

SZAKDOLGOZAT

Troszt Norbert

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Növénytermesztési Tudományok Intézet

Mezőgazdasági Mérnöki alapképzési szak

**Különböző levéltrágya készítmények vizsgálata kukoricán
késleltetett fluoreszcencia detektálásával**

Belső konzulens: Dr. Hoffmann Richárd
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**
Növénytermesztési tudományok Intézet
Agronómia Tanszék

Készítette: Troszt Norbert (BNUI6Z)

Kaposvár

2024

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzés	4
3. Irodalmi áttekintés.....	5
3.1 Kukoricatermesztés jelentősége, helyzete Magyarországon és a világban	5
3. 1. 1. Kukorica helyzete és jelentősége	5
3.1.2. A kukorica felhasználása	7
3. 2. Kukorica tápanyagutánpótlása, biostimulánsok használatának jelentősége.....	8
3. 2. 1. Termesztéstechnológia	8
3.2.2. Tápanyagutánpótlás.....	11
3.2.3. Biostimulánsok jelentősége.....	13
3. 3. A klímaváltozás kapcsán fellépő abiotikus stressz hatása termesztett növényeinkre...	15
3. 4. A késleltetett fluoreszcencia és az ultragyenge biofoton emissziós vizsgálati megközelítés elméleti alapja	17
3. 4. 1. Reaktív oxigénfajták termelése és szerepük szerinti differenciálása	17
3. 4. 2. A biomolekulák oxidációjának szerepe az ultragyenge foton-emisszióban	18
4. Anyag és módszer.....	19
4.1 A kísérlet körülményei	19
4.2 Csíráztatás/nevelés:	19
4.3 A növénynevelés körülményei	20
4.5 A késleltetett biolumineszcencia mérés metodikája:.....	21
5. Eredmények.....	25
5. 1. Eredmények és értékelésük	25
5. 2. Öntözött kontroll csoport	26
5. 3. Aszály kontroll csoport.....	26
5. 4. Növényi eredetű aminosavas készítménnyel kezelt öntözött csoport	27

5. 5. Növényi eredetű aminosavas készítménnyel kezelt aszály csoport	28
5. 6. Állati eredetű aminosavas készítménnyel kezelt öntözött csoport.....	29
5. 7. Állati eredetű aminosavas készítménnyel kezelt aszály csoport	30
6. Következtetések és javaslatok	31
7. Összefoglalás.....	32
8. Irodalomjegyzék:.....	34
9. Köszönetnyilvánítás	39

1. Bevezetés

Az éghajlat mindennapi életünket befolyásoló, igen fontos tényező, amely számos emberi tevékenységre nagy hatással van, illetve szabályozza azokat. Ezek közül az emberiség élelmezési kérdéseinek tekintetében az egyik legnagyobb kihívással a növénytermesztés, illetve a növénynemesítés áll szemben. Az éghajlatváltozással megbirkózni igyekvő, modern szemléletű növénynemesítés égető problémái mellett számolnunk kell a növénygazdálkodást és a globális élelmiszertermelést biztosító szakpolitikai beavatkozásokkal nemzeti és nemzetközi szinten is.

A világ számos régiójában az éghajlatváltozás az agroökoszisztémák stressznek való kitettsége révén veszélyezteti a mezőgazdasági növények termesztésének biztonságát. A legnyilvánvalóbb hatások a magasabb hőmérséklet, a gyakoribb szélsőséges hőség, a megnövekedett aszály és az elsivatagosodás, (valamint egyes régiókban a gyakoribb és szélsőségesebb viharok és áradások). Ennek okán a növényfiziológiai kutatások a növények abiotikus stresszre adott válaszána biológiájára, valamint az éghajlatváltozás negatív hatásainak mérséklésére irányuló több alkalmazott kutatásra fókuszál (Lasky és mtsai. 2023), (Bowerman et al. 2023).

Kukorica az egyik legjelentősebb haszonnövényünk, mind világviszonylatban, mint pedig hazai termesztését tekintve. Jelentőségét az adja, hogy sokoldalúan felhasználható, mind a humán élelmezésben mind szemes és tömegtakarmányként, de akár energiaforrásként is. Sikeres termesztése napjainkban komoly kihívást jelent a gazdálkodók számára. A fent említett okok miatt termesztés technológiája átalakulóban van. A gazdálkodók kezdik felfedezni a hagyományos trágyázási megoldások mellett az új alternatív biostimuláns készítmények előnyeit a termelésben. Mivel családom is gazdálkodik ennek apropóján esett a témaválasztásom a kukorica stresszadaptációs képességének vizsgálatára biostimuláns készítmények alkalmazása mellett.

2. Célkitűzés

Kísérletünkben állati, valamint növényi eredetű aminosavakat tartalmazó biostimuláns készítmények hatékonyságát vizsgáltuk. Arra kerestük a választ, hogy egy makro- és mikroelemeket tartalmazó növényi aminosavat tartalmazó biostimuláns készítmény hatékonyabb-e a növényt érő stressz oldásában, mint a szintén ugyanazon makro- és mikroelemeket állati eredetű aminosavakat tartalmazó készítmény.

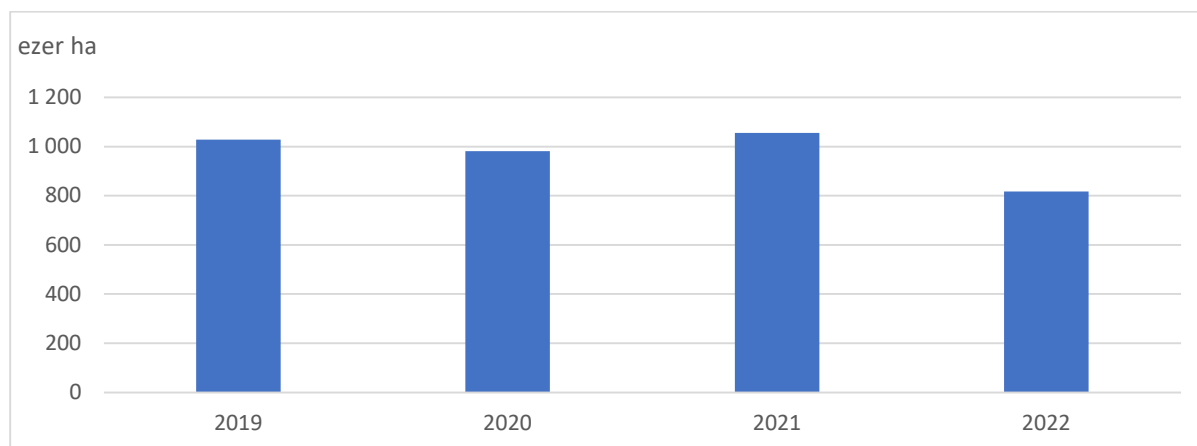
3. Irodalmi áttekintés

3.1 Kukoricatermesztés jelentősége, helyzete Magyarországon és a világban

3.1.1. Kukorica helyzete és jelentősége

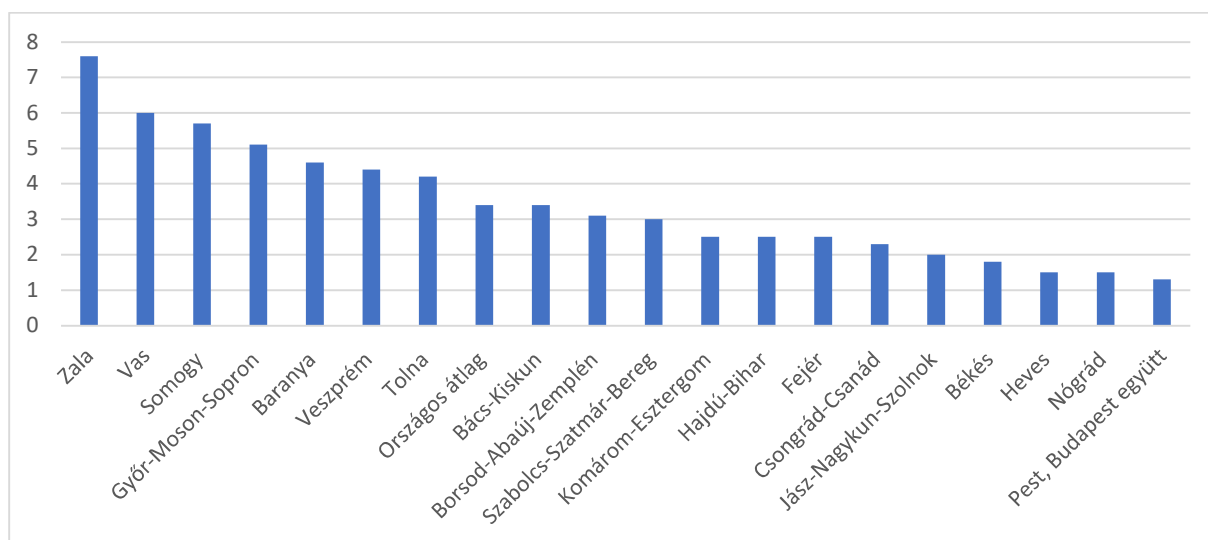
A kukorica (*Zea mays*) termesztése megközelítőleg 205 millió hektárnyi területet foglal magában, ez vetésterület méret a világ egyik legnagyobb területen termesztett növényévé teszi. Közép és Dél-Amerika térségéből származik, őse bizonytalan. Több kutató jelöli meg ősenek a Teosinte (*Zea mexicana*) fajt. Európába Amerika felfedezése után jutott el és nagyjából 100 év alatt hódította meg a kontinenst. Hazánkba a XVI. században került török közvetítéssel, erre utal régies elnevezése is, ami nem más, mint a törökbúza. A múlt század 60-as 70-es éveiben jelentős növekedésnek indultak a termésátlagok, ennek oka a beltenyésztéses hibridek termesztésére történő áttérés, valamint a műtrágyák széleskörű használata volt. A termésátlag ennek következményeképpen az 1980-as évekre 2,5-szeresére növekedett (Bocz és Nagy 2003; Márton 2008).

A világ jelenleg megosztott, számos országot ismerünk, ahol használják a GMO (genetikailag módosított organizmusok) technológiát (Dou System, Roundup Ready) és akik elzárkóznak tőle elősorbán „egészségügyi” okokra hivatkozva. Az Európai Unió tagállamainak többsége Magyarországgal együtt nem engedélyezi a GMO kukoricák termesztését (Heszky, 2014).



1. ábra: Kukorica Magyarországi vetésterülete
Forrás: KSH adatai alapján (saját szerkesztés)

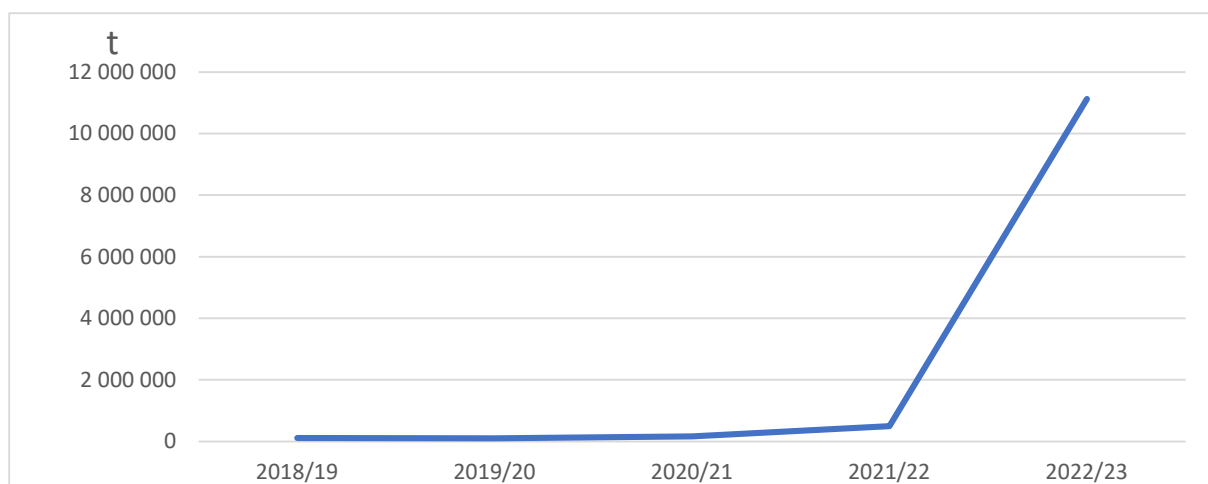
Magyarországon a vetésterülete a 2022-es évben 817'000 hektár volt, ami negatív rekord, amennyiben az elmúlt évtizedekhez viszonyítjuk. A visszaesés drasztikus volt, amit a 2021-év is igazol, hiszen ekkor még 1'055'000 hektár volt a vetésterülete, ami a magyarországi szántóterület közel 42%-át tette ki. Ugyan évről évre ingadozik a kukorica vetésterülete, de ekkora visszaesés nem volt tapasztalható 1990-óta (KSH, 2023).



2. ábra: Kukorica termésátlaga (tonna/hektár) vármegyénként
 Forrás: KSH adatai alapján saját szerkesztés

A 2022-es év a kukorica termesztése szempontjából rendkívül nehéz volt az egész országot súlytó aszály miatt, ami jelentősen visszavetette a termésátlagokat, különös tekintettel az alföldi régióra, hiszen azt a területet súlytotta a 2022-es aszály a leginkább. Összeségében azonban az egész Kárpátmedencére elmondható, hogy nőnek a meleg éjszakák ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), forró napok ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) száma, ezáltal aszálystresszt előidézve a növényekben. Kimutatható az is, hogy egyre nagyobb FAO számú kukoricákat vonnak ebben a térségben termesztésbe. Az aszály a kukorica tenyészidőszakában a vetéskörüli időszakban, áprilisban nőtt meg, illetve a szemtelítődés időszakában augusztusban nőtt meg jelentősen. Haszonnövényeink esetében azonban nemcsak a terméshozam mennyiségét, de a beltartalmi értékek változását is magával hozza az éghajlat változását (Somfalvi-Tóth, 2021).

A csapadékeloszlás tekintetében nem mutatkozik szignifikáns különbség azonban eloszlását tekintve jelentős változás következett be. A nyári időszakban hulló csapadék mennyisége erőteljesen lecsökkent, a csapadékmennyiség nagyobb intenzitású alkalmakkor hullik le. A kis csapadékkal járó események 5mm alatti esők gyakorisága lecsökkent (Somfalvi-Tóth, 2021).



3. ábra: Magyarországra irányuló Ukrán kukorica import
 Forrás: Eurostat adatai alapján (saját szerkesztés)

Ezen felül 2022 ősze óta a kukorica kapcsán Magyarországon és az Európai Unióban is jelentős értékesítési anomáliák tapasztalhatóak, ami pedig nem más, mint a jelentős mértékben megnőtt Ukrán import. Magyarországot ez a probléma még nagyobb mértékben érinti, hiszen szomszédos országról lévén szó olcsón és egyszerűen lehet nagy mennyiségben mezőgazdasági terményeket behozni. Az árakat tekintve ez a piac az Ukrán piachoz képest magasabb árszínvonalat képvisel, illetve az afrikai régióhoz képest is, ami a világpiaci tényezők felborulása előtt ezen tételek felvevő piaca volt. Ez a nagy mennyiségű gabona, ami bekerült az európai piacra az itthon megszokott árakhoz képest sokkal olcsóbban, leverte a hazai és az Európai Unió árakat (Keményné Horváth, 2014), ezért a termelők kénytelenek olcsóbban eladni, valamint a hazai nagy kukorica feldolgozó gyárak, mint a Hungrana Kft, vagy a Pannon Etanol, jelentős készleteket halmoztak fel az olcsóbb ukrán kukoricából, így a kereslet is csökkent a hazai piacon ezzel tovább rontva az amúgy is rossz helyzetet.

3.1.2. A kukorica felhasználása

Felhasználási területét tekintve legszélesebb a gabonák körében. hasznosítják közvetlen és erjesztett takarmányként, emberi fogyasztásra közvetlen vagy feldolgozott módon, illetve jelentős az ipari felhasználása is.



4. ábra: Kukorica felhasználása

Forrás: Gabonakukató: Kukoricatermesztésünk a világ mérlegén

Hazai viszonylatban a legdominánsabb felhasználási terület a takarmányozás. Ezen a területen belül is elsősorban abraktakarmányként, valamint a szilázs készítés (silókukorica termesztés) adja a legnagyobb volument. Minden lófogú és puha lisztes endospermiumú kukoricahibrid etanolgyártásra is alkalmas (Szél, 2014). Így hazánkban is jelentős kukorica mennyiséget használnak fel bioetanol gyártására, amit elsősorban a hazai piacról szereznek be. ez alól kivételt csak a mostani olcsó ukrainai kukorica import jelentett. A Pannóniai Bio Zrt. csak és kizárólag GMO mentes kukoricát használ fel a bioetanol előállítása során, hogy a melléktermékei, mint például a DDGS tovább értékesíthető legyen állati takarmányozásra (Kelemen, 2023).

A magyarországi jelentős kukoricatermesztésre tekintettel a másik nagy felhasználó mely korábban stabilizálta hazai kukorica piacot az a Hungrana Zrt. A gyár elsősorban kukoricakeményítőt és a szintén kukoricából készíthető édesítőszer izocukrot gyárt (Kelemen, 2023). Az országban megtermelt kukorica jelentős részét, hozzávetőlegesen 48%-át exportáljuk. Ez természetesen az ágazatot tekintve jelentős export függőségnek tekinthető (http2).

3. 2. Kukorica tápanyagutánpótlása, biostimulánsok használatának jelentősége

3. 2. 1. Termesztéstechnológia

A termesztéstechnológia alapvetően a mezőgazdasági műveletek összeségét takarja. A termesztési technológiát sok minden befolyásolja, vannak gazdasági szempontok, a talaj aktuális állapota mindenképp meghatározó, fontos szempont a várható időjárás és csapadék mennyiség, valamint tervezett növény faja és fajtája. A kukorica a vetésváltást tekintve

egyszerű, hiszen képviseli azt a tulajdonságot, hogy maga után nyugodtan természetű (Bocz, és Gyori, 1992). A visszavetés csak egyetlen ok miatt kerülendő, az Amerikai kukorica bogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) kártétele miatt.

3.2.1.1. Talajelőkészítés

Napjainkban jellemző növények közül hazánkban talán az egyik legigényesebb növény a talajállapotot tekintve a kukorica. Bár szinte minden talajtípuson megtalálható azonban, jelentős eredményeket ez a növényfaj csak akkor képes elérni, ha vastag humuszréteges talajba kerül elvetésre. A talaj kötöttsége is alapvetően meghatározza a termőképességét, alapvetően a közép kötött talajokat szereti, mint a csernozjom, barna erdőtalaj. Kémhatás tekintetében 6,6 – 7,5 pH-jú talajok az optimálisak a kukorica számára. Ez utóbbi tekintetében azonban annyira nem érzékeny (Tóth. 2004)

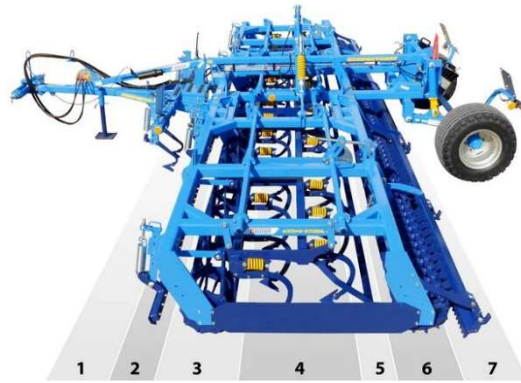
Az előző évi tarlóhántást követően a talajszerkezet lazítása a kukorica esetében rendkívül fontos, hogy a gyökérszónája a talaj mélyebb részében található nedvességet és táplálék forrásokat ki tudja használni.

Ezért korán lekerülő elővetemény tekintetében a nyári lazítás és visszatömörítés megfelelő választás lehet, ha ilyen munkaművelet mellett döntünk fontos, hogy a talaj elég száraz legyen, hogy a lazítás megfelelő repesztő hatással járjon. Hazánkban nyáron a talajok szinte minden nyáron alkalmas állapotban vannak ehhez a művelethez. Fontos azonban hozzátenni, hogy mindenképp ajánlott valamilyen eszközzel a talaj felső rétegét visszatömöríteni, hogy ne veszítsünk nedvességet. Ezért rengeteg lazító van felszerelve már gyárilag valamilyen tömörítő hengerrel (Birkás, 2017).



5. ábra: Oldalkéses lazító, tömörítő hengerrel
Forrás: Internet (Google Fotók)

Amennyiben elértük a megfelelően laza talajszerkezetet a következő lényeges agrotechnikai lépés a magányelőkészítés. Ezt a munkaműveletet kora tavasszal végezzük. Alapvető célunk a vetésre alkalmas jó magágy kialakítása. Egy jó magágnak az alábbi tulajdonságoknak kell megfelelnie: morzsás szerkezet, de a porosodás elkerülendő, ülepedett, de nem tömör, nyirkos és gyommentes. Fontos, hogy a talaj hőmérséklete elérje a 10°C, ami a kukorica bázis hőmérséklete, a magágnak ezt a folyamatot elő kell segítenie (Birkás, 2017).



6. ábra: Magágykészítő munkaeszköz, Kompaktor
Forrás: Internet (Google Fotók)

3.2.1.2. Vetés

Általános vetés ideje április második felétől május elejéig tart, azonban, ha megnézzük a vetőmagokhoz tett technológiai ajánlásokat akkor nem dátumot fognak megjelölni, hanem az adott hibridnek megfelelő bázishőmérsékletet találjuk meg benne. A bázishőmérséklet tekintetében elmondható, hogy általánosságban 10°C, de vannak olyan hibridek, amelyek jó Cold tesztel rendelkeznek és ezek a hibridek alacsonyabb talajhőmérséklet esetén is vethetők (Sárvári, 2007). Fontos megemlíteni a témával kapcsolatban, hogy ha a talaj hőmérséklete visszaesik akkor a foszforfelvétel korlátozódik, a növények leveli súlyosabb esetben a szárai is vöröses elszíneződést mutatnak, antociánosodnak.

Ez a jelenség hideg tavaszokon vagy túl korai vetések esetében tapasztalható. A starter trágyák megoldást jelentenek ebben az esetben, ezeket azonban a vetés előtt, vagy a vetéssel egy menetben kell kitenni, ami minden évben plusz költséget jelent. A probléma kezelésére lombtrágyák vagy biostimulátorok használhatók. A fagystressz kezelésére tökéletesen alkalmas a biostimuláns, hiszen környezeti stressz hatására a készítményben lévő aminosavak és vitaminok hatására erősödnek



7. ábra: Antociános kukorica
Forrás: Internet (Google Fotók)

a növények védekező mechanizmusai, ezáltal javítva a természetes regenerálódó képességet és csökkentve a terméskiesést (Raj, 2011).

3.2.2. Tápanyagutánpótlás

1. táblázat: A kukorica fajlagos tápanyagigénye.

Tápanyag	kg/t
Nitrogén	28
Foszfor	11
Kálium	30
Kalcium	8
Magnézium	3

Forrás: Füleki (1999). saját szerkesztés

A gazdasági haszonnövényeink csakis intenzív tápanyagutánpótlás mellett képesek az elvárt hozamszinteken teljesíteni. Amennyiben a tápanyagutánpótlás nem történne meg már az első évben drasztikus visszaesés lenne tapasztalható. A hibridek tekintetében még inkább fontos a növények igényeinek lehető legpontosabb kielégítése. Valamint szintén fontos, hogy ne csak egy tápelemet vizsgálva tekintsünk a tápanyagutánpótlásra, hanem vegyük figyelembe ezen tápelemek egymásra gyakorolt hatását (Tóth, 2020).

Fontos megjegyezni még azt is, hogy a növény szükségleteihez mérten az a tápelem fogja korlátozni a növekedését, ami az igényeihez viszonyítva, legkevésbé áll rendelkezésre, ez a limitáló tápelem, ha ezt a tápelemet pótoljuk rögtön egy másik tápelem válik limitáló tényezővé a növény számára (Berzsenyi, 2013).

A kukorica életében meghatározó pillanat a gyökérváltás ebben az időszakban nagyon fontos a jó nitrogén és foszfor ellátás, ezek a tápelemek alapvetően meghatározzák ennek a folyamatnak a lezajlását. Ilyenkor sokat segíthet, ha az adott növény kevésbé stresszes, illetve olyan biostimuláns, amely képes a gyökérzet növekedését aktiválni (Kiss, 2014).

A hidegebb tavaszok szoktak problémát okozni a termesztésében, ilyen körülmények között a talajlakó baktériumok nem tudják feltárni a talajban lévő foszfort ennek következtében a növényeken hiánytünetek jelennek meg. A foszforhiány tünete az antociános levél és szár. A foszfor felvétele 3-6 leveles korban a legjelentősebb a növény számára (Pepó és Sárvári, 2011).

A kukorica tápanyagfelvételére jellemző, hogy a kezdetekben lassú, mire a növény eléri a 6-7 leveles fenológiai stádiumot addigra felgyorsul. A legnagyobb mennyiségben a kukorica, a nitrogént igényli felvétele az érésig folyamatosan történik, ráadásul nem hajlamos normál körülmények között a szövetfelhígulásra sem. Legnagyobb szüksége erre a tápelemre mégis 8-10 leveles állapotában és szembeépüléskor van szüksége. A virágzás időszakában a kukorica legnagyobb ellensége az aszály és a hőstressz, mivel a pollenek az néhány óráig életképesek ezért ez a termésképződés legkritikusabb szakasza. Ilyenkor ugyan a kijuttatása már nem egyszerű feladat az állomány méretét tekintve, de kedvező hatás várható az abiotikus stressz csökkentésére képes készítményektől, kiemelt az aszálystressz csökkentésére alkalmasoktól (Kiss, 2014)

A káliumra legnagyobb mértékben a kukoricának címerhányáskor van szüksége, javítja a fotoszintetikus aktivitást és a növény általános ellenállóképességét is. Káliumhiány esetén a növény elmarad a fejlődésben, alacsonyabb, szára vékonyabb lesz csökken a stresszel szembeni ellenállóképesség (Pepó és Sárvári, 2011).

A szemtelítődés időszakában, ha beköszönt az aszály akkor már nem a szemek száma fog csökken, hiszen az már determinálódott, helyette a magok méretének és tömegének a csökkenését okozza, ebben az esetben is az abiotikus stressz csökkentése vezethet, de ebben a helyzetben már mindenképpen valamilyen szintű terméskieséssel kell számolnunk (Kiss, 2014).

A leginkább műtrágyákra alapozott tápanyag ellátás, miatt könnyen kialakulhat az a helyzet, hogy a mezo és mikro elemekből egyszerűen hiány alakulhat ki. Ilyen hiánytünetek léphetnek fel magnézium kalcium réz vagy akár cinkkel kapcsolatban is. Ez utóbbi a cink a növényi enzimek szabályozásáért felelős. A kukorica a cink hiányára igen érzékenynek nevezhető, ha hiány lép fel akkor a levelek sávos elszíneződést mutatnak, ekkor romlik a nitrogén beépülés és terméskiesés is várható. Reáltíz cinkhiány úgy alakulhat ki, ha meszes talajon termelünk, mert a túl sok foszfor gátolja a cink felszívódását. A mikroelemek közül szeretném még kiemelni a bór szerepét amire a megfelelő megtermékenyülés miatt, valamint a szükséges sejtdifferenciálódásokhoz van szükség. Valamint a kukorica tápanyagutánpótlás témakörében fontos megemlíteni a rezet, ami több enzimnek az alkotó része, a hiányában szenvedő egyedek növekedése lelassul, a fiatal levelek szürkés árnyalatúak lesznek, esetleg kifehérednek (Hoffmann, 2014).

A kukorica tápanyag utánpótlása a talajtrágyázásra épül a három legmeghatározóbb tápelem tekintetében, mint a nitrogén, a foszfor és a kálium. A mezo és mikroelemek viszonylatában

sokkal nagyobb hangsúly helyeződik a levéltrágyázásra. Egyes tápelemek tekintetében kijelenthető, hogy 2-20 hatékonyabban szívódnak fel a levélen, mint a talajon keresztül (Hoffmann, 2017). Nagy mennyiségű tápelem ezzel a módszerrel ugyan nem adható a kultúrnövényeknek, de hiánytünetek kezelésére vagy ezek megelőzésére a tökéletesen alkalmas ez a technológia.

3.2.3. Biostimulánsok jelentősége

A biostimulánsok biológiailag aktív anyagok melyeknek gyakori összetevőjük az ásványi elemek, poli és oligoszacharidok, valamint algák által termelt hormonok, valamint más hormon jellegű anyagokat. A biostimulátorok használatát napjainkban az indokolja, hogy csökkenteni kell az adott termőterületre jutó inputanyagok mennyiségét, jelentős termésveszteség nélkül. Napjainkban ugyanis egyre kevesebb termőterület áll a modern mezőgazdaság rendelkezésére, a világ népessége pedig gyorsan növekvő tendenciát mutat. A termelési egységre vetített hozamok csökkentése tehát nem jöhet szóba. Ráadásul ezen tényezők mellett napjainkban szigorodnak a környezetvédelmi előírások, aminek szintén meg kell felelni, ezek az előírások pedig előírásozzák az input anyagok csökkentését. Fontos megteremteni az összhangot a „Green Deal” vállalások kapcsán, mely szerint 2030-ig a növényvédőszer-felhasználást 50%-al, a műtrágyafelhasználást pedig 25%-kal kell csökkenteni az Európai Unió országoknak (http1).

Ennek egyik lehetséges útja a biostimulánsok használata. Felismerték ugyanis, hogy a szervesmolekulák bizonyos csoportjai aktivizálja a növények anyagcseréjét, valamint fokozzák természetes ellenállóképességüket (Hoffmann és Pónya 2016). Habár alkalmazásuk nem újkeletű, de az igény rájuk igen. Jelenleg ezek készítmények maradnak alternatívának olyan területalapú támogatási formák esetén is mint az AÖP, ahol plusz pont jár az egyes biológiai eredetű készítmények a biostimulátorok alkalmazása esetén.

Jelenleg számos készítménycsoport áll már a gazdák rendelkezésre. Egyik legismertebb csoportjuk a huminsavas készítmények. Ezek a készítménnyel talajlakó mikrobákat tartalmaznak és a gyökér tápanyagfelvevő képességét javítják.

A tengerimoszatok és egyéb növényi kivonatok legismertebb képviselői az algakivonatok melyeknek egyszerre van talajra és növényre irányuló hatása. A talajban cukormolekulák gélképződését idézik elő, valamint javítják a vízvisszatartást. ezen túlmenően javítják a talaj mikroflóráját, olyan módon, hogy segítenek a patogén baktériumok visszaszorításában. A

növényekben nutritív hatásuk van, de pozitív hatásuk tapasztalható a csírázás során lezajló folyamatok stimulálása kapcsán is.

A jótékony hatású gombakészítmények szintén egyre népszerűbbek, olyan gombák tartoznak ide, amelyek szimbiózisban képesek élni a kultúrnövényeinkkel. Előnyük a mikro- és makrotápelemek felvétele sokkal hatékonyabb, illetve javítja a gazdanövény vízháztartását is. Újabb kutatások rámutattak arra is, hogy a gombahifák hálózatai egyfajta kommunikációs hálóként működnek az egyes növény egyedek között, ennek az eredménynek az ökológiai mezőgazdaságban még komoly szerep juthat (Hoffmann és Pónya 2016).

Számos baktériumkészítményt ismerünk, melyek általában a tápanyagellátásban és tápanyaghasznosítás javításában segítenek a növények számára. Fokozzák a betegség ellenállóságot és az abiotikus stressztoleranciát is.

A fehérje hidrolizátumok és más nitrogén tartalmú vegyületekből előállított készítményekben aminosavak és fehérjék keveréke található. Általában növényi és állati hulladékokból más melléktermékekből, mint például kollagénből állítják elő őket (Hoffmann és Pónya 2016). Bizonyos aminosav származékok alkalmasak a növényeket érő biotikus és abiotikus hatások által kiváltott stressz enyhítésére, ilyenek a glicin és a betain. Vannak olyan anyagok, amelyek megvédik a növényeket a nehézfémek okozta mérgezésről úgy, hogy úgynevezett kelátokat képeznek, ilyen aminosav a prolin. Szintén nagyon fontos tulajdonságuk, hogy szabadgyököket fognak be, ezáltal csökkentve a környezeti hatások által kiváltott stresszválaszt. Az ilyen természetes eredetű aminosav készítmények nagy előnye, hogy azonnal felvehető formában állnak a növények rendelkezésére, felszívódásuk nem függ a fotoszintetikus aktivitástól, alacsonyabb energiafelhasználással tudják a növények hasznosítani. Az ilyen termékeknek nem célja jellemzően a tápanyagok biztosítása bár számos ásványi lombtrágyában megtalálhatóak sokkal inkább az anyagcsere folyamatok elősegítése, illetve a stresszválasz csökkentése (Tejada és mtsai, 2018).

Ugyanakkor napjainkban fontos gyakorlati szempont a biostimulánsok tekintetében, hogy könnyen felhasználhatók legyenek, ne igényeljenek speciális tárolási és felhasználási eljárásokat, valamint ne legyen bonyolult és drága az előállításuk. Ha ezek a szempontok nem teljesülnek akkor a gyakorlati elterjedésük nehézkessé válik (Mezőhír, 2022).

3. 3. A klímaváltozás kapcsán fellépő abiotikus stressz hatása termesztett növényeinkre

A környezeti tényezők drasztikus változásai, illetve a szélsőséges időjárási elemek megjelenése nagymértékben befolyásolja a jelenlegi növénynevelési stratégiákat, s azok hatékonyságát, valamint kérdésessé teszi a jelenlegi ún. „genetic stock” genetikai potenciálját, legfőképpen is az éghajlatváltozásnak ellenálló termesztett növények nevelésével kapcsolatos kihívások végett. Az éghajlatváltozás kezelésével kapcsolatos, újgenerációs nevelési megközelítés korlátait legfőképpen is az adja, hogy az évezredek óta termesztett és antropogén szempontok szerint nevelített gazdasági növényeink jelentős mértékben „elszegényedett” másodlagos anyagcseretermék-garnitúrával rendelkeznek a vad fajokkal, illetve a gyomnövényfajokkal összevetve azokat, így azok stresszadaptációs képessége jelentős mértéken alul marad azokéval szemben, illetve az epigenetikai szabályozás újonnan feltérképezett mechanizmusainak köszönhetően a stressztűrő/adaptációs képességeik további szűkülése prediktálható. Várhatóan tehát csak egy multidiszciplináris megközelítésű, több tudományágat és fejlett növénytermesztési technológiákat átfogó, genotipizálásra és fenotípus-meghatározásra (lásd, genetikai plaszticitás) és környezeti sémába integrált növénynevelési stratégiákat felvonultató szemléletmód lehet csak sikeres gazdasági növényeink éghajlatváltozásra történő felkészítését illetően. Mivel az ökoszisztémák alapvetően és elsődlegesen is az éghajlattól függenek, s a kultúrnövények növekedése, fejlődése az éghajlatváltozás miatt egyre sérülékenyebbé válik, az éghajlatváltozás jelenti az elsődleges veszélyt agro-ökoszisztémánk fenntarthatóságára vonatkozóan. A földfelszín középhőmérsékletének fokozatos emelkedése jelentősen csökkentheti a hozamot (Eckardt, 2023), s amellet, hogy potenciálisan lerövidítheti a tenyészidőszak hosszát, a növény-környezet dinamikájában váratlan anomáliákat okozhat. Mindezek alapján globális és jelentős termés-csökkenés várható, ami a változékony csapadék-eloszlással párosulva, a magasabb hőmérsékleti értékekkel melletti magasabb vízigénnyel társul. A fluktuáló éghajlati elemek hatásai közül azonban a szakértők kiemelik az egyre gyakrabban jelentkező aszálynak (Verslues, 2023), a szárazföldi flórára, az edafikus viszonyokra és ezek kölcsönhatásaira gyakorolt hatását, mint a legjelentősebb abiotikus stresszfaktornak a jelentőségét (Bowerman, 2023; Messina, 2023).

Az aszály okozta stressz elsőszámú probléma a növénytermesztésben, mivel jelentősen csökkenti a terméshozamot, amellet, hogy korlátozza az agroökoszisztémák életképességét, ezért az elmúlt években a növények aszályra adott válaszreakciói molekuláris hátterének megértése és a szárazságtűrésben szerepet játszó tényezők azonosítása a növényi abiotikus

stresszkutatás kulcsfontosságú céljává lépett elő (Bowerman, 2023; Napier, 2023), munkái képet adnak a növény-víz kapcsolatáról, és rámutatnak arra, hogy az aszályhoz kapcsolódó kísérletekben a vízpotenciál mérését követően, az adatok kutatólaboratóriumok közötti megosztása hogyan segítheti elő a stresszfiziológiai kutatási területek közötti integráció hatékonyságát. Az agronómiai kutatások, karöltve az ökofiziológiával, beleértve a teljes növényélettani, molekuláris és sejtbioológiai a kutatásokat is, integrált megközelítése szükséges a termesztett növényeink stresszadaptációs készségének fejlesztését célzó törekvésekben. Az így napvilágra kerülő kutatási eredmények különböző szintjei közötti összehasonlítás segít abban, hogy elmélyítsük a szárazságtűrésre és az alkalmazkodás mechanizmusainak megértését célzó ismereteinket, valamint azt, hogy ezeket miként lehet a legjobban alkalmazni a modern szemléletű növénytermesztésben (Jócsák és mtsai, 2022).

Az elmúlt évtizedekben kidolgozott és alkalmazott stresszélettani módszerek, valamint a genomikai, transzkriptomikai, majd proteomikai, illetve metabolomikai megközelítések bonyolultsága, magas anyag-és eszközigenye, költséges volta, továbbá azok invazív, a növényi szövetek roncsolásával járó jellege életre hívta azokat a törekvéseket, amelyek a növényegészségi állapot egyfajta „on-line”, folyamatos monitorozási lehetőségét nyújtják nem-invazív módon.

A nagy érzékenységgű CCD-kamerák fejlesztésében, valamint a digitális képfeldolgozásban az elmúlt évtizedekben elért eredmények teremtették meg annak az alapját, hogy ez a megközelítés realitássá váljon, annak a több évtizede feltételezett (s több esetben kísérletileg is bizonyított) felismerésnek az alapján, miszerint az élőlényekre univerzálisan jellemző egy igen alacsony (néhány 100/1000 foton/m²/s) intenzitású elektromágneses sugárzás, ami stressz esetén magasabb szintű emisszióhoz vezet. Ennek a nagyon alacsony intenzitású elektromágneses emisszióknak műszerekkel történő mérési lehetőségének megteremtése területén elért közelmúltbeli technikai fejlődés elérhetővé tette az élőlények stressz-státuszának nyomon követését (Kamal és mtsai, 2016).

Ebben a kontextusban érdemel (Napier, 2023) említést, akik mélyreható elemzését adják a kultúrnövényekben szükséges kialakítandó éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás molekuláris vonatkozásainak, kiemelve a genotípus-környezet kölcsönhatásának kulcsfontosságú mozgatórugóit, utalva a növény fejlődésében fellelhető fenotípusos plaszticitás jelentőségére, miszerint ugyanazon genotípusok különböző fenotípusos tulajdonságokat hoznak létre válaszul a különböző környezeti hatásokra (Lasky és mtsai. 2023) stratégiákat válaszol fel a genotípus-környezet összefüggéseken alapuló hipotézisek tesztelésére utalva a

genetika és ökofiziológia összefüggéseire, valamint rávilágít a stresszadaptáció molekuláris alapjainak jelentőségére.

3. 4. A késleltetett fluoreszcencia és az ultragyenge biofoton emissziós vizsgálati megközelítés elméleti alapja

Az ultragyenge foton-emisszió a biológiai rendszerek alacsony szintű kemilumineszcenciája, amely minden élő szervezetben keletkezik az oxidatív anyagcsere- és stresszfolyamatok során. A jelenséget késleltetett fluoreszcencia, autolumineszcenciának vagy alacsony szintű kemilumineszcenciának is nevezik (Hoffman 2014; Pepó és Sárvári 2011; Hoffmann 2017). A különféle biológiai mintákból megfigyelt ultragyenge foton-emisszió a szubcelluláris szinttől kezdve a sejtszinten át egészen az egyes organizmusokig, beleértve a növényeket is, igazolást nyert. Az ultragyenge fotonkibocsátás tehát a biológiai rendszerekben (mikroorganizmusok, növények és állatok, beleértve az embert) létrejövő, elektronikusan gerjesztett állapotba kerülő molekulák, relaxációjából származó, univerzális jellemző. Számos szakirodalmi hivatkozás (Hoffmann. és Pónya. 2016; Márton 2008) szolgáltat kísérleti bizonyítékokat a szuperoxid anion gyök, hidrogén-peroxid, hidroxil gyök és úgynevezett szinglet oxigén szerepére vonatkozóan, mind a spontán, mind a stressz által kiváltott ultragyenge foton emissziót tekintve. A szuperoxid anionok és hidroxil gyökök általi hidrogén absztrakcióból vagy a szinglet oxigén cikloaddíciójából előálló biomolekulák oxidációja oxidatív reakciók kaszkádját indítja el, amelyek elektronikusan gerjesztett vegyületek, például gerjesztett triplet karbonil, gerjesztett pigmentek és szinglet oxigén képződéséhez vezetnek. A ROS fotonemisszióban betöltött szerepe alapján lehetőséget teremt arra, hogy a spontán és a stressz által kiváltott ultragyenge foton-emissziót nem-invazív eszközként használjuk biológiai rendszerek oxidatív anyagcsere-folyamatainak és oxidatív stresszreakcióinak *in vivo* monitorozására (Fan és mtsai, 2022).

3. 4. 1. Reaktív oxigénfajták termelése és szerepük szerinti differenciálása

A reaktív oxigénfajták (ROS) vagy az életfenntartó enzimek katalizáló reakciókhoz kapcsolódó anyagcsere-folyamatok során, vagy a stresszreakciókra adott válaszok során keletkeznek, amikor is az élő rendszerek (mikroorganizmusok, növények és állatok –beleértve az emberi fajt is) biotikus és abiotikus stressztényezőknek vannak kitéve. Ha az antioxidáns védelmi rendszer hatékonyan megköti a ROS-t, a ROS biológiai funkcióval bíró molekulákra, (pl. lipidekre, fehérjékre és nukleinsavakra gyakorolt oxidatív hatása kivédhető. Abban az esetben azonban, ha a ROS képződése meghaladja az antioxidáns védekező rendszer kapacitását, a biomolekulákat a ROS oxidálja, miközben a lipidek, fehérjék és nukleinsavak oxidációja

nagyenergiájú gerjesztett elektronkonfigurációjú intermedierek képződéséhez vezet, amelyek átmeneti állapoton keresztül a szinglet vagy a triplet gerjesztett állapotból a szinglett alapállapotba jutnak el. Az elektronikusan gerjesztett fajok elektronikus átmenetét a szinglet vagy triplet gerjesztett állapotból az alapállapotba fotonkibocsátás kíséri. Mivel mindössze néhány foton emissziója történik ilyenkor négyzetcentiméterenként (másodpercenként), a fotonkibocsátás rendkívül gyenge természetűnek tekinthető (Havaux és mtsai, 2006).

A ROS képződésének folyamata alapján, amelynek háttérében nemcsak stresszreakciók, hanem normál anyagcsere-folyamatok is állhatnak, a szakirodalom az ultragyenge foton-emisszióknak nem eredete, hanem „jelentése” szerint két típusát írja le:

A spontán ultragyenge foton-emisszió a biológiai rendszerekben az oxidatív anyagcsere folyamat során keletkező, elektronikusan gerjesztett részecskék relaxációjából ered, amelyek a normál anyagcsere-folyamatok során a ROS termelődésével járnak.

A stressz által kiváltott ultragyenge foton-emisszió az abiotikus (fizikai és kémiai) és biotikus stresszreakciók során létrejövő, elektronikusan gerjesztett fajok relaxációjából származik (Kobayashi és mtsai, 2014).

Dolgozatomban az oxidatív anyagcsere-folyamatok, illetve az oxidatív stresszreakciók során képződő ROS spontán, illetve stressz által kiváltott ultragyenge foton-emisszióban való részvételére épülő mérési metodikára épül. A ROS oxidálja a lipideket, fehérjéket és nukleinsavakat, és így kaszkád reakciókat indít el, amelyek az elektromágneses spektrum UVA, látható és közeli IR régióiban a fotonkibocsátásért felelős, elektronikusan gerjesztett fajok kialakulásához vezetnek.

3. 4. 2. A biomolekulák oxidációjának szerepe az ultragyenge foton-emisszióban

Az ultragyenge foton-emisszió molekuláris mechanizmusának megértéséhez kulcsfontosságú a ROS által okozott oxidatív károsodás célpontjának meghatározása. Az izolált molekulákon, például lipideken, fehérjéken és nukleinsavakon végzett kísérletek megadhatják a szükséges információkat a biológiai rendszerekben zajló reakciókról. Például kimutatták, hogy az ultragyenge fotonkibocsátás forrásai lehetnek az esszenciális biológiai funkcióval rendelkező lipidek, fehérjék és nukleinsavak (Szél, 2014; Bocz és Nagy, 2003).

Az elektronikusan gerjesztett fajok kialakulásának háttérében álló mechanizmusok tehát lehetővé teszik, hogy az ultragyenge foton-emissziót diagnosztikai eszközként alkalmazzuk a

mikrobiális, növényi és állati sejtekben zajló oxidatív metabolikus versus oxidatív stressz folyamatok vizsgálatára.

4. Anyag és módszer

4.1 A kísérlet körülményei

A kísérletek beállítására a MATE Kaposvári Campus-án került sor 2023 június-július hónapokban. A vizsgálatokat az **MV Koppány csemegekukorica** hibriden végeztük. Genotípusát tekintve korai virágzás jellemzi, jól termékenyül és könnyen reagál a változó tápanyag és csapadék mennyiségre. A csemegekukorica hibridre azért esett a választás mert érzékenyebb, mint a szemeskukorica hibridek, így általában jól adekválható válaszreakciókra számíthatunk. A választott hibrid

4.2 Csíráztatás/nevelés:

A hibrideket egyenként 12 cm átmérőjű cserepekbe vettük el hozzávetőlegesen 2-3 cm mélyre. A kísérletet esetlegesen zavaró tápanyagreakciók kiküszöbölése érdekében a talajt homokkal helyettesítettük. A növénynevelés az Aquaterra Kft. (8200 Veszprém, Wartha Vince street 1/2.) által forgalmazott „POL-EKO K 1200 Top Plus” berendezésben valósult meg (X. ábra). A vetést követően kukorica a víz- és tápanyagigényét tápoldatos öntözéssel biztosítottuk. A módosított Hoagland tápoldat összetételét az 2. táblázat tartalmazza.



8. ábra: a POL-EKO K 1200 Top Plus növénynevelő kamra működés közben a benne fejlődő kísérleti növényegyedekkel

Forrás: Saját fotó

4.3 A növénynevelés körülményei

A sziklevél megjelenéséig üvegházban helyeztük el a cserpeket, a csírázás meggyorsítása érdekében, később szabadföldi körülmények közé helyeztük. A célunk ezzel a lépéssel az volt, hogy a késleltetett fluoreszcencia mérési módszert gyorsabban lehessen használni a szántóföldi problémák kezelésére. Oldószerként kétszeresen ioncserélt laboratóriumi víz került felhasználásra, a csapvízben lévő számos elem ismeretlen koncentrációjának kiküszöbölése érdekében. A kész tápoldat pH-ja 5,5-re lett beállítva.

2. táblázat: a módosított Hoagland tápoldat összetétele

Tápsó	Molekulatömeg	Koncentráció
KNO ₃	101,1	1,25*10 ⁻³
Ca(NO ₃) ₂	236,15	1,25*10 ⁻³
MgSO ₄	246,46	0,5*10 ⁻³
KH ₂ PO ₄	136,09	0,25*10 ⁻³
Fe-EDTA / Fe-citrát	367,1	1,0*10 ⁻⁵
H ₃ BO ₃	61,83	1,156*10 ⁻⁵
MnCl ₂ *4H ₂ O	197,91	4,60*10 ⁻⁶
ZnSO ₄ *7H ₂ O	287,54	1,9*10 ⁻⁷
Na ₂ MoO ₄ *2H ₂ O	241,95	1,2*10 ⁻⁷
CuSO ₄ *5H ₂ O	249,68	8,0*10 ⁻⁸

Kísérlet során felhasznált anyagok, kezelések

A levéltrágyás kezelésekre a kukorica 3-4 leveles fenológiai stádiumban került sor. A kísérletben kezelésként öt cserép szerepelt, egy cserép 1db kukoricánövényt tartalmazott. A kezelésekre május 28-án került sor. A kezeléseket állati és növényi eredetű aminosavas lombtrágyakészítményekkel végeztük, melyeket a Péti Nitrokomplex Kft. Bocsájtott rendelkezésünkre a következők szerint:

- | | |
|--|-------|
| 1. Kontroll / Ioncserét laboratóriumi víz/ | 5l/ha |
| 2. Állati eredetű aminosavas készítmény + N 1,3%; SO3 4,2%; Zn 3,5% | 5l/ha |
| 3. Növényi eredetű aminosavas készítmény + N 1,3%; SO3 4,2%; Zn 3,5% | 5l/ha |

A kijuttatás dózisának azért választottuk az 5l/ha mennyiséget, mert ez az érték volt a lombtrágya készítmények gyártóinak az ajánlása. A bekevert permetlé koncentráció 1% volt, elkerülve ezzel az esetleges perzselés veszélyét. A készítményeket kézi pumpás permetezővel juttattuk ki. Azonos „fújasszámot” alkalmazva. A kezelés idejére félárnyékos szélmentes helyen a szabadban helyeztük el a növényeket, a kijuttatás során a hőmérséklet 20 °C alatt maradt. A kezeléseket (10 cserép/kezelés) megfigyeztük, így kezelésként két csoport jött létre. egyik csoport a kezelést követően továbbra is öntözésben részesült, a másik csoport öntözését a kezelés napján felfüggesztettük, ezáltal szárazságstressznek kitéve az állományt. A kezeléseket az alábbiakban ismertetett módon neveztük el, *Kontroll Öntözött* nem kaptak semmilyen kezelést, a kísérlet végéig megfelelő mennyiségű nedvességhez jutottak. *Kontroll Öntözetlen*, szintén nem lettek kezelve semmivel, azonban ki voltak téve az aszálynak. *AS. Növ. Öntözött* ez a csoport növényi aminosav tartalmú lombtrágyát kapott, a kísérlet teljes ideje alatt öntözésben részesült. *AS. Növ. Öntözetlen*, szintén kapta a növényi aminosavas lombtrágyát, valamint ki volt téve aszálystressznek is. *AS. Áll. Öntözött* ez a csoport állati eredetű aminosavas lombtrágyát kapott, valamint öntözésben részesült. *AS. Áll. Öntözetlen* az ezt megelőző csoporttal megegyezően kapta az állati aminosavas lombtrágyát, de azzal a csoporttal ellentétben ki volt téve az aszálynak is.

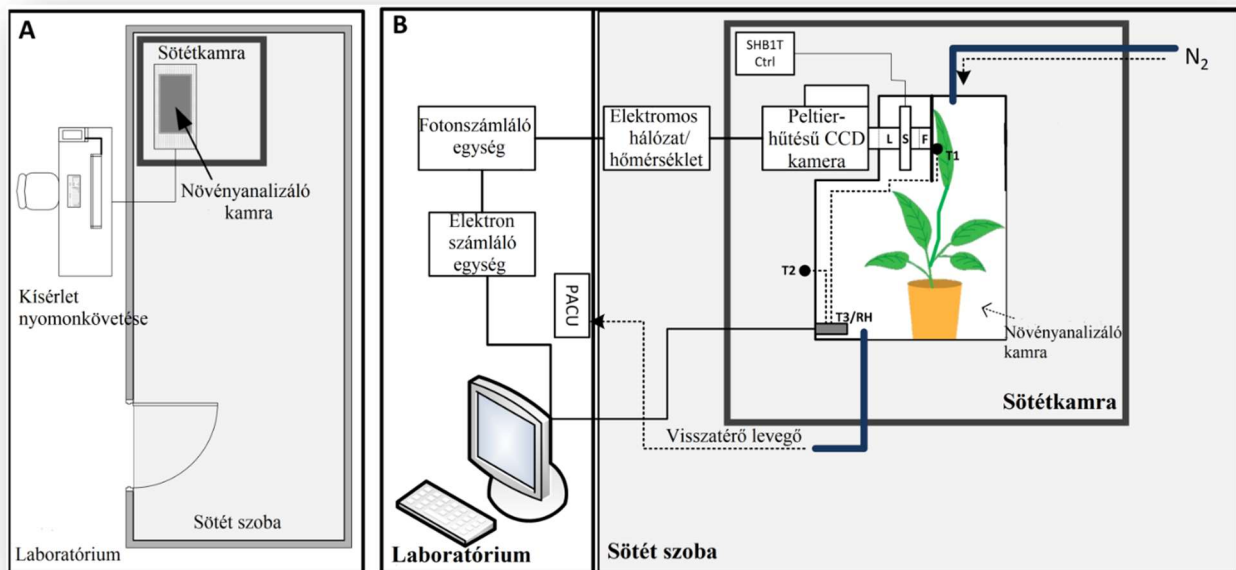
Az aszálystressz alkalmazásakor az öntözést leállítottuk a megfelelő csoportokban teljes tápoldat megvonás történt, míg az öntözött csoportok a kísérlet teljes ideje alatt konstans vízmennyiséget kaptak. A kimaradt öntözés első napját az aszálystressz nulladik napjának tekintettünk. Az aszály jeleit vizuálisan is észleltük az aszálystressz megkezdését követő harmadik naptól. Az egyes növények között jelentős különbségek voltak megfigyelhetőek. A kísérlet tizedik napjára mind mutatták az aszály fizikai jeleit, mégpedig, hervadást és a levélszög változást is. A talaj jelentős kiszáradása és összezsugorodása volt tapasztalható a kísérlet során, valamint a növények sárgulása és száradása is egyre erősebben jelentkezett.

4.5 A késleltetett biolumineszcencia mérés metodikája:

A késleltetett fluoreszcencia mérése a Berthold Technologies által kifejlesztett és szabadalmi oltalom alatt álló, NightShade LB985 in vivo növényi képanalizáló rendszerrel történt, melyet egy Windows 10 operációs rendszerű PC vezérelt. A pixel intenzitási adatok elemzésére az

Indigo 2.0.5.0TM (Berthold Technologies) szoftverrel történt. A berendezés központi egysége egy elektronikus mélyhűtött vákuumban üzemelő CCD- szenzor.

Műszaki paraméterei: felbontás: 1024x1024pixel
 pixel méret 13x13 μm^2
 üzemi hőmérséklet -68°C
 spektrumtartomány 350-1050 nm
 integrálási idő ms- több óráig



9. ábra: a NightShade LB 985 növényi képanalizáló rendszer (Berthold Technologies) működésének, illetve a késleltetett fluoreszcencia mérésének sematikus ábrája

- A, a növényi képanalizáló laboratórium felépítésének főbb egységei
- B, a biofoton mérések kivitelezésének folyamatábrája



10. ábra: A NightShade LB 985 in vivo növényi képalkotó rendszer (Berthold Technologies GmbH & Co.KG, 75323 BadWildbad, Németország)

Forrás: Saját fotó

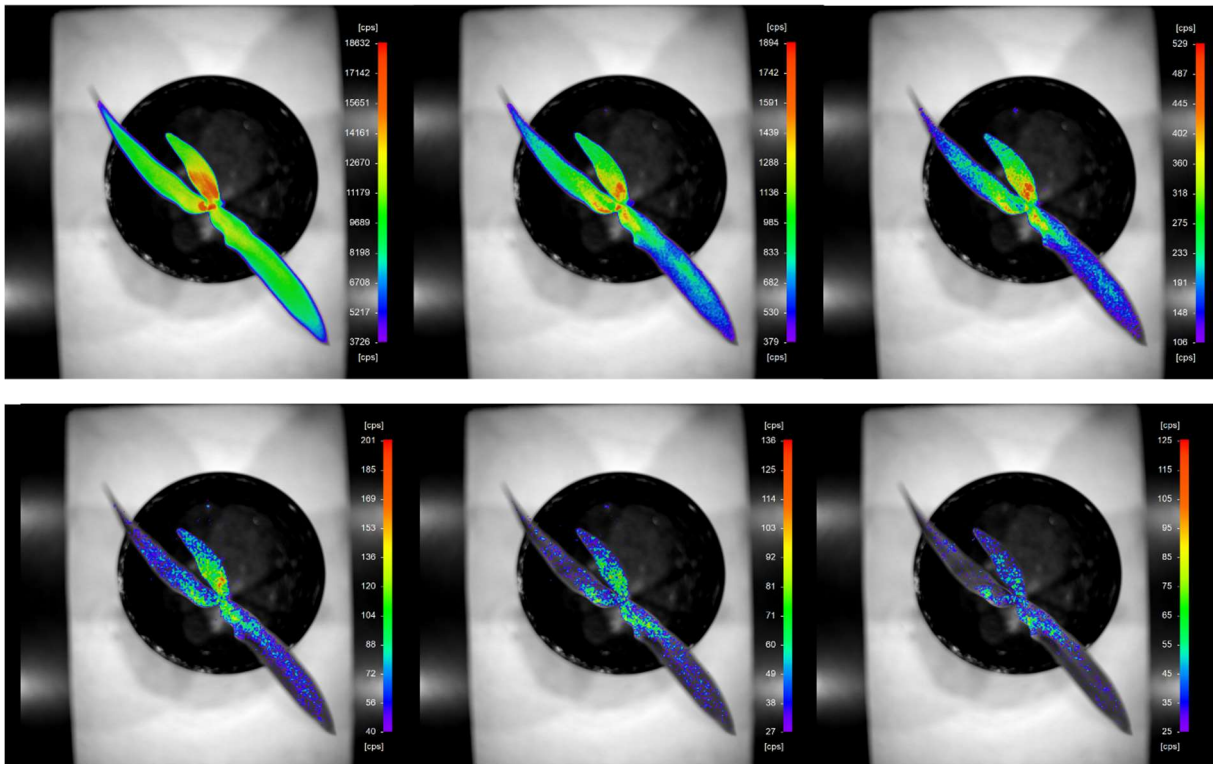
Külső környezeti paraméterek: legfeljebb 20°C, a laboratórium klimatizált a berendezés megfelelő működésének biztosítása érdekében. A páratartalom szintén állandó 40%-os.

A mérések paraméterei az összehasonlíthatóság érdekében egységes minden alkalommal a következők voltak.

Pásztázott tér mérete:	10,49x10,49 cm
Mintamélység:	2 mm
Kamera kvantum határfoka:	Magas
Chip-kiolvasási sebessége	Lassú
Integrációs idő (s)	30
Fekete-fehér kép megvilágítás (%)	10
Binning faktor	x-Binning 4
	y-Binning 4

A nyers adatokat a Berthold Technologies kizárólagos tulajdonában lévő algoritmus értékelte ki. CCD-image elektronszámának meghatározásánál alkalmazott egyenletek alapján foton-fluxusból számított potenciál-majd ellenállás-változásszámítható, ami cps/mm² (count per second) értékek számításához nyújt alapot. A képek készítése alatt a növényeket teljesen fénymentes kamrába helyeztük, ezt követően a PS II fotonrendszerből érkező zavaró jelek levonásra kerültek a késleltetett fluoreszcencia adatainak elemzése során. A mérésekre a kezelést követően a harmadik, hetedik és tizedik napon került sor. A vizsgálathoz használt növényi képanalizáló rendszer nagy érzékenységgű CCD-kamerája 30 másodperces

időintervallumok alatt detektálta egymást közvetlenül követő hat alkalommal növényegyedenként minden mérési alkalommal a szenzorra érkező fotonokat, majd az intenzitás értékek szoftveres feldolgozását követően rögzítette az adatokat.



11. ábra: Késleltetett fluoreszcencia mérés közben készült képsorozat
Forrás: Indigo program saját adatok alapján

Az első mérési adatok a késleltetett biolumineszcenciával állnak szoros összefüggésben, miszerint a minél magasabb értéket kapunk, mint kezdeti intenzitás és minél lassabban cseng le az érték a mérés során annál kevésbé hatott az abiotikus stresszt kiváltó faktor, ha az értékek magasabb értéket vesznek fel, az a növények magasabb stresszállpotára utalnak. Amennyiben az értékek kisebbek akkor az adott stresszt kiváltó faktor hatása a növényre csökkent mértékű. Az eredmények értékeléseés összehasonlíthatósága érdekében egyrészt a mért értékek cps (Count per secundum) -ban kifejezve, másrészt a változás százalékos mértékét a kiindulási állapothoz viszonyítva területre vetítve (mm^2) értékeltük.

Az adatok varianciaanalízissel és t-próbával értékeltük 5% szignifikancia szinten. Microsoft Excel 16.0 szoftvercsomaggal.

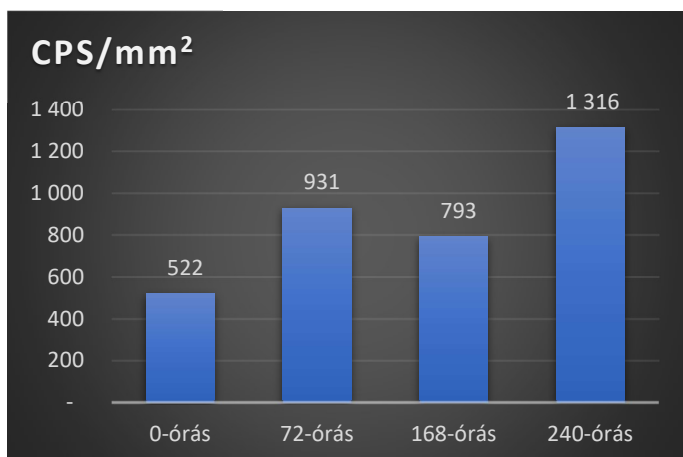
5. Eredmények

5. 1. Eredmények és értékelésük

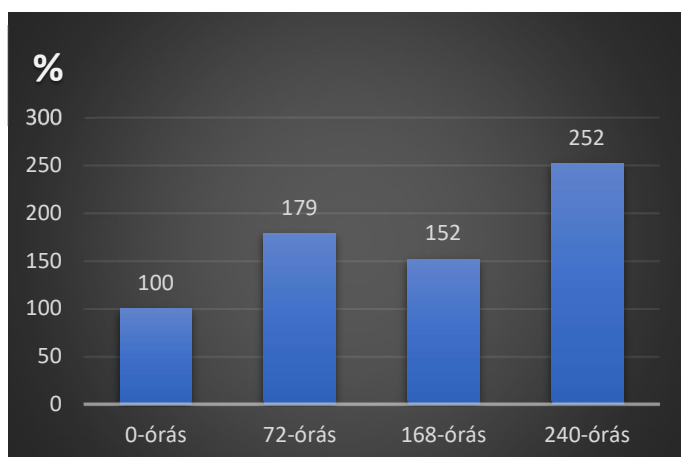
Kísérletünk a kukorica aszálystresszre adott reakcióját igyekezett nyomon követni késleltetett fluoreszcencia mérést alkalmazásával. A kísérlet során hat csoportot különböztettünk meg, mindamelllett, hogy a növények egyedenként is meg voltak jelölve a visszakövethetőség érdekében. Három különböző kezelésben részesítettük a kísérleti egyedeket. A stressz-adaptációs folyamatokban vélelmezhetően egyfajta „stressz-pufferelő” hatást kifejtő biostimulánsokat, állati, valamint növényi eredetű aminosavakat tartalmazó lombtrágyákkal kezelt növények csoportja mellett, egy harmadik (kontroll) csoportot képeztünk adta ki, amelybe tartozó egyedek semmilyen kezelésben nem részesültek. Az így létrehozott csoportokat további két kategóriába osztottunk, aszerint, hogy az adott csoportba tartozó egyedek szárazság-stressznek voltak-e kitéve (az öntözés elhagyása útján szimulálva az aszályra jellemző körülményeket) avagy azok végig öntözve voltak. Az így kialakított hat csoport csoportonként öt kukoricaegyedet tartalmazott. Az eredmények bemutatása során a harmadik percben mért értékek összehasonlítását végeztem el.

Az elemzés során azt vizsgáltuk, hogyan változik a késleltetett fluoreszcencia értéke az egyes kezeléseken belül a kiindulási nulladik naptól a tizedik napig. Az eredményeket ábrapárok segítségével szemléltettük, ahol egyik ábrán a mért értékek CPS/mm² (Count per secundum/mm²) -ban kifejezve láthatók, a másik ábrán pedig a változás százalékos mértékét a kiindulási állapothoz viszonyítva követhetjük nyomon. Az adatok minden esetben a mérési periódus utolsó értékét tartalmazzák a kezdeti fotoszintézis lecsengésének betudható „torzító” hatás csökkentése érdekében.

5. 2. Öntözött kontroll csoport



12. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, kontroll csoport tekintetében, (Sz.D_{5%}:127,12)



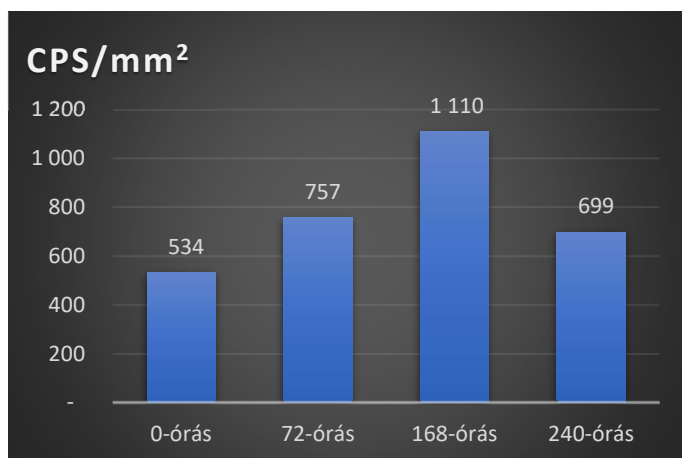
13. ábra: A változás mértéke a 0 óras mérés százalékában kifejezve

Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

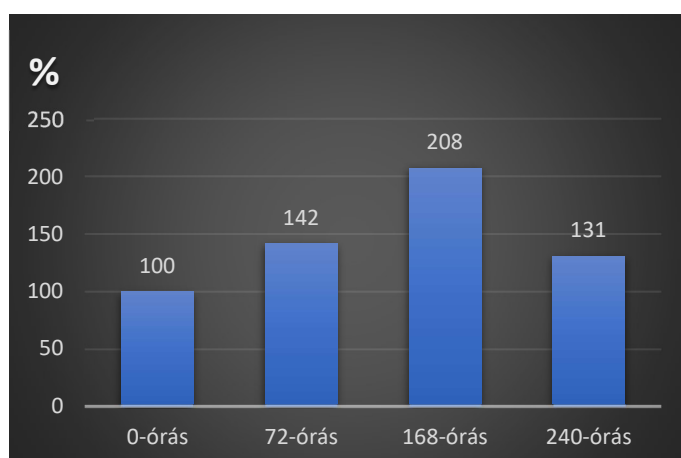
Ami mindenképp kijelenthető, hogy az öntözött kontroll kezelés stresszszintje növekvő tendenciát mutatott az idő előrehaladtával. A kiindulási időpont és a 72 óras mérés között statisztikailag igazolható különbség volt. A 72 óras és a 168 óras mérés között egy kisebb visszaesés figyelhető meg, ami nem volt szignifikáns. Ezt követően a 240 óras mérési időpontig ismét egy jelentős emelkedés látható, ami szintén statisztikailag igazolható változást jelent a vizsgált kukorica növények stressz szintjének változásában.

5. 3. Aszály kontroll csoport

A következő oldalon az aszályal sújtott kontroll csoport adatai kerülnek bemutatásra.



14. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, kontroll csoport tekintetében, öntözetlen (Sz.D_{5%}:226,33)



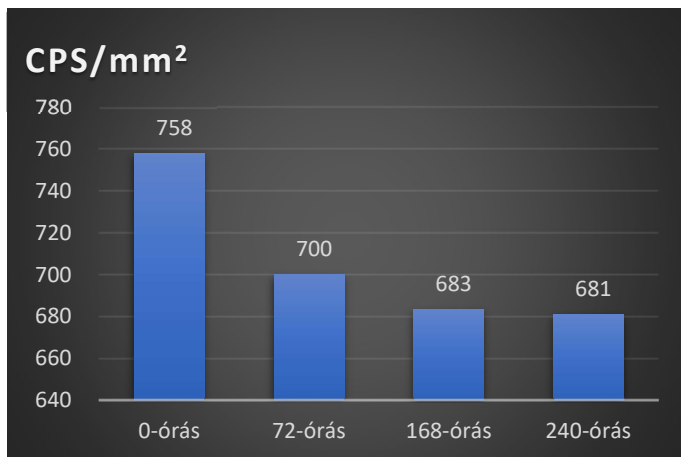
15. ábra: A változás mértéke a 0 óras mérés százalékában kifejezve.

Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

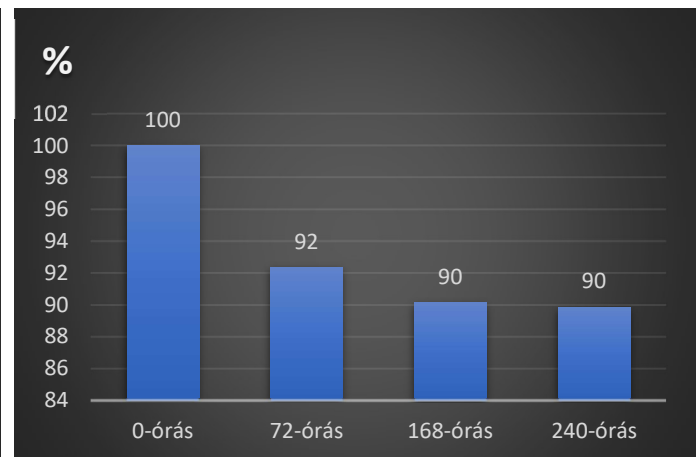
A vízmegvonás a kontrollkezelésben más irányú változást eredményezett. A nulladik napi méréstől folyamatosan emelkedő trend figyelhető meg az idő előrehaladtával. Ebben az esetben ezt az eredményt is vártuk, hiszen folyamatos abiotikus stressznek, jelen esetben aszálystressznek voltak kitéve a vizsgált növények. Az aszálystressz hetedik napján jelentek meg a vizuálisan is észlelhető aszálytünetek, megváltozott a levelek állásszöge, s azok elkezdtek száradni. A 0-ik és harmadik napi mérések közt még nem volt szignifikáns a különbség, azonban a hetedik napra statisztikailag is igazolhatóan növekedtek a késleltetett fluoreszcencia értékei. Szintén szignifikáns volt a különbség a 168 órás mérés és a 240 órás mérés között. Az alacsonyabb késleltetett fluoreszcencia értékei általában azt jelentik, hogy a vizsgált növények kevésbé „stresszelt” állapotban vannak egy adott időpontban, de véleményünk szerint itt nem ez volt látható. Ugyanis a 240 órás vizsgálatokra a növények az aszálystressz hatására részben elszáradtak, ezért nem tapasztalhattunk magasabb emissziós értékeket a stressz elmélyülése ellenére, a levelek elszáradásának következményeként. Ez a jelenség általánosan megfigyelhető volt az összes öntözetlen csoportba tartozó egyedek esetében.

5. 4. Növényi eredetű aminosavas készítménnyel kezelt öntözött csoport

A növényi aminosavat tartalmazó biostimulátorral kezelt öntözött csoportból származó adatok a (16 és 17. ábrákon) kerülnek bemutatásra.



176. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, növényi aminosavas biostimulátorral kezelt, öntözött (Sz.D_{5%}:138,20)



167. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve

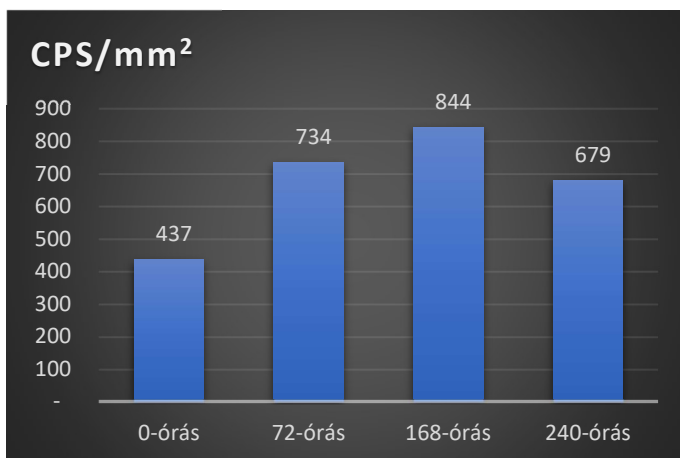
Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

A növényi eredetű aminosavakat tartalmazó készítménnyel történő kezelést követően láthatóan csökkenő trend jellemezi a mért késleltetett fluoreszcencia értékeket. Ezen túlmenően

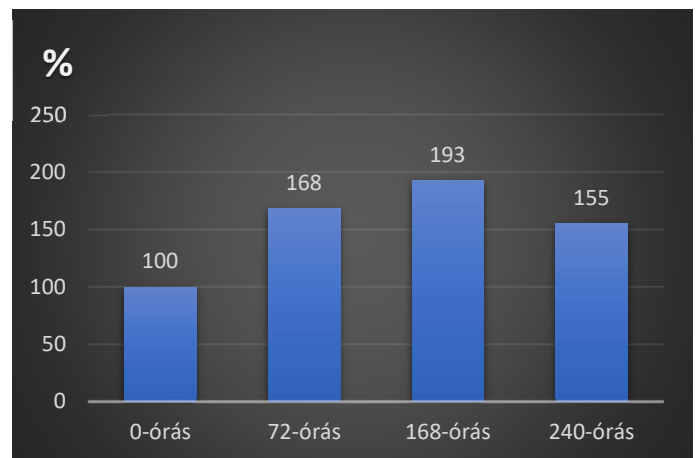
megfigyelhető, hogy a 168. órában bekövetkező intenzitás-értékek nem különböztek jelentősen a 240. órában mért értékektől. A különbség egy esetben sem volt szignifikáns. Ez értelmezhető úgy, hogy a készítmény hatására (ezen időponttól kezdődően, egészen a növény stressztűrőképességének határáig) tartósan és stabilan csökkent a növények stressz szintje. Amint a 19. ábrán látható változás mértéke a 240-ik órára mintegy 10% a 0-órás méréshez képest.

5. 5. Növényi eredetű aminosavas készítménnyel kezelt aszály csoport

A következő 18. és 19. ábrákon a növényi eredetű aminosavat tartalmazó biostimulánsal kezelt aszálystressznek kitett csoport eredményeit láthatjuk.



198. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, növényi aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözetlen (Sz.D5%:142,89)



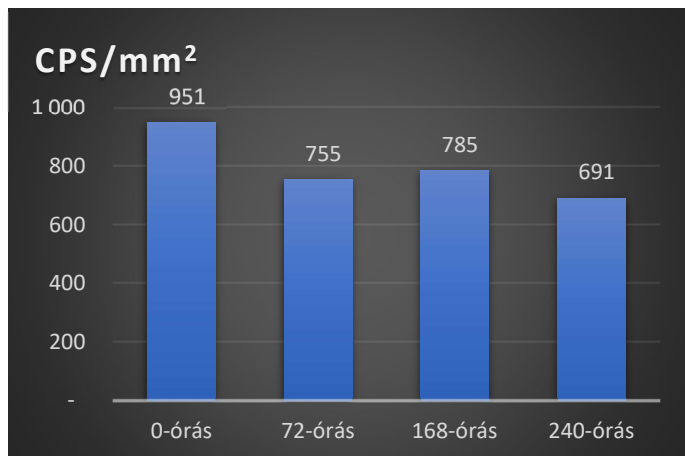
189. ábra: A változás mértéke a 0 óras mérés százalékában kifejezve

Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

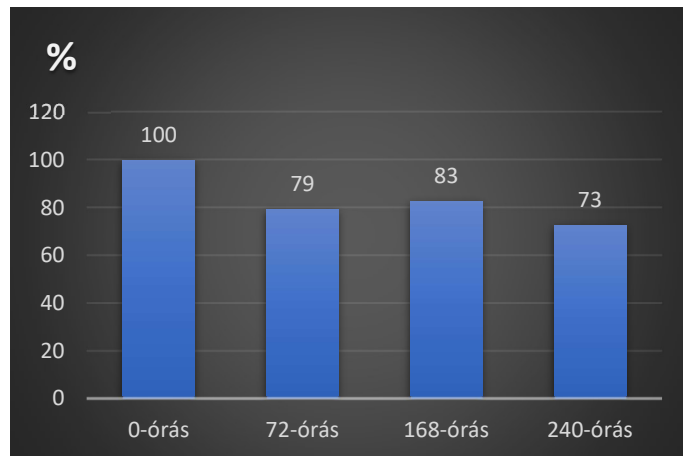
Az öntözés megvonásának hatására szignifikáns különbség volt kimutatható a kezdeti 0-órás mérés és a 72 óras mérés között, valamint statisztikailag igazolható volt a csökkenés a 168 óras és a 240 óras mérés között. Ez a csökkenés a növények leveleinek pusztulása miatt következett be. Ugyanez a jelenség figyelhető meg a kontrol öntözetlen csoportnál is, azonban a különbség ott 77% volt, míg a növényi aminosavas kezelésnél csak 38%. Az aszály, mint abiotikus stresszfaktor a késleltetett fluoreszcencia értékeinek növekedését idézte elő függetlenül a kezeléstől, majd a vízhiány szintén növények leveleinek száradásához vezetett. Azonban annak mértékét a növényi eredetű aminosavas termék használata csökkenteni tudta, azaz mérsékelte a vízhiány okozta stressz mértékét.

5. 6. Állati eredetű aminosavas készítménnyel kezelt öntözött csoport

A következő oldalon az állati eredetű aminosavat tartalmazó biostimulánssal kezelt öntözött csoport adatait mutatom be.



20. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, állati aminosavas biostimulátorral kezelt, öntözött (Sz.D5%:419,47)



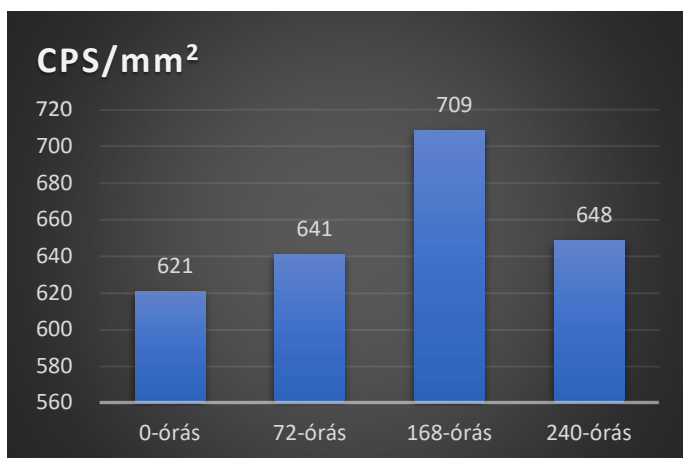
21. ábra: A változás mértéke a 0 óras mérés százalékában kifejezve

Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

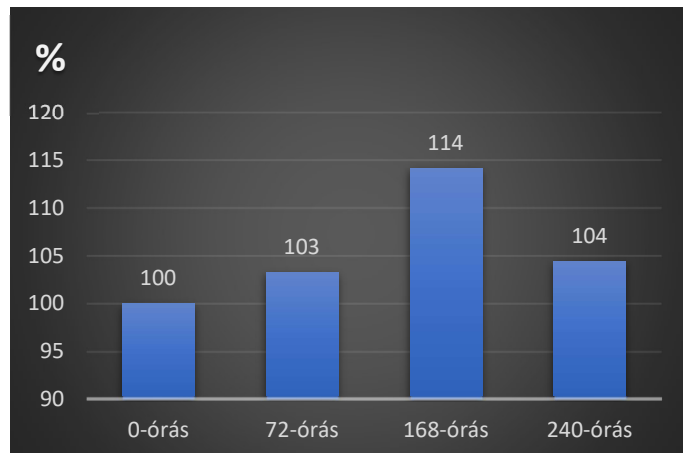
Ezt a csoportot állati eredetű aminosavat tartalmazó biostimulánssal kezeltük. Az egész kezelést alatt rendszeres öntözésben részesült. A kezelés hatására csökkent a növények késleltetett fluoreszcenciája. A csökkenés mértéke nagyobb volt, mint a növényi eredetű aminosavat tartalmazó biostimuláns készítmény esetében, de nem volt szignifikáns.

5. 7. Állati eredetű aminosavas készítménnyel kezelt aszály csoport

A következő oldalon az állati aminosav tartalmú biostimulánssal kezelt, aszály sújtotta csoport adatait mutatom be.



22. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, állati aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözetlen (Sz.D5%:160.17)



23. ábra: A változás mértéke a 0 óras mérés százalékában kifejezve

Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

A trendet tekintve folyamatosan emelkedtek a késleltetett fluoreszcencia értékei az idő előrehaladtával a 168 órás mérésig, majd csökkenést tapasztaltunk a 10-ik napon. A visszaesés mértéke a 0-órás mérés bázisán százalékban kifejezve alig érte el a 10%-ot. A különbség egy kezelés közt sem volt szignifikáns. Érdeemes megemlíteni azonban, hogy itt is vizuálisan látható volt a levelek elszáradása.

6. Következtetések és javaslatok

- A kísérlet során mérhető volt, hogy a vízmegvonás abiotikus stresszt jelentett a növények számára, mely a 10. nap elteltével a növények részleges pusztulásához vezetett, az alkalmazott kezelésektől függetlenül.
- Amennyiben nem történik vízmegvonás a biostimuláns készítmények akkor is kifejtik hatásukat, bár eltérő mértékben. Az állati eredetű aminosavat tartalmazó készítmény hatékonyabbnak bizonyult mint a növényi eredetű aminosavat tartalmazó készítmény.
- Két vizsgált biostimuláns készítmény képes volt javítani a teszt növények stressz tűrő képességét, azonban vízmegvonás esetén növényi eredetű aminosavat tartalmazó biostimuláns készítmény hatékonyabbnak bizonyult az állati eredetű aminosavat tartalmazó biostimuláns készítménnyel szemben.
- A különböző forrásból származó aminosavat tartalmazó készítmények csökkentették a növények késleltetett fluoreszcenciáját, azaz a vizsgált készítmények egyfajta roboráló hatással bírnak, s mint természetes alapanyagokat tartalmazó szerek, hatékony eszközt jelenthetnek a növények stresszel szembeni küzdelmében, hathatós segítséget nyújtva a növénynek, támogatván azt a stressz-indukálta reakciók során, azaz az ilyen jellegű biostimulánsok alkalmazása vélhetően új utakat nyithat meg a növényi egészségi állapotot a tenyészidő folyamán fenntartani igyekvő növényápolási technológiák területén. Az egyre számosabb és egyre gyakrabban megjelenő biotikus és abiotikus stresszek kivédése, de legalábbis hatásuk fiziológiai következményeinek tompítása az agrárszakembernek egyre égetőbb feladata, aki az érvényben lévő és várható EU szabályozási direktívák szellemében egyre inkább csak természetes alapú (bio) készítményekkel élhet a jövőben, ezért azok kifejlesztése egyre inkább hangsúlyossá válik és kell, is válnia a jövőben.
- A növényi egészségi állapotának tetszőleges fenológiai fázisban, nem-invazív vizsgálatát útján a késleltetett fluoreszcencia detektálásán alapuló felmérése, robotosztus alternatíváját adja az „on the spot” beavatkozás lehetőségét nyújtó megközelítéseknek a modern szemléletű, precíziós mezőgazdasági termelés megalapítását célzó technológiák kifejlesztésében.

7. Összefoglalás

A világ számos régiójában az éghajlatváltozás az agroökoszisztémák stressznek való kitettsége révén veszélyezteti a mezőgazdasági növények termesztésének biztonságát. Az évezredek óta antropogén szempontok szerint nemesített haszonnövényeink jelentős mértékben elvesztették a biotikus és abiotikus stresszel szembeni tűrőképességüket, tekintve, hogy a stresszadaptációs képességük háttérében álló másodlagos metabolitjaik spektruma jelentős mértékben szűkült. Az éghajlatváltozással megbirkózni igyekvő, modern szemléletű növénynemesítés égető problémái mellett számolnunk kell a globális élelmiszertermelést biztosító szakpolitikai beavatkozásokkal nemzeti és nemzetközi szinten is. Napjainkban a kártevőkkel, kórokozókkal, valamint az abiotikus stresszel szembeni harcot csak számos növényvédőszer és termésmenvelő anyag alkalmazása esetén képesek felvenni. Az Európai Unió törekvései között szerepel azonban, hogy ezek a főleg szintetikus és az emberi egészségre veszélyt jelentő, valamint környezetre terhelést okozó szereket kivezesse a piacról, egyre élessebbé téve ezáltal az egyes előállítók közötti versenyt, a természetes hatóanyagokat tartalmazó, úgynevezett biostimulánsok kifejlesztésének tekintetében. Napjainkban egyre erősödő problémát okoz az aszály, mint abiotikus stressz forma, mint sokan mások erre a problémára kerestünk mi is valamilyen megoldást. Hiszen gazdasági haszonnövényeinkkel kapcsolatban (különös tekintettel a kukoricára) egyre több hasonló problémával kell szembenéznünk a klímaváltozás miatt.

Kísérletünkben állati, valamint növényi eredetű aminosavakat tartalmazó biostimulánsok hatékonyságát teszteltük fitotronban, kontrolált körülmények között nevelt kukoricánövényeken, aszálystressz mellett, a stressztűrő-képesség egyik modern és perspektivikusnak ígérkező, úgynevezett késleltetett fluoreszcencia mérésére épülő eljárást alkalmazva, amely egy nem invazív, az élőlényekre univerzálisan jellemző, nagyon alacsony energiaszintű elektromágneses sugárzás mérésére alkalmas módszert jelent. A megközelítés alapját az képezi, hogy stressz esetén az élőlények által kibocsájtott biofoton sugárzás intenzitása megemelkedik.

A kísérleti tapasztalataink alapján megállapítottuk, hogy az ilyen jellegű megközelítés alkalmazása során fontos szempont, hogy a vizsgálat során identifikálhatóak legyenek az egyes növényegyedek, tekintettel azok szinte egyedi spontán autolumineszcencia profiljára. A kísérlet során megállapítást nyert, hogy a vízmegvonás abiotikus stresszt jelent a növények számára, mely a 10. nap elteltével a növények részleges pusztulásához vezetett, az alkalmazott kezelésektől függetlenül. Megállapítást nyert, hogy amennyiben nem történik vízmegvonás a

biostimuláns készítmények akkor is kifejtik hatásukat, bár eltérő mértékben. Az állati eredetű aminosavat tartalmazó készítmény hatékonyabbnak bizonyult mint a növényi eredetű aminosavat tartalmazó készítmény. Két vizsgált biostimuláns készítmény képes volt javítani a tesztnövények stressz tűrő képességét, azonban vízmegvonás esetén növényi eredetű aminosavat tartalmazó biostimuláns készítmény hatékonyabbnak bizonyult az állati eredetű aminosavat tartalmazó biostimuláns készítménnyel szemben. Kísérleti eredményeink alapján elmondható, hogy mindkét vizsgált biostimuláns egyaránt képes volt csökkenteni a késleltetett fluoreszcencia értékeit a kísérleti növényekben, azaz képes volt pufferelni a stressz következtében fellépő negatív növényéletteni folyamatokat, ugyanakkor a stressz hatására fellépő szabadgyökök felszabadulása következtében elmélyülő stressz tompításában a növényi aminosavakat tartalmazó biostimuláns hatása lényegesen kifejezettebb volt, utalva ezzel az elsősorban növényi eredetű biostimulánsok kifejlesztése érdekében tett erőfeszítések létjogosultságára, ami már csak azért is perspektivikusabbnak ígérkezik, mert kisebb ökológiai lábnyommal bír az állati eredetű aminosavas hasonló termékekkel szemben. A különböző forrásból származó aminosavakat tartalmazó készítmények csökkenteni tudták a növények késleltetett fluoreszcenciáját, azaz a vizsgált készítmények egyfajta roboráló hatással bírnak, s mint természetes alapanyagokat tartalmazó szerek, hatékony eszközt jelenthetnek a növények stresszel szembeni küzdelmében, hathatós segítséget nyújtva a növénynek, támogatván azt a stressz-indukálta reakciók során, azaz az ilyen jellegű biostimulánsok alkalmazása vélhetően új utakat nyithat meg a növényi egészségi állapotot a tenyészidő folyamán fenntartani igyekvő növényápolási technológiák területén. Az egyre számosabb és egyre gyakrabban megjelenő biotikus és abiotikus stresszek kivédése, de legalábbis hatásuk fiziológiai következményeinek tompítása az agrárszakembernek egyre égetőbb feladata, aki az érvényben lévő és várható EU szabályozási direktívák szellemében egyre inkább csak természetes alapú (bio) készítményekkel élhet a jövőben, ezért azok kifejlesztése egyre inkább hangsúlyossá válik (kell, hogy váljon) a jövőben. A növényi egészségi állapotának tetszőleges fenológiai fázisban, nem-invazív vizsgálatát útján a késleltetett fluoreszcencia detektálásán alapuló felmérése, robusztus alternatíváját adja az „on the spot” beavatkozás lehetőségét nyújtó megközelítéseknek a modern szemléletű, precíziós mezőgazdasági termelés megalapítását célzó technológiák kifejlesztésében.

8. Irodalomjegyzék:

1. Berzsenyi, Z., (2013), Növénytermesztés. Agroinform Kiadó. Budapest. Biosensors (2023), 836 o. <https://doi.org/10.3390/bios13090836>
2. Birkás Márta, (2017), Fölművelés és földhasználat Mediaworks Hungary Kft, Budapest, pp 24-315
3. Bocz E. Nagy J (2003), A kukorica nagy termésének feltételei. Gyakorlati Agrárfórum Extra, 2: 2-3 o.
4. Bowerman, A.F., Byrt, C.S., Roy, S.J., Whitney, S.M., Mortimer, J.C., Ankeny, R.A., Gilliam, M., Zhang, D., Millar, A.A., Rebetzke, G.J. and Pogson, B.J., (2023), Potential abiotic stress targets for modern genetic manipulation. *The Plant Cell*, 35(1), pp.139-161.
5. Eckardt, N.A., Ainsworth, E.A., Bahuguna, R.N., Broadley, M.R., Busch, W., Carpita, N.C., Castrillo, G., Chory, J., DeHaan, L.R., Duarte, C.M. and Henry, A., (2023). Climate change challenges, plant science solutions. *The Plant Cell*, 35(1), pp.24-66.
6. Fan, R., Liu, N. and Dai, J., (2022), Biophoton radiations induced by hydrogen peroxide in mouse liver slices and hepatocyte nuclei in relation to the biophysical action mechanism of reactive oxygen species. *Natural Science*, 14(06), pp.217-225.
7. Gyori, Z. and Bocz, E., (1992), Effect of fertilization and irrigation on mineral element contents and aminoacid composition of peas. 2. Zn and Cu contents. *Növénytermeles (Hungary)*, 41(1).
8. Havaux, M., Triantaphylidès, C. and Genty, B., (2006), Autoluminescence imaging: a non-invasive tool for mapping oxidative stress. *Trends in plant science*, 11(10), pp.480-484.
9. Heszky László: (2014), A GMO kukoricahibridek termesztésének előnyei és hátrányai, Országos Mezőgazdasági Szakfolyóirat, Nyílt levél
10. Hoffmann R. (2014): Tápanyaggazdálkodás gyakorlata, Egyetemi jegyzet, Kaposvár 17-25 o.
11. Hoffmann R. (2017), Korszerű levéltrágyázás, *Agrárium7*, <https://agrarium7.hu/cikkek/943-korszeru-leveltragyazas>
12. Hoffmann R. és Pónya Zs. (2016), Biostimulátorok a növénytermesztésben, *Agrárium7*, <https://agrarium7.hu/cikkek/713-biostimulatorok-a-novenytermesztesben>
13. http1: Comission Europa: A közös agrárpolitika 2023-2027 https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_hu

14. [http2: GabonaKutató: Kukoricatermesztésünk a világ mérlegén](http://www.gabonakutato.hu/hu/kukoricatermesztesunk-a-vilag-merlegen)
15. Jócsák, I., Gyalog, H., Hoffmann, R. and Somfalvi-Tóth, K., (2022), In-vivo biophoton emission, physiological and oxidative responses of biostimulant-treated winter wheat (*Triticum eastivum* L.) as seed priming possibility, for heat stress alleviation. *Plants*, 11(5), p.640.
16. Kamal, A.H.M. and Komatsu, S., (2016), Proteins involved in biophoton emission and flooding-stress responses in soybean under light and dark conditions. *Molecular biology reports*, 43, pp.73-89.
17. Kelemen Zoltán: (2023), Időzített bomba ketyeg a kukoricatermelők ratáiraiban, *Világgazdaság*
<https://www.vg.hu/agrar/2023/05/idozitett-bomba-ketyeg-a-kukoricatermelok-raktaraiban>
18. Keményné Horváth, Z., (2014). A gabona termékpálya keresleti oldalának szerkezeti változása az EU csatlakozás után (Doktori disszertáció, Szent István Egyetem (2000-2020).
19. Kiss Erzsébet (2014) A kukorica fejlődési fázisai – környezeti, agrotechnikai igények, és a beavatkozás lehetőségei, *Országos Mezőgazdasági Szakfolyóirat*
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2012/02/szantofold/a-kukorica-fejlodesi-fazisai-kornyezeti-agrotechnikai-igenyek-es-a-beavatkozasok-lehetosegei>
20. Kobayashi, K., Okabe, H., Kawano, S., Hidaka, Y. and Hara, K., (2014) Biophoton emission induced by heat shock. *PLoS One*, 9(8), p.e105700.
21. Lasky, J.R., Josephs, E.B. and Morris, G.P., (2023) Genotype–environment associations to reveal the molecular basis of environmental adaptation. *The Plant Cell*, 35(1), pp.125-138.
22. Márton L. Cs. (2008), A kukoricatermesztésünk a törökdúlástól az EU csatlakozásig *Agrofórum*, 19. évf. I. szám Extra 22. Kukoricatermesztőknek 5-7 o.
23. Messina, C., Borrás, L., Tang, T. and Cooper, M., (2023), Crop improvement can accelerate agriculture adaptation to societal demands and climate change. *bioRxiv*, pp.2023-09.
24. *Mezőhír-2022/04. lapszám* cikke (2022), Mikroalga: tiszta eszközhöz jut vele a mezőgazdaság
<https://mezohir.hu/2022/04/04/agrar-mikroalga-biostimulator-tapanyag-ordogvince-mezogazdasag/>

25. Napier, J.D., Heckman, R.W. and Juenger, T.E., (2023), Gene-by-environment interactions in plants: Molecular mechanisms, environmental drivers, and adaptive plasticity. *The Plant Cell*, 35(1), pp.109-124.
26. Pepó P. és Sárvári M (2011), Gabonanövények termesztése, Egyetemi jegyzet, Debrecen 40-44 o. 53 o.
27. Raj Péter (2011), A biostimuláns lombtrágyázás jelentősége szántóföldi növényeknél, Agrárágazat,
<https://agraragazat.hu/hir/a-biostimulans-lombtragyazas-jelentosege-szantofoldi-novenyeknel>
28. Sárvári, M., Futó, Z., Győri, Z. and Jakab, P.P., (2007), A talaj termékenységét megőrző fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése tartamkísérletben= Development of hybrid-specific maize technologies for the protecting of soil fertility in long-term experiment. OTKA Kutatási Jelentések| OTKA Research Reports.
29. Somfalvi-Tóth Katalin, (2021), Éghajlatváltozás az Agráriumban: Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások, eredmények, hatások
https://press.mater.uni-mate.hu/24/1/Holl%C3%B3_Gabriella_%C3%89ghajlatv%C3%A1ltoz%C3%A1s_az_agr%C3%A1riumban_kih%C3%ADv%C3%A1sok_%C3%A9s_megold%C3%A1sok_v6%20%281%29.pdf
30. Szél S. (2014), A kukorica tenyésztése, Agronapló 2014 április 21-23 o.
31. Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Paneque, P. and Parrado, J., (2018), Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. *European Journal of Agronomy*, 96, pp.54-59.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030118300686?via%3Dihub>
32. Tóth Endre (2020), Van elég tápanyag a talajban, a növény mégis éhez – mit tehetünk?; Agroiinform
https://www.agroiinform.hu/kerteszet_szoleszet/van-eleg-tapanyag-a-talajban-a-noveny-megis-ehezik-mit-tehetunk-44277-001
33. Tóth, T.,(2004), Egyes talajtulajdonságok hatása a szikes és csernozjom főtípus talajain ter-melt őszi búza és kukorica termésére.
34. Verslues, P.E., Bailey-Serres, J., Brodersen, C., Buckley, T.N., Conti, L., Christmann, A., Dinnen, J.R., Grill, E., Hayes, S., Heckman, R.W. and Hsu, P.K., (2023), Burning

questions for a warming and changing world: 15 unknowns in plant abiotic stress. The Plant Cell, 35(1), pp.67-108.

Ábrák jegyzéke:

1. ábra: Kukorica Magyarországi vetésterülete Forrás: KSH adatai alapján (saját szerkesztés)	5
2. ábra: Kukorica termésátlag (tonna/hektár) vármegyénként Forrás: KSH adatai alapján saját szerkesztés	6
3. ábra: Magyarországra irányuló Ukrán kukorica import Forrás: Eurostat adatai alapján (saját szerkesztés).....	7
4. ábra: Kukorica felhasználása Forrás: Gabonakukató: Kukoricatermesztésünk a világ mérlegén	8
5. ábra: Oldalkéses lazító, tömörítő hengerrel Forrás: Internet (Google Fotók)	9
6. ábra: Magágykészítő munkaeszköz, Kompaktor Forrás: Internet (Google Fotók).....	10
7. ábra: Antociános kukorica Forrás: Internet (Google Fotók)	10
8. ábra: a POL-EKO K 1200 Top Plus növénynevelő kamra működés közben a benne fejlődő kísérleti növényegyedekkel Forrás: Saját fotó	19
9. ábra: a NightShade LB 985 növényi képanalizáló rendszer (Berthold Technologies) működésének, illetve a késleltetett fluoreszcencia mérésének sematikus ábrája.....	22
10. ábra: A NightShade LB 985 in vivo növényi képalkotó rendszer (Berthold Technologies GmbH & Co.KG, 75323 BadWildbad, Németország) Forrás: Saját fotó	23
11. ábra: Késleltetett fluoreszcencia mérés közben készült képsorozat Forrás: Indigo program saját adatok alapján	24
12. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, kontroll csoport tekintetében, (Sz.D _{5%} :127,12).....	26
13. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	26
14. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, kontroll csoport tekintetében, öntözetlen (Sz.D _{5%} :226,33).....	26
15. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	26
16. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, növényi aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözött (Sz.D _{5%} :138,20)	27
17. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	27

18. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, növényi aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözetlen (Sz.D5%:142,89).....	28
19. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	28
20. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, állati aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözött (Sz.D5%:419,47)	29
21. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	29
22. ábra: A késleltetett fluoreszcencia értékének alakulása, állati aminosavas biotimulátorral kezelt, öntözetlen (Sz.D5%:160.17).....	30
23. ábra: A változás mértéke a 0 órás mérés százalékában kifejezve.....	30

Táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: <i>A kukorica fajlagos tápanyagigénye.</i>	11
2. táblázat: a módosított Hoagland tápoldat összetétele	20

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a konzulensemnek Dr. HoffmannRichárd, egyetemi docensnek, aki tanácsaival szakmai segítségével, odafigyelésével és támogatásával nagy mértékben járult hozzá jelen dolgozat elkészüléséhez.

Hálával tartozom Dr. Pónya Zsolt, tudományos munkatársnak, aki nagy segítség volt a kísérleti eredmények kiértékelésében, valamint az irodalmi áttekintés elkészülésében.

Szeretnék köszönetet mondani szüleimnek a támogatásért, amely lehetővé tette, ennek a tanulmánynak a folytatását.

Továbbá köszönöm a MATE Növénytermesztési – tudományok Intézet Agronómia Tanszék munkatársainak, amiért a kísérlethez szükséges eszközöket rendelkezésemre bocsátották.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: _____ Troszt Norbert _____
A Hallgató Neptun kódja: _____ BNUI6Z _____
A dolgozat címe: _____ Különböző levéltrágya készítmények vizsgálata _____
_____ kukoricán készített fluoreszcencia detektálásával _____
A megjelenés éve: _____ 2024 _____
A konzulens intézetének neve: _____ Növénytermesztési tudományok Intézet _____
A konzulens tanszékének a neve: _____ Agronómia Tanszék _____

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

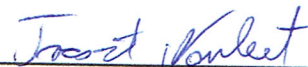
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: ___ Babarc _____ 2024 ___ év ___ 04 ___ hó ___ 21 ___ nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Dr. Hoffmann Richárd (név) (hallgató Neptun azonosítója: BNUI6Z) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2024 április 22.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.