

SZAKDOLGOZAT

Oláh Zsófia

Kaposvár

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Mezőgazdasági mérnök szak

**KÜLÖNBÖZŐ DÓZISÚ CINK OLDATOK HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA CIROKBAN ÉS KUKORICÁBAN**

Belső Konzulens: Dr. Jócsák Ildikó

egyetemi adjunktus

**Növénytermesztési-tudományok
Intézet, Agronómia tanszék**

Készítette: Oláh Zsófia

Kaposvár

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
1.1 Célkitűzések.....	5
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1 A kukorica származása, elterjedése	6
2.2 A kukorica jelentősége és felhasználásának lehetőségei	6
2.3 A cirok származása, elterjedése:	7
2.4 A cirok felhasználása	8
2.5 A kukorica tápanyagigénye.....	9
2.5.1 Nitrogénhiány tünetei kukoricában:.....	10
2.5.2 Foszfor és kálium hiánytünetei kukoricában	10
2.6 Cirok tápanyagigénye	11
2.7 A cink (Zn) jelentősége.....	11
.....	13
2.7.1 A cink előfordulása	13
2.7.2 Cink kijuttatási módszerek.....	14
2.7.3 A cinkstressz hatásai növényekben	15
2.8 A cink szerepe az aszálytűrő képesség javításában.	15
2.8.1 Sóstressz hatása kukoricában és cirokban.....	16
2.9 A cink szerepe a kukorica csírázásában	17
2.10 A cink szerepe a cirok csírázásában.....	18
3. Saját vizsgálatok.....	19
3.1 Anyag és módszer	19
3.1.1 A vizsgálat helye és ideje	19
3.1.2 A kísérlet előkészítése,	19
Oldat előkészítés.....	19
3.1.3 Növényvetés.....	20

3.1.4 Növénynevelés	20
3.2 Számítások.....	21
3.3 Statisztikai elemzések	21
4. Eredmények és értékelésük	22
4.1 A kukorica kumulatív napi csírázási számának eredményei	22
4.2 A cirok kumulatív napi csírázási számának eredményei	23
4.3 A kukorica magok csírázásnak alakulása különböző kezelési koncentrációk hatására a 4.,7.,10.,13.,16., napokon.	24
4.4 A cirok magok csírázásnak alakulása különböző kezelési koncentrációk hatására a 4.,7.,10.,13.,16., napokon.	26
4.5 A kukorica magok csírázási százalékának alakulása az 5 kontrollnapon	28
4.6 A cirok magok csírázási százalékának alakulása az 5 kontrollnapon	28
4.7 A cink kezelés hatása a gyökér- és hajtáshosszúságra kukoricában	30
4.8 A cink kezelés hatása a gyökér- és hajtáshosszúságra kukoricában	31
4.9 A kukorica vigor index eredményei.....	32
4.10 A cirok vigor index eredményei.....	33
5. Következtetések és javaslatok	34
5.1 Javaslatok.....	35
6. Összefoglalás.....	36
6.1 Köszönetnyilvánítás.....	36
7. Irodalomjegyzék.....	37
7.1 Internetes hivatkozások	39
8. Mellékletek.....	41

1. Bevezetés

A szántóföldi növénytermesztés egyik legmeghatározóbb tényezője a tápanyag-gazdálkodás, hiszen ez nagyban hozzájárul a növények megfelelő fejlődéséhez és a későbbiekben meghatározza a terméshozam mennyiségét és a minőséget is. A mikroelemek közül a cink (Zn) kiemelt jelentőséggel bír hiszen nélkülözhetetlen számos enzimatis és fziológiai folyamatban, ez annak köszönhető, hogy a cink részt vesz a fehérje-anyagcserében és a növekedés szabályozásban. A cink hiánya a leggyakrabban előforduló mikro-tápanyag hiány. Magyarország számos területére jellemző, hogy cinkhiánnyal küzd. A cinkhiány mellett súlyos problémákat tud okozni a túlzott cink felhalmozódás is, ami nagy mennyiségben toxikus hatást idézhet el, ez megnyilvánul a gátolt gyökérfejlődésben, növekedési zavarban és előidézhet oxidatív stresszt is. Ennek érdekében a növényélettani kutatások egyik fontos célja az optimális cink mennyiség meghatározása.

A kukorica (*Zea mays*) és a cirok (*Sorghum bicolor*) világszerte jelentős szerepet töltenek be az emberi táplálkozásban, az állati takarmányozásban és a bioenergia termelésben. Azért ezt a két növényfajtát választottam, mert napjainkban a kukorica mellett nem jut nagy szerep a cirok termesztésének főként Magyarországon, pedig a kutatások azt bizonyítják, hogy a cirok rendkívül jól tűri a szárazságot a kukoricával szemben. A szárazságtűrése miatt érdemes átgondolni a termesztését, mivel napjainkban növekvő tendenciát mutatnak az aszályos időszakok így a cirok termesztése nagyobb terméshozamot eredményezhet, illetve a két növény beltartalmi értékei is nagymértékben hasonlítanak egymásra.

1.1 Célkitűzések

Kutatásom célja nem csak tudományos hanem gyakorlati jelentőséggel is bír. A mikroelem-ellátottság optimalizálása kulcsszerepet játszik a fenntartható növénytermesztésben hiszen a pontos tápanyag-utánpótlás hozzájárul a termelékenység növeléséhez miközben csökkenti a környezeti terhelést. Vizsgálatomban, a következő kérdésekre keresem a választ:

- Milyen hatással van a cink a kukorica és a cirok csírázására és kezdeti fejlődésére
- Hogyan hatnak az egyes cink dózisok a csírázás dinamikájára
- Befolyásolják-e a különböző cink kezelések a kezdeti gyökér- és hajtáshosszúságot?

Összességében a céloom fajspecifikusan meghatározni az optimális csírázást/kezdeti fejlődést biztosító dózist

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A kukorica származása, elterjedése

A kukorica egy Amerikából származó növény. Latin neve *Zea mays* L. Géncentruma Peru, innen terjedte Argentína, Közép-Amerika, majd később Mexikó felé. 1942-ben Peruban találta a kukoricát Kolombusz Kristóf két matróza, ekkori nevén „makiznak” nevezték. 1943-ban került áthozásra Európába, ezen belül pedig Spanyolországba. Az 1500-as éve végén elkezdődött a termesztése világszerte, ez velencei és portugál hajósoknak volt köszönhető, akik útvonaluk mentén terjesztették a növényt. (Antal J. és mtsai 2005)

Először 1590-ben került át Magyarországra Olaszországból, majd 1611-ből is vannak írásos emlékek, miszerint a török közvetítésével kerülhetett be Erdélyen keresztül. 90%-ban emberi táplálkozás részeként van jelen világszerte, azonban az állati takarmányozásban is jelentős szerepe van, mint energiaszolgáltató. (Antal J. és mtsai 2005)

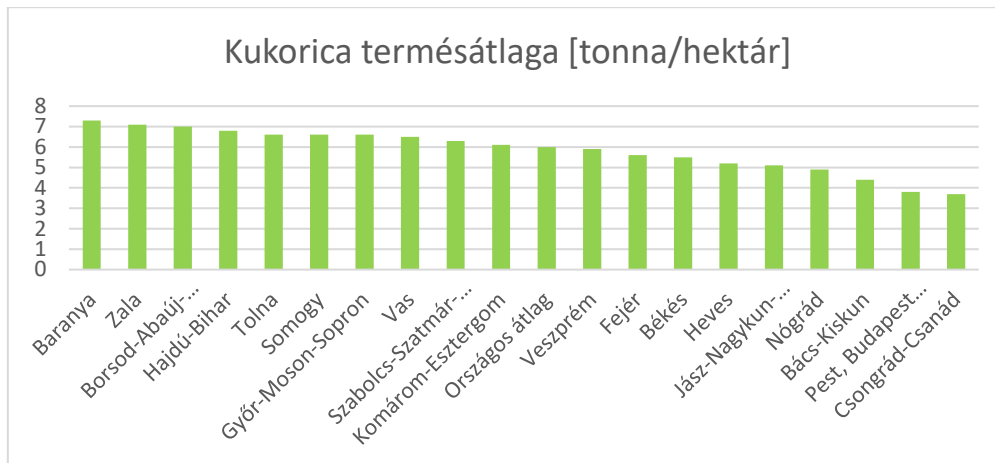
2.2 A kukorica jelentősége és felhasználásának lehetőségei

A rizshez és a búzához képest a kukorica tekinthető a legsokoldalúbban felhasználható gabonafélének. Takarmányként a világon megtermelt mennyiség kétharmadát használják. A szemes- és silókukorica a legnagyobb energiatartalmú takarmány. Szarvasmarha takarmányozásban igen elterjedt mivel magas keményítőtartalmának köszönhetően nehezen bomlik le a bendőben. (www.yara.hu)

A kukorica sokoldalúan felhasználható növény. Humán táplálkozásban, illetve állati takarmányozásra is felhasználják. Ipari hasznosítási lehetőségei is széleskörűek. 90%-ban takarmányozásra használják a kukoricát Magyarországon. Hazánkban, meglehetősen alacsony a kukorica közvetlen táplálékként való fogyasztása. Számottevő a főtt csemegekukorica és pattogatott kukorica fogyasztása. Mindezek mellett a puffasztott kukorica készítmények és a pelyhesített termékek is kezdenek teret nyerni. (Antal J. és mtsai 2005)

Ipari felhasználásának lehetőségei: keményítő, gluténforrás, számos sütőipari feldolgozott termék. kukoricapehely, kukoricadara és kása. Csemegekukoricát körülbelül világszerte 1 millió hektáron termelnek emberi fogyasztásra. Napjainkban egyre nagyobb teret nyer a bioetanol és biogáz előállítás. Az Egyesült államokban termesztett kukorica 40%-át bioetanol

feldolgozására használják fel. Európa jelentős részén a kukoricát a biogáz fő nyersanyagaként termesztik. A tonnánkénti gáz kibocsátása a kukoricának a legmagasabb. Vannak olyan speciális fajták, amik elérhetik a 60t/ha termésmennyiséget, ebből a mennyiségből akár 6000m³ metán is előállítható. (www.yara.hu)



1. ábra A kukorica termésátlagának alakulása a vármegyékben és országosan 2024 Forrás: KSH

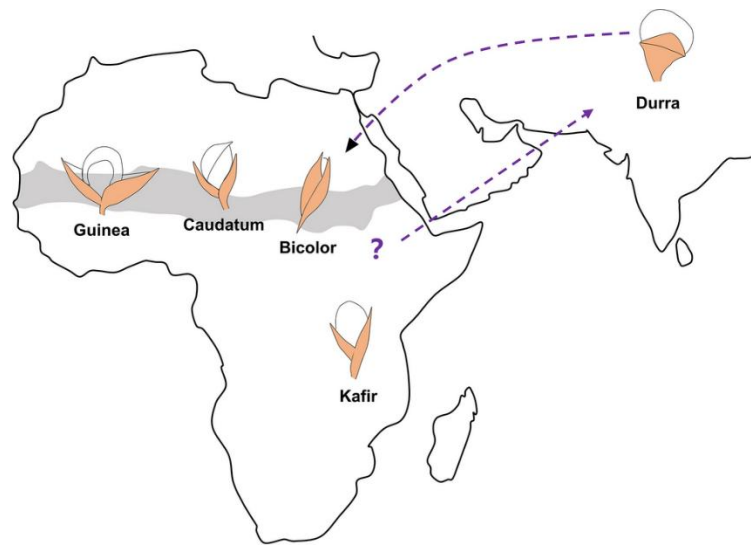
2.3 A cirok származása, elterjedése:

A cirok (*Sorghum bicolor*) az ötödik a világon legnépszerűbb gabonanövények közül. Alapvető élelmiszerként szolgál 500 millió ember tekintetében Afrikában és Ázsiában. A cirkot először élelmiszerforrásként Afrika Száhel- övezetében kezdték el termesztetni, majd 6000 évvel később Közép-Kelet-Szudánban kezdték el nemesíteni. Rostként, takarmányként és üzemyagként is szolgált, mindamelllett, hogy rendkívül értékes kalóriaforrás is volt. Erős ellenálló képességet mutat a szárazsággal, sóval és lúgossággal szemben, mivel ilyen ökoszisztémában fejlesztették ki. Az éghajlatváltozások miatt erőforrássá válik a modern növénynevelésben is. (FEGYONG G. és mtsai 2023)

A kukoricához hasonlítva a fehérjekoncentrációja nagyobb (+2-3%) a nyerszír szintje kisebb (-0,7%), energiatartalma pedig hasonló. Fehér színű fajtaváltozatai rendkívül jól alkalmazhatóak takarmányozásra. (Antal J. és mtsai 2005)

A *sorghum* nemzetség 23 vagy 24 fajból áll ez a megállapítás még vita tárgyát képezi. A *Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *bicolor* magában foglalja az összes termesztett cirokfajtát, ezeket az *S. bicolor* ubsp. *verticilliflorumból* származtatják, amely Afrikában széles körben elterjedt. A kalászká és a fejtípus egyszerűsített morfológiai jellemzői alapján a termesztett

cirok öt alapra sorolható: *bicolor*, *guinea*, *caudatum*, *kafir* és *durra*. (Fegyong G.. és mtsai. 2023)



2. ábra Öt házasított cirokfaj (*bicolor*, *guinea*, *caudatum*, *kafir* és *durra*) házasítási központjai, eredeti elterjedése és kalászosmorfológiája (Forrás: Fegyong és mtsai. 2023)

2.4 A cirok felhasználása

A kukorica, rizs, búza és árpa után az ötödik legfontosabb növény szénhidrátartalma miatt. Állati takarmányozásra és emberi táplálkozásra is egyaránt alkalmazzák. Vas és Kálium ásványi anyagokban gazdag emellett energia, fehérje és szénhidrát tartalma is magas. Egyes típusai színpigmenteket tartalmaznak ilyenek a fekete, barna és vörös héjú fajták, ezek magasabb fenoltartalommal rendelkeznek. A cirok hasonló mennyiségű keményítővel rendelkezik, mint a kukorica. (Cagla és mtsai. 2024).

A tannin és a fitinsav miatt a cirok fehérjéje nehezen emészthető emberek és monogasztrikus állatok számára. Ismerünk hidrolizálható, kondenzált és komplex tanninokat, ezek vízben oldódó fenolos vegyületek. A tanninok kötődnek a fehérjékhez és ki is csaphatják őket ezzel emészthetlenné téve a fehérjéket. A másik ilyen nem kívánatos vegyület a fitát, ez oldhatatlan komplexet képez a fehérjékkel, ezzel csökken a fehérje emészthetőség és a nyomelem hasznosulás. Erre megoldásként szolgál a csíráztatás, fermentáció és hidrolízis, amivel szabaddá alakítják a kötött fenolos vegyületeket. (Cagla és mtsai. 2024).

A kukoricához hasonlítva a fehérjekoncentrációja nagyobb (+2-3%) a nyerszsír szintje kisebb (-0,7%), energiatartalma pedig hasonló. Fehér színű fajtaváltozatai rendkívül jól

alkalmazhatóak takarmányozásra. Takarmánykeverékekben helyettesíthetik a kukorica 20-50%-át. Kukoricát helyettesítő növényként is termesztik az aszályos területeken. (Srinivasa és mtsai. 2014).

Számos ipari felhasználáshoz is alapanyagot biztosít a cirok, ilyenek például az alkohol, folyadékok, keményítő, magkötő anyagok fémöntéshez stb. Mivel magas a szárazságtűrése ezért a trópusi, sivatagos, száraz éghajlatokon kiválóan termesztendő. Ilyen területek például Mexikó, Afrika, Nigéria, India. A cirok kereslete a klímaváltozás hatásai miatt egyre nagyobb lesz. (Srinivasa és mtsai. 2014).

A cirok sokoldalúan felhasználható növény. A siló- és szemescirok takarmányként való felhasználása mellett a szemes cirok emberi táplálékként való felhasználása növekvő tendenciát mutat. A cirok, mint alapvető élelmiszeralapanyag jelen van a világ számottevő területén, nem véletlen hiszen a cirok az ötödik legnagyobb területen termelt gabonanövény. A cirok gluténmentességben betöltött szerepe egyre jobban teret nyer megának a mai speciális étrendekben, illetve a világon rengeteg ember küzd gluténérzékenységgel, nekik alternatív megoldásként nagy segítség lehet a táplálkozásban. Egyes fajtáiból bioetanol készíthető, illetve a cirokból készül a világon előállított legnagyobb mennyiségű alkohol, ez a Kínában népszerű baijiu. Természetes édesítőszer is készíthető a silócirok egyes fajtáiból, melyeknek magas a cukortartalma. (agrarium7.hu)

2.5 A kukorica tápanyagigénye

A kukoricánál a tápanyag-felvétel főként a szárnövekedés során történik, célszerű ezen időszak előtt kijuttatni a műtrágyát. A kukorica fajtájától függ a felvett tápanyag mennyisége. Például más a silókukorica és más a szemes kukorica tápanyagfelvétele. A generatív növekedési szakasz előtt veszi fel a nitrogén, foszfor és a magnézium felét, és a kálium 80%-át. Nitrogénből nagy mennyiségre van szüksége a szárazanyag-tartalom és a terméshozam növekedése érdekében. A nitrogén nagy részét a szemek veszik fel. Oda kell figyelni azonban a későbbi fejlődési szakaszban a túlzott nitrogén adagolás a kukorica megdőléséhez vagy túlzott kései növekedéséhez vezet. Fontos a nitrogén szabályozás, anyagi és környezetvédelmi szempontból is. A kukorica képes több nitrogént felhasználni, mint amennyit a levegő és a talaj előállít. (www.yara.hu)(agroforum.hu)

A foszfát- és káliumtartalmú műtrágyák kijuttatását talajvizsgálatokra kell alapozni, ha a talajvizsgálat magas indexekkel rendelkezik akkor felesleges műtrágyázni, mivel a talaj nem

fog reagálni több műtrágyára. Foszforra a növekedés korai szakaszaiban van szükség kis mennyiségben, ez hivatott elősegíteni a gyökérnövekedést a hajtás- és levélnövekedést. A káliumra ezzel szemben már nagy mennyiségre van szükség, a nitrogénhez. A kálium nagy részét a levél és a szár hasznosítja. A másodlagos makroelemekből kevesebbre van szükség. A kalcium, magnézium és a kén fontos szerepet játszanak a terméshozam megőrzésében. (www.yara.hu) (agroforum.hu)

A kukorica átlagos tápelemigénye:

1. táblázat a kukorica átlagos tápelemigénye

Nitrogén (N)	25kg/t (18-35)
Foszfor P ₂ O ₅	11kg/t (9-25)
Kálium K ₂ O	26kg/t (9-36)
Kalcium (CaO)	8kg/t
Magnézium (MgO)	3kg/t

(Forrás: Antal, 2000)

2.5.1 Nitrogénhiány tünetei kukoricában:

A nitrogénhiány tovább romlik, ha:

- Alacsony vagy magas a talaj pH
- Alacsony szervesanyag-tartalom
- Gyorsan fejlődő növények
- Aszályos körülmények

A nitrogénhiánytól szenvedő növények, hajlamosak a növekedés lelassulására. A levelek halványzöld színűvé válnak, majd az öregebb levelek a levélcúcsnál elkezdnek sárgulni. Az alacsony vagy magas pH-val rendelkező talajok súlyosbítják a nitrogénhiány tüneteit. (Ajeet K. és mtsai. 2021)

2.5.2 Foszfor és kálium hiánytünetei kukoricában

A foszforhiányban szenvedő fiatal növények, vékony, sötétzöld színű levelekkel rendelkeznek. A levélszélek, az erek és a szárok lilás árnyalatokat mutatnak, amelyek akár a levél teljes lemezére is kiterjedhetnek. Ez a vöröses elszíneződés általában a növény juvenilis szakaszában látható. (Ajeet K. és mtsai. 2021)

A káliumhiányos növényeken megfigyelhető a cső elkeskenyedés és a csővégek végén lévő szemek visszamaradása a növekedésben. A homokos talajok és a könnyű szerkezetű talajok nem kedveznek a káliumhiánynak, mivel ezek a talajok könnyen kimosódnak. problémát jelent az aszály, és a túlzott csapadék mennyiség. (Ajeet K. és mtsai. 2021)

2.6 Cirok tápanyagigénye

Tápanyag igényét tekintve a cirok nem igényel annyit, mint a kukorica. A termőhely és termelési intenzitástól nagyban függ a tápanyag mennyisége. A nitrogénre 6-8 leveles fenológiai állapotban nagy jól reagál. (www.vitalfeed.hu)

A nitrogén nagy szerepet játszik a fehérjeképzésben, emellett a növény vegetatív részeinek felépítésében is nagy jelentősége van. Nitrogénbőség esetén a lombzat fejlődik erőteljesen, a levelek sötétzöld színűek a fokozott klorofill képzés miatt. A vegetatív időszak megnyúlásához vezethet a túl sok nitrogén, ezzel késleltetve a reproduktív szakaszt, aminek következtében késik a virágzás, ami csökkenő maghozamot eredményez. (Haraszthy 2004)

A foszfor fontos szerepet játszik az anyagcserében, differenciálódás segítségével viszi előre a növény fejlődését. elősegíti a mellékgyökerek képződését. Fő tényezője a korai beérésnek és a megfelelő termésmennyiségnek. A kálium a fiatal növények életében nagy szerepet tölt be, mivel ez a legnagyobb szerepű kation. A fiatal növény ebből veszi fel a legtöbbet. A vegetációs csúcsok tartalmazzák a legtöbb káliumot. (Haraszthy 2004)

2. táblázat A cirok tápanyagszükséglete 1 tonna termésmennyiség eléréséhez

	Nitrogén (N)	Foszfor(P ₂ O ₅)	Kálium (K ₂ O)	Kálcium (CaO)	Magnézium (MgO)
takarmánycirok	3,1kg/t	1,4kg/t	3,2kg/t	1,5kg/t	0,5kg/t
szemescirok	29kg/t	10kg/t	31kg/t	8 kg/t	3kg/t

(Forrás: Monostori 2014)

2.7 A cink (Zn) jelentősége

A cink enzimaktivátor és anizimalkotórész, részt vesz aktívan a fehérjeanyag-cserében és a növekedés-szabályozásban is az auxintermelés serkentése révén. A talajban kétértékű ionként fordul elő. A kémhatás csökkenésével a talajban való mozgékonyága növekvő tendenciájú.

Abban a talajban, ahol nagy mennyiségű szénsavas mészes talaj található általában Zn hiány észlelhető. Nagy adagú foszfátrágyázás esetén szintén fennáll a Zn hiány. A növények a talajból kelatizált illetve, Zn^{2+} -ion formában veszik fel. 25-150mg/kg cink épülhet be egységnyi szárazanyagába. (Birkás M. 2017)

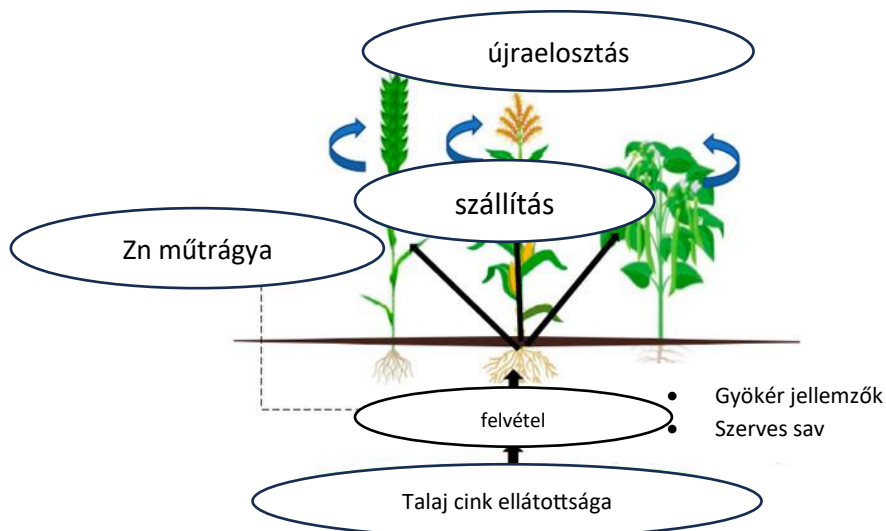
3. táblázat A talaj EDTA-oldható Zn ellátottságának megítélése

Kötöttség (K_A)	Zn (mg/kg)	
	gyenge	jó
< 38 (homok)	<1,0	1,0<
38-50 (vályog)	<2,5	2,5<
> 50 (agyag)	<3,5	3,5<

(Forrás: Buzás nyomán)

Cinkhiány fellépésekor a növények felső leveleinek érközi klorózisa, majd a levéllemez teljes kifehéredése figyelhető meg. Ezen tünetek mellett tapasztalható, a rozettásodás a fellépő auxinhiány miatt, illetve a törpe szártagúság és a torzulás. Kukoricán és cirkon a legszembetűnőbb a cink hiány. Elégtelen cink ellátás következtében természsökkenésre kell számítani. (Birkás M. 2017)

A cink talajban való mobilitását csökkentő tényezők: a talaj pH-értéke, mezőgazdasági gyakorlatok, műtrágya túlzott használata, kalciumtartalom. A cink hiánya a leggyakoribb a mikrotápanyag-hiányok esetében. A cink elengedhetetlen a haszonnövények normális növekedéséhez. Számos fehérje és enzim szerkezeti alkotóeleme. A cink hatással van a gyökérfejlődésre, biomasszára és a gyökérszerkezetre. A xilém segíti elő a cink szállítást a hánnyba majd az idős levelekből a fiatal levelekbe mobilizálódik, majd itt plazmodezmmákba töltődik és az endospermium üregében tárolódik. (Arshad és mtsai. 2024)

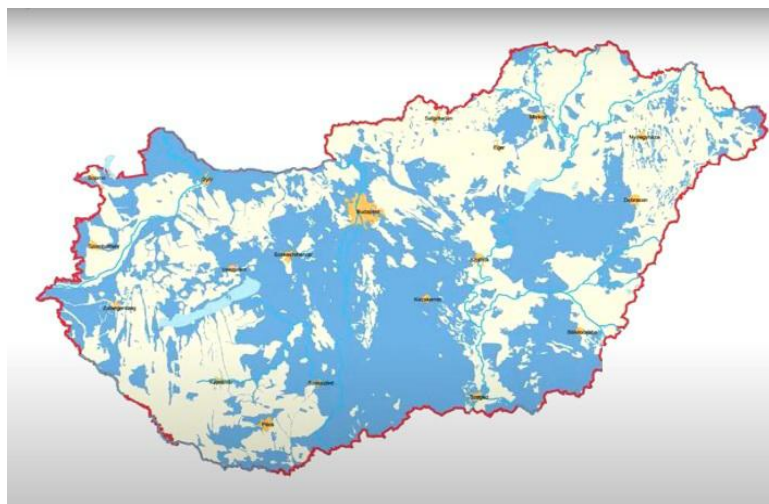


3. ábra A Zn talajból a növénybe történő szállításának és mobilizációjának lehetséges mechanizmusa
(Forrás: Arshad és mtsai. 2024)

2.7.1 A cink előfordulása

A talajban lévő cink mennyisége 0,0001%-0,03%. (Stefanovits, 1975). A talajképző kőzet ásványainak cintartalma határozza meg a talaj cinktartalmát. A cink elsősorban az agyagásványok kristályrácsába épül be, emellett pedig a talaj ásványi összetevőikhez Zn^{2+} , $ZnOH^+$ és $ZnCl^+$ ionos formában kötődik. (Mengel, 1976).

A világ gabonatermesztésre alkalmas talajainak mintegy felét potenciálisan cinkhiányosnak tartják. (Cakmak 2012) Magyarországi viszonylatban Kádár (2005) megállapítása szerint a hazai talajok körülbelül 46%-a gyengén ellátott cinkkel, a 4. ábra mutatja a Magyarországon található cinkhiányos területeket, kék színnel. Bhupinder et al. (2005) vizsgálatai alapján a talaj cinkhiányosnak tekinthető, ha cinktartalma $0,6-2,0\text{mgkg}^{-1}$ közé esik. A cink felvételének és mozgékonyságának optimális tartománya 5,8-6,5 közötti pH-értéknél figyelhető meg. A cink növényi felvehetőségét és mobilitását számos tényező befolyásolja, többek között az elem ionformája, oxidációs állapota, kémiai jellege, valamint a közeg tulajdonságai, így különösen a pH, redoxviszonyok, és a kelátképző vegyületek jelenléte. (Füleky 1999).



4. ábra Cinkhiányos területek Magyarországon: Dr. Matus László,
Forrás: agroinform

2.7.2 Cink kijuttatási módszerek

Magyarországon a talajok nagy részében kis mennyiségben fordul elő a cink. A cink-tartalomra hatással van a talaj pH értéke. A növények cink igénye elég kicsi, felvételét a talajból gátolja a cink-kalcium és cink-foszfor antagonizmus, valamint a talaj lúgossága. (farmmix.hu)

Talajon és lombozaton keresztül is lehet pótolni a cinket. A talajon keresztül történő tápanyagutánpótlás talajvizsgálati eredményekre alapozva történik meg, míg a lomtrágyázás gyakran szemrevételezés után válik szükségessé. Nagyságrendileg a cinkpótlás általános adagja talajon keresztül történő pótláskor $3-10 \text{ kg ha}^{-1}$, azonban ez az érték súlyos cinkhiány esetén megközelítheti a $30-50 \text{ kg ha}^{-1}$ mennyiséget is. (Kalocsai, 2005). Őszi alaptrágyázással vagy tavasszal vetéskor startertrágyaként érdemes kijuttatni a cinktrágyát. (Kalocsai 2004)

A lomtrágyázás fontosságát az adja, hogy a fiatal növényi részek és a levelek tápelem-felvétele is érvényesül a gyökéren keresztüli tápanyagfelvétel mellett. A növény felületére juttatott tápanyagok rövid időn belül és közvetlenül szívódnak fel. A lomtrágyázást gyors beavatkozásként szokták használni állományminőség megőrzése érdekében. A levélzeten keresztül történő tápanyagfelvétel hatékony, de kis mennyiségre korlátozód. (Kalocsai 2010)

2.7.3 A cinkstressz hatásai növényekben

Amennyiben a növények az optimálisnál nagyobb mennyiségű cinket vesznek fel, az toxikus hatásokat idézhet elő, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják a növekedést. A cink okozta stressz hatására a növények friss- és száraztömege, hajtáshossza, valamint a fejlődési üteme csökken, ami elsősorban a sejtsztódás gátlásának tudható be. (Tsonev – Cebola-Lidon, 2012; Abedi mtsai. 2022).

A cink nem képes egyelektronos oxido-redukciós reakciók végrehajtására (López-Millán et al. 2005) Ennek ellenére a cinkstressz oxidatív stresszt vált ki, amely során reaktív oxigénformák (ROS) keletkeznek, és kedvezőtlenül befolyásolja több létfontosságú metabolikus folyamat működését, például az antioxidáns védekezési rendszert és a fotoszintetikus elektrotranszportot (Cakmak, 2000)

Számos enzim aktiválásához szükséges a cink, ilyen például az alkohol-dehidrogenáz, az RNS-polimeráz és a szénsavhidráz. A cink szerepet játszik a biomembránok stabilizálásában, az oxigéngyökök termelésében, valamint méregtelenítésében. A Cu-Zn-SOD enzim szintézisében is részt vesz a cink, ez az enzim fontos szerepet játszik a mérgező O_2^- gyökök eltávolításában, melyek károsan hatnak a membránlipidekre és -fehérjékre. Magas koncentrációban a cink toxikus hatást fejt ki, ami több tényezőtől is függ például a külső biohasznosuló koncentrációjától, a növény genotípusától, a növény fejlődési szakaszától és az expozíciós időtől. A cink toxicitás tünetei: a fiatal levelek klorózisa, növekedés gátlás. (Habiba és mtsai. 2020)

2.8 A cink szerepe az aszálytűrő képesség javításában.

Az egyik legjelentősebb abiotikus stresszor az aszálystressz, amely világszerte nagy problémákat jelent és nagyban akadályozza a mezőgazdasági termelést. A kukorica rendkívül rosszul tűri a vízhiányt, ez kihat a növekedésére, termés hozamára, és a tápértékére is. Kritikus kutatási prioritássá vált a kukorica aszálytűrésének a fokozása, ez leginkább a napjainkban bekövetkező egyre súlyosabb és gyakoribb aszályoknak köszönhető. Az aszály okozta veszteségek enyhítésében nagy szerepet kapott a mikrotápanyag-gazdálkodás és a mikrobiális beavatkozás. Különösen nagy szerepet kap a cink (Zn) és a növényi növekedést elősegítő rhizobaktérium (PGPR) kiegészítés. (Fahimeh és mtsai. 2025)

Mint mikrotápanyag a cink nélkülözhetetlen számos fiziológiai folyamatban. Az enzimaktivásban a klorofillszintézisben és a hormonszabályozásban is nagy jelentőséget kap a cink. A cinkhiány nincs előnyös hatással az aszálystressz káros hatásaira, amihez nem járul hozzá az a tény sem, hogy a különösen magas pH-értékű talajokban gyakori a cink hiány, ezek a talajok pedig gyakoriak az aszályos területeken. Az aszálystressz káros hatásait súlyosbító cink hiány kihatással van a növények gyökérfejlődésére, a fotoszintézis csökkenésére és növeli az oxidatív károsodást. Kutatások szerint cink különösen a cink-szulfát fokozhatja a szárazságtűrést. A cink-szulfát alkalmazása javítja a vízfelhasználást, az antioxidáns enzimaktivitást, és az ozmotikus szabályozást. (Fahimeh és mtsai. 2025)

2.8.1 Sóstressz hatása kukoricában és cirokban

Világszerte súlyos környezeti problémákat okoz a talaj sótartalmának növekedése. Az abiotikus stresszorként számon tartott sótartalom, nagyban befolyásolja a növények növekedését, terméshozamát negatív irányba, az anyagcsere és az enzimaktivitás megváltozása miatt. Minden olyan ionos és ozmotikus stresszt magába foglal a sóstressz, ami befolyásolja a fotoszintézis folyamatát. Funkcionális és szerkezeti változások kerültek megállapításra a fotoszintetikus apparátusban sóstressz hatása alatt. (Stefanov és mtsai. 2021)

Egy kutatás szerint, amiben a kukorica és a cirok sóstresszre adott válaszait figyelték különböző koncentrációjú NaCl oldatokkal (50,150,200,250 mM NaCl) kísérletezve, megállapították, hogy a kezeletlen növények közül a klorofill és a karotinoid tartalom kukoricában magasabb volt, mint cirokban. Megállapították, hogy a NaCl oldattal való kezelés a pigmentek csökkenéséhez vezetett. A 150mM és a 200mM dózisos kezelések után a klorofill tartalom csökkenése nagyobb mértékű volt kukoricában (37-58%), mint cirokban (28-47%). Mindkét növényben megállapították a klórtartalom csökkenését. Kimutatták, hogy az elektrolitszivárgás mindkét fajnál fokozódott a megnövekedett NaCl koncentráció hatására. A kukorica itt is rosszabb teljesítményt mutatott (33% 150 mM és 64% 200 mM NaCl esetén) mint a cirok (16% 150 mM és 84% 200 mM NaCl esetén) ez a membrán integritás zavarára utal, sókezelés után. Ezen kísérlet alapján látszik, hogy a cirok jóval ellenállóbb a sóstressznek, ezért is termesztik az aszályos területeken. (Stefanov és mtsai. 2021)

2.9 A cink szerepe a kukorica csírázásában

A búza és a rizs után az egyik legfontosabb gabonanövény. Abiotikus stresszorként a legjelentősebb az aszálystressz, ez világszerte nagy problémákat okoz a mezőgazdaságban. A vízhiány befolyásolja a kukorica terméshozamát, növekedését és tápértékét is. Az éghajlatváltozással járó aszályok száma növekvő tendenciát mutat, ennek tudatában prioritást élvez a mikrotápanyag-gazdálkodás fontosságának előtérbe helyezése, ezzel is hozzájárulva a kukorica gyenge vízhiánnyal szemben mutatott ellenálláshoz. (Fahimeh és mtsai. 2025)

A cink (Zn) nagyban hozzájárul az aszálytűrő képesség fokozásához. Számos fiziológiai folyamat elengedhetetlen része, mint például a hormonszabályozás, a klorofill szintézis és az enzimaktivitás. Az aszálystressz káros hatásai súlyosabbá válnak cinkhiány esetén, ezen nem segít az sem, hogy a talajokban sokszor korlátozottan áll rendelkezésre, ez nagyrészt a magas pH-val rendelkező talajokra igaz. A káros hatások cinkhiány esetén a csökkenő gyökérfejlődésben, fotoszintézisben és az oxidatív károsodás növelésében mutatkoznak meg. (Fahimeh és mtsai. 2025)

A cink és cink-oldó baktériumok alkalmazása fontos a kukoricatermesztése szempontjából aszálystressz csökkentés szempontjából. A növények hozzáférése a mikrotápanyagokhoz számos tényezőtől függ. A cink hozzáférés egyik lehetséges megközelítése a mikroorganizmusok kihasználása, ez egy olyan típusú mikroorganizmus, amely leküzdí a növényi kórokozókat, ezért nagy szerepük van a betegségek leküzdésében. Hozzájárulnak a növekedés fokozásához és a termelékenyget is növelik. (Fahimeh és mtsai. 2025)

Cinkhiány esetén csökken a terméshozam, a termés minősége, korlátozódik a növények életképessége, ez mind annak köszönhető, hogy a növényben cinkhiányos állapotban romlik a fehérjeszintézis, csökken az RNS-lebomlás, és az RNS polimeráz aktivitás. Mind a hat enzimosztálynak (oxidoreduktázok, transzferázok, hidrolázok, liázok, izomerázok és ligázok) szüksége van cinkre. (Jócsák és mtsai. 2024)

A cink túlzott felvétele káros hatással van a kukoricára, ami megnyilvánul a növény súlyának, hosszának és a fejlődésének csökkenésében, ez mind annak köszönhető, hogy a túlzott cink felvétel gátolja a sejtosztódást. A cink-stressz károsítja az antioxidáns védekező rendszert és a fotoszintetikus elektrotrnaszportot, ez annak köszönhető, hogy reaktív oxigén fajták termelődnek (ROS) a nagymértékű cink felvétel során. (Jócsák és mtsai. 2024)

2.10 A cink szerepe a cirok csírázásában

Egy kísérleten keresztül szeretném szemléltetni a cink használatának szerepét a cirok csírázásában. Ezt a kísérletet a kínai Nancsangban található Jiangxi Mezőgazdasági Egyetemen végezték nyílt üvegházban. A tanulmányban használt cirok fajták a JS - 2002 (sóérzékeny) és a JS – 263 (sótűrő) voltak. 0mM és 120 mM voltak a sóstressz szintjei, valamint kontroll (bevezetés nélkül) és 4mM Zn bevezetés. (Muhammad és mtsai. 2024)

Az eredmények kimutatták, hogy a stressz jelentősen csökkentette a cirok növekedését, ez annak köszönhető, hogy a sóstressz megzavarta a víz- és tápanyag felvételt. A nagy mértékű NaCl koncentráció a csökkenti a sejtek turgornyomását, ezáltal a sejtek merevvé válnak, ennek következtében pedig csökken a növekedés. A kísérletben megállapították, hogy a cink magbevezetés jelentősen hozzájárult a palánták növekedésének javulásához. A cink elengedhetetlen az anyagcsere aktivitások, és az ozmoreguláció szempontjából. A sótartalom káros hatása ellen úgy védekeznek, hogy növeli az antioxidáns aktivitást, ennek következtében pedig javul a növekedés. Az auxin bioszintézisében kulcsfontosságú a cink szerepe, hiszen az optimális auxintermelés felgyorsítja a sejtek megnyúlását és osztódását, ezáltal fokozódik a növekedés és a biomassza-termelés. (Muhammad és mtsai. 2024)

Megfigyelték, hogy a sóstressz csökkentette a klorofillszintézist, ez a klorofillbontó enzimek fokozott aktivitása miatt lehet. A vetőmag cinkkel való feltöltése javította a klorofill és a karotinoidszintézist, ez annak köszönhető, hogy a cink miatt csökkent az oxidatív károsodás és jobban védve lett a fotoszintetikus apparátus. Tapasztalatok alapján a sótartalom megnövelte az MDA (malondialdehid) termelést, ezzel jelentős membránkárosodást okozva. A Zn-el történő magkezelés ezt a membránkárosodást csökkentette, köszönhetően az antioxidáns aktivitás fokozásának. A Zn-el való kezelés visszafordította a levél víztartalmának a csökkenését is. Az eredmények szerint a sótartalom csökkentette az oldható fehérjék koncentrációját, mindeközben növelte a prolinszintézist. A prolin egy fontos ozmolitikus anyag, aminek a szintézisét a sótartalom és a cinkkel történő kezelés is fokozta. A cink növeli a prolin anyagcserében részt vevő génexpressziót is. Ebben a vizsgálatban a cink növelheti a génexpressziót és az enzimaktivitást, ami által fokozza a prolinszintézist, ami megvédi a ciroknövényt a sótartalom okozta stressztől. Ezen eredmények alapján megállapítható, hogy a cink rendkívül hasznos és elengedhetetlen a növények növekedése érdekében. (Muhammad . 2024)

3. Saját vizsgálatok

3.1 Anyag és módszer

3.1.1 A vizsgálat helye és ideje

A csíráztatási kísérlet, első helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári campus Növénytermesztési intézetének laborja volt, ahol előkészítettük a különböző cink koncentrációjú oldatokat. Miután a magok 1 napig áztak a labor helyiségben haza vittem őket és otthon folytattam tovább a megfigyelést. A kísérlet 2025. június. és 2025. augusztus hónapjai között zajlott. Háromszor ismételtük meg a vizsgálatokat, minden alkalommal 5 kontroll alkalom volt.

3.1.2 A kísérlet előkészítése,

Oldat előkészítés

Elsőként, mint a fentiekben említettem az oldat került elkészítésre, ami cink-szulfát-heptahidrát ($\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) volt.

Alkalmazott koncentrációk:

- $\emptyset \rightarrow$ desztillált víz
- 10,50,100,250,500,750,1000,2000,3000 μM

A kísérlethez kukorica hibrid KWS KASHMIR[®] és szemes cirok hibrid KWS SO MSN 190[®] magokat használtam.

A kísérlet megkezdése előtt a magokat alaposan átválogattuk, kiszűrve ezzel a töredezett és sérült szemeket. A kísérletben mindhárom ismétlés során ugyanazon fajta magokat használtuk, ugyanazokkal a koncentrációkkal

Az elkészült oldatokba a magok beáztatásra kerültek. Minden koncentrációba 20db kukorica, illetve ugyanennyi cirok mag került beáztatásra. Ez egy 24 órás intervallum volt mindhárom ismétlés esetében.



3.1.3 Növényvetés

A 24 óra letelte után, következett a magok vetése. A vetés pontosan úgy zajlott, hogy papírtörülőt kihelyeztem egymás mellé, majd erre egyesével, kihelyeztem külön a kukorica és külön a cirok magokat. Itt körültekintően kellett eljárni, nehogy megsértsem az oldatban már kicsírázott magokat. A kihelyezés után meglocsoltam őket desztillált vízzel, majd óvatosan feltekertem henger alakúra a papírtörülőt, figyelve arra, hogy ne legyen túl szoros, de a magok ne potyogjanak ki alul a tárolás során. A csírázás ideje alatt a magok függőleges helyzetbe állítva teljes sötétségben tároló edénybe voltak. A tárolás során 20C^0 volt a hőmérséklet.



3.1.4 Növénynevelés

A kísérlet 3 ismétléssel zajlott. Minden ismétlés során 5 kontroll nap volt. Minden esetben, a vetés utáni első nap volt az első kontroll nap. Itt a magok csírázási számát figyeltem meg, gyökér- és szárhosszúságot itt még nem mértem. A többi kontroll nap 3 naponta volt, ezeken minden alkalommal mértem gyökér- és szárhosszúságot is, ezt tolómérővel tettem meg. Időközben mindig csak annyi vízzel locsoltam a magokat, hogy ne száradjanak el



3.2 Számítások

Napi csírázási szám: megmutatja, hogy egy adott napon mennyi meg csírázott ki. Megfigyelhető, hogy milyen gyorsan indul meg a csírázás, mikor van a csírázás csúcspontja, és hogy mennyire egyenletes a csírázás a napok során. 5 kontroll napon figyeltem meg a csírázást.

Csírázási százalék: A csírázási százalék azt mutatja meg, hogy egy adott minta hány százaléka képes kicsírázni, ebben az esetben minden ismétlés során 2000 kukorica és 2000 cirok mag került vizsgálásra.

$$\text{Csírázási\%} = \frac{\text{kicsírázott magok száma}}{\text{összes vizsgált mag száma}} * 100$$

Vigor index: megmutatja, a magok életképességét, és kezdeti fejlődését. Nem csak azt mutatja meg mennyi meg csírázik ki, hanem azt is, hogy mennyire erősek és fejlettek a csíranövények. Ez egy komplex mutató, ami figyelembe veszi az átlagos gyökér- és hajtáshosszúságot, a csírázási százalék mellett.

$$\text{Vigor index} = (\text{átlagos gyökérhosszúság} + \text{átlagos hajtáshosszúság}) * \text{csírázási \%}$$

3.3 Statisztikai elemzések

Az összes elemzés R (v4.5.1) statisztikai környezetben történt. Variancia analízissel (ANOVA) és Duncan post-hoc teszttel.

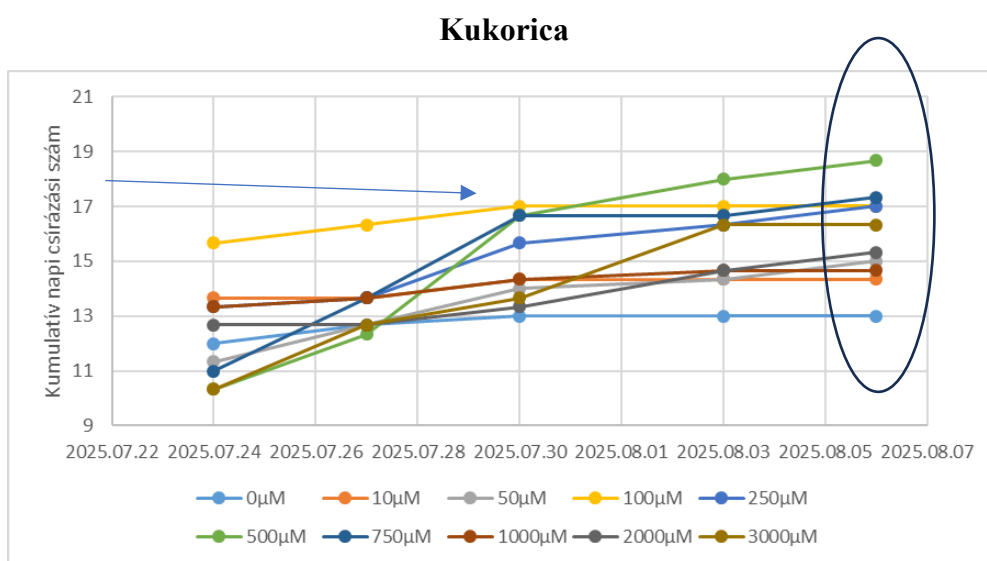
ANOVA: Azt vizsgálja, hogy a különböző csoportok között, esetünkben azt vizsgáltuk, hogy a különböző dózisosok között, van-e szignifikáns eltérés.

Duncan post-hoc teszt: A variancia-analízis megmondja ugyan, hogy van-e a csoportok között szignifikáns különbség, de nem mondja meg nekünk, hogy melyik csoportok azok, amik eltérnek szignifikánsan a többitől. Ezért ezt a módszert is alkalmaztam vizsgálataim pontosabb értékelése érdekében.

4. Eredmények és étrékelésük

4.1 A kukorica kumulatív napi csírázási számának eredményei

Eredményeim között elsőként a napi csírázási számot vizsgáltam. Az 5. ábra a kumulatív napi csírázási számot mutatja be 2025. július 22. és augusztus 6. között, különböző dózisu cink kezelések mellett, amelyek a különböző színű jelölésekkel láthatóak az ábrán. A napi csírázási szám a csírázás ütemét és intenzitását mutatja meg az adott napokon.



5. ábra a kukorica kumulatív napi csírázási száma a kontroll napok alapján

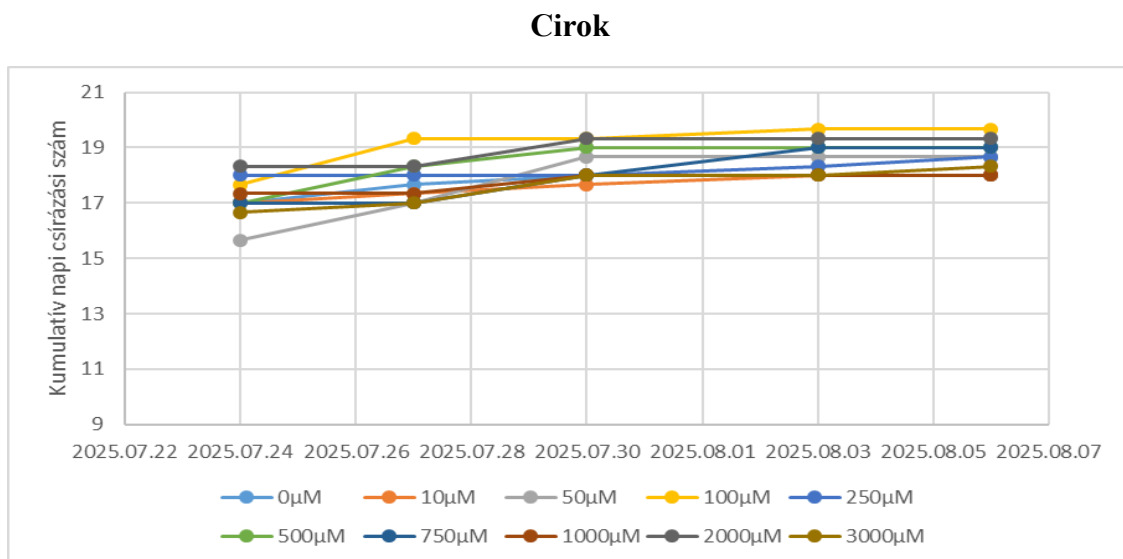
A kontrollnál megfigyelhető, hogy a kezdeti csírázási érték alacsony volt, ami a kezelés végéig is csak mérsékelten emelkedett, ez megmutatja a kezelésmentes csírázást. A kontroll-hoz (0µM) képest minden esetben a napi csírázási szám magasabb volt, a szakirodalmi részben utaltam rá, hogy a cink enzimaktivátor és anizimalkotórész, részt vesz aktívan a fehérjeanyag-cserében és a növekedés-szabályozásban is az auxintermelés serkentése révén (BIRKÁS M. 2017). Az ábrán kék nyíllal jelöltem a 100µM dózisonál látható plató kialakulását. A kezelések esetében megfigyelhető, hogy annak ellenére, hogy a plató 100µM értéknél állt be, mégis 500µM értéknél volt megfigyelhető a legmagasabb napi csírázási szám. A csírázási szám 250µM dózisonál kezdetben emelkedett, majd stagnálni kezdett, míg az 500 és 750 µM dózisoknál a napi csírázási szám, fokozatosan emelkedett, elérve a legmagasabb eredményeket a vizsgált időtartam végére, ez a cink serkentő hatására utalhat ezeknél a dózisoknál. A magasabb koncentrációknál (1000-3000µM) kisebb növekedés figyelhető meg, ez a magas koncentrációk

toxikus hatására utalhat a csírázásnál. A kukoricánál a kezdeti csírázásnál az eredmények 9-17db között figyelhetőek meg.

Összességében a közepes (500-750 μ M) koncentrációk mutatták a legkedvezőbb hatást, míg a túl magas dózisok, inkább gátlóan hatottak a kukorica csírázására. Az eredmények jól mutatják, hogy a csírázásnak csak bizonyos tartományban voltak optimálisak a feltételei.

4.2 A cirok kumulatív napi csírázási számának eredményei

A 6. ábra a cirok kumulatív napi csírázási számának eredményeit mutatja be a kontroll napok alapján. A vizsgált időtartam, szintén abban az időszakban zajlott, mint kukoricánál 2025. július 22. és augusztus 6. között.

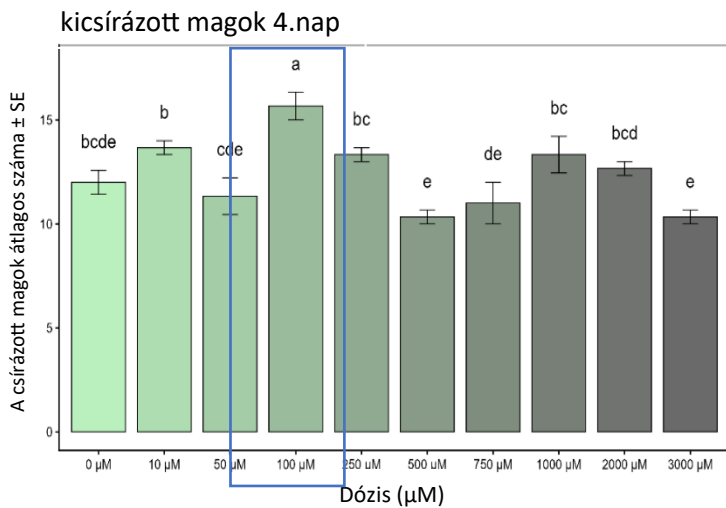


6. ábra a cirok kumulatív napi csírázási száma a kontroll napok alapján

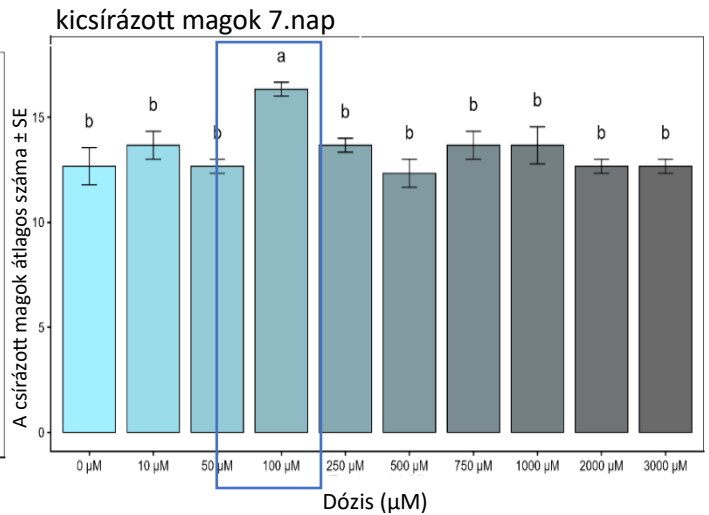
A grafikon alapján a csírázás értékei minden kezelési csoportban fokozatosan emelkedtek, az idő előrehaladtával, illetve egy homogénebb csírázás figyelhető meg, mint kukorica esetében. A növekedés üteme mérséklődik az időszak vége felé, ez azt jelzi, hogy a legtöbb életképes mag addigra már kicsírázott. Alacsony koncentrációknál (0-100 μ M) a kontrollhoz képest hasonló vagy enyhén magasabb értékeket mutattak, ez arra enged következtetni, hogy a cink kisebb mértékben, mint a kukoricánál, de ezeknél a dózisoknál, enyhén serkentő hatású. A közepes és magasabb dózisoknál (250-3000 μ M) arra a következtetésre jutottam, hogy ezek nem fokozzák tovább a csírázás növekedését. A ciroknál is 100 μ M értéknél volt megfigyelhető a plató kialakulása, azonban a cirok esetében, 100 μ M-nál volt a legmagasabb a kumulatív napi csírázási szám.

4.3 A kukorica magok csírázásnak alakulása különböző kezelési koncentrációk hatására a 4.,7.,10.,13.,16., napokon.

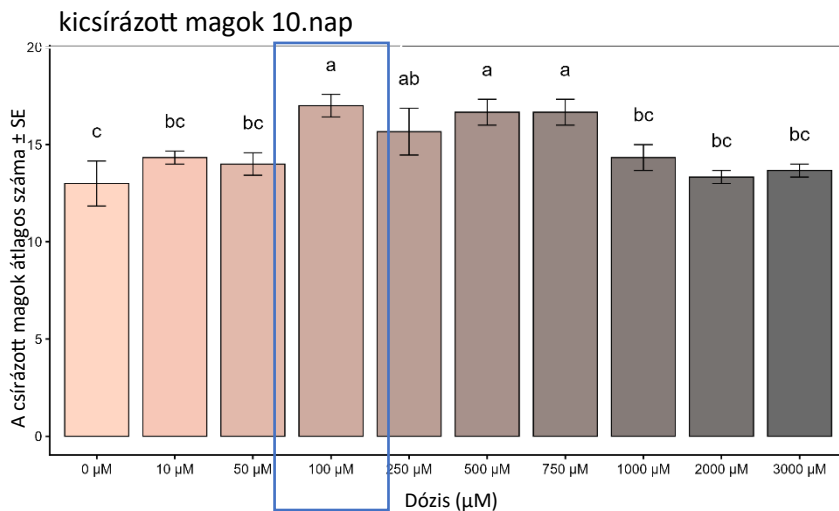
A 7., 8. és 9. ábrákon a Duncan féle post-hoc teszt elemzési módszerem látható. Itt azt vizsgáltam, hogy a különböző dózisu cink kezelések között tapasztalható-e szignifikáns eltérés.



8. ábra A csírázás alakulása a kezelés 4. napján kukoricánál



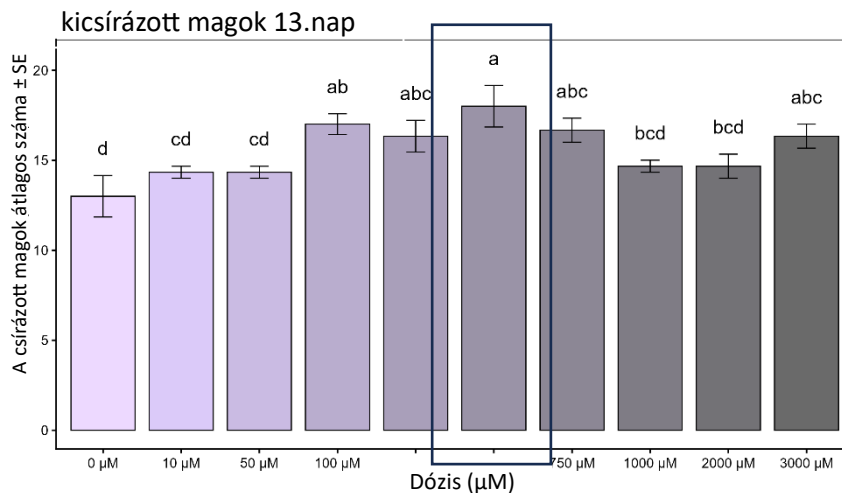
7. ábra A csírázás alakulása a kezelés 7. napján kukoricánál



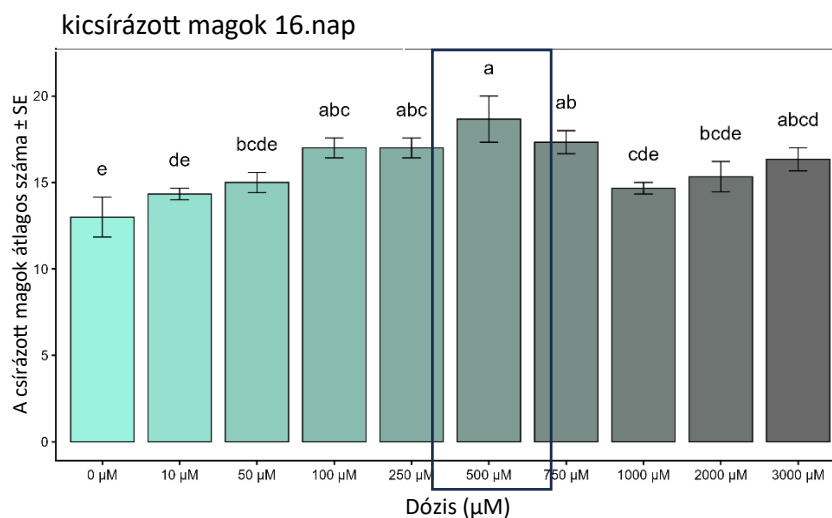
9. ábra A csírázás alakulása a kezelés 10. napján kukoricánál

A 7., 8. és 9. ábra megmutatja, hogy az 5 kontroll nap közül az első 3 kezelési napon (4,7,10nap) 100µM dózisonál szignifikáns eltérés tapasztalható a többihez képest, ezt az ábrán kék színnel kereteztem be. Itt arra következtettem, hogy ez a dózis volt a legmegfelelőbb a kukorica csírázásnak. A 3. kontroll napon megfigyelhető az 500 és 750µM dózisok szignifikanciája is.

A következő két ábra (10. és 11.), szintén a Duncan féle post-hoc teszttel elvégzett eredményeimet mutatja a kukorica csírázását illetően, azonban ez az utolsó 2 kontroll napot veszi figyelembe.



10. ábra A csírázás alakulása a kezelés 13. napján kukoricánál



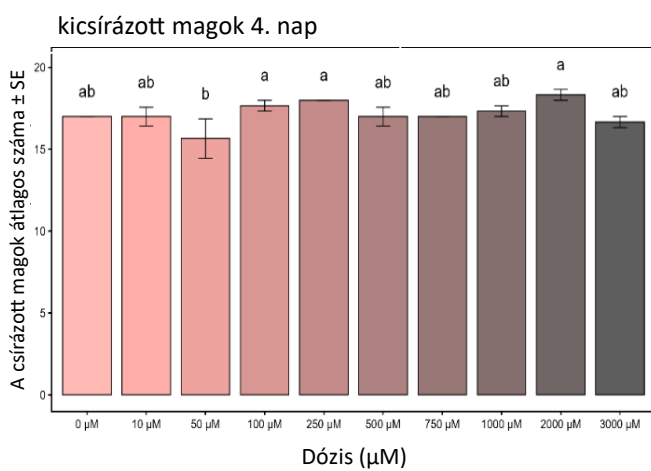
11. ábra A csírázás alakulása a kezelés 16. napján kukoricánál

Az utolsó 2 kontroll napon (13,16) az 500μM dózis emelkedett ki szignifikánsan, melyet kék színnel bekeretezve jelöltem az ábrákon. Összességében megfigyelhető, hogy az elő 3 kontroll napon a csírázás 100μM dóziséig emelkedett, míg ez az utolsó két kontroll napra kivetítve ez 500μM-ig volt megfigyelhető. Mind az 5 nap vonatkoztatásában elmondható, hogy a 750μM feletti dózisok csökkenő tendenciát mutattak, ami a magasabb dózisok toxikus hatásának tudható be, mint ahogyan a szakirodalmi részben is utaltam rá a túlzott cink adagolás toxikus hatását fejt ki a növények csírázási dinamikájára.

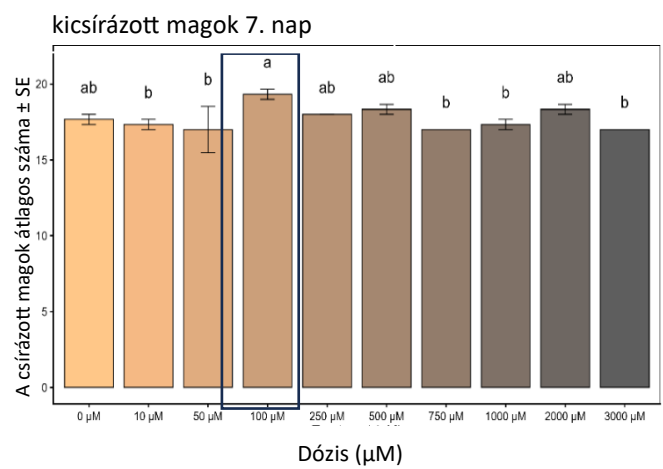
A 10 és 11. ábrán megfigyelhető az optimum görbe kirajzolódása, ami jól mutatja, hogy 100 μ M-ig kevésnek bizonyultak a dózisok, majd 100-500 μ M között bizonyultak optimálisnak, és 750 μ M dózis felett toxikusan hatottak a kukorica csírázási dinamikájára.

4.4 A cirok magok csírázásnak alakulása különböző kezelési koncentrációk hatására a 4.,7.,10.,13.,16., napokon.

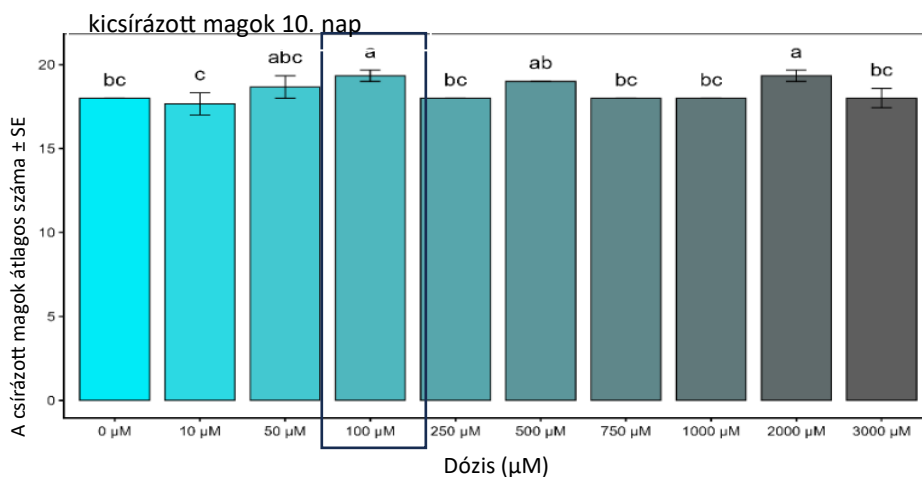
A 12., 13., 14., 15., 16. ábrákon a Duncan féle post-hoc teszt elemzési módszerem látható. Itt azt vizsgáltam, hogy a különböző dózisu cink kezelések között tapasztalható-e szignifikáns eltérés a cirok vonatkozásában.



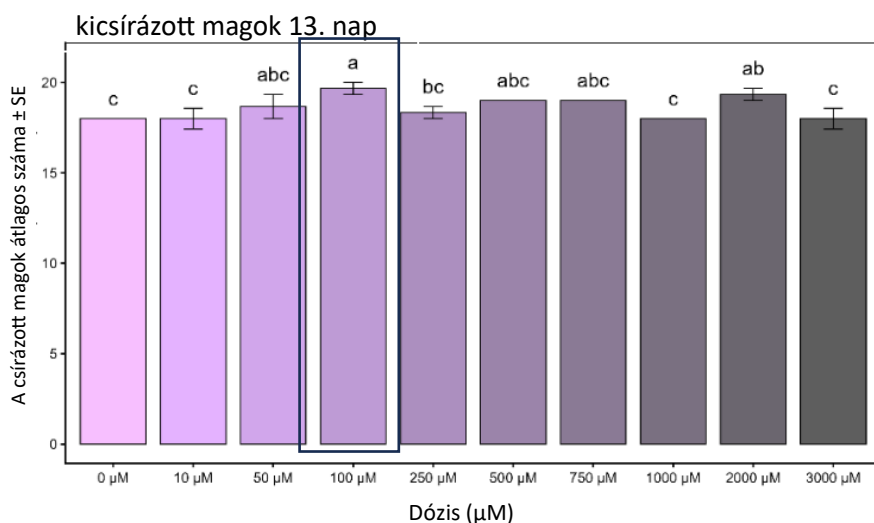
13. ábra a csírázás alakulása a kezelés 4. napján cirokban



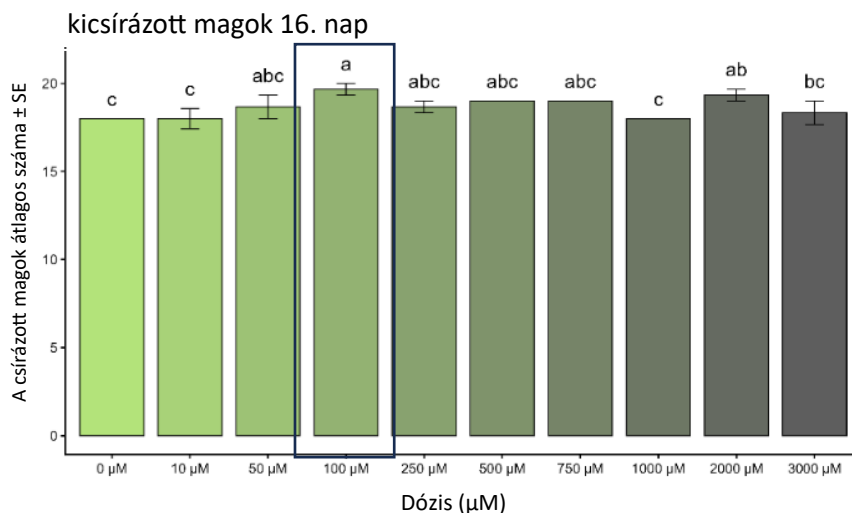
12. ábra A csírázás alakulása a kezelés 7. napján



14. ábra A csírázás alakulása a kezelés 10. napján cirokban



15. ábra A csírázás alakulása a kezelés 13. napján cirokban

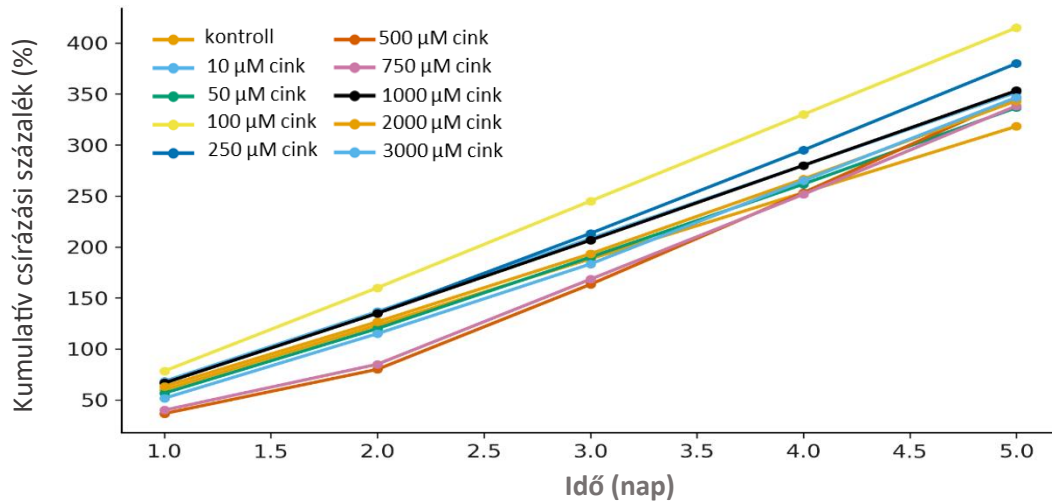


16. ábra A csírázás alakulása a kezelés 16. napján cirokban

A fenti ábrák összességéről elmondható, hogy egy egységes, stabil csírázás tapasztalható a kísérlet során. Az első kontroll nap kivételével megállapítottam, hogy a 100μM dózisonál látható szignifikáns különbség a többihez képest, ezt az ábrákon kék színű kerettel jelöltem. Magas koncentrációk esetén a csírázás nem javult, 750μM felett csírázás csökkenés figyelhető meg mindegyik esetben. Itt ellentétben a kukoricával, nem rajzolódik ki egyértelműen az optimum görbe, nincs a cinknek kifejezetten negatív hatása, egyik dózisonál sem.

4.5 A kukorica magok csírázási százalékának alakulása az 5 kontrollnapon

A 17. ábrán a kukorica magok kumulatív csírázási százalékának eredményei láthatóak az 5 kontroll nap vonatkoztatásában.

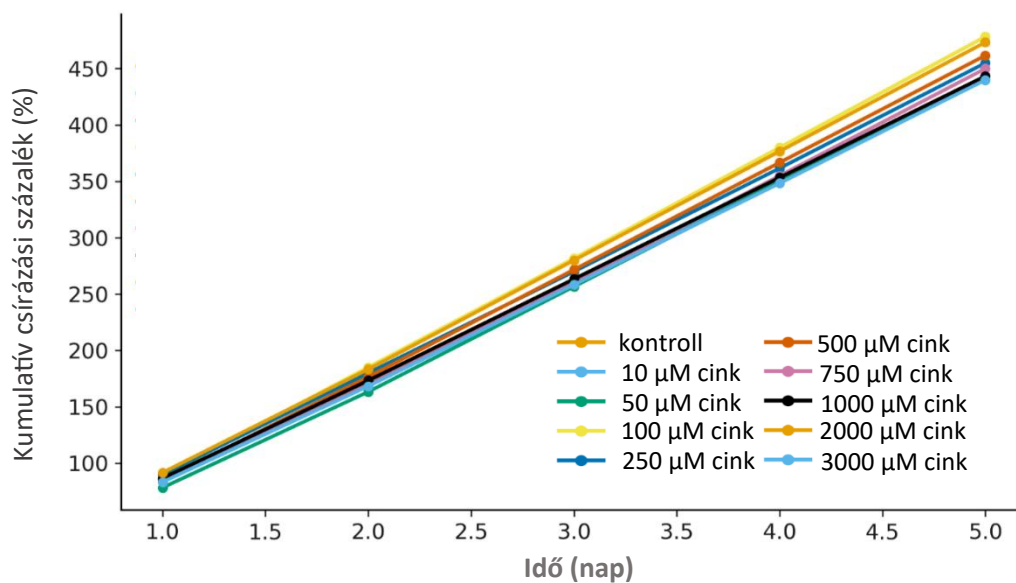


17. ábra A kukorica magok csírázási százalékának alakulása

A kukorica csírázási dinamikája jól mutatja, hogy a növény különböző mértékben reagál az elért cink dózissal való kezelésekre. Az ábrán megfigyelhető, hogy az kumulatív csírázási százalék az 5 kontroll napos vizsgálat során minden kezelés esetében növekvő tendenciát mutat, azonban megfigyelhető, hogy a növekedés mértéke kukorica esetében dózis függő. A 100µM dózissal kezelt magok mutatták a legmagasabb csírázási arányt (400% felett) ami arra utal, hogy ez a koncentráció serkentő hatással volt a csírázásra. A magasabb koncentrációk (1000-3000µM) ezzel szemben csírázásgátló hatást fejtettek ki, a kumulatív csírázási értékek elmaradtak a kontrollhoz és az alacsonyabb dózishoz képest. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a magas cink koncentráció toxikusan hatott a kukorica magok csírázásra. Összességében megfigyelhető a kontroll mintához viszonyítva a kisebb dózisok serkentő, ezzel szemben a magasabb dózisok gátló hatása a kukorica magok csírázására.

4.6 A cirok magok csírázási százalékának alakulása az 5 kontrollnapon

A 18. ábrán a kukorica magok kumulatív csírázási százalékának eredményei láthatóak az 5 kontroll nap vonatkoztatásában.

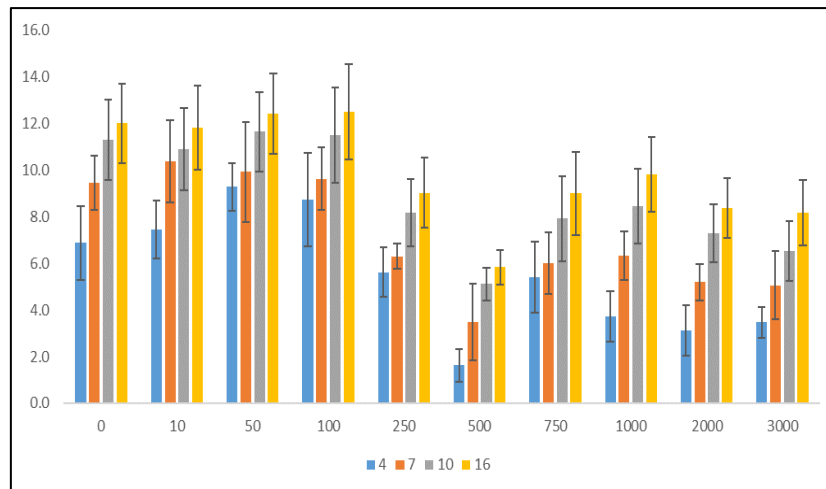


18. ábra A cirok magok csírázási százalékának alakulása

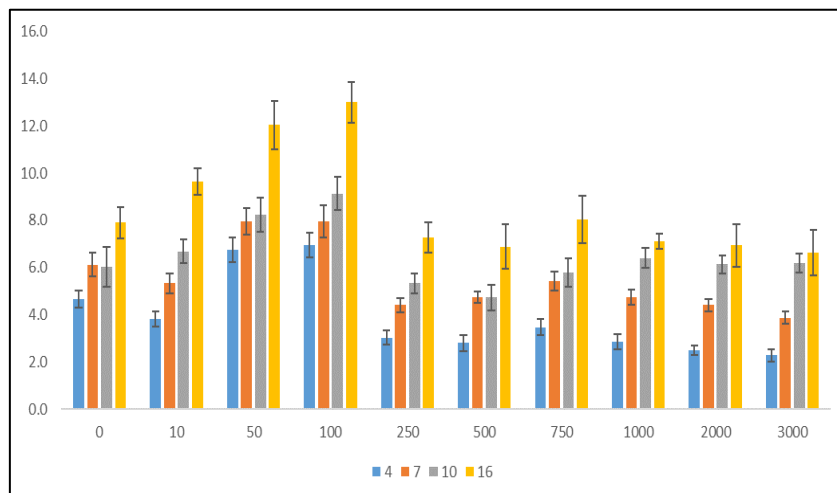
A cirok kumulatív csírázási százalékának eredményei alapján megállapítható, hogy a cirok csírázására a különböző koncentrációjú cink kezelések nincsenek oly mértékben hatással, mint a kukorica esetében. Az 5 kontrollnap során megállapítható, hogy a kumulatív csírázási százalék minden esetben egyenletes, lineáris növekedést mutatott, ami arra utal, hogy a cink különböző koncentrációi, csak minimális mértékben voltak hatással a cirok csírázására. A görbék egymáshoz közeli lefutása jól szemlélteti, hogy a csírázás végig stabil, és nem érzékeny a különböző cink dózisokra. A cirok esetében is 100µM dózis hozta a legjobb eredményeket, azonban a kontroll, illetve az 500µM dózis sincsenek sokkal elmaradva ettől a legjobb eredménytől. A legmagasabb koncentrációk esetében (2000-3000µM) minimális csökkenés figyelhető meg, de különbség nem szignifikáns mértékű. Összességében a két vizsgált növényfaj csírázási dinamikája jól szemlélteti az eltérő adaptív válaszokat a különböző cink koncentrációkra. A kukoricánál egyértelműen elkülöníthető volt a különböző dózisokra adott reakció a csírázás dinamikáját illetően, míg ciroknál nem mondható el ugyanez, hiszen itt az eredmények nem mutattak egymástól kimagasló eltérést.

4.7 A cink kezelés hatása a gyökér- és hajtáshosszúságra kukoricában

A 19. és 20. ábrán a cink kezelések hatása látható a kukorica gyökér- és hajtáshosszúságára.



19. ábra Cink kezelések hatása a kukorica gyökérhosszúságára



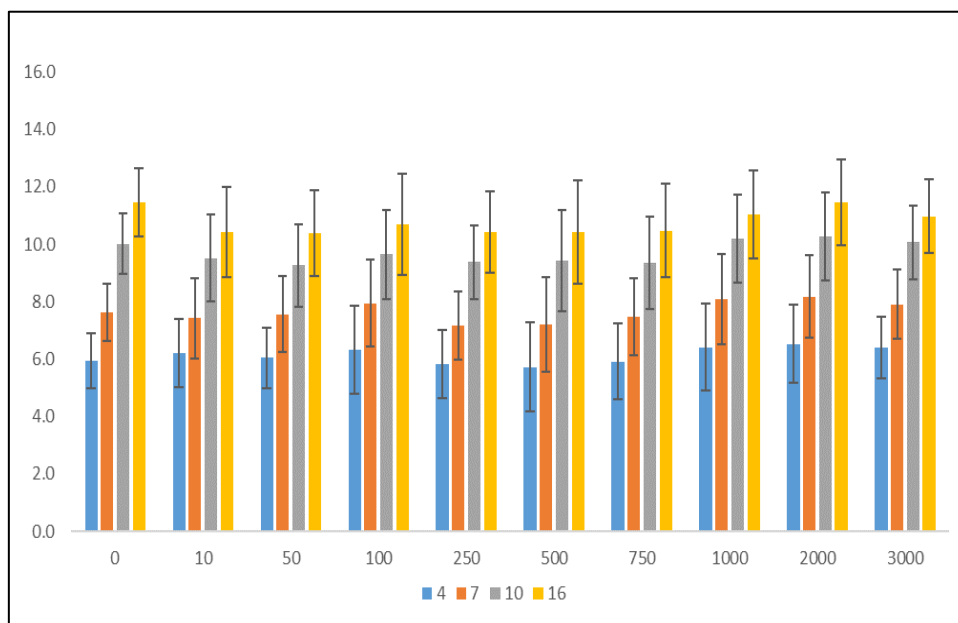
20. ábra Cink kezelések hatása a kukorica hajtáshosszúságára

Az ábrák alapján a cink különböző koncentrációi hatást gyakoroltak a kukorica gyökér- és hajtáshosszúságára. Általánosságban megfigyelhető, hogy alacsony koncentrációk (0-100 μM) serkentő hatással voltak a gyökér- és hajtáshosszúságra, ezzel szemben a magasabb cink dózisok (250 μM) felett gátló hatást fejtettek ki. Ezek az ábrák igazolják azt melyet Jócsák et al. vizsgáltak, miszerint a csírázásra gátló hatással vannak a magasabb cink koncentrációk, ami az ábrán jól látszik, hiszen a 250 μM feletti dózisok lefelé ívelő tendenciát mutatnak a gyökér- és hajtásnövekedés tekintetében. A hajtáshossz esetében a legnagyobb értékek az 50-100 μM koncentrációknál voltak tapasztalhatók különösen a 10 és 16. kontroll nap esetében. Ezen a tartományon túl a hajtáshosszúság csökkenő tendenciát mutatott. A magas koncentrációknál (1000-3000 μM) markáns visszaesés figyelhető meg ami a cink túlzott felhalmozódásából eredő

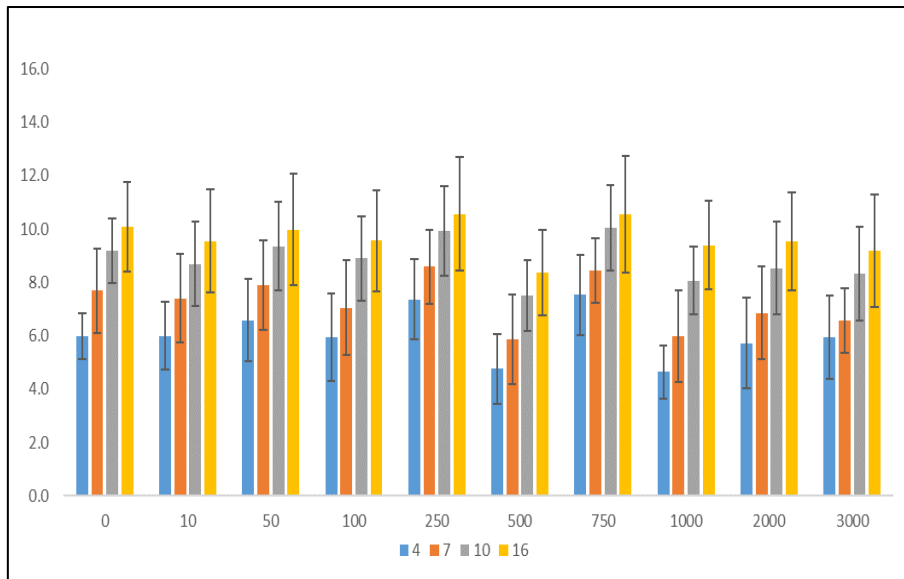
fitotoxicitás eredménye lehet. A gyökérhosszúság esetében, hasonló volt a tendencia. A mérsékelt cink dózisok serkentették a gyökérnövekedést, míg a magasabb dózisok gátolták azt. 100 μ M kezelésnél figyelhető meg a gyökérhosszúság maximuma. A gyökérhossz általánosságban, rosszabbul reagált a cinktöbbletre, mint a hajtás, ami arra utal, hogy a cink toxicitása elsősorban a gyökérszövetben jelentkezik, gátolva a sejtosztódást és sejtnyúlást. (Tsonev – Cebola-Lidon, 2012; Abedi et al., 2022) munkájukban is leírják, hogy amennyiben a növények az optimálisnál nagyobb mennyiségű cinket vesznek fel, az toxikus hatásokat idézhet elő, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják a növekedést.

4.8 A cink kezelés hatása a gyökér- és hajtáshosszúságra kukoricában

A 21. és 22. ábrán a cink kezelések hatása látható a cirok gyökér- és hajtáshosszúságára.



21. ábra Cink kezelések hatása a cirok gyökérhosszúságára

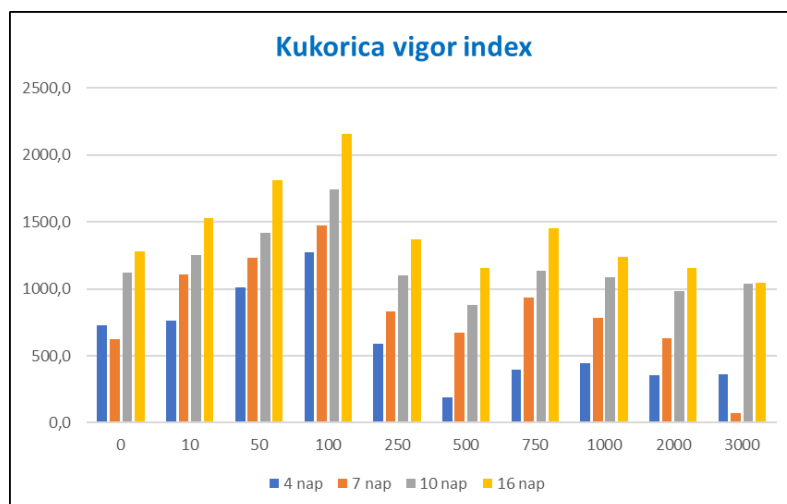


22. ábra Cink kezelések hatása a cirok szárhosszúságára

A cirok esetében elmondható, hogy egy sokkal sematikusabb ábra figyelhető meg, mint kukoricánál. Leginkább a szárhosszúságot illetően tapasztalhatunk némi változást, de nem mérhetőek kimagasló értékek. Nem állapítható meg egyértelműen, hogy a cinknek bármi féle hatása lenne a cirok gyökér- és hajtásnövekedésére. Az eredményeim alapján megállapítottam, hogy a ciroknál csak időhatás figyelhető meg a gyökér- és hajtáshosszúságot illetően.

4.9 A kukorica vigor index eredményei

A 23. ábrán a kukorica vigor indexének eredményei láthatóak a különböző cink dózisok alapján.

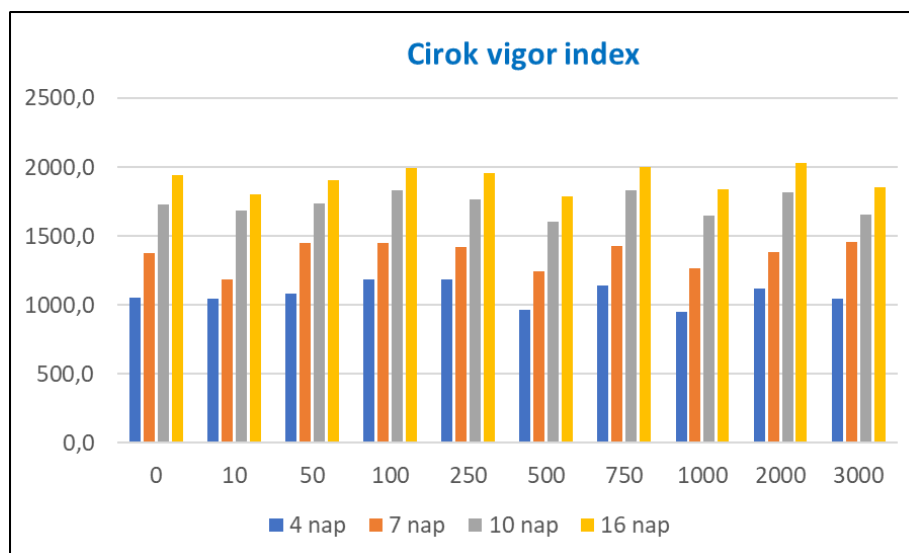


23. ábra A kukorica vigor index eredményei a különböző cink dózisok alapján

A Vigor index: megmutatja, a magok életképességét, és kezdeti fejlődését. Nem csak azt mutatja meg mennyi meg csírázik ki, hanem azt is, hogy mennyire erősek és fejlettek a csíranövények. Ez egy komplex mutató, ami figyelembe veszi az átlagos gyökér- és hajtáshosszúságot, a csírázási százalék mellett. A 23. ábra megmutatja a kukorica vigor indexének eredményeit a 4 kontroll napra vonatkoztatva, azért csak 4 nap van, mivel az *anyag és módszer* résznél említettem, hogy az első kontroll napon nem mértem gyökér- és szárhosszúsági adatokat, csak a kezdeti csírázást figyeltem meg. A legmagasabb eredmények 50-100 μ M dózisoknál jelentkeztek, ez arra enged következtetni, hogy ez a dózisonál volt a legoptimálisabb a kukorica növények kezdeti fejlődéséhez

4.10 A cirok vigor index eredményei

A 24. ábrán a cirok vigor indexének eredményei láthatóak a különböző cink dózisok alapján.



24. ábra A cirok vigor index eredményei a különböző cink dózisok alapján

A 24. ábrán bemutatott adatok alapján a különböző cinkdózisokkal kezelt ciroknövények esetében nem figyelhető meg egyértelmű dózishatás a vigor index alakulásában. A mért értékek viszonylag kiegyenlítettek, ami arra utal, hogy a cink alkalmazása sem serkentő, sem gátló hatást nem gyakorolt a növény kezdeti fejlődésére. A különböző kezelések között csak kisebb ingadozások figyelhetők meg amelyek inkább a mérési időpontok közötti különbségnek tulajdoníthatók. A mérések során jól látható az idő előrehaladtával a vigor index értékei kis mértékben, de fokozatosan növekedtek, ami a növény fejlődési dinamikáját tükrözi. A cinkkel való kezelés nem idézett elő számottevő fiziológiai stresszt nagyobb dózisoknál, és nem is mutatott serkentő hatást a kisebb dózisoknál.

5. Következtetések és javaslatok

Jelen kutatásomban azt vizsgáltam, hogy a különböző dózisú cinkkel való kezelés, hogyan hat a kukorica és a cirok kezdeti fejlődésére. Következtéseimet pontokba szedve az alábbiakban fogom ismertetni külön a kukorica és külön a cirok vonatkozásában.

Kukorica

A napi csírázási számnál arra következtetésre jutottam, hogy a kontrollhoz képest magasabbak a csírázási számok, és $100\mu\text{M}$ értéknél figyeltem meg a plató kialakulását, azonban mégis az $500\mu\text{M}$ dózis hozta a legjobb eredményt a végén.

A Duncan post-hoc teszttel végzett vizsgálat során egyértelműen kimutatható volt, hogy az első 3 kontroll napon a $100\mu\text{M}$ kezelés szignifikánsan eltért a többitől, majd az utolsó két kontroll napon az $500\mu\text{M}$ dózis volt az, ami szignifikánsan kiemelkedett a többi közül. Főként az utolsó két nap vonatkozásában megfigyelhető volt az optimum görbe kirajzolódása, amivel arra következtettem, hogy kukorica esetében, egyértelműen elkülönülnek egymástól azok a dózisok, amelyek még kevésnek, optimálisnak, és már toxikusnak bizonyultak a csírázás dinamikáját illetően.

A $250\mu\text{M}$ -nál magasabb dózisok negatívan hatottak a kukorica hajtás- és gyökérnövekedésére, itt arra a következtetésre jutottam, hogy a $250\mu\text{M}$ feletti dózisok kedvezőtlenül befolyásolták a hajtás- és gyökérnövekedést.

A kukorica esetében megfigyeltem idő és dózishatást is.

Cirok

Cirok esetében a napi csírázási szám homogén volt, bár itt megfigyelhető volt, hogy a kezdeti csírázási értékek a kukoricához képest magasabbak voltak.

A Duncan féle post-hoc teszt alapján a ciroknál is a $100\mu\text{M}$ dózis volt az, ami szignifikánsan eltért a többitől, itt is arra a következtetésre jutottam, hogy ez az a dózis amelyik legoptimálisabban hat a cirok csírázására. Ciroknál nem volt egyértelműen kirajzolódó optimum görbe itt a $100\mu\text{M}$ dózis kivételével nem voltak nagyban eltérő különbségek a csírázás alakulásában.

A csírázási százaléknál megállapítottam, hogy ugyanazon idő alatt a cirok magasabb csírázási százalékot ért el, ezzel arra következtettem, hogy a cirok jobban reagált a csírázási környezetre, mint a kukorica.

A gyökér- és hajtáshosszúságot illetően, a ciroknál nem állapítottam meg dózishatást, ebben az esetben csak időhatás volt megfigyelhető, csakúgy, mint a vigor index egyöntetű eredményei alapján.

Összességében a vizsgálatok eredményei azt igazolják, hogy a kukorica negatívan reagált a 250 μ M feletti cinkkel való kezelésekre, míg a ciroknál nem mutatkozott nagymértékű eltérés egyik dózis esetében sem

5.1 Javaslatok

Optimális cinkszint meghatározása

A kukorica esetében a 50-100 μ M koncentrációk alkalmazása a csírázás és kezdeti fejlődés szempontjából optimálisnak bizonyult. Ezért a gyakorlatban, különösen a cinkhiányos talajokon, a megfelelő cinkellátás biztosítása indokolt, ugyanakkor a túlzott cinkpótlást kerülni kell a toxikus hatások elkerülése érdekében.

A cirok, mint potenciálisan toleráns fajta

Mivel a cirok nem mutatott egyik vizsgált dózis tartományban sem serkentő, sem gátló válaszreakciót, ezért a fajta alkalmas lehet nehézfém szennyezett vagy cinkhiányos területeken való termesztésre.

Gyakorlati alkalmazás

A kutatás eredményei iránymutatásul szolgálnak a fenntartható tápanyag-gazdálkodás fejlesztéséhez, különösen olyan területeken, ahol a cinkhiány korlátozza a termés hozamot. A megfelelő cinkdózis alkalmazása elősegítheti a növények korai fejlődését és stressztűrő képességét, míg a túladagolás elkerülésével csökkenthető a környezetterhelés.

6. Összefoglalás

A kutatásom célja, annak vizsgálata volt, hogy a kukorica és a cirok magok miképpen reagálnak a különböző dózisú cinkkel való kezelésekre. Nem csak a csírázás vonatkoztatásában végzetem vizsgálatokat, hanem megfigyeltem a gyökér- és hajtáshosszúság miként változik a különböző cink dózisokkal való kezelés hatására. A kísérlet során mért adatok alapján a cink hatása a két növényfajta esetében eltérőnek bizonyult. A kukoricánál a cink alacsonyabb koncentrációi serkentő hatással voltak a csírázásra és a kezdeti fejlődésre, míg a magasabb dózisok már gátolták a fejlődést, ami ebben az esetben a cink toxikus hatáskifejtésére utal. Ezzel szemben a cirok esetében a cinkkezelések nem idéztek elő jelentős változást a mért paraméterekben. A hajtás- és gyökérnövekedés, illetve a vigor index adatai alapján megállapítható, hogy a különböző dózisú cinkkel való kezeléseknél nem mutatkozott dózishatás, az idő előrehaladtával figyelhető csak meg a fejlődés dinamikája. Összességében megállapítottam, hogy a kukorica érzékenyebben reagált a cink koncentrációváltozásaira, míg a cirok nem mutatott egyértelműen kiemelhető eredményeket. A kapott eredmények alapján a cink optimális mennyiségének meghatározása kulcsfontosságú a növények egészséges fejlődéséhez és a fenntartható növénytermesztéshez.

6.1 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek Dr. Jócsák Ildikó egyetemi adjunktusnak segítőkészségéért, kitartó munkájáért, a kísérlet megszervezéséért, illetve koordinálásáért.

Köszönettel tartozom a családomnak, akik mindvégig támogattak a tanulmányaim alatt és hozzásegítettek, hogy diplomát szerezhsek.

Végezetül pedig köszönettel tartozom szaktársaimnak és barátaimnak, akik tanulmányaim és kutatómunkám során végig segítettek, támogattak és bátorítottak.

7. Irodalomjegyzék

A kukorica megfelelő tápanyag-utánpótlása Ordódy Eszter 2023

(<https://agroforum.hu/agrarhitek/novenytermesztes/a-kukorica-megfelelo-tapan-yag-utanpotlasi/>)

Abedi, T. – Gavanji, S. – Mojiri, A. (2022): Lead and Zinc Uptake and Toxicity in Maize and Their Management. *Plants*, 11, 1922

Antal J. (2005) Növénytermesztés tan 1 Mezőgazda kiadó 284.

Antal J. (2005) Növénytermesztés tan 1 Mezőgazda kiadó 252-256.

Antal J. (2005) Növénytermesztés tan 1 Mezőgazda kiadó 252-259.

Birkás M. (2017) Földművelés és földhasználat, Mezőgazda könyvek. 239-240.

Breeding sorghum for diverse end uses Chapter 2 - Origin, Domestication and Diffusion of *Sorghum bicolor* (2019, Pages 15-31) Kamala Venkateswaran, M. Elangovan, N. Sivaraj

Cakmak I. (2000): Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146(2), 185–205

Cakmak, I. (2012): Zinc in fertilizers. International Zinc Association. Brochure

Diagnosing Nutrient Deficiency Symptoms in Maize. Ajeet Kumar¹, C. K. Jha¹, Shiva Pujan Singh², Kumari Sunita³. Bihar India 2021

Different Sensitivity Levels of the Photosynthetic Apparatus in *Zea mays* L. and *Sorghum bicolor* L. under Salt Stress. *Plants* 2021, 10(7), 1469; Martin A. Stefanov, Georgi D. Rashkov, Ekaterina K Yotsova, Preslava B. Borisova, ANelina G. Dobrikova, Emilia L. Apostolova

Enhancing maize yield, water use efficiency, and Zn content under drought stress by applying Zn-solubilizing bacteria [Volume 308](#), 1 March 2025, 109313 Fahimeh Khaleid, Hamidreza Balouchi, Mohsen Movahhedi Dehnavi, Amin Salehi, Beata Dedicova

Fülek Gy. (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Genetic architecture and molecular regulation of sorghum domestication Volume 4, pages 57–71, (2023) Fengyong Ge, Peng Xie, Yaorong Wu és Qi Xie

Germination: A Powerful Way to Improve the Nutritional, Functional, and Molecular Properties of White- and Red-Colored Sorghum Grains, *Foods* 2024, 13(5), 662; Cagal Kayisoglu, Ebrar Altikardes, Nihal Güzel, Secil Uzel

HARASZTHY Á. (2004): Növény szerkezettan és Növényélettan Nemzeti Tankönyvkiadó 4-5

Interaction of Zinc Mineral Nutrition and Plant Growth-Promoting Bacteria in Tropical Agricultural Systems: A Review *Plants* 2024, 13(5), 571 Arshad Jalal, Enes Furlani Júnior, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Kádár I. (2005): Magyarország Zn- és Cu-ellátottságának jellemzése talaj- és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agronomica Óváriensis*. 47. (1.) pp. 11.

Kalocsai R. (2010): A levéltrágyázás szerepe a tápanyagellátásban. *Agro Napló*. 2010/02. pp. 75-76.

Kalocsai R., Schmidt R., Szakál P. (2004): A kukorica cinkhiányát kiváltó okok és gyógyítás lehetőségei. *Agro Napló, Országos Mezőgazdasági Szakfolyóirat*, VIII. évfolyam. 4. pp. 35-35.

Kalocsai R., Schmidt R., Szakál P., Giczi Zs. (2005): A mikroelemek hatása az őszi búza minőségére. *Agro Napló IX. évf.* 2005/10. 35-38.p

López-Millán, A.F. – Ellis, D.R. – Grusak, M.A. (2005): Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in *Medicago truncatula* wild type and *raz* mutant plants. *Plant Science*, 168(4), 1015–1022.

Mengel K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*. pp. 162-163

Mitigating Drought Stress in Maize: Synergistic Effects of Zinc Sulfate and *Pseudomonas* spp. on Physiological and Biochemical Responses *Plants* 2025, 14(10), 1483;

Mitigating Drought Stress in Maize: Synergistic Effects of Zinc Sulfate and *Pseudomonas* spp. on Physiological and Biochemical Responses *Plants* 2025, 14(10), 1483; Fahimeh Khaleid, Hamidreza Balouchi, Mohsen Movahhedi Dehnavi, Amin Salehi, Beata Dedicova

Sorghum Production for Diversified Uses, 2014, Srinivasa Rao, P | Reddy, B V S | Nagaraj, N | Upadhyaya, H D | Wang, Y H | Upadhyaya, H D | Kole, C

Stefanovits P. (1975): Talajtan. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*.

Tsonev, T. – Cebola Lidon, F.J. (2012): Zinc in plants - An overview. *Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 24 (4), 322–333

Zinc Hyperaccumulation in Plants: A Review Habiba Balafrej, Didier Bogusz, Zine-El Abidine Triqui, Abdelkarim Guedira, Najib Bendaou, Mouna Fahr. *Plants* 2020, 9(5), 562;

Zinc Seed Priming Alleviates Salinity Stress and Enhances Sorghum Growth by Regulating Antioxidant Activities, Nutrient Homeostasis, and Osmolyte Synthesis *Agronomy* 2024, 14(8), 1815 Muhamad Umair Hassan, Muhammad Umer Chattha, Imran Khan, Tahir Abbas Khan, Mohsin Nawaz, Haiying Tang, Megmood Ali Noor, Tahani A. Y. Asseri, Mohamed Hashem, Huang Guoqin

7.1 Internetes hivatkozások

<https://agrarium7.hu/cikkek/2253-a-cirok-nem-csodanoveny-hanem-megoldas>

<https://farmmix.hu/a-cink-jelentosege-a-noveny-fejlodeseben/>

<https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/fobb-novenykulturak-termeseredmenyei-2024/index.html#a-kukorica-term%C3%A9seredm%C3%A9nye-elmaradt-az-egy-%C3%A9vvel-kor%C3%A1bbit%C3%B3l>

<https://www.vitalfeed.hu/hu/szakcikkek/cirok-termesztestechnologia-2023>

<https://www.yara.hu/tapanyagellatas/kukorica/hianyutunetek-kukorica/nitrogen-hiany-kontra-optimalis-ellatottsag-kukorica/>

<https://www.yara.hu/tapanyagellatas/kukorica/kukoricapiac/>

1. ábra A kukorica termésátlagának alakulása a vármegyékben és országosan 2024 Forrás: KSH.....	7
2. ábra Öt házasított cirokfaj (bicolor, guinea, caudatum, kafir és durra) házasítási központjai, eredeti elterjedése és kalászosmorfológiája.....	8
3. ábra A Zn talajból a gabonába történő szállításának és mobilizációjának lehetséges mechanizmusa	13
4. ábra Cinkhiányos területek Magyarországon: Dr. Matus László, Forrás: agroinform.....	14
5. ábra a kukorica kumulatív napi csírázási száma a kontroll napok alapján.....	22
6. ábra a cirok kumulatív napi csírázási száma a kontroll napok alapján	23
7. ábra A csírázás alakulása a kezelés 7. napján kukoricánál	24
8. ábra A csírázás alakulása a kezelés 4. napján kukoricánál	24
9. ábra A csírázás alakulása a kezelés 10. napján kukoricánál	24
10. ábra A csírázás alakulása a kezelés 13. napján kukoricánál	25
11. ábra A csírázás alakulása a kezelés 16. napján kukoricánál	25
12. ábra A csírázás alakulása a kezelés 7. napján.....	26
13. ábra a csírázás alakulása a kezelés 4. napján cirokban.....	26

14. ábra A csírázás alakulása a kezelés 10. napján cirokban.....	26
15. ábra A csírázás alakulása a kezelés 13. napján cirokban.....	27
16. ábra A csírázás alakulása a kezelés 16. napján cirokban.....	27
17. ábra A kukorica magok csírázási százalékának alakulása.....	28
18. ábra A cirok magok csírázási százalékának alakulása.....	29
19. ábra Cink kezelések hatása a kukorica gyökérhosszúságára.....	30
20. ábra Cink kezelések hatása a kukorica hajtáshosszúságára.....	30
21. ábra Cink kezelések hatása a cirok gyökérhosszúságára.....	31
22. ábra Cink kezelések hatása a cirok szárhosszúságára.....	32
23. ábra A kukorica vigor index eredményei a különböző cink dózisok alapján.....	32
24. ábra A cirok vigor index eredményei a különböző cink dózisok alapján.....	33
1. táblázat a kukorica átlagos tápelemigénye.....	10
2. táblázat A cirok tápanyagszükséglete 1 tonna termésmennyiség eléréséhez.....	11
3. táblázat A talaj EDTA-oldható Zn ellátottságának megítélése.....	12

8. Mellékletek

NYILATKOZAT

OLÁH ZSÓFIA (hallgató Neptun azonosítója: XE2HDT) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025. év 10. hó 31. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

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

1. Általános adatok

Hallgató neve:	OLÁH ZSÓFIA
Neptun-kódja:	XE2HDT
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT KÉSZÍTÉSE
A munka címe:	KÜLÖNBÖZŐ DÓZISÚ CINK OLDATOK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA CIROKBAN ÉS KUKORICÁBAN

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....


4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt:GÖLLE....., 2025.10. hó31. nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

NYILATKOZAT
a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről

A hallgató neve: OLÁH ZSÓFIA
A Hallgató Neptun kódja: XE2HDT
A dolgozat címe: KÜLÖNBÖZŐ DÓZISÚ CINK OLDATOK HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA CIROKBAN ÉS KUKORICÁBAN
A megjelenés éve: 2025.
A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI-TUDOMÁNYOK INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: AGRONÓMIAI TANSZÉK

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

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


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

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

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

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

Kelt: 2025. év 10. hó 31. nap


Hallgató aláírása

