

# **SZAKDOLGOZAT**

**FERENCSEK BALÁZS**

**2025. ÉV**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Növénytermesztési-tudományok Intézet**

**Mezőgazdasági mérnök alapképzés szak**

**TÁPANYAGHASZNOSULÁS VIZSGÁLATA ŐSZI BÚZA  
(*Triticum aestivum*) NÖVÉNYKULTÚRÁBAN IN VIVO  
KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT**

**Belső konzulens: Dr. GULYÁS MIKLÓS**

egyetemi docens

**Belső konzulens intézete:** Környezettudományi  
Intézet

**Belső konzulens tanszéke:** Talajtani Tanszék

**Készítette: FERENCSIK BALÁZS**

**SKY4ZN**

**GÖDÖLLŐ**

**2025. ÉV**

## **TARTALOMJEGYZÉK:**

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Bevezetés és célkitűzések.....</b>                          | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Szakirodalmi áttekintés .....</b>                           | <b>5</b>  |
| 2.1      | Termésnövelő anyagok .....                                     | 5         |
| 2.1.1    | Termésnövelő anyagok csoportosítása: .....                     | 5         |
| 2.1.2    | Nitrogén hatóanyagú műtrágyák: .....                           | 6         |
| 2.2      | A nitrogén tápelem előfordulása.....                           | 9         |
| 2.3      | A nitrogén-körforgalom biokémiai és biológiai folyamatai ..... | 10        |
| 2.4      | A nitrogén tápelem felvétele:.....                             | 11        |
| 2.4.1    | A talajból származó ásványi nitrogén: .....                    | 11        |
| 2.4.2    | Egyéb úton felvett nitrogén tápelem: .....                     | 13        |
| 2.5      | A karbamid műtrágya átalakulása a talajban: .....              | 14        |
| 2.6      | A karbamid ammónia veszteségének csökkentése: .....            | 15        |
| 2.6.1    | Műtrágyabevonatok.....                                         | 16        |
| 2.6.2    | Inhibitorok .....                                              | 16        |
| 2.7      | Mészindex.....                                                 | 17        |
| 2.8      | A nitrogén tápelem jelentősége: .....                          | 18        |
| 2.9      | Őszi búza termesztéstechnológiája: .....                       | 19        |
| 2.10     | A tápanyagellátást befolyásoló egyéb tényezők: .....           | 22        |
| 2.10.1   | A kén szerepe:.....                                            | 22        |
| 2.10.2   | Ionok között fellépő interakciók: .....                        | 22        |
| 2.11     | A búza minősége, a minőség mérése: .....                       | 23        |
| 2.12     | Az Európai Unió környezetpolitikája: .....                     | 24        |
| 2.12.1   | Nitrátirányelv .....                                           | 25        |
| 2.12.2   | Összegzés.....                                                 | 26        |
| <b>3</b> | <b>Anyag és módszer: .....</b>                                 | <b>27</b> |
| 3.1      | Klimatikus tényezők.....                                       | 27        |
| 3.2      | Edafikus tényezők:.....                                        | 29        |
| 3.3      | Biológiai tényező .....                                        | 30        |
| 3.4      | A vizsgálat beállítása:.....                                   | 31        |
| 3.4.1    | 2024. évi vizsgálat:.....                                      | 32        |
| 3.4.2    | 2025. évi vizsgálat:.....                                      | 33        |
| 3.5      | Vizsgálati módszertan: .....                                   | 34        |

|           |                                                                      |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5.1     | Talajvizsgálati módszertan: .....                                    | 34        |
| 3.5.2     | Növényi minták kémiai összetételének vizsgálata: .....               | 34        |
| 3.5.3     | NIR analízis: .....                                                  | 35        |
| <b>4</b>  | <b>Eredmények és értékelésük .....</b>                               | <b>37</b> |
| 4.1       | 2024. évi vizsgálat.....                                             | 37        |
| 4.1.1     | A termés fehérje, siker és terméshozam eredményének alakulása: ..... | 37        |
| 4.1.2     | A termés alveográfus és szedimentációs értékeinek alakulása: .....   | 38        |
| 4.1.3     | A 2024. évi kezelések ökonómiai elemzése: .....                      | 39        |
| 4.2       | 2025. évi vizsgálat.....                                             | 39        |
| 4.2.1     | A termés fehérje, siker és szedimentációs értékének alakulása: ..... | 39        |
| 4.2.2     | A terméshozam alakulása a 2025. évi vizsgálatban: .....              | 40        |
| 4.2.3     | A vegetációs periódus alatt detektált különbségek: .....             | 41        |
| 4.2.4     | Tápanyagok közötti interakciók:.....                                 | 41        |
| 4.2.5     | A 2025. évi kezelések ökonómiai elemzése: .....                      | 42        |
| <b>5</b>  | <b>Következtetések és javaslatok .....</b>                           | <b>43</b> |
| <b>6</b>  | <b>Összefoglalás: .....</b>                                          | <b>46</b> |
| <b>7</b>  | <b>Irodalomjegyzék: .....</b>                                        | <b>48</b> |
| <b>8</b>  | <b>Köszönetnyilvánítás .....</b>                                     | <b>52</b> |
| <b>9</b>  | <b>Ábrák és táblázatok jegyzéke .....</b>                            | <b>53</b> |
| 9.1       | Ábrák:.....                                                          | 53        |
| 9.2       | Táblázatok: .....                                                    | 54        |
| <b>10</b> | <b>Mellékletek .....</b>                                             | <b>55</b> |

# 1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A mezőgazdasági termelés az emberi civilizáció egyik legősibb és legmeghatározóbb tevékenysége, amelynek célja az élelmiszer- és nyersanyagellátás biztosítása (Wells és Stock, 2020; Velten et al, 2015). A növénytermesztés kezdetei óta központi kérdés, hogy miként lehet a talaj termékenységét fenntartani és a növények számára nélkülözhetetlen tápanyagokat pótolni. A tápanyag-utánpótlás gondolata nem új keletű: már az ókori civilizációk - Mezopotámia, Egyiptom, Görögország és Róma - felismerték, hogy a talaj termőképessége nem kimeríthetetlen. Az állati és növényi eredetű szerves trágyák alkalmazása évezredek óta biztosította a talaj tápanyagtartalmának körforgását. A 19. században azonban a népességnövekedés és az ipari forradalom nyomán megjelent az intenzív mezőgazdasági termelés igénye, ami a mesterséges, szintetikus műtrágyák elterjedéséhez vezetett. A Haber–Bosch-eljárás megjelenése forradalmasította a nitrogénműtrágyák előállítását, és megteremtette a modern, kemizált növénytermesztés alapjait. Bár ez az áttörés nagymértékben hozzájárult az élelmezésbiztonság javításához, hosszú távon komoly környezeti kihívásokat is eredményezett (Montgomery, D. R., 2024; Fülek, 1999; Varga, 2013).

A dolgozatom középpontjában a mezőgazdaság egyik legfontosabb kérdése áll, még hozzá az, miként biztosítható a növekvő népesség élelmiszer-ellátása úgy, hogy közben a termelés ökológiai lábnyoma csökkenjen. Jelen dolgozat az őszi búza (*Triticum aestivum*) kultúrában vizsgálja a tápanyaghasznosulás kérdéskörét, kiváltképp a nitrogén hatóanyag sorsát és különböző kezelések terméseredményre, valamint minőségi mutatókra gyakorolt hatását. A dolgozatom fókuszában azért a nitrogén hatóanyag alakulása áll, mert ez a tápelem képviseli túlnyomórészt a kijuttatott agrár inputok csoportját (KSH, 2025), továbbá azért, mert ezen hatóanyagú műtrágyák előállítása és közvetett környezetszennyezése kardinális kérdés a mindennapok során – még a laikus, nem szakmabeli társadalom körében is.

A kutatás célja annak meghatározása volt, hogy a különböző trágyázási stratégiák miként befolyásolják a nitrogén-felhasználás hatékonyságát és a gazdaságos, ugyanakkor környezetkímélő termelés megvalósításának lehetőségeit. A kísérlet során a klasszikus műtrágyázási kezelések mellett mikrobiológiai készítményt és inhibitor készítményeket is alkalmaztam, hogy összehasonlíthatóvá váljanak a különböző tápanyag-utánpótlási technológiák eredményei. A feltételezésem az, hogy minél jobban hasznosítja a növényünk a nitrogén hatóanyagot, annál kevesebbet - de maximum a klímaegyezmények és egyéb EU-s

törekvések által meghatározott mennyiséget - kell adott területre kijuttatnunk belőle úgy, hogy az eddig megtermelt mennyiségeket fenn tudjuk tartani. A vizsgálatot egy adott régióban, az éppen aktuális környezeti feltételek mellett vizsgáltam. A vizsgálat szükségességét Guo és munkatársai (2023) is alátámasztják, miszerint: a gabonafélék nitrogén-felhasználási hatékonysága körülbelül 34%-ra csökkent (Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet, 2022), a nitrogénműtrágya fennmaradó 66%-a pedig a földbe és a vízbe kerül, vagy denitrifikáció révén dinitrogén-oxiddá redukálódik (Skiba, 2008) (Omara et al, 2019). Ez súlyos környezeti problémákhoz vezet, többek között, mint pl.: a talaj tápanyagegyensúlyának felborulása, a felszíni és felszín alatti vizek nitráatterhelése, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedése, talajtömörödés, a talajok elsavanyodása, a nehézfém-ionok felszabadulása, és a mikroflóra egyensúlyának felborulása (Ahmed et al., 2017). A fenntartható gazdálkodás irányába tett lépések ezért elsősorban a tápanyag-hasznosulás növelésére, a veszteségek mérséklésére és az okszerű kijuttatási technológiák fejlesztésére koncentrálnak. Dolgozatom elkészítése során is ezeket a szempontokat vettem figyelembe.

A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a gyakorlatban is alkalmazható, fenntartható tápanyaggazdálkodási technológia által a gazdaságunk gabonatermesztésének versenyképessége a jövőben is megőrizhető maradjon – immár a környezeti szempontok és a közös EU-s környezetpolitika tükrében.

A dolgozathoz tartozó kísérleteket saját gazdaságunk területein végeztem. A releváns környezeti és egyéb befolyásoló tényezőket az anyag és módszer fejezetben részleteztem.

*„Nem a legerősebb, de még csak nem is a legokosabb marad életben, hanem aki a változásokhoz a legjobban tud alkalmazkodni” - Charles Darwin.*

## **2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS**

### **2.1 Termésnövelő anyagok**

#### **2.1.1 Termésnövelő anyagok csoportosítása:**

A termelési szint növekedésével, illetve a kémia, mint tudomány terület, fejlődésével számos anyagról bizonyították be, hogy pozitív hatása van egyes növények produktumára. Ennek a nagy csoportnak a legegyszerűbb csoportosítása, ha összetétel szerint vizsgáljuk meg. Vannak egyszerű műtrágyák, amelyek egy tápelemet tartalmaznak. Vannak összetett vagy kevert műtrágyák, amelyek több tápelemet tartalmaznak. Illetve vannak olyan termésnövelő anyagok is, amelyek mikroelemtartalmúak, tehát különböző mikroelemeket önálló vegyület formájában tartalmaznak, és vannak olyanok is, amelyek inkább talajjavítószereknek vannak tekintve, de közvetett hatása lehet a termésszint növekedésére (Almássy et al., 1977).

Fülek Gy. és Sárdi K. (2014) szerint termésnövelő anyagnak tekinthető minden olyan természetes vagy mesterséges készítmény, amely a növények tápanyagellátását szolgálja, vagy a talajok tápanyag-szolgáltató képességét, termőképességét befolyásolja.

Almássy et al., (1977) szerint vizsgálva a termésnövelő anyagokat az egyszerű műtrágyák között is találunk további csoportosítási lehetőséget. A teljesség igénye nélkül - csak a makroelemeket vizsgálva- beszélhetünk nitrogén, foszfor és kálium tartalmú műtrágyákról. Az egyszerű műtrágyák használatának jelentősége abban rejlik, hogy egyszerre egy fontos tápelemnek a hiányát tudjuk vele kezelni. Ilyen pl.: nitrogén pótlására használatos egyszerű műtrágya a későbbiekben tárgyalt karbamid, a maga 46%-os N-tartalmával; a foszfort vizsgálva a szuperfoszfát 20% hatóanyaggal; illetve a kálisó, a kálium tápelem utánpótlására használt műtrágya, amely 40-60% tápelemtartalommal rendelkezik (Fülek Gy. és Sárdi K., 2014).

Azok a termésnövelő anyagok, amelyekkel egyszerre több tápelemet is tudunk a növények rendelkezésére bocsátani, azok között is megkülönböztetünk komplex (összetett), illetve kevert műtrágyákat. Az előbbi csoport képviselői általában két, esetenként három tápelemet tartalmaznak egy műtrágyaszemcsében. Ezek a termésnövelő anyagok kémiai

módszerekkel állíthatók elő, amelyeknek egyik hátránya az, hogy a reakcióval csak meghatározott N:P:K tartalom állítható elő. Az utóbbi csoport, tehát a kevert műtrágyák ezzel szemben sokkal szabadabb felhasználást tesznek lehetővé, hiszen előállításuk egyszerű vagy egyszerű és összetett műtrágyák keverésével történik. Azonban az esetlegesen előforduló kémiai reakciókra figyelni kell, ezért csak olyan anyagok keverhetők össze egymással, amelyek reakcióba lépve nem okoznak hatóanyag-veszteséget, illetve a fizikai és kémiai tulajdonságaik ne maradjanak el a kiinduló anyagokétól. Az alábbi ábrán feltüntetésre került a különböző műtrágyák keverhetősége (Füleky Gy. és Sárdi K. (2014):

**1 ábra:** A műtrágyák keverhetősége, (Füleky Gy. és Sárdi K. (2014) és a The Soviet School of Farming oldal alapján saját szerkesztés)

| Műtrágya                  | Kálium-magnézium-szulfát | Kálium-szulfát | Kálium-klorid | Nyersfoszfát | Thomas salak | Triple szuperfoszfát | Szuperfoszfát | Diammónium-foszfát | Kalcium-cian-amid | Karbamid | Magnézium-ammónium-nitrát | Ammónium-szulfát | Kálium-ammónium-nitrát | Ammónium-szulfát-nitrát | Mészammonsalétrom | Nátrium-nitrát | Kalcium-nitrát |
|---------------------------|--------------------------|----------------|---------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|--------------------|-------------------|----------|---------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| Kalcium-nitrát            |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Nátrium-nitrát            |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Mészammonsalétrom         |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Ammónium-szulfát-nitrát   |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Kálium-ammónium-nitrát    |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Ammónium-szulfát          |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Magnézium-ammónium-nitrát |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Karbamid                  |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Kalcium-cian-amid         |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Diammónium-foszfát        |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Szuperfoszfát             |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Triple szuperfoszfát      |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Thomas salak              |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Nyersfoszfát              |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Kálium-klorid             |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Kálium-szulfát            |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
| Kálium-magnézium-szulfát  |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
|                           |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
|                           |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |
|                           |                          |                |               |              |              |                      |               |                    |                   |          |                           |                  |                        |                         |                   |                |                |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

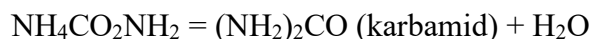
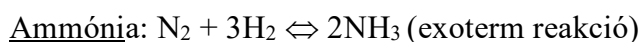
## 2.1.2 Nitrogén hatóanyagú műtrágyák:

A dolgozatom elkészítése közben a fő vizsgált szempont a nitrogén hatóanyag hasznosulása volt, ezért a termésmenvelő anyagok közül is csak a releváns műtrágyákat ismertetem.

A XIX. század elejéig csak istállótrágyát és néhány szerves eredetű foszfor- és nitrogéntartalmú anyagot használtak a nitrogén tápanyag-utánpótlására. Ilyen volt pl.: guanó, csontliszt, halliszt. Az egyedüli természetes anyag, amit primitív technológiával termeltek, az

a chilei salétrom volt. A chilei salétrom nátrium-nitrát tartalmú kőzet. Ez a termelés kevésnek bizonyult, ezért elkezdtek szintetikus műtrágyák előállítását is. A kokszyártás folyamán keletkező gázvíz nitrogéntartalmát kénsavas abszorpcióval ammónium-szulfáttá alakították. Frank és Caro 1894-ben alkáliföldfém-karbidokkal végzett kutatásai bebizonyították, hogy magas hőmérsékleten nitrogént vesznek fel. Ebben az időszakban más kutatások is folytak a levegő nitrogéntartalmával kapcsolatosan. Nernst nyomán Birkeland és Eyde (1905) szabadalmaztatott egy olyan eljárást, amely nagy hőmérsékleten (ívfény) a nitrogént oxidálja és a nitrogén-oxidot salétromsavvá alakítja (Almássy et al., 1977).

Forradalmi áttörést a nitrogén műtrágya előállításban Fritz Haber és Carl-Bosch eljárása hozta el, amiért Nobel-díjat is kaptak. Az ő eljárásuk tette lehetővé a növekvő népesség élelemmel való ellátását. A folyamat végeredménye szintetikus ammónia, ami a kereskedelemben kapható valamennyi nitrogén műtrágya alapja. A szintetikus ammónia előállítása: a levegő nitrogénjét hidrogénnel reagáltatva egyensúlyi folyamat révén ammóniát kapunk hő képződése mellett.



Ammónia és karbamid szintézise (Alkusayer K. T. és Ollerhead A., 2015)

A fenti egyenletből következik, hogy az ammónia folyamat képződési sebessége és iránya befolyásolható a Le Chatelier- elv értelmében. A Le Chatelier elv kimondja, hogy ha egy egyensúlyi rendszerre külső hatást gyakorlunk (koncentráció, nyomás, hőmérséklet, térfogat változtatása), akkor az egyensúlyi reakció abba az irányba tolódik el, amely a hatás csökkentésére igyekszik. A nyomás növelésével az ammónia képződésének kedveznénk, de az így is költséges eljárást tovább drágítaná. A hőmérséklet csökkentése is az ammónia képződését növelné, hiszen exoterm reakció. A hőmérséklet csökkentése viszont a folyamat lassulásához vezetne. Tehát a folyamatot kompromisszum mellett 400-450 Celsius-fokon végzik, illetve 200 atm nyomáson, miközben katalizátoron áramoltatják keresztül. Az ammónia szintézisének használt hidrogén többségében földgázból, metánból származik. A metán katalitikus gőzreformálással hidrogénre és szén-monoxidra bomlik. A katalitikus gőzreformáláshoz magas hőmérséklet (700-1100 Celsius-fok) és katalizátor, általában nikkel szükséges. A szén-monoxid vízzel reagáltatva vas/króom katalizátor segítségével további

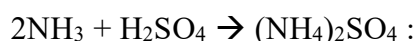
hidrogén molekulákra bontható szén-dioxid képződése közben. Ez az eljárás rendkívül fontos minden karbamid, illetve ammónium-só műtrágya előállításához. Az ammónia további reakcióval ionos formába vihető, amely ammónium-ion már a növények számára is tápanyagforrás. (Alkusayer K. T. & Ollerhead A., 2015)

A karbamid előállításában is áttörést jelentett a Haber-Bosch eljárás. Amíg nem volt szintetikus ammónia a kereskedelembe, addig kalcium-cián-amidból szénsavval állították elő a karbamidot.: (Almássy et al, 1977)

$\text{CaCN}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{CNNH}_2$ , kénsavval savanyítva, 70 Celsius-fokon víz megkötése után keletkezik karbamid: (Almássy et al, 1977)



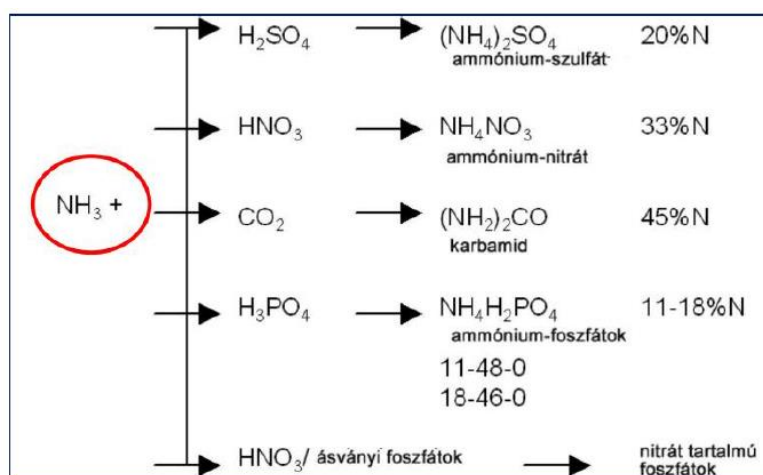
Világszerte értékesített nitrogén műtrágya, amelyik szintén ammónia felhasználásával készül, az az ammónium-szulfát. Az ammónium-szulfátot több módszerrel is elő lehet állítani. A ma alkalmazott legelterjedtebb módszer a kénsavban történő elnyeletése az ammóniának. (Almássy et al, 1968). Egyenlete a következő:



ammónia elnyeletése híg kénsavban (Hadlocon és Zhao, 2015)

Hadlocon és Zhao (2015) szerint az ammónium-szulfát állattartó telepeken is előállítható környezetbarát módon. Az ammónia-kibocsátás ugyanis komoly környezetterhelés az állattartás során, míg a növénytermesztés nitrogén műtrágya előállítása fenntarthatatlan a kereskedelmi ammónia-termelés miatt, amely földgáz felhasználásra alapoz. A telepeken termelődő, elszívó ventilátorokból származó ammóniával telítődött levegőt híg kénsavval permetezik, amely reakció eredménye az ammónium-szulfát.

**2.ábra:** Nitrogén műtrágyák előállítása, Forrás: Vásárhelyi (2022).



A karbamid, illetve az ammónium-szulfát a növényeket leginkább ammónium-ionnal táplálja. Az ammónium-ion lassúbb hatású nitrogénforma, mint a nitrát-ion. Az ammónium-nitrát ezzel szemben mind a kettő formáját tartalmazza a tápelemnek. Salétromsav ( $\text{HNO}_3$ ) és ammónia ( $\text{NH}_3$ ) reakciója után keletkezik ammónium-nitrát ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Az ammónium-nitrát keverése kalcium-karbonáttal (mészkeverék) mésszammónsalétrom nitrogén műtrágyát eredményez. Magyarországon gyártott mésszammónsalétrom a pétisó, de nemzetközi megnevezése a MAS, CAN műtrágya. (Almássy et al, 1977)

## **2.2 A nitrogén tápelem előfordulása**

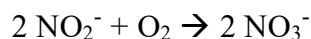
Söderlund és Svennson (1976) és Winteringham (1980) adatai alapján a nitrogén megoszlása a Földön az alábbiak szerint alakul: a hidro- és bioszférában az összes mennyiségnek csak 0,02 %-a, míg az atmoszféra 1,9 %-át tartalmazza. Mados (1944) szerint a talajban a nitrogén legnagyobb része organikus kötésben, a növények számára közvetlenül nem hozzáférhető formában van jelen. Így a talajok humuszegyensúlya és a nitrogén tápelem-gazdálkodása szoros kapcsolatban van egymással. Reiners (1981) állítása szerint, ha 100 % az a mennyiségű nitrogén, amely kapcsolatban áll a talajjal, akkor annak 95 %-a szerves anyagban van, míg 2-3 % az, ami ásványi formában, tehát a növények számára közvetlenül felvehető (Németh T, 1996).

A növény számára közvetlenül felvehető ammónium-ion és nitrát-nitrogén -a talajásványok kristályrácsában kötött ammóniával- mindösszesen 3-12% az összes nitrogénmennyiségnek. Mivel a nitrogén jelentősebb hányada szerves formában található, ezért inkább aszerint csoportosítjuk a nitrogén formákat, hogy a talajban hidrolizálható, vagy sem. Hidrolizálható-nitrogén a szerves rész azon része, amelyik 6 M-os sósavval kioldható. Ezek főleg, amid, amin, aminocukor és aminosav vegyületek, míg a nem hidrolizálható-nitrogén az, amelyik aromás-gyűrűbe rendeződött nitrogén tartalmú vegyület. (Addiscott et al., 1991)

## 2.3 A nitrogén-körforgalom biokémiai és biológiai folyamatai

Mineralizáció alatt a szerves- nitrogén- vegyületek bontását értjük heterotróf mikroszervezetek által. Elsőként – az amizáció során- a fehérjemolekulák nitrogéntartalma aminosavakká és amino- vegyületekké alakul át. Ezek a vegyületek a későbbiekben ammóniummá alakulnak az ammonifikáció révén. Ez a folyamat igen lassú más nitrogén átalakulási folyamatokhoz képest. Bremner (1967) alapján, illetve Sarkadi (1975) nyomán azt állíthatjuk, hogy egy vegetációs idő alatt a szerves anyag mindössze 1-3 %-a mineralizálódik. Az így keletkező ammónium-nitrogént közvetlenül is hasznosíthatják a növények, vagy adszorbeálódhat kristályrácsba, vagy nitráttá/nitritté oxidálódhat (Németh 1996).

Nitrifikáció során különböző, főleg obligát autotróf mikroszervezetek (*Nitrosomonas spp.*, *Nitrobacter spp.*) hatására az ammónium-ion forma ( $\text{NH}_4^+$ ) nitráttá oxidálódik ( $\text{NO}_3^-$ ). A nitrifikációhoz molekuláris oxigén jelenléte kell, tehát annál dinamikusabb a nitrifikáció folyamata, minél több oxigén található a talajrétegben. Az alábbi egyenletből következik, hogy a nitrifikáció  $\text{H}^+$ -ion felszabadulással jár, tehát talajsavanyító-hatású (Tisdale és Nelson, 1966).



Denitrifikációról beszélünk abban az esetben, ha nitrát-nitrogénből gáz halmazállapotú nitrogén forma keletkezik. Ennek a folyamatnak az okozói olyan mikroszervezetek, amelyek  $\text{O}_2$  hiányában a nitrátot hasznosítják. A denitrifikáció eredménye lehet nitrogén molekula ( $\text{N}_2$ ), nitrogén-monoxid (NO), illetve dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Fülek Gy., 2013).

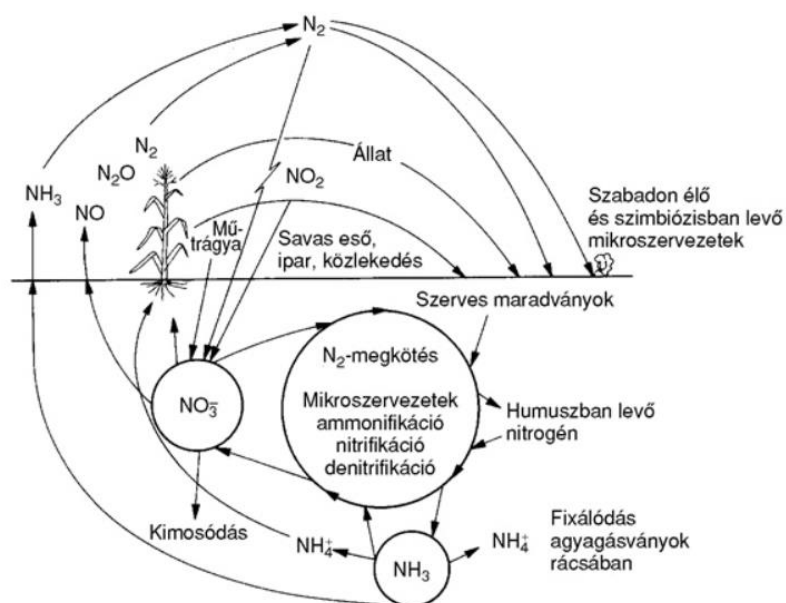
Ammónium fixáció következik be, ha a keletkezett, vagy mesterséges úton kijuttatott ammónium-ion lekötődik. Az ammónium-ion pozitív töltéséből kifolyólag kötődhet a talajkolloidok felületén, illetve agyagásványok kristályrácsába is beépülhet. Az adszorbeált ammónium könnyen hozzáférhető a növénynek, míg a rácsszerkezetbe épült nehezen felvehető (Németh 1996).

Az ammónia volatilizációja, azaz a légkörbe (atmoszférába) történő elillanása is bekövetkezhet, ha a talaj pH-ja lúgos, ha kicsi a talaj kationcserélő kapacitása, illetve, ha kevés nedvesség áll rendelkezésre (Stefanovits et al, 1999).

Kimosódás terheli a nitrát-nitrogén formát, mert negatív töltéséből adódóan nem tud kötődni a talajkolloidokhoz, így a lefelé irányuló vízmozgással távozhat a felső talajrétegből (Németh 1996).

Biológiai nitrogén-megkötés: A XXI. századi technológia alappillére a különböző biológiai módszerek alkalmazása. Egyes mikroszervezetek képesek a levegő molekuláris nitrogéntartalmát megkötni. Az így megkötött bakteriális nitrogén a mikroszervezet pusztulását követően mineralizálódik, és közvetlenül felvehető nitrogén-forma válik belőle. Gyökérgümőkben élő baktériumok (pillangós növények szimbiontái) pl.: *Rhizobium spp.* Kötésben élő szabad mikroszervezetek pl.: *Azotobacter spp.*, *Clostridium spp.* (Fülek, 2013).

**3.ábra:** A nitrogén-körforgalom folyamata, Forrás: Talajreform (S. a.)



## 2.4 A nitrogén tápelem felvétele:

### 2.4.1 A talajból származó ásványi nitrogén:

A talaj nitrogén-körforgalmi folyamatainak mind más a környezeti feltétele. A legmeghatározóbb tulajdonság az átalakulások sebességét illetően a talaj nedvességtartalma és a hőmérséklete, illetve pH tartalma.

Ha a talajban anaerob körülmény áll fenn, legyen az talajművelési hibából fakadó, vagy vízzel telítettség következménye, akkor a denitrifikáció felerősödik. Ha vízzel telített a talaj, a denitrifikáción kívül kimosódás is veszteséget eredményez. A talajnedvesség szintén hatással van a mineralizáció sebességére, valamint egyéb fizikai folyamatokra, amelyek befolyásolják a talaj ásványi nitrogén-tartalmát. A hőmérséklet szintén fontos szerepet tölt be az átalakulási folyamatokban. A mikroszervezetek 25-30 Celsius-fok között a legaktívabbak, ezért azt tekinthetjük optimálisnak. (Németh, 1996)

Ahhoz, hogy a növény gyökéren keresztül felvegye a tápanyagot, először a tápelemionnak a gyökér felületéhez kell jutnia. Erre három lehetőség áll fenn:

- a gyökér intercepciójával
- anyagáramlás révén, tehát a tápelemionok talajoldattal történő szállításával
- az ionok diffúziójával a talajoldatban (Fülek és Sárdi, 2014).

Az első lehetőség abban az esetben lép fel, ha a gyökér növekedése során, vagy a mikorhizza hifái kontaktusba kerülnek a talajrészecskékkal. Ekkor a gyökér környezetében a kolloidok felületén adszorbeált tápelemionok kontakt cserével - a gyökérszőrök segítségével -  $H^+$  és  $HCO_3^-$  ionokkal lecserélődnek. A kálium felvétele jól szemlélteti ezt a folyamatot: az agyagásvány részecske felületén adszorbeált  $K^+$ , és a gyökér felületén lévő  $H^+$  oszcilláló mozgásuk során egymás hatósugarába kerülve helyet cserélnek. Az ilyen módon, intercepcióval felvehető tápelemek mennyisége korlátozott (Fülek, 1999; Fülek és Sárdi 2014).

Fülek és Sárdi (2014) alapján: „Az intercepcióval felvehető tápelemek mennyisége megegyezik a gyökér térfogatával egyenlő talajmennyiségben lévő adszorbeált tápelemionok mennyiségével.” Mivel a gyökér a talaj térfogatának általában 1%-át foglalja el, ezért a tápelem koncentrációja meghatározza az így elérhető készletet. Megközelítőleg a felvehető tápelem mennyiségének maximálisan 3%-a kerülhet így a növénybe. A mikorhizza kiterjedtsége növelheti az így elérhető ionok mennyiségét, azáltal, hogy megnövelik a kontaktusba kerülő talaj térfogatát.

Az anyagáramlással történő tápanyag-felvétel sokkal számottevőbb. A folyamatot a növény transpirációja hajtja, mert a gyökér irányába mozgó vízben az oldott tápelemek is szállítódnak. Nagy tömegben a  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ionok mozognak ebben a formában. A talaj nedvességtartalmának csökkenésével az ilyen módon felvehető ionok mennyisége is csökken. A transpiráció alacsony hőmérsékleten szintén lelassul, ezért az anyagáramlás is

mérséklődik. Az anyagáramlás révén a gyökér felületétől nagyobb távolságban lévő tápelemek is elérhetővé válnak (Fülek, 1999; Fülek és Sárdi 2014).

Amennyiben sem az egyik, sem a másik lehetőséggel nem tud elegendő tápanyagot felvenni a növény, abban az esetben a gyökérkörnyezetben lecsökken a tápelem koncentrációja. Az így kialakuló koncentrációs különbség egy, a gyökér felületére merőleges koncentrációgrádiens hoz létre, ami viszont diffúzióval is indukálhatja a tápelemion elmozdulását a gyökér irányába. Az így elérhető tápelem-elmozdulás távolsága a gyökér irányába általában 0,1-15mm (Fülek, 1999; Fülek és Sárdi 2014).

Átlagosan a nitrogén 1 cm-t, a foszfor 0,02 cm-t, míg a kálium 0,2 cm-t mozdul el. Ezeket a folyamatokat tervezni kell, hiszen olyan talajoknál, ahol kicsi a diffúzió mértéke, mert: nagy a pufferkapacitás; kevés a nedvesség a talajban vagy nagy az agyagtartalom, ott a kevésbé mozgó tápelemeket a gyökérzet közelébe kell juttatni (Fülek, 1999; Fülek és Sárdi 2014).

**4. ábra:** A gyökér irányában történő ionmozgás fajták megoszlása a legfontosabb tápelemek esetében (Forrás: Fülek. 1999)

| Tápelem   | Gyökér intercepció | Anyagáramlás | Diffúzió |
|-----------|--------------------|--------------|----------|
| Nitrogén  | -                  | +++++        | -        |
| Foszfor   | -                  | -            | +++++    |
| Kálium    | -                  | +            | ++++     |
| Kalcium   | +                  | +++          | -        |
| Magnézium | +                  | ++++         | -        |
| Kén       | -                  | +++++        | -        |
| Réz       | +                  | ++++         | -        |
| Cink      | +                  | +            | +        |
| Vas       | +                  | +++          | +        |
| Molibdén  | +                  | ++++         | -        |
| Bór       | +                  | ++++         | -        |

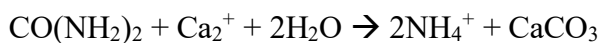
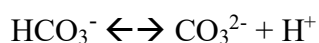
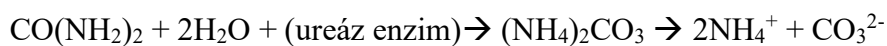
#### 2.4.2 Egyéb úton felvett nitrogén tápelem:

Az előzőekben ismertetett nitrogénfelvétel az ásványi nitrogénre vonatkozott. A következő sorokban azt vizsgáljuk meg Guo et al (2023) nyomán, milyen egyéb úton juthat nitrogénhez a kultúrnövény. A biológiai nitrogén-megkötésnek három formája létezik: szabadon élő, asszociatív és szimbiotikus mikrobák által történhet (Olivares et al., 2013; Pankievicz et al., 2019; Soumare et al., 2020). A szabadon élő N-fixáció során a diazotrófok,

beleértve a *Nostoc flagelliforme*, az *Azotobacter vinelandii* és a *Paenibacillus sabinae* mikroorganizmusokat, mikroaerob körülmények között kötik meg a N-t saját felhasználásra (Pankievicz et al., 2019; Soumare et al., 2020). Az asszociatív N-fixáció során a növényi gazdaszervezetük felszínén vagy intersticiális tereiben élő diazotrófok a növény fotoszintetikus termékeit szénforrásként használják fel a N megkötésére. A szabadon élő mikroorganizmusokhoz hasonlóan saját felhasználásra kötnek meg nitrogént, a felesleget juttatják a gazdaszervezetnek; Ezek közé a mikroorganizmusok közé tartozik az *Azospirillum brasilense* és a *Pseudomonas stutzeri* (Pankievicz et al., 2019; Soumare et al., 2020). Az asszociatív N-fixáló baktériumok éves nitrogén-megkötése világszerte körülbelül 50–70 teragramm (Tg). Szimbiotikus N-fixáció esetén a növényi szervek sejtjeiben, például a gyökérgümőkben található diazotrófok a gazdaszervezet fotoszintetikus termékeit használják energiaforrásként, és megkötik a N-t a gazdaszervezet növekedésének és fejlődésének támogatására. Ilyenek például a rhizobium baktériumok, amelyek a pillangósvirágúakkal élnek szimbiózisban, de az égerfa is alakít ki hasonló kölcsönös kapcsolatot, illetve a cianobaktériumok is (Pankievicz et al., 2019; Soumare et al., 2020). A rhizobium-hüvelyes szimbiózis éves nitrogén-megkötése világszerte körülbelül 21,5 Tg (Bueno Batista és Dixon, 2019; Pankievicz et al., 2019).

## **2.5 A karbamid műtrágya átalakulása a talajban:**

A karbamid ureáz enzim és víz hatására ammónium-ionná alakul át. Ennek az úgynevezett hidrolízisnek a lefolyása – több tényező hatására- 1-4 napot vesz igénybe (Dorogi, 1973). A hidrolízist követően a keletkezett ammónium több úton is tovább haladhat a nitrogén-körforgásban. A legkedvezőbb kimenet a növény számára, ha az ammónium ( $\text{NH}_4^+$ ) a kolloidok felületén adszorbeálódik, vagy ha azt a növény a talajoldatból közvetlenül felveszi. Ha azonban a talaj pH értéke magas, az kedvez az ammónia ( $\text{NH}_3$ ) képződésének. Ha a talaj  $\text{pH} \geq 7,5$ , akkor az ammónia volatilizációja drasztikusan megnő. Ennek ellenére, ha a pH érték alacsonyabb  $\text{pH} = 7,5$ -nél, akkor is előfordulhat veszteség. A karbamid hidrolízis közben  $\text{H}^+$  iont vesz fel a talajoldatból, ezáltal a szemcse közvetlen közelében megnő a pH érték. Ez azzal magyarázható, hogy a talaj pH értéke az a  $\text{H}^+$  ionok koncentrációjának negatív logaritmus. (Jones A. C. et al 2007).



Karbamid átalakulásának egyenletei: (Motasim et al, 2024)

Az ammónia volatilizációja több módszerrel is befolyásolható, illetve csökkenthető. A pH érték az ammónia illékonyságára gyakorolt nagy hatása miatt, a pH-változásoknak ellenálló talajtulajdonságok csökkentik a karbamid  $\text{NH}_3$  illékonyságát. Ezek közé tartozik a magas agyag- és szervesanyag-tartalom. Ezenkívül a magas kationcserélő kapacitás (CEC) csökkenti az  $\text{NH}_4^+$  koncentrációját az oldatban, csökkentve az  $\text{NH}_3$  gázhalmazállapotú alakítható  $\text{NH}_4^+$  mennyiségét, és ezáltal a volatilizációt. Ennek a folyamatnak a részletes leírása a következő fejezetek témaköre (Jones A. C. et al 2007).

## **2.6 A karbamid ammónia veszteségének csökkentése:**

Az ammónia karbamidból és más nitrogénműtrágyákból történő volatilizációját számos különböző talajtulajdonság és környezeti feltétel szabályozza, amelyek megnehezítik a veszteségek előrejelzését a szántóföldön. Általánosságban elmondható, hogy a magasabb pH-érték, hőmérséklet, illetve a növényi maradványok és nedvességtartalom hiánya növeli az elillanás lehetőségét, míg a művelésből, esőből vagy öntözésből származó nagyobb bedolgozási mélység csökkenti a veszteséget. A talajjellemzők, mint például a magas CEC és a pufferkapacitás, a jelentős mennyiségű  $\text{Ca}^{2+}$  bevitel az öntözött földterületen, valamint az általában hűvös körülmények a főbb műtrágya-kijuttatási időszakokban pozitív hatást gyakorolnak a hasznosulás mértékére. Ezeken a lehetőségeken kívül más megoldások is elérhetők a karbamid környezetbarát felhasználását illetően. Kerülni kell a felszínre történő kijuttatást, vagy ha ez nem lehetséges, akkor a talajba injektálva, bedolgozva, vagy eső előtt kijuttatva kell alkalmazni. 10-20 mm eső kellő mélységre tudja szállítani a tápanyagot ahhoz, hogy a volatilizáció mértéke csökkenjen. Az agrotechnikai beavatkozásokon kívül kémiai megoldás is van az ammónia volatilizációjának csökkentésére (Jones A. C. et al 2007).

### 2.6.1 Műtrágyabevonatok

A műtrágyabevonatok célja, hogy lelassítsák a granulátumok oldódási sebességét, és ezáltal csökkentsék a veszteségeket. A legrégebbi és leggyakoribb bevonat az elemi kén. Kijuttatás után a talajbaktériumok oxidálják a kénbevonatot, lehetővé téve a karbamid feloldódását és hidrolízisét. Annak érdekében, hogy a karbamid hosszabb időn keresztül szabaduljon fel, a granulátumokat különböző vastagságú kénrétegekkel vonják be. A kénbevonatú karbamidból a nitrogén felszabadulása a talaj nedvességtartalmától és hőmérsékletétől függ, ezért némileg kiszámíthatatlan. Jelentős mennyiségű nitrogén szabadulhat fel csak a szezon későbbi szakaszában, ami problémákat okozhat a nagy nitrogénigényű növények számára (Jones A. C. et al 2007).

A polimer bevonatok szintén szabályozzák a nitrogén felszabadulását, de más mechanizmust alkalmaznak, mint a kénbevonatok. A polimerek féligáteresztő membránként működnek, amely lehetővé teszi a víz bejutását a bevonaton keresztül, és az oldott karbamid kijutását. A polimerbevonatú termékek áteresztőképessége elsősorban a talaj hőmérsékletétől függ. Különböző polimer bevonatok állnak rendelkezésre, hogy a felszabadulási sebességet a növények nitrogénigényéhez igazítsák. A karbamid polimer bevonatainak fejlesztése és kutatása folyamatban van, és a közeljövőben szélesebb körben terjedhetnek el (Jones A. C. et al 2007).

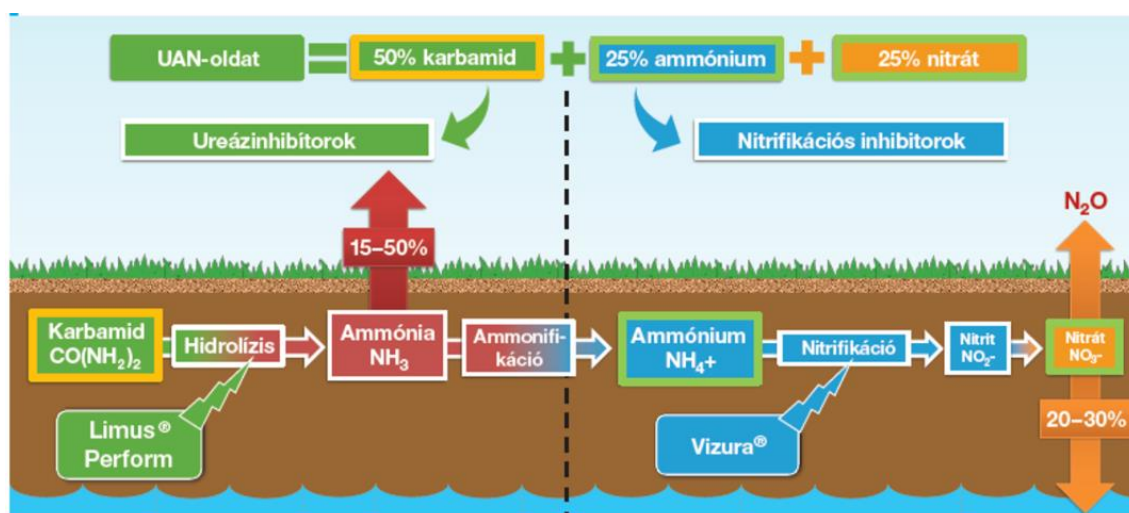
A múltban a bevonatos karbamid termékek ára korlátozta azok használatát az intenzíven művelt kertészeti növényekre. Az elmúlt tíz évben azonban az új technológia olcsóbbá tette ezeket a bevonatokat (Jones A. C. et al 2007).

### 2.6.2 Inhibítorok

Kémiai vegyületek is adhatók a karbamid műtrágyákhoz a nitrogén átalakulásának gátlására. Az ureáz gátlók olyan vegyületek, amelyek megakadályozzák a karbamid ammóniummá való átalakulását úgy, hogy az ureáz enzimek aktív centrumát elfoglalják egy analóg vegyülettel. Az inhibitorok 2-10 héttel késleltethetik a karbamid hidrolízisét. Általánosságban elmondható, hogy az ureáz inhibitorok tartóssága a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának növekedésével csökken. Az inhibítorkészítmények mind a száraz, granulált karbamid, mind a folyékony formáinak kezelésére rendelkezésre állnak (Jones A. C. et al 2007).

A nitrifikációt gátló inhibitorok az ammóniumion ( $\text{NH}_4^+$ ) nitritté ( $\text{NO}_2^-$ ) való átalakulását gátolják, ezzel csökkentve a kimosódás veszélyét (BASF, 2024).

5. ábra: A BASF által forgalmazott inhibítorok hatásmechanizmusa (Forrás: BASF, 2024)



## 2.7 Mészindex

Stefanovits et al. (1999) szerint a talaj kémhatása a talajoldatban lévő  $\text{H}^+$ -ionok koncentrációjától függ. Sørensen javaslatára a  $\text{H}^+$ -ionok koncentrációjának a mínusz eggyel szorzott 10-es alapú logaritmusát vesszük. Így kapjuk meg a talaj pH értékét. Tehát a  $\text{H}^+$ -ionok koncentrációjának növekedése a talajoldatban savanyúbb kémhatást fog eredményezni. Ezzel a kémiai tulajdonsággal áll szoros kapcsolatban a termésmenővelő anyagok talajra gyakorolt hatása. Minden műtrágya, amelyik a  $\text{H}^+$ -ionok előfordulását pozitív vagy negatív irányba befolyásolja, jellemezhető egy mérőszámmal. Ez a mérőszám a mészindex. Ez az érték azt fejezi ki, hogy hány kilogramm kalcium-karbonáttal lehet 100 kg műtrágya savanyító hatását közömbösíteni. Ha a mészindex negatív előjelű, akkor savanyító hatású, ha 0, akkor semleges, ha pedig pozitív előjelű, akkor lúgosító hatású a kijuttatott műtrágya (Genezis Partnerhálózat, 2021).

1.táblázat: Műtrágyák általános összetétele, mészindexe, sóindexe, térfogat tömege és KRL értéke (Forrás: NAK (2020) és Genezis (2021) alapján saját szerkesztés)

| Műtrágya          | Kísérőelemek kg/100kg |      |        |      |      | Mészindex | Sóindex | Térfogat tömeg | KRL érték |
|-------------------|-----------------------|------|--------|------|------|-----------|---------|----------------|-----------|
|                   | CaO                   | MgO  | S      | Na   | Cl   |           |         |                |           |
| MAS               | ~10-20                | ~2-7 | -      | -    | -    | -10       | 75      | 1,4            | 61        |
| Ammónium-nitrát   | -                     | -    | -      | -    | -    | -60       | 61      | 1,2            | 59,4      |
| Ammónium-szulfát  | -                     | -    | 23,5   | -    | -    | -100      | 69      | 0,6            | 79,2      |
| Kalcium-nitrát    | 27,0                  | 2,5  | -      | -    | -    | 60        | 53      | 0,8            | 46,7      |
| Karbamid          | -                     | -    | -      | -    | -    | -80       | 31      | 0,6            | 75,2      |
| Szuperfoszfát     | ~25-30                | -    | ~12-14 | -    | -    | 20        | 10      | 1,1            | 93,7      |
| Kálium-klorid 40% | 1,0                   | 2,0  | 1,5    | 10,0 | 45,0 | -40       | 46      | 1,3            | 84,0      |
| Kálium-klorid 50% | 0,5                   | 0,7  | 0,5    | 3,8  | 46,0 | -40       | 46      | 1,3            | 84        |
| Kálium-klorid 60% | -                     | -    | -      | 1,1  | 46,0 | -40       | 46      | 1,3            | 84        |
| Kálium-szulfát    | -                     | 1,0  | 17,0   | 0,5  | 1,5  | -20       | 32      | 0,9            | 96,3      |
| MAP               | -                     | -    | -      | -    | -    | -40       | 35      | 1,2            | 91,6      |

## 2.8 A nitrogén tápelem jelentősége:

A nitrogén minden élőlény számára esszenciális elem, amely tartalmaz fehérjét, nukleinsavakat és más fontos szerves vegyületeket. A nitrogént 1772-ben fedezte fel Daniel Rutherford, azonban tőle függetlenül Scheele és Cavendish is leírta. A „nitrogén” név eredete a görög „nitron genes” szóból ered, ami „nitrátot/ salétromot” és „képzőt” jelent. A táblázatban felsorolt 14 elem esszenciális ásványi elem, amelyek nélkülözhetetlenek a növény fejlődése szempontjából. Egy elem akkor tekinthető esszenciálisnak, ha:

- Hiánya lehetlenné teszi a növény számára, hogy életciklusának vegetatív vagy reprodukív szakaszát befejezze.
- A kialakuló tünet specifikus, és csak az adott elem pótlásával előzhető meg vagy kezelhető.
- Az elem közvetlenül részt vesz a növény táplálkozásában, függetlenül attól, hogy lehetséges hatásai vannak a talaj kedvezőtlen mikrobiológiai vagy kémiai állapotára (Ohya T, 2010)

A nitrogén azért is különleges elem, mert nem ásványi eredetű, de mégis ásványi formában veszik fel a növények ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). Marginális mennyiségben aminosavak, vagy karbamid révén is bejuthatnak a növény szervezetébe. Egyetlen elem sem okoz olyan mértékű hajtásnövekedést és terméskepződést, mint a nitrogén. Illetve semmi nem csökkenti úgy a termés mennyiségét és minőségét, mint a nitrogén hiánya. A túlzott nitrogénellátás káros, mert felhalmozódva a növényben képes a fotoszintézis során keletkező szénhidrátvegyületeket az anyagcsere-folyamatban fehérjeképzésre használni, és ezáltal más vegyületek szintézisét lelassítani. Ha azonban nitrogénhiány lép fel, az lelassítja a növekedést, mert a citokinin és abscizinsav fitohormon egyensúlyát felborítja, ezáltal klorotikus tünetet okoz, és az asszimilációs felületet csökkenti (Füleky és Sárdi 2014).

## 2.9 Őszi búza termesztéstechnológiája:

„...Napjaink deheroizálása a búzakenyeret sem kímélte. Vádolták, hogy hizlal, hogy egyoldalú. Kiderült azonban, hogy nem a kenyér hizlal, hanem amit ráteszünk. Összetételben pedig szintén keresve-kereshetjük a versenytársát. Amerikai kutatók kiszámították, hogy a jó kenyérben fillérekért megkapott anyagok olyan értékesek, hogyha egy napi egyenértékét tablettákban akarnánk megvásárolni, áruk több száz dollárt tenne ki! Serdülő kortól aggyastyán korig nehéz lenne ideálisabb étket találni.” - Barabás, 1987.

**2.táblázat:** Magyarország búza termesztésének alakulása (KSH adatok alapján saját szerk.)

| Őszi búza termesztése:         |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                | Magyarország |              |              |              |              |              |
|                                | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         |
| Betakarított terület (ha)      | 1 015 640,00 | 936 624,00   | 892 794,00   | 979 011,00   | 1 053 121,00 | 922 000,00   |
| Betakarított összes termés (t) | 5 377 707,00 | 5 121 479,00 | 5 290 141,00 | 4 354 708,00 | 5 941 993,00 | 5 352 124,00 |
| Terméshozam (t/ha)             | 5,29         | 5,47         | 5,93         | 4,45         | 5,64         | 5,8          |
| Export (t)                     | 2 467 545,00 | 3 115 679,00 | 2 638 727,00 | 2 058 808,00 | 3 020 527,00 | -            |
| Ipari fel.+Takarmányozás (t)   | 2 373 413,00 | 2 417 742,00 | 2 533 371,00 | 2 516 020,00 | 2 338 075,00 | -            |

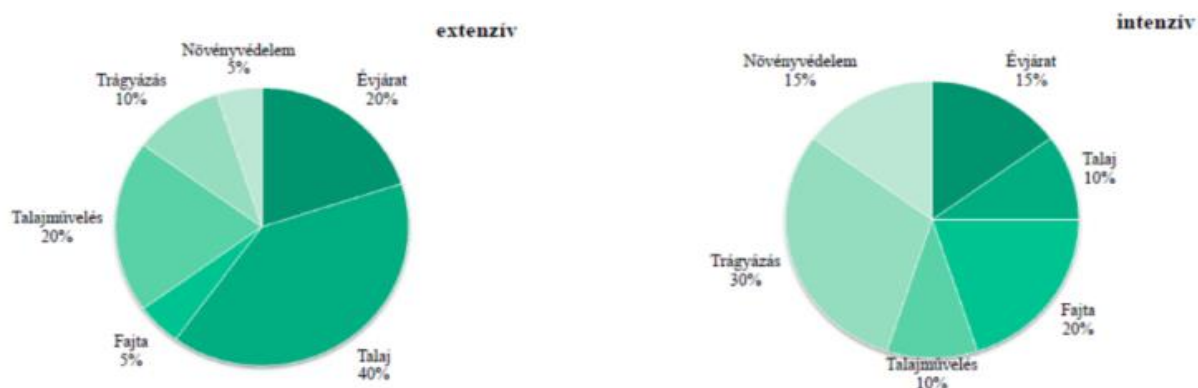
**3.táblázat:** A világ búza termesztésének alakulása (FAOSTAT adatok, Barabás 1986 alapján saját szerk.)

| A világ búza termesztése:      |               |                |                |                |                |                |                |
|--------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | Világ         |                |                |                |                |                |                |
|                                | 1900          | 1980           | 2019           | 2020           | 2021           | 2022           | 2023           |
| Betakarított terület (ha)      | -             | 237 366 000,00 | 216 000 000,00 | 221 000 000,00 | 220 700 000,00 | 224 000 000,00 | 223 000 000,00 |
| Betakarított összes termés (t) | 73 400 000,00 | 446 500 000,00 | 764 100 000,00 | 757 000 000,00 | 772 800 000,00 | 808 400 000,00 | 799 000 000,00 |
| Terméshozam (t/ha)             | <1            | 1,88           | 3,54           | 3,43           | 3,5            | 3,61           | 3,58           |

A feltüntetett (6., 7. ábra) adatokból látszódik, hogy a taglalt- népességnövekedésből fakadó- megnövekedett élelmiszer-igény problémájára a búza is jelentette a megoldást. „Kétségtelen, ha a világ kenyérének problémáját megoldjuk, egyik – talán a legfontosabb – és az embert már a barlangtól kísérő rossz szellemet, az éhséget gyűrjük le.” – írta: Barabás, 1987. Az 1900-as években betakarított, kicsivel több, mint 73 millió tonna búza, mára elérte a 800 millió tonnát. Ez a drasztikus növekedés a már korábban említett kemizálás, nemesítés, gépesítés és sok más tényező összessége. Ezen tény alátámasztására csak a betakarított termőterületek nagyságát kell megvizsgálni – az ugyanis közel azonos. Füleký és Sárdi (2014) a harmadik termőhelyi kategóriában - e kiemelt figyelem oka ezen termőhelyi kategória iránt a 3. fejezetben keresendő - 3,5-7,5 t/ha közé teszi az őszi búza várható termését. A gazdaságunk sokéves termésátlaga is ezt igazolja, hiszen az 5 t/ha körül alakul.

Szakdolgozatomban a tápanyag-utánpótlásnak kerestem a fenntartható technológiáját, így a továbbiakban az ehhez a témához kapcsolódó tudásanyagot gyűjtöttem össze az őszi búza (*Triticum aestivum*) témakörén belül. A tápanyagutánpótlás jelentőségét hivatott kiemelni az alábbi ábra:

**6.ábra:** Különböző művelési technológiák esetén a termést befolyásoló tényezők termésre gyakorolt hatásának megoszlása (Pepó P. 2019 alapján)



A 2.8 fejezetben leírtakon túl - az általános jelentősége a nitrogénnek- specifikusan a búza élettani folyamataiban vizsgáljuk meg a tápanyagok jelentőségét. Lelley és Mándy (1963) alapján tudjuk, hogy a nitrogén legfőképpen a hajtásnövekedésben játszik nagy szerepet, de rendkívül fontos a generatív részek kialakulásában is. Mengel (1972) megállapítása szerint, a kielégítő fejlődés szempontjából elengedhetetlen, hogy minden időpontban elegendő N álljon rendelkezésre, megszakítás nélkül - különösen igaz ez N-igényes növények tekintetében. Loch (1992) szerint a vetés előtt kijuttatott nitrogén legfőképpen a vegetatív fejlődést stimulálja, míg a fejtrágyaként kijuttatott nitrogén tápelem a kalászonkénti szemszámot befolyásolja. Dwiredi et al. (1989) szerint is a növekvő N-koncentráció a vegetáció kezdetén növeli a bokrosodás mértékét, a kaláshosszt, következésképp a hozamot is (Surányi, 2019).

A kalászka differenciálódása a vegetatív szakaszban történik meg, amely a nitrogén elérhetőségének a függvénye. Fontos szem előtt tartani, hogy a búza N-felvétele már őszen jelentős, majd a szárba induláskor hirtelen megnövekszik. A tenyészidőszak során felvett N-hatóanyag 15-20 %-át bokrosodásig, 40-50 %-át szárba indulásig, míg a kalászosítás végéig 90 %-át fogja felvenni (Barabás, 1987).

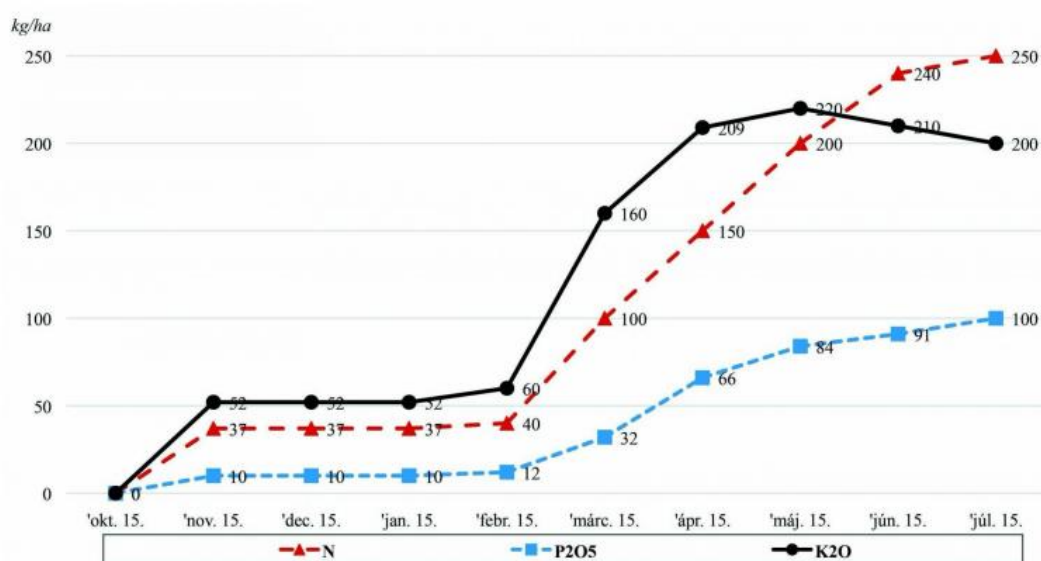
„A N-táplálkozás egyik legkritikusabb időszaka a tél végén, illetve kora tavasszal van, amikor a búzanövények asszimilációs tevékenysége már élénk, de az alacsony hőmérséklet és

sokszor az anaerob viszonyok miatt a talajok természetes N-szolgáltató képessége még kicsi.”- Barabás, 1987. Az ammónium ( $\text{NH}_4^+$ ) nitrogénforma nehezíti a kálium felvételét, viszont elősegíti a foszforét. A nitrát-nitrogén viszont fordított hatással rendelkezik. A mineralizációból származó N mennyiség csernozjom talajon évente 40-70 kg/ha körül lehet Barabás, 1987.

A búza transpirációs koefficiense a tápanyagaránytól függően változik. Trágyázatlan talajon 800g, NPK műtrágya kezelésben 480g, nitrogén túlsúlyos kezelésnél 917g, csak foszfor és nitrogén műtrágyázás esetén 547g. A vízfogyasztás korrelációban van a szárazanyagtermeléssel. Az összes vízfogyasztás (100%) 8%- át csírázásnál; 28%- át bokrosodás idején; 33%- át szárba induláskor; 5%- át kalászoláskor; 3%- át virágzás idején; míg 23%- át a szemfejlődés utolsó szakaszában igényli (Szabó, 1991).

Barabás (1987) alapján állíthatjuk, hogy harmonikus tápanyagfelvétel csak akkor lehetséges, ha a talajban van elegendő diszponibilis víz. Továbbá, a trágyák által okozott terméstöbblet túlnyomó részben a produktív bokrosodás mértékéből, tehát a kalászszaám növekedéséből adódik. Kisebb hányad tulajdonítható a kalászok szemszámának növekedésének. A szárba szökkenés utáni N-trágyázások a minőséget javítják. A kétszeri N-fejtrágyázás csak akkor ideális, ha fejtrágyaként 60-100 kg/ha N-hatóanyagnál többet kívánunk kijuttatni. A búza normális fejlődéséhez Ca-ra és Mg-ra is szüksége van, így a Liebig-elv nyomán állíthatjuk, hogy a kalcium, illetve a magnézium pótlása is javíthatja a műtrágya-reakcióját a növénynek (Nyéki, 1976).

7. ábra: Őszi búza tápanyag felvételi diagrammja (Pepó, 2019)



## **2.10 A tápanyagellátást befolyásoló egyéb tényezők:**

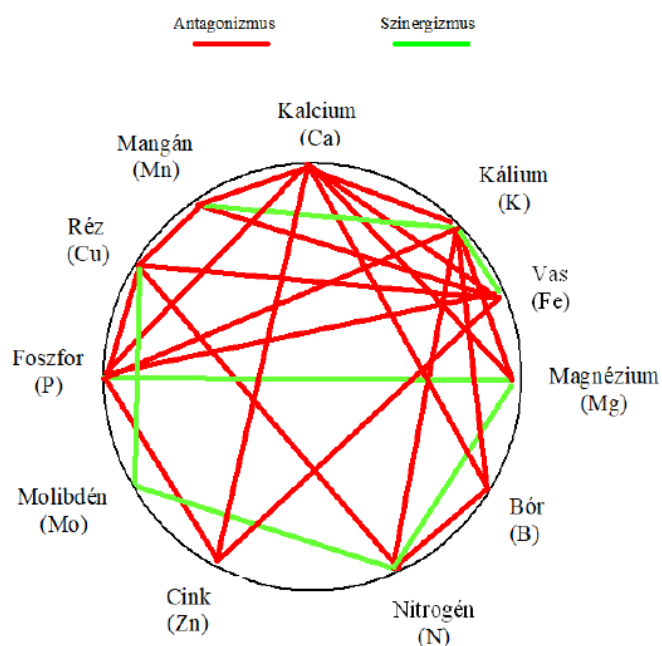
### **2.10.1 A kén szerepe:**

A kén olyan esszenciális tápanyag, amely a növények megfelelő növekedéséhez és fejlődéséhez szükséges. A kén a fehérjék diszulfidkötéseinek, az aminosavak, a vitaminok, valamint különböző kofaktorok szerkezeti alkotóeleme. A talajban található kén nagy része szerves anyagban található, ezért a növények számára nem hozzáférhető. A kén ionos formája ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a növények elsődleges kénforrása, amely általában minimális mennyiségben van jelen a talajban. A kén olyan aminosavak alkotóeleme, mint a metionin és a cisztein, valamint vitaminok (biotin és tiamin), fitokelatinok, klorofill, a koenzim A és az S-adenozil-metionin. A szulfáthiány a rubisco (ribulóz-1,5- bifoszfát-karboxiláz/oxigenáz) enzim szintézisének csökkenéséhez vezet, ami befolyásolja a  $\text{CO}_2$  asszimilációs sebességét, következésképp a szénhidrátok szintézisének lassulását, a fiatal levelek klorózisát idézi elő. Egy másik tanulmányban megfigyelték, hogy a kén-kiegészítés javítja a szemtermést és a fehérjehozamot a fontos növényekben, mint például a búza és a repce esetében (Narayan et al, 2023). Szabari Sz. (2020) szerint az őszi búza minden 8,5 egység nitrogén mellé 1 egység ként igényel a vegetáció során.

### **2.10.2 Ionok között fellépő interakciók:**

Fageria (2014) szerint a termesztett növények hozamát leginkább a növényben lejátszódó tápelem kölcsönhatások határozzák meg. Tápanyagok közötti interakciók abban az esetben lépnek fel, ha egy tápanyag befolyásolja egy másik tápanyag adszorpcióját, eloszlását vagy működését. Ezen okból kifolyólag a tápanyagok közötti kölcsönhatások vagy hiányosságokat, vagy toxicitást idézhetnek elő, és módosíthatják a fejlődési viszonyokat. 1953-ban Mulder volt az első, aki az ásványi elemek reakciójának összetettségét bemutatta a kölcsönhatás diagramján (Swilling 2004). A Mulder diagram azt szemlélteti, hogy az egyes tápanyagok hogyan kapcsolódnak egymáshoz, illetve azt, hogy az egyik feleslege negatív hatással lehet egy másikra, amely feltételezhetően elégséges mennyiségben van jelen (Chubb 2015) (Surányi Sz., 2019). Az alábbi ábra (8. ábra) az így fellépő tápelemek közötti interakciókat szemlélteti:

**8. ábra:** Mulder diagramm (Forrás: Surányi Sz., 2019)



## **2.11 A búza minősége, a minőség mérése:**

A búza minőségének több aspektusa is van. Más a kívánt minőség, ha takarmánynak, más, ha egyéb ipari felhasználásnak (keményítő-gyártás), és más, ha téztaipari-felhasználásra szánjuk. A továbbiakban a malomipari-, illetve sütőipari értékelését vizsgálom (Barabás, 1987).

A malomban feldolgozott búza őrlési sajátosságai a fontosak. Ilyen szempont a hektolitertömeg, ezerszemtömeg, sűrűség, acélosság, szemnagyság, endospermium-aleuron réteg arány, lisztkihozatal stb. (Barabás, 1987).

A dolgozat elkészítése során – abból kifolyólag, hogy pénzügyi elemzést is végeztünk- az eredmények értékeléséhez a felvásárlók által vizsgált paramétereket elemeztük. A továbbiakban az ezeken felüli laborvizsgálatok menetét nem tüntettem fel. A vizsgált értékek: fehérje, sikér, Zeleny-index, és alveográfós-érték, valamint makro- és mikroelemtartalom.

Barabás (1987) szerint a kenyérfőzésnél a sikér fő funkciója az, hogy olyan hálózatos térszerkezetet hozzon létre, amely az érés során felszabaduló gázbuborékokat képes felfogni, valamint a keményítőszemcséket az összekapcsolódástól megvédeni. Szabó, (1991) szerint a kívánatos sikértartalom csak lehetőséget ad arra, hogy adalékanyagokkal feljavítva megkapjuk a kívánt paramétereket. A sikér mértékét a liszthez viszonyítva adják meg

(Barabás, 1987). A környék átvételi határértékei: takarmány <22 %; EU 22-25%; malmai 25 % felett.

Mivel a siker, a búzaliszt vízzel készített tésztájából kimosott képlékeny anyag, amely különböző kis- és nagy molekulatömegű fehérjék vízzel képzett komplexe, ezért a siker mennyiség szempontjából fontos tényező a fehérjetartalom is. Magasabb fehérjetartalom magasabb sikermennyiséget eredményez (Barabás, 1987).

A sikerfehérjék hidratációja, azaz a vízfelvétel képessége, gyakorlati szempontból egyet jelent a fehérje duzzadásával. A sikerfehérjék híg savakban való duzzadási képességét régóta használják minőségvizsgálatra. A Zeleny-féle ülepedési érték (Zeleny-érték) a tejsavoldatban szuszpendált liszt ülepedésének mértékét írja le egy standard időtartam alatt. Mivel a Zeleny-érték és a fehérjetartalom között korreláció ( $r=0,8748$ ) van, ezért NIR vizsgálattal is mérhető (Hrušková és Faměra, 2003)

Reológiai tulajdonságokat alveográfval vizsgálják a laborban. Az alveográf egy alveográf-görbét eredményez, amelyből kiszámítható több sütőipari érték is, de többek között az adott búza lisztjéből készíthető tészta deformációs energiája ( $W$ ). A  $W$  paramétert deformációs energiának nevezik, mivel azt az energiát jelenti, amely ahhoz szükséges, hogy a tésztabuborék felfújódjon a repedésig. Minél magasabb ez az érték, annál jobb eredménnyel használható kenyérfőzésre (Jødal és Larsen, 2021)

## **2.12 Az Európai Unió környezetpolitikája:**

A mezőgazdasági ágazat kulcsszerepet játszik a szén ciklusban, így az élelmiszer-klíma kapcsolatának értékelése elengedhetetlen a hatékony mérséklési politika szempontjából. A prognosztizált forgatókönyvekben, a következő évtizedekben a globális felmelegedés várhatóan tovább fog fokozódni Európában, elsősorban a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) kumulatív kibocsátásának növekedése miatt (Bilgili et al., 2024; King és Karoly, 2017; Walsh et al., 2017). A  $\text{CO}_2$ -kibocsátás elsősorban a mezészből és karbamid műtrágyázásból származik (Ntinyari et al., 2023; Petrescu és munkatársai, 2020) (Mohammed et al., 2025).

Számos európai (EU) szintű intézkedést vezettek be a túlzott nitrogénkibocsátás negatív mellékhatásainak csökkentése érdekében, beleértve a Nemzeti Kibocsátási Határértékekről szóló Irányelvet (Európai Bizottság, 2001), amely kibocsátási célokat tűzött ki az  $\text{NH}_3$  és a nitrogén-oxidok tekintetében; az Élőhelyvédelmi Irányelvet (Európai

Bizottság, 1992), amely közvetve szabályozza a nitrogén-kibocsátást, a nitrátirányelvet (Európai Bizottság, 1991) és a víz-keretirányelvet (Európai Bizottság, 2000), amelyek korlátozzák a termésnövelő anyagok nitrogénjének felhasználását és a víztestekben lévő nitrogén-koncentrációt, illetve a Párizsi Megállapodást (ENSZ, 2015), amely célokat tűzött ki az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére (Leip et al, 2022).

### 2.12.1 Nitrátirányelv

1991 óta a nitrátirányelv (Nitrát Direktíva) volt a fő európai referencia a mezőgazdasági területek túlzott trágyázása és az ebből eredő nitrátszennyezés által veszélyeztetett vizek védelmére. Az Nitrát Direktívát azzal a céllal adták ki, hogy *„szerte megvédjék a vízminőséget azáltal, hogy megakadályozzák a mezőgazdasági forrásokból származó nitrátok talaj- és felszíni vizek szennyezését, valamint előmozdítsák a helyes gazdálkodási gyakorlatok alkalmazását”* (EU Bizottság, 1991). Ennek megfelelően a tagállamokat felkérték, hogy jelöljék ki a nitrátérzékeny területeket, nevezetesen azokat, amelyek valószínűleg hozzájárulnak a felszíni vagy a talajvíz legalább 50 mg/l nitrát ( $\text{NO}_3^-$ ) szennyeződéséhez (Musacchio et al, 2019).

A talajok nitrátszennyezése azért örvend nagyobb figyelemnek, mint más tápelemek túladagolása, mert az a talajvízbe jutva *„toxikus alkatrész”* (Fülek, 2004). A történelem során számos negatív tapasztalás okán ismerték fel a nitrát egészségre közvetve veszélyt jelentő voltát. Az ivóvíz magas nitráttartalma közvetve tehető felelőssé a csecsemőkori kékes-szürke betegségért (*methaemoglobinaemia*), a haszonállatok methaemoglobinaemiás vetélésekért és elhullásokért, továbbá más humán megbetegedések létrejöttéért, mint például a daganatok és egyéb betegségek kialakulásáért. Mivel az 1970-es évektől az iparszerű mezőgazdasági termelés túlzott műtrágyafelhasználása évente akár 3 %-kal is emelheti a talaj nitráttartalmát, ezért fontos a *„jó mezőgazdasági gyakorlatok”* betartása, és a termesztett növény számára optimális mennyiségű és kijuttatási módozatú, illetve időpontú szerves vagy nitrogén műtrágya használata (Fülek, 2004).

Az következő táblázatokban a hazai nitrogénkijuttatásra vonatkozó szabályozások értékei és mérőszámai találhatók:

**4.táblázat:** Irányszámok a szántóföldi termőhelyek nitrogénellátottságának meghatározásához (Forrás: 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet)

| Szántóföldi termőhely | KA    | Humusz% |          |      |
|-----------------------|-------|---------|----------|------|
|                       |       | gyenge  | közepes  | jó   |
| I.                    | >42   | <2,4    | 2,4-3    | >3   |
|                       | <42   | <1,9    | 1,91-2,5 | >2,5 |
| II.                   | >38   | <1,9    | 1,9-2,5  | >2,5 |
|                       | <38   | <1,5    | 1,5-2    | >2   |
| III.                  | >50   | <2,5    | 2,5-3,3  | >3,3 |
|                       | <50   | <2      | 2-2,8    | >2,8 |
| IV.                   | 30-38 | <1      | 1-1,15   | >1,5 |
|                       | <30   | <0,7    | 0,7-1,2  | >1,2 |

**5.táblázat:** Nitrátérzékeny területen a tápanyag-gazdálkodási számításoknál figyelembe vehető maximális N hatóanyag (kg/ha) értékek (Forrás: 59/2008. (IV. 29.) FVM alapján saját szerkesztés)

| Őszi búza maximális N hatóanyag (kg/ha) értéke |                               |                                |                           |
|------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Termőhelyi kategória                           | Gyenge N ellátottságú talajon | Közepes N ellátottságú talajon | Jó N ellátottságú talajon |
| III.                                           | 210                           | 200                            | 180                       |

Az 1 tonna szem és a szalma melléktermék előállításához megengedett N-hatóanyag mennyisége az 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet alapján:

**6.táblázat:** Az őszi búza tápanyagigénye (Forrás: 59/2008. (IV. 29.) FVM, saját szerkesztés)

| Növény    | Tápanyagigény kg/tonna főtermés |                               |                  |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|
|           | N                               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Őszi búza | 27                              | 11                            | 18               |

## 2.12.2 Összegzés

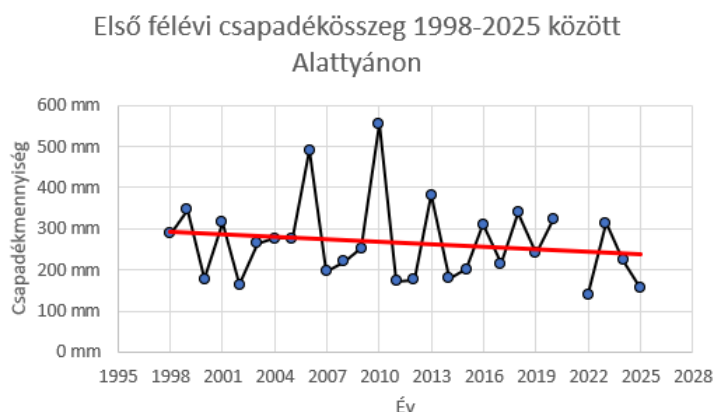
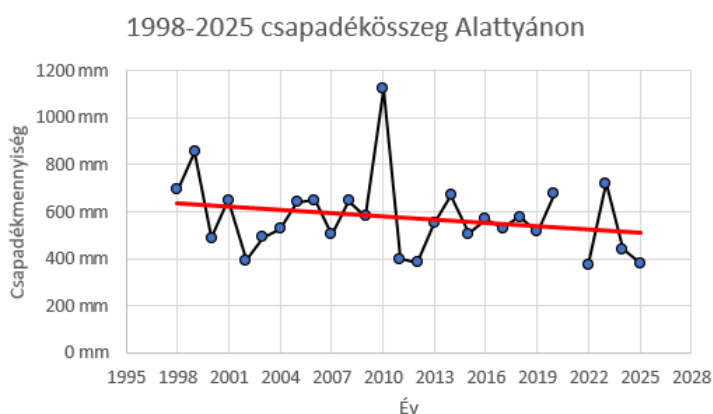
Mindezen szabályozások és megkötések figyelembevételével állíthatjuk, hogy a termelés -a már korábban a bevezetésben említett- változáson kell, hogy keresztül menjen. Úgy kell megfelelő mennyiséget elfogadható minőségben előállítani, hogy az további környezetkárosítással ne járjon. A jogszabályokat betartva, a lehető legszakszerűbb módon kell a gazdálkodást folytatni. Ennek elengedhetetlen része a tudatos, és a megszokásokkal szakító tápanyagutánpótlás. Az adott térségre meg kell találni a leginkább adaptálható technológiát.

### 3 ANYAG ÉS MÓDSZER:

A kísérleteket saját gazdaságunk területén végeztem el. A gazdaság központja Alattyánon, Jász-Nagykun-Szolnok-vármegyében található. Topográfiáját tekintve síkság, melyen egy folyó, a Zagyva halad keresztül.

#### 3.1 Klimatikus tényezők

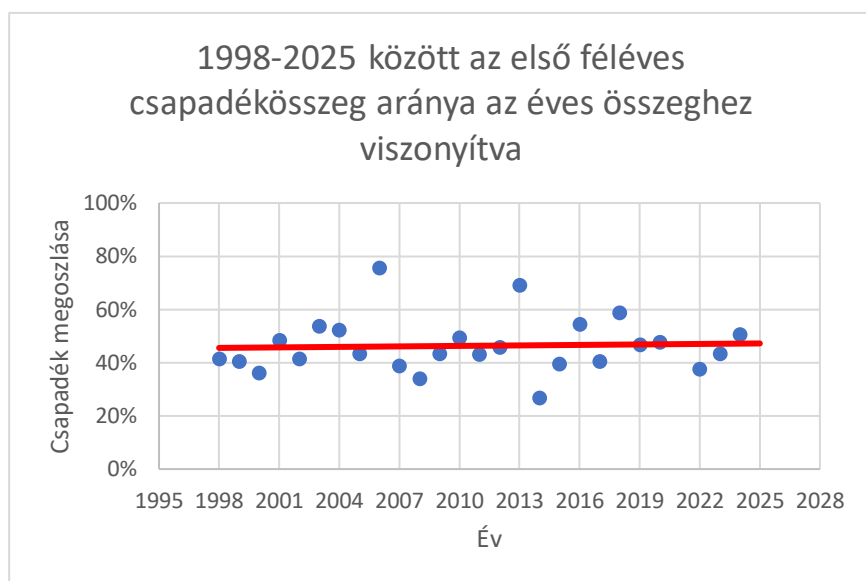
**9-10. ábra:** Alattyán csapadékeloszlása 1998-2025 között (saját adatsorok)



A térség csapadékmennyisége az elmúlt szűk 30 évben 570 mm körül alakult, de igen szélsőséges keretek között. Ugyanis, ha az adatsorból kivesszük a 2010-es belvíz súlytotta évet, illetve a 2022-es történelmi aszályt (Erdődiné és Kovács, 2023), akkor az átlag 540 mm-re változik. Negatív tapasztalat a térségben, hogy mind az egész évi (felső diagramm), mind pedig az első félévben lehullott (alsó diagramm) csapadék mennyisége csökkenő tendenciát mutat. Az első félévben, tehát

júniussal bezárólag érkező csapadék kiemelt jelentőséggel bír a nyári betakarítású növények produktumára. Igaz, nem elhanyagolható a vetés évében ősszel és télen érkező csapadék sem, hiszen annak tartaléka sokat jelent kora tavasszal, a fejlődés intenzívebbé válásánál. Azonban, a kijuttatott fejtrágyák hasznosulására az őszi-téli feltöltő csapadék nincs hatással, hiszen nem egy időszíkot érintenek. Így a kísérlet szempontjából a tavasszal érkező csapadék mennyiségét kell megvizsgálni.

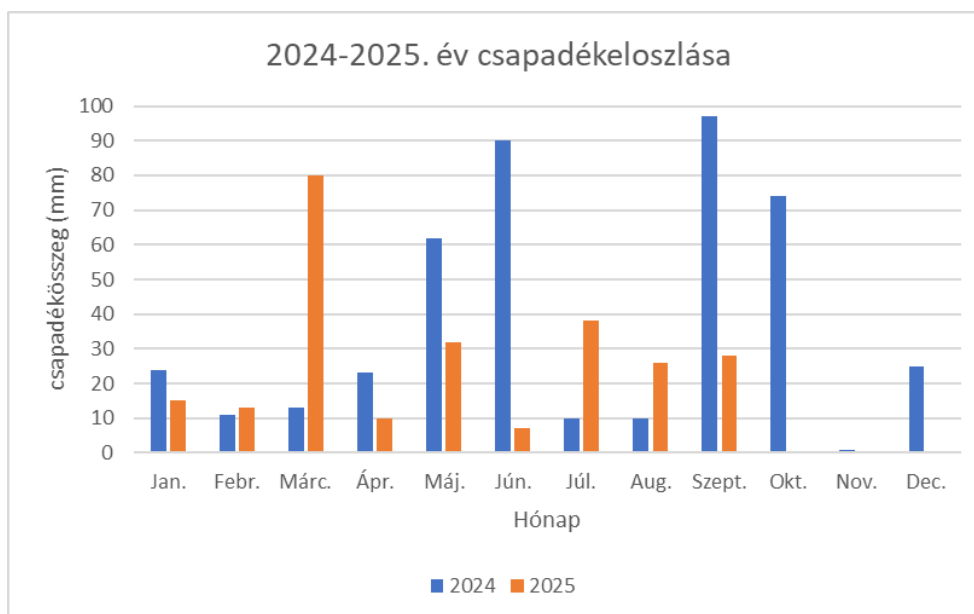
**11. ábra:** Az első félév csapadékmegoszlása az éves összeghez viszonyítva (saját szerk.)



A nyári betakarítású növények szempontjából viszont pozitívum, hogy a csapadék növekvő hányada az év első felében érkezik meg, ráadásul alacsonyabb hőmérséklettel is párosulva. Ez önmagában könnyítene a

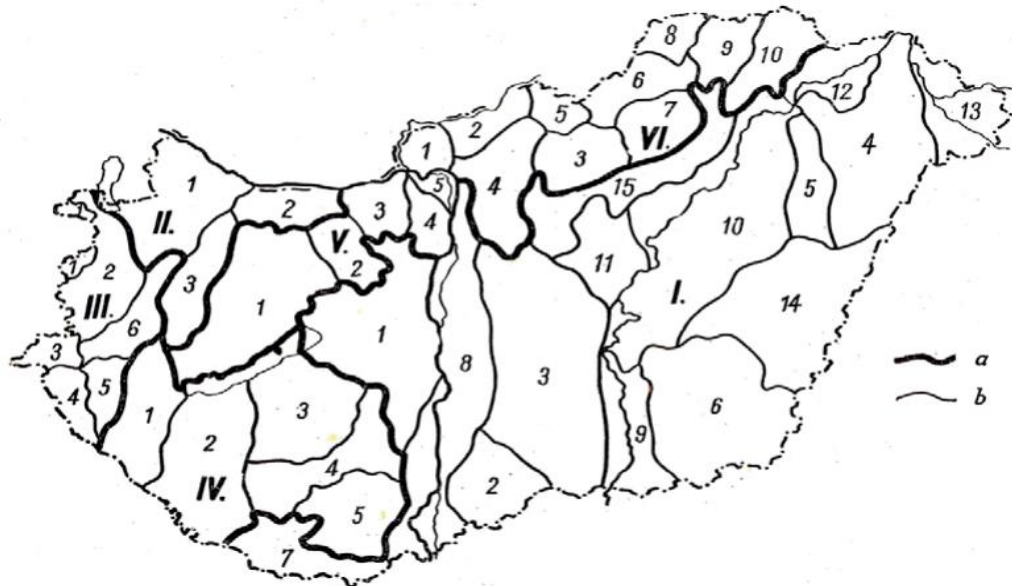
tavaszi fejtrágyázás hatékonyságán, de a diagramm egy fontos részletet nem fed fel. Bár a számok kedvező csapadékeloszlást vetítenek előre, számos évben történt olyan, hogy a kora tavasz, a legintenzívebb fejlődés periódusa csapadékhiányban szenvedt. Vagy márciusban vagy áprilisban egy csepp sem, vagy legfeljebb 5mm eső esett a következő években: 2003, 2007, 2009, 2012, 2014, 2019, 2020, illetve 2024-ben és 2025-ben is csak 10mm eső érkezett az említett hónapokban. Ezekből az adatokból jól látszódik, hogy a csapadék eloszlása bizonytalan, így a tápanyagot is a legszakszerűbben kell a növény rendelkezésére bocsátani, hiszen egy rosszul időzített fejtrágyázás nitrogénhiányos időszakot okozhat a növény fejlődésében.

**12.ábra:** 2024-2025. év csapadékeloszlása Alattyánon (saját adat)



### 3.2 Edafikus tényezők:

13.ábra: Magyarország tájai (Forrás: Bulla B, 1962)

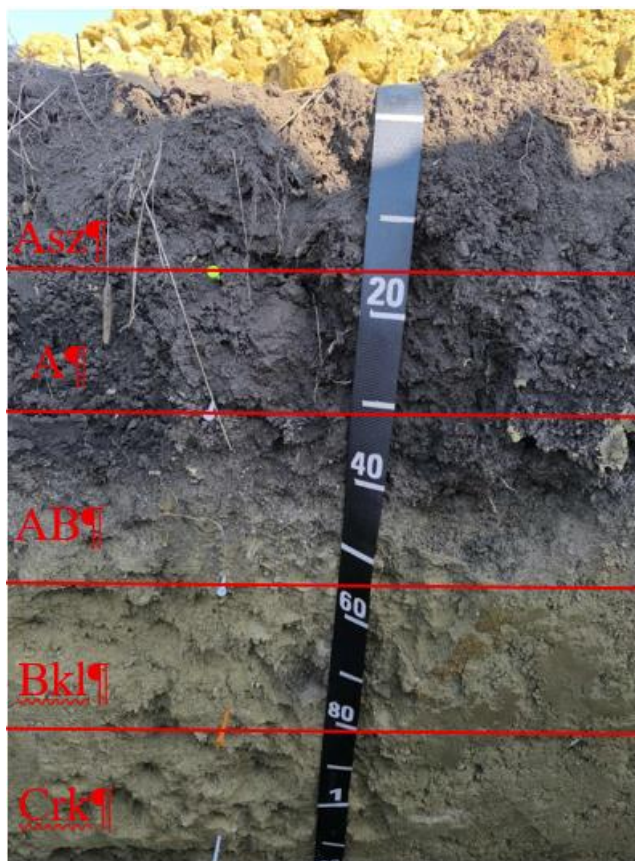


Alattyan az Alföldön, azon belül is a 13. ábrán 11-es résztájjal jelzett Jászságban, másnéven Zagyva-medencében helyezkedik el. Bulla (1962) megfogalmazásában: „*A Zagyva-medence (a Jászság). Hordalékkúpokkal övezett, tágas, pleisztocén-holocén alföldi peremsüllyedék, mezősegi, szikes és réti talajokkal; nyáron gyakran aszályos kultúrmezőség.*” Stefanovits et al. (1999) alapján Alattyan az észak-alföldi hordalékkúpsíkságon helyezkedik el, azon belül is a Tápió-Galga-Zagyva-vidéken. Az itt található talajban pleisztocén kori üledékrétegek találhatók. A talajok termékenységét a középhegység ásványi anyagai biztosítják a kedvező tápanyagtartalmuk révén.

Az Alföld mélyébe hatolva megszűnik a dombvidék, és egy kis mikrodomborzattal tarkított síkság kerül el. Az uralkodó talajtípus Alattyan határában a típusos réti, illetve a csernozjom réti talaj. A réti talajok szelvényeiben csak a réti talaj képződési folyamataira általánosan jellemző tulajdonságok és az így kialakult bélyegek találhatók meg. Az anaerob környezet hatására a szerves anyagok a talaj humuszos szintjét feketére színezik. Ebben segít a talaj vashumát tartalma is. Elsődleges agyagásványa a szemektit, amelynek jellemző tulajdonsága, hogy méternyi mélységig is lenyúló repedéseket alakíthat ki. Vízgazdálkodása elfogadható, míg tápanyag-gazdálkodása közepes (Stefanovits et al. 1999). A montmorillonit (legjellemzőbb ásvány a szemektitcsoportban) kationkicszerelő kapacitása általában 80 – 120 mgeé/100 g. A montmorillonit kolloid tulajdonságok szempontjából aktív (Bohn et al, 1979).

**14.ábra:** Talajszelvény (saját kép)

A talajszelvény vizsgálata során egy típusos réti talajt írtunk le. A talajszelvény vizsgálatának paramétereit a 9.fejezet - Mellékletek oldalon az 1. melléklet tartalmazza. Megtalálható benne a glejesedés okozta színváltozás, a mélyben kialakuló mészgöbecs, a csúszási tükör, vas és mangán kiválás, tömör mészpadka, illetve a magas agyagtartalom. Az A szint körülbelül 30 cm-ig nyúlik le, amit egy 20 cm-es AB átmeneti szint követ. A korábban leírtak, továbbá a mellékletek talajmintavételi jegyzőkönyvei, és a 14. ábra figyelembevételével a talaj a III. termőhelyi kategóriába tartozik.



### **3.3 Biológiai tényező**

A kísérlet során vizsgált őszi búza fajta a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft, GK Magvető névre keresztelt fajtája volt. Gazdaságunkban hosszú évek óta már ezt a fajtát termeljük a legnagyobb területen. Röviden jellemezve: korai érésű, tar kalászu, A2-A1 sütőipari osztályú, nagy termőképességű, stabil malmi minőségű őszi búza.

**15. ábra:** GK Magvető minőségi mutatói (Gabonakutató Kft, 2025)

#### **Minőségi mutatók**

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Ezerszemtömeg              | 43-48 g               |
| Hektolitertömeg            | 80-82 kg              |
| Esésszám                   | 390-410 s             |
| Zeleny-féle index          | 40-50 ml              |
| Nedvessikér-tartalom       | 30-32%                |
| Nyersfehérje-tartalom      | 13,0-15,0%            |
| Sütőipari osztály          | A2-A1                 |
| Extenzográfus energia 135' | 70-90 cm <sup>2</sup> |

### 3.4 A vizsgálat beállítása:

A vizsgálat során hat kezelési módot hasonlítottam össze mind 2024, mind pedig 2025-ben. A kezelések által kijuttatott N-hatóanyag az AKG program kötelezettségei miatt 90 kg/ha mennyiségben lett maximalizálva. Igaz, a tervezett 5 tonna/hektár hozam a MÉM-NAK által kötelezően előírt tápanyag-gazdálkodási terv alapján az előbb meghatározott mennyiségnél több kijuttatott hatóanyagot is engedne – fentebb, a 2.12.1 részben részletezve. A 90 kg/ha N-hatóanyag mindkét évben alaptrágya és fejtrágya formájában lett kijuttatva. Az alaptrágya minden esetben 200 kg/ha 10-20-10 NPK tartalmú műtrágya volt. Alaptrágyát a kontroll parcella is kapott. A beállított fejtrágyázási kísérletek leírása alább látható a 8. ábrán. Az alaptrágyán és a fejtrágyán kívül gombaölő-, rovarölő- és gyomirtószereket is juttattunk ki indokolt esetben. Egyéb kezelést nem alkalmaztunk az állományokon.

**7. táblázat:** Vizsgált fejtrágyázási technológiák (saját szerkesztés)

| 2024-2025. évi beállított vizsgálatok: |                                          |                    |        |                                  |                    |         |                                  |
|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|--------|----------------------------------|--------------------|---------|----------------------------------|
| Parcella                               | Kezelés                                  | 1. fejtrágya       |        |                                  | 2. fejtrágya       |         |                                  |
|                                        |                                          | Termésnövelő anyag | Dózis: | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: | Termésnövelő anyag | Dózis:  | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: |
| 1.                                     | MAS 27%+Vixeran                          | MAS 27%            | 150 kg | 40 kg N                          | Vixeran            | 80 g/ha | 30 kg N                          |
| 2.                                     | UREUS 46% (inhibítorral kezelt karbamid) | UREUS 46%          | 150 kg | 70 kg N                          | -                  | -       | -                                |
| 3.                                     | AS 21-24% +MAS 27%                       | AS 21%+24%         | 200 kg | 42 kg N                          | MAS 27%            | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 4.                                     | MAS 27% + MAS 27%                        | MAS 27%            | 160 kg | 43 kg N                          | MAS 27%            | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 5.                                     | MAS 27%                                  | MAS 27%            | 260 kg | 70 kg N                          | -                  | -       | -                                |
| 6.                                     | NITROSOL 30% + 7,5% S (inhibítorral)     | Nitrosol 30%       | 230 kg | 70 kg N                          | -                  | -       | -                                |

A karbamid hatóanyagú műtrágyák kijuttatásakor minden esetben alkalmaztunk inhibitor készítményt, mivel az agrár-ökológiai-program (AÖP) karbamid kijuttatására vonatkozó szabályozása ezt kötelezővé tette. A Vixeran mikrobiológiai készítmény mindkettő évben a tavaszi gyomirtás alkalmával lett kijuttatva az állományra.

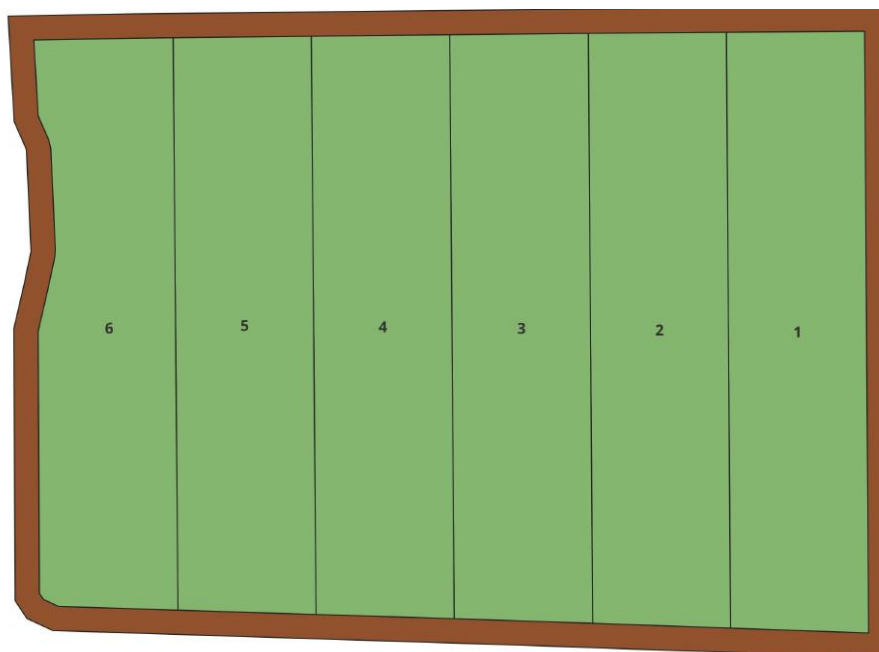
A kísérlet során alkalmazott N-fixáló baktériumot tartalmazó készítmény a Vixeran volt. Az *Azotobacter salinestris* törzs CECT 9690 egy szabadon élő nitrogénfixáló baktérium, amely a növényen belül vagy a talajban képes megtelepedni. Ez a baktérium folyamatosan

képes fixálni a légköri nitrogént, ami előnyös hatással van a növényre és a gyökérszónájára, azaz a rizoszférára. A baktérium cisztákat hoz létre a túlélés érdekében, növelve a kompatibilitását növényvédő szerekkel. Védő biofilmet képez, amely segít a növény és a baktérium kolonizációjában, védelmet nyújtva a környezeti stressz és kórokozók ellen. A baktérium kolonizálja a növény leveleit és gyökérrendszerét, így az egész növényt érintő kolonizáció átfogó előnyöket nyújt (Syngenta, S.a.)

### 3.4.1 2024. évi vizsgálat:

A terület egy egybefüggő 37 ha-os tábla volt. Az AKG programban meghatározott kötelezettségeink miatt a táblát egy 20m széles szegély veszi körbe, ezért a környező tábláktól az elkülönítés megoldott. Az elővetemény napraforgó volt. A tábla felosztása az alábbiak szerint alakult:

**16. ábra:** 2024. évi vizsgálat parcellái (QGIS, saját adat)



A 2.melléklet, tehát a tábla talajmintavételi jegyzőkönyvéből arra következtethetünk, hogy jó ellátottságú a talaj humusztartalma. Tekintettel arra, hogy minden parcella nagy területet foglalt el (5ha/parcella), a reprezentatív volta nem kérdőjelezhető meg a vizsgálatnak. A jegyzőkönyvből is látszódik, hogy a tábla viszonylag homogén, ezért csak marginális különbségek figyelhetők meg a vizsgált paraméterek között.

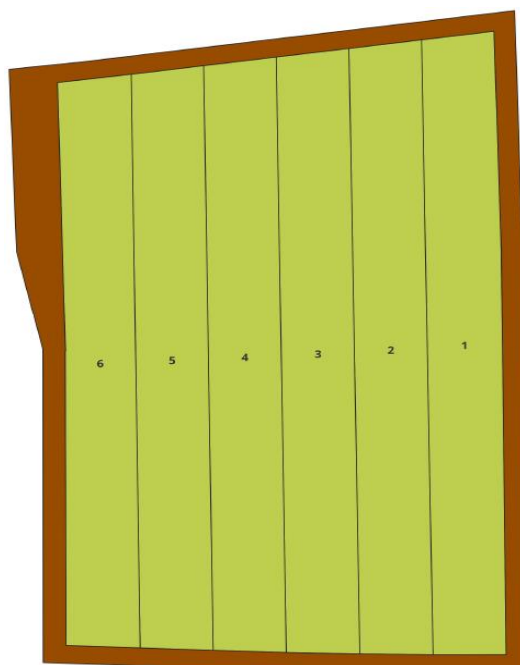
**8.táblázat:** 2024. évi beállított kísérletek (saját adat):

| 2024. évi beállított vizsgálatok: |                                      |               |                    |        |                                  |               |                    |         |                                  |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------|--------|----------------------------------|---------------|--------------------|---------|----------------------------------|
| Parcella                          | Kezelés                              | 1. kijuttatás |                    |        |                                  | 2. kijuttatás |                    |         |                                  |
|                                   |                                      | Dátum:        | Termésnövelő anyag | Dózis: | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: | Dátum:        | Termésnövelő anyag | Dózis:  | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: |
| 1.                                | MAS+Vixeran                          | 2024.03.04    | MAS 27%            | 150 kg | 40 kg N                          | 2024.04.10    | Vixeran            | 80 g/ha | 30 kg N                          |
| 2.                                | UREUS (Inhibítorral kezelt karbamid) | 2024.03.04    | UREUS 46%          | 150 kg | 70 kg N                          |               | -                  | -       | -                                |
| 3.                                | AS+MAS                               | 2024.03.04    | AS 21%+24%         | 200 kg | 42 kg N                          | 2024.04.03    | MAS 27%            | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 4.                                | MAS+MAS                              | 2024.03.04    | MAS 27%            | 160 kg | 43 kg N                          | 2024.04.03    | MAS 27%            | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 5.                                | MAS                                  | 2024.03.04    | MAS 27%            | 260 kg | 70 kg N                          |               | -                  | -       | -                                |
| 6.                                | NITROSOL (inhibítorral)              | 2024.03.04    | Nitrosol 30%       | 230 kg | 70 kg N                          |               | -                  | -       | -                                |

### 3.4.2 2025. évi vizsgálat:

2025-ben a vizsgálat egy szomszédos, tehát közel azonos tulajdonságokkal rendelkező területen lett beállítva. Ebben az évben is egy viszonylag nagy, 30 ha-os terület lett kijelölve a vizsgálatra. Az elővetemény szintén napraforgó volt. A parcellák kijelölése az alábbiak szerint történt:

**17. ábra:** 2025. évi vizsgálat parcellái (saját szerkesztés, QGIS)



A 3.melléklet alapján a tábla ebben az esetben is homogénnek tekinthető, hiszen a paraméterek jórészt azonos határértékek között alakulnak. A humusztartalom ennél a táblánál is elfogadható, az FVM rendelet osztályozása alapján jó.

**9.táblázat: 2025. évi beállított kísérletek (saját adat):**

| 2025. évi beállított vizsgálatok: |                                      |               |                     |        |                                  |               |                     |         |                                  |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|--------|----------------------------------|---------------|---------------------|---------|----------------------------------|
| Parcella                          | Kezelés                              | 1. kijuttatás |                     |        |                                  | 2. kijuttatás |                     |         |                                  |
|                                   |                                      | Dátum:        | Terménynövelő anyag | Dózis: | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: | Dátum:        | Terménynövelő anyag | Dózis:  | Kalkulált kijuttatott hatóanyag: |
| 1.                                | MAS+Vixeran                          | 2025.02.26    | MAS 27%             | 150 kg | 40 kg N                          | 2025.04.19    | Vixeran             | 80 g/ha | 30 kg N                          |
| 2.                                | UREUS (inhibítorral kezelt karbamid) | 2025.02.26    | UREUS 46%           | 150 kg | 70 kg N                          |               | -                   | -       | -                                |
| 3.                                | AS+MAS                               | 2025.02.26    | AS 21%+24%          | 200 kg | 42 kg N                          | 2025.03.28    | MAS 27%             | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 4.                                | MAS+MAS                              | 2025.02.26    | MAS 27%             | 160 kg | 43 kg N                          | 2025.03.28    | MAS 27%             | 100 kg  | 27 kg N                          |
| 5.                                | MAS                                  | 2025.02.26    | MAS 27%             | 260 kg | 70 kg N                          |               | -                   | -       | -                                |
| 6.                                | NITROSOL (inhibítorral)              | 2025.02.26    | Nitrosol 30%        | 230 kg | 70 kg N                          |               | -                   | -       | -                                |

### 3.5 Vizsgálati módszertan:

#### 3.5.1 Talajvizsgálati módszertan:

A talajvizsgálati módszertan minden esetben megegyezett a hatályos Magyar Szabvány leírásaival. Az erről készült összefoglaló táblázatot a Mellékletek oldalon a 4.sz. melléklet tartalmazza (MSZT).

#### 3.5.2 Növényi minták kémiai összetételének vizsgálata:

A növényi minták kémiai összetétel vizsgálatának általában kettő célja van:

- a növények tápanyagellátásaként szolgáló fő - és melléktermésben a felhalmozódott tápelemkoncentrációk meghatározása, továbbá
- a növény fejlődése folyamán a fiatal növények hajtásrészeinek, leveleinek elemzése (ún. levél- és növényanalízis).

A vizsgálatok kiértékeléséhez az előbbi, tehát a szemtermésben felhalmozódott tápelemkoncentrációt vizsgáltam. A termések kémiai összetételét légszáraz állapotban határoztam meg. Miután meghatároztam a nedvességtartalmat 105 °C-os szárítást követően, következhetett a szerves kötésben lévő tápelemek ionos formába alakítása. A feltárás történhet hamvasztással 550 °C-on, amely hamut aztán sósavban oldunk fel. Másik módja, amit a kiértékelés során is alkalmaztam, az a kénsavas roncsolás. Ezt nevezzük Kjeldahl-féle roncsolásnak.

A ledarált növénymintából 1, 000g - ot mértem be boroszilikát feltárácsövekbe, melyet 10 ml tömény kénsavval reagáltattam, melyhez 1 db katalizátor tablettát (KT4, melynek összetétele: 3,5 g  $K_2SO_4$  és 3,5 g Se) és 2 ml cc. hidrogén-peroxidot adtam. Először hidegen elszívó fülke alatt, majd egy programozott blokkroncsoló berendezésben (18. ábra) kb. 338°C-on feltártam. A feltárás során az oldat először elfeketedett (a tömény kénsav vízelvonó hatása miatt a minta elszenesedik), majd hosszas roncsolást követően a szerves vegyületek széntartalma teljes mértékben eloxidálódott ( $CO_2$  - á alakulva eltávozik) és víztiszta oldatot kaptam. Feltárást követően, melynek átlagos ideje 1,5-2 óra; hűlni hagytam a roncsolatokat, majd 100 ml-es mérőlombikba átmostam és jelre állítottam. Végezetül folyadéküvegbe, hamumentes szűrőpapíron átszűrve tároltam.

**18.ábra:** Blokkroncsoló berendezés (saját kép)



**19. ábra:** A minta kimérése (saját kép)



A kapott roncsolatokból hígítás (általában 10-szeres hígításban) után meghatároztam az összes nitrogén-, foszfor- és kálium-tartalmat. A minta nitrogéntartalmát ammónium-szulfát vegyület formában kaptam meg. Ebből lúggal, NaOH oldattal felszabadítottam az ammóniát, amelyet bórsavban fogtam fel. A bórsavat ezután faktorozott kénsavval visszatittráltam, és a fogyásból megkaptam a minta N-tartalmát.

### **3.5.3 NIR analízis:**

A NIR analízis, másnéven közeli infravörös spektroszkópia különböző analitikai vizsgálatokra is felhasználható. Ez a mérési technológia a közeli infravörös fény visszaverődésének, illetve elnyelődésének mérésén alapul. Kihasználja azt a fizikai törvényszerűséget, hogy hasonló beltartalmú mintákban azonos módon halad át, vagy nyelődik el a közeli infravörös fény. Ezen tulajdonságot kihasználva gyorsan, és sok ismételtséggel lehet a különböző termékek nedvességét, fehérjetartalmát, nedves sűrűs-

menyiségét, szemkeménységét, szedimentációs értékét, olajtartalmát és más tulajdonságait vizsgálni. Fontos kiemelni, hogy ez a módszer összehasonlító (korrelatív) vagy másodlagos mérési technika, hiszen pontossága statisztikai alapokra épül azáltal, hogy egy előzetesen validált laboratóriumi eljárás eredményeit veszi alapul ( Véha et al, 2020).

**20.ábra:** Infracont XGrain készülék (Forrás: Infracont Kft., 2025)



A minták vizsgálatához használt készülék egy előzetesen már kalibrált Infracont XGrain készülék volt. A mérés határértékei az alábbi, 21. ábrán látható:

**21.ábra:** Infracont XGrain készülék mérési tartománya (Forrás: Infracont Kft., 2025)

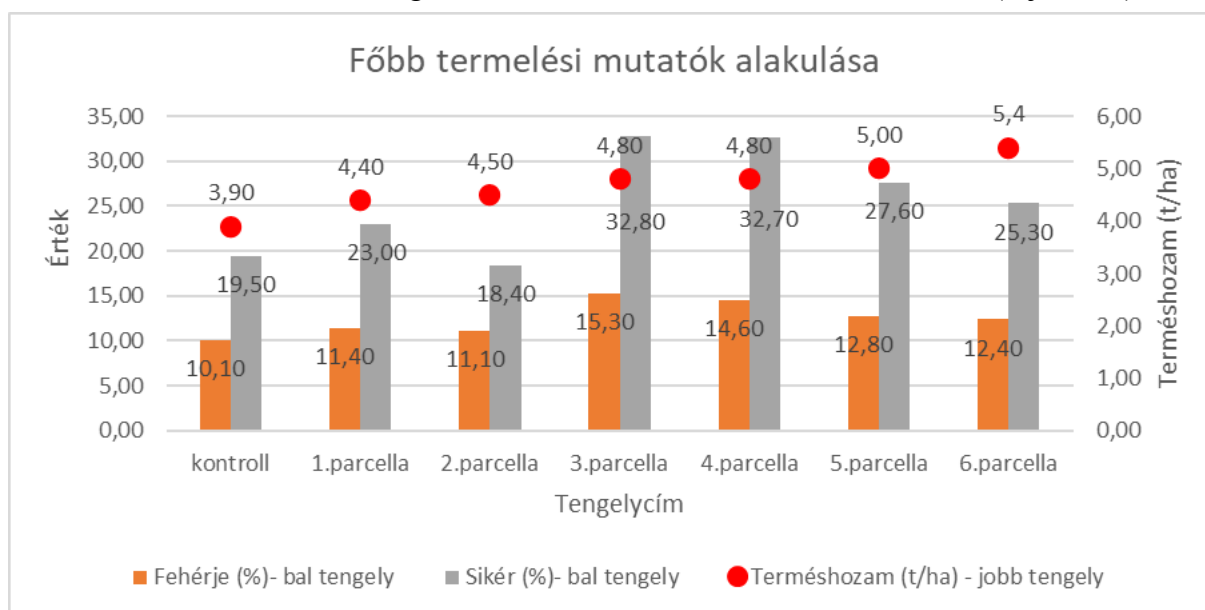
| Termény     | Komponens                   | Mérés alapja | Mérési tartomány | Pontosság (SEP, standard error of prediction) | Precízió (mérések szórása a minta újratöltésével) |
|-------------|-----------------------------|--------------|------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Búza</b> | Sikér                       | N×5,7 sz.a.* | 15-50%           | 1,5                                           | 0,4                                               |
|             | Fehérje                     |              | 8-18%            | 0,25                                          | 0,1                                               |
|             | Nedvesség                   |              | 9-20%            | 0,2                                           | 0,1                                               |
|             | Zeleny-index                | sz.a.        | 10-70 ml         | 5,0                                           | 1,5                                               |
|             | W (fejl. alatt)             | sz.a.        | 60-500 J         | 50                                            | 15                                                |
|             | Hektolitersúly <sup>1</sup> |              | 65-86 kg/hl      | 0,7                                           | 0,35                                              |

## 4 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

### 4.1 2024. évi vizsgálat

#### 4.1.1 A termés fehérje, siker és terméshozam eredményének alakulása:

**22.ábra:** 2024. évi vizsgálatok főbb termelési mutatóinak alakulása (saját adat)

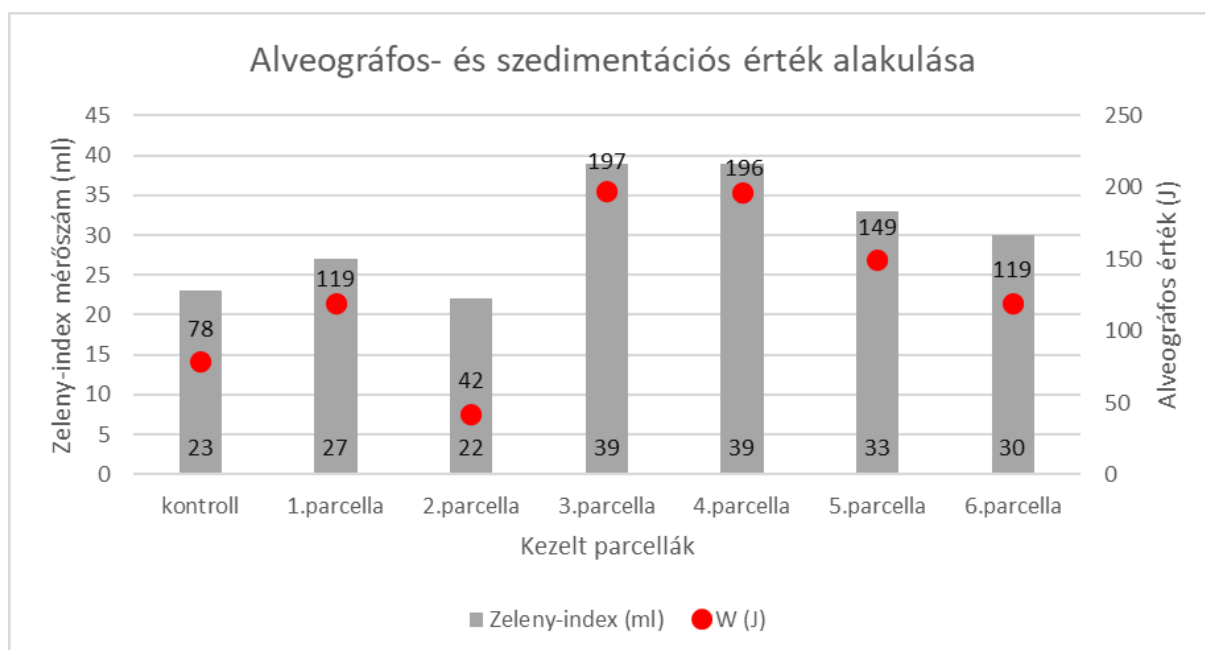


- A kontroll parcella a kevés kijuttatott hatóanyag ellenére is egy elfogadható takarmány minőséget adott 3,9 tonna/hektár hozam mellett.
- Az adatsorból kitűnik a 6. parcella, tehát a nitrosolos kezelés terméstöbblete. A folyékony technológia a 2024-es időjárási viszonyok között az összes többi szilárd technológiánál nagyobb hozamot eredményezett. A kontrollhoz viszonyítva ez az érték + 38 % volt. Nem úgy beltartalomban, hiszen a fehérje% a kontrollhoz viszonyítva 23 %-kal növekedett, szemben a 3. parcella, tehát a közel azonos, csak szilárd formában kijuttatott technológia 52 %-os növekményével. A siker% alakulásánál is hasonló tendencia volt megfigyelhető. A 3. parcella 38 %-kal mutatott magasabb értéket a 6. parcellánál a kontrollhoz viszonyítva.

- A 4. és 5. parcella, tehát a megosztott kijuttatás között nem volt érdemlegesen kimutatható terméskülönbség (+ 4 % az 5. parcellánál). Annál inkább a beltartalomban, hiszen a 4. parcella, tehát a megosztott fejtrágyázás 14 %-kal eredményezett magasabb fehérje%-ot, illetve 18 %-kal mutatott magasabb siker% értéket az 5. parcellánál betakarítotthoz képest.
- A mikrobiológiai készítménnyel, illetve a karbamiddal kezelt parcellák sem terméshozamban, sem pedig beltartalomban nem érték el a többi parcella eredményeit.

#### 4.1.2 A termés alveográfus és szedimentációs értékeinek alakulása:

**23. ábra:** Az alveográfus- és szedimentációs értékek alakulása (saját adat)



- Ezek az értékmérő-tulajdonságok szoros kapcsolatban állnak a fehérje% és a siker% alakulásával. Ezen oknál fogva a fehérjével jobban ellátott termés jobb reológiai tulajdonságokkal is rendelkezik. A 2. fejezet, búza minősége alfejezet részben részletezett 200-as alveográfus érték a kívánatos. Ezt az értéket csak a megosztott fejtrágyázás tudta megközelíteni. A kontrollhoz viszonyítva a 2. parcella, tehát a szilárd karbamid használata minőségcsökkenést okozott a fentebbi kétfő beltartalmi érték tekintetében.

### 4.1.3 A 2024. évi kezelések ökonómiai elemzése:

10. táblázat: A 2024. évi vizsgálatok pénzügyi elemzése (saját adat)

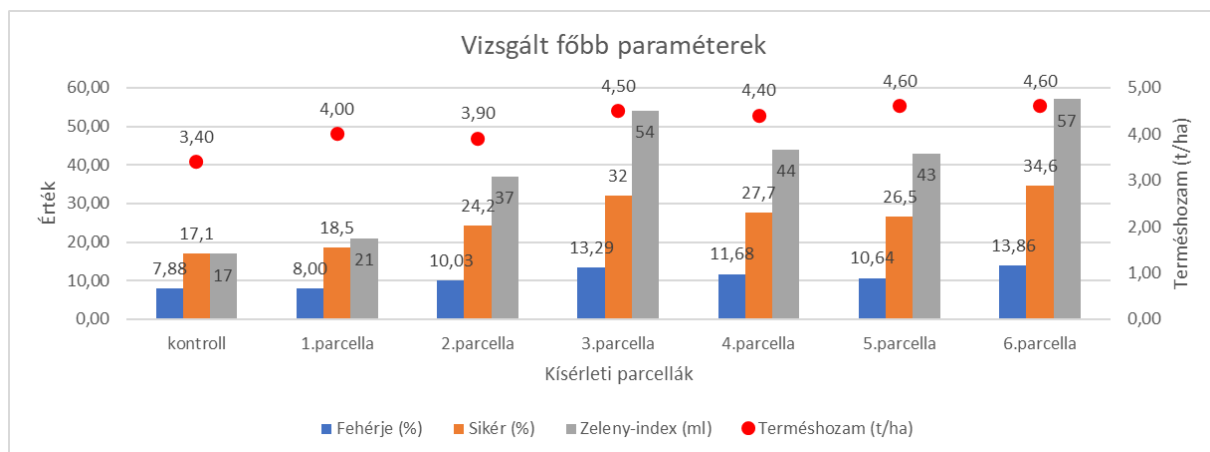
| Mintaazonosító                    | kontroll | 1.parcella | 2.parcella | 3.parcella | 4.parcella | 5.parcella | 6.parcella |
|-----------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Terméshozam (t/ha)                | 3,9      | 4,40       | 4,50       | 4,80       | 4,80       | 5,00       | 5,4        |
| Értékesítési ár (Ft/tonna)        | 58 000   | 58 000     | 58 000     | 69 000     | 69 000     | 69 000     | 65 000     |
| Bevétel (Ft/ha)                   | 226 200  | 255 200    | 261 000    | 331 200    | 331 200    | 345 000    | 351 000    |
| Bevételtöbblet (Ft/ha)            | -        | 29 000     | 34 800     | 105 000    | 105 000    | 118 800    | 124 800    |
| Műtrágya költsége (Ft/ha)         | -        | 22 650     | 25 500     | 28 700     | 26 260     | 26 260     | 25 760     |
| Kijuttatás költsége (Ft/ha)       | -        | 6 000      | 6 000      | 12 000     | 12 000     | 6 000      | 7 000      |
| Összes költségtöbblet (Ft/ha)     | -        | -28650     | - 31 500   | - 40 700   | - 38 260   | - 32 260   | - 32 760   |
| Profit (Ft/ha)                    | -        | 350        | 3 300      | 64 300     | 66 740     | 86 540     | 92 040     |
| Befektetett javak megtérülése (%) | -        | 101%       | 110%       | 258%       | 274%       | 368%       | 381%       |

A pénzügyi elemzés során alkalmazott kereskedelmi árakat és költségeket az 5. melléklet tartalmazza. Az elemzésből kijelenthető, hogy a legjövedelmezőbb technológia a 6. parcelláé, tehát a folyékony kénés fejtrágya volt. A megtérülés ebben az esetben majd 400 %-os volt. Hasonló értékkel alakult az 5. parcella az egyszeri dózisú MAS 27%-os kijuttatással. Bár veszteséget egyik technológia sem okozott, a mikrobiológiai készítményes parcella, illetve a szilárd karbamid technológia érdemleges profitot nem eredményezett. A 3. és 4. parcella elfogadható jövedelemszintet ért el.

## 4.2 2025. évi vizsgálat

### 4.2.1 A termés fehérje, siker és szedimentációs értékének alakulása:

24. ábra: 2025. évi vizsgálat főbb paramétereinek alakulása (saját adat):



A 24. ábra, illetve a 6. számú melléklet adatai alapján azt állapíthatjuk meg, hogy:

- A kontroll parcella a várakozásoknak megfelelően - a kevés kijuttatott hatóanyagnak köszönhetően – gyenge beltartalmi mutatókkal lett betakarítva. A 8 % fehérjénél kisebb érték már takarmányozási célra sem kedvező. A gyenge fehérje értékkel természetesen egy gyenge siker % is társult. Mivel a Zeleny-indexet a NIR gabonavizsgáló az előbbi paraméterek, illetve egy kalibráció nyomán becsüli, ezért annak alacsony értéke is várható volt.
- Az 1. parcella, vagyis a Vixeran készítménnyel kezelt állomány minősége elmaradt a várt eredménytől. Ebben az esetben is egy gyenge, 8% fehérjetartalmú, illetve 18,5% sikértartalommal rendelkező gabona került a raktárba.
- A 2., 4. és 5. parcellákról származó termés közel azonos értékekkel tett betakarítva. A karbamid, az egyszeri MAS 27%-os, illetve kétszeri MAS 27%-os fejtrágyázás esetében az utóbbi, tehát a megosztott fejtrágyázás eredményezett kívánatosabb értékeket. A karbamidhoz viszonyítva kicsivel több, mint 6%-kal eredményezett magasabb fehérjét, míg siker esetében ez majd 15% volt.
- A legmagasabb beltartalmi mutatókat a kén hatóanyaggal kiegészített fejtrágyázás érte el. A szilárd technológia 13,29 % fehérje és 32 % siker, míg a folyékony technológia 13,86 % fehérje és 34,6 % siker értéket ért el. Ez utóbbi a kontrollhoz viszonyítva 76 % -os növekedés a fehérjetartalmat illetően, míg több, mint 100 % - os növekedés a sikértartalomban.

#### **4.2.2 A terméshozam alakulása a 2025. évi vizsgálatban:**

A terméshozam alakulása a beltartalmi mutatókkal szoros kapcsolatot mutat. Az eredmények a 24. ábrán láthatók. A különbség leginkább a mikrobiológiai készítmény – karbamid fejtrágya, illetve az egyszeri – kétszeri MAS 27 %-os fejtrágyázás között mutatkozott meg. Mindkét esetben a gyengébb beltartalommal rendelkező parcellák termettek többet. Az eltérés azonban nem jelentős, mindkét esetben 10 % alatt van a többlet. A kénnel kezelt területek viszont a kontrollhoz képest több, mint 20 %-kal adtak nagyobb termést. A kénes, illetve a legmagasabb egyoldalúan N-hatóanyaggal kezelt parcella termése között nem volt kimutatható különbség.

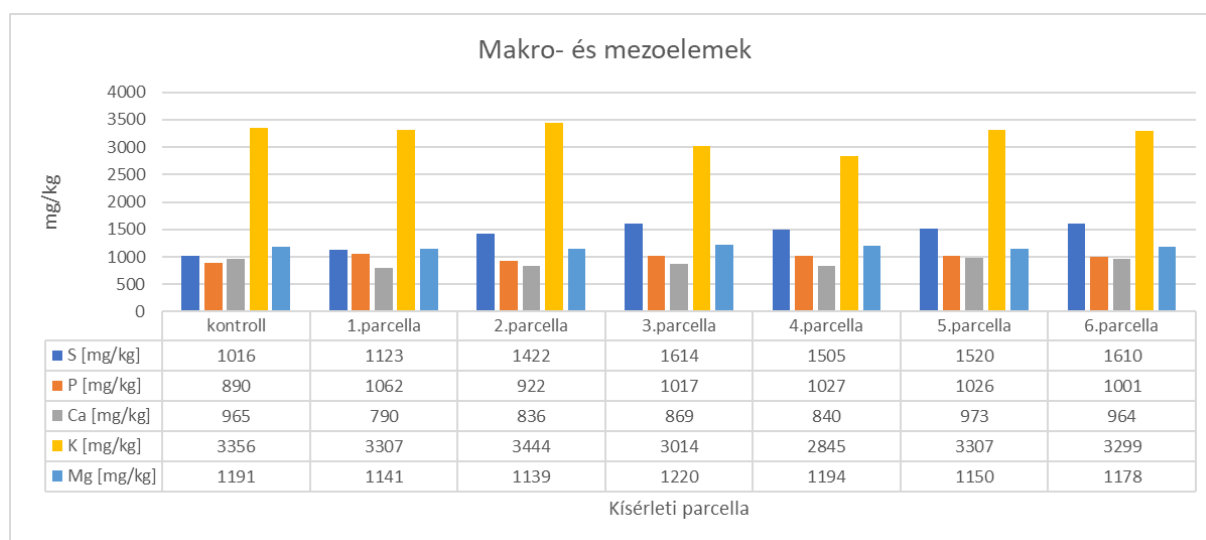
### 4.2.3 A vegetációs periódus alatt detektált különbségek:

A 7., illetve a 8. mellékleten az a fenológiai állapot látható, amikor a kalász már hasban volt. A képeket május elején készítettem. A kalászsorson megfigyelhető padkák száma jó becslést adott a várható termésről. Noha a terméshozam nagyban függ a hektolitersúlytól, illetve a nedvességtől is. A leghosszabb kalász a 6. parcellában volt. A növény kinézete szintén ezen a parcellán volt a legüdébb. Az 1. és 2. parcellán már eldobott és felsárgult levelek is mutatkoztak.

### 4.2.4 Tápanyagok közötti interakciók:

Ahogy az alább, a 25. ábrán megfigyelhető, közvetett hatása is van a fejtrágyázás, illetőleg a tápanyaghasznosulás alakulásának. A korábban részletezett tápanyagok közötti interakciók ennél a kísérletnél is megmutatkoztak. A jobb nitrogénhasznosulás, a vele antagonista tápelemek esetében gyengébb beltartalmat eredményezett. A 25. ábra diagrammja a nitrogén-kálium antagonizmust szemlélteti a legjobban. A kontroll parcella a 3. parcellához viszonyítva több, mint 10 %-kal tartalmazott több káliumot.

**25. ábra:** A vizsgált parcellák makro- és mezoelem tartalmának alakulása (saját adat):



#### 4.2.5 A 2025. évi kezelések ökonómiai elemzése:

11. táblázat: A 2025. évi vizsgálatok pénzügyi elemzése (saját adat)

| Mintaazonosító                    | kontroll | 1.parcella | 2.parcella | 3.parcella | 4.parcella | 5.parcella | 6.parcella |
|-----------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Terméshozam (t/ha)                | 3,4      | 4          | 3,9        | 4,5        | 4,4        | 4,6        | 4,6        |
| Értékesítési ár (Ft/tonna)        | 71 000   | 73 000     | 71 000     | 75 000     | 75 000     | 75 000     | 73 000     |
| Bevétel (Ft/ha)                   | 241 400  | 292 000    | 276 900    | 337 500    | 330 000    | 345 000    | 335 800    |
| Bevételtöbblet (Ft/ha)            | -        | 50 600     | 35 500     | 96 100     | 88 600     | 103 600    | 94 400     |
| Műtrágya költsége (Ft/ha)         | -        | 29 700     | 36 000     | 41 200     | 37 960     | 37 960     | 37 030     |
| Kijuttatás költsége (Ft/ha)       | -        | 7 000      | 7 000      | 14 000     | 14 000     | 7 000      | 8 000      |
| Összes költségtöbblet (Ft/ha)     | -        | - 36 700   | - 43 000   | - 55 200   | - 51 960   | - 44 960   | - 45 030   |
| Profit (Ft/ha)                    | -        | 13 900     | 7 500      | 40 900     | 36 640     | 58 640     | 49 370     |
| Befektetett javak megtérülése (%) | -        | 138%       | 83%        | 174%       | 171%       | 230%       | 210%       |

Ebben az évben az 5. parcella technológiája érte el a legmagasabb megtérülési szintet. Meglepetés azonban, hogy a 2. parcella, tehát a szilárd karbamidos kezelés veszteséget generált. Ez a veszteség hektáronként 7500 Ft-ot jelentett. A Vixeran készítmény ebben az évben jövedelmezőbb technológiát mutatott. Az ezzel a technológiával elért közel 140 %-os megtérülés még mindig nem közelítette meg azt a szintet, mint amit a többi. Számokkal kifejezve, ez kevés híján 14 000 Ft/ha. Igaz, a kijuttatás nem okozott többlet terhelést, hiszen a növényvédelemmel kapcsolatosan végeztük. Ebből az aspektusból vizsgálva ez az extra profit, ami természetesen az alap profitra jön rá (kontroll profitja, ami a bevétel mínusz a vetőmag, művelés, növényvédelem stb. alapján keletkezik – nincs feltüntetve!) pozitív hozadék. A többi technológia haszontermelő-képessége nagymértékben függött a kijuttatási menetek számától. Az egyszeri kijuttatást igénylő 5. és 6. parcella egyébként is magasabb hozamára még a megspórolt kijuttatási költség is ráakódott. A 3. és 4. parcella megtérülése között szignifikáns különbség nem mutatkozott. Munkaszervezés és raktározás szempontjából viszont a 4. parcella technológiája mindenképpen a 3. parcellán alkalmazott előtt áll. Egyfajta műtrágya logisztikája vitathatatlanul könnyebb. De nem hagyható figyelmen kívül, ha ezt a kis különbséget tartósan adaptálnánk a teljes területünkön, akkor az a többletprofit, amit a 3. technológia generált, már százazrekben lenne mérhető.

## 5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az elmúlt kettő év adataiból az alábbi következtetéseket tudjuk levonni:

1. **A kontroll parcella:** A minimális alaptrágya formájában kijuttatott műtrágya a kezdeti fejlődés szakaszában biztosított annyi tápanyagot a fejlődő növénynek, hogy az egy gyenge produktum előállítását szavatolja. Természetesen ez a termelési szint hosszú távon nem jelent megélhetést, hiszen az alapköltségek, mint a munkabér, adók, járulékok, stb., illetve a gépek amortizációja, növényvédelem és sok más egybevetve az extenzív technológia csekély jövedelemtermelését felemészténé. Tehát a trágyázásnak van létjogosultsága.
2. **Az 1. parcella, a mikrobiológiai készítmény:** A különböző biológiai megoldások térhódításával ez a technológia is egyre nagyobb figyelemnek örvend. Sajnos az eredmények azt igazolják, amit vártunk, hogy önmagában, mint potenciális N-forrásra, nem lehet támaszkodni, hiszen az általa megkötött nitrogén mennyisége sem a termésben, sem pedig a minőségben nem fejeződött ki kellő mértékben. Tekintettel arra, hogy a gyártó ajánlása szerint az indító fejtrágya adagja nem csökkenthető, a műtrágyázás költségét, illetve az abból következő esetleges környezetszennyezést nem tudjuk mérsékelni. Ha úgy pozicionáljuk ezt a terméket, hogy a megengedett és kiszámolt kijuttatandó N-hatóanyagon felül juttatjuk ki abból a célból, hogy az kompenzálja a már ki nem juttatható hatóanyaghiányból eredő terméseszkkenést, akkor a megítélése más kalap alá esik. Ez azonban további vizsgálatokat igényel.
3. **A 2. parcella, az inhibítorral kezelt karbamid:** Ezen technológia mellett az szólt, hogy könnyebb munkaszervezést, és környezetkímélőbb műtrágyahasználatot eredményez. Az eredmények azt igazolják, hogy a karbamid ilyen szélsőséges csapadékeloszlás mellett, még inhibítorral kezelve sem akadályozza meg a műtrágya maradéktalan hasznosulását. 2024-ben a kora tavaszi csapadékszegény időjárás nem biztosította a karbamid hatóanyag kellő mélységbe vándorlását, amely így a hidrolízist követően kis mértékben elillanhatott, ez okozva N-hiányt a termésképzés idején, közvetetten gyenge beltartalmat betakarításkor. 2025-ben a csapadékviszonyok bár mások voltak, a kijuttatást követően kevés csapadék érkezett, és aztán március közepe-végén érkezett a nedvesebb légtömeg, viszont komoly lehűléssel. A hideg feltalaj, illetve az inhibítor aktivitása a

bokrosodás végén nem szolgáltatott elegendő tápanyagot a mellékajtások kifejlődéséhez. A későbbiekben aztán a beltartalmat támogatta, így az az előző évinél jobban alakult. A karbamid inhibítorral kezelve sem feltétlenül fejtrágyázásra való. Egyéb kijuttatási technológiája (injektálás, alaptrágya, levéltrágya) további vizsgálatot igényel.

4. **A 3. parcella, az ammónium-szulfát + MAS 27% műtrágya:** Ez a technológia 2024-ben a legjobb, míg 2025-ben a 2. legjobb minőségű termést adta. A 2024-es siker annak köszönhető, hogy a 2. fejtrágya megfelelő mennyiségű csapadékkal teljes mértékben hasznosult és beépült a termésbe. A kijuttatott kén hatóanyag pedig a beépülést segítette. Ez 2025-ben annyiban módosult, hogy a 2. kijuttatást követően kevés csapadék érkezett és már nem tudta időben felhasználni a növény, így a beltartalom egy kicsit mérséklődött.
5. **A 4. és 5. parcella, egyszeri és megosztott fejtrágyázás:** A gazdaságunk területein a 4. parcellán alkalmazott technológiát alkalmaztuk hosszú ideje. Az eredmények azonban azt mutatják, hogy az egyszeri, nagyobb dózisú fejtrágya jövedelmezőbb. Ez annak a következménye, hogy a korlátozott kijuttatható hatóanyag, tehát a maximum 70 kg N-hatóanyag (korábban részletezve) nem indokolja a megosztást. Az adatsorokból is látszódik, hogy a térségre nem érkezik annyi csapadék, hogy az számottevő kimosódást idézzon elő. Főleg, hogy a talajok kolloidban gazdagok, tekintettel a magas humusztartalomra és a magas agyagtartalomra.
6. **A 6. parcella, a folyékony fejtrágya:** A vizsgált kettő évben valamelyik mutatóban mindig első helyen volt ez a technológia. A folyékony fejtrágyázás előnye, különösen úgy, hogy a nitrogénnek egyszerre három formáját is tartalmazza kén kíséretében az, hogy kevés csapadék esetén is kellő mélységbe tud jutni, miközben az ammónium-N és a nitrát-N biztosítja a harmonikus tápanyagfelvételt. A beltartalomra különösen jó hatással volt, hogy a kötelezettségek miatt ennél a készítménynél is használtunk inhibítort. Az egyszeri, nagyobb dózisú kijuttatás elegendő mennyiségű gyorsan ható N-formát biztosított a növénynek, amely így megalapozta a jó termést a kellő mennyiségű oldalajtás kinevelésével, míg az inhibítorral kezelt karbamid része a talajban lassabban, elnyújtva fejtette ki a hatását. Így a későbbiekben, a termésképzés során is volt a talajban felvehető tápanyag.

Összességében azt a tanulságot vonhatjuk le a kísérletsorozatból, hogy a megfelelő termésszint eléréséhez nélkülözhetetlen a kora tavasszal, az intenzív fejlődés szakaszában a megfelelő mennyiségű felvehető N-hatóanyag. Ez az alapja annak, hogy jó kondícióban, elegendő oldalhajtással induljon neki a termésképzésnek a növény. Másik fontos tanulság, hogy a Liebig-elvet és a Mulder-féle interakciókat mindig figyelembe kell venni. A N kijuttatása mellett fontos a többi makro-, mezo- és mikroelemre is figyelni, hogy a termelést a lehető legmagasabb szintre emeljük. Ezeknek az interakcióknak, kijuttatásoknak a vizsgálata további kísérleteket kíván. Az adatokból az bizonyosan állítható, hogy a kén hatóanyag növelte a N-hasznosulását, ezt vagy a beltartalom, vagy pedig a termésszint támasztja alá.

Bár a mezőgazdaságban minden év máshogy alakul, az biztos, hogy a térségben a hektikus csapadékeloszlás következtében a folyékony műtrágyákra kell váltani. További vizsgálatokat igényelne a folyékony technológia optimalizálása, tehát a fejtrágyázások kiegészítése levéltrágyázással, így a perzselés kockázatát is mérsékelve.

## 6 ÖSSZEFOGLALÁS:

A szakdolgozat központi témája az őszi búza (*Triticum aestivum*) tápanyaghasznosulásának vizsgálata in vivo körülmények között. A vizsgálatok központjában a nitrogén-hatóanyagú műtrágyák, azon belül is a fejtrágyázások felhasználási hatékonyságának és környezeti hatásainak elemzése. A kutatás célja annak feltárása volt, hogy miként javítható a nitrogén-hasznosulás mértéke úgy, hogy azzal az EU környezetpolitikája tükrében is fenntartható mezőgazdasági termelést folytassunk a térségünkben, Jász-Nagykun-Szolnok vármegyében. Kiemelt figyelemben részesült az egyes fejtrágyázási technológiák pénzügyi elemzése is, hiszen az is nélkülözhetetlen tényező a fenntarthatósághoz.

A fenntartható növénytermesztés célja ma már nem a hozam maximalizálása, hanem a tápanyagok minél hatékonyabb felhasználása és a környezeti terhelés minimalizálása. A nitrogén-hatóanyagú műtrágyák kijuttatásának hatékonysága világszerte aggodalomra ad okot, hiszen a felhasznált mennyiség jelentős része nem épül be a növényi biomasszába, hanem a környezetbe jut. A nitrogénveszteség különböző formákban (nitrátkimosódás, ammónia-volatizáció, denitrifikáció) komoly gazdasági és ökológiai károkat okoz. A talaj tápanyagegyensúlyának felborulása, a víztestek eutrofizációja, valamint az üvegházhatású gázok – elsősorban a dinitrogén-oxid – kibocsátása mind hozzájárulnak a mezőgazdaság ökológiai lábnyomának növekedéséhez. A FAO adatai szerint a kijuttatott nitrogénműtrágya átlagosan mindössze 30 - 40 %-át hasznosítja a növény, a fennmaradó rész pedig különböző veszteségeken keresztül a környezetbe kerül. A fenntartható tápanyag-gazdálkodás tehát nem csupán agronómiai, hanem gazdasági és környezetvédelmi érdek is, amelynek megvalósítását az okszerű technológiák, az inhibitorok alkalmazása és a mikrobiális készítmények egyaránt segíthetik.

A szakirodalmi háttér röviden áttekinti a nitrogén biokémiai körforgását és a növények nitrogénfelvételének formáit. Külön figyelmet kapnak a karbamid, ammónium és nitrát hatóanyagú műtrágyák, azok átalakulási folyamatai, valamint a különböző kezelések nitrogénveszteség csökkentésének módszerei, úgy mint: a bevonatok, valamint az ureáz- és nitrifikáció-gátló inhibitorok alkalmazása. A dolgozat kiemeli, hogy a nitrogén a növények számára alapvető fontosságú tápelem, de annak különböző kihelyezési módjai nagyban növelhetik, de csökkenthetik is a hasznosulást, így az előállított produktumot.

A vizsgálat helyszíne a saját gazdaságunk volt, ahol őszi búza állományokon különböző tápanyag-utánpótlási technológiákat hasonlítottuk össze. A tápanyaghasznosulást a terméshozam, valamint a beltartalmi paraméterek, úgy mint: fehérje-, sikér-, szedimentációs- és alveográfus érték, valamint makro- és mikroelemtartalom alapján értékeltük. A kísérlet kiterjedt a vegetációs periódus alatt megfigyelt növekedési különbségek elemzésére és a talaj-növény rendszer kémiai vizsgálatára is. A minták elemzése során NIR-analízist, valamint talaj- és növényi laborvizsgálatokat alkalmaztunk.

Az eredmények azt mutatták, hogy a biológiai nitrogénmegkötést elősegítő technológia (pl. *Azotobacter salinestris* tartalmú biopreparátum) képes lehet mérsékelni a kijuttatott műtrágya mennyiségét bizonyos feltételek mellett.

A kísérleti beállításban az őszi búza nitrogénellátásának hatékonyságát döntően az időzítés és az évjáráthatás befolyásolta. A vizsgált technológiák között hozamban és minőségben csak részleges, nem minden esetben szignifikáns különbségek mutatkoztak. A mikrobiális készítmény és az inhibitorral támogatott N-kijuttatás hatása a vizsgált körülmények között nem bizonyult következetesen felülmúlónak a standard gyakorlathoz képest. A különbségek elsősorban évjárat- és hatóanyagfüggők voltak. A gazdaságossági összevetésben az inputköltségek és a piaci árak érzékenyen befolyásolták a jövedelmezőséget, ezért általános dóziscsökkentés helyett az indokolt, de egyben engedélyezett mértékű kijuttatás és az időjáráshoz alkalmazkodó fejtrágyázás tűnik indokoltnak. A vizsgálat tehát nem igazolta egyértelműen, hogy önmagában a technológiai újításokkal (inhibitorok, mikrobiális kiegészítés) stabil hozam- vagy minőségtöbblet érhető el. A körütekintő időzítés és a helyi adottságokhoz igazított N-stratégia bizonyult a legmegbízhatóbbnak - azon belül is a folyékony technológiai irány.

A dolgozat végső következtetése, hogy a fenntartható tápanyag-gazdálkodás nem csupán ökológiai, hanem gazdasági szükségszerűség is. Az őszi búza esetében a jól megválasztott tápanyag-stratégia képes biztosítani a jövedelmező termelést, miközben csökkenti a környezeti terhelést, ezáltal illeszkedik a modern agrárium „kevesebbkel többet” elvéhez.

## 7 IRODALOMJEGYZÉK:

1. 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet. (2008). *A vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről*. Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800059.fvm> Megtekintve: 2025. 10. 02.
2. Addiscott, T. M., Whitmore, A. P. és Powlson, D. S. (1991): *Farming, Fertilizers and Nitrate Problem*. CAB International, Wallingford, UK.
3. Ahmed M., Rauf M., Mukhtar Z. és Saeed N.A. (2017) *Excessive use of nitrogenous fertilizers: an unawareness causing serious threats to environment and human health*. Environmental Science and Pollution Research, 24(35), 26983–26987. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0589-7>
4. Almássy Gy., Máté F., Zádor Gy., (1977): *Műtrágyák*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, p. 40-80
5. Barabás Z. (1987): *A búzatermesztés kézikönyve*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, p. 18-29; p. 351-364; p. 443-472
6. BASF Mezőgazdasági Megoldások (2024). *N-trágyázás hatékonyan*. Forrás: [https://www.agro.basf.hu/hu/Hirek-es-Aktualitasok/BASF-Agro-H%C3%ADrek/N\\_tragyazas\\_hatekonyan.html](https://www.agro.basf.hu/hu/Hirek-es-Aktualitasok/BASF-Agro-H%C3%ADrek/N_tragyazas_hatekonyan.html) Megtekintve: 2025. 10. 12.
7. Bohn, H. L., McNeal, B. L., O'Connor, G. A. (1985): *Talajkémia*. Ford. Bizóné S. K., 1985, Budapest, Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó, p. 106-110
8. Bulla B., (1962): *Magyarország tájai*. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia
9. Dorogi, I. (1973). *A karbamid, mint alaptrágya és hatása a növényekre*. Agrártudományi Közlemények, 32, pp. 445–454. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya, Keszthelyi Agrártudományi Egyetem.
10. Dwiredi D.P., Pal H., Kumar M. (1989): *Response of barley varieties to nitrogen under irrigated conditions*. Indian Journal of Agronomy, 42(2):189-195.
11. Erdődiné M. Zs., Kovács A. V. (2023). *A 2022-es aszály agrometeorológiai elemzése*. Légkör, 68(1), 20–27. DOI: [10.56474/legkor.2023.1.3](https://doi.org/10.56474/legkor.2023.1.3)
12. FAOSTAT. (2025). *Production: Crops and livestock products – Item: Wheat, Element: Production, Unit: tonnes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forrás: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Megtekintve: 2025. 10. 15.
13. Fülek Gy. (1999): *Tápanyag-gazdálkodás*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, p. 18-21, p. 120-123
14. Fülek Gy. (2004): *Az EU-s nitrát direktíva*. Gödöllő, Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány
15. Fülek Gy. (2013): *Korszerű tápanyag-gazdálkodás*. Budapest, Mezőgazda kiadó, p. 41-44

16. Fülekgy Gy. és Sárdi K. (2014): *Tápanyag-gazdálkodás mezőgazdasági mérnököknek*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, p. 44-49; p. 77-79; p. 86
17. Gabonakutató Nonprofit Kft. (2025). *GK MAGVETŐ*. Forrás: <https://www.gabonakutato.hu/hu/vetomag/buza/oszi-buza/malmi-buzak/gk-magveto> Megtekintve: 2025. 09. 10.
18. Genezis Partnerhálózat (2021). *PÉTISÓ, prémium minőség 1931 óta*. Forrás: <https://www.genezispartner.hu/hirek/egyeb/petiso-premium-minoseg-1931-ota-egyedulalloan-magas-39-os-hatoanyag-tartalommal/> Megtekintve: 2025. 10. 11.
19. Guo K., Yang J., Yu N., Luo L., és Wang E. (2023). *Biological nitrogen fixation in cereal crops: Progress, strategies, and perspectives*. Plant Comm. 4, 100499. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100531>
20. Hadlocon L.S. és Zhao L.Y. (2015). *Production of ammonium sulfate fertilizer using acid spray wet scrubbers*. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Special Issue 2015 (18th World Congress of CIGR), pp. 41–51.
21. Hrušková, M. & Faměra, O., (2003). *Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique*. Czech Journal of Food Sciences, 21(3), pp.91–96.
22. Infracont Kft. (2025). *XGrain infravörös gabona- és lisztelemző készülék*. Forrás: <https://www.infracont.com/xgrain> Megtekintve: 2025. 10. 02.
23. Jødal, A-S.S. & Larsen, K.L., (2021). *Investigation of the relationships between the alveograph parameters*. Scientific Reports, 11, 5349. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84959-3>
24. Jones, C.A., Koenig, R.T., Ellsworth, J.W., Brown, B.D. and Jackson, G.D. (2007). *Management of urea fertilizer to minimize volatilization*. Extension Bulletin EB173. Montana State University Extension, Bozeman, MT.
25. KSH, (2025): *Értékesített műtrágya mennyisége hatóanyagban*. Forrás: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0041.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0041.html) Megtekintés: 2025. 10. 15.
26. Központi Statisztikai Hivatal (KSH). (2025). *STADAT – 19. Mezőgazdaság*. Forrás: <https://www.ksh.hu/stadat?lang=hu&theme=mez> Megtekintve: 2025. 10. 10.
27. Leip, A., Caldeira, C., Corrado, S., Hutchings, N. J., Lesschen, J. P., Schaap, M., de Vries, W., Westhoek, H. and van Grinsven, H. J. M. (2022). *Halving nitrogen waste in the European Union food systems requires both dietary shifts and farm level actions*. Global Food Security, 35, 100648. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100648>
28. Lelley J., Mándy Gy. (1963): *A búza*. Budapest, Akadémia Kiadó
29. Loch J. (1992): *Agrokémia* In: Loch J., Nosticzius Á (Szerk.): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
30. Magyar Szabványügyi Testület. (n.d.). *MSZT – Magyar Szabványügyi Testület*. Forrás: <https://www.mszt.hu/hu-hu/> Megtekintve: 2025. 10. 05.

31. Mengel K. (1972): *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Jena, DDR: VEB Gustav Fischer Verlag.
32. Mohammed, S., Raihan, A., Arshad, S., Ata, B., Ocwa, A., Al-Dalahmeh, M. & Harsanyi, E. (2025). *European Union agro-climate policies toward sustainability: Analyzing emission trends and land use dynamics (1990–2021)*. Resources, Environment and Sustainability, 21, 100239. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100239>
33. Montgomery, D. R. (2024): *Talaj. A civilizációk eróziója*. Ferencszállás: Talajmegújító gazdák egyesülete. Ford. Pálszabó Ferenc, p. 53-79
34. Motasim, A.M., Samsuri, A.W., Nabayi, A., Akter, A., Haque, M.A., Sukor, A.S.A. and Adibah, A.M., (2024). *Urea application in soil: processes, losses, and alternatives—a review*. Discover Agriculture, 2(42). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00060-z>
35. Musacchio, A., Re, V., Mas-Pla, J. & Sacchi, E. (2019). *EU Nitrates Directive, from theory to practice: Environmental effectiveness and influence of regional governance on its performance*. Ambio, 49(2), 504-516. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01197-8>
36. Narayan, O.P., Kumar, P., Yadav, B., Dua, M. & Johri, A.K., (2023). *Sulfur nutrition and its role in plant growth and development*. Plant Signaling & Behavior, 18(1), e2030082. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>
37. Németh T. (1996): *Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*. Budapest, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, p. 109-135
38. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2020). *Talajaink kondíció-javításának egyes alternatívái. I. rész*. Forrás: <https://www.nak.hu/en/tajekoztatasi-szolgaltatas/kornyezetgazdalkodas/102543-talajaink-kondicio-javitasanak-egy-es-alternativai-1-resz> Megtekintve: 2025. 10. 11.
39. Nyéki J. (1976): *A meszezés a műtrágya-hatékonyság egyik módja*. Magyar Mezőgazdaság, 31. 42. p. 12-13
40. Ohyama, T. (2010). *Nitrogen as a major essential element of plants*. In: Ohyama, T. & Sueyoshi, K. (szerk.) *Nitrogen Assimilation in Plants*. Kerala, India: Research Signpost, pp. 1–17. ISBN 978-81-308-0406-4. Forrás: [https://www.researchgate.net/publication/234135771\\_Nitrogen\\_as\\_a\\_major\\_essential\\_element\\_of\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/234135771_Nitrogen_as_a_major_essential_element_of_plants)
41. Ollerhead A. és Alkusaier K.T. (2015). *Ammonia synthesis for fertilizer production*. Major Qualifying Project (MQP) Report. Worcester Polytechnic Institute (WPI), Worcester, MA.
42. Omara P., Aula L., Oyebiyi F. és Raun W.R. (2019). *World cereal nitrogen use efficiency trends*. Agronomy Journal, 111(4), pp. 2485–2492. <https://doi.org/10.2134/agronj2019.02.0104>
43. Pepó, P. (2019) *Interaktív hatások az őszi búza tápanyagellátásában*. Agroforum. Forrás: <https://agroforum.hu/lapszam-cikk/interaktiv-hatasok-az-oszi-buza-tapanyagellatasaban/> Megtekintve: 2025. 10. 05.

44. Söderlund, R. & Svensson, B.H. (1976). *The global nitrogen cycle*. In: Svensson, B.H. & Söderlund, R. (szerk.) *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur – Global Cycles*. SCOPE Report 7, Ecological Bulletins 22, pp. 23–73. Stockholm: Swedish Natural Science Research Council.
45. Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy. (1999): *Talajtan*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, p. 115-120., p. 191-199.
46. Surányi, Sz. (2019). *Az őszi árpa növénytaplálásának fejlesztése csernozjom réti talajon*. PhD értekezés. Szent István Egyetem, Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő. DOI: 10.14751/SZIE.2020.070.
47. Syngenta Magyarország Kft. (S.a.). *100 KG műtrágya helyett 50 g VIXERAN? IGEN!* Forrás: <https://www.syngenta.hu/100-kg-mutragya-helyett-50-g-vixeran-igen> Megtekintve: 2025. 10. 18.
48. Szabari, Sz., (2020). *Kén és nitrogén: együtt okosabb*. Agroforum, 2020. február 6. Forrás: <https://agroforum.hu/szakcikkek/tapanyag-utanpotlas/ken-es-nitrogen-egyutt-okosabb/> Megtekintve: 2025. 10. 05.
49. Szabó M. (1991): *Gabonatermesztés*. GATE Oktatástechnikai Osztály Sokszorosító Üzeme
50. Talajreform (S.a.). *Mi alapján válasszunk nitrogén műtrágyát? (1. rész)*. Déméter Biosystems Kft. Forrás: <https://talajreform.hu/tudasbazis/nitrogen-mutragya-kivalasztasa-nitrifikacio-megkotes/> Megtekintés: 2025. 10. 14.
51. The Soviet School of Farming, University Agro oldala Forrás: <https://universityagro.ru/en/agrochemistry/mixed-fertilizers/> Megtekintés: 2025.10.10.
52. Tisdale, S. L., Nelson, W. L. (1966): *A talaj termékenysége és a trágyázás*. Szerk. Kaplonyi K., Ford. Krámer M., Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, p. 103-139
53. Varga A. (2013): *Növénytermesztés és Környezet 2. egyetemi jegyzet*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, p. 2-5
54. Vásárhelyi Ö.L. (2022). *Mezőgazdaságban alkalmazott nitrát alapú műtrágyák veszély faktorai*. Védelem Tudomány, 7(4), pp. 179–197. Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet.
55. Velten, S., Leventon, J., Jager, N. & Newig, J. (2015). *What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review*. Sustainability, 7(6), 7833–7865. <https://doi.org/10.3390/su7067833>
56. Véha, A., Bakos, T. és Szabó, P. B. (2020). *Az élelmiszerbiztonság gyakorlata a modern malom- és takarmányiparban*. Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Élelmiszer-mérnöki Intézet.
57. Wells, J.C.K. & Stock, J.T. (2020). *Life History Transitions at the Origins of Agriculture: A Model for Understanding How Niche Construction Impacts Human Growth, Demography and Health*. Frontiers in Endocrinology, 11:325. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00325>

## 8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom **dr. Gulyás Miklós** egyetemi docens témavezetőmnek az iránymutatásáért, az építő jellegű kritikák megfogalmazásáért, a segítőkész hozzáállásáért és az utolsó pillanatig fenntartott figyelméért.

Köszönettel tartozom **dr. Takács Anita** folyamatos iránymutatásáért és a vizsgálatok kiértékelése során tanúsított figyelmességéért.

Továbbá köszönettel tartozom **dr. Dálnoki Anna Boglárkának** az önzetlen segítségnyújtásáért és figyelméért.

Végezetül, de nem utolsó sorban hálával adózom **Családomnak**, hogy a végsőkig támogattak és azért külön is, hogy lehetőséget biztosítottak a gazdaságunk területén a vizsgálatok elvégzésére.

## 9 ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

### 9.1 Ábrák:

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. ábra: A műtrágyák keverhetősége                                                                                     | 6. oldal  |
| 2. ábra: Nitrogén műtrágyák előállítása                                                                                | 8. oldal  |
| 3. ábra: A nitrogén-körforgalom folyamata                                                                              | 11. oldal |
| 4. ábra: A gyökér irányában történő ionmozgás fajták megoszlása a legfontosabb tápelemek esetében                      | 13. oldal |
| 5. ábra: A BASF által forgalmazott inhibítorok hatásmechanizmusa                                                       | 17. oldal |
| 6. ábra: Különböző művelési technológiák esetén a termést befolyásoló tényezők termésre gyakorolt hatásának megoszlása | 20. oldal |
| 7. ábra: Őszi búza tápanyag felvételi diagrammja                                                                       | 21. oldal |
| 8. ábra: Mulder diagramm                                                                                               | 23. oldal |
| 9-10. ábra: Alattyán csapadékeloszlása 1998-2025 között                                                                | 27. oldal |
| 11. ábra: Az első félév csapadékmegoszlása az éves összeghez viszonyítva                                               | 28. oldal |
| 12. ábra: 2024-2025. év csapadékeloszlása Alattyánon                                                                   | 28. oldal |
| 13. ábra: Magyarország tájai                                                                                           | 29. oldal |
| 14. ábra: Talajszelvény                                                                                                | 30. oldal |
| 15. ábra: GK Magvető beltartalmi mutatói                                                                               | 30. oldal |
| 16. ábra: 2024. évi vizsgálat parcellái                                                                                | 32. oldal |
| 17. ábra: 2025. évi vizsgálat parcellái                                                                                | 33. oldal |
| 18. ábra: Blokkroncsoló berendezés                                                                                     | 35. oldal |
| 19. ábra: A minta kimérése                                                                                             | 35. oldal |
| 20. ábra: Infracont XGrain készülék                                                                                    | 36. oldal |
| 21. ábra: Infracont XGrain készülék mérési tartománya                                                                  | 36. oldal |
| 22. ábra: 2024. évi vizsgálatok főbb termelési mutatóinak alakulása                                                    | 37. oldal |
| 23. ábra: Az alveográfós- és szedimentációs értékek alakulása                                                          | 38. oldal |
| 24. ábra: 2025. évi vizsgálat főbb paramétereinek alakulása                                                            | 39. oldal |
| 25. ábra: A vizsgált parcellák makro- és mezoelem tartalmának alakulása                                                | 41. oldal |

## **9.2 Táblázatok:**

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.táblázat: Műtrágyák általános összetétele, mészingere, sóingere, térfogat tömege és KRL értéke                                   | 17. oldal |
| 2.táblázat: Magyarország búza termesztésének alakulása                                                                             | 19. oldal |
| 3.táblázat: A világ búza termesztésének alakulása                                                                                  | 19. oldal |
| 4.táblázat: Irányszámok a szántóföldi termőhelyek nitrogénellátottságának meghatározásához                                         | 26. oldal |
| 5.táblázat: Nitrátérzékeny területen a tápanyag-gazdálkodási számításoknál figyelembe vehető maximális N hatóanyag (kg/ha) értékek | 26. oldal |
| 6.táblázat: Az őszi búza tápanyagigénye                                                                                            | 26. oldal |
| 7. táblázat: Vizsgált fejtrágyázási technológiák                                                                                   | 31. oldal |
| 8.táblázat: 2024. évi beállított kísérletek                                                                                        | 33. oldal |
| 9.táblázat: 2025. évi beállított kísérletek                                                                                        | 34. oldal |
| 10. táblázat: A 2024. évi vizsgálatok pénzügyi elemzése                                                                            | 39. oldal |
| 11. táblázat: A 2025. évi vizsgálatok pénzügyi elemzése                                                                            | 42. oldal |

## 10 MELLÉKLETEK

1.melléklet: A vizsgált talajszelvényhez tartozó jegyzőkönyv (saját adat)

| Mélység [cm]                             | 0-20  | 20-30 | eketalp | 30-55 | 55-80 | 80-110 | 110-150 |
|------------------------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|---------|
| pH (KCl)                                 | 6,72  | 6,7   | 7,48    | 6,93  | 7,04  | 7,29   | 7,45    |
| pH (H <sub>2</sub> O)                    | 8,14  | 8,07  | 8,6     | 8,07  | 8,08  | 8,37   | 8,57    |
| CaCO <sub>3</sub> %                      | 1,7   | 2,69  | 22,36   | 28,16 | 28,91 | 24,43  | 13,94   |
| KA                                       | 45,6  | 47,1  | 36,9    | 45,7  | 44,5  | 48     | 43,5    |
| EC [μS]                                  | 179,3 | 179,8 | 224     | 189,3 | 188,4 | 200    | 225     |
| Só %                                     | 0,09  | 0,09  | 0,12    | 0,1   | 0,1   | 0,11   | 0,12    |
| Humusz %                                 | 3,08  | 3,68  | 0,87    | 2,45  | 1,93  | 1,43   | 1,01    |
| AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | 51    | 101   | 88      | 268   | 70    | 71     | 29      |
| Al-K <sub>2</sub> O (mg/kg)              | 317   | 216   | 97      | 98    | 74    | 98     | 93      |
| AL-Ca (mg/kg)                            | 1870  | 1142  | 4236    | 6512  | 6526  | 6320   | 2630    |
| Al-Na (mg/kg)                            | 54    | 78    | 10      | 262   | 256   | 293    | 12      |
| Al-Mg (mg/kg)                            | 745   | 821   | 9484    | 1807  | 2667  | 7858   | 6765    |
| Cu (mg/kg)                               | 16,2  | 14,9  | 2,2     | 2,5   | 1,5   | 1,9    | 2,4     |
| Fe (mg/kg)                               | 4307  | 4512  | 3890    | 1828  | 1848  | 3417   | 4627    |
| Mn (mg/kg)                               | 364   | 344   | 247     | 298   | 289   | 307    | 252     |
| Zn (mg/kg)                               | 8,2   | 7,6   | 1,4     | 8,6   | 10,8  | 3      | 2,2     |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)     | kha   | kha   | kha     | kha   | kha   | kha    | kha     |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N (mg/kg) | 4,08  | 4,69  | 6,88    | 3,93  | 3,93  | 4,49   | 4,74    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/kg) | 15    | 15,3  | 11,32   | 13,51 | 12,33 | 17,2   | 11,46   |
| N [%]                                    | 0,19  | 0,22  | 0,19    | 0,17  | 0,19  | 0,19   | 0,2     |
| C [%]                                    | 1,99  | 2,46  | 2,18    | 1,96  | 2,35  | 2,1    | 2,26    |
| S [%]                                    | 0,02  | 0,02  | 0,02    | 0,02  | 0,01  | 0,02   | 0,03    |

2.melléklet : 2024. évi talajvizsgálati jegyzőkönyv

| Mintaazonosítási szám      |              | 67922               | 67923 | 67924 | 67925 |
|----------------------------|--------------|---------------------|-------|-------|-------|
| Mintajel                   |              | 1                   | 2     | 3     | 4     |
| Minta mélység (cm)         |              |                     |       |       |       |
| Vizsgált paraméter         | Mértékegység | Vizsgálati eredmény |       |       |       |
| pH (kálium-kloridos)       |              | 6,90                | 6,64  | 7,02  | 6,95  |
| Arany-féle kötöttségi szám |              | 51                  | 54    | 50    | 51    |
| Összes só                  | % m/m        | 0,13                | 0,10  | 0,09  | 0,09  |
| Szénsavas mész             | % m/m        | 0,7                 | 0,1   | 1,8   | 2,2   |
| Humusz                     | % m/m        | 3,28                | 3,32  | 2,85  | 3,12  |
| Nitrit + nitrát nitrogén   | mg/kg        | 85,6                | 38,7  | 22,9  | 26,2  |
| Foszfor-pentoxid           | mg/kg        | 296                 | 219   | 63,0  | 68,4  |
| Kálium-oxid                | mg/kg        | 646                 | 617   | 362   | 394   |
| Magnézium                  | mg/kg        | 481                 | 687   | 589   | 578   |
| Nátrium                    | mg/kg        | 20,6                | 36,7  | 36,1  | 33,5  |
| Cink                       | mg/kg        | 2,48                | 2,54  | 1,30  | 1,31  |
| Réz                        | mg/kg        | 9,19                | 11,7  | 8,88  | 9,49  |
| Mangán                     | mg/kg        | 489                 | 697   | 269   | 224   |
| Kén                        | mg/kg        | 6,73                | 5,31  | 4,47  | 5,01  |

### 3.melléklet: 2025. évi vizsgálat talajmintavételi jegyzőkönyve

| Parcella                                 | Kontroll | 1.   | 2.    | 3.   | 4.    | 5.    | 6.   |
|------------------------------------------|----------|------|-------|------|-------|-------|------|
| pH (KCl)                                 | 6,64     | 6,45 | 6,96  | 6,39 | 6,82  | 6,85  | 6,98 |
| pH (H <sub>2</sub> O)                    | 7,51     | 7,15 | 7,49  | 7,05 | 7,55  | 7,51  | 7,51 |
| CaCO <sub>3</sub> %                      | 0,1      | 0,1  | 1,4   | 0,3  | 1,3   | 1,2   | 1,4  |
| KA                                       | 39,6     | 37,2 | 38,8  | 37,2 | 38,6  | 37,9  | 38   |
| Só %                                     | 0,03     | 0,03 | 0,05  | 0,06 | 0,06  | 0,06  | 0,06 |
| Humusz %                                 | 3,41     | 4,22 | 3,09  | 3,56 | 3,63  | 3,51  | 3,62 |
| AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | 134      | 151  | 166   | 120  | 229   | 180   | 194  |
| Al-K <sub>2</sub> O (mg/kg)              | 261      | 400  | 192   | 198  | 198   | 182   | 212  |
| Al-Na (mg/kg)                            | 167      | 153  | 177   | 148  | 161   | 167   | 173  |
| Al-Mg (mg/kg)                            | 1277     | 868  | 1759  | 785  | 1236  | 1221  | 1464 |
| Cu (mg/kg)                               | 12,5     | 12,9 | 13,9  | 12,6 | 13,5  | 13,7  | 13,3 |
| Fe (mg/kg)                               | 7822     | 4845 | 9529  | 9770 | 5787  | 5784  | 5707 |
| Mn (mg/kg)                               | 588      | 498  | 702   | 524  | 424   | 447   | 464  |
| Zn (mg/kg)                               | 12,5     | 10,2 | 9,1   | 9,5  | 9,8   | 9,8   | 9,5  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)     | kha      | kha  | kha   | kha  | kha   | kha   | kha  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N (mg/kg) | 4,08     | 4,69 | 3,93  | 4,49 | 4,74  | 6,88  | 3,75 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/kg) | 15       | 15,3 | 13,51 | 17,2 | 11,46 | 11,32 | 11,6 |
| N [%]                                    | 0,19     | 0,22 | 0,17  | 0,19 | 0,2   | 0,19  | 0,2  |
| C [%]                                    | 1,99     | 2,46 | 1,96  | 2,1  | 2,26  | 2,18  | 2,27 |
| S [%]                                    | 0,02     | 0,02 | 0,02  | 0,02 | 0,03  | 0,02  | 0,01 |

### 4.melléklet: A talajminta vizsgálata során alkalmazott módszerek szabványszámai

| Talaj-tápanyag vizsgálat                                        |                                  |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Vizsgált paraméter                                              | A vizsgálati módszer azonosítója |
| pH (kálium-kloridos)                                            | MSZ-08-0206-2:1978 2.1           |
| Arany-féle kötöttségi szám                                      | MSZ-08-0205:1978 5.2             |
| Vízben oldható összes sótartalom                                | MSZ-08-0206-2:1978 2.4           |
| Szénsavas mész                                                  | MSZ-08-0206-2:1978 2.2           |
| Humusz (kálium-dikromát-kénsavas roncsolás)                     | MSZ-08-0210-2:1977 2.1.6         |
| Nitrit+nitrát-nitrogén (kálium-klorid oldható)                  | MSZ 20135:1999 4.2.2., 5.4.5     |
| Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható)                      | MSZ 20135:1999 4.2.1., 5.1       |
| Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható)                           | MSZ 20135:1999 4.2.1., 5.1       |
| Magnézium (kálium-klorid oldható)                               | MSZ 20135:1999 4.2.2., 5.1       |
| Nátrium (ammónium-laktát oldható)                               | MSZ 20135:1999 4.2.1., 5.1       |
| Cink (etilén-diamin-tetra-ecetsav+kálium-kloridos kivonatból)   | MSZ 20135:1999 4.2.3., 5.1       |
| Réz (etilén-diamin-tetra-ecetsav+kálium-kloridos kivonatból)    | MSZ 20135:1999 4.2.3., 5.1       |
| Mangán (etilén-diamin-tetra-ecetsav+kálium-kloridos kivonatból) | MSZ 20135:1999 4.2.3., 5.1       |
| Kén (kálium-klorid oldható)                                     | MSZ 20135:1999 4.2.2., 5.1       |

5. melléklet: A pénzügyi elemzésnél figyelembe vett költségek 2024 és 2025-ben (saját adat)

| Inputanyag/ bérköltség  | 2024   | 2025   |
|-------------------------|--------|--------|
| Ammónium-szulfát (Ft/t) | 93000  | 133000 |
| MAS 27% (Ft/t)          | 101000 | 146000 |
| Nitrosol 30% (Ft/t)     | 112000 | 161000 |
| UREUS 46% (Ft/t)        | 170000 | 240000 |
| Vixeran (Ft/ha)         | 7500   | 7800   |
| Műtrágyázás (Ft/ha)     | 6000   | 7000   |
| Permetezés (Ft/ha)      | 7000   | 8000   |
| Takarmány búza (Ft/t)   | 58000  | 71000  |
| EU búza (Ft/t)          | 65000  | 73000  |
| Malmi búza (Ft/t)       | 69000  | 75000  |

6. melléklet: 2025. évi vizsgálat eredményei:

| Mintaazonosító                         | kontroll | 1.parcella | 2.parcella | 3.parcella | 4.parcella | 5.parcella | 6.parcella |
|----------------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Terméshozam (t/ha)                     | 3,4      | 4          | 3,9        | 4,5        | 4,4        | 4,6        | 4,6        |
| N [%]                                  | 1,3615   | 1,4047     | 1,7779     | 2,3877     | 2,1221     | 1,8777     | 2,4442     |
| Számított Fehérje% (N*5,7)             | 7,76055  | 8,00679    | 10,13403   | 13,60989   | 12,09597   | 10,70289   | 13,93194   |
| NIR fehérje %                          | <8       | <8         | 9,93       | 12,97      | 11,27      | 10,57      | 13,78      |
| Átlag fehérje % (számított+NIR átlaga) | 7,88028  | 8,003395   | 10,032015  | 13,289945  | 11,68299   | 10,636445  | 13,85597   |
| Sikér%                                 | 17,1     | 18,5       | 24,2       | 32         | 27,7       | 26,5       | 34,6       |
| Zeleny-index (ml)                      | 17       | 21         | 37         | 54         | 44         | 43         | 57         |
| C [%]                                  | 40,6216  | 41,212     | 40,7627    | 41,0791    | 41,8645    | 41,6091    | 41,905     |
| S [%]                                  | 0,1016   | 0,1123     | 0,1422     | 0,1619     | 0,1505     | 0,152      | 0,161      |
| S [mg/kg]                              | 1016     | 1123       | 1422       | 1614       | 1505       | 1520       | 1610       |
| Zn [mg/kg]                             | 12,01    | 12,74      | 9,49       | 10,7       | 11,73      | 12,86      | 14,17      |
| Fe [mg/kg]                             | 28,01    | 15,57      | 18,98      | 25,99      | 24,93      | 22,86      | 28,34      |
| Cu [mg/kg]                             | 5,34     | 4,25       | 4,07       | 4,59       | 5,87       | 4,29       | 5,67       |
| Mn [mg/kg]                             | 22,68    | 21,23      | 18,98      | 19,88      | 29,33      | 21,43      | 24,09      |
| P [mg/kg]                              | 890      | 1062       | 922        | 1017       | 1027       | 1026       | 1001       |
| Ca [mg/kg]                             | 965      | 790        | 836        | 869        | 840        | 973        | 964        |
| K [mg/kg]                              | 3356     | 3307       | 3444       | 3014       | 2845       | 3307       | 3299       |
| Mg [mg/kg]                             | 1191     | 1141       | 1139       | 1220       | 1194       | 1150       | 1178       |
| Na [mg/kg]                             | 129      | 113        | 141        | 151        | 120        | 144        | 133        |

7. melléklet: Növényegészségi-állapot. Balról jobbra nézve a parcellák: 4., 1., 2., 5., 6., 3.



8. melléklet: A kalászorsón megfigyelhető padkák száma.

Balról jobbra haladva: 1., 2., 5., 3., 4., 6.



**NYILATKOZAT**  
**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és**  
**eredetiségéről**

A hallgató neve: FERENCSEK BALÁZS  
A Hallgató Neptun kódja: SKY4ZN  
A dolgozat címe: TÁPANYAGHASZNOSULÁS VIZSGÁLATA ŐSZI BÚZA (*Triticum aestivum*) NÖVÉNYKULTÚRÁBAN IN VIVO KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET  
A konzulens tanszékének a neve: TALAJTANI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. év 10. hó 28. nap



Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

FERENCsik BACAzs (név) (hallgató Neptun azonosítója: SKY4ZN)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2025. év 10. hó 28. nap



belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

|                                              |                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hallgató neve:                               | FERENCSEK BALÁZS                                                                                                                                           |
| Neptun-kódja:                                | SKY4ZN                                                                                                                                                     |
| Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel): | <input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD)<br><input type="checkbox"/> Egyéb: ..... |
| Tantárgy neve/kódja*:                        | SZAKDOLGOZAT                                                                                                                                               |
| A munka címe:                                | TÁPANYAGHASZNOSULÁS VIZSGÁLATA<br>ŐSZI BÚZA ( <i>Triticum aestivum</i> )<br>NÖVÉNYKULTÚRÁBAN IN VIVO<br>KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT                                 |

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

☐ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

☒ B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

| A felhasználás célja       | Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója | Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik) |
|----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| FORDÍTÁS, NYELVI KORREKCIÓ | CHATGPT, GPT-5                         | IDEGEN NYELVŰ HIVATKOZÁS                            |

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

| A felhasználás célja | Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége | MI-neve, | Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma | A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma |
|----------------------|-------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                      |                                           |          |                                                       |                                                             |

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségeért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: ..... GÖDÖLLŐ ....., 2025. .... 10. .... hó .... 28. nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása