**

A talaj vízháztartásának tényezőit három nagy csoportra oszthatjuk. Ezek: a vízbevitelt jelentő tényezők, a talaj víztartalmát meghatározó tényezők és a vízkiadást jelentő tényezők. A talaj vízháztartásának folyamatos nyomon követéséhez ezeket a tényezőcsoportokat kell figyelembe venni.

A vízháztartási egyenleg tehát egyrészt azokat a tényezőket tartalmazza, amelyek növelik a talajvíztartalmát, s azokat a tényezőket is, amelyek csökkentik a talaj víztartalmát. E két tényezőcsoport egymáshoz való viszonya mutatja a talaj víztartalmának a változását. Vagyis a fontosabb vízháztartási tényezők alapján a vízháztartási egyenleg így írható:

$$\Delta w = ((P + I + CR) - RO) - (ET + DP)$$

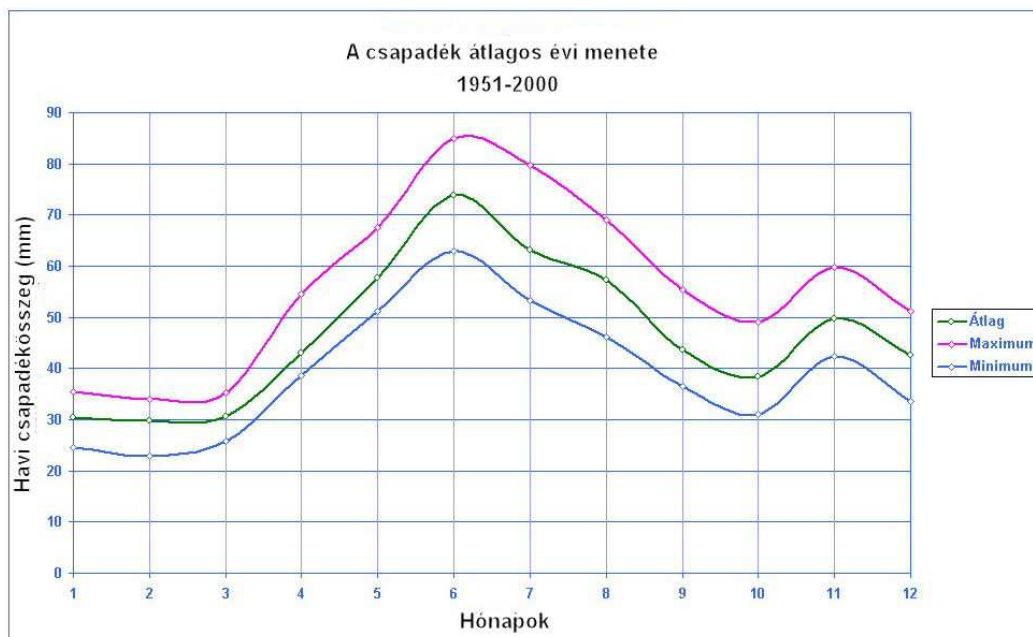
ahol  $\Delta w$  (water) a talaj hasznos víztartalmának változása egy adott időszakban, P (precipitation) az időszak folyamán lehullott csapadék, RO (runoff) a talaj felszínén elfolyó csapadék, amely lehullás helyén nem jut a talajba, I (irrigation) az öntözővíz mennyisége, CR (capillary rise) a kapilláris emelés mennyisége, ET (evapotranspiration) az evapotranszpiráció mennyisége, DP

(deep percolation) a mélységi leszivárgás. A vízháztartásit tényezők értékeit milliméterben adjuk meg.

#### A talaj vízbevétele.

A talaj vízbevételét alapvetően a csapadék határozza meg. Hazánkban szubhumid éghajlati viszonyok a jellemzőek. A csapadék ennek megfelelően változó évi menetet mutat, amelyben ősszel mediterrán hatás is érvényesül. Ez utóbbi következményeként a júniusi csapadékmaximum mellett ősszel (október-november folyamán) kialakul egy gyengébb másodmaximum is. A csapadék átlagos évi menetét 13 meteorológiai megfigyelőhely 1951 és 2000 közötti adatain mutatjuk be (3.1. ábra).

A csapadékminimumnak is évi két előfordulása van, az egyik a téli időszak végén február-március hónapokban. Ez az erőteljesebb minimum érték. Szeptember-október időszakban kialakul azután egy másodminimum is, közvetlenül a mediterrán jellegű másodmaximum előtt.



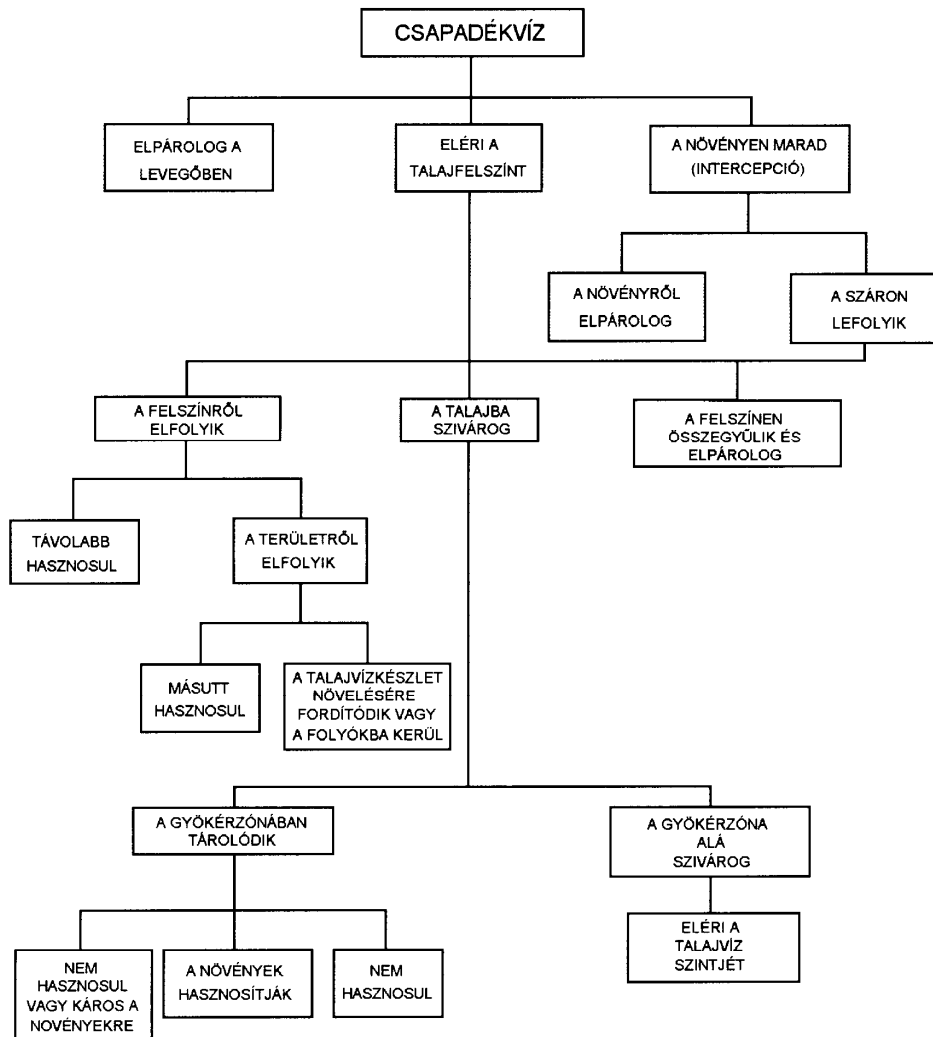
3.1. ábra. A csapadékmennyiség 50 évi átlagai.

**A csapadékvíz útja a gyökérszónáig.** A 3.2. ábrán nyomon követhető a csapadék útja. A lehulló csapadék egy része el sem éri a földfelszínt, már a levegőben elpárolog. Egy másik része pedig a növényi leveleken fennmarad (intercepció), s onnan párolog el. A csapadéknak az a része, amely eléri a felszínt, lejtős felszín esetén a felszínről elfolyik, érdes felszín esetén pedig

a mélyedésekben összegyűlik, s onnan párolgás útján a légkörbe távozik. A fennmaradó része a talajba szívárog s ott a gyökerekkel átszőtt zónában a növények rendelkezésére áll. Amennyiben azonban az adott talajrétegben összegyülemlött víz, meghaladja a réteg vízkapacitását, akkor a vízkapacitás feletti mennyiség az alsóbb talajrétegekbe távozik.

Amikor síkvidéki szántóföldi körülményeket veszünk figyelembe, akkor azt mondhatjuk, hogy a levelek által felfogott és onnan elpárolgó csapadékmennyiség a teljes mennyiséghez képest nem számottevő. Ugyanez mondható el a talajfelszínen megmaradó és onnan elpárolgó csapadékvízről is.

A sík területre a felszíni elfolyás sem jellemző. Ha a gyökérszóna alsó talajrétegei nincsenek telítődve, akkor a víz nem szívárog a gyökérszóna alá. A csapadékvíz jelentős része, amelyet effektív csapadéknak nevezünk a gyökérszónában tárolódik.



3.2. ábra. A csapadékvíz útja a gyökérzónáig.

**Az effektív csapadék.** A növényállományra hulló csapadék egy része nem éri el a talajfelszínt, mert fennmarad a leveleken és onnan elpárolog. Ennek mennyisége nagy mértékben függ a csapadékkintenzitásától és a csapadékhullás alatti szélesebségtől. Ennek nagysága nagyon nehezen mérhető, rendszerint kis mennyiségről van szó, ezért a vízháztartási számításokban nem szokták figyelembe venni.

A csapadék számottevő része tehát eléri a talajfelszínt. Amennyiben a talajnak nicsen lejtése, a talajfelszínre hullott csapadék a talajba szívárog. Amennyiben a talajnak jelentős mértékű lejtése van a víz a felszínről a lejtés irányában elfolyik. Az is lehetséges, hogy rövis idő alatt olyan nagy mennyiségű csapadék hullik, hogy a talaj nem képes befogadni, hanem a felszínen fennmarad, akkor ennek a csapadékmennyiségnek egy része a talajfelszínről elpárolog.

A csapadéknak azt a részét, amely a talajba szívárog effektív csapadéknak nevezzük. A vízháztartási egyenlegben az effektív csapadékkal számolunk.

**Az öntözővíz.** Előfordulhat, hosszabb idő alatt nem hullik csapadék, vagy hullik csapadék, csak olyan kevés, hogy ha arra lehetőség van, akkor pótolni kell. A csapadék pótlására használt csapadékvíz a talaj vízháztartásának számításakor ugyanúgy figyelembe kell venni, mint a természetes csapadékot. Az esetek többségében azonban csapadéktáplálta növénytermelés folyik.

#### A talaj vízvesztése

**A referencia evapotranszpiráció.** Az evapotranszpirációt valamilyen párologtató felszínre kell meghatározni. Ilyen felsszínként eleinte a vízfelszínt, a talajt teljesen borító fűfelszínt, az Egyesült Állomásokban pedig a talajt teljesen borító lecernát (alfalfa) vették figyelembe. A vízfelszín esetében a figyelembe vett felszín különböző mérete okozott gondot, a növényi felszínnek esetében pedig nem lehetett olyan növényfajtát találni, amely minden éghajlaton termesztető lett volna. Ezért egy olyan hipotetikus felszínt választottak alapul, amely teljesen borítja a talajt, felszíne egyenletesen 12 cm magas, a felszín albedója 0,23, a felszínellenállása pedig 70 m/s és vízellátása kedvező. Ez a hipotetikus felszín minden éghajlaton ugyanaz, ezért az erre a felszínre meghatározott párologás az adott hely éghajlati viszonyinak megfelelően a levegő párologtató képességét fejezi ki. Az így meghatározott párologtató felszínt referencia felszínnek nevezük, az általa meghatározott párologást pedig referencia evapotranszpirációnak ( $ET_{ref}$ ).

A következő lépésben ki kellett választani egy formulát, amely elméletileg kellően megalapozott, gyakorlati szempontból pedig a mért értékekkel kielégítő pontossággal megegyezik. A FAO egy szakbizottsága ilyennek találta a Penman-Monteith formulát (*Allen et al. 1998*). Ez a formula a párologást legjobban befolyásoló négy éghajlati elem: a globálsugárzás, a hőmérséklet, a telítési hiány és a szélesebbesség adatira épül.

Mosonmagyaróvári adatokon elemeztük, hogy ez a négy elem hazai viszonyok között elemenként vizsgálva milyen hatással van a referencia evapotranszspirációra. Az eredményeket az 3.1 táblázat tartalmazza.

### 3.1. Táblázat

A négy elem determinációs együtthatói  
Mosonmagyaróvár 1971-2000

Meteorológiai elem	$r^2$
Sugárzási egyenleg	0,98
Hőmérséklet	0,91
Telítési hiány	0,98
Szélesség	0,10

A determinációs együttható ( $r^2$ ) azt mutatja meg, hogy az egyes hatótényezők milyen mértékben befolyásolják a referencia evapotranszspirációt. Látható az 3.1 táblázatból, hogy a sugárzási egyenleg és a telítési hiány erős hatása mellett még a hőmérséklet is jelentős hatást gyakorol a párolgásra, míg a szélesség befolyása jelentéktelen. Noha Mosonmagyaróvár hazánk legszelesebb területén helyezkedik el. A szélességek zöme azonban a gyengének mutatkozik ahhoz, hogy lényeges befolyása legyen a párolgásra.

A Penman-Monteith formula hazánkban is jó eredményeket ad (*Varga-Haszonits et al. 2019*). Az egyetlen problémát az jelenti, hogy a szélesség adatai térben és időben nem mindig állnak rendelkezésre kellő sűrűségben. Emiatt megvizsgáltuk azt is, hogy hazánk szubhumid és viszonylag kis szélességekkel jellemzhető viszonyai között széladatok hiányában milyen pontossággal lehet meghatározni a referencia evapotranszspirációt a Penman-Monteith formulával.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy ha a formulában akár az *Allen et al. (1998)* által javasolt 2 m/s átlagos szélességet alkalmazzuk, akár a szélességet egyáltalán nem vesszük figyelembe, egyaránt jó eredményeket kapunk. Tehát hazánk éghajlati viszonyai között a Penman-Monteith formula eredeti formáját, a 2 m/s szélességgel számított formáját és a szélesség figyelembe vétele nélküli formáját egyaránt használhatjuk a referencia evapotranszspiráció meghatározására.

Amikor két adatsor között lineáris kapcsolatot feltételezünk, azaz a kapcsolatot  $y = bx + a$  formában határozzuk meg, akkor a legjobb összefüggést akkor kapjuk, ha  $b = 1$  és  $a = 0$ . Ezért minél közelebb van a  $b$  együttható az 1-hez és az  $a$  konstans 0-hoz annál jobb az összefüggés. Amint a 3.2 táblázatból láthatjuk, hogy az eredeti PM formulával mind a 2 m/s konstans szélességgel meghatározott  $PM_{cw}$  ( $cw = \text{constant wind}$ ) értékek, mind pedig a szélesség adatai nélkül meghatározott  $PM_{w=1}$  ( $w = 1$ ) jó egyezést mutatnak. A széladatok hiánya ugyanazt az eredményt adja, mintha 1 m/s konstans szélességgel számolnánk.

### 3.2. Táblázat

Összefüggés a különböző Penman-Monteith formulák között

Formulák	Az egyenes egyenlete	$r^2$
PM - $PM_{cw}$	$y = 1,0077x + 0,077$	0,9952
PM - $PM_{w1}$	$y = 0,9964x + 1323$	0,9943

**A növényállomány párologtatása.** Ha ismerjük a referencia felszínre vonatkozóan a referencia evapotranspiráció értékeit, akkor mérve egy adott növény evapotranszspirációját, ki lehet számítani a Penman-Monteith formulával is az adott növény referencia evapotranspirációját. Ugyanis a mért növényi evapotranszspiráció értéket ( $ET_c$ ) a referencia evapotranszspirációs formulával számított értékhez ( $ET_{ref}$ ) viszonyítva kapjuk, hogy

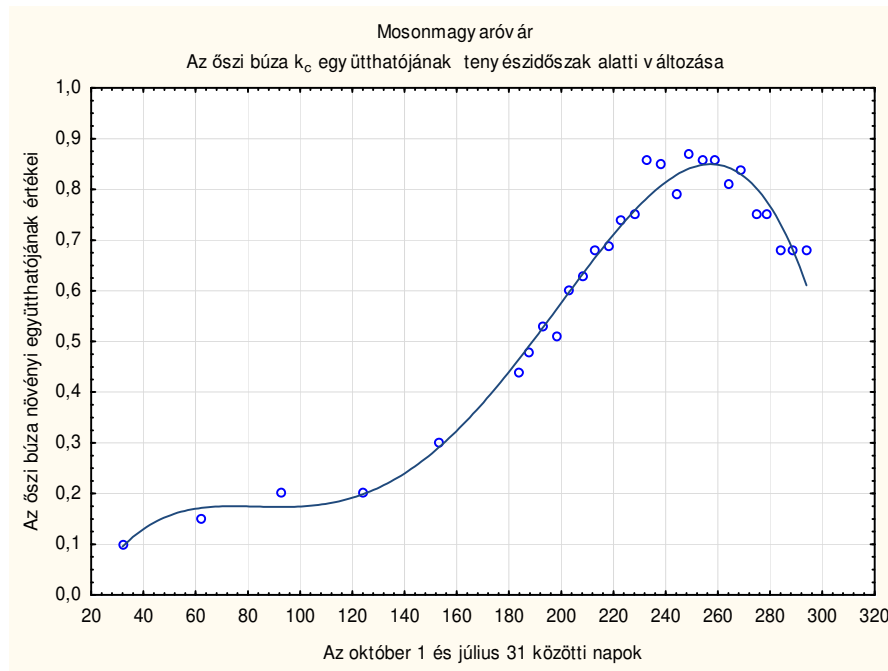
$$\frac{ET_c}{ET_{ref}} = k_c \quad \text{vagyis} \quad ET_c = k_c \cdot ET_{ref}$$

ahol  $k_c$  a növényi együttható, amely függ a növény tulajdonságaitól és talaj víztartalmától, s a növény tenyészidőszaka alatt ezek változásainak megfelelően változik.

Szarvason evapotranszspirométerrel mért növényi adatok alapján *Posza (1984)* meghatározta számos növényre vonatkozóan a növényi koefficienseket. Az ő adatai alapján meghatároztuk az őszi búza növényi koefficienseit, s a 3.3 ábrán bemutatjuk e koefficiensek tenyészidőszak alatti változását.

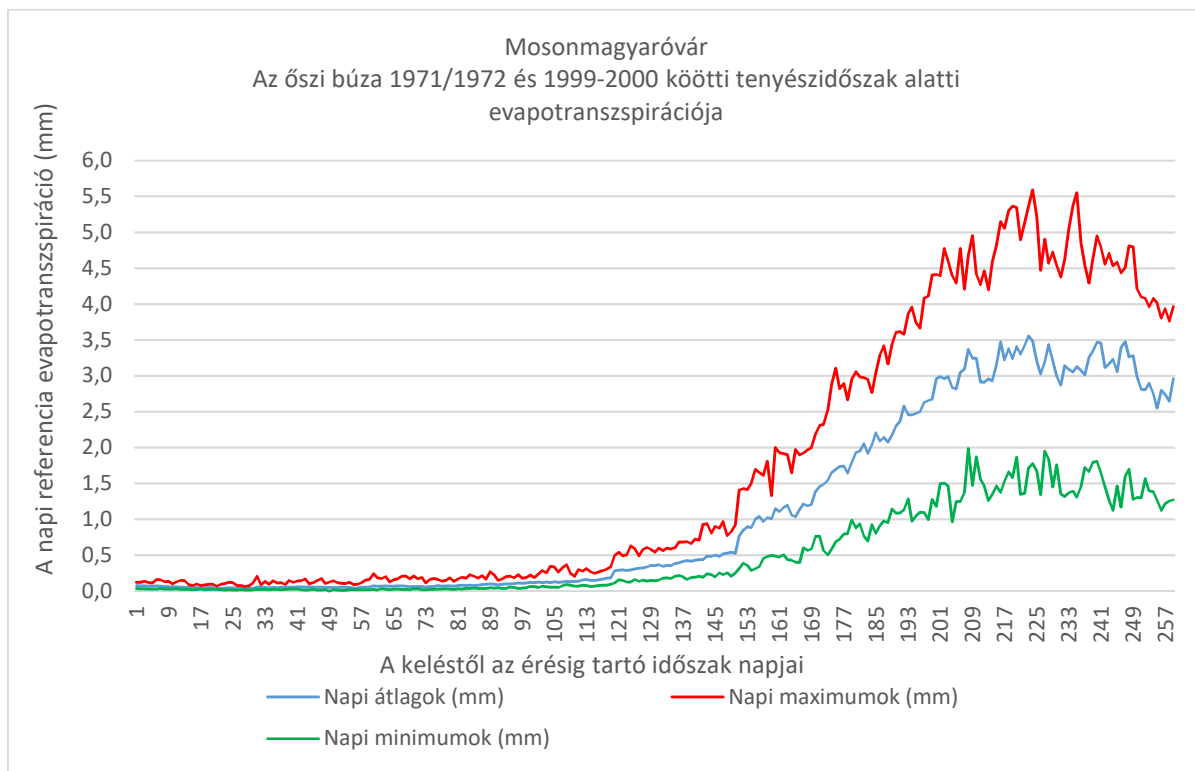


Az ábrából látható, hogy a referencia evapotranspirációt befolyásoló növényi együttható az őszi búza növekedésével a növény teljes kifejltségéig fokozatosan növekszik. A kelés után, a hűvös időszak következtében lassú az együttható növekedése. A vegetáció tavaszi megindulása után azonban a növekedés közel lineáris egészen a növény teljes kifejltségének az állapotáig. Majd levelek öregedésének és elhalásának időszakában a növényi együttható értékei is csökkennek.



3.3. ábra. Az őszi búza növényi együtthatójának tenyésztési időszak alatti változása.

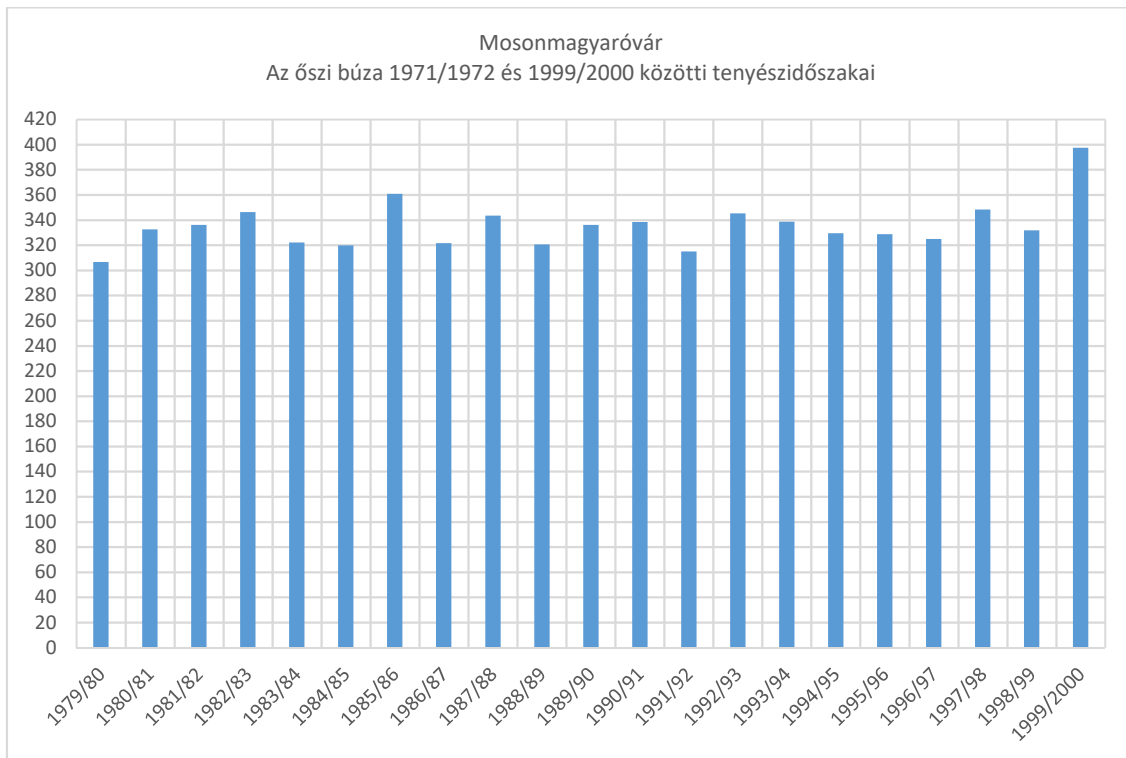
Az őszi búza növényi együtthatójának ( $k_{búza}$ ) ismerete lehetővé teszi, hogy meghatározzuk az őszi búza evapotranspirációját ( $ET_{cw_{búza}}$ ) a Penman-Monteith formula 2 m/s konstans szélességgel módosított formulájával. A kapott eredményeket a 3.4. ábrában láthatjuk.



3.4. ábra. Az őszi búza referencia evapotranszpirációja a tenyészidőszak alatt.

A 3.4. ábrából látható, hogy az őszi búza referencia evapotranszpirációja a vegetáció tavaszi megindulásától fokozatosan növekszik. A teljes kifejletség idején a napi maximumok megközelíthetik a napi 6 millimétert.

Az őszi búza évenkénti tenyészidőszakai alatti referencia evapotranszpiráció összegeinek változását a 3.5. ábrán láthatjuk.



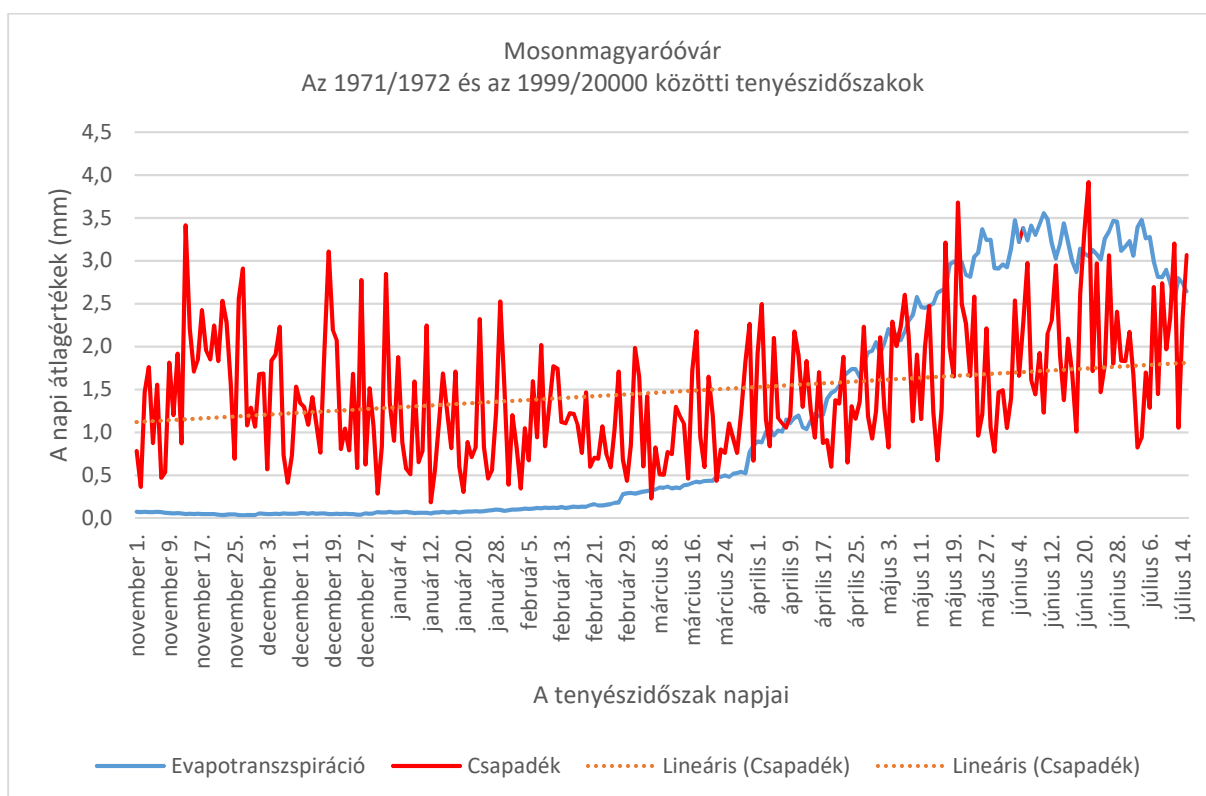
3.5. ábra. Az őszi búza enyészidőszakai alatti maximális evapotranszspiráció évi összegei

Az 1971/1972 és az 1999/2000 közötti időszakban az őszi búza tenyészidőszaka alatti referencia evapotranszspiráció összegei 300 és 400 milliméter között változtak. Ezek a változások azt jelentik, hogy a minden évben várható mennyiségnek (300 mm) egy harmadán belüli mennyiséggel változik évente a tenyészidőszak alatti evapotranszspiráció.

**Az őszi búza tenyészidőszakának vízellátottsága.** A légkör szolgáltatja a növények számára szükséges csapadékvizet, de a légkör párologtató képessége okozza a legnagyobb vízvesztést is. Célszerű ezért azt vizsgálni, hogy e két hatás eredményeként hogyan alakul a növény vízellátottsága a tenyészidőszak folyamán. Ennek legegyszerűbb formája, ha megvizsgáljuk hogyan viszonyul egymáshoz a tenyészidőszak csapadékmennyisége és evapotranszspirációja. A csapadék mennyisége és az evapotranszspiráció mennyisége közötti különbség mutatja a növény vízellátottságát.

A két meteorológiai elem viszonyát először a tenyészidőszakon belül vizsgáljuk. Az eredményt a 3.6. ábrán láthatjuk. Szembetűnő, hogy a vízellátottság változékonyságát alapvetően a csapadék okozza. A másik észrevétel, hogy a két elem az őszi búza vegetációs periódusát két szakaszra osztja: az egyik szakaszban a csapadék van túlsúlyban az őszi búza

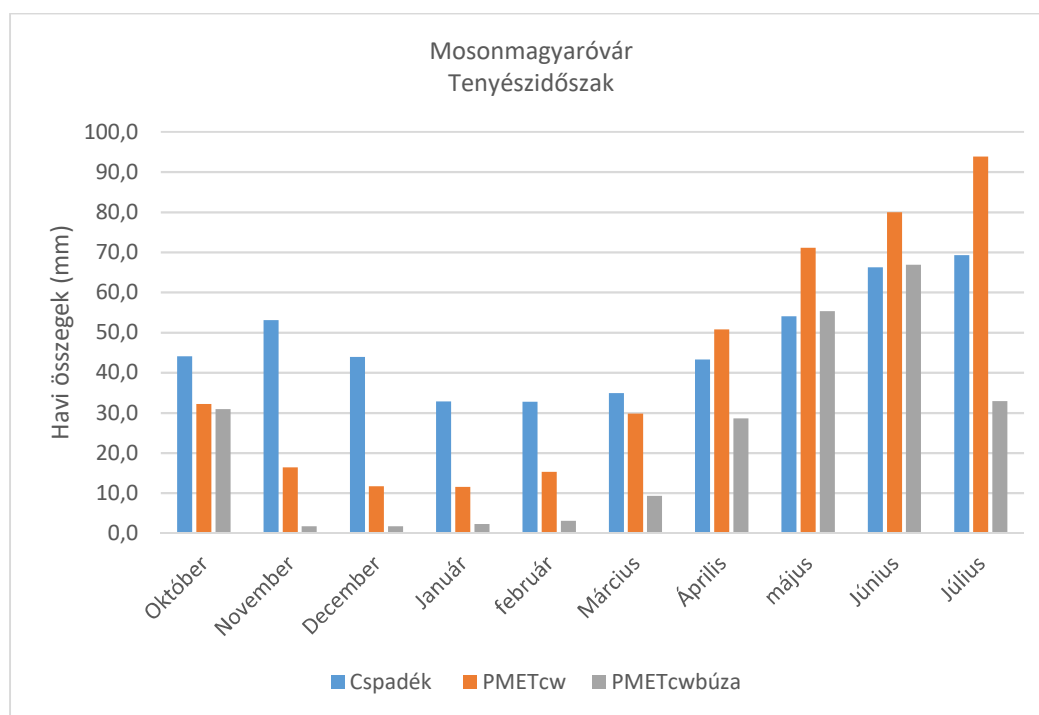
tenyészidőszakának kezdetétől egészen a vegetáció tavaszi megindulásáig. A csapadék átlagos napi mennyisége ekkor az őszi csapadékos másod maximumtól a februári csapadék minimum ugyan fokozatosan csökken, de mennyisége meghaladja az evapotranszpiráció átlagos napi értékeit. Ez az időszak tehát a hűvös nedves szakasz. A másik szakasz a tavaszi vegetáció megindulásáig tart. Ebben a szakaszban mind az átlagos napi csapadékmennyiség, mind pedig az átlagos napi evapotranszpiráció értéke növekszik, az evapotranszpiráció értéke azonban magasabb, meghaladja általában a csapadék mennyiségét.



3.6. ábra A csapadékmennyiség és az evapotranszpiráció változása a tenyészidőszakon belül.

A vízellátottságot befolyásoló két elem a csapadék és az evapotranszpiráció mennyisége közötti különbség a csapadék javára meghalad egy bizonyos értéket, akkor belvíz alakulhat ki. Ha az evapotranszpiráció haladja meg a csapadékmennyiséget, akkor a növények szempontjából beszélhetünk vízhiányról, vagy vízigényről, vagy vízszükségletről. Amennyiben a különbséget a pótlás szükségessége szempontjából nézzük, akkor ez jelenthet öntözővíz-szükségletet.

A 3.7. ábra az őszi búza tenyészidőszakának egy érdekes jelenségére hívja fel a figyelmet. A havi csapadékösszegek október és április hónapok között minden esetben meghaladták mind a maximális evapotranszspirációt mind pedig az őszi búza tényleges evapotranszspirációját. Ez azt jelenti, hogy ebben az időszakban az őszi búza kedvező vízellátottságú. Márciustól azonban változik a helyzet. Míg a maximális evapotranszspiráció meghaladja a havi csapadékmennyiséget, addig az őszi búza tényleges evapotranszspirációjú kevesebb, mint a lehullott csapadék. A maximális evapotranszspirációnak a csapadékhoz való viszonyát figyelembe véve vízhiányról beszélhetünk, az őszi búza tényleges evapotranszspirációja szempontjából viszont a tavasz folyamán is kedvező a növényállomány vízellátottsága. Ez egy összetett jelenség, ami részletesebb vizsgálatot igényel. Az is lehetséges azonban, hogy ez a jelenség a szubhumid éghajlattípus velejárója.

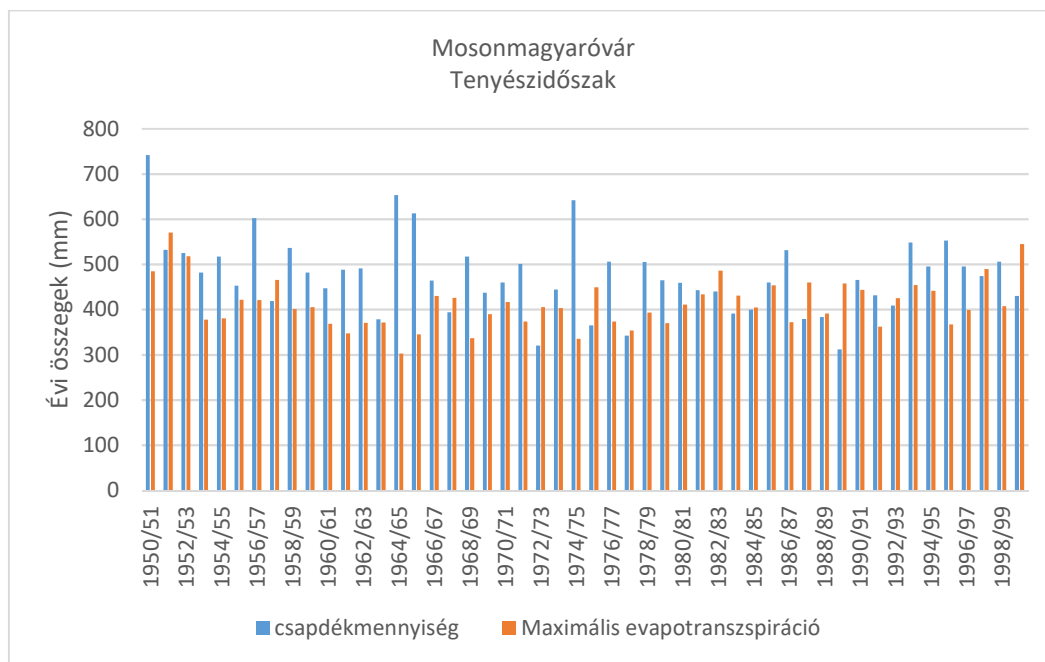


3.7. ábra. A tenyészidőszak alatt a csapadék, a maximális evapotranszspiráció és az őszi búza tényleges evapotranszspiráció havi összegeinek változása.

Fontos emiatt, hogy a növények vízellátottságát ne csak a tenyészidőszakon belüli változékonyság miatt vizsgáljuk meg, hanem az éventéti változásokat is elemezzük. Az évek közötti változékonyságot jelentős mértékben ugyancsak a vízellátásban mutatkozó változékonyság okozza. Az evapotranszspirációt alapvetően befolyásoló napsugárzás,

hőmérséklet, de még az mugyancsak a napsugárzástól és a hőmérséklettől függő telítési hiány is, viszonylag szabályos napi és évi menetet mutat, míg a csapadék térben és időben erősen változhat. Az egyes évek tenyészidőszakai közötti vízellátásban való különbséget a 3.8 ábrán mutatjuk be.

Láthatjuk az ábrán, hogy az 1971/1972 és az 1999/2000 közötti tenyészidőszakokban az évek többségében a lehullott csapadékmennyisége meghaladja az elpárolgott víz mennyiségét. Csak kevés olyan év volt, amikor több víz párolgott el, mint amennyi csapadék hullott. Mivel a tényleges párolgás mennyisége alatta marad a maximális párolgás mennyiségének, azt mondhatjuk, hogy a vizsgált időszakban az őszi búza jó vízellátási viszonyok között növekedett és felődött.



3.7. ábra. Az őszi búza tenyészidőszak alatti vízellátottságának évenkénti változásai.

### A talaj hasznos víztartalma

A talajban található víz mennyisége a csapadékhullás, az öntözés, a felszíni és felszín alatti odadolyás és a kapilláris emelés következtében kerül a talajba, a gyökérzónába és onnan elsősorban az evapotranszpiráción keresztül, majd kisebb mértékben a mélységi leszívárgáson keresztül távozik. A talajba került víznek a talaj jelentős részét képes megkötni és a nehézségi

erővel szemben visszatartani. Ez képezi a gyökérszóna víztartalmát. Ennek egy része olyan mértékben kötődik a talajhoz, hogy a növények nem képesek felvenni. Ez a víztartalom az úgynevezett holtvíz (HV). Ezen mennyiség feletti rész az, amelyet a növények a gyökereiken keresztül képesek felvenni, ezért ezt hasznos vízmennyiségnek vagy diszponibilis víznek (DV) nevezik. Az agroklimatológiában a hasznos víztartalmat vesszük figyelembe talajnedvességként.

A talajban található víz a talaj pórusaiban helyezkedik el, ezért minél több a víz a talaj pórusaiban, annál kevesebb a levegő. A növényeknek azonban mind vízre, mind levegőre szüksége van. Azt a vízmennyiséget, amelyet a talaj beázás után, természetes körülmények között a gravitációval szemben vissza tud tartani, szántóföldi vízkapacitásnak nevezzük (*Filep 1999*). Ilyenkor a pórusok már nagyon kevés levegőt tartalmaznak, s a növények oxigénhiányban szenvednek. A talaj száradásával pedig egyre nő a pórusok levegőtartalma, s a holtvíztartalom felé közeledve a növények egyre inkább szenvednek a vízhiánytól.

A lehullott csapadékmennyiség jelenti a talajok fő vízbevételi forrását. Ennek jelentős része beszivárog a talajokba és feltölti a talajok pórusait. Azt a maximális vízmennyiséget, amelyet a talaj a nehézségi erővel szemben vissza tud tartani, szántóföldi vízkapacitásnak ( $VK_{sz}$ ) nevezzük. A talaj pórusaiban lévő víznek egy része azonban olyan erővel kötődik a talajszemcsékhez, hogy a növények a gyökereik szívóerejével nem tudják felvenni. Az így megkötött vízmennyiséget holtvíz tartalomnak nevezzük. Mivel az ilyen mértékig kiszáradt talajból a növényi gyökerek a vizet nem tudják felvenni, elhervadnak. Ezért ezt a küszöbértéket hervadási pontnak (HP) nevezik. A szántóföldi vízkapacitás és a hervadáspont közötti víz mennyisége az, amely a növények rendelkezésére áll. Ezt a vízmennyiség hasznos víztartalomnak (diszponibilis víznek) nevezzük, s a továbbiakban  $W$ -vel jelöljük.

$$W = VK_{sz} - HP$$

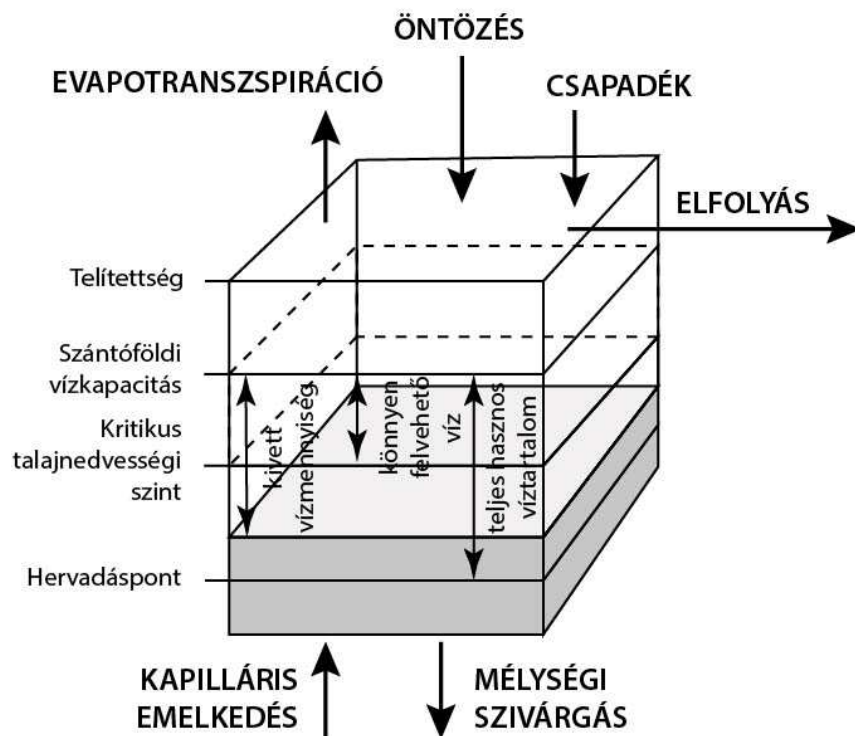
ahol  $W$  a talaj hasznos víztartalma,  $VK_{sz}$  a szántóföldi vízkapacitás és  $HP$  a hervadáspont.

A talaj víztartalmának számításához szükségünk van az vizsgálandó talaj hidrofizikai állandóinak értékére. A számításhoz legfontosabb hidrofizikai tényezők: a szántóföldi vízkapacitás, a hervadáspont és a talajsűrűség. Ha ezeket az értékeket 10 cm-es talajrétegenként meghatározzuk, akkor a talaj víztartalma ugyanúgy, mint a csapadék és a párolgás

milliméterben számítható. S a talaj maximális hasznos víztartalma, azaz a növények által felvehető maximális vízmennyiség is meghatározható.

**A talaj hasznos víztartalmának a felosztása.** A növények a vizet a talajból veszik fel a gyökereiken keresztül. Ezért a növények vízfelvétele függ a talajok hasznos víztartalmától. Ugyanis a hasznos víztartalom az, amely meghatározza az evapotranszpiráció mértékét, hogy az potenciális mértékű vagy annál kisebb tényleges értékű legyen. A hasznos víztartalom csökkenés esetén egy küszöbérték elérése után a növény stresszhelyzetbe kerül, a sztómaellenállása megnövekszik és lecsökkenti a sztómákon keresztül távozó vízmennyiséget.

A talaj hasznos víztartalmát (a szántóföldi vízkapacitás és a hervadásponthoz közti vízmennyiséget) két részre szokták osztani. A vízkapacitás és egy meghatározott küszöbérték között a növény maximálisan (potenciálisan) párologtat, vagyis a rendelkezésre álló vízmennyiség nem korlátozza a párolgást. Ezért ezt a vízmennyiséget kedvező víztartalomnak tekintjük. Ha a talaj hasznos víztartalma tovább csökken, vagyis túllépi az említett küszöbértéket, akkor a korlátozott vízellátás lecsökkenti a párolgást, a növény stresszhelyzetbe kerül. Ezért az adott küszöbérték és a hervadásponthoz közti vízmennyiséget korlátozottan rendelkezésre álló vízmennyiségnek nevezzük.



3.8. ábra. A talaj és növény vízháztartását kialakító tényezők (Allen et al. 1998).



A növények számára van egy olyan talajnedvesség-intervallum, amely számukra kedvező mennyiségű, könnyen felvehető vizet tartalmaz. A kedvező szintnek van egy felső és egy alsó határa.

A kedvező szint felső határának Szalóky (1989) a vízkapacitásig telített állapotot tekinti, erősen kötött talajon pedig ennél valamivel alacsonyabb telítettségi állapotot. Mindenképpen azt kell szem előtt tartani, hogy a pórusokban lévő magas víztartalom kiszorítja a levegőt, s amikor már a növények számára nincs elegendő oxigén, akkor attól szenvednek. Emiatt a 80-90%-os telítettségi állapot felett már nem kedvező számukra.

A növények talajnedvesség iránti igénye szerinti kedvező szint alsó hatását az alábbi táblázat mutatja.

### 3.3. Táblázat

A növények számára kedvező talajnedvesség szint alsó határa  
a hasznos vízkapacitás százalékában kifejezve (Szalóky 1991)

DV = diszponibilis víz

Talajnedvesség-igény	Alsó határa (DV%)
Nagyon magas	65
Magas	60
Közepesen magas	55
Közepes	50
Közepesen alacsony	45
Alacsony	40

Egy növény számára kedvező talajnedvességi intervallumnak az alsó határát jelentő értékét azért kell ismerni, mert ezen érték alatt már a növénynek nem áll rendelkezésére elegendő mennyiségű, könnyen felvehető víz.

Az őszi búza esetében a könnyen felvehető hasznos víztartalom a teljes hasznos víztartalomnak (hasznos vízkapacitásnak) 45%-a. Ha tehát Mosonmagyóvár vályog talajának hasznos vízkapacitása 230 mm, az őszi búza ennek a mennyiségnek 45%-át könnyen fel tudja venni, akkor  $230 \cdot 0,45 = 103$  mm az mennyiség, amit könnyen felvehet, ezért ha  $200 - 103 = 127$  mm alá csökken a talaj hasznos víztartalma, akkor a növénynél vízstressz lép fel. Azt a hasznos víztartalom-értéket, amely alatt a növény vízstressz állapotába kerül kritikus hasznos víztartalomnak nevezzük. A kritikus hasznos víztartalom és a hervadáspontra közötti hasznos víztartalom is felvehető a növény számára, azonban ekkor már jelentős ellenállásba ütközik A

hervadáspontra felé haladva a vízfelvétellel szemben az ellenállás növekszik, végül a hervadáspontra értékénél a vízfelvétel megszűnik.

Amint az előzőekben bemutattuk Mosonmagyaróváron az őszi búza vegetációs időszakában a lehullott csapadék meghaladja a növény által ténylegesen elpárologtatott vízmennyiséget, az őszi búza vegetációsperiódusára a jó vízellátottság a jellemző, amit *Szalóky (1991)* a 3.3 táblázatban magas vízigényként jellemez.

*Irodalom*

*Allen, R.G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith 1998:* Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome. 302 oldal.

*Dastane, N.G. 1974:* Effective rainfall in irrigated agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 25. Rome. 62 oldal.

*Filep Gy. 1999:* A talaj fizikai tulajdonságai. In: Talajtan. Mezőgazda Kiadó Budapest. Szerk. Stafanovits P., Filep Gy., Fülekgy Gy. 131-190.

*Szalóky S., 1989.* A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. In: Az öntözés gyakorlati kézikönyve. (Szerk.: Szalai Gy.) 100–154. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

*Szalóky S. 1991:* A növények vízigénye és öntözésigényessége. In: Öntözés a kisgazdaságokban. Szerk.: Lelkes János-Ligetvári Ferenc. Folium Könyvkiadó, 21-42. oldal.

*Varga-Haszonits Z., Lantos Zs., Vámos O., Kalocsai R., Szakál T. 2019:* A referencia evapotranszpiráció meghatározása Penman-Monteith módszerrel. Acta Agronomica Óváriensis. Mosonmagyaróvár, Különszám. Vol. 60. 107-126.

## 4. Az éghajlati változékonyság a tenyészidőszak alatt

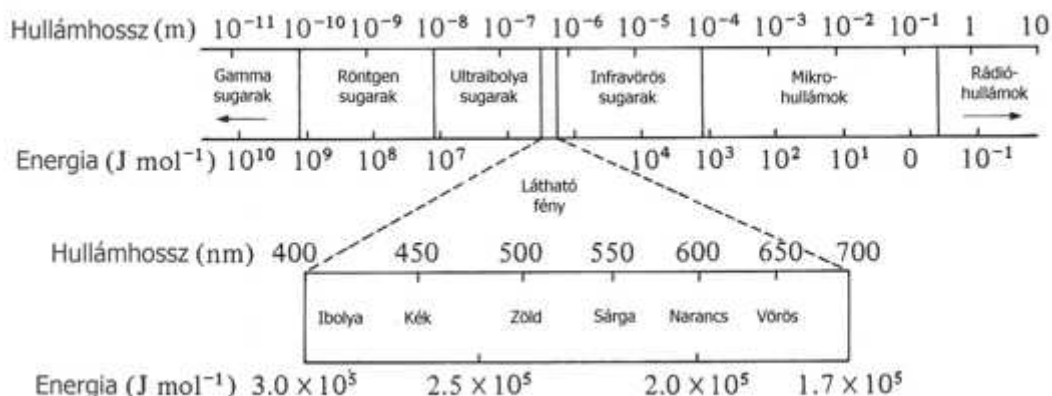
A növények életét befolyásoló főbb éghajlati tényezők az elmúlt évtizedek során is folyamatosan változtak. A legfontosabb elemek a növényi folyamatokhoz energiát szolgáltató napsugárzás, a léghőmérséklet – amely mint láttuk a 2.1 ábrán – szoros kapcsolatban van a növényhőmérséklettel, valamint a fő vízbevételt jelentő csapadékkal és a fő vízkiadást jelentő evapotranszpirációval. Ezeknek az elemeknek az 1951 és 2000 közötti időszakban történt változásait a következőkben mutatjuk be.

### Az őszi búzára ható főbb meteorológiai elemek változásai az 1951-2000 időszak folyamán

Először bemutatjuk, hogy a 20. század második felének évtizedeiben hogyan változtak a növények szempontjából fontos meteorológiai elemek.

#### Napsugárzás

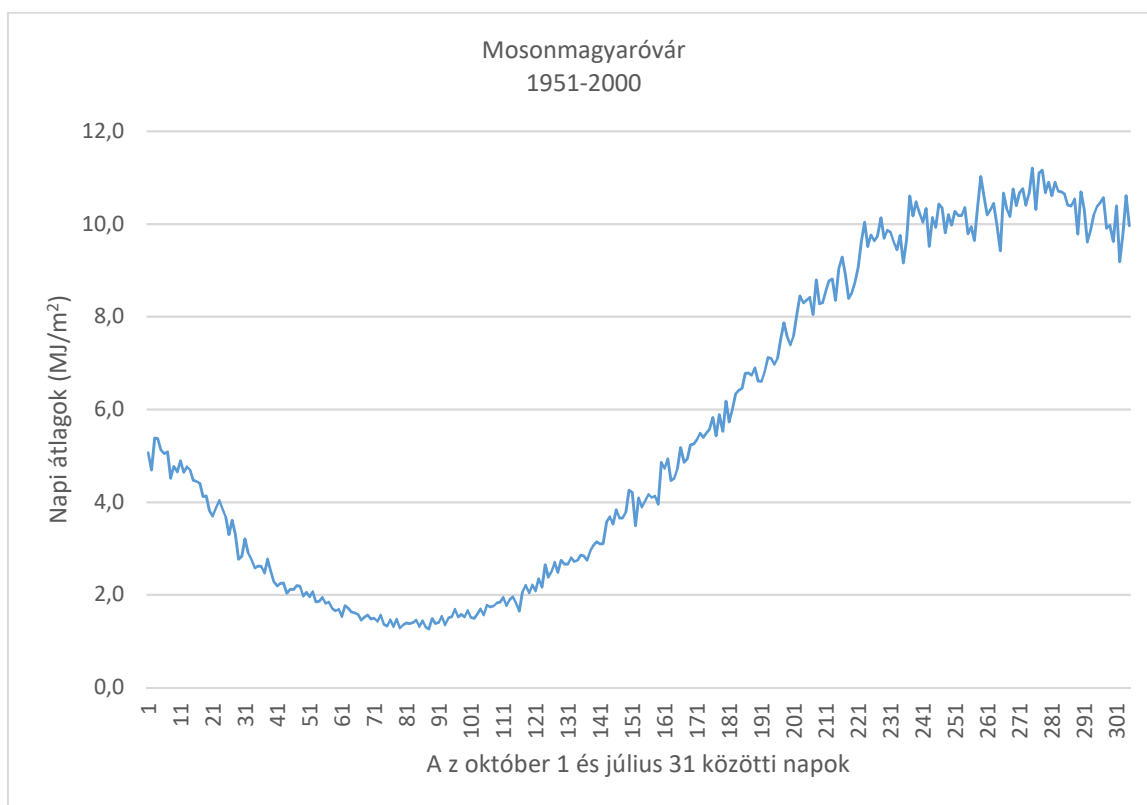
**Globálsugárzás.** A Napból érkező sugárzás egy része a légköri molekulákon és a felhőkön visszaverődik és szóródik, egy részük elnyelődik a légkörben és a fennmaradó rész pedig eléri a földfelszínt.



4.1. ábra. A napsugárzás spektruma (Jones 1983)

A légkörben szóródó sugárzást szórt vagy diffúz sugárzásnak nevezzük. A sugárzának azt a részét pedig, amely eléri a földfelszínt közvetlen vagy direkt sugárzásnak nevezzük. A direkt és diffúz sugárzás együttese adja a globálsugárzást. Ennek a sugárzásnak a fele, amit fotoszintetikusán aktív sugárzásnak nevezünk, mert a fotoszintetikusán aktív tartományba esik. Ezt a sugárzástípust hazai adatokon is meghatároztuk (Varga-Haszonits 1980; Vargga-Haszonits 1990). A fotoszintetikusán aktív sugárzás lényegében egybeesik a látható fény tartományával (4.1. ábra)

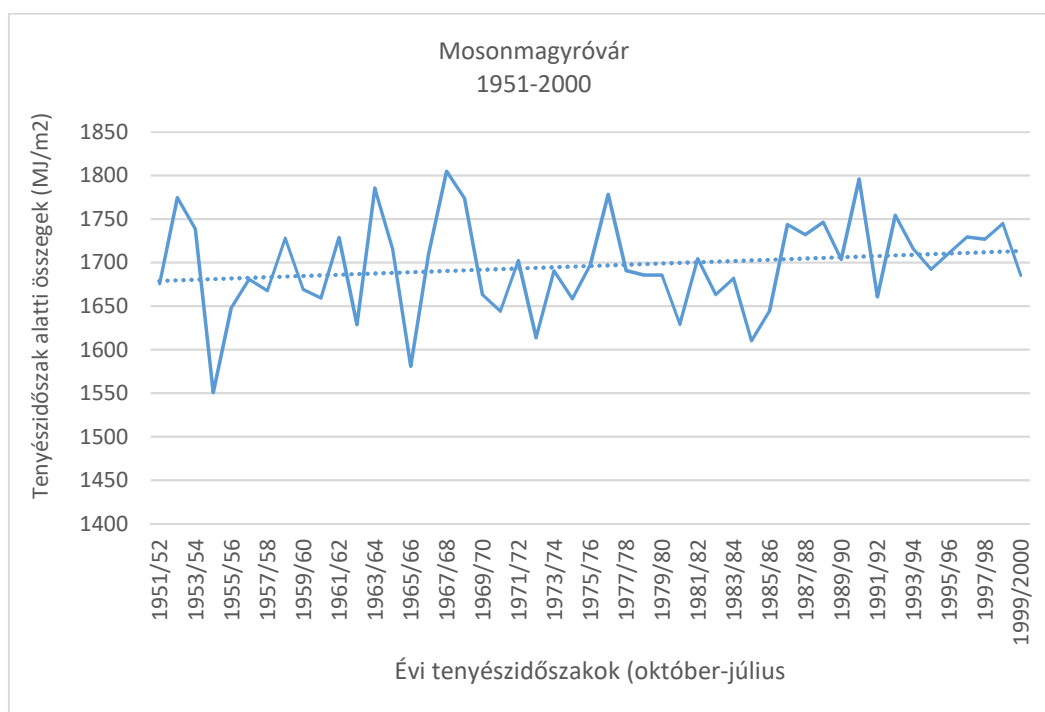
**A fotoszintetikusán aktív sugárzás tenyészidőszakon belüli változása.** A fotoszintetikusán aktív sugárzás tenyészidőszakon belüli változását a 4.2. ábra mutatja.



4.2. ábra. A fotoszintetikusán aktív sugárzás változása a tenyészidőszak alatt

Az őszi búza őszi vetése után a fotoszintetikusán aktív sugárzás folyamatosan csökken egy téli minimum értékig, majd a tavasz kezdettől fokozatosan növekszi a növény teljes fejlettségi állapotáig.

**A fotoszintetikusan aktív sugárzás évenkénti változásai.** Az 1951/1952-től 1999/2000 közötti időszak évenkénti évenkénti változásait a 4.3. ábrán láthatjuk. A fotoszintetikusan aktív sugárzás évenkénti változásának tendenciája (szaggatott vonal) enyhén növekvő folyamatot mutat. Az egyes évek sugárzási összegei a tendencia körül ingadoznak rövidebb-hosszabb ideig. A fotoszintetikusan aktív sugárzás közvetlenül hatással van a az őszi búza növekedésére, fejlődésére és szerves anyag ermelésére. Közvetve pedig a sugárzási energia határozza meg a hőmérséklet alakulását is, a hőmérséklet pedig szintén befolyással van a növény életjelenségeire, beleértve a vegetációs periódus hosszát is. A sugárzási energis tehát összetett hatást fejt ki a növény életjelenségeire.



4.3. ábra. A tenyészidőszak alatti fotoszintetikusan aktív sugárzás évenkénti változása.

## Hőmérséklet

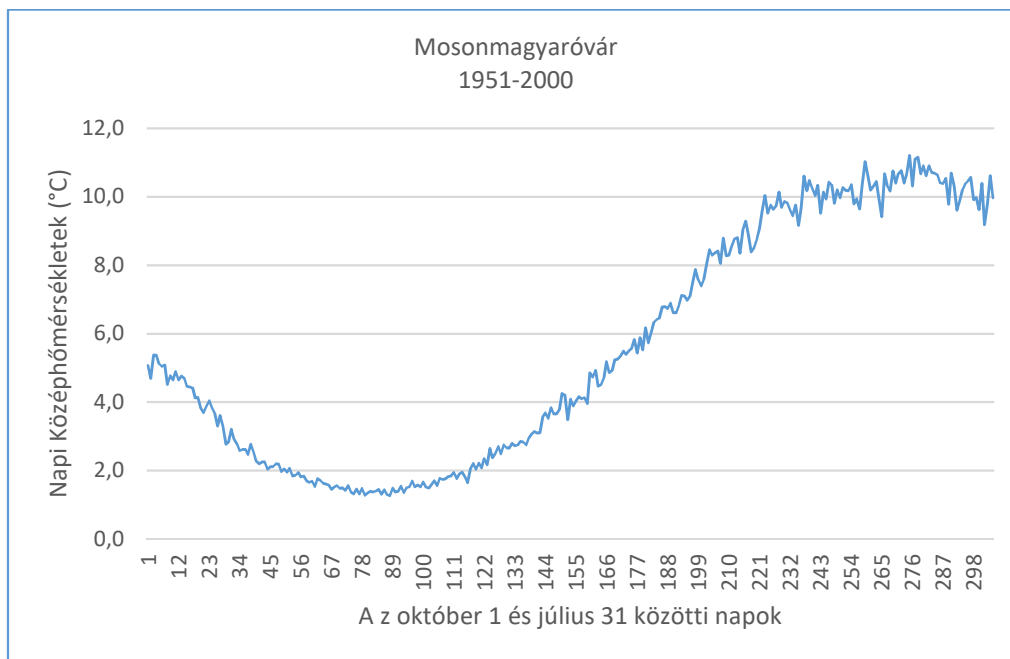
**A hőmérséklet tenyészidőszakon belüli változása.** Az őszi búza tenyészidőszaka alatti napi középhőmérsékletek változását a 4.4. ábrán mutatjuk be.

Látható a 4.4 brán, hogy a napi középhőmérsékletek változása szigorúan követi a besugárzás tenyész időszakon belüli változását lévén ezek 50 évi átlagok, az energiaviszonyok és ennek a

következtében a hőmérsékleti viszonyok is stabilak maradtak 50 éven át a tenyészidőszakon belül.

Azt is láthatjuk a 4.4. ábrán, hogy a hőmérséklet az őszi vetési időszak után a hőmérsékletek fokozatos csökkenése szintén egy téli minimum értékhez tart, majd a tavaszi vegetáció megindulása után fokozatosan emelkedik. Mivel a téli időszakban az evapotranszpiráció is alacsony értékű a talajok hasznos víztartalma ebben az időben közel van a hasznos vízkapacitáshoz.

Ugyanakkor számolni kell azzal, hogy december, január és február hónapokban a nulla fok alatti léghőmérsékletek azt mutatják, hogy ilyenkor a víz a talaj felső rétegeiben is fagyott állapotban lehet.



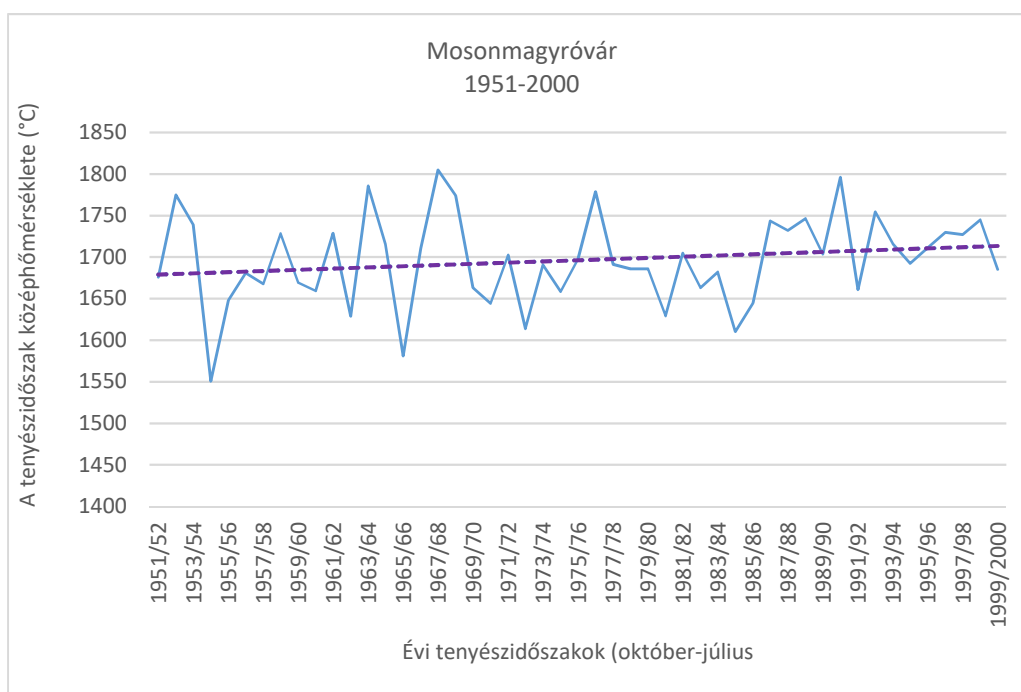
4.4. Az őszi búza tenyészidőszaka alatti napi középhőmérsékletek változása.

Látható a 4.4. ábrán, hogy a hőmérséklet követi a sugárzás változását. Az őszi vetési időszak után a hőmérsékletek fokozatos csökkenése szintén egy téli minimum értékhez tart, majd a tavaszi vegetáció megindulása után fokozatosan emelkedik.

**A hőmérséklet évenkénti változása.** A tenyészidőszak középhőmérsékletének évenkénti változását a 4.5. ábrán láthatjuk.

Az évenkénti változások tendenciája emelkedő jellegű, tehát az őszi búza a vizsgált időszakban emelkedő hőmérsékleti viszonyok között növekedett és fejlődött. Az emelkedő tendencia körüli ingadozások, bár elég jelentőseknek mutatkoztak, nem igazán mutattak észrevehető tendenciát. Az ingadozások rövid idejűek voltak és nagy vonalakban egyenletes eloszlásban követték egymást.

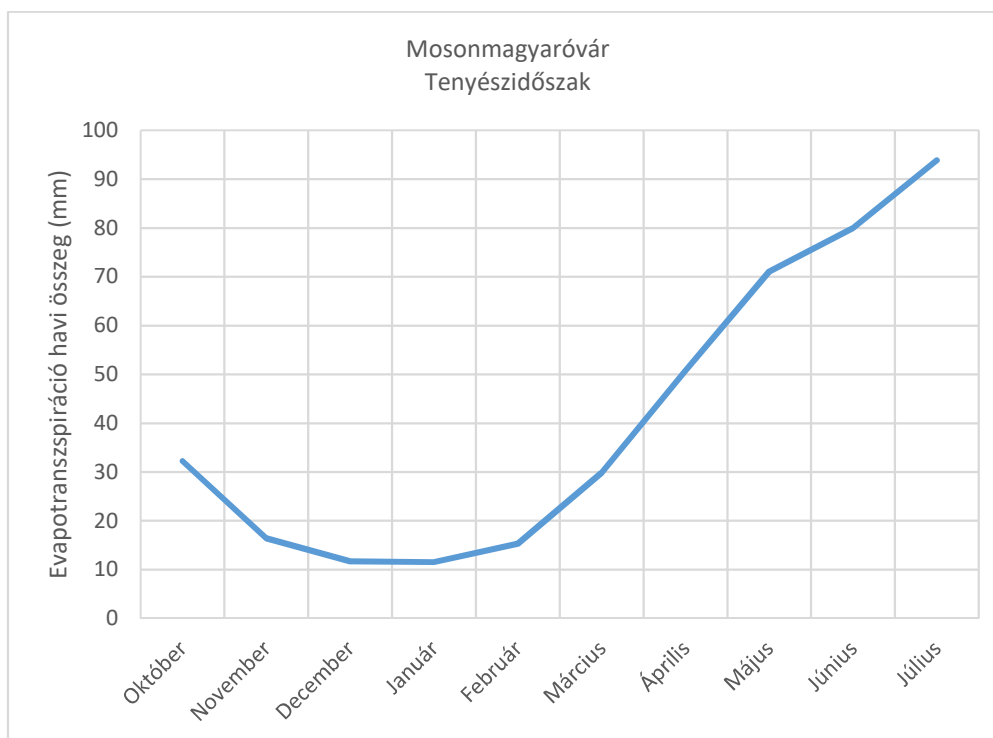
Az őszi búza tenyészidőszakában tehát az évek során mind a napsugárzás energiájának összegei, mind pedig a középértékei emelkedő tendenciát mutattak.



4.5. ábra. A tenyészidőszak középhőmérsékletének évenkénti változása.



## Őszi búza referencia evapotranszpiráció

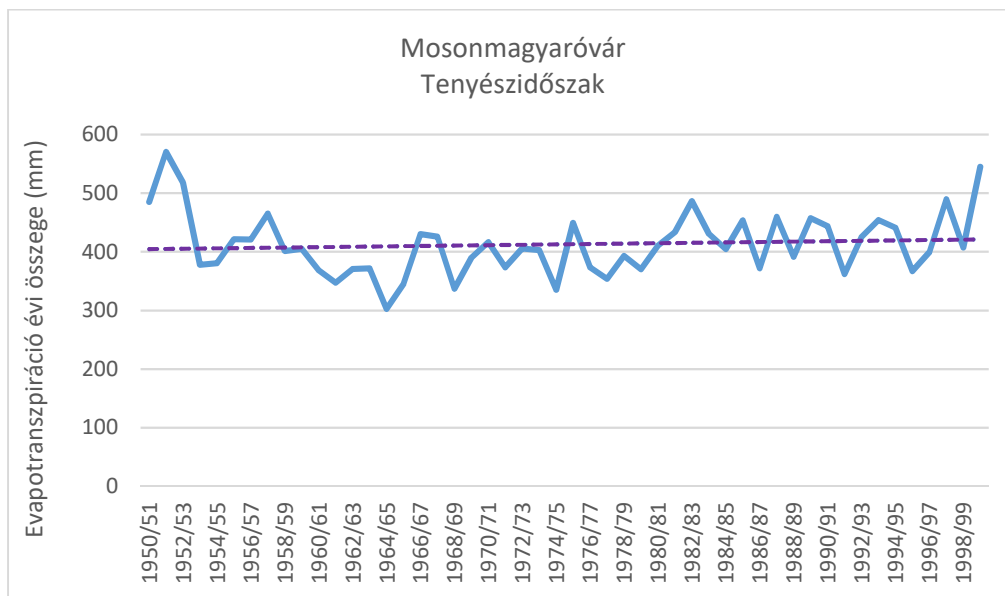


4.6. ábra Az őszi búza tenyészidőszakalatti referencia evapotranszpirációja.

Az őszi búza tenyészidőszakán belül a referencia (maximális) evapotranszpiráció változását a 4.6. ábra mutatja. Szem előtt tartva a sugárzási energia (fotoszintetikusán aktív sugárzás), valamint a hőmérséklet változását, megállapíthatjuk, hogy az evapotranszpiráció követi az energia és a hőmérséklet változását. Ősztől a tél felé tartva csökkenő mennyiséget mutat, a téli hónapokban minimuma van, majd márciustól fokozatosan emelkedik a nyári hónapokig.

Ez a változási tendencia kedvező az őszi búza számára, mert ekkor van a növekedési és fejlődési időszaka.

**A referencia evapotranszpiráció évenkénti változása.** A referencia evapotranszpiráció évenkénti változásának alakulását a 4.7. ábrán láthatjuk.



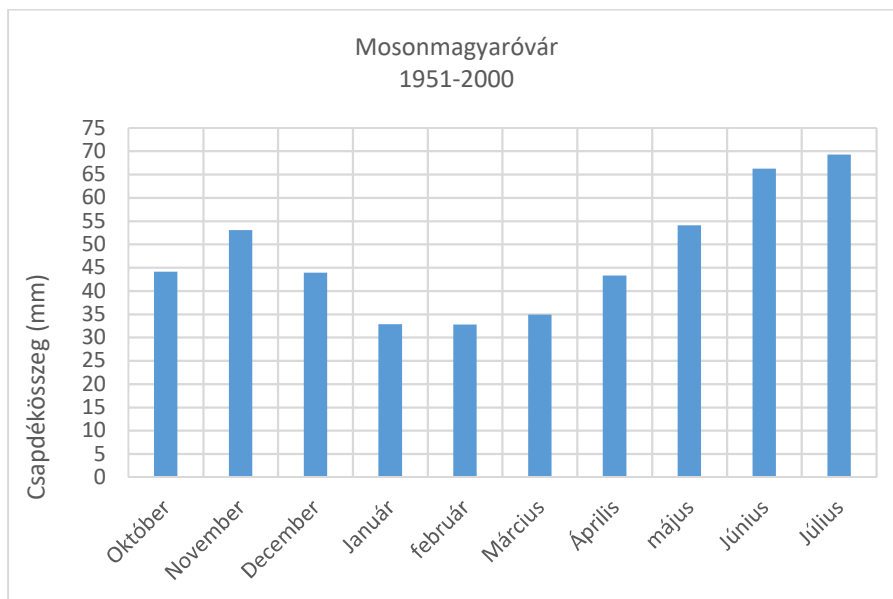
4.7. ábra. A referencia evapotranszspiráció évenkénti tenyészeitidőszak alatti mennyisége

Amint láthatjuk a 4.7. ábrán a referencia evapotranszspiráció tenyészeitidőszakok alatti mennyisége vizsgált időszak folyamán enyhén emelkedett.

### Csapadékmennyiség

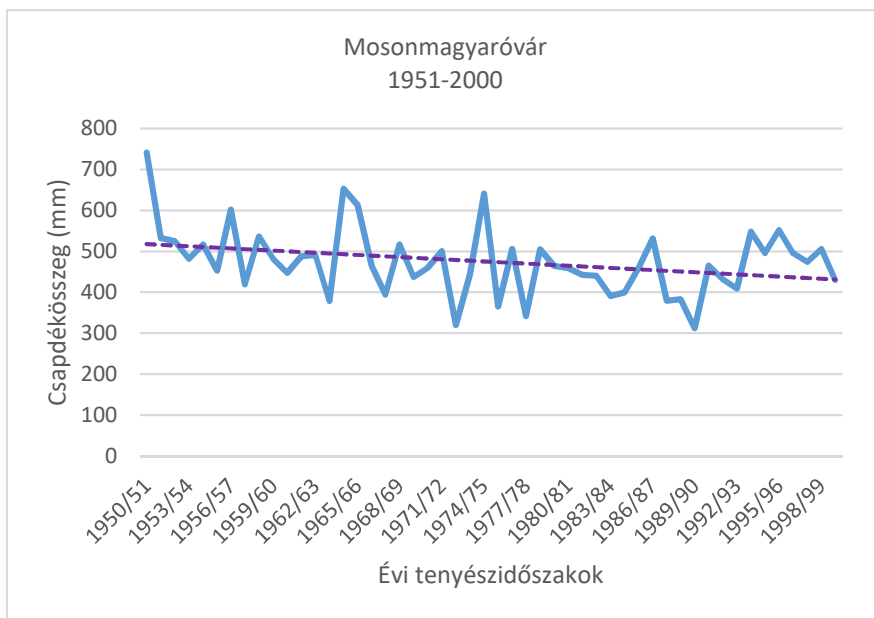
A csapadék nem folytonos elem, ezért nem a napi értékeit, hanem a havi értékeit elemezzük, s az értékeket nem folytonos vonallal, hanem oszlopokkal ábrázoljuk.

**Csapadékösszegek a tenyészeitidőszak alatt.** Az őszi búza októberi vetése után hazánkban a csapadéknak mediterrán hatásra egy másodmaximuma van. Ezután a csapadék a februári minimumig csökken, ezt követően pedig ismét növekszik a nyáreleji csapadékmaximumig (4.8. ábra).



4.8. A havi csapadékösszegek a tenyésztidőszak alatt.

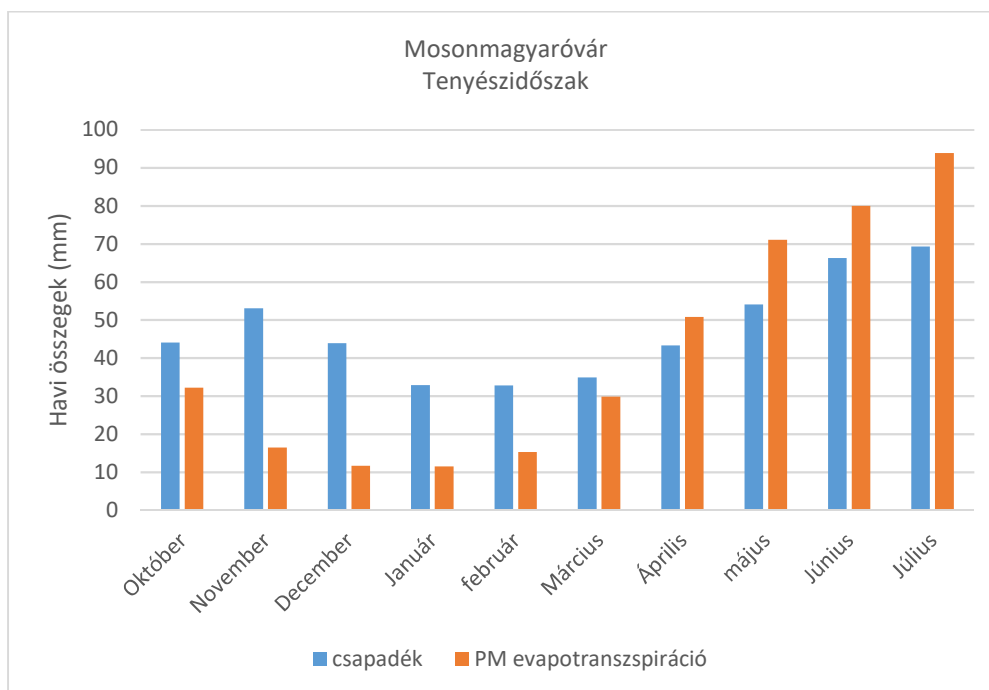
**A tenyésztidőszak alatti csapadékosösszegek évenkénti változása.** A tenyésztidőszak összegei évenként jelentős mértékben változhatnak (4.9. ábra).



4.9. ábra A tenyésztidőszak alatti csapadékösszegek évenkénti változása.

## A vízbevitel és a vízkiadás egymáshoz való viszonya

**A tenyészidőszak alatti csapadék és a maximális evapotranszpiráció kapcsolata a tenyészidőszak alatt.** A növények számára a tenyészidőszak alatt lehullott csapadék a fő vízbeviteli forrás és a maximális evapotranszpiráció jelenti a legnagyobb vízveszteséget. A kettő egymáshoz hasonlítása jó képet ad növények tenyészidőszaka alatti vízellátottságról (4.10. ábra).

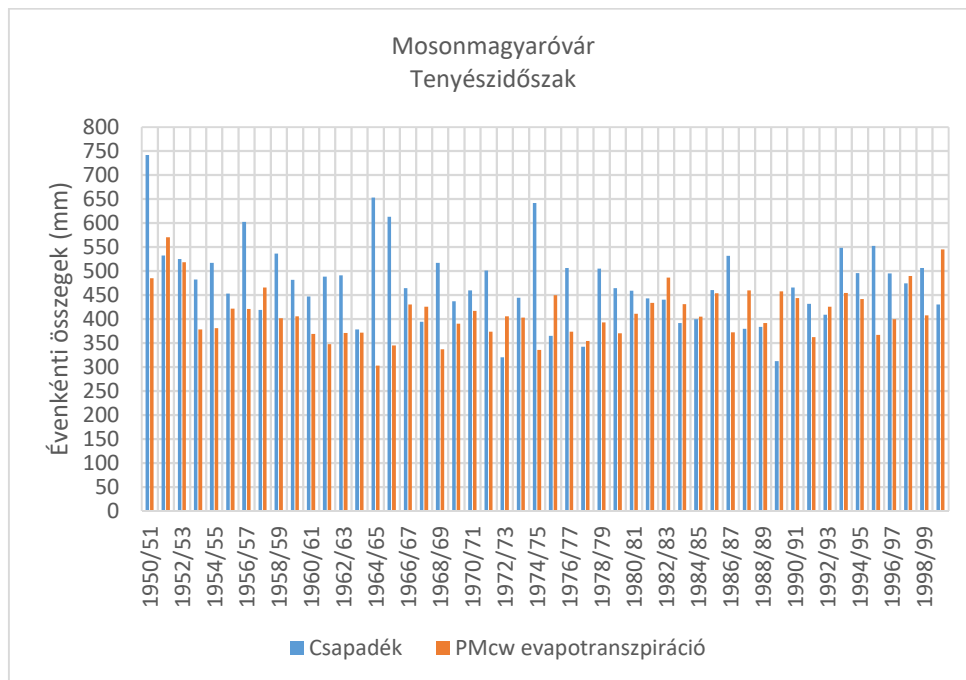


4.10. ábra A tenyészidőszak havi csapadékáinak és evapotranszpirációjának összehasonlítása.

A 4.10. ábrán látható, hogy a havi csapadékmennyiségek október és március hónapok között meghaladják a hűvös időszak gyenge párolgásából származó havi mennyiségeket. Áprilistól az evapotranszpiráció havi mennyisége lesz nagyobb. A két elem havi értékei közötti különbségek azonban az október és március közötti időszakban lényegesen nagyobbak, mint a tavszai időszakban az evapotranszpiráció javára adódó különbségek. A tenyészidőszak vízellátottsága tehát kiegyensúlyozottnak mutatkozik.

**A csapadék és a maximális evapotranszpiráció kapcsolatának évenkénti változása.** A fő vízbevételt jelentő csapadék és a fő vízkiadást jelentő evapotranszpiráció kapcsolatának az évenkénti változását a 4.11. ábrán láthatjuk.

A tenyészidőszak csapadéka – amint a 4.11. ábra mutatja – azévek többségében meghaladja az elpárolgott víz mennyiségét. Csak az évek kisebb részében fordul elő, hogy több víz párolog el, mint amennyi csapadék lehullott. Észrevehető még, hogy 1951 és 1975 között csak néhány évben foedult elő, hogy a z őszi búza vegetációs periódusa alatt több víz párologott el, mint amennyi csapadék lehullott. Majd 1975 után jelentősen megnövekedett azoknak az éveknek a száma, amikor több víz párologott el, minr amennyi csapadék lehullott. Az őszi búza tenyészidőszaka tehát a vizsgált időszakban jó vízellátottságúnak mondható.



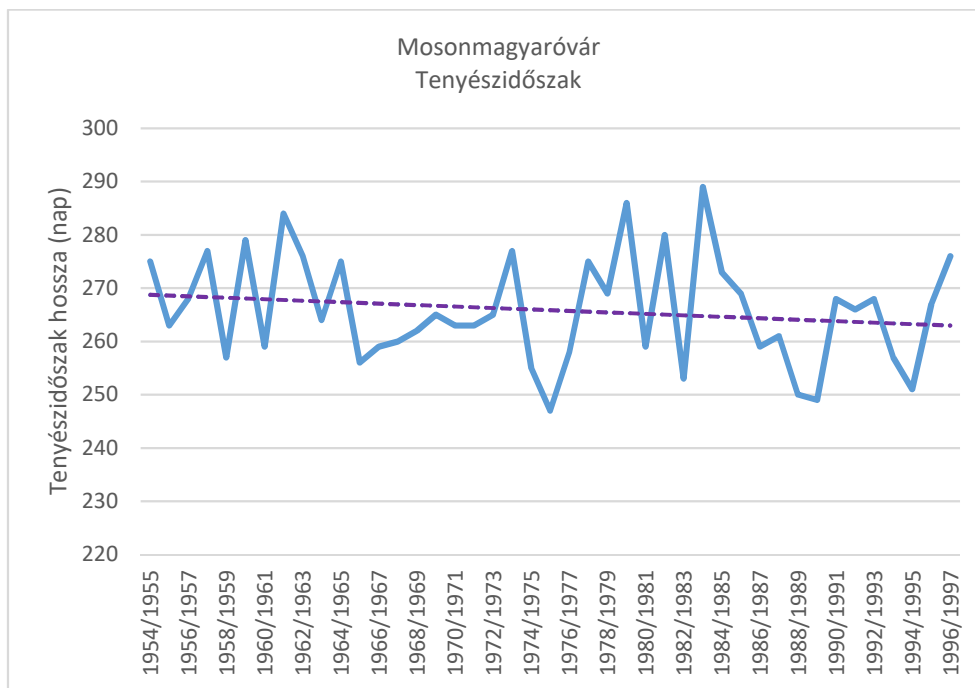
4.11. A tenyészidőszak alatti csapadék és párolgás egymáshoz való viszonyának évenkénti változása

### A tenyészidőszak hosszának a változása

A tenyészidőszak alatt ható meteorológiai tényezők a változásaikkal hatással vannak nemcsak a növény produktivására, hanem a tenyészidőszak hosszára is. E tényezők azonban nem egy irányban hatnak. Amint láthattuk a fotoszintetikus aktív sugárzás és a hőmérséklet

az 1951 és 2000 közötti időszakban emelkedő tendenciát mutat, a tenyészidőszak alatti csapadék mennyisége ugyanakkor csökkenő tendenciát, a referencia evapotranspiráció pedig csupán enyhe emelkedő tendenciát mutat. Vizsgáljuk meg azt, hogy ebben az éghajlati környezetben hogyan változik az őszi búza vegetációs periódusának a hossza (4.12. ábra). Az őszi búza vegetációs periódusának évenkénti változását 42 évi mosonmagyaróvári fenológiai megfigyelések alapján elemezzük. Amint az ábrán láthajuk a vegetációs periódus hossza az időszak folyamán fokzatosan kissé rövidült. Miközben a fő változási tendencia körül mindlét irányban évről-évre jelentős ingadozások történtek.

Kétségtelen minél több napsugárzási energia érkezik a földfelszínre annál magasabb lesz a hőmérséklet és annál gyorsabban fejlődik a növény. Ennek pedig az a következménye, hogy megrövidül a vegetációs periódus.



4.12. ábra. Az őszi búza tenyészidőszaka hosszáának évenkénti változása.

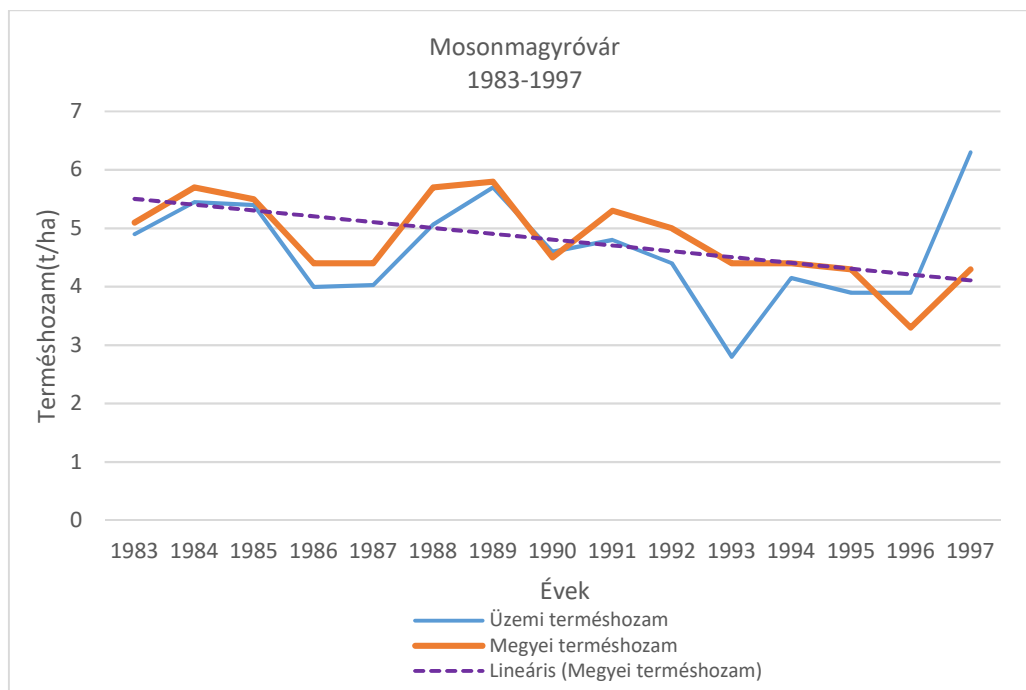
A lehulló csapadék és az elpárolgó vízmennyiség esetében pedig az várható, hogy inkább a vegetációs periódus hossza befolyásolja a két tényezőt, vagyis rövis idő alatt kevesebb csapadék hullik, s kevesebb víz párolog el, hosszabb tenyészidőszak altt pedig több víz hullik le és több víz párolog el.

## A terméshozamok évenkénti változásai

**Az éghajlati tényezők és a terméshoam.** A terméseredmények megyei adatait a Statisztikai Hivatal gyűjti és teszi közvé. Ezek az adatok állnak rendelkezésre. Az egyes mezőgazdasági üzemek azonban az üzemi terméseredményeket veszik figyelembe. Ezért mosonmagyaróvári adatok alapján összehasonlítottuk az üzemi terméshozamokat a megyei terméshozamokkal. A kapott eredményeket a 4.13. ábra mutatja.

A terméshozamok négy főbb hatásnak vannak erőteljesen kitéve. Ezek: a növény fajtája, a talaj tápanyagtartalma, az alkalmazott agrotechnika és a meteorológiai tényezők. Az első három hatás adja a növény évenkénti termésalakulásának a tendenciáját, a meteorológiai tényezők pedig a terméshozamoknak e tendencia körüli ingadozását.

Az üzemi terméshozamok és a megyei átlagok között szoros összefüggésnek kell lenni elsősorban azért, mert az üzemek terméshozamainak az átlaga adja a megyei terméshoamokat. Másrészt azért, mert a megye területén lévő mezőgazdasági üzemeket közel azonos meteorológiai hatás éri.



4.13. ábra. Az üzemi és a megyei terméshozamok évenkénti változásai.

Az ábrából látható, hogy 1985 és 1988 között, valamint 1992 és 1998 között a meteorológiai tényezők kedvezőtlenül befolyásolták a termés hozamokat, csak 1988 és 1990 között volt egy rövid időszak, amikor a meteorológia tényezők kedvezően hatottak az őszi búza termésére Mosonmagyaróvár térségében.



*Irodalom*

Jones H.G.1983:Plants and microclimate.A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press.Cambridge.

Varga-Haszonits Z. (1981): A gazdasági növények terméshozamának éghajlati potenciálja. MTA X. Osztályának Közleményei, 14. évf., 2-4. szám, 253-270.

Varga-Haszonits Z., Tölgyei L. 1990:. A globálsugárzás és a fotoszintetikusán aktív sugárzás számítása rövid időszakokra. Beszámoló az 1986-ban végzett tudományos kutatásokról. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 109-132

## 5. Az éghajlati változékonyság és az aszály

### Az aszály fogalma

Az aszály általános jellegű fogalmát nehéz meghatározni (Urbán 1993). Ahhoz, hogy egyáltalán megítélhessük az egyes definíciók helyességét, tisztában kell lennünk e jelenség kialakulásának okaival. Arra a kérdésre kell tehát válaszolnunk: hogyan alakul ki az aszály? Ezzel kapcsolatban Wilhite és Glantz (1987) idézi Tannehill 1947-ben leírt, de napjainkban is nagyon találó gondolatait:

"Az aszályra nincsen jó definíció. Valójában ritkán ismerhetjük meg az aszályt, csak akkor, amikor találkozunk eggyel. Először üdvözljük a csapadékos időszak utáni első derült napot. Majd ahogy a csapadékmentes napok folytatódnak, örülünk a hosszabb, kellemes időjárásnak. Amikor ez már tovább tart, elkezdünk kissé aggódni. Napokkal később pedig már kezdjük bajban érezni magunkat. A kellemes időjárás első csapadékmentes napja azonban éppúgy hozzájárul az aszályhoz, mint az utolsó nap, de senki nem tudja megmondani milyen erősségű lesz, míg az utolsó nap be nem következik, ami után ismét megjön az eső..."

Az elmondottakból is világos, hogy az aszály definiálása nem könnyű feladat. Arra a kérdésre, hogy „mi az aszály” nem egyszerű válaszolni. Az aszály ugyanis különböző emberek számára különböző dolgot jelent aszerint, hogy hogyan használják a vizet (Mavi és Tupper 2004). Az aszálynak általában három fő típusát lehet megkülönböztetni.

**Meteorológiai aszály.** A Tannehill által elmondottakból is következik, hogy az aszály kialakulásához az első lépés az, hogy napokon keresztül nem esik csapadék. Meteorológiai szempontból tehát mindeneke előtt azt mondhatjuk, hogy az aszály tartós csapadékhiány. Tudjuk azonban, hogy a tartós csapadékhiány – meleg időszakban – együtt jár a párolgás gyors növekedésével, majd a talaj vízkészletének a csökkenésével fokozatos csökken a párolgás is, s ezért egyre csökken a levegő vízgőztartalma is. Ha ez elér egy jelentős szárazsági szintet, akkor léggöri aszályról beszélünk.

**Hidrológiai aszály.** A csapadékhiány mellett végbemenő párolgás következtében csökken a folyók, tavak, víztározók vízszintje is, vagyis létrejön a hidrológiai aszály.

**Mezőgazdasági aszály.** Ugyancsak csökken a talaj felső rétegének a víztartalma, ami talajaszályhoz vezet, s mivel a növények így nehezen jutnak vízhez (s emiatt a tápanyagokhoz is) kialakul a mezőgazdasági aszály.

Ezeknek a meghatározásoknak az a fő jellemzője, hogy a száraz időszakokat egy kritikus értéknél nagyobb vízhiánnyal határozza meg. Az egyes definíciók pedig abban térnek el egymástól, hogy a csapadék, a csapadék és párolgás vagy a talajnedvesség adataira épülnek (Urbán 1993; Busai et al. 1999; Pálfi 2004). A vízhiányt akkor kezdik súlyosnak venni, amikor egy küszöbértéket átlép, azaz jelentőssé válik. Ha egy ilyen időszak hosszabb ideig eltart, akkor még inkább nehézségeket okoz.

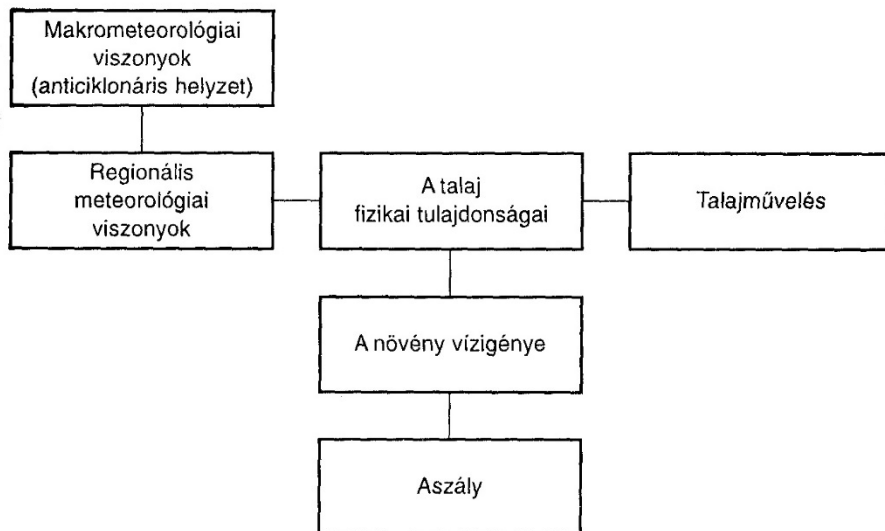
Az agrometeorológiában leginkább a Palmer (1965) féle definíció fogható el, amely szerint *az aszály tartós és jelentős vízhiány*. E definíció egyszerű, világos és rugalmas. Nem tartalmaz semmi megkötést arra vonatkozóan, hogy mit értünk vízhiánnyon, sem arra vonatkozóan, hogy mikor tekintjük jelentősnek és tartósnak. Így egy adott vizsgálat során maga a kutató határozhatja meg a jelentős vízhiányt jelentő küszöbértéket, s azt is, hogy ezt milyen hosszú időszakokra vonatkozóan elemzi. Emiatt az adott definíció rugalmasan alkalmazható különböző vizsgálatok esetén.

Az agrometeorológust természetesen először az a kérdés foglalkoztatja, hogyan alakulnak ki a tartós és jelentős vízhiányt előidéző időszakok, s melyek azok a tényezők, amelyek befolyással vannak rájuk.

### Az aszályt alakító tényezők és hatásuk

Az aszály kialakulásában elsősorban a meteorológiai viszonyok játszanak szerepet, mivel a légköri csapadék a fő forrása és utánpótlása a talajban és a folyókban, tavakban és víztározókban tárolt víz mennyiségének (5.1. ábra). Ha ez a forrás hosszabb időn át elakad, akkor a folyók, a tavak és a víztározók vize folyamatosan párolog és a bennük lévő vízmennyiség egyre csökken. A talajból történő párolgásnak még a talaj ellenállását is le kell győzni. A talajból történő vízveszteség ezért kisebb, mint a szabad vízfelszínről történő vízveszteség, sőt megfelelő talajműveléssel a csökkenés lassítható is, de utánpótlás hiányában a talajban tárolt víz mennyisége fokozatosan csökkenni fog. A növényeknek viszont szükségük van arra, hogy a talajban lévő víz mennyisége egy meghatározott küszöbértéknél magasabb legyen, hogy a vizet a gyökereiken keresztül könnyen fel tudják venni. Ha a talaj vízmennyisége a növény számára szükséges küszöbérték alá csökken, akkor a növény a vizet csak nehezen tudja felvenni és stresszállapotba kerül, ami a biomasszaképződést és ezen keresztül a termésképződést

jelentősen csökkentheti, ha egy ilyen állapot hosszabb időn keresztül fennmarad, akkor a száraz időszak fokozatosan aszályba megy át.

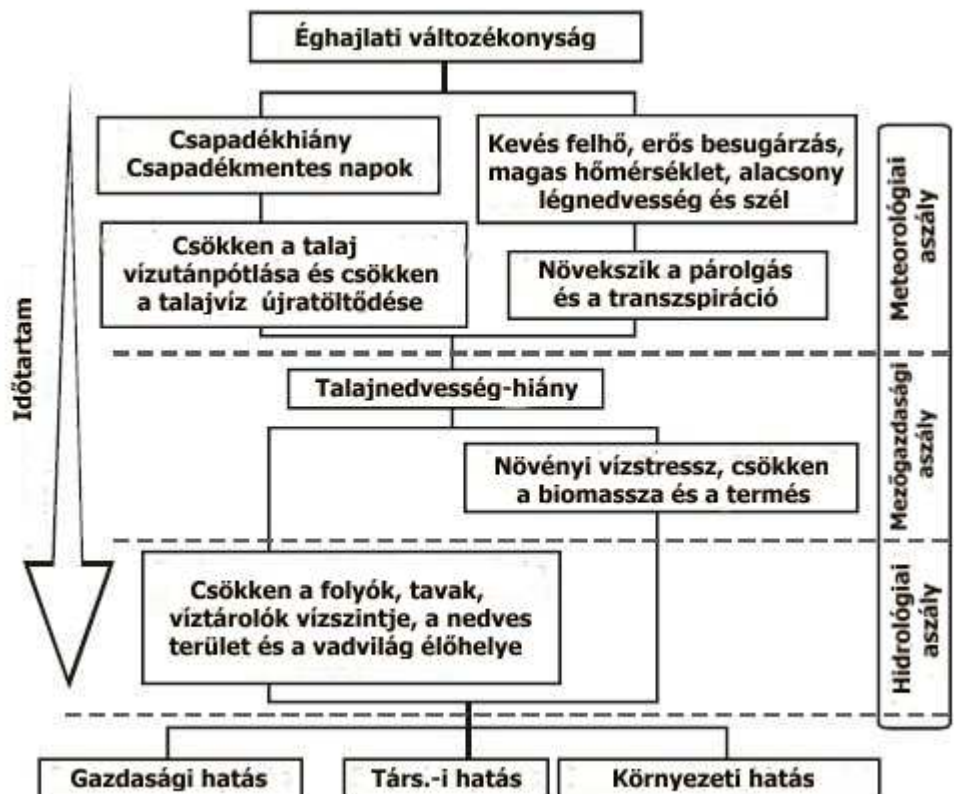


5.1. ábra. Az aszály kialakulását befolyásoló tényezők.

Az aszály kialakulására elsősorban az anticiklonáris makroszinoptikus helyzetekben lehet számítani. Az anticiklonokban, ezekben a magasnyomású légköri képződményekben a leszálló áramlások dominálnak, amelyek akadályozzák a felhőképződést. Ezekre a képződményekre a derült, csapadékmentes időjárás a jellemző. A csapadékmentes napok egymásutáni fellépése száraz időszakot eredményez. Minél jobban nő a csapadékmentes napok száma, az időszakra jellemző csapadék mennyisége, annál jobban elmarad az átlagtól, s az év meleg időszakát feltételezve, a derült időben a besugárzás nő, a hőmérséklet emelkedik, s ezzel együtt megnövekszik a párolgás is, a talajvízkészlete pedig lecsökken (5.2. ábra). Ezt eredményezi a meteorológiai aszály.

Azokban az időszakokban, amikor a talajnak egyáltalán nincs vízbevétele vagy csak igen kis mennyiségű csapadék hullik – vízháztartási szempontból – a párolgás válik domináns tényezővé. Ennek következtében a talaj vízkészlete fokozatosan csökken, s elér egy olyan szintet, amikor a növények már csak nehezen tudják felvenni a vizet, s a vízhiánytól szenvednek. Kialakul a növénynél a vízstressz, aminek a következménye a biomassza és a termés csökkenése. Ekkor már mezőgazdasági aszályról beszélünk.

Agrometeorológiai szempontból tehát a következő lépés az ilyen helyzetek kialakulását és tartós fennmaradását befolyásoló alapvető vízháztartási tényezők (csapadék, párolgás és talajnedvesség) időbeli és térbeli változékonyságának vizsgálata. Az ilyen vizsgálatok képet adnak arra vonatkozóan is, hogy a vízhiányos időszakok az év folyamán mikor, milyen intenzitással és milyen gyakorisággal fordulnak elő.



5.2. ábra. Az aszály alakító tényezők alakulása és hatásuk (Wilhite 2011).

### Az aszályt alakító tényezők és évi változékonyságuk

A hazánkban folyó mezőgazdasági termelés szinte teljes mértékben természetes csapadékkellátottság (rainfed agriculture) mellett történik, s az összes vetésterületből csupán valamivel több, mint 100 ezer hektár az öntözött terület 2012-es adatok szerint (*Statisztikai Tükör 2013*). Ez méginkább növeli a csapadék adatok elemzésének a fontosságát.

Ahhoz, hogy reális képet kapjunk a csapadékmennyiségek hazánkban történő eloszlásáról a korábban megszokott stabil éghajlatkép helyett az éghajlati változékonyság bemutatása a

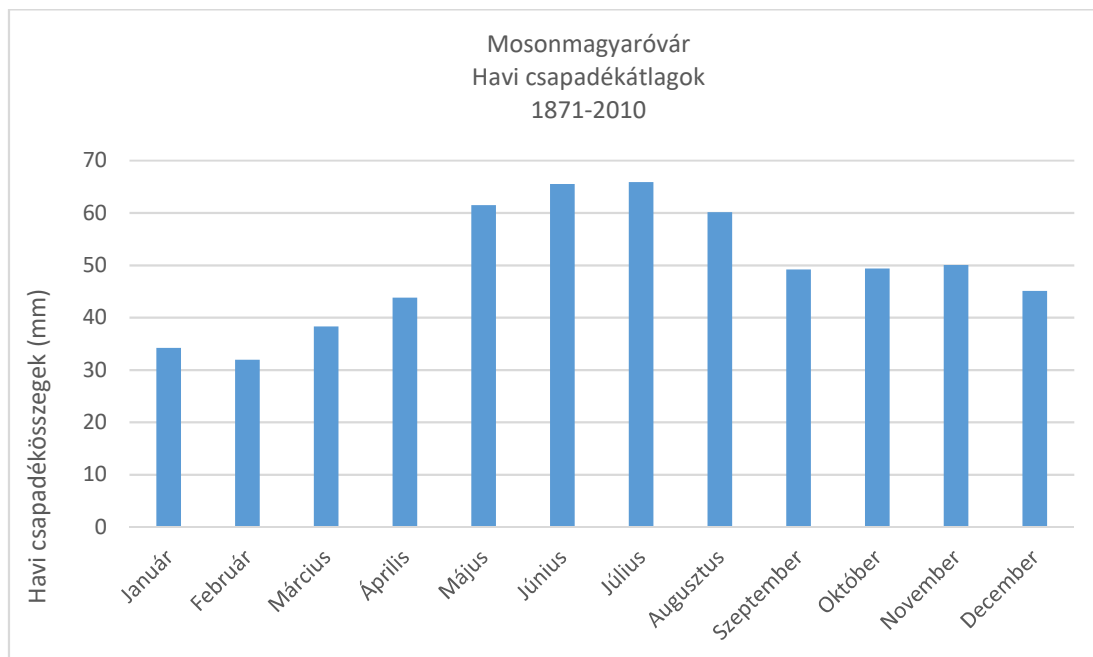
célunk. A meteorológusok egy jelentős része (*Abelson 1992; Kane et al. 1992; Katz & Brown 1992; Wittwer 1980; 1995*) arra a következtetésre jutott az éghajlat mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatásának vizsgálata során, hogy az éghajlati változékonyság nagyobb hatással van a mezőgazdasági termelésre, mint az éghajlatváltozás. Ezt arra alapozzák, hogy egy esetleges éghajlatváltozás következtében a változás előtti és a változás utáni középértékek közötti különbség kisebb, mint az egyes évek középértékei közötti ingadozás esetén a legkisebb és legnagyobb ingadozás közötti különbség. Mindenekelőtt azt szem előtt kell tartani, hogy éghajlatváltozás után is megmarad a középértékek körüli évek közötti és éven belüli ingadozás, ami növeli az éghajlati változékonyság jelentőségét.

Az aszályt befolyásoló fontosabb meteorológiai tényezők tér- és időbeli változását az 1871 és 2010 közötti időszakra vonatkozó 140 évi adatsorok alapján elemezzük agroklimatológiai szempontok figyelembe vétele alapján.

Az aszályt befolyásoló legfontosabb környezeti-meteorológiai tényezők: a csapadék, a párolgás és a talajnedvesség. Ezek a tényezők egyaránt hatással vannak az aszály kialakulására, intenzitására és tartamára. A csapadék jelenti a legfontosabb vízbeviteli forrást, a párolgás pedig a legjelentősebb kiadási forrás. A talajban tárolt víz mennyisége alapvetően e két tényező hatására változik, s egyúttal meghatározza a növények rendelkezésére álló, felvehető vízmennyiséget.

**A csapadékviszonyok alakulása.** Az aszály jelensége tulajdonképpen a csapadékhiányon alapszik. Ezért az aszály jelenségének vizsgálatát a csapadékmennyiségek vizsgálatával kell kezdeni. Ahhoz azonban, hogy jó áttekintésük is legyen, szükséges hosszabb idősorokat elemezni, ezért a csapadékviszonyok évenkénti alakulását Mosonmagyaróvár 1871 és 2010 közötti 140 évi adatsorán mutatjuk be.

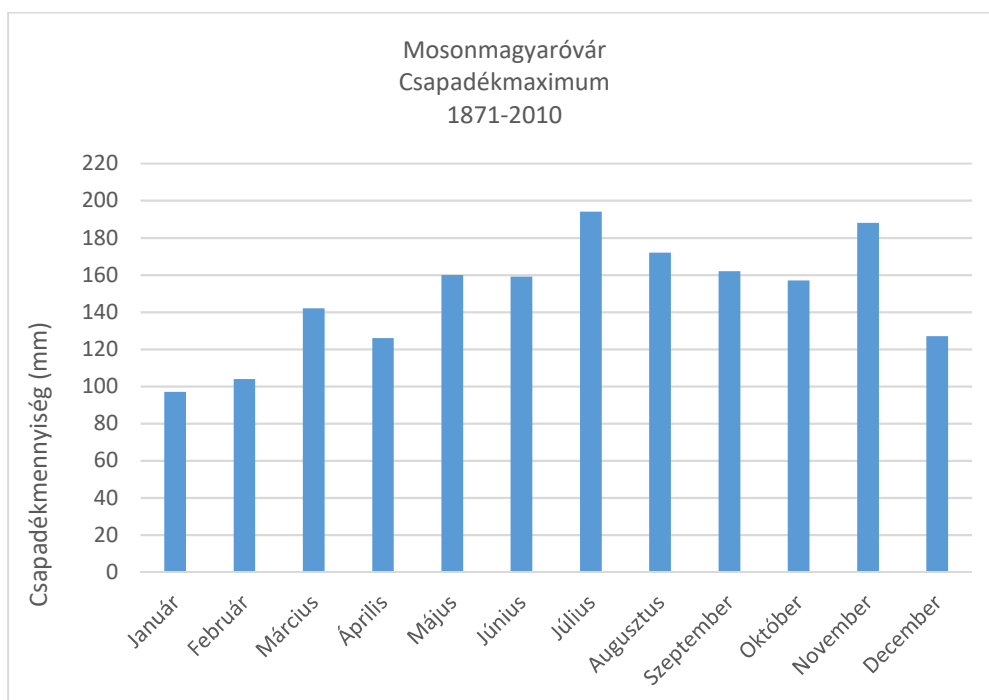
Először a csapadék éven belüli eloszlását vizsgáljuk 140 évi átlagok alapján. Az 5.3. évi ábrából kitűnik, hogy a csapadék évi menete néhány érdekességet mutat.



5.3. A havi átlagos csapadékösszegek

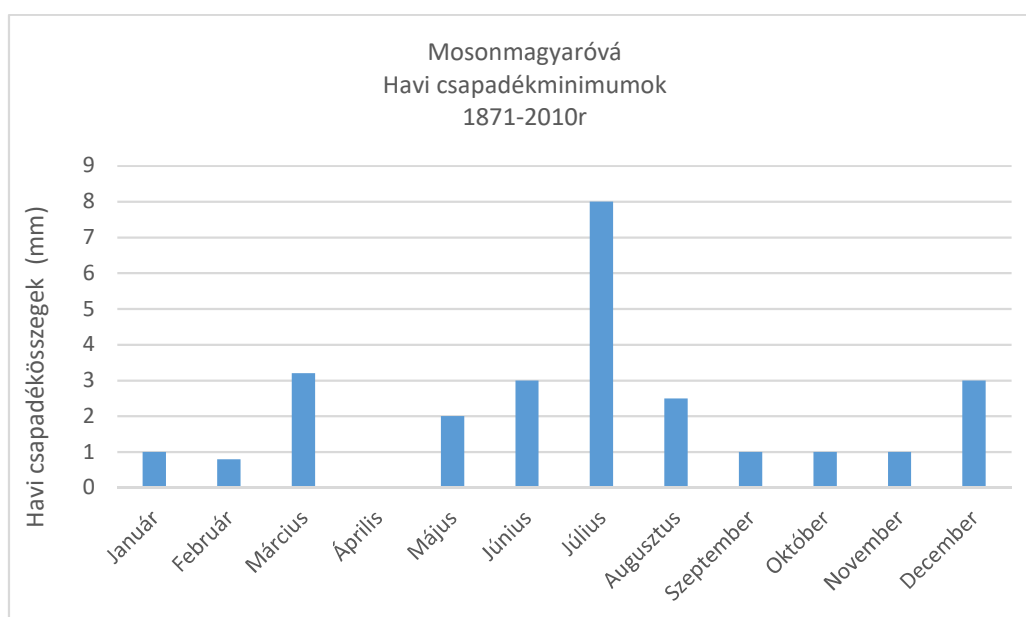
Az érdekességek közül elsőnek említjük, hogy a júniusi és a júliusi csapadékösszegek közel azonosnak látszanak. Valószínű magyarázata lehet ennek a jelenségnek, hogy a júniusi maximumhoz, a július a jelentős csapadékot adó zivatarokkal zárkozott fel. Jól látható az is, hogy a tavasszal emelkedő csapadékösszegek úgy alakulnak, hogy a május csapadéka már megközelíti a júniusi maximum értéket. Az őszi hónapok csapadékmennyisége eléggé azonos szintű, nem emelkedik belőle a novemberi másodmaximum.

A havi csapadékmaximumok ettől kissé eltérő eloszlást mutatnak. Jellemzője ennek az eloszlásnak, hogy a februári legkisebb maximum helyett itt januári legkisebb maximumot találunk, bár jelentéktelennek látszik a különbség. Érdekesebb számunkra, hogy a legnagyobb maximum nem júniusban, hanem júliusban van. A legnagyobb maximumok esetében valószínűleg még nagyobb a nagycsapadékú zivatarok szerepe. Ezenkívül novemberben meglehetősen jelentős nagyságú másodmaximummal kell számolni.



5.4. ábra Havi maximális csapadékösszegek

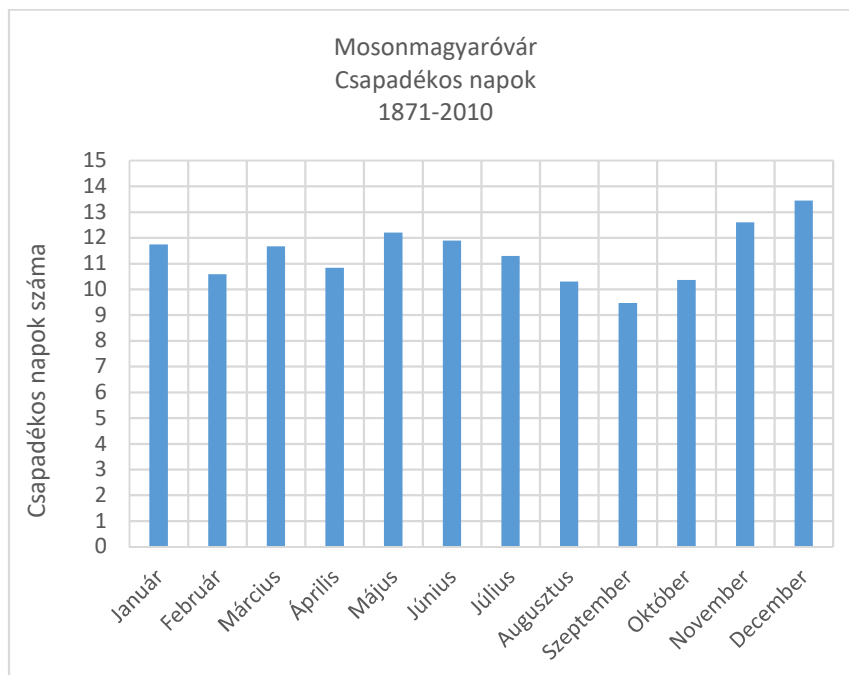
A havi csapadék minimumokat vizsgálva láthatjuk az 5.5. ábrán, hogy július kivételével azok 0 és 3 mm között változnak. Júliusban 6 milliméternél kevesebb nem esett a vizsgált 140 év alatt. Egyetlen ilyen év volt, amikor egy hónap alatt egyáltalán nem esett csapadék. Ez 2007 áprilisában történt. Gyakorlatilag azonban a 3-4 milliméternél kevesebb csapadék egy nap alatt elpárolog, ezért lényegében a talaj nedvessége számára nem jelent növekedést.



5.5. ábra. Havi csapadékminimumok



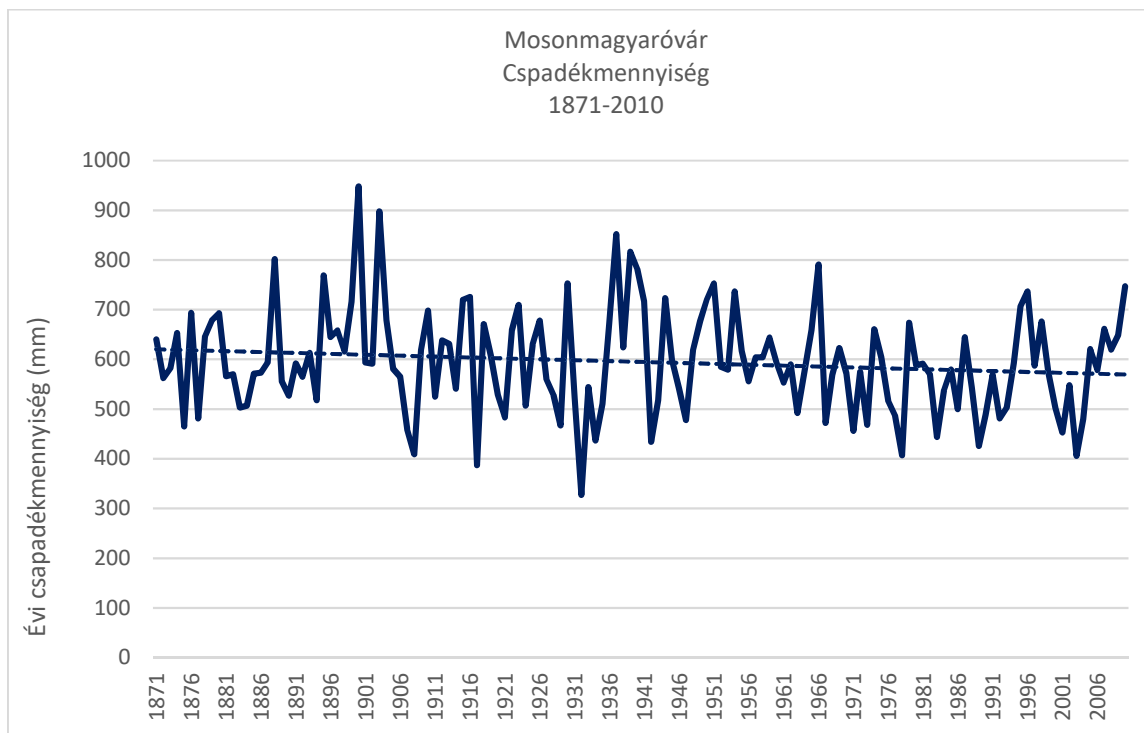
Az is fontos a növények vízellátottságának szempontjából, hogy milyen gyakran hull csapadék. Ezért a csapadékellátottság szempontjából meg kell vizsgálni, hogy hogyan oszlik el az év folyamán a csapadékos napok száma (5.6. ábra).



5.6. ábra. A csapadékos napok átlagos száma.

A csapadékos napok száma szeptemberi minimumot és decemberi maximumot mutat. A másodmaximum novemberben van, a másodminimum pedig februárban. A téli hónapokban és a nyári hónapokban van a legtöbb csapadékos nap. Ezenkívül még március és május is 12 nap körüli értékeket mutat.

A növények vízellátottsága szempontjából fontos még megvizsgálni az egyes években lehullott csapadékmennyiségeket is (5.7. ábra).



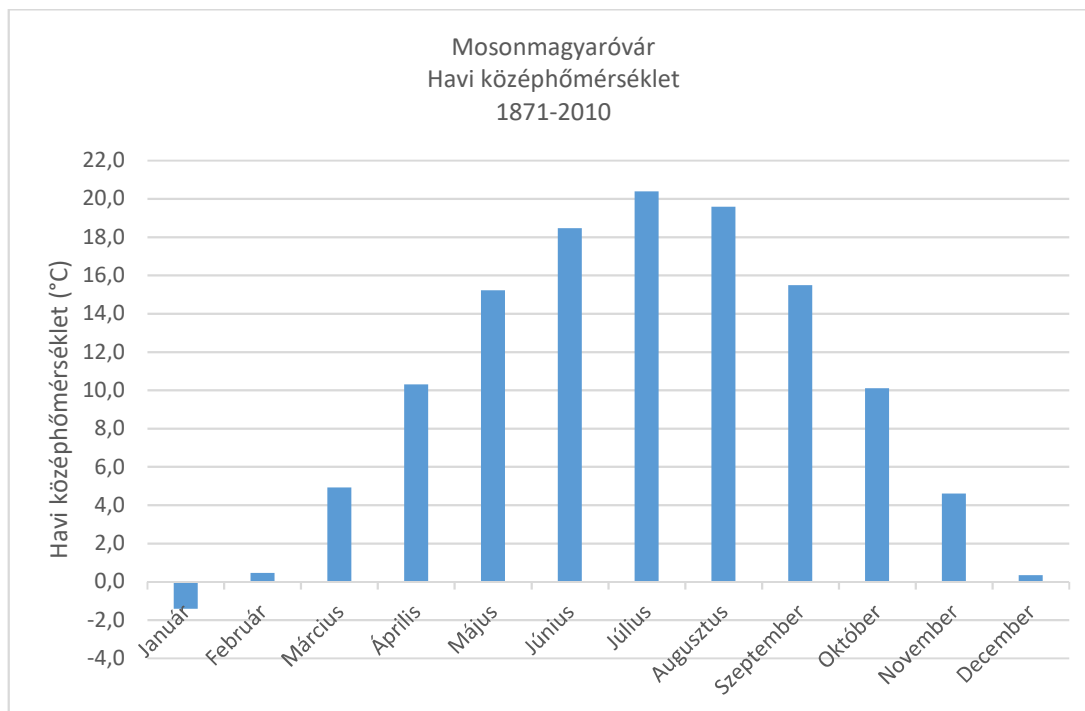
5.7. ábra. Az évenkénti csapadékösszegek.

Látható az 5.7. ábrából, hogy az 1871 és 2010 közötti 140 évben, ha enyhe mértékben is, de a az évi csapadékösszegek csökkenő tendenciát mutatnak. A változást mutató tendencia körül azonban az egyes évek csapadékösszegei mind pozitív, mind negatív irányban jelentős ingadozásokat mutatnak. Ennek megfelelően az egyes évek jelentősen eltérő viszonyokat mutathatnak.

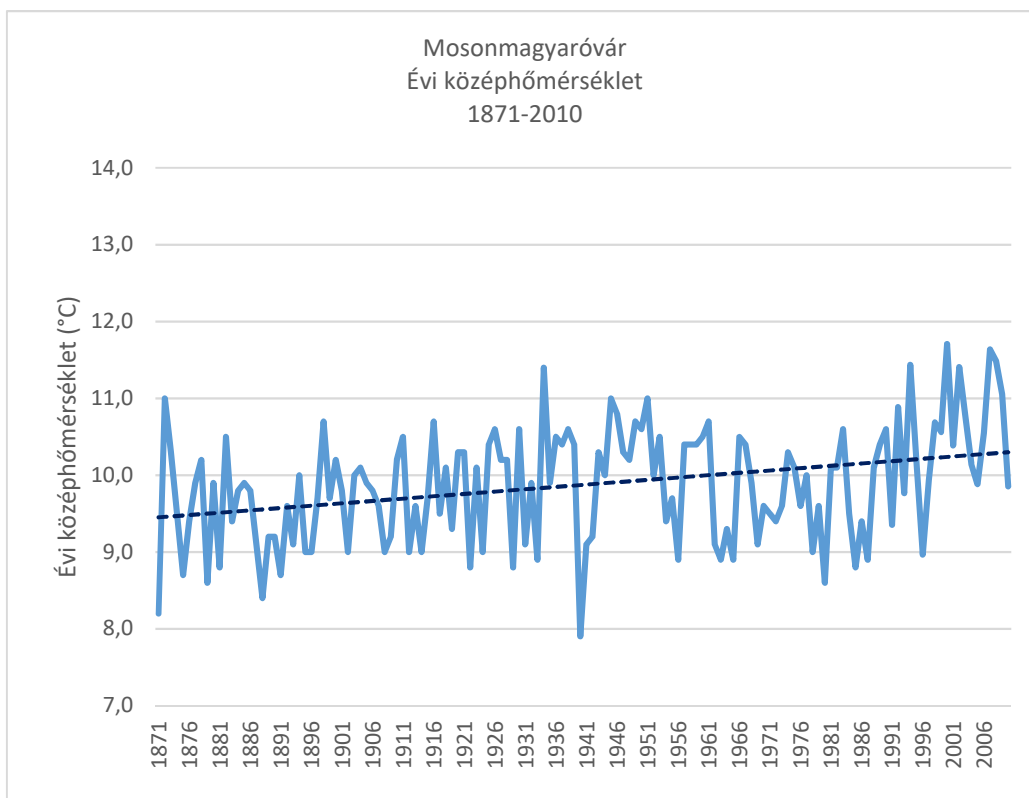
Az évi összegek lényegében 400-800 mm között változnak. Ezek az évi csapadékmennyiségek a jellemzői a szubhumid éghajlatnak.

**A hőmérséklet alakulása.** A vizsgált 140 évben a hőmérséklet évi menete nem mutat változást (5.8. ábra).

A hőmérséklet nagyon szabályos évi menetet mutat. A januári negatív középhőmérsékletű hónaptól a taavsz folyamán fokozatosan emelkedik a júliusi maximumig. A három nyári hónap középhőmérséklete 18 fok felett van, ami megfelel a hosszú nyarú kontinentális éghajlatnak.



5.8. ábra. A 140 évi középhőmérsékletek évi menete.



5.9. ábra. Az évi középhőmérsékletek alakulása.

A szárazság és az aszály szempontjából célszerű megvizsgálni, hogy az előzőekben bemutatott évi csapadékösszegek milyen hőmérsékleti értékekkel társulnak. Az 5.9. ábrám láthatjuk az évi középhőmérsékletek évenkénti változását.

Az évi középhőmérsékletek változása emelkedő tendenciát mutat. E tendencia körül mint az a meteorológiai elemekre jellemző - erős ingadozást mutat mind pozitív, mind negatív irányban. Az egyes évek ennek megfelelően a tendenciától eltérően viselkedhetnek.

Az itt bemutatott vizsgálatok eredményei arra hívják fel a figyelmet, hogy a növények vízellátottságát befolyásoló meteorológiai viszonyok változékonysága miatt célszerű mindig az adott helyen megvizsgálni a növények vízellátottságát, a vízigényét, öntözővízszükségletét és vízhasznosítását, s nem kizárólag gyakorlati tapasztalatokra korlátozódni.

*Irodalom*

*Busai A., Szinell Cs., Szentimrey T. 1999: Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok. Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest.*

*Mavi, H. S., Tupper, G.J. 2004: Agrometeorology. Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Food products Press*

*Palmer, W. 1965: Meteorological Drought. Research Paper, No. 45, Department of Commerce, Washington.*

*Pálfai I. 2004: Belvizek, aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft. Budapest.*

*Statisztikai Tükör 2013: Agrotechnikai adatok, 2012. VII. évf. 94. szám, 3. oldal.*

*Urbán L. 1993: Az aszály fogalma és jelentősége. Beszámolók az 1989-ben végzett tudományos kutatásokról. OMSz, Budapest, 113-135. oldal.*

*Wilhite, D.A., Glantz, M.H. 1987: Understanding the drought phenomenon: The role of definition. Planning for Drought. Toward a Reduction of Societal Vulnerability. Ed. by Wilhite, Easterling and Wood, Westview Press, Colorado, 11-37. oldal.*

*Wilhite, D. A. 2011: Breaking the Hidrological Cycle: Progress or Status Quo for Drought Management in the United States. European Water 34 5-18.*

## Következtetések

1. Hazánk a kontinentális hosszú nyarú éghajlattípusba tartozik, amelyet szubhumid nedvességi viszonyok jellemeznek. Területileg Közép-Európában helyezkedik el, amelyet nyugatról nedves tengeri éghajlat, kelet felől száraz kontinentális éghajlat és délről pedig száraz nyarú mediterrán éghajlat vesz körül. E szomszédos területek felől rendszeresen különböző hőmérsékletű és nedvességtartalmú légtömegek áramlanak a Kárpátmedencébe. Ez okozza hazánk éghajlatának változékonyságát.
2. Az éghajlati változékonyság hatása a növényt körülvevő közvetlen környezet állapotától függően érvényesül.
3. A növények fejlődése és növekedése alapvetően a termikus tényezőktől (sugárzás, hőmérséklet) függ, ezért növekedésük folyamatát a termikus időben (effektív hőmérsékleti összeg alapján) ábrázoltuk.
4. A vízháztartás elemei közül a fő vízbevételek jelentő csapadék és a fő vízkiadást jelentő evapotranszspiráció egymáshoz való viszonya határozza meg alapvetően a növények vízellátottságát. A vízháztartás azonban több tényező hatórendszere, amelynek tényezői egymásra is hatnak, s külső tényezők hatása alatt is állnak. Ezért ha egy növény vízellátottságát, vízigényét, vízfelhasználását és öntözővízszükségletét akarjuk meghatározni, akkor azt célszerű komplex rendszerként lokálisan megvizsgálni, s nem csupán gyakorlati tapasztalatokra alapozni.
5. A vizsgált időszakban a tenyészidőszak alatt a különböző irányban és különböző intenzitással ható éghajlati tényezők, amelyek egymással is összefüggésben vannak, a tenyészidőszak hosszának és a terméshozamoknak is a évről-évre történő csökkenését eredményezték. Az éghajlati változékonyság hatásának vizsgálata ezért a fontosabb hatótényezők komplex elemzését igényli.

**Fontosabb funkcionális élelmiszerek bemutatása, táplálkozásban betöltött szerepük: A búzaliszt minőségi előírásai, belőlük előállítható termékek bemutatása, figyelembe véve az ősi búzafajtákat**

(Tájékoztató kiadvány)

Dr. Molnár Judit



(Forrás: <https://kateteka.hu/10-gabona/>)

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS</b> .....	344
<b>1. FEJEZET: A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ÉS JELLEMZÉSÜK</b> .....	345
<b>2. FEJEZET: A TÁPLÁLKOZÁSI PIRAMISBAN ILLETVE OKOSTÁNYÉRBAN FELLEMLHETŐ LEGFONTOSABB ÉLELMISZERCSOPORTOK ELEMZÉSE</b> .....	347
<b>3. FEJEZET: ÚTMUTATÓ AZ EGÉSZSÉGES TÁPLÁLKOZÁS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ GABONÁKHOZ</b> .....	350
<b>4. FEJEZET: A MALOMIPAR SZÉPSÉGEI: BÚZAŐRLEMÉNYEK MINŐSÉG-JELLEMZŐI ÉS LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BÚZALISZTRE</b> .....	353
<b>5. FEJEZET: AZ ÉTELKÉSZÍTÉS SORÁN AJÁNLOTT KÍMÉLETES KONYHATECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSA</b> .....	356
<b>6. FEJEZET: MI LEHET AZ OKA, HA NEM SIKERÜL A KENYÉR?</b> .....	357
<b>7. FEJEZET: BÚZALISZTBŐL ELŐÁLLÍTOTT FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ÉS ÉTELEK A HAZAI ÉS NEMZETKÖZI GASZTRONÓMIÁBAN, FIGYELEMBE VÉVE AZ ŐSI BÚZAFAJTÁKAT</b> .....	358
<b>7.1. VIZES TÉSztÁBÓL KÉSZÜLT HÁZI PÉKSÜTEMÉNY TÖNKÖLYBÚZA FINOMLISZTTEL</b> .....	359
<b>7.2. HÁZI KÉSZÍTÉSŰ SZILVALEKVÁROS SÜTEMÉNY BÚZA FINOMLISZTTEL</b>	361
<b>7.3. VITAMINOS ZSEMLÉK ZÖLDSÉGEKKEL, TELJES KIÓRLÉSŰ TÖNKÖLYBÚZALISZTTEL</b> .....	363
<b>7.4. HÁZI KÉSZÍTÉSŰ PIZZA TÖNKÖLYBÚZA FINOMLISZTTEL</b> .....	365
<b>7.5. MAGVAS, SAJTOS RÚD BÚZA FINOMLISZTTEL</b> .....	367
<b>FELHASZNÁLT IRODALMAK</b> .....	369



## BEVEZETÉS

*Kéziratommal olyan szakmai anyagot osztok meg az olvasókkal, aminek segítségével kreatív módon sajátíthatják el a gabonákból és lisztjeikből készült funkcionális élelmiszerek, ételek elkészítését és jótéteményeik tudományos alapjait, különös tekintettel az ősi búzafajtákra. Ennek érdekében ismertetem a funkcionális élelmiszerek tulajdonságait, a táplálkozási piramisban fellelhető legfontosabb élelmiszercsoportokat, továbbá útmutatót adok a gabonákhoz. Kéziratom további részében betekintést nyújtok a malomipar szépségeibe és a búzaőrlemények, elsősorban a búzaliszt, legfontosabb minőség-jellemzőibe. Ezt követően szeretnék jó tanácsokkal hozzájárulni a kíméletes ételkészítési technológiák helyes alkalmazásához és a sütés garantált sikeréhez is.*

## 1. FEJEZET: A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ÉS JELLEMZÉSÜK

A funkcionális élelmiszerek fogalmát számos nemzet meghatározta már, azonban egységes törvény még nem született ezen élelmiszerekre, szemben a bio-termékek követelményeivel. Ennek ellenére vannak olyan tényezők, melyek egy élelmiszert funkcionális tulajdonságokkal ruháznak fel. *Ezek a következők:*

- A funkcionális élelmiszer megnevezés, mint ahogyan a nevében is benne van, kizárólag élelmiszere nem pedig gyógyszerre, étrend-kiegészítőre vagy tápszerre vonatkozik.
- Jellemző ezen termékekre, a szervezetre kifejtett pozitív élettani hatás, mellyel elősegítik a fizikai és szellemi erőlétet, javítják a teljesítőképességet.
- Ezen élelmiszerek pozitív élettani hatásait tudományos kutatások is alátámasztják.
- Nem elhanyagolható az a tulajdonságuk sem, hogy beilleszthetők legyenek a mindennapi táplálkozásba.

A funkcionális termékek mindig valamilyen célfunkciót töltenek be a szervezetben. Ezért kiemelkedő hatásuk lehet a védekező mechanizmusok stimulálására, betegségek megelőzésére, a felgyógyulás elősegítésére, fizikai és szellemi teljesítőképesség növelésére és az öregedési folyamatok lassítására, gátlására, továbbra is kizárva ezen termékek gyógyszer-tulajdonságokkal való felruházását.

A funkcionális élelmiszereket eredetük -, előállítás módjuk- és egészségre gyakorolt hatásuk alapján különböztetjük meg. Az eredet szerinti csoportosítás során az állati és növényi eredetű termékek különülnek el egymástól. Ennek megfelelően pedig az állati és növényi alapanyagokból készült élelmiszereket, ételeket és bennük fellelhető fiziológiásan aktív hatóanyagokat is megkülönböztetjük. Annak ellenére, hogy az eredet szerinti csoportosítás során több célfunkcióra ható komponenssel találkozhatunk, melyek mindkét kategóriában megtalálhatóak (növényi és állati eredet), azok hasznosulása, felszívódása sok esetben különbözik egymástól (Nagy et al., 2008).

A funkcionális élelmiszerek előállításuk módja szerint lehetnek teljes élelmiszerek/alapanyagok, hozzáadott adalékkal kiegészített-, dúsított-, megnövelt beltartalmi értékű-, és valódi funkcionális élelmiszerek. Továbbá ezek a termékek, mint korábban említettem, az egészségre gyakorolt jótékony hatásuk és a prevencióban betöltött szerepükért is jelentőséggel bírnak (Nagy et al., 2008). Fejlesztési lehetőségeik szintén sok szakirodalom

tartalmát képezik. Fontosnak tartottam ezen lehetőségek megemlítését, annak ellenére, hogy a táplálkozási sajátosságok gyakorlati-kreatív megvalósítását tűztem ki célul. A funkcionális élelmiszerek gyártása során több fejlesztési lehetőséget is alkalmaznak az élelmiszer-gyártó vállalatok. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott eljárás a dúsítás, amely során az élelmiszerben meglévő tápanyagok mennyiségét növelik (pl.: vassal dúsított baba cereália). Gazdagítás során olyan komponenst adnak az élelmiszerhez, amely eredendően nem része annak (pl.: vitaminnal gazdagított margarin). Átalakításkor a kedvezőtlen vagy előnytelen komponenseket cserélik ki kedvező elemekre, míg megnövelés alkalmával a tápanyag-összetétel változik meg. A fejlesztési technológiákon kívül az a mód, amellyel a technológiai befolyásolást hajtják végre, szintén változhat. Napjainkban elterjedt eljárás a fába ültetett csatlakoztató, melyet elsősorban a gyümölcsök antioxidáns és vitamin tartalmának növelésére alkalmaznak. Amennyiben zöldségek ásványi anyag és vitamin tartalmát szeretnénk gazdagítani, akkor ebben az esetben a talaj mikrotápanyag tartalmát célszerű növelni, a humán táplálkozásban ajánlott mennyiséggel. Minden esetben figyelni kell ezen eljárásnál a növény életképességére - és egészségére is (Nagy et al., 2008).

## 2. FEJEZET: A TÁPLÁLKOZÁSI PIRAMISBAN ILLETVE OKOSTÁNYÉRBAN FELLELHETŐ LEGFONTOSABB ÉLELMISZERCSOPORTOK ELEMZÉSE

A táplálkozási piramisban fellelhető alap élelmiszercsoportok kiváló beltartalmi értékeinek köszönhetően funkcionális élelmiszereknek tekinthetők. Ezért, jelentősen hozzájárulnak a fogyasztók jólétéhez. Ezen élelmiszercsoportok közül a legjelentősebbeket mutatom be (URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu>).

**Gabonák és belőlük előállított termékek:** Az egészséges táplálkozás alapját a gabonafélék jelentik. A gabonafélék csoportjába tartozik többek között a búza, rozs, árpa, zab, köles, hajdina, rizs (barna rizs) és kukorica. Az ezekből készült termékek széles választéka, mint lisztek, tészták, müzli-félék, gabonapehely, puffasztott termékek szintén a fogyasztók rendelkezésére állnak. A gabonafélék és belőlük készült élelmiszerek vagy ételek jelentős energia- és szénhidrát-források. Ezen kívül a szervezet fehérje, vitamin és ásványi anyag szükségletének kielégítéséhez is hozzájárulnak. Zsírtartalmuk elenyésző, azonban az ételkészítés és élelmiszer gyártás során hozzáadott zsiradékok által a belőlük készült termék zsírtartalma megnőhet. Fogyasztásuk komoly szerepet játszik a napi fehérje szükséglet kielégítésében is. A teljes őrlésű, ezáltal magas rost tartalmú élelmiszerek fogyasztása csökkenti a bélbetegségek kialakulásának esélyét, a szív- és érrendszeri kórképek és a cukorbetegség előfordulását. Továbbá az élelmi rostok a táplálékok telítő értékét is növelik. A gabonafélék vitaminokkal és ásványi anyagokkal is szolgálnak a szervezet számára, kifejezetten az E-, B<sub>1</sub>-, B<sub>2</sub>-, B<sub>3</sub>-, B<sub>6</sub>-vitamin illetve a kalcium, magnézium és cink található jelentősebb mennyiségben bennük (Rodler, 2005; URL<sub>1</sub>:<http://www.okostanyer.hu>)

**Zöldségek és gyümölcsök:** Az egészséges táplálkozás nélkülözhetetlen eleme a gabonafélék mellett a rendszeres zöldség és gyümölcsfogyasztás is. Ezen termékek sokféleségük és tápanyagaik miatt jelentős szerepet töltenek be az egészségmegőrzésben. Többségük energia tartalma nem nagy, kivéve a száraz hüvelyeseket, valamint a héjas termésű gyümölcsöket. Ez utóbbiak kivételével zsírtartalmuk is elenyésző. A legtöbb gyümölcs és zöldség szénhidrát tartalma kicsi, kivéve a száraz hüvelyeseket, burgonyát, gesztenyét, banánt valamint a héjas gyümölcsök egy részét. Legnagyobb értékük az élelmi rosttartalomban (pektin)

rejlük. A zöldségekben és gyümölcsökben található élelmi rostok gátolják a zsírok és koleszterin felszívódását. Számos vitamint (B<sub>1</sub>-, B<sub>2</sub>-, B<sub>6</sub>-, C-, K-, E-vitamin), folsavat és karotinoidokat, káliumot, magnéziumot és kalciumot is tartalmaznak, azonban vastartalmuk állati eredetű fehérje nélkül rosszul hasznosul a szervezetben. A zöldségekben és gyümölcsökben fellelhető hasznos antioxidánsok gátolják az érlelmeszedés és daganatos megbetegedések kialakulását is, folyadék tartalmuk pedig kiegészíti a napi ajánlott vízfogyasztási mennyiséget, ezzel pedig elősegítve az emésztést (Rodler, 2005; URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu>)

**Tej és tejtermékek:** A tej és tejtermékek csoportja szintén értékes része a táplálkozásnak, fogyasztásuk minden nap ajánlott. A tej, tejes italok, fermentált tejtermékek – joghurt, kefir, író – túró és sajtok, valamint a sajtkészítés során keletkező savó, illetve a tejföl, tejszín és vaj tartozik ebbe a csoportba. A tej és tejtermékek a leggazdagabb kalciumforrások, mivel fél liter ezen termékekből a napi kalciumszükséglet 60-70 %-át fedezi. A gyermekek, serdülők és idősek körében különös figyelmet igényel fogyasztásuk, nem kizárólag kalcium, hanem D-, A-, B<sub>1</sub>-, B<sub>2</sub>, és B<sub>12</sub>-vitamin, magnézium- és cink-tartalmuk miatt is. Ezen termékek fehérjéje kitűnő minőségű, jól hasznosul. A tej zsírtartalma változó lehet, többféle termék áll a fogyasztók rendelkezésére, szénhidrát tartalma viszont nem jelentős (5 g cukor/1 dl tej). Egyre több szakirodalom említi a tejsavbaktériumokat tartalmazó termékek kedvező hatását a bélflóra fenntartásában, a bekerülő és elszaporodó kórokozók elpusztításában, ezáltal pedig az immunrendszer működésének erősítésében (Rodler, 2005; URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu>)

**Húsok, húskészítmények, halak és tojás:** A húsok és húskészítmények (baromfi, sertés, marha, borjú, ló, birka, kecske, vadhúsok, belsőségek), halak és tojás komplex fehérjetartalmuknak köszönhetően az egészséges táplálkozás meghatározó tagjai.

**Húsok és húskészítmények:** A húsok és húskészítmények jelentős fehérjetartalma mellett, néhány vitamin és ásványi anyag is általuk kerül a szervezetbe. Így például, a B<sub>12</sub>-vitamin 70 %-a hússal, míg 10 %-a tojással és 20 %-a tejjel hasznosul. Ezen kívül a B<sub>6</sub>-vitamin, cink és vas tartalmuk is jelentős. A belsőségek közül kiemelkedő a máj, mivel vitaminokban (A-vitamin), ásványi anyagokban gazdag, azonban fogyasztása 10-14 naponta

ajánlott. A máj mellett a szív, tüdő és vese koleszterintartalma is kiemelkedő, fogyasztásuk kerülendő magas koleszterin szint esetén.

**Tojás:** A tojás fehérjetartalma nem nagy, de összetétele nagyon értékes és hasznosulása kiváló. A sárgájának koleszterintartalma jelentős (220-240 mg), ezért csökkenteni ajánlott magas koleszterin értékekkel diagnosztizált személyeknél.

**Tengeri halak:** Az egészséges táplálkozásban és különböző étkezési irányzatokban (mediterrán étrend) is kiemelkedő szerepe van a tengeri halaknak. A tengeri halak fehérjetartalma megegyezik a húsokéval. A halak egy részének zsírtartalma kicsi, ezért ezek fogyasztása ajánlott az egészséges táplálkozás részeként. Legismertebb képviselői a tőkehal, heck és lepényhal. A halak húzában fellelhető omega-3 zsírsavaknak jelentős szerepük van a prevencióban. Csökkentik a vér triglicerid szintjét, a gyulladásokat, gátolják a vérrögződést és a rendszertelen szív működés kialakulását, továbbá erősítik az immunrendszer működését. Ezen jótékony hatások heti egyszeri fogyasztással már jelentkeznek. A halhús vitamintartalma kitűnő, D-, E-, és B-vitaminokban is gazdag. Fogyasztása hozzájárul a szervezet kalcium, magnézium, vas és cink ellátásához is (Rodler, 2005; URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu/>)

A felsorolt élelmiszercsoportok a táplálkozási piramis, ezáltal pedig az egészséges táplálkozás meghatározó elemei. Vannak azonban olyan élelmiszerek, amelyeket csak ritkán, vagy mértékkel tanácsolt fogyasztani. Ide tartoznak a zsiradékok, nagy só-és cukor-tartalmú élelmiszerek illetve az alkohol is (Rodler, 2005; URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu/>)

### 3. FEJEZET: ÚTMUTATÓ AZ EGÉSZSÉGES TÁPLÁLKOZÁS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ GABONÁKHOZ

*Zsolt 72:16 „Bő gabona legyen az országban a hegyek tetején; rengjen gyümölcse, mint a Libanon, s viruljon a város népe, mint a földek füve.”*

Az ismeretterjesztő kiadvány további részében a gabonákhoz is szeretnék útmutatót biztosítani, ezzel hozzájárulva a legfontosabb tulajdonságaik, beltartalmi értékeik, jótékony hatásaik és gyakorlati felhasználásuk megismeréséhez a feltüntetett szakirodalmak segítségével (Kimbell, 2018; Munkácsi, 2018).

**Búza:** A búza a legismertebb gabonák egyike, és a belőle előállított malom- és sütőipari termékek is a leggyakrabban felhasznált funkcionális élelmiszereknek tekinthetők. A teljes őrlésű búza tartalmazza a korpát és a csírárt is, valamint nagyobb mennyiségben található benne rostok, polifenolok, vitaminok és ásványi anyagok. Ezek a fiziológiásan aktív hatóanyagok megelőzik a vércukorszint kiugrások előfordulását, ezáltal csökkentik a cukorbetegség kialakulását. Továbbá hozzájárulnak a bélbetegségek, szívbetegségek és elhízás megelőzéséhez is. A kovászos kenyér fermentációja fokozza a jótékony komponensek elérhetőségét, ezáltal táplálóbb kenyér vagy egyéb sütőipari termék állítható elő (Kimbell, 2018; Munkácsi, 2018).

**Árpa:** Az árpát már az ókori Egyiptomban is használták a kenyér és sör készítésére, illetve a római gladiátorok étrendje is nagy mennyiségű árpát tartalmazott. Sok esetben más ősbúzával együtt (tönke, alakor) termesztették. Jól terem hűvös körülmények között, ezért kiválóan illeszkedik a mérsékeltebb területekhez és országokhoz, ahol az éghajlat kevésbé kedvező a búza termesztéséhez. Az árpa rostban, B-vitaminokban, ásványi anyagokban és fehérjében gazdag. Számos módon felhasználható a kenyérsütésben, akár liszté őrölve, csíráztatott magként a tésztához adva vagy malátakivonatként. Ezen kívül fő alapanyaga a sörfőzésnek és a lepárlásnak is. Mivel több ezer éve nemesítik, ma már sokféle árpát termesztnek. A hatsoros árpát Észak-Skóciában, a kétsoros árpát a sörfőzésben használják, míg az Etiópiából származó fekete árpa egy ízes, tápanyagban gazdag hozzávaló (Kimbell, 2018).

**Rozs:** A rozs jellegzetes mély ízű gabona, amely a búza- és árpa-mezőkön gyomként termő vadnövényfajta leszármazottja. A rozból készült kenyér tömörebb és sűrűbb a búzáénál, mivel a kelesztés ideje alatt kevésbé tartja bent a gázokat. A rozs őrlése során nehéz elválasztani a csírárt és a korpát, így a rozslisztben több tápanyag marad, mint a búzalisztben. Ezen kívül nagyobb a rosttartalma és fitonutriens mennyisége (Kimbell, 2018).

**Zab:** A zab jelentős mértékben tartalmaz béta-glükánokat, melyek úgy csökkentik a szervezet koleszterin szintjét, hogy megakadályozzák a felszívódását a belekből a véráramba. A béta-glükánok továbbá lassítják a keményítő megemésztésének az ütemét, ezzel pedig a vércukorszint kiegyensúlyozottabb marad. A zabfogyasztás kiemelkedő szerepet tölt be a nemzetközi gasztronómiában is. Lisztte őrölve, önálló ételként (kásák) vagy az ételkészítés során is használják (Kimbell, 2018).

**Alakor:** Az alakor (ősbúza) diploid fajta, vagyis két kromoszómakészlettel rendelkezik. Jó forrása a fehérjének, a vasnak, az élelmi rostnak, a tiaminnak és más B-vitaminoknak. Antioxidánsokban gazdagabb, mint a durum vagy a búza, és kiemelkedő a lutein tartalma is (Kimbell, 2018).

**Durum:** Az egyetlen tetraploid, vagyis négy kromoszómakészlettel rendelkező búzafajta, amit egyre szélesebb körben hoznak kereskedelmi forgalomba. A durum búzából készült lisztnek magas a fehérjetartalma, ezért gyakran egészítik ki a fogyasztók búzaliszttel. A durum búza ősi fajtái nem csak finomabbak, hanem több bennük az antioxidáns, mint a modernekben. A tetraploid búzában ezen kívül magasabb a növényi szterolok szintje. A növényi szterolok a koleszterinszint csökkenésével kapcsolatban álló molekulák, melyek különösen jótékonyan hatnak a szív egészségére (Kimbell, 2018).

**Freekeh:** A freekeh a durum búzaszemből készül, úgy hogy megpirítják, így pedig jellegzetes magvas ízt kap. Kiváló rost és fehérjeforrás, glikémiás indexe alacsony, ezért ideális gabona cukorbetegnek a mennyiségi előírások betartásával (Kimbell, 2018).



**Hajdina:** A hajdina rostban gazdag gabona, főként csíráztatott formában kiváló prebiotikum. Ezen tulajdonságának köszönhetően, az ajánlott fogyasztási javaslatok figyelembe vételével, csökkenti az elhízás kialakulásának esélyét, erősíti a bélflórát és előnyös a fogyasztása cukorbetegség esetén. A gabona őrlése során kapott liszten kívül, önálló ételként (kásák) és ételkészítéshez is felhasználható, ezért jelentős szerepet tölt be a nemzetközi gasztronómiában (Kimbell, 2018).

**Hasas vagy angol búza:** A hasas vagy angol búza hazánkban kevésbé ismert ősgabona. Angliában termesztették először nagy hozama miatt. A belőle készült lisztnak alacsonyabb a fehérjetartalma a többi lisztnél (Kimbell, 2018).

**Kamut:** A kereskedelemben kapható kamut Közép-Ázsiából származó ősi búzafajta. Gazdag karotinoidokban, szelénben. Magas rosttartalmának köszönhetően segítséget nyújt a vércukorszint szabályozásban és a II. típusú cukorbetegség étrendi kezelésében, azáltal, hogy csökkenti a glükóz és inzulin szintjét a szervezetben (Kimbell, 2018).

**Tönke:** A tönke olasz ősgabona, több mint 2000 éve létezik. Bőséges mennyiségben található benne rost, B<sub>3</sub>-vitamin és cink, emellett pedig kiváló vasforrás (Kimbell, 2018).

**Tönköly:** A tönköly ősi gabona, ugyanabba a családba tartozik, mint a búza, rozs és árpa. A búzánál könnyebb emészthetőséget biztosít, K-vitamin tartalma kiemelkedő, ami a véralváshoz és kalciumfelszívódáshoz is szükséges. Továbbá az ásványi anyagok közül vasat, káliumot, cinket is tartalmaz, ami táplálóbbá teszi a búzánál (Kimbell, 2018).

#### **4. FEJEZET: A MALOMIPAR SZÉPSÉGEI: BÚZAŐRLEMÉNYEK MINŐSÉG-JELLEMZŐI ÉS LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BÚZALISZTRE**

A korábbi részben említett gabonák feldolgozása, az élelmiszeripar kiemelkedő feladata. Malmi értéküket elsősorban fizikai tulajdonságaik, a sütőipari értéküket pedig kémiai és biokémiai tulajdonságaik határozzák meg. Jelen fejezetben a búzát és belőle előállított termékeket értékelem, különös figyelmet fordítva a búzalisztre.

Malmi szempontból az idegen anyagoktól és sérülésektől mentes, fajtatiszta, száraz, vékony héjú acélos búza a legmegfelelőbb, amely kedvező összliszt kihozatalt és lisztarányokat is eredményez. Sütőipari szempontból a legjobb liszt nagy vízfelvevő képességű és rugalmas, továbbá lyukacsos bélzetű, kellemes ízű, nagy térfogatú, formás kenyér süthető belőle, amely tényezőket a sikértulajdonságok és enzimatikus állapot határozzák meg. A gabonatermesre a növény betegségek és állati kártevők is veszélyt jelenthetnek, ellenük különféle védekezési módszereket alkalmaznak, a kiváló minőség fenntartása érdekében. Továbbá a szemes termények betakarítása rövid időre koncentrálódik, ezért a gyors átvétel feltételeit is meg kell teremteni. A búza minőségi vizsgálata, nagy teljesítményű tisztítása és szállítása szintén gyors munkavégzést igényel (Forgács, 2006). Átvétel esetén a mennyiségi és minőségi tényezők megállapítása az elsődleges feladat. A beérkező tételeket megméri, majd pedig átlagminta alapján a halmaz tulajdonságokat vizsgálják, ezt követően pedig padozaton vagy silóban tárolják. A gabona előtisztítása az idegen anyagok eltávolításából és a por kiválasztásából áll. Tárolása során a nedvességtartalom meghatározása és a légszáraz állapot elérése kiemelkedő jelentőségű. Szárításra alkalmas módszerek a hőkezeléses és szellőztetéses eljárások, illetve ezek kombinációja. A búza után-tisztítására ritkán kerül sor, csak különös szennyezettség vagy sérülés esetén.

Az eredményes őrlés érdekében a gabonát elő kell készíteni, amely a minőséget rontó idegen anyagok, apró vagy tört szemek eltávolításából, a szemek felületi tisztításából, az őrlési nedvességtartalom beállításából illetve kondicionálásból áll. Az őrlési tételeket minőség szerint elkülönítve malmi előkamrákban tárolják, amelyek a keverés mellett biztonsági tartalékként is szolgálnak. Kizárólag a hasonló tulajdonságú, azonos tájegységű, többféle, de minőségileg illeszkedő tételek keverhetők össze, a minőségjavulás illetve az állandó kiváló minőség fenntartása érdekében.

Az őrlés célja a búzahéj és-magbelső alkotóinak minél tökéletesebb szétválasztása, módszere a fokozatosan-szeperáló aprítás, amely egyre finomodó aprító és osztályozó műveletek sorozatából tevődik össze. A búza két alkotójából állítható elő a lisztfrakció (magbelsőben dúsabb) és korpafrakció (héjban dúsabb), azonban az őrlés nem jelent tökéletes szétválasztást. Az aprítás során a szemeket feltárják (hengersizékekkel), az osztályozás során pedig a szemcséket szétválasztják. Az osztályozás egyrészt szitálásból, másrészt daratisztításból áll. Az őrleményfrakciók szemcseméret és minőség alapján csoportosíthatók, ami szerint darák, decék és lisztek különíthetők el. A liszt típusokat a félkész termékek (lisztfolyások) összeválogatásával és összevezetésével képzik. Az összeválogatott lisztfrakciók gyűjtőcsigába hullanak, ahol a szállítás mellett az előkeverés is megvalósul. A keverés a lisztgyűjtő-keverő cellákban történik, amelyre mechanikus és fluidizációs módszereket is alkalmaznak. A kész liszt típusokat silókban tárolják.

A liszteket az azonosíthatóság miatt jelölni kell, számokkal és betűkkel. Így a búzalisztet „BL” jelöléssel látják el. A betű mellé írt szám a liszt típus megengedett maximális hamutartalmának százszorosa, amit a liszt szárazanyag tartalmának százalékában fejeznek ki. A liszt kémiai összetételét tekintve szerves és szervetlen anyagokból áll, amit befolyásolhat a felhasznált gabona fajtája, a termesztés körülményei, a gabona érettsége és a liszt kiörlési foka is. A liszt technológiai szempontból fontos tulajdonságai a sütőipari értéke, a vízfelvevő és vízkötő, továbbá gáztermelő és gáztartó képessége illetve enzimes állapota (Forgács, 2006). A búza és lisztminőség vizsgálatával kapcsolatos eredményei miatt, Hankóczy Jenő (1879-1939) a Magyaróvári Akadémia oktatója, világhírűvé vált. Az általa kifejlesztett farinográf alapműszer továbbfejlesztett változatát világszerte ismerik és használják (URL<sub>2</sub>: <https://mek.oszk.hu/00000/00058/html/hankoczy.htm>)

A malomipari termékek típusait, minőségi és tisztasági követelményeit hazánkban a Magyar Élelmiszerkönyv Malomipari termékekről szóló (2-201 számú) irányelve tartalmazza. A búzaőrlemények előírásai (összefoglalva: 1. táblázatban) a MÉ 2-201/1 sz. terméklapon szerepelnek (URL<sub>3</sub>: <https://eulelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/3b/a2000/%C3%BAj%20M%C3%89%202-201-Malomipari%20term%C3%A9kek%20ir%C3%A1nyelv-2020.pdf>). Továbbá a sütőipari termékek rendszerezése, csoportosítása a Magyar Élelmiszerkönyv Sütőipari termékek fejezete alapján történik (URL<sub>4</sub>: [https://eulelmiszerlanc.kormany.hu/download/6/74/b1000/2-81\\_2012.pdf](https://eulelmiszerlanc.kormany.hu/download/6/74/b1000/2-81_2012.pdf)).

1. táblázat: Búzaőrlemények és legfontosabb tulajdonságaik

Finomliszt MÉ 2-201/1/1	BL55	Finom szemcsés őrlemény, amely az endospermiumra jellemző színű, héjrészt gyakorlatilag nem tartalmaz.
Fehér kenyérliszt MÉ 2-201/1/2	BL 80	Finom szemcsés őrlemény, amelynek a színe a búzamazgalsó és héj árnyalatától is függ. Továbbá a típusnak megfelelő mértékű finom szemcsés héjrészeket is tartalmaz.
Félfehér kenyérliszt MÉ 2-201/1/3	BL 112	Finom szemcsés őrlemény, színe világossárga, jelenlévő héjrész mértékétől és a búzaalapszínétől is függ.
Étkezési búzadara MÉ 2-201/1/4	BD	A búza magbelsőnek nagy szemcsés őrleménye, krémszínű, kis mértékben héjat is tartalmazhat.
Rétesliszt MÉ 2-201/1/5	BFF 55	A búzamazgalsóra jellemző árnyalatú, meghatározott szemcseméret összetételű, „fogós” őrlemény, a típusra jellemző mennyiségű finom szemcsés frakció és héjrész előfordulása mellett.
Tésztaipari liszt MÉ 2-201/1/6	BTL 50	A búzamazgalsóra jellemző árnyalatú, meghatározott szemcseméret összetételű, „fogós” őrlemény, a típusra jellemző mennyiségű finom szemcsés frakció és héjrész előfordulása mellett.
Graham liszt MÉ 2-201/1/7	BGL 200	A búzára jellemző színű, közel teljes kiőrlésű készítmény. Széles szemcseméret-tartományban tartalmaz lisztet és nagyobb szemcseméretű héjrészeket is.
Teljes kiőrlésű búzaliszt MÉ 2-201/1/8	BTKL	A búza árnyalatára jellemző színű, megközelítően teljes kiőrlésű, finom szemcsés őrlemény, a gabonaszem összes alkotóját tartalmazza.
Étkezési búzakorpa MÉ 2-201/1/9	BK	Az étkezési búzakorpa a búza terméshéját, aleuron-réteget és a csíra egy részét tartalmazza. A lisztnél nagyobb méretű termék.
Tésztaipari durum dara MÉ 2-201/1/10	DTD	Sárgás alapszínű, nagy szemcsés őrlemény. Világos színű héjrészeket tartalmaz, a típusra megengedett mértékig.
Durum simaliszt MÉ 2-201/1/11	DSL	Sárgás alapszínű, finom szemcsés őrlemény, a liszt szemcsékkel azonos méretű világos héjrészt is tartalmazhat.

Forrás: Forgács J. (2006): Élelmiszeripari technológiák. Szeged. 1-240.; (URL<sub>3</sub>:

<https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/3b/a2000/%C3%BAj%20M%C3%89%202-201->

<Malomipari%20term%C3%A9kek%20ir%C3%A1nyelv-2020.pdf>)

## **5. FEJEZET: AZ ÉTELKÉSZÍTÉS SORÁN AJÁNLOTT KÍMÉLETES KONYHATECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSA**

A gabonák és belőlük készült lisztek felhasználása során is fontos szerepet kapnak az ételek elkészítésekor alkalmazott kíméletes technológiák, amelyek a hagyományos ételkészítési eljárásokat váltották fel, ezzel hozzájárulva az egészséges táplálkozáshoz és életmódhoz. Ennek legjelentősebb példája, a hagyományos technológiák során alkalmazott nagy mennyiségű zsiradék csökkentése vagy helyettesítése alternatív megoldásokkal. A kíméletes konyhatechnológiai eljárások alkalmazásával csökkenthető a szív- és érhalózatot illetve gyomor- és bélrendszert érintő kórképek előfordulása. A kíméletes technológia részét képezi a főzés, párolás, sütőzacskó alkalmazása, zsiradék hozzáadása nélküli sütés, grillezés vagy sütőpapír használata is (Bencsik és Labáth, 2000).

## 6. FEJEZET: MI LEHET AZ OKA, HA NEM SIKERÜL A KENYÉR?

*Máté 6:11 „A mi mindennapi kenyерünket add meg nekiünk ma.”*

A kenyér a legtöbbet fogyasztott sütőipari termék. Ha otthon készül, érdemes figyelembe venni pár tanácsot a készítésénél, ezzel is garantálva a kiváló minőségű végterméket (Kimbell, 2018).

- Mindig az alapreceptben szereplő mennyiségek és összetevők felhasználása ajánlott a saját termék előállításánál is.
  - Jelentős szempont a kelesztés hőmérséklete.
  - A tészta, majd a késztermék minőségére hatással van a kelesztési idő.
  - Amennyiben a kenyér lapos és nehéz, az alulkelesztésre jellemző.
- A tésztával határozott, de gyengéd mozdulatokkal célszerű bánni. A túlzottan erős formázás csökkenti a bélzet levegősségét.
  - A sütő hőfoka szintén hozzájárul a kiváló minőséghez.

**7. FEJEZET: BÚZALISZTBÓL ELŐÁLLÍTOTT FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREK ÉS  
ÉTELEK A HAZAI ÉS NEMZETKÖZI GASZTRONÓMIÁBAN, FIGYELEMBE VÉVE AZ  
ŐSI BÚZAJAJTÁKAT**

Ismeretterjesztő füzetem fontos részét képezi, a búzalisztból előállított funkcionális élelmiszerek és ételek bemutatása, figyelembe véve az ősi búzafajtákat. Ezen termékek a mindennapi táplálkozás részét képezhetik, ezzel is segítve az egészség megőrzését. A búzában és belőle készült termékekben fellelhető rostok, E-, B<sub>1</sub>-, B<sub>2</sub>-, B<sub>3</sub>-, B<sub>5</sub>-, B<sub>6</sub>-, B<sub>9</sub>-, B<sub>12</sub>-, K-vitaminok és ásványi anyagok (kalcium, vas, magnézium, mangán, foszfor, kálium, nátrium, cink, szelén) számos életmóddal összefüggő betegség kialakulását csökkentik. Remélem, hogy írásommal hozzájárulhatok ezen élelmiszerek és ételek megismeréséhez és elkészítéséhez.

### ***7.1. VIZES TÉSztÁBÓL KÉSZÜLT HÁZI PÉKSÜTEMÉNY TÖNKÖLYBÚZA FINOMLISZTTEL***

#### ***Elkészítés***

A vizet meglangyosítjuk, a szárított élesztőt beleszórjuk, megcukrozzuk. Pár perc után hozzáadjuk a tönkölybúza finomlisztet és az ízlés szerinti só mennyiséget. Az összetevőket dagasztjuk és kis ideig hagyjuk érni a tésztát (30 perc). Ezt követően lisztezett gyúródeszkára borítjuk, és könnyedén formázzuk. A formázott péksüteményeket kellemes meleg hőmérsékleten 45 percig kelesztjük. Nem kell megijedni, ha a tészta kissé ragacsos. Ha megkelt, sütőpapírral bélelt tepsibe tesszük, vizes ecsettel lekenjük és 180 °C-on kb. 20-25 percig sütjük. A készételt ízlés szerint tálaljuk (1. ábra).

*A péksütemény elkészítése során alkalmazott alapanyagok és mennyiségeik:*

- *tönkölybúza finomliszt 200 g*
  - *élesztő 3 g*
  - *víz 1,5 dl*
  - *só, cukor*





*1. ábra: Vizes tésztából készült házi péksütemény tökölybúza finomliszttel (saját forrás)*

## **7.2. HÁZI KÉSZÍTÉSŰ SZILVALEKVÁROS SÜTEMÉNY BÚZA FINOMLISZTTEL**

### ***Elkészítés***

A vizet meglangyosítjuk, a szárított élesztőt beleszórjuk, megcukrozzuk. Pár perc után hozzáadjuk a búza finomlisztet és ízlés szerinti só mennyiséget. Az összetevőket dagasztjuk és kis ideig hagyjuk érni a tésztát (30 perc), majd pedig lisztezett gyúródeszkára borítjuk. Ezt követően könnyedén formázzuk és megtöltjük lekvárral olyan módon, hogy a végtermék tetszetős, elképzeléseinknek megfelelő formájú legyen. A formázott süteményeket kellemes meleg hőmérsékleten 45 percig kelesztjük. Ha megkelt, sütőpapírral bélelt tepsibe tesszük, tojássárgájával lekenjük és 180 °C-on kb. 20-25 percig sütjük. A készítelt porcukorral megszórjuk és ízlés szerint tálaljuk (2. ábra).

*A sütemény elkészítése során alkalmazott alapanyagok és mennyiségeik:*

- *Búza finomliszt 200 g*
  - *élesztő 3 g*
  - *lekvár 80 g*
  - *víz 1,5 dl*
  - *tojás 1 db*
  - *só, cukor*



2. ábra: Házi készítésű szilvalekváros sütemény búza finomliszttel (saját forrás)

### 7.3. VITAMINOS ZSEMLÉK ZÖLDSÉGEKKEL, TELJES KIŐRLÉSŰ TÖNKÖLYBÚZALISZTTEL

#### *Elkészítés*

A vizet meglangyosítjuk, a szárított élesztőt beleszórjuk, megcukrozzuk. Pár perc után hozzáadjuk a teljes kiőrlésű tönkölybúzálisztet és ízlés szerinti só mennyiséget. Az összetevőket dagasztjuk és kis ideig hagyjuk érni a tésztát (30 perc), majd pedig lisztezett gyúródeszkára borítjuk. Kis kosárcákat formálunk belőle. A formázott kosárcákat kellemes meleg hőmérsékleten 45 percig kelesztjük. Ha megkelt megtöltjük sonkával, előfőzött zöldségekkel, sajttal, majd sütőpapírral bélelt tepsibe tesszük és 180 °C-on kb. 20-25 percig sütjük. A készélt ízlés szerint tálaljuk (3. ábra).

*A vitaminos zsemle készítése során alkalmazott alapanyagok és mennyiségeik:*

- *teljes kiőrlésű tönkölybúzáliszt 200 g*
  - *élesztő 3 g*
  - *sajt 80 g*
  - *sonka 40 g*
- *sárgarépa 40 g*
- *kukorica 40 g*
  - *víz 1,5 dl*
  - *só, cukor*



3. ábra: Vitaminos zsemlek zöldségekkel, teljes kiőrlésű tönkölybúzáliszttal (saját forrás)

#### **7.4. HÁZI KÉSZÍTÉSŰ PIZZA TÖNKÖLYBÚZA FINOMLISZTTEL**

##### ***Elkészítés***

A vizet meglangyosítjuk, a szárított élesztőt beleszórjuk, megcukrozzuk. Pár perc után hozzáadjuk a tönkölybúza finomlisztet és ízlés szerinti só mennyiséget. Az összetevőket dagasztjuk és kis ideig hagyjuk érni a tésztát (30 perc), majd pedig lisztezett gyúródeszkára borítjuk. A pizzaalap megformázását követően, 45 percig kelesztjük a tésztát. Ha megkelt, megkenjük paradicsomszósszal, a feltéteket (sonka, cukkini, sajt) az alapra helyezzük, sütőpapírral bélelt tepsibe tesszük és 180 °C-on kb. 20-25 percig sütjük. A készételt ízlés szerint tálaljuk (4. ábra).

*A pizza elkészítése során alkalmazott alapanyagok és mennyiségeik:*

- *tönkölybúza finomliszt 200 g*
  - *élesztő 3 g*
- *paradicsomszósz 20 g*
  - *sajt 80 g*
  - *sonka 40 g*
  - *cukkini 40 g*
  - *víz 1,5 dl*
  - *só, cukor*



4. ábra: Házi készítésű pizza tönkölybúza finomliszttel (saját forrás)

## 7.5. MAGVAS, SAJTOS RÚD BÚZA FINOMLISZTTEL

### *Elkészítés*

A vizet meglangyosítjuk, a szárított élesztőt beleszórjuk, megcukrozzuk. Pár perc után hozzáadjuk a búza finomlisztet, a magvakat és ízlés szerinti só mennyiséget. Az összetevőket dagasztjuk és kis ideig hagyjuk érni a tésztát (30 perc), majd pedig lisztezett gyúródeszkára borítjuk. A tésztát formára vágjuk és megszórjuk sajttal. A formázott sajtos rudakat 45 percig kelesztjük. Ha megkelt, sütőpapírral bélelt tepsibe tesszük és 180 °C-on kb. 20-25 percig sütjük. A készételt ízlés szerint tálaljuk (5. ábra).

*A magvas-sajtos rúd elkészítése során alkalmazott alapanyagok és mennyiségeik:*

- *Búza finomliszt 200 g*
  - *élesztő 3 g*
  - *sajt 80 g*
- *tökmag 40 g*
  - *víz 1,5 dl*
  - *só, cukor*





5. ábra: Magvas sajtos rúd búza finomliszttel (saját forrás)

### FELHASZNÁLT IRODALMAK

- Bencsik K., Labáth K. (2000): Szakácskönyv az egészségért. Rittler - Jajczay Bt. Budapest. 1-618.
- Forgács J. (2006): Élelmiszeripari technológiák. Szeged. 1-240.
- Kimbell V. (2018): Kovász iskola. Csipet kiadó.1-208.
- Munkácsi I. (2018): Mindennapi kenyерünk. Nemzeti Értékek Könyvkiadó. Szeged.1-223.
- Nagy J., Schmidt J., Jávör A. (2008): A Jövő Élelmiszerei és az Egészség. Debreceni Egyetem. Debrecen.1-197.
- Rodler I. (2005): Új tápanyagtáblázat. Medicina könyvkiadó Rt. Budapest.1-765.

### **Elektronikus irodalom:**

- URL<sub>1</sub>: <http://www.okostanyer.hu/>
- URL<sub>2</sub>: <https://mek.oszk.hu/00000/00058/html/hankoczy.htm>
- URL<sub>3</sub>: <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/3b/a2000/%C3%BAj%20M%C3%89%202-201-Malomipari%20term%C3%A9kek%20ir%C3%A1nyelv-2020>.
- URL<sub>4</sub>: [https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/6/74/b1000/2-81\\_2012.pdf](https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/6/74/b1000/2-81_2012.pdf)