

Debreceni Egyetem
KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Holb Imre
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezetők:

Takácsné Prof. Dr. Hájos Mária
egyetemi tanár

Dr. Zsembeli József
tudományos tanácsadó

**Abiotikus stresszhatás értékelése különböző
csemegekukorica genotípusoknál**

Készítette:

Galambné Sinka Lúcia
doktorjelölt

Debrecen

2026

1. BEVEZETÉS	4
1.1. Témafelvetés	4
1.2. Célkitűzések	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A csemegekukorica morfológiája.....	8
2.1.1. Gyökérrendszer	9
2.1.2. Szár és levelek	9
2.1.3. Virágzat	10
2.1.4. Termés	10
2.2. A csemegekukorica környezeti igénye.....	11
2.2.1. Hőigény	11
2.2.2. Fényigény	12
2.2.3. Talajigény.....	12
2.2.4. Vízigény	13
2.3. A csemegekukorica termesztésben jelentkező agroökológiai stresszorok	14
2.3.1. Az alacsony hőmérséklet okozta stresszhatások.....	15
2.3.2. A magas hőmérséklet okozta stresszhatások	17
2.3.3. A vízhiány okozta stresszhatások.....	18
2.3.4. A túlzott vízellátás okozta stresszhatások.....	19
2.3.5. A másodlagos szikesedés hatásai	20
2.4. A stresszhatások kezelésére alkalmas agrotechnikai elemek és módszerek	25
2.4.1. Vetésidő	25
2.4.2. Fajtaválasztás.....	27
2.4.3. A talajjavítás lehetőségei.....	29
2.4.4. A koraiságot fokozó módszerek	29
2.5. A csemegekukorica termesztetősége kedvezőtlen adottságú területeken	30
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	32
3.1. A hidegstressz kísérlet leírása	32
3.1.1. A normál palántanevelési mód körülményeinek leírása.....	32
3.1.2. Az edzett palántanevelési mód körülményeinek leírása	33
3.1.3. A vizsgált hibridek jellemzése	38
3.1.4. Vizsgálati módszerek és mérések a hidegstressz kísérletben	39
3.2. A sóstressz kísérlet leírása.....	40
3.2.1. A sóstressz kísérlet körülményei	41
3.2.2. A vizsgált hibridek jellemzése	43
3.2.3. A vizsgált talajjavító szerek bemutatása	44
3.2.4. Vizsgálati módszerek és mérések a sóstressz kísérletben	46
3.2.5. Adatok statisztikai feldolgozása	47
4. EREDMÉNYEK	48
4.1. A hidegstressz kísérlet eredményei	48
4.1.1. A kelési százalék alakulása a palántanevelési időszakban	48

4.1.2. A léghőmérséklet alakulása a hidegstressz kísérletben.....	49
4.1.3. A hidegstressz hatása a vizsgált hibridek SPAD és NDVI értékeire	53
4.1.4. A hidegstressz hatása a vizsgált hibridek mennyiségi és minőségi mutatóira	57
4.1.5. Pearson-féle korrelációs számítás a hidegstressz kísérlet eredményeire vonatkozóan	71
4.2. A sóstressz kísérlet eredményei	72
4.2.1. A 2019-es vizsgálati év (előkísérlet) eredményei	73
4.2.2. A sóstressz és a talajjavítás hatása a talajra	74
4.2.3. A sóstressz és a talajjavítás hatása a vizsgált hibridek mennyiségi és minőségi mutatóira	83
4.2.4. Pearson-féle korrelációs számítás a sóstressz kísérlet eredményeire vonatkozóan ..	99
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	101
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	106
7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	107
8. ÖSSZEFOGLALÁS	109
9. SUMMARY	113
10. IRODALOMJEGYZÉK	116
PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	133
ÁBRAJEGYZÉK	141
NYILATKOZATOK	145

1. BEVEZETÉS

1.1. Témafelvetés

Magyarország zöldségtermesztési ágazatában kiemelkedő szerepe van a csemegekukorica termesztésének. Az elmúlt 10 évet tekintve termesztőfelülete jelentős és viszonylag stabilnak mondható növekedéssel jellemezhető, hiszen míg 2012-ben 29,3 ezer hektárt, addig 2022-ben már 34 ezer hektárt hasznosítottak csemegekukoricával (KSH, 2022). Magyarországon a zöldségfélék közül a legnagyobb területen a csemegekukoricát termesztik, termelési értékét tekintve pedig a harmadik helyre rangsorolható, hazai viszonylatban. Kiemelt termelő körzetei közé Hajdú-Bihar megye (terület mintegy harmadát adja), Békés, Bács-Kiskun tartozik, továbbá jelentős még Szabolcs-Szatmár-Bereg-, Csongrád- és Jász-Nagykun-Szolnok megyében is (I1).

Európai viszonylatban a termőterületét és termésmennyiségét tekintve Franciaországgal karöltve Magyarország az EU vezető termelője (Lente, 2012). 2022-ben Franciaországban 473 ezer tonna (STATISTA, 2022), Magyarországon pedig 393 ezer tonna (KSH, 2022) csemegekukorica termett, így a hazai csemegekukorica termesztés nemzetközi szinten is az élmezőnybe tartozik. Az előállított mennyiség közel 95%-a exportra kerül, feldolgozva vagy friss fogyasztásra. 2016-ban, az USA-t megelőzve, hazánk volt a legnagyobb feldolgozott csemegekukorica exportőr (konzerv és fagyasztott termékeket együttvéve) a világon.

A világ- és európai viszonylatban is kedvező pozíciót a csemegekukorica termesztésben a hazai talajadottságainknak köszönhetően tudhatjuk magunkénak. Ehhez magas termesztéstechnológiai színvonal kialakulása is társul, amely mind feldolgozóipar számára, mind friss fogyasztásra kiváló árualap biztosítását teszi lehetővé.

Korábban egyértelműen kijelenthető volt, hogy a hazai talajtani tényezők mellett a klimatikus tényezők is igen kedvezőek a csemegekukorica termesztéséhez, azonban manapság egyre gyakoribbá váltak az időjárási szélsőségek, amelyek negatívan befolyásolják a sikeres termesztést. A legjelentősebb problémát a kora tavaszi radikális hőmérsékletingadozás okozza, ami a friss fogyasztásra szánt, korai árualap előállítása során okozhat termés kiesést, illetve minőségromlást.

Mivel a mezőgazdasági termelékenység elsődleges meghatározója a klíma, ezért az éghajlatváltozás nagyban befolyásolja, például a növénytermesztést, a vízmérleget, illetve a mezőgazdasági rendszerek egyéb elemeit is. A klímaváltozás termelésre és élelmiszerellátásra gyakorolt hatásainak megértése, felmérése és kezelése humán érdekeltég (Adams et al., 1998).

A friss fogyasztásra szánt csemegekukorica termesztése esetében van lehetőségünk primőr termékek előállítására is, amellyel jelentős többletbevételt lehet elérni. Nyilvánvalóan minél előbb jelenik meg az áru a piacon, annál nagyobb profit realizálható. Napjainkban egyre jelentősebbé vált a csöves (korai termesztésű) csemegekukorica exportálása hazánkból, amelyhez elengedhetetlen a koraiságot elősegítő termesztéstechnológiák alkalmazása, melyet a takart ágyásra történő direktvetéssel vagy 5 leveles palánták kora tavaszi kiültetésével biztosíthatunk. Azonban ebben az időszakban egyre gyakrabban jelentkeznek időjárási szélsőségek, extrém hőmérsékletingadozások, aszályos időszakok, vagy épp heves esőzések, szélviharok, amelyek károsíthatják a fiatal növényeket, így a friss fogyasztásra szánt, korai árualap előállítása során termés kiesést, illetve minőségromlást okozhat. Ezek közül, a kukorica származásából adódó igényeit tekintve, a tavaszi felmelegedés utáni hirtelen, extrém lehülések okozhatják a legnagyobb abiotikus stresszhatást.

Az éghajlati és légköri változásokhoz való alkalmazkodásnak számos lehetséges módja van a mezőgazdaságban. A növénytermesztési rendszerek esetében az egyik legfontosabb feladat a termés minőségének fenntartása, melyhez megoldást nyújthat például olyan fajták/fajok alkalmazása, amelyek nagy csírázási százalékkal jellemezhetők, jobb aszály- és hőtűrőképességgel rendelkeznek (Howden et al., 2007), illetve az átmeneti hideghatást jobban tolerálják.

A versenyképes magyarországi csemegekukorica termesztéshez, kiemelt szerepe van továbbá az öntözésnek, hiszen ez a kultúra igen érzékeny az egyenletes vízellátásra. Azonban az öntözővíz minősége nem minden termesztőterületen megfelelő. Ebben a tekintetben több helyen jelentős problémát okoz például az öntözővíz nagy sótartalma, amely nemcsak közvetlenül a növényre gyakorol stresszhatást, hanem a csemegekukorica termesztésre alkalmas, de nem feltétlenül kedvező, érzékenyebb talajok másodlagosan elszikesíthetők, így befolyásolja a csemegekukorica termesztetőségét.

Mivel a népesség nagyon gyorsan növekszik, így a talaj- és a vízkészletek olyan volumenben vannak használva, amely a jó minőségű mezőgazdasági területeket és az édesvízkészleteket már kizsigereli. Nyilvánvaló, hogy hosszútávra vonatkozóan mindenképp javasolt a

kedvezőtlen adottságú földterületek és vízkészletek termelésbe vonása (Abdul és Mahmood 2012).

Napjainkban Magyarországon kevesebb, mint 100 ezer hektárt öntöznek és ez csupán 2%-ot tesz ki a mezőgazdasági földhasználatból, viszont ez adja az összes termés 20%-át. A ténylegesen öntözött terület 2002-ben Magyarországon még 124,76 ezer ha, 2004-ben ez 102,85 ezer ha, 2006-ban már csak 62,12 ezer ha volt, míg 2009-ben ez az érték 91,72 ezer ha értékre növekedett. 2009. évi adatok alapján eloszlás szerint, Hajdú-Bihar megye, Jász-Nagykun-Szolnok megye, Csongrád megye, Békés, Bács-Kiskun a legnagyobb mértékben öntözött megyéink (főbb csemegekukorica termesztő körzeteink), a hazai öntözött területek mintegy 84%-át adják. Mivel az öntözés jelentős szerepet játszik a termésbiztonság fenntartásában, az öntözött területek növelése az ágazat versenyképességét jelentős mértékben stabilizálná.

Mivel a magyar csemegekukorica iránti igény vitathatatlan, ezért találtam érdekesnek vizsgálni, hogy hogyan lehet fenntartani a termésbiztonságot az időjárási extremitások ellenére. Emellett pedig azt is, hogy hogyan lehet a kedvezőtlenebb adottságokkal (nagy sótartalmú öntözővíz) jellemezhető területeket termelésbe vonni annak érdekében, hogy növelhető legyen a termesztőfelület.

1.2. Célkitűzések

A hidegstresszhez való alkalmazkodóképesség fokozásának lehetőségére vonatkozó hipotézisem szerint megfelelő (hideggel szemben toleránsabb) genotípusválasztással, illetve a még fiatal növények megfelelő mértékű edzésével (optimálistól alacsonyabb hőmérséklethez való szoktatásával) biztonságosabbá tehető a primőr árualap előállítását szolgáló korai termesztéstechnológia.

A hidegstressz hatásait vizsgáló kísérletemben klímakamra alkalmazásával szimuláltam a kora tavaszi hideget és elemeztem annak hatását a különböző genotípusok stressztűrő képességére. Ehhez a palántákat 5 leveles korig neveltem, melynél a csöképződés inicializációja megy végbe, azaz a legkritikusabb fenofázis a generatív szakasz potenciális kialakulásához.

A nagyobb sótartalmú öntözővízzel való öntözés alkalmazására vonatkozó hipotézisem szerint az egyes genotípusok között adódhatnak különbségek sótoleranciát illetően, amelyet esetlegesen tovább lehet fokozni azáltal, hogy talajkondicionáló, talajjavító anyagok

alkalmazásával kedvezőbb talajszerkezetet biztosítva lehetővé tesszük a káros sók mélyebb rétegekbe mosódását. Ezáltal termelésbe vonhatók a kedvezőtlenebb agroökológiai adottságokkal jellemezhető területek is.

A másodlagos szikesedés hatásait vizsgáló kísérleteimben nagy sótartalmú vízzel történő öntözés talajra és a különböző csemegekukorica hibridekre gyakorolt hatásai mellett vizsgáltam, hogy különböző talajkondicionáló, talajjavító szerek alkalmazásával mérsékelhetők-e az abiotikus stresszfaktorok hatásai.

A kutatómunka célkitűzései a következők voltak:

1. Eltérő hőmérsékleti viszonyok vizsgálata a palántanevelés ideje alatt.
2. Alacsony hőmérséklet okozta stresszhatás értékelése a generatív szakasz kialakulására, a fotoszintetikus aktivitásra és a terméseredményekre különböző genotípusoknál.
3. A talaj fokozott sótartalmának hatása különböző mennyiséget és minőséget meghatározó paraméterekre eltérő csemegekukorica genotípusoknál.
4. Talajjavító termékek tesztelése másodlagos szikesedésnek kitett talajon, kisparcellás kísérletekben.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A kutatási témához kapcsolódó szakirodalmakat az alábbi szempontok szerint dolgoztam fel:

- a kutatásom tárgyát képező csemegekukorica jellemzése és környezeti igényei,
- a csemegekukorica általam is vizsgált értékmérő tulajdonságai,
- a csemegekukorica termesztését befolyásoló agroökológiai stresszorok hatásainak áttekintése,
- a csemegekukorica kedvezőtlen agroökológiai feltételek között történő termesztetőségének értékelése, illetve
- az ilyen területeken történő termesztésből adódó kedvezőtlen hatások mérséklésének a lehetőségei agrotechnikai eszközökkel.

2.1. A csemegekukorica morfológiája

A kukorica származásából adódóan először a trópusi és szubtrópusi területeken terjedt el, majd a termesztési felület növekedéséből adódó szelekció hatására jelenlegi termesztési körzete nagyon kiterjedt. A legnagyobb termést nem a származási helyének tekinthető trópusokon adja, hanem mérsékelt égövi körülmények között, ahol intenzíven művelik. A csemegekukorica a takarmánykukorica egyik változata, melyet csupán egy recesszív gén jelenléte különbözteti meg a takarmányozási célra termelt kukoricától. Morfológiájuk, fiziológiájuk, virágzásbiológiájuk egyező, azonban mivel a recesszív gén akadályozza a cukor keményítővé alakulását a termésben, a csemegekukorica nagyobb cukortartalmú. További különbség, hogy a csemegekukorica jobban fattyasodó, igényesebb és kisebb termetű, valamint a kukoricaszemek éretten ráncosodnak (Ackerl, 2004).

Aszerint, hogy milyen géneket tartalmaznak az egyes genotípusok, különböző fajtatípusok különböztethetők meg, amelyek a következők (Takácsné Hájos, 2014):

- Normál édes (hagyományos) típus, amely su_1 – *sugar* gént tartalmaz, így 6–10 % cukor felhalmozódást tesz lehetővé. A normálédes csemegekukorica minden felhasználási célra alkalmas (friss fogyasztás, konzerv- és hűtőipar).
- Nugát (emelt cukortartalmú) típus, amely kettős mutáns, azaz su_1 és *se* (*sugar enhancer*) géneket együtt tartalmazza. A nugát típusú csemegekukorica nagyobb (10–15 %) cukortartalommal jellemezhető, azonban a szemek színe hőkezelés hatására kifakul, így konzervipari feldolgozásra nem alkalmas.

- Szuperédes (desszert) típus, amely sh_2 gént tartalmaz, így 15–20% cukortartalom felhalmozására is képes. Ezt a típus főként konzerv- és hűtőipari célra használják, a termesztésben egyre nagyobb arányban van jelen.

2.1.1. Gyökérrendszer

A kukoricának bojtos gyökérzete van, mely két részre osztható. Az elsődleges gyökérzet fejlődik ki elsőként, a csíra gyököcskéjéből, ezután a másodlagos gyökerek nőnek ki szakaszosan, a szár földalatti nóduszaiból (Ackerl, 2004). A másodlagos (járulékos) gyökerek a kukorica gyökérrendszerének legfontosabb és legnagyobb tömeget kitevő gyökerei, amelyek keletkezésük szerint háromfélék (mellégyökerek, koronagyökerek, harmatgyökerek) lehetnek. A kukorica mellék- és koronagyökerei vízszintesen 70-100 cm távolságra is elérnek, függőlegesen pedig az ökológiai viszonyoktól függően akár 200 cm-re is hatolhatnak (Menyhért, 1985), azonban a tömegük legfőbb része a talaj felső 25-30 cm-es szintjében helyezkedik el (Bocz és Nagy, 1978). A harmatgyökerek a föld feletti csomókról erednek, ezek támasztják meg az egyre magasabbra növő szárát, megelőzve az eldőlést (Bocz et al., 1996).

2.1.2. Szár és levelek

A kukorica szárát képezi a lehetséges oldalhajtásokat, a címert és csövet, valamint a leveleket tartalmazó hajtásrendszer (Nagy, 2007). A hengeres, felálló erőteljes merev, vastag, kórós szár nóduszokból, azaz szárcsomókból és internódiumokból (szártagokból) áll. Vastagsága 1-6 cm között alakul, alulról felfelé vékonyodik (Berzsenyi, 2012).

A kukorica levele a többi pázsitfűféléhez hasonló, azonban a levéllemez szélessége és hosszúsága is nagyobb (Bocz et al., 1996). Két fő részből áll, a levéllemezről és a levélhüvelyből, melyek érintkezési pontjánál található a nyelvecske (Nagy, 2007). Leveleinek száma a felszín feletti csomók számától függően változik, melyek két átellenes sorban váltakoznak. Minél hosszabb a genotípus vegetációs periódusa, annál több nódusz, ezáltal több levél (általában 8-14) található a növényen (Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007).

2.1.3. Virágzat

A kukorica egylaki, váltivarú növény. A hím- (címer) és a nővirágzat (torzsa) a növény különböző részein helyezkedik el. A címer a hajtás csúcsán elhelyezkedő bugavirágzat, a torzsavirágzat pedig a fő- vagy mellékajtás levélhóonalji rügyéből fejlődik (Nagy, 2007, Berzsenyi, 2012). Mivel ezek a rügyek a felső 2-4 levél kivételével minden levél hóonaljában előfordulnak, ezért 1-2, ritkán 3 nővirág fejlődik egy növényen (Nagy, 2007). A hím- és a nővirágzat közötti vertikális távolság nem ritkán eléri a 1-1,3 métert. Ez a felépítés az idegentermékenyülésnek kedvez. A kukoricára jellemző, hogy a hímvirágzás 2-4 nappal korábban kezdődik, mint a nővirágzás, ez a proterandria jelensége (Rácz, 2011).

A címer megjelenése után 3–13 napra megindul a virágzás, ami nagy meleg hatására akár már 1–2 napra is bekövetkezhet. A hímvirágzás időtartama változó, fajtától és időjárástól függően 5–10 nap lehet. A csuhélevelekkel borított nővirág virágzásának kezdetét a cső alsó virágaiból kiinduló bibeszálak (bajusz) megjelenése jelzi. A cső hegyén lévő virágok nyílnak utoljára, ezekből apróbb, gyengébb értékű szemek fejlődnek. A megtermékenyült virág bibéje 1–2 nap alatt elszárad, ellenkező esetben 7–10 napig zöld marad (Daniel, 1978).

2.1.4. Termés

A kukorica a torzsavirágzaton (csövön) szemtermést fejleszt, melynek kialakulása a megtermékenyülés után kezdődik. A megtermékenyült torzsavirágzat a kukoricacső, amelynek hossza Berzsenyi (2012) alapján 10-30 cm között változik és a csövön 600-1000 db szem található (Surányi, 1957). A szemek érésében a gabonafélékhez hasonlóan tejes-, viasz- és teljes érést különböztetünk meg. A takarmánykukoricával ellentétben a csemegekukorica szemek teljes érésben töppednek, ráncosodnak, mazsolaszerűek. Ezek általában kisebbek, mint a takarmánykukoricáé. Ezermagtömegük a 300 g-ot ritkán haladja meg (Ackerl, 2004).

2.2. A csemegekukorica környezeti igénye

2.2.1. Hőigény

Menyhért (1979) szerint a kukoricát 21-26 °C közötti nyári átlaghőmérséklet mellett lehet eredményesen termesztani. Mivel trópusi növény, az éjszakai minimum hőmérséklet is lényeges a zavartalan fejlődéshez. Láng (1976) szerint 14-15 °C feletti éjszakai hőmérséklet a kedvező, míg Menyhért (1979) úgy véli, ha nem süllyed 9 °C alá a hőmérséklet, az sem befolyásolja a fejlődést.

Balázs (1989) szerint a mag keléséhez 10 °C a minimum hőmérséklet (szuperédes csemegekukorica esetében 12 °C), a vegetációs periódus további részében pedig 22-25 °C a megfelelő az optimális fejlődéshez, azonban 35 °C felett már a növény károsodhat. Varga-Haszonits (1974) azonban azt vallja, hogy a csírázáshoz 8-14 °C között alakuló hőmérsékleti érték tekinthető optimálisnak, károsodás pedig 40 °C felett tapasztalható. Kritikus szakasz továbbá hőmérséklet szempontjából a címerhányás időszaka is. Ebben a fenofázisban a legkedvezőbb a 24-26 °C, az ettől eltérő hőmérsékletek megváltoztatják a címerhányás időtartamát (Varga és Varga-Haszonits, 2003). Az ennél magasabb értékek nem befolyásolják negatívan az érés idejét, de az ennél alacsonyabbak kitolják azt.

Nagyobb átlaghőmérséklet szükséges áprilisban a gyors, egyenletes keléshez, júliusban és augusztusban pedig a megfelelő termékenyüléshez, terméskötéshez elengedhetetlen. Kedvező a csírázás utáni kisebb mértékű lehűlés, mivel ha a május hűvösebb, segíti a gyorsabb, egyenletesebb vegetatív fejlődést (Menyhért, 1979).

Kováts és Sárvári (1992) megállapították, hogy az optimális vetésidő intervallumon belül a két-három nappal korábbi vetés az érést egy-két nappal felgyorsította, mivel ennek az agrotechnikai módszernek az alkalmazásával a kukorica kezdeti fejlődési üteme jobbnak bizonyult, mint a későbbi vetéseké. Azonban nagyon fontos az optimális vetési intervallum helyes megállapítása, mivel a kukorica igen érzékeny a tavaszi hűvös időjárásra. A számukra kedvezőtlen hőmérsékleti értékek hatására levelei sárgulnak, növekedése lelassul vagy akár meg is állhat (Ackerl, 2004). A jó hidegtűrésű genotípusok alkalmazásával ez a negatívum kiküszöbölhető, ráadásul így egyenletesebb, gyorsabb kelésű növényállományt és ezzel nagyobb termést érhetünk el, ami a legtöbb évjáratban nagyobb jövedelmet eredményez (Sárvári és Futó, 2001).

A kukorica azonban a fagyra érzékeny, a májusi késő tavaszi fagyok alkalmával károsodhat. A kisebb fagyok hatására (-1, -2 °C) a növény még nem fagy el, de levelei megsárgulnak és

leperzselődnek (Ackerl, 2004; Orosz, 2009). Shaw (1955) szerint minél fiatalabb a növény a fagyhatáskor, annál jobban károsodik, azonban Martin és Leonard (1954) szerint a kukorica kb. 15 cm-es magasságig (formálódó 5. leveles állapot) jobban ellenáll a fagyoknak. Ha azonban az állományt károsítja a késő tavaszi fagy, a kukorica képes lehet kb. 2 hét alatt regenerálódni.

A fejlődés 30 °C-on a maximális, azonban a gyökértömeg 30 °C felett csak akkor képes a föld feletti részeket elég vízzel ellátni, ha a talaj vízellátása jó és a levegő relatív páratartalma magas. Ebben az esetben a kukorica még 35 °C felett is kielégítően fejlődhet és nem lassulnak le az életfolyamatok (Orosz, 2009).

2.2.2. Fényigény

A kukorica fényigényes növény (Balázs, 1989), fotoperiodizmusát tekintve rövidnappalos. A napi megvilágítás hosszúsága és a fényintenzitás hatással van a szaporítószervek képződésére, a növény fejlődésére (Ackerl, 2004). A 12 óránál hosszabb megvilágítás a vegetatív fejlődést segíti elő, megnyújtja a vegetációs időt, több lesz a levél és méretben nagyobb a növény. Az ennél rövidebb megvilágítás a generatív fejlődésre gyakorol pozitív hatást, tehát gyorsítja a virágzást. A termés kialakításában legnagyobb szerepe a napfényes órák számának van (Hegyi, 2003; Berényi, 1945).

Az érési időt meghatározza tehát a hűvös és borult, esetleg csapadékos időjárás a megtermékenyülés után is. Ha az idő napfényzegény, vagy a fényintenzitás csökken 30-40%-kal, akkor az éréshez szükséges idő 5-6 nappal meghosszabbodhat (Menyhért, 1979).

2.2.3. Talajigény

Optimálisnak tekinthető a mélyrétegű, humuszos, középötött vályogtalaj, amely jól szellőzött (Láng, 1976). A kukoricatermesztéshez a legmegfelelőbb a semleges vagy enyhén savanyú talaj. Balázs (1989) szerint a kedvező talaj pH érték 5,5-6,8 tartomány között van, míg Menyhért (1985) úgy véli 6,3-7,0 pH az optimális.

A kukorica kielégítő fejlődésének elsődlegesen meghatározó tényezője a talaj hőmérséklete. A talajhőmérséklet emelkedésével fokozódik a gyökér fejlődésének és növekedésének intenzitása. Csírázáshoz 10–12 °C kell, ezért a legkorábban áprilisban vethető (Takácsné Hájos, 2014). Surányi (1957) alapján, ha a talajhőmérséklet 21 °C, akkor a kelés a vetés után már 5-6. napon, ha 16-18 °C, akkor 8-10. napon, ha a talaj ennél hidegebb, akkor csak 18.-20.

napon következnek be. Kretschmer (2001) hasonló megállapításra jutott, átlagosan 5-9 napos kelési időt állapított meg 20-30 °C közötti hőmérsékleten. Ezt Modi és Asanzi (2008) kutatásuk során megállapították, hogy 22 °C nappali hőmérséklet mellett éjszaka 16 °C, míg 27 °C nappali hőmérséklet mellett éjjel 21 °C hőmérséklet a legkedvezőbb a csírázáshoz. A kicsírázott szemek 10 °C alatt akár 14 napig is életképesek maradhatnak, azonban, ha a hőmérséklet -2 °C, akkor csak 5 óráig, -4 °C-on csupán 4 óráig maradnak életben.

A kukoricának jó alkalmazkodó képessége van, ezért szinte valamennyi magyarországi talajon megterem. Kivételt képeznek ez alól a szikes talajok, mivel a talaj szerkezetére érzékeny a kukorica, így csak gyengén szikes talajon ajánlott a termesztése (Takácsné Hájos, 2014). Továbbá nagyon érzékeny a talaj légellátottságára, ezért pangóvízes területen hamar kipusztul. Viszont homoktalajon is sikeresen termesztethető, ha a talaj szerves és tápanyagtartalma megfelelő, illetve a vízellátás is megoldott (Orosz, 2009).

2.2.4. Vízigény

Mivel az árukukoricához képest kisebb és sekélyebben elhelyezkedő gyökértömeget fejleszt, a talaj nedvességkészletét rosszabbul tudja hasznosítani. A tenyészidőszakban egyenletesen jó vízellátást igényelnek, így a vízhiány jelentős termés kiesést eredményezhet. Termelési értékük azonban igen kedvező, tehát öntözésük nyereséges (Csajbók, 2004). A csemegekukorica nagy vízigényű, a vegetációs periódusa alatt legalább havi 100 mm csapadékot igényel (Hodossi, 2004). Ezt további 120-200 mm öntözővízzel kell kiegészíteni június 1. – augusztus 20. között, gyakoribb öntözéssel, kisebb adagokkal.

Csajbók (2004) alapján érdemes az alábbi öntözési normákat alkalmazni:

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| 1. 30 – 40 mm | 3. 20 – 30 mm | 5. 20 – 30 mm |
| 2. 20 – 30 mm | 4. 20 – 30 mm | |

A vízellátás szempontjából két kritikus fejlődési szakaszra kell nagy hangsúlyt fektetni:

- amikor a növények elérik a 8-16 cm-es magasságot (5. levél formálódása),
- a címerhányást (hímvirágzást) megelőző 8-10. naptól a betakarításig.

A megfelelő időben történő vízkijuttatás a 8–16 cm-es magasságnál döntő fontosságú, később már nem pótolható. A második kritikus szakasz 30–35 napos időszak, a terméskötődés ideje. Olyan területeken, ahol ebben az időszakban nincs lehetőség vízutánpótlásra, sikertelen a termesztés (Hodossi, 2004). Ackerl (2004) szerint a kukorica a legtöbb vizet a virágzás kezdete előtt kb. 7 nappal és virágzás utáni három héten belül igényli, míg Varga-Haszonits (1977) szerint virágzás előtt 10–14 nappal.

Magyarországon a csemegekukorica-termesztésben nehézséget leginkább a mesterséges vízutánpótlás korlátozott lehetősége okoz (Daniel, 1978). Stone et al. (2001) alapján a növények különböző fejlődési fázisai során a vízhiány okozta káros hatások minimalizálása és a terméseredmények optimalizálása a cél, amelyhez eszközként az öntözés szolgál.

Mivel a csemegekukorica statikai vízigénye 70%, csak akkor fejlődik zavartalanul, ha a talaj vízkapacitásának 70 %-áig biztosított a vízellátás (Hodossi, 2004). Jó vízgazdálkodású talajban az időjárás okozta kockázat csökken (Láng, 1976). Azonban rossz vízgazdálkodású talajokon kielégítő termés csak öntözéssel érhető el. (Ackerl, 2004). Futó és Bencze (2017) kísérletükben bizonyították, hogy a növények vízigényét kielégítő mennyiségű öntözéssel, évjáráttól függetlenül (nedves, száraz), a termésátlag növekedése már ökonómiailag is gazdaságos volt. Bene et al. (2019) kutatásuk során megállapították, hogy a klímaváltozás miatt fokozatosan gyorsuló hozamsökkenés tapasztalható majd 2100-ig a kukoricatermesztésben, azonban agrotechnikai beavatkozások útján (öntözés, optimális műtrágyaadagok) mérsékelhető ez a hatás.

2.3. A csemegekukorica termesztésben jelentkező agroökológiai stresszorok

Manapság az időjárási szélsőségek egyre gyakoribbá váltak. Mivel az éghajlat a mezőgazdasági termelékenység elsődleges meghatározója, ezért az extrém időjárási jelenségek várhatóan nagymértékben befolyásolják a növénytermesztést, a hidrológiai egyensúlyt, az alapanyag-ellátást és a mezőgazdasági rendszerek egyéb alkotóelemeit, rövidebb és hosszabb távon egyaránt. Az éghajlatváltozás termelésre és élelmiszer-ellátásra gyakorolt hatásainak felmérése, megértése és az alkalmazkodás elősegítése fontos feladat (Adams et. al., 1998).

A csemegekukorica melegigényes növény, hazánk a termesztés északi határához van közel (Kristóf és Terbe, 2002). Termesztéséhez 80–120 fagymentes nap szükséges, ezért a vetés legkorábbi időpontja hazánkban április közepére tehető (Takácsné Hájos, 2014).

2.3.1. Az alacsony hőmérséklet okozta stresszhatások

A kora tavaszi időszakban, a feltételezhető klímaváltozás hatására, gyakran fordulnak elő radikális hőmérsékletingadozások, melyek közül a legjelentősebb problémát a kukoricatermesztés esetén a hideghatások okozzák. A Lafitte (2000) nyomán szerkesztett *I. táblázatban* az alacsony hőmérséklet növényekre gyakorolt hatásai láthatók.

1. táblázat: A hidegstressz okozta növényi válaszreakciók és ezek okai

Fiziológiás tünet	Élettani folyamatok
Csökkent fotoszintézis Gátolt növekedés és fejlődés	Lelassult enzimatisz folyamatok (Csökkent enzimaktivitás miatt)
Víz- és tápanyagfelvételi zavarok Zavarok az anyagszállítás során	Zavar a membránok működésében (a melegigényes kultúrák esetén már 10 °C alatt)
Csökkent termőképesség	

Az alacsony hőmérséklet növényekre gyakorolt hatásait a hőmérsékleti értékek és ezek időtartamának figyelembevételével ajánlott elemezni. Egy fiatal kukoricánövény megfelelő fejlődéséhez például 20–27 °C tekinthető optimálisnak (más környezeti hatástól, illetve a genotípustól függően). A legmegfelelőbb hőmérsékleti értékek alatti, ún. szuboptimális tartományban (15–20 °C) a növények még kielégítően fejlődnek. Ha a kukorica növények a szuboptimálistól néhány fokkal alacsonyabb (12–15 °C) hőmérsékleti-intervallumban növekednek, akár kismértékű alkalmazkodás is megfigyelhető (Janda et al., 1998). Azonban az ez alatti tartományban már különböző mértékű károsodási tünetek léphetnek fel (*chilling*). 5–7 °C alatt ezek a kukorica már gyakorlatilag nem növekszik, mi több, hosszabb ideig tartó hideghatás következtében akár el is pusztulhatnak (Kratsch és Wise, 2000).

Számos kutató megállapította, hogy a hideghatás alatt a membránokban lejátszódó folyamatoknak fontos szerepük van a hidegstresszhez való alkalmazkodásban, mivel a növény anyagcseréjének legtöbb folyamata membránhoz kötött (Lyons és Raison, 1970; Lyons, 1973; Lyons et al., 1979; Murata et al., 1983). Alacsony hőmérsékleti stressz esetén a

sejtmembránok összetételét és tulajdonságait védeni, illetve a membránsérülések mértékét csökkenteni kell. Páldi et al. (2007) elektrolitkiáramlással (EL) összefüggő méréseket végeztek kukoricában. Kísérletük során a hidegkezelés és az S-metilmetionin (SMM) közötti kölcsönhatást vizsgálták az alacsony hőmérséklettel szemben érzékeny kukorica levelében és gyökerében. Megfigyeléseik alapján megállapították, hogy 3 °C-os hőmérséklet hatására az EL mértéke növekedett a kontroll növényekben, míg az SMM kezelés csökkentette, vagy a kontrolléval megegyező szinten tartotta.

A legtöbb gazdaságilag fontos zöldségnövényünk, köztük a csemegekukorica is érzékeny az alacsony hőmérsékletre, e növények termesztésénél a legkritikusabb szakasz a csírázás és a kezdeti fejlődés időszaka. Ezekben a fejlődési stádiumokban meghatározó szerepe van a talajhőmérsékletnek. Hiszen fiatal növények esetében a hideg talaj megváltoztatja a gyökérszövetek membránjának áteresztőképességét, így korlátozza a gyökér víz- és tápanyagfelvételét (Mistrik et al., 1992). A gyökérzetet hosszabb ideig érheti hidegstressz, mint a föld feletti részeket, mivel a talaj hőmérséklete lassabban melegszik fel, mint a levegőé, ezáltal a növények túlélését és a termés kiesést leginkább befolyásoló tényező a talaj hőmérséklete (Böhm, 2017).

Alacsony hőmérséklet okozta stresszhatás következtében az antioxidáns rendszer válaszként reaktív oxigénformák halmozódnak fel. Mivel az antioxidáns rendszer eltérően működik a különböző genotípusokban, azaz eltérő mennyiségű reaktív oxigénformákat halmoz fel, ez okozza azt, hogy egyes genotípusok jobban, mások kevésbé tolerálják a hidegstresszt (Prasad et al., 1994). Ugyanis az antioxidáns rendszer a keletkező reaktív oxigén termékek lebomlásának katalizálásához antioxidáns enzimeket termel. Lee és Lee (2000) a kukorica levelekben a legtöbb antioxidáns enzim, úgymint szuperoxid diszmutáz (SOD), aszkorbát peroxidáz (APX), gvajakol peroxidáz (POD) és glutation reduktáz (GR), aktivitásának növekedéséről számoltak be, kizárólag a kataláz (KAT) aktivitásában figyeltek meg csökkenést. Páldi et al. (2007) kutatómunkájuk során arra keresték a választ, hogy 5 °C-os hidegkezelés során aktiválódnak-e az egyes antioxidáns enzimek. Eredményeik alapján megállapították, hogy mindegyik vizsgált antioxidáns enzim (GR, glutation-S-transzferáz (GST), KAT, APX, POD) aktiválódott az 5 °C-os hidegkezelés hatására, azonban eltérő mértékben és ütemben.

Amikor a növény külső környezetének hőmérséklete lehül, a C4-es növények idősebb levelein azonnal csökken a fotoszintézis sebessége (Taylor és Rowley, 1971), és a hidegérzékeny fajokban ez a csökkent fotoszintézis visszafordíthatatlanná válik, ha a növényeket közepes vagy magas fényintenzitás éri az alacsony hőmérséklet ellenére. A fotoinhibíció (fényátlás)

során nagy mennyiségben képződnek reaktív oxigénformák. Ennek a folyamatnak a következtében hideghatás miatt az elnyelt és a felhasznált energia közötti egyensúly felborul, ezáltal az elektrontranszportlánc túlgerjesztett állapotba kerül (Taylor et al., 1974).

A szubtropikus eredetű kukorica esetében a 13°C az a hőmérsékleti küszöbérték, ahol a klorofill szintézise és lebontása egyensúlyban vannak. Ez alatti hőmérsékleti értékek esetében negatívan befolyásolt a fotoszintetikus rendszer, így a legfontosabb fotoszintetikus pigment, a *klorofill-a* fluoreszcencia jellemzői is megváltoznak (Páldi et al., 2007).

Janowiak et al. (2002) kimutatták, hogy különböző kukorica genotípusokban szoros összefüggés van a hidegtolerancia és az abszcizinsav akkumuláció között. Ez alapján kijelenthető, hogy a növény hormonális rendszere is hozzájárul az alacsony hőmérsékletre való alkalmazkodáshoz.

2.3.2. A magas hőmérséklet okozta stresszhatások

A reproduktív növekedési fázis során adódó magas hőmérséklet számos fontos zöldségnövényre (paradicsom, paprika, bab és csemegekukorica) káros hatással van, azaz termésnövekedést okozhat (Ray, 2015). Mivel a nyári időszakra esik a kukorica tenyészidejének jelentősebb hányada, ezért a legfontosabb fenofázisok, a virágzás és a terméskötődés idején van kitéve az aszály és a magas hőmérséklet okozta stressznek. Ezen az időjárási körülmények között figyeltek meg fokozott aflatoxinszennyeződést kukorica és más gazdaságilag fontos növény esetében, amelyet az *Aspergillus flavus* és *A. parasiticus* gombák termelnek (Abbas et al., 2002).

A léghőmérséklet 30 °C fölé emelkedése esetén, a címerhányás gyorsítva, a nővirágzás pedig késleltetve van. A hőmérséklet további emelkedése csökkenti a pollen életképességét és a nővirág megtermékenyülő képességét, ami hiányos megtermékenyüléshez, azaz termés hozam csökkenéshez vezet.

A magas léghőmérsékleti értékeket hozó hőhullámok, különösen azok, amelyek alacsony relatív páratartalommal járnak együtt, nagymértékű károkat okozhatnak a kukorica növekedésében, a beporzásban, illetve a termés hozamban is (Hussain et al., 2006). Az aszály, a hő és más stresszhatások a növény fiziológiai tulajdonságaira, például a fotoszintetikus pigmentekre, a sejtmembrán hőstabilitására és a II. fotokémiai rendszerre gyakorol negatív hatást, amely az oxidatív stresszel hozható összefüggésbe (Kebede et al., 2012).

Az egész növény szintjén a stressz hatása általában a fotoszintézis és az ahhoz kapcsolódó pigmentek, a klorofill és a karotinoidek csökkenéseként érzékelhető (Iturbe-Ormaetxe et al.

1998). Ezek főként a fény hasznosításának csökkenését és a NADPH formájában kimutatható gátló hatások megjelenését eredményezik (Garrett and Grisham, 2005). Az aszály és a hőstressz kombinációja nagyobb káros hatást gyakorol a növények növekedésére és termőképességére, mint külön-külön tekintve az egyes stresszhatásokat.

Magas hőmérsékletből adódó hőstressz esetén a növények kinyitják a sztomájukat, hogy hűtsék magukat a transzspiráció útján. Ha azonban a magas léghőmérséklet aszályal párosul, a növények nem tudnák kinyitni sztomájukat, így a növény képtelen magát hűteni, ami a szövetek károsodásához vezethet (Rizhsky et al., 2002).

Jelentős kukorica termésveszteségekre lehet számítani a globális éghajlatváltozás miatt egyre súlyosbodó aszály- és/vagy hőstressz miatt (Campos et al., 2004; Zhao et al., 2017), amely nemcsak az átlaghőmérsékletet növeli majd, hanem a csapadék eloszlását is negatívan befolyásolja a legfontosabb kukoricatermesztési területeken.

2.3.3. A vízhiány okozta stresszhatások

A vízhiány okozta abiotikus stressz a növények terméseredményei mellett negatív hatással van a morfológiai paramétereire is. Sammis et al. (1988) megállapították, hogy különböző mértékű vízhiány esetén az átlagos növénymagasság is változott. Edmeades et al. (1990) pedig arról számoltak be, hogy a vízellátási zavarok hatására a címerhányás időszaka is hosszabbodott.

Vízhiány esetén csökken a fotoszintetikus aktivitás, aminek az az oka, hogy a növény sztomái a természetes védekezési mechanizmus során bezáródnak így az intercelluláris járatok CO₂ koncentrációja csökken. Az intercelluláris CO₂ koncentráció oxigénhez viszonyított csökkenése pedig fotorespirációhoz vezet, ez pedig termés kiesést okozhat (Löke et al., 2003).

Vízhiány esetén nemcsak a terméseredmények csökkennek, hanem a növények levélfelületi indexe is. A csökkenés mértéke az öntözési fordulók gyakoriságától és a vízhiány időtartamától is függ (Jamieson et al., 1995).

Pandey et al. (2000) megállapítása alapján azonban a termés csökkenés főként a szemek számának csökkenéséből adódik. Mindemellett pedig a növény vegetatív és generatív szakaszában előforduló hiányos öntözés során a szemek tömegvesztését okozza, ami termés csökkenéssel jár.

Fischer és Palmer (1984) szerint is a szemek száma szorosan összefügg a kukorica terméseredményével. A szemsorszám egy olyan termésmennyiség meghatározó elem, ami stressz hatására egyértelműen változik. A vízstressz a szem fejlődésében okoz zavart, kihatva

annak számára, méretére, illetve tömegére (Harder et al., 1982). Ha 6–8 leveles állapotban, a csőkezedmények differenciálódásának idején lép fel a vízhiány, akkor kevesebb lesz a szemsorszám, kisebb csövek fejlődnek. Emellett lelassul a növény fejlődése, az érésidő kitolódhat. Mivel a növény kondíciója gyengül, így a levéltetvek által terjesztett mozaikvírusok is súlyosan károsíthatnak (Nigicser, 2001). Egyetlen vízellátásnál a szemek felrepednek, így további, másodlagos fertőzés alakulhat ki (Takácsné Hájos, 2017).

A tenyészidőszak során bekövetkezett vízhiány a csuhés csőtömegben megadott terméseredményekben is egyértelműen kimutatható. Öktem et al. (2003) egy kísérlet során bebizonyították, hogy 2 napos öntözési gyakoriság esetén volt megfigyelhető a legtöbb csuhés csőtömegben kifejezett termésmennyiség egy hektárra vetítve két vizsgálati év során is (13,66 és 13,19 t/ha). Ugyanezekben a vizsgálati években a legkisebb termésmennyiség a csuhés csőtömeg esetén a 8 napos öntözési forduló során adódott (8,55 és 13,19 t/ha). Továbbá azt is megállapították, hogy a csuhés csőtömeggel kifejezett termésmennyiségre negatív hatással van az öntözővíz mennyiségének csökkentése.

Az évjáratoktól függő termésingadozások elkerülése érdekében szükséges a vízhiányt mérséklő öntözés. Továbbra is foglalkozni kell az öntözéses gazdálkodás lehetőségeinek kutatásával, és azokon a területeken, ahol a megtérülés biztosított, növekedhet az öntözéses termesztés területe (Nagy és Ványiné, 2012).

2.3.4. A túlzott vízellátás okozta stresszhatások

A szakszerűtlen öntözés (túlöntözés) közvetlenül emeli a talajvízszintet, amely a talaj levegőzöttségére negatív hatással van, mivel, ha minden pórust víz tölt ki, akkor a gyökerek nem kapnak levegőt, a növény akár el is pusztulhat (Pepó és Sárvári, 2011; Rakonczai és Fehér, 2015). A túlzott vízellátásból adódó tünetek hasonlóak a vízhiány által okozottakéhoz. Akadályozott a vízfelvétel, illetve a vízvezető képesség, továbbá a gyökér oxigénellátása. Ezek a folyamatok sztómazáródást eredményeznek (Aroca et al., 2012; Limami et al., 2014), amely gátolja a fotoszintézist, abból adódóan, hogy csökkenti a levelek klorofill tartalmát, valamint a klorofill fluoreszcenciát (Zhu et al., 2016).

A talaj vízvezetőképességét meghaladó vízmennyiség adagolása, vagy hirtelen lehulló, nagy intenzitású eső a talaj erodálódását okozhatja. Az eróziót az öntözővíz vagy csapadék intenzitása és időtartama, a talaj szerkezete, humusztartalma, a növényborítottság, a talajművelés módja és intenzitása is befolyásolja. A talajszerkezet romlásával, a talaj

tömődötté, levegőtlené válhat, amely, különösen a levegőigényes csemegekukorica esetében, csökkenti a termékenységet, továbbá a talajművelést is megnehezíti. (Bíró et al., 2011).

Problémát okozhat még a visszatérően megjelenő belvíz, amely a Kárpát-medence sajátos földrajzi adottságai miatt lép föl. Az országban leginkább érintett területek: Bács-Kiskun, Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén, Csongrád, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Pest megye. A kertészeti termelést jellemzően az érintett alföldi megyékben végzik, bár a jobb talajadottságú, belvízre kevésbé érzékeny területeken. Azonban adódhatnak olyan extrém csapadékos évek, amelyek a kedvezőbb fekvésű területeket is sújtják. Ilyen volt például a 2010-es év is, amikor a belvíz jelentős mértékben érintette a kertészeti célú természetösterületeket is (Gombos et al., 2012).

A fölösleges víz tehát csökkenti a kukorica szemtelítettségét és a szem tömegét is, ami hozamcsökkenést eredményez (Tian et al., 2019). Víztstressz azonban hazánkban általában vízhiányból adódik, nem pedig a túlzott vízellátásból (Nemeskéri és Helyes, 2019).

2.3.5. A másodlagos szikesedés hatásai

Meglehetősen sok olyan száraz vagy félszáraz régió található világszerte, ahol nemcsak a talaj, hanem a vízforrások is tartalmazzak, a főbb termesztett növények számára negatív hatással bíró sómennyiséget (Pitman és Lauchli, 2002). A növénytermesztésben világszerte jelenlévő abiotikus stresszhatásnak tekinthető a nagy sótartalom, az öntözött, illetve a nem öntözött területeken egyaránt. A különböző sókkal terhelt talajok közvetlenül befolyásolják a növények növekedését és vegetatív fejlődését (Allakhverdiev et al., 2000; Sairam és Tyagi, 2004; Chinnusamy et al., 2005; Ashraf, 2009).

Az öntözés biztonságosabbá és intenzívebbé teszi a mezőgazdasági termelést, bár köztudott, hogy a talajállapokra negatív hatást is gyakorolhat. A nem megfelelő öntözési gyakorlat a talaj degradációját okozhatja, például csökkentheti a termékenységet. Ez a probléma jelen van Magyarországon is, leginkább a Nagy-Kunság térségében, ahol a földterületek felét szikes talajok borítják, a másik részén jobb minőségű talajok (csernozjomok) találhatók, amelyek potenciálisan szikes talajok, ami azt jelenti, hogy az öntözés hatására másodlagosan elszikesedhetnek. Szabolcs et al. (1969a,b) két okra vezeti vissza a másodlagos szikesedés jelenségét: a só felhalmozódása sós öntözővíz alkalmazása miatt, vagy a sós talajvíz emelkedése, amely a sókat a talaj felső rétegébe szállítja. Az Alföldön mintegy 400.000 ha az a terület, ahol elsősorban a sós talajvíz szintjének emelkedése miatt másodlagos szikesedés

következett be. Blaskó (2005) az öntözött területek só- és vízháztartását figyelte, és több esetben a talaj sótartalmának növekedését tapasztalta. Az 1980-as és 1990-es években a vizsgált területek 30%-án volt kimutatható a talaj sótartalmának növekedése, különösen azokon a területeken, ahol a mélyebb rétegek magas sótartalma miatt a talaj csak potenciálisan öntözhető.

Az öntözővízzel bevitt sótartalom a talaj felső rétegében található, amelynek mértékét az öntözési technológia (öntözőrendszer jellege, kijutatott öntözővíz mennyisége) jelentősen befolyásolhatja. Az öntözéssel bevitt, talajban felhalmozódott sók mennyiségét és minőségét a legjobban akkor lehet nyomon követni, ha olyan öntözési kísérletet végeznek, amelyben a természetes csapadék mennyisége nem befolyásoló tényező (Enciso et al., 2002).

A gyökérszónában való sófelhalmozódás okozza a legtöbb problémát, amit az öntözővíz vagy a talajvíz magas sótartalma okoz. Ha az evapotranszpirációval csökken a talaj nedvességtartalma a sós öntözővízzel való öntözés során a káros sók betöményednek a talajban, ami a többszöri öntözéssel nagymértékben felhalmozódhat. Ez a jelenség a növényi hozamot és a minőséget hátrányosan befolyásolhatja (Kaman et al. 2017).

A növények teljes vegetációs periódusa alatt magas sótartalmú vízzel való öntözés, még a toleráns növények esetében sem ad magas hozamot. Azokon a területeken, ahol nem áll rendelkezésre jó minőségű öntözővíz, különböző technikákat alkalmaznak annak érdekében, hogy az öntözővíz sótartalma a termesztett növény még tolerálható küszöbértéke alatt maradjon. A gyengébb minőségű mezőgazdasági drén-, valamint a talajvíz és a jó minőségű folyóvíz megfelelő arányban történő keverése már bevett gyakorlat (Oster, 1994). Egy másik alkalmazott módszer, a sós víz helyett alkalmazott jó minőségű víz alkalmazása öntözésre, ahol ez lehetséges. Ez a módszer egyszerűbben alkalmazható, nincs szükség tartályokra a két forrásból származó öntözővíz összekeveréséhez. Olyan gyakorlat is létezik, amikor a jobb minőségű öntözővizet a növénynövekedés érzékeny szakaszaiban, a gyengébb minőségűt pedig a kevésbé érzékeny szakaszokban alkalmazzák (Amer, 2010).

Eltérő minőségű öntözővízzel való öntözés hatásainak vizsgálata alapján megállapítható, hogy a nem öntözővíz minőségű vizekkel való öntözés során igen nagy hangsúlyt kell fektetni a kijuttatott öntözővíz mennyiségére, szigorúan a termesztett növény vízigényeit kell kielégíteni, hiszen a túlóntözés magában hordozza a másodlagos szikesedés veszélyét (Sinka et al., 2019).

Köztudott, hogy ha egy adott mezőgazdasági területen a talaj sóval terhelt, akkor a mezőgazdasági termelés korlátozottnak tekinthető. Azonban előrejelzések szerint, a 21. század mezőgazdaságában a klímaváltozás miatt egyre fokozódó szikesedési problémát már

nem csupán korlátozó tényezőként kell tekinteni, hanem mint a növénytermesztés egyik legfőbb kihívásaként.

A talajok sótartalma a talajoldat alacsony ozmotikus potenciálját (ozmotikus stressz), tápanyagfelvételi zavarokat és ezek negatív kölcsönhatásait is okozhatja, amelyek közvetetten a növények válaszreakcióját (2. táblázat) is meghatározzák (Ashraf, 2004). Mindemellett a szikesezés eredményezheti továbbá toxikus elemek felhalmozását a talajban, illetve, ha a káros sók közül nagy nátriumtartalom jellemzi az adott talajt, az csökkenti a vízáteresztő képességét, amely vízhasznosítási problémákhoz vezet (Kotuby-Amacher et al., 2000).

2. táblázat: Általános irányelvek a növényi válaszreakciókról különböző mértékű sóterhelés esetén

Kotuby-Amacher et al. (2000) nyomán

A talajoldat sótartalma (ECe, dS/m)	Növényi válaszreakció
0-2	elhanyagolható
2-4	a sóérzékeny növények fejlődése korlátozott
4-8	a legtöbb növény fejlődése korlátozott
8-16	kizárólag a sótűrő növények fejlődése kielégítő
16 fölött	kizárólag néhány, kifejezetten sótűrő növény fejlődése kielégítő

A legtöbb növényfaj a vetőmag csírázásakor, illetve a korai növekedési stádiumban mutat túlérzékeny válaszreakciót a sóstresszre (Cuartero et al., 2006). Lin et al. (2011) kutatásai alapján megállapították, hogy sóstressz hatására a magvak csírázása késleltetett lehet, ami a kelés egyöntetűségét, ezáltal a homogén állomány kialakulását befolyásolja negatívan, de akár gátolt is lehet a magvak csírázása, ami pedig termésvesztéseget eredményezhet.

Sok olyan tanulmány van, amely rávilágít arra, hogy a sóstressz több növényfaj esetében is vízhiányt okoz, úgy mint, kukorica, napraforgó, burgonya, szója (Katerji et al., 1996; Katerji et al., 1998; Katerji et al., 2004). A növényben jelenlévő ionáramlás hozzájárul a megfelelő vízfelvétel és a sejt turgor állapotának biztosításához, ezáltal hozzájárul a növényfiziológiai folyamatok működéséhez, úgymint sztómanyítás, fotoszintézis, illetve sejtnövekedés (Serraj és Sinclair, 2002). Cha-Um et al. (2009) szerint a sóstresszt szenvedett növények elsődleges válaszreakciója a vízvesztés, ami csökkent vízhasznosítási hatékonyságot eredményez, továbbá toxikus károkat és termés-csökkenést is okozhat.

A sóstressz csökkenti a gyökerek vízfelvevő képességét, így csökkent vízáramot eredményez a gyökértől a hajtás felé. Mivel ez a negatív hatás a levelek víztartalmát is csökkenti, annak érdekében, hogy a növény a transzspirációval ne veszítsen több vizet, a védekező

mechanizmus részeként, bezárja a gázcsere nyílásait. Ez a folyamat a vízhasznosítás hatékonyságát közvetlenül befolyásolja (Neto et al., 2004). Ezt a tényt erősíti meg Mansour et al. (2005) kísérlete, akik kukoricánövénnyel egyedeteket neveltek in vitro körülmények között. A táptalajhoz hozzáadott NaCl arányának növelésével (0 mM, 75 mM, 150 mM) arra a következtetésre jutottak, hogy a növelt NaCl tartalom a tápközegben, csökkentette a növény nyers biomasszáját, amit a stresszhatás miatti vízvesztés eredményezett.

Neill et al. (2002) kutatásai alapján csak úgy, mint más abiotikus stresszhatások esetében a sóstressz is okozhat oxidatív stresszt, azáltal, hogy növeli a reaktív oxigénformákat (szuperoxid, hidrogén-peroxid, hidroxil gyökökkel) a növényi sejtekben. Az aktív oxigénformák károsíthatják a membránlipideket, membránfehérjéket, továbbá a nukleinsavakat is (Mittler, 2002). A sóterhelt környezetben fejlődő növények az oxidatív stresszt különböző védőanyagok (aminosavak és aminosav származékok) felhalmozásával próbálják ellensúlyozni. Ilyen például a prolin, a glicin betain, a poliol, továbbá a trehalóz is (Sakamoto és Murata, 2002). A növény prolin felhalmozási képessége hatékony indikátornak tekinthető a sótűrőképesség meghatározásához. Sóstresszt szenvedett növény esetében a védekező mechanizmus része a prolin felhalmozása a sejtekben, hiszen a prolin hozzájárul a sejtek megfelelő ozmotikus nyomásának biztosításához, amely mind a sótűrő mind a sóérzékeny növényeknél megfigyelhető. Sóérzékeny növények esetében nagyobb prolin tartalmat lehet detektálni sóstressz hatására. Megállapították továbbá, hogy a prolin felhalmozódása a sótűrő növénynek minősülő kukoricában (*Zea mays* L. convar. *Ceratina*) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a sóérzékenyebb csemegekukoricában (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) (Cha-Um et al., 2009).

Továbbá, a sóterhelést szenvedett növények fotoszintetikus paramétereit vizsgálva, a csemegekukorica értékei alulmaradtak a kukoricáéval szemben, ami a teljes fejlődésre negatív hatást gyakorolt. Kísérletükben a biokémiai jellemzők statisztikailag igazolható kapcsolatot mutattak a fiziológiai paraméterekkel.

A sóérzékeny növényekben fellépő sóstressz nemcsak a növekedést és a fejlődést gátolja, hanem csökkentheti a fotoszintézist, a növényi légzést, illetve a fehérjeszintézist is (Meloni et al., 2003; Ashraf és Foolad, 2007; Tuteja et al., 2012). Sóstresszt szenvedett kukoricánál pigment bomlás, gyengébb klorofill fluoreszcencia és fotoszintetikus aktivitás csökkenés is megfigyelhető. Nyolc napon keresztül, 100 mM NaCl-al kezelt (stresszelt) kukorica klorofill tartalma szignifikánsan (8%-kal) csökkenhet a kontrollhoz képest, amely további negatív hatást is okozhat a növényben, csökkentheti a CO₂ megkötés és a transzspiráció mértékét is (Lohaus et al., 2000). Nawaz és Ashraf (2010) kísérletük során bizonyították, hogy kukorica

neveléséhez használt közeg rendkívül magas sótartalma szignifikánsan csökkentette a fotoszintetikus pigmenteket, azaz a *klorofill-a* és *klorofill-b* tartalmat az alkalmazott genotípusok mindegyikénél. A különböző fejlődési stádiumokban, *glicin-betainnal* való lombtrágyázásnak szintén szignifikáns hatása volt a klorofill tartalomra. Alkalmazásával a különböző fejlődési szakaszok közül a vegetatív szakaszban tudták leghatékonyabban növelni a fotoszintetikus pigmenteket a kutatásukban szereplő sóstresszt kapott kukorica genotípusokban.

A kukorica közepesen sóérzékeny növény (1. ábra), azonban a gabonafélék közül ez a faj tekinthető a legérzékenyebbnek (Mass és Hoffman, 1977).

Növényfaj	Sóküszöb érték (EC _c *, mS/cm)	Egységnyi sótartalom okozta hozamcsökk. (%)	Sótűrési besorolás	Potenciális termésmennyiség (%)		
				90	75	50
				EC _c (mS/cm)		
Bab (Phaseolus vulgaris L.)	1,0	19,0	Sóérzékeny	1,5	2,3	3,6
Brokkoli (Brassica cretica c. botrytis Duch)	2,8	9,2	Mérsék. sótűrő	4,9	5,5	8,2
Burgonya (Solanum tuberosum L.)	1,7	12,0	Közepesen sóérzékeny	2,5	3,4	5,9
Csemegekukorica (Zea mays L. convar saccharata)	1,7	12,0	Közepesen sóérzékeny	2,5	3,4	5,9
Földi mogyoró (Arachis hypogea L.)	3,2	29,0	Közepesen sóérzékeny	3,5	4,1	4,9
Káposzta (Brassica oleraceae L.c. cap.Duch.)	1,8	9,7	Közepesen sóérzékeny	2,8	4,4	7,0
Kerti répa, cékla (Beta vulgaris L.)	4,0	9,0	Mérsék. sótűrő	5,1	6,8	9,6
Lóbab (Vicia faba L.)	1,6	9,6	Közepesen sóérzékeny	2,6	4,2	6,8
Paprika (Capsicum annuum L. var. annuum)	1,5	14,0	Közepesen sóérzékeny	2,2	3,3	5,1
Paradicsom (Lycopersicon esculentum Mill.)	2,5	9,9	Közepesen sóérzékeny	3,5	5,0	7,6
Retek (Raphanus sativus L.)	1,2	13,0	Közepesen sóérzékeny	2,0	3,1	5,0
Saláta (Lactuca sativa L.)	1,3	13,0	Közepesen sóérzékeny	2,1	3,2	5,1
Sárgarépa (Daucus carota L.)	1,0	14,0	Sóérzékeny	1,7	2,8	4,6
Spenót (Spinacia oleracea L.)	2,0	7,6	Közepesen sóérzékeny	3,3	5,3	8,6
Uborka (Cucumis sativus L.)	2,5	13,0	Közepesen sóérzékeny	3,3	4,4	6,3
Vöröshagyma (Allium cepa L. cepa)	1,2	16,0	Sóérzékeny	1,8	2,8	4,3
Zeller (Apium graveolens L. var. dulce)	1,8	6,3	Közepesen sóérzékeny	3,4	5,8	9,9

* = talajkivonat EC értéke

1. ábra: Zöldségfajok sótűrése a Maas-Hoffman modell alapján (Maas-Hoffman 1977, Maas 1984 nyomán)

2.4. A stresszhatások kezelésére alkalmas agrotechnikai elemek és módszerek

Hazánkban szabadföldi termesztésben a szuperédes csemegekukorica fokozott hőigénye csak április végi, május eleji vetéssel biztosítható (Nigicser, 2001), amely már csak nyomott áron tud megjeleni a frissfogyasztást szolgáló piacon.

Megfelelő agrotechnikai eszközök segítségével azonban biztosítható a korai (frisspiaci fogyasztásra szánt) csemegekukorica előállítás. A korai csemegekukorica termesztésével jelentős többletbevételt lehet elérni. Emellett egyre jelentősebbé vált a csöves csemegekukorica exportálása is (skandináv országok, Anglia, Németország). A korai csemegekukorica termesztés esetén a legjelentősebb problémát a kora tavaszi nagy hőmérsékletingadozás okozza, ami a friss fogyasztásra szánt, korai árualap előállítás során okozhat termés kiesést, illetve minőségromlást.

Ennek a termesztési változatnak a lényege a minél korábbi betakarítás, aminek előfeltétele a korai vetés. Szükséges a szabadföldi intenzív termelés korszerűsítése, ahhoz, hogy lépést lehessen tartani az éghajlatváltozás hatásaival, oly módon, hogy a minőségi termelés, a rentábilis termelés követelményei teljesüljenek. Ehhez szükség van a termeléstechológiai elemek megújítására, melynek legfontosabb elemei közé tartozik az időszakos talaj-, növény- és légtértakarás (Hodossi et al., 2010).

2.4.1. Vetésidő

A vetésidő helyes megválasztása a leghatékonyabb eszköz, amely a termelők rendelkezésére áll a változó klimatikus tényezőkhez való alkalmazkodásban. Ezt bizonyítja Rogers et al. (2000) csemegekukorica termesztéssel kapcsolatos kutatási eredménye is, mely során megállapították, hogy a korai vetés több szempontból is kedvező volt. Egyrészt nőtt a betakarítható termés mennyisége, továbbá az elsődleges csövek arányára is pozitívan hatott a korai vetés.

A vetésidő helyes megválasztása nagyobb, biztonságosabb termést tesz lehetővé, ráadásul ez az agrotechnikai elem plusz költséget nem okoz a termesztés során. Azonban a rossz időben végzett vetés már olyan fokú negatív hatást okozhat, melyet csak kis mértékben, vagy már egyáltalán nem lehet ellensúlyozni (Sárvári és Futó, 2001).

Az optimális vetésidő a jobb hőellátottságú helyeken április 10-25. közötti, míg a kevesebb hőösszeggel jellemezhető helyeken április 25 - május 5. közötti időszakra tehető (Menyhért, 1985). Sárvári (2005) megállapította, hogy növelhető a kukoricatermesztés biztonsága és

hatékonysága, ha az általánosságban optimálisnak tekintett (IV. 25–26.) vetésidőnél 10–15 nappal korábbi vetést alkalmazunk.

Lente és Pepó (2011) is vizsgálták két vetésidő (április közepe, május közepe) hatását a csemegekukorica termesztés sikerességének szempontjából. Hasonlóan a korábbi kutatásokhoz, ők is megállapították, hogy a korábbi vetés kedvezőbbnek bizonyult (2009-ben), hiszen mindkét általuk vizsgált hibrid esetében pozitívan hatott az egészséges betakarított csövek számára. Ezt a kedvező eredményt annak tulajdonították, hogy a talaj nedvességtartalma az áprilisi vetésű időszakban kedvezőbb volt a növények számára, mint a májusi vetésű időszakban. Ugyanerre a megállapításra jutottak Sari et al. (1997) és Burhan (2011), akik kutatómunkájukkal bizonyították, hogy az áprilisi, azaz korábbi vetés a csemegekukoricának nemcsak a termésmennyiségi (csuhé nélküli csőtömeg), hanem a termésminőségi (csőhossz, csőátmérő, szemsorszám, szemtömeg) paramétereit is kedvezően befolyásolta.

Rác et al. 2007 kutatómunkájuk során nyolc különböző beltenyészett vonalat teszteltek 4 különböző vetési időpontban, mely alapján arra a megállapításra jutottak, hogy a különböző vetésidők hatással voltak a beltartalmi paraméterekre.

A vetés idejének megállapításához azonban a naptári időszak figyelembevétele nem elég, a talaj hőmérséklete és a vetőmag minősége is hatással van a termesztés sikerére (Menyhért, 1985; Bocz, 1992). Széll et al. (2010) kutatómunkájuk alapján megállapították, hogy a kukorica vetésidejének megválasztása során komplex rendszerben kell gondolkodni. Az időjárás, mint a legbizonytalanabb tényező mellett figyelembe kell venni az adott talaj tulajdonságait (lassan vagy gyorsan felmelegedő talaj) is. A vetésidő nemcsak az időjárási tényezők miatt befolyásolja a kukorica fejlődését, levélterületét, ezáltal a szemtermését, mint fontos értékmérő tulajdonságot, hanem a talaj hőmérsékletének alakulása miatt is (Ványiné, 2010; Ványiné et al., 2011; 2012ab).

Ragán et al. (2014) kísérletükben is bizonyították, hogy a kiegyenlített talaj- és léghőmérséklettel jellemezhető év (2009) egyenletes kelést eredményezett. Ezzel szemben egy olyan év, amikor április elején alacsony hőmérséklet és május közepén is lehűlés volt tapasztalható (2010), a változékonny időjárás elhúzódo kelést okozott. Ez azonban abból a szempontból pozitívnak tekinthető, hogy a májusi lehűlésre már fejlettebbek voltak a növények, azáltal kevésbé sérültek a kukorica számára kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyok hatására.

Aldrich és Inglett (1970) szerint az optimális vetésidő-intervallumon belüli korábbi vetés azért előnyös, mert a növény vízellátása ebben az időszakban kedvezőbb. Így biztonságos a növény

kezdeti fejlődése, egyöntetűbb a csírázás és ezáltal kedvezőbb feltételek adódnak a megtermékenyítés ideje alatt. A növény kezdeti fejlődésekor fennálló ideális körülmények lehetővé teszik, hogy a gyökerek mélyebbre hatoljanak, amely segíti a növényt az aszályos periódusok átvészelésében, illetve a növények műtrágya-hasznosító képességére is pozitívan hat. Máté (2002) szerint a korán vetett kukorica nagyobb gyökértömeget fejleszt, ami rövidebb tenyészidőt és nagyobb termést eredményez, köszönhetően a masszív gyökérzet jobb tápanyag- és vízfelvételének.

2.4.2. Fajtaválasztás

Tekintve a globális felmelegedést, az időjárási szélsőségek egyre gyakoribbá válása várható az elkövetkezendőkben. Mivel a növényi produkciót a környezeti tényezőkön túl a biológiai alapok és az agrotechnika is meghatározza, így elmondható, hogy az elérhető hozam jelentős mértékben függ ezen tényezők alakulásától. Ahhoz, hogy ki tudjuk küszöbölni a kedvezőtlen időjárás okozta hatásokat, az alkalmazkodó agrotechnika gyakorlása mellett a megfelelő hibridválasztás is meghatározó (Molnár és Sárvári, 2007).

A kukorica azonban a száraz vetőmag kivételével, élelciklusának minden fázisában fagyérzékeny. Sajnos, mivel a genetikai eltérések a hidegtűrést tekintve igen szűk skálán mozognak, így például a hidegstresszel szembeni tolerancia javítása nemesítési eszközökkel nem kivitelezhető, emiatt szükség van laboratóriumi körülmények között végzett szelekciós megoldásokra, hiszen a hideggel szembeni érzékenység egyértelműen korlátozza a kukorica termőterületének bővülését (Marton L., 2006).

Mivel köztudott, hogy minden növény rendelkezik saját védekező mechanizmussal, így Alcázar et al. (2006) szerint az abiotikus stressz kezeléséhez ezt a rendszert is használnia kell a növényeknek. Elmondható, hogy ez az alkalmazkodóképesség együtt jár a növények fiziológiai, biokémiai, ezáltal a fejlődési rendszerük változásával is.

Annak ellenére, hogy a különböző hibridek termőképessége genetikailag meghatározott, ezt a tulajdonságot az évjáráthatás és az alkalmazott agrotechnika egyaránt befolyásolhatja (Lente, 2010).

A növénynemesítési programokban, illetve az új kukoricahibridek alkalmazásánál is igen fontos szempont a genotípus a környezet közötti kölcsönhatás vizsgálata (Babić et al., 2008).

Csepregi-Heilmann et al. 2023 a kukorica hidegtűrésének vizsgálatát fitotron növénynevelő kamrában végezték, amelynek alkalmazásával lehetőségük volt extrém környezeti tényezők szimulálására. Kutatómunkájuk során arra a megállapításra jutottak, hogy számos

kereskedelmi forgalomban kapható hibrid szülői összetevőit alkotó beltenyésztett vonal esetében jelentős különbségek adódtak a hidegtűrést illetően.

Cooper et al. (2014) is elsődleges szempontnak tekinti a genotípus, a környezet és az agrotechnika közötti kölcsönhatások megértését, annak érdekében, hogy változó éghajlati viszonyok mellett is megbízható hozamokra lehessen számítani.

Minden olyan termesztéstechnológiai elem, amely elősegíti a növény fizikai/fiziológiai állapotának fenntartását vagy javítását, képes növelni a növény ellenállóképességét a biotikus és abiotikus stressz faktorokkal szemben. Fontos nyomon követni a stresszel szembeni ellenállóképesség alakulását, mivel a növények állapotában bekövetkezett negatív változás ronthatja a termés minőségét és mennyiségét egyaránt (Dobos et al., 2014).

Magyarországon a talaj- és éghajlati adottságokat tekintve elmondható, hogy biztosítottak a kedvező feltételek a kukoricatermesztéshez, azonban a szélsőséges klimatikus viszonyok egyre gyakrabban jelentkeznek hazánkban is. Mivel ezek a tényezők veszélyeztetik a kukorica termésbiztonságát, ezért nagyon fontos az ökológiai adottságokhoz igazítani a hibridválasztást (El Hallof és Sárvári, 2004).

A 20. század második felében, a növénytermesztésben alkalmazott gyakorlatok javulásának és az új hibridek nagyobb toleranciájának köszönhetően, az USA-ban a területegységre jutó átlagos kukoricatermés drámai módon növekedett (Tollenaar et al., 1997; Duvick és Cassman 1999).

A már meglévő eredmények figyelembevétele mellett az új hibridek terméspotenciáljáról, illetve adaptációs képességéről folyamatos ismeretgyűjtésre van szükség a természeti változásokhoz való sikeres alkalmazkodás érdekében (Kovács, 2020). A kukorica hidegtűréséről számos tanulmány készült, melyek leginkább a csírázásra és a korai növekedési szakaszokra összpontosítottak (Zaidi et al., 2010).

A hidegtűrő hibridek fiziológiai jellemzőinek nyomon követése hasznos információt nyújthat olyan új hibridek kifejlesztéséhez, amelyek a palántanevelés és a korai fejlődési időszak alatt is képesek tolerálni az alacsony és változó hőmérsékletet (Wijewardana et al., 2016).

Árendás et al. (2018) szerint a kukoricatermesztés további fejlődése, azaz a kiegyensúlyozott, gazdaságos termésátlag, az agroökológiai adottságok és a technológiai elemek összehangolásával érhető el.

Waha et al. (2013) 3 éven keresztül vizsgálták a különböző kukorica genotípusok alkalmazkodóképessége, illetve a környezeti változások között fellépő kölcsönhatást. Megállapították, hogy alacsony inputszükségletű termesztéstechnológiai szinten való

alkalmazkodással a gazdálkodók képesek az éghajlatváltozás negatív hatásait csökkenteni és minimalizálni a termés kiesés kockázatát.

2.4.3. A talajjavítás lehetőségei

A sóterhelt talajokat gyenge növénynövekedés és alacsony mikrobiális aktivitás jellemzi. Emiatt fontos nyomon követni a talaj sótartalmának változásakor a talaj mikrobiális életében bekövetkezett változásokat is, hiszen ezek a szervezetek nagymértékben hozzájárulnak a sikeres növénytermesztéshez (Asghar et al., 2012).

A talaj minőségét a fizikai, a biológiai állapot és a termékenység egyaránt meghatározza. Ezeknek a tényezőknek összhangban kell lenniük, hiszen enélkül nemcsak a talaj, de a növények életfeltételei is romlanak. A talaj minőségének megtartásával, kémélésével, javításával kapcsolatos törekvések a fenntartható gazdálkodást segítik elő (Káta, 2012).

A talajban és a növényekben zajló biológiai, kémiai és fizikai folyamatok optimális alakulását segítik elő a talajjavító szerek hatóanyagai, melyek ezáltal hatást gyakorolnak a talaj termékenységét befolyásoló folyamatokra, illetve a növényekre. Tehát a talajjavító szerek alternatív megoldásként szerepelhetnek a sófelhalmozódás következtében kialakult talajdegradáció enyhítésére (Borowiak et al., 2016). A talajjavító szerek alkalmazásának célja a talaj tulajdonságainak javítása, azáltal, hogy a talajban levő tápanyagokat felszabadítva elérhetővé teszi a növények számára (Sulewska et al., 2016). Kedvező hatásuk javíthatja a kapilláris porozitást, azaz több vizet képes tárolni a talaj. Ennek a tulajdonságnak a javítása különösen a kötöttebb talajon történő növénytermesztés során nagyon fontos (Wojciechowski, 2015).

Káta et al. (2017) tartamkísérleteikben bizonyították, hogy a talajtulajdonságok alapvetően meghatározzák a kukorica realizált termésszintjét, valamint a kukorica agrotechnikai tényezőkre adott terméstöbbletét.

2.4.4. A koraiságot fokozó módszerek

Ezek az eljárások átmenetet képeznek a termesztőlétesítményekben történő hajtás és a szabadföldi termesztés között (Nagy, 1979). Ilyen például az elvetett mag műanyag fóliával történő takarása, amelyet különböző megoldásokkal többfelé alkalmaznak. A takarásra sor kerülhet a vetést követően a kelésig vagy a vetést megelőzően, a műanyag fólián előzőleg kialakított lyukakon keresztüli vetéssel (Hodossi és Kovács, 1996).

A Magyarországon alkalmazott egyik legrégebbi, és ma is egyik legelterjedtebb, koraiságfokozó mód a csemegekukorica esetében is a tápközeges palántanevelés. Mivel a gyorsabb talajmelegedés intenzívebb gyökérfejlődést biztosít a kiültetett növénynek, így fóliával takart bakhátra ültetik az optimális fejlettségű palántákat. A kiültetett növényeket fátyol fóliával kell takarni (Orosz, 2009).

Más koraiság fokozó megoldás, szuperédes fajta esetében, 5 leveles fejlettségi állapotú palánták kiültetése fóliával takart bakhátra, mellyel június utolsó napjaira ütemezhető a szedés (Tömpe, 2007a).

További koraiságot és termésbiztonságot ért el Tömpe (2007b) fűtetlen fóliasátorban, ahol a kiültetést március 23-án végezték, majd fátyolfóliás takarást alkalmaztak. Ezzel a módszerrel július 6-ra hozták előre a szedés idejét. Ilyen lehetőséget ad a mediterrán eredetű vándorfólia is, melyet hazánkban a fóliás termesztő felület 1-2 %-án alkalmaznak. Ennél a termesztési módnál is ugyanúgy, mint a szabadföldi ültetettnél, a palántanevelés fokozott figyelmet igényel (Takácsné Hájos és Gyökös, 2011).

Wonneberger (1984) is a hidegházi hajtást, a palántáról való szaporítást, a helyrevetés perforált műanyag fóliás takarását, illetve a sorközök műanyag fóliás takarását tekintette sikeresnek a koraiság fokozása esetén.

Orosz (2015) kutatómunkája során bizonyította, hogy a helyrevetéssel szaporított, illetve a palántáról szaporított állományok tenyészideje is lerövidült a takarásos agrotechnikai módszer alkalmazásával.

Mivel a korai csemegekukorica termesztés alkalmazása során van a gazdálkodó leginkább kitéve a változó időjárási tényezőknek, ezért a fajtaválasztáson túlmenően nagyon fontos a megfelelő agrotechnika, azaz a palántanevelés, a megfelelő ültetési idő, illetve a takarás alkalmazása, valamint a megfelelő területválasztás is (Kovács, 2004).

2.5. A csemegekukorica termesztetősége kedvezőtlen adottságú területeken

A csemegekukorica talajigényének a szélsőségesen rossz talajok kivételével minden talajtípus megfelel. A termőhely kiválasztásánál fontos szempont az öntözés szükségessége. Mivel a csemegekukorica fokozott vízigényű növény, ezért gazdaságos termesztése csak öntözött körülmények között elképzelhető (Szegedi, 2004).

A növénytermesztési technológiákban az időjárási szélsőségek kiküszöbölésére is megoldást nyújthat az öntözés, amely biztonságosabbá és intenzívebbé teszi a termelést. Azonban köztudott, hogy az öntözés hatása kedvezőtlen is lehet. Sajnos Magyarország egyes régióiban

magas az öntözésre használt rétegvizek sótartalma, ezáltal szikesíti a talajt, amely nehézségeket okoz a zöldségtermesztésben. Számos irodalmi adat bizonyítja, hogy a zöldségfajok nagy része érzékeny a talaj nagyobb sókoncentrációjára. Adott a lehetőség az ázott kutak vízminőségének javítására, azonban ez a folyamat igen költséges, ezért alkalmazásuk sok esetben nem életszerű, mivel jelentősen és irreálisan megnövelné a termelési költséget (Slezák, 2001).

A növényi környezet kedvezőtlen (nagy) sótartalma a következő tüneteket okozhatja – csökkentheti a vízpotenciált, ion-toxicitást idézhet elő, illetve zavart okozhat az esszenciális tápanyagok felvételében (Flowers és Flowers, 2005). Ezt bizonyítja Caprici et al. (2010) kutatómunkája is, mely során megállapították, hogy kukorica (*Zea mays* L.) termesztése során az öntözővízzel bevitt sótartalom növelésével a növényben mért Na^+ -tartalom növekedett, a K^+ -tartalom és a K^+/Na^+ arány pedig csökkent.

A világon igen nagy területek vannak, amelyek csak öntözéssel hasznosíthatók, de mivel számítani kell arra, hogy az öntözés alkalmazása sok helyütt szikesedést és eróziós folyamatokat, valamint a talaj fizikai tulajdonságának leromlását okozhatja, ezért sok országban fokozzák az öntözés kérdéseinek talaj–növény rendszerben történő tudományos vizsgálatát, amelyet a nemzetközi szervezetek (FAO, UNESCO) is közösen támogatnak (Bardaji, 1974).

Zsembeli et al. (2019) megállapították, hogy a nem öntözővíz minőségű vizekkel való öntözés során igen nagy hangsúlyt kell fektetni a kijuttatott víz mennyiségére, szigorúan a termesztett növény vízigényeit kell kielégíteni, hiszen a túlóntözés magában hordozza a másodlagos szikesedés veszélyét. Megállapították azonban, hogy ennek a kedvezőtlen folyamatnak a hatása talajjavítással mérsékelhető. Az általuk vizsgált, kedvezőtlen agroökológiai hatásoknak kitett területeken a talajjavítással kombinált öntözésoptimalizálást javasolták, hiszen így jelentősen javíthatók a zöldségtermesztés feltételei, illetve mérsékelhetők a káros hatások.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A hidegstressz kísérlet leírása

A vizsgált csemegekukorica hibridek hidegstressz tűrésének megállapítására irányuló kísérletet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézetének (DE AKIT DTTI) Arborétum és Bemutatókertjében állítottuk be 2019-ben. A kísérletben a *Gyöngyhajnal* (tenyészideje: 69 nap), a *Nugat 72* (tenyészideje: 90 nap), illetve a Syngenta Magyarország Kft. jóvoltából a *Strongstar* (tenyészideje: 72 nap), illetve a *Sweetstar* (tenyészideje: 73 nap) hibrideket alkalmaztuk. A hidegstresszel szembeni válaszreakciók vizsgálatára vonatkozó kísérlet során két eltérő (normál és edzett) palántanevelési móddal neveltünk csemegekukorica palántákat az 5. levél kialakulásának kezdetéig.

3.1.1. A normál palántanevelési mód körülményeinek leírása

A normál palántanevelési mód során a vetőmagokat az optimálisnak tekinthető 25 °C-os hőmérsékleti értékek mellett, zárt helyen csíráztattuk. A kelés után átlagosan 20-29 °C-os hőmérsékletet biztosítottunk a további nevelés során. A 4 éves kutatómunka során a normál palántanevelési módhoz köthető főbb mérőföldköveket jelentő időpontokat, illetve a palántanevelési időt és az ezt befolyásoló környezeti tényezőket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: A normál palántaneveléshez köthető főbb mérőföldkövek és a palántanevelés idejét befolyásoló környezeti tényezők

Kísérleti év	Magvetés időpontja	Kiültetés időpontja	Minimumhő-mérséklet °C	Maximumhő-mérséklet °C	Összes besugárzás W/m^2	Palántanevelési idő nap
2019	03.28.	04.10.	20,0	24,5	2513,2	13
2020	04.24.	05.18.	20,1	26,9	2749,8	24
2021	04.13.	05.10.	20,1	26,5	3233,8	27
2022	04.09.	05.04.	20,8	29,3	3484,5	25

A kutatómunka első évében, 2019-ben egy extrém rövid palántanevelési idő (13 nap) után történt meg a palánták kiültetése. Az első kísérleti évben szerettük volna drasztikusabb hőmérsékleti hatásoknak kitenni a palántáinkat, annak érdekében, hogy információt kapjunk

arról, hogy a választott hibridek alkalmasak-e egy hidegstressz kísérletben való alkalmazásra, így ebben az évben a palánták – a többi kísérleti évhez viszonyítva – fejletlenebb (4 leveles) állapotban kerültek kiültetésre. A 2020 és 2022 közötti palántanevelési időszakokban adódó minimum- és maximumhőmérsékleti értékek esetében csak néhány °C-os eltérések adódtak, továbbá a palántanevelési idő alatt adódó összes besugárzás mértékében sem adódtak számottevő különbségek, így néhány napos eltéréssel közel azonos palántanevelési idővel történt a kiültetésre kész, formálódó 5. leveles állapotú palánták előállítás.

3.1.2. Az edzett palántanevelési mód körülményeinek leírása

Az edzett palántanevelési módhoz az alapötletet az adta, hogy a palántanevelés során a fiatal növények edzésének rendkívül fontos szerepe van a növény külső környezeti tényezőkhöz való adaptációs képességének fokozásában. Ezt az alapelvet tovább gondolva azt feltételeztük, hogy ha a növény hőmérsékleti igényeit kezdettől fogva nem elégítjük ki, ezáltal a folyamatos alkalmazkodásra ösztönözzük, megnövelhető a stressztűrő képessége. Így 10-16 °C közötti tartományban csíráztattuk a csemegekukorica magokat klímaszekrényben 14 napig, majd kelés után fűtetlen fóliában neveltük tovább a palántákat, amelyek már a kezdeti időszakban jelentős hideghatásoknak voltak kitéve.

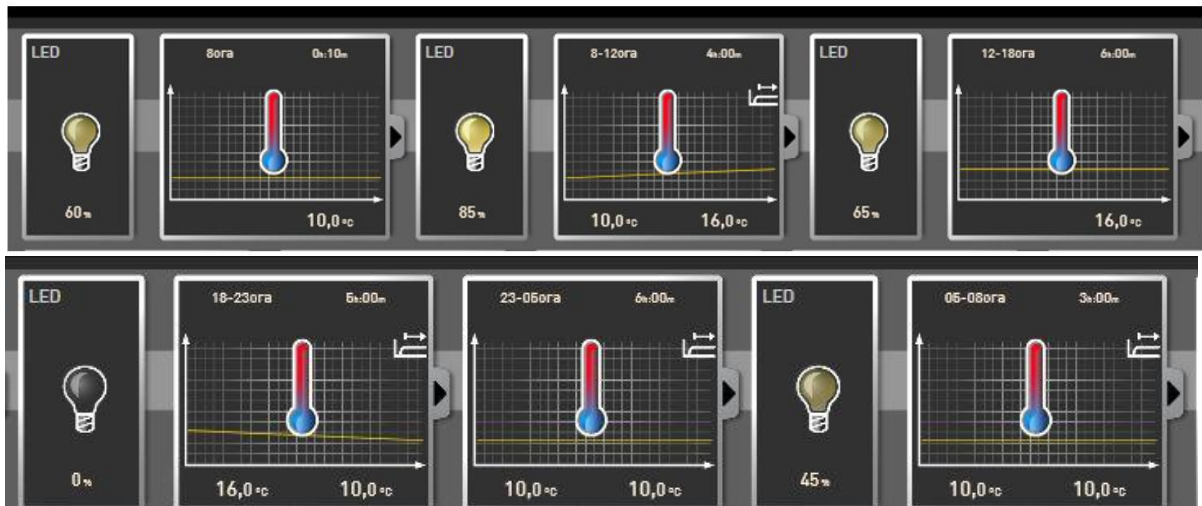
A szabályozott körülmények biztosításához a Memmert cég által forgalmazott HPP 750 konstans klímakamráját alkalmaztuk, amely a gyártó ajánlása alapján környezeti tényezők szimulációjára alkalmas eszköz (I2) és a következő specifikációkkal jellemezhető (4. táblázat).

4. táblázat: A Memmert HPP 750 klímaszekrény specifikációi

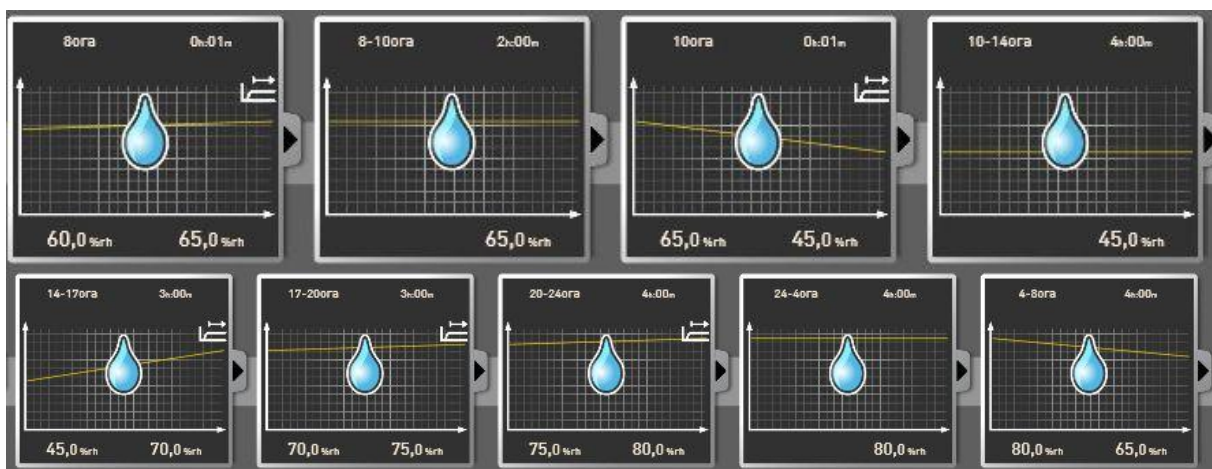
Programozható paraméter	Állítható tartomány
Megvilágítás	igen/nem
Belső hőmérséklet	5 °C - 70 °C ($\pm 0,1$ °C)
Nedvességtartalom	10 - 90 % RH ($\pm 0,5$ % RH)
Időtartam	1 perc – 99 nap

A HPP 750-es klímaszekrényben 14 napig csíráztattuk a hidegstressz kísérletben alkalmazott csemegekukorica hibrideket. A csíráztató periódus alatt előre beprogramozott értékek alapján alakultak a környezeti tényezők, amelyek úgy kerültek beállításra, hogy egy kora tavaszi időszak napi dinamikáját szimulálják. A klímakamrában a szabályozott környezet

programozását az AtmoCONTROL nevű program segítségével lehet megvalósítani tetszés szerinti időintervallumok szerint. A doktori értekezés alapjául szolgáló kutatómunka edzett palántanevelése során 14 napig tartottuk szabályozott körülmények között a csírázó csemegekukorica magvakat (2-3. ábra).



2. ábra: Az AtmoCONTROL programban beállított hőmérsékleti értékek, illetve a megvilágítás mértéke a 14 napos csíráztató periódus alatt 2019-2022-ben



3. ábra: Az AtmoCONTROL programban beállított relatív páratartalmi értékek a 14 napos csíráztató periódus alatt 2019-2022-ben

A 4 éves kutatómunka során minden évben azonos programozást alkalmaztunk a klímaszekrényt vezérlő AtmoCONTROL programban annak érdekében, hogy a csíráztatási periódus során ért környezeti hatások ne befolyásolják a növények fejlődési ütemét. A hidegstresszt szenvedett vetőmagok csírázásának sikeressége a kelési százalék nyomon követésével került megállapításra, melynek eredményeit a 4.1.1. fejezetben közlöm.

A csíráztatási periódus után az edzett palántanevelésű egyedek a Bemutatókertben található, palántanevelésre alkalmas asztalokkal ellátott, nagy légterű fóliasátrában kerültek elhelyezésre további nevelési időre. A 4 éves kutatómunka során az edzett palántanevelési módhoz köthető főbb mérőföldköveket jelentő időpontokat, illetve a palántanevelési időt és az ezt befolyásoló környezeti tényezőket a 4. táblázat tartalmazza, melyek egy Trotec BL 30-as típusú klímaadat naplózó és a Debreceni Egyetem MÉK Precíziós Növénytermesztési Kutatás-Fejlesztési Szolgáltató Központ által mért értékek alapján került összefoglalásra az 5. táblázatban.

5. táblázat: Az edzett palántaneveléshez köthető főbb mérőföldkövek és a palántanevelés idejét befolyásoló környezeti tényezők

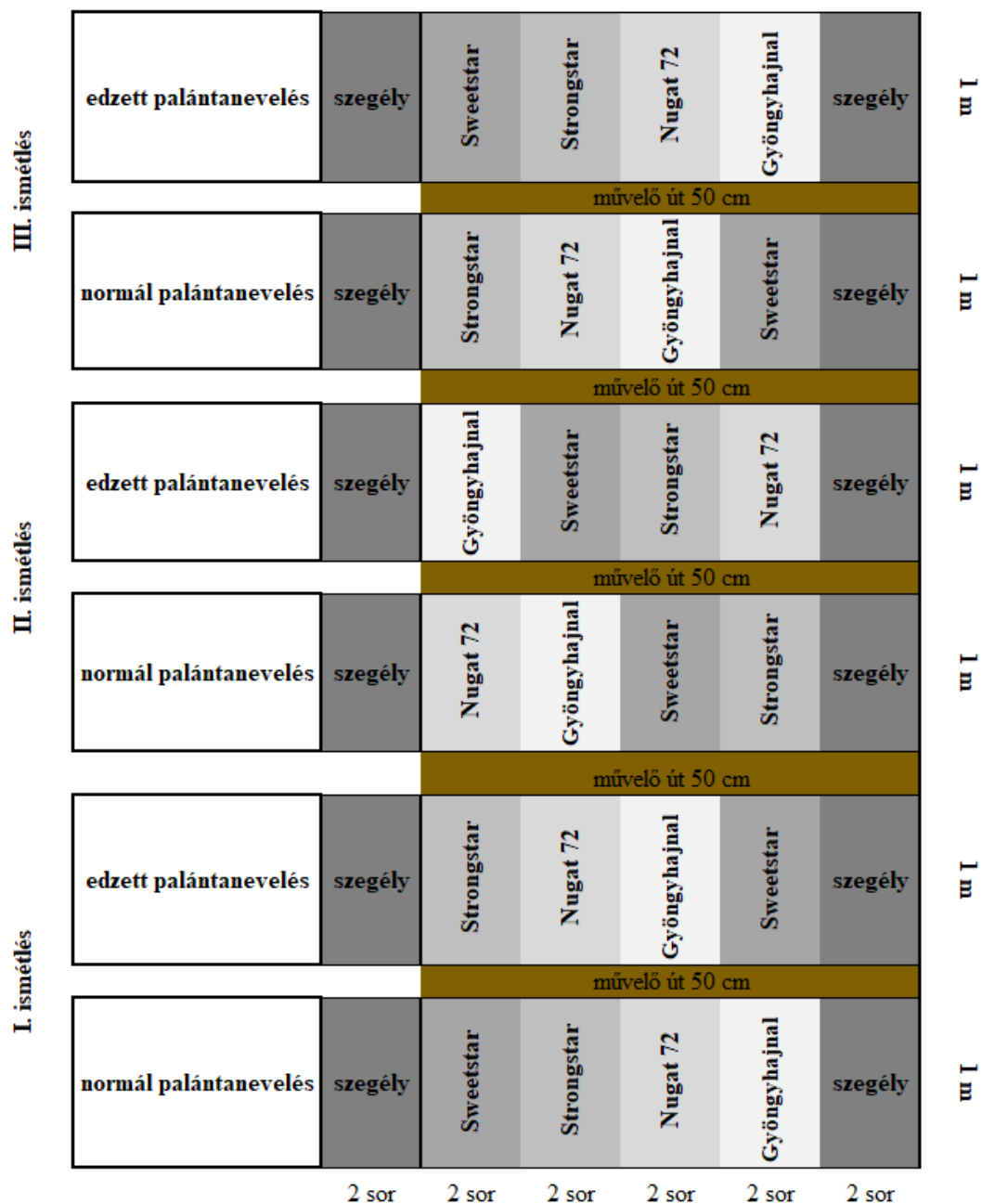
Kísérleti év	Magvetés időpontja	Kiültetés időpontja	Minimumhő-mérséklet °C	Maximumhő-mérséklet °C	Összes besugárzás W/m ²	Palántanevelési idő nap
2019	03.21.	04.10.	8,0	24,1	2981,9	20
2020	04.16.	05.18.	12,3	26,5	3104,1	32
2021	04.06.	05.10.	10,7	23,6	3812,4	34
2022	04.02.	05.04.	8,8	23,4	3807,9	32

Az edzett palántanevelési mód során a 14 napos csírázási periódust követően 8-12 °C-os minimumhőmérsékleti értékek és 23-26 °C közötti maximumhőmérsékleti értékek mellett nevelkedtek a palánták. Természetesen a kezdeti fejlődési időszakban adódó hideghatás miatt hosszabb palántanevelési időt igényelt az edzett palántanevelési változat, 2019-ben 7 nappal, 2020-ban 9 nappal, 2021-ben és 22-ben is 7 nappal hosszabbodott meg a kiültetésre alkalmas csemegekukorica palánták előállítására a normál palántanevelési módhoz képest.

A különböző módon nevelt palánták magvetésének időpontjai között tudatos csúsztatást alkalmaztam (előzetes megfigyelések alapján). A normál palántanevelési mód mellett nevelt egyedek magvetése 7 napos késleltetéssel történt meg, annak érdekében, hogy az edzett palántanevelési módból adódó vontatottabb kelés és fejlődés hatására is azonos időpontban és azonos fejlettségi állapotban kerülhessenek a szántóföldi parcellába a fiatal növények.

A kísérleti elrendezés tervezése és kivitelezése során figyelembe vettem a statisztikai elemzéshez szükséges alapelveket, miszerint a kísérletből származó mintáknak

függetleneknek kell lenniük (Huzsvai, 2004), így ennek biztosításaként véletlenszerű blokkelrendezést alkalmaztam (4. ábra) a kéttényezősnek minősülő kísérletben.



4. ábra: A 2019-ben alkalmazott kéttényezős véletlen blokkelrendezésű kísérlet elrendezése (Debrecen)

A kéttényezős véletlen blokkyszerű elrendezés 3 ismétlésben került kivitelezésre, mely méreteiből adódóan kisparcellásnak minősül, hiszen az egyes parcellák mérete 8 méter széles és 3 méter hosszú volt. A kísérletben alkalmazott hibridek dupla sorban lettek kiültetve, mely a statisztikai megbízhatóságot erősíti.

Az egyes blokkok méretéből és a duplasoros elrendezésből adódóan 1 ismétlésben egy adott hibridből 12 tő lett kiültetve, melyekből 4-4 véletlenszerűen kiválasztott egyed vizsgáltunk betakarításkor, így egy hibrid x palántanevelési mód kombináció esetében összesen 12 (3 ismétlésből származó) függetlennek minősülő mintából származtak az adatok.

A kiültetésre alkalmas palánták a Bemutatókert mészlepedékes csernozjom talajába (6. táblázat) kerültek 76 cm sor- és 20 cm tőtávolság alkalmazása mellett.

6. táblázat: A kísérleti parcella főbb talajtulajdonságai a kísérlet kezdetén és a kísérlet végén

	K_A	pH (KCl)	Összes oldott sótartalom (m/m)%	$CaCO_3$ (m/m)%	Humusz- tartalom %	NO_2+NO_3 -N mg/kg	P_2O_5 mg/kg	K_2O mg/kg
2019	38	7,7	<0,02	12,9	1,5	2,6	740,0	402,0
2022	36	7,8	0,04	2,5	1,2	18,7	722,0	334,0

A vizsgált talaj Arany-féle kötöttségi értéke (K_A) 36 és 38-as értékekkel jellemezhető, ami alapján vályog fizikai féleségű talajnak minősül. A talaj kémhatásának értékei a csemegekukoricatermesztés szempontjából a kedvezőnek tekinthető, gyengén lúgos tartományban alakultak a kísérlet kezdetén, illetve a kísérlet végén is, így a növények tápanyagfelvétele a kémhatás szempontjából zavartalanul működhetett. A kísérleti terület szénsavas mésztartalmát vizsgálva megállapítható, hogy a kutatómunka kezdetén erősen meszes volt a talaj, ami a kálium, illetve a foszfor felvehetőségére negatív hatású mennyiséget jelentett. Azonban a kísérleti időszak további részében a műtrágyák alkalmazásának hatására a kísérleti parcella talajának $CaCO_3$ tartalma 2,5%-ra csökkent. A humusz-elátottságot tekintve a Bemutatókert talaja gyenge elátottságúnak minősíthető, így a potenciónalisán elérhető termésmennyiség szempontjából ez az érték kedvezőtlen hatással bírt.

A nitrogénellátottság szempontjából a kísérlet kezdetén a közepesen ellátott kategóriába, míg a negyedik év végére (az alkalmazott tápanyagutánpótlásnak köszönhetően) jól elátottnak tekinthető a talaj. AL-oldható foszfor- (740 mg/kg és 722 mg/kg), illetve káliumérték (402 mg/kg és 334 mg/kg) szempontjából jól ellátottnak minősül a talaj.

Mind a négy tenyészidőszak folyamán biztosítottuk a megfelelő ápolási munkákat a növények zavartalan fejlődéséhez. Az egyes parcellákon egységes műtrágyázást alkalmaztunk: granulált ammónium-nitrátot kétszer (összesen 135 kg/ha hatóanyag), három alkalommal szuperfoszfátot (összesen 160 kg/ha hatóanyag) és három alkalommal kálium-szulfátot (összesen

200 kg/ha hatóanyag) juttattunk ki. A vegetációs periódus alatt Zn-t tartalmazó lombtrágyát is alkalmaztunk 2-szer 1,2 l/ha dózisban.

Minden évben minimum három alkalommal történt mechanikai gyomirtás, emellett pedig csepegtető öntözőrendszerrel a természetes csapadékkelátottság mellett összesen 120 mm öntözővizet juttattunk ki. A fajra jellemző növényvédelmet biztosítottunk az állomány számára, a legfőbb kártevők, a kukoricamolylepke hernyói, a gyapottok-bagolylepke és levéltetvek ellen *Karate Zeon 5 CS* növényvédő szerrel 0,25 l/ha-os dózisban történtek növényvédelmi kezelések.

3.1.3. A vizsgált hibridek jellemzése

Gyöngyhajnal

Igen korai érésű nugát típusú étkezési kukorica hibrid. Vírusellenálló fajtaújdomság, mely rendkívüli koraisága ellenére igen nagy csőméretű. Akár már április elejétől is vethető (I3).

Nugat 72

Korai érésű nugát típusú étkezési kukorica hibrid, amely friss fogyasztásra és mélyhűtésre is alkalmas. Jó vírustoleranciája és alkalmazkodóképessége révén szakaszolt vetésre is alkalmas, áprilistól akár egészen július közepéig (I4).

Strongstar

Korai szuperédes típus, melynek termőképessége és üzemi szemkihozatala meghaladja éréscsoportját. Jól "lábon tartható", tolerálja a kései betakarítást. Konzervipari hasznosíthatósága mellett kiválóan alkalmas frisspiaci célokra is. Növénymagassága 200 cm, átlagos csőhossza 21 cm körül, míg a szemsorok átlagos száma 14-16 közötti tartományban alakul. Közepes betegség-ellenállósággal rendelkezik a kukorica csíkos mozaik vírussal szemben (I5).

Sweetstar

Korai szuperédes típus, gyors kezdeti fejlődésű, jó növekedési eréllyel. A növény magassága 210 cm, szára stabil. Megbízható termőképességű, ritkább térállásban két piacos méretű csövet is terem. A korai fajták között kiváló a cső mérete és a szemek íze. 20 cm hosszú csövei 14-16 szemsorosak. Kedvező rezisztenciával rendelkezik a kukorica csíkos mozaik vírussal szemben (I5).

3.1.4. Vizsgálati módszerek és mérések a hidegstressz kísérletben

Kutatómunkám során a különböző palántanevelési módok hatását különböző növénymorfológiai tulajdonságok (csuhés csőtömeg, fosztott csőtömeg, csőhosszúság, szemsorszám), illetve a termésmennyiség esetében is vizsgáltuk. Emellett pedig közvetlenül a betakarítás előtt a növények fotoszintetikus aktivitását jellemző paramétereket (SPAD, NDVI) is nyomon követtem mind a négy kísérleti évben. Továbbá a növényekben jelentkező stresszhatás mértékének meghatározása érdekében a terméssel szemben elhelyezkedő levelek prolintartalmát is vizsgáltuk.

A termesztő szempontjából a legfontosabb paraméter a **csuhés csőtömeg** (a csövek tömege a borítólevéllel együtt), hiszen a termékek szállítása a friss piacra, valamint az átvétele az ipari feldolgozás számára is ebben a formában történik, így az átvételi ár is ezen érték alapján kalkulált. A kihozatali arány szempontjából pedig a legfontosabb értékmérő tulajdonság a **fosztott csőtömeg** (a csövek tömege a borítólevél nélkül).

A **csőhosszúság és a szemsorszám alakulása** is lényeges szempont a csemegekukorica piacossága, feldolgozóipari megfelelősége szempontjából, amely genetikailag szintén behatárolt ugyan, azonban a termesztéstechnológia befolyásolhatja, ezért ezeket a paramétereket is meghatároztam a vizsgált hibridekre és évjáratokra vonatkozóan.

Mindezek mellett pedig az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonságra, azaz a **termésmennyiségre** gyakorolt hatását is megállapítottuk a különböző palántanevelési módoknak.

A **levelek relatív klorofilltartalmát SPAD 502** relatív klorofill-tartalom mérő műszerrel (Minolta, Japán) mértük. A mérés során 1 ismétlésnek tekintettük az 1 levélen végzett 3 mérés átlagát. A Minolta klorofill mérő SPAD-502 egy kompakt eszköz, amely a növényi levelek klorofill tartalmát méri. A klorofill-tartalom ismeretében meghatározható, hogy mikor kell műtrágyát adni, hogy nagyobb, jobb minőségű terméshozamot kapjunk, mellyel a növény állapotáról is információt szolgáltat (16).

Egy Trimble® GreenSeeker® szenzort használtunk a **növényi biomassza** mérésére és **NDVI-ként** (Normalizált Vegetációs Index) **való megjelenítésre**. A műszer a 660 nm hullámhosszú fénysugarak reflektanciája alapján kalkulál, referenciaként infravörös fényt (770 nm) használva A detektált fény relatív erőssége mutatja a lombzat sűrűségét (17).

A stresszhatás mértékének meghatározásához **prolintartalmat** is vizsgáltunk a már betakarítás előtt álló növények terméseivel szemben lévő levelekből. A prolin meghatározást Bates (1973) módszer alapján vizsgálták a DE MÉK Agrárműszerközpont munkatársai. A

módszer lényege, hogy felhasználás előtt a mintákat folyékony nitrogénben szükséges lefagyasztani és $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolni. A minták előkészítése során kb. 100 mg zöld növényi részt szükséges homogenizálni 3% szulfoszalicilsavat (5 μl / mg friss tömeg) tartalmazó oldatban, kvarchomok segítségével. A kapott kivonatot 10 percig szükséges centrifugálni és a felülúszó 100 μl -éhez 200 μl 96 %-os ecetsavat és 200 μl savas ninhidrint kell adni. Ezt követően a mintákat $96\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, egy órán át inkubátorban kell tartani, majd hűteni és 1 ml toluollal extrahálni. A keletkező piros színű reakciótermék mennyiségét spektrofotométer segítségével, 520 nm-en lehet meghatározni (toluolt használva referencia oldatként).

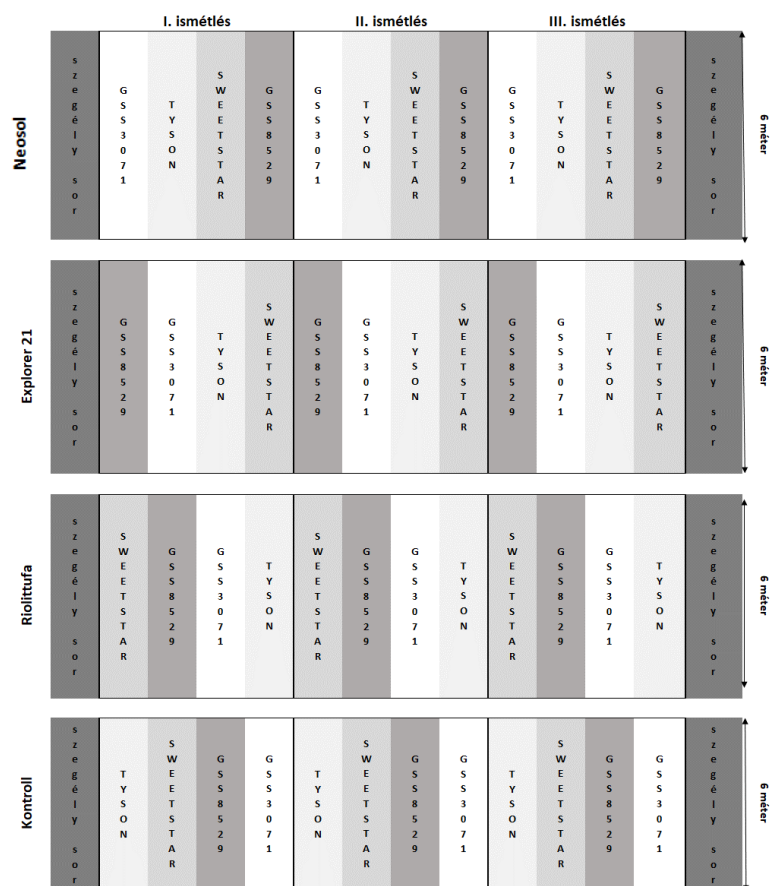
3.2. A sóstressz kísérlet leírása

A kutatómunka másik része azon a gondolatmeneten alapszik, hogy a szikes, vagy szikesedésre hajlamos (sós vizekkel jellemezhető) területeken is érdemes vizsgálni a növénytermesztési lehetőségeket, hiszen a Föld rohamosan növekvő népességével lépést kell tartani az ágazatnak. Kísérletünket előzetes kutatások eredményeire alapozva állítottuk be a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Nemzeti Éghajlat- és Tájkutató Intézetében (volt DE AKIT Karcagi Kutatóintézet). A térségre jellemző, nagy sótartalmú vízzel öntöztünk frisspiaci- és feldolgozóipari alapanyagként termesztett csemegekukorica hibrideket, mely során vizsgáltuk a sóterhelt vízzel való öntözés talajra, illetve a csemegekukorica néhány fontos paraméterére (csőtömeg, csőhosszúság, termés mennyiség) gyakorolt hatását. A kísérletben talajkondicionálásra, talajjavításra használható szereket is alkalmaztunk annak érdekében, hogy vizsgáljuk a talaj állapotmegőrzésének lehetőségeit a sóterhelés ellenére. A három vizsgált szer közül kettő a gyakorlatban is egyre inkább használt talajkondicionáló szer (*Neosol*, *Explorer 21*), amelyekkel már több előzetes és pozitív tapasztalatokat eredményező kísérlet folyt a Karcagi Kutatóintézetben, ezért is kerültek bevonásra a sóstressz kísérletbe is. A harmadik vizsgált anyag egy természetes talajjavító szer (a NÉBIH besorolás szerint ásványi trágya), a riolittufa volt, amely a szikes talajok javítására régebben széles körben alkalmaztak. Az egyszerűség és a könnyebb értelmezhetőség kedvéért mindhárom vizsgált készítményt talajjavító szerként említem a továbbiakban.

3.2.1. A sóstressz kísérlet körülményei

A Syngenta Magyarország Kft. jóvoltából, 2019-ben 6 különböző hibridet (*GSS5649*, *GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*, *Overland*) vontuk be a kísérletbe. Ezek közül a 4 legjobban teljesítő hibridet (*GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*) vizsgáltuk tovább (egyfajta szelektálást elvégezve) 2020-2022 közötti időszakban. 2019-ben kettő, míg 2020-tól három talajjavításra alkalmas szert vizsgáltunk.

A kísérleti elrendezés, a hidegstressz kísérletben alkalmazotthoz hasonlóan, szintén kéttényezősnek minősülő (talajjavító szer x hibrid), véletlenszerű blokkelrendezés (5. ábra) volt.



5. ábra: A 2020-as kísérleti évben alkalmazott kéttényezős véletlen blokkelrendezésű kísérlet elrendezése (Karcag)

A vetést igyekeztünk mindegyik kísérleti évben azonos periódusra időzíteni, annak érdekében, hogy a vetés időpontja ne legyen befolyásoló tényező. A kéttényezős véletlen blokk szerű elrendezés 3 ismétlésben került kivitelezésre, mely méreteiből adódóan kisparcellásnak minősül, hiszen az egyes parcellák mérete 6 méter széles és 6 méter hosszú

volt. A kísérletben alkalmazott hibridek dupla sorban lettek kiültetve, mely a statisztikai megbízhatóságot erősíti.

Az egyes blokkok méretéből adódóan 1 ismétlésben egy adott hibridből 30 tő került elvetésre, melyekből 4-4 véletlenszerűen kiválasztott egyed került vizsgálatra betakarításkor, így egy talajjavító szer x hibrid kombináció esetében összesen 12 (3 ismétlésből származó) függetlennek minősülő mintából származtak az adatok.

A kísérletben alkalmazott sortávolság 76 cm, míg a tőtávolság 20 cm volt. Mind a négy tenyészidőszak folyamán biztosítottuk a megfelelő ápolási munkákat a növények zavartalan fejlődéséhez. Az egyes parcellákon egységes műtrágyázást alkalmaztunk: granulált ammónium-nitrátot két részletben (összesen 135 kg/ha hatóanyag), három részletben szuperfoszfátot (összesen 160 kg/ha hatóanyag) és három részletben kálium-szulfátot (összesen 200 kg/ha hatóanyag) juttattunk ki. A talajjavítási lehetőség vizsgálata miatt az egyes parcellákon a tavaszi alaptrágyázással egy menetben juttattuk ki a különböző talajjavító szereket. A *Neosol* talajkondicionáló szert a gyártó ajánlása alapján 200 kg/ha-os dózisban alkalmaztuk. Az *Explorer 21*-t a gyártó a vetéssel egyidőben való alkalmazást javasolja 200 kg/ha-os dózisban. A PhD értekezés alapjául szolgáló kutatómunkában 20 t/ha-os dózisban alkalmaztunk riolittufát a kísérleti parcellákon.

Lombtrágyaként *YaraVita Universal Bio* készítményt alkalmaztunk 2,5 l/ha-os dózisban a tenyészidőszak alatt 2 alkalommal. Emellett pedig Zn-t tartalmazó lombtrágyát is alkalmaztunk 2-szer 1,2 l/ha dózisban.

Gyomok ellen *Lumax* készítménnyel történt a védekezés, 5 l/ha dózisban, emellett pedig minden évben minimum három alkalommal történt mechanikai gyomirtás. A fajra jellemző növényvédelmet biztosítottunk az állomány számára, a legfőbb kártevők, a kukoricamoly hernyói, a gyapottok-bagolylepke és levéltetvek ellen *Karate Zeon 5 CS* növényvédő szerrel 0,25 l/ha-os dózisban történtek növényvédelmi kezelések.

A vízpótlás esőszerű öntözőrendszerrel valósult meg. A természetes csapadékelátottság mellett 2019-ben 70 mm, 2020-ban 78 mm, 2021-ben: 150 mm, 2022-ben pedig 217 mm öntözővizet juttattunk ki.

3.2.2. A vizsgált hibridek jellemzése

GSS5649

Középkorai, 78 napos tenyészidejű, szuperédes hibrid, amely az egyik legnagyobb feldolgozóipari szemkihozatazt elérő a magyarországi körülmények között. Intenzív szántóföldi technológia mellett igen nagy szántóföldi produktumra képes. 244 cm-es növénymagassággal, 21 cm-es átlagos csőhosszúsággal, illetve 18-20 db-os szemsorszámmal jellemezhető. Készterméke első osztályú, kiváló íz- és színhatás jellemzi. A kukorica csíkos mozaikvírussal szemben rezisztens (I5).

GSS3071

Középérésű, 79 napos tenyészidejű szuperédes hibrid, amely szezonkezdekor és szezon végén is kiválóan termesztendő. Rugalmasan használható a termesztési szezonban, legyen az a szezonkezdés vagy a szezon vége. Termőképessége kiegyenlített, nem ingadozó, kukorica csíkos mozaikvírus ellenállósága kiváló, a legjobbak közé tartozik a hazai csemegekukorica piacon. Növénymagassága 244 cm, átlagos csőhossza 20 cm, melyeken a sorok átlagos száma 16-18 db. Frisspiaci és feldolgozóipari termesztési céloknak egyaránt kiváló (I5).

Tyson

81 napos tenyészidejű, középérésű szuperédes fajta. 222 cm-es növénymagassággal, 20 cm-es csőhosszúsággal és 20-22 db-os átlagos szemsorszámmal jellemezhető. Szárszilárdsága kiváló. Hosszabb ideig területen tartható, magas cukortartalmú, zsengességét az átlagosnál hosszabb ideig megőrzi, így első osztályú késztermék készíthető belőle. Kukorica csíkos mozaikvírussal szemben igen jó rezisztenciával rendelkezik (I5).

Sweetstar

Tekintettel arra, hogy ezt a hibridet a hidegstressz kísérletben is alkalmaztuk, 3.1.2. fejezetben található jellemzést nem ismétlem.

GSS8529

A kontinentális klimatikus adottságokat rendkívül jól viselő, középérésű (82 nap tenyészidejű) szuperédes csemegekukorica hibrid. Szárszilárdsága kiváló. Sokáig területen tartható, anélkül hogy a túlérésben tapasztalható minőségromlás megjelenne rajta. Növénymagassága 290 cm, átlagos csőhosszúsága 20 cm, átlagos szemsorszáma 18-20 db. Kiválóan alkalmas frisspiaci

fogyasztásra, illetve feldolgozóipari célra is. Kukorica csíkos mozaikvírussal szemben közepesen ellenálló. Első osztályú késztermék készíthető belőle (I5).

Overland

Középérésű (84 nap), szuperédes csemegekukorica hibrid. A 220 cm magas növényeken 20 cm hosszú csövek teremnek, melyeken 18-20 sorban helyezkednek el a szép sárga szemek (I5).

3.2.3. A vizsgált talajjavító szerek bemutatása

Neosol

Ez a termék egy olyan pellet, amely természetes kötésű kalcium és magnézium karbonátokat tartalmaz. Kijuttatás után szemcséi a talajoldatban oldódnak és szétoszlanak. A gyártó a terméket mindenféle talajtípusra és növényre ajánlja, a szer lényege, hogy aktiválja a talajfunkciókat. A *Neosol* ellátja a talajt a szükséges anyagokkal, hogy annak humusz-szférája a megfelelően működjön és növeli a talajban élő mikro- és makroorganizmusok tevékenységének aktivitását azáltal, hogy javítja a talajban élő organizmusok életterét (javuló talajszerkezet, porozitás növelés, jobb levegőzöttségi viszonyok). A *Neosol* a következő összetétellel és jellemezhető (I8):

- **CaO** 35%
- **MgO** 8%
- **pH** 8
- **Na₂O** 4,5%
- **K₂O** 0,7%
- **N** 0,3%
- **P₂O₅** 0,03%

Explorer 21

Granulált formájú, talajon keresztül ható biostimuláns, amely különböző arányban tartalmaz makroelemeket, illetve szerves- és ásványi anyagokat. A gyártó a vetéssel egyidőben való alkalmazást javasolja 200 kg/ha-os dózisban, mivel elsősorban a gyökérfejlődést segíti elő, ezáltal a pozitívan hat a növényi tápanyagfelvételre, illetve a növényállomány víz-stresszel szembeni ellenállóképességét is fokozza. Azonban összetétele alapján a talaj szerkezetjavításához szükséges elemeket nagyobb mennyiségben tartalmazza, így nemcsak a növényre, hanem a talajra is kedvező hatást gyakorol (I9).

Az *Explorer 21* a következő összetétellel jellemezhető:

- **N: 6 %**
- **K₂O: 1,7 %**
- **CaO: 16 %**
- **MgO: 8 %**
- **P₂O₅: 12 %**
- **SO₃: 6,5 %**

Riolittufa

A hazai mezőgazdaságban az utóbbi időben jelentősen csökkent az állatállomány, így a szerves trágyázás lehetősége korlátozott. Ez a tény indokolja, hogy a tápanyag-gazdálkodásban előtérbe kerüljenek a természetes ásványi anyagok, melyek makro-, mikro és nyomelemekben gazdagok. Ezek az elemek a talaj és a növények számára nélkülözhetetlenek, így a sikeres növénytermesztés egyik alappillérenek tekinthető alkalmazásuk. A riolittufa a vulkáni tevékenység során hulló hamuként rakódott le a magas felszíneken. Talajjavításra való alkalmazásával a pH értéket a semleges tartomány irányába képes változtatni, továbbá javítja a talajok fizikai szerkezetét és művelhetőségét (I10).

A riolittufa őrleményt 0/5 és 0/12 mm szemcseméretben az alábbi fizikai kategóriájú talajokon, a következő módon lehet eredményesen alkalmazni:

- homoktalajon 0/5 mm szemcseméretben, 2-3 kg/m² mennyiségben;
- vályogtalajon 0/5 mm szemcseméretben, 0,5-1 kg/m² mennyiségben;
- agyagtalajon 0/5 és 0/12 mm szemcseméretben, 2kg/m² mennyiségben.

A *riolittufa* összetétele és tulajdonságai (I11):

- **pH 6.6**
- **CaO 0,10 %**
- **K₂O 3,01 %**
- **MgO 0,03 %**
- **Fe 0,20 %**
- **SiO₂ 77,4 %**
- **Na₂O 1,5 %**
- **Zn 30,0 mg/kg**
- **Mn 40,0 mg/**

3.2.4. Vizsgálati módszerek és mérések a sóstressz kísérletben

Talajvizsgálatok

Minden évben a műtrágyák és talajjavító szerek kijuttatása előtt, illetve a csemegekukorica betakarítása után is talajmintát vettünk az egyes parcellákból és a Karcagi Kutatóintézet Akkreditált Laboratóriumában **szűkített talajvizsgálatot** végeztek el, Arany-féle kötöttségre, pH (KCl), összes oldott sótartalomra, CaCO₃-tartalomra, humusz-tartalomra, NO₂ + NO₃ N-tartalomra, AL-P₂O₅-tartalomra, és AL-K₂O-tartalomra vonatkozóan.

A nagy sótartalmú vízzel való öntözés hatását **a talaj 0-60 cm-es rétegenkénti sókészletére** a tényleges sómérleg számítás alapján határoztuk meg (Rivera Garcia et al., 2021). Ehhez a számításhoz alapul vettük a kezdeti és betakarítás utáni talajmintákban az Akkreditált Laboratóriumban mért összes oldott sótartalom (m/m%) értékeket. Először meghatároztuk a kísérleti parcellákon egy 20 cm-es talajréteg tömegét (g), amelyet a talaj sűrűségének ($V=\text{cm}^3$) és térfogattömegének ($\rho_b=\text{g}/\text{cm}^3$) szorzatából számítottunk ki (*1. egyenlet*).

$$\text{talajtömeg} = V * \rho_b \quad (1)$$

Egy 20 cm-es talajréteg tömegének (g), illetve az összes oldott sótartalomnak (m/m%) az ismeretében a 2. képlet segítségével kiszámítható a sómérleg (g).

$$\text{Sómérleg} = \text{talajtömeg} * \text{összes oldott sótartalom} / 100 \quad (2)$$

A tényleges sómérleg meghatározásához az öntözési szezon előtt (Sómérleg_(kezdeti)) és után (Sómérleg_(végső)) meghatározott sómérleg értékekből származtatható a 3. egyenlet alapján.

$$\text{Sómérleg}_{(\text{tényleges})} = \text{Sómérleg}_{(\text{kezdeti})} - \text{Sómérleg}_{(\text{végső})} \quad (3)$$

A 0-40 cm-es **talajréteg nedvességtartalmát** a 3T SYSTEM nedvességmérő műszerével mértük, amely a szabadföldi vízkapacitás tf%-ban rögzíti és menti a memóriájában a hosszú idősoros adatokat 10 cm-enkénti bontásban. A műszer által mért vízkapacitás százalék (VK%) alapján mm-re átszámoltuk az adott parcella 0-40 cm-es talajrétegének nedvességtartalmát.

Növényvizsgálatok

A növényvizsgálatok azonosak a hidegstressz kísérletben végzett morfológiai tulajdonságokat (csuhés csőtömeg (g/cső), fosztott csőtömeg (g/cső), csőhosszúság (cm), szemsorszám (db/csőtermés), illetve termésmennyiséget meghatározó növényvizsgálatokkal, mivel ezen paraméterek alapján lehet következtetni a növény kondíciójára, ezáltal az adott termesztési körülményekre adott válaszreakciójára is. Ezen túlmenően pedig a sóstressz kísérletben is vizsgáltunk prolintartalmat a stresszhatás mértékének számszerűsítéséhez. Ezeket a paramétereket már a hidegstressz kísérlet leírásánál (3.1.3. fejezetben) is ismertetésre kerültek.

3.2.5. Adatok statisztikai feldolgozása

A mérésekből származó adatok statisztikai értékelését az SPSS 25.0 programcsomaggal végeztük. Adataink statisztikai megbízhatóságát varianciaanalízissel, az átlagok közötti különbségek helyességét pedig Duncan-teszttel ellenőriztük, valamint $SzD_{5\%}$ -ot is számítottunk. Annak érdekében, hogy megvizsgáljuk, hogy az egyes tényezők milyen mértékben vesznek részt az egyes növényi tulajdonságok kialakításában, Pearson-féle korrelációs számítást is végeztünk.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A hidegstressz kísérlet eredményei

A debreceni helyszínen beállított hidegstressz kísérlet eredményeit a 2019-2022 időszakra évenkénti bontásban kerül bemutatásra, mivel az egyes éveket különböző időjárási feltételek jellemezték, így a csemegekukorica hidegstressz reakciója is eltérő volt. Az egyes évjáratokban tapasztalt különbségek egyrészt bizonyítják a klímaváltozást leginkább jellemző időjárási szélsőségekben megmutatkozó változékonyságot, másrészt a négy év adatai már elég széles rálátást biztosítanak a gyakorlat számára is hasznos következtetések levonására.

4.1.1. A kelési százalék alakulása a palántanevelési időszakban

2019-ben az optimális hőmérsékleti értéken csíráztatott *Gyöngyhajnal*, *Nugat 72* és *Sweetstar* 100%-os, míg a *Strongstar* 90%-os kelési aránnyal volt jellemezhető.

A hideghatás mellett csíráztatott növények esetében 98%-os kelési százalékot állapítottam meg a *Gyöngyhajnal*, a *Nugat 72* és a *Sweetstar*, esetében, azonban a *Strongstar* esetében ez az érték 82% volt.

2020-ban a normál hőmérsékleten csíráztatott növények kelési százalécai a következőképpen alakultak: a *Gyöngyhajnal*, a *Nugat 72* és a *Sweetstar* esetében 100%, azonban a *Strongstar* kelési százaléka csak 85% volt. A hideghatást kapott kezelésben 100% volt a kelési arány a *Gyöngyhajnal* és a *Nugat 72* esetében. A *Sweetstar* 88%-os, míg a *Strongstar* 54%-os kelési százalékkal volt jellemezhető.

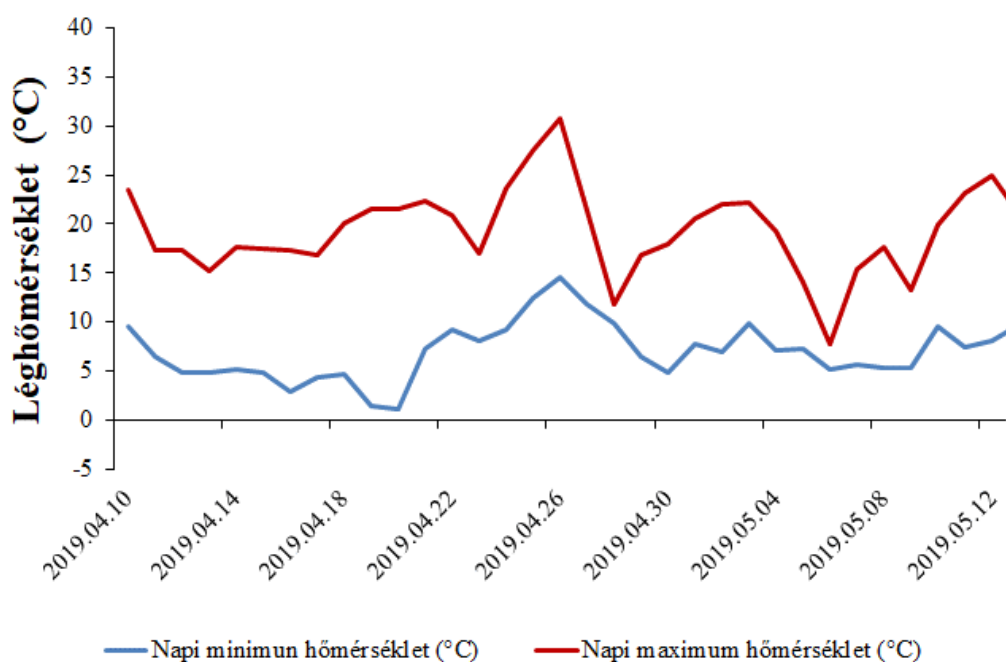
2021-ben optimális hőmérsékleti körülmények mellett 100%-os kelési arány volt megfigyelhető a *Gyöngyhajnal* és a *Nugat 72* esetében. Az előző években is gyengébben teljesítő *Strongstar* 60%, a *Sweetstar* pedig 50%-os csírázási arányt mutatott. Hidegstressz hatására sem változott a *Gyöngyhajnal*, a *Nugat 72* és a *Strongstar* csírázási képessége, a *Sweetstar*-é viszont 34%-ra csökkent.

2022-ben a kedvező körülmények mellett csírázó *Gyöngyhajnal* és a *Nugat 72* 100%, a *Strongstar* 77%, míg a *Sweetstar* 55%-os kelési arányt ért el. A hideg hatására a két legstabilabban teljesítő hibrid (*Gyöngyhajnal*, *Nugat 72*) kelési aránya 5%-kal csökkent az optimális körülményekhez viszonyítva. A *Strongstar* csírázási százaléka 55%-ra, míg a *Sweetstar*-é 37%-ra csökkent hideg hatására.

Összességében megállapítható, hogy csírázás szempontjából a legkiegyensúlyozottabb teljesítményt a *Gyöngyhajnal* és a *Nugat 72* hibridek mutatták. Sem a 4 éves kutatómunka alatt nem romlott a csírázókéességük, illetve a csírázáskori hideghatás sem okozott negatív hatást.

4.1.2. A léghőmérséklet alakulása a hidegstressz kísérletben

A 2019-es vizsgálati év jó lehetőséget biztosított arra, hogy tanulmányozzuk a klímaváltozás hatását a korai, frissfogyasztásra szánt csemegekukorica hidegtűrése szempontjából. A palántanevelés 2019-ben zavartalan volt, a kétféle módon nevelt, négy leveles állapotú palántákat egyöntetűen, igen korai időszakban, 2019. 04. 10-én ültették ki. A palánták kiültetése után igen hektikusan alakult az időjárás (6. ábra), a csemegekukorica palánták hidegtűrése szempontjából kritikus időszakban mért léghőmérsékleti értékeket a fóliasátor mellett elhelyezett, a Debreceni Egyetem MÉK Precíziós Növénytermesztési Kutatás-Fejlesztési Szolgáltató Központjának meteorológiai állomása rögzítette.

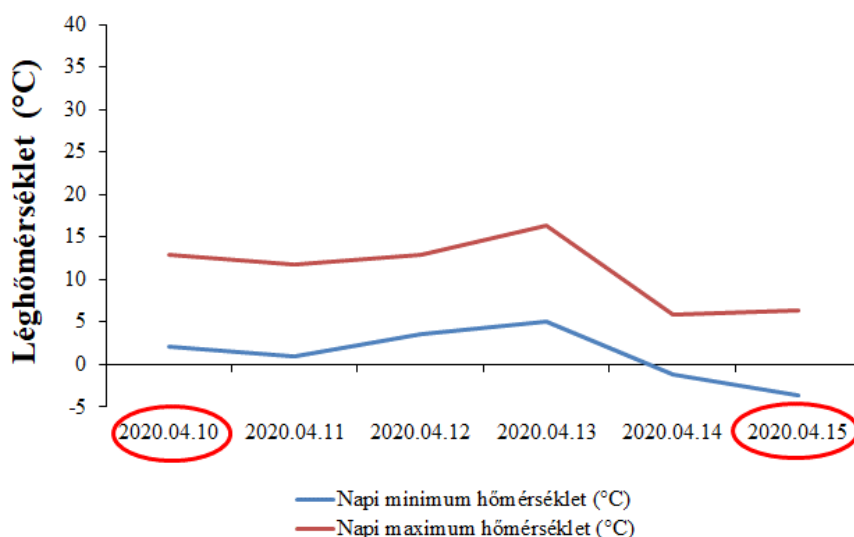


6. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2019)

Közvetlenül a kiültetést követő naptól kezdődően egy hosszabb ideig tartó lehülés volt tapasztalható, amely időszak alatt a legmagasabb hőmérsékleti értékek nem érték el a 20 °C-ot napközben, míg éjszaka 5 °C körül alakult több napon keresztül a legalacsonyabb napi minimum hőmérséklet. Április 19-én és 20-án még drasztikusabb lehülést tapasztaltunk, mindkét

nap 1 °C körül alakult az aznapi minimumhőmérséklet, mindemellett a hőingadozás, azaz a napi minimum és maximum hőmérsékleti értékek különbsége is jelentős volt ezen a két napon: 20,1 °C (04. 09.), illetve 20,4 °C (04. 10.). Nyilvánvaló, hogy ezek a hőmérsékleti értékek komoly stresszfaktort jelentettek a kiültetett palánták számára.

2020-ban (csakúgy, mint 2019-ben), az edzett palántanevelési metodikának megfelelően, a csírázás után a klímaszekrényből a fűtetlen fólia alá kerültek a növények, pontosan 2020. 04. 10-én. Sajnos a kihelyezés utáni öt napban olyan szélsőségesen alacsony hőmérséklet volt jellemző (7. ábra), ami a legtöbb palántánál fagyási sérüléseket eredményezett (8. ábra). A legalacsonyabb napi minimum hőmérsékletet (-3,6 °C) 5 nappal a palánták fóliásátorban történő elhelyezése után (2020. 04. 15-én) mérte a meteorológiai állomás.



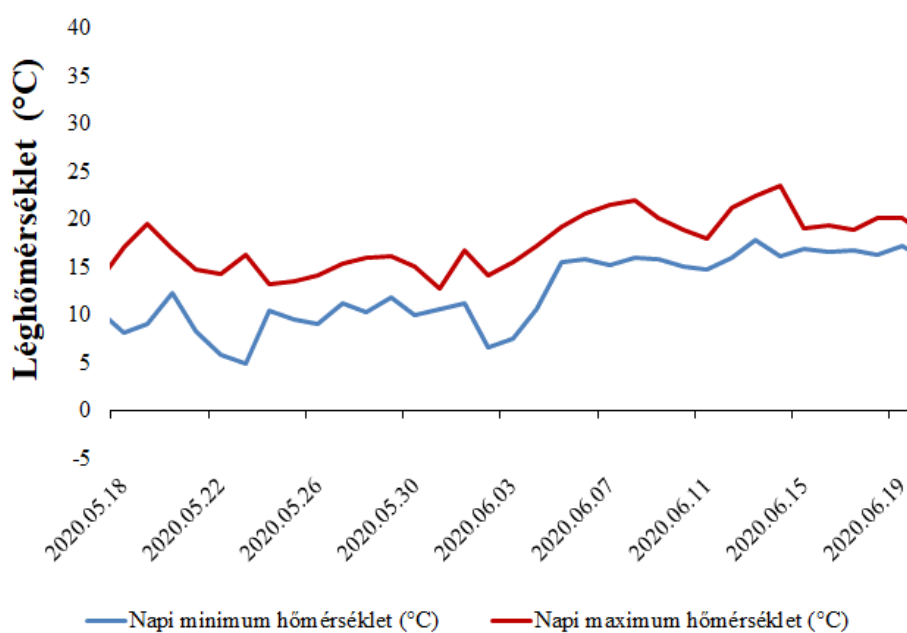
7. ábra: A minimum és maximum léghőmérsékleti értékek alakulása a palánták fűtetlen fóliásátorba helyezését követő 5 napban (Debrecen, 2020)

Annak ellenére, hogy a fűtetlen fólia egy bizonyos fokú védelmet nyújtott a növények számára, ez a hőmérsékleti érték mégis súlyos fagykárt okozott a hőigényes, fiatal csemegekukorica palántáknak (8. ábra). Ezt az esetet vis maiornak tekintetem, így a kísérlet megismétlése mellett döntöttem. Konklúzióként elmondható, hogy a 2019-es év kitűnő példa volt a hidegstressz előfordulásának bizonyítására, így az ilyen irányú kutatások létjogosultságára, azonban kísérleti szempontból ez az eset mégis kompromisszumra készített.



8. ábra: A drasztikus hidegstresszt szenvedett fiatal palánták (2020, Debrecen)

Mivel újra kellett kezdeni a kísérletet (1 hónappal későbbi vetési idővel), 2020-ban május 18-án kerültek kiültetésre a különböző módon (normál, edzett) előkészített palánták. Nyilvánvaló, hogy az újravetés miatt 2020-ban a palánták kiültetése már nem számított korainak, így a kiültetés utáni minimum és maximum hőmérsékleti értékek is a növények növekedése szempontjából kedvezőbben alakultak (9. ábra), mint 2019-ben.

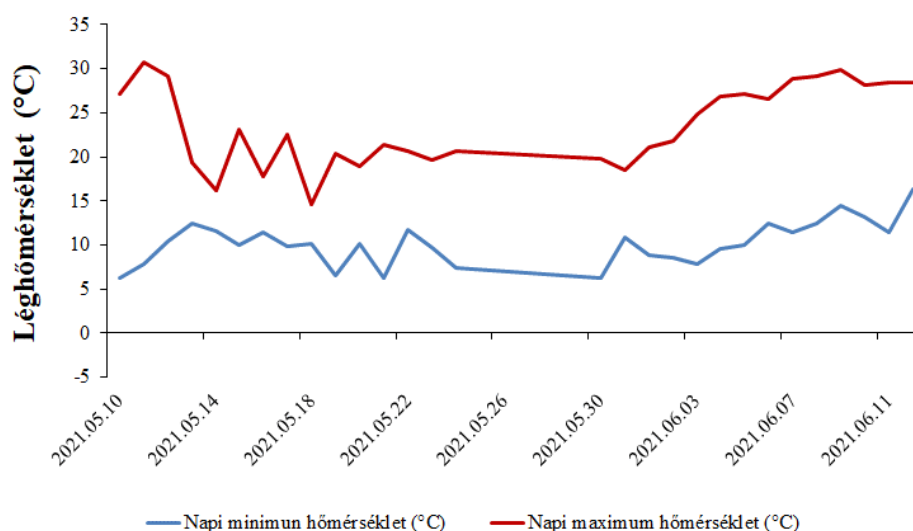


9. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2020)

Az adatok jól mutatják, hogy még a késő tavaszi időszak hőmérsékletének alakulása is okozott komoly stresszhatásokat a kiültetett palántáknak. 2020-ban 4 olyan napot említhetünk, amely során a csemegekukorica hőigényéhez képest alacsonyabb értékeket tapasztaltunk. Május 23-án 4,9 °C

volt a minimum hőmérséklet, emellett a napi hőingás 11,5 °C. Továbbá, június 2-án és 3-án 5 °C körül alakult a napi minimumhőmérséklet, míg a napi maximumhőmérséklet csupán 14,2 °C (június 2.), illetve 15,5 °C (június 3.) volt. Nyilvánvalóan ezek az alacsony hőmérsékleti értékek is stresszhatásnak tették ki a csemegekukorica palántákat, azonban ezeknek a száma és mértéke jóval kisebb volt, mint 2019-ben.

2021-ben, hasonlóan a 2020-as tenyészidőszakhoz, május 10-én kerültek kiültetésre az edzett, illetve a normál palántanevelésű palánták, az ezt követő 30 nap minimum- és maximum hőmérsékleti értékeit a 10. ábra szemlélteti.



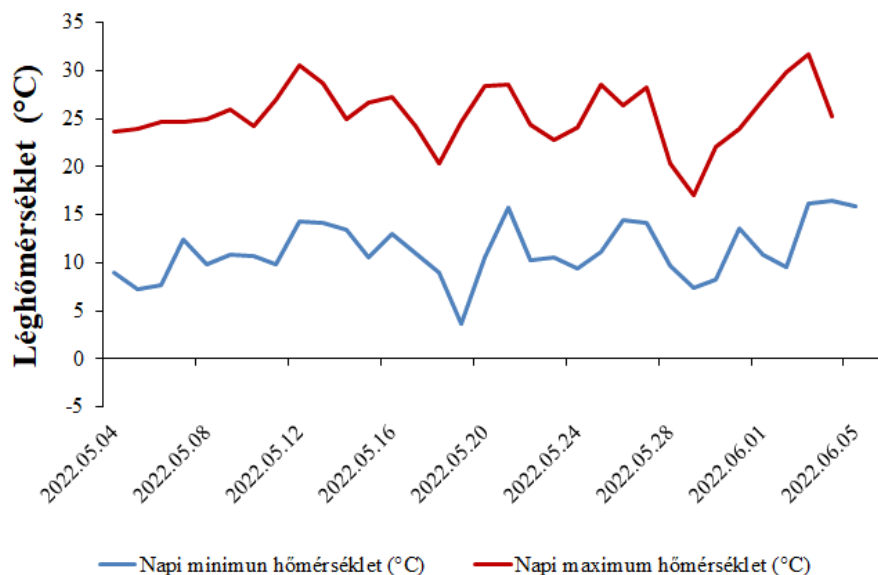
10. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2021)

A 2021-es időszakot bemutató ábra alapján a leginkább szembetűnő az, hogy a napi hőingadozás jelentősen nagyobb volt a palánták kiültetését követő egy hónapos időintervallumban, mint 2020-ban. Míg 2020-ban 11,5 °C volt a legnagyobb napi hőingás június elejéig, addig 2021-ben ez az érték annak közel kétszerese, 22,8 °C volt, amely közvetlenül a kiültetés utáni napon, május 11-én érte a fiatal növényeket. Mindemellett még a június 2-től 7-ig terjedő időszakban is átlagosan 16,6 °C-os különbség adódott a napi minimum- és maximum hőmérsékleti értékekben, melyek egyértelműen stresszhatást jelentettek a hőigényes csemegekukorica növényeknek.

A 2021-es év május-júniusi időszakában 9 olyan nap adódott, amikor a napi minimum hőmérséklet nem érte el a kritikusnak számító 9 °C-ot (05. 10., 05. 11., 05. 19., 05. 21., 05. 24., 05. 26., 05. 27., 05. 29., 05. 30., 06. 01., 06. 02., 06. 03.), továbbá 17 olyan nap volt, amikor a napi maximumhőmérséklet az optimálisnak tekinthető 22-25 °C-os tartományon kívül esett (05. 13., 05. 14., 05. 16., 05. 18., 05. 24., 05. 26., 05. 27., 05. 29., 06. 02.). A legalacsonyabb hőmérsékletet 05.

27-én mértük (6,2 °C), míg a maximum értékeket figyelembe véve, a leghűvösebb nappal 05. 18-án adódott (14,6 °C).

2022-ben május 4-én kerültek kiültetésre a két különböző palántanevelési módból származó növények. A kiültetést követő 30 napos időszak minimum- és maximum léghőmérsékleti értékei a 11. ábrán láthatók.



11. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2022)

A 2022-es év május-júniusi időszakában csupán 5 napon (05. 04., 05. 06., 05. 19., 05. 29., 05. 30.) volt a csemegekukorica számára stresszhatást okozó tartományban, azaz 9 °C alatt, a napi minimum hőmérséklet. A napi maximum léghőmérsékleti értékeket tekintve is kedvezőbbnek bizonyult ez az év, hiszen a palánták kiültetését követő 1 hónapos időszakban kizárólag 2 napon (05. 18. és 05. 29.) maradt az optimális tartomány minimum értéke, azaz a 22 °C, alatt a léghőmérséklet. Ami a napi hőingást illeti, a legnagyobb hőingással 05. 18. volt jellemezhető (21 °C), emellett még 06. 02-án volt megfigyelhető jelentősebb mértékű, 20,3 °C-os, hőingás.

A kísérleti periódus utolsó évében a kiültetést követő 30 napban a legkisebb hőmérsékleti érték 3,7 °C volt, 05. 19-én, míg a napi maximum hőmérséklet 05. 29-én volt a legalacsonyabb (17,1 °C).

4.1.3. A hidegstressz hatása a vizsgált hibridek SPAD és NDVI értékeire

A növényeken mért NDVI és SPAD értékek nagymértékben függenek a genetikai adottságtól, amit a környezeti és technológiai feltételek, valamint a különböző stresszhatások módosíthatnak (Lemaire et al., 2008).

Mivel mi arra voltunk kíváncsiak elsősorban, hogy a tenyészidőszak végére a növények fotoszintetikus aktivitását jellemző értékekben, illetve a morfológiai paramétereket illetően milyen eltérések tapasztalhatók a különböző módon nevelt palántájú állományok között, így a betakarítás előtt mért értékek kerülnek bemutatásra párhuzamba állítva a betakarítás során mért morfológiai paraméterekkel.

A 7. táblázatban a különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok 2019-ben mért NDVI és SPAD értékeit láthatjuk. Azoknak a genotípusoknak az értékei vannak vastagon szedve, amelyek a különböző palántanevelési módoknál a legkedvezőbb eredményeket érték el.

7. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2019-ben

Nevelési mód	Genotípus	SPAD	NDVI
Normál palántanevelés	Gyöngyhajnal	57,10±2,1 ^a	0,61±0,07 ^{ab}
	Nugat 72	55,40±1,68 ^b	0,50±0,01 ^c
	Strongstar	53,30±1,61 ^c	0,61±0,02 ^{ab}
	Sweetstar	58,12±1,36 ^{ab}	0,64±0,07 ^{ab}
Edzett palánták	Gyöngyhajnal	57,99±0,91 ^{ab}	0,57±0,01 ^b
	Nugat 72	57,03±2,31 ^{bc}	0,65±0,03 ^{ab}
	Strongstar	58,83±1,14^{ab}	0,67±0,02^a
	Sweetstar	58,08±0,70 ^{ab}	0,66±0,03 ^{ab}
SzD_{5%} genotípus		2,67	0,08
SzD_{5%} palántanevelési mód		2,75	0,08

*Az azonos betűkkel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól a Duncan-féle teszt alapján, 5 %-os szignifikancia szint mellett ($P \leq 0,05$).

A táblázat alapján láthatjuk, hogy az edzett palánták fotoszintetikus aktivitása 2019-ben jobbnak bizonyult mind a SPAD, mind az NDVI értékek alapján (kivéve a *Gyöngyhajnal* NDVI értéke). Azonban statisztikailag, 5%-os szignifikancia szint mellett ezt nem minden esetben tudtuk igazolni. A 2019-es SPAD és NDVI értékeket együttesen tekintve a hidegstresszt kapott palántanevelésű *Strongstar* bizonyult a legjobbnak.

Tekintettel arra, hogy 2020-ban egy hónappal később kerültek kiültetésre a palánták (a “vis maior” miatt), lehetőségünk volt egy kiegyenlítettebb hőmérsékleti viszonyokkal (kevesebb hidegstressz) jellemezhető időszakban is vizsgálni a különböző palántanevelési módok hatékonyságát. A 2020-ban mért SPAD és NDVI értékeket a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2020-ban

Palántanevelési mód	Genotípus	SPAD	NDVI
Normál palántanevelés	Gyöngyhajnal	56,11 ± 2,3 ^{ab}	0,54 ± 0,05 ^{ab}
	Nugat 72	54,55 ± 1,5 ^b	0,55 ± 0,03 ^{ab}
	Strongstar	51,90 ± 2,8 ^c	0,52 ± 0,04 ^b
	Sweetstar	56,46 ± 2,3 ^{ab}	0,55 ± 0,03 ^{ab}
Edzett palánták	Gyöngyhajnal	58,11 ± 1,8^a	0,59 ± 0,07^a
	Nugat 72	55,85 ± 2,8 ^{ab}	0,54 ± 0,03 ^{ab}
	Strongstar	55,85 ± 3,4 ^{ab}	0,58 ± 0,06 ^a
	Sweetstar	57,30 ± 3,6 ^{ab}	0,55 ± 0,06 ^{ab}
SzD_{5%} genotípus		1,48	0,05
SzD_{5%} palántanevelési mód		2,04	0,06

* Az azonos betűvel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól a Duncan-féle teszt alapján, 5 %-os szignifikancia szint mellett ($P \leq 0,05$).

A különböző palántanevelési módok esetén a legjobb eredményt elért genotípus értékeit szintén vastag számokkal kerültek kiemelésre. 2020-ban is jobbnak bizonyultak az edzett palánták SPAD és NDVI értékei (kivéve a *Nugat 72* NDVI értéke), azonban ezek a különbségek sem igazolhatók statisztikailag (szignifikancia szint 5%) minden esetben. SPAD és NDVI értékeit együttesen tekintve ebben az évben a hidegstresszt kapott palántanevelésű *Gyöngyhajnal* bizonyult a legjobbnak.

9. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2021-ben

Palántanevelési mód	Genotípus	SPAD	NDVI
Normál palántanevelés	Gyöngyhajnal	55,7±1,4 ^b	0,64±0,01 ^d
	Nugat 72	55,6±3,0 ^b	0,70±0,01 ^{bc}
	Strongstar	55,4±1,5 ^b	0,69±0,02 ^c
	Sweetstar	58,0±1,7 ^{ab}	0,74±0,02 ^{ab}
Edzett palánták	Gyöngyhajnal	58,8±2,1 ^{ab}	0,73±0,02 ^{abc}
	Nugat 72	58,0±2,1 ^{ab}	0,72±0,01 ^{abc}
	Strongstar	58,5±2,4 ^{ab}	0,73±0,03 ^{abc}
	Sweetstar	60,6±1,7^a	0,75±0,01^a
SzD_{5%} genotípus		3,07	0,03
SzD_{5%} palántanevelési mód		3,21	0,03

* Az azonos betűkkel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól a Duncan-féle teszt alapján, 5 %-os szignifikancia szint mellett ($P \leq 0,05$).

A 2021-es vizsgálati évben is kedvezőbb SPAD és NDVI értékeket mértünk az edzett palántanevelés hatására minden hibrid esetében, azonban ezek a többletek statisztikailag 5%-os szignifikanciaszinten nem igazolhatók. A legjobb SPAD és NDVI értékeket a *Sweetstar* hibrid esetében mértük.

10. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2022-ben

Palántanevelési mód	Genotípus	SPAD	NDVI
Normál palántanevelés	Gyöngyhajnal	42,5±3,4 ^c	0,64±0,02 ^c
	Nugat 72	42,6±5,5 ^c	0,69±0,04 ^{bc}
	Strongstar	48,6±2,5 ^{bc}	0,66±0,02 ^c
	Sweetstar	47,2±4,1 ^{bc}	0,69±0,04 ^c
Edzett palánták	Gyöngyhajnal	51,7±1,2 ^{ab}	0,75±0,01 ^{ab}
	Nugat 72	52,1±2,3 ^{ab}	0,77±0,03 ^a
	Strongstar	54,2±0,4 ^{ab}	0,75±0,02 ^{ab}
	Sweetstar	58,7±1,7^a	0,78±0,04^a
SzD_{5%} genotípus		2,82	0,03
SzD_{5%} palántanevelési mód		4,11	0,02

* Az azonos betűkkel jelölt átlagok statisztikailag nem különböznek egymástól a Duncan-féle teszt alapján, 5 %-os szignifikancia szint mellett ($P \leq 0,05$).

A kutatómunka utolsó vizsgálati évében statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb SPAD és NDVI értékeket mértünk az edzett palántanevelésben részesült hibridek mindegyikénél. 2022-ben szintén a *Sweetstar* hibrid fotoszintetikus aktivitása bizonyult a legkedvezőbbnek mind a SPAD, mind az NDVI értékek alapján.

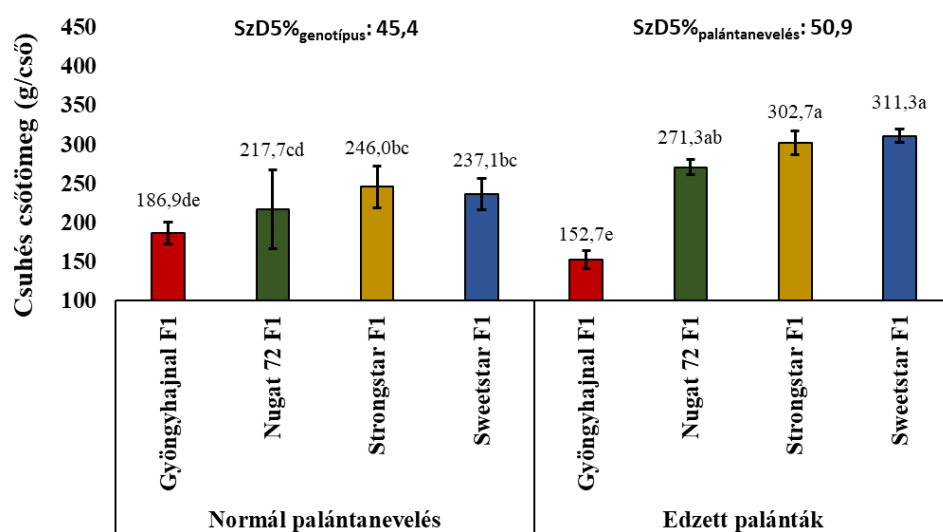
4.1.4. A hidegstressz hatása a vizsgált hibridek mennyiségi és minőségi mutatóira

Csuhés csőtömeg

A csemegekukorica termesztés szempontjából az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonságnak a csuhés csőtömeg tekinthető. A KSH (2024) adatai alapján 2022-ben 80 Ft/kg, míg 2023-ban 104 Ft/kg volt a csemegekukorica átlagos felvásárlási ára.

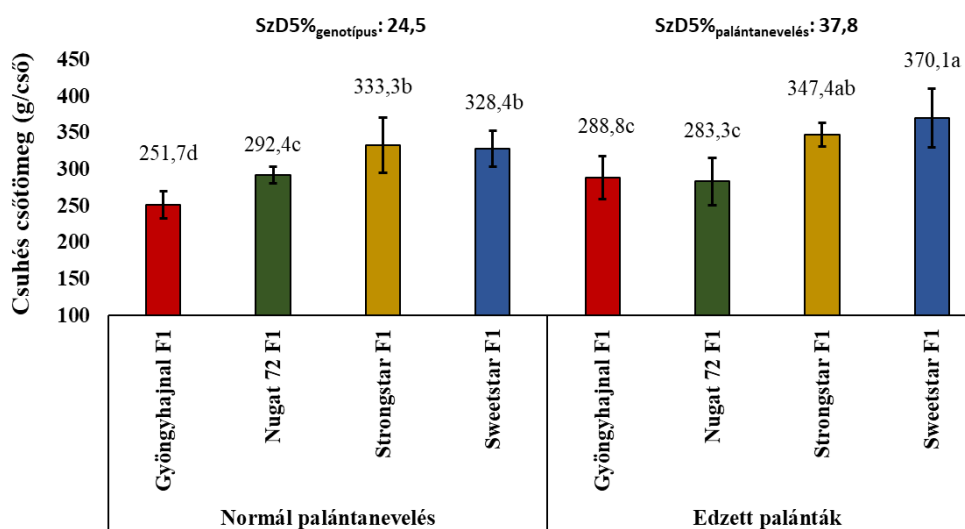
Nyilvánvaló, hogy minél nagyobb átlagos csuhés csőtömeeggel rendelkezik egy adott genotípus, annál nagyobb lesz az értékesítésből származó bevétel.

A két különböző palántanevelési móddal nevelt csemegekukorica genotípusok betakarításkor mért csuhés csőtömegét a vizsgált négy évre vonatkozóan a 12-15. ábrákon mutatják be.



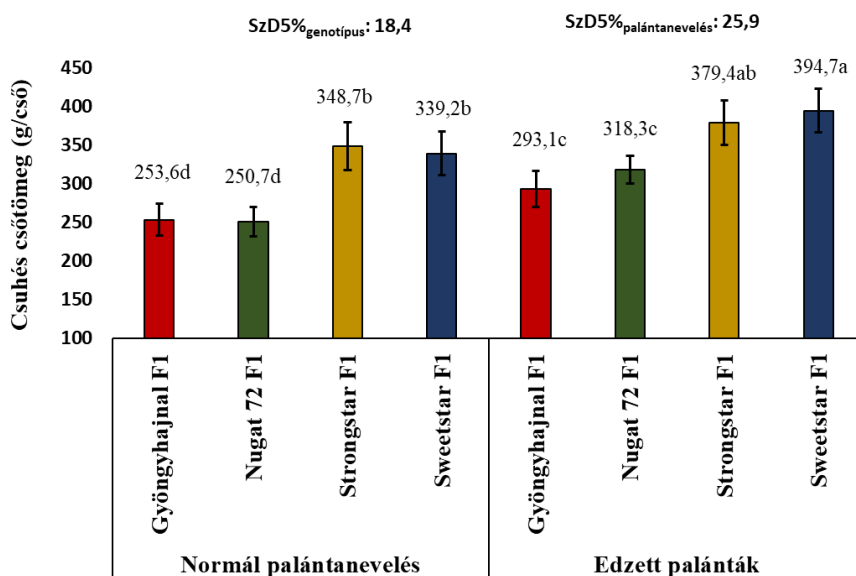
12. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2019)

A 2019-es csuhés csőtömeg adatok alapján megállapítható, hogy a *Nugat 72*, a *Strongstar* és a *Sweetstar* esetében is statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhés csőtömeget mértünk az edzett palántanevelésből származó egyedeknél. A legnagyobb csuhés csőtömeeggel a *Sweetstar* (311,3 g/cső) és a *Strongstar* (302,7 g/cső) hibridek voltak jellemezhetőek.



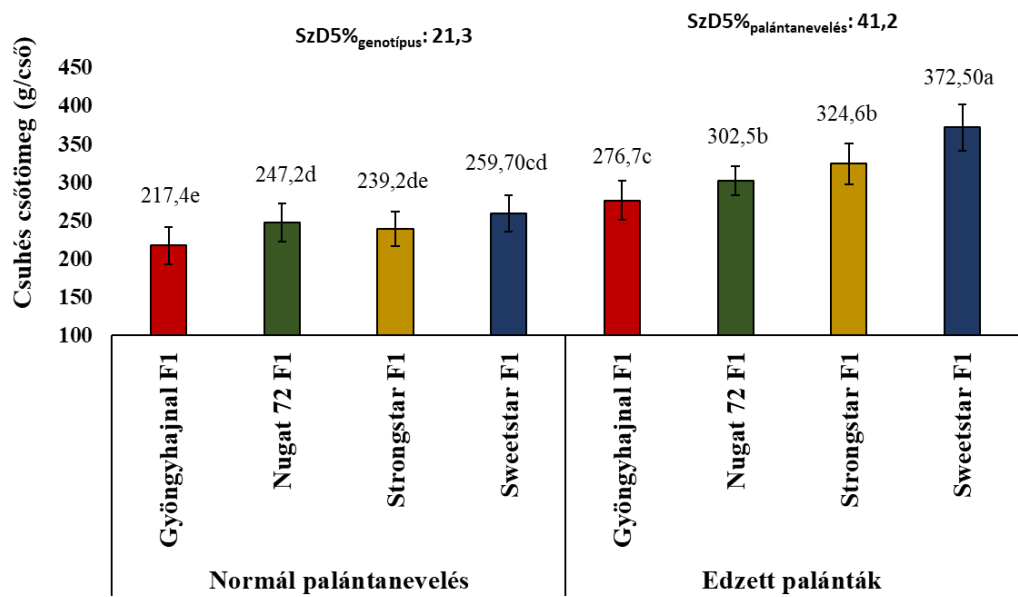
13. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2020)

2020-ban a *Nugat 72*-t kivéve mindegyik hibrid nagyobb csuhés csőtömeggel volt jellemezhető az edzett palántanevelésből származó egyedeknél. Szignifikáns különbségek azonban csak a *Gyöngyhajnal* (288,8 g/cső) és a *Sweetstar* (370,1 g/cső) genotípusok esetében voltak kimutathatók. Ebben az évben is a legnagyobb csuhés csőtömeget az edzett *Sweetstar* hibrid esetében mértük.



14. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2021)

2021-ben a *Strongstar* hibrid kivételével mindegyik genotípus csuhés csőtömege nagyobb volt az edzés hatására. A legnagyobb csuhés csőtömeget a kutatómunka 3. évében is az edzett *Sweetstar* hibrid érte el (394,7 g/cső), a második legnagyobb csuhés csőtömeg eredménnyel pedig az edzett *Strongstar* hibrid (379,4 g/cső) volt jellemezhető.



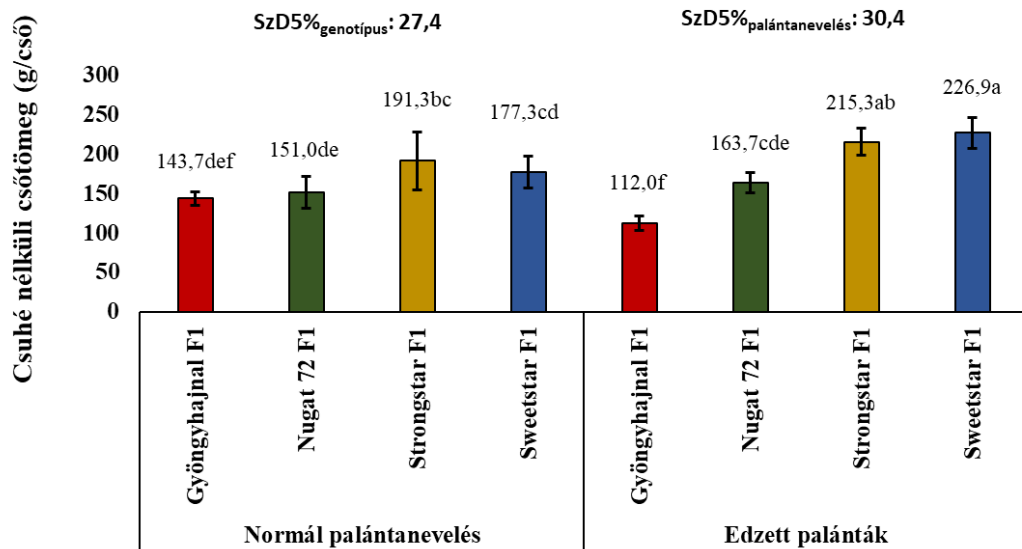
15. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2022)

A kutatómunka 4. évében is szignifikánsan nagyobb csuhés csőtömeeggel voltak jellemezhetők az edzett palántanevelésben részesült genotípusok, melyek közül a *Sweetstar* hibrid emelkedett ki 372,5 g-os átlagos csuhés csőtömeeggel.

Fosztott csőtömeg

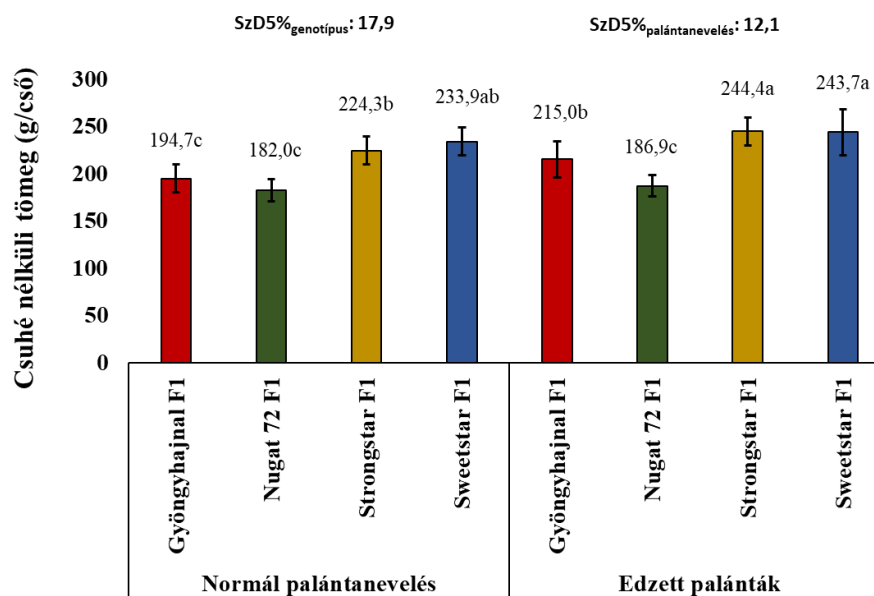
A másik fontos értékmérő tulajdonság a csuhé nélküli, azaz a fosztott csőtömeg, amely a feldolgozóipar számára értékesített nyersáruból származó bevételt alapvetően meghatározza.

A 16-19. ábrák a különböző palántanevelési módok átlagos fosztott csőtömegeire gyakorolt hatását mutatják be a vizsgálati években.



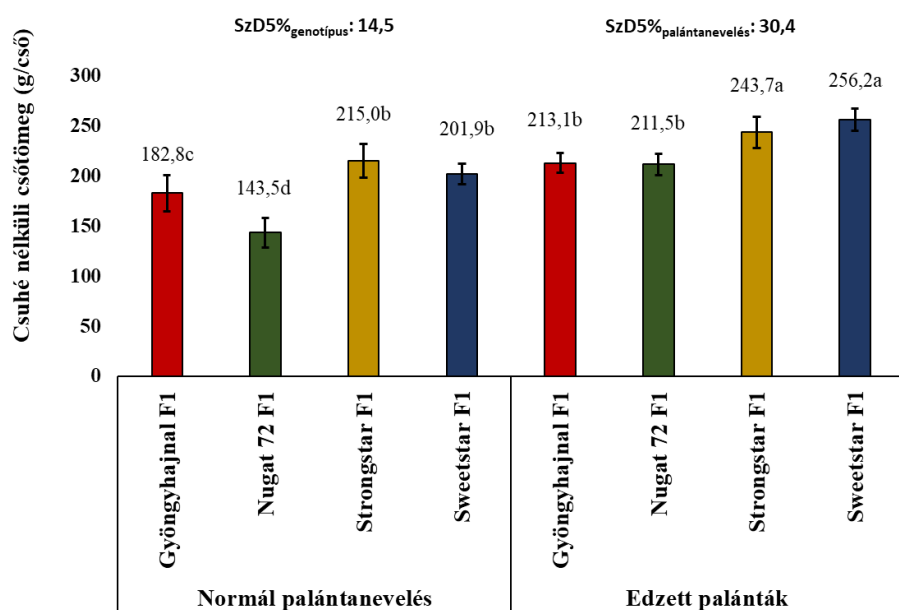
16. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2019)

2019-ben statisztikailag igazolhatóan magasabb csuhé nélküli csőtömeget tudunk kimutatni az edzett *Sweetstar* hibrid javára (226,9 g/cso). Második legnagyobb csuhé nélküli csőtömeeggel az edzett *Strongstar* hibrid volt jellemezhető (215,3 g/cso), azonban ez az eredmény a normál palántaneveléshez viszonyítva nem volt szignifikáns, ahogyan a *Nugat 72* és a *Gyöngyhajnal* genotípusok esetében sem.



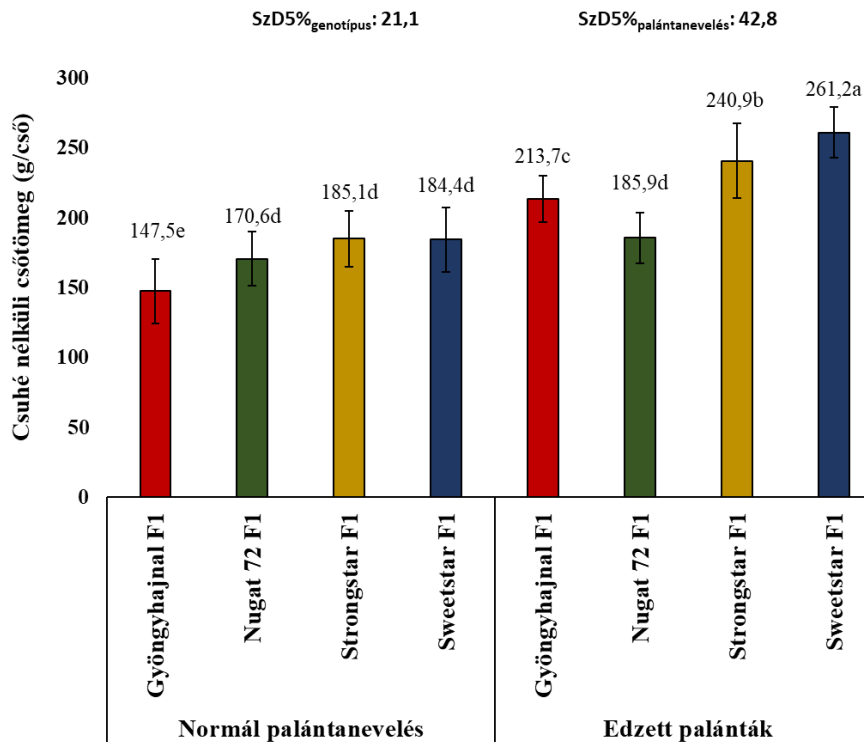
17. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2020)

A kutatómunka második évében a normál palántaneveléshez képest statisztikailag igazolhatóan az edzett *Strongstar* hibrid nevelte a legnagyobb méretű fosztott csöveket (244,4 g/cső). A második legnagyobb csuhé nélküli csőtömeget az edzett *Sweetstar* esetében mértük (243,7 g/cső), azonban az érték nem eredményezett szignifikáns különbséget a normál palántanevelésben részesült *Sweetstar* hibridhez képest (233,9 g/cső). A *Nugat 72* genotípusnál statisztikailag igazolható különbség nem mutatkozott a két palántanevelési mód között, azonban az edzett *Gyöngyhajnal* szignifikánsan jobb csuhé nélküli csőtömeg eredménnyel volt jellemezhető (215 g/cső).



18. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2021)

2021-ben statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhé nélküli csőtömeeggel voltak jellemezhetőek az edzett *Sweetstar* (256,2 g/cső), illetve az edzett *Strongstar* (243,7 g/cső) hibridek. Emellett az edzett *Gyöngyhajnal* (213,1 g/cső) és az edzett *Nugat 72* (211,5 g/cső) genotípusok is szignifikánsan nagyobb fosztott csöveket neveltek a normál palántanevelésű egyedekhez viszonyítva.



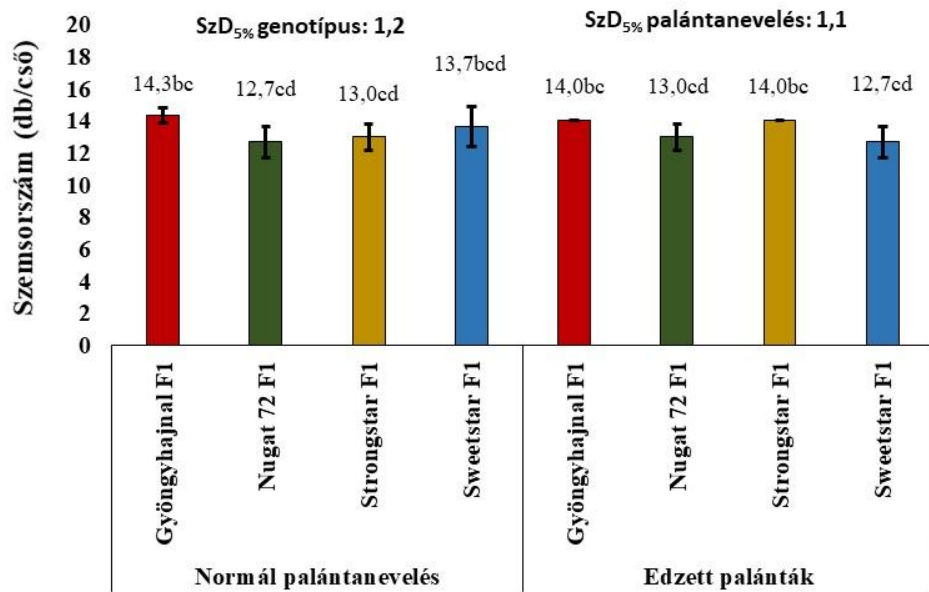
19. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2022)

2022-ben a *Nugat 72* kivételével szignifikánsan nagyobb csuhé nélküli csőtömeg eredményeket mértünk az edzett palántanevelésű genotípusoknál. A legnagyobb fosztott csőtömeggel az edzett *Sweetstar* hibrid volt jellemezhető (261,2 g/cső), amely statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint az edzett *Strongstar* hibridé (240,9 g/cső).

Szemsorszám

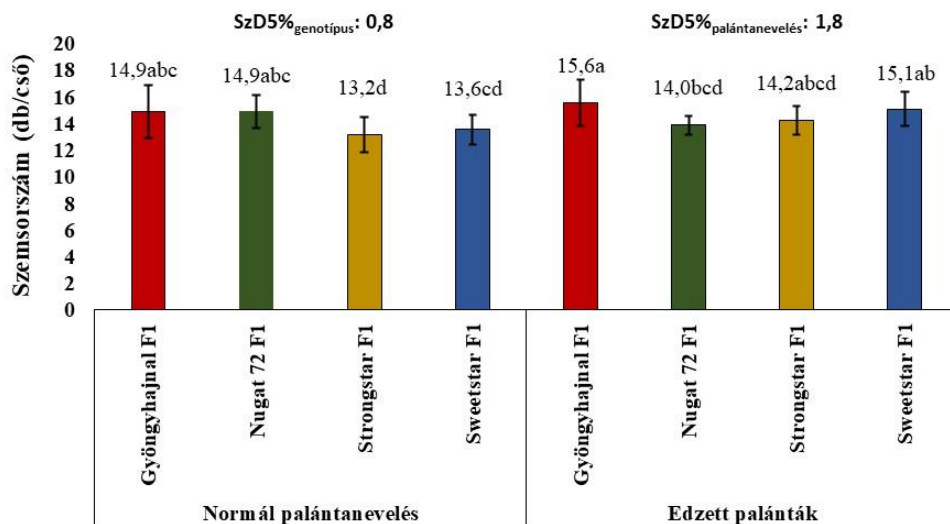
A modern kukoricának általában 8-20 db között alakul a szemsorszáma, amelynek alakulása jelentősen meghatározza a terméshozamot (Bommert et al., 2013). Takácsné Hájos (2017) alapján az optimális szemsorszám 18-20 db.

A különböző palántanevelési móddal nevelt csemegekukorica genotípusok szemsorszámaát a vizsgált négy évre vonatkozóan a 20-23. ábrákon mutatom be.



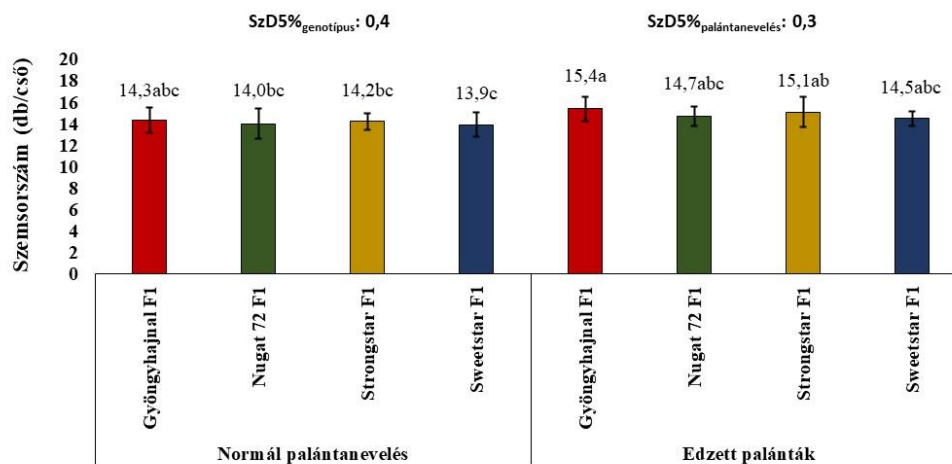
20. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszámára (Debrecen, 2019)

A kutatómunka első évében a szemsorszám tekintetében statisztikailag igazolható különbségeket egyik palántanevelési mód javára sem tudtunk kimutatni, emellett pedig az alkalmazott genotípusok között sem adódtak szignifikáns különbségek.



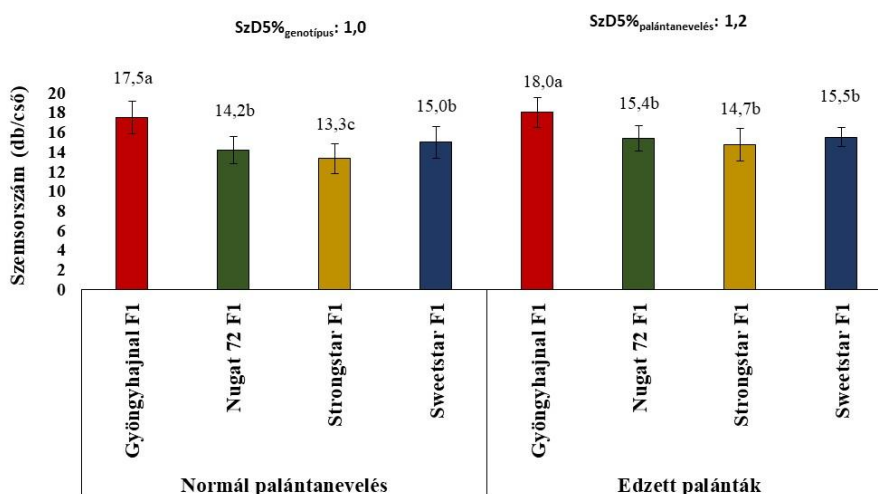
21. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszámára (Debrecen, 2020)

2020-ban kedvezőbb szemsorszám értékeket mértünk szemben az első évben adódott drasztikus hidegstressz hatására adódott szemsorszám értékekkel. A legjobb szemsorszámmal az edzett *Gyöngyhajnal* (15,6 db/cső), illetve a *Sweetstar* (15,1 db/cső) voltak jellemezhetőek, azonban ez az érték kizárólag a *Sweetstar* esetében volt szignifikánsan nagyobb, mint a normál palántanevelésűé.



22. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszámára (Debrecen, 2021)

2021-ben sem adódtak szignifikáns különbségek sem a palántanevelési mód esetében, sem pedig az egyes genotípusok között. Ennek ellenére mind a 4 genotípus esetében kedvezőbb szemsorszám értékeket mértünk (*Gyöngyhajnal*: +1,1 db/cső; *Nugat 72*: +0,7 db/cső; *Strongstar*: +0,9 db/cső; *Sweetstar*: +0,6 db/cső).



23. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszámára (Debrecen, 2022)

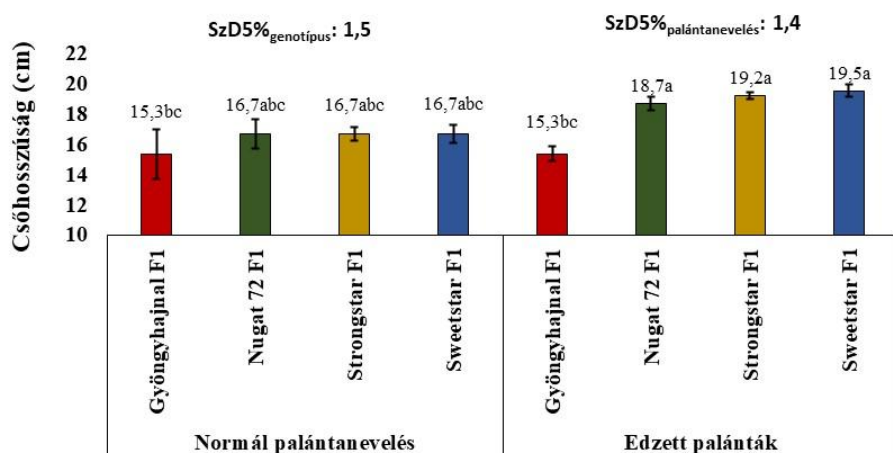
A kutatómunka utolsó évében mért szemsorszám eredmények alapján megállapítható, hogy mind a négy vizsgált genotípus esetében több szemsorszámmal voltak átlagosan jellemezhetőek az egyes

egyedek csőtermései (*Gyöngyhajnal*: 0,5 db/cső; *Nugat 72*: 1,2 db/cső; *Strongstar*: 1,4 db/cső; *Sweetstar*: 0,5 db/cső), azonban ezek a többletek statisztikailag nem igazolhatók 5%-os szignifikancia szinten.

Csőhosszúság

A NÉBIH (2005) csemegekukorica fajtaleírások alapján a csemegekukorica csőhosszúsága alapján 3 minőségi kategória különíthető el. Az I. osztályba a 20 cm-nél nagyobb, a II. osztályba a 18-20 cm-es, míg a III. osztályba a 14-18 cm-es csőhosszúsággal jellemezhető nyersáru sorolható. Ennek a minőségi osztályozásnak főként a primőr, csöves, friss fogyasztásra szánt csemegekukorica előállítás esetében van nagy jelentősége, hiszen minél nagyobb (azaz tetszetősebb) az adott termék, annál nagyobb a vásárlói kedv. Összehasonlításképp a magyar minőségi követelményekkel, a Thai Mezőgazdasági Szabvány alapján szintén a 20 cm-nél hosszabb csövek számítanak az I. osztályú minőségnek, míg a 15-20 cm hosszúságúak a II. osztályba sorolhatók, a 10-15 cm hosszúsággal jellemezhető pedig a III. osztályba (Thai Mezőgazdasági Szabvány, 2011).

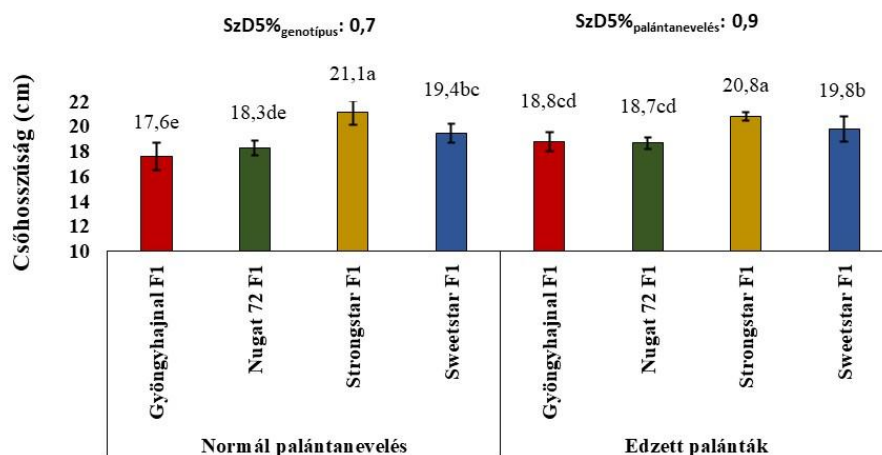
A csemegekukorica edzési lehetőségének vizsgálatára irányuló kísérletünkben a csőhosszúság alakulását a 24-27. ábrák mutatják be. A fajtaleírás alapján a *Gyöngyhajnal* 19,2 cm, a *Nugat 72* 19,6 cm, a *Strongstar* 21 cm, míg a *Sweetstar* 19 cm-es csöveket nevel átlagosan.



24. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2019)

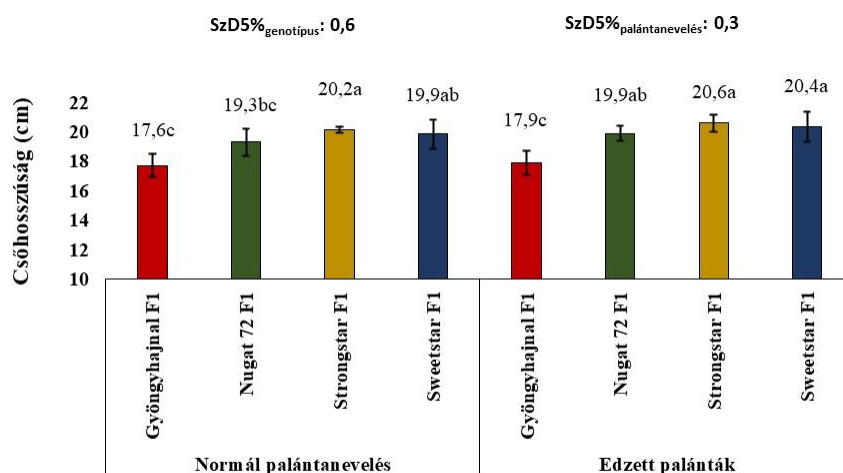
2019-ben a különböző palántanevelési módok közül az edzett palánták csőhosszúsága nagyobb volt a *Nugat 72* (18,7 cm), *Strongstar* (19,2 cm) és *Sweetstar* (19,5 cm) esetében, mint a normál palántanevelésűeké. Ezen hibridek csőhosszúsága minimálisan maradt alul a genetikai

adottságaiktól, annak ellenére, hogy nemcsak a palántanevelés során szenvedtek hidegstresszt, hanem a palánták kiültetése után is.



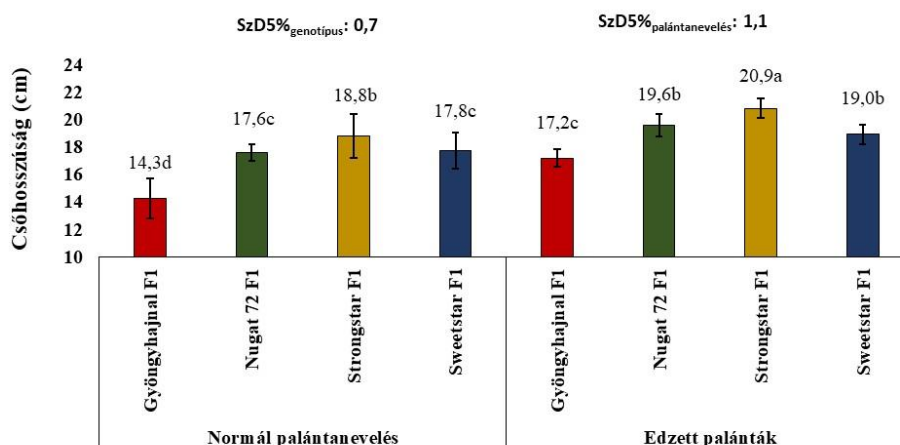
25. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2020)

2020-ban a csőhosszt tekintve statisztikailag igazolható különbség adódott az edzett palántanevelésű *Gyöngyhajnal* javára (+1,2 cm-rel). A másik három hibrid esetében statisztikai értelemben véve a két különböző palántanevelési mód nem eredményezett különbséget a csőhosszúságban. Fontos eredmény, hogy a különböző hibridek a rájuk jellemző, genetikailag kódolt csőhosszúságot azonban mégis a palántakori drasztikus edzés hatására közelítették meg leginkább.



26. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2021)

2021-ben szintén hosszabb csöveket neveltek az edzett palántanevelésből származó egyedek, melyek közül a *Strongstar* (20,6 cm), illetve a *Sweetstar* (20,4 cm) emelkedtek ki. Ezek a különbségek azonban statisztikailag egyik genotípus esetében sem igazolhatóak a normál palántanevelésű állományhoz képest. A *Strongstar* az edzés hatására közelítette meg leginkább a genetikai tulajdonságaiban kódolt csőhosszúságát, az edzett *Sweetstar* pedig 1,4 cm-rel meghaladta azt.

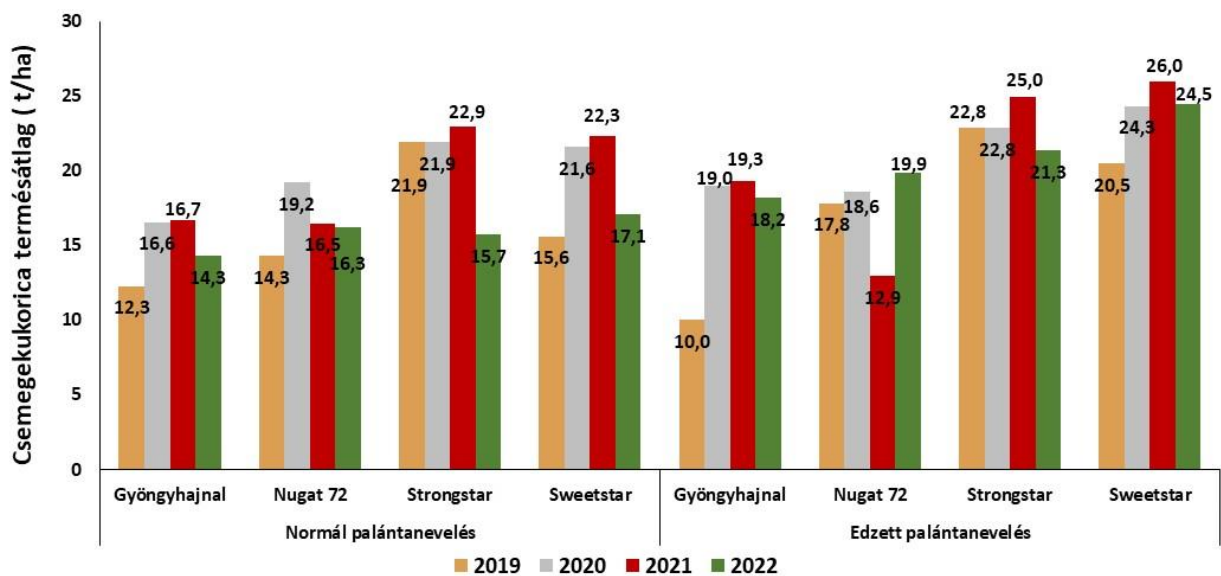


27. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2022)

A vizsgálati időszak utolsó évében mért csőhosszúság adatok alapján megállapítható, hogy az edzett palántanevelés következtében szignifikánsan hosszabb csöveket termettek az egyes hibridek (*Gyöngyhajnal*: +2,9 cm; *Nugat 72*: +2,0 cm; *Strongstar*: +2,1 cm; *Sweetstar*: +1,2 cm). A csőhosszúság tekintetében kizárólag a *Gyöngyhajnal* hibrid nem érte el a fajtaleírásban szereplő átlagos 19,6 cm-es csőhosszúságot egyik palántanevelési mód hatására sem.

Termésátlag

Az egyes palántanevelési módok hatását a kísérletben alkalmazott csemegekukorica hibridek termésátlagára a 2019-2022-es vizsgálati periódusban a 28. ábra mutatja be. Ezek az értékek a kísérletben általunk alkalmazott térállásból eredő 65 750 db/ha-os tőszám alapján az átlagos csuhés csőtömeeggel kalkulált értékek.

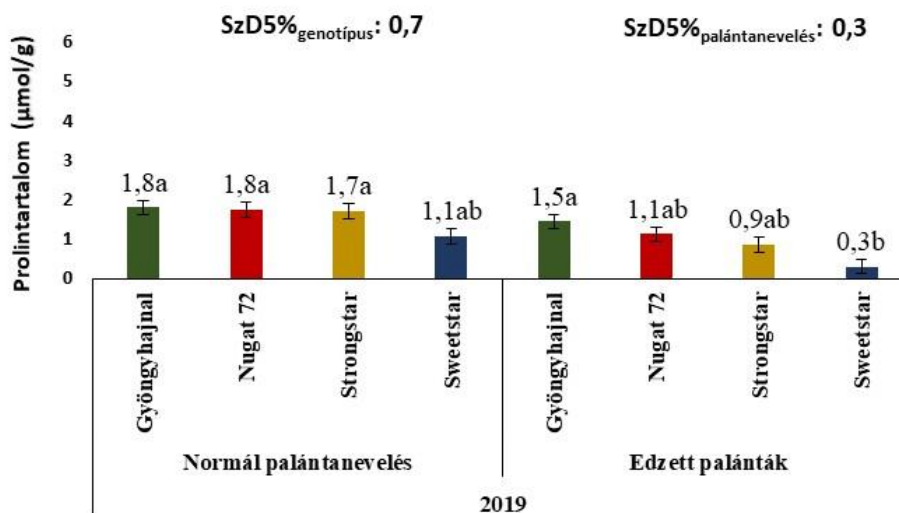


28. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok termésátlagaira (Debrecen, 2020-2022)

Megállapítható az ábra alapján, hogy összességében az edzett palántanevelési mód mellett nevelt állományok kedvezőbb termésátlagokkal voltak jellemezhetők mind a négy vizsgálati évben (kivéve: 2019-ben a Gyöngyhajnal, 2021-ben a Nugat 72). A legkedvezőbb termésátlaggal a vizsgálati periódus három évében (2020, 2021, 2022) is az edzett palántanevelésű Sweetstar hibrid volt jellemezhető. Ezek az eredmények a csuhés- és a csuhé nélküli csőtömeg értékek eredményei során megállapítottakkal vannak párhuzamban.

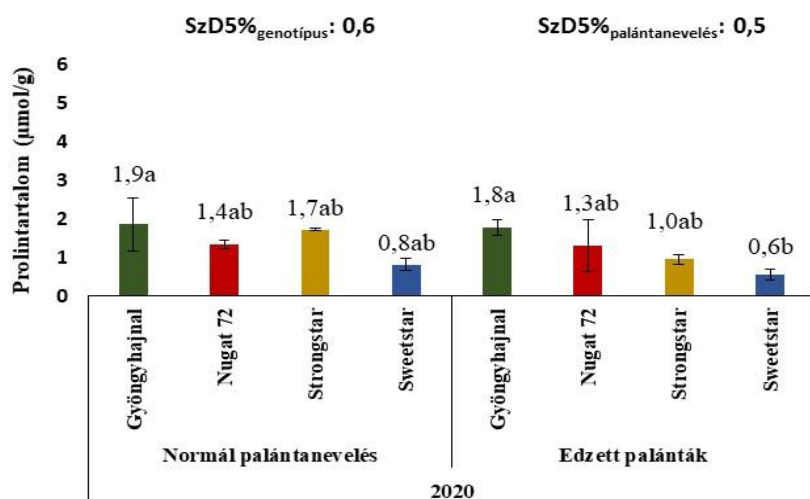
Prolintartalom

Anjum (2008) kutatásával igazolta, hogy só- és egyéb környezeti stressz hatására a növények prolint halmoznak fel szervezetükben annak érdekében, hogy védjék magukat. Számos kutató számolt be arról, hogy a prolin felhalmozódása a csemegekukoricában is egy természetes válaszreakció sóstressz hatására (Cha-Um és Kirdmanee, 2009). Celik és Atak (2012) szerint a prolin felhalmozódása kettős célú lehet: egyrészt stressz okozta válaszreakció, másrészt jobb stressztűrőképességet idézhet elő. A csemegekukorica hidegstressz tűrésének vizsgálatára irányuló kutatómunkánk során számszerűsítettük a prolinfelhalmozás mértékét is, amelyet a 29-32. ábrákon mutatunk be.



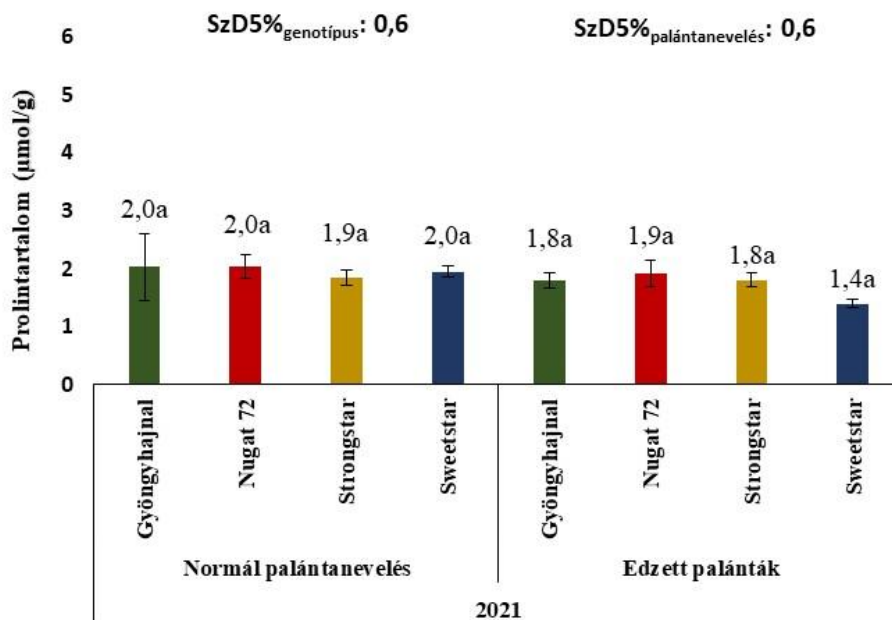
29. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2019)

2019-ben az edzett palánták prolintartalma alacsonyabb volt a normál palántanevelésű állományban mért értékekhez képest mind a négy genotípus esetében, azonban ezek a különbségek 5%-os szignifikancia szint mellett nem igazolhatók. A legkisebb prolintartalmat a *Sweetstar* hibrid mutatta, amely kedvezőbb hidegstressztűrő képességre utal. Ezt a tényt bizonyítja az is, hogy az előző alfejezetekben bemutatott paraméterek nagy részénél statisztikailag igazolhatóan jobb eredményeket ért el az edzett *Sweetstar* hibrid.



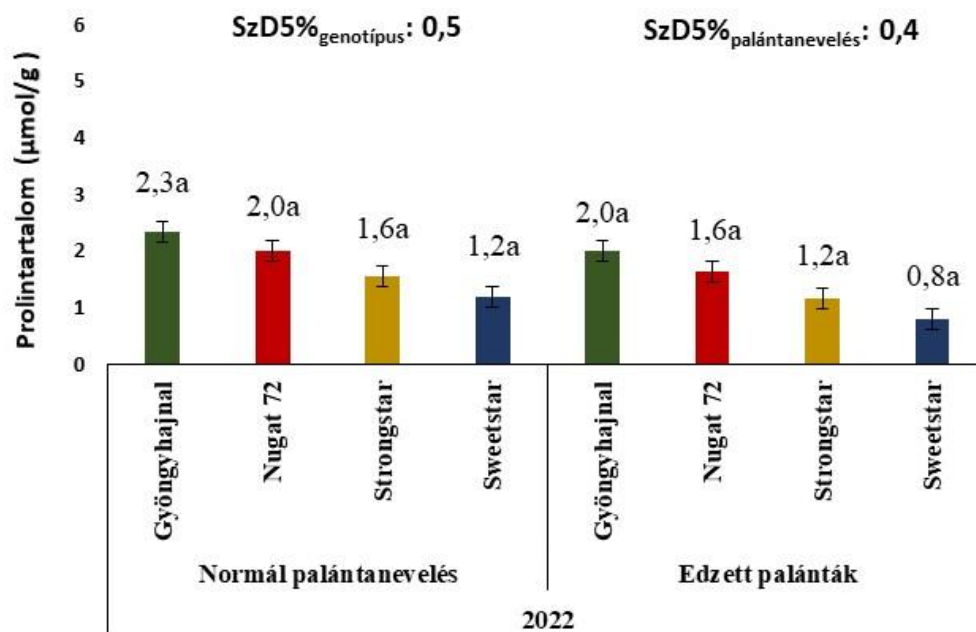
30. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2020)

2020-ban ugyanazt a megállapítást tehetjük a prolintartalom tekintetében, mint a kísérlet kezdeti évében. A normál palántanevelésű genotípusok több prolint halmoztak fel, amely arra utal, hogy kevésbé stressztűrők, mint a kevesebb prolint felhalmozott, edzett palántanevelésű genotípusok, azonban ezek a különbségek statisztikailag nem igazolhatók. A legkevesebb prolint felhalmozó hibrid ebben az évben is a *Sweetstar* volt mindkét palántanevelési módot tekintve.



31. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2021)

2021-ben szintén ugyanazt a megállapítást tehetjük, mint az előző két vizsgálati évben a palántanevelési mód és az egyes genotípusok prolintermelésére vonatkozóan, azonban 5%-os szignifikancia szint mellett ezek az eredmények sem igazolhatók statisztikailag.



32. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2022)

A kutatómunka utolsó évében is alacsonyabb prolintartalmat mértünk az edzett palántanevelésű genotípusok mindegyike esetén. A legalacsonyabb prolintartalommal, tehát a prolintermelés szempontjából a legnagyobb stressztűrőképességgel jellemezhető hibrid 2022-ben is a *Sweetstar* volt, azonban a szórásértékek miatt ez az eredmény sem tekinthető szignifikánsnak ($p \leq 0,05$).

4.1.5. Pearson-féle korrelációs számítás a hidegstressz kísérlet eredményeire vonatkozóan

Pearson-féle korrelációs számítással határoztuk meg az alkalmazott palántanevelési módok, illetve a genotípusok és a vizsgált paraméterek (SPAD, NDVI, csuhés csőtömeg, csuhélevél nélküli csőtömeg, csőhosszúság, szemsorszám, prolintartalom) közötti kapcsolatrendszer (11. táblázat). Vizsgálataimban a 0,4 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,4–0,6 közötti értékeket közepesnek, míg a 0,6 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

11. táblázat: Pearson-féle korrelációanalízis eredménye a hidegstressz kísérletben

		SPAD	NDVI	CSUHÉS CSÖTÖMEG	CSUHÉ NÉLKÜLI CSÖTÖMEG	SZEM- SORSZÁM	CSŐ- HOSSZÚSÁG	PROLIN- TARTALOM
2019	palánta- nevelési mód	0,405	0,711	0,701	0,781	0,147	0,529	-0,607
	genotípus	0,114	0,212	0,334	0,177	0,262	0,549	-0,614
2020	palánta- nevelési mód	0,355	0,247	0,702	0,558	0,185	0,154	-0,261
	genotípus	0,103	0,049	0,227	0,209	0,247	0,547	-0,717
2021	palánta- nevelési mód	0,523	0,537	0,717	0,638	0,152	0,168	-0,399
	genotípus	0,264	0,315	0,430	0,457	0,340	0,665	-0,347
2022	palánta- nevelési mód	0,737	0,819	0,728	0,655	0,173	0,477	-0,313
	genotípus	0,396	0,195	0,446	0,441	0,498	0,477	-0,740

Minden vizsgálati évben erős, vagy közepes pozitív kapcsolat mutatkozott az alkalmazott palántanevelési mód és a csuhés csőtömeg, illetve a csuhé nélküli csőtömeg között. A prolintartalom esetében kijelenthető, hogy kísérletünk során leginkább a megfelelő genotípusválasztással csökkenthető a csemegekukorica prolintermelő képessége, hiszen három év (2019, 2020, 2022) eredménye alapján is ennél a tényezőnél mutatkozott erős negatív kapcsolat a prolinfelhalmozó képességgel. A fotoszintetikus aktivitást jelző SPAD és NDVI értékeket pedig 2019-ben, 2021-ben és 2022-ben is leginkább a palántanevelési mód befolyásolta (közepes, vagy erős korreláció mellett).

4.2. A sóstressz kísérlet eredményei

A csemegekukorica sóterhelt környezetben való termesztetőségének kutatását 2019-ben indítottuk el egy előkísérlet keretén belül a *12. táblázatban* látható tulajdonságokkal jellemezhető talajon.

12. táblázat: A csemegekukorica sóstressz tűrésének vizsgálatára irányuló kutatómunka előkísérletének főbb talajtulajdonságai (2019, Karcag)

pH (KCl)	K _A	Összes oldott sótartalom	CaCO ₃	Humusz- tartalom	NO ₂ ⁺ NO ₃ ⁻ N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na
		(m/m)%	(m/m)%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
5,2	44	0,03	0,13	3,4	16,9	160	388	90

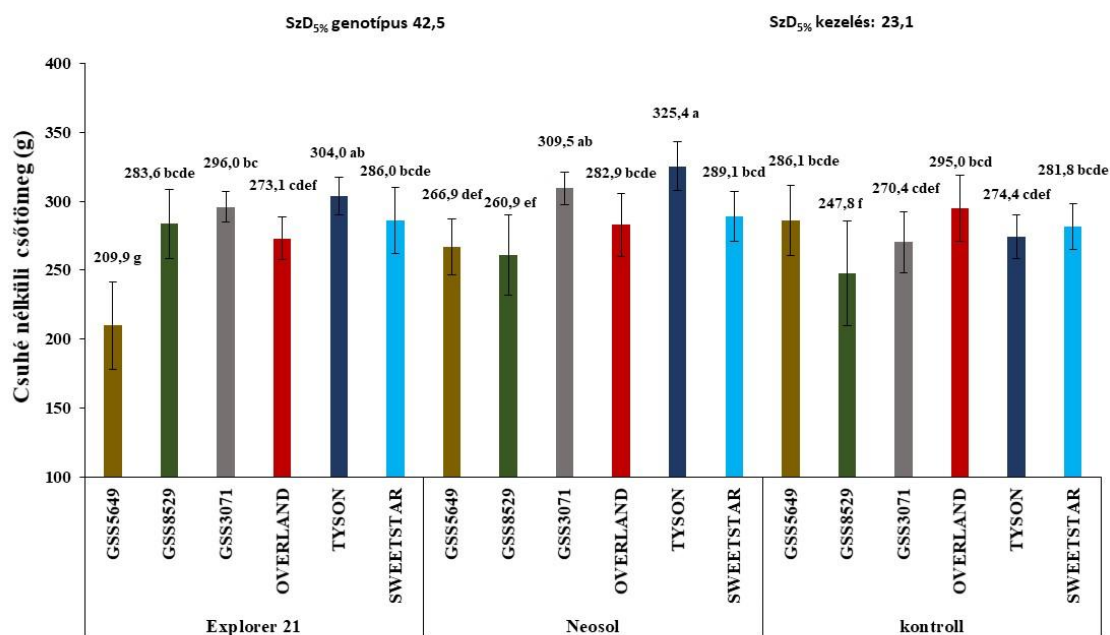
Az előkísérlet helyszínének talaja egy mélyben sós réti csernozjom talaj, mely gyengén savanyú, kötöttsége alapján agyagos vályog fizikai féleségű. Jellemzői közé tartozik továbbá, hogy gyengén meszes, jó humusztartalmú, nitrogénnel gyengén, foszfor és kálium elátottságát tekintve jól és igen jól ellátott. Általános irányelv szerint 30 mg/kg értékig megfelelő az AL-Na tartalom, a talajvizsgálat alapján kapott 90 mg/kg-os érték már szikesedési folyamatokra utal.

A hasonló tulajdonságokkal rendelkező talajok kötöttségüket és jelentősebb összes oldott sótartalmukat, illetve nagyobb mennyiségű Na tartalmukat tekintve nem a legideálisabbak egy igényesebb szántóföldi kultúrának titulálható csemegekukorica termesztéséhez. Azonban a humusztartalmukat, illetve a főbb makroelem ellátottságukat tekintve alkalmasak lehetnek stressztűrőbbnek minősülő csemegekukorica hibridek termesztésére. Mivel kutatómunkánk során egyik célkitűzésünk volt a kedvezőtlenebb adottságokkal jellemezhető talajokon való termesztetőség vizsgálata, így ez a típusú talaj kiváló helyszínt biztosított az értekezés sóstressz kísérletéhez.

4.2.1. A 2019-es vizsgálati év (előkísérlet) eredményei

A sóstressz vizsgálat előkísérlete során 2019.06.05-én került sor a 3.2.2. fejezetben bemutatott hibridek elvetésére. A vizsgálati periódus során a 3.2.1. fejezetben leírt műtrágya dózisokat biztosítottuk a növények számára, emellett pedig az *Explorer 21* és a *Neosol* talajkondicionáló készítményeket alkalmaztuk az említett fejezetben szereplő dózisokban. A növényápolási munkák szintén a 3.2.1. fejezetben leírtak alapján valósultak meg. A 2019-es vizsgálati év tenyészidőszaka alatt (betakarítás: 2019.08.28.) összesen 139,5 mm természetes csapadékmennyiség hullott. Ezt a vízmennyiséget összesen 70 mm-nek megfelelő mennyiségű öntözővízzel egészítettük ki, melynek az elektromos vezetőképessége 1,18 mS/cm volt, így összesen 699 g-nak megfelelő mennyiségű sóval terheltük a talajt az öntözés során.

Tekintettel arra, hogy a csuhé nélküli csőtömeg a meghatározó a feldolgozóipar szempontjából, így ezen a paramétereken keresztül értékeltük az előkísérlet eredményeit (33. ábra).



33. ábra: A csuhé nélküli csőtömeg alakulása az előkísérlet során (Karcag, 2019)

A csuhélevél nélküli csőtömeg alapján a legjobban teljesítő hibridnek a *Tyson* bizonyult. Az *Explorer 21* talajkondicionáló szert kapott kezelésben 304 g/cső, míg a *Neosol* talajkondicionáló készítményes kezelés esetében 325 g volt a csövek átlagos tömege, mely értékek statisztikailag is igazolható különbségeket jelentettek. A második legjobban teljesítő hibrid, a *GSS3071* hibrid volt 296 g/cső (*Explorer 21*-es kezelés), illetve 309,5 g/cső (*Neosol*-os kezelés) értékekkel. Emellett a talajjavító szerez kezeléseknél a *Sweetstar* teljesített még kiemelkedően 286 g/cső (*Explorer 21*), illetve 289 g/cső (*Neosol*) értékekkel. Annak ellenére, hogy a *GSS8529* hibrid a csuhé nélküli csőtömeget tekintve nem emelkedett ki a többi közül, azonban egyéb minőségi mutatókat (csőhosszúság, szemsorszám) is figyelembe véve érdemesnek tartottuk arra, hogy bevonjuk a további kutatómunkába, ahol öntözéssel drasztikusabb sóterhelést kívántunk megvalósítani. A kontroll parcellák esetében statisztikailag igazolható, lényeges különbségek nem igazolódtak, így a kezelt parcellák eredményeire hagyatkozva választottuk ki azokat a hibrideket, amelyekkel tovább kívántuk folytatni a sóstressz kísérletet.

4.2.2. A sóstressz és a talajjavítás hatása a talajra

2020-ban a kísérlet helyszínét áthelyeztük egy kötöttebb, nagyobb összes oldott sótartalommal jellemezhető talajra, annak érdekében, hogy még kedvezőtlenebb talajadottságok mellett tudjuk

tovább vizsgálni a választott hibridek sótűrő képességét. A 2019 utáni kísérleti terület talajának főbb tulajdonságait a kísérlet kezdeti évében a *13. táblázat* tartalmazza.

13. táblázat: A sóstressz kísérlet parcellájának főbb talajtulajdonságai a 20-40 cm-es rétegben (Karcag, 2020)

pH (KCl)	K _A	Összes oldott sótartalom (m/m)%	CaCO ₃ (m/m)%	Humusz- tartalom %	NO ₂ ⁺ NO ₃ ⁻ N mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg	Na mg/kg
6,6	59	0,11	0,32	6,1	93	1579	2315	49

A vizsgált talaj Arany-féle kötöttségi értéke (K_A) 59-es értékkel jellemezhető, ami alapján agyag fizikai féleségű talajnak minősül. A talaj kémhatása a csemegekukoricatermesztés szempontjából az optimális 6,6-7,5 közötti tartományon belül alakul. Az összes oldott sótartalom alapján a kísérleti parcellák talaja gyengén szoloncsákos, ami a sóterheléses kísérlethez kedvező kiinduló értéknek számít. A kísérleti terület szénsavas mézst tartalmát vizsgálva megállapítható, hogy a talaj gyengén meszes, ami alapján nem kellett jelentősebb foszforlekötődésre számítani.

A humusz-elátottság 6,1%, a nitrát és nitrit mennyisége pedig 93 mg/kg, amelyek igen jó nitrogénellátottságra utal. AL-oldható foszfor- (1579 mg/kg) és káliumtartalma (2315 mg/kg) alapján igen jónak minősül a talaj tápanyagellátottsága. Általános irányelv szerint 30 mg/kg értékig megfelelő az AL-Na tartalom, a talajvizsgálat alapján kapott 49 mg/kg-os érték már bizonyos nem kívánatos szikesedési folyamatokra utal.

2020-2022-ig terjedő időszakban a korábban alkalmazott talajjavító készítmények mellett egy újabb anyaggal, a riollittufás kezeléssel egészítettük ki a sóterhelés okozta talajromlás megelőzését szolgáló talajjavító kezeléseket, így ettől az évtől 4 parcellán vizsgáltuk az előkísérlet során kiválasztott sótűrőbbnek bizonyult hibrideket. A kísérlet végére, tehát 2022-re jelentős mennyiségű sóval (lásd 4.2.2.1. fejezet) terheltük a talajt, melynek következtében az alábbi változások következtek be az egyes parcellák talajtulajdonságaiban (*14. táblázat*).

14. táblázat: A sóterhelés és a talajjavító kezelések hatása a 20-40 cm-es rétegben (2022, Karcag)

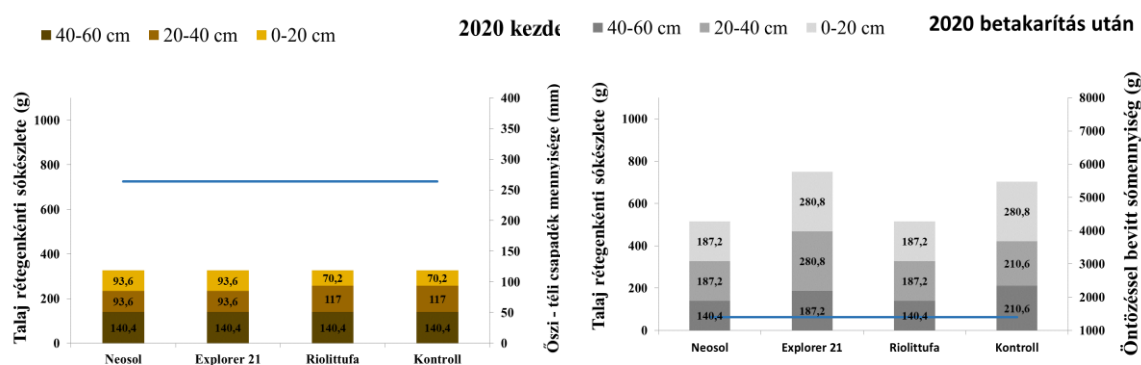
	pH (KCl)	K _A	Összes oldott sótartalom (m/m)%	CaCO ₃ (m/m)%	Humusz- tartalom %	NO ₂ ⁺ NO ₃ ⁻ N mg/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg	Na mg/kg
Neosol	6,8	50	0,04	0,25	4,7	58,3	1450	1992	32
Explorer 21	6,6	50	0,04	0,30	4,8	108,2	1404	2000	30
Riolittufa	6,7	51	0,05	0,25	4,5	63,2	963	1276	35
Kontroll	7,0	51	0,05	0,25	4,5	48,9	1088	1880	56

A 3 éves kutatómunka végére az egyes parcellák talajainak kémhatása nem változott lényegesen, a csemegekukorica termesztéshez megfelelő 6,6-7,5 pH tartományon belül maradt. A talajjavító anyagok alkalmazásának köszönhetően egységesen csökkent az Arany- féle kötöttségi érték 59-ről 50, illetve 51-es értékre. Az összes oldott só tartalom a felső 20-40 cm-es rétegben jelentős mértékben csökkent (0,11%-ról 0,04%-os, illetve 0,05%-os értékekre), ami szintén a talajjavító szerek kedvező hatását igazolja, hiszen oly mértékben javították a talajszerkezetet, hogy a káros, szikesedést okozó sók a mélyebb rétegekbe tudtak mosódni az őszi-téli időszakban keletkezett természetes csapadékmennyiséggel. A CaCO₃ és a humusztartalom kismértékben csökkent a kezdeti talajállapothoz képest, azonban az öntözésekkel bevitt káros sók nagy mennyisége ellenére ezek az értékek megfelelő CaCO₃ és humuszellátottságot jelentenek. Amennyiben nagy só tartalmú öntözővízzel történik az öntözés és nincs elegendő mennyiségű CaCO₃ a talajban, felhalmozódhatnak a káros sók. Főként a Na-sók okoznak problémát, hiszen korlátozhatják a növények tápanyag- és vízfelvételét, negatív hatást okozhatnak a talajlakó organizmusok anyagcseréjére, ezáltal jelentős mértékben romolhat a talaj szerkezete. A talajban lévő megfelelő mennyiségű CaCO₃ segíthet a szikesítő folyamatok irányába való eltolódás megelőzésében azáltal, hogy a talajoldatba jutó Ca²⁺- ionok az adszorbeált Na⁺-ionok egy részét kicserélik. Az, hogy nem csökkent jelentős mértékben a nagy só tartalmú öntözővizekkel való többéves öntözés hatására sem az egyes parcellák CaCO₃- és humusztartalma, szintén a talajjavító készítmények alkalmazásának javára írható. Ezt a pozitív hatást igazolja az is, hogy a talajjavító anyagok alkalmazásának köszönhetően a kezdeti talajállapot Na-tartalmához képest csökkentek az egyes parcellák Na-tartalmának értékei (Neosol: -17 mg/kg; Explorer 21: -19 mg/kg; Riolittufa: -14 mg/kg), ezzel szemben a kontroll parcella Na-tartalma pedig 17 mg/kg értékkel nőtt. Az egyes kísérleti parcellák

talajának tápanyagszolgáltató képessége nem változott lényegesen még az utolsó év műtrágyázása előtt vett talajminták eredményei alapján. Tehát a kezdeti értékekhez képest az a mennyiségű tápanyag, amelyet a műtrágyázással kijuttattunk, a csemegekukorica tápanyagigényéhez igazítva, a növények számára elegendőnek bizonyult, nem csökkentették drasztikusan a talaj tápanyagszolgáltató képességét, tehát nem zsigereltük ki a talajt a többéves csemegekukorica termesztés során.

A nagy sótartalmú vízzel való öntözés hatása a talaj rétegenkénti sókészletére

A sóstressz kísérlet kezdetén a 0-60 cm-es rétegekből (talajjavító anyagok kijuttatása előtt) vett talajminták összes oldható sótartalmát ábrázoló diagramm (34. ábra) alapján megállapítható, hogy a kísérlet kezdetén közel azonos mennyiségű összes oldható só tartalmaztak az egyes rétegek mind a 4 kísérleti parcellán.



34. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2020-as vizsgálati évben

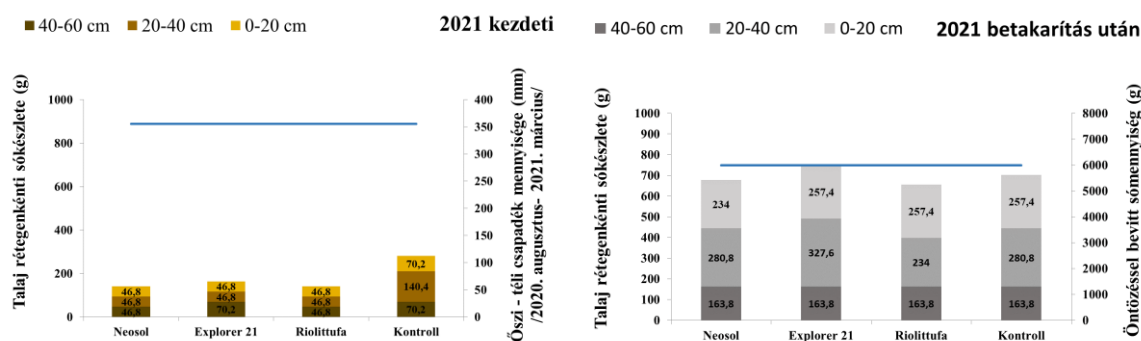
A legkevesebb sómennyiséget minden esetben a felső 0-20 cm-es rétegekben mértük (*Neosol*, *Explorer 21*: 93,6 g; *Riollittufa*, kontroll: 70,2 g), a legnagyobb sómennyiséget pedig minden esetben az alsóbb, 40-60 cm-es rétegekben, egységesen 140,6 g mennyiséget. 2019. augusztus - 2020. március közötti időszakban összesen 264 mm-nyi csapadék hullott a MATE Karcagi Kutatóintézet területén található meteorológiai állomás adatai alapján.

A 2020-as tenyészidőszakban (2020.05.07.-2020.08.04.) összesen 274,6 mm-nyi természetes csapadék hullott, amelyet 78 mm-nek megfelelő öntözővízzel egészítettünk ki, így az öntözéssel 1404 g-nak megfelelő mennyiségű só juttattunk az egyes parcellák talajába.

A betakarítás után vett talajminták mérései alapján megállapítható, hogy a 0-60 cm-es réteg sókészlete a *Neosol* és *Riollittufa* talajjavító készítmények hatására volt a legkevesebb 514,8 g. A káros sók nagyobb része (374,4 g) még a felső 40 cm-es rétegben volt kimutatható,

közvetlenül a betakarítást követően vett talajmintákból mindkét talajjavító szerrel kezelt parcella esetében. Az elsősorban gyökérnövekedést elősegítő *Explorer 21* és kontroll kezelések talajmintáinak mérése során az előző két kezeléshez képest nagyobb rétegenkénti sókészletet állapítottunk meg (*Explorer 21*: 748,8 g; kontroll: 702 g) a 0-60 cm-es rétegekben. Hasonlóan a másik két kezeléshez, ezekben a parcellákban is még a felső 0-40 cm-es rétegekben volt megtalálható az öntözéssel kijuttatott káros sók nagyobb rész (*Explorer 21*: 561,6 g; kontroll: 491,4 g). Az eredmények alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a *Neosol* és *Riolittufa* alkalmazása pozitívan hatott a talaj szerkezetére, így a másodlagos szikesedést okozó sók a mélyebb, gyökérszónán kívüli rétegekben tudtak mosódni, csökkentve ezáltal a víz- és tápanyagfelvételt gátló hatását.

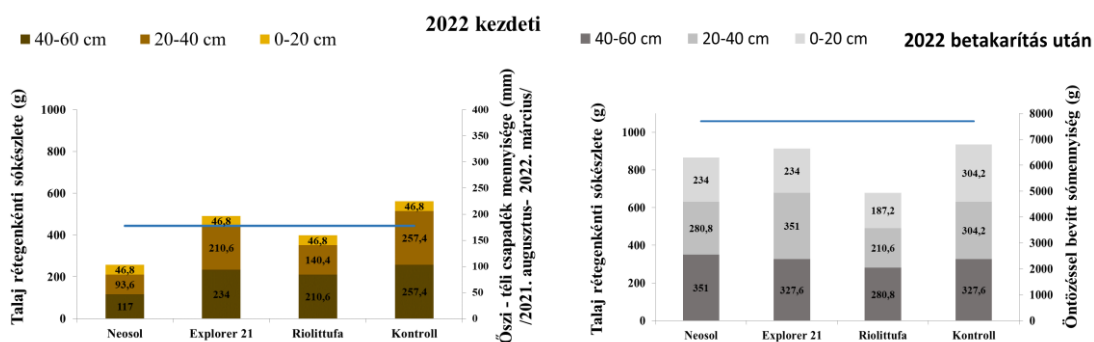
A vizsgálati időszak második évének áprilisában vett talajminták méréseit tartalmazó diagramm (35. ábra) alapján látható, hogy 2020-2021-es időszak őszi-téli természetes csapadékmennyisége 355,2 mm volt (91,2 mm-rel több, mint az előző évben).



35. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2021-es vizsgálati évben

Ez a többlet csapadékmennyiség hozzájárult ahhoz, hogy a kutatómunka második évében jóval alacsonyabb mennyiségű sókészlet mellett indítsuk a sóstressz kísérlet újabb évét. Ez a megállapítás mindegyik parcellára igaz, azonban a legkiemelkedőbb eredményeket az előző évben is pozitív hatást eredményező *Neosollal* és a *Riolittufával* kezelt parcellákban mutattuk ki. Köszönhetően a *Neosol*-os és *Riolittufás* kezeléseknél a kutatómunka második évét 140,4 g-os sókészletről indítottuk a 0-60 cm-es rétegben (ami 187,2 g-al volt kevesebb köszönhetően a 2020-21-es időszakban hullott nagyobb mennyiségű őszi-téli csapadéknak). Ezzel szemben az *Explorer 21*-gyel kezelt parcellák talajainak sókészlete 163,8 g, míg a kontroll parcellák sókészlete 280,8 g volt a 0-60 cm-es rétegben.

A 2021-es tenyészidőszakban (2021.05.26.-2021.08.11.) összesen 98,4 mm-nyi természetes csapadék hullott, amelyet 150,1 mm-nek megfelelő öntözővízzel egészítettünk ki, mivel ebben az évben nagyobb volt az elektromos vezetőképessége az öntözésre használt víznek (1,73 mS/cm) így 5983,3 g-nak megfelelő mennyiségű só t juttattunk az egyes parcellák talajába az öntözéssel. A betakarítás után vett talajminták mérései alapján megállapítható, hogy ebben a vizsgálati évben is a 0-60 cm-es réteg sókészlete a *Neosol* (678,6 g) és *Riolittufa* (655,2 g) talajjavító készítmények hatására volt a legkevesebb. Az *Explorer 21* kezelés talajmintáinak sókészlete 748,8 g, míg a kontroll parcelláké 702 g volt a 0-60 cm-es rétegekben. Az eredmények alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a *Neosol* és a *Riolittufa* alkalmazása a kísérlet második évében is pozitívan hatott a talaj szerkezetére, így az előző évhez képest lényegesen nagyobb sóterhelés (+ 4579,3 g) ellenére is a mélyebb rétegekbe tudtak mosódni a másodlagos szikesedést okozó sók. 2022-ben a műtrágya és talajjavító anyagok kijuttatása előtti időszakban vett talajminták sókészletét ábrázoló diagramm (36. ábra) alapján megfigyelhető, hogy a 2021-2022-es időszak őszi-téli természetes csapadékmennyisége 177,7 mm volt (177,5 mm-rel kevesebb, mint az előző évben).



36. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2022-es vizsgálati évben

Mivel az előző periódushoz képest fele annyi mennyiségű csapadék hullott az őszi-téli időszakban, így kevesebb volt a 2021-es tenyészidőszakban felhalmozódott káros sók kimosódásának aránya is. Az előző években is kedvezőbb eredményekkel jellemezhető *Neosol*-os kezelés többéves alkalmazásának hatásáról elmondható, hogy még csapadékszegényebb őszi-téli periódust követően is kedvezőbb talajszerkezetet tud fenntartani a káros sók kimosódásának elősegítéséhez, ugyanis 2022-ben a kezdeti sókészlet a 0-60 cm-es rétegben 257,4 g volt. A 2020-2021-es években szintén jól teljesítő *Riolittufás* kezelés esetében a 2020-es tenyészidőszakot 397,8 g-os sókészlettel tudtuk elindítani, ami 139,4 g-al több volt, mint a legkedvezőbbnek bizonyult *Neosolos* kezelésé. Az ábra alapján megfigyelhető azonban, hogy ennek a sókészletnek több mint fele (52%-a) a 40-60 cm-es

rétegben található, tehát a többéves kezelés hatására a káros sók mélyebb rétegek felé mozgása, azaz kimosódása megfigyelhető a lényegesen kevesebb őszi-téli csapadékmennyiség ellenére is. Az *Explorer 21* kezelésben részesült parcellák 0-60 cm-es rétegének sókészlete 491,4 g-ról, míg a kontroll parcelláké 561,6 g-ról indult az utolsó vizsgálati évben, ami egy jelentős sóterhelést eredményezett már az utolsó tenyészidőszak elején.

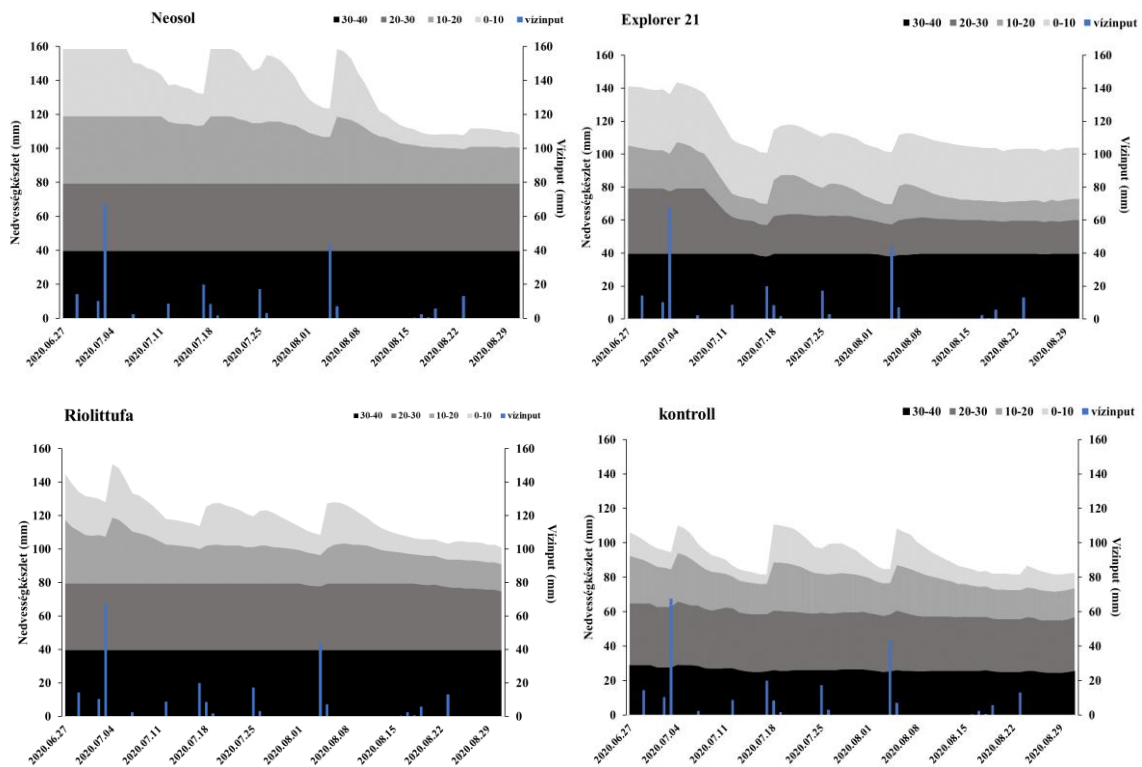
A 2022-es tenyészidőszakban (2022.05.19.-2022.08.07.) összesen 49,5 mm-nyi természetes csapadék hullott, amelyet 217 mm-nek megfelelő öntözővízzel egészítettünk ki, így 7699,5 g-nak megfelelő mennyiségű sót juttattunk az egyes parcellák talajába az öntözéssel.

A betakarítás után vett talajminták mérései alapján megállapítható, hogy a 0-60 cm-es réteg sókészlete a *Riolittufa* (678,6 g) talajjavító készítmény hatására volt a legkevesebb. Ez a mennyiség szinte megegyezett a 2021-es év betakarítás után meghatározott sókészletével (2021: 655,2 g) annak ellenére, hogy 1716,2 g-al több sót juttattunk ki az aszályosabb évjárat miatt a nagyobb számú öntözéssel. A *Neosol* kezelés talajmintáinak sókészlete (összesen 865,8 g) egyértelműen elkezdett a mélyebb rétegekbe mosódni (0-20 cm: 234 g; 20-40 cm: 280,8 g; 40-60 cm: 351 g) a kevesebb természetes csapadékkal jellemezhető évjárat ellenére is, azonban ez a kimosódás lassabb volt, mint a *Riolittufa* esetében. Az utolsó vizsgálati évben is a leginkább sóterhelt környezet az *Explorer 21* kezelés (912,6 g) és a kontroll parcellák (936 g) esetében adódott a vizsgált talajrétegben.

A talajjavítás hatása a talaj nedvességekészletére

Számos kutató (Sekera 1931; Musgrave 1936; Darab 1961, 1967) bizonyította már a múlt század elején, hogy a szikesedés mértéke és a vízmozgás szoros összefüggésben vannak egymással, hiszen a szikesedés negatívan befolyásolja a talajok vízgazdálkodását. A Na^+ mennyiségének növekedése növeli a talaj holtvíztartalmát csökkentve ezáltal a növények számára felvehető víz mennyiségét.

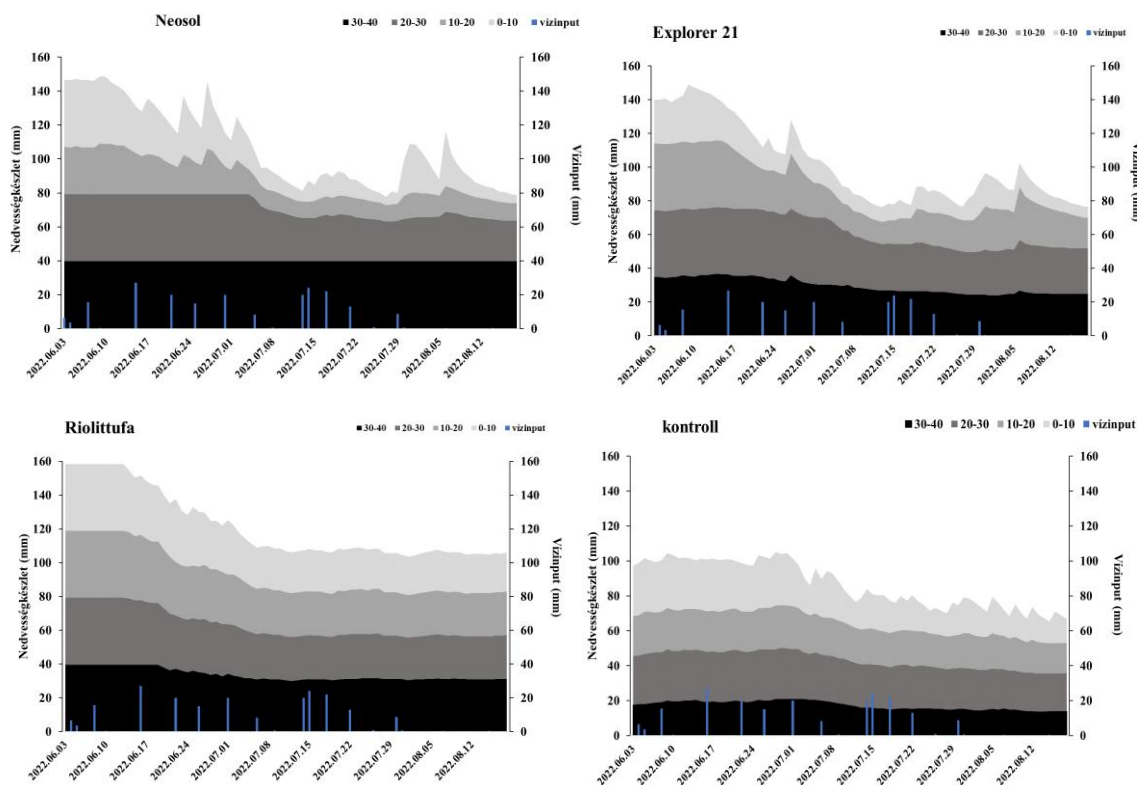
Tekintettel arra, hogy a nagy sótartalmú öntözővizekkel való öntözés a talaj nedvességszolgáltató képességét is nagymértékben befolyásolja, kísérletünkben az egyes parcellák nedvességtartalmi változásait is vizsgáltuk. A doktori értekezés alapjául szolgáló kutatómunka első tenyészidőszakában az egyes kezelésekből részesült parcellák 0-40 cm-es rétegeiben mért nedvességekészleti változásokat a 37. ábra szemlélteti.



37. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti nedvességekészletének változása a 2020-as vizsgálati évben

A kísérletben szereplő talajjavító anyagok használatának már az első évében kiemelkedett a *Riolituffa* kezelés, mivel ennél volt megfigyelhető a kiszáradásnak leginkább kitett talajréteg (0-10 cm) nedvességekészletében a legkisebb mértékű ingadozás (legnagyobb csökkenés: 50 mm). A *Riolituffa* alkalmazásával a vizsgált parcellák 0-40 cm-es rétegének nedvességekészlete a betakarítás után 100 mm volt. Emellett pedig a *Neosol* alkalmazása is pozitív hatással bírt az egyes parcellák felső talajrétegének nedvességmegőrzésére, ugyanis a betakarítást követően (2020.08.04.) 110 mm körül alakult a 0-40 cm réteg nedvességekészlete mindkét kezelés esetében. További pozitív hatásként említhető meg a *Riolituffa* és a *Neosol* alkalmazásának kapcsán, hogy az alsóbb talajrétegek (20-40 cm) nedvességekészletében nem volt megfigyelhető nedvességcsökkenés a teljes vizsgálati periódus alatt. Mindkét esetben a 20-30 cm-es réteg nedvességekészlete 40 mm körül, míg a 30-40 cm-es réteg nedvességekészlete 80 mm körül alakult. Ezzel szemben az alkalmazott talajnedvességmérő szenzorok nedvességcsökkenést mértek az alsóbb rétegekben az elsősorban gyökérnövekedést elősegítő *Explorer 21* (20-30 cm: 60 mm; 30-40 cm: 40 mm átlagosan) kezelésnél és a kontroll (20-30 cm: 60 mm; 30-40 cm: 25 mm átlagosan) parcelláknál. Az *Explorer 21* kezelés esetében a 0-40 cm-es réteg nedvességekészlete szintén 100 mm körül, míg a kontroll parcelláké 80 mm körül alakultak a tenyészidőszak végére. A kísérletben szereplő talajjavító készítmények többéves használatából eredeztethető kumulatív hatás tanulmányozása érdekében a

vizsgálati időszak utolsó (harmadik) évében mért 0-40 cm-es nedvességekészletben bekövetkezett változásokat is nyomon követtük, amelyet a 38. ábra szemléltet.



38. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti nedvességekészletének változása a 2022-es vizsgálati évben

A 2022-es év extrém száraz körülményeket eredményezett, ugyanis az 50 éves átlaghoz képest 150 mm-rel kevesebb csapadék hullott. Ez nyilvánvalóan megmutatkozott a vizsgálati időszakban mért nedvességtartalmi értékeken is, ugyanis extrém ingadozások voltak megfigyelhetők a 0-20 cm-es talajréteg nedvességekészletének változásaiban. A legkisebb mértékű nedvességvesztést szintén a *Riolittufa* kezelés esetén tapasztaltuk, a tenyészidőszak végére 100 mm volt a vizsgált réteg nedvességekészlete. A *Neosol* és az *Explorer 21* kezelés esetében ez az érték 80 mm volt, míg a kontrollnál 65 mm körül alakult.

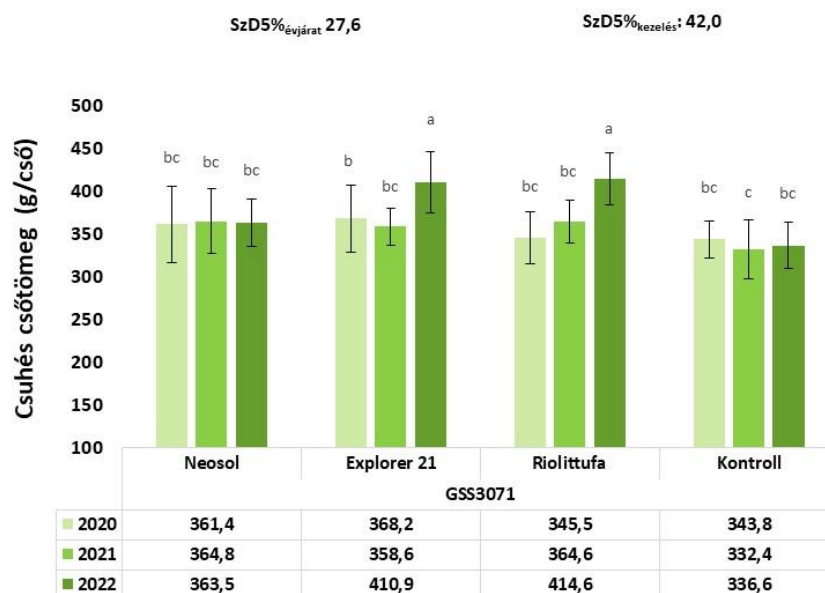
A 2022-es csapadékszegény időszakban is a *Riolittufa* alkalmazása bizonyult a legkedvezőbbnek a nedvességtartalomra gyakorolt hatás szempontjából, hiszen a legnagyobb nedvességekészlet úgy tudott fennmaradni a tenyészidőszak végére ennél a kezeléskor, hogy a felsőbb rétegek nedvességtartalma is kiegyenlített volt (legnagyobb nedvességvesztés: 60 mm), tehát a hosszan tartó aszály következtében sem száradtak ki jelentősen a felsőbb rétegek. Sajnos ezzel szemben nagymértékű nedvességvesztést tapasztaltunk a *Neosol* (80 mm) és az *Explorer 21* (80 mm) kezelésnek is. A 30-40 cm-es rétegben kizárólag a *Neosol* esetében nem volt megfigyelhető

nedvességvesztés, azonban ezt a kedvező tulajdonságot mégis felülírta az, hogy a 0-20 cm-es réteg jelentősebb mennyiségű nedvességvesztés volt, mint a *Riolittufával* kezelt parcellákon.

4.2.3. A sóstressz és a talajjavítás hatása a vizsgált hibridek mennyiségi és minőségi mutatóira

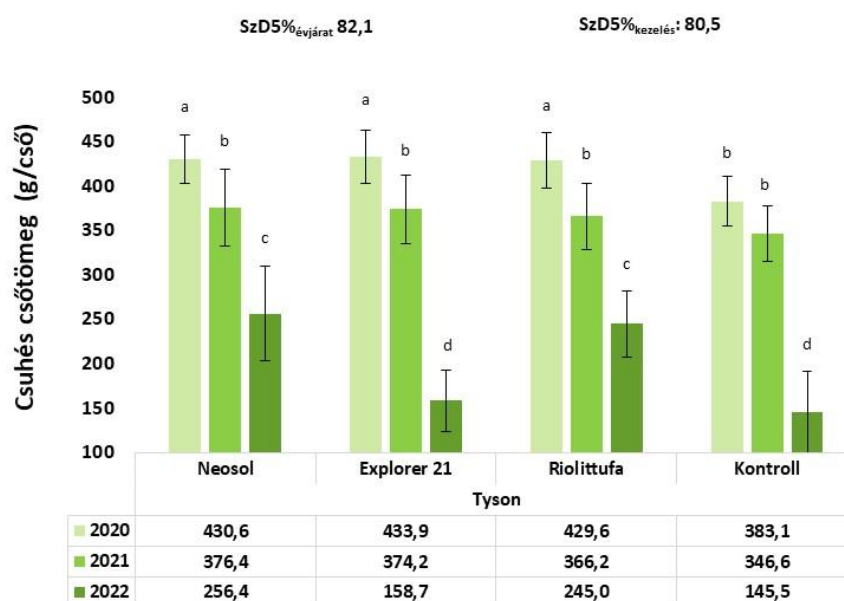
Csuhés csőtömeg

Ebben az alfejezetben a doktori értekezés alapjául szolgáló kutatómunka során termesztett hibridek átlagos csuhés csőtömegének eredményei kerülnek bemutatásra. A *GSS3071* hibrid csuhés csőtömegének eredményeit a 39. ábra, a *Tyson* hibridét a 40. ábra, a *Sweetstar* hibridét a 41. ábra, míg a *GSS8529* hibridét a 42. ábra mutatja be.



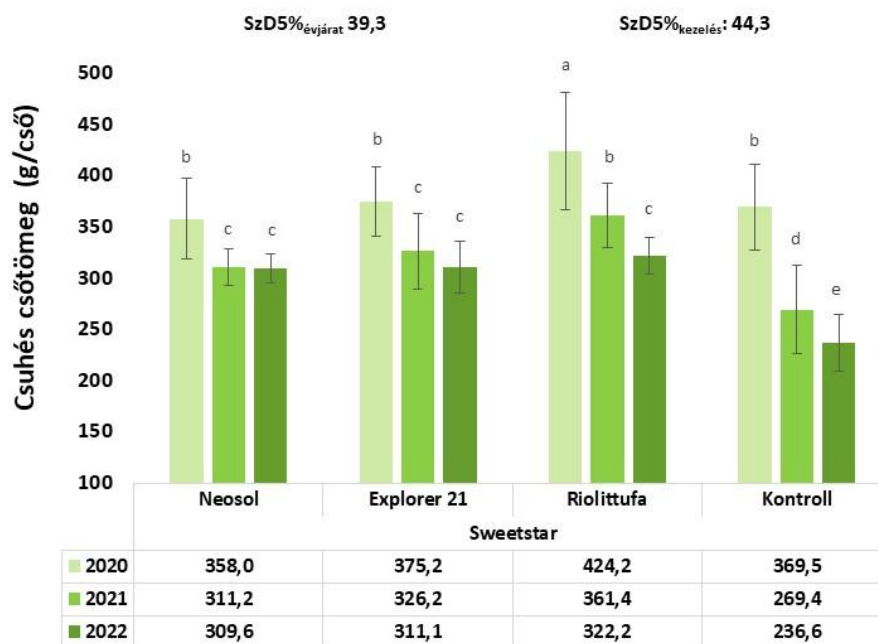
39. ábra: A *GSS3071* hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A 2020-as és a 2021-es vizsgálati évben sem volt statisztikailag igazolható különbség kimutatható egyik kezelésnél sem. A legnagyobb csuhés csőtömeggel 2020-ban az *Explorer 21* (368,2 g/cső) kezelés, 2021-ben szinte azonos értékekkel a *Neosol* (364,8 g/cső) és *Riolittufa* (364,6 g/cső) kezelések voltak jellemezhetők. 2022-ben statisztikailag igazolható különbség adódott az *Explorer 21* (410,9 g/cső) és a *Riolittufa* (414,6 g/cső) kezeléseken részesült hibridek átlagos csuhés csőtömegében. Megállapítható továbbá, hogy a *GSS3071* hibrid, a csuhés csőtömegek alakulása alapján, nem minősíthető sóérzékenynek, hiszen az évek során az öntözővízzel kijuttatott és kumulálódott káros sók mennyisége ellenére sem következett be nagyobb mértékű visszaesés a termések átlagos tömegében.



40. ábra: A *Tyson* hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

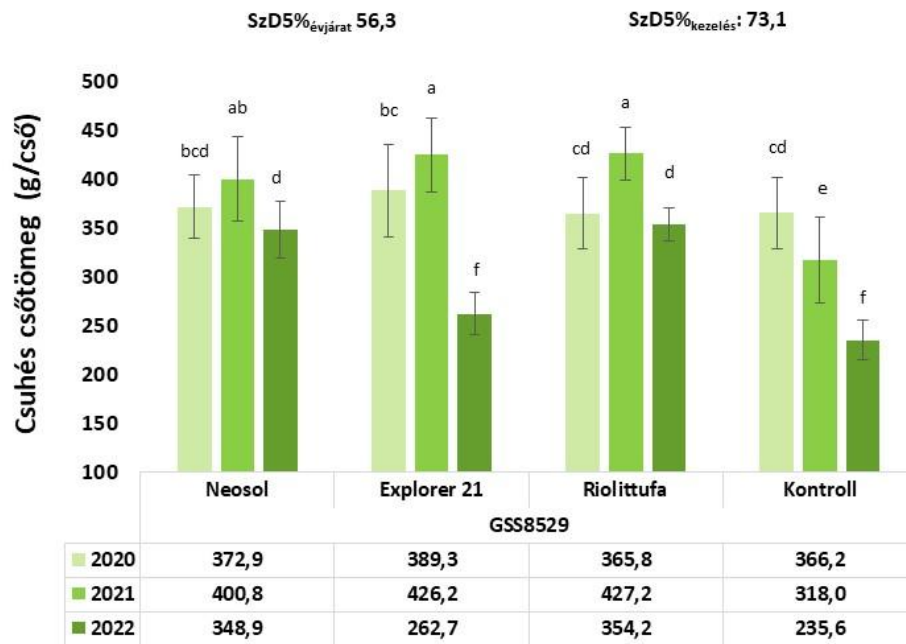
A különböző talajjavító szerek között egyik vizsgálati évben sem adódott statisztikailag igazolható különbség a *Tyson* hibrid esetében, azonban mindhárom kezelés csuhés csőtömege statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a kontroll parcellák egyedei. A legjobb eredményeket 2020-ban az *Explorer 21* (433,9 g/cső), 2021-ben a *Neosol* (376,4 g/cső) kezelésben részesült egyedeknél mértük. A *Tyson* hibrid 3 éves csuhés csőtömeg eredményeinek statisztikailag igazolható csökkenései alapján megállapítható, hogy sóérzékeny hibridnek tekinthető, hiszen az évek során bevitt és a talajban kumulálódott sómennyiségre termésméret csökkenéssel reagált. A kezdeti időszak csuhés csőtömeg eredményeihez képest a felhalmozódott sómennyiség kimosódását elősegítő kezelések, azaz a *Neosol* (-174,2 g/cső) és a *Riolittufa* (-184,6 g/cső) kezelések hatására volt tapasztalható a legkisebb mértékű termésméret csökkenés. Ez a csökkenés az *Explorer 21* kezelés esetében -248,6 g/cső, illetve a kontroll esetében -237,6 g/cső volt.



41. ábra: A *Sweetstar* hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A *Sweetstar* hibrid csuhés csőtömegének eredményei alapján megállapítható, hogy a kísérlet első évében statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhés csőtömeeggel voltak jellemezhetők a *Riolittufa* kezelésből származó minták (424,2 g/cső). A kezdeti évhez képest lényegesen nagyobb sóterhelés (+ 4579,3 g) hatására csökkenés volt megfigyelhető a 2021-es év csuhés csőtömegeiben, azonban az ábra alapján statisztikailag igazolhatóan is a legjobbnak még ebben az évben is a *Riolittufa* kezelés bizonyult (361,4 g/cső). A vizsgálati időszak harmadik évére a csökkenés tovább fokozódott minden kezelés esetében. Az egyes talajjavító szerek között statisztikailag igazolható különbségek nem kimutathatók, azonban mindegyikük statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhés csőtömeget eredményezett a kontroll egyedekével szemben.

Összességében megállapítható, hogy a csuhés csőtömeget tekintve a *Sweetstar* hibrid is érzékenyen reagált a 3 éves kutatómunkánk során az öntözéssel a talajba bevitt sómennyiségre, azonban ezt a negatív hatást az alkalmazott talajjavító készítmények egyértelműen csökkentették.



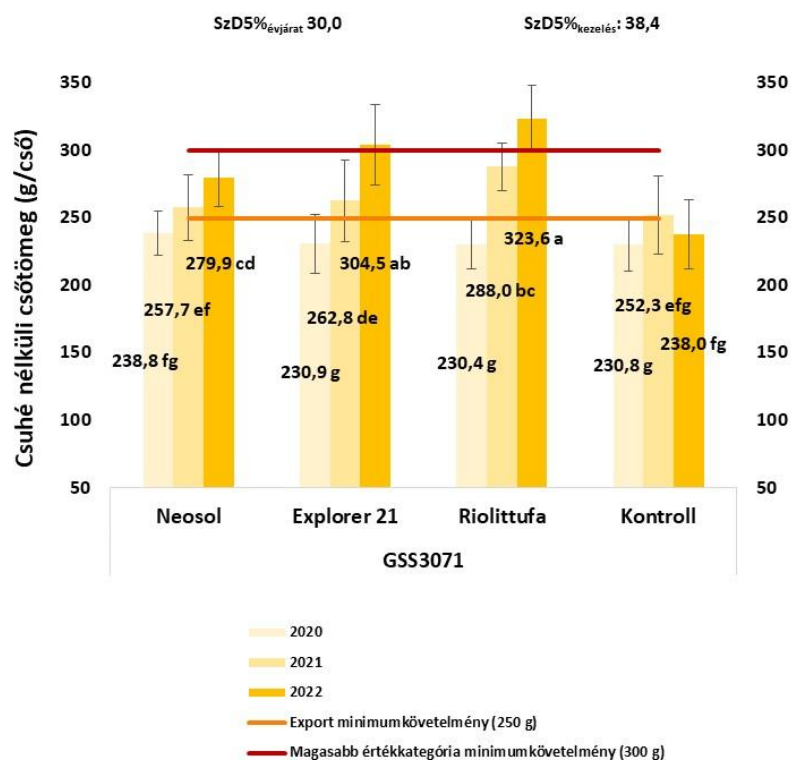
42. ábra: A GSS8529 hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

2020-ban és 2021-ben is a GSS8529 hibrid csuhés csőtömegének alakulása esetében statisztikailag igazolható különbség adódott mindhárom talajjavító készítmény javára a kontrollal szemben, azonban az egyes készítmények között nem adódott statisztikailag igazolható különbség. 2022-ben szintén statisztikailag igazolódott a kedvező hatás a talajjavító készítményekkel kezelt egyedeknél a kontrollhoz képest. A legjobb eredmények mindhárom kísérleti évben a *Riolittufa* kezelés esetében voltak kimutathatók (2020: 393,7 g/cso; 2021: 427,2 g/cso; 2022: 354,2 g/cso). A GSS8529 hibrid esetében is igazolható, hogy a kezdeti időszakhoz képest a kísérlet utolsó évében csökkent a csuhés csőtömeg. Mindazonáltal ez a csökkenés kisebb mértékű volt az öntözővízzel kijuttatott sómennyiség kimosódását elősegítő *Neosol* (-24 g/cso) és *Riolittufa* (-39,5 g/cso) kezelések esetében.

Fosztott csőtömeg

Amennyiben a nyersáru csöves formában történő értékesítésére kerül sor, a felvásárló által támasztott minőségi követelményeknek szükséges megfelelni. Az erre a felhasználási célra termelő gazdálkodó számára az I. osztályú minőségi követelményeknek való megfelelés jelenti a nagyobb bevételt. Az exportra történő értékesítés során a 290-300 g tömegű csuhélevéltől megfosztott kártevőktől és kórokozóktól mentes termékek számítanak elsőosztályúnak. Az export

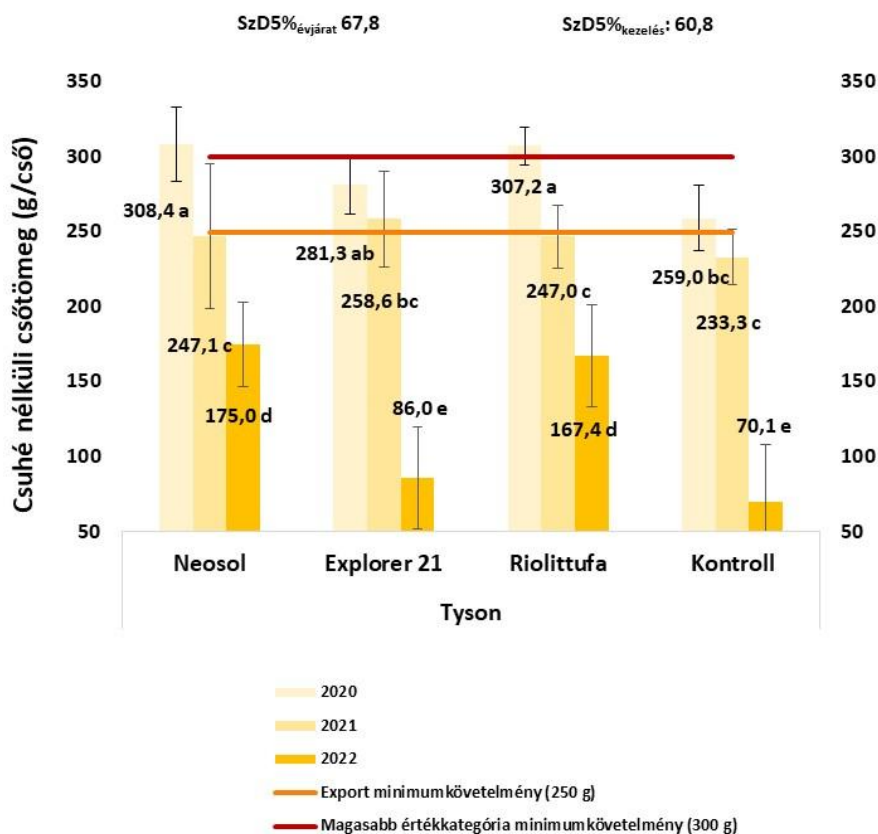
minimumkövetelmény 250 g, amennyiben ez alatt van a fosztott csőtömeg, nem lehet exportpiacra szállítani. A hazai piacon 250 g felett elsőosztályú a nyersáru, 250 g alatt pedig másodosztályú kategóriába tartozik. A *GSS3071* hibrid csuhélevél nélküli csőtömegének eredményeit a 43. ábra, a *Tyson* hibridét a 44. ábra, a *Sweetstar* hibridét a 45. ábra, míg a *GSS8529* hibridét a 46. ábra mutatja be.



43. ábra: A *GSS3071* hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A *GSS3071* hibrid esetében a kísérlet első évében statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható egyik kezelés javára sem a csuhélevél nélküli csőtömegben, amely az exportminimum követelmény alatt alakult. 2021-ben a legkedvezőbb átlagos fosztott csőtömeeggel a *Riollittufa* (288 g/cső) kezelés emelkedett ki, 5%-os szignifikancia szint mellett statisztikailag igazolhatóan. Köszönhetően a talajjavító anyagok alkalmazásának a kutatómunka utolsó évében egy jelentősebb emelkedés volt kimutatható a fosztott csőtömegben, amely mindhárom anyag esetében statisztikailag igazolható volt a kontrollhoz és a korábbi évek terméseredményeihez képest is. A legjobb csuhélevél nélküli csőtömeeggel a *Riollittufa* (323,6 g/cső), illetve az *Explorer 21* (304,5 g/cső) volt jellemezhető. Ez magasabb érték kategóriát jelent, így megállapítható, hogy köszönhetően ezen talajjavításra szolgáló anyagoknak, a jelentősebb sóstressz ellenére is előállítható az I. osztályú exportalapanyag.

A *Neosol* készítmény alkalmazásával szintén javítható az átlagos csuhé nélküli csőtömeg, hiszen míg a kontroll esetében a minimumkövetelmény alatt alakult az átlagos fosztott csőtömeg, addig a *Neosol* alkalmazásával még a legsóterheltebb és egyúttal legcsapadékszegényebb évben (2022) is a minimumkövetelmény feletti (279,9 g/cső) átlag volt kimutatható.



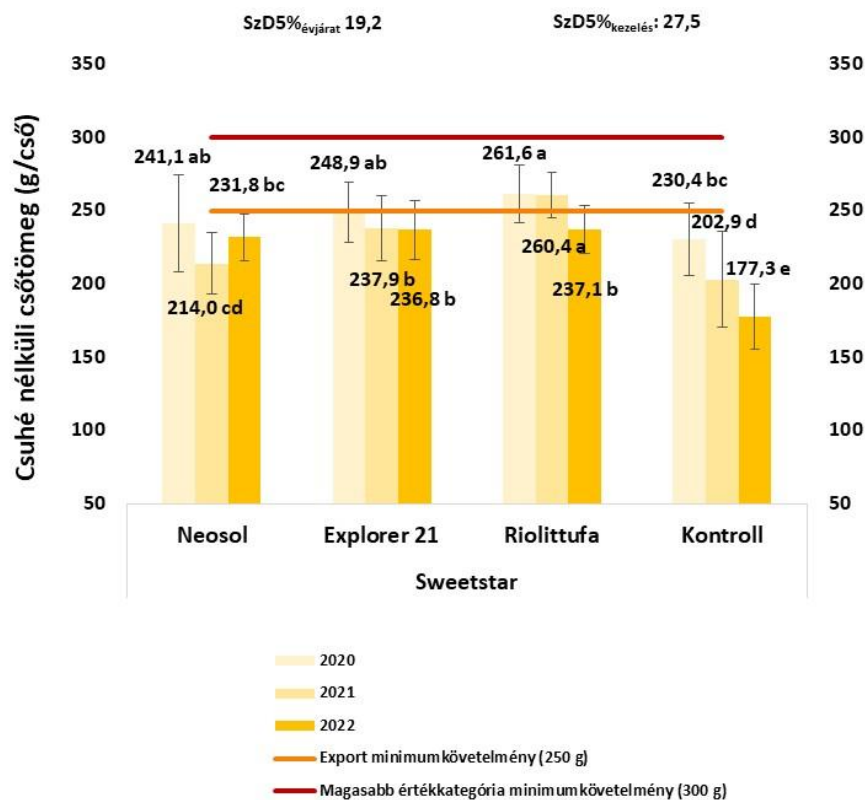
44. ábra: A Tyson hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A kutatómunka kezdeti évében a *Neosol* (308,4 g/cső) és a *Riolittufa* (307,2 g/cső) kezelések javára statisztikailag igazolható különbség adódott a csuhé nélküli csőtömeg vizsgálatokor, amely eredmények a magasabb érték kategória minimumkövetelményének is megfelelnek.

A 2020-as időszakhoz képest kevesebb természetes csapadékkal, így az öntözésből adódó jelentősebb sóstresszel jellemezhető évjáratban már visszaesés tapasztalható a fosztott csőtömegeredményeket tekintve. Ennek ellenére, a talajjavító készítményekkel kezelt parcellák egyedeinek átlagos csuhé nélküli csőtömege (*Neosol*: 247,1 g/cső; *Explorer 21*: 258,6 g/cső; *Riolittufa*: 247,0 g/cső) statisztikailag igazolhatóan kedvezőbbnek bizonyult a kontrollhoz (208,5 g/cső) képest, amely esetében jócskán a minimumkövetelmények alatti értékeket mértünk.

A sóstressz kísérlet utolsó évében drasztikus csökkenés volt megfigyelhető a fosztott csőtömeg eredményekben. A legkevesebb természetes csapadékmennyiséggel jellemezhető, ezáltal

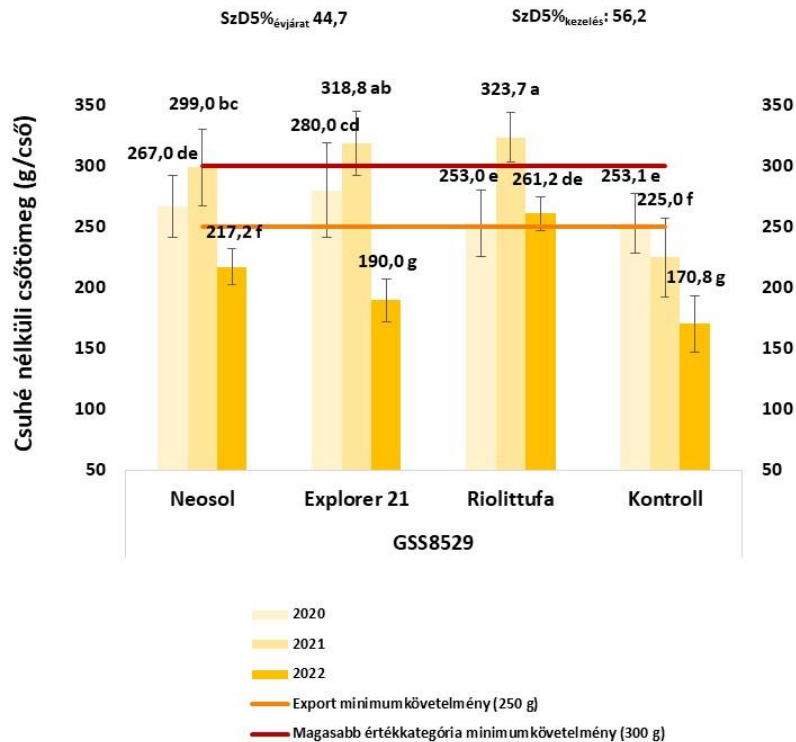
legnagyobb sóstressznek kitett évben azonban szintén kedvezőbb eredmények mutatkoztak a talajjavítás hatására (*Neosol*: 175 g/cső; *Explorer 21*: 105,7 g/cső; *Riolittufa*: 167,4 g/cső) szemben a kontrollal (70,1 g/cső), azonban ezek az eredmények nem feleltek meg a minimumkövetelményeknek. Ebben a vizsgált paraméterben is igazolódott a *Tyson* hibrid sóstresszel szembeni érzékenysége.



45. ábra: A *Sweetstar* hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A sóstressz kísérlet első évében kizárólag a *Riolittufa* (261,6 g/cső) kezelés esetében volt statisztikailag igazolható különbség a fosztott csőtömegben a kontrollhoz viszonyítva, ami megfelelt az export minimumkövetelményeknek is. Az *Explorer 21* kezelés hatására 248,9 g/cső, míg a *Neosol* kezelés hatására 241,1 g/cső volt az átlagos csuhélevél nélküli csőtömeg, míg a kontroll esetében ez az érték 230,4 g/cső volt.

A *Sweetstar* hibridnél is negatív válaszreakció jelentkezett a sóstressz hatására, mivel a sóval terheltebb években (2021-2022) csökkenés volt megfigyelhető a fosztott csőtömegben is. A talajjavító készítmények alkalmazásával azonban kedvezőbb eredmények mutatkoztak statisztikailag is igazolhatóan (kivéve *Neosol* kezelés 2021-ben) a kezeletlen parcellák eredményihez képest.



46. ábra: A GSS8529 hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

A 2020-as vizsgálati évben 5%-os szignifikanciaszint mellett kedvezőbb értékeket mértünk a csuhélevél nélküli csőtömegnél a talajjavító kezelések hatására (*Neosol*: 267,0 g/cső; *Explorer 21*: 280 g/cső; *Riolittufa*: 265 g/cső) a kontrollhoz (221,5 g/cső) képest. Az egyes kezelések között azonban statisztikailag igazolható különbségek nem adódtak egy olyan évben, ahol a kedvezőbb természetes csapadékmennyiségek következtében kevesebb mennyiségű öntözővíz kijuttatás történt. 2021 kevesebb természetes csapadékmennyiséggel volt jellemezhető (98,4 mm), így összesen 150,1 mm öntözővíz kijuttatása történt meg, amely az előző évhez képest 4579,3 g-al nagyobb sóterhelés történt. Ennek ellenére a GSS8529 hibrid esetében a fosztott csőtömeg értékek statisztikailag igazolhatóan jobbnak bizonyultak a 2020-as kezelésben részesült parcellák eredményeihez, illetve a 2020-2021-es időszak kontroll eredményeihez képest is. A legkiemelkedőbb értéket (323,7 g/cső) a *Riolittufa* kezelés alkalmazása mellett mértük, amely jelentősen meghaladta a magasabb érték kategória minimumkövetelményét. A sóstressz kísérlet utolsó évében a 2021-es sóterheléshez képest +1716,2 g-al nagyobb sóterhelést eredményezett az aszályos év miatt szükséges intenzívebb öntözés (+118,6 mm). Így 2022-ben a GSS8529 hibrid esetében is csökkentek a csuhé nélküli csőtömeg eredményei az előző (kevésbé sóterhelt) évekhez képest. A talajjavító kezelések hatására ezek a fosztott csőtömegeredmények statisztikailag

igazolhatóan kedvezőbbnek (*Neosol*: 217,2 g/cső); *Explorer 21*: 199,8 g/cső; *Riolittufa*: 261,2 g/cső) bizonyultak, mint a kezelésben nem részesültek (kontroll: 170,8 g/cső). A talajjavító szerves kezelések között statisztikailag igazolható többlet adódott a *Riolittufa* kezelés javára. A többéves sóval terhelt öntözővízzel való öntözés hatására a csuhés csőtömegeredményekhez hasonlóan a fosztott csőtömegeredmények esetében is negatív válaszreakciót tapasztaltunk a *GSS8529* hibrid esetében, azonban ez a negatív hatás egyértelműen csökkenthető a talajjavító készítmények alkalmazásával.

Csőhosszúság

A sóstressz vizsgálatra irányuló kutatómunkánk során a csemegekukorica csőhosszúságában tapasztalt változásokat a 15. táblázat rögzíti.

115. táblázat: A kísérletben alkalmazott hibridek csőhosszúságának alakulása az egyes kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

Hibrid	Kezelés	Csőhosszúság (cm)			Évek átlagában 2020-2022
		2020	2021	2022	
GSS3071	Neosol	20,9±0,86 ^{abc}	21,0±0,64 ^{abc}	20,8±1,34 ^{bc}	20,9
	Explorer 21	21,2±1,17 ^{abc}	21,4±0,76 ^{abc}	22,0±1,00 ^a	21,5
	Riolittufa	20,6±0,49 ^{bc}	21,3±1,01 ^{abc}	21,6±0,86 ^{ab}	21,1
	Kontroll	20,5±1,02 ^{bc}	20,4±1,19 ^c	20,9±1,89 ^{abc}	20,6
Tyson	Neosol	20,0±0,43 ^a	19,6±1,74 ^a	14,7±2,83 ^b	18,1
	Explorer 21	20,6±0,63 ^a	19,8±0,99 ^a	11,7±2,43 ^c	17,4
	Riolittufa	20,4±0,63 ^a	19,6±1,11 ^a	15,3±3,01 ^b	18,4
	Kontroll	20,1±0,62 ^a	18,8±0,55 ^a	12,8±4,58 ^c	17,2
Sweetstar	Neosol	21,1±1,20 ^{bcd}	21,6±0,55 ^{bc}	20,0±1,29 ^{de}	20,9
	Explorer 21	21,6±0,92 ^{bc}	23,0±0,91 ^a	20,5±1,55 ^{cde}	21,7
	Riolittufa	21,5±0,47 ^{bc}	22,2±0,90 ^{ab}	20,0±1,29 ^{de}	21,2
	Kontroll	21,4±1,20 ^{bc}	21,0±0,91 ^{bcd}	19,7±1,42 ^e	20,7
GSS8529	Neosol	22,1±0,83 ^{abc}	22,2±2,23 ^{abc}	21,0±1,58 ^{cd}	21,8
	Explorer 21	21,7±1,35 ^{abc}	23,3±1,16 ^a	16,3±1,83 ^e	20,4
	Riolittufa	22,0±1,00 ^{abc}	23,1±0,76 ^{ab}	19,8±0,92 ^d	21,6
	Kontroll	21,6±0,92 ^{bc}	21,5±1,26 ^{bc}	16,3±3,29 ^e	19,8
SZD _{5%} kezelés		0,4	0,6	2,2	
SZD _{5%} genotípus		0,5	0,8	2,2	

A kísérletben szereplő hibridek mindegyike (a fajtaleírások alapján) átlagosan 20 cm-es csőhosszúsággal jellemezhető.

A **GSS3071** hibridnél 2020-ban minden kezelés esetében az átlagos csőhosszúság a fajtaleírásban meghatározott 20 cm körül alakult. A leghosszabb csöveket az *Explorer 21* kezelés hatására mértük (21,2 cm), azonban ez a többlet statisztikailag nem volt igazolható a többi kezeléshez, illetve a kontrollhoz képest. 2021-ben, a gyengébb sóterheléssel jellemezhető évben a *Neosol* kezelésnél + 0,2 cm, az *Explorer 21* kezelésnél - 0,6 cm, a *Riolittufa* esetében - 0,3 cm, a kontrollnál pedig - 0,5 cm volt a változás, amelyek egyik esetben sem bizonyultak szignifikánsnak. Még a drasztikusabb sóstressz hatására sem tapasztaltunk jelentősebb visszaesést a csőhosszúságban egyik állományban sem. Ugyan statisztikailag nem igazolható, de 2022-ben szintén az *Explorer 21* kezelés hatására fejlődtek a legjobban a csövek (21,2 cm).

A **Tyson** hibrid csőhosszúságának vizsgálata alapján megállapítható, hogy a kísérlet kezdetén a fajtaleírásban szereplő 20 cm-es körüli értékekkel volt jellemezhető mindegyik kezelés, amelyek között statisztikailag igazolható különbség nem adódott. Az *Explorer 21* kezelés hatására mutatkozott a legkedvezőbb csőhosszúság 20,6 cm-rel. 2021-ben az előző évhez képest, a nagyobb sóterhelés negatívan befolyásolta a csőhosszúságot (*Neosol*: - 0,3 cm; *Explorer 21*: - 0,8 cm; *Riolittufa*: - 0,8 cm; kontroll: -1,3 cm). Az egyes kezelések között szignifikáns különbség nem adódott. A több szempontból is sóérzékenyebbnek bizonyuló **Tyson** hibrid csőhosszúsága a vizsgálati időszak utolsó évében statisztikailag igazolhatóan alulmaradt a kezdeti időszakban mért értékekhez képest. *Neosol*: - 5,3 cm; *Explorer 21*: - 8,9 cm; *Riolittufa*: - 5,1 cm; kontroll: - 8,7 cm. A *Neosol* és a *Riolittufa* kezelésekre ez a kedvezőtlen hatás statisztikailag igazolhatóan is kisebb mértékű volt.

A **Sweetstar** hibrid esetében 2020-ban nem adódott szignifikáns különbség egyik kezelés javára sem a csőhosszúságot tekintve. Minden esetben 21 cm fölötti átlagértékeket mértünk, amely a fajtaleírásban meghatározott genetikailag kódolt tulajdonságot (20 cm) felülmúlja. A 2021-es évben negatív változás csak a kontroll parcellák egyedeinél adódott (- 0,4 cm). Az *Explorer 21* kezelés hatására pedig statisztikailag igazolhatóan hosszabb csöveket mértünk a 2020-as adatokhoz képest (+ 1,4 cm). A szintén több paraméter szempontjából sóérzékenyebbnek bizonyuló **Sweetstar** hibrid esetében 2022-ben kisebb csövek képződtek a kezdeti (sószegényebb környezetű) időszakhoz képest (*Neosol*: - 1,1 cm; *Explorer 21*: - 1,1 cm; *Riolittufa*: - 1,5 cm; kontroll: -1,7 cm). Ezek a különbségek a 2020-as évhez viszonyítva szignifikánsak (kivétel a *Neosol* kezelés).

A **GSS8529** hibrid csőhosszúsága 2020-ban jócskán a fajtaleírásban meghatározott átlagos 20 cm felett alakult (*Neosol*: 22,1 cm; *Explorer 21*: 22,7 cm; *Riolittufa*: 22 cm; kontroll: 21,6 cm). 2021-ben a nagyobb sóterhelés ellenére sem tapasztaltunk negatív változást a csőhosszúságban az előző évi eredményekhez képest (*Neosol*: + 0,1 cm; *Explorer 21*: + 1,6 cm; *Riolittufa*: + 1,1 cm; kontroll: - 0,1 cm), azonban ezek a változások egyik esetben sem szignifikánsak. A 2022-es évben a

drasztikusabb sóterhelésnek köszönhetően negatív hatás volt kimutatható a csőhosszúságban a kezdeti időszakhoz képest (*Neosol*: -1,1 cm; *Explorer 21*: - 0,9 cm; *Riolittufa*: - 0,2 cm; kontroll: - 5,2 cm). Ez a csökkenés azonban köszönhetően az alkalmazott talajjavító anyagoknak, csak kismértékű volt, azonban a kontroll esetében egy jelentősebb, statisztikailag is igazolható csökkenést eredményezett a csőhosszúságban. A *GSS8529* hibrid esetében a kezelések között szignifikánsan a legjobb eredményt a *Riolittufa* kezelés hatására mértük (21,8 cm).

Szemsorszám

A szemsorszám a feldolgozásra (konzerv, fagyasztott termék) szánt csemegekukorica értékesítésénél fontos paraméter, hiszen minél nagyobb egy csemegekukorica cső szemsorszáma, annál jobb a szemkihozatali arány.

A sóstressz kísérlet során alkalmazott kezelésekben részesült genotípusok szemsorszám eredményeit a 16. táblázat tartalmazza.

16. táblázat: A kísérletben alkalmazott hibridek szemsorszámanak alakulása az egyes kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban

Hibrid	Kezelés	Szemsorszám (db)			Évek átlagában
		2020	2021	2022	2020-2022
GSS3071	Neosol	16,8±0,93 ^{abc}	16,1±1,32 ^{cd}	15,3±1,74 ^{de}	16,0
	Explorer 21	17,6±1,74 ^a	15,8±0,43 ^{cd}	15,6±0,95 ^{cd}	16,3
	Riolittufa	17,4±1,28 ^{ab}	15,9±1,61 ^{cd}	16,3±0,92 ^{bcd}	16,5
	Kontroll	16,8±1,33 ^{abc}	14,9±1,71 ^{de}	14,1±1,44 ^e	15,3
Tyson	Neosol	19,8±1,85 ^{ab}	16,7±2,26 ^{de}	15,6±2,27 ^{fg}	17,4
	Explorer 21	20,8±1,80 ^a	16,9±2,10 ^{cd}	16,2±0,83 ^{ef}	18,0
	Riolittufa	20,0±1,48 ^{ab}	18,4±1,32 ^{bc}	16,3±0,85 ^{ef}	18,3
	Kontroll	20,1±1,73 ^a	18,1±2,14 ^{cd}	13,8±0,72 ^g	17,3
Sweetstar	Neosol	16,7±1,25 ^a	14,9±1,32 ^{bc}	15,5±1,38 ^{ab}	15,7
	Explorer 21	16,5±1,57 ^a	15,5±0,76 ^{ab}	15,2±1,07 ^b	15,7
	Riolittufa	16,5±1,20 ^a	15,3±1,01 ^{bc}	15,8±0,90 ^{ab}	15,9
	Kontroll	15,8±1,60 ^{ab}	14,1±0,64 ^c	14,8±1,03 ^{bc}	14,9
GSS8529	Neosol	19,1±1,87 ^{ab}	19,0±1,68 ^{abc}	16,6±2,33 ^d	18,2
	Explorer 21	19,5±2,46 ^a	19,3±1,11 ^a	17,3±1,96 ^{cd}	18,7
	Riolittufa	17,9±1,64 ^{abcd}	18,5±1,26 ^{abc}	17,4±0,76 ^{bcd}	17,9
	Kontroll	18,4±2,62 ^{abc}	18,0±1,63 ^{abcd}	14,6±1,38 ^e	17,0
SZD _{5%} kezelés		0,7	1,1	0,8	
SZD _{5%} genotípus		1,0	1,1	0,8	

A fajtaleírások alapján, a *GSS3071* hibrid átlagosan 16-18 db, a *Tyson* hibrid 20-22 db, a *Sweetstar* hibrid 14-16 db míg a *GSS8529* hibrid 18-20 db-os szemsorszámmal jellemezhető.

A *GSS3071* hibrid esetében megállapítható, hogy a legkevésbé sóterhelt évben, azaz 2020-ban voltak a legkedvezőbbek az átlagos szemsorszám értékek, amelyek a fajtaleírásban szereplő értékhatár felső, 16-os értékét meghaladták minden kezelés esetében. Statisztikailag nem igazolható, azonban kedvezőbb értékek mutatkoztak az *Explorer 21* (17,6 db), illetve a *Riolittufa* (17,4 db) kezelés hatására. A közepesen sóterhelt évjárat hatására csökkent az átlagos szemsorszám minden esetben (*Neosol*: - 0,7 db; *Explorer 21*: - 0,8 db; *Riolittufa*: - 1,5 db; kontroll: - 1,9 db), azonban a talajjavító szeres kezelésekre ez az érték nem szignifikánsan ugyan, de jobb volt, mint a kontrollnál. A leginkább sóterhelt évben azonban statisztikailag is igazolható volt a talajjavító készítmények szemsorszámmra gyakorolt pozitív hatása a kontrollhoz képest, melyek közül a *Riolittufa* kezelés bizonyult a legkedvezőbbnek (16,3 db).

A *Tyson* hibrid vizsgálata során mért szemsorszám eredmények alapján megállapítható, hogy 2020-ban még a fajtára jellemző átlagos szemsorszám alsó értékét mutattak minden kezelésből származó minták egyedei (*Neosol*: 19,8 db; *Explorer 21*: 20,8 db; *Riolittufa*: 20,0 db; kontroll: 20,1 db), melyek között szignifikáns különbség nem adódott. A 2021-es, közepesen sóterhelt évjárat hatására jelentősen, statisztikailag egyértelműen igazolhatóan csökkent az átlagos szemsorszám minden esetben (*Neosol*: -2,2 db; *Explorer 21*: -2,9 db; *Riolittufa*: -1,6 db; kontroll: -2,0 db), azonban a *Riolittufás* kezelés hatására ez az érték nem szignifikánsan ugyan, de jobb volt, mint a kontrollnál. A leginkább sóterhelt 2022-es évben a korábbi minőségi paraméterekben is igen sóérzékenyek minősülő hibrid esetében további csökkenés volt megfigyelhető a szemsorszám vizsgálata során. A talajjavító készítmények szemsorszám csökkenésre gyakorolt pozitívabb hatása a kontrollhoz képest azonban egyértelműen szignifikáns volt, melyek közül a *Riolittufa* (16,3 db) és az *Explorer 21* (16,2 db) kezelése bizonyultak kedvezőbbnek. Ezek az értékek azonban már jelentősen alulmaradnak a fajtaleírásban szereplő, normál körülmények között produkált szemsorszám értékekkel szemben.

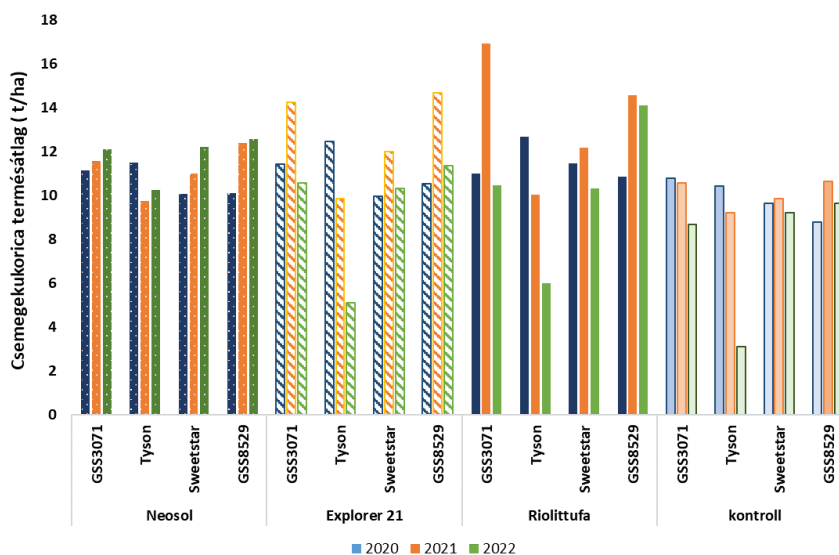
A *Sweetstar* hibrid szemsorszám eredményei alapján 2020-ban a fajtára jellemző 16-os szemsorszám volt jellemző, függetlenül attól, hogy milyen kezelésben részesültek az egyes parcellák (*Neosol*: 16,7 db; *Explorer 21*: 16,5 db; *Riolittufa* 16, 5 db; kontroll: 15,9 db). Sem az egyes készítmények hatására, sem a talajjavítás hatására nem volt kimutatható szignifikáns különbség. A 2021-es vizsgálati évben, ennél a korábbi paraméterek alapján is sóérzékenyebbnek minősülő hibridnél is, csökkenés mutatkozott az átlagos szemsorszámokban (*Neosol*: - 1,8 db; *Explorer 21*: - 1,0 db; *Riolittufa*: - 1,2 db; kontroll: - 1,7 db). Annak ellenére, hogy a vizsgálati periódus utolsó éve bizonyult a legsóstresszesebbnek az egyes hibridek számára, a *Sweetstar* hibridnél nem volt olyan mértékű a visszaesés, mint a *Tyson* hibridnél, azonban a talajjavító

készítményeknek nem volt statisztikailag igazolhatóan kimutatható hatása a szemsorszám csökkenésre.

A **GSS8529** hibrid esetében megállapítható, hogy a legkevésbé sóterhelt évben, azaz 2020-ban voltak a legkedvezőbbek az átlagos szemsorszám értékek, amelyek a fajtaleírásban szereplő értékhatáron belül (18-20 db) változtak minden kezelés esetében. A kontrollhoz képest statisztikailag igazolható kedvezőbb értékek mutatkoztak az *Explorer 21* (19,5 db) kezelés hatására. A közepesen sóterhelt évjárat hatására minimálisan változott az átlagos szemsorszám minden esetben (*Neosol*: - 0,1 db; *Explorer 21*: - 0,2 db; *Riolittufa*: + 0,6 db; kontroll: - 0,4 db). A talajjavító szerezésekre ezek az értékek nem szignifikánsan ugyan, de jobbák voltak, mint a kontrollnál. A leginkább sóterhelt utolsó kísérleti évben azonban statisztikailag is igazolható volt a talajjavító készítmények szemsorszámra gyakorolt pozitív hatása a kontrollhoz képest, melyek közül a *Riolittufa* (17,4 db) és az *Explorer 21* (17,3 db) kezelések bizonyultak a legkedvezőbbnek.

Termésátlag

Tekintettel arra, hogy igen nagymértékű sóstresszt okoztunk a kutatómunkánk során, fontosnak tartottuk, hogy a sóstressz, illetve a talajjavító anyagok terméseredményekre gyakorolt hosszabbtávú hatását is számszerűsítsük. Az egyes kezelések hatását a csemegekukorica termésátlagára a 2020-2022-es vizsgálati periódusban a 47. ábra mutatja be.



47. ábra: A terméseredmények alakulása a különböző kezelések hatására (2020-2022)

A 2020-as (kék színekkel jelzett) tenyészidőszakban hibridtől függetlenül egyik kezeléssel sem sikerült elérni az országos termésátlagot (13,3 t/ha). Ebben az évben a termésátlagot tekintve a hibridek közül a *Tyson* volt a legkiemelkedőbb. A *Neosol* kezelés esetén 11,5 t/ha, az *Explorer 21*

esetében 12,5 t/ha, a *Riolittufa* kezelésnél 12,7 t/ha, míg a kontrollnál 10,4 t/ha volt a *Tyson* termésátlaga. A *GSS3071* termésátlagai a következőképpen alakultak: *Neosol*: 11,1 t/ha; *Explorer 21*: 11,4 t/ha; *Riolittufa* 11,0 t/ha; kontroll: 10,8 t/ha. A *Sweetstar* termésátlaga *Neosol* kezelés hatására 10,1 t/ha; *Explorer 21* esetén 9,9 t/ha; *Riolittufa* hatására 11,5 t/ha; kontroll esetén pedig 9,6 t/ha volt. *GSS8529* esetében ez az érték a *Neosol*-val kezelt parcellákon 10,1 t/ha; *Explorer 21* kezelés hatására 10,5 t/ha, *Riolittufa* esetében 10,8 t/ha, míg kontrollnál 8,8 t/ha volt.

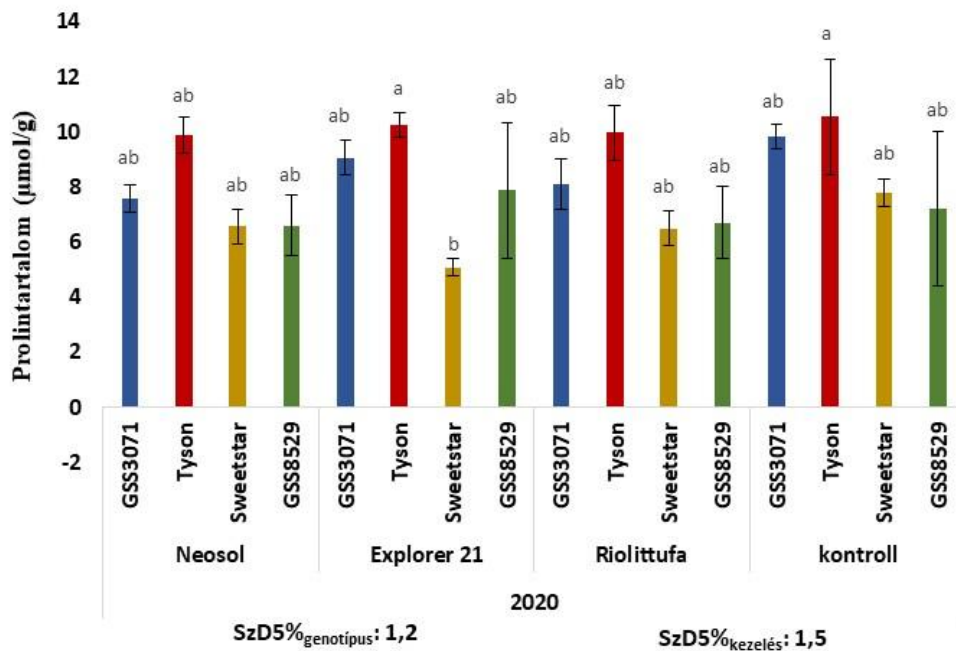
2021-ben (narancssárga színekkel jelezve) az országos csemegekukorica termésátlag 12,5 t/ha volt. Ezt az értéket két hibrid, a *GSS3071* és a *GSS8529* esetében is sikerült meghaladni, vagy megközelíteni, köszönhetően a talajjavító szerek kezeléseinek. A *GSS3071* hibrid termésátlaga *Neosol* kezelés esetén 11,6 t/ha, az *Explorer 21* esetében 14,2 t/ha, a *Riolittufa* kezelésnél 16,9 t/ha, míg a kontrollnál 10,6 t/ha volt. A *GSS8529* termésátlagai a következőképpen alakultak: *Neosol*: 12,4 t/ha; *Explorer 21*: 14,7 t/ha; *Riolittufa* 14,6 t/ha; kontroll: 10,6 t/ha. A *Sweetstar* termésátlaga *Neosol* kezelés hatására 11,0 t/ha; *Explorer 21* esetén 12,0 t/ha; *Riolittufa* hatására 12,2 t/ha; kontroll esetén pedig 9,8 t/ha volt. *Tyson* esetében ez az érték a *Neosol*-al kezelt parcellákon 9,7 t/ha; *Explorer 21* kezelés hatására 9,8 t/ha, *Riolittufa* esetében 10,0 t/ha, míg kontrollnál 9,2 t/ha volt.

A **2022**-es (zöld színekkel jelezve) évben az országos termésátlag 11, 4 t/ha volt a Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint. Ebben az évben is kiemelkedő teljesítményt nyújtott a *GSS8529* hibrid, amely a *Neosol* (12,6 t/ha) és a *Riolittufa* (14,1 t/ha) talajjavító szerek alkalmazásával meghaladta, míg az *Explorer 21* kezelés hatására (11,3 t/ha) elérte az országos termésátlagot az aszályos évjárat miatt legnagyobb mértékű sóstressz ellenére.

A *GSS3071* hibrid termésátlaga a *Neosol* kezelés hatására (12,1 t/ha) múlta felül az országos átlagot. Az *Explorer 21* kezelés hatására 10,6 t/ha, a *Riolittufa* kezelés hatására 10,4 t/ha, a kontrollnál 8,7 t/ha volt a termésátlag. A *Sweetstar* a *Neosol* kezelés hatására teljesített a legjobban 12,2 t/ha-os termésátlaggal. Az *Explorer 21* és a *Riolittufa* kezelés hatására is 10,3 t/ha lett a termésátlag, amelyek nem maradnak alul lényegesen az országos átlagtól, szemben a kontrollal (9,2 t/ha). A sóérzékenynek bizonyuló *Tyson* hibrid a *Neosol* kezelés hatására volt a legnagyobb (10,3 t/ha). Az *Explorer 21* esetében 5,1 t/ha, a *Riolittufa* kezelés hatására 6,0 t/ha, a kontrollnál 3,1 t/ha volt a termésátlag.

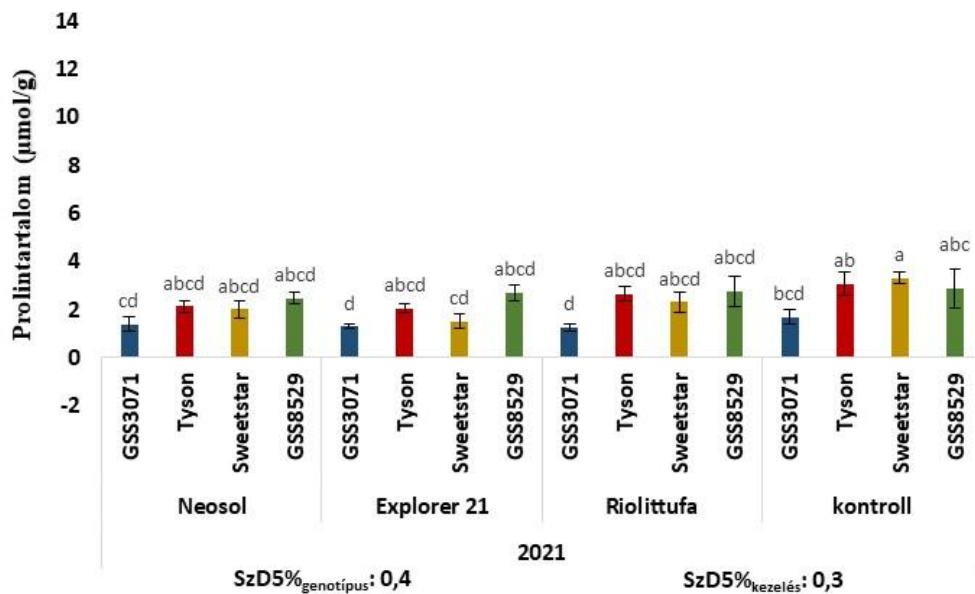
Prolintartalom

A csemegekukorica stressztűrésének vizsgálatára irányuló kutatómunkánk során számszerűsítettük a prolinfelhalmozás mértékét is, amelyet a 48-50. ábrákon mutatunk be.



48. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-as vizsgálati periódusban

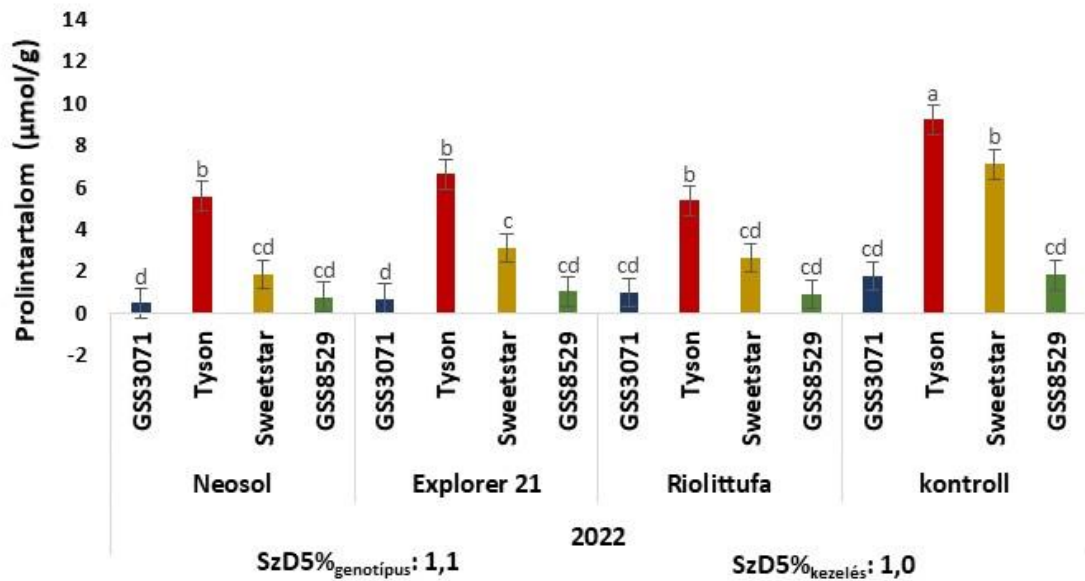
A kísérlet kezdeti évében a *Tyson* hibrid termelte a legtöbb prolint mindegyik kezelés esetében (*Neosol*: 9,9 µmol/g; *Explorer 21*: 10,3 µmol/g; *Riolittufa*: 10,0 µmol/g; kontroll: 10,5 µmol/g). A *Tyson*t a *GSS3071* hibrid követte prolintermelés tekintetében, amely esetében a legkisebb mértékű prolinfelhalmozást a *Neosol* kezelésnél tapasztaltuk 87,6 µmol/g. A legkisebb prolintartalommal összességében pedig a *Sweetstar* hibrid volt jellemezhető, ebben az esetben pedig az *Explorer 21* kezelés hatására volt kimutatható a legkevesebb prolintartalom (5,1 µmol/g) a levélmintákban. A *GSS8529* hibrid mintái alapján pedig a legkisebb mértékű növényi stresszhormon tartalmat a *Neosol* (6,6 µmol/g) és a *Riolittufa* (6,7 µmol/g) kezelések hatására mértünk). Ezek a különbségek azonban nem voltak igazolhatók 5 %-os szignifikancia szinten.



49. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2021-es vizsgálati periódusban

A kutatómunka második évében annak ellenére, hogy nagyobb sóterhelést idéztünk elő a csemegekukorica állomány számára, kisebb mennyiségű prolintermelés volt kimutatható mindegyik kezelés esetében, mint 2020-ban. Mivel nemcsak a kezelt, hanem a kontroll parcellán is lényegesen kevesebb prolin szintetizálódott, így ez a jelenség az évjáráthatással magyarázható. Azonban a kezelések közötti különbség igazolható volt, hiszen a legnagyobb mennyiségű prolintartalmat a kontroll parcellán termesztett *Sweetstar* hibrid esetében mértük (3,3 µmol/g). A *Sweetstar* hibrid esetében kizárólag az *Explorer 21* talajkondicionáló szerrel való kezelés eredményezett statisztikailag igazolhatóan kevesebb prolinfelhalmozódást (1,5 µmol/g). A második legnagyobb prolintartalmat a kontroll parcella *Tyson* hibridje esetében mértük (3,1 µmol/g). Mindegyik talajjavító kezelés esetében kisebb volt a *Tyson* prolinfelhalmozása (*Neosol*: 2,1 µmol/g; *Explorer 21*: 2,1 µmol/g; *Riolittufa*: 2,7 µmol/g), de ezek a különbségek nem voltak szignifikánsak.

A legkisebb prolinfelhalmozást a kontroll parcellákból származó mintáknál a *GSS3071* esetében mértük (1,7 µmol/g). Az *Explorer 21*-el és a *Riolittufával* kezelt parcellák *GSS3071* egyedein (1,3 µmol/g) prolintartalmat mértünk, azonban ez a különbség nem volt statisztikailag igazolható. A *GSS8529* hibrid esetében a kontroll parcellából származó minták átlagos prolintartalma 2,9 µmol/g volt, amely statisztikailag nem különbözött a *Tyson*, illetve a *Sweetstar* hibridek eredményeitől, illetve a talajjavítás hatására sem tudtunk szignifikánsan alacsonyabb prolinfelhalmozást kimutatni.



50. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2022-es vizsgálati periódusban

2022-re, a többéves használatból adódóan statisztikailag igazolhatóan kevesebb prolintartalommal bírtak a talajjavító szerekkel kezelt parcellákból származó *Tyson*, *Sweetstar* hibridek, szemben a kontroll parcellákból származókkal. A legnagyobb mértékű prolinfelhalmozással, a több vizsgálati szempont alapján is sóérzéékenyebbnek bizonyuló, *Tyson* hibrid volt jellemezhető (*Neosol*: 5,6 µmol/g; *Explorer 21*: 6,6 µmol/g; *Riolittufa*: 5,4 µmol/g; kontroll: 9,2 µmol/g). A *Sweetstar* hibrid esetében is jelentősebb prolinfelhalmozást mértünk (*Neosol*: 1,9 µmol/g; *Explorer 21*: 3,1 µmol/g; *Riolittufa*: 2,6 µmol/g; kontroll: 7,1 µmol/g). Lényegesen kevesebb prolint halmoztak fel a sótűrőbbnek bizonyuló *GSS3071* (*Neosol*: 0,5 µmol/g; *Explorer 21*: 0,7 µmol/g; *Riolittufa*: 1,0 µmol/g; kontroll: 1,8 µmol/g) és *GSS8529* (*Neosol*: 0,8 µmol/g; *Explorer 21*: 1,1 µmol/g; *Riolittufa*: 0,9 µmol/g; kontroll: 1,9 µmol/g) hibridek. Azonban ezek a különbségek csak a *Neosollal* és *Explorer 21*-gyel kezelt *GSS3071* hibrid javára bizonyultak statisztikailag igazolhatónak.

4.2.4. Pearson-féle korrelációs számítás a sóstressz kísérlet eredményeire vonatkozóan

Pearson-féle korrelációs számítással határoztuk meg az alkalmazott talajjavító készítmények (kezelés), illetve a genotípusok és a vizsgált paraméterek (csuhés csótömeg, csuhélevél nélküli csótömeg, csőhosszúság, szemsorszám, prolintartalom) közötti összefüggéseket (17. táblázat). Vizsgálataimban a 0,4 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,4–0,6 közötti

értékeket közepesnek, míg a 0,6 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

17. táblázat: A Pearson-féle korrelációs számítás eredményei a sóstressz kísérletben

		CSUHÉS CSŐTÖMEG	CSUHÉ NÉLKÜLI CSŐTÖMEG	SZEM- SORSZÁM	CSŐ- HOSSZÚSÁG	PROLIN- TARTALOM
2020	kezelés	0,474	0,490	0,127	0,103	-0,171
	genotípus	0,158	0,167	0,326	0,211	-0,200
2021	kezelés	0,277	0,307	0,156	0,167	-0,314
	genotípus	0,092	0,176	0,295	0,368	-0,374
2022	kezelés	0,739	0,737	0,118	0,189	-0,325
	genotípus	0,260	0,208	0,218	0,315	-0,522

A legkisebb sóterheléssel jellemezhető évjáratban, a 2020-as kísérleti évben, közepes mértékű korrelációs kapcsolatot mutatkozott a talajjavító anyagok alkalmazása és a csuhés-, illetve csuhé nélküli csőtömegeredmények között. A 2021-es évben szintén nagyobb mértékben befolyásolta ezeket az eredményeket a talajjavítás, azonban ez gyenge korrelációnak minősült. A legnagyobb sóterheléssel jellemezhető, utolsó kísérleti évben mutatkozott a legszorosabb kapcsolat a talajjavítás és a csőtömeg eredmények között. A szemsorszám és a csőhosszúság eredményeit tekintve kizárólag gyenge korreláció mutatkozott, azonban ezekre a paraméterekre a genotípusválasztás gyakorolt kedvezőbb hatást mindhárom évben. A prolintartalom esetében pedig, a korrelációs számítás alapján, megállapítható, hogy a genotípusválasztás hatására halmozódott fel kevesebb mennyiségű prolin a csemegekukoricában kísérleti körülményeink között, mely korreláció a legsóterheltebb 2022-es évben volt a legszorosabb.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Napjainkban a klímaváltozás igen súlyosan hat a mezőgazdasági termesztésre, hiszen egyre gyakoribbak a súlyos fagy-, illetve aszálykárok, a hirtelen lezúduló, nagy intenzitású esőzések, amelyek az élelmezési szempontból legfontosabb növényeket is sújtják, illetve a talajok erodálásában is szerepük van. Ezekben a kritikus időszakokban legfőbb feladatunknak számít, hogy évről-évre biztosítsuk a fenntartható gazdálkodáshoz az egyik legnagyobb termelőeszközünk, a termőföld megfelelő víz- és tápanyagszolgáltató képességét, illetve a termésbiztonságot és a megfelelő termésminőséget. A növénytermesztés esetében a termelés minőségének fenntartása az egyik legfontosabb feladat, amelyet megfelelő fajtaválasztással lehet elsősorban biztosítani. Előtérbe kell helyezni a kedvezőtlen adottságok ellenére megfelelő csírázási százalékkal, fokozott hő- és aszályállósággal rendelkező genotípusok alkalmazását.

A kukoricatermesztés színvonalát, a realizált termésátlagokat, a termelés agronómiai és ökonómiai hatékonyságát, a biológiai alapok (hibrid), az agroökológiai feltételek és az alkalmazott agrotechnika interaktív kapcsolatrendszerre és adaptációja határozza meg. (Az agrotechnikai elemek optimalizálásával csökkenteni lehet a kedvezőtlen klimatikus hatásokat, melynek következtében nagy termés és jobb termésstabilitás érhető el a gabona agroökoszisztémákban (Pepó, 2007; 2012; Ssemugenze, 2024).

A hidegstressz kísérlet növényvizsgálati eredményei alapján levont következtetések

A SPAD és NDVI mérések alapján megállapítható, hogy a palántanevelés kezdetétől alkalmazott hidegstressz, azaz a palánták edzése mind a négy kísérleti évben kedvezően hatott a fotoszintetikus aktivitást jelző paraméterekre, azonban ezek a különbségek kizárólag 2022-ben voltak statisztikailag igazolhatóak. Az alkalmazott hibridek közül 2 évben is a *Sweetstar* hibrid esetében mutattuk ki a legintenzívebb fotoszintetikus aktivitást a SPAD és NDVI értékek alapján, azonban a *Gyöngyhajnal* hibrid is jól teljesített 2021-ben. A kísérleti körülményeink között legnagyobb fotoszintetikus aktivitással jellemezhető, edzett palántanevelésből származó hibridek mindegyikénél 58 feletti SPAD értékeket mértünk, amely egyezik Uçak et al. (2016) kutatási eredményeivel, miszerint a csemegekukorica SPAD értékei optimális körülmények között 58 és 64 között alakulnak. Kutatómunkánk során igazolható, hogy a SPAD és NDVI értékek alakulása korrelációt mutat, tehát a legjobb SPAD értékekkel jellemezhető hibridek jellemezhetőek a legjobb NDVI értékekkel is. Ezt a tényt Simon et al. (2022) kutatása is igazolja.

A csuhés csőtömeg eredményeket tekintve megállapítható, hogy évjáráthatástól függetlenül az edzett palántanevelés mindegyik genotípus esetében kedvező hatást gyakorolt erre a paraméterre. A

csuhés csőtömeget tekintve mind a 4 kísérleti évben a leghidegtűrőbbnek a *Sweetstar* hibrid bizonyult.

A csuhélevél nélküli csőtömeg eredményeket elemezve megállapítható, hogy a legtöbb esetben az edzett palántanevelés módszerével szignifikánsan magasabb értékeket kaptunk, az évjárathatástól függetlenül. A vizsgált genotípusok közül még a legdrasztikusabb hidegstresszel jellemezhető évben (2019) is statisztikailag igazolhatóan a *Sweetstar* hibrid volt jellemezhető a legnagyobb csuhés csőtömegeggel.

A hidegstressz kísérletben vizsgált palántanevelési módok statisztikailag igazolható, egyértelmű különbségeket egyik évben sem eredményeztek a szemsorszámban. A hibridek közül azonban több év esetében is a *Gyöngyhajnal* genotípus emelkedett ki ezt a minőségi paramétert tekintve.

A különböző palántanevelési módok csőhosszúságára gyakorolt hatásának vizsgálata alapján megállapítható, hogy 2 évjáratban is statisztikailag igazolhatóan hosszabb csöveket neveltek az edzett palántanevelésű növények. A vizsgált genotípusok közül a *Sweetstar* hibrid emelhető ki, ugyanis az edzett palántanevelés hatására egyedül ez a hibrid volt képes meghaladni a fajtaleírásban szereplő átlagos csőhosszúság értéket. Orosz (2020) kutatása is azt bizonyítja, hogy a *Sweetstar* hibrid környezeti változásokhoz való alkalmazkodóképessége rendkívüli, melynek során a főbb paraméterek (csuhés csőtömeg, csuhélevél nélküli csőtömeg, csőhosszúság, szemsorszám) esetében sem adódtak negatív változások.

A prolintartalom vizsgálat alapján megállapítható, hogy a hidegstressz alatt edzett palánták minden vizsgált genotípus esetében kevesebb prolint termeltek, mind a négy vizsgálati évben. Ez alapján arra következtethetünk, hogy az edzés hatására nagyobb volt a növények hidegstressz tűrőképessége, hiszen számos kutató igazolta már kutatásaival, hogy stresszhelyzetben a növényekben megnő a prolintartalom (Wu et al., 2022; Szabados és Savouré, 2010; Hayat et al., 2012; Liang et al., 2013, Phang et al., 2010). A legtöbb vizsgált paraméter esetében leginkább stressztoleránsnak bizonyult *Sweetstar* hibrid halmozta fel a legkevesebb prolint, azonban statisztikailag ez a megállapítás 5%-os szignifikanciaszint mellett nem volt igazolható.

Solemslie (2020) hidegstressztűrésre irányuló kutatásával azt bizonyította, hogy az sh_2 gént tartalmazó szuperédes genotípusok érzékenyebben reagálnak a hideghatásra, mint az su_1 és se géneket együttesen tartalmazó nugát típusok. Eredményeim alapján, miszerint a legtöbb vizsgált paramétert tekintve az edzett *Sweetstar* (szuperédes) hibrid bizonyult a legjobbnak, azt a következtetést lehet levonni, hogy hidegstressztűrés növelésére irányuló edzés által javítható a szuperédes fajtatípusok érzékenysége.

A sóstressz kísérlet növényvizsgálati eredményei alapján levont következtetések

A csuhés csőtömeg változásának nyomonkövetése alapján megállapítható, hogy a vizsgálatban szereplő hibridek közül a legkevésbé sóérzékeny hibridnek a *GSS3071*, míg a legsóérzékenyebbnek a *Tyson* bizonyult. Mindhárom talajjavításra alkalmas készítmény statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhés csőtömeget eredményezett a leginkább sóterheltnak minősülő 2022-es évben, melyek közül a sótűrőnek bizonyuló *GSS3071* hibrid esetében az *Explorer 21* és a *Riolittufa* kezelések statisztikailag igazolhatóan is kiemelkedtek. A csuhé nélküli csőtömeget tekintve hasonló eredményeket kaptam, mint csuhés csőtömeg esetében, mindhárom talajjavító készítmény statisztikailag igazolhatóan nagyobb fosztott csőtömeget eredményezett a legsóterheltebb 2022-es évben, a kevésbé sóérzékeny hibridek esetében a *Riolittufa* kezelés eredményezett statisztikailag igazolhatóan pozitív hatást. Findura et al. (2022) és Novák et al. (2021) kutatási eredményei is azt bizonyítják, hogy a talajjavító anyagok alkalmazásával a talajélet és a talaj szerkezetének javulása mellett a növényi termésprodukciónak is pozitívan hatnak.

A vizsgált talajjavító készítmények kedvező hatást gyakoroltak a csőhosszúságra, a vizsgált hibridek még a nagyobb sóstressznek kitett években is elérték a fajtaleírásban szereplő csőhosszúság értékeket. A 3 éves adatok alapján számított átlagos csőhosszúságok a *Neosol*, *Explorer 21*, illetve *Riolittufa* kezeléseknél 20,9; 21,5; 21,6 cm-re adódtak a *GSS3071* hibridnél, 20,9; 20,7; 21,2 cm-re a *Sweetstar* hibridnél, illetve 21,8; 21,9; 22,3 cm-re a *GSS8529* hibridnél.

Hasonlóan pozitívan hatottak a talajjavító szerek a vizsgált hibridek szemsorszámára is. A jellemzően 16-18 szemsorszámú *GSS3071* hibridnél a három év átlagában 16,0; 16,3; 16,5 szemsorszámot mértem a *Neosol*, *Explorer 21*, illetve *Riolittufa* kezelések eredményeként. A 14-16 szemsorszámmal jellemezhető *Sweetstar* esetében 15,7; 15,7; 15,9 átlagos szemsorszámot mértem ugyanezen kezeléseknél. A fajtaleírás szerint 18-20 szemsorszámú *GSS8529* hibrid 18,2; 18,7; 17,9 szemsorszámot produkált a kezelések fenti sorrendjében a három év átlagában.

A termés nagyságát tekintve összességében megállapítható, hogy a hibridek közül háromnál is (*Tyson*, *Sweetstar*, *GSS8529*) a kísérlet kezdetén, a legkisebb sóterheléssel jellemezhető évben (2020) a *Riolittufa* alkalmazásával érték el a legmagasabb termésátlagot. A hibridek közül ebben az évben a *Tyson* teljesített a legjobban mindhárom kezelés esetében (*Neosol*: 11,5 t/ha; *Explorer 21*: 12,5 t/ha; *Riolittufa*: 12,7 t/ha). 2021-ben, amikor már jelentősebb sóterhelést idéztünk elő az öntözéssel, a kezelések közül szintén a *Riolittufa* bizonyult a legjobbnak mind a négy hibrid esetében. A hibridek közül a *GSS3071* (16,9 t/ha) termésátlaga lett a legmagasabb, amelyet a *GSS8529* követett 14,6 t/ha termésátlaggal a *Riolittufás* kezelés mellett. A kutatómunka utolsó évében, a legnagyobb sóterhelés mellett, szintén a *Riolittufa* kezeléssel érték el a legnagyobb termésátlagot a *GSS8529* hibriddel. Emellett a *GSS3071*, a *Sweetstar* és a *Tyson* hibridek esetében a

Neosol hatására mutatkoztak a legjobb eredmények. Eredményeinket Bocianowski et al. (2024) kutatásai is igazolják, miszerint az általuk tesztelt hibridek közül, a GSS3071 és GSS8529 hibridek terméspotenciáljukat különböző évjáráthatások esetében is rendkívül stabilan tartják.

A prolinfelhalmozás nyomon követésével megállapítható volt a csemegekukorica genotípusok sótűrőképességének mértéke. A prolinfelhalmozás alapján a legsóérzékenyebb hibridnek a *Tyson* bizonyult, mivel több esetben is statisztikailag igazolhatóan több prolint halmozott fel, mint a másik 3 hibrid. Ezt a megfigyelést egy korábbi tenyészedényes kísérlet (Sinka et al., 2022) prolinvizsgálati eredményei is igazolják: sóterhelés mellett a *Tyson* hibrid szignifikánsan több prolint halmozott fel, mint a *Sweetstar*. Karimi et al. (2017), illetve Cha-Um és Kirdmanee (2009) is arra a megállapításra jutottak, hogy a felhalmozódott prolin mennyisége szignifikánsan magasabb a sóérzékenyebb kukorica genotípusokban, mint a sótűrőbbekben. A vizsgált talajjavító készítmények prolinfelhalmozást csökkentő hatását statisztikailag igazolhatóan nem tudtam kimutatni. Ennek az lehet az oka, hogy nemcsak a sóterhelés mértéke, hanem egyéb környezeti tényezők (évjáráthatás) is jelentős befolyással bírnak a növényi stresszhormonnak tekinthető prolin felhalmozásában. Tehát egy hibrid sóérzékenységet csak abban az esetben tudjuk megállapítani kizárólag a prolinfelhalmozódás mértékéből, ha a további környezeti stressztényezőket ki tudjuk zárni, mint például egy zárt termesztőberendezésben való tenyészedényes vizsgálat során, ezt igazolja Mansour és Ali (2007) is, miszerint szántóföldi körülmények között nehezebb a prolintermeléssel kapcsolatos összefüggések kimutatása.

A sóstressz kísérlet talajvizsgálati eredményei alapján levont következtetések

A talajjavító készítmények a 0-60 cm-es talajréteg sókészlet változására gyakorolt hatásának vizsgálata alapján megállapítható, hogy leginkább a *Riolittufa* ajánlott sóterhelt környezet sókimosódásának elősegítését biztosító talajszerkezet fenntartására. Pozitív hatását már egy éves alkalmazás esetén is egyértelműen ki tudtuk mutatni, mely alátámasztja több kutató által is bizonyított, talajszerkezetre gyakorolt pozitív hatását (Kamel et. al, 2019; Szeleccki et al., 2023). Emiatt javasoljuk a jelenlegi öntözővíz minősítési szabályozás újragondolását, ami lehetővé tenné a jelenleg érvényben lévő 500 mg/l összes oldott sótartalom feletti értékekkel jellemezhető öntözővizek használatát is, okszerű talajjavítás mellett. A *Neosol* talajkondicionáló készítmény is ajánlható ilyen célra, melyet Šindelková et al. (2019) kutatási eredményei is bizonyít, azonban figyelembe kell venni az alkalmazásával kapcsolatban, hogy aszályosabb periódusban lassabb a káros sók mélyebb rétegekbe történő kimosódása. Ezt főként azért fontos megjegyezni, mert a klímaváltozásnak köszönhetően egyre gyakoribbak az időjárási szélsőségek, amelyek hosszabb aszályos periódusokat eredményeznek. A *Neosol* egyértelmű pozitív hatásának igazolásához

érdeemes lenne még legalább egy olyan évben vizsgálni a hatását, amikor a tenyészidőszak csapadékszegény. Az *Explorer 21* készítménynek a talaj szerkezetére (káros sók kimosódását elősegítő állapot elérésére, fenntartására) gyakorolt pozitív hatása nem igazolódott egyik évben sem.

A kezelések talaj nedvességkészségére gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapítható, hogy a 4.2.2.1. fejezetben leírtaknak megfelelően a legjobb sókimosódást elősegítő hatású talajjavító szer, azaz a *Riolittufával* való kezelés esetében adódtak a legkedvezőbb eredmények a 0-40 cm-es réteg nedvességkészségében. Ez az eredmény alátámasztja Bakacsi et al. (2016) kutatási eredményeit is, miszerint a riolittufa mállása elősegíti a nedvességmegőrzést. Arra a következtetésre jutottam, hogy amellett, hogy talajjavító anyag alkalmazásával a káros, másodlagos szikesedést okozó sók a mélyebb rétegekbe tudnak mosódni, a talaj nagyobb nedvességtartalma kedvezőbb környezetet biztosít a természetű növények számára.

A csemegekukorica öntözésének kérdése összetett. A klímaváltozási scenáriók alapján Magyarországon az évi átlaghőmérséklet 2040-ig 1,8 °C-kal is emelkedhet, a csapadék mennyisége pedig akár 40 milliméterrel is csökkenhet az 1990 előtti évtizedekhez képest. Erre a mezőgazdaságnak, így csemegekukorica termesztőknek is fel kell készülnie. Az öntözésfejlesztésre a piac nagyszámú precíziós megoldást kínál, pl. a precíziós tervezést és gépméret-optimalizálást, a GPS vezérelt saroköntöző egységek vagy az internet alapú távvezérlő egységek alkalmazását. Olyan számítógépes programokkal is találkozhatunk, amikkel megtervezhető a kiválasztott táblán az öntözéshez leginkább alkalmas technikai megoldás és információkhoz juthatunk a beöntözött területtel kapcsolatosan is.

Az öntözésfejlesztés problémái közül meg kell említeni a gabonaágazat túlsúlyát, a földhasználati, a tulajdoni, a természet- és környezetvédelmi, valamint a vízgazdálkodási adatbázisok összekapcsolásának hiányát, a csatornarendszerek (öntöző, belvíz és kettős üzemű csatornák) és az egyéb vízi létesítmények pontos számbavételének a hiányosságát, a tisztázatlan a tulajdonviszonyokat, a vízszolgáltatás térítésmentes volta ellenére magas vízszállítási és üzemi költségeket, illetve azt, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodás inkább a vízelvezetést tekinti feladatának, míg aszályos évjáratban az öntözésre nem jut elegendő víz.

Az eredményeim alapján megfogalmazott további javaslataimat a 7. fejezetben, a gyakorlatban alkalmazható eredmények között ismertetem.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy kifejezetten nagy napi hőingásokkal jellemezhető évjáratban (mint 2022) a palántanevelési időszak alatt alkalmazott drasztikus hidegstressz edzés hatására statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb SPAD (51,7-58,7) és NDVI (0,75-0,78) értékekkel jellemezhetők a vizsgált hibridek.
2. Megállapítottam, hogy a hidegstressz kísérletben alkalmazott palántanevelési módok közül az edzett palántanevelési mód pozitívan befolyásolta a csemegekukorica csuhés és csuhélevél nélküli csőtömegét. Az évek átlagában a legnagyobb mértékben a *Sweetstar* hibridnél eredményezett többletet, a csuhés csőtömeg esetében 26,1%-kal, a csuhé nélküli csőtömeg esetében pedig 25,2%-kal.
3. A vizsgált genotípusok közül a leginkább hidegtoleránsnak a *Sweetstar* hibrid bizonyult, amely a teljes vizsgálati időszakot tekintve, a csuhés- és csuhélevél nélküli csőtömeg eredményekben és a prolinfelhalmozás mértéke alapján a stressztűrésben, illetve a 2021-2022 időszakban a SPAD és NDVI értékekben is felülmúlta a többit.
4. A sóstresszkísérlet vizsgálati eredményei alapján megállapítottam, hogy a kísérletben alkalmazott talajjavításra alkalmas készítmények hatására statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a csuhés- és a csuhélevél nélküli csőtömeg. Az évek és a genotípusok átlagában a kontrollhoz viszonyítva a *Riolittufa* kezelés bizonyult a legkedvezőbbnek, a csuhés csőtömeg esetében 27%-kal, a csuhé nélküli csőtömeg esetében 34,9%-kal.
5. A prolinfelhalmozás mértékének vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a legsóérzékenyebb hibrid a *Tyson*. Az évek és a talajjavításra irányuló kezelések átlagában a *Tysonnak* a legnagyobb a prolinmennyisége (6,5 $\mu\text{mol/g}$), amely 56,9%-kal nagyobb, mint a legkevesebb prolint felhalmozó, legsótűrőbb *GSS3071* értéke (3,7 $\mu\text{mol/g}$).
6. A talajjavító készítmények a 0-60 cm-es talajréteg sókészletének változására gyakorolt hatásának vizsgálata alapján megállapítottam, hogy sóterhelt környezetben leginkább a *Riolittufa* alkalmas a káros sók kimosódásának elősegítését biztosító talajszerkezet kialakítására és fenntartására. A *Riolittufa* kezelés talajra gyakorolt pozitív hatása a terméseredményekben is manifesztálódott. Az évek és a hibridek átlagát tekintve, a kontrollhoz viszonyítva 27,2%-kal volt nagyobb a termésátlag a *Riolittufa* kezelésnek köszönhetően.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A hidegstressz kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a palántanevelés kezdeti időszakától alkalmazott folyamatos hidegstressz olyan mértékű edzettségi állapotot biztosít a korai időszakban termesztett csemegekukorica számára, amely nemcsak a növénykondícióra gyakorol pozitív hatást, hanem a termésmennyiségi- és minőségi paraméterekben is megmutatkozik. Tehát palántaneveléssel szaporított korai csemegekukoricatermesztésben a palánták előállításakor érdemes drasztikusabb edzést alkalmazni.

2. A hidegstressz kísérletben alkalmazott genotípusok között lényeges különbségek adódtak a termésmennyiségi- és minőségi paramétereket tekintve. A Syngenta *Sweetstar* hibridje a legtöbb vizsgált paraméter esetében statisztikailag igazolhatóan kitűnt a többi genotípus közül, így korai csemegekukoricatermesztéssel foglalkozó gazdálkodók számára biztonsággal ajánlható ezen hibrid alkalmazása.

3. A sóstresszkísérlet növényvizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy a kísérletben alkalmazott talajjavításra alkalmas szerek közül sóterhelt környezetben nevelkedett csemegekukorica legtöbb termésminőségi és termésmennyiségi paraméterére a *Riolittufa* kezelés eredményezett statisztikailag igazolható többletet. Tehát a *Riolittufa* alkalmazásával még az egyre fokozódó másodlagos szikesítő hatás mellett is lehet eredményesen csemegekukoricatermesztést folytatni.

4. Egyértelműen a Syngenta *GSS3071* hibridje bizonyult a legsótűrőbbnek a legtöbb vizsgált paramétert tekintve. Tehát a *GSS3071* hibrid kifejezetten ajánlott a sótartalmat tekintve, kedvezőtlenebb adottságokkal jellemezhető talajok fenntartható hasznosítására. A *GSS3071* hibrid mellett még a Syngenta *GSS8529* hibridje is több paramétert tekintve ígéretesnek bizonyult, így ez a hibrid is perspektivikus lehet a kedvezőtlenebb adottságú területek hasznosítására. Ezzel szemben a *Tyson* hibrid sóterhelt környezetben való termesztése egyáltalán nem ajánlott.

5. Talajjavító és talajkondicionáló szerek alkalmazásával nemcsak a káros sók mélyebb rétegekbe történő kimosódása biztosítható, de a talaj szerkezetének javításával annak vízkapacitása és nedvességszolgáltató képessége is növelhető. A sóhatás (szikesség) mérséklésével fenntartható termesztéstechnológia biztosítható akár a kedvezőtlenebb agroökológiai adottságokkal rendelkező, az elsődleges vagy másodlagos szikesedés veszélyének kitett, de öntözhető területeken, így azok bevonhatók a csemegekukoricatermesztésbe.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarország zöldségtermesztési ágazatában kiemelkedő szerepe van a csemegekukorica termesztésének. Korábban egyértelműen kijelenthető volt, hogy a hazai talajtani tényezők mellett a klimatikus tényezők is igen kedvezőek a csemegekukorica termesztéséhez, azonban manapság egyre gyakoribbá váltak az időjárási szélsőségek, amelyek negatívan befolyásolják a sikeres termesztést. A versenyképes magyarországi csemegekukorica termesztéshez, kiemelt szerepe van továbbá az öntözésnek, azonban az öntözővíz minősége nem minden termeszítőterületen megfelelő. Mivel a népesség nagyon gyorsan növekszik, így a föld- és vízkészletek olyan volumenben vannak használva, amely a jó minőségű mezőgazdasági területeket és az édesvízkészleteket már kizsigereli. Nyilvánvaló, hogy hosszútávra vonatkozóan mindenképp javasolt a kedvezőtlen adottságú földterületek és vízkészletek termelésbe vonása (Abdul és Mahmood 2012).

Mivel a magyar csemegekukorica iránti igény vitathatatlan, ezért találtam érdemesnek vizsgálni, hogy hogyan lehet fenntartani a termésbiztonságot az időjárási extremitások ellenére. Emellett pedig azt is, hogy hogyan lehet a kedvezőtlenebb adottságokkal (nagy sótartalmú öntözővíz) jellemezhető területeket termelésbe vonni annak érdekében, hogy növelhető legyen a termeszítőfelület.

Különböző csemegekukorica hibridek hidegstressz tűrésének megállapítására irányuló kísérletet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézetének (DE AKIT DTTI) Arborétum és Bemutatókertjében végeztük 2019-2022 között. A kísérletben a *Gyöngyhajnal*, a *Nugat 72*, a *Strongstar*, illetve a *Sweetstar* hibrideket alkalmaztam. A hidegstresszel szembeni válaszreakciók vizsgálatára vonatkozó kísérlet során két eltérő (normál és edzett) palántanevelési móddal neveltünk csemegekukorica palántákat formálódó 5 leveles állapotig.

A kutatómunka másik része azon a gondolatmeneten alapszik, hogy a szikes, vagy szikesedésre hajlamos (sós vizekkel jellemezhető) területeken is érdemes vizsgálni a növénytermesztési lehetőségeket, hiszen a Föld rohamosan növekvő népességével lépést kell tartani az ágazatnak. Kísérletünket előzetes kutatások eredményeire alapozva állítottuk be a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Karcagi Kutatóintézetében (volt DE AKIT Karcagi Kutatóintézet). A térségre jellemző, nagy sótartalmú vízzel öntöttünk 6 különböző hibridet (*GSS5649*, *GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*, *Overland*) vontuk be a kísérletbe, 2019-ben, melyek közül a 4 legjobban teljesítő hibridet (*GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*) vizsgáltuk tovább (egyfajta szelektálást elvégezve) 2020-2022 közötti időszakban. 2019-ben 2 (*Explorer 21*, *Neosol*), míg 2020-tól 3 (*Explorer 21*, *Neosol*, *Riolittufa*) talajjavításra alkalmas szert vizsgáltunk.

A hidegstressz kísérlet növényvizsgálati eredményei alapján a következő megállapításokat tehetjük:

A SPAD és NDVI mérések alapján megállapítható, hogy a palántanevelés kezdetétől alkalmazott hidegstressz, azaz a palánták edzése kedvezően hatott mind a négy kísérleti évben. Az alkalmazott hibridek közül 2 évben is a *Sweetstar* hibrid esetében mutattuk ki a legintenzívebb fotoszintetikus aktivitást a SPAD és NDVI értékek alapján. A csuhés csőtömeg eredményeket tekintve megállapítható, hogy évjáráthatástól függetlenül az edzett palántanevelés kedvező hatást gyakorolt erre a paraméterre mindegyik genotípus esetében. A csuhés csőtömeget tekintve a leghidegtűrőbbnek a *Sweetstar* hibrid bizonyult mind a 4 kísérleti évben.

A csuhélevél nélküli csőtömeg eredményeket vizsgálva megállapítható, hogy a legtöbb esetben az edzett palántanevelés hatására szignifikánsan nagyobb eredményeket értünk el évjáráthatástól függetlenül. A vizsgált genotípusok közül a legnagyobb csuhés csőtömeeggel a *Sweetstar* hibrid volt jellemezhető.

A különböző palántanevelési módok csőhosszúságára gyakorolt hatásának vizsgálata alapján megállapítható, hogy 2 évjáratban is statisztikailag igazolhatóan hosszabb csöveket neveltek a kutatómunka során alkalmazott edzett palántanevelésű genotípusok, melyek közül a *Sweetstar* hibrid emelhető ki, ugyanis az edzett palántanevelés hatására egyedül ez a hibrid volt képes meghaladni a fajtaleírásban szereplő átlagos csőhosszúság értékét.

A prolintartalom vizsgálat alapján megállapítható, hogy az edzett palántanevelés hatására a kísérletben alkalmazott genotípusok mindegyike kevesebb prolint termelt mind a négy vizsgálati évben, amely arra utal, hogy az edzés hatására nagyobb volt a növények hidegstressz tűrőképessége.

A sóstressz kísérlet növényvizsgálati eredményei alapján a következő megállapításokat tehetjük:

A csuhés csőtömeg változásának nyomonkövetése alapján megállapítható, hogy a legkevésbé sóérzékeny hibridnek a *GSS3071*, míg a legsóérzékenyebbnek a *Tyson* bizonyult. Mindhárom talajjavításra alkalmas készítmény statisztikailag igazolhatóan nagyobb csuhés csőtömeget eredményezett a leginkább sóterheltnak minősülő 2022-es évben.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgálatban szereplő hibridek csuhé nélküli csőtömegét tekintve, a legkevésbé sóérzékeny hibridnek a *GSS3071*, míg a legsóérzékenyebbnek a *Tyson* bizonyult. Mindhárom talajjavításra alkalmas készítmény statisztikailag igazolhatóan nagyobb fosztott csőtömeget eredményezett a legsóterheltebb 2022-es évben.

A csőhosszúság tekintetében a 2020-2022-es évek átlagát nézve összességében megállapítható, hogy a *GSS3071*, a *Sweetstar* és a *GSS8529* hibridek esetében a talajjavító készítmények olyan

mértékű kedvező hatást gyakoroltak erre a paraméterre, hogy a nagyobb sóstressznek kitett években adódott kedvezőtlenebb csőhosszúság értékeket is olyan mértékben befolyásolták, hogy megfeleltek a fajtaleírásban szereplő csőhosszúság paramétereknek. A 3 éves átlagot tekintve a legtöbb esetben a *Riolittufa* kezelés hatására volt nagyobb a csőhosszúság.

A szemsorszám tekintetében a 2020-2022-es évek átlagát nézve összességében megállapítható, hogy a *GSS3071*, a *Sweetstar* és a *GSS8529* hibridek esetében a talajjavító készítmények a nagyobb sóstressznek kitett években is olyan mértékben befolyásolták a szemsorszám értékeket, hogy megfeleltek a fajtaleírásban szereplő paramétereknek. A 3 éves átlagot tekintve a *Riolittufa* kezelés hatására mértük a legkedvezőbb eredményeket a szemsorszámokban.

A hibridek közül a *GSS3071* (16,9 t/ha) termésátlaga lett a legjobb, amelyet a *GSS8529* követett 14,6 t/ha termésátlaggal a *Riolittufás* kezelés mellett 2021-ben. A kutatómunka utolsó évében a legnagyobb sóterhelés mellett a kezelések közül a *Riolittufa* kezeléssel értük el a legnagyobb termésátlagot a *GSS8529* hibriddel.

A prolinfelhalmozás alapján a legsóérzékenyebb hibridnek a *Tyson* bizonyult, mivel több esetben is statisztikailag igazolhatóan több prolint halmozott fel, mint a másik 3 hibrid. Ezt a tényt egy korábbi tenyészedényes kísérlet (Sinka et al., 2022) prolinvizsgálati eredményei is igazolják, melyben a *Sweetstar* és a *Tyson* hibridek sóterhelése esetében a *Tyson* hibrid szignifikánsan több prolint halmozott fel, mint a *Sweetstar* hibrid. Az egyes talajjavító készítmények javára egyértelmű, statisztikailag igazolható különbségek a prolinfelhalmozás mértékének csökkentésében nem adódtak.

A sóstressz kísérlet talajvizsgálati eredményei alapján levont következtetéseink a következők:

A talajjavító készítmények a 0-60 cm-es talajréteg sókészletének változására gyakorolt hatásának vizsgálata alapján megállapítható, hogy leginkább a Rioltufa ajánlott sóterhelt környezet sókimosódásának elősegítését biztosító talajszerkezet fenntartására. Pozitív hatását már egy éves alkalmazás esetén ki tudtuk mutatni egyértelműen. A *Neosol* talajkondicionáló készítmény is ajánlható ilyen célra csapadékosabb évjáratban, azonban figyelembe kell venni az alkalmazásával kapcsolatban, hogy aszályosabb periódusban lassabb a káros sók mélyebb rétegekbe történő kimosódása.

A kezelések talaj nedvességkészletére gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapítható, hogy a Rioltufa kezelés esetében adódtak a legkedvezőbb eredmények a 0-40 cm-es réteg nedvességkészletében. Tehát beigazolódott, hogy ha egy talajjavító anyag alkalmazásával a káros, másodlagos szikesedést okozó sók a mélyebb rétegekbe tudnak mosódni, kedvezőbb nedvességtartalmú környezet biztosított a természetett növények számára.

9. SUMMARY

Sweet corn production plays a prominent role in the vegetable growing sector of Hungary. Previously, it was clearly stated that domestic soil factors and climatic factors are also very favourable for sweet corn growing, but nowadays weather extremes have become more and more frequent, which negatively affect the success of the cultivation. Irrigation also plays a key role in competitive sweet corn growing in Hungary, but the quality of irrigation water is not adequate in all growing areas. As the population is growing very rapidly, land and water resources are being used at volumes that are already eviscerating these resources. In the long term, it is definitely recommended to put less favoured land and water resources into production (Abdul and Mahmood 2012).

Since the demand for Hungarian sweet corn is indisputable, it is worth examining how crop safety can be maintained despite weather extremes, furthermore how can turn areas with less favourable conditions (irrigation water with high salt content) into production in order to increase the growing area.

The experiment aimed to determine the tolerance of various sweet corn hybrids to cold stress was carried out in the Arboretum and Demonstration Garden of Institutes for Agricultural Research and Educational Farm of the University of Debrecen between 2019 and 2022. In the experiment, I used *Gyöngyhajnal*, *Nugat 72*, *Strongstar*, and *Sweetstar* hybrids. In this experiment, we investigated the responses of the plants to cold stress. Sweet corn seedlings were grown with two different seedling methods (normal and trained) up to the 5-leaf stage of sweet corn seedlings.

The other part of the research is based on the idea that it is worth examining crop production possibilities in areas prone to salinity or salinization (characterized by salt waters), since the sector has to keep up with the rapidly growing population of the Earth. Our experiment was set up based on the results of preliminary research at the Karcag Research Institute of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (former Karcag Research Institute of Institutes for Agricultural Research and Educational Farm of the University of Debrecen). 6 different hybrids (*GSS5649*, *GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*, *Overland*) were irrigated with saline water which is typical of the region in 2019. The 4 best-performing hybrids (*GSS3071*, *GSS8529*, *Sweetstar*, *Tyson*) were further investigated (performing a kind of selection) between 2020-2022. In 2019, we examined 2 soil amendments (*Explorer 21*, *Neosol*), while from 2020, 3 (*Explorer 21*, *Neosol*, *Rhyolith tuff*) were involved in the experiments.

Conclusions based on the plant examination results of the cold stress experiment:

Based on the SPAD and NDVI measurements, it can be concluded that cold stress applied from the beginning of seedling growing, had a positive effect in all four experimental years. Among the hybrids used, the *Sweetstar* hybrid showed the most intense photosynthetic activity in 2 years based on SPAD and NDVI values. Regarding the ear weight with husk results, it can be stated that regardless of the annual effect, trained seedling growing had a beneficial effect on this parameter for all genotypes. In terms of ear weight with husk, the *Sweetstar* hybrid proved to be the most cold-tolerant in all 4 experimental years.

Examining the results of the ear weight without husk leaves, it can be concluded that in most cases significantly higher results were achieved as a result of trained seedling growing, regardless of the annual effect. Of the genotypes studied, the *Sweetstar* hybrid was characterized by the highest ear weight with husk.

Based on the examination of the effect of different seedling growing methods on the ear length, it can be established that the hardened seedling genotypes used during the research work produced statistically longer ears even in 2 years. The *Sweetstar* hybrid can be highlighted, as this hybrid was the only hybrid able to exceed the average ear length value indicated in the variety description as a result of trained seedling growing.

Based on the proline content test, it can be concluded that as a result of trained seedling growing, all genotypes used in the experiment produced less proline in all four years of study, suggesting that training increased the plants' tolerance to cold stress.

Conclusions based on the plant examination results of the salt stress experiment:

Based on the results of the ear weight with husk leaves, it can be concluded that *GSS3071* was the least salt-sensitive hybrid, while *Tyson* proved to be the most salt-sensitive. All three soil conditioners resulted in statistically verifiably higher ear weights in 2022, which is considered to be the most salt-stressed year.

Overall, it can be stated that in terms of the ear weight without husk leaves, *GSS3071* was the least salt-sensitive hybrid, while *Tyson* proved to be the most salt-sensitive. All three soil improver agents suitable for soil reclamation resulted in statistically verifiably higher ear weight without husk leaves in 2022.

In terms of ear length, looking at the average of the years 2020-2022, it can be concluded that in the case of *GSS3071*, *Sweetstar*, and *GSS8529* hybrids, soil conditioners had such a beneficial effect on this parameter that they also influenced the less favourable ear length values in years exposed to

higher salt stress to such an extent that they corresponded to the ear length parameters included in the variety description. Looking at the 3-year average, in most cases the *Rhyolite* treatment resulted in a higher tube length.

In terms of kernel number of ears, looking at the average of the years 2020-2022, it can be stated that in the case of *GSS3071*, *Sweetstar*, and *GSS8529* hybrids, soil conditioners influenced the values of the kernel row number of ears to such an extent that they corresponded to the parameters set out in the variety description, even in years exposed to higher salt stress. Looking at the 3-year average, the effect of *Rhyolite* treatment resulted in the most favourable results in this parameter.

Among hybrids, the average yield of *GSS3071* (16.9 t/ha) became the best, followed by *GSS8529* with 14.6 t/ha in 2021 with *Rhyolite* treatment. In the last year of the research, with the highest salt stress, the *Rhyolite* treatment achieved the highest yield average with the *GSS8529* hybrid.

Based on proline accumulation, *Tyson* proved to be the most salt-sensitive hybrid, as it accumulated statistically more proline than the other 3 hybrids in several cases. This fact is confirmed by the proline test results of a previous pot experiment (Sinka et al., 2022), in which the *Tyson* hybrid accumulated significantly more proline than the *Sweetstar* hybrid under salt stress in *Sweetstar* and *Tyson* hybrids. There were no clear, statistically verifiable differences in the reduction of proline accumulation in favour of the soil conditioners.

Our conclusions based on the soil test results of the salt stress experiment are as follows:

Based on the study of the effect of soil conditioners on the change in the salt stock of the 0-60 cm soil layers, it can be concluded that *Rhyolite* is best recommended for maintaining the soil structure that promotes salt leaching in a salt-stressed environment. We were able to clearly demonstrate its positive effect after one year of use. The *Neosol* can also be recommended for this purpose in rainy seasons, however, it should be taken into account that in drought periods the leaching of harmful salts into deeper layers is slower. When examining the effect of treatments on soil moisture stock, it can be concluded that *Rhyolite* treatment yielded the most favourable results in the moisture reserve of the 0-40 cm layers. Thus, it has been proven that if harmful salts causing secondary salinization can be washed into deeper layers by using a soil conditioner, a more favourable moisture environment is provided for cultivated plants.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abbas, H. K. – Williams, W. P. – Windham, G. L. – Pringle III, H. C. – Xie, W. – Shier, W. T.: 2002. Aflatoxin and fumonisin contamination of commercial corn (*Zea mays* L.) hybrids in Mississippi. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 5246–5254.]
2. Abdul, R. – Mahmood, K.: 2012. Rehabilitation Of Saline Ecosystems Through Cultivation Of Salt Tolerant Plants. *Pakistan Journal Of Botany.* Pakistan 2012. *Worldcat*; V. 44(Si); Pp. 69-75 Issn 0556-3321
3. Ackerl I.: 2004. Csemegekukorica. In: Balázs S. (Szerk.) *Zöldségtermesztők kézikönyve.* Budapest, Mezőgazda Kiadó. 584-592 p.
4. Adams, R. M. – Hurd, B. H. – Lenhart, S. – Leary, N.: 1998. Effects of global climate change on agriculture: An interpretative review. *Climate Research* 11(1), 19–30.
5. Alcázar, R. – Marco, F. – Cuevas, J. C. – Patron, M. – Ferrando, A. – Carrasco, P. – Altabella, T.: 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnology letters*, 28(23), 1867-1876.
6. Aldrich, S. R. – Inglett, G. E.: 1970. *Corn Culture, Processing, Products.* The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut
7. Allakhverdiev, S. I. – Sakamoto A. – Nishiyama Y. – Inaba, M. – N. Murata.: 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystem I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol.*, 123: 1047-1056.
8. Amer, K. H.: 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agricultural water management*, 97(10), 1553-1563.
9. Anjum, M. A.: 2008. Effect of NaCl concentrations in irrigation water on growth and polyamine metabolism in two citrus rootstocks with different levels of salinity tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum* 30(1), 43–52. DOI: 10.1007/s11738-007-0089-3.
10. Árendás T. – Bónis P. – Sugár E. – Fodor N. – Spitkó T. – Marton L. Cs.: 2018. Művészetek zöldje. Kukorica N-műtrágyázási kísérletek eredményei Martonvásárról. *Agrofórum extra* 77. 32-34.
11. Aroca, R. – Porcel, R. – Ruiz-Lozano, J. M.: 2012. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *J. Exp. Bot.*, 63, 43–57.
12. Asghar, H. N. – Setia, R. – Marschner, P.: 2012. Community composition and activity of microbes from saline soils and non-saline soils respond similarly to changes in salinity. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 47, pp. 175–178.

13. Ashraf, M. – Foolad, M. R.: 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Env. Exp. Bot.* 59(2), 206-216.
14. Ashraf, M.: 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(5), 361-376. doi:10.1078/0367-2530-00165
15. Ashraf, M.: 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotech. Adv.*, 27: 84-93.
16. Babić, M. – Anđelković, V. – Babić, V.: 2008. Genotype by environment interaction in maize breeding. *Genetika*, 40(3), 303-312.
17. Bakacsi, Z. – Koós, S. – Nagymarosy, A. – László, P.: 2016. Rioldiffúzió hatása a talajok vízvezető képességére. *Agrokémia és talajtan*, 65(1), 5-15.
18. Bardaji, J.: 1974. Öntözött talajok. (*Los Suelos de regadio*), *Agricultura.*, Madrid, 43. k. 504. sz. 227-231 p.
19. Bates, L. S. – Waldren, R. P. – Teare, I. D.: 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39, 205–207
20. Bene, E. – Domán, C. – Kemény Horváth, Z. – Lőrincz, K. – Vári, E. – Vígh, E. – Zubor-Nemes, A.: 2019. A klímaváltozás hatásai a kukoricatermelésben. In.: *A klímaváltozás hatásának modellezése a főbb hazai gabonafélék esetében= Modelling the impact of climate change for the key cereal crops in Hungary.* (Szerk.: Kemény A., Molnár A., Fogarasi J.) *Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest.* p. 31.-61. ISBN 978-963-491-605-5
21. Berényi, D.: 1945. A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. *Alföldi Magvető, Debrecen.*
22. Berzsenyi Z.: 2012. Kukorica (In *Radics L. (Szerk.) Fenntartható Szemléletű Szántóföldi növénytermesztés 2.*) *Agroinform Kiadó.* 11-101.
23. Biró, S. – Kapronczai, I. – Szűcs, I. – Váradi, L. – Apáti, F. – Bojtárné Lukácsik, M. – Körösparti, J.: 2011. *Vízhasználat és öntözésfejlesztés a magyar mezőgazdaságban= Water Use and Irrigation Development in Hungarian Agriculture.*
24. Blaskó, L. – Zsembeli, J.: 2008. Study of salinization in different climatic and hydrologic situations in lysimeters. *2nd Workshop Lysimeters for Global Change Research: Biological Processes and the Environmental Fate of Pollutants.* April 23-25, 2008. München.
25. Blaskó, L.: 2005. Talajromlási folyamatok és mérséklési lehetőségeik a Tiszántúl kötött talajain. *MTA doktori értekezés.*

26. Bocianowski, J. – Waligóra, H. – Majchrzak, L.: 2024. Genotype by year interaction for selected traits in sweet maize (*Zea mays* L.) hybrids using AMMI model. *Euphytica*, 220(6), 89.
27. Bocz E. – Kováts A. – Ruzsányi L. – Szabó M.: 1996. Kukorica (In: Bocz et al., Szántóföldi Növénytermesztés), Mezőgazda Kiadó, Budapest, 361-413.
28. Bocz E. – Nagy J.: 1978. A klasszifikációs módszerek alkalmazása a növénytermesztési kísérleti adatok kiértékelésében. *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*, 21 (2) 185-198. p.
29. Bocz, E.: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 887.
30. Bommert, P. – Nagasawa N. S. – Jackson, D.: 2013. Quantitative variation in maize kernel row number is controlled by the *FASCIATED EAR2* locus. *Nature Genetics* 45: 334–337.
31. Borowiak, K. – Niewiadomska, A. – Sulewska, H. – Szymanska, G. – Gluchowska, K. – WolNa-Maruwka, A.: 2016. Effect of PRP SOL and PRP EBV nutrition on yield, photosynthesis activity and soil microbial activity of three cereal species. In *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 25, no. 6, pp. 2026–2035.
32. Bóhm V.: 2017. Az oltott dinnye sótűrése. Doktori értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. p. 18.
33. Burhan, K. A. R. A.: 2011. Fresh ear yield and growing degree-days of sweet corn in different sowing dates in Southwestern Anatolia Region. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 166-171.
34. Campos, H. – A. Cooper, –Habben, J. E. –Edmeades, G. O. – Schussler, J.R.: 2004. Improving drought tolerance in maize: a view from industry. *Field Crops Res.*, 90(1):19-34.
35. Carpici, E. B. – Celik, N. – Bayram, G.: 2010. The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 9. 41: 6937- 5.
36. Çelik, Ö. – Atak, C.: 2012. The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties. *Turkish Journal of Biology* 36(3), 339–356.
37. Cha-Um S. – Kirdmanee, C.: 2009. Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Botany* 41(1), 87–98.
38. Chinnusamy, V. –Jagendorf, A. – Zhu, J. K.: 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.*, 45: 437-448.
39. Cuartero, J. – Bolarin, M. C. – Asins, M. J. – Moreno, V.: 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1045-1058. doi:10.1093/jxb/erj102

40. Csajbók J.: 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet. Gödöllő. 152-153. p.
41. Csepregi-Heilmann, E. – Áldott-Sipos, Á. – Mészáros, A. – Kovács, A. K. – Spitko, T. – Szőke, C. – Marton, C. L.: 2023. Study on the cold tolerance of maize (*Zea mays* L.) inbred lines in Phytotron. *Acta Agraria Debreceniensis*, (2), 41-45.
42. Daniel L.: 1978. A csemege- és patogatni való kukorica termesztése. Mezőgazdasági kiadó. Budapest. 49-148. p. ISBN 963 230 388 1
43. Darab, K.: 1961. Hazai öntözött talajaink sómérlege és sóforgalma. *Agrokémia és Talajtan*. 10. 305-315.
44. Darab, K.: 1967. A talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak érvényesülése az öntözésnél. *Öntözéses Gazdálkodás*. Szarvas. 5. (1) 21-38.
45. Dobos, A. – Víg, R. – Nagy, J. – Hájos, M. T.: 2014. Evaluation of the correlations between the normalized difference vegetation index (NDVI) and yield in a seasoning paprika (*Capsicum annuum* L. var. longum) stand. *Acta Agraria Debreceniensis*, (61), 45-49.
46. Duvick, D. N. – Cassman, K. G.: 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Sci.* 1999;39:1622-30.
47. Edmeades, G. O. – Bolanos, J. – Lafitte, H. R.: 1990. Selecting for drought tolerance in maize adapted to the lowland tropics. In: *Proceedings of the the 4th Asian Regional Maize Workshop, 23–27 September, Islamabad, Pakistan.*
48. El Hallof, N. – Sárvári, M.: 2004. The Effect of Sowing Time and Nutrient Supply on the Yield Stability of Maize. *Acta Agraria Debreceniensis*, (13), 75-80.
49. Enciso, J. – Colaizzi, P.: 2002. Irrigating Cotton With Salty Water And Subsurface Drip Irrigation. In *Written For Presentation At The 2002 Asae Annual International Meeting/Cigr Xvth World Congress Sponsored By Asae And Cigr*. Hyatt Regency Chicago.
50. Enciso, J. – Multer, W. – Colaizzi, P.: 2002. Irrigating cotton with salty water and Subsurface Drip Irrigation. In *Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and CIGR*. Hyatt Regency Chicago.
51. Filep, Gy.: 1999. *A talajok vízgazdálkodása*. In: *Talajtan*. Szerk.: Stefanovits P. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN 96309239 13 5, pp.153-169.
52. Findura, P. – Šindelková, I. – Rusinek, R. – Karami, H. – Gancarz, M. – Bartoš, P.: 2022. Determination of the influence of biostimulants on soil properties and field crop yields. *International agrophysics*, 36(4), 351-359.

53. Fischer, K. S. –Palmer, F. E.: 1984. Tropical Maize. In: The Physiology of Tropical Field Crops. Goldsworthy, P.R., N.M. Fischer, (Eds.), Wiley, New York. 213-248. p.
54. Flowers, T. J. – Flowers, S. A.: 2005. Why Does Salinity Pose Such a Difficult Problem for Plant Breeders? *Agricultural Water Management*, 78. 1-2: 15-24
55. Futó, Z. – Bencze, G.: 2017. Új lehetőségek a kukorica (*Zea mays* L.) öntözésében. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(3), 67-79.
56. Gombos B. – Köles P. – Montvajszki M. – Puskás J.: 2012. A szélsőséges csapadékviszonyok és hatásai a kertészeti kultúrákban. In: *Kitekintés-Perspective. Magyar-román-szlovák perodika.* (szerk.: Micheller Magdolna) Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar. Békéscsaba. 33.-41. p. ISSN: 1454-9921
57. Harder, D. –Carlson, R. E. –Shaw, R. H.: 1982. Yield and yield components and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. *Agron. J.* 174: 275-278. p.
58. Ha-Um, S. – Kirdmanee, C.: 2009. Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. *Pak. J. Bot*, 41(1), 87-98.
59. Hayat, S. – Hayat, Q. – Alyemeni, M. N. – Wani, A. S. – Pichtel, J., – Ahmad, A.: 2012. Role of proline under changing environments: a review. *Plant signaling & behavior*, 7(11), 1456-1466.
60. Hegyi Zs.: 2003. A termőhely és a tőszám hatása különböző rokonsági körökbe tartozó beltenyésztett kukorica törzsek és hibridjeik tulajdonságaira eltérő évjáratokban. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
61. Hodossi S.: 2004. Csemegekukorica. In: *Zöldségtermesztés szabadföldön* (szerk.: Hodossi S., Kovács A., Terbe I.) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 340-348. p. ISBN 963 286 166 3
62. Hodossi, S. – Dudás, L. – Fári, M. G.: 2010. A hazai zöldségtermelés megújítása. *Gazdálkodás: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 54(80-2016-785), 806-811.
63. Hodossi, S. – Kovács, A.: 1996. A koraiság javításának jelentősége és lehetőségei a csemegekukorica termesztésben, *Hajtatás korai termesztés*, 27 (3) 11-13. p.
64. Howden, S. M. – Soussana, J. F. – Tubiello, F. N. – Chhetri, N. – Dunlop, M. – Meinke, H.: 2007. Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(50), 19691–19696.
65. Hussain, T. – Khan, I. A. – Malik, M. A. – Ali, Z.: 2006. Breeding potential for high temperature tolerance in corn (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 38(4), 1185.

66. Huzsvai, L.: 2004. Biometriai módszerek az SPSS-ben. SPSS alkalmazások. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar. Debrecen. 270 pp.
67. Jamieson, P. D. – Martin, R. J. – Francis, G. S. – Wilson, D. R.: 1995. Drought effects on biomass production and radiation use efficiency in barley. *Field Crops Res.* 43, 77–86. p.
68. Janda, T. – Szalai, G. – Ducruet, J. M. – Páldi, E.: 1998. Changes in photosynthesis in inbred maize lines with different degrees of chilling tolerance grown at optimum and suboptimum temperatures. *Photosynthetica* 35: 205-212.
69. Janowiak, F. – Maas, B. – Dörffling, K.: 2002. Importance of abscisic acid for chilling tolerance of maize seedlings. *J. Plant Physiol.* 159: 635-643.
70. Kaman, H. – Kurunç, A. – Demir, H. – Tezcan, A. – Sayıcı, A. – Can, M. – Gökçen, U.: 2017. Salinity Change In Different Soil Layers Of Tomato Irrigated With Salty water. *International Journal of Plant & Soil Science.* 19(5): 1-6. 2017. Article no.IJPSS.37062. ISSN: 2320-7035.
71. Kamel K., Al-Zboon – Jalal A., Al-Tabbal – Noor M., Al_Kharabsheh – Naji K., Al-Mefleh 2019. Natural volcanic tuf as a soil mulching: effect on plant growth and soil chemistry under water stress.
72. Karimi, S. – Eshghi, S. – Karimi, S. – Hasan-Nezhadian, S.: 2017. Inducing salt tolerance in sweet corn by magnetic priming. *Acta Agriculturae Slovenica* 109(1), 89–102.
73. Kátai, J. – Pepó, P. – Sárvári, M.: 2017. Talajtani és növénytermesztési kutatások tartamkísérletekben. In *A talajok gyógyítója. Blaskó Lajos 70 éves* (Szerk.: Tamás J., Zsembeli J.) Debreceni Egyetem Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. Debrecen. 173-190. ISBN 978-963-473-966-1
74. Kátai, J.: 2012. Soil biological challenges in our age. *Acta Agraria Debreceniensis*, (49), 193-196.
75. Katerji, N. – van Hoorn, J. W. – Hamdy A. – Karam, F. – Mastrorilli, M.: 1996. Effect of salinity on water stress, growth and yield of maize and sunflower. *Agric. Water Manage.* 30: 237-249.
76. Katerji, N. – van Hoorn, J. W. – Hamdy, A. – Mastrorilli, M. – Karam, F.: 1998. Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration. *Agric. Water Manage.*, 36: 45-54.
77. Katerji, N. – van Hoorn, J. W. – Hamdy, A. – Mastrorilli, M.: 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. *Agric. Water Manage.*, 65: 95-101

78. Kebede, H. – Abbas, H. K. – Fisher, D. K. – Bellaloui, N.: 2012. Relationship between aflatoxin contamination and physiological responses of corn plants under drought and heat stress. *Toxins*, 4(11), 1385-1403.
79. Kotuby-Amacher, J. – Koenig, R. – Kitchen, B.: 2000. Salinity and plant tolerance. Electronic publishing. AG-SO-03
80. Kovács, A.: 2004. Takarásos korai termesztés. In: HODOSSI S., KOVÁCS A., TERBE I. (Szerk.): Zöldségtermesztés szabadföldön. Budapest, Mezőgazda Kiadó. 75-84 p.
81. Kovács, P.: 2020. A kukorica termésbiztonságának növelése agrotechnikai tényezők racionalizálásával csernozjom talajon (Doktori disszertáció) Debrecen. Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola. 2020.
82. Kovács, A. – Sárvári, M.: 1992. Kukorica, Állománysűrűség, vetés. In: Szántóföldi növénytermesztés. Szerk. Bocz E. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 394-399.
83. Kratsch, H. A. – Wise, R. R.: 2000. The ultrastructure of chilling stress. *Plant Cell Environ.* 23:337-350.
84. Kretschmer, M.: 2001. Aufgang von Zuckermais-Saatgut. *Gemüse*, 37 (1) 15-17. p.
85. Kristóf, E. – Terbe, I.: 2002. Field Vegetable Production in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 8(3-4), 81-84.
86. Lafitte, H. R.: 2000. Abiotic stresses affecting maize. In: RL Paliwal, G Granados, HR Lafitte, AD Vlolc, eds. *Tropical Maize: Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
87. Láng, G.: 1976. Szántóföldi Növénytermesztés. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat. Budapest 125-152. p.
88. Lee, D. H. – Lee, C. B.: 2000. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. *Plant Sci.* 159: 75–85
89. Lemaire, G. – Jeuffroy, M. H. – Gastal, F.: 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of agronomy*, 28(4), 614-624.
90. Lente, Á. – Pepó, P.: 2011. Effect of year and technological factors on the yield and agronomic traits of sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.) varieties in a long-term experiment. *Acta Agronomica Hungarica*, 59(2), 159-168.
91. Lente, Á.: 2010. Complex appreciation of agrotechnical factors of sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.). *Acta Agraria Debreceniensis*, (41), 77-81.

92. Lente, Á.: 2012. Effects of the cropyear and the agronomical factors on agronomical elements of different sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.) genotypes in long-term experiment. *Acta Agraria Debreceniensis*, (50), 105-110.
93. Liang, X. – Zhang, L. – Natarajan, S. K. – Becker, D. F.: 2013. Proline mechanisms of stress survival. *Antioxidants & redox signaling*, 19(9), 998-1011.
94. Limami, A. – Diab, H. – Lothier, J.: 2014. Nitrogen metabolism in plants under low oxygen stress. *Planta*, 239, 531–541.
95. Lin, J. – Wang, J. – Li, X. – Zhang, Y. – Xu, Q. – Mu, C.: 2011. Effects of saline and alkaline stresses in varying temperature regimes on seed germination of *Leymus chinensis* from the Songnen Grassland of China. *Grass and Forage Science*, 66(4), 578-584. doi:10.1111/j.1365-2494.2011.00818.x
96. Lohaus, G. –Hussmann, M. –Pennewiss, K. –Schneider, H. –Zhu J. J. –Sattelmacher, B.: 2000. Solute balance of a maize (*Zea mays* L.) source leaf as affected by salt treatment with special emphasis on phloem retranslocation and ion leaching. *J. Exp. Bot.*, 51: 1721-1732.
97. Lőke Zs. – Anda A. – Decsi K.: 2003. A vízhiány és a nitrogénhiány hatása a kukorica fotoszintetikus aktivitására. MTA Növénytermesztési Bizottság. III. Növénytermesztési Tudományos Nap. Budapest. Proceedings, 364-369 p.
98. Lyons, J. M. – Raison, J. K. – Steponkus, P. L.: 1979. The plant membrane in response to low temperature: An overview. In: Lyons, J.M., Graham, D., Raison, J.K. (eds.): *Low Temperature Stress in Crop Plants: the Role of the Membrane*. New York, Academic Press, pp.1-24.
99. Lyons, J. M. – Raison, J. K.: 1970. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury. *Plant Physiol.* 45: 386-389.
100. Lyons, J. M.: 1973. Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 445-466.
101. M. Cooper, –. Gho, C. – Leafgren, R. – Tang, T. – Messina, C.: 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product *J. Exp. Bot.*, 65 (21) (2014), pp. 6191-6204
102. Maas, E. V. – Hoffman, G. J.: 1977. Crop Salt Tolerance – Current Assessment. *J. Irrig. Grain Div.* 103 (2), 115-134.
103. Maas, E. V.: 1984. Salt tolerance of plants. In: Christie, B.R. (ed.): *The handbook of plant science in agriculture*. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA.
104. Mansour, M. M. F., – Ali, E. F.: 2017. Evaluation of proline functions in saline conditions. *Phytochemistry*, 140, 52-68.

105. Mansour, M. M. F. – Salama, K. H. A. – Ali, F. Z. M. – Hadid, A. F. A.: 2005. Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *Gen. Appl. Plant Physiol.*, 31: 29-41.
106. Martin, J. H. – Leonard, W. H.: 1954. *Principles of field crop*, MacMillan Co., New York
107. Marton, C.L.: 2006. Improvement of maize chilling tolerance by breeding. *Enhancing the Use of Crop Genetic Diversity to Manage Abiotic Stress in Agricultural Production Systems* (Gyawali, S., – Sthapit, B. R.) *Proceedings of a workshop 23-27 May 2005, Budapest, Hungary*, 63-67. ISBN 13: 978-92-9043-722-2
108. Máté, A.: 2002. A kukorica termesztéséről. *Agrárágazat*. 2. 4: 6–7.
109. Meloni, D. A. – Oliva, M. A. – Martinez C. A. – Cambraia, J.: 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Env. Exp. Bot.* 49(1), 69-76.
110. Menyhért, Z.: 1979. *Kukoricáról a termelőknek*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest pp. 271.
111. Menyhért Z.: 1985. *A kukoricatermesztés kézikönyve*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó. pp. 560.
112. Mistrik, I. – Holobrada, M. – Ciamporoda, M.: 1992. The root in unfavourable conditions. In: *Physiology of the plant root system*. J. Kolek and V. Kozinka (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands, 110. p.
113. Mittler, R.: 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.*, 7, 405-410.
114. Modi, A. T. – Asanzi, N. M.: 2008. Seed performance of maize in response to phosphorus application and growth temperature is related to phytate-phosphorus occurrence. *Crop Science*, 48, 286-297. p.
115. Molnár, Z. – Sárvári, M.: 2007. Effect of season and sowing time on the moisture loss dynamics and yield of maize. *Acta Agraria Debreceniensis*, (26), 255-265.
116. Murata, N. – Wada, H. – Omata, T. – Ono, T.: 1983. Low temperature stress and membrane lipid phase in the blue-green algae. In: Marcelle, R., Clijsters, H., van Poucke, M (eds.) *Effects of Stress on Photosynthesis* pp. 193-199.
117. Musgrave, G. W.: 1936. How much of the rain enters the soil. *Water- Yearbook of Agriculture*. U.S. Dept. Agric. 6. 854-855.
118. Nagy J. – Sárvári M.: 2005. Gabonafélék (In: Antal J. szerk. *Növénytermesztéstan 1.*) Mezőgazda Kiadó. 301-328.

119. Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 42-276.
120. Nagy, J. – Ványiné, Sz. A.: 2012. Using research findings in precision maize production. *Acta Agraria Debreceniensis*, (49), 227-231.
121. Nagy, J.: 1979. Eredmények és gondok a váznélküli fólitakarásos dinnyetermesztésben. *Hajtatás korai termesztés*, 10 (3) 17-18.
122. Nawaz, K., – Ashraf, M.: 2010. Exogenous application of glycinebetaine modulates activities of antioxidants in maize plants subjected to salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(1), 28-37.
123. Neill, S. – Desikan, R. – Hancock, J.: 2002. Hydrogen peroxide signaling. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5, 388-395.
124. Nemeskéri, E. – Helyes, L.: 2019. Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy*, 9(8), 447.
125. Neto, A. D. A. – Prisco, J. T. – Enéas-Filho, J. – de Lacerda, C. F. – Silva, J. V. – da Costa, P. H. A. – Gomes-Filho, E.: 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16: 31-38.
126. Nigicser, T.: 2001. A sikeres csemegekukorica termesztés sarokpontjai. *Gyakorlati Agrofórum*, 12 (1) 21-29. p.
127. Novák, V. – Šařec, P. – Křížová, K. – Novák, P. – Látal, O.: 2021. Potential impact of biostimulator NeOsol and three different manure types on physical soil properties and crop status in heavy soils conditions. *Sustainability*, 14(1), 438.
128. Orosz F.: 2009. Termesztéstechnológiai elemek hatása a csemegekukorica koraiságára. Doktori Értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest
129. Orosz, F.: 2015. Some ear properties of earlier produced sweet corn. *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, (59), 241-243.
130. Orosz, F.: 2020. Comparative experiment of several early sweet corn varieties. Book chapter Conference paper XI International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2020” (editor Dusan Kovacevic), Jahorina, Bosnia-Herzegovina, 336–341.
131. Oster, J. D.: 1994. Irrigation with poor quality water. *Agric. Water Manage.* (25), 271–297
132. Öktem, A. – Şimşek, M. – Öktem, A. G.: 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region I. water-yield relationship. *Agric. Water Manage.*, 61(1), 63-74.

133. Páldi, E. – Anda, A. – Burucs, Z. – Görgényi Miklósné Tari, I. – Horváth, E. – Janda, T. – Torkos, G.: 2007. Abiotikus stressztényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) anyagcseréjére és egyedfejlődésére= Effect of abiotic stress factors on maize (*Zea mays* L.) metabolism and plant development. OTKA Kutatási Jelentések| OTKA Research Reports.
134. Pandey, R. K. – Maranville, J. W. – Admou, A.: 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. *Agric. Water Management* 46: 1-13. p.
135. Pepó, P. – Sárvári, M.: 2011. Gabonanövények termesztése. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt. <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_09_Gabonanovenyek_termesztese/index.html>
136. Pepó, P.: 2007. A kukorica (*Zea mays* (L.) termesztés ökológiai feltételeinek és agrotechnikai elemeinek értékelése. *Acta Agronomica Óváriensis*, 49(2), 1.
137. Pepó, P.: 2012. Role of some agrotechnical elements in the precision crop technology of cereals. *Acta Agraria Debreceniensis*, (49), 241-244.
138. Pitman, M. G. – Lauchli, A.: 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: *Salinity: Environment-Plants Molecules*. Eds. A. Lauchli, V. Lutge, Kluwer, The Netherlands, 3-20.
139. Phang, J. M. – Liu, W. E. I. – Zabirnyk, O.: 2010. Proline metabolism and microenvironmental stress. *Annual review of nutrition*, 30(1), 441-463.
140. Prasad, T. K. – Anderson, M. D. – Stewart, C. R.: 1994. Acclimation, hydrogen peroxide and abscisic acid protect mitochondria against irreversible chilling injury in maize seedlings. *Plant Physiol.* 105: 619-627.
141. Rácz, F. E.: 2011. Kukorica beltenyésztett vonalak pollentermelése frakcionált vetésben. Doktori disszertáció. Szent István Egyetem. Martonvásár
142. Rácz, F. – Hadi, G. – Szőke, C. – Záborszky, S. – Marton, C. L.: 2007. Cold tolerance of seed from inbred maize lines sown at various sowing dates in different years. *Cereal Research Communications*, 35, 697-700.
143. Ragán, P. – Bakó, K. – Sedlák, G.: 2014. Impact of environmental changes resulting from different sowing dates on maize yield. *Acta Agraria Debreceniensis*, (55), 99-104.
144. Rakonczai, J. – Fehér, Zs.: 2015. A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban.

145. Raun, W. R. – Solie, J. B. – Martin, K. L. – Freeman, K. W. – Stone, M. L. – Johnson, G. V. – Mullen, R. W.: 2005. Growth stage, development, and spatial variability in corn evaluated using optical sensor readings. *Journal of Plant Nutrition*. 28. 1: 173–182.
146. Ray, P.: 2015. Hi-Tech Horticulture and Climate Change. In *Climate Dynamics in Horticultural Science, Principles and Applications*; Choudhary, M.L., Patel, V.B., Siddiqui, M.W., Mahdi, S.S., Eds.; Apple Academic Press: Oakville, ON, Canada; CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, Volume 1, pp. 1–22.
147. Rivera Garcia, A. – Tuba, G. – Kovács, G. – Sinka, L. – Zsembeli, J.: 2021. Methodology adaptation and development to assess salt content dynamics and salt balance of soils under secondary salinization. *Acta Agraria Debreceniensis*, (1), 199-206.
148. Rizhsky, L. – Liang, H. – Mittler, R.: 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. *Plant physiology*, 130(3), 1143-1151.
149. Rogers, B. – Stone, P. – Shaw, S. – Sorensen, I.: 2000. Effect of sowing time on sweet corn yield and quality. In *Proceedings Annual Conference of Agronomy Society of New Zealand* (Vol. 30, pp. 55-61).
150. Sairam, R. K. –Tyagi, A.: 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.*, 86: 407-421.
151. Sakamoto, A. –Murata, N.: 2002. The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. *Plant Cell Environ.* 25, 163-171.
152. Sammis, T. W. –Smeal, D. –Williams, S.: 1988. Predicting corn yield under limited irrigation using plant height. *Transactions of the ASAE (Amer. Soc. Agric. Engineers)* 3(13): 830-838. p.
153. Sari, N. – Yýldýz Dasgan, H. – Abak, K.: 1997. Effects of sowing times on yield and some agronomic characteristics of sweet corn in the GAP area of Turkey. In *VIII International Symposium on Timing Field Production in Vegetable Crops* 533 (pp. 307-314).
154. Sárvári, M. – Futó, Z.: 2001. A vetésidő hatása a különböző genetikai adottságú kukoricahibridek termésére. *Növénytermelés*, Budapest, 50. 1. 43-60.
155. Sárvári, M. – Futó, Z.: 2001. Correlation between sowing time of maize hybrids, yield and seed moisture content at harvest on chernozem soil. *Acta Agraria Debreceniensis*, (1), 32-41.
156. Sárvári, M.: 2005. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica adaptációs képességére és termésbiztonságára. [In: Nagy J. (szerk.) *Kukorica hibridek adaptációs képességének és*

- termésbiztonságának javítása.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 183–203.
157. Sekera, F.: 1931. Die nutzbare Wasserkapazität und die Wasserbeweglichkeit im Boden. Z. PflErnahr. Düng. 22. 152-190.
158. Ssemugenze, B. – Ocwa, A. – Bojtor, C. – Illés, Á. – Esimu, J., – Nagy, J.: 2024. Impact of research on maize production challenges in Hungary. Heliyon, 10(6).
159. Serraj, R. – Sinclair, T. R.: 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environ. 25:333-341.
160. Shaw, R. H.: 1955 Climatic requirement. Academic Press Inc. New York.
161. Simon, K. – Horváth, É. – Zagyai, P. – Fejér, P. – Széles, A. 2022. Effect of abiotic stress factors on quality parameters of sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.). PROCEEDINGS BOOK, 52. Infrastructure and Ecology of Rural Areas Association, Kraków. ISBN 978-83-966062-1-1
162. Šindelková, I. – Badalíková, B. – Kubíková, Z.: 2019. The soil biostimulant usage effect on soil properties in dry area. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 19(3.2), 561-568.
163. Sinka, L. – Takács-Hájos, M. – Czeller, K. – Tuba, G., – Zsembeli, J.: 2019. Investigation of the possibility of green bean production under unfavourable agro-ecological conditions in lysimeters. Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment, 11(1), 72-82.
164. Sinka, L. – Takács-Hájos, M. – Kovács, G. – Tuba, G. – Rivera-García, A. – Zsembeli, J.: 2022. Assessment of 1-Triacontanol treatment of sweet corn (L. convar.) aimed at the improvement of salt tolerance based on a pot experiment. Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment, 14(1), 1-12.
165. Slezák, K. A.: 2001. Fehér termésű paprika sótürése (Doktori disszertáció. Szent István Egyetem, Gödöllő). 212.
166. Standard, T. A.: 2011. Sweet corn: TAS 1512-2011. *National Bureau*.
167. Stone, P. J. – Wilson, D. R. – Jamieson, P. D. – Gillespie, R. N.: 2001. Water deficit effects on sweet corn. Part II. Canopy development. Aust. J. Agric. Res. 52, 115–126. p.
168. Solemslie, R. K.: 2020. Cold season tolerance and prevalence of seedling blights in sweet corn in the Columbia Basin of Washington (Doctoral dissertation, Washington State University).

169. Sulewska, H. – Koziara, W. – Szymańska, G. – Niewiadomska, A. – Panasiewicz, K. – Ratajczak, K.: 2016. Response of spring barley to PRP SOL application as a complex of mineral inducer process (MIP). *Nauka Przyroda Technologie*, 10(2), 17.
170. Surányi, J.: 1957. A kukorica és termesztése. Akadémia Kiadó, Budapest pp. 279.
171. Szabados, L., – Savouré, A.: 2010. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in plant science*, 15(2), 89-97.
172. Szabolcs, I. – Darab, K. – Várallyay, Gy.: 1969a. A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége. II. A talajvíz „kritikus” mélysége a kiskörei öntözőrendszer által érintett területen. *Agrokémia és Talajtan*. 18. 211-220.
173. Szabolcs, I. – Darab, K. – Várallyay, Gy.: 1969b. A tiszai öntözőrendszerek és a Magyar Alföld talajainak termékenysége III. Az öntözés lehetőségeit és feltételei ábrázoló 1:25000 léptékű térképek készítésének módszerei. *Agrokémia és Talajtan*. 18. 221-234.
174. Szegedi, L.: 2004. Szuperédes csemegekukorica fajták fajtaösszehasonlító vizsgálata. Tudományos Diákköri Dolgozat. Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Víz- És Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar. Szarvas
175. Szeleczi, B. – Kristály, F., – Tompa, R.: 2023. A riolittufa mezőgazdasági felhasználásban rejlő lehetőségek: The potential of rhyolite tuff in the agricultural use. *Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia*, 115-120.
176. Széll E. – Muzsik F. – Virág B.–Süli A. – Kovács Gy. – Szél Á.: 2010. A kukorica vetésidejéről. <http://www.farmit.hu/partnerek-szakmaicikkei/szantofold/kukorica-vetesidejerol>
177. Takács-Hájos, M., – Gyökös, E.: 2011. Evaluation of sweet corn varieties in early production under movable plastic tent. *Kertgazdasag-Horticulture*, 43(3), 15-23.
178. Takácsné Hájos, M.: 2014. Szántóföldi zöldségtermesztés. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. p.141-149.
179. Takácsné Hájos, M.: 2017. Zöldségtermesztés I., Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen University Press. 184 p. ISBN 978 963 318 669 5
180. Taylor, A. O. – Rowley, J. A.: 1971. Plants under climatic stress. I. Low temperature, high light effects on photosynthesis. *Plant Physiol.* 47: 713-718.
181. Taylor, A. O. – Slack, C. R. – McPherson, H. G.: 1974. Plants under Climatic Stress: VI. Chilling and Light Effects on Photosynthetic Enzymes of Sorghum and Maize. *Plant physiology*, 54(5), 696-701.

182. Tian, L. – Bi, W. – Liu, X. – Sun, L. – Li, J.: 2019. Effects of waterlogging stress on the physiological response and grain-filling characteristics of spring maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Acta Physiol. Plant.*, 41, 63.
183. Tollenaar M. – Guilera A. A. – Nissanka S. P.: 1997. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. *Agron J.* 1997;89(2):239-46.
184. Tömpe, A.: 2007a. A friss export szakértői. *Kertészet és Szőlészet*, 56 (29) 6-7. p.
185. Tömpe, A.: 2007b. Ahol a kukoricát is hajtadják. *Kertészet és Szőlészet*, 56 (29) 8. p.
186. Tuteja, N. – Gill, S. S. –Tuteja, R.: 2012. Front matter in improving crop productivity in sustainable agriculture, Wiley- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. doi : 10.1002/9783527665334.fmatter
187. Uçak, A. B. – Oktem, A. – Sezer, C. – Cengiz, R., – Inal, B.: 2016. Determination of arid and temperature resistant sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) lines. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*, 2(7), 79-88.
188. Ványiné Széles, A.: 2010. Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica*. 58: 89–94.
189. Ványiné Széles, A. – Megyes, A. – Nagy, J.: 2011. Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés. Supple.* 60: 161–164.
190. Ványiné Széles, A. – Megyes, A. – Nagy, J.: 2012a. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133– 144.
191. Ványiné Széles, A. – Tóth, B. – Nagy, J.: 2012b. Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *African Journal of Agricultural research*. 7. 16: 2546–2552.
192. Varga Z. – Varga-Haszonits Z.: 2003. A meteorológiai viszonyok hatása a kukorica életjelenségeire. I. *Növényvédelmi tanácsok*, 12 (12) 18-19. p.
193. Varga-Haszonits Z.: 1977. *Agrometeorológia*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 114-115. p.
194. Varga-Haszonits, Z. – Botos, L. (szerk.): 1974. *Agroklimatológia és növénytermesztés*. Budapest, MÉM, OMSZ, 162.
195. Waha, K. – Müller, C. – Bondeau, A. – Dietrich, J. P. – Kurukulasuriya, P. – Heinke, J. – Lotze-Campen, H.: 2013. Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23(1), 130-143.

196. Wijewardana, C. – Henry, W. B. – Hock, M. W. – Reddy, K. R.: 2016. Growth and physiological trait variation among corn hybrids for cold tolerance. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(4), 639-656.
197. Wojciechowski, W. 2015. The effect of PRP products in shaping soil fertility. Report on research activities conducted in accordance with the contract signed 27.05.2015 between: SAS PRP Tour Maine Montparnasse 33 Avenue Du Maine BP 46 75755 Paris Cedex, and the Wrocław University of Environmental and Life Sciences.
198. Wonneberger, C. H.: 1984. Zuckermais- eine alte Sonderkultur. *Deutsche Gartenbau*, 38 (32) 1370-1371. p.
199. Wu, J. – Nadeem, M. – Galagedara, L. – Thomas, R., – Cheema, M.: 2022. Effects of chilling stress on morphological, physiological, and biochemical attributes of silage corn genotypes during seedling establishment. *Plants*, 11(9), 1217.
200. Zaidi, P. H. – Yadav, M. – Maniselvan, P. – Khan, R. – Shadakshari, T. V. – Singh, R. P. – Pal, D.: 2010. Morpho-physiological traits associated with cold stress tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). *Maydica*.
201. Zhao, C. –Liu, B. –Piao, S. –Wang, X. –Lobell, D. B. –Huang, Y. –Huang, M. –Yao, Y. –Bassu, S. –Ciais, P. –Durrand, J. L. –Elliott, J. –Ewet, F. –Janssens, I. A. –Li, T. –Lin, E. –Liu, Q. –Martre, P. –Müller, C. –Peng, S. –Penuelas, J. –Ruane, A. C. –Wallach, D. –Wang, T. –Wu, D. –Liu, Z. –Zhu, Y. –Zhu, Z. –Asseng, S.: 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 114, no. 35, 9326-9331, do: 10.1073/pnas.1701762114
202. Zhu, M. – Li, F. H. – Shi, Z. S.: 2016. Morphological and photosynthetic response of waxy corn inbred line to waterlogging. *Photosynthetica*, 54, 636–640.
203. Zsembeli, J. – Sinka, L. – Rivera-García, A. – Czeller, K. – Tuba, G. – Krištof, K. – Findura, P.: 2019. Effect of Soil Conditioning on the Moisture Content and the Salt Profile of the Soil Under Irrigation with Saline Water. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 65(2), 77-87.
204. Zsembeli, J. – Szűcs, L. – Blaskó, L.: 2011. Secondary salinization by irrigation from drilled wells in Karcag area. *Növénytermelés* 183:(3) pp. 305-308.
205. KSH: 2022. Fontosabb zöldségfélék betakarított területe.
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0013.html (Megtekintve:2023.10.30.)
206. KSH: 2024. Zöldségfélék felvásárlási átlagára.
https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/hu/ara0018.html (Megtekintve: 2024.06.29.)

207. NÉBIH: 2005. Csemegekukorica. Sweet Corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.)
<https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/79608/kukorica06.pdf/39a935ce-2532-47f0-b338-66159456d1d0> (Megtekintve: 2024.06.29.)
208. STATISTA: 2022. Csemegekukorica termesztés helyzete.
<https://www.statista.com/statistics/976267/sweetcorn-production-volume-france/>
(Megtekintve: 2023.10.10.)
209. I1: <https://fruitveb.hu/csemegekukorica-termeles-helyzetelemzese> (Megtekintve: 2020.05.10.)
210. I2: Memmert, 2023: <https://www.memmert.com/products/archive/constant-climate-chamber-1/HPP750/> (Megtekintve: 2023.12.13.)
211. I3:
<https://www.primag.hu/termek/vetomagok/zoldsegek/csemegekukorica/gyongyhajnal-csavazott-f1-c04539> (Megtekintve: 2023.10.31.)
212. I4: https://www.mezogazdasagibolt.hu/termek/TC_04100/nugat-72-1-000-szem-csemegekukorica-vetomag (Megtekintve: 2023.10.31.)
213. I5: https://www.syngentavegetables.com/hu-hu/products/search/seed-vegetable/vegetable_quick_links/Csemegekukorica?f%5B0%5D=crop_type%3A11731
(Megtekintve: 2020.10.11.)
214. I6: <https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colourmeasurement/discontinued-products/spad-502.html>
(Megtekintve: 2019.10.31.)
215. I7:
http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document627127/GreenSeekerQRC_1E_91500-00-ENG_Screen.pdf (Megtekintve: 2019.10.28.)
216. I8: <https://www.olmix.com/plant-care/neosol> (Megtekintve: 2020.06.01.)
217. I9: <https://www.olmix.com/plant-care/explorer> (Megtekintve: 2020.06.01.)
218. I10: <https://colas.hu/colas-eszakko/hir/riolittufa-a-mezogazdasagban/> (Megtekintve: 2020.06.01.)
219. I11: <https://www.biokontroll.hu/a-riolittufa-vulkani-hamu-hasznossaga/>
(Megtekintve: 2020.06.01.)



**DEBRECENI
EGYETEM**

DEBRECENI EGYETEM

EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400

Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/9/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Galambné Sinka Lúcia
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10062230

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (3)

1. Zsembeli, J., Kovács, G., **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Nagy, P. M., Tuba, G.: A liziméteres mérések kiterjesztése a másodlagos szikesedés kutatásában.
In: 75 éves a Karcagi Kutatóintézet 1947-2022. Szerk.: Zsembeli József, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 59-72, 2022. ISBN: 9789636230135
2. **Sinka, L.**, Nagy, P. M., Kovács, G., Tuba, G., Rivera, G. A., Zsembeli, J.: A másodlagos szikesedés okozta növényi stressz mérséklési lehetőségei.
In: 75 éves a Karcagi Kutatóintézet 1947-2022. Szerk.: Zsembeli József, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 37-46, 2022. ISBN: 9789636230135
3. Zsembeli, J., Kovács, G., **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Nagy, P. M., Tuba, G.: Talajjavító és talajkondicionáló szerek vizsgálata tenyészedényes kísérletben.
In: A talajtan és a kapcsolódó tudományok időszerű kérdései : Kátai János professzor 70. születésnapja tiszteletére. Szerk.: Balláné Kovács Andrea, Tállai Magdolna, Kocsisné Demjén Ágnes, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 306-311, 2021. ISBN: 9789633189368

Idegen nyelvű, hazai könyvrészletek (1)

4. Rivera, G. A., Nagy, P. M., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Effect of soil conditioning on the yields of three vegetable crops under irrigation with salty water.
In: 75 éves a Karcagi Kutatóintézet 1947-2022. Szerk.: Zsembeli József, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 47-57, 2022. ISBN: 9789636230135

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

5. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Kovács, G., Tuba, G., Zsembeli, J.: A növénykondicionálás hatása a csemegekukorica egyes beltartalmi paramétereire sóterhelt környezetben.
Növénytermelés. 70 (1), 105-123, 2021. ISSN: 0546-8191.





Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

6. Rivera, G. A., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Correlation of secondary salinization and soil conditioning in vegetable production under irrigation with saline water.
Columella. 9 (22), 35-46, 2022. ISSN: 2064-7816.
DOI: <https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2022.9.2.35>
7. Rivera, G. A., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Methodology adaptation and development to assess salt content dynamics and salt balance of soils under secondary salinization.
Agrártud. Közl. 1, 199-206, 2021. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/8326>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

8. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Kovács, G., Tuba, G., Rivera, G. A., Zsembeli, J.: Assessment of 1-Triacontanol treatment of sweet corn (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) aimed at the improvement of salt tolerance based on a pot experiment.
Acta Univ. Sapientiae, Agric. Environ. 14, 1-12, 2022. ISSN: 2065-748X.
DOI: <https://doi.org/10.2478/ausae-2022-0001>
9. **Sinka, L.**, Zsembeli, J., Ragán, P., Duzs, L., Takácsné Hájos, M.: Effect of different seedling growing methods on the SPAD, NDVI values and some morphological parameters of four sweet corn (*Zea mays* L.) hybrids.
Agriculture. 67 (4), 177-190, 2021. ISSN: 0551-3677.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/agri-2021-0016>
10. Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Nagy, P. M., Rivera, G. A., Bajusová, Z., Findura, P., Zsembeli, J.: Effect of Soil Conditioning on Soil Penetration Resistance and Traction Power Demand of Ploughing.
Agriculture. 67 (3), 113-123, 2021. ISSN: 0551-3677.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/agri-2021-0011>

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

11. **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Tuba, G., Zsembeli, J.: Mitigation of salt stress caused by secondary salinization.
In: XX. stávnické dni 2019: Zborník recenzovaných príspevkov. Ed.: Bianka Horváthová, Veronika Siliková, Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava, 254-262, 2019. ISBN: 9788022347952





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

12. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Czeller, K., Tuba, G., Zsembeli, J.: A növénykondicionálás hatása a csemegekukorica beltartalmi paramétereire sóterhelt környezetben = Effect of plant conditioning on kernel quality of sweet corn in saline environment.
In: XVII. Nemzetközi Tudományos Napok "Környezeti, gazdasági és társadalmi kihívások 2020 után": Abstract Book. Szerk.: Bujdosó Zoltán, Dinya László, Csernák József, Eszterházy Károly Egyetem, Gyöngyös, 205, 2020. ISBN: 9789634961567

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

13. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Kovács, G., Tuba, G., Rivera, G. A., Zsembeli, J.: Assessment of 1-triacontanol treatment of sweetcorn (zea mays l. convar. saccharata) aiming its salt tolerance improvement on the base of a pot experiment.
Acta Biologica Marisiensi. 4 (Suppl.), 19, 2021. ISSN: 2601-6141.

További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (3)

14. Kovács, G., Tuba, G., **Sinka, L.**, Nagy, P. M., Rivera, G. A., Zsembeli, J.: A klímaváltozás lokális hatásainak értékelése a szélsőséges időjárási helyzetek tükrében.
In: 75 éves a Karcagi Kutatóintézet 1947-2022. Szerk.: Zsembeli József, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 27-35, 2022. ISBN: 9789636230135
15. Tuba, G., Nagy, P. M., Kovács, G., **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Zsembeli, J.: A redukált talajművelési rendszer alkalmazása a Nagykunság kötött talajain.
In: 75 éves a Karcagi Kutatóintézet 1947-2022. Szerk.: Zsembeli József, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 17-25, 2022. ISBN: 9789636230135
16. Zsembeli, J., **Sinka, L.**, Czeller, K., Tuba, G., Kovács, G., Juhász, C.: A harmat mennyiségének meghatározása súlyliziméterekkel.
In: A talajok gyógyítója Blaskó Lajos 70 éves / Tamás János, Zsembeli József, Debreceni Egyetem. Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 235-245, 2017. ISBN: 9789634739661

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (2)

17. Zsembeli, J., Czeller, K., **Sinka, L.**, Kovács, G., Tuba, G.: Application of lysimeters in agricultural water management.
In: Creating a platform to address the techniques used in creation and protection of environment and in economic management of water in the soil / Máchal Pavel, Visegrad Fund, Brno, 5-21, 2018. ISBN: 9788073263010





18. Zsembeli, J., Czeller, K., **Sinka, L.**, Kovács, G., Tuba, G.: New techniques in agricultural water management.

In: tCreating a platform to address the techniques used in creation and protection of environment and in economic management of water in the soil / Máchal Pavel, Visegrad Fund, Brno, 69-79, 2019. ISBN: 9788073263010

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (6)

19. Nagy, J., Demeter, C., Bakos, Z., Szabó, A., **Sinka, L.**, Sidahmed, H. M. I., Simon, K., Illés, Á.: A csemegekukorica (*Zea mays conv. saccharata* Koern) terméselemeinek elemzése öntözéses termesztésben.

Növénytermelés. 72 (2), 97-111, 2023. ISSN: 0546-8191.

20. Tuba, G., Gulybán, O., Kovács, G., Nagy, P. M., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Az évenként végzett talajlazításra alapozott művelési rendszer értékelése a talaj penetrációs ellenállása alapján.

Növénytermelés. 71 (1), 81-98, 2022. ISSN: 0546-8191.

21. Zsembeli, Z., **Sinka, L.**, Budai, J., Kovács, G., Tuba, G., Zsembeli, J.: Egy köles tájfajta műtrágya-reakciójának vizsgálata.

Agrokém. talajt. 71 (2), 255-272, 2022. ISSN: 0002-1873.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/0088.2022.00115>

22. Kovács, G., Tuba, G., **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Zsembeli, J.: Jász-Nagykun Szolnok megye főbb növényeinek termésátlagai az aszály mértékének függvényében.

Növénytermelés. 71 (2), 63-78, 2022. ISSN: 0546-8191.

23. Zsigrai, G., Kneip, A., Zsembeli, J., Kovács, G., Tuba, G., **Sinka, L.**: A Furmint szárazanyag termelésére és vízfelhasználására gyakorolt alanyhatások vizsgálata súlylíziméterekben.

Szőlő-levél. 11 (4), 38-54, 2021. EISSN: 2677-1756.

24. Zsigrai, G., Kneip, A., Zsembeli, J., Kovács, G., Tuba, G., **Sinka, L.**: A Furmint és a Hárslevelű fajták vízfelhasználására gyakorolt alanyhatás vizsgálata eltérő típusú liziméterekben.

Szőlő-levél. 10 (4), 117-125, 2020. EISSN: 2677-1756.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

25. Zsembeli, J., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Nyaboke, C.: Soil related environmental considerations of farmers in the Great Hungarian Plain.

Columella. 10 (1), 35-47, 2023. ISSN: 2064-7816.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2023.10.1.35>

26. Gebreyesus, M., Rivera, G. A., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Climatic water balance in Hamelmalo, Eritrea.

Agrártud. közl. 1, 69-76, 2021. ISSN: 1587-1282.

DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/8307>





27. Nyaboke, C., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Nagy, P. M., Rivera, G. A., Zsembeli, J.:
Environmental and economic consciousness of the farmers of Jász-Nagykun-Szolnok county
in soil management based on tala method.
Hung. Agric. Res. 31 (3-4), 12-15, 2021. ISSN: 1216-4526.
28. Czeller, K., **Sinka, L.**, Tuba, G., Zsembeli, J.: Elaboration of the methodology of dew
measurement by means of weighing lysimeters.
Columella. 4 (1), 187-192, 2017. ISSN: 2064-7816.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl>
- Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (5)
29. Juhász, C., Huzsvai, L., Kovács, E., Kovács, G., Tuba, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J.: Carbon-
dioxide efflux of bare soil as a function of soil temperature and moisture content under
weather conditions of warm temperate dry climate zone.
Agronomy-Basel. 12 (12), 1-14, 2022. EISSN: 2073-4395.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123050>
IF: 3.7
30. Illés, Á., Szabó, A., Mousavi, S. M. N., Bojtor, C., Vad, A., Harsányi, E., **Sinka, L.**: The Influence
of Precision Dripping Irrigation System on the Phenology and Yield Indices of Sweet Maize
Hybrids.
Water. 14 (16), 1-14, 2022. EISSN: 2073-4441.
DOI: <https://doi.org/10.3390/w1416248>
IF: 3.4
31. Zsembeli, J., **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Czeller, K., Tuba, G., Krištof, K., Findura, P.: Effect of Soil
Conditioning on the Moisture Content and the Salt Profile of the Soil Under Irrigation with
Saline Water.
Agriculture (Polnohospodárstvo). 65 (2), 77-87, 2019. ISSN: 0551-3677.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/agri-2019-0008>
32. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Czeller, K., Tuba, G., Zsembeli, J.: Investigation of the possibility
of green bean production under unfavourable agro-ecological conditions in lysimeters.
Acta Univ. Sapientiae, Agric. Environ. 11 (1), 72-82, 2019. ISSN: 2065-748X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausae-2019-0007>
33. Zsembeli, J., Czeller, K., Tuba, G., **Sinka, L.**: Control of Water and Salt Regime of the Soil by
Irrigation.
Úroda. 12, 521-526, 2017. ISSN: 0139-6013.





Magyar nyelvű konferencia közlemények (4)

34. Kovács, G., **Sinka, L.**, Eszenyi, Á., Tuba, G., Rivera, G. A., Zsembeli, J.: Cékla genotípusok sófelhalmozó képességének vizsgálata másodlagos szikesedésre hajlamos talaj sóterhelésének csökkentése céljából.
In: Talajvédelem Különszám 2023 : Talajtani kutatás és oktatás a digitális mezőgazdaság korában. Szerk.: Makádi Marianna, Tóth Gabriella, Bertóti Réka Diána, Talajvédelmi Alapítvány : Magyar Talajtani Társaság, Miskolc, 119-134, 2023. ISBN: 9786150191775
35. Czeller, K., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J., Percze, A.: A *Miscanthus giganteus* vízfelhasználási hatékonyságának vizsgálata liziméteres kísérletben.
In: XXI. századi vízgazdálkodás a tudományok metszéspontjában : II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szerk.: Jakab Gusztáv, Csengeri Erzsébet, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar, Szarvas, 48-55, 2019. ISBN: 9789632698083
36. **Sinka, L.**, Czeller, K., Tuba, G., Kovács, G., Zsembeli, J.: A légköri harmat éves mennyisége és szerepe a vízforgalomban.
In: Alkalmazkodó vízgazdálkodás: lehetőségek és kockázatok. Szerk.: Jakab Gusztáv, Tóth Attiláné, Csengeri Erzsébet, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar Tessedik Campus, Szarvas, 171-177, 2018. ISBN: 9789632697369
37. Zsembeli, J., Czeller, K., **Sinka, L.**, Tuba, G.: A talaj nedvesség- és sóprofiljának szabályozása öntözéssel.
In: Alkalmazkodó vízgazdálkodás: lehetőségek és kockázatok. Szerk.: Jakab Gusztáv, Tóth Attiláné, Csengeri Erzsébet, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar Tessedik Campus, Szarvas, 232-238, 2018. ISBN: 9789632697369

Idegen nyelvű konferencia közlemények (5)

38. Zsembeli, J., **Sinka, L.**, Tuba, G., Rivera, G. A., Kovács, G.: Water use of lawns determined in weighing lysimeters.
In: Lysimeter und Bodenwasserhaushalt: Trockenheit - Bewässerung - Ertragssicherheit / Brigitte Marold, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, 133-138, 2021. ISBN: 9783902849830
39. **Sinka, L.**, Rivera, G. A., Czeller, K., Tuba, G., Zsembeli, J.: Simulation of the irrigation practice applied in the hobby gardens of Karcag in simple drainage lysimeters.
In: Lysimeter - a perfect tool for quantifying fluxes of water, nutrients and pollutants. Hrsg.: Brigitte Marold, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, 171-174, 2019. ISBN: 9783902849649
40. Czeller, K., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Zsembeli, J., Percze, A.: Water use efficiency of *Miscanthus giganteus* under different irrigation doses.
In: Lysimeter - a perfect tool for quantifying fluxes of water, nutrients and pollutants. Hrsg.: Brigitte Marold, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein, 175-178, 2019. ISBN: 9783902849649





41. Czeller, K., Zsembeli, J., **Sinka, L.**, Kovács, G., Streda, T., Stredova, H., Cepuder, P., Nolz, R.:
Determination of the amount of dew using weighing lysimeter data.
In: Lysimeterforschung - Möglichkeiten und Grenzen Lysimeter research - options and limits /
Brigitte Marold, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-
Gumpenstein, 181-184, 2017. ISBN: 9783902849458
42. Zsembeli, J., Czeller, K., Tuba, G., Szűcs, L., **Sinka, L.**: Effect of Irrigation with Saline Water on
the Soil and Legumes in Simple Drainage Lysimeters.
In: Lysimeterforschung - Möglichkeiten und Grenzen Lysimeter research - options and limits /
Brigitte Marold, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-
Gumpenstein, 189-192, 2017. ISBN: 9783902849458

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

43. **Sinka, L.**, Kovácsné Madar, Á., Rubóczki, T., Takácsné Hájos, M.: Biostimulátorok alkalmazása
paradicsom üvegházi termesztésénél.
In: 17. Magyar Magnézium Szimpózium. Szerk.: Takácsné Hájos Mária, Vojnich Viktor,
Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 25-26, 2021. ISBN: 9786156018069
44. **Sinka, L.**: Karcagi zártkertekben jellemző öntözési szokások szimulálása liziméterekben zöldbab
jelzőnövényvel.
In: XXXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia. Agrártudományi Szekció.
Előadáskivonatok.. Szerk.: Juhász Csaba, Juhász Lajos, Gyüre Péter, Vári Erzsébet,
Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Debrecen, 155-155, 2019. ISBN: 9789634900788
45. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Czeller, K., Tuba, G., Zsembeli, J.: Talajkondicionáló (PRP-SOL)
alkalmazásának hatása zöldbab jelzőnövényre liziméteres kísérletben.
In: Tavasz szél konferencia 2018 Nemzetközi multidiszciplináris konferencia :
Absztraktkötet. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest,
58, 2018. ISBN: 9786155586262

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

46. Zsembeli, J., Tuba, G., Kovács, G., **Sinka, L.**, Nagy, P. M., Rivera, G. A., Nyaboke, C.: Soil
related environmental considerations of farmers in the Great Hungarian Plain.
In: Trends and challenges in soil-crop management : Bock of abstracts. Eds.: Vladimír
Smutny, Vojtech Lukas, Mendel University, Brno, 18, 2022. ISBN: 9788075098474
47. **Sinka, L.**, Takácsné Hájos, M., Zsembeli, J.: Investigation of the possibility of green bean
production under unfavourable agroecological conditions in lysimeters.
In: Vth Horticulture and Landscape Planning Conference from Transylvania. Ed.: Benedek
Klára, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhely, 17-17, 2019.





48. Zsembeli, J., **Sinka, L.**, Tamás, J., Juhász, C.: Mitigation possibilities of secondary salinization induced by irrigation with saline water.
In: XIII. International Symposium on Plant Irrigation for Sustainable Rural Development / red. Michal Górecki, Daniel Morzynski, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz, 25-26, 2019. ISBN: 9788365603852

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

49. **Sinka, L.**: A palántanevelés és a hibridválasztás jelentősége a korai csemegekukorica-termesztésben.
Agroforum. 31, 44-47, 2020. ISSN: 1788-5884.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 7,1

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.01.16.



ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Zöldségfajok sötürése a Maas-Hoffman modell alapján (Maas-Hoffman 1977, Maas 1984 nyomán)	24
2. ábra: Az AtmoCONTROL programban beállított hőmérsékleti értékek, illetve a megvilágítás mértéke a 14 napos csíráztató periódus alatt 2019-2022-ben	34
3. ábra: Az AtmoCONTROL programban beállított relatív páratartalmi értékek a 14 napos csíráztató periódus alatt 2019-2022-ben	34
4. ábra: A 2019-ben alkalmazott kéttényezős véletlen blokkelrendezésű kísérlet elrendezése (Debrecen).....	36
5. ábra: A 2020-as kísérleti évben alkalmazott kéttényezős véletlen blokkelrendezésű kísérlet elrendezése (Karcag)	41
6. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2019).....	49
7. ábra: A minimum és maximum léghőmérsékleti értékek alakulása a palánták fűtetlen fóliasátorba helyezését követő 5 napban (Debrecen, 2020).....	50
8. ábra: A drasztikus hidegstresszt szenvedett fiatal palánták (Debrecen, 2020).....	51
9. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2020).....	51
10. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2021).....	52
11. ábra: A minimum és maximum hőmérsékleti értékek alakulása a kiültetés utáni 30 napban (Debrecen, 2022).....	53
12. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2019)	57
13. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2020)	58
14. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2021)	58
15. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csuhés csőtömegére (Debrecen, 2022)	59
16. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2019).....	60
17. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2020).....	60
18. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2021).....	61
19. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok fosztott csőtömegére (Debrecen, 2022).....	62
20. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszáma (Debrecen, 2019).....	63
21. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszáma (Debrecen, 2020).....	63
22. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszáma (Debrecen, 2021).....	64
23. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok szemsorszáma (Debrecen, 2022).....	64
24. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2019).....	65

25. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2020).....	66
26. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2021).....	66
27. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok csőhosszúságára (Debrecen, 2022).....	677
28. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok termésátlagaira (Debrecen, 2020-2022).....	68
29. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2019)	699
30. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2020)	70
31. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2021)	70
32. ábra: A különböző palántanevelési módok hatása a kísérletben alkalmazott csemegekukorica genotípusok prolintartalmára (Debrecen, 2022)	71
33. ábra: A csuhé nélküli csőtömeg alakulása az előkísérlet során (Karcag, 2019).....	744
34. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2020-as vizsgálati évben	777
35. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2021-es vizsgálati évben	788
36. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti sókészletének változása a 2022-es vizsgálati évben	799
37. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti nedvességekészletének változása a 2020-as vizsgálati évben	811
38. ábra: A különböző talajjavító anyagokkal kezelt talajok rétegenkénti nedvességekészletének változása a 2022-es vizsgálati évben	8282
39. ábra: A GSS3071 hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	834
40. ábra: A Tyson hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban	845
41. ábra: A Sweetstar hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	856
42. ábra: A GSS8529 hibrid csuhés csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	867
43. ábra: A GSS3071 hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	878
44. ábra: A Tyson hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban	889
45. ábra: A Sweetstar hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	90
46. ábra: A GSS8529 hibrid fosztott csőtömegének alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	91
47. ábra: A terméseredmények alakulása a különböző kezelések hatására (2020-2022).....	956
48. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2020-as vizsgálati periódusban	978
49. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2021-es vizsgálati periódusban	989
50. ábra: A kísérletben alkalmazott hibridek prolintartalmának alakulása a különböző kezelések hatására a 2022-es vizsgálati periódusban	100

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A hidegstressz okozta növényi válaszreakciók és ezek okai	15
2. táblázat: Általános irányelvek a növényi válaszreakciókról különböző mértékű sóterhelés esetén Kotuby-Amacher et al. (2000) nyomán	22
3. táblázat: A normál palántaneveléshez köthető főbb mérőföldkövek és a palántanevelés idejét befolyásoló környezeti tényezők.....	32
4. táblázat: A Memmert HPP 750 klímaszekrény specifikációi.....	33
5. táblázat: Az edzett palántaneveléshez köthető főbb mérőföldkövek és a palántanevelés idejét befolyásoló környezeti tényezők.....	35
6. táblázat: A kísérleti parcella főbb talajtulajdonságai a kísérlet kezdetén és a kísérlet végén	37
7. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2019-ben	54
8. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2020-ban	55
9. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2021-ben	56
10. táblázat: A különböző palántanevelési móddal szaporított genotípusok NDVI és SPAD értékei 2022-ben	56
11. táblázat: A Pearson-féle korrelációs számítás eredményei a hidegstressz kísérletben..	72
12. táblázat: A csemegekukorica sóstressz tűrésének vizsgálatára irányuló kutatómunka előkísérletének főbb talajtulajdonságai (2019, Karcag).....	722
13. táblázat: A sóstressz kísérlet parcellájának főbb talajtulajdonságai a 20-40 cm-es rétegben (2020, Karcag)	755
14. táblázat: A sóterhelés és a talajjavító kezelések hatása a 20-40 cm-es rétegben (2022, Karcag)	766
15. táblázat: A kísérletben alkalmazott hibridek csőhosszúságának alakulása az egyes kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	912
16. táblázat: A kísérletben alkalmazott hibridek számszámának alakulása az egyes kezelések hatására a 2020-2022-es vizsgálati periódusban.....	934
17. táblázat: A Pearson-féle korrelációs számítás eredményei a sóstressz kísérletben.....	101

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, **Takácsné Dr. habil. Hájos Mária professzor asszonynak** és **Dr. habil. Zsembeli József intézetigazgató úrnak** a szakmai alapok megtanításáért és a disszertáció megírása során nyújtott önzetlen segítségükért, szakmai útmutatásukért.

Köszönet illeti a **volt Karcagi Kutatóintézet munkatársait**, többek között **Dr. Kovács Györgyit** és **Tuba Gézát** a kísérleteim kivitelezése, illetve a mérések során nyújtott segítségükért és szakmai útmutatásukért.

Köszönet a **Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság DTTI munkatársainak** a kutatómunkám során nyújtott segítségükért.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a **Kertészettudományi Intézet vezetőségének, illetve valamennyi dolgozójának**, többek között **Dr. Kovácsné Madar Ágotának** és **Vargas-Rubóczki Tímeának**, akik a kutatómunka során segítséget nyújtottak.

Köszönettel tartozom a **Syngenta Magyarország Kft.-nek**, akik a négyéves kutatómunkára biztosították számomra a szaporítóanyagot.

Köszönet illeti továbbá a **Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola volt és jelenlegi vezetőit és munkatársait**, akik támogatták a kutatómunka elvégzését.

Hálásan köszönöm a **családom** önzetlen támogatását, odaadását és szeretetét.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen,

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítjuk, hogy **Galambné Sinka Lúcia** doktorjelölt 2019-2022 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javasoljuk.

Debrecen,

.....

a témavezetők aláírása