

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

KUBINA LAJOS

MOSONMAGYARÓVÁR

2026

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM ALBERT KÁZMÉR
MOSONMAGYARÓVÁRI KAR**

**WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER- TUDOMÁNYI
MULTIDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA**

A DOKTORI ISKOLA VEZETŐJE:

PROF. DR. VARGA LÁSZLÓ DSC

EGYETEMI TANÁR

HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

PROGRAMVEZETŐ:

PROF. DR. PINKE GYULA DSC

EGYETEMI TANÁR

Témavezető:

Dr. habil. Kalocsai Renátó egyetemi docens

Prof. Dr. Molnár Zoltán egyetemi tanár

**BIOSTIMULÁNS ÉS CINK (Zn) KEZELÉS HATÁSA AZ ŐSZI
KÁPOSZTAREPCE (*BRASSICA NAPUS* L.) MINŐSÉGI ÉS MENNYISÉGI
MUTATÓINAK ALAKULÁSÁRA**

KÉSZÍTETTE:

KUBINA LAJOS

MOSONMAGYARÓVÁR

2026

**Biostimuláns és cink (Zn) kezelés hatása az őszi káposztarepce
(*Brassica napus* L.) minőségi és mennyiségi mutatóinak alakulására**

Írta:

Kubina Lajos

**Készült a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Kar
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris
Doktori Iskola**

Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Programja keretében

Témavezető: Dr. habil. Kalocsai Renátó egyetemi docens

Prof. Dr. Molnár Zoltán egyetemi tanár

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

.....

a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnöke

1.Tartalomjegyzék

1.Tartalomjegyzék.....	4
KIVONAT	7
KIVONAT ANGOL NYELVEN (ABSTRACT)	9
BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	11
2. Irodalmi áttekintés.....	15
2.1. Stressz.....	15
2.1.1. Növényekre ható stresszorok	17
2.1.2. Pozítív és negatív stressz.....	18
2.1.3. Stressz leküzdésének lehetőségei	19
2.2. Biostimulátorok.....	22
2.3. A biostimulánsok típusai és jelentőségük	26
2.3.1. Huminsavak és fulvosavak.....	27
2.3.2. Fehérje hidrolizátumok és más N-tartalmú vegyületek	31
2.3.3.Tengeri hínárkivonatok és növényi anyagok	33
2.3.4. Kitozán és más biopolimerek	35
2.3.5. Szervetlen vegyületek.....	36
2.3.6. Hasznos gombák	39
2.3.7. Hasznos baktériumok.....	41
2.4. Cink (Zn)	43
2.4.1. Cink a talajban	43
2.4.2.A cink felvétele	47
2.4.3. A cink növényélettani szerepe	47
2.5. Az őszi káposztarepce	49
2.5.1. Az őszi káposztarepce gazdasági jelentősége	49
2.5.2. Az őszi káposztarepce vetéstechnológiája	50
2.5.3. Az őszi káposztarepce tápanyagellátása.....	51

3. Anyag és módszer	57
3.1. Felhasznált készítmények	57
3.2. Szántóföldi kisparcellás területek.....	58
3.2.1. Termőhely talajának jellemzés	61
3.2.2.Tarján 0258 hrsz	64
3.2.3.Naszály 0124/9-10 hrsz.	66
3.2.4. Naszály 087/12-16 hrsz.....	67
3.3. Termőhely klimatikus jellemzése	68
3.4. A kísérletben felhasznált anyagok.....	71
3.4.1. Cink -tetramin -hidroxid és cink -tetramin -hidroxid + réz tetramin hidroxid	71
3.4.2. Quantis	72
3.4.3. Wuxal Boron	73
3.4.4. Hymagro-Sol.....	74
3.4.5. Fulvosav	76
3.6. Kezelési időpontok és a betakarítás	80
3.7. Statisztikai értékelés.....	85
4. Eredmények értékelése	85
4.1. Előzetes vizsgálatok.....	86
4.2. 2022. évi kezelések eredményei	88
4.2.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására.....	89
4.2.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására	91
4.2.3. A kezelések hatása a repce gyökértömegének alakulására	92
4.2.4. A kezelések hatása a repce gyökérnyak vastagságának alakulására	94
4.2.5. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására	97
4.2.6. Levél elemanalízis eredmények értékelése	98
4.2.7. A 2021/22 - es kísérleti év eredményeinek összefoglalása	102

4.3. 2023. évi kezelések eredményei	104
4.3.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására.....	104
4.3.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására	106
4.3.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására	107
4.3.4. Levél elemanalízis.....	108
4.3.5. A 2022/23 - as kísérleti év eredményeinek összefoglalása	111
4.4. 2024. évi kezelések eredményei	113
4.4.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására.....	113
4.4.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására	114
4.4.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására	115
4.4.4. A 2023/24 - as kísérleti év eredményeinek összefoglalása	116
4.5. 2022-2024. évi kezelések eredményei.....	118
4.5.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására.....	118
4.5.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására	119
4.5.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására	121
4.5.4. Összefoglalás	122
5. Következtetések, javaslatok.....	125
6. Összefoglalás	129
7. Tézisek	134
8. Köszönetnyilvánítás	135
9. Felhasznált irodalom	136
MELLÉKLET	154
PUBLIKÁCIÓS LISTA.....	154
DIAGRAMMOK.....	157
ÁBRAJEGYZÉK	174
TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	175

Biostimuláns és cink (Zn) kezelés hatása az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) minőségi és mennyiségi mutatóinak alakulására

KIVONAT

Napjainkban a növénytermesztők számára az abiotikus környezeti stresszhatásokkal (szárazság, UV-stressz, sókoncentráció, víznyomás) szembeni védekezés az egyik legnagyobb kihívás, hiszen ezek a tényezők káros hatással vannak a növények növekedésére és megakadályozzák a genetikai potenciálban, illetve a tápanyag utánpótlásban rejlő maximális lehetőségek elérését. A gazdasági veszteségek megelőzése érdekében egyre többen alkalmaznak rendszeresen biostimulátor hatóanyagokat azzal a céllal, hogy módosítsák a növények fiziológiai folyamatait.

A lombtrágyázás jelentőségét az adja, hogy a gyökéren keresztüli tápanyagfelvétel mellett a fiatal növényi részek, levelek tápelem-felvétele is jelentős. A növény felületére juttatott tápanyagok közvetlenül és rövid időn belül felszívódnak, hatásuk nem csapadékfüggő. Olyan esetekben javasolt a lombtrágyázás alkalmazása, amikor gyors beavatkozásra van szükség az állomány minőség megőrzésének érdekében.

Kutatásunk fő célja az volt, hogy megvizsgáljuk a repce élettani reakcióit a különböző dózisú cink (Zn) adagolására, a biostimulátor, valamint a biostimulátor és cink (Zn) együttes reakciójára. A hároméves szántóföldi kísérletekben megfigyelhető volt, hogy a növényeket ért különböző stresszhelyzetek hogyan befolyásolták a repce termés mennyiségét és az olaj tartalom alakulását.

Kísérleteink során a különböző biostimulátorok, valamint a cink a tenyészidőszak azon pontjában, de legkésőbb a virágzás kezdetéig történő kijuttatás eredményesen alkalmazhatók, mikor az előrejelzések különböző stresszhelyzeteket jeleznek vagy két stressz periódus között történik a kijuttatás. Eredményeink alapján az alábbi következtetéseket vontuk le: a különböző dózisu biostimulánsok használata során a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek csak 90%-os szignifikanciaszinten, de szignifikáns hatása volt a hozamra. A legnagyobb hozamtöbbletet a három év átlagában a Quantis 2 l/ha (+0,35 t/ha) és a Fulvic acid 2l/ha (+0,33 t/ha) kezelések hatására érték el. Az olajtartalom esetében statisztikailag igazolható különbségeket ugyanakkor nem tudtunk kimutatni. Legmagasabb olajtartalmat eredményező Hymagro Sol 2l/ha és Fulvic acid 2l/ha között jelentkezett. A *post hoc* tesztet 90%-os szignifikanciaszinten elvégezve is csak a legmagasabb olajtartalmat eredményező Fulvic acid 2l/ha kezelés különbözött szignifikánsan a kezeletlen kontrolltól. Ennek ellenére a ha-onkénti olajtermés növekedésével az olajbonifikáció miatt a kezelések plusz bevételt adhatnak a termelőknek.

Kutatásaink megmutatták, hogy az alkalmazott kezelések a stresszhelyzetek vonatkozásban eredményesnek tekinthetők, ebből kifolyólag megállapítható, hogy a biostimulátor készítmények alkalmazása nem, mint termés növelő, hanem leginkább mint termés mentő készítményeknek tekinthetők.

The effect of biostimulant and zinc (Zn) treatment on the qualitative and quantitative indicators of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)

KIVONAT ANGOL NYELVEN (ABSTRACT)

Today, one of the biggest challenges for growers is protecting plants from abiotic environmental stressors such as drought, UV radiation, high salt concentration, and water pressure. These factors can severely hinder plant growth and prevent the realization of their genetic potential and optimal nutrient supply. To mitigate economic losses, an increasing number of people are using biostimulant agents to help modify the physiological processes of plants.

The significance of foliar fertilization is given by the fact that, in addition to nutrient uptake through the root, nutrient uptake of young plant parts and leaves is also significant. The nutrients supplied to the surface of the plant are absorbed directly and in a short time, their effect is not precipitation-dependent. It is recommended to use it in cases where rapid intervention is required to preserve the quality of the stock.

During my PhD research, the primary objective was to investigate the physiological responses of rapeseed plants (*Brassica napus*) to various doses of zinc (Zn) and the combined effects of a biostimulator with zinc. Throughout three years of field experiments, we analyzed how different stressors impacting the crops influenced both the yield of rapeseed and the oil content.

During our experiments, various biostimulators and zinc can be successfully applied at the point of the growing season, but no later than the beginning of flowering, when forecasts indicate different stress situations or when the application takes place between two stress periods. Based on our results, we drew the following conclusions: based on the results of the analysis of variance, the treatments had a significant effect on yield only at a 90% significance level during the use of different doses of biostimulants. The highest yield surplus was achieved in the three-year average by the Quantis 2 l/ha (+0.35 t/ha) and Fulvic acid 2l/ha (+0.33 t/ha) treatments. However, we could not detect statistically verifiable differences in oil content. Hymagrosol 2l/ha and Fulvic acid 2l/ha were found to have the highest oil content. Even when the *post hoc* test was performed at a 90% significance level, only the Fulvic acid 2l/ha treatment resulting in the highest oil content differed significantly from the untreated control. Nevertheless, with the increase in oil yield per hectare, the treatments can provide additional income to producers due to oil bonification.

The treatments conducted during the training period are effective in stressful situations. Therefore, it can be concluded that biostimulator preparations should be viewed not as yield enhancers, but as means of crop preservation.

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Az elmúlt három évben hazánkban csökkent a repce vetésterülete 174.600 ha URL¹, ami részben a klímaváltozásnak tudható be, részben pedig a növényvédelmi technológiákban bekövetkezett szigorításokkal, szerkivonásokkal magyarázható.

Ezen kihívásokra a nemesítőházak új kimagasló termőképességgel, kiváló pergés ellenállósággal, szárazság tűréssel és különböző gombabetegségekkel szemben ellenálló hibrideket nemesítenek és hoznak forgalomba. A repcetermesztőknek különösen fontos a magasabb olajtartalomra való nemesítés, hiszen 40% olaj tartalom felett %-onként 1,5 százalék minőségi felár kompenzálható.

A repcetermesztés az elmúlt években teljesen átalakult Magyarországon. Általánossá vált a hibridek használata, valamint intenzív termesztéstechnológiák terjedtek el. Ezzel együtt növekedtek a termésátlagok is, így vált a repce az egyik legjövedelmezőbb növénykultúrák egyikévé. A jövedelmezőség megőrzése elsőrendű feladat, melyhez a termésátlagok további emelése mellett meghatározó a minőségi paraméterek javítása és a termésbiztonság. A repce termesztése napjainkban jelentős kihívásokkal néz szembe. A klímaváltozás hatására az évtizedek termesztési rutinja átalakul *Kubina et.al.* (2021):

- forgatás nélküli talajművelési módok elterjedése
- későbbi vetésidő alkalmazása (az augusztusi vetés helyett már szeptember 1-2 dekádjában történő vetés)

- olyan területen is termesztjük, amelyek eddigi tapasztalataink alapján nem kedvezőek a minőségi és mennyiségi repce termesztésének
- a vetéstechnológiában általánossá vált a dupla gabonaszor elterjedése, így a hektáronkénti magmennyiség csökken
- nálunk nem olyan elterjedt a 45 és 75 cm-es sorávolság, mint Nyugat-Európában, ahol ezáltal a mechanikai gyomirtás (kultivátorozás) elterjedőben van, így csökkenthető a növényvédőszer felhasználás
- a klímaváltozás hatására egyre nagyobb szerepe van, a lombon keresztüli növényáplálásnak, vele mind makro és mikroelemek, illetve a biostimulátorok alkalmazásának.

A leghatékonyabb biostimulátorok általában olyan természetes anyagok, melyek növényi hormonokból, vagy növényi hormonok prekursoraiból állnak. Amennyiben ezeket a növényekben helyesen alkalmazzuk, közvetlenül a fiziológiai folyamatokra fognak hatást gyakorolni, így potenciális előnyökkel járnak a növekedés, fejlődés, terméskepződés, valamint a környezeti stresszhatásokra adott válaszreakciók szempontjából.

A biostimulátorok számtalan szerves vegyületet tartalmazhatnak – huminsav származékokat, vitaminokat, aminosavakat, egyéb szerves vegyületeket – de a gyártás során kiemelt jelentőségű, hogy a különböző összetevőket milyen arányban vegyítik egymással. Ez a feltétele annak, hogy a biostimulátor komplexek valódi megoldást jelentsenek a növények anyagcsere folyamatainak szabályozásában, befolyásolásában, a

növekedés serkentésében, a stressz okozta korlátozások enyhítésében, azaz összeségében a nagyobb hozam elérésében.

A cinknek, mint mikroelemnek jelentős szerepe van a növények tápanyagellátásában, és fontos az enzimtevékenységben betöltött szerepe is. Hiánya a növekedés gátlásában jelentkezik (Kádár 2005). Kalocsai et al. (2006) megállapításai szerint hazánk talajainak nemzetközi összehasonlításban is gyenge a cinkellátottsága. A hazai talajok közel 50%-a közepes, vagy annál gyengébb cink ellátottságot mutat.

Az időjárás és a gazdasági környezet változásával együtt olyan technológiák térhódítása várható, melynek jelentősen átformálhatják az eddigi mezőgazdasági termelést. Minden olyan növény egészségét célzó eljárás fel fog érdeklődni, melyek ma még széleskörben nem elterjedtek és ismertek. A biostimuláció vagy biostimulátor készítmények alkalmazása is ide sorolható. Ahhoz azonban szükséges ezen anyagok és biológiai hátterük széleskörű ismerete.

A megváltozott klimatikus viszonyok miatt vizsgálataink során az őszi káposztarepcét (*Brassica napus* L.) választottuk teszt növénynek. Kísérleteink során azt vizsgáltuk, hogy az őszi káposztarepce számára esszenciális tápelemek közül a cink és a biostimulánsok lombtrágyakénti alkalmazása hogyan befolyásolja az őszi káposztarepce hozamát és olaj tartalmát. Munkánk során az alábbi kísérleti célokat tűztük ki, mivel az utóbbi évtizedben egyre több abiotikus stressz éri a növényeket:

- Megvizsgálni, hogy a cink tartalmú készítmények cink hiányos talajon alkalmazva befolyásolják-e az őszi káposztarepce hozamát.

- Megvizsgálni, hogy a cink készítmények hatással vannak-e az őszi káposztarepce beltartalmi mutatójára (olaj tartalom).
- Megvizsgálni, hogy a biostimulátor tartalmú készítmények alkalmazása során hatással vannak-e az őszi káposztarepce termés mennyiségére.
- Megvizsgálni, hogy a biostimulátorok alkalmazása milyen hatással van az olaj tartalomra.
- Megvizsgálni, hogy a cink és a biostimulátor együttes alkalmazása hogyan befolyásolja stresszhelyzetek esetében az őszi káposztarepce mennyiségi és minőségi paramétereinek alakulását.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Stressz

A stressz kifejezést először a fizikában alkalmazták egy testben külső erő hatására ébredő belső feszültség jellemzésére. A fogalomnak orvosi, pszichológiai, szociológiai megközelítései is vannak. A stressz megterheléssel járó helyzet, amelyben egy szervezet a “normális” viselkedéstől eltérő módon viselkedik. *Selye* (1936) szerint: „A stressz a szervezet túlterhelt, túlterített állapota, a test aspecifikus reakciója mindenfajta igénybevétellel szemben”. Aspecifikus reakció: a stresszortól függetlenül mindig azonosan zajlik le. *Tischler* (1984) alapján: „a stressz a normálistól eltérő olyan helyzet, amely az élőlényt megterheli, de az életét közvetlenül nem veszélyezteti”. *Larcher* (1987) a növények stresszállapotát vizsgálva a következő definíciót fogalmazza meg: „a stressz olyan terheléses állapot, amelyben a növényvel szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást, vagy akár pusztulást is okoz.” A stressz a növényre gyakorolt külső, biotikus vagy abiotikus eredetű előnytelen hatás, mint pl. a fertőzés, a hőség, a vízhiány és az anoxia. A stressz hatását legtöbb esetben a túlélés jellemzőivel, illetve a termés, a gyarapodás (biomassza akkumuláció), vagy a primer asszimilációs folyamatok mérésével jellemzik (*Taiz és Zeiger* 2006, 2010). *Szigeti* (2018) alapján „növényi stressz az a fiziológiai állapot, amelyben a növények növekedése, fejlődése és szaporodása az optimális

alkalmazkodás tartományán kívül, a fokozott környezeti terhelés miatt a genomban meghatározott lehetőségek alatt marad.”

A szervezetben a stresszállapotot a stresszor váltja ki, ami nem más, mint a környezet egy eleme, ami a növény életműködésében olyan változást okoz, ami megváltozott környezethez való élettani alkalmazkodást eredményez. Az 1. ábra valamely élettani funkciónak (pl. növekedés, túlélés, termés) valamilyen környezeti tényező hatására bekövetkező változását mutatja. Az ábra kiválóan szemlélteti, hogy amennyiben egy külső tényező értéke a szervezet számára az optimális alkalmazkodás tartományán kívül van, akkor az stresszállapotba kerül. Az optimális körülményektől eltérő környezeti tényezők stresszorként hatnak a növényekre. Ha pl. kevés vagy sok a víz, kevés vagy több a fény, kevés vagy több a fényintenzitás, kevés vagy több a felvehető tápanyag akkor a növény stresszállapotba kerül. Mindez függ attól, hogy mit tekintünk az optimális alkalmazkodás tartományának.



1. ábra. A növény funkcionális paramétereinek változása a környezeti tényezők intenzitásának függvényében (Szigeti 1998).

Mi határozza meg, hogy egy növény milyen mértékben képes alkalmazkodni a környezetéhez? Ez a fenotípusos plaszticitás, ami nem más, mint egy genotípusnak az a képessége, hogy a környezet változásaira adott válaszként fenotípusok széles tartományát képes felmutatni (Fordyce 2006). A fenotípusos plaszticitás tehát az a tulajdonság, amikor egy adott genotípusú egyed különböző biokémiai, fiziológiai vagy morfológiai állapotok egy bizonyos tartományában képes különböző környezeti feltételekre választ adni (Whitman és Agrawal 2009).

2.1.1. Növényekre ható stresszorok

A növényekre ható *stresszorokat* (stressztényezőket) többféleképpen csoportosíthatjuk. Az egyik szokásos felosztás szerint *természetes tényezőket*, valamint *antropogén faktorokat* különböztetünk meg.

Természetesnek tekintjük a természeti környezet spontán, de hirtelen, vagy szélsőséges megváltozásait: a nagy fényintenzitást, a hőhatást, az alacsony hőmérsékletet, a hirtelen fagyot, a szárazságot, az ásványi tápanyagok hiányát, a nagy sókoncentrációt stb. Antropogén stresszorokként tartjuk számon többek között a herbicideket, a légszennyező anyagokat (kén- és nitrogénoxidok, ózon stb.), a savas esőt, a talajsavanyodást, a toxikus nehézfémek feldúsulását a környezetben és a fokozott UV sugárzást. Másik megközelítésből *abiotikus* (abiogén) és *biotikus* (biogén) felosztást is alkalmazhatunk. Ez utóbbiak közé tartoznak a növény paraziták: vírusok, baktériumok, gombák, de ide soroljuk a rovarok, csigák stb. rágása által okozott sebzéseket is (Szigeti 2013).

2.1.2. Pozitív és negatív stressz

A stressznek lehetnek pozitív következményei is. Az *eustressz* egy pozitív, alkalmazkodási válasz, amit a stresszor kis dózisa vált ki (Selye 1964). A szubletális abiotikus stresszviszonyoknak kitett növények a morfogén válaszok széles skáláját mutatják. A fenotípusok sokfélesége ellenére felismerhető egy általános „stressz által kiváltott morfogén válasz”, amely úgy tűnik, hogy gondosan megtervezett, és három összetevőből áll: (a) a sejtmegnyúlás gátlása, (b) a sejtosztódás lokalizált stimulálása és (c) változások sejtdifferenciálódási állapotában. Egy stresszor alacsony dózisa adaptív fenotípusos változást okozhat, mely fenotípus számos alkalmazkodás jellegű változást magában foglal (Potters *et al.* 2007). A gyenge stressz tehát aktiválhatja a sejttanyagcserét, javíthatja a növény fiziológiai aktivitását és még tartósan hatva sem feltétlenül okoz károsodást (Lichtenthaler 1988). A *distressz* egy erősebb, negatív válasz, amit a stresszor intenzívebb, tartósabb hatása, nagyobb dózisa okoz, ami

védekezéssel (coping) vagy alkalmazkodással már nem korrigálható, szubcelluláris károsodással járhat.

2.1.3. Stressz leküzdésének lehetőségei

Sérült, fertőzött, stresszben lévő növényekben a regenerációt és a védekezést szolgáló folyamatok aránya megnövekszik. A regenerációt és védekezést a klasszikus agrotechnikai megoldások (pl.: jó talajelőkészítés, ideális vetési időpont, stressztűrő fajták, öntözés, megfelelő termesztés technológia) mellett lehetőség van a fiziológiai/biokémiai összefüggésekre építő, a növény anyagcseréjébe célzottabban/közvetlenebbül beavatkozó és gyorsabb eredményt biztosító megoldások alkalmazására is. Ezek a megoldások részben a károsodások mérséklését, részben a már károsodott növények gyorsabb regenerálódását biztosítják. Ezt a regenerációt és védekezést bioaktív anyagok, *biostimulátorok* alkalmazásával mi is fel tudjuk erősíteni. A szabad gyökök közömbösítésére a növényekben enzimek működnek, pl. kataláz, peroxidáz, szuperoxid-dizmutáz. Ezeknek az enzimeknek az aktivitása az öregedéssel csökken és a gyökök ezért felhalmozódhatnak. A szabad gyökök közömbösítésére a növényekben antioxidáns hatású vegyületek is találhatók. Ilyenek pl. az aszkorbinsav (C-vitamin), karotinoidok, flavonoidok, citokininek, betain (trimetil-glicin) stb. Növényi kivonatok nagy mennyiségben tartalmazhatják a fenti hasznos anyagokat. Antioxidánsokat tartalmazó természetes növényi kivonatok (biostimulátorok) növényi állományra permetezéssel vagy kertészeti és erdészeti kultúráknál (ültető gödör vagy árok) beöntözésével fokozhatjuk a növények természetes védekező mechanizmusait és ezzel csökkenteni lehet a stressz során fellépő károsodási tüneteket.

A tartós fejlődés minden gazdasági ágazatban megköveteli a környezetvédelmi igények tiszteletben tartását (*Pandia et al.* 2018). A demográfiai robbanással összefüggésben a nagy mennyiségű élelmiszer előállításához nagy mennyiségű műtrágyára van szükség (*Butnariu és Caunii*, 2013). A műtrágyák használata fontos az élelmiszer-termelésben, másrészt viszont nagyon veszélyes a környezetre (*Zhang et al.* 2018). Még akkor is, ha a növénytermesztésre gyakorolt hatás nyilvánvalóan nyereséges, a műtrágya maradványok a talaj- és vízszennyezés gyakori okai (*Pandia et al.* 2012). Az egyik leginnovatívabb és legígéretesebb megoldás a világ növekvő népességének ételmezési igényének kezelésére a *növényi biostimulátorok* használata. A növények fokozott védelme a környezeti tényezőkkel szemben a biostimulánsok használata után, ami a növénytermesztés termelékenységének és jövedelmezőségének növekedését eredményezi, a mezőgazdasági termelők fenntarthatósági támogatásának potenciális formáját jelenti (*Tarantino et al.* 2018, *Bulgari et al.* 2019, *Szparaga et al.* 2019). A biostimulánsok európai piaca 2018-ban mintegy 800 millió euró volt, és éves növekedési potenciálja meghaladta a 10%-ot (*Saporta et al.* 2019). A biomassa magában foglal bármilyen típusú regenerálható szerves anyagot, mezőgazdasági növényeket, erdei fajokat vagy évelőket, humusz anyagokat, mikroalgákat stb., valamint a mezőgazdaságból származó hulladékok és szerves maradványok együttesét (*Samfira et al.* 2013). Enzimek, fehérjék, aminosavak, mikrotápanyagok és egyéb vegyületek is használhatók biostimulánsként (*du Jardin* 2015). A forrásanyagok sokfélesége miatt a biostimulánsok hatásmódja nem határozható meg könnyen. A növények növekedését szolgáló új termékek kifejlesztésének a kémiai szintézisen és a biokémián alapuló szisztémás megközelítés alapján kell történnie

(Butnariu, 2012, Bostan et al. 2013). A biostimulánsok és a *biotrágyák* alkalmazásával a növények növekedését vagy a hozam növekedését érhetjük el, de a túlzott használat ellenkező hatást is kiválthat: pl. termés csökkenés, növénypusztulás (Lyszkowska et al. 2008).

2.2. Biostimulátorok

A leghatékonyabb biostimulátorok általában olyan természetes anyagok, melyek növényi hormonokból vagy növényi hormonok prekursoraiból állnak. Amennyiben ezeket a növényekben helyesen alkalmazzuk, közvetlenül a fiziológiai folyamatokra fognak hatást gyakorolni, így potenciális előnyökkel járnak a növekedés, fejlődés, termésképződés, valamint a környezeti stresszhatásokra adott válaszreakciók szempontjából.

Az abiotikus és biotikus stressz elleni toleranciát kiváltó tényezők, hatások kezelésére a legígéretesebb megoldás lehet növényi biostimulánsok (PB = Plant Biostimulants) használata, amelyeket „*olyan anyagokat és/vagy mikroorganizmusokat tartalmazó anyagoknak*” neveznek, *amelyek funkciója a növényekre vagy a rizoszférára alkalmazva a természetes folyamatok serkentése a tápanyagfelvétel, a tápanyag-hatékonyság, az abiotikus stresszel szembeni tolerancia és/vagy a termés minőségének fokozása/előnyben részesítése érdekében, annak tápanyagtartalmától függetlenül*” European Biostimulant Industry Council [EBIC] (2016).URL²

A biostimulánsok szabályozási státuszának tisztázására irányuló közelmúltbeli erőfeszítések ellenére a növényi biostimulánsoknak nincs jogi, vagy szabályozási meghatározása a világon, így az Európai Unióban és az Egyesült Államokban sem. Ez a helyzet kizárja a fogalom hatálya alá tartozó anyagok és mikroorganizmusok részletes felsorolását és kategorizálását. Ennek ellenére egyes főbb kategóriákat széles körben elismernek a tudósok, a szabályozók és az érintettek, amelyek mind az anyagokra, mind a mikroorganizmusokra kiterjednek (Calvo et al. 2014,

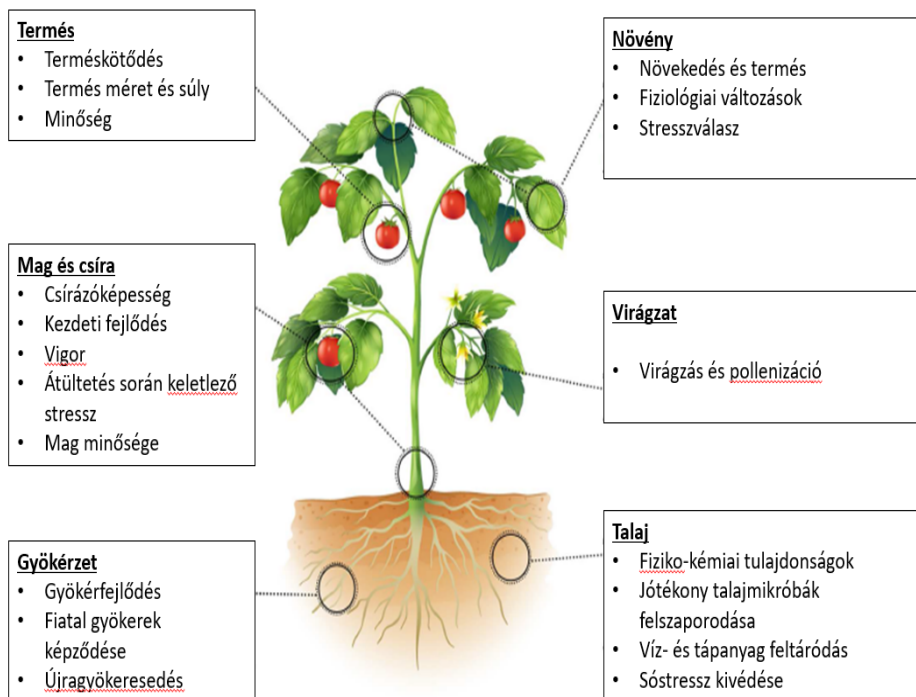
Halpern et al. 2015). A mikroorganizmusok közé tartoznak a hasznos baktériumok, főként a növénynövekedést elősegítő *rhizobaktériumok* (PGPR = Plant Growth Promoting Bacteria) és a jótékony gombák. A PGPR-k különböző viszonyban vannak a gazdanövények különböző fajaival. A kapcsolatok két fő osztálya a rizoszféra és az endofita. A rizoszférikus kapcsolatok a gyökér felszínét vagy a gazdanövény felszínes sejtközi tereit kolonizáló, gyakran képződő PGPR-ekből állnak (gyökércsomók). Az endofita kapcsolatok magukban foglalják a gazdanövényben az apoplastikus térben élő és növekvő PGPR-eket. Lehetnek szabadon élő, rizoszférikus vagy endoszimbiotikusak (du Jardin 2015).

A növényi biostimulánsokat (PB) folyamatosan vizsgálják, de csak az elmúlt három évtizedben kaptak jelentős figyelmet, mint az éghajlatváltozás negatív hatásainak enyhítésére szolgáló potenciális keverékek (Craigie, 2011, Sharma et al. 2014, Ricci et al. 2014, Jindo et al. 2020). A korábbi megfontolások alapján a Környezetvédelmi Ügynökség (EPA) 2019-ben a biostimulánsokat úgy határozta meg, mint „természetesen előforduló anyagokat, vagy mikrobákat, amelyeket önmagában, vagy más, természetesen előforduló anyagokkal, vagy mikrobákkal kombinálva használnak fel a növényekben zajló természetes folyamatok serkentésére, vagy a talajban a növények tápanyag- és/vagy vízfelhasználásának hatékonyságának javítása, a növények abiotikus stressztűrésének elősegítése, vagy a talaj fizikai, kémiai és/vagy biológiai tulajdonságainak javítása érdekében, mint a növények növekedéséhez szükséges táptalaj.” Számos kutatást végeztek annak érdekében, hogy értékeljék a növények növekedését és fejlődését javító PB-ket, miután számos abiotikus stressznek, például szárazságnak, sós környezetnek,

szélsőséges hőmérsékletnek, heves esőzésnek stb. voltak kitéve (*Carillo et al.* 2019). Ezenkívül különféle nyersanyagot is használtak nem mikrobiális biostimuláns komponensek mellett, mint például humuszanyagok, fehérje-hidrolizátum, növényi alapú termékek, hínárkivonatok stb. és/vagy PGPM-et tartalmazó mikrobiális komponensek, például arbuszkuláris mikorrhiza gombák, fluoreszcens *Pseudomonas*, *Trichoderma* spp., *Bacillus* pp., stb. Mindannyian óriási potenciált mutattak a növények növekedésének, virágzásának, termés hozamának, tápanyag-felhasználási hatékonyságának (NUE = Nutrient Use Efficiency) és transzlokációjának fokozására, valamint az abiotikus stresszekkel szembeni tolerancia növelésére a termés fiziológiai, biológiai és biokémiai folyamatainak módosításával.

Povero G. et al. (2016) a növényi biostimuláns készítmények általában tengeri moszat kivonatokon, komplex szerves anyagokon, növényi hormonszerű vegyületeken, aminosavakon és huminsavakon alapuló szabadalmaztatott készítmények. Kiterjedt áttekintések tárgyalják a tengeri algákból, különösen az *Ascophyllum nodosum*-ból származó PBS nagy csoportját (*Khan et al.* 2012, *Craigie* 2011, *Carvalho*, 2013), valamint a természetes biostimulánsok jótékony hatását a növény növekedés, a termelés és a gyümölcs minőségének sajátos szempontjait különböző kultúrákban (*Paradjikovic et al.* 2011, *Bulgari et al.* 2015, *Saa et al.* 2015). Olyan specifikus PB-aktivitásokról is beszámoltak, mint a megnövekedett gyökér- és hajtásnövekedés, az abiotikus stresszel szembeni tolerancia, a vízfelvétel, a transzplantációs sokk csökkentése stb. (*Adami et al.* 1998, *Petrozza et al.* 2014). A biostimulánsok felhasználásával csökkenthetik a műtrágya mennyiségét és

a tápoldat-koncentrációt is hidroponikus rendszerekben (*Vernieri et al.* 2006). A PB jótékony hatásainak összefoglalása az 2. ábrán látható.



2. ábra. Biostimulátorok főbb igazolt növényélettani hatásai (*Povero G. et al., 2016*).

A káros környezeti hatások mérséklésére különféle agrokémiai és hagyományos megközelítéseket alkalmaznak, de a cél elérésének egyik legígéretesebb és legkörnyezetbarátabb módja a biostimulánsok használata az ilyen problémák kezelésére (*Yakhin et al.* 2017). Megfigyelték, hogy a biostimulánsok alkalmazásával csökkenthetik a szintetikus műtrágyák és peszticidek iránti igényt, mivel a biostimulánsok képesek növelni a növény tápanyag-felhasználási hatékonyságát mind a

mikro-, mind a makroelemek tekintetében (*Calvo et al. 2014, VanOosten et al. 2017*). Közvetlenül a műtrágyákat és a peszticideket a növényi biostimulánsok nem helyettesítik. Alkalmazásukkal azonban csökkenteni lehet a műtrágyák és peszticidek felhasznált mennyiségét, és ezáltal csökkenteni lehet a környezeti terhelésre, gyakorolt lehetséges hatásukat.

2.3. A biostimulánsok típusai és jelentőségük

A biostimulánsok sokféle forrásból származnak, például növényekből, humuszanyagokból, fehérje hidrolizátumból, tengeri hínárkivonatokból, makro- és mikroalgákból, élő mikrobiális kultúrákból és növényi növekedést elősegítő mikrobákból (PGPM) stb. Ezek a vegyületek ezért rosszul jellemezhetők, és hatásmechanizmusuk sem sejt, sem molekuláris szinten nem határozhatók meg pontosan. Így a jelenlegi tudásbeli hiányosságok miatt a PB fogalma még mindig fejlődik (*Calvo et al. 2014, Li et al. 2021*), ami némileg jelzi a PB-ként elfogadható inputok sokféleségét.

A biostimulátorok ahhoz képest, hogy kis dózisban alkalmazhatóak, nagy mértékben befolyásolják a növények élettani folyamatait.

Patrick du Jardin (2015) „növényi biostimuláns minden olyan anyag vagy mikroorganizmus, amelyet növényeken alkalmaznak azzal a céllal, hogy tápanyagtartalmától függetlenül javítsák a táplálkozási hatékonyságot, az abiotikus stressztűrést és/vagy a termésminőségi tulajdonságokat.”

A növényi biostimulánsok fő típusai:

1. Huminsav és fulvosavak
2. Fehérje hidrolizátumok és más N-tartalmú vegyületek
3. Tengeri hínárkivonatok és növényi anyagok (=növényi kivonatok)
4. Kitozán és más biopolimerek
5. Szervetlen vegyületek
6. Hasznos gombák
7. Hasznos baktériumok

2.3.1. Huminsavak és fulvosavak

A *humuszanyagok* a talajban lévő elhalt élőlények mikrobiális bomlásának és kémiai lebomlásának végtermékei (*Asli és Neumann 2010*) és a Földön a legnagyobb mennyiségben előforduló, természetes szerves molekuláknak tartják őket (*Simpson et al. 2002*), ill. a talaj szerves anyagának fő összetevői (*Nardi et al. 2002*). A *huminsavak* a természetes és az ember alkotta környezetben is előfordulnak, - a talajban, a komposztban, a szennyvízben, a természetes vizekben, a hulladéklerakókban és a légkörben egyaránt (*Gaffney et al. 1996, Liang et al. 2009, Olk et al. 2019*). A huminsavak üledékekben, tőzegben, lignitekben, barnaszénben és más szerves közetekben rakódnak le (*Malcolm 1990*). Fontos bioszférikus funkciókat töltenek be, beleértve a szállítást, a felhalmozódást, a szabályozást, valamint a fiziológiai és védelmi szerepeket. Ezért elfogadott tény az a nézet, hogy a huminsavak létfontosságú szerepet játszanak a környezeti stabilitás fenntartásában

(Piccolo 1996). A humuszanyagok a talajban fontos szerepet játszanak a talaj és a növény különböző funkcióiban (Berbara és García 2014), úgymint a tápanyag hozzáférhetőség, a talaj és a légkör közötti szén- és oxigéncsere szabályozása, valamint a mérgező vegyi anyagok átalakulása és szállítása (Piccolo és Spiteller 2003). A talajban lévő humuszanyagok befolyásolják a növények élettanát és a rizoszféra mikroorganizmusainak összetételét és működését (Varanini és Pinton 2001). Az északi féltekén és a trópusokon található hatalmas, nem meszes geológiai képződmények miatt az édesvíztestek, amelyek kémiaiáját az oldott humuszanyagok (HS) uralják, a fő típusnak tűnnek a Földön. A szerves lét tehetetlenségének paradigmája alapján az oldott HS-nek az édesvízi élőlényekkel való közvetlen kölcsönhatásait többnyire figyelmen kívül hagyják. Érdekes módon az oldott humuszanyagok gyakoriak az édesvízi testekben, ahol kimutatták, hogy kölcsönhatásba lépnek édesvízi élőlényekkel (Steinberg et al. 2008). A humuszanyagok aktivitása összefügg szerkezeti jellemzőikkel (Berbara és García 2014). A huminanyagokon belül megkülönböztetünk a) a huminsavat, amelyek bázikus közegben oldódnak, és így híg lúggal vonják ki a talajból, és savas közegben kicsapódnak, b) a fulvosavat, amelyek lúgos és savas közegben egyaránt oldódnak, és c) humint, amelyek nem vonhatók ki a talajból (Stevenson 1994, Berbara és García, 2014). A huminsavakat operatíván az oldhatóság alapján határozzák meg: a huminfrakció a teljes pH-tartományban oldhatatlan, a huminsavak <2-es pH-értéken oldhatatlanok, a fulvosavak pedig a teljes pH-tartományban oldódnak. A huminsavak lúgosan extrahálható, alkoholban oldódó frakciója himatomelánsav (HMA) néven ismert (Stevenson 1994). A humin- és fulvosavak között alapvető különbség, hogy a huminsavak jellemzően nagy molekulatömegűek, míg

a fulvosavak alacsony molekulatömegűek (*Nardi et al.* 2009). Kis molekulaméretük miatt a fulvosavak átjuthatnak a biológiai vagy mesterséges membránrendszerek mikropórusain, míg a huminsavak nem. A fulvosavak együttes kapacitása mind a tápanyagok, például a vas kelátja, mind a membránokon való áthaladás szempontjából arra utal, hogy a fulvosavak hasonló szerepet játszhatnak, mint a természetes kelátképzők a vas és más mikrotápanyagok mobilizálásában és szállításában (*Bocanegra et al.* 2006). Mivel kisebb molekulatömegűek, a fulvosavak még magas sókoncentrációban és a pH széles tartományában is a talajoldatban maradhatnak (*Zimmerli et al.* 2008, *Zhuang et al.* 2007, *Zhang et al.* 2010, *Zhang et al.* 2006). Ezért hosszú távú potenciállal rendelkeznek a növényi gyökerekkel való kölcsönhatásra (*Varanini és Pinton* 2001). *Kelleher és Simpson* (2006) arra a következtetésre jutott, hogy a talajból kivont humuszanyagok fehérjéket, szénhidrátokat, alifás biopolimereket és lignint tartalmaznak, amelyek a növények és mikrobák fő vegyületosztályait képviselik. Korábbi tanulmányok azt közölték, hogy a humuszanyagok csak látszólagosan nagy molekulamérettel rendelkeznek, amely reverzibilisen tönkrétehető. Ez a feltételezés azonban nem ért egyet a talajból kivont huminmolekulák méretével (az oldatok deflokálásával), amelyek lebontják a humin - kolloid micellákat. Ezeknek az anyagoknak a látszólagos molekulatömege túl magas ahhoz, hogy áthatoljanak a sejtmembránokon. A huminmolekulák felszabadulását eredményezik, ha a humuszoldatokat alacsony koncentrációjú mono-, di- és trikarbonsavval kezelik (*Nardi et al.* 1988). A közelmúltban számos tanulmány kimutatta, hogy a gyökérváladékban lévő szerves savak amfifil tulajdonságai kis molekulaméretűre és nagy molekulaméretűre disszociálhatják a humuszanyagot (*Nardi et al.* 2000, 2002, *Piccolo et al.* 2002, *Piccolo és*

Spiteller 2003). Ez az új értelmezés alátámasztja azt a hipotézist, hogy a rizoszférában oldott humusz konformációs viselkedése, és így a humuszkomponensek kölcsönhatása növényi-gyökérsejtekkel szabályozható a talajoldatban lévő gyökérből kiürült vagy mikrobák által kibocsátott szerves savak jelenlétével (*Piccolo et al.* 2003). Ezek az anyagok közvetlenül a talajra juttathatók és fizikai, kémiai, biológiai és fizikai-kémiai tulajdonságaik megváltoztatásával hatnak a talaj termékenységre. Számos tanulmányban megfigyelték, hogy a huminsavak haszonnövényeken történő alkalmazása serkentheti a növények növekedését és fejlődését, valamint növelheti a biomasszát, de a gazdaszervezetre gyakorolt hatásuk még nem teljesen ismert (*Rose et al.* 2014). A humin anyagokról ismert, hogy segítik a tápanyagok és a víz felvételét, mivel a tápanyagokkal együtt oldható komplexeket képeznek. Ily módon segítenek csökkenteni a tápanyagok kimosódását, és könnyebben hozzáférhetővé teszik azokat a növények számára (*Chen et al.* 2004). Mivel a humuszanyagok javítják a talaj fizikai tulajdonságait, enzimatikusan aktív komponenst képeznek a rizoszférában, amely megváltoztatja a mikroorganizmusok aktivitását és növeli a rizoszféra mikrobióm populációját, ami gyakran korrelál a növények növekedésének fokozásával (*Visser* 1985). A humin anyagok az abiotikus stressztűrésben is segítik a növényeket. Számos korábbi tanulmány kimutatta, hogy a vermikomposztból, vagy más hasonló szerves forrásokból izolált humuszanyagok a talaj szikességének csökkentésével és a mikro- és makroelemek (például N, Fe, Mg, P, S, K, Ca, Cu) által a haszonnövények életminőségét szolgálják (*Cimrin et al.* 2010). Ezenkívül a humuszanyag segít a növényeknek a stressz elleni védekezésben azáltal, hogy serkenti az antioxidáns és ROS-megkötő enzimek bioszintézisét (*Garcia et al.* 2012).

2.3.2. Fehérje hidrolizátumok és más N-tartalmú vegyületek

A *fehérje hidrolizátumok* fehérjeszerű és nem fehérjeszerű vegyületek keverékei, beleértve az aminosavakat, peptideket és polipeptideket. Az ilyen keverékek általában növényi és állati nyersanyagok kémiai, valamint enzimes hidrolíziséből keletkeznek (*Colla et al.* 2017). A növényi eredetű fehérje-hidrolizátumokat általában növényi, vagy gyümölcs hulladékokból, hüvelyesekből stb. állítják elő, míg az állati eredetű biostimulánsokat madártollból, tejkezeinkből, bőrkollagénrostokból, állati szövetekből, halhulladékokból stb. (*Colla et al.* 2015, *Scagila et al.* 2017). Az aminosavak a növényekben természetes körülmények között megtalálható szerves vegyületek. Az aminosavakat leggyakrabban négy csoportba sorolják a) univerzális fehérjealkotó aminosavak - számuk 20 és belőlük épülnek fel a fehérjék és a növények egyéb aktív vegyületei (enzimek, hormonok), b) speciális fehérje alkotó aminosavak, c) univerzális nem fehérjealkotó aminosavak, d) speciális nem fehérjealkotó aminosavak. Az utolsó három csoportba az első csoport képződése ill. átalakulása során keletkező, ún. köztes- vagy másodlagos anyagcsere termékek tartoznak. Az egyes aminosavak növényen belüli szerepéről sok ismeretanyag áll rendelkezésre. Ennek az a rendkívül fontos jelentősége, hogy megfelelő gyártástechnológiával olyan aminosav összetételű termék állítható össze, amely a növény aktuális élettani igényéhez lehet igazítani. Egy korábbi tanulmány megerősítette, hogy az állati eredetű fehérje-hidrolizátumok kereskedelmi forgalomban kapható termékei negatív hatással vannak a növények növekedésére a növényi eredetű fehérje hidrolizátumokhoz képest (*Cerdan et al.* 2008). Például az állati eredetű fehérje hidrolizátumok nagy mennyiségben tartalmaznak hőstabil aminosavat, például glicint, alanint és prolint, beleértve a hidroxiprolint és

a hidroxilizint, de magas koncentrációjuk gátolhatja a gyökérnövekedést, a tápanyagfelhasználás hatékonyságát, és így negatívan befolyásolhatja a növények növekedését és a termésképzést (Trovato et al. 2018). Roupheal et al. (2021) arról számoltak be, hogy az állati eredetű fehérje-hidrolizátumok 0,05 g N/kg feletti koncentrációja bazsalikom növényeken csökkentette a levelek számát és felületét, a növényi fotoszintézis sebességét és a biomassza termelést. Néhány esetben azonban az állati eredetű fehérje-hidrolizátumok nagyobb koncentrációban történő alkalmazása ellensúlyozta a toxikus ionok negatív hatását is. Botta (2012) vizsgálataiban az állati eredetű hidrolizátumok használata növelte a hajtások biomasszáját a kontroll növényekhez képest. Ezzel szemben (Trevisan és mtsi. 2019) megfigyelték, hogy amikor növényi alapú fehérje hidrolizátumot (ILSA, SpA, Arzigano VI, Itali) használtak a hidroponikusan termesztett kukoricanövényekben, a fehérje hidrolizátumok serkentik a növények növekedését és védekezési reakcióit számos abiotikus stressz ellen. Lucini et al. (2015) a saláta metabolikus profilozása során megfigyelték, hogy a fehérje-hidrolizátum alkalmazása enyhítette a sós stresszt a védekezéssel kapcsolatos gének és metabolitok, például a terpének, szénhidrátok, aminosavak és szterolok eltérő szabályozásával. Colla et al. (2017) a komplex fehérjékben, aminosavakban és szöveti hidrolizátumokban, prolinokban stb. kelátképző tulajdonságokkal rendelkező hormonális aktivitások megvédték a növényeket néhány nehézfém- és iontoxicitástól. Egyes nitrogéntartalmú vegyületek, köztük az aminosavak, például a glicin, a betain és a prolin antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkezik, amelyek megvédik a növényeket az abiotikus stressztől a szabad gyökök megkötőjeként. A fehérje hidrolizátumokat jól tanulmányozták, hogy elősegítsék a mikrobák

növekedését és aktivitását a rizoszféra zónáiban, és ezáltal javítsák a talajok általános termékenységét (*Bulgari és mtsi. 2019*).

2.3.3. Tengeri hínárkivonatok és növényi anyagok

A tengeri moszatok a többsejtű makroalgák változatos csoportja, amelyek többnyire a tengervízben találhatók. Az algafajok többsége a Rhodophyta, a Phaeophyta, a Chlorophyta és a Charophyta tagjai közé tartozik (*Carillo et al. 2020*). A tengeri moszatokat évezredek óta használják, akár közvetlenül, akár a komposztálást követően, mint talajmódosítást a talaj termékenység és a terméstermelékenység növelésének érdekében (*Khan et al. 2009, Craigie 2011*). A hínárkivonatok előállítására szolgáló eljárás 1950-es években történt kezdeti kifejlesztését követően (*Milton 1952*) ma már világszerte számos kereskedelmi tengeri moszat kivonat termék áll rendelkezésre mezőgazdasági és kertészeti felhasználásra. A kivonatok kelátképzőként működnek, javítják az ásványi tápanyagok növények általi felhasználását, javítják a talaj szerkezetét és levegőztetését, ami serkentheti a gyökérnövekedést (*Milton 1964*). Alkalmazhatók talajon hidroponikus oldatokban, vagy lombkezelésként (*Craigie et al. 2008, Craigie 2011*). A talajban poliszacharidjaik hozzájárulnak a gélképződéshez, a vízvisszatartáshoz és a talaj levegőztetéséhez. A polianionos vegyületek hozzájárulnak a kationok rögzítéséhez és cseréjéhez, a nehézfémek rögzítéséhez. A hínárkivonatok biostimulánsként való hatásáról a közelmúltban számos kutató számolt be, ami elősegíti a tengeri moszatok és tisztított vegyületeik, például különböző szénhidrátok, köztük alginátok, fukoidánok, karragének és néhány más növényi hormon forgalmazását, amelyek jelentősen kapcsolódnak a növény növekedéséhez (*Battacharyya et al. 2015*).

Ezenkívül növényi hormonokat is tartalmaznak, például auxinokat, citokinineket, abszcizinsavat, gibberelineket vagy más hormonszerű anyagokat, például szterineket és poliaminokat (Craigie 2011). A növényi hormonok változatos módon befolyásolják a növekedést és a stressz válaszok kialakulását. Ez indokolja a növényi hormonok különböző kombinációjának az alkalmazását, amelyek így alkalmasak a növénytermesztésben és kertészetben a növény növekedésének és a termés mennyiségének a szabályozására (Ördög 2014). Az algakivonatok többsége barna algákból nyert készítmény, beleértve az *Ascophyllum nodosum*ot és néhány más nemzetséget, például a *Fucus*-t, a *Laminaria* spp.-t stb. (Khan et al. 2009, Sharma et al. 2014). A mikroalgák gazdag forrásai a metabolitoknak és a növekedést elősegítő hormonoknak, melyek nagyon jól hasznosíthatóak a mezőgazdaságban különböző módokon, például talajjavító és/vagy növény-növekedési biostimulátorokkal (Bulgari et al. 2019, Behera et al. 2021). A tengeri moszat kivonatokat biostimulánsként is működnek, fokozzák a vetőmagok csírázását, serkentik a növények növekedését, növelhetik a hozamot, növelik a biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni ellenálló képességet, és javítják a betakarítás utáni eltarthatósági időt (Mancuso et al. 2006, Norrie és Keathley 2006, Khan et al., 2009, Craigie 2011, Mattner et al. 2013). Ezek a bioaktív kivonatok a növényekre permetezve szintén képesek voltak javítani a növény teljesítményét különböző abiotikus stresszek alatt, és ezáltal kompenzálták a lehetséges hozamvesztést és több növény termőképességének fenntartását (Battachayya et al. 2015, Calvo et al. 2014) beszámolt még antistressz hatásokról is, mind a tengeri moszatkivonatokban lévő védő vegyületek, például az antioxidánsok és az endogén stresszre reagáló gének szabályozói is szerepet játszhatnak.

A *növényi kivonatok*, a növényekből kivont anyagokat írják le, amelyeket gyógyszerészeti és kozmetikai termékekben, élelmiszer-összetevőként, valamint növényvédő szerekben használnak (*Seiber et al. 2014*). A növényi kivonatokról sokkal kevesebbet tudunk, a tengeri moszatokhoz képest, a biostimuláns aktivitásukról, a figyelem eddig a peszticid hatásukra összpontosult. Úgy tűnik azonban, hogy lehetőség van biostimulánsként való felhasználásra is (*Ertani et al. 2013, Ziosi et al. 2012*). Az ökoszisztémákban a növényi kölcsönhatásokat növényi hatóanyagok, úgynevezett allelokémiai anyagok közvetítik, amelyek egyre nagyobb figyelmet kapnak a fenntartható termesztés technológia összefüggésében. Bár a vetésforgót, a köztes kultúrákat, a takarónövényeket és a mulcsozást elsősorban a növények közötti allelokémiai kölcsönhatások (az úgynevezett allelopátia) kiaknázására használják, az új biostimulánsok kifejlesztése érdekében nagyobb figyelmet kell fordítani ezekre a kémiai kölcsönhatásokra (*du Jardin 2015*).

2.3.4. Kitozán és más biopolimerek

A *kitozán* nagy mennyiségben és könnyen előállítható prekursorából, a *kitinből*, amelyet természetesen és iparilag állítanak elő. Sokoldalú tulajdonságainak köszönhetően (biokompatibilitás, adhéziós tulajdonságok, oldhatóság, ár) számos módon felhasználható. A változó, ellenőrzött méretű poli- és oligomereket az élelmiszer-, kozmetikai, orvosi és mezőgazdasági ágazatokban használják. A kitozán oligomerek élettani hatása a növényekben annak köszönhető, hogy ez a polikationos vegyület képes a sejtkomponensek széles skáláját megkötni, beleértve a DNS-t, a plazmamembránt és a sejtfal összetevőit, de a védekező génaktiválásban

részt vevő specifikus receptorokat is (*El Hadrami et al.* 2010, *Hadwinger et al.* 2013). A kitin és a kitozán nyilvánvalóan különböző receptorokat és jelátviteli útvonalakat használ. Mind a kitin, mind a kitozán vírusellenes, antibakteriális és gombaellenes tulajdonságokat mutatott, és számos mezőgazdasági felhasználásra vizsgálták őket. Ezeket a betegségek megfékezésére vagy terjedésük csökkentésére, a kórokozók hozzáféréseinek megakadályozására vagy a növényi veleszületett védekezés fokozására használták. A kitozán többé-kevésbé specifikus sejtreceptorokhoz való kötődésének sejtes következményei között a hidrogén-peroxid felhalmozódása. Kimutatták a sejtbe történő szivárgást, amely nagy élettani változásokat okoz, mivel ezek kulcsfontosságú szereplők a stresszválaszok jelzésében és a fejlődés szabályozásában. A kitozánnal kezelt növényi szövetek proteomjának (*Ferri et al.* 2014) vagy transzkriptomjának (*Povero et al.* 2011) vizsgálata is megerősíti ezt a feltételezést. Ennek következtében a kitozán mezőgazdasági alkalmazásai a gombás kórokozókkal szembeni növényvédelemre összpontosítottak, de a szélesebb körű mezőgazdasági felhasználások az abiotikus stresszel (aszály, sótartalom, hideg stressz), valamint az elsődleges és másodlagos metabolizmussal kapcsolatos minőségi jellemzőkkel szembeni toleranciára támaszkodnak. A kitozán által ABA-függő mechanizmuson keresztül indukált sztomatikus záródás (*Iriti et al.* 2009) részt vesz a biostimuláns által biztosított környezeti stresszvédelemben.

2.3.5. Szervetlen vegyületek

A szervezet életciklusának befejezéséhez alapvető elemekre van szükség. A föld 92 ismert eleme közül 19-ről tudjuk, hogy minden növény számára nélkülözhetetlen. Ezek *makro- és mikrotápanyagokra* oszlanak.

A makrotápanyagok közé tartozik a C, H, O, Ca, K, Mg, N, S és P, amelyek közül a C, H és O a növényi szárazanyag nagyjából 96% -át teszi ki, a többi pedig jellemzően >1000 mg/kg száraz tömeggel van jelen. A mikrotápanyagok (más néven nyomelemek) közé tartozik a Cl, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni és Zn, amelyek jellemzően <100 mg/kg száraz tömegben vannak jelen. A nagyon alacsony szintű szükségletük miatt lehetséges, hogy a jövőben további mikrotápanyagokat azonosítanak. Azokat az elemeket, amelyek elősegítik a növények növekedését, és amelyek nélkülözhetetlenek lehetnek bizonyos taxonok számára, de nem minden növény igényli őket, *hasznos elemeknek* nevezzük (Pilon-Smits et al. 2009). Az öt fő hasznos elem az Al, Co, Na, Se és Si, amelyek a talajban és a növényekben különböző szervesetlen sókként és oldhatatlan formákként vannak jelen, mint az amorf szilícium-dioxid ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) Graminaceous fajokban. A hasznos elemek meghatározása tehát nem korlátozódik kémiai természetükre, hanem utalniuk kell azokra a speciális összefüggésekre is, ahol a növények növekedésére és a stresszválaszra gyakorolt pozitív hatások megfigyelhetők. Feltételezhető, hogy egyes összetett biostimulánsok, például tengeri moszatok, növényi maradványok, állati hulladékok kivonatainak bioaktivitása magában foglalja a benne lévő hasznos elemek élettani funkcióit.

Rahmani et al. (2022) az ozmotikus stressz vizsgálatát hét különböző NaCl- vagy polietilén-glikol koncentrációnál végezték kontroll mellett. A tápoldatban szilíciumot (kontroll és 1 mM) alkalmaztak. Az eredmények azt mutatták, hogy csökkent az ozmotikus potenciál mindkét feszültségben, mely csökkentette a nitrogén (N), a foszfor (P), a kálium (K), a réz (Cu), a mangán (Mn), a vas (Fe) és a cink (Zn) felszívódását, és növelte a malondialdehid (MD) és a prolin felszívódását a hajtásban.

Jelentősen csökkent ezeknek a tápanyagoknak a felhalmozódása a gyökérben, kivéve a P és N. A szilícium szintén csökkentette a Na-koncentrációt a gyökérben és a hajtásban, és növelte a makrotápanyagok és a Zn, Fe, Mn és Cu felszívódását és eloszlását a só-stresszes növényekben. A prolin és az elemek felszívódásának növekedését figyelték meg az aszálystresszes növényekben, amelyek szilíciumot használnak. Általánosságban elmondható, hogy a szilícium javíthatja a növények stressz alatti növekedését a tápanyagok ozmoregulációja és felszívódásának és eloszlásának modulációja révén. Ezek a jótékony hatások azonban jelentősebbek voltak a sós-stresszben. A szilícium részt vett a toxikus ionok felvételének és átvitelének csökkentésében, valamint a káliumtartalom javításában.

A tudomány ezen elemek számos hatásáról számol be, amelyek elősegítik a növények növekedését, a növényi termékek minőségét és az abiotikus stresszel szembeni toleranciát. Mely magában foglalja a sejtfal merevítését, az ozmoregulációt, a kristálylerakódások által csökkentett transzspirációt, a sugárzás visszaverődésen keresztüli hőszabályozást, a kofaktorok enzimaktivitását, a növényi táplálkozást a felvétel és a mobilitás során más elemekkel való kölcsönhatások révén, antioxidáns védelmet, szimbiontákkal való kölcsönhatásokat, kórokozó és növényevő választ, védelmet a nehézfémek toxicitása ellen, növényi hormonszintézist és jelátvitelt (*Pilon-Smits et al.* 2009).

Fungicidként hasznos és esszenciális elemek – kloridok, foszfátok, foszfitek, szilikátok és karbonátok – szervesen sóit használták (*Delipulos et al.* 2010). Bár a hatásmódok még nincsenek teljesen meghatározva, ezek a szervesen vegyületek befolyásolják az ozmotikus, pH- és redox-

homeosztázist, a hormonjelzést és a stresszválaszban részt vevő enzimeket (pl. peroxidázok). Több figyelmet érdemel a növények növekedésének biostimulánsaként betöltött funkciójuk, amely a táplálkozás hatékonyságára és az abiotikus stressztűrésre hat, ezért különbözik fungicid hatásuktól és műtrágya tápanyagforrásként betöltött funkciójuktól.

2.3.6. Hasznos gombák

A *gombák* különböző módon lépnek kölcsönhatásba a növényi gyökerekkel, a *kölcsönös szimbiózisoktól* (azaz amikor mindkét szervezet közvetlen kapcsolatban él egymással és kölcsönösen előnyös kapcsolatokat alakít ki) a *parazitizmusig* (Behie és Bidochka 2014). Az összes növényfaj több mint 90%-a szimbiózist alkot a talajgombákkal. Ezek a kapcsolatok több mint 450 millió évvel ezelőtt indultak, és ez a korai eredet arra utal, hogy a hasznos növény-gomba kölcsönhatások fontos szerepet játszottak a szárazföldi növények globális kolonizációjában. A *mikorrhizális gombák* kölcsönös szimbiózist alkotnak a növényekkel és megfertőzik a gyökereket anélkül, hogy gyökérbetegséget okoznának. Ezek a gombák megtalálhatók a legtöbb növény rhizoszférájában, és társulásokat alkotnak az összes zárvatermő és a kétszikű növények több mint 83% -ával és az egyszikű növények 79% -ával. A mikorrhizális gombák struktúrákat képezhetnek a növényi gyökerek felületén (ectomycorrhizae) vagy belsejében (endomycorrhizae), a gomba fonalak lehetővé teszik, hogy a gyökerek nagyobb mennyiségű talajjal érintkezzenek (Kennedy, A.C. és de Luna, L.Z. 2005). Segítik a növényt a tápanyagok felszívódásának növelésében, különösen stresszes környezetben (pl. foszfor- és vízhiányos talajok),

szelektív ionfelvételben, és védelmet nyújtanak a környezet szélsőségei ellen. A talajgombával való ilyen kölcsönhatás eredményeként a növénynek nyújtott előnyök közé tartozik a fokozott ásványi tápanyag-felszívódás, a vízfelhasználás hatékonysága és a betegségállóság. Egyre nagyobb az érdeklődés a mikorrhiza használata iránt a fenntartható mezőgazdaság előmozdítása érdekében, figyelembe véve a szimbiózisok széles körben elfogadott előnyeit a táplálkozási hatékonyságra (mind a makrotápanyagok, különösen a P, mind a mikrotápanyagok esetében), a vízháztartásra, a növények biotikus és abiotikus stresszvédelmére (*Harrier és Watson 2004, Siddiqui et al. 2008*). A legújabb ismeretek arra is rámutatnak, hogy léteznek olyan kötőjel-hálózatok, amelyek nemcsak a gomba- és növényi partnereket, hanem a növényközösségen belüli egyes növényeket is összekapcsolják. Ennek jelentős ökológiai és mezőgazdasági következményei lehetnek, mivel bizonyíték van arra, hogy a gombás vezetékek lehetővé teszik a növények közötti jelzés átvitelt (*Johnson és Gilbert 2015*). A mikorrhizális társulások előnyeinek kihasználása érdekében a termesztéstechnológiai gyakorlatokat és a növényfajtákat hozzá kell igazítani a mikroorganizmusokkal való kölcsönhatáshoz (*Plenchette et al. 2005, Gianiazzi et al. 2010*).

A *Trichoderma* spp.-t, alaposan tanulmányozták és felhasználták biopeszticid (mycoparasitic) és biokontroll (a betegségekkel szembeni rezisztencia induktora) képességük szempontjából, és a biotechnológiai iparágak enzimmorrásként használták fel őket (*Nicolas et al. 2014*). Számos növényi válasz is indukálódik, beleértve az abiotikus stresszel szembeni fokozott toleranciát, a szervek növekedését és a morfogenezist (*Colla et al. 2015*). Ezen hatások alapján ezek a gombás endofiták

biostimulánsoknak tekinthetők, bár mezőgazdasági felhasználásukat jelenleg biopeszticideként való állítások támasztják alá.

2.3.7. Hasznos baktériumok

Ezek a rizoszféra mikroorganizmusai valószínűleg nagy mennyiségben termelnek növekedést serkentő anyagokat, amelyek közvetve befolyásolják a növények általános morfológiáját. A közelmúltban elért haladás a *növényi növekedést elősegítő rizobaktériumok* (PGPR) rizoszférában való sokféleségével, valamint kolonizációs képességével és hatásmechanizmusával kapcsolatos ismereteink terén, elősegíti a fenntartható mezőgazdasági rendszer kezelésének megbízható összetevőjeként való alkalmazásukat.

A PGPR gyökérrel kapcsolatos növényi növekedést serkentő baktériumok, amelyek szimbiotikus asszociációkat alkotnak számos kultúrnövénnyel. A PGPR által termelt fitohormonok hatékonyan vesznek részt a növények növekedésének szabályozásában. Mezőgazdasági termelésük alapján különböző célokra hasznosítják őket, mint például biotrágyák, biopeszticidek és biokontroll szerek, valamint fito-stimulánsok (*Bhattacharyya és Jha 2012*). A PGPR-alapú biostimulánsokat jelentős mértékben használják hatékony agroökológiai technikaként a növények növekedésének serkentésére és a tápanyag-felhasználás hatékonyságának fokozására a kultúrnövényekben, valamint ellenállóvá teszik a gazdanövényeket a különféle abiotikus stresszekkel szemben, az érzékeléstől a sejtes és molekuláris aktiválásig (*Le Mire et al. 2016, Lephatsi et al. 2021*). A PGPR számos nemzetséget foglal magában, köztük *Arthrobacter*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Ochrobactrum*, *Bacillus*,

Rhodococcus, Rhizobium, Bradyrhizobium, stb. Némelyiket, főleg a Pseudomonas, Rhizophagus és Bacillus fajokat jelentős mértékben hasznosítják a kereskedelemben, mint talajaktivátort, amely képes támogatni a növények növekedését (*Radhakrishnan et al. 2017*).

A PGPR biostimulánsként való alkalmazását a mezőgazdasági gyakorlatban számos eredmény is alátámasztotta. Sok kutató beszámolt arról, hogy a Bacillus, Brevibacillus és Rhizobium spp. brokkoli gyökérben (*Brassica oleracea*) növelte a fotoszintetikus sebességet a klorofil lebomlásának csökkentésével vagy szintézisének stimulálásával, és ezáltal növelte a növények összhozamát (*Khan et al. 2009*). Hasonló eredményeket figyeltek meg az Azotobacter, Bacillus és Pseudomonas baktériumokkal kezelt paradicsomban, valamint a Fragaria ananassa esetében is a PGPR különböző csoportjaival végzett kezelést követően (*Karlidag et al. 2013*). A PGPR a növények biológiai és fizikai-kémiai aktivitásának serkentésével is javíthatja a növények környezeti stresszekkel szembeni reakcióit (*Ruzzi és Aroca, 2015*).

A PGPR-ek sokoldalúak, befolyásolják a növényi élet minden aspektusát: táplálkozás és növekedés, morfogenezis és fejlődés, biotikus és abiotikus stresszre adott válasz, kölcsönhatások más szervezetekkel az ökoszisztémákban. A bakteriális biostimulánsok világpiaca növekszik, és a PGPR oltóanyagokat ma már egyfajta növényi „probiotikumnak” tekintik, azaz hatékonyan járul hozzá a növényi táplálkozáshoz és immunitáshoz (*Berendsen et al. 2012*).

2.4. Cink (Zn)

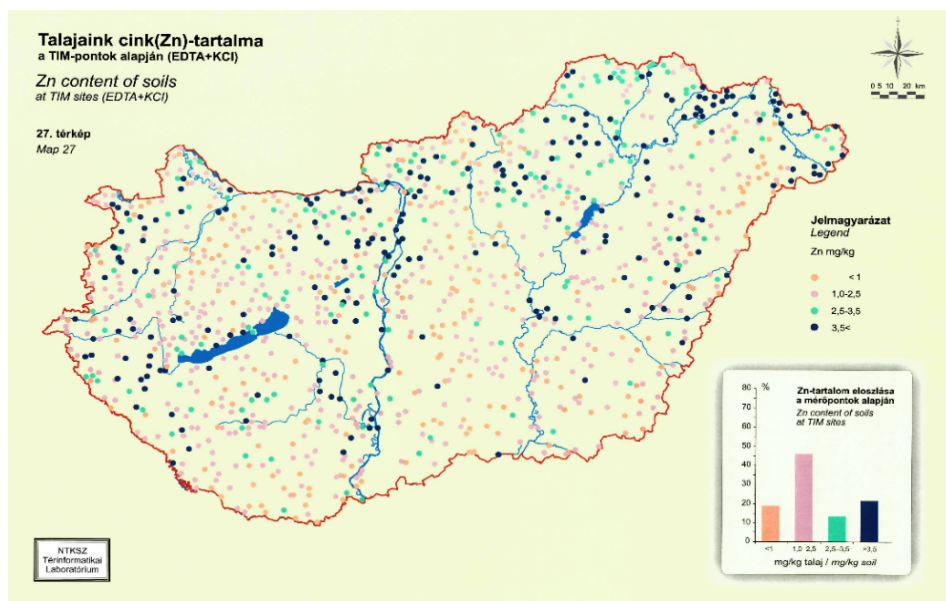
Az Egészségügyi Világszervezet 2002-es jelentése alapján a világ népességének egyharmadát (33%) fenyegeti a Zn-hiány, melynek aránya az adott országtól függően 4% és 73% között alakul URL³. A világ gabonanövényeinek közel fele Zn-hiányos, ami gyenge terméshez vezet. A mezőgazdasági talajok Zn-hiánya szintén jelentős globális probléma, amely mind a terméshez, mind a minőséget érinti. Magyarországon a talajok Zn tartalma átlagosan közepes, vagy annál alacsonyabb. A cink hiánya számos problémát okozhat az emberi szervezetben. A növekedés gátlása, idegrendszer károsodása, a reprodukcióért felelős szervek károsodása, bőrproblémák, immunproblémák, étvágytalanság, hajhullás és sápadtság ezen tünetegyüttesek, mind az elégtelen cink bevitel következményeként említhetők meg.

2.4.1. Cink a talajban

A cink koncentrációja a talajban az esetek többségében rendkívül alacsony. Cink az ásványianyagok (biotit, augit, amfibol) kristályrácsaiban fordul elő (*Mengel* 1976), illetve a Fe- Al- oxidokban is jól kötődik (*Kirkby* 2005). Ásvány alkotóként Zn^{2+} , $ZnOH^+$, valamint $ZnCl^-$ formájban fordul elő a talajban (*Mengel* 1976). A humuszkolloidok komplex kötést képeznek a Zn^{2+} ionokkal, míg az anyagásványok kicserélhetően abszorbálják. *Marschner* (1995) a gyenge cink-ellátást magas pH-jú meszes talajokon főként a cink agyagásványokhoz való abszorpciója, a nagy $CaCO_3$ tartalom, illetve az alig oldható $Zn(OH)_2$ vagy $ZnCO_3$ forma okozza. A különböző talajok cink ellátottsága eltérő. A cink mennyiségét a talajképző kőzet ásványainak cink-tartalma határozza meg (*Kalocsai* 2006). A talaj pH emelkedésével fokozódik a cink kötése a talaj ásványi

részeihez, így a cink mozgékonyasága a talajban – különösen lúgos és semleges talajokon – csekély (Kirkby 2005, Mengel 1976). A talajok pH-ja mellett a mozgékony cink mennyiségét a szerves anyag- és humusztartalom, valamint a talaj redox potenciálja is befolyásolja (Mengel, Kirkby 1987). Az oldható szerves anyagok a cink mozgékonyaságát a talajban növelik, a nem oldhatók csökkentik (Kirkby 2005). A cink a feltalajban a felső 30 cm-es rétegben található. Forgatás során a felszínre kerülő altalaj nem teszi lehetővé a megfelelő cink ellátást (Papp 1974, Kádár 2002). Cink hiánnyal számolhatunk nem megfelelő cink ellátás esetén, amely főleg a homok-, homokos vályog, karbonátos és magas szerves anyag tartalmú talajokon jelentkezik. A talajok cinkhiánya (Bhupinider et al. 2005) szerint 0,6 – 2,0 mg kg⁻¹ közötti cink ellátásnál jelentkezik a kivonási módszertől függően. A MÉM NAK által meghatározott cink hiány kritikus szintje KCL-EDTA – kivonási módszer esetén 1,5 mg kg⁻¹ MÉM NAK (1979). Martens és Lindsay (1990) szerint a cink hiány két fő okozója közül az egyik az, hogy a talaj összes cink-tartalma kevés, illetve a cink felvétel gátolt. A túlzott P -ellátottság és a magas pH gátolja a cink felvételt. Meszeztést követően, illetve meszes talajon jelentősen megnő a cinkhiány, a magas pH mellett a magas anyagtartalom, a magas P ellátottság, illetve alacsony talaj hőmérséklet is emeli a cinkhiány kockázatát (Marschner 1995). Kádár (2008) megállapította, hogy a magas pH-jú, illetve túlmeszezett talajokon megfigyelhető a Fe-, Mn-, Zn-, Cu hiány, illetve a P-ral jól ellátott talajokon a cink igényes kultúrák cink-trágyázásra szorulnak. A nagyadagban foszfortrágyázott (Stukenholz et al. 1966), illetve a nagy mennyiségű szénsavas meszet tartalmazó, valamint a nagymennyiségben meszezett talajok gyakran cinkhiányosak (Kalocsai et al. 2006).

A talajok összes cinktartalmának csak mintegy 1 %-a mobilis. A növények számára hozzáférhető „felvehető” cinktartalmat hazánkban EDTA+KCL kivonatban határozzák meg IPC technológiával. A Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszer, TIM pontok feltalajmintában mért EDTA+KCL oldható cinktartalmat a 3. ábra mutatja be.



3. ábra Talajaink cink-tartalma a TIM pontok alapján (EDTA-KCl) (Várallyay 2006).

A minták gyakorisági megoszlása a mért értékek alapján 1. táblázat

1.táblázat A cink ellátottság megoszlása a mért értékek alapján (*Várallyay* 2006).

<1,0 mg/kg Zn	18 %
1,0-2,5 mg/kg Zn	47 %
2,5-3,5 mg/kg Zn	14 %
3,5 <mg/kg Zn	21 %

A talajok cinkellátottságát a mért értékek alapján. a kötöttség figyelembevételével állapították meg. A talajok 50 %-a gyengén, 50 %-a pedig jól ellátott (*Várallyay és mtsi* 2006).

2.4.2.A cink felvétele

A növények cink felvétele, illetve igénye csekély (*Mengel 1976*). A cinket Zn^{2+} -ion, illetve kelát formában veszik fel a talajból a növények. A felvételt akadályozza a cink-foszfor és a cink-kalcium antagonizmus, a talaj lúgossága, illetve az a tény, hogy a cink erősen kötődik az anyagásványok rácsaiban. A magas koncentrációban használt P-műtrágyák, a magas pH és kalcium karbonát tartalom az akadályozója a cink felvételnek (*Alam et al. 1999, Turan 2003*). A talajok pH -ja jobban befolyásolja a növények cink tartalmát, mint a talaj cink koncentrációja (*Parker et al. 1990*).

2.4.3. A cink növényélettani szerepe

A Zn alapvető mikrotápanyag, amely nemcsak az emberek, hanem a növények számára is szükséges. A Zn-hiányos növényi sejtekben számos élettani károsodás van, amelyek késleltetik a növények növekedését, differenciálódását és fejlődését (*Cakmak 2000*), mivel a Zn nélkülözhetetlen mikrotápanyag a növény számára fontos enzim-alkotóelem és befolyásoló enzim-aktivátor révén. A Zn részt vesz a fehérje anyagcserében és serkenti az auxin termelést a növekedés szabályozása érdekében (*Kalocsai 2006*). A cink számos fiziológiai folyamatban jelentős szerepet játszik, úgymint fehérje-anyagcsere, biomembránok szerkezeti és funkcionális integritása, gén-expresszió, a fotoszintetikus szén anyagcsereje és az auxin szintézise (*Marschner 1995, Cakmak 2000*). Ezért cinkhiány miatt az embrionális szövetek károsodnak, érközi klorózis a felső levelekben, a levéllemez teljes kifehéredése, illetve törpenövés figyelhető meg. A levelek nem fejlődnek, a kialakuló auxinhiány rozettásodást, torzulást, valamint a szártagok rövidülését okozza. Az állomány elmarad a fenológiai fázisra jellemző növénymagasságtól. A

generatív szervekben is fejlődési zavarok lépnek fel, cinkhiány esetén a virágképződés késik, sőt el is maradhat. Erős cinkhiány esetén a virág- és termésképzési zavarok hatására csökkenhet a hektáronkénti termés mennyisége (Kalocsai 2006). A talaj súlyos cinkhiánya teljes terméskiesést okozhat, míg a gabonafélék, például a búza, a rizs és a kukorica terméshozamában akár 30% -os veszteség is előfordulhat még enyhe hiányosságok következtében is. -A kukorica Magyarország egyik legfontosabb növénye, a legnagyobb területen termesztik, és a Zn-hiányra legérzékenyebb kultúrák közé tartozik. A Zn-hiány komoly (akár 80 %-os) terméskárosodást is okozhat, különösen kukorica esetében.

A cinkhiányos növényi részek triptofán tartalma igen alacsony. A triptofán az auxin prekursora, ezért a cink szerepe az auxin szint szabályozása révén a növekedési folyamatokban rendkívül fontos. Nagy adagú cink ellátás esetén a triptofán szintézisének megemelkedését figyelték meg (Höfner 1957) cinkhiányban csökken az auxin szintézise, ellenben oxidációja fokozódik. Cinkhiány esetén számos enzim aktivitása csökken. Cinkhiányban a kloroplasztiszokban nem alakul ki gránumos szerkezet. A gránumok finom szerkezete helyett vakuólumok alakulnak ki (Thompson és Weier 1962). A cinkhiány élettani zavarokat okoz, így a klorofillok képződése elmarad (Mándy 1974). Cinkhiány esetében jelentős csökkenés figyelhető meg a levelek klorofill-tartalmában és a klorofill-a és klorofill-b arányában is (Chen et al. 2008).

2.5. Az őszi káposztarepce

Az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) a káposztafélék (Brassicaceae) családjának Brassica nemzetségébe tartozó tagja. A mediterrán eredetű növényt az Indus völgyében már az időszámításunk előtti 3000-ben is termesztették. Az ókorban eljutott Kínába és Japánba. Napjainkra a mérsékelt éghajlati övben az egész világon termesztik a káposztarepce őszi vagy tavaszi formáját. Magyarországon az őszi változat terjedt el, melynek jelentősége az elmúlt évtizedekben jelentősen növekedett (Szabó 1993).

2.5.1. Az őszi káposztarepce gazdasági jelentősége

A termelési célok közül első helyen a legnagyobb jelentőséggel népelelmezési alapanyagként hasznosul, hisz a különféle margarinok, étolajok alapanyagául szolgál, hiszen a nemesítés révén erukasav tartalmát csökkentették, így a fogyasztása a kellemetlen ízhatás megszűnésével nőtt. Jelentős mennyiségben dolgozza fel az ipar, így a festékipar, a szappan- és kozmetikai ipar, a műanyag ipar, a textil, a bőr, a műgumi, valamint a nehézipar. Mezőgazdasági szempontból az állatok takarmányozásában fontos szerepe van. Az étolajgyártás során visszamaradó repcedara, repcefogácsa jó minőségű, nagy biológiai értékű, fehérjében gazdag takarmány. Zöldtakarmányként is szívesen fogyasztják az állatok (Máthé 1992). Napjainkban nagy gazdasági jelentősége van az üzemanyagba való keverhetősége végett (biodízel), valamint a különböző világító- és kenőolajok alapanyagaként.

2.5.2. Az őszi káposztarepce vetéstechnológiája

A repcetermesztés sikerét a talajművelés alapozza meg, s az ennek során elkövetett hibákat nem lehet a későbbi agrotechnikai beavatkozásokkal helyrehozni. A talajelőkészítéstől is függ a csírázás megindulása, a kelés ideje, egyöntetősége, s ez határozza meg a későbbi növényszámot, sőt nagy részben a télállóságot, végső soron a termesztés sikerét. A talajművelés során elkövetett hibák kihatnak az őszi és a tavaszi gyomosodásra is, amit a vegyszeres gyomirtás sem képes minden esetben helyrehozni. A talajműveléssel a repce apró magja számára jól átmunkált, nedves, biológiailag érett, üledett, de nem tömörödött, porhanyós és nem porosított magágyat kell kialakítani (*Radics L.* 2012).

Az időjárási anomáliák miatt a vetésterület nagysága nagymértékben ingadozik az egyes évjáratokban. A repce vetésideje a hagyományos augusztus 20-a körüli időpontról kitolódott augusztus végére, szeptember elejére. A vetés időpontját a termőtájon és időjáráson kívül a vetendő fajta is befolyásolja, mivel a fajták között a kezdeti fejlődési, növekedési erély tekintetében is jelentős különbség van (*Eőri T.*1982).

Az utóbbi évtizedben a megváltozott klimatikus viszonyok következtében a vetésidő még jobban kitolódott és kitolódhat a száraz nyár és enyhe telek miatt. Az optimális vetési időpontot ezen tényezők nagyban befolyásolják, mert az optimális időben végzett vetés biztonságos termést ad. A vetésidőt úgy kell meghatározni, hogy az állomány az első fagyok beálltaig érje el a 8-10 leveles „törőzsás” állapotot. A túl korai vetés felnyurgulást, kifagyást okozhat, a kései a meg nem erősödött állományok tavaszi felfagyását eredményezheti, mivel a gyenge gyökérzet és vékony gyökérnyak miatt kipusztulhat az állomány.

A vetés során alkalmazott vetőmagnorma a korábbi 1,6 – 1,8 millió/ha csiraszámról, (8-11 kg/ha) jelentősen csökkent. Ennek háttérében nemcsak a növénynemesítés áll (mert a fajtákat felváltották a hibridek) hanem a vetéstechnológiában bekövetkezett változások is. A 12 cm-es sortávolságot felváltotta a dupla gabonaszor, a 45 cm-es és a 75 cm-es sortávolság. Szélesebb sortávolságok elterjedése is általánossá vált. A repce térállása miatt így több oldalhajtatást tud hozni és vastagabb becőfal alakulhat ki, ezért a hektáronkénti magmennyiség drasztikusan lecsökkent 320-400 ezer csira/ha-ra (1,8-2,4 kg/ha) (Kubina et.al. 2021).

2.5.3. Az őszi káposztarepce tápanyagellátása

A repcehibridek ma már igen magas terméspotenciállal rendelkeznek. Ahhoz, hogy a genetikai potenciálban rejlő lehetőségeket kiaknázhassuk, a kedvező időjárási körülmények és a megfelelően kialakított magágy mellett egy szakszerűen alkalmazott tápanyagellátásra is szükség van. Lehetőleg ne periodikus tápanyagellátást folytassunk a repce esetében, mivel a repce a makro (N P K Ca Mg és S) és a mikro (B és Zn) tápelemekre egyaránt igényes (2. táblázat) URL⁴ (Füleki és Szirtes, 2002).

2. táblázat. A repce tápanyagigénye (Füleki és Szirtes 2002). alapján.

Makroelemek	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
kg/t	50-60	25-35	40-50	30-35	8-10	12-16
Mikroelemek	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
g/t	70-140	8-16	100-230	380-700	3-7	110-220

A repce nagy mennyiségű tápanyagot igényel, mivel hosszú vegetációs időszakkal bír és nagy mennyiségű zöldtömeget ad. Ezen tápanyagmennyiséget a talajnak és a műtrágyának együttesen kell biztosítania. A repce kezdeti fejlődése szempontjából érdemes odafigyelni az őszi alaptrágyázásra. Őszi alaptrágyaként NPK -műtrágya használata javasolt. A forgalomban lévő trágyaanyagok között egyre több típusú műtrágya tartalmaz mikroelemeket. A nitrogén hatóanyag szabja meg a kijuttatandó műtrágya mennyiségét. Általánosan elfogadott nézet, hogy az őszi alaptrágyázással kijuttatott nitrogén mennyisége ne haladja meg a 40-45 kg/ha adagot. A vetés ideje is befolyásolja a kijuttatandó nitrogén hatóanyag mennyiségét, mivel minél korábban vetjük a repcét annál kevesebb nitrogént célszerű kijuttatni, mivel a nagyobb mennyiségű őszi nitrogén ugyanis - enyhe hosszú ősz esetén – a szövetek fellazulásával és túl buja fejlődésével jár és az áttelelés kockázatát növeli (Eőri, 2012).

A termesztés technológiában alapműtrágyázással biztosítjuk a repce őszi fejlődéséhez szükséges nitrogén mennyiségét és a teljes tenyészidőszak foszfor és kálium szükségletét.

A repce elsősorban a nitrogén, kálium és kén hiányára reagál érzékenyen, de megfelelő mennyiségű foszforra, kalciumra és magnéziumra is szüksége van. A sikeres repcetermesztés kiindulópontja egy jó minőségű NPK-műtrágya használata alaptrágyaként, amely a csak nitrogénnel való trágyázáshoz képest jelentős termésnövekedést biztosít. A termesztéstechnológiában alapműtrágyázással biztosítjuk a repce őszi fejlődéséhez szükséges nitrogén mennyiségét és a teljes tenyészidőszak foszfor és kálium szükségletét. A foszfor- és káliumtartalmú műtrágyákat a nyárvégi talajmunkákkal dolgozzuk be a gyökérzónába. Az ősszel

kijuttatott foszfor elengedhetetlen a fejlődéshez: számos sejtpépítő vegyület építőanyaga, emiatt meghatározó a korai fejlődési időszakban, különösen a gyökérképzésben. Növeli az elágazódás mértékét, valamint kedvező hatása van a termékenyülésre és a magfejlődésre, így a kívánt olajtartalom eléréséhez is hozzájárul. A kálium nagymértékben javítja a növények vízfelhasználásának hatékonyságát, valamint aszály- és fagyűrő képességét.

A repce számára kiemelten fontos makroelem a kén. A negyedik esszenciális makroelemről, a kénnel eddig jobbra csak, mint az egyik legfontosabb környezetszennyező elemről volt információnk. Ma már tudjuk, hogy a kénhiány következtében csökken a növények ellenálló képessége, romlanak a termés minőségi, valamint mennyiségi mutatói (Kalocsai *et al.*, 2004). Hiánya jelentősen befolyásolja az olajtartalmat. Kénhiány már ősszel is jelentkezhet; ezért fontos, hogy a fiatal növények számára is juttassunk ki megfelelő mennyiséget belőle. A kéntartalmú NPK-műtrágyák mellett a tavaszi kénes nitrogénműtrágya általában fedezi a repce hazai területeinkre jellemző 30–40 kg/ha kénigényét.

Fülek (2014) alapján az őszi káposztarepce a fennmaradó nitrogént tavasszal lehetőleg két részletben kapja meg:

- először a vegetáció megindítását követő 5-7. napra
- másodszor áprilisban a zöldbimbós stádium kezdetén fejtrágyázzuk.

Tekintettel a repce kénigényére, az első fejtrágya feltétlenül kénes nitrogéntrágya (NS típusú) legyen szilárd vagy folyékony formában. Ebben a stádiumban a fejtrágyaként alkalmazott Nitrosol még töményen

kijuttatható a növényre. Amennyiben nem áll rendelkezésre kéntartalmú szilárd nitrogén műtrágya, úgy feltétlenül Ca-, Mg-tartalmú MAS (mész–ammon–salétrom) típusú műtrágyákat (pl. Pétisó, Linzisó) használjunk.

A klímaváltozás hatásait érdemben befolyásolni egyelőre nem áll módunkban, így maradtak azok a tényezők, melyre mi vagyunk hatással. Ezek a következők: öntözés és melioráció, talajművelés, termesztéstechnológia, faj- és fajtaváltás, valamint a tápanyagutánpótlás. A megváltozott időjárási körülmények, csapadékmentes tavasz miatt a második fejtrágyázás egyre többször elmarad, így a repce harmonikus tápanyag-utánpótlását lombon keresztül tudjuk biztosítani.

A lombtrágyázás jelentőségét az adja, hogy a gyökéren keresztüli tápanyagfelvétel mellett a fiatal növényi részek, levelek tápelem-felvétele is jelentős. A növények levélzetén keresztül történő tápanyagpótlása hatékony, viszont csak kis mennyiségre korlátozódik (*Kalocsai* 2010).

Nem csupán a makroelemeket, hanem különös tekintettel a mezo- és mikroelemek megfelelő időben és mennyiségben történő kijuttatására. A repce lombon keresztül történő tápanyagellátása tavasszal elsősorban bórra és kénre koncentráljon. A levélre kijuttatott tápanyagok akár 5–20-szor hatékonyabban szívódnak fel, mint talajon keresztül, ezt a repcében mindenképp érdemes kihasználnunk. Amennyiben kora tavasszal foszforhiány tüneteit tapasztaljuk a repcén, ezt hatékonyan orvosolhatjuk foszfor túlsúlyos NP, vagy NPK lombtrágyával. Savanyú, mésztelen talajokon a Ca, Mg pótlására is figyeljünk oda – erre is van lehetőség lombon keresztül. Az őszi lombtrágyázás vonatkozásában még lemaradásban vagyunk az igazán jelentős repcetermelő országokhoz képest. E célok elérése érdekében ősszel különösen figyelniünk kell a

gyökérzet megfelelő fejlődésére. Ebben a foszfor, mint makroelem és két mikroelem, a bór és a cink is kulcsszerepet játszik. A foszfor gyökérképződésben játszott szerepe közismert. Megfelelő alaptrágyázással a repce gyökéren keresztüli foszforellátása ideális időjárási körülmények között egyszerűen megoldható. Probléma akkor merülhet fel, ha a hideg hamarabb érkezik a kelleténél, illetve, ha az egyre gyakrabban előforduló őszi aszályos időjárás miatt korlátozott a talajoldatból történő tápanyagfelvétel. Ilyenkor elkél a segítség a levélen keresztül. Az anyagcsere-folyamatok felpörgetése mellett ez repcenövényünk immunitását is aktiválja, mellyel a gombabetegségekkel szembeni ellenálló képessége is jelentősen javul URL⁵.

Az őszi káposztarepce cinkigénye 150–200 g/t, amelynek őszi kijuttatásnál azért van különös jelentősége, mert a cink közvetve serkenti az auxin hormonok szintézisét, amely pedig alapvetően befolyásolja a gyökér- és szárnövekedést. Meszes, bázikus, cinkhiányos területen tehát erősen ajánlott a cink kijuttatása is.

A bór esszenciális elem a merisztémaszövetek új sejtjeinek fejlődésében és növekedésében, a virágok megtermékenyülésében és a magkötésben, a szénhidrát-anyagcserében, a keményítő, cukrok transzlokációjában (Sárdi 2003). Ezért folyamatos és egyenletes B-ellátásra van szükség a tenyészidőszak során.

Napjainkban a növénytermesztők számára az abiotikus környezeti stresszhatásokkal (szárazság, UV-stressz, sókoncentráció, víznyomás) szembeni védekezés az egyik legnagyobb kihívás, hiszen ezek a tényezők káros hatással vannak a növények növekedésére és megakadályozzák a genetikai potenciálban, illetve a tápanyagutánpótlásban rejlő maximális

termésmennyiség elérését. A gazdasági veszteségek megelőzése érdekében egyre többen alkalmaznak rendszeresen biostimulátor hatóanyagokat azzal a céllal, hogy módosítsák a növények fiziológiai folyamatait (*Kubina et.al.* 2023).

3. Anyag és módszer

3.1. Felhasznált készítmények

Vizsgálatainkban két fém-komplex vegyület, három biostimulátor készítmény hatását, valamint egy bór tartalmú levéltrágya hatását vizsgáltuk az őszi káposztarepce termés mennyiségére, valamint annak olajtartalmára. A kutatásokban alkalmazott anyagok a következők voltak: Cink és a cink dúsított ipari hulladékból előállított Zn - tetramin - hidroxid, valamint Zn - tetramin - hidroxid + Cu – tetramin - hidroxid.

Egy aminosav tartalmú biostimulátor (Quantis), ami 12-19% szerves szén (fermentáltcukornádmelasz), 1,8 – 2,2 % aminosav (glutaminsav, alanin, glicin stb. 1,9%nitrogén (karbamid) 0,9%P₂O₅ (foszforsav), 17%K₂O (káliumoxid) 2,8 % CaO (kálciumoxid) áll.

Egy huminsav tartalmú készítmény (Hymagro - Sol), és egy fulvosav tartalmú készítmény (Biopol Kft), mely még engedélyokirattal nem rendelkezik.

Valamint a Wuxal boron, amely magas foszfor és bór tartalmú levéltrágya egy konstans szernek számít az olajos növények termesztésében.

Kutatásaink során a két fém-komplex vegyületet, a három biostimulátor, valamint a bór tartalmú levéltrágya készítmény hatását vizsgáltuk az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) termésének mennyiségi és minőségi mutatóinak alakulására.

3.2. Szántóföldi kisparcellás területek

Vizsgálataink során **4 ismétléses véletlen blokk** elrendezésű szántóföldi kisparcellás kísérletet állítottunk be **cink és biostimulátor** készítmények hatásának tesztelésére **2021/2022, 2022/2023 és 2023/2024 gazdasági években**. A kísérleti táblák elhelyezkedését és a parcellák elhelyezkedését a 4. 5. és 6. ábra adja közre.



505	X	506	507	X	508	509	X	X	510	511	512	513	514	X	515	516	517	518	519	520	X	521	522	501	502	503	504
411	X	412	413	X	414	415	X	X	416	417	418	419	42	X	421	422	401	402	403	404	X	405	406	407	408	409	410
315	X	316	317	X	318	319	X	X	320	321	322	301	302	X	303	304	305	306	307	308	X	309	310	311	312	313	314
219	X	220	212	X	222	201	X	X	202	203	204	205	206	207	X	208	209	210	211	212	X	213	214	215	216	217	218
101	X	102	103	X	104	105	X	X	106	107	108	109	110	111	X	112	113	114	115	116	X	117	118	119	120	121	122

4. ábra Tarján 0258 hrsz terület és a parcellák felosztása (forrás: *saját szerkeztés*)



508	509	510	511	512	513
507	506	505	504	503	502
409	410	411	412	413	501
408	407	406	405	404	403
310	311	312	313	401	402
309	308	307	306	305	304
211	212	213	301	302	303
210	209	208	207	206	205
113	113	201	202	203	204
112	111	110	109	108	107
101	102	103	104	105	106

5. ábra Naszály 0124 hrsz terület és a parcellák felosztása (forrás: saját szerkeztés)



513	512	511	510	509	508
502	503	504	505	506	507
501	413	412	411	410	409
403	404	405	406	407	408
402	401	313	312	311	310
305	306	307	X	308	309
304	303	302	X	301	213
207	208	209	210	211	212
206	205	X	204	X	203
112	113	X	201	X	202
111	X	110	109	108	107
101	102	103	104	105	106

6. ábra Naszály 087 hrsz terület és a parcellák felosztása (forrás: saját szerkeztés)

A kísérletek beállítására kijelölt parcellák földrajzilag a Kisalföld nagytáj, Komárom-Esztergomi-síkság középtáj, Győr-Tatai-teraszvidék kistájához tartoznak. A Győr-Tatai-teraszvidék kistáj alacsony fekvésű, gyengén tagolt teraszos hordalékkúp síkság. A 120 mbf-ről (mbf = tengerszint feletti magasság) Kelet felé fokozatosan 110 mbf-ig csökkenő Duna-menti ártér a párhuzamosan vonuló teraszszinteken át lépcsősen emelkedik a tájat délről lezáró teraszszigetek 150-180 m-es vonulatáig. Legmagasabb pontja 201 m, Tatától Nyugatra. Az ártér a talajvíz közelsége miatt nedvesebb, a teraszszigetek szárazabb termőhelyet nyújtanak a területhasznosításhoz.

A teraszszintek szerint tagolódó hordalékkúp-síkság Duna menti sávját, valamint a mellékpatak-völgyeket iszapos-homokos jelenkori üledék takarja. A következő szint felszínét folyóvízi homok, a még magasabbat szélről áttelepített homokos rétegek fedik. A terasz-szigethegyek kavicsból állnak, ezért is emelkednek ki környezetükből. Alattuk félig agyagos miocén-pleisztocén üledékek húzódnak, melyek ritkán jó víztározók.

A talajvíz mélysége általában 2-4 méter között van, kivéve az ártereket, ahol 2 méter fölé emelkedik, de a tájat délről lezáró teraszszigetekeken 6 m alá süllyed. Kémiai jellege főként kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos, de Komáromtól délre nagy területen a nátrium is megjelenik. A kistáj mérsékelten meleg, száraz éghajlattal jellemezhető. Az évi középhőmérséklet kevéssel 10 °C feletti, mely a vegetációs időben 16,6 °C. – A 10 °C-ot meghaladó középhőmérsékletek tartama átlagosan 182 nap az április 13. – október 16. közötti időszakban. Ugyanebben az időszakban számíthatunk fagymentes napokra is. A sokévi csapadékátlag 570-590 mm, melyből a vegetációs időszakban 330-340 mm hull le. Az uralkodó szélirány ÉNY-i, de jelentős a DK-i szél aránya is.

3.2.1. Termőhely talajának jellemzés

A kísérletbe bevont területen a vizsgálatok megkezdése előtt talajvizsgálatot végeztünk. A mintavételezés a szántóföldi mintavételezési előírásoknak megfelelően a **termőréteg felső 0-30 cm** rétegéből történt, átlós mintavételi módszerrel az MSZ-08-0202:1977 szabvány szerint. A pontmintákból képzett átlagmintát a BÉTA Kutató Intézet sopronhorpácsi laboratóriumában vizsgáltuk.

A vizsgált talaj paraméterek a mezőgazdasági gyakorlatban elterjedten alkalmazott **bővített talajvizsgálati** csomagnak megfelelően az alábbiak voltak:

- a talaj kémhatása (pH KCl)
- Arany-féle kötöttségi szám (KA)
- vízdoldható összes sótartalom (Só%)
- szénsavas mésztartalom ($\text{CaCO}_3\%$)
- humusztartalom (H%)
- AL-oldható P, K és Na tartalom
- KCl-oldható Mg, $\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ és SO_4 tartalom
- EDTA-KCl-oldható Cu, Mn, Zn

A kísérleti területről származó talajminta vizsgálata során alkalmazott vizsgálati módszereket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Alkalmazott talajvizsgálati módszerek

Paraméter	Vizsgálati módszer	
pH KCl	MSZ-08-0206-2:1978 2.1. szakasz	potenciometria
KA	MSZ-08-0205:1978 5.1 szakasz	plaszticitásvizsgálat
Só%	MSZ-08-0206-2:1978 2.4. szakasz	konduktometria
CaCO ₃ %	MSZ-08-0206-2:1978 2.2. szakasz	gázvolumetria
H%	MSZ-08-0210:1977 2.1. szakasz	spektrofotometria
P ₂ O ₅	MSZ 20135:1999 4.2.1. és 5.1. szakasz	ICP-AES
K ₂ O	MSZ 20135:1999 4.2.1. és 5.1. szakasz	ICP-AES
Na	MSZ 20135:1999 4.2.1. és 5.1. szakasz	ICP-AES
Mg	MSZ 20135:1999 4.2.2. és 5.1. szakasz	ICP-AES
NO ₂ +NO ₃ -N	MSZ 20135:1999 4.2.2. és 5.4.5. szakasz	FIA spektrofotometria
SO ₄	MSZ 20135:1999 4.2.2. és 5.4.1.2. szakasz	FIA spektrofotometria
Cu	MSZ 20135:1999 4.2.3. és 5.1. szakasz	ICP-AES
Mn	MSZ 20135:1999 4.2.3. és 5.1. szakasz	ICP-AES
Zn	MSZ 20135:1999 4.2.3. és 5.1. szakasz	ICP-AES

A talajvizsgálati eredményeinket a **MÉM-NAK tápanyagutánpótlási rendszer** szerint elemeztük. A vizsgálati eredményeket és értékelésük eredményeit a 4. 5. és 6. táblázat tartalmazza.

4. táblázat Tarján 0258 hrsz talajvizsgálati eredménye

	Táblanév		Tarján 0258 hrsz
Vizsgálati paraméter	Érték	Egység	Értékelés
pH KCL	6,66		gyengén savanyú
KA	40		homokos vályog
Só %	0,02	m/m%	alacsony sótartalom
CaCO ₃ %	0	m/m%	hiány
H%	1,92	m/m%	közepes
P ₂ O ₅	180	mg kg ⁻¹	jó
K ₂ O	155	mg kg ⁻¹	közepes
Na	2,9	mg kg ⁻¹	
Mg	252	mg kg ⁻¹	közepes
NO ₂ +NO ₃ -N	3,69	mg kg ⁻¹	
SO ₄	14,9	mg kg ⁻¹	
Cu	2,6	mg kg ⁻¹	gyenge
Mn	289	mg kg ⁻¹	magas
Zn	0,55	mg kg ⁻¹	gyenge

5. táblázat Naszály 0124/9,10 hrsz talajvizsgálati eredménye

	Táblanév		Naszály 0124/9,10 hrsz
Vizsgálati paraméter	Érték	Egység	Értékelés
pH KCL	7,55		gyengén lúgos
KA	35,71		homokos vályog
Só %	0,02	m/m%	alacsony sótartalom
CaCO ₃ %	6,61	m/m%	közepesen meszes
H%	1,76	m/m%	közepes
P ₂ O ₅	158	mg kg ⁻¹	jó
K ₂ O	208	mg kg ⁻¹	közepes
Na	26,3	mg kg ⁻¹	
Mg	81,2	mg kg ⁻¹	közepes
NO ₂ +NO ₃ -N	2,36	mg kg ⁻¹	
SO ₄	27,2	mg kg ⁻¹	
Cu	1,51	mg kg ⁻¹	gyenge
Mn	41,3	mg kg ⁻¹	kielégítő
Zn	1,99	mg kg ⁻¹	gyenge

6. táblázat Naszály 087/12 hrsz talajvizsgálati eredménye

	Táblanév		Naszály 087/12 hrsz
Vizsgálati paraméter	Érték	Egység	Értékelés
pH KCL	7,77		gyengén lúgos
KA	33,33		homokos vályog
Só %	0,02	m/m%	alacsony sótartalom
CaCO ₃ %	9,61	m/m%	közepesen meszes
H%	2,28	m/m%	közepes
P ₂ O ₅	221	mg kg ⁻¹	jó
K ₂ O	189	mg kg ⁻¹	közepes
Na	23,1	mg kg ⁻¹	
Mg	81,2	mg kg ⁻¹	közepes
NO ₃ +NO ₃ -N	10,64	mg kg ⁻¹	
SO ₄	22,5	mg kg ⁻¹	
Cu	1,48	mg kg ⁻¹	gyenge
Mn	39,9	mg kg ⁻¹	kielégítő
Zn	1,86	mg kg ⁻¹	gyenge

A kísérleti terület adottságai és a kísérleti parcellák kis mérete miatt a parcellák kijelölését a domborzati viszonyok nem befolyásolták, a kísérleti eredményeket számottevően befolyásoló hatással nem számoltunk.

3.2.2. Tarján 0258 hrsz

A vizsgált területre a Típusos Ramann-féle barna erdőtalaj (131) jellemző. A Ramann-féle barna erdőtalajokban a humuszosodás és a kilúgozás folyamatához csak az agyagosodás és gyenge savanyodás járul.

E talajok szelvényében a kilúgozási és felhalmozódási szint agyagtartalma közti különbség (textúr-differencia) mérsékeltebb, mértéke általában (B szint agyag% / A szint agyag%) nem haladja meg az 1,2 értéket. A 20-30 cm vastag, barnás színű kilúgozási szint szerkezete morzsás és szemcsés. Kémhatása gyengén savanyú vagy semleges. A felhalmozódási szint felé rövid, fokozatos az átmenete. A barna, vöröses árnyalatú felhalmozódási

szint szerkezete szemcsés vagy diós, a szerkezeti elemek felületén agyaghártyák nem észlelhetők.

Kémhatása gyengén savanyú vagy semleges, telítettségi értékszáma 60 V%-nál nagyobb. A kicserélhető kationok között a kalcium az uralkodó, a savanyúsági értékek kicsinyek. A felhalmozódási szint éles határral különül el a többnyire szénsavas meszet tartalmazó talajképző közettől. Viszonylag gyakori jelenség, hogy a növényzet hatására a talajképző kőzetből a CaCO_3 visszakerül a felsőbb szintekbe és ott a gyökérjáratok mentén fehér erek formájában kicsapódik (visszameszeződés). Vízgazdálkodásuk általában kedvező, vízáteresztő képességük jó közepes, víztartó képességük jó, és többnyire jelentős, a növények számára hasznosítható vízkészlettel rendelkeznek.

A típusos és rozsdabarna altípusok elkülönítésének alapja az eltérő talajképző kőzet. Míg az előző löszös, vagy meszes agyagos üledékeken, addig az utóbbi homok vagy homokos iszap talajképző kőzeten alakul ki.

A báziscsere-vizsgálat alapján a talaj kalciummal 90% körüli mértékben telített. A magnézium és a nátrium részaránya kedvezően alacsony, szikesedés veszélye nem áll fenn.

3.2.3.Naszály 0124/9-10 hrsz.

A vizsgált területre a Meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj (191) jellemző. A mészlepedékes mezősegi talajok elnevezésüket a szelvényükben általában 30-70 cm között jelentkező mészlepedékről kapták, amely a szerkezeti elemeket vékony, penészhez hasonló hártya alakjában vonja be. A lepedékes genetikai szint világos színű, szürkés árnyalatú, igen könnyen esik szét szerkezeti elemeire, amelyek azonban stabilak.

A mészlepedék e talajtípus sajátos dinamikájának következménye, melyben váltakozva következnek a kilúgozás, vagyis a szénsavas mész kioldásának, és a lepedékképződés, vagyis a szénsavas mész talajoldatokból való kicsapódásának időszakai. A kilúgozás az ősztől tavaszig tartó átnedvesedéssel esik egybe, a lepedékképződés pedig a nyári kiszáradás és a talajoldatok betöményedésének következménye.

A szelvény felépítésében a szántott réteg apró morzsás, a művelés hatására gyakran elporosodott szerkezetű. Alján rendszerint tömödöttebb réteg alakul ki, ahol szántott réteg kolloidjainak egy része egyszerű fizikai átiszapolódás következtében dúsul fel. Kémhatása semleges, vagy gyengén lúgos. Szénsavas meszet nem, vagy csak kisebb mennyiségben tartalmaz.

Humusztartalma 2-4%. A szántott réteg alatti A-szint a nagy humusztartalom következtében sötétbarna, barnás-szürke. Szerkezete kitűnően morzsás. Kémhatása gyengén lúgos, szénsavas meszet rendszerint kisebb mennyiségben tartalmaz, humusztartalma mint a szántott rétegé. A B-szint felé az átmenet fokozatos, rendszerint egybeesik

a mészlepedékes szint felső határával. A B-szintben a szervesanyagtartalom fokozatosan csökken 1-3%-ra, ennek megfelelően világosodik a színe, nő a szénsavas mésztartalma. Jellegzetes típusbélyeg a szintben megfigyelhető sok állatjárat (gilisztajarat, krotovina).

A talajképző kőzetben mészerek, mészgöbecsek figyelhetők meg. Vízgazdálkodásuk igen jó, mert minden szintnek kiváló a vízáteresztő és a víztartó képessége. Tápanyag-gazdálkodásuk szintén jó a kedvező nitrogénellátottság, foszfátfeltáródás és káliumszolgáltató képesség hatására.

A báziscsere-vizsgálat alapján a talaj kalciummal 95% körüli mértékben telített. A magnézium és a nátrium részaránya kedvezően alacsony, szikesedés veszélye nem áll fenn.

3.2.4. Naszály 087/12-16 hrsz.

A vizsgált területre a Csernozjom eredetű lejtőhordalék talaj (401) jellemző.

A lejtőhordalék főtípusba azok a talajok sorolhatók, amelyekben az egyes rétegeket nem köti össze genetikai kapcsolat, mivel azok nem a helyi talajképződés eredményei, hanem a közeli, magasabban fekvő területekről lehordott eltérő kémiai és fizikai tulajdonságú talaj, illetőleg talajképző kőzetek egymásra halmozása következtében jöttek létre, minimálisan 50 cm vastagságban.

Az egyes rétegek összetétele attól függ, hogy milyen talajtípus található a magasabban fekvő részeken, ezek milyen mértékben erodálódtak, az erózió a talajképző kőzetet eléri-e, vagy sem.

A víz által lepusztított anyag a lejtők pihenőin, vagy a völgyekben rakódik le, és itt sok esetben több méter vastagságban halmozódik fel.

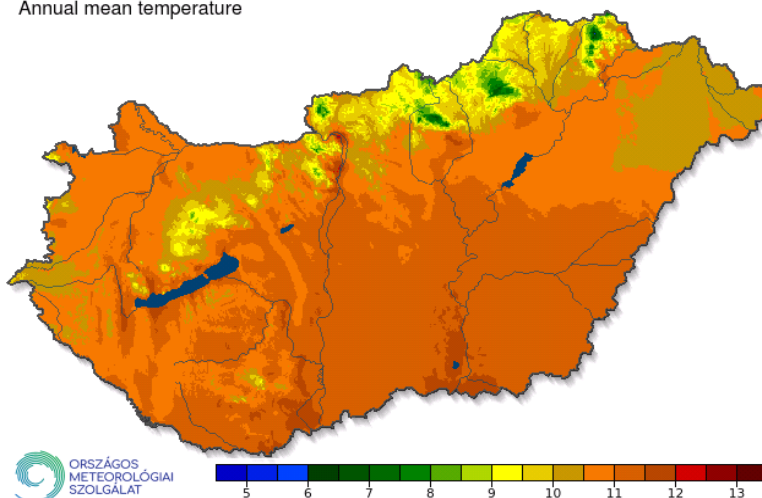
A lejtőhordalék talajok morfológiai bélyegei a hordalékszállítás ütemétől és mértékétől, fizikai, vízgazdálkodási és kémiai tulajdonságai, tápanyagviszonyai, a szállított hordalék összetételétől függenek.

A báziscsere-vizsgálat alapján a talaj kalciummal 95% körüli mértékben telített. A magnézium és a nátrium részaránya kedvezően alacsony, szikesedés veszélye nem áll fenn.

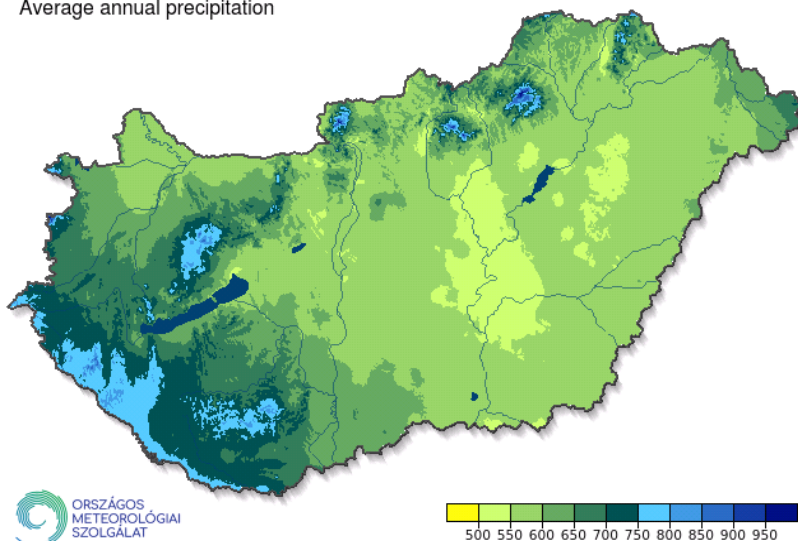
3.3. Termőhely klimatikus jellemzése

A kísérletek eredményét az időjárási körülmények is befolyásolják. A terület éghajlata mérsékelt övi, nedves kontinentális. Négy évszakkal rendelkezik, a meleg nyárral, a hideg téllal és két átmeneti évszakkal, a csapadékmaximum koranyári. Az évi középhőmérséklet 10 °C körüli, az éves csapadékösszeg átlagosan 550 mm (7. és 8. ábra).URL^{5,6}

Átlagos éves középhőmérséklet [°C] (1991-2020)
Annual mean temperature



Átlagos éves csapadékösszeg [mm] (1991-2020)
Average annual precipitation

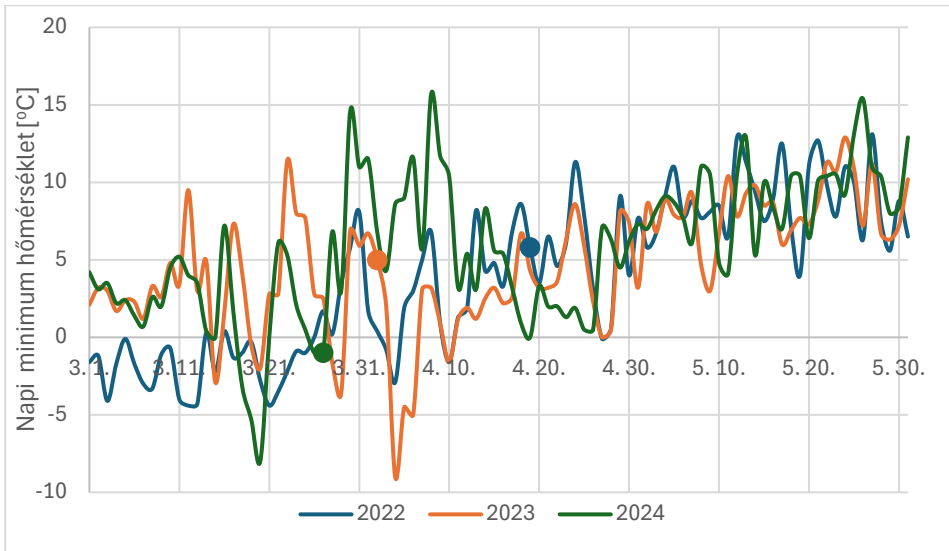


7. és 8. ábra: Évi átlagos középhőmérséklet és éves csapadékösszeg Magyarországon az 1991-2020 közötti időszak alapján (Forrás: *Országos Meteorológiai Szolgálat* (OMSZ) 2025a, OMSZ 2025b)

Mivel a Hungaromet (www.met.hu) időjárási adatbázis Tatától (északi szélesség 47 °65', keleti hosszúság 18°30') a kísérleti területek mintegy 15,7 km, illetve 6,5 km és 3,6 km légvonalban találhatóak, így a helyszínen pontos adatokat tudtunk mérni.

A kísérleti területre vonatkozó hőmérsékleti adatok így saját mérési adatok, melyek meghatározása METOS 3.3 készülékkel történt.

A kapott hőmérsékleti adatok alapján megállapítható volt, hogy a kezelések előtti vagy utáni 2-2 napban a 2022/23 – as és a 2023/24 – es kísérleti évben 9. ábra az őszi káposztarepcét abiotikus (hőstressz) stressz érte.



9. ábra Napi minimum hőmérsékleti adatok a kísérleti helyszíneken (*forrás: saját ábra*)

A kísérlet 2021/22 – es évében a két kezelés előtt és után a területet nem érte jelentős abiotikus stressz (hőstressz), a hőmérsékleti különbségek nem voltak jelentősek. A 2022/23 – as évben a kezelés után két nappal a területen erőteljes lehűlés volt detektálható – 9 °C-fok (10.ábra).



10. ábra A kezelés után 2 nappal a területet ért fagyhatás a repce állományban (*forrás: saját felvétel*)

A 2023/24 – es évben a kezelés előtti napokban a hőmérséklet fagypont alá süllyedt, majd a kezelés követő napokban a nappali hőmérséklet 20°C-fok felé emelkedett.

3.4. A kísérletben felhasznált anyagok

A cink és a cink dúsított ipari hulladékból előállított cink tetramin hidroxid és cink tetramin hidroxid + réz tetramin hidroxid. A Quantis egy aminosav tartalmú biostimulátor, wuxal boron, ami magas foszfor és bór taralmú levéltrágya ez azért került be a kísérletbe mert ez egy konstans szer az olajos növények termesztésében.

A második évi kísérletbe további két anyagot vontunk be, egy huminsav tartalmú (Hymagro Sol) készítményt, valamint egy engedélyokirattal nem rendelkező fulvosav tartalmú készítményt.

3.4.1. Cink -tetramin -hidroxid és cink -tetramin -hidroxid + réz tetramin hidroxid

A cink -tetramin -hidroxid és a réz -tertramin -hidroxid vegyületek engedéllyel rendelkező termésnövelő anyagok, szabadalmi lajstrom számmal rendelkeznek (29045/89, illetve 194143).

Ipari melléktermékek, melyek a mikroelektronikában, illetve a felületkezelő iparban keletkeznek. Az anyagok hiába rendelkeznek nagy mikroelem tartalommal, nyers, az ipari folyamatokból kikerült formában alkalmatlanok a mezőgazdaság számára. Megfelelő átalakítások során elérhető a megkívánt nagy tisztaságú végtermék.

3.4.2. Quantis

A Quantis természetes eredetű biostimulátor. Egy hosszú és precíz gyártási folyamat végeredménye, amely gyártási technológia alatt a készítményt különféle tápanyagokkal dúsítják. Természetes összetevőinek köszönhetően a Quantis magas szerves széntartalmú vegyületekben (elsősorban cukrok) gazdag, emellett sok egyéb, a növények számára hasznos és nélkülözhetetlen tápanyagot és aminosavakat tartalmaz. Egyedi és kiemelendő a Quantis kalcium tartalma. A Ca^{2+} jelentős szereppel bír többet között a stresszjelzés folyamatában. Szintén említésre méltó a kálium tartalma is, mely makroelem szerepe a növény élettani folyamataiban és stressztoleranciában domborodik ki. Ezek mellett nitrogént, foszfort, bórt, cinket, mangánt és szulfátot is tartalmaz. Átlagosan 2% az aminosav tartalma, ebből 0,4-0,6% szabad aminosav. (7. táblázat) URL⁷. Magas aszparaginsav-, glutaminsav- és alanin koncentráció jellemzi, de ezen kívül tartalmaz még többek között prolint és glicint is. Ezek a fehérjeszintézishez fontosak, továbbá antioxidáns és kelátképző hatásúak, valamint ozmoprotektánsként is működnek. A Quantis a stressz bekövetkezése előtt alkalmazva, a benne található összetevőinek köszönhetően képes aktiválni a sejttrendszer (géneket és az anyagcsere folyamatokban szerepet játszó védekezési útvonalakat). Amikor stressz lép fel a Quantis összetevőinek hatása először a sejtek és a szervek szintjén jelentkezik és fiziológiai szinten mérhető, ami a hozam fenntartását, javulását eredményezheti.

7. táblázat. A Quantis fizikai – kémiai tulajdonságai

PARAMÉTER	ÉRTÉK
Ph (eredeti anyagban)	6,2
sűrűség (kg/dm ³)	1,34
szárazanyag tartalom (m/m%)	50-55
szerves C tartalom (m/m%)	15
N tartalom (m/m%) sz.a.	1,9
P ₂ O ₅ tartalom (m/m%) sz.a.	0,87
K ₂ O tartalom(m/m%) sz.a.	17,4
CaO tartalom (m/m%) sz.a.	2,8
Szulfát (mg/l)	0,2-0,4
aminosav tartalom (m/m%)	1,8-2,2
szabad aminosav tartalom (m/m%)	0,4-0,6
Bór (mg/l)	7,5-20
Cink (mg/l)	7-20
Mangán (mg/l)	10-20
Vízoldékonyság (%)	99

3.4.3. Wuxal Boron

Magas bór- és foszfortartalmú lombtrágya a tökéletes terméskötődésért. Alkalmazásával a permetlé pH-ját az optimális enyhén savanyúra állítja be, így fog a legtöbb tápelem hasznosulni, és fokozza a növényvédő szerek hatékonyságát is. Elsősorban a terméskötés elősegítésére és a bórhiányos állapotok kialakulásnak megelőzésre használható készítmény. Ajánlott dózisa napraforgóban 8–10 leveles állapotól Wuxal Boron Plus csillagbimbós állapotig 2–3 l/ha adagban, repcében ősszel a gyökeresedés elősegítésére 1–2 l/ha adagban, tavasszal rügyképződéskor és az intenzív

növekedés időszakában, a fővirágzás előtt 2–3 l/ha adagban javasolt. A leghatékonyabb bór-lombtrágyázást a Wuxal Boron Plus osztott kijuttatásával érhetjük el, többszöri 1–2 l/ha-os dózissal, mivel a bór nem reuritizálódik, azaz nem képes az idősebb levelekből felszabadulni és a tenyészőcsúcs irányába szállítani. A talaj bórtartalma nagyon csekély, általában a mérési határérték alatt van, mert a szervesanyagokból feltáródó bór-ion a talajkolloidokhoz gyengén kötődik, és így a csapadékkal folyamatosan kimosódik a felső talajrétegből. A bórigenyes kultúrák ezért reagálnak kiválóan a bór-lombtrágyázásra. Magas bór- és foszfortartalma révén a szer elősegíti a terméskötődést. A bór és a benne található többi mikroelem ezenkívül hozzájárul a növényi sejtfalképződéshez, a szénhidrátok és a cukrok szállításához, a stresszhelyzetek (pl. szélverés, homokverés, jégverés, nagy hőingadozások, hideg periódusok) átvészeléséhez. URL⁸.

3.4.4. Hymagro-Sol

A huminsavak serkentik a talajbaktériumok működését, felvehető állapotban tartják a tápanyagokat, növelik a víztartó képességet, serkentik a csírázást és a gyökérzet növekedését. Nagyüzemi gazdálkodásban vetéssel egy menetben kijuttatható, vagy a magokra csávázással is felvihető. Alkalmazható közvetlenül a magágyba, ültető gödörbe juttatva, vagy vízben feloldva öntözéssel vagy permetezéssel is kijuttatható.

A Hymagro-Sol készítmény természetes humusz ásványból (leonardit) hidrolizált vízzel oldható huminsav. A leonardit világviszonylatban is egyedülálló szerves humusz ásvány, mely növényi anyagok természetes humifikációja során keletkezett. A belőle kivont huminsav, fulvosav,

valamint mikroelemek komplex hatása folytán serkenti a növények csírázását, növekedését, tápanyag felvételét és a gyökérképződést. A huminsavak, mint természetes komplexképzők a növények számára folyamatosan felvehető állapotban tartják a tápanyagokat. 8.táblázat.

A Hymagro-Sol alkalmazásával javulhat a termés minősége és mennyisége, a növények ellenállóbbak lesznek a betegségekkel szemben. Jelentősen növeli a növények aszálytűrő képességét. Stressz hatások idején mikor a növényeknek rövid idő alatt sok energiára van szükségük, a biológiailag aktív huminsavak sejtlégzést katalizáló hatásának köszönhetően pótolják a szükséges energiát és segítenek a tápanyagok hatékony felvételében. Alkalmazható talajra, lombra, öntözővízben, hydrokultúrában, önállóan vagy műtrágyákkal, növényvédő szerekkel együtt kijuttatva. URL⁹.

- Serkenti a magok csírázását, katalizálja a sejtlégzést
- Serkenti a gyökérképződést és a növekedést
- Növeli a klorofill tartalmat, fényszegény helyeken (fólia) napfényt pótol
- Serkenti a talaj mikroorganizmusok életműködését
- Komplexálja, felvehető állapotban tartja a tápanyagokat (különösen a Foszfor felvételét katalizálja)
- Javítja a tápanyagok hasznosulását, csökkenti a kimosódást
- Javítja a termés minőségét és mennyiségét
- Javítja az aszálytűrő képességet

- Stabilizálja a növények elektrolit rendszerét, a növényi nedvek keringését
- A növények ellenállóbbak lesznek a betegségekkel szemben
- Szervetlen mikroelem sókkal szerves komplexeket képez, jelentősen javítva a felszívódást
- A levelek felületén védőréteget képez a káros UV sugarakkal szemben
- Gátolja a toxikus anyagok (pl. nehézfémek) növény általi felvételét

8. táblázat Hymagro Sol összetétel

A TERMÉK JELLEMZŐ ÖSSZETÉTELE	
Nedvesség	62 %
Huminsavak összesen	20 %
Nitrogén (N)	0,30 %
Foszfor (P ₂ O ₅)	0,01 %
Kálium (K ₂ O)	9 %
Egyéb Ásványi Anyagok (Természetes huminsav - komplex formában)	
Kalcium (Ca)	0,3 %
Magnézium (Mg)	0,1 %
Kén (S)	0,7 %
Vas (Fe)	0,2 %
Mangán (Mn)	25 mg/kg
Cink (Zn)	20 mg/kg
Réz (Cu)	20 mg/kg
Szelén (Se)	3 mg/kg
Molibdén (Mo)	1 mg/kg

3.4.5. Fulvosav

A kísérlet során felhasznált fulvosav tartalmú készítmény engedélyokirattal nem rendelkezett.

3.5. Alkalmazott kezelések

Az első éves kísérletet Tarján határában állítottuk be 2021/22-es termesztési évben. 110 darab parcella került kialakításra, melyek mérete 3x7m volt, azaz alapterületük parcellánként 21m² volt. A kísérlet során 11 kezelést állítottunk be 5 ismétlésben. Őszi és tavaszi kezelés történt. Az őszi káposztarepce BBCH 16 -18 és a BBCH 29-es fenológiai állapotában került sor.

A másodéves 2022/23 -as és a harmadéves 2023/24-es kísérleti évben Naszály határában állítottuk be a kísérleteket. Itt 65 parcella lett kijelölve (3x10m) 30m² alapterülettel, 13 kezeléssel 5 ismétlésben. Csak tavaszi kezelés történt az őszi káposztarepce BBCH 29-es fenológiai állapotban. Az eltérő parcella méretek az első kísérleti évhez képest azért lettek nagyobbak mert itt már csak egyszeri kezelés történt.

A parcellák kezelése minden esetben EURO – PULVÉ hátiparcella permetezővel (11. ábra) történt 3 méteres szórókerettel palack mérettel a parcellák méretéhez igazítva. Az első éves kísérletekben 3 literes palack, majd a másod és harmadéves kísérletekhez 5 literes palackokkal.



11. ábra Euro- Pulvé háti permetező *(forrás: saját felvétel)*

A kijuttatott készítmények közül a cink -tetramin -hidroxid és cink - tetramin -hidroxid + réz tetramin hidroxid előállítását a zavaró hatások kizárása érdekében analitikai reagens minőségű alapanyagokból a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Talaj, - Víz – és Természettudományi Tanszékén Prof. Dr. Szakál Pál vezetésével történt. A biostimulátor és a levéltrágya készítményt a gyártóktól kaptuk és a hektárra vetített dózisokat a parcellák mérete alapján határoztuk meg (9. és 10. táblázat).

9. táblázat 2021/22-es évben alkalmazott kezelések

Kezelések		Dózis	Bemért ml/3l	Kijuttatás
1.	Untrt. Check			Ősz (BBCH 16-18)
2.	Zn	2l/ha	13,5	
3.	Zn	6l/ha	40,5	
4.	Zn	10l/ha	135	
5.	Zn	20l/ha	270	
6.	Zn dúsított	5l/ha	34	
7.	Zn dúsított	10l/ha	40,5	
8.	Quantis	2l/ha	13,5	
	Quantis	2l/ha	13,5	
9.				
	Zn	10l/ha	40,5	
	Quantis	2l/ha	13,5	
10.				
	Zn dúsított	5l/ha	34	
11.	Wuxal Boron	2,5l/ha	16,8	
12.	Untrt. Check			Tavaszi szárbaindulás kezdete
13.	Zn	2l/ha	13,5	
14.	Zn	6l/ha	40,5	
15.	Zn	10l/ha	135	
16.	Zn	20l/ha	270	
17.	Zn dúsított	5l/ha	34	
18.	Zn dúsított	10l/ha	40,5	
19.	Quantis	2l/ha	13,5	
20.	Quantis	2l/ha	13,5	
	Zn	10l/ha	40,5	
	Quantis	2l/ha	13,5	
21.				
	Zn dúsított	5l/ha	34	
22.	Wuxal Boron	2,5l/ha	16,8	

10. táblázat 2022/23-as és 2023/24-es évben alkalmazott kezelések

Kezelések		Dózis	Bemért ml/5l	Kijuttatás
1.	Untrt. Check			Tavaszi szárbaindulás kezdete
2.	Zn	2l/ha	32	
3.	Zn	6l/ha	96	
4.	Zn	10l/ha	160	
5.	Zn	20l/ha	320	
6.	Zn dúsított	5l/ha	80	
7.	Zn dúsított	10l/ha	160	
8.	Quantis	2l/ha	32	
	Quantis	2l/ha	32	
9.				
	Zn	10l/ha	160	
	Quantis	2l/ha	32	
10.				
	Zn dúsított	5l/ha	80	
11.	Wuxal Boron	2,5l/ha	40	
12.	Hymagrosol	2l/ha	32	
13.	Fulvosav	2l/ha	32	

3.6. Kezelési időpontok és a betakarítás

A kijuttatás előtti napon kerültek kimérésre az anyagok, a kimért oldatok hígítása a helyszínen történt. A kezeléseket az egyes években az alábbi napokon végeztük:

- 2021.10.17.
- 2022.04.19
- 2023.04.02.
- 2024.03.27.

A levélkezelések a korareggeli órákban történtek, amikor a sztómák nyitottak és a levelek kutikulája a hajnali harmat hatására lazultabb, ami segítheti a készítmény növény általi felvételét.

A kezelések után 8 nappal SPAD méréseket végeztünk Minolta 502-es SPAD mérővel (12. ábra) parcellánként 20-20 növényen, majd levélmintákat vettünk levélanalízis céljából. A klorofill a zöld pigment, amely lehetővé teszi a növények fotoszintézisét. Ez a folyamat napfény felhasználásával átalakítja a szén-dioxidot és a vizet növények építőelemeivé. Mivel a nitrogén a klorofill alkotórésze, a klorofill mérésével közvetett módon meg lehet határozni a növény nitrogéntartalmát. A nitrogénnek központi szerepe van minden mezőgazdasági rendszerben. A növények nagy mennyiségben igénylik a nitrogént, mivel az a fehérjék, nukleinsavak, klorofill, koenzimek, fitohormonok szerves alkotóeleme. A nitrogén nagyobb mértékben korlátozza a mezőgazdaság elsődleges termelékenységét, mint bármely más tápanyag, főleg azért, mert általában nem halmozódik fel a talajban a növényeknek megfelelő formában. Természetesen más mikroelemek is fontos szerepet játszanak a növény stresszmentes növekedésében, de ezek a hatások összegződnek a klorofilltartalom szintjében. A klorofilltartalom mérése tehát fontos információkat adhat a stressztényezők jelenlétéről (nitrogén és más mikroelem hiány, fény-, víz-hiány, a pigment fejlődését gátló herbicid károsodás stb.). Ha időben (amikor még szemmel nem is észrevehető) detektáljuk a stresszhatás jelenlétét (a klorofill szint mérésével), akkor még korrigálhatjuk a folyamatot, optimalizálva a tápanyagkiviteli stratégiánkat.^{URL¹⁰}

A levélmintákat az alábbi elemekre vizsgáltuk B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn mg/kg sz.a. A vizsgálatokat a Széchenyi István Egyetem AKMK Talajvizsgáló Laboratóriumában végeztük el.



12. ábra Minolta 502 SPAD mérőkészülék (forrás: saját felvétel)

Betakarítást parcella betakarító kombájjal végeztük, a szegélyhatások kiküszöbölésé végett a parcellák középső 1 méteres része került betakarításra (13. ábra) Haldrup C-85 parcellabetakarító kombájn.



13. ábra Haldrup C-85 parcellabetakarító kombájn (forrás: saját felvétel)

Betakarítást az alábbi napokon történt:

- 2022.06.29.
- 2023.07.12.
- 2024.06.27.

A betakarított termés mennyiségét a kalibrált parcellakombájn határozta meg az egyes parcellákról. A betakarított termést használtuk fel a termés olajtartalmának mérésére, amit egy Mininfra SmartT (14. ábra) gabona analízálóval mértünk meg.



14. ábra Mininfra SmartT gabona analízáló (forrás: saját felvétel)

3.7. Statisztikai értékelés

A kezelések hatékonyságának értékelése egytényezős (kezelés) és kéttényezős (kezelés x fenológiai fázis) varianciaanalízissel (ANOVA) történt. A varianciaanalízis után a kezelések átlag értékeinek összehasonlítása Tukey-teszt felhasználásával, az ANOVA szignifikanciaszintjétől függően 95%-os, illetve, 90%-os szignifikanciaszinten történt. Az évjárat hatás kiküszöbölésére az analízist az egyes kísérleti évekre külön-külön, illetve a három év átlagában is elvégeztük.

Az értekezésben a kísérleti adatok statisztikai kiértékelése, eredményei táblázatokban vannak megjelenítve. Az ezekhez tartozó, adott kísérleti eredmények, grafikonok „diagrammok” a dolgozatban a mellékletek között, mint diagrammok szerepelnek.

Az adatok feldolgozása a Microsoft Excel programmal, a statisztikai értékelés az RStudio statisztikai program car (Levene-teszt) és stats (Kolmogorov-Smirnov-teszt, ANOVA, Tukey-teszt) csomagjaival került elvégzésre.

4. Eredmények értékelése

A kísérletek három éve alatt gyűjtött vizsgálati eredmények értékelést varianciaanalízis (ANOVA) segítségével végeztük el. A varianciaanalízis megkezdése előtt Levene-teszt és Kolmogorov-Szmirnov teszt segítségével vizsgáltuk a szórások homogenitását és az adatsorok normalitását. Az előzetes értékelést minden vizsgált paraméterre és minden kísérleti évre, valamint a kísérleti évek átlagára is elvégeztük.

4.1. Előzetes vizsgálatok

A Levene-teszt (11. táblázat) egyik vizsgált esetben sem volt szignifikáns, így a szóráshomogenitás feltétele minden adatsorra teljesült a varianciaanalízishez.

11. táblázat: Levene-teszt p-értékei. $p \geq 0,05$ esetén a szóráshomogenitás feltétele teljesül

Vizsgált jellemző	2022	2023	2024	Évek átlaga
Olajtartalom	0,8449	0,5939	0,5652	0,7329
Hozam	0,8816	0,5162	0,2972	0,7264
Gyökernyak vastagság	0,8357	-	-	-
Gyökértömeg	0,9850	-	-	-
SPAD	0,8051	0,7752	0,7320	0,7050
B	0,8581	0,9212	-	0,9168
Ca	0,8800	0,6966	-	0,8664
Cu	0,5187	0,7831	-	0,9017
Fe	0,9649	0,9824	-	0,6204
K	0,9389	0,5686	-	0,9903
Mg	0,4081	0,1693	-	0,2171
Mn	0,9909	0,8529	-	0,8975
Na	0,7399	0,9589	-	0,6816
P	0,8911	0,9277	-	0,9001
S	0,7199	0,4284	-	0,8440
Zn	0,8520	0,7570	-	0,8830

A Kolmogorov-Szmirnov-teszt (12. táblázat) két adatsornál, a paraméterekre rendelkezésre álló két kísérleti év átlagában számított bór és foszfor eredmények esetén szignifikáns volt, azonban mindkét adatsor esetén $n > 30$, így az értékelés során ezeket is normális eloszlásúnak tekintettük.

12. táblázat: Kolmogorov-Szmirnov-teszt p -értékei. $p \geq 0,05$ esetén a változó normál eloszlásúnak tekinthető

Vizsgált jellemző	2022	2023	2024	Évek átlaga
Olajtartalom	0,4314	0,1907	0,8224	0,9271
Hozam	0,3094	0,8139	0,8188	0,2915
Gyökernyak vastagság	0,9163	-	-	-
Gyökértömeg	0,6715	-	-	-
SPAD	0,2923	0,8370	0,6767	0,8669
B	0,7391	0,6246	-	0,0023
Ca	0,9017	0,9033	-	0,8400
Cu	0,6163	0,7396	-	0,5143
Fe	0,0735	0,6999	-	0,6693
K	0,7983	0,8685	-	0,9878
Mg	0,6951	0,9409	-	0,6909
Mn	0,9592	0,8091	-	0,7140
Na	0,1813	0,1053	-	0,0932
P	0,8910	0,8881	-	0,0190
S	0,9639	0,9574	-	0,4323
Zn	0,9538	0,1423	-	0,9659

4.2. 2022. évi kezelések eredményei

Az első kísérleti évben a kezeléseket egymástól függetlenül, két különböző időpontban, ősszel a BBCH 16-18 as fenológiai állapotban, tavasszal pedig a BBCH 29-es fenológiai állapotban is elvégeztük. A mindkét kezelés után vizsgált hozam és olajtartalom paramétereket kéttényezős varianciaanalízissel elemeztük annak eldöntésére, hogy a kezelések mellett a kezelés időpontjának (az alkalmazás fenológiai fázisának) van-e hatása a vizsgált jellemzőkre. A csak az őszi (gyökértömeg és gyökérnyak átmérő), vagy csak a tavaszi (SPAD, levél elemanalitikai vizsgálatok) kezelések után vizsgált paraméterek esetén egyváltozós varianciaanalízissel vizsgáltuk a kezelések hatásosságát.

4.2.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására

A kéttényezős varianciaanalízis eredményei alapján sem a kezeléseknek ($p=0,5938$), sem a kezelés időpontjának ($p=0,1880$) nem volt szignifikáns hatása a hozamra (13.táblázat). A statisztikailag nem igazolható különbségek ellenére a kezelések hatására így is több esetben növekedést tudunk kimutatni.

13.táblázat: Kezelések hatása az őszi káposztarepce termés hozamára.

Kezelés	Őszi kezelés	Tavaszi kezelés
Kontroll	2,56 ± 0,48 a	
Zn 2 l/ha	3,06 ± 0,57 a	2,52 ± 0,43 a
Zn 6 l/ha	2,61 ± 0,60 a	2,49 ± 1,11 a
Zn 10 l/ha	2,34 ± 0,35 a	2,76 ± 0,52 a
Zn 20 l/ha	2,27 ± 0,38 a	2,42 ± 0,54 a
Zn dúsított 5 l/ha	2,42 ± 0,43 a	2,46 ± 0,47 a
Zn dúsított 10 l/ha	2,59 ± 0,57 a	2,95 ± 0,79 a
Quantis 2 l/ha	2,48 ± 1,12 a	2,75 ± 0,95 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2,80 ± 0,74 a	2,92 ± 0,95 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,53 ± 0,50 a	2,76 ± 0,57 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,35 ± 0,46 a	2,82 ± 0,62 a

A kontrollhoz (2,56 ± 0,48 t/ha) képest az őszi kezelések közül négy kezelés, a Zn 2 l/ha (3,06 ± 0,57 t/ha), Zn 6 l/ha (2,61 ± 0,60 t/ha), Zn dúsított 10 l/ha (2,59 ± 0,57 t/ha) és a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha (2,80 ± 0,74 t/ha) esetén értünk el növekményt. A tavaszi kezeléseknél a tíz kezelésből hat kezelés, a Zn 10 l/ha (2,76 ± 0,52 t/ha), Zn dúsított 10 l/ha (2,95 ± 0,79 t/ha), Quantis 2 l/ha (2,75 ± 0,95 t/ha), Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha (2,92 ± 0,95 t/ha), Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha (2,76 ± 0,57 t/ha) és a Wuxal Boron 2,5 l/ha (2,82 ± 0,62 t/ha) esetén kaptunk növekedést a

hozamokban. Átlagos hozamokra a tavaszi kezeléseknél 2,69 t/ha értéket kaptunk, ami mintegy 5% -al magasabb, mint az őszi kezelések 2,55 t/ha hozama és a kezeletlen kontroll 2,56 t/ha hozama. A legmagasabb hozamot, az őszi a Zn 2 l/ha kezelés esetén értük el, $3,06 \pm 0,57$ t/ha-t, azonban a tavaszi kezeléseket mind a pozitív hatást eredményező kezelések számának, mind az átlagos hozam tekintetében hatásosabbnak találtuk, így a további kísérleti években a tavaszi kezeléseket alkalmaztuk.

4.2.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására

Olajtartalomra (14. táblázat) a kéttényezős varianciaanalízis eredményei alapján sem a kezeléseknek ($p=0,5175$) sem a kezelés időpontjának ($p=0,6632$) nem volt szignifikáns hatása, azonban a kontroll kezeléshez ($42,5 \pm 1,6\%$) képest egy eset, a tavaszi Zn 6 l/ha kezelés ($42,5 \pm 0,7\%$) kivételével sikerült növekedést kimutatni.

14. táblázat: Kezelések hatása az őszi káposztarepce olajtartalomra

Kezelés	Őszi kezelés	Tavaszi kezelés
Kontroll	$42,5 \pm 1,6$ a	
Zn 2 l/ha	$43,6 \pm 0,9$ a	$43,0 \pm 1,0$ a
Zn 6 l/ha	$43,7 \pm 2,2$ a	$42,5 \pm 0,7$ a
Zn 10 l/ha	$43,3 \pm 1,3$ a	$43,3 \pm 2,1$ a
Zn 20 l/ha	$42,9 \pm 1,3$ a	$43,2 \pm 1,2$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$42,8 \pm 0,7$ a	$44,2 \pm 2,5$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$43,1 \pm 2,5$ a	$42,9 \pm 1,3$ a
Quantis 2 l/ha	$43,3 \pm 1,5$ a	$44,2 \pm 1,3$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$43,4 \pm 1,2$ a	$43,3 \pm 1,5$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$43,2 \pm 1,0$ a	$43,9 \pm 1,1$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$44,1 \pm 1,4$ a	$43,9 \pm 1,8$ a

A legmagasabb olajtartalmat, 44,2%-ot, két kezelés, a Zn dúsított 5 l/ha és a Quantis 2 l/ha tavaszi alkalmazása esetén érték el. Az őszi kezelések esetén mért legmagasabb olajtartalom, a Wuxal Boron 2,5 l/ha kezelésre kapott $44,1 \pm 2,2\%$, ettől alig maradt el.

Az őszi kezelések átlaga (43,3%) és a tavaszi kezelések átlaga (43,4%) közötti különbség a hozamban tapasztalt különbségekhez képest elhanyagolható volt, szintén kisebb mértékű, mintegy 2%-os volt a

növekedés kontroll kezeléshez képest, azonban a hús kezelésből egy esetben megegyezett az olajtartalom a kontroll parcellák olajtartalmával, a többi tizenkilenc kezelés esetében növekedést tapasztaltunk.

4.2.3. A kezelések hatása a repce gyökértömegének alakulására

A gyökérzet tömegét az első kísérleti évben az őszi vegetációs periódus végén egy alkalommal mértük. Miután a kísérleti terület növényei állomány szinten elérték a tőlevél rózsás állapotot (BBCH 19) a kezelést követően 20 nappal minden parcellából szórt mintavételezéssel kiemeltünk 10-10 növényt. A növényekről víz segítségével óvatosan eltávolítottuk a talajt, majd a gyökér nyak fölötti levél részeket eltávolítottuk, és megmértük a gyökér tömegét (15. ábra). Az elvégzett gyökértömeg mérés eredményei azt mutatták, hogy a kijuttatást követően, a kezeléseknek ($p = 0,1149$) nem volt szignifikáns hatása (15. táblázat).



15. ábra A gyökértömeg mérése *(forrás: saját felvétel)*

15. táblázat A gyökértömeg mérési eredményei

Kezelés	Gyökértömeg [g]
Kontroll	11,0 ± 1,4 a
Zn 2 l/ha	12,9 ± 2,5 a
Zn 6 l/ha	10,6 ± 1,7 a
Zn 10 l/ha	11,5 ± 1,7 a
Zn 20 l/ha	10,4 ± 1,6 a
Zn dúsított 5 l/ha	12,6 ± 2,3 a
Zn dúsított 10 l/ha	12,1 ± 2,9 a
Quantis 2 l/ha	13,1 ± 1,8 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	12,2 ± 3,0 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	12,5 ± 1,3 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	12,1 ± 2,7 a

Két cink kezelés (6 l/ha és 20 l/ha dózisok) kivételével az alkalmazott készítmények növelték a gyökértömeget, azonban a növekmény összemérhető a módszer mérési bizonytalanságával. A legnagyobb gyökértömeget a Quantis 2 l/ha kezelés hatására kaptuk. A kontroll kezeléshez ($11,0 \pm 1,4$) képest a növekedés 2,1 g volt, ami majdnem 20%-os különbségnek felel meg.

4.2.4. A kezelések hatása a repce gyökérnyak vastagságának alakulására

A gyökérnyak vastagságot a gyökértömeg mérésével egyidőben végeztük el, szintén csak az elsőéves kísérletekben során, az őszi kezeléseknél. A mérést tolmérő segítségével végeztük (16.ábra). Ezen vizsgálat során is parcellánként 10-10 növény esetén végeztük el a mérést.



16. ábra Gyökérnyak vastagság mérése tolómérővel (forrás: saját felvétel)

Az elvégzett gyökérnyak vastagság mérési eredményei azt mutatták, hogy a kijuttatást követően, a kezeléseknek nem volt szignifikáns a hatása ($p = 0,8830$) a gyökérnyak vastagságra (16. táblázat), azonban a kontroll kezeléshez ($13,3 \pm 1,1\text{mm}$) képest egy kezelés, a 20 l/ha cink dózis kivételével a mért átmérők minden kezelés hatására növekedtek, azonban a növekmény ebben az esetben is a mérés bizonytalanságának nagyságrendjében volt. A legnagyobb növekedést a 0,9 mm-t a Wuxal Boron 2,5 l/ha kezelés hatására érték el, a relatív növekedés 6,8% volt.

16. táblázat Gyökérnyak vastagság mérési eredményei

Kezelés	Gyökérnyak vastagság [mm]
Kontroll	$13,3 \pm 1,1$ a
Zn 2 l/ha	$13,8 \pm 1,1$ a
Zn 6 l/ha	$13,4 \pm 0,6$ a
Zn 10 l/ha	$13,6 \pm 1,6$ a
Zn 20 l/ha	$13,1 \pm 1,0$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$13,5 \pm 0,9$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$13,8 \pm 1,6$ a
Quantis 2 l/ha	$14,0 \pm 1,5$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$13,9 \pm 1,8$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$13,8 \pm 0,8$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$14,2 \pm 2,5$ a

4.2.5. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására

A kezelések után 8 nappal SPAD méréseket végeztünk parcellánként 20-20 növényen. A variancianálízis eredményei alapján a kezelések hatása 95% szignifikanciaszinten ($p = 0,0434$) szignifikáns volt a SPAD értékekre, azonban a *post hoc* Tukey-teszt 95%-os szignifikanciaszinten nem mutatott ki különbséget a kezelések között (17.táblázat), 90%-os szignifikanciaszinten is csak a két szélsőérték között ($MSD_{90\%}=6,3$)

17. táblázat SPAD mérési eredmények

Kezelés	SPAD [-]
Kontroll	$57,8 \pm 5,0$ a
Zn 2 l/ha	$60,3 \pm 4,4$ a
Zn 6 l/ha	$61,3 \pm 4,0$ a
Zn 10 l/ha	$61,5 \pm 2,9$ a
Zn 20 l/ha	$59,0 \pm 6,7$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$63,6 \pm 2,5$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$63,0 \pm 3,0$ a
Quantis 2 l/ha	$61,5 \pm 4,8$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$57,2 \pm 6,4$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$60,4 \pm 2,5$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$62,7 \pm 2,4$ a

Noha a *post hoc* teszt nem mutatott különbséget a kezelések között, a SPAD értékek esetében is a tíz alkalmazott kezelésből 9 kezelésnél értünk el növekedést a kontrollhoz képest. A legmagasabb SPAD értéket ($63,6 \pm 2,5$) a Zn dúsított 5 l/ha kezelés esetén értük el, a növekmény a kontrollhoz ($57,8 \pm 5,0$) képest 10%-os volt.

4.2.6. Levél elemanalízis eredmények értékelése

A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése (18. táblázat) alapján a kezelések a réz, a kálium és mangán tartalomra 90%-os szignifikanciaszinten hatással voltak (p rendre 0,0703, 0,0897 és 0,0607), a többi vizsgált elem esetén a hatás nem volt szignifikáns ($p > 0,1$). *Apost hoc* Tukey-teszt azonban réz és kálium esetén már nem mutatott ki különbségeket a kezelések között, és mangánnál is csak a két szélsőérték között.

Mangán esetében ($p = 0,0607$) a kontrollhoz képest öt kezelés, a Zn 20 l/ha ($68,3 \pm 12,2$ mg/kg sz.a.), a Zn dúsított 5 l/ha ($70,1 \pm 10,8$ mg/kg sz.a.) Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($80,9 \pm 10,6$ mg/kg sz.a.), a Quantis 2 l/ha ($70,1 \pm 12,5$ mg/kg sz.a.), valamint a Wuxal Boron 2,5 l/ha ($68,6 \pm 12,2$ mg/kg sz.a.), növekményt mutatott, ezzel szemben a Zn 2 l/ha ($62,1 \pm 13,2$ mg/kg sz.a.), Zn 6 l/ha ($61,1 \pm 7,5$ mg/kg sz.a.), a Zn 10 l/ha ($60,9 \pm 11,2$ mg/kg sz.a.), a Zn dúsított 10 l/ha ($65,2 \pm 9,2$ mg/kg sz.a.) valamint a Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha ($63,3 \pm 15,3$ mg/kg sz.a.) kezelések hatására csökkenés volt mérhető. A kapott különbségek a Tukey-tesztel csak a két szélső érték (Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha és Zn 10 l/ha) között voltak statisztikailag is igazolhatóak, a kontrolltól egyik kezelés sem tért el szignifikánsan.

Réz esetében ($p = 0,0703$) a kontrollhoz képest ($5,5 \pm 0,9$ mg/kg sz.a.) a Zn dúsított 10 l/ha ($5,6 \pm 0,8$ mg/kg sz.a.), a Quantis 2 l/ha ($5,6 \pm 0,5$ mg/kg sz.a.), valamint a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($5,6 \pm 0,7$ mg/kg sz.a.) esetében minimális növekedés volt kimutatható, a többi kísérleti kezelésnél a kontrollhoz képest enyhe csökkenés volt mérhető. Réz

esetében is a különbségek a módszer mérési bizonytalanságának tartományában mozognak.

Kálium esetében a varianciaanalízis ugyan szignifikáns volt ($p = 0,0897$), azonban – a rézhez hasonlóan – a *post hoc* Tukey-teszt már nem mutatott ki különbségeket a kezelések között. A kontrollhoz képest ($29,5 \pm 3,9$ g/kg sz.a.) növekmény volt kimutatható a tíz alkalmazott kezelésből hat kezelés, a Zn 6 l/ha ($30,1 \pm 2,4$ g/kg sz.a.), a Zn dúsított 5 l/ha ($31,5 \pm 2,4$ g/kg sz.a.), a Zn dúsított 10 l/ha ($31,4 \pm 4,1$ g/kg sz.a.), a Quantis 2 l/ha ($30,3 \pm 4,7$ g/kg sz.a.), a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($32,6 \pm 2,9$ g/kg sz.a.), Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha ($30,0 \pm 4,4$ g/kg sz.a.), valamint a Wuxal Boron 2,5 l/ha ($32,6 \pm 4,9$ g/kg sz.a.) esetében.

A további hét vizsgált elem (bór, kalcium, vas, magnézium, foszfor, kén és cink) esetében a varianciaanalízis nem volt szignifikáns 90%-os szignifikanciaszinten sem. Az alkalmazott 10 kezelésből a bór esetében 7 kezelésnél, kalcium esetében 3 kezelésnél, vas esetében 1 kezelésnél, magnézium esetében 6 kezelésnél, foszfor esetében 3 kezelésnél, kén esetében 4 kezelésnél, valamint cink esetében 1 kezelésnél kaptunk növekedést a levelek elemtartalmában, de a különbségek minden esetben a módszer mérési bizonytalanságának nagyságrendjében mozogtak.

Kezelés	B [mg/kg sz.a]	Ca [g/kg sz.a.]	Cu [mg/kg sz.a]	Fe [mg/kg sz.a]	K [g/kg sz.a.]
Kontroll	98,8 ± 11,2 a	40,2 ± 5,0 a	5,5 ± 0,9 a	111,7 ± 27,0 a	29,5 ± 3,9 a
Zn 2 l/ha	98,4 ± 12,2 a	39,0 ± 4,4 a	5,1 ± 0,4 a	101,9 ± 18,8 a	28,9 ± 3,1 a
Zn 6 l/ha	102,2 ± 10,2 a	41,6 ± 3,2 a	4,9 ± 0,6 a	101,8 ± 20,2 a	30,1 ± 2,4 a
Zn 10 l/ha	99,3 ± 6,7 a	41,9 ± 4,9 a	5,2 ± 0,2 a	120,7 ± 22,2 a	27,5 ± 3,4 a
Zn 20 l/ha	99,9 ± 11,5 a	43,3 ± 1,7 a	5,0 ± 0,6 a	98,2 ± 14,4 a	28,1 ± 1,4 a
Zn dúsított 5 l/ha	100,0 ± 3,5 a	39,2 ± 5,0 a	5,5 ± 0,5 a	107,9 ± 13,7 a	31,5 ± 2,4 a
Zn dúsított 10 l/ha	97,8 ± 6,9 a	38,0 ± 6,1 a	5,6 ± 0,8 a	102,8 ± 14,9 a	31,4 ± 4,1 a
Quantis 2 l/ha	102,8 ± 12,7 a	36,6 ± 5,9 a	5,6 ± 0,5 a	103,8 ± 11,5 a	30,3 ± 4,7 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	105,8 ± 8,8 a	39,9 ± 3,2 a	5,6 ± 0,7 a	105,7 ± 17,2 a	32,6 ± 2,9 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	97,3 ± 11,0 a	39,2 ± 6,5 a	5,2 ± 0,9 a	98,6 ± 17,1 a	30,0 ± 4,4 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	102,5 ± 6,3 a	37,0 ± 5,8 a	5,3 ± 0,3 a	100,2 ± 19,2 a	32,6 ± 4,9 a

18. táblázat Levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése

Kezelés	Mg [g/kg sz.a.]	Mn [mg/kg sz.a.]	P [g/kg sz.a.]	S [g/kg sz.a.]	Zn [mg/kg sz.a.]
Kontroll	2,88 ± 0,33 a	66,8 ± 15,0 ab	5,83 ± 0,69 a	8,41 ± 1,04 a	48,3 ± 4,9 a
Zn 2 l/ha	2,96 ± 0,10 a	62,1 ± 13,2 b	5,43 ± 0,45 a	8,31 ± 0,25 a	44,7 ± 4,0 a
Zn 6 l/ha	2,87 ± 0,34 a	61,1 ± 7,5 b	5,51 ± 0,46 a	8,09 ± 0,83 a	44,4 ± 6,0 a
Zn 10 l/ha	2,98 ± 0,41 a	60,9 ± 11,2 b	5,56 ± 0,37 a	8,46 ± 1,19 a	46,5 ± 5,7 a
Zn 20 l/ha	3,05 ± 0,25 a	68,3 ± 12,2 ab	5,64 ± 0,46 a	8,41 ± 1,44 a	45,6 ± 3,9 a
Zn dúsított 5 l/ha	2,97 ± 0,39 a	70,1 ± 10,8 ab	5,97 ± 0,35 a	8,43 ± 0,60 a	46,4 ± 2,9 a
Zn dúsított 10 l/ha	2,86 ± 0,27 a	65,2 ± 9,2 ab	5,61 ± 0,89 a	8,42 ± 0,71 a	44,8 ± 5,0 a
Quantis 2 l/ha	3,11 ± 0,48 a	70,1 ± 12,5 ab	5,81 ± 0,70 a	8,57 ± 1,28 a	47,9 ± 5,1 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	3,08 ± 0,46 a	80,9 ± 10,6 a	6,09 ± 0,97 a	8,36 ± 1,49 a	48,8 ± 8,6 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,79 ± 0,50 a	63,3 ± 15,3 ab	5,54 ± 0,58 a	7,68 ± 1,43 a	44,8 ± 5,6 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,85 ± 0,17 a	68,6 ± 12,2 ab	5,86 ± 0,58 a	7,93 ± 1,30 a	43,3 ± 2,7 a

18. táblázat folytatás

4.2.7. A 2021/22 - es kísérleti év eredményeinek összefoglalása

Az első kísérleti évben elvégzett kezelések nem eredményeztek szignifikáns különbséget a hozamokban, azonban a kezelések hatására így is több esetben növekedést tudtunk kimutatni. A legmagasabb hozamot az őszi a Zn 2 l/ha kezelés esetén érték el, $3,06 \pm 0,92$ t/ha-t, azonban a tavaszi kezeléseket mind a pozitív hatást eredményező kezelések számának, mind az átlagos hozam tekintetében hatásosabbnak találtuk, ezért a további kísérleti években csak tavaszi kezeléseket alkalmaztunk.

A repce olajtartalmának esetében sem volt szignifikáns különbség, azonban a kontroll kezeléshez ($42,5 \pm 2,6\%$) képest egy eset, a tavaszi Zn 6 l/ha kezelés ($42,5 \pm 1,1\%$) kivételével sikerült növekedést kimutatni. A növekedés átlagosan mintegy 0,8-0,9%-os, maximálisan 1,7%-os különbséget jelent az olajtartalomban, mely a repce olajbonifikáció esetében a termelőknek többlet árbevételt jelent.

A gyökértömegben és a gyökérnyak vastagságában a varianciaanalízis során szignifikáns különbség nem volt kimutatható, azonban a kezelések döntő többségének pozitív hatása volt a mért jellemzőre.

A SPAD mérések alapján a kezelések hatása 95% szignifikanciaszinten ($p = 0,0434$) szignifikáns volt a levélzet klorofill tartalmára. A *post hoc* Tukey-teszt viszont 95%-os szignifikanciaszinten nem mutatott ki különbségeket a kezelések között, azonban a kezelések hatása itt is egy kivételével pozitív volt.

A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése alapján a kezelések a réz, a kálium és mangán tartalomra 90%-os szignifikanciaszinten hatással voltak (p rendre 0,0703, 0,0897 és 0,0607),

a *post hoc* Tukey-teszt azonban réz és kálium esetén már nem mutatott ki különbségeket a kezelések között. A többi vizsgált elem esetén a hatás nem volt szignifikáns ($p > 0,10$). Az összes vizsgált elem esetében a kapott különbségek a kontrollhoz képest sporadikusak voltak, az eltérések a mérési bizonytalanság nagyságrendjében voltak.

4.3. 2023. évi kezelések eredményei

A 2023. évi kísérletek során két új kezelést, egy huminsav tartalmú (Hymagro Sol) és egy engedélyokirattal még nem rendelkező fulvosav tartalmú készítményt alkalmaztunk, azonban a kezeléseket csak tavasszal, az őszi káposztarepce BBCH 29-es fenológiai fázisban végeztük el, mivel az első éves kísérletek eredményei alapján, hozam tekintetében a tavaszi kezeléseket mind a pozitív hatást eredményező kezelések számában (4 és 6), az átlagos hozamban (2,55 t/ha és 2,69 t/ha) és kontrollhoz képest mért hozamnövekményben (-0,01 t/ha és +0,13 t/ha) hatásosabbnak találtuk, így a további kísérleti években csak a tavaszi kezeléseket alkalmaztuk. Ebben az évben is vizsgáltuk a hozamot, az olajtartalmat, a kezelés utáni 8. napon a SPAD értéket, illetve elvégeztük a levél elemanalitikai vizsgálatát.

4.3.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására

A varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknél a hozamra szignifikáns hatása volt 90%-os szignifikanciaszinten ($p = 0,0592$). A *post hoc* teszt alapján két kezelés, a Quantis 2l/ha ($2,64 \pm 0,09$ t/ha), és a fulvosav tartalmú készítmény ($2,67 \pm 0,38$ t/ha) esetében volt szignifikáns a hozamnövekedés a kontrollhoz ($2,20 \pm 0,10$ t/ha) képest. A többi készítmény esetében is a kontrollhoz képest növekményt mutatott a hozam: Zn 2l/ha ($2,38 \pm 0,27$ t/ha), Zn dúsított 5l/ha ($2,39 \pm 0,28$ t/ha), Quantis 2l/ha +Zn 10 l/ha ($2,54 \pm 0,22$ t/ha), Hymagro Sol ($2,49 \pm 0,18$ t/ha), Wuxal Boron 2,5l/ha ($2,48 \pm 0,14$ t/ha), azonban ezeknél a kezeléseknél a különbségek nem voltak szignifikánsak (19. táblázat).

A másodéves kísérletnél a kijuttatást követően erős fagyhatás eredményezte azt, hogy az első év eredményeihez képest a hozamok visszaestek, azonban a kezelések hatására a kontrollhoz képest ebben az évben is növekedést tudtunk kimutatni. A kezeletlen kontroll parcellához képest a Quantis 2l/ha dózis esetén 440 kg/ha a fulvosav tartalmú készítmény 2l/ha kezelés esetén 470 kg/ha érték volt a növekmény. Az első évvel összehasonlítva az összes többi kezelés esetében terméscsökkenés volt megfigyelhető, az adott stresszhelyzetben azonban a két biostimulátor tartalmú készítmény ezt a csökkenést kompenzálta, gyakorlatilag, mint „termés mentő” anyagok hatottak.

19. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára

Kezelés	Hozam [t/ha]
Kontroll	2,20 ± 0,10 b
Zn 2 l/ha	2,38 ± 0,27 ab
Zn 6 l/ha	2,48 ± 0,25 ab
Zn 10 l/ha	2,48 ± 0,34 ab
Zn 20 l/ha	2,46 ± 0,23 ab
Zn dúsított 5 l/ha	2,39 ± 0,28 ab
Zn dúsított 10 l/ha	2,49 ± 0,10 ab
Quantis 2 l/ha	2,64 ± 0,09 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2,54 ± 0,22 ab
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,45 ± 0,25 ab
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,48 ± 0,14 ab
Hymagrosol 2l/ha	2,49 ± 0,18 ab
Fulvic acid 2l/ha	2,67 ± 0,38 a

4.3.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására

Olajtartalomra a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek ($p = 0,2443$) nem volt szignifikáns a hatása (20. táblázat), azonban a kontroll kezeléshez ($46,3 \pm 0,6\%$) képest a 12 alkalmazott kezelés közül 7 kezelésnél, a Zn 2l/ha ($46,9 \pm 1,3 \%$), a Zn 10l/ha ($46,5 \pm 0,2 \%$), a Zn dúsított 5l/ha ($46,4 \pm 0,7 \%$), a Zn dúsított 10 l/ha ($46,8 \pm 0,6 \%$), a Quantis 2l/ha ($46,9 \pm 0,7 \%$), a Quantis 2l/ha + Zn dúsított 5l/ha ($46,6 \pm 0,8 \%$), valamint a Hymargo Sol 2l/ha ($46,5 \pm 1,0 \%$) esetében sikerült növekedést kimutatni. A legmagasabb olajtartalmat, $46,9\%$ -ot, a Zn 2 l/ha és a Quantis 2 l/ha esetében kaptuk.

20. táblázat Varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára

Kezelés	Olajtartalom [%]
Kontroll	$46,3 \pm 0,6$ a
Zn 2 l/ha	$46,9 \pm 1,3$ a
Zn 6 l/ha	$45,3 \pm 1,4$ a
Zn 10 l/ha	$46,5 \pm 0,2$ a
Zn 20 l/ha	$46,2 \pm 1,1$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$46,4 \pm 0,7$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$46,8 \pm 0,6$ a
Quantis 2 l/ha	$46,9 \pm 0,7$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$45,6 \pm 1,4$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$46,6 \pm 0,8$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$46,0 \pm 2,7$ a
Hymagrosol 2l/ha	$46,5 \pm 1,0$ a
Fulvic acid 2l/ha	$46,2 \pm 0,7$ a

4.3.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására

Az első kísérleti évhez hasonlóan, a kezelések utáni 8-dik napon SPAD méréseket végeztünk, parcellánként 20-20 növényen. A variancianalízis eredményei alapján az elvégzett a kezeléseknek nem volt szignifikáns hatása ($p = 0,6295$). A kontroll kezeléshez képest a 12 kezelés közül csupán 3 esetben (21. táblázat) kaptunk növekedést, de a mérési eredmények egy szűk tartományban mozogtak, a kontroll kezeléshez képest a legnagyobb növekmény +2,1% volt, de a legalacsonyabb érték is csak - 4,1% -al tért el.

21. táblázat Varianciaelemzés eredményei a SPAD értékre

Kezelés	SPAD [-]
Kontroll	$53,4 \pm 2,9$ a
Zn 2 l/ha	$52,3 \pm 3,6$ a
Zn 6 l/ha	$51,9 \pm 4,0$ a
Zn 10 l/ha	$52,8 \pm 1,6$ a
Zn 20 l/ha	$51,4 \pm 4,8$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$53,1 \pm 2,6$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$51,2 \pm 1,5$ a
Quantis 2 l/ha	$53,2 \pm 2,4$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$53,5 \pm 3,7$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$52,7 \pm 2,1$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$53,5 \pm 3,3$ a
Hymagrosol 2l/ha	$54,5 \pm 2,5$ a
Fulvic acid 2l/ha	$53,4 \pm 1,5$ a

4.3.4. Levél elemanalízis

A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése alapján (22. táblázat) a kezelések a réz-, illetve a cinktartalomra legalább 95%-os szignifikanciaszinten hatással voltak. A többi vizsgált elem esetében nem volt szignifikáns különbség a kapott eredmények között.

Réztartalomban a Tukey-teszt eredményei alapján a szignifikáns különbségek csak a szélsőértékhez közeli eredményt mutató kezeléspárok között jelentkeznek, a kontroll kezeléstől ($4,3 \pm 0,7$ mg/kg sz.a.) egyik kezelésnél kapott eredmény sem különbözik szignifikánsan, bár a 12 alkalmazott kezelés közül 7 esetben kismértékű növekedés volt kimutatható a levelek réztartalmában.

Cink esetében a kontrollhoz ($31,0 \pm 5,0$ mg/kg sz.a.) képest a kezelések felénél találtunk növekedést a levelek cinktartalmában, a különbség a Zn 20 l/ha ($41,1 \pm 7,2$ mg/kg sz.a.) és a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($38,3 \pm 5,5$ mg/kg sz.a.) kezelések esetében 95%-os szignifikanciaszinten szignifikánsnak bizonyult.

A további vizsgált elemek esetében a különbségek a varianciaanalízis eredményei alapján nem voltak szignifikánsak, azonban bór esetében 1, kalcium esetében 5, a vas esetében 2, a magnézium esetében 8, a mangán esetében 7, a foszfor esetében 2 és a kén esetében 10 esetben volt kismértékű növekedés kimutatható.

Kezelés	B [mg/kg sz.a.]	Ca [g/kg sz.a.]	Cu [mg/kg sz.a.]	Fe [mg/kg sz.a.]	K [g/kg sz.a.]
Kontroll	60,5 ± 8,0 a	32,8 ± 3,3 a	4,3 ± 0,7 abcd	114,6 ± 22,5 a	25,7 ± 2,7 a
Zn 2 l/ha	60,9 ± 8,2 a	33,6 ± 2,3 a	5,2 ± 1,6 abc	121,2 ± 21,2 a	24,5 ± 0,5 a
Zn 6 l/ha	58,2 ± 6,3 a	32,1 ± 2,9 a	5,2 ± 1,2 ab	111,8 ± 25,0 a	25,3 ± 2,8 a
Zn 10 l/ha	60,3 ± 7,4 a	32,8 ± 2,6 a	5,1 ± 1,1 abc	128,5 ± 25,5 a	24,5 ± 1,3 a
Zn 20 l/ha	59,8 ± 2,7 a	33,2 ± 1,4 a	4,1 ± 0,5 bcd	111,9 ± 26,3 a	25,2 ± 3,0 a
Zn dúsított 5 l/ha	58,9 ± 8,2 a	33,0 ± 1,4 a	5,0 ± 0,7 abcd	109,7 ± 20,3 a	25,0 ± 2,2 a
Zn dúsított 10 l/ha	57,7 ± 5,0 a	33,2 ± 1,2 a	5,4 ± 0,9 a	105,4 ± 15,6 a	24,8 ± 1,2 a
Quantis 2 l/ha	58,1 ± 7,5 a	32,8 ± 2,9 a	4,1 ± 0,7 bcd	112,9 ± 20,4 a	24,2 ± 3,0 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	55,8 ± 3,5 a	32,2 ± 1,7 a	3,8 ± 0,7 d	99,4 ± 11,1 a	25,7 ± 1,7 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	57,2 ± 2,9 a	32,6 ± 2,6 a	4,6 ± 0,7 abcd	108,6 ± 28,8 a	24,7 ± 1,2 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	59,0 ± 6,2 a	32,9 ± 1,4 a	4,0 ± 0,9 cd	109,1 ± 20,5 a	24,4 ± 1,3 a
Hymagrosol 2l/ha	58,4 ± 5,0 a	32,6 ± 2,3 a	4,6 ± 1,0 abcd	98,5 ± 14,0 a	24,9 ± 1,7 a
Fulvic acid 2l/ha	54,6 ± 4,6 a	32,6 ± 1,3 a	4,0 ± 0,9 bcd	100,7 ± 18,6 a	24,6 ± 1,4 a

22. táblázat Levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése

Kezelés	Mg [g/kg sz.a.]	Mn [mg/kg sz.a.]	P [g/kg sz.a.]	S [g/kg sz.a.]	Zn [mg/kg sz.a.]
Kontroll	2,81 ± 0,35 a	54,2 ± 6,0 a	3,53 ± 0,32 a	9,08 ± 0,69 a	31,0 ± 5,0 c
Zn 2 l/ha	3,02 ± 0,10 a	58,4 ± 8,0 a	3,52 ± 0,28 a	9,65 ± 0,25 a	32,2 ± 2,6 bc
Zn 6 l/ha	2,74 ± 0,32 a	54,3 ± 4,4 a	3,56 ± 0,29 a	9,29 ± 0,70 a	32,2 ± 3,6 bc
Zn 10 l/ha	2,79 ± 0,30 a	54,8 ± 8,0 a	3,42 ± 0,06 a	9,30 ± 0,52 a	33,7 ± 5,3 bc
Zn 20 l/ha	2,74 ± 0,16 a	56,0 ± 6,7 a	3,47 ± 0,21 a	9,44 ± 0,62 a	41,1 ± 7,2 a
Zn dúsított 5 l/ha	2,87 ± 0,12 a	54,2 ± 3,7 a	3,43 ± 0,25 a	9,62 ± 0,49 a	28,2 ± 4,2 c
Zn dúsított 10 l/ha	2,77 ± 0,22 a	54,7 ± 4,5 a	3,43 ± 0,18 a	9,98 ± 0,47 a	29,5 ± 1,0 c
Quantis 2 l/ha	3,01 ± 0,63 a	54,4 ± 9,8 a	3,35 ± 0,17 a	9,32 ± 1,09 a	29,6 ± 5,9 c
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2,83 ± 0,29 a	52,1 ± 6,6 a	3,54 ± 0,19 a	9,38 ± 0,38 a	38,3 ± 5,5 ab
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,85 ± 0,39 a	53,5 ± 5,8 a	3,27 ± 0,26 a	9,53 ± 0,73 a	30,8 ± 3,3 c
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,86 ± 0,37 a	53,9 ± 9,3 a	3,34 ± 0,13 a	9,53 ± 0,30 a	29,0 ± 2,7 c
Hymagrosol 2l/ha	3,01 ± 0,30 a	52,5 ± 3,5 a	3,35 ± 0,21 a	9,49 ± 0,50 a	30,8 ± 1,9 c
Fulvic acid 2l/ha	3,07 ± 0,13 a	55,4 ± 3,9 a	3,33 ± 0,20 a	9,63 ± 0,52 a	31,1 ± 0,5 c

22. táblázat folytatása

4.3.5. A 2022/23 - as kísérleti év eredményeinek összefoglalása

A másodéves szántóföldi kísérletben két új kezelést állítottunk be, egy huminsav és egy fulvosav tartalmú készítményt. A területet a kezelést követően fagyhatás érte, ami nagymértékben befolyásolta az év kísérleti eredményeit.

Az elvégzett kezelések hatására, a varianciaanalízis eredményei alapján a hozamra a kezeléseknek 90%-os szignifikanciaszinten szignifikáns hatása volt ($p = 0,0592$). A Tukey-teszt szerint a Quantis 2l/ha ($2,64 \pm 0,09$ t/ha) és a fulvosav tartalmú készítmény ($2,67 \pm 0,38$ t/ha) kezelések esetében volt szignifikáns a hozam növekedés a kontrollhoz ($2,20 \pm 0,10$ t/ha) képest, azonban a növekedés a többi készítmény esetében is kimutatható volt. Az adott stresszhelyzetben a két biostimulátor tartalmú készítmény az első kísérleti évvel összehasonlítva tapasztalt hozamcsökkenést kompenzálta, gyakorlatilag, mint „termés mentő” anyagok hatottak.

A repce olajtartalmának esetében a varianciaanalízis eredményei alapján a kezelések hatása nem volt szignifikáns ($p=0,2443$), azonban a kontroll kezeléshez ($46,3 \pm 0,6$ %) képest a Zn 2l/ha ($46,9 \pm 1,3$ %), Zn 10l/ha ($46,5 \pm 0,2$ %), Zn dúsított 5l/ha ($46,4 \pm 0,7$ %), Zn dúsított 10 l/ha ($46,8 \pm 0,6$ %), Quantis2l/ha ($46,9 \pm 0,7$ %), a Quantis 2l/ha + Zn dúsított 5l/ha ($46,6 \pm 0,8$ %) valamint a Hymargo Sol 2l/ha ($46,5 \pm 1,0$ %) is sikerült növekedést kimutatni.

A második kísérleti évben a SPAD mérések eredményei között sem tudtunk szignifikáns különbségeket kimutatni ($p = 0,6295$), ráadásul a 12 kezelés közül csupán 3 esetben tapasztaltunk növekedést, míg az első évi kezelések során tíz alkalmazott kezelésből 9 kezelésnél.

A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése alapján a kezelések a levél réz- illetve a cink-tartalmára 95%-os szignifikanciaszinten hatással voltak, a többi vizsgált elem esetében nem volt szignifikáns különbség. Cink esetében a kontrollhoz képest a kezelések felénél, réztartalomban 12-ből 7 kezelés esetében tapasztaltunk növekedést. Cinktartalomban a különbség a Zn 20 l/ha ($41,1 \pm 7,2$ mg/kg sz.a.) és a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($38,3 \pm 5,5$ mg/kg sz.a.) kezelések esetében 95%-os szignifikanciaszinten szignifikánsnak bizonyult, réztartalom esetében a kontrolltól egyik kezelés sem különbözött szignifikánsan, szignifikáns különbség csak a két szélső érték között jelentkezett.

4.4. 2024. évi kezelések eredményei

Az utolsó kísérleti évben is, hasonlóan a második évhez, csak tavaszi kezelések történtek, az őszi káposztarepce BBCH 29-es fenológiai állapotban. A kezelés előtti napokban a minimum hőmérsékletek erősen fagypont alá süllyedtek, majd a kezelést követő napokban erőteljes felmelegedés történt, a napi minimumok elérték a 15°C hőmérsékletet.

4.4.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására

A varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek 95%-os szignifikanciaszinten szignifikáns hatása volt a hozamra ($p < 0,05$). A kontrollhoz ($2,52 \pm 0,06$ t/ha) képest a Quantis 2l/ha dózisú kezelés ($2,95 \pm 0,09$ t/ha) szignifikáns hozam növekedést eredményezett, a növekmény 0,47 t/ha volt. A további 11 kezelés közül 8 kezelésnél szintén növekedést sikerült kimutatni, a Zn 2l/ha ($2,62 \pm 0,25$ t/ha), a Zn 10 l/ha ($2,55 \pm 0,38$ t/ha), a Zn dúsított 10 l/ha ($2,60 \pm 0,24$ t/ha), a Quantis 2l/ha +Zn 10 l/ha ($2,60 \pm 0,32$ t/ha), a Wuxal Boron 2,5l/ha ($2,73 \pm 0,40$ t/ha), a Hymagro Sol ($2,73 \pm 0,37$ t/ha), valamint a fulvosav tartalmú készítmény ($2,86 \pm 0,11$ t/ha) kezelések esetében. A kontrollhoz képest mért hozam többlet 0,03 – 0,34 t/ha között volt (23. táblázat).

A harmadéves kísérletnél is a kijuttatás előtt stresszhatás érte a kultúrát, a hozamokban tapasztalat visszaesés azonban ebben az évjáratban nem volt olyan erőteljes, mint a második kísérleti évben. Az adott évjárat körülményei között – hasonlóan az előző évhez – azt tapasztaltuk, hogy a biostimulátor tartalmú készítmények voltak a hatásosabbak. A kontroll parcellához képest a Quantis 2l/ha dózisban 430 kg/ha valamint a fulvosav

tartalmú készítmény 2l/ha dózisban 340 kg/ha hozamnövekményt biztosított.

23. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára

Kezelés	Hozam [t/ha]
Kontroll	2,52 ± 0,06 bc
Zn 2 l/ha	2,62 ± 0,25 abc
Zn 6 l/ha	2,49 ± 0,40 bc
Zn 10 l/ha	2,55 ± 0,38 abc
Zn 20 l/ha	2,42 ± 0,20 c
Zn dúsított 5 l/ha	2,51 ± 0,05 bc
Zn dúsított 10 l/ha	2,60 ± 0,24 abc
Quantis 2 l/ha	2,95 ± 0,09 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2,60 ± 0,32 abc
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,65 ± 0,44 abc
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,73 ± 0,40 abc
Hymagrosol 2l/ha	2,73 ± 0,37 abc
Fulvic acid 2l/ha	2,86 ± 0,11 ab

4.4.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására

Olajtartalomra a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek ($p=0,1346$) nem volt szignifikáns a hatása (24. táblázat) azonban a kontroll kezeléshez ($44,5 \pm 1,3$ %) képest a 12 alkalmazott készítményből csak 4, a Zn 2l/ha ($43,9 \pm 2,0$ %), a Zn 10l/ha ($43,0 \pm 1,8$ %), a Zn dúsított 5l/ha ($43,5 \pm 1,8$ %), a Quantis 2l/ha + Zn dúsított 5l/ha ($43,4 \pm 1,9$ %) esetében tapasztaltuk az olajtartalom csökkenését. A csökkenés mértéke 0,6 – 1,5% tartományban mozgott. A Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($44,5 \pm 3,3$ %) kezelés hatására az olajtartalom nem változott, a maradék 7 kezelés esetében az olajtartalom 0,1 – 1,0%-os növekedését tapasztaltuk.

24. táblázat Varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára

Kezelés	Olajtartalom [%]
Kontroll	44,5 ± 1,3 a
Zn 2 l/ha	43,9 ± 2,0 a
Zn 6 l/ha	44,6 ± 0,8 a
Zn 10 l/ha	43,0 ± 1,8 a
Zn 20 l/ha	45,0 ± 1,5 a
Zn dúsított 5 l/ha	43,5 ± 1,8 a
Zn dúsított 10 l/ha	44,6 ± 1,5 a
Quantis 2 l/ha	45,3 ± 0,5 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	44,5 ± 3,3 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	43,4 ± 1,9 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	45,3 ± 2,4 a
Hymagrosol 2l/ha	45,0 ± 1,6 a
Fulvic acid 2l/ha	45,5 ± 2,5 a

4.4.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására

A kezelések utáni 8. napon SPAD méréseket végeztünk parcellánként 20-20 növényen. A variancianálízis eredményei alapján az elvégzett a kezeléseknek nem volt szignifikáns hatása ($p = 0,7619$). Az alkalmazott kezelések a kontrollhoz képest jellemzően a mért SPAD értékek enyhe, 0,1 – 4,5%-os csökkenését okozták, a fulvosav tartalmú készítménnyel történő kezelés hatására a SPAD érték nem változott, a Hymagrosol 2l/ha kezelés hatására pedig kismértékben növekedett (25. táblázat).

25. táblázat Varianciaelemzés eredményei a SPAD értékre

Kezelés	SPAD [-]
Kontroll	53,5 ± 3,0 a
Zn 2 l/ha	52,6 ± 4,3 a
Zn 6 l/ha	52,0 ± 4,6 a
Zn 10 l/ha	52,3 ± 1,7 a
Zn 20 l/ha	51,6 ± 3,8 a
Zn dúsított 5 l/ha	53,3 ± 2,1 a
Zn dúsított 10 l/ha	51,1 ± 1,7 a
Quantis 2 l/ha	52,8 ± 2,6 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	53,1 ± 3,7 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	52,8 ± 2,2 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	53,2 ± 3,3 a
Hymagrosol 2l/ha	54,2 ± 2,4 a
Fulvic acid 2l/ha	53,5 ± 1,0 a

4.4.4. A 2023/24 - as kísérleti év eredményeinek összefoglalása

A harmadéves szántóföldi kísérlet során a területet szintén fagyhatás érte a kezelés előtti napokban, amikor a minimumhőmérséklet fagypont alá süllyedt, majd a kezelést követő napokban a nappali hőmérséklet hirtelen 20°C fölé emelkedett.

A kísérleti eredmények alapján az elvégzett kezeléseknek 95%-os szignifikanciaszinten szignifikáns hatása volt a hozamra. A kontrollhoz (2,52 ± 0,06 t/ha) képest a Quantis 2l/ha dózisú kezelés szignifikáns hozamnövekedést eredményezett, az elért hozam 2,95 ± 0,09 t/ha volt, a további 11 kezelés közül 8 kezelésnél szintén növekedést sikerült a hozamban kimutatni, azonban az ezeknél a kezeléseknél elért különbség már nem volt szignifikáns. A harmadéves kísérletnél is a szárbainduláskori

stressz hatására a biostimulátort tartalmazó kezelések hatásosabbak volt. A kontroll parcellához képest a Quantis 2l/ha dózisban 430 kg/ha valamint a fulvosav tartalmú készítmény 2l/ha dózisban 340 kg/ha termés növekedést eredményezett.

Olajtartalomra a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek nem volt szignifikáns a hatása azonban a kontroll kezeléshez ($44,5 \pm 1,3$ 0%) képest a 12 alkalmazott készítményből 8 kezelés esetén az olajtartalom 0,1 – 1,0%-os növekedését tapasztaltunk.

Az alkalmazott kezelések a kontrollhoz képest jellemzően a mért SPAD értékek enyhe, 0,1 – 4,5%-os csökkenését okozták, a fulvosav tartalmú készítménnyel történő kezelés hatására a SPAD érték nem változott, a Hymagrosol 2l/ha kezelés hatására pedig kismértékben növekedett.

4.5. 2022-2024. évi kezelések eredményei

Az évjárat hatás kiküszöbölésére a statisztikai analízist a három kísérleti év átlagában is elvégeztük. Az értékelést a hozam, az olajtartalom és a SPAD értékekre végeztük el, mivel ezek az adatsorok álltak rendelkezésre mindhárom évjáratból.

4.5.1. A kezelések hatása a repce hozamának alakulására

A varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek csak 90%-os szignifikanciaszinten, de szignifikáns hatása volt a hozamra ($p = 0,0722$). A kontrollhoz ($2,43 \pm 0,13$ t/ha) képest a Zn 20 l/ha ($2,43 \pm 0,21$ t/ha) kezelés kivételével minden kezelés esetén növekedést értünk el a hozamban (26. táblázat). A növekmény $0,02 - 0,35$ t/ha között változott, ami $0,82 - 14,4\%$ -nak felel meg. A legnagyobb hozamtöbbletet a három év átlagában a Quantis 2 l/ha ($+0,35$ t/ha) és a Fulvic acid 2l/ha ($+0,33$ t/ha) kezelések hatására értük el, de szintén jól teljesített a Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha ($+0,26$ t/ha), a Zn dúsított 10 l/ha ($0,25$ t/ha) és a Wuxal Boron 2,5 l/ha ($+0,24$ t/ha) kezelés is.

A szignifikáns varianciaanalízis mellett a csoportátlagok szignifikáns különbségeinek vizsgálatát is elvégeztük, azonban a *post hoc* Tukey-teszt 90%-os szignifikanciaszinten sem mutatott ki különbséget a kezelések között, legkisebb szignifikáns különbség ($MSD_{90\%}=0,41$) kis mértékben meghaladta a kimutatott hozamnövekményt.

26. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára

Kezelés	Hozam [t/ha]
Kontroll	2,43 ± 0,13 a
Zn 2 l/ha	2,51 ± 0,14 a
Zn 6 l/ha	2,49 ± 0,46 a
Zn 10 l/ha	2,60 ± 0,27 a
Zn 20 l/ha	2,43 ± 0,21 a
Zn dúsított 5 l/ha	2,45 ± 0,17 a
Zn dúsított 10 l/ha	2,68 ± 0,24 a
Quantis 2 l/ha	2,78 ± 0,32 a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2,69 ± 0,34 a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	2,62 ± 0,30 a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	2,67 ± 0,15 a
Hymagrosol 2l/ha	2,61 ± 0,24 a
Fulvic acid 2l/ha	2,76 ± 0,23 a

4.5.2. A kezelések hatása az olajtartalom alakulására

Olajtartalomra a varianciaanalízis eredményei ($p=0,0020$) alapján a kezeléseknek szignifikáns hatása volt, azonban a *post hoc* Tukey-teszt 95%-os szignifikanciaszinten (27. táblázat) nem mutatott ki a kontrolltól szignifikánsan különböző kezelést, szignifikancia csak a kontrollhoz képest az olajtartalomban enyhe (0,2 – 0,3%) csökkenést mutató Zn 6 l/ha és Zn 10 l/ha kezelések, valamint a legmagasabb olajtartalmat eredményező Hymagrosol 2l/ha és Fulvic acid 2l/ha között jelentkezett. A *post hoc* tesztet 90%-os szignifikanciaszinten elvégezve is csak a legmagasabb olajtartalmat eredményező Fulvic acid 2l/ha kezelés különbözött szignifikánsan a kezeletlen kontrolltól.

Az enyhe szignifikancia ellenére azonban a kezelések alapvetően pozitív hatással voltak a repce olajtartalmára, az alkalmazott tizenkét kezelésből két kezelés esetében csökkent a három év átlagában a kontrollhoz képest az olajtartalom, egy esetben nem változott, a maradék kilenc esetben, azonban kisebb-nagyobb növekedés volt megfigyelhető.

A legmagasabb olajtartalmakat a Fulvic acid 2l/ha ($45,9 \pm 1,4\%$) és a Hymagrosol 2l/ha ($45,8 \pm 1,1\%$) kezelések esetében érték el. A két kezelésnél a kontrollhoz képest az olajtartalom növekedése 1,3% illetve 1,4% volt, ami körülbelül 3%-os relatív növekménynek felel meg. Szintén jó eredményeket kaptunk a Quantis 2 l/ha kezeléssel, ami a kontrollhoz képest 1,0%-os növekedést ($45,5 \pm 0,7\%$) eredményezett.

27. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára

Kezelés	Olajtartalom [%]
Kontroll	$44,5 \pm 0,9$ abc
Zn 2 l/ha	$44,6 \pm 0,7$ abc
Zn 6 l/ha	$44,2 \pm 0,7$ c
Zn 10 l/ha	$44,3 \pm 1,2$ bc
Zn 20 l/ha	$44,8 \pm 0,5$ abc
Zn dúsított 5 l/ha	$44,7 \pm 1,0$ abc
Zn dúsított 10 l/ha	$44,8 \pm 0,5$ abc
Quantis 2 l/ha	$45,5 \pm 0,7$ abc
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$44,5 \pm 0,8$ abc
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$44,6 \pm 0,5$ abc
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$45,0 \pm 1,1$ abc
Hymagrosol 2l/ha	$45,8 \pm 1,1$ ab
Fulvic acid 2l/ha	$45,9 \pm 1,4$ a

4.5.3. A kezelések hatása a repce SPAD értékeinek alakulására

A varianciavizsgálat eredményei alapján az elvégzett a kezeléseknek nem volt szignifikáns hatása a SPAD értékekre ($p = 0,4927$), az alkalmazott kezelések hatására a kontrollhoz képest ± 3 tartományban változtak a mért SPAD értékek. tizenkét alkalmazott kezelés közül 8 esetben enyhe növekedés, 4 esetben enyhe csökkenés volt kimutatható (28. táblázat). A legmagasabb SPAD értéket a három kísérleti év átlagában a Zn dúsított 5 l/ha kezeléssel érték el ($56,7 \pm 1,7$), szintén magasabb értéket érték el a Wuxal Boron 2,5 l/ha kezeléssel is ($56,5 \pm 2,4$).

28. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce SPAD értékeire

Kezelés	SPAD [-]
Kontroll	$54,9 \pm 2,4$ a
Zn 2 l/ha	$55,1 \pm 4,0$ a
Zn 6 l/ha	$55,1 \pm 4,0$ a
Zn 10 l/ha	$55,5 \pm 0,8$ a
Zn 20 l/ha	$54,0 \pm 4,5$ a
Zn dúsított 5 l/ha	$56,7 \pm 1,7$ a
Zn dúsított 10 l/ha	$55,1 \pm 1,7$ a
Quantis 2 l/ha	$55,8 \pm 2,2$ a
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	$54,6 \pm 4,0$ a
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	$55,3 \pm 2,0$ a
Wuxal Boron 2,5 l/ha	$56,5 \pm 2,4$ a
Hymagrosol 2l/ha	$54,3 \pm 2,4$ a
Fulvic acid 2l/ha	$53,5 \pm 1,2$ a

4.5.4. Összefoglalás

A három kísérleti év átlagában a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek szignifikáns hatása volt az olajtartalomra ($p = 0,0020$) valamint 90%-os szignifikanciaszinten a hozamra ($p = 0,0722$). A SPAD értékek esetében nem tudtunk szignifikáns különbségeket kimutatni, a többi vizsgált jellemzőre pedig nem állt rendelkezésre hároméves adatsor.

Az évek átlagát tekintve hozamban a tizenkét alkalmazott kezelésből egy kezelés kivételével minden kezelés esetén növekedést értünk el, olajtartalomban kilenc kezelés esetén volt növekedés kimutatható, a SPAD értékeknél pedig nyolc esetben.

A repcetermesztés eredményességét leginkább befolyásoló hozamra és olajtartalomra a 29. táblázat mutatja a kontrollhoz képest pozitív eredményt mutató kezeléseket, illetve a 30. táblázat a három legjobb eredményt mutató kezelést. Az eredmények értékelését nehezíti, hogy a második és harmadik évben két új kezelés lett beállítva, azonban az összesített eredményeink alapján elmondható, hogy az alkalmazott kezelések cinkhiányos talajon a fontosabb terméselemekre pozitív hatással bírnak. Az alkalmazott kezelések közül a rangsorrendek alapján a biostimulánst tartalmazó készítmények tűnnek hatékonyabbnak.

29. táblázat Hozamra és olajtartalomra pozitív és negatív hatást eredményezőkezelések a kísérletek három éve során

Kezelés	Hozam			Olajtartalom		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Zn 2 l/ha	-	+	+	+	+	-
Zn 6 l/ha	-	+	-	0	-	+
Zn 10 l/ha	+	+	+	+	+	-
Zn 20 l/ha	-	+	-	+	-	+
Zn dúsított 5 l/ha	-	+	-	+	+	-
Zn dúsított 10 l/ha	+	+	+	+	+	+
Quantis 2 l/ha	+	+	+	+	+	+
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	+	+	+	+	-	0
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	+	+	+	+	+	-
Wuxal Boron 2,5 l/ha	+	+	+	+	-	+
Hymagrosol 2l/ha	na	+	+	na	+	+
Fulvic acid 2l/ha	na	+	+	na	-	+

+: kontrollhoz képest növekedés

-: kontrollhoz képest csökkenés

30. táblázat Alkalmazott kezelések rangsorrendje a hozamra és az olajtartalomra a kísérletek három éve során

Kezelés	Hozam			Olajtartalom		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Zn 2 l/ha	8	12	6	8	1	10
Zn 6 l/ha	9	6	12	10	13	6
Zn 10 l/ha	4	6	9	5	5	13
Zn 20 l/ha	11	9	13	7	9	4
Zn dúsított 5 l/ha	10	11	11	1	7	11
Zn dúsított 10 l/ha	1	4	7	9	3	6
Quantis 2 l/ha	6	2	1	1	1	2
Quantis 2 l/ha + Zn 10 l/ha	2	3	7	5	12	8
Quantis 2 l/ha + Zn dúsított 5 l/ha	4	10	5	3	4	12
Wuxal Boron 2,5 l/ha	3	6	3	3	11	2
Hymagrosol 2l/ha	na	4	3	na	5	4
Fulvic acid 2l/ha	na	1	2	na	9	1

Megjegyzés: a rangsorrend szerinti három legjobb kezelés zöld háttérrel kiemelve

5. Következtetések, javaslatok

Az utóbbi évtizedben a világban jelentős mértékű klímaváltozás következett be. Az élő szervezeteket különböző biotikus és abiotikus stresszek érik, ezek közül is leginkább a növények vannak kitéve, mivel egyhelyben állva minimális mozgástérrel rendelkezve el kell viselniük a környezet legkülönbözőbb hatásait (*Janda 2023*). A megváltozott körülményekre megpróbálunk különböző növényegészségügyi, növényvédelmi technológiákat, alkalmazásokat keresni. Az utóbbi időkben felértékelődik a különböző biostimulátorok szerepe, melyekkel be tudunk avatkozni a növényélettani folyamatokba és így lehet csökkenteni a növényeket ért stresszorok káros hatásait. Vizsgálataimban ezért a cinkkel történt kezelés mellett három biostimulátor készítmény is szerepelt a kezelések között. Napjainkban egyre jobban felértékelődik a különböző biostimulátorok és levéltrágyák használata, mivel egyre több alkalommal lép fel abiotikus stressz. Ellene ad hoc döntést kell hozni a növényélettani folyamatokba történő pozitív beavatkozás érdekében. A fellépő abiotikus stressz (hőstressz, csapadékhiány) hatására a különböző műtrágyák nem hasznosulnak megfelelően, így csak levélen keresztül tudunk hatni a termés mennyiségi és minőségi mutatóinak alakulására.

A kísérletek eredményeként megállapítható, hogy a cinkkel, cinkdúsítással és biostimulánsokkal kezelt területek egyértelmű hozamtöbbletet eredményeztek. Az elvégzett szántóföldi kísérletek alapján megállapítható, hogy az alkalmazott készítmények cinkhiányos talajon alkalmasak a hozam növelésére. Az alkalmazott készítmények stresszhelyzetben is jól teljesítettek, „termésmentést” értünk el az őszi

káposztarepce BBCH 29-es fenológiai állapotban, a területet fagyhatás érte. A fulvosavat tartalmazó készítmény hektáronként a 2023-as kísérleti évben + 470 kg/ha a 2024-es évben 340 kg/ha hozamot eredményezett. A Quantis-szal kezelt területek a 2023 -as évben +430 kg/ha terméstöbbletet még a 2024-es évben 440 kg/ha jelentett.

A hektáronkénti olajtartalom is jelentős + 218 kg/ha olajtöbbletet eredményezett, de szignifikáns különbségek nem voltak kimutathatók, azonban a növekmény így is jelentős, ami többletbevételt jelent a termelő számára.

Nagy (2023) szerint a repcében végzett hazai vizsgálatok egyértelműen bizonyították hatékonyságát. Az ősszel, 4-6 éves korban alkalmazott Quantis jelentős, 10%-os termésnövekedést eredményezett, míg egy másik vizsgálatban a szárba indulás kezdetekor 4,8%-ot. Az előbbi esetében ez hektáronként 405 kg termelést jelentett, míg a második esetében 170 kg/ha.

Alizadeh et al. (2022) kísérletei bizonyították, hogy a huminsavval kezelt repcemag hozama akár 18%-kal is nőtt a megfelelő ültetési időpontban (október 2.) végzett kontrollkezeléshez képest, míg a huminsavval kezeltéknél 49%-os növekedést figyeltek meg. repcenövények a késleltetett ültetési időben (november 1.) végzett kontroll kezeléshez képest. A huminsav elsősorban a növény fiziológiájára és anyagcseréjére gyakorolt jótékony hatása miatt növelheti a növények teljesítményét.

Stoyanova és mts. (2021) vizsgálataik alapján a lombtrágya-biostimulátorok (KA-14, PA-14, NI-14), a Humustim szerves termék és a környezeti feltételek hatása meghatározó volt az őszi repce fejlődésének

főbb fázisainak kialakulásában. Az évjárat körülményei voltak a legerősebb hatással a növények növekedésére és fejlődésére. Az éghajlati tényezők változása ellenére a repce fejlődésének kritikus fázisaiban (virágzás és szemtelítődés) az alkalmazott komplex szerves műtrágyák pozitív hatással vannak a repce magasságára és a maghozamra. Az NI-14 és a Humustim szerves műtrágyák rendelkeznek a legnagyobb hatékonysággal és fenntartható hatással. A vizsgálati időszak átlagosan 4,6%, illetve 7,8%-kal nőtt a maghozam a kontrollhoz képest. A repce termelékenység, a termés szerkezeti elemein keresztül kifejezve, közvetlenül függ a hüvely hosszától és a szemek számától és tömegétől a becőben.

Nagy (2023) vizsgálataik során az őszi búzában 80 kísérletben 85%-ot mutattak ki termésnövekedést az egyszeri zászlóslevél- vagy virágzási kezelés eredményeként. A terméshozam Quantis kezelésből eredő növekedés átlagosan 6%-os volt, ami 183 kg termést jelentett hektáronként. Egy magyar fejlesztői vizsgálatban 2019-ben végzett kutatásban a zászlóslevél megjelenésekor 2 l/ha dózisban kijuttatott egyszeri Quantis kezelés 5,7%-os termésnövekedést tudott okozni.

Egy napraforgóban végzett fejlesztő kísérlet, amelyben a Quantis-t egyszer csillagbimbós állapotban alkalmazták 5,9%-os terméstöbbletet mutatott ki, ami 192 kg/év többletet jelentett hektárra. A magyar eredmények összhangban vannak a külföldi adatokkal, Bulgáriában 6%-os növekedést mutattak ki a Quantis egyszeri alkalmazásával és 13%-os növekedést a Quantis kétszeri alkalmazással.

A biostimulátorokat nem elsősorban termés növelő, hanem mint termés mentő anyagoknak kell tekinteni. A gazdasági veszteségek megelőzése

érdekében rendszeresen lenne javasolt biostimulátor hatóanyagokat alkalmaznunk azzal a céllal, hogy módosítsuk/ javítsuk a növények fiziológiai folyamatait. (Hogy még mentjük a menthetőt).

A biostimulátorok használata mindig igazodjon egy időjárási előrejelzéshez, hogy várható-e egy abiotikus stresszhelyzet a közeljövőben.

6. Összefoglalás

Napjainkban a növénytermesztők számára az abiotikus környezeti stresszhatásokkal (szárazság, UV-stressz, sókoncentráció, víznyomás) szembeni védekezés az egyik legnagyobb kihívás, hiszen ezek a tényezők káros hatással vannak a növények növekedésére és megakadályozzák a genetikai potenciálban, illetve a tápanyagutánpótlásban rejlő maximális lehetőségek kiaknázását. A gazdasági veszteségek megelőzése érdekében egyre többen alkalmaznak rendszeresen biostimulátor hatóanyagokat azzal a céllal, hogy módosítsák a növények fiziológiai folyamatait. A lombtrágyázás jelentőségét az adja, hogy a gyökéren keresztüli tápanyagfelvétel mellett a fiatal növényi részek, levelek tápelem-felvétele is jelentős. A növény felületére juttatott tápanyagok közvetlenül és rövid időn belül felszívódhatnak, hatásuk így nem csapadékfüggő. Olyan esetekben javasolt a lombtrágyázás alkalmazása, amikor gyors beavatkozásra van szükség az állományminőség megőrzésének érdekében.

Vizsgálataink során az alábbi célokat tűztük ki:

- Megvizsgálni, hogy a cink tartalmú készítmények cink hiányos talajon alkalmazva befolyásolják-e az őszi káposztarepce hozamát.
- Megvizsgálni, hogy a cink készítmények hatással vannak-e az őszi káposztarepce beltartalmi mutatójára (olaj tartalom).
- Megvizsgálni, hogy a biostimulátor tartalmú készítmények alkalmazása során hatással vannak-e az őszi káposztarepce termés mennyiségére.

- Megvizsgálni, hogy a biostimulátorok alkalmazása milyen hatással van az olaj tartalomra.
- Megvizsgálni, hogy a cink és a biostimulátor együttes alkalmazása hogyan befolyásolja stresszhelyzetek esetében az őszi káposztarepce mennyiségi és minőségi paramétereinek alakulását.

Az első éves kísérletet Tarján határában állítottuk be 2021/22-es termesztési évben. 110 darab parcella került kialakításra, melyek mérete 3x7m volt, azaz alapterületük parcellánként 21m² volt. A kísérlet során 11 kezelést állítottunk be 5 ismételtsben. Őszi és tavaszi kezelés történt az őszi káposztarepce BBCH 16 -18 és a BBCH 29-es fenológiai állapotában került sor.

A másodéves 2022/23 -as és a harmadéves 2023/24-es kísérleti években Naszály határában állítottuk be a kísérleteket. Itt 65 parcella lett kijelölve (3x10m) 30m² alapterülettel, 13 kezeléssel 5 ismételtsben. Csak tavaszi kezelés történt az őszi káposztarepce BBCH 29-es fenológiai állapotában. Az eltérő parcella méretek az első kísérleti évhez képest azért lettek nagyobbak mert itt már csak egyszeri kezelés történt.

Vizsgálatainkban két fém-komplex vegyület, három biostimulátor készítmény hatását, valamint egy bór tartalmú levéltrágya hatását vizsgáltuk az őszi káposztarepce termés mennyiségére, valamint annak olajtartalmára.

A kutatásokban alkalmazott anyagok a következők voltak: Cink és a cink dúsított ipari hulladékból előállított Zn – tetramin – hidroxid, valamint Zn - tetramin - hidroxid + Cu – tetramin - hidroxid. Egy aminosav tartalmú

biostimulátor (Quantis), ami 12-19% szerves szén (fermentált cukornádmelasz), 1,8 – 2,2 % aminosav (glutaminsav, alanin, glicin stb. 1,9%nitrogén (karbamid) 0,9% P₂O₅ (foszforsav), 17% K₂O (káliumoxid) 2,8 % CaO (kálciumoxid) áll. Egy huminsav tartalmú készítmény (Hymagro - Sol), és egy fulvosav tartalmú készítmény, mely még engedélyokirattal nem rendelkezik, valamint a Wuxal boron, amely magas foszfor és bór taralmú levéltrágya egy konstans szernek számít az olajos növények termesztésében.

Az első kísérleti évben elvégzett kezelések nem eredményeztek szignifikáns különbséget a hozamokban. A repce olajtartalmának esetében sem adódott szignifikáns különbség a kontroll kezeléshez képest. A gyökértömegben és a gyökérnyak vastagságában a varianciaanalízis során szignifikáns különbség adódott, azonban a kezelések döntő többségének pozitív hatása volt a mért jellemzőkre. A SPAD mérések alapján a kezelések hatása 95% szignifikanciaszinten ($p = 0,0434$) szignifikáns volt a levélzet klorofill tartalmára. A *post hoc* Tukey-teszt viszont 95%-os szignifikanciaszinten nem mutatott ki különbségeket a kezelések között, azonban a kezelések hatása itt is egy kivétellel pozitív volt. A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése alapján a kezelések a réz, a kálium és mangán tartalomra 90%-os szignifikanciaszinten hatással voltak.

A másodéves szántóföldi kísérletben a területet a kezelést követően fagyhatás érte, ami nagymértékben befolyásolta az év kísérleti eredményeit. Az elvégzett kezelések hatására a varianciaanalízis eredményei alapján a hozamra a kezeléseknek 90%-os szignifikanciaszinten szignifikáns hatása volt ($p = 0,0592$). A Tukey-teszt

alapján a Quantis 2l/ha ($2,64 \pm 0,09$ t/ha) és a fulvosav tartalmú készítmény ($2,67 \pm 0,38$ t/ha) kezelések esetében volt szignifikáns a hozam növekedés a kontrollhoz ($2,20 \pm 0,10$ t/ha) képest. Az adott stresszhelyzetben a két biostimulátor tartalmú készítmény az első kísérleti évvel összehasonlítva a tapasztalt hozamcsökkenést kompenzálta, és gyakorlatilag, mint „termés mentő” anyagok hatottak. A repce olajtartalmának esetében a varianciaanalízis eredményei alapján a kezelések hatása nem volt szignifikáns. A SPAD mérések eredményei között sem tudtunk szignifikáns különbségeket kimutatni. A levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése alapján a kezelések a levél réz- illetve a cink-tartalmára 95%-os szignifikanciaszinten hatással voltak, a többi vizsgált elem esetében nem volt szignifikáns különbség. Cink esetében a kontrollhoz képest a kezelések felénél, réztartalomban 12-ből 7 kezelés esetében tapasztaltunk növekedést.

A harmadéves szántóföldi kísérlet során a területet szintén fagyhatás érte a kezelés előtti napokban, amikor a minimumhőmérséklet fagypont alá süllyedt. A kísérleti eredmények alapján az elvégzett kezeléseknek 95%-os szignifikanciaszinten szignifikáns hatása volt a hozamra. A harmadéves kísérletnél is a szárbainduláskori stressz hatására a biostimulátort tartalmazó kezelések hatásosabbak volt. A kontroll parcellához képest a Quantis 2l/ha dózisban 430 kg/ha valamint a fulvosav tartalmú készítmény 2l/ha dózisban 340 kg/ha termés növekedést eredményezett. Olajtartalomra a varianciaanalízis eredményei alapján a kezeléseknek nem volt szignifikáns a hatása azonban a kontroll kezeléshez ($44,5 \pm 1,3$ 0%) képest a 12 alkalmazott készítményből 8 kezelés esetén az olajtartalom 0,1 – 1,0%-os növekedését tapasztaltunk. Az alkalmazott kezelések a kontrollhoz képest jellemzően a mért SPAD értékek enyhe, 0,1 – 4,5%-os

csökkenését okozták, a fulvosav tartalmú készítménnyel történő kezelés hatására a SPAD érték nem változott, a Hymagrosol 2l/ha kezelés hatására pedig kismértékben növekedett.

A kutatásaink során használt készítmények elérték, vagy sok esetben meghaladták a kontroll hatékonyságát. További előnyük, hogy nem terhelik a környezetet, nincsenek káros hatással a hasznos szervezetekre, valamint a munkát végző személyek egészségére sem.

7. Tézisek

1. Kísérletek során bizonyítást nyert, hogy a humin- és fulvosav tartalmú készítmények mindhárom kísérleti évben és a kísérleti évek átlagában is jelentős többlet termést eredményeznek a kontrollhoz képest.
2. Az elvégzett munka alapján bizonyítást nyert, hogy a Quantis 2 l/ha dózisban, a hidegstressz előtt kijuttatva terméstöbblet realizálására alkalmas. A Quantis 430 kg/ha és 440 kg/ha termés növekményt ért el mikor stressz (fagyhatás) érte a területet.
3. A szántóföldi kísérletek alapján a fulvosav tartalmú készítmény stresszhatás esetén 2 l/ ha dózisban szignifikánsan növeli a termés mennyiségét. A 2023 -as kísérleti évben 470 kg/ha valamint a 2024 -es évben 340 kg/ha terméstöbbletet ért el a kontrollhoz képest.
4. Az elvégzett kísérletek megmutatták, hogy a kezelések nem eredményeztek olajtartalom növekményt.
5. Az elvégzett vizsgálatok alapján, ha a területet stresszhatás éri akkor a biostimulátorokat nem elsősorban termés növelő, hanem mint „termés mentő” anyagnak kell tekinteni.

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak a támogatást, akik munkájukkal, útmutatásukkal és bátorításukkal hozzájárultak ezen disszertáció elkészüléséhez.

Köszönöm témavezetőimnek, Dr. habil. Kalocsai Renátónak, valamint Prof. Dr. Molnár Zoltánnak a PhD képzésem során nyújtott értékes segítségükért.

Köszönettel tartozom Dr. Giczi Zsoltnak a kísérleti eredmények, adatok statisztikai értékelésében nyújtott óriási segítségéért.

Továbbá köszönettel tartozom Dr. Nagy Viktor termék menedzsernek, a kísérletek során nyújtott értékes segítségéért.

Lekötelezett köszönettel tartozom Páromnak, családomnak, akik mindvégig megértéssel támogattak kutatásom során, ezzel legnagyobb mértékben hozzájárulva PhD-disszertációm elkészítéséhez.

9. Felhasznált irodalom

1. *Adani, F.- Genevini, P.- Zaccheo, P. - Zocchi, G.* (1998): The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition J. Plant Nutr. 21, 561–575.
2. *Ahmad, S. – Khan, I. - Bilal Ahmad, M. - Jaskani, J. - Rashid Ahmad - Aman U, M.* (2012): Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. Int. J. Agric. Biol., 14: 383–3887
3. *Alizadeh, S.- Roozbahani, A. - Shirani Rad, A. H. - Seyedhadi, M.H.* (2022): Foliar Application of Humic Acids Improves Seed Yield and Oil Quality of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes at Well-Time and Late Planting Dates Journal of Soil Science and Plant Nutrition 22:549–559 doi.org/10.1007/s42729-021-00670-2
4. *Alam, S. M. – Naqvi, S. S. M. – Ansari, R.* (1999): Impact of soil pH on nutrient uptake by crop plants. In: Handbook of Plant and Crop Stress 2nd Ed. 51-60
5. *Asli, S.- Neumann, P.* (2010): Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development Plant Soil 336:313–322
6. *Battacharyya, D. - Babgohari, M. Z.- Rathor, P. - Prithviraj, B.* (2015): Seaweed extracts as a biostimulant in gardening. Horticultural science. 196, 39–48.

7. *Bhattacharyya, P.N. - Jha, D.K. (2012): Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): its appearance in agriculture. World J. Microbiol. Biotechnol. 28, 1327–1350.*
8. *Bhupinider, S. – Kumar, S. – Natesan. A. – Singh, B. K. – Usah, K. (2005): Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. Current Science 88. 1. 36-44*
9. *Behera, B. - Supraja, K. V. - Paramasivan, B. (2021): Integrated microalgae biorefinery for the production and application of biostimulants in the circular bioeconomy. Bioresour. Technology. 2021:125588.*
10. *Behie, S.W. - Bidochka, M.J. (2014): Nutrient transfer in plant–fungal symbioses Trends in Plant Science 19. 734-740.*
11. *Berbara, R. - Garcia, A. (2014): Humic Substances and Plant Defense Metabolism Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment pp 297–319*
12. *Berendsen, L.- Corné, M. - Pieterse, J. - Bakker, A.H.M. (2012): The rhizosphere microbiome and plant health Trends in Plant Science 17.478-486.*
13. *Bocanegra, M.P. – Lobartini, J.C. – Orioli, G.A. (2006): Plant uptake of iron chelates with humic acids of different molecular weights. Commun Soil Sci Plant 37:1–2*
14. *Bostan, C. – Butnariu, M. – Butu, M. - Ortan, A. Butu, A. – Rodino, S. – Parvu, C. (2013): Allelopathic effect of Festuca rubra on*

- perennial grasses. *Romanian Biotechnological Letters* 18(2):8190-8196.
15. *Botta, A.* (2012): "Increasing the Tolerance of Plants to Temperature Stress with Amino Acids: An Approach to Their Mode of Action", in I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture, Vol. 1009, 29–35.
 16. *Butnariu, M.* (2012): An analysis of *Sorghum halepense*'s behavior in presence of tropane alkaloids from *Datura stramonium* extracts. *Chemistry Central Journal* 6:75
 17. *Butnariu, M. – Caunii, A.* (2013): Design management of functional foods for quality of life improvement. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 20(4):736-741.
 18. *Bulgari, R. - Cocetta, G. - Trivellini, A. - Vernieri, P. - Ferrante, A.* (2015): Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 31, 1–17.
 19. *Bulgari, R. – Franzoni, G. – Ferrante, A.* (2019): Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy* 9:306.
 20. *Cakmak, I.* (2000): Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist* 146. 185-205
 21. *Calvo, P. - Nelson, L. - Kloepper, J. W.* (2014): Agricultural use of plant biostimulants. *Vegetable Soil* 383.3–41.
 22. *Carillo, P. - Colla, G. - Fusco, G. M. - Dell'Aversana, E. - El-Nakhel, C. - Giordano, M. et al.* (2019): Morphological and physiological responses induced by the ratio of protein hydrolyzate-based biostimulant and nitrogen in greenhouse spinach. *Agronomy* 9:450.

23. *Carillo, P. - Ciarmiello, L. F. - Woodrow, P. - Corrado, G. - Chiaiese, P. - és Rouphael, Y. (2020): Enhancing sustainability by improving plant salt tolerance through macro- and microalgae biostimulants. Biology 9:253.*
24. *Carvalho, S. - Vasconcelos, M. W. (2013): Producing more with less: strategies and novel technologies for plant-based food biofortification. Food Res. Int. 54, 961–971.*
25. *Cerdan, M. - Sánchez-Sánchez, A. - Oliver, M. - Juárez, M. - Sánchez-Andreu, J. J. (2008): "The effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake in tomato crops," in IV Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes, Vol. 830, 481–488.*
26. *Chen, W. – Yang, X. – He, Z. – Feng, Y. – Hu, F. (2008): Differential changes in photosynthetic capacity, 77K chlorophyll fluorescence and chloroplast ultrastructure between Zn efficient and Zn inefficient rice genotypes (Oryza sativa) under low Zinc stress. Physiologia Plantarum 132. 1. 89-101.*
27. *Chen, Y. - Clapp, C. E. - Magen, H. (2004): Mechanisms of stimulating plant growth with humic substances: the role of organic iron complexes. Soil Sci. Plant Nutr. 50, 1089–1095*
28. *Çimrin, K. M. - Türkmen, Ö. - Turan, M. - Tuncer, B. (2010): The use of phosphorus and humic acid relieves the stress of salinity in a pepper seedling. African Biotechnol J. 9, 5845–5851.*
29. *Craigie, J. S. (2011): Seaweed extract stimulations in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol. 23, 371–393.*
30. *Colla, G. - Nardi, S. - Cardarelli, M. - Ertani, A. - Lucini, L. - Canaguier, R. et al. (2015): Protein hydrolysates as biostimulants in gardening. Horticultural science. 196, 28–38.*
31. *Colla, G. - Hoagland, L. - Ruzzi, M. - Cardarelli, M. - Bonini, P. - Canaguier, R. et al. (2017): Biostimulant effect of protein*

- hydrolysates: exploring their effects on plant physiology and the microbiome. *Plant Sci.* 8:2202.
32. *Delipulos, T. - Kettlewel, P.S. - Hare, M.C.* (2010): Fungal disease suppression by inorganic salts *Crop Protection* 29. 1059-1075.
 33. *du Jardin P.* (2015): Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation *Scientia Horticulturae* 196: 3-14.
 34. *El Hadrami, - Adam, L.R. - Hadrami, I. - Daayf, F.* (2010): Chitosan in plant protection. *Marine Drugs* 8. 968-687.
 35. *Eőri, T.* (1982): Vetésidő-kísérletek az Új Fertődi repcefajtákkal. *Növénytermelés*. 32.4. 321-326 p. Budapest
 36. *Eőri, T.* (2012): A repce versenyképes termesztése. *Mezőgazda Kiadó*
 37. *Ertani, M. - Schiavon, A. - Muscolo, S. – Nardi, S.* (2013): Alfalfa plant-derived biostimulant stimulates short-term growth of salt-stressed *Zea mays* L. plants *Plant soil*, 364 (2013), 145-158.
 38. *Ferri, M. – Franceschetti, M. – Naldrett, M.J. – Saalbach, G. – Tassoni, A.* (2014): The effect of chitosan on the protein profile of subcellular fractions of grape cell culture *Electrophoresis*, 35. 1685-1692.
 39. *Fordyce, J. A.* (2006): The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *Journal of Experimental Biology* 209: 2377–2383.
 40. *Fülek, Gy. – Sárdi, K.* (2014): Tápanyag-gazdálkodás mezőgazdasági mérnököknek. *Mezőgazda Kiadó*
 41. *Gaffney, J.S. - Marley, N.A. - Clarks, S.B.* (1996): Humic and fulvic acids and organic colloidal substances in the environment. in *humic and fulvic acids: isolation, structure and environmental role*; American Chemical Society: Washington, DC, USA, 2–16.

42. *Garcia, A. C. - Santos, L. A. - Izquierdo, F. G. - Sperandio, M. V. L. - Castro, R. N. - Berbara, R. L. L. (2012): Vermicompost humic acids as an ecological way to protect the rice crop from oxidative stress. Ecol. 47, 203–208.*
43. *Gianinazzi, S. - Gollotte, A. - Binet, M.N. (2010): Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. Mycorrhiza 20, 519–530.*
44. *Janda, T. (2023): A növények és a stressz. Eötvös Loránd Kutatási Hálózat és Libri*
45. *Jindo, K. - Canellas, L. P. - Albacete, A. - Figueiredo dos Santos, L. - Frinhani Rocha, R. L. - Carvalho Baia, D. et al. (2020): The interaction of humic substances and plant hormones to obtain phosphorus. Agronomy 10:640*
46. *Johnson, D. - Gilbert, L. (2015): Interplant signalling through hyphal networks. New Phytologist 1448-1453.*
47. *Hadwiger, L.A. (2013): The Multiple Effects of Chitosan on Plant Systems: Solid Science or Hype Plant Sci., 208, 42–49.*
48. *Halpern, M. - Bar-Tel, A. – Maja, O. – Minz, D. – Muller, T. – Yermigahu, U. (2015): Chapter Two: Using Biostimulants to Enhance Substance Uptake Advances in Agronomy 130, 141-174*
49. *Harrier, L.A. - Watson, C.A. (2004): The possible role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the biological protection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems Pest Management Science 60.2. 149-157.*
50. *Höfner, W. (1957): Untersuchungen über die Auswaschung und Sorption des Zinks in Boden und über die Zinkaufnahme des Pflanze. Diss. d. Landw. Fakultät der Justus – Liebig Universität, Geissen 294*

51. *Iriti, M. – Picchi, V. – Rossoni, M. – Gomasasca, S. – Ludvig, N. – Gargano, M. – Faoro, F. (2009):* The antitranspirant activity of chitosan is due to the abscisic acid-dependent stomatal closure *Environ. Bot.*, 66. 493-500.
52. *Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Szakál, P. (2004):* Lehetőségek a trágyázás hatékonyságának növelésére környezetbarát módon a főbb szántóföldi kultúráknál. *Agro Napló VIII. évf. 6.sz.*
53. *Kalocsai, R. (2006):* A cink (Zn). *MezőHír X. évf. 2006. szeptember 26.*
54. *Kalocsai, R. – Schmidt, R.- Szakál, P. (2006):* A Ca és Zn növénytáplálási jelentősége hazai talajaink tápanyagellátottságának függvényében. *Agro Napló X. évf. 2006/5. pp. 34-36.*
55. *Kalocsai, R. (2010):* A levéltrágyázás szerepe a tápanyagellátásban. *Agro Napló. 2010/02. pp. 75-76.*
56. *Karlıdag, H. - Yildirim, E. - Turan, M. - Pehlivan, M. - Donmez, F. (2013):* Plant growth-promoting rhizobacteria relieve the harmful effects of salt stress on strawberry plants (*Fragaria × ananassa*). *American Society for Horticultural Science* 48, 563–567.
57. *Kádár, I. (2002):* Levéltrágyázás jelentősége és szerepe a növénytáplálásban. *Agrofórum. 13. 12. 7-10*
58. *Kádár I. (2005):* Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj- és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agronomica Óváriensis* 47, (1), 11-26.
59. *Kelleher, B.P. – Simpson, A.J. (2006):* Humic substances in soils: are they really chemically distinct? *Environ Sci Technol* 40:4605–4611
60. *Kennedy, A.C. - de Luna, L.Z. (2005):* Rhizosphere *Encyclopedia of Soil in the Environment* 399-406.

61. *Khan, W – Rayirath, UP. – Subramanian, S. et al. (2009): Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Plant Growth J Regul 28:386–399*
62. *Kirkby, E. A. (2005) Essential elements. Encyclopedia of soils in the Enviornment 1*
63. *Kubina, L. – Schmidt, P. – Koltai, R. – Kalocsai, R. (2021): Az őszi káposztarepce termesztéstechnológiája és tápanyagellátásának aktuális kérdései Acta Agronomica Óváriensis 62: (Különszám 2) pp: 82-94.*
64. *Kubina, L. – Kalocsai, R. – Molnár, Z. – Vona, V. – Giczi, Zs. – Nagy, V. (2023): Biostimulátorok szerepe a növények stressz folyamataiban Acta Agromonica Óváriensis 64. pp: 127-158.*
65. *Larcher, W. (1987): Stress bei Pflanzen. Naturwissenschaften 74 pp: 158–167.*
66. *Le Mire, G. - Nguyen, M. - Fassotte, B. - du Jardin, P. - Verheggen, F. - Delaplace, P. (2016): Implementation of biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 20, 299–313.*
67. *Lephatsi, M.M. - Meyer, V. - Piater, LA. - Dubery, I.A. - Tugizimana, F. (2021): Plant responses to abiotic stresses and rhizobacterial biostimulants: metabolomics and epigenetic perspectives. Metabolites 11:457.*
68. *Li, H. - Yue, H. - Li, L. - Liu, Y. - Zhang, H. - Wang, J. et al. (2021): Bacillus sp. MGW9 seed biostimulant improves corn salt tolerance during seed germination. AMB Express 11, 1–15.*
69. *Liang, Z. - Liu, J.-X. - Li, J. (2009): Decomposition and mineralization of aquatic humic substances (AHS) in the treatment of landfill leachate by the Anammox process. Chemosphere 74, 1315–1320.*

70. *Lichtenthaler, H. K.* (1988): In vivo chlorophyll fluorescence as a tool for stress detection in plants. In: Lichtenthaler H. K. (ed.) Application of chlorophyll fluorescence. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 129–142.
71. *Lucini, L. - Rouphael, Y. - Cardarelli, M. - Canaguier, R. - Kumar, P. - Colla, G.* (2015): The effect of a biostimulant of plant origin on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown in salty conditions. Horticultural science. 182, 124–133.
72. *Lyszkowska, M. - Gajc-Wolska, J. – Kubi, K.* (2008): The effect of biostimulators on the yield and quality of leaf and iceberg lettuce grown in field conditions. In: Dbrowski ZT (ed.). Biostimulators in modern agriculture. Wie Jutra Press, Warszawa, 28-34.
73. *Malcolm, R.L.* (1990): The uniqueness of humic substances in each of the soil, stream and marine environment. Chim. Acta 232, 19–30.
74. *Mancuso, S. – Azzarello, E. – Mugnai, S. – Briand, X.* (2006): Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted Vitis vinifera plants. Adv Hortical St. 20:156–161
75. *Marschner, H.* (1995): Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd Ed. New York. Academic Press. 324, 361-362, 549-559.
76. *Martens, D. C. – Lindsay, W. L.* (1990): Testing soils for copper, iron, manganese, and zinc. Soil testing and plant analysis. 229-264
77. *Mattner, SW. – Wite, D. – Riches, DA. – Porter, IJ. – Arioli, T.* (2013): The effect of kelp extract on the colonization of broccoli seedlings on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. Biol Agric Hortic 29:258–270
78. *Mándy, Gy.* (1974): A bõ termés biológiai alapjai. Mezõgazdasági Kiadó. Budapest. 190.

79. *Máthé, A.* (1992): Káposztarepce In. Bocz, E. (szerk), Szántóföldi növénytermesztés Mezőgazda Kiadó Budapest. 643-654.
80. *Mengel, K.* (1976) A növények táplálkozása és anyagcseréje. Ernährungund Stoffwechsel der Pflanze. Mezőgazdasági Kiadó 293-295 Budapest 283-285,
81. *Mengel, K. – Kirkby, E.* (1987): Principles of plant nutrition. International Potash Institute ISBN 3906535037 73, 588, 594.
82. *MÉM NAK,* (1979): Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere. Szerk.: Búzás, I – Fekete, A. Mezőgazdasági Kiadó. 57-58.
83. *Milton, RF* (1952): Development of, or related to, horticultural and agricultural fertilizers. The London Patent Office, no. 663,989, 2 pages
84. *Milton, RF* (1964): As a fertilizer for liquid seaweed. Proc Int Seaweed Symps 4:428–431
85. *Nagy, V.* (2023): Ne hagyja ki, hogy idén is az aszály arassa le a termést. Agroinform 2023.03.
86. *Nardi, S. – Arnoldi, G. - Dell’Agnola, G.* (1988): Release of hormone-like activities from *Allolobophora rosea* (Sav.) and *Allolobophora caliginosa* (Sav.) feces. Can J Soil Sci 68:563–567
87. *Nardi, S. – Pizzeghello, D. – Reniero, F. – Rascio, N.* (2000): Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest and plant growth. Soil Soc Am J 64:639–645
88. *Nardi, S. – Pizzeghello, D. – Muscolo, A. – Vianello, A.* (2002): Physiological effects of humic substances on higher plants Soil Biology and Biochemistry 34:1527–1536
89. *Nicolas, C. - Hermosa, R. - Rubio, B. - Mukherjee, P.K. - Monte, E.* (2014): Trichoderma genes in plants for stress tolerance and prospects Plant Sci., 228. 71–78.

90. *Norrie, J. – Keathley, JP. (2006): The advantages of using Ascophyllum nodosum marine plant extract in the cultivation of grapes "Thompson seedless". Croatian-File 727:243–247*
91. *Olk, D.C. - Bloom, P.R. - Perdue, E.M. - McKnight, D.M. - Chen, Y. - Farenhorst, A. - Senesi, N. - Chin, Y.-P. - Schmitt-Kopplin, P. - Hertkorn, N. et al. (2019): Environmental and agricultural significance of humic fractions extracted by alkalis from soil and natural waters. J. Environment. Qual. 48, 217–232.*
92. *Ördög V. (2014): Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben, Doktori értekezés*
93. *Pandia, O. – Sărăcin, I. – Chiriac, A. – Bozga, I. – Oancea, M. – Ticu, C. (2012): Determination of NPK in some local populations of pepper in order to obtain adequate food compliant with the EU food safety rules. Scientific Papers. Series A. Agronomy 55:369-372.*
94. *Pandia, O. – Sărăcin, I. – Sărăcin, AI. (2018): Management of agricultural culture establishment works. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development 18(2):315-318*
95. *Papp, J. (1974): A gyümölcsösök tápanyagellátása. In. Gyuró, F. A. (szerk), Gyümölcstermesztés alapjai. Mezőgazdasági Kiadó Budapest. 435-441.*
96. *Parker, M. B. – Gaines, T. P. – Walker, M. E. – Plank, C. O. – Davis-Carter, J. G. (1990): Soil zinc and pH effects on leaf zinc and the interaction of leaf calcium and zinc on zinc toxicity of peanuts. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 21. 19-20. 2319-2332*
97. *Paradjiković, N. - Vinković, T. - Vinković Vrček, I. - Žuntar, I. - Bojić, M. - Medić-Šarić, M. (2011): Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. J. Sci. Food Agric. 91, 2146–2152.*

98. *Petrozza, A. - Santaniello, A. - Summerer, S. - Di Tommaso, G. - Di Tommaso, D. - Paparelli, E. et al.* (2014): Fiziológiai válaszok a paradicsomnövények megafol kezelésére aszályos stressz alatt: fenomikus és molekuláris megközelítés. *Scientia Horticulturae*. 174, 185–192.
99. *Piccolo, A.* (1996): A. Humus and soil protection. In *Humic Materials in Terrestrial Ecosystems*, 1st ed.; Piccolo, A., ed.; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, 225–264.
100. *Piccolo, A. – Conte, P. – Trivellone, E. - Van Lagen, B. – Buurman, P.* (2002): Reduced heterogeneity of a lignite humic acid by preparative HPSEC following interaction with an organic acid. Characterization of size-separates by Pyr-GC-MS and H-NMR spectroscopy. *Environ Sci Technol* 36:76–84
101. *Piccolo, A. – Spiteller, M.* (2003): Electrospray ionization mass spectrometry of terrestrial humic substances and their size fractions. *Anal Bioanal Chem* 377:1047–1059
102. *Piccolo, A – Conte, P. – Spaccini, R. – Chiarella, M.* (2003): Effects of some dicarboxylic acids on the association of dissolved humic substances. *Biol Fertil Soils* 37:255–259
103. *Pilon-Smits, E.A.H. – Quinn, C.F. – Tapken, W. – Malagoli, M. – Schiavon, M.* (2009): Physiological functions of useful elements *Current Opinion in Plant Biology Science Direct* 12. 267–274.
104. *Plenchette, C. - Clermont-Dauphin, C. - Meynard, J.M. - Fortin, J.A.* (2005): Treatment of arbuscular mycorrhizal fungi in crop production systems *Canadian Journal of Plant Science* 5, 1, 31-40.
105. *Potters, G. – Pasternak, T. P. – Guisez, Y. – Palme, K. J. – Jansen, M. A. K.* (2007): Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends in Plant Science* 12: 98–105.
106. *Povero, G. – Loreti, E. – Pucciariello, C. – Santaniello, A. - Di Tommaso, D. - Di Tommaso, G. – Kapetis, D. – Zolezzi, F.*

- *Piaggese, A. – Perata, P.* (2011): Transcription profiling of *Arabidopsis* seedlings treated with chitosan J. Plant Res. 124 619–629.
107. *Povero, G. – Mejia, JF. - Di Tommaso, D. – Piaggese, A. – Warrior, P.* (2016): A systematic approach to the discovery and characterization of natural plant biostimulants. Plant Sci. 7:435.
108. *Radhakrishnan, R. - Hashem, A. - Abd_Allah, E.F.* (2017): Bacillus: a biological tool for improving yields through biomolecular changes in adverse environments. Physiol. 8:667.
109. *Rahmani, V. - Movahhedi, M. - Hamidreza, D. - Alireza Yadavi, B. - Hamidian, M.* (2022): Silicon Can Improve Nutrient Uptake and Performance of Black Cumin Under Drought and Salinity Stresses Soil Science and Plant Analysis 53. 297-310.
110. *Radics, L.* (2012): Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2. Agroinform Kiadó, Budapest
111. *Ricci, M. - Tilbury, L. - Daridon, B. - Sukalac, K.* (2019): General principles for verifying claims on plant biostimulants. Plant Sci. 10:494.
112. *Rouphael, Y. - Carillo, P. - Cristofano, F. - Cardarelli, M. - Colla, G.* (2021): The effect of protein hydrolyzate of plant and animal origin on the morpho-physiological and metabolic properties of sweet basil. Horticultural science. 284, 110123.
113. *Rose, M. T. - Patti, A. F. - Little, K. R. - Brown, A. L. - Jackson, W. R. - Cavagnaro, T. R.* (2014): Meta-analysis and overview of the plant growth response to humic substances: practical implications for agriculture. Agron adv. 124, 37–89.
114. *Ruzzi, M. - Aroca, R.* (2015): Plant growth-stimulating rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. 196, 124–134.

115. *Saa, S. - Olivos-Del Rio, A. - Castro, S. - Brown, P. H. (2015):* Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D.A. Webb). *Front. Plant Sci.* 6:87.
116. *Samfira, I. – Butnariu, M. – Rodino, S. – Butu, M. (2013):* Structural investigation of mistletoe plants from various hosts exhibiting diverse lignin phenotypes. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* 8(4):1679-1686.
117. *Sárdi, K. (2003):* Agrokémia. A növénytáplálás alapjai. Keszthely
118. *Scaglia, B. - Pognani, M. - Adani, F. (2017):* The ability of the anaerobic digestion process to produce a biostimulant: a case study of dissolved organic matter (DOM) and auxin-like property. *Sci. Full environment.* 589, 36–45.
119. *Seiber, J.N. – Coats, J. – Duke, S.O. – Gross, A.D. (2014):* Biopesticides: state of the art and futureprospects *J. Agric. Food Chem.*, 62 (2014), 11613-11619.
120. *Selye, J. (1936):* Károsító tényezőkkel előidézett szindróma *Nature*
121. *Selye, H. (1964):* From dream to discovery – on being a scientist. *Mc-Graw-Hill Book Comp., New York*, 407 pp.
122. *Sharma, H. S. - Fleming, C. - Selby, C. - Rao, J. R. - Martin, T. (2014):* Plant biostimulants: an overview of macroalgae processing and the use of extracts in crop management techniques to reduce abiotic and biotic stress. *J. Appl. Phycol.* 26, 465–490.
123. *Siddiqui, Z.A. - Akthar, M.S. - Futai, K. (2008):* Mycorrhizea: Sustainable agriculture and forestry *Springer*
124. *Simpson, A. - Kingery, W. - Hayes, M. - Spraul, M. - Humpfer, E. - Dvortsaki, P. - Kerssebaum, R. - Godejohann, M. - Hofmann, M. (2002):* Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment *Naturwissenschaften* 89:84–88

125. *Steinberg, CEW. – Meinel, T. – Timofeyev, MA. – Bittner, M. – Menzel, R. (2008): The behavior of chemicals in water and their interaction with organisms. Environ Sci Pollut Res 15:128–135*
126. *Stevenson. F.J. (1994): Humuszkémia: genesis, összetétel, reakciók. Wiley, New York*
127. *Stoyanova, S. – Petrova, I. – Marinova, D. (2021) Influence of sowing dates and treatment with organic products on the development of winter oilseed rape. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans 24. 4. pp. 186-205*
128. *Stuckenholtz, D. D. – Olsen, R. J. – Gogan, G. – Olson, R. A. (1966): On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 30, 759.293.*
129. *Szabó L. (1993): Magyarország kultúrflórája. Az olajrepcé. Akadémiai Kiadó, Budapest. 158.*
130. *Szigeti Z. (1999): Növények és a stressz. In: Lang F. (szerk.) Növényélettan. Anyagcsere-élettan, Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 915–984.*
131. *Szigeti, Z (2018): A növényi stresszel kapcsolatos felfogásunk változásai Botanikai Közlemények 105(2): 165–178.*
132. *Szparaga, A. – Kubo, M. – Kocira, S. – Czerwinska, E. – Pawłowska, A. – Hara, P. – Kwasniewski, D. (2019): Towards sustainable agriculture-agronomic and economic effects of biostimulant use in common bean cultivation. Sustainability 11:4575.*
133. *Zhang, Q. – Zhang, J. – Shen, J. – Silva, A. – Dennis, DA. (2006): A simple 96-hole microplate method for estimating the total polyphenol content of seaweeds. J Appl Phycol 18:445–450*
134. *Zhang, X. – Wang, K. – Ervin, EH. (2010): Optimization of seaweed extract-based cytokinins and zeatin bioside doses to*

- improve the heat tolerance of creeping benthgrass. *Crop Science* 50:316–320
135. Zhuang, X. – Chen, J. – Shim, H. – Bai, Z. (2007): New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int* 33:406–413.
 136. Zimmerli, L. – Hou, B-H. – Tsai, C-H. (2008): Xenobiotic beta-aminobutyric acid enhances thermotolerance to Arabidopsis. *The Plant J.* 53:144–156
 137. Ziosi, V. – Zandoli, R. – Di Nardo, A. – Biondi, S. – Antognoni, F. – Calandriello, F. (2012): The biological activity of various botanical extracts evaluated by a series of in vitro and in vivo bioassays *Acta Hort.*, 1009 61-66.
 138. Taiz, L. – Zeiger, E. (2006): *Plant physiology*. 4th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 764 pp.
 139. Taiz, L. – Zeiger, E. (2010): *Plant physiology*. 5th edn., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, USA, 782 pp.
 140. Tarantino, A. – Lops, F. – Disciglio, G. – Lopriore, G. (2018): Effects of plant biostimulants on fruit set, growth, yield and fruit quality attributes of ‘Orange Rubis®’ apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivar in two consecutive years. *Scientia Horticulturae* 239:26-34
 141. Thomson, W. W. – Weier, B. A. (1962): An electron microscope study of chloroplasts from leaves deficient in nitrogen, phosphorus, magnesium, potassium and zinc. *Plant Physiol.* 37:XI.
 142. Tischler (1984): *Stresszfiziológia növények és a stressz ppt*
 143. Turán, T. L. (2003): Foszfor-cink kölcsönhatás-vizsgálatok trágyázási kutatásokban. *Agrokémia és Talajtan.* 52. 1-2. 195-194.

144. *Trevisan, S. - Manoli, A. - Quaggiotti, S. (2019): A new biostimulant for protein hydrolysates relieves abiotic stress effects on maize seedlings grown in hydroponics. Agronomy 9:28*
145. *Trovato, M. - Mattioli, R. - Costantino, P. (2018): From A. rhizogenes Rold to P5CS plant: exploitation of proline to control plant development. Plants 7:108.*
146. *Van Oosten, M. J. - Pepe, O. - De Pascale, S. - Silletti, S. - Maggio, A. (2017): The role of biostimulants and bioeffectors as relievers of abiotic stress in vegetable crops. Chem. Biol. Technol. Agric. 4:5.*
147. *Varanini, Z. – Pinton, R. (2001): Direct and indirect effects of humic substances in the soil on plant growth and nutrition. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P (eds) The rhizosphere. Marcel Dekker, Basel, pp. 141–158*
148. *Várallyay, Gy. – Szabóné Kele, G. – Berényi Üveges, J. – Marth, P. – Karkalik, A. – Thury, I. (2006): Magyarország talajainak állapota a Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer (TIM) adatai alapján. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium*
149. *Vernieri, P. - Borghesi, E. - Tognoni, F. - Serra, G. - Ferrante, A. - Piaggese, A. (2006): Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. Acta Hort ISHS 718, 477–484.*
150. *Visser, S. A. (1985): The physiological effect of humic substances on microbial cells. Soil biol. Biochem. 17, 452–462.*
151. *Whitman, D. W. – Agrawal, A. A. (2009): What is phenotypic plasticity and why is it important? In: Whitman D. W., Ananthakrishnan T. N. (eds) Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and consequences. Science Publishers, Enfield, USA, pp. 1–63*
152. *Yakhin, O. I. - Lubyantsev, A. A. - Yakhin, I. A. - Brown, P. H. (2017): Biostimulants in plant science: a global perspective.*

URL¹ <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2024-junius-1/index.html> letöltve 2024.09.03-

URL² <http://www.biostimulants.eu/> [letöltve 2022. 11. 27.].

URL³ WorldHealthOrganization,2002<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42510/WHR_2002.pdf?sequence=1>, letöltve 05.06.2024.

URL⁴<https://agrarium7.hu/cikkek/143-a-repce-tapanyag-utanpotlasi> letöltve 2021.10.01

URL⁵https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/homerseklet/ letöltve 2025. 01. 09.

URL⁶https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/ letöltve 2025.01.09.

URL⁷<https://www.syngenta.hu/press-release/hir/biostimulacio-syngenta-modra-quantis-novenyelettani-hattere> [letöltve 2023. 09. 27.].

URL⁸<https://kwizda.hu/wuxal-boron-plus~p13388> letöltve 2025. 01. 16.

URL⁹<https://biopol.hu/termek/hymagro-sol-talajkondicionalo-20-liter/> letöltve 2025. 01. 16.

URL¹⁰<https://magyarmezsgye.hu/az-agrartudomany-meromuszerei-klorofillmerok> letöltve 2025. 03. 23.

MELLÉKLET

PUBLIKÁCIÓS LISTA

TUDOMÁNYOS CIKKEK HAZAI FOLYÓIRATOKBAN

1. *KUBINA L., SCHMIDT P., KOLTAI G., KALOCSAI R. (2021): Az őszi káposztarepce termesztéstechnológiája és tápanyagellátásának aktuális kérdései. Acta agronomica óváriensis 62: Különszám 2. pp. 82-94.*
2. *KUBINA L., NAGY V. (2023): QUANTIS szerepe a növényi stressz folyamatokban. Acta agronomica óváriensis 64: Különszám 2. 64-77.*
3. *KUBINA L; KALOCSAI R; MOLNÁR; VONA V; GICZI Z; NAGY V. (2023): Biostimulátorok szerepe a növények stressz folyamataiban Acta agronomica óváriensis 64: (1).127-158.*

TUDOMÁNYOS CIKK NEMZETKÖZI FOLYÓIRATBAN

1. KUBINA L., MOLNÁR Z., SÜLE B., GICZI ZS., NAGY V., KALOCSAI R. (2024): Effects of Biostimulant and Zinc (Zn) Treatment on Qualitative and Quantitative Indicators of Winter Rape (brassica Napus L.) Chemical engineering transactions 114 pp. 769-774. DOI:10.3303/CET24114129
2. SÜLE B., KALOCSAI R., KUBINA L., GICZI Z., NAGY V., GOMBKÖTŐ N. (2024): Experimental Analysis of a Solar-Powered Centre Pivot Irrigation Site and Hyperlocal Evapotranspiration Data Chemical engineering transactions 114 pp. 787-792. DOI:10.3303/CET24114132
3. KUBINA L., MOLNÁR Z., SÜLE B., MOLNÁR J., KALOCSAI R. (2024): *Biostimulant effect of quantitative indicators of winter rape (Brassica napus L.) quantitative indicators* Bio web of conferences 125 Paper:01003 DOI:10.1051/Bioconf/202412501003
4. KALOCSAI R., GICZI ZS., SZAKÁL T., CENTERI CS., BIRÓ ZS., VONA M., KUBINA L., ZSEBŐ S., KULMÁNY I., VONA V. (2024): *Effect of pH, carbonate and clay content on magnesium measurement methods on Hungarian soils* Soil Systems 8: 2 Paper: 49 DOI:103390/soilsystems8020049

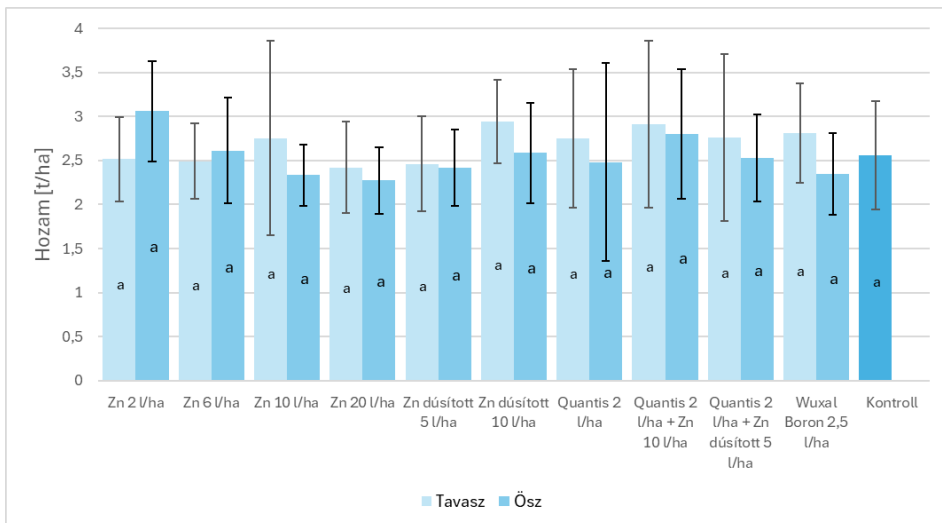
ELŐADÁSOK TUDOMÁNYOS KONFERENCIÁKON

1. *KUBINA L., NAGY V.* (2023): Quantis szerepe a növényi stressz folyamatokban In: Molnár, Zoltán; Némethné, Wurm Katalin (szerk.) 39. Óvári Tudományos Nap Konferencia Mosonmagyaróvár, Magyarország, Veszprém, Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, VEAB Agrártudományi Szakbizottság p. 94.

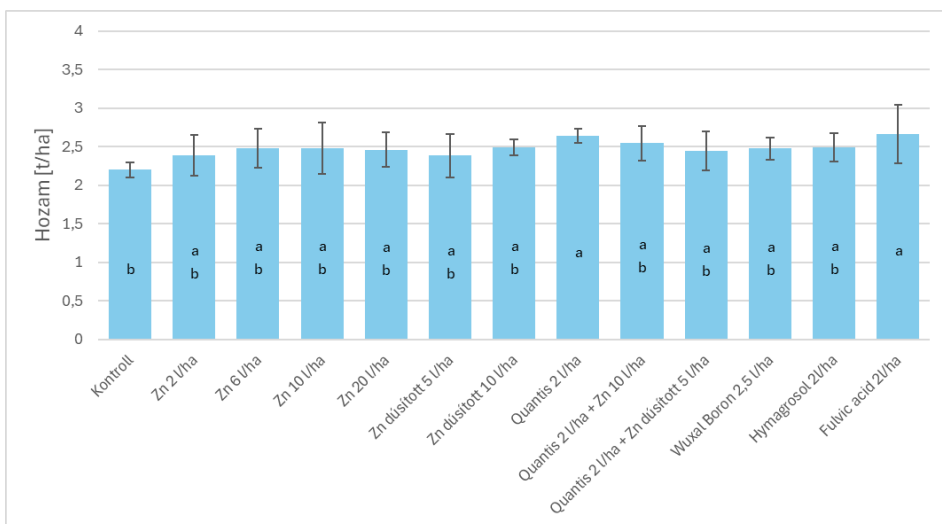
2. *GICZI ZS., KALOCSAI R., KOVÁCS A. J., KUBINA L., VARGA Z., VASAS D., KOLTAI G.* (2023): Talajnedvesség mérőhelyek adatainak összehasonlítása a Szigetközben
In: Somlyódy, Balázs; Váradi, József (szerk.) Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlése Budapest, Magyarország Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) (2023) Paper: 0314 koltai gabor, 16 p

DIAGRAMMOK

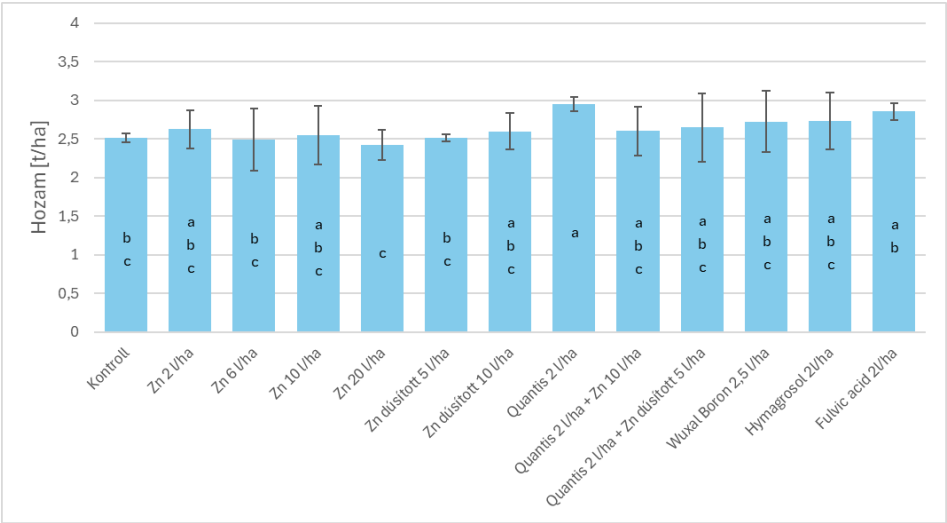
Hozam 2022



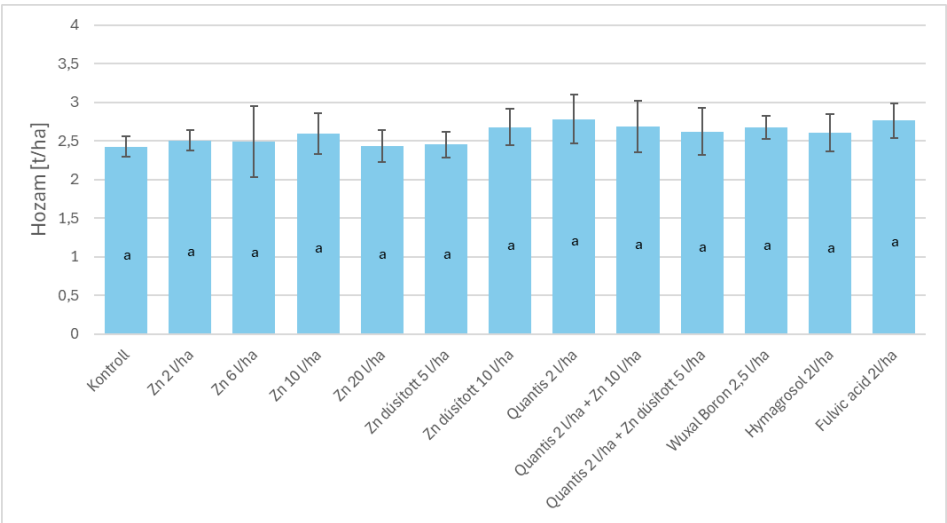
Hozam 2023



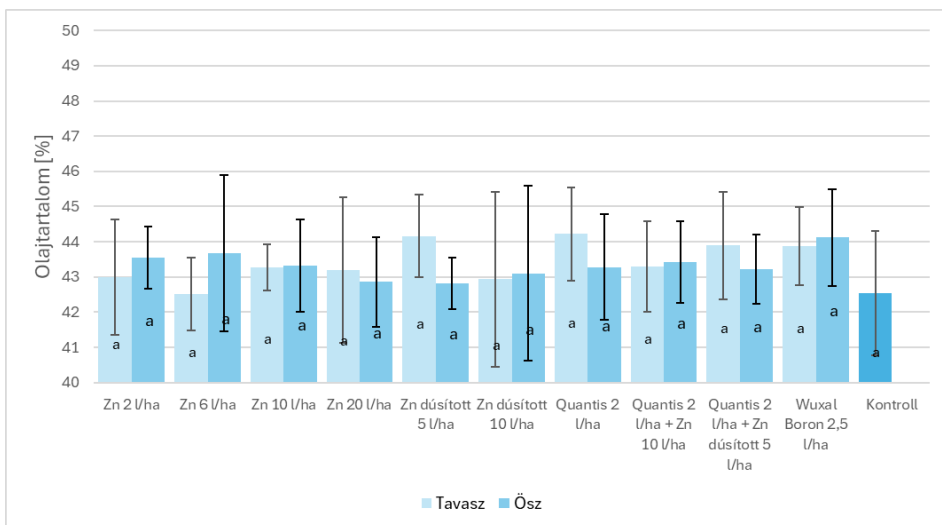
Hozam 2024



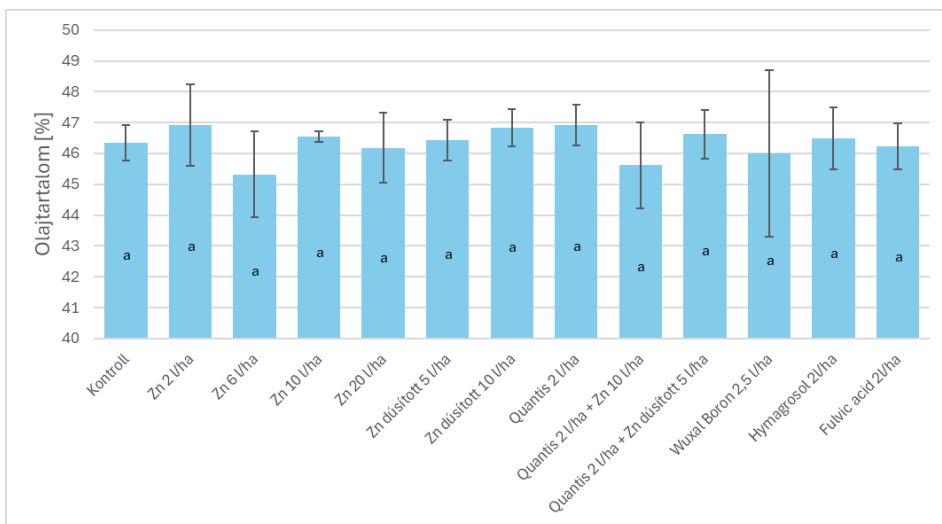
Hozam 2022-2024



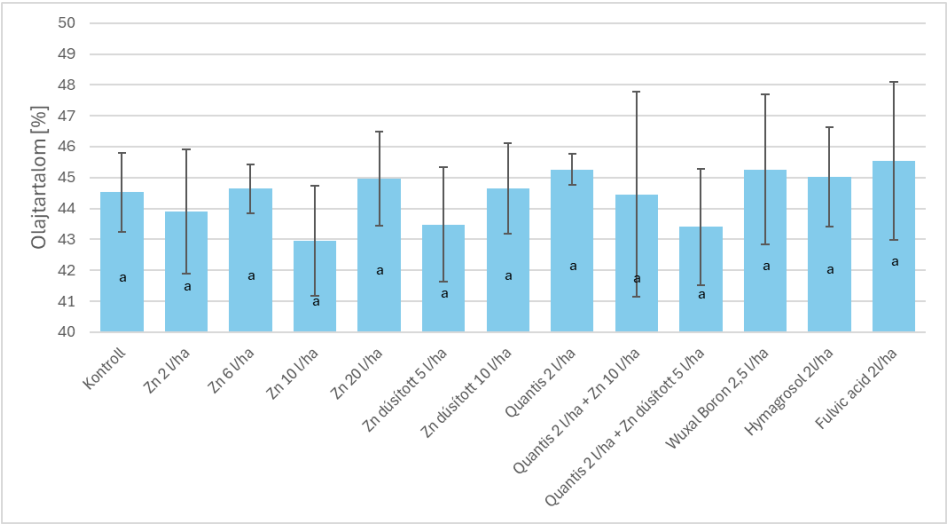
Olaj 2022



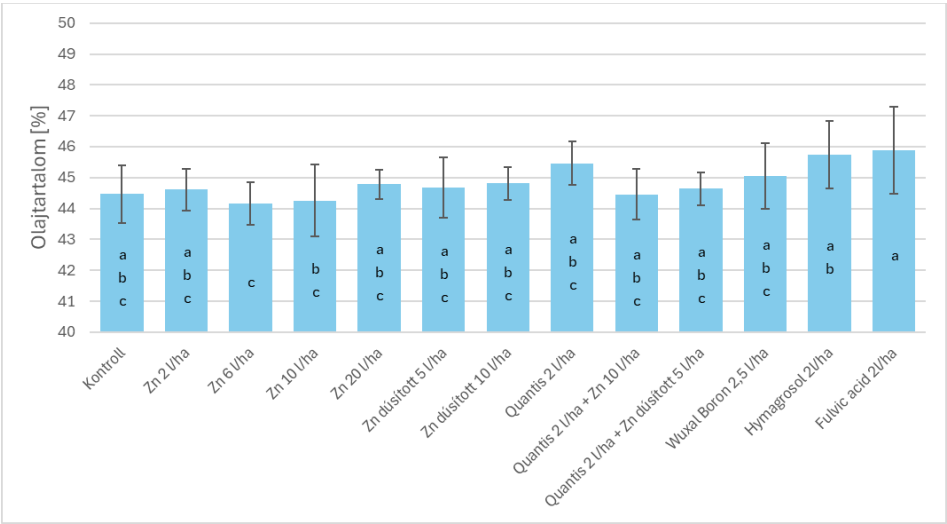
Olaj 2023



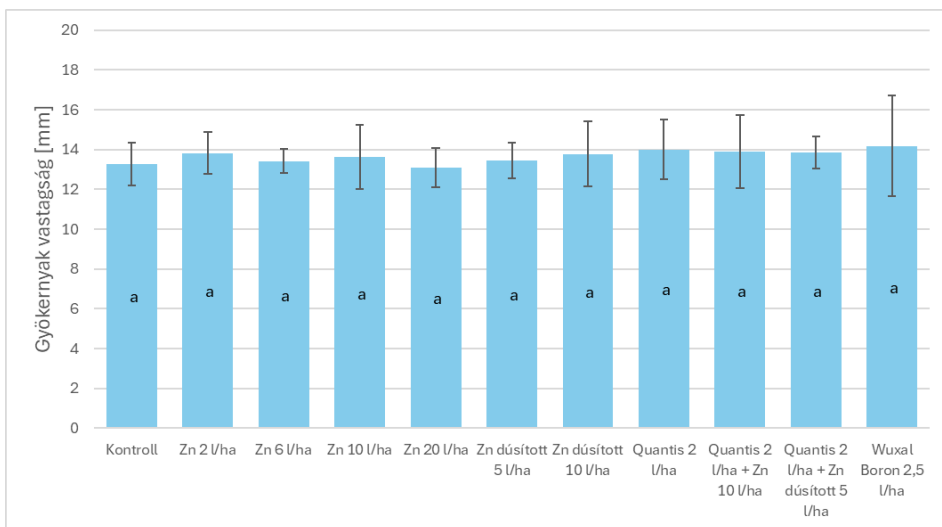
Olaj 2024



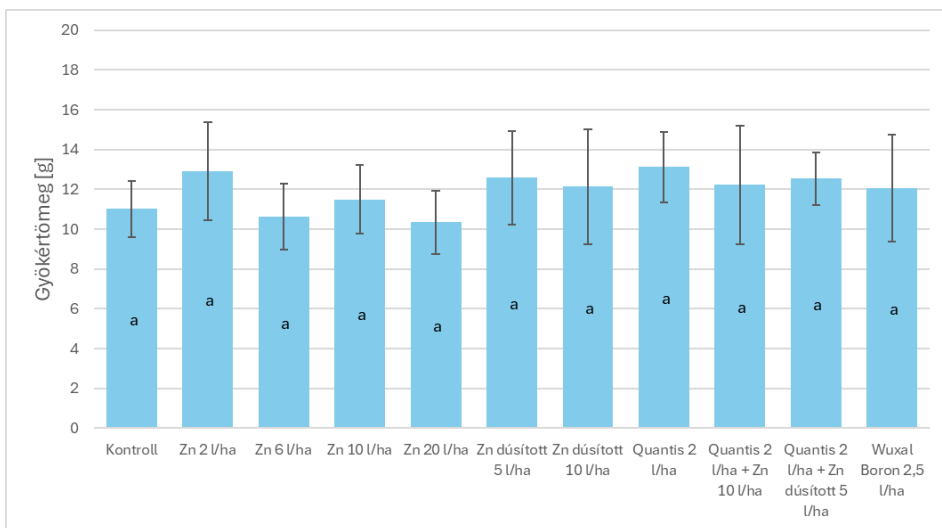
Olaj 2022-2024



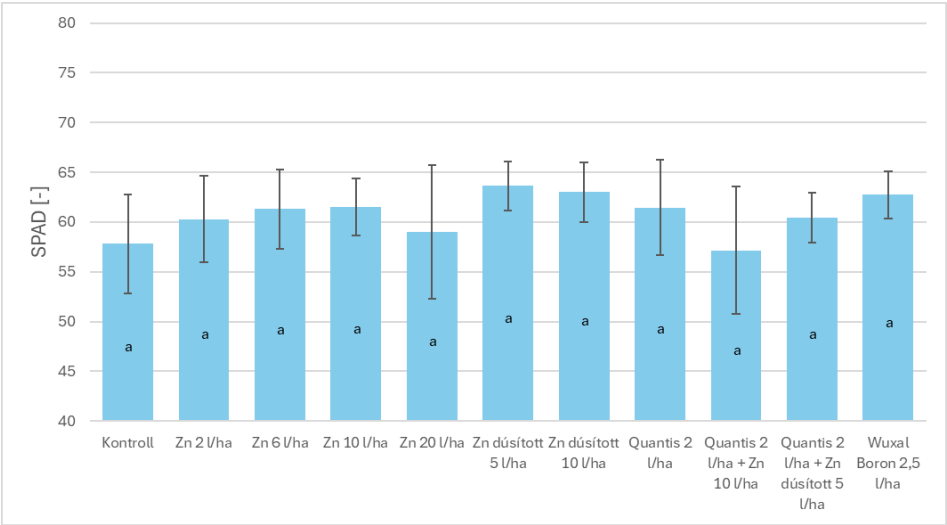
Gyökérnyak 2022



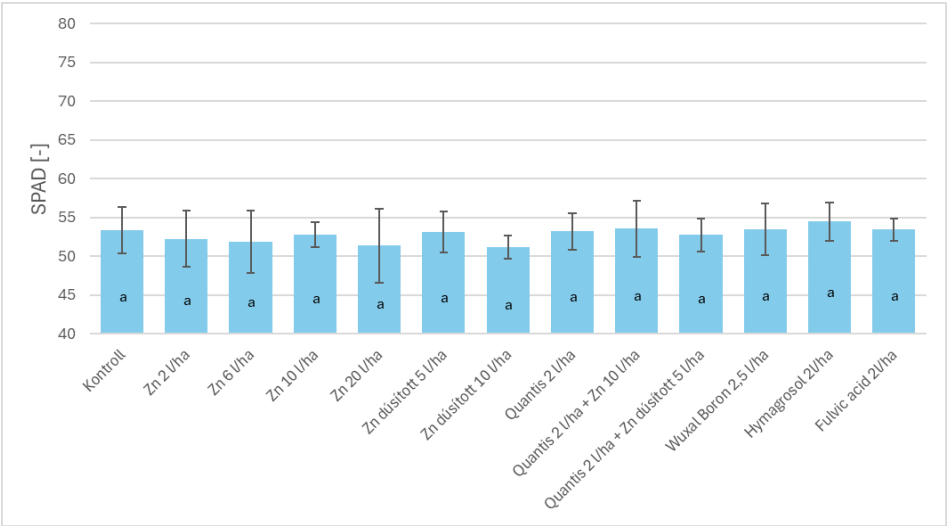
Gyökértömeg 2022



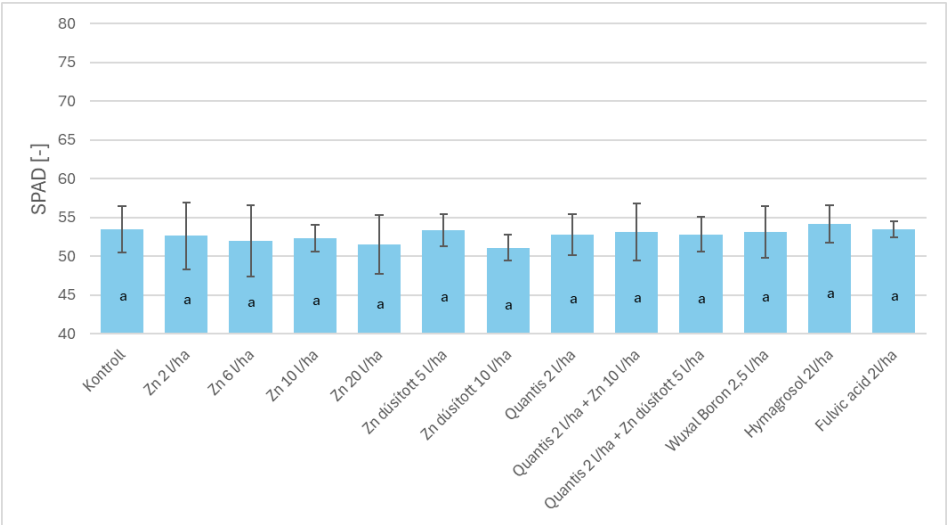
SPAD 2022



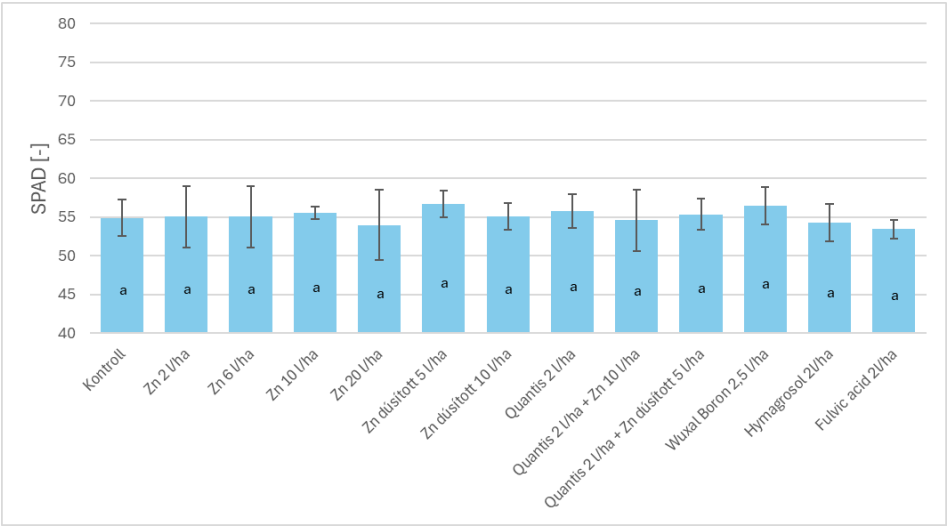
SPAD 2023



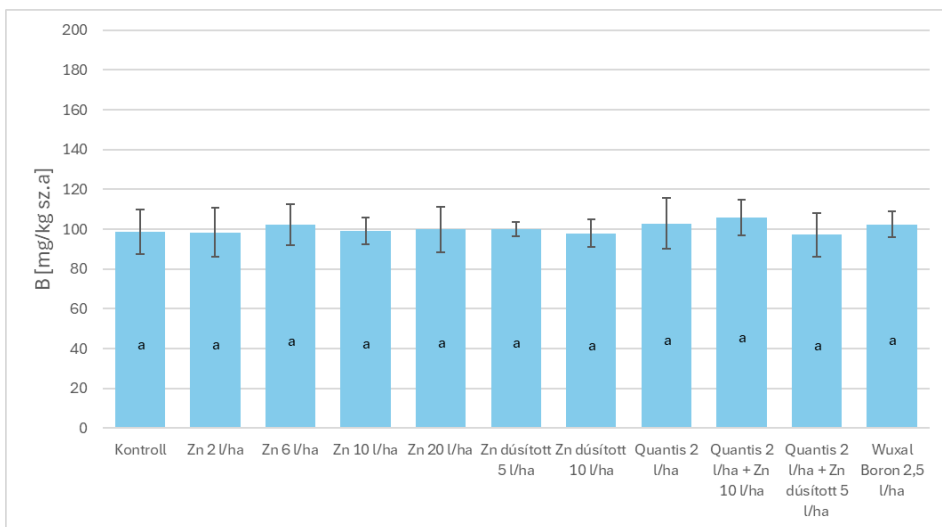
SPAD 2024



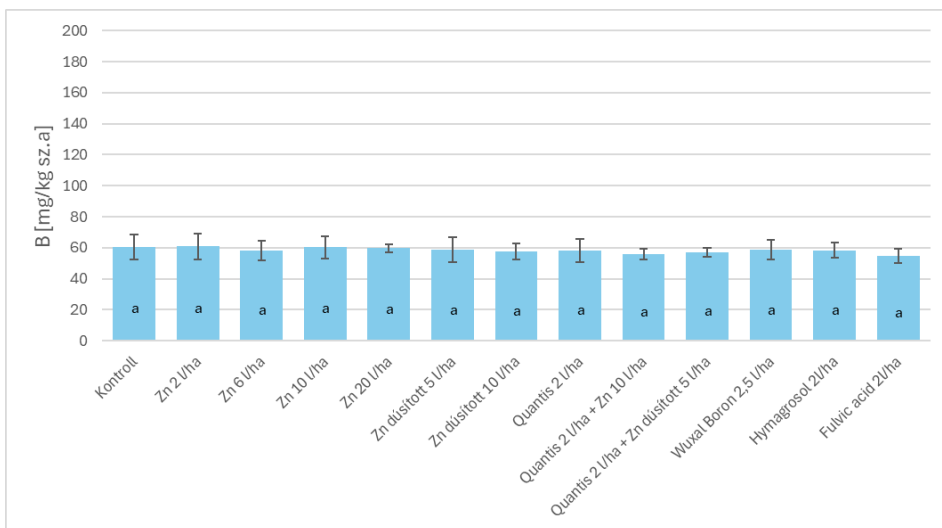
SPAD 2022-2024



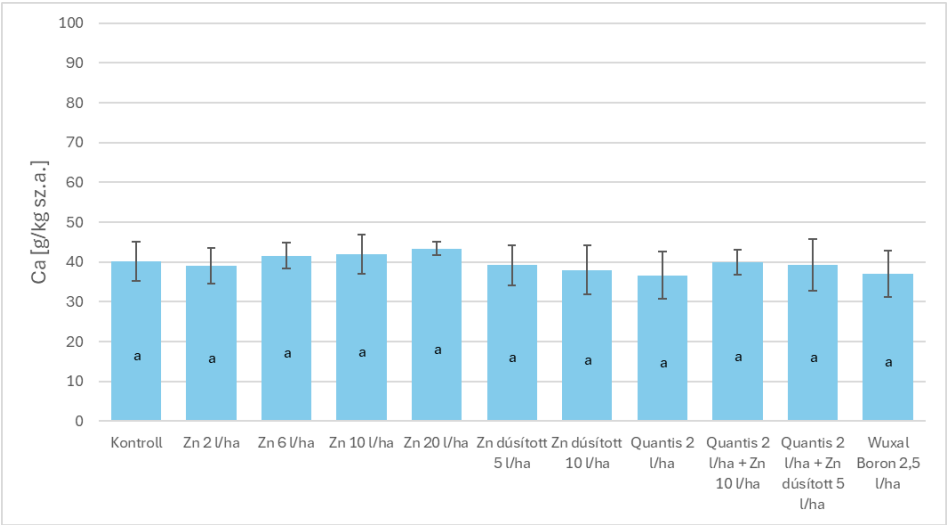
B 2022



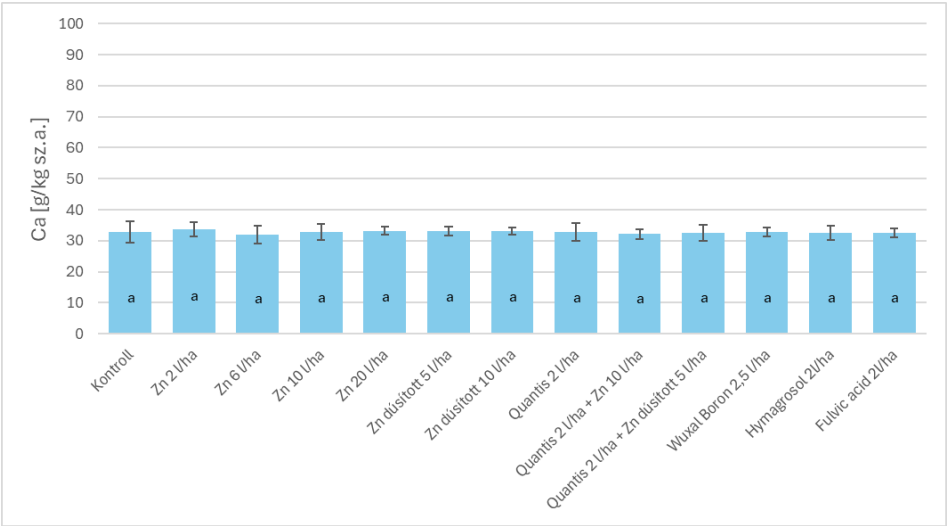
B 2023



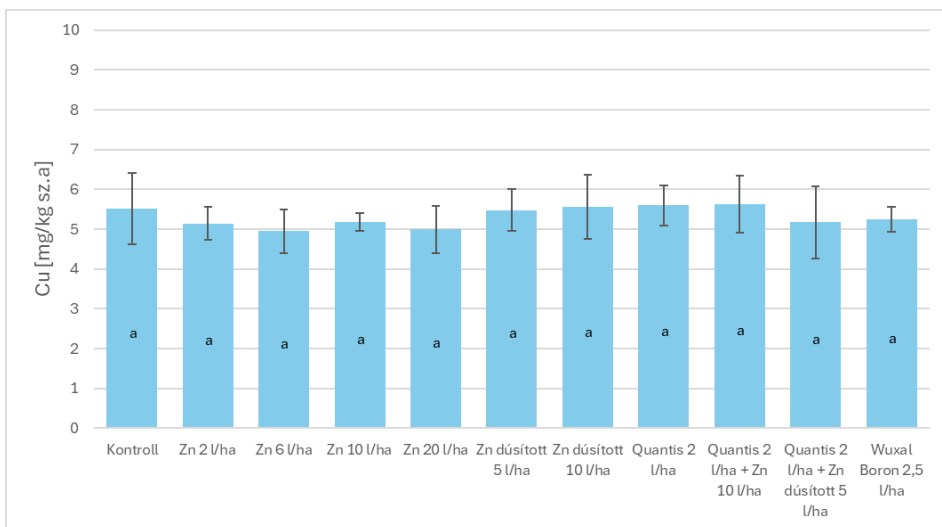
Ca 2022



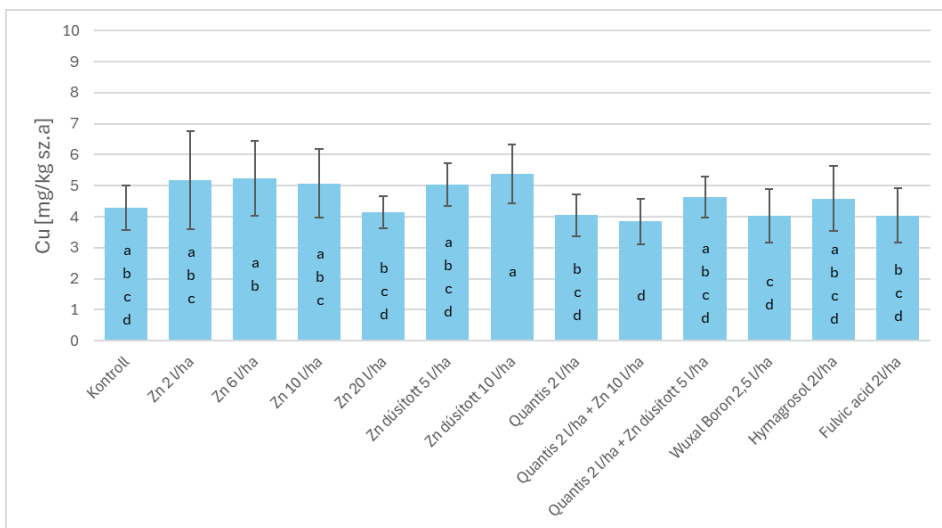
Ca 2023



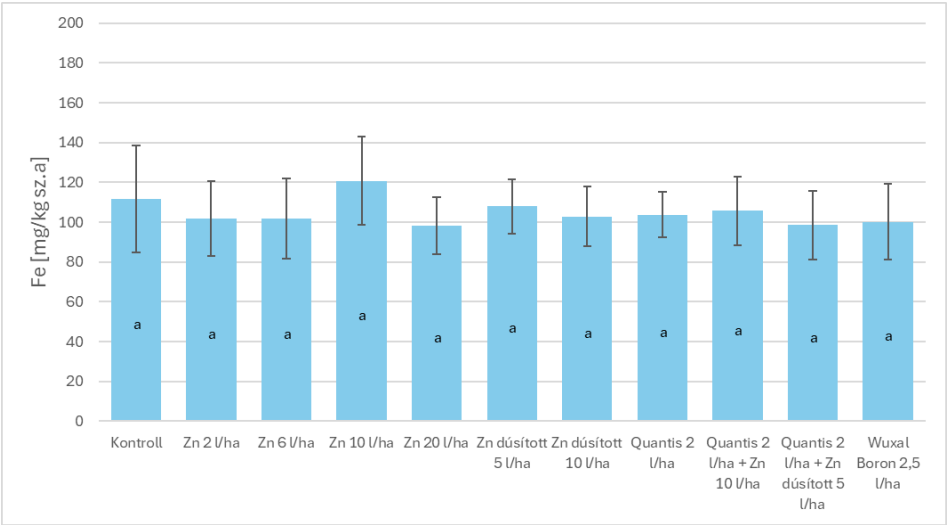
Cu 2022



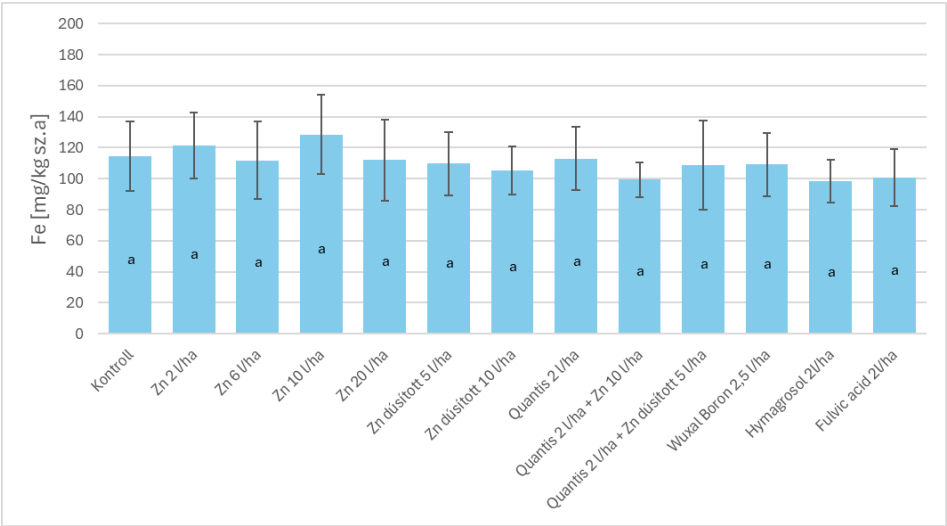
Cu 2023



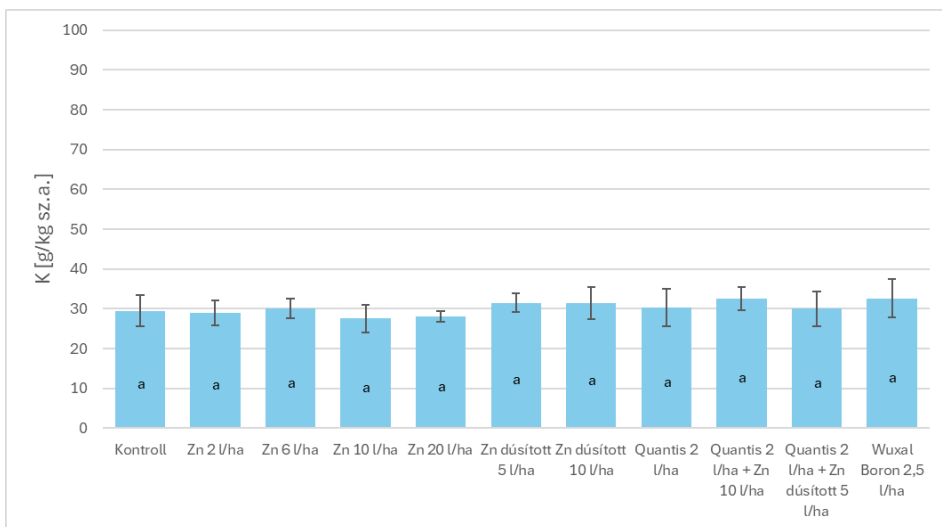
Fe 2022



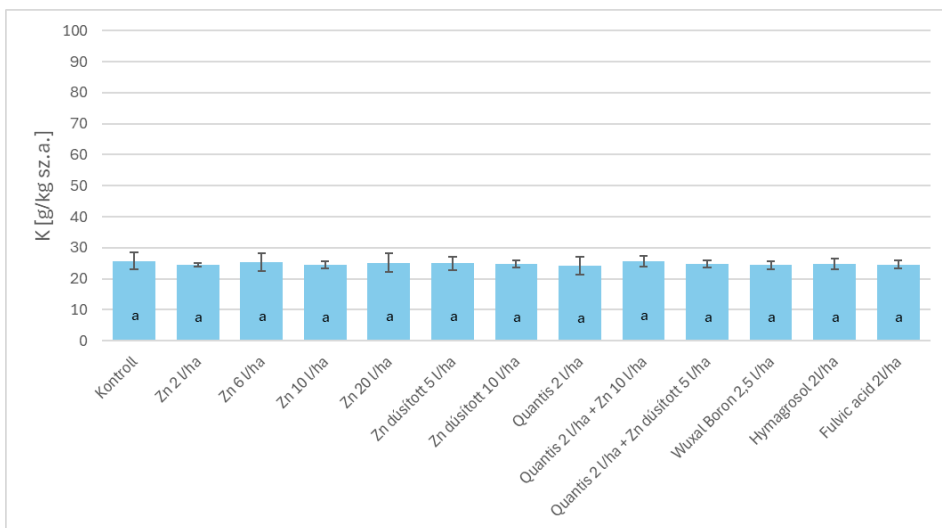
Fe 2023



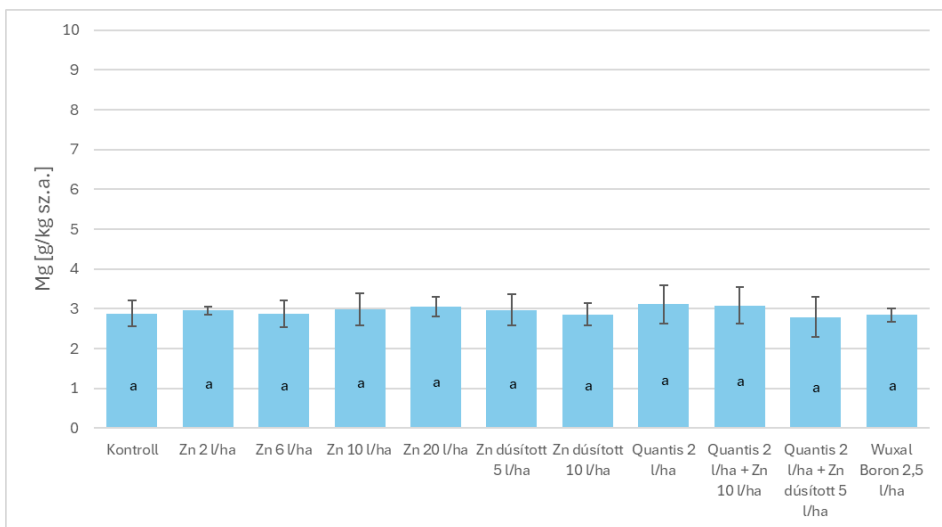
K 2022



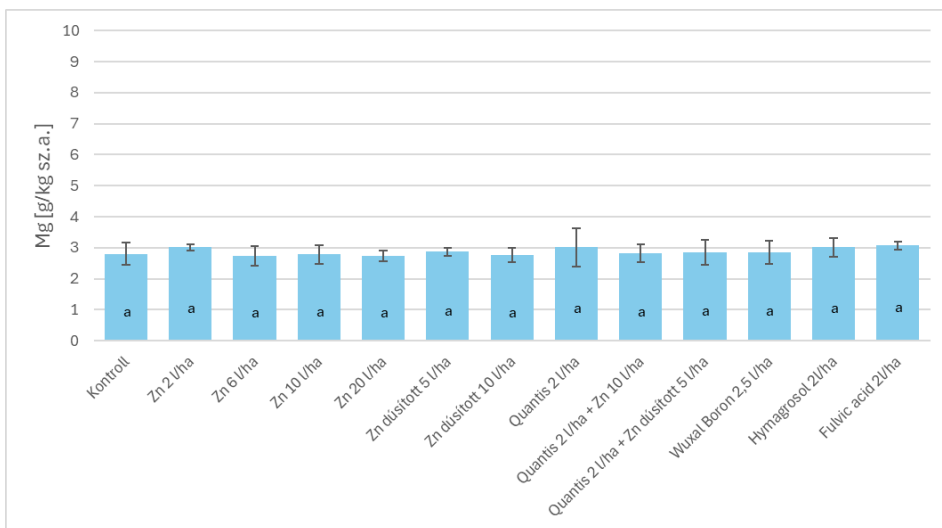
K 2023



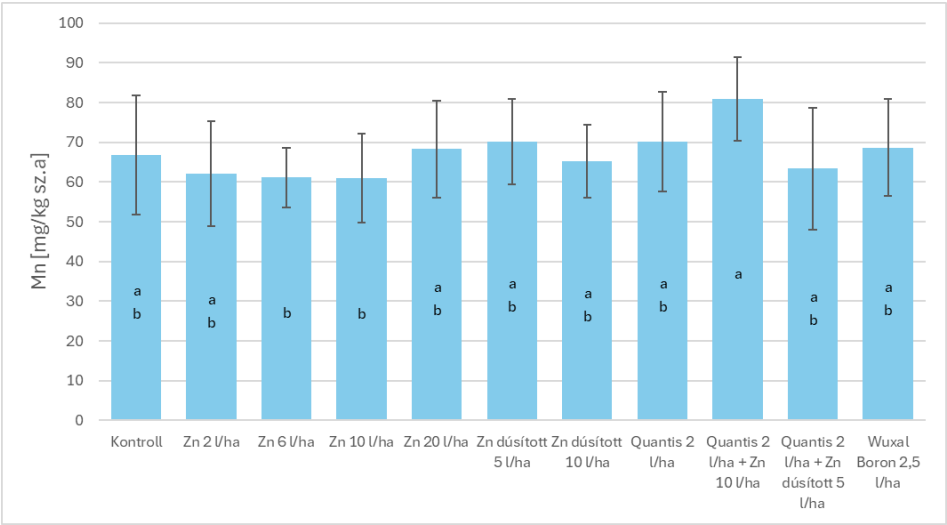
Mg 2022



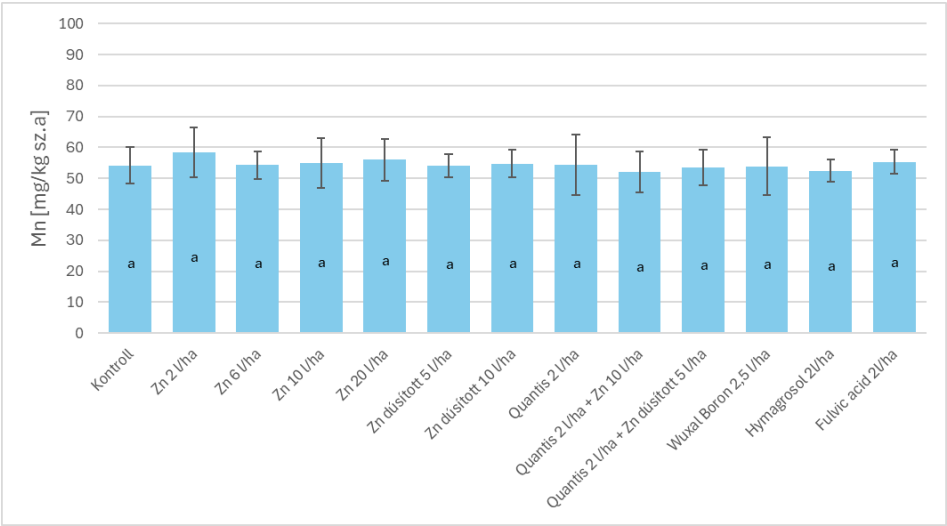
Mg 2023



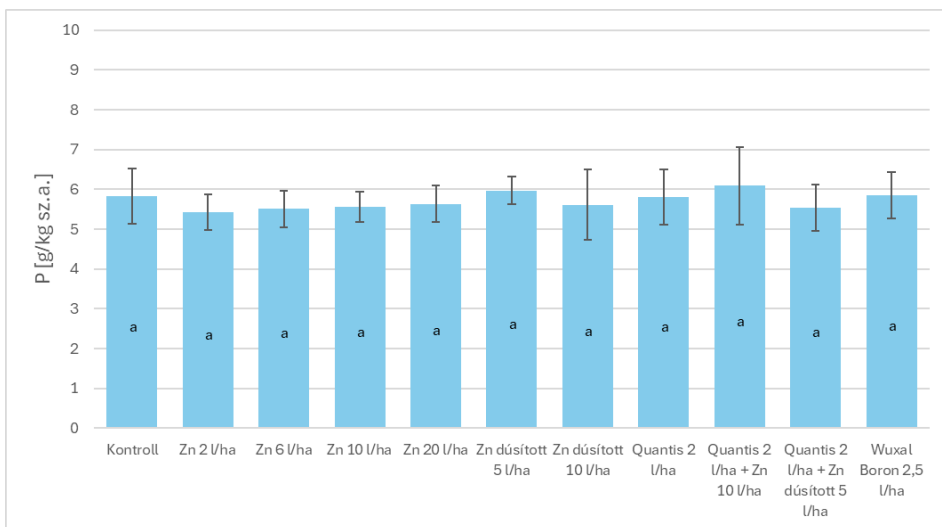
Mn 2022



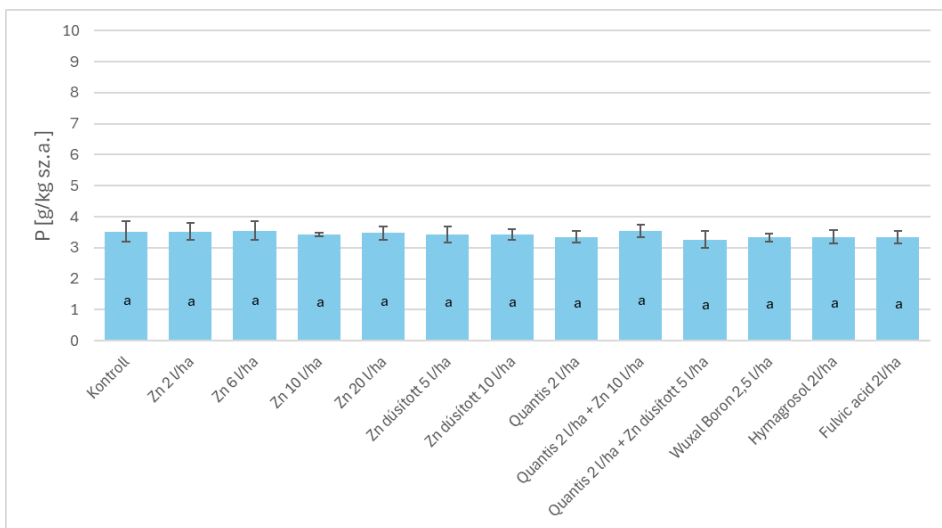
Mn 2023



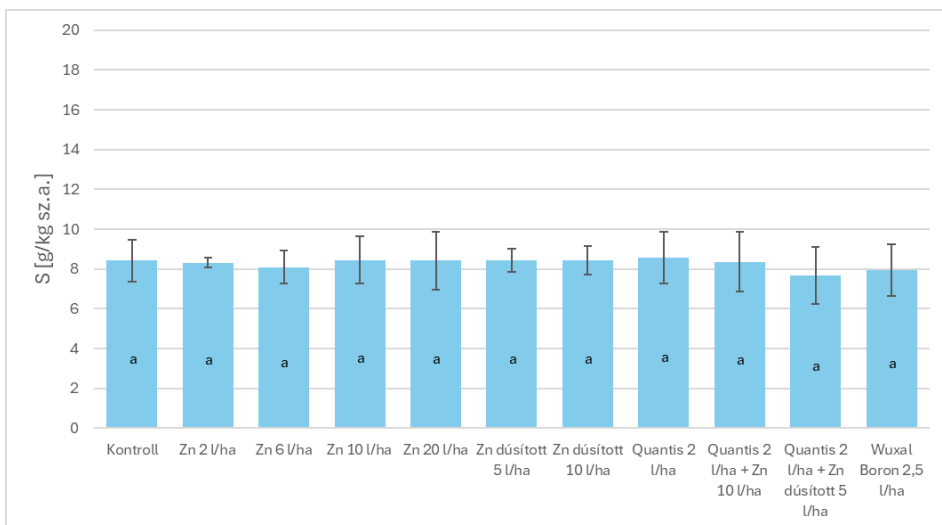
P 2022



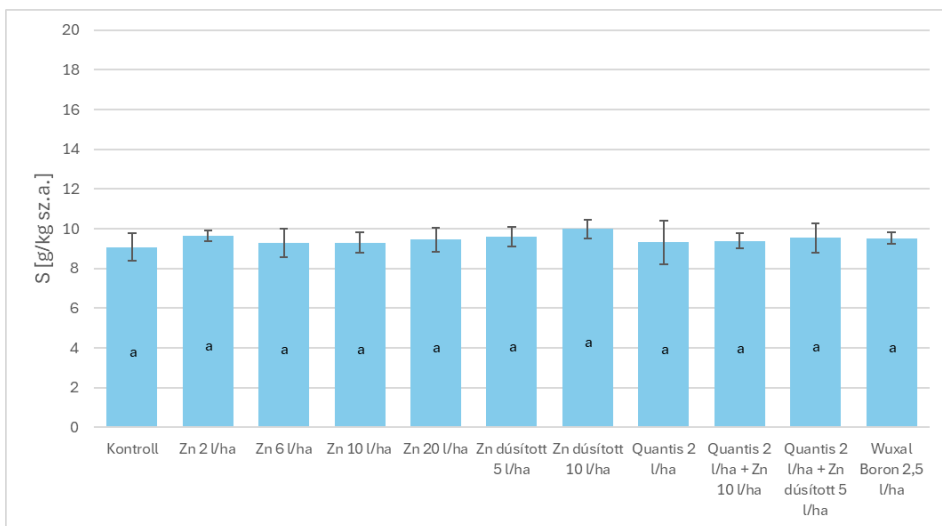
P 2023



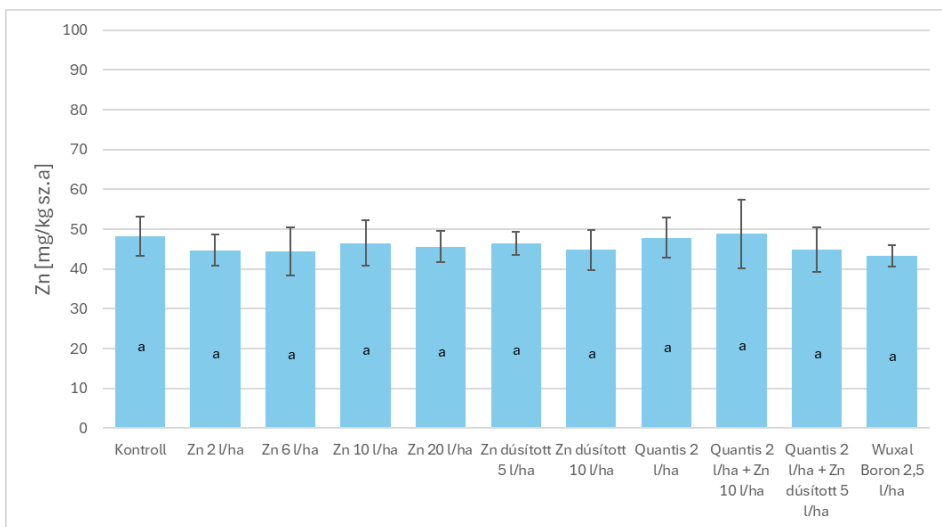
S 2022



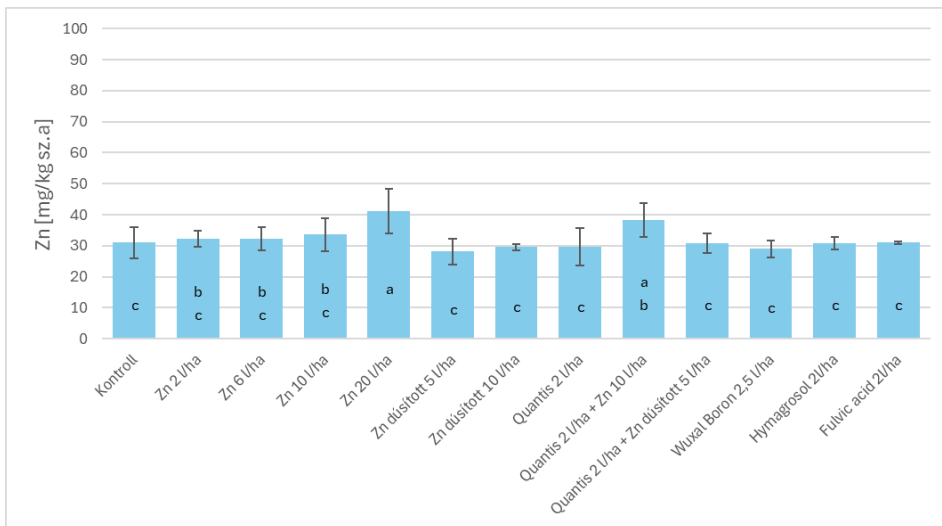
S 2023



Zn 2022



Zn 2023



ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra. A növény funkcionális paramétereinek változása a környezeti tényezők intenzitásának függvényében (Szigeti 1998).....(17).
2. ábra. Biostimulátorok főbb igazolt növényélettani hatásai Povero G. et al. (2016)..... (25).
3. ábra Talajaink zink-tartalma a TIM pontok alapján (EDTA-KCl)....(47).
4. ábra Tarján 0258 hrsz terület és a parcellák felosztása.....(61).
5. ábra Naszály 0124 hrsz terület és a parcellák felosztása.....(62).
6. ábra Naszály 087 hrsz terület és a parcellák felosztása.....(62).
7. és 8. ábra: Évi átlagos középhőmérséklet és éves csapadékösszeg Magyarországon az 1991-2020 közötti időszak alapján (Forrás: *Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) 2025a, OMSZ 2025b*).....(72-73).
9. ábra Napi minimum hőmérsékleti adatok.....(74).
10. ábra A kezelés után 2 nappal a területet ért fagyhatás a repce állományban..... (75).
11. ábra Euro- Pulvé háti permetező.....(84).
12. ábra Minolta 502 SPAD mérőkészülék.....(88).
13. ábra Haldrup C-85 parcellabetakarító kombájn.....(89).
14. ábra Mininfra SmartT gabona analizáló.....(90).
15. ábra A gyökértömeg mérése.....(100).
16. ábra Gyökérnyak vastagság mérése tolómérővel.....(102).

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A minták megoszlása a mért értékek alapján.....	(48).
2. táblázat: A repce tápanyagigénye.....	(54).
3. táblázat: Alkalmazott talajvizsgálati módszerek.....	(65).
4. táblázat: Tarján 0258 hrsz talajvizsgálati eredménye.....	(66).
5. táblázat: Naszály 0124/9,10 hrsz talajvizsgálati eredménye.....	(67).
6. táblázat: Naszály 087/12 hrsz talajvizsgálati eredménye.....	(67).
7. táblázat: A Quantis fizikai – kémiai tulajdonságai.....	(78).
8. táblázat Hymagro Sol összetétel.....	(82).
9. táblázat 2021/22-es évben alkalmazott kezelések.....	(85).
10. táblázat 2022/23-as és 2023/24-es évben alkalmazott kezelések...	(86).
11. táblázat: Levene-teszt p -értékei. $p \geq 0,05$ esetén a szóráshomogenitás feltétele teljesül.....	(93).
12. táblázat: Kolmogorov-Smirnov-teszt p -értékei. $p \geq 0,05$ esetén a változó normál eloszlásúnak tekinthető.....	(94).
13. táblázat: Kezelések hatása az őszi káposztarepce hozamára.....	(96).
14. táblázat: Kezelések hatása az őszi káposztarepce olajtartalomára.....	(98).
15. táblázat A gyökértömeg mérési eredményei.....	(101).
16. táblázat Gyökérnyak vastagság mérési eredményei.....	(103).
17. táblázat SPAD mérési eredmények.....	(104).

18. táblázat Levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése.....(107-108).
19. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára.....(112).
20. táblázat Varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára.....(113).
21. táblázat Varianciaelemzés eredményei a SPAD értékre.....(114).
22. táblázat Levél elemanalitikai vizsgálatok statisztikai értékelése.....(116-117).
23. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára.....(121).
24. táblázat Varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára.....(122).
25. táblázat Varianciaelemzés eredményei a SPAD értékre.....(123).
26. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce hozamára.....(126).
27. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce olajtartalmára...(127).
28. táblázat A varianciaelemzés eredményei a repce SPAD értékeire..(128).
29. táblázat Hozamra és olajtartalomra pozitív és negatív hatást eredményezőkezelések a kísérletek három éve során.....(130).
30. táblázat Alkalmazott kezelések rangsorrendje a hozamra és az olajtartalomra a kísérletek három éve során.....(131).