

SZAKDOLGOZAT

Gróf Alexandra

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**ASZKORBINSAV ÉS ARGININ HATÁSA BÚZA
CSÍRANÖVÉNYEK FEJLŐDÉSÉRE HŐ- ÉS
SZÁRAZSÁGSTRESSZ HATÁSA ALATT**

Belső konzulens:	Dr. Jócsák Ildikó egyetemi adjunktus
Belső konzulens:	Dr. Somfalvi-Tóth Katalin egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Növénytermesztési- tudományok Intézet, Agronómiai Tanszék

Készítette:	Gróf Alexandra
--------------------	-----------------------

**Kaposvár
2024**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
1.1 Célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1 Búza jelentősége	4
2.2 Búza stresszorai	5
2.2.1 Biotikus stresszorok	6
2.2.2 Abiotikus stresszorok.....	6
2.3 Hőstressz hatása a búzára	7
2.4 Hőstressz mérséklésének lehetőségei külsőleg adagolt hatóanyagokkal	8
2.5 Búza stressz folyamatának vizsgálati lehetőségei	10
2.5.1 Klasszikus fenotípus vizsgálatok	10
2.5.2 Nem-invazív vizsgálatok	10
3. Anyag és módszertan	12
3.1 Növénynevelés és kezelések.....	12
3.2 Elvégzett vizsgálatok	13
3.2.1 Növénymagasság és tömeg mérés	13
3.2.2 FRAP mérés	15
3.2.3 Lipidoxidációs mérés (MDA)	16
3.2.4 Biofoton emissziós vizsgálatok.....	17
3.2.5 Statisztikai elemzés	18
4. Eredmények és értékelésük	19
4.1 Levélmagasság eredményei.....	19
4.2 Friss száraz tömegarány eredményei.....	20
4.3 FRAP mérés eredményei	24
4.4 Lipidoxidációs mérés eredményei	25
4.5 Késleltetett fluoreszcencia eredményei	26
4.6 Eredmények értékelése	30
5. Következtetések és javaslatok	32
6. Összefoglalás.....	33
6.1 Köszönetnyilvánítás.....	33
7. Felhasznált irodalom	34
7.1 Internetes források	37

8. Rövidítések.....	38
9. Ábrajegyzék	39
10. Mellékletek.....	40
11. Nyilatkozatok	62

1. Bevezetés és célkitűzések

A globális éghajlatváltozás egyik legjelentősebb alkotóeleme a hőmérséklet emelkedése, ami negatív hatással bír a növények termelékenységére és növekedésére. Szerte a világon a búza az egyik legfontosabb termesztett gabonaféle, amelyet a hőstressz súlyosan érint. A hőstressz hatása által érintett morfológiai sajátosságok közé tartozik például a csírázás, a levélfelület, a hajtás- és gyökernövekedés. A fiziológiai tulajdonságokat, például a légzést, levél öregedést, fotoszintézist, víz- és tápanyagviszonyokat is szintúgy negatívan befolyásolja.

A hőmérséklet emelkedése okozta hőstressz, sejtszinten, reaktív oxigénformák keletkezésével jár, ez az oxidatív stressz, amely megzavarja a kloroplasztisz-, a plazmamembrán és a tilakoid membrán szerkezetét. Ennek hatására lecsökken a fotoszintézis, inaktiválódik a fotoszintézis kulcsenzime, a ribulóz 1,5-biszfoszfát karboxiláz/oxigenáz (RUBISCO), amelyek befolyásolják a fotoasszimilátumok termelését és allokációját. Ez szabályozza a szentöltést, a búzaszemek méretét, -antézisét, -számát és -érettségét, ami visszaveti a termelékenységet.

Mindezek miatt kiemelten fontos a búza legfőbb környezeti stresszorai által kiváltott hatások megismerése és a károsítás enyhítését szolgáló alternatívák felkutatása, amelyek közül napjainkban a növénykondicionáló hatóanyagkutatás kiemelt figyelmet kapott. A különböző növénykondicionáló szerek alkalmazása elősegítheti a hő- és szárazságstressz hatásainak mélyreható megismerését és végül ezen stresszhatásokra irányuló stratégiák kidolgozását. Ez az áttekintés átfogó képet nyújt a búza hő- és szárazságstresszre adott válaszairól. Ezen kérdéskör feltárásának szándéka inspirálta jelen dolgozat alapját képező kutatási munkát is.

1.1 Célkitűzések

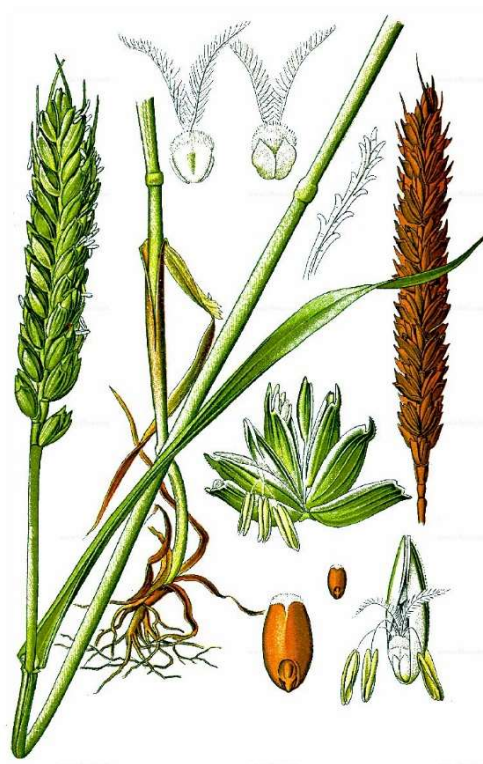
Jelen kísérletben célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk, hogy milyen élettani változásokat okoz a klímaváltozás miatti hő- és szárazságstressz búza csíranövényeken. Emellett vizsgálataink arra is kiterjedtek, hogy ennek ellensúlyozására milyen potenciálisan alkalmas hatóanyagok alkalmazhatóak, ezen belül, hogy az aszkorbinsavas és arginines kezelések hatásosak lehetnek-e erre a célra. Mindezen munkákat annak reményében végeztük el, hogy a kutatás eredményei a jövőben hozzájárulhassanak egy fenntarthatóbb, költséghatékonyabb termesztéstechnológia kialakításában, a hatóanyagok általi növénykondicionálásban.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Búza jelentősége

A búza (*Triticum aestivum* L.) a pázsitfűfélék családjába (*Poaceae*) tartozik, azon belül is a búzanemzetség (*Triticum*) tagja. Két leggyakrabban termesztett faja, amelyek a termőterületeken uralkodnak, a közönséges- és a durumbúza (*Triticum durum* Desf.) (INTERNET 1.). Csoportosításuk tekintetében megkülönböztetünk kulturbúzákat, vadbúzákat, ezen kívül még csupaszbúzákat és pelyvászabúzákat. A közönséges búza az egyik legelterjedtebb fajta az egész világon, valószínűleg Délnyugat-Ázsiából terjedt el. Két formája van, tavaszi- és őszi búza (INTERNET 2.)

Az alábbi képen (1. ábra) a közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) részei láthatóak.



1. ábra – Közönséges búza (*Triticum aestivum* L.)

(<https://www.i-flora.com/en/fact-sheets/search-for-species/art/show/triticum-aestivum.html>)

A búzát évezredek óta szoros kapcsolat fűzi az emberiséghez. Napjainkban már világszerte termesztett növény, az egyik legfontosabb és legnagyobb szereppel bíró élelmiszerforrás. A legtöbb éghajlati viszonylathoz igazodik, így egész évben betakarítják a világon, ez alól kivételt képeznek a rendkívül meleg trópusok. Viszont búza és búza között is hatalmas különbségek

vannak. A fajtákat feldolgozhatóság és szem összetétel alapján különböztetjük meg. Nyugaton például a kenyér- és durumbúza termesztés már évszázadok óta tart, az embereknek megfelelő energia- és tápanyag ellátást nyújtva. Két hatalmas búzatermesztő ország van, India és Kína. Mivel a búza kevesebb vizet igényel, más hasonló növényekhez képest és a városok életében kedvelt, különböző feldolgozott ételek részét képezi.

A búza nemesítésével foglalkozók már több mint egy évszázada részletről-részletre, a tudomány bővülésével folyamatosan fejlesztik, összpontosítva a minőségre és a szemtermést befolyásoló tényezőkre.

A raktározási fehérjék alkotta glutén, részletes tanulmányozásának és kutatásának köszönhetően, már az 1960-as évektől javultak a búza más-más élelmiszeripari termékek feldolgozására irányuló ideális tulajdonságok. A búza minőségi jellemzőit azonban nemcsak a technológiai tulajdonságok teszik ki. A fogyasztók egyre tudatosabbak a tápértékekkel szemben, így aggodalmat okoz az egészségünkre gyakorolt pozitív- és negatív hatása is (Peña, 2002; Igrejas és Branlard, 2020).

A búzaliszt az egyetlen gabonaliszt, amelyből viszkoelasztikus tészta készül. Ezt az állapotot a gluténfehérjék és a víz kölcsönhatására történő megduzzadás eredményezi. A búzakenyér rendkívül fontos szénhidrát-, fehérje-, B- és E-vitaminforrás. Ezért is általánosságban országszerte növekszik a kenyérfogyasztás, különösen a többmagvas- és teljes kiőrlésű lisztből készültké (Peña, 2002; Hoseney és Rogers, 2009).

2.2 Búza stresszorai

A növények folyamatosan ki vannak téve bizonyos negatív hatásoknak, ilyenek az abiotikus és biotikus stresszhatások, például a hőség, a kórokozók, a hideg, a kártevők, a szárazság, a gyomnövények, az elárasztás, az elemtöbblet vagy elemhiány. Ezek rendkívül negatív hatással lehetnek a növényekre, legfőképp a termés hozamra és a növekedésre, ha szántóföldi növényekről van szó. Ezen stresszek hatásait laboratóriumokban ellenőrzött körülmények között vizsgálják, azonban fontos megemlíteni, hogy a szabadföldi környezetben a növény egyszerre több stressznek is ki lehet téve, akár abiotikusnak és biotikusnak is egyszerre. Az eddig elvégzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy több stresszhelyzet kombinációjára adott válasz minden növénynél egyedi. A kombinált stresszhatások a növények válaszában komplexitást eredményeznek. Mivel ezeket ellentétes jelátviteli utak is szabályozhatják, ezek így kölcsönhatásba is léphetnek

egymással vagy gátolhatják egymást. Olyan növényekre lenne szükségünk, amelyek felismerik és tolerálják ezeket a stressz kombinációkat (Suzuki és mtsai., 2014).

2.2.1 Biotikus stresszorok

A gabonafélék termesztése meghatározza a világ élelmiszerellátásának legjavát, azonban ezen növényekre folyamatos veszélyt jelentenek az olyan biotikus stresszorok, mint a vírusok, baktériumok, növényevők, gombák, lényegében a kórokozók és a kártevők. Ezért is fontos, például a fenntartható termésnövelő programok megtervezésében, hogy megértsük a gabonafélék védekezési mechanizmusait. Annak ellenére, hogy a lehetséges növény támadók köre hatalmas, mégis kevés az olyan kórokozó és kártevő, amely képes sikeresen parazitálni. Ezzel is alátámasztható, hogy a növények rendkívül bonyolult védelmi rendszerrel rendelkeznek, amely képes elhárítani a támadók többségét. A növényi immunitás egy változatos rendszer, amely előre kialakított, konstitutív, indukálható védekezési mechanizmusokból áll (Balmer és mtsai., 2013).

2.2.2 Abiotikus stresszorok

A szántóföldi növényeket érő főbb abiotikus stresszhatások például: a szárazság, hő, fagy, só-tartalom, elárasztás, elemhiány vagy elemtöbblet, fényintenzitás, tápanyag stressz. A leggyakoribb stresszorok a szárazságstressz, nedvességstressz, hőstressz és sóstressz, amely napjainkban talán a legnagyobb problémát jelenti. Az alacsony hőmérsékleti stressz, amely egyik formája a fagykár csökkenti a virágzás során a szemnövekedéskor keletkező magok számát.

A hőstressz a pollen fejlődését (pollensterilitást), míg a szárazság a virágpor fejlődését befolyásolja és ezek kombinálódásakor egyszerre vannak hatással a növényre, például a fotoszintézis rendkívül érzékeny rá, a sztómák záródásával korlátozza azt, mivel csökkenti a CO₂ elérhetőségét (Suzuki és mtsai., 2014). Mindezek mellett megállapították, hogy a hőstressz a RUBISCO aktivitását-, a fotoszintézis nitrogénfelhasználási hatékonyságát-, valamint magát a nettó fotoszintézist is csökkenti a hőstressznek kitett búzáknál.

Ha tartós vízhiány keletkezik, amit aszálystressznek hívunk, az jelentős fiziológiai, morfológiai, biokémiai és molekuláris változásokhoz vezet. Bármely szakaszban is jelentkezik, negatív hatással van a növény fejlődésére. Ezen negatív hatások mértékét meghatározza a helyi éghajlat és a stádiumspecifikus stressz. A világ búzatermő területeinek több mint a fele rendszeresen aszálynak van kitéve. A növények termelékenységére nézve az aszály okozta stressz súlyos környezeti akadályt jelent, ami számos növényi reakciót vált ki mind a molekuláris, fiziológiai,

biokémiai szintektől kezdve. Elkerülhetetlen következményei közé tartozik a reaktív oxigénformák (továbbiakban ROS) megnövekedett termelése a különféle sejtkompartimentekben, a mitokondriumokban és a kloroplasztiszokban. A ROS termelést az antioxidáns rendszer tartja ellenőrzés alatt, ami módosítja az intercelluláris ROS tartalmat és beállítja a sejt redoxállapotát. Stresszhatásoknál ez a ROS termelés egyfajta jelzőrendszerként működik és erre válaszként alkalmazkodást vagy védekezést vált ki. Az erre szolgáló jelátviteli utakban a H_2O_2 (hidrogén-peroxid) másodlagos hírvivő anyagként szolgál. A szárazságstressz hatására létrejött ROS-jelzés a Ca^{2+} és az abszcizinsav (ABA) áramlásához kapcsolódik (Kaur és Asthir, 2017; Dhakal és mtsai., 2021).

2.3 Hőstressz hatása a búzára

A mai mezőgazdaság az ismert világunkban folyamatos és hatalmas környezeti terhelésnek van kitéve. A hőmérséklet emelkedése, az éghajlatváltozás a búza termőképességének romlásához vezet. Jelenleg a legnagyobb problémát, környezetünk globális hőemelkedése jelenti.

De mi is a hőstressz pontosan? Huzamosabb ideig tartó, küszöbértéket meghaladó hőmérséklet, amely helyrehozhatatlan károsodást, sérülést okoz a növénykultúrában (Kumar és mtsai., 2012). Ezt csak fokozza, hogy a talajnedvesség ilyenkor lecsökken, így a talajhőmérséklet drasztikusan megemelkedik. A búza hőstresszre adott morfo-fiziológiai válaszainak tanulmányozása segítségünkre lehet olyan stratégia kidolgozásában, amellyel a termés hozamot javítani tudjuk, mivel a növények hőstresszre adott válaszai a hőmérséklet időtartamától és mértékétől, valamint a növény aktuális növekedési szakaszától függően eltérnek. E stratégiák kutatása növeli a búza fenntarthatóságát és termelékenységét.

A hőstressz búzára gyakorolt hatásáról az alábbi megállapítások születtek: az élettani funkciók megváltoznak. A 45°C körüli hőmérséklet már a búza embrionális sejtjét is súlyosan károsítja. A csupán csak 30°C körüli nappali és 25°C -os éjjeli átlaghőmérséklet a búza termésképzésére, valamint a levélfejlődésre is jelentős hatást gyakorol. Ha a hőstressz a reprodukzív szakaszban jelentkezik, az tudja okozni a legnagyobb kárt, mivel megváltoztatja a mitokondriumok aktivitását a légzés befolyásolásával, módosítja a fehérjék expressziós folyamatait, csökkenti az adenozin-trifoszfát (ATP) felhalmozódást és az oxigénfelvételt is a beágyazódó embriókban, ami minőségi romláshoz fog vezetni. A hő, a lisztminőséget is ronthatja a gluténszilárdság csökkentésével. A növények növekedését, fejlődését megváltoztatja, csökkenti a magok csírázási, érési idejét, ami a termésállomány csökkenéshez vezet, mivel leginkább a merisztémában fejt

ki hatását. Gátolja vízfelhasználás hatékonyságát, ezáltal a transpiráció mértéke is károsodik. Zavarja a sejtfunkciókat és ez oxidatív stresszt válthat ki, ami megnöveli a membránperoxidációt, valamint csökkenti a membránok hőstabilitását. Megváltoznak a hormonok, ez fokozza az öregedést, csökkenni fog a fotoszintézis és károsodik a kloroplasztisz. Csökken a porzósálak fejlődése, így nagyobb lesz a pollen pusztulás mértéke. A búzaszemek mérete és mennyisége is kisebb lesz.

Az éghajlatváltozás okozta káros hatások komoly problémát fognak jelenteni az élelmiszerbiztonság számára. Ha továbbra is célunk, hogy kielégítsük társadalmunk élelmiszerbiztonsági elvárásait és az élelmiszer ellátottságát, akkor törekednünk kell a még jobb előnemesítő anyagok előállítására és a hőtűrő búzafajták kifejlesztésére. Ehhez elengedhetetlen, a minőséget és a terméshozamot befolyásoló fehérjék és gének azonosítása, amelyhez a fehérjék vizsgálatával (proteomika) illetve a génkifejeződések, átírások (transzkriptomika) vizsgálatával nyerhetünk adatokat. A hőstressz ellenőállóság növelhető szántóföldi kísérletek keretén belül történő szelekció, növényvédőszeres növény és vetőmag kezelés, valamint olyan tulajdonságok nemesítésén keresztül, amelyek hőállóságot kölcsönöznek (Akter és Islam, 2017).

2.4 Hőstressz mérséklésének lehetőségei külsőleg adagolt hatóanyagokkal

A hőstressz okozta problémák mérséklésére már sokféle módszert alkalmaznak, valamint számos módot folyamatosan fejlesztenek és kutatnak világszerte. Ezek a módszerek lehetnek hatóanyagok kombinációi, új és már használt készítmények módosulatai. Például a növényt magként stresszmérséklő anyaggal, növénykondicionálóval előkezeljük, amelyek előállítása lehet szervetlen vagy szerves anyagokból is. Ezek a növény életfolyamataiban fejtik ki hatásukat.

Tehát amikor növénykondicionálóról beszélünk, mindig olyan vegyületről van szó, amely összességében pozitív, számunkra kedvező hatással van a növényre. Ilyen anyag mondjuk az aszkorbinsav és az arginin is, mint külsőleg adagolt hatóanyag. Ezek antioxidáns hatású vegyületek, amelyek gátolják az oxidációs károsodást anélkül (oxidatív stresszt), hogy maga is reaktív gyökké alakulna. Vannak a vízdékony antioxidánsok, mint az aszkorbinsav és vannak a zsírdékony antioxidánsok, mint a karotinoidok vagy a tokoferol (INTERNET 3.).

Egy antioxidánsnak többel kell rendelkeznie, mint hogy reagáljon a szabad gyökökkel. Legyen alkalmas a regenerálódásra, tudjon többféle gyökkel is reagálni, legyen elegendő mennyiségben

a sejtben. Az aszkorbinsav ezt mind tudja, ezért tartják egy tökéletes antioxidánsnak. Mivel a ROS fontos a szabadgyökök jelátvitelében, valamint az enzimek hatásmechanizmusában, így feltételezhetjük, hogy az antioxidánsok szerepe nem a szabadgyökök kioltása, sokkal inkább azok szabályozása. Viszont egyes körülmények között inkább prooxidáns, már-már mutagén hatású, például megfelelő pH értéknél fémionok jelenlétében (Arrigoni, és Tullio, 2002).

Az aszkorbinsav a növényeknek is fontos összetevője, minden sejtkompartimentben jelen van (a sejtfalban is), koncentrációja például a kloroplasztiszbán 20 mM feletti. A tartarát és oxalát előanyaga az aszkorbát - a növények egyik legfontosabb metabolitja -, ami a fotoszintézisben játszott szerepe miatt fontos. A sejtfalban fordul elő, mint az ózon elleni elsődleges védelmi vonal, valamint a sejtfalban lévő lokalizált aszkorbát-oxidáz a növekedés szabályozásában fontos. Emellett az aszkorbát még a sejtciklus G1 fázisából az S fázisba történő átmenetét is befolyásolja a sejtosztódás szabályozásával. Az oxidatív stresszel szembeni védelmében az aszkorbát-glutation ciklus is fontos szerepet kapott. Az aszkorbát egyes hidroxiláz enzimeknek, mint a prolil-hidroxiláz valamint a violaxantin de-epoxidáz (fényvédelemben résztvevő enzim) ko-faktoraként is szerepel. A Mehler-peroxidáz reakcióban szabályozza a fotoszintetikus elektronhordozók redox állapotát az aszkorbát-peroxidázzal együttesen, valamint a sejtnövekedésnél a sejt fal glikoproteinek prolin-maradványait poszttranszlációsan hidroxilálja (Smirnoff, 1996; Smirnoff és Wheelerc, 2010).

A növények fejlődéséhez elengedhetetlen erőforrás a nitrogén, mivel a nukleinsavak és a fehérjeszintézisben is nagy mennyiségben szükséges. Az aminosavak közül az argininben van jelen legnagyobb arányban a nitrogén és szén, így válik az egyik legalkalmasabb szerves nitrogén szállítóvá és tárolóvá (föld alatti raktározó szervekben és gyökerekben). Ezek mellett -a fehérjeszintézisben használatos- poliaminok és nitrogén-oxid (NO) prekursora, valamint megannyi fejlődési folyamathoz nélkülözhetetlen metabolit. Anyagcseréje kulcsfontosságú a nitrogénelosztásban és újrahasznosításban. A kloroplasztiszbába való eljutása az ornitinnel történő szintézisen keresztül történik. A nitrogénraktárakat az arginin katabolizmusa mobilizálja, valamint a fejlődés és stresszel szembeni védekező mechanizmusokat finomhangolja (Winter és mtsai., 2015).

2.5 Búza stressz folyamatának vizsgálati lehetőségei

2.5.1 Klasszikus fenotípus vizsgálatok

A növények a fény- és tápanyagellátási feltételekhez fenotípusosan alkalmazkodnak. Ennek a legfontosabb eleme a gyökérhosszúság és a levélfelület aránya. Ezt, a tápanyagellátás közötti nem additív hatások tudják befolyásolni. A növények föld feletti és alatti struktúráinak feladata, hogy a növekedéshez és a védekezéshez megszerezzék a szükséges erőforrásokat. Viszont az erőforrás elérhetőségének változása - legyen az föld feletti vagy alatti - általában fenotípusos módosulást vált ki a funkcionális tulajdonságokban, amely meghatározza, hogy a növény képes-e a korlátozó erőforrás megszerzésére és az általa támasztott korlátok enyhítésére. A környezeti hatások növényekre gyakorolt hatásainak megértéséhez ezért kulcsfontosságú a környezeti stresszre adott válaszok dokumentálása (Freschet és mtsai., 2015).

A növényökológiai stratégia létfontosságú eleme a növénymagasság. Központi szerepet tölt be szervesanyag beépítés jellemzésében, meghatározza a levélfelület arányát, nitrogénjét és a levéltömeget. Összeköttetésben áll az élettartammal, a magtömeggel, az érési idővel, valamint a fényért történő versengési képességgel (Moles és mtsai., 2009).

A fotoszintetikus kapacitást jól reprezentálja az egységnyi területre jutó száraz levéltömeg. A friss tömeg jobban tükrözheti légzéshez, fotoszintézishez kapcsolódó funkciókat, mint a száraz tömeg. A levélfelület és -tömeg a levélméret mérőszámai, amik egy hatványtörvényszerű összefüggést követnek, a levél száraz tömegének növekedésével a levélfelület csökkenni fog, ezt is nevezik csökkenő hozamnak. Ha a levél túl nagyra növekszik, problémát fog okozni a víz párolgása, ami a kiszáradáshoz vezethet (Huang és mtsai., 2019).

2.5.2 Nem-invazív vizsgálatok

Napjainkban a roncsolásmentes, azaz nem-invazív technikák különösen nagy szerephez jutnak a növényélettani vizsgálatokban, elsősorban azért, mivel segítségükkel egy növényről annak növekedési periódusában több alkalommal készíthető vizsgálat. Emellett fontos additív értéket jelent a standardizált mérési módszerek, elemző szoftverek megléte, ami az eredmények egzakt mivoltát erősíti és segítségükkel nagymértékben kiküszöbölhető a laboratóriumi vizsgálatoknál előforduló mérési hiba. Ezen mérési módszerek közül a leggyakoribb a klorofilltartalom roncsolásmentes meghatározása.

A növények relatív klorofill tartalmának becslését legtöbbször a leveleken áteső fény mérésével végzik a vörös és a közeli infravörös hullámhossztartományokban, 650 és 940 nm hullámhosszokon, amivel számszerűsíthető a levél fényátersztő képessége, ami korrelál a klorofilltartalommal (Haripriya és Byju, 2008). Ezen készülékek kis méretüknek köszönhetően is egyre népszerűbbek lettek. Amellett, hogy kompakt, hordozható mérete megkönnyíti a mérést, sok más pozitív tulajdonsága is van. Jobban bírja a magasabb hőmérsékletet, jobban integrálható, energiaellátásuk alacsony (Cusini és mtsai., 2022).

A fotonok detektálása egyre fontosabbá válik, hiszen nem korlátozódik kifejezetten csak egy fotonra, mint például a kvantumképalkotás. Kiterjed olyan alkalmazásokra is, ahol a háttérfény elnyomja a gyengébb jeleket, mint a lézeres távolságmérésnél, vagy ahol gyenge gerjesztő fény kell a minta károsodásának elkerülése érdekében.

A képalkotó technológiák közül a fotoszintetikus rendszer és az oxidatív folyamatok jellemzésére egyaránt alkalmas a biofoton emissziós vizsgálat. A biofoton emissziós jelek észlelése és elemzése lehetővé teszi a belső biológiai rendszer információinak és a külső környezet hatása-
inak megjelenését, mivel nagyon érzékeny ezen változásokra (Liang és mtsai., 2014). Ezzel teszi lehetővé a stresszfaktorok által kiváltott károsodás feltárását még azelőtt, hogy a látható tünetek jelentkeznének (Jócsák és mtsai., 2022).

3. Anyag és módszertan

3.1 Növénynevelés és kezelések

A kísérlet háromféle kezelésből állt, egy kontroll, egy aszkorbinsavas és egy arginines kezelésből, amelyeket ideális hőmérsékleten, valamint kétféle stresszhatás alatt neveltünk és kezeltünk, külön-külön hő- és szárazságstresszel, majd a két stresszhatást kombinálva is.

Az első vetést 2023.02.20.-án tettük meg, az ebben a vetésben nevelt növények ideális hőmérsékleten lettek kezelve kontroll, hő- és szárazságstressz hatása alatt. A második vetés 2023.04.17.-én történt, itt már kifejezetten hőstresszes körülmények között lettek nevelve a növények, ehhez párosult a szárazságstresszel kombinált nevelés és kezelés is. A vetéshez 10 cm átmérőjű műanyag cserepeket használtunk. A cserepekbe Florimo virágföld került, majd minden cserépbe 10 búzaszemet vetettünk el. Minden kezelésnél 5-5 cseréppel dolgoztunk, így egy nevelés összesen 30 cserép növényt jelentett. Ezt úgy kell elképzelni, hogy 5 cserép kontroll, másik 5 cserép kontroll+száraz, majd ez ugyanígy az argininnel és aszkorbinsavval is. A vetés idejében minden kezelésre készített növény egyformán 100 mL Hoagland tápoldatot kapott, hogy ezzel megalapozzuk fejlődésüket. Az alábbi ábrán (2. ábra) látható a búzanövények kezelése és fejlődése a kísérlet során.



2. ábra – Növénynevelés folyamata

Az ezt követő öntözésekre már különböző hatóanyagú oldatokat készítettünk, mely megalapozta kísérlet lényegét és az eredmények kimenetelét. Háromféle öntözéssel kezeltük a növé-

nyeket. Egy kontrollos öntözés, amely szimplán desztillált vizet foglalt magában, majd arginin-
nel és aszkorbinsavval készítettünk az öntözéshez desztillált vizes oldatot. 1 liter desztillált víz-
hez kevertünk 1,15 mM arginint, majd még 1 liter desztillált vízhez 1 mM aszkorbinsavat, azaz
C vitamint kevertünk. Tehát az öntözést három csoportra bontottuk, kontrollos-, arginines- és
aszkorbinsavas öntözésre, a két utóbbit a növényállományra harmadolva alkalmaztuk.

Az öntözés feltétele a szárazságstressz hatása alatt vizsgált növényeknél azonban eltérőek vol-
tak, ugyanis az ily módon nevelt növények kezdetben a vetéskor megkapták a 100 mL tápolda-
tot, majd utána, legközelebb csak a 9. mérési és mintavételezési napon kaptak 50 mL-t a cso-
portokhoz tartozó hatóanyaggal. A többi esetben minden mérési és mintavételezési napon 50
mL-t kaptak a növények. A növényeket 3 leveles állapotig PolEco KK 1200 (POL-EKO, Len-
gyelország) típusú klímakamrában ideális hőmérsékleten (nappal: 22°C - 16 óra; éjjel: 16°C -
8 óra), majd hőstressz körülményei között (nappal: 35°C - 8 óra és 28°C - 8 óra; éjjel: 22°C - 8
óra) neveltük és kezeltük. A lenti ábrán (3. ábra) a különböző mérési napok és körülmények
között nevelkedett növények állapota látható.



3. ábra – Növények állapota a nevelés és kezelések során

3.2 Elvégzett vizsgálatok

3.2.1 Növénymagasság és tömeg mérés

A búza növényeket a 3. mérési és mintavételezési naptól kezdődően egy magasság vizsgálatnak
is alávetettük. Egy szimpla 30 cm-es vonalzóval, a növények cserepenkénti összes levelének
magasságát megmértük, jegyzeteltük, hogy a későbbiekben alapjául szolgálhasson a vizsgála-
tok eredményeinek elemzésében és vázolásában. Az alábbi ábrán (4. ábra) látható a magasság-
mérés folyamata.



4. ábra – Magasságmérés

Miután a kezelések a végéhez értek, a leveleket levágtuk, majd eldaraboltuk őket úgy, hogy a későbbi mérésekhez alkalmasabbak legyenek, így egyszerűbbé téve a levelek eldolgozását és vizsgálatát. A darabolt cserepekhez tartozó leveleket analitikai mérleg segítségével, a tisztaság- és kezelhetőség érdekében, alufóliába téve lettek megmérve. A következő ábrán (5. ábra) a mérésekhez és mintavételezésekhez használt analitikai mérleg látható.



5. ábra – Tömegmérés

Az méréshez használt analitikai mérleg típusa:

- OHAUS CORPORATION, 1.800.672.7722, 8 Campus Drive, Suite 105, Parsippany, NJ 07054, USA

Az összeaprított leveleket tömegmérés után különböző mérésekre kimérve tettük el, amelyek e-paraméterek szerint történtek:

- Friss/száraz tömeg: 1g
- FRAP (vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás) vizsgálat: 0,1g
- MDA (lipidoxidáció) vizsgálat: 0,1g

A kimért növényi mintákat ezután -20°C-on tároltuk a vizsgálatok kezdetéig.

3.2.2 FRAP mérés

A FRAP érték meghatározása úgy történik, hogy az 593 nm-en keletkező abszorbancia változást összehasonlítjuk a tesztreakció oldatával és az ismert koncentrációjú vasionokat tartalmazó oldattal. Ezek az abszorbancia változások lineárisak az antioxidáns oldattal. Ez magában foglalja a plazmát és az oldatot is, amely tisztított formában tartalmazza az antioxidánst, tág koncentráció tartományban. (Benzie és Strain, 1996). A vas-tripiriditriazin (Fe(II)-TPTZ) intenzív kék színű, 593 nm-en nyomkövethető, ennek komplikációjától függ az egész FRAP-mérés.

A FRAP mérés első és legfontosabb lépése a munkaoldat vagyis a reagens elkészítése. A munkaoldat elkészítéséhez 10:1:1-es arányt használtunk a következőkből:

1. Acetát-puffer (3,6 pH, 300 mM)
2. TPTZ (2,4,6-Tripiridil-S-Triazin) (10 mM 40 mM HCl-ban; 100 mL desztillált víz 330 μ L HCl-ban)
3. $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$:20 mM

A munkaoldat összeállítási sorrendje mindig így történik, nem szabad megváltoztatni, az eredményes vizsgálat érdekében. Miután az oldat elkészült, fényérzékenysége miatt sötét helyre tettük, amíg felhasználásra nem került. Az előzetesen említett -20°C-on pihentetett 0,1 g-os búzalevél mintákat eldörzsöltük az addig fagyasztóban lehűtött dörzsmozsarakkal. A dörzsmozsarakba, minden levélmintához került egy kevés kvarchomok és 1,5 mL foszfátpuffer (7,6 pH-jú). A dörzsöléssel a kívánt állag elérése után a kapott elegyet 2 mL-es Eppendorf csövekbe helyeztük. Ezután egy elengedhetetlen lépés következik, a centrifugálás. A centrifugába helyezés előtt nagyon fontos, hogy az Eppendorfsúlyát kiegyenlítsük, ezt kvarchomok hozzáadásával tudjuk megtenni. A centrifugálás 4°C-on, 10 percig tart, 14000-es fordulaton percenként. A centrifugáláshoz használt gép típusa: Hettich, MIKRO 220R; Andreas Hettich GmbH&Co.

KG Föhren str. 12, D-78532 Tuttlingen, Németország. Amíg a centrifugálás tartott, addig előkészítettük a FRAP munkaoldatot, 2 mL-es Eppendorfofokba tettünk 1950 μ L munkaoldatot. A centrifugálás végeztével a tiszta felúszókat leválasztottuk, majd belőlük 50 mL-t adtunk az előkészített munkaoldatokhoz. Ennél a lépésnél fontos a gyors, precíz munka, rendkívüli koncentrációt igényel a gyorsan végbemenő reakció miatt. Éppen ezért miután elkészültek a minták egyből mentek inkubálásra 15 percre 37°C-on, majd az inkubálás után 3 percet a -20°C-os hűtőben pihentek. Az abszorbanciát 593 nm-re állított spektrofotométerrel mértük meg, majd a három minta átlagában kapott értékeket μ g aszkobinsav (AS) ekvivalens/g friss tömegben adtuk meg. A következő ábrán (6. ábra) a méréshez használt műszer látható.

6. ábra – Spektrofotométer

A lipoxidációs szint kimutatásának egyik gyakori módja a malondialdehid mérés, ugyanis a lipidoxidáció szintje az abszorbancia mértékéből kimutatható, amely egy triobarbitursavas (TBA) reakcióval megy végbe. A vizsgálat kezdeti lépései hasonlóak, bizonyos lépések egyeznek a FRAP vizsgálatnál elvégzettekkel. A korábban már említett, eddig a -20°C-on pihentetett 0,1g-os levélmintákat eldörzsöltük. A dörzsmozsarakba, minden levélmintához került 1,5 mL 0,1 %-os triklórecetsavas (TCA) oldat egy csipetnyi kvarchomokkal. A dörzsoléssel kapott elegyet 2 mL-es Eppendorf csövekbe helyeztük, amelyek kiegyenlítés után centrifugálásra kerültek. A centrifugálás ebben az esetben is 4°C-on, 10 percig tartott, 14000-es fordulaton percenként. A következő ábrán (7. ábra) a centrifugálás utáni állapot látható.



7. ábra – Centrifugálás utáni állapot

A centrifugálás után kapott, tiszta kivonatokat leválasztottuk azaz a felúszót, a leülepedett anyagról. A tiszta kivonatokból 375 μL -t adagoltunk 1225 μL , egy 0,5%-os triobarbitursavat (TBA) tartalmazó, 20%-os triklórecetsavas (TCA) reagenshez. Az összeállított kivonat és reagens elegyét inkubálni szükséges. A minták 96°C-on 30 percig inkubálódtak, melynek végével 3 percre a -20°C-os hűtőben pihentek, ezzel előkészülve az abszorbancia mérésre. Ennél a vizsgálati módszernél is az abszorbancia mérést spektrofotométerrel végeztük el 532- és 600 nm-en, melynek eredményei három minta átlagából adódtak össze, ezt nM/g friss tömegre adtuk meg.

3.2.4 Biofoton emissziós vizsgálatok

A kezelések 3. és 6. napján utolsó napján a növényeket sötétkamrába helyeztük, és a behelyezést követően azonnal 10 percen keresztül monitoroztuk egy roncsolást nem igénylő Nightshade LB 985 (Institute Berthold Technologies Bioanalytical Instruments, Calmbacher Strasse 22, D-75323 Bad Wildbad, Németország) nevű, érzékeny, termoelektromosan hűtött, lassú letapogatású, -68 °C-ra hűtött NighOwlcam CCD-kamerával felszerelt analitikai mérőműszerrel és detektáltuk a késleltetett fluoresszencia jelenségét, amely során a magasabb kibocsátott biofoton jelintenzitás egészségesebb, stresszmentesebb növényállapotot jelez.

A biofoton emisszió mérésekor a műszer kamerája detektálta és egy szoftver (IndiGO™ 2.0.5.0.) által elmentette a képeket, amelyeken később el lehet különíteni a pixelintenzitás csúcsokat. A beállítási indexek változatlanok voltak, ezért a kapott relatív pixelintenzitások változásai mutatták az adott növény fotonkibocsátásának mértékét, amelynek eredményeit „count per second (cps)”-ba konvertáltuk az elemző szoftverrel.

3.2.5 Statisztikai elemzés

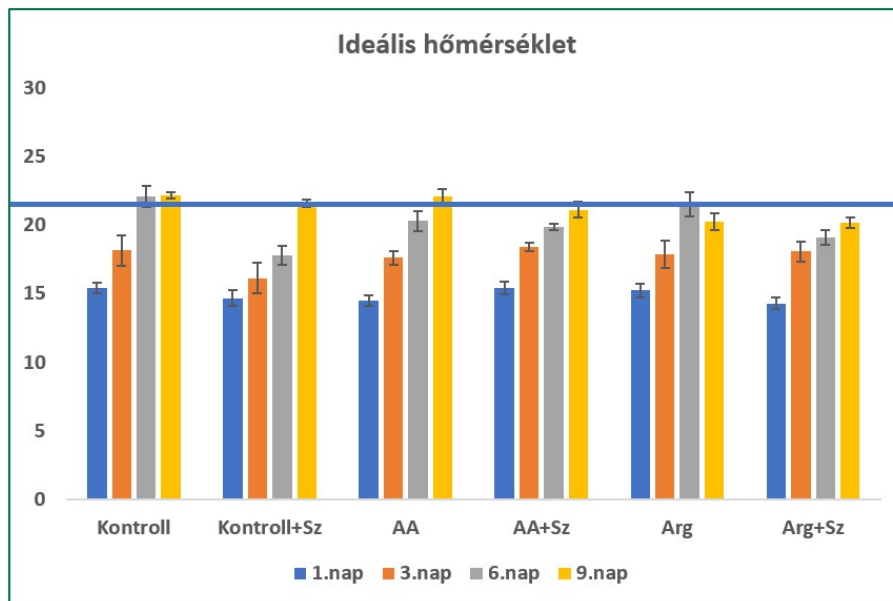
A statisztikai elemzéseket a növény levélmagasság, szárazanyag tartalom, FRAP, MDA és késleltetett fluoreszcencia vizsgálatok mérési adataival végeztük el.

Az ehhez szükséges adatok táblázatba rendezését a Microsoft Excel szoftver 16.0-ás verziójának statisztikai bővítményének segítségével tudtuk elvégezni. A statisztikai elemzésben átlagot és szórást számoltunk, majd az eredményeket egytényezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA, $p < 0,05$) értékeltük.

4. Eredmények és értékelésük

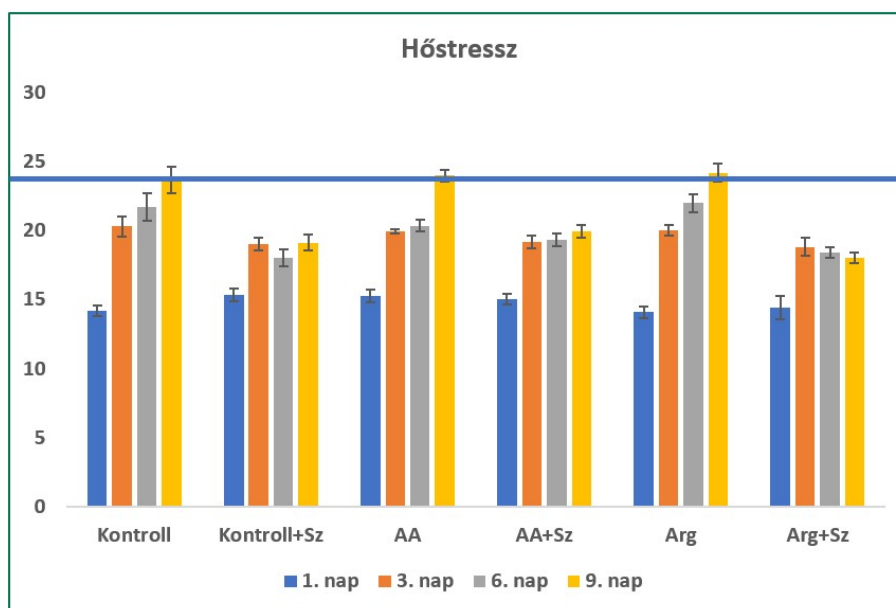
4.1 Levélmagasság eredményei

Ideális és hőstresszes körülmények között nevelt növényeknek regisztráltuk a magasság adatait az 1-3-6-9. napon. Az ideális hőmérsékleti körülmények között látható, hogy a szárazságstressz hatására a növekedési dinamika alacsonyabb szintű volt az arginines kezelés esetén a többi kezelési kombinációhoz képest. A következő ábrán (8.ábra) láthatóak a levélmagasság mérések eredményei, ideális hőmérséklet mellett.



8. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények levélmagasságának növekedési dinamikája az argininnél a legalacsonyabb

A szárazságstressz visszaveti a növények növekedését, bár ez legfőképp a hőstresszes körülmények között produkált látványos különbséget. Már a 3. naptól látható a csökkenés a kezeléseknél a kontrollokhoz képest. A hőstresszes körülmények között megállapítható, hogy a szárazságstressz jelentősen visszavetette a növények növekedési dinamikáját. A 6. naptól már csökkenés látható mind a kontroll, aszkorbinsavas és arginines kezelések hatására az ideális vízellátottságú növényekhez képest. A következő ábrán (9. ábra) láthatóak a levélmagasság mérések eredményei, hőstresszes körülmények mellett.



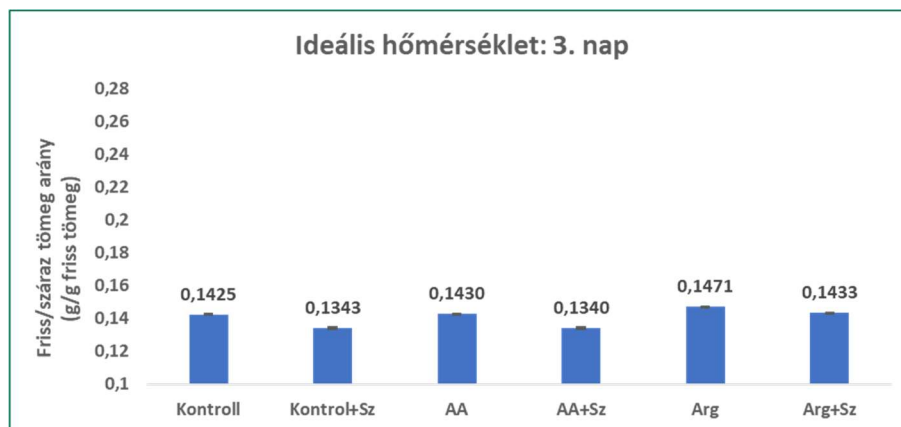
9. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények levélmagasságának növekedési dinamikája, jól látható különbség a stresszkombinációknál.

Ideális hőmérséklet esetén a kísérlet utolsó mérési napján a kezeléspárok között a kontroll és az arginies kezelések idéztek elő szignifikáns növénymagasság különbséget (kontroll-kontroll_sz: $p=4,2 \times 10^{-6}$; Arg-Arg_sz: $p=0.002$). A növénykondicionáló hatású anyagok hatásának összehasonlításakor statisztikailag szignifikáns különbségek mutatkoztak a kontroll-aszkorbinsav ($p=0,017$) kombinációban, valamint összes szárazságstressznek kitett növény esetében (kontroll_sz-AA_sz: $p=2,1 \times 10^{-5}$; AA_sz-Arg_sz: $p=0,037$; kontroll_sz-Arg_sz: $p=0,024$). (lásd 8. és 9. számú melléklet)

Hőstressz esetén a kísérlet utolsó mérési napján a kezeléspárok között minden kombináció szignifikáns különbséget idézett elő a növénymagasságban (kontroll-kontroll_sz: $p=8,5 \times 10^{-5}$; AA-AA_sz: $p=0,022$; Arg-Arg_sz: $p=5,5 \times 10^{-7}$). A növénykondicionáló hatású anyagok hatásának összehasonlításakor statisztikailag szignifikáns különbségek mutatkoztak a kontroll-aszkorbinsav ($p=0,066$) és az aszkorbinsav arginin összehasonlításában ($p=0,004$) valamint a szárazságstressznek kitett növény esetében a kontroll és az aszkorbinsav (kontroll_sz-AA_sz: $p=0,012$), valamint az aszkorbinsav és arginin esetében (AA_sz-Arg_sz: $p=0,021$). (lásd 11. és 12. számú melléklet)

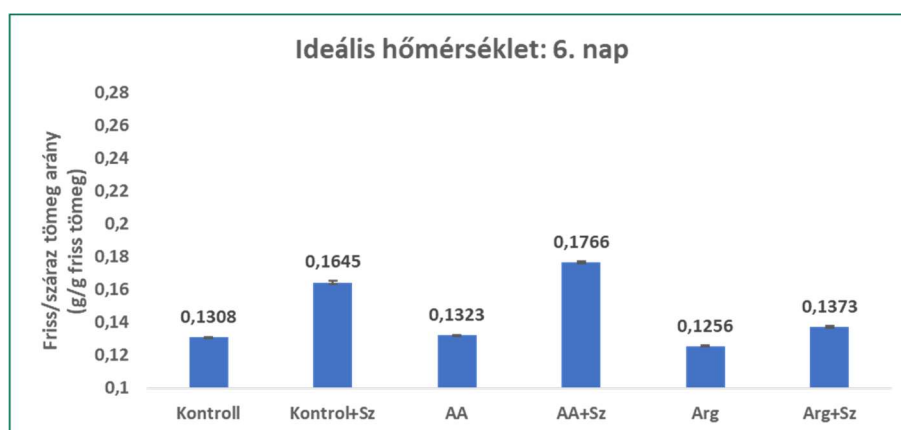
4.2 Friss száraz tömegarány eredményei

A következő ábrán (10. ábra) az ideális hőmérsékleten nevelt növények szárazanyag tartalma látható a 3. mérési napon.



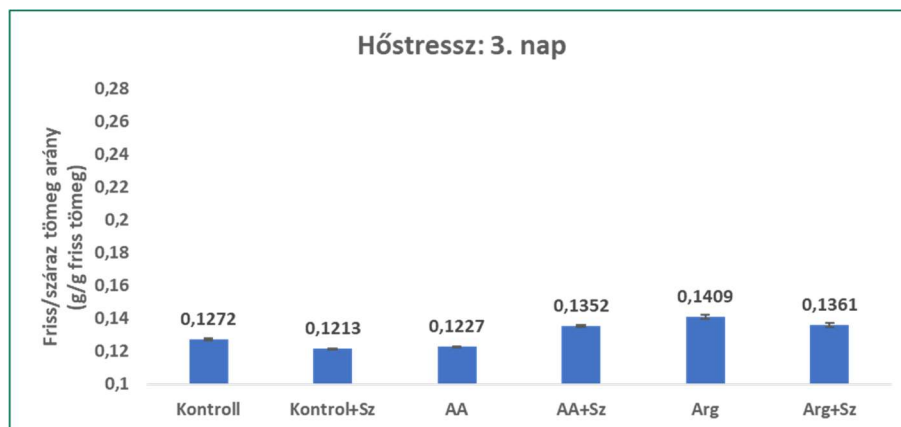
10. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 3. mérési napon. Nincs jelentős eltérés.

Az ábráról leolvasható, hogy az ideális hőmérsékleten a 3. mérési és mintavételezési napot követően nincsenek jelentős változások az eredményekben. Bár a szárazságstressz hatására a kontroll és az aszkorbinsavas kezelés alacsonyabb szárazanyag tartalmat eredményezett. Arginines kezelésnél viszont szárazságstressz hatására nem volt szárazanyag tartalom veszteség. Ez egy kimutatható kezelési hatás, mivel a fotoszintézis és a szárazanyag beépítés jól működik az argininnel kezelt növényeknél. Amikor szárazságstressznek van kitéve a növény, erősebb a párologtatása, ennek hatására a szárazanyag tartalma megnövekszik. Viszont esetünkben a szárazanyag tartalom egy negatív hatás eredménye és ezt a negatív hatást az arginin képes volt kompenzálni. Szárazságnál az erős vízvesztesség betöményíti a növényt, ezért nem tud úgy növekedni, ezzel megnövelve a relatív szárazanyag tartalmát. A lenti ábrán, (11. ábra) az arginin pozitív hatása látható a 6. napon.



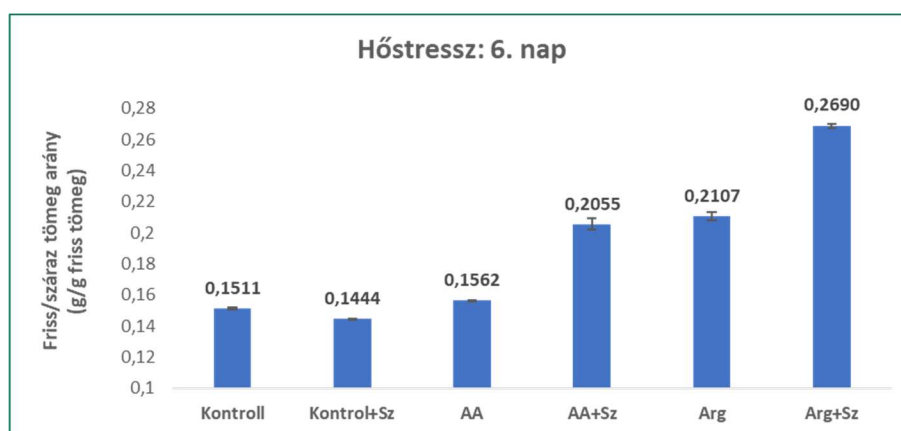
11. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 6. napon.

A következő ábrán, (12. ábra) a hőstresszben nevelt növények szárazanyagtartalma látható. Itt nincs jelentős eltérés a csoportok között.



12. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 3. napon.

Hőstressz esetén ezek az értékek változnak, ugyan a 3. napon még nincsenek jelentős különbségek, azt lehet látni, hogy a 6 napos hőstressznél már az összes kezelés kombinációjában jelentősen megnő a szárazanyag tartalom. A kontroll növények a 6 napos kezelés után már elérték a letális fázist, ekkor a növekedésük az anyagcseréjükkel együtt megáll. Úgy tűnik, hogy az arginin képes ellensúlyozni bizonyos mértékig a hőstresszt, ezért viszonylag normális tudott maradni a szárazanyag tartalma. A következő ábrán (13. ábra) látható a hőstresszes környezetben nevelt növények szárazanyagtartalma a 6. napon.



13. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények szárazanyag tartalma 6. napon. A kombinált stressz hatása.

Az idő hatása a növények szárazanyagtartalmára a kezelések együttes figyelembevételével nem eredményezett szignifikáns különbséget, ($p=0,431$). A naponkénti felbontásban az egyes kezelésekre vonatkoztatva minden esetben szignifikáns hatást tudtunk kimutatni az idő hatásának tekintetében a búza csíranövények szárazanyagtartalmának növekedésére nézve (kontroll: $p=5,36 \times 10^{-5}$; kontroll_sz: $p=4,22 \times 10^{-5}$; aszkorbinsav: $p=3,5 \times 10^{-5}$; aszkorbinsav_sz: $p=4,87 \times 10^{-6}$; arginin: $p=4,87 \times 10^{-6}$; arginin_sz: $p=0,002$). (lásd 5. számú melléklet)

Ideális hőmérséklet: 3 napos vízmegvonás: Minden esetben a szárazságstressznek kitett növények szárazanyagtartalma (kontroll-kontroll_szárazságstressz: $p=0,002$; AA-AA_sz: $p=7,94 \times 10^{-5}$; Arg-Arg_sz: $p=5,3 \times 10^{-4}$) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az ideális vízellátottságot kapott növényeké.

6 napos vízmegvonás: Minden esetben a szárazságstressznek kitett növények szárazanyagtartalma (kontroll-kontroll_szárazságstressz: $p=1,01 \times 10^{-5}$; AA-AA_sz: $p=1,43 \times 10^{-6}$; Arg-Arg_sz: $p=1,23 \times 10^{-4}$) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az ideális vízellátottságot kapott növényeké. (lásd 6. számú melléklet)

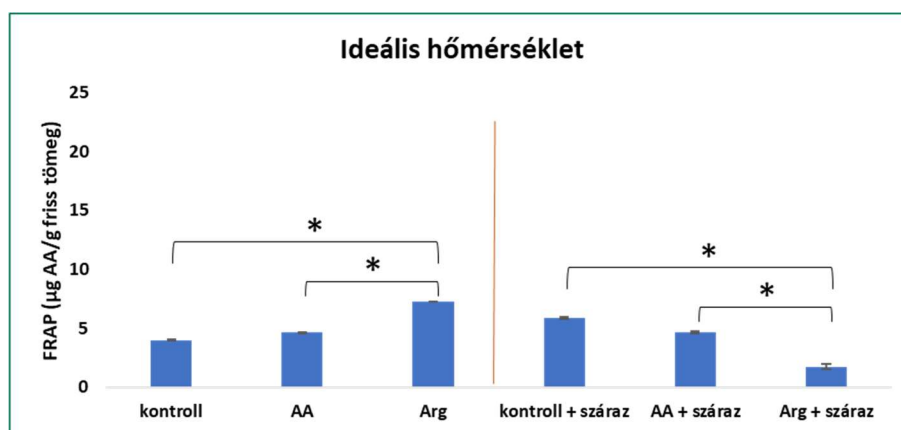
Az idő hatása a hőstressz körülmények között nevelt növények szárazanyagtartalmára a kezelések együttes figyelembevételével szignifikáns különbséget eredményezett ($p=0,027$), így a naponkénti felbontások esetében is: 1. nap: $p=0,008$; 3. nap: $p=0,012$; 6. nap: $p=0,001$).

3 napos vízmegvonás: Minden esetben a szárazságstressznek kitett hőstressz körülmények között felnevelt növények szárazanyagtartalma (kontroll-kontroll_szárazságstressz: $p=0,005$; AA-AA_sz: $p=2,3 \times 10^{-5}$; Arg-Arg_sz: $p=0,099$) szignifikánsan különbözött az ideális vízellátottságot kapott növényeké szárazanyagtartalmától az arginines kezeléstől eltekintve, amely nem eredményezett szignifikáns eltérést az ideális vízellátottságú argininnel kezelt növényekhez képest.

6 napos vízmegvonás esetén minden esetben a szárazságstressznek kitett növények szárazanyagtartalma (kontroll-kontroll_szárazságstressz: $p=0,002$; AA-AA_sz: $p=7,9 \times 10^{-5}$; Arg-Arg_sz: $p=1,13 \times 10^{-5}$) szignifikánsan különböző volt az ideális vízellátottságot kapott növények szárazanyagtartalmától. A kontroll növényeknél a szárazanyagtartalom csökkent, azonban a mindkét növénykondicionáló hatású vegyület szignifikánsan magasabb szárazanyagtartalmat eredményezett a szárazságstressz alatt. Emellett az arginin ideális körülmények között is szignifikánsan megnövelte a szárazanyagtartalmat a kontrollhoz ($p=6,9 \times 10^{-5}$) és az aszkorbinsavas ($p=1,01 \times 10^{-5}$) kezelésekhez történő összehasonlításban. (lásd 7. számú melléklet)

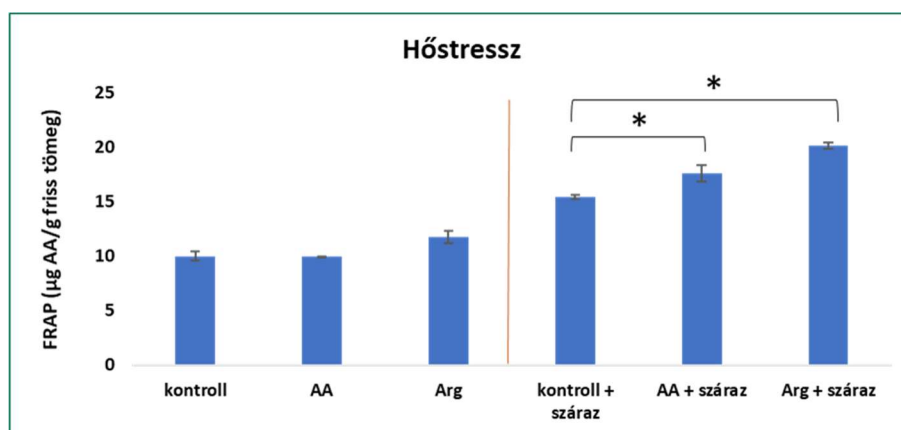
4.3 FRAP mérés eredményei

Ideális hőmérsékleten, jól öntözött körülmények között az arginines kezelések szignifikánsan megnövelték az antioxidáns kapacitást. Ez szárazságstressz esetén nem volt tapasztalható, ott volt a legalacsonyabb. A lenti ábrán (14. ábra) az ideális hőmérsékleten nevelt növények FRAP mérésének eredményei láthatóak.



14. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás mérés eredményei. Az arginin hozta a legjobb eredményt.

Az arginines kezelés hőstressz esetén már számottevően megnövelte az antioxidáns kapacitást ideális vízellátottság mellett. A szárazságstressznek kitett növények esetében azonban mindkét alkalmazott növénykondicionáló hatású anyag jelentős antioxidáns kapacitás növekedést eredményezett. A következő ábrán (15. ábra) a hőstresszben nevelt növények FRAP mérésének eredményei láthatóak.



15. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás mérés eredményei. Aszkorbinsav és arginin hatása közel azonos.

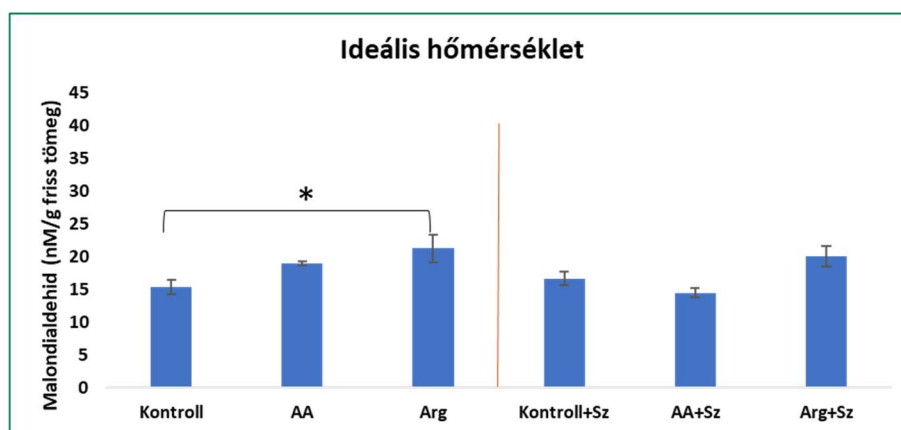
Az antioxidáns kapacitás eredményeinek statisztikai elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy az ideális hőmérsékleten (kontroll-AA: $p=5,5 \times 10^{-6}$; AA-Arg: $p=2,2 \times 10^{-8}$; kontroll-Arg:

$p=1,4 \times 10^{-9}$) és szárazságstressz hatása (kontroll-AA: $p=3,7 \times 10^{-5}$; AA-Arg: $p=2,1 \times 10^{-5}$; kontroll-Arg: $p=5,4 \times 10^{-6}$) alatt is minden élettanilag releváns kezeléskombináció szignifikáns különbségeket eredményezett. A szárazságstressz hatásának kezeléspáronkénti vizsgálata alapján a kontroll és az arginines kezelés eredményezett szignifikáns különbségeket (kontroll-kontroll_sz: $p=2,5 \times 10^{-6}$; Arg-Arg_sz: $p=1,3 \times 10^{-6}$).

A hőstressz antioxidáns kapacitásra gyakorolt hatásának statisztikai elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy ideális vízellátottság mellett csupán az arginies kezelése eredményezett szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest ($p=0,013$), azonban a szárazságstressz hatásai mindhárom kezeléskombinációban szignifikánsak voltak (kontroll_sz-AA_sz: $p=0,009$; AA_sz-Arg_sz: $p=0,005$; kontroll_sz-Arg: $p=1,8 \times 10^{-5}$). A szárazságstressz hatásának hőstressz állapotban történő kezeléspáronkénti vizsgálata mindhárom kezeléskombinációban szignifikáns különbségeket eredményezett (kontroll-kontroll_sz: $p=3,9 \times 10^{-5}$; AA-AA_sz: $p=6 \times 10^{-5}$; Arg-Arg_sz: $p=1,9 \times 10^{-5}$). (lásd 16-19. számú mellékletek)

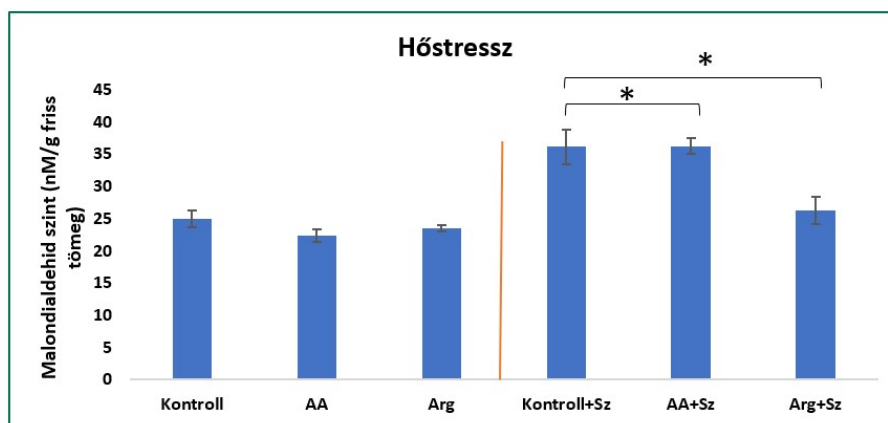
4.4 Lipidoxidációs mérés eredményei

A kísérlet során megnéztük a lipidoxidációs szintjét is a növényeknek. Ideális hőmérsékleten a lipidoxidációs szintben nem tapasztaltunk jelentős, tendenciózus változásokat. A következő ábrán (16. ábra) látható, hogy az ideális hőmérsékleten nevelt növényeknél nincsen jelentős változás.



16. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények lipidoxidációs szintjének növekedése.

Hőstressz esetén a szárazságstressz hatásai már megutaztak, megnövelték a lipidoxidációs szintet minden kezelés esetén, viszont az arginin ismételt képes volt alacsonyabban tartani ezt a szintet. A növények anyagcseréje még az egészséges fázisban tudott maradni. A lenti ábrán (17. ábra) jól látható az arginin pozitív hatása hőstresszes környezetben.



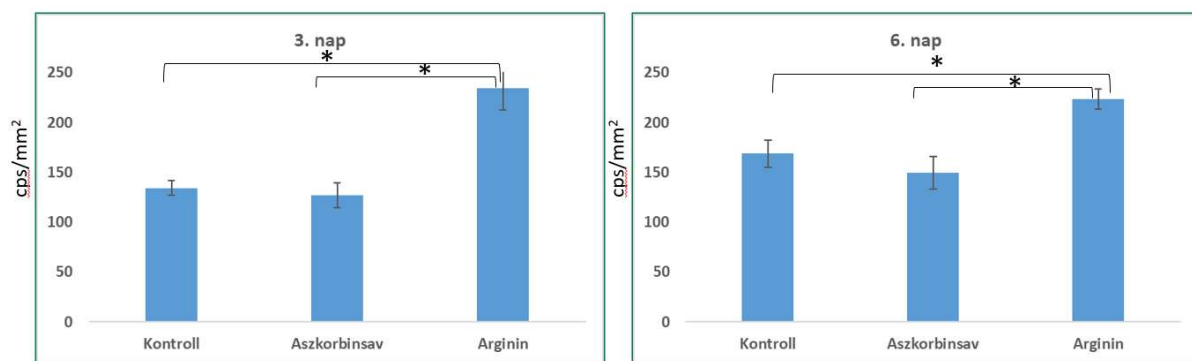
17. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények lipidoxidációs szintjének növekedése. A stresszkombinációt az arginin tudta legjobban kiküszöbölni.

A lipidoxidáció eredményeinek statisztikai elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy az ideális hőmérsékleten az aszkorbinsav és az arginin eredményezett szignifikáns különbséget a (kontroll-AA: $p=0,003$; kontroll-Arg: $p=0,012$). Szárazságstressz hatása az arginines kezelés szignifikánsan elkülönült mind a kontroll ($p=0,005$), mind az aszkorbinsavas ($p=0,003$) kezelésektől. A szárazságstressz hatásának kezeléspáronkénti vizsgálata alapján az aszkorbinsavas kezelés eredményezett szignifikáns különbségeket (AA-AA_sz: $p=7 \times 10^{-5}$).

A hőstressz lipidoxidációra gyakorolt hatásának statisztikai elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy ideális vízellátottság mellett csupán az aszkorbinsavas kezelés eredményezett szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest ($p=2 \times 10^{-5}$), azonban a szárazságstressz hatásai már két kezeléskombinációban szignifikánsak voltak (AA_sz-Arg_sz: $p=5 \times 10^{-5}$; kontroll_sz-Arg: $p=0,006$) a különbségek. A szárazságstressz hatásának hőstressz állapotban történő kezeléspáronkénti vizsgálata szignifikáns különbségeket eredményezett a kontroll és az aszkorbinsavas kezelések esetében (kontroll-kontroll_sz: $p=0,001$; AA-AA_sz: $p=5 \times 10^{-7}$). (lásd 12-15. számú mellékletek)

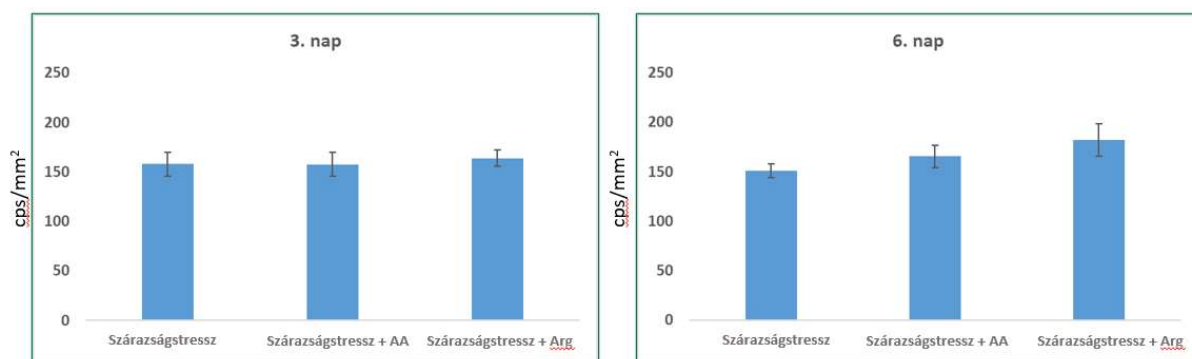
4.5 Késleltetett fluoreszcencia eredményei

A normál vízellátottsággal nevelt növényeknél a késleltetett fluoreszcencia növekedés statisztikailag igazolható volt. A lenti ábrán (18. ábra) látható a biofotonemisszió eredményei ideális vízellátottságú búza növényeknél.



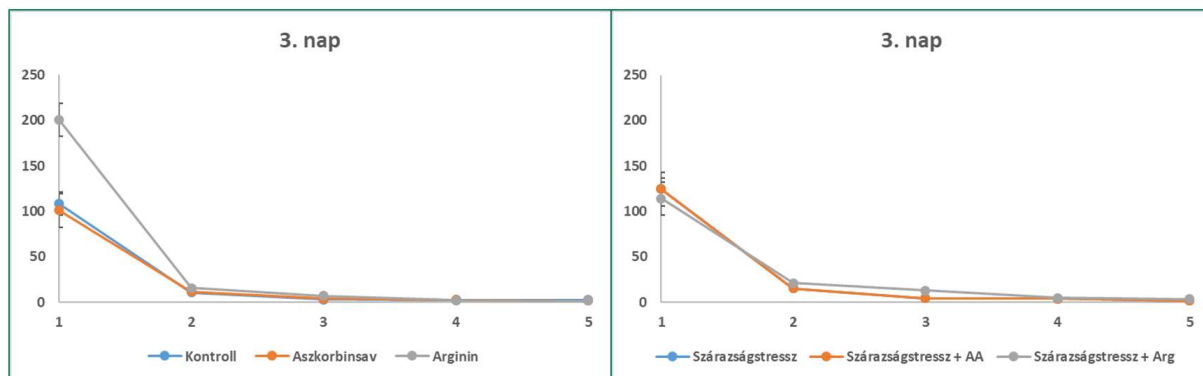
18. ábra – Késleltetett fluoreszcencia eredményei ideális vízellátottságú búza növényeknél.

A szárazságstresszes körülmények között az arginin pozitív hatásait nem tudtuk elkülöníteni. Ez jól látható a következő ábrán (19. ábra).



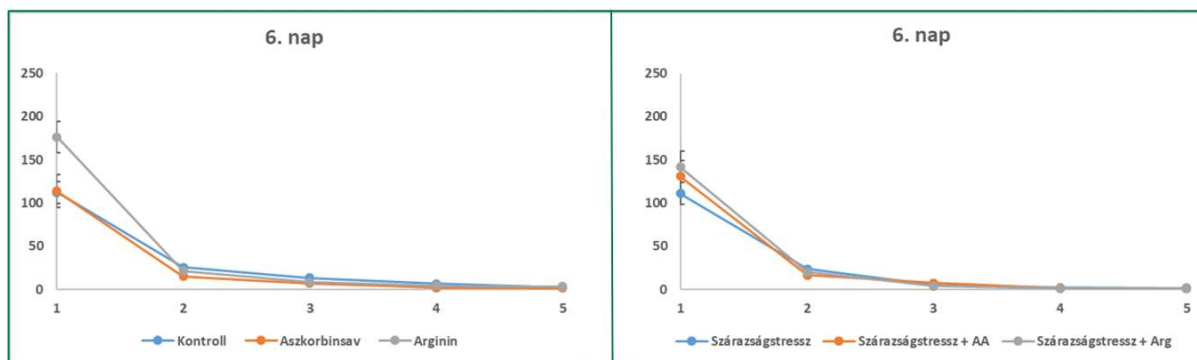
19. ábra – Késleltetett fluoreszcencia eredményei szárazságstresszes körülmények közötti búza növényeknél.

A következő ábrákon (20. 21. 22. és 23. ábra) a biofoton emisszó lecsengésének értékei láthatók az első 5 percben. Az eredmények, a lecsengési értékekből szintén látható, hogy az arginin hatása által megnövelt kezdeti késleltetett fluoreszcencia érték, illetve a 3 napos méréseknél ez még a 2. és 3. percben is magasabb, mint a többi érték.



20. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei az első 5 percben a 3. napon.

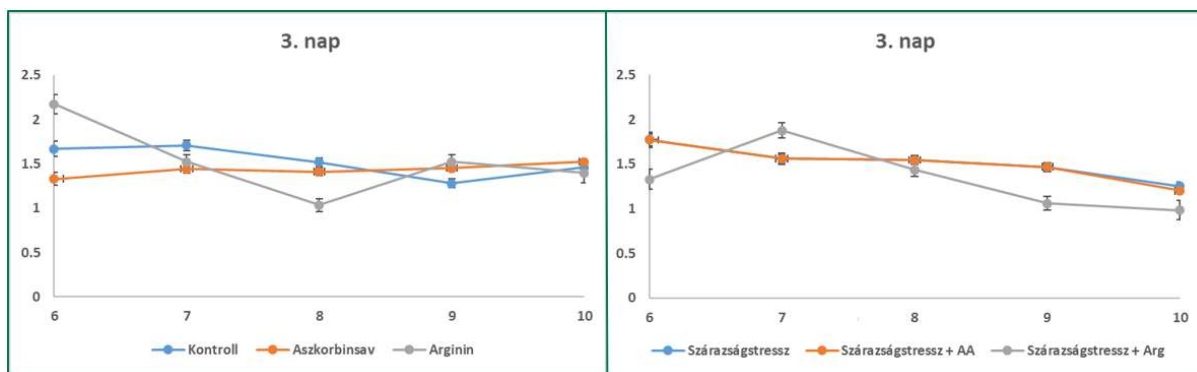
Szárazságstressz esetén a 6. napon már nem mutatkozott meg a statisztikailag igazolható különbség a késleltetett fluoreszcencia értékekben.



21. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei az első 5 percben a 6. napon.

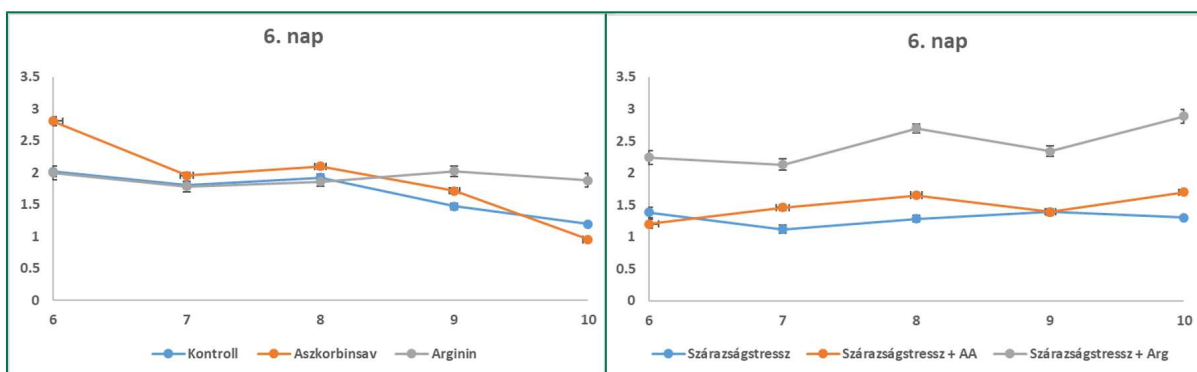
A késleltetett fluoreszcencia értékei egy napos hőstressz esetében egyedül az aszkorbinsav és a kontroll növények viszonylatában eredményezett szignifikáns eltérést ($p=0,026$). Három napos hőstressz esetében ideális vízellátottság mellett a két alkalmazott növénykondicionáló anyag ($p=4,32 \times 10^{-5}$) és a kontroll-arginin kezeléskombináció ($p=4,01 \times 10^{-5}$) eredményezett szignifikáns különbséget. Emellett a hőstressz és a szárazságstressz hatása is megjelent az aszkorbinsav és arginin ($p=2,97 \times 10^{-5}$) és a kontroll és arginin ($p=3,45 \times 10^{-5}$) vonatkozásában egyaránt. Hatnapos hőstressz esetében az egyes alkalmazott kezeléskombinációk egymástól szignifikánsan különböztek (kontroll-kontroll_AA: $p=0,012$; AA-Arg: $p=0,013$; kontroll-Arg: $p=8,18 \times 10^{-5}$), illetve a szárazságstressz is különbségeket eredményezett a kontroll-aszkorbinsav ($p=0,013$) és a kontroll-arginin esetében (kontroll_sz-Arg_sz: $p=0,013$).

A statisztikai elemzés hasonló képet mutat akkor is, amikor a késleltetett fluoreszcencia értékeket az ideális vízellátottság és hőstressz összehasonlításában értékeljük. Az egynapos vízmegvonás nem eredményezett statisztikailag szignifikáns különbségeket a kezeléskombinációkban (kontroll-kontroll_sz: $p=0,11$; AA-AA_sz: $P=0,732$; Arg-Arg_sz: $p=0,915$). Háromnapos vízmegvonás hatására azonban szignifikánsan elkülönültek a kontroll és az aszkorbinsavas kezelések (kontroll-kontroll_sz: $p=0,026$; AA-AA_sz: $p=0,016$). A hatnapos szárazságstressz szignifikáns különbségeket eredményezett a két alkalmazott növénykondicionáló esetében (AA-AA_sz: $p=0,011$; Arg-Arg_sz: $p=6,3 \times 10^{-5}$).



22. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei a második 5 percben a 3. napon.

A késleltetett fluoreszcencia lecsengésének második, hat és tíz perc közötti szakaszának elemzésekor a hőstressz háromnapos fennállásán csupán a kontroll és az aszkorbinsavval kezelt növények esetében eredményezett szignifikáns különbséget az ideális vízellátottság ($p=0,022$) mellett (22. ábra).



23. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei a második 5 percben a 6. napon.

Hatnapos hőstressz esetén az arginines kezelés szignifikánsan különbözött a kontroll növények fotonemissziós értékeitől ($p=9,2 \times 10^{-5}$), illetve szárazságstresszel kombinálva mindkét alkalmazott növénykondicionáló szignifikáns különbségeket (kontroll_sz-AA_sz: $p=5,6 \times 10^{-5}$; kontroll_sz-Arg_sz: $p=5,9 \times 10^{-5}$) eredményezett a fotonkibocsátásban (23. ábra). Emellett a szárazságstressz hatása a kísérlet utolsó mérési napján minden kezelés esetében szignifikáns különbséget eredményezett az ideális vízellátottságú azonos kezelésben részesült növények fotonkibocsátásában (kontroll-kontroll_sz: $p=0,017$; AA-AA_sz: $p=0,006$; Arg_Arg_sz: $p=0,133$). (lásd 1-4. számú mellékletek)

4.6 Eredmények értékelése

A kísérletünk eredményei alapján megállapítottuk, hogy a szárazságstressz önmagában, de különösen hőstresszel kombináltan különbségeket idézett elő mind a juvenilis kukorica növények fentípusos jellegeiben –úgy mint növénymagasság, illetve friss/száraz tömeg arány- mind pedig egyes, általunk vizsgált stresszanalitikai paramétereiben: a vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás és a lipioxidáció értékeiben, illetve a fotoszintetikus aktivitást jól jellemző késleltetett fluoreszcencia változásaiban. A növekedés gátlása a kísérlet harmadik napján lett statisztikailag szignifikáns, ami alátámasztja a korábbi kutatásokat (Schmidt és mtsai., 2020; Zahra és mtsai., 2021). Hőstressz és szárazságstressz búzára gyakorolt kombinált hatását összefoglaló munkájában Zahra és mtsai., (2021) felvázolták a legfontosabb negatív élettani következményeket: kései virágzás és virágfejlődés, csökkent mértékű gametofita, majd szemfejlődés, amit a szemtermésben csökkent mértékű szacharóz és raktározott fehérjeszintézis követ. Mindez összességében alacsonyabb terméseredményt jelent. Azonban ezen károsítást megelőzi a biomassa csökkent mértékű kialakulása (Zahra és mtsai., 2021) is, amit jelen kísérletben is tapasztaltunk már a búza korai fejlődési időszakában a növénymagasság és friss/száraz tömegarány értékekben. Emellett, az analitikai vizsgálatok azt mutatták, hogy a hőstressz antioxidáns kapacitás növekedéséhez vezetett az optimális hőmérsékleten termesztett növényekhez képest. Az eredmények megerősítik azokat a korábbi tanulmányokat, amelyek szerint a növények hőstresszre reagálva növelik a nem-enzimatisz antioxidánsok szintézisét, ezáltal mérsékelve az oxidatív károsodást (Apel és Hirt, 2004; Gill és Tuteja, 2010).

A hőstressz elleni védekezés a hagyományos nemesítés és biotechnológiai módszerek mellett nemcsak az új fajták/hibridek előállítása révén valósítható meg, hanem agrotechnikai, termesztéstechnológia elemek beépítésével is. Ezen lehetőségek egyike az általunk is vizsgált külsőleg adagolt növénykondicionáló anyagok használata (Zahra és mtsai., 2020). A hő- és szárazságstressz általános membránkárosító hatásának eredményeként oxidatív stresszt is okoz, amit a lipioxidációs vizsgálataink is alátámasztottak. Az általunk alkalmazott két növénykondicionáló hatású vegyület közül az aszkorbinsav esetében nem mutattunk ki stresszmérséklő hatást, az aArginin adagolása azonban jelentősen csökkentette a károsodás mértékét, ami összhangban van korábbi munkákkal, amelyek szerint az arginin elsősorban a nitrogén-oxid (NO) szintézis fokozásán keresztül aktiválja a növényi antioxidáns rendszert (Sharma és Dietz, 2006; Fancy és mtsai., 2017). Emellett, jelen munkában korábban még nem vizsgált módon, a nem-invazív stresszanalitikai vizsgálattal, fotonemisszió alapuló késleltetett fluoreszcencia kezdeti értékének meghatározásával és lecsengésének nyomonkövetésével is kimutattuk az arginin pozitív

hatását, ami a fotoszintetikus rendszer hatékonyabb működésében is megmutatkozott. A fehérjéket felépítő aminosavak közül az arginin rendelkezik a legmagasabb nitrogén-szén aránnyal, ami különösen alkalmassá teszi a szerves nitrogén tárolására (Winter és mtsai., 2015). Az arginin szintézisútvonala a kloroplasztiszokban valósul meg, ornitinen keresztül (King és Gifford, 1997), amely folyamat, a szintézis helyét képviselő sejtszerv okán, érzékeny a fotoszintetikus apparátust károsító, oxidatív stresszt előidéző stresszorokra, úgymint például az általunk vizsgált hő- és szárazságstressz. Emellett a hő- és szárazságstressz károsítása a biomassa felhalmozódás csökkenésén keresztül is megnyilvánul, ahogy azt korábban már említettük, mivel a 21 aminosav közül az arginin rendelkezik a legnagyobb szén-nitrogén aránnyal, ezért ezen aminosav szintézisútvonalának gátlása is hozzájárul a csökkent mértékű biomassa termeléshez. Emellett az arginin a prekursora a poliaminoknak is, amely vegyületcsoport elengedhetetlenül szükséges a növényi stresszvédekezési folyamatokban (Pál és mtsai., 2021). Ezért a külsőleg adagolt arginin segítheti a búza homeosztatisztikus állapotának hosszabb ideig történő fenntartását olyan módon, hogy felhasználható prekuzorként hozzájárul a poliamin szintézishez, így indirekt módon hozzájárul a búzaindukált stresszellenállóságának növeléséhez. A DF-ből származó adataink is arra utalnak, hogy az arginin elősegítheti a hő- és szárazságstressz által kiváltott fotoinhibíció enyhítését, ami a fotoszintetikus hatékonyság növeléséhez vezet (Winter et al., 2015).

A vizsgálataink során alkalmazott két növénykondicionáló kezelés közül az arginin jobb hatékonyságot mutatott, amit számos mérés és elemzés is alátámasztott. Az arginin kedvező hatása a növények antioxidáns kapacitására, fotoszintetikus hatékonyságára és a stressz mérséklésére további kutatásokat tesz szükségessé annak igazolására, hogy jelentősége a növényi stresszkezelésben érvényesüljön (Fahad és mtsai., 2017; Gill és Tuteja, 2010). Az arginin hasznosítása ígéretes lehetőséget jelent az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére, különösen az egyre fokozódó szárazság- és hőstresszel küzdő régiókban.

5. Következtetések és javaslatok

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a szárazságstressz visszavetette a növények növekedését, hőstresszel kombinálva ezen növekedés blokkolás már a kísérlet 3. napján bekövetkezett. Az analitikai vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a hőstressz valamennyi kezeléskombinációban antioxidáns kapacitás növekedést eredményezett az ideális hőmérsékleten nevelt növényekhez képest, ami egy fokozottabb növényi védekezésre utal a nem-enzimatis antioxidánsokon keresztül. A hőstressz által előidézett oxidatív stressz hatásait szintén kimutattuk, azonban az arginines kezelés a károsítás mértékét csökkentette. A nem-invazív stresszanalitikai vizsgálat kimutatta az arginin pozitív hatását a fotoszintetikus rendszer állapotára nézve is. A késleltetett fluoreszcencia lecsengési dinamikája, szintén megerősítette az arginin pozitív hatását. Vizsgálataink eredményeként megállapítható, hogy a két alkalmazott növénykondicionáló anyag közül az arginin bizonyult hatékonyabbnak.

Javaslom, hogy a jövőben ezen vizsgálatokat szabadföldi körülménynek között is elvégezzék, illetve a laboratóriumi vizsgálatok során a koncentrációk számát tovább növeljék.

6. Összefoglalás

A globális éghajlatváltozás következményeként a hőmérséklet emelkedése, ami negatív hatással bír a növények termelékenységére és növekedésére. A búza az egyik legfontosabb termesztett gabonaféle, amelyet a hőstressz hatása súlyosan érint. Mindezek miatt kiemelten fontos a búza legfőbb környezeti stresszorai által kiváltott hatások megismerése és a károsítás enyhítését szolgáló alternatívák felkutatása, amelyek közül napjainkban a növénykondicionáló hatóanyag-kutatás kiemelt figyelmet kapott. Ezen kérdéskör feltárásának szándéka inspirálta jelen dolgozat alapját képező kutatási munkát is.

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a szárazságstressz visszavetette a növények növekedését, hőstresszel kombinálva ezen növekedés blokkolás már a kísérlet 3. napján bekövetkezett, amit tovább erősítettek az analitikai vizsgálatok, a vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás és a lipidoxidáció vizsgálatok eredményei is, azonban eredményeink alapján az arginines kezelés a károsítás mértékét csökkentette. A nem-invazív stresszanalitikai vizsgálat kimutatta az arginin pozitív hatását a fotoszintetikus rendszer állapotára nézve is. A késleltetett fluoreszcencia lecsengési dinamikája, szintén megerősítette az arginin pozitív hatását.

Vizsgálataink eredményeként megállapítható, hogy a két alkalmazott növénykondicionáló hatóanyag közül az arginin bizonyult hatékonyabbnak és a jövőben esetlegesen ezen vegyület - további dózis- és alkalmazási idő vizsgálatok eredményei alapján - beépíthetővé válik egy fenntarthatóbb és költséghatékonyabb termesztési technológiába, amelynek segítségével lehetővé válhat egy eredményesebb termesztési gyakorlat egy jövőben várható klímaszcenário esetén is magas hőmérséklet és szárazságstressz hatása alatt.

6.1 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Jócsák Ildikó és Dr. Somfalvi-Tóth Katalin egyetemi adjunktusoknak kitartó munkájukért, segítőkészségükért. Köszönöm Prof. Dr. Keszthelyi Sándor egyetemi tanárnak, hogy biztosította, hogy a MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet Agronómia Tanszékén a vizsgálatok megvalósulhattak a Kaposvári Campuson. A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Téma-területi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

7. Felhasznált irodalom

- Akter, N., & Rafiqul Islam, M. (2017). Heat stress effects and management in wheat. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0443-9>
- Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55(1), 373–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>
- Arrigoni, O., & De Tullio, M. C. (2002). Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1569(1–3), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00235-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00235-5)
- Balmer, D., Flors, V., Glauser, G., & Mauch-Mani, B. (2013). Metabolomics of cereals under biotic stress: current knowledge and techniques. *Frontiers in plant science*, 4, 82. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00082>
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Cusini, I., Berretta, D., Conca, E., Incoronato, A., Madonini, F., Maurina, A. A., ... & Villa, F. (2022). Historical perspectives, state of art and research trends of SPAD arrays and their applications (Part II: SPAD arrays). *Frontiers in Physics*, 10, 906671. <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.906671>
- Dhakal, A., Adhikari, C., Manandhar, D., Bhattarai, S., & Shrestha, S. (2021). Effect of abiotic stress in wheat: a review. *Reviews In Food And Agriculture*, 2(2), 69–72. <http://doi.org/10.26480/rfna.02.2021.69.72>
- Fancy, N. N., Bahlmann, A. K., & Loake, G. J. (2017). Nitric oxide function in plant abiotic stress. *Plant, cell & environment*, 40(4), 462–472. <https://doi.org/10.1111/pce.12707>
- Freschet, G. T., Swart, E. M., & Cornelissen, J. H. (2015). Integrated plant phenotypic responses to contrasting above-and below-ground resources: key roles of specific leaf area and root mass fraction. *New Phytologist*, 206(4), 1247–1260. <https://doi.org/10.1111/nph.13352>

- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909–930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
- Haripriya, A. M. és Byju G. (2008). Chlorophyll meter and leaf colour chart to estimate chlorophyll content, leaf colour, and yield of cassava. *Photosynthetica*. 46(4), 511–516.
- Hosney, R. C., & Rogers, D. E. (1990). The formation and properties of wheat flour doughs. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 29(2), 73–93. <https://doi.org/10.1080/10408399009527517>
- Huang, W., Ratkowsky, D. A., Hui, C., Wang, P., Su, J., & Shi, P. (2019). Leaf fresh weight versus dry weight: which is better for describing the scaling relationship between leaf biomass and leaf area for broad-leaved plants?. *Forests*, 10(3), 256. <https://doi.org/10.3390/f10030256>
- Igrejas, G., & Branlard, G. (2020). The importance of wheat. Wheat quality for improving processing and human health, 1–7. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3_1
- Jócsák, I., Gyalog, H., Hoffmann, R., & Somfalvi-Tóth, K. (2022). In-vivo biophoton emission, physiological and oxidative responses of biostimulant-treated winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as seed priming possibility, for heat stress alleviation. *Plants*, 11(5), 640. <https://doi.org/10.3390/plants11050640>
- Kalaji, M. H., Goltsev, V. N., Żuk-Gołaszewska, K., Zivcak, M., & Brestic, M. (2017). *Chlorophyll fluorescence: understanding crop performance—basics and applications*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315153605>
- Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Molecular responses to drought stress in plants. *Biologia plantarum*, 61, 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>
- King, J. E., & Gifford, D. J. (1997). Amino acid utilization in seeds of loblolly pine during germination and early seedling growth (I. arginine and arginase activity). *Plant Physiology*, 113(4), 1125–1135. <https://doi.org/10.1104/pp.113.4.1125>
- Liang, Y., Song, H., Liu, Q., Shi, W., & Li, L. (2014). Study on spectrum estimation in biophoton emission signal analysis of wheat varieties. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014(1), 606275. <https://doi.org/10.1155/2014/606275>

- Moles, A. T., Warton, D. I., Warman, L., Swenson, N. G., Laffan, S. W., Zanne, A. E., ... & Leishman, M. R. (2009). Global patterns in plant height. *Journal of ecology*, 97(5), 923–932. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01526.x>
- Pál, M., Szalai, G., Gondor, O. K., & Janda, T. (2021). Unfinished story of polyamines: Role of conjugation, transport and light-related regulation in the polyamine metabolism in plants. *Plant Science*, 308, 110923. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110923>
- Peña, R. J. (2002). Wheat for bread and other foods. Bread wheat improvement and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 483–542.
- Schmidt, J., Claussen, J., Wörlein, N., Eggert, A., Fleury, D., Garnett, T., & Gerth, S. (2020). Drought and heat stress tolerance screening in wheat using computed tomography. *Plant Methods*, 16, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00565-w>
- Sharma, S. S., & Dietz, K. J. (2006). The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal of experimental botany*, 57(4), 711–726. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj073>
- Smirnoff, N. (1996). Botanical briefing: the function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of botany*, 78(6), 661–669. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0175>
- Smirnoff, N., & Wheeler, G. L. (2000). Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical reviews in plant sciences*, 19(4), 267–290. <https://doi.org/10.1080/07352680091139231>
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203(1), 32–43. <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
- Szöllősi, R., & Varga, I. S. I. (2002). Total antioxidant power in some species of Labiatae: Adaptation of FRAP method. *Acta Biologica Szegediensis*, 46(3–4), 125–127.
- Winter, G., Todd, C. D., Trovato, M., Forlani, G., & Funck, D. (2015). Physiological implications of arginine metabolism in plants. *Frontiers in plant science*, 6, 534. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00534>
- Zahra, N., Wahid, A., Hafeez, M. B., Ullah, A., Siddique, K. H., & Farooq, M. (2021). Grain development in wheat under combined heat and drought stress: Plant responses and management. *Environmental and Experimental Botany*, 188, 104517. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104517>

- Zhu, J., et al. (2020). Drought and heat stress impacts on plant growth and development. *Environmental and Experimental Botany*, 173, 104097.

7.1 Internetes források

[INTERNET 1.]: <https://www.yara.hu/tapanyagellatas/oszi-buza/buza-kategorizalasa>
(Letöltve: 2024.09.12.)

[INTERNET 2.]: <https://www.primag.hu/blog/szakmai-cikkek/buza-novenytermesztese>
(Letöltve: 2024.09.14.)

[INTERNET 3.]: <https://novenykondi.hu/szakmai-tudastar>
(Letöltve: 2024.09.17.)

8. Rövidítések

ROS: reaktív oxigénfaj

CO₂: szén-dioxid

H₂O₂: hidrogén-peroxid

Ca²⁺: kalcium ion

ABA: abszcizinsav

ATP: adenzin-trifoszfát

NO: nitrogén-oxid

FRAP: vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás

MDA: malondialdehid

Fe(II)-TPTZ: vas-tripiriditriazin

TBA: triobarbitursav

TCA: triklórecetsav

9. Ábrajegyzék

1. ábra – Közöséges búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) (https://www.i-flora.com/en/fact-sheets/search-for-species/art/show/triticum-aestivum.html).....	4
2. ábra – Növénynevelés folyamata	12
3. ábra – Növények állapota a nevelés és kezelések során.....	13
4. ábra – Magasságmérés	14
5. ábra – Tömegmérés	14
6. ábra – Spektrofotométer	16
7. ábra – Centrifugálás utáni állapot.....	17
8. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények levélmagasságának növekedési dinamikája az argininnél a legalacsonyabb	19
9. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények levélmagasságának növekedési dinamikája, jól látható különbség a stresszkombinációknál.	20
10. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 3. mérési napon. Nincs jelentős eltérés.	21
11. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 6. napon.	21
12. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények szárazanyag tartalma a 3. napon.	22
13. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények szárazanyag tartalma 6. napon. A kombinált stressz hatása.	22
14. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás mérés eredményei. Az arginin hozta a legjobb eredményt.	24
15. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás mérés eredményei. Aszkorbinsav és arginin hatása közel azonos.	24
16. ábra – Ideális hőmérsékleten nevelt búza növények lipioxidációs szintjének növekedése.	25
17. ábra – Hőstresszes körülmények között nevelt búza növények lipioxidációs szintjének növekedése. A stresszkombinációt az arginin tudta legjobban kiküszöbölni.	26
18. ábra – Késleltetett fluoreszcencia eredményei ideális vízellátottságú búza növényeknél.	27
19. ábra – Késleltetett fluoreszcencia eredményei szárazságstresszes körülmények közötti búza növényeknél.	27
20. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei az első 5 percben a 3. napon.	27
21. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei az első 5 percben a 6. napon.	28
22. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei a második 5 percben a 3. napon.	29
23. ábra – Késleltetett fluoreszcencia lecsengésének értékei a második 5 percben a 6. napon.	29

10. Mellékletek

1. számú melléklet

Késleltetett fluoreszcencia első szakaszának (1-5perc) statisztikai elemzése kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel

1. nap

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	656.1422	131.2284	1007.249			109.2238	4	760.3967	190.0992	676.9473		
AA	5	994.7118	198.9424	2087.876			166.5616	4	898.9957	224.7489	6934.118		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	11462.94	1	11462.94	7.407093	0.026184	5.317655	Csoportok	2401.21	1	2401.21	0.630979	0.457255	5.987378
Csoporton belül	12380.5	8	1547.563				Csoporton	22833.19	6	3805.532			
Összesen	23843.44	9					Összesen	25234.41	7				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	994.7118	198.9424	2087.876			AA_sz	5	1065.557	213.1115	5877.741		
Arg	5	726.6281	145.3256	1713.254			AA_Arg_s	5	740.3723	148.0745	1363.607		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	7186.885	1	7186.885	3.781446	0.087722	5.317655	Csoportok	10574.53	1	10574.53	2.920597	0.125831	5.317655
Csoporton belül	15204.52	8	1900.565				Csoporton	28965.39	8	3620.674			
Összesen	22391.41	9					Összesen	39539.92	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	656.1422	131.2284	1007.249			kontroll	5	869.6205	173.9241	1815.876		
Arg	5	726.6281	145.3256	1713.254			AA_Arg_s	5	740.3723	148.0745	1363.607		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	496.8274	1	496.8274	0.365247	0.56235	5.317655	Csoportok	1670.509	1	1670.509	1.050805	0.335316	5.317655
Csoporton belül	10882.01	8	1360.252				Csoporton	12717.93	8	1589.742			
Összesen	11378.84	9					Összesen	14388.44	9				

3. nap

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	633.3107	126.6621	112.2605			kontroll	5	750.722	150.1444	259.7533		
AA	5	600.0501	120.01	235.1952			AA_s	5	750.722	150.1444	259.7533		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	110.6273	1	110.6273	0.636785	0.447915	5.317655	Csoportok	0	1	0	0	1	5.317655
Csoportor	1389.823	8	173.7278				Csoportor	2078.027	8	259.7533			
Összesen	1500.45	9					Összesen	2078.027	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							Egytényezős varianciaanalízis						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			ÖSSZESÍTÉS						
AA	5	600.0501	120.01	235.1952			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	5	1132.497	226.4994	648.0765			kontroll	5	750.722	150.1444	259.7533		
VARIANCIAANALÍZIS							AA_Arg_s	5	1068.959	213.7918	36.82794		
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	VARIANCIAANALÍZIS						
Csoportok	28349.98	1	28349.98	64.19311	4.32E-05	5.317655	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportor	3533.086	8	441.6358				Csoportok	10127.47	1	10127.47	68.29471	2.96958E-05	5.317655
Összesen	31883.06	9					Csoportor	1186.325	8	148.2906			
Egytényezős varianciaanalízis							Összesen	11313.79	9				
ÖSSZESÍTÉS							Egytényezős varianciaanalízis						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			ÖSSZESÍTÉS						
kontroll	5	633.3107	126.6621	112.2605			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	5	1132.497	226.4994	648.0765			AA_s	5	750.722	150.1444	259.7533		
VARIANCIAANALÍZIS							AA_Arg_s	5	1068.959	213.7918	36.82794		
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	VARIANCIAANALÍZIS						
Csoportok	24918.7	1	24918.7	65.54645	4.01E-05	5.317655	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportor	3041.348	8	380.1685				Csoportok	10127.47	1	10127.47	68.29471	3.45399E-05	5.317655
Összesen	27960.04	9					Csoportor	1186.325	8	148.2906			
Egytényezős varianciaanalízis							Összesen	11313.79	9				

6. nap

Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
kontroll	5	649.6927	129.9385	1260.963		kontroll	5	722.014	144.4028	6.661731			
AA	5	936.0533	187.2107	314.9117		AA_sz	5	789.3542	157.8708	82.92866			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	8200.241	1	8200.241	10.40723	0.012129	5.317655	Csoportok	453.4709	1	453.4709	10.1232	0.012964	5.317655
Csoportor	6303.498	8	787.9373				Csoportor	358.3616	8	44.79519			
Összesen	14503.74	9					Összesen	811.8325	9				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
AA	5	936.0533	187.2107	314.9117		AA_sz	5	789.3542	157.8708	82.92866			
Arg	5	1068.959	213.7918	36.82794		AA_Arg_s	5	846.9932	169.3986	297.7364			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	1766.387	1	1766.387	10.04372	0.013211	5.317655	Csoportok	332.2249	1	332.2249	1.745497	0.222979	5.317655
Csoportor	1406.958	8	175.8698				Csoportor	1522.66	8	190.3325			
Összesen	3173.346	9					Összesen	1854.885	9				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
kontroll	5	649.6927	129.9385	1260.963		kontroll	5	722.014	144.4028	6.661731			
Arg	5	1068.959	213.7918	36.82794		AA_Arg_s	5	846.9932	169.3986	297.7364			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	17578.41	1	17578.41	27.08974	0.000818	5.317655	Csoportok	1561.98	1	1561.98	10.26274	0.012545	5.317655
Csoportor	5191.163	8	648.8954				Csoportor	1217.593	8	152.1991			
Összesen	22769.57	9					Összesen	2779.573	9				

2. számú melléklet

Késleltetett fluoreszcencia első szakaszának (1-5 perc) statisztikai elemzése kezelésenként (ideális vízellátottság-szárazságstressz) egytényezős varianciaanalízissel

Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
kontroll	5 656.1422	131.2284	1007.249		kontroll	5 633.3107	126.6621	112.2605		kontroll	5 649.6927	129.9385	1260.963			
kontroll_s	5 869.6205	173.9241	1815.876		kontroll_s	5 750.722	150.1444	259.7533		kontroll_s	5 722.014	144.4028	6.661731			
VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.				Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	4557.299	1	4557.299	3.228549	0.110087	5.317655				Csoportok	523.0368	1	523.0368	0.825224	0.390202	5.317655
Csoportor	11292.5	8	1411.563							Csoportor	5070.499	8	633.8123			
Összesen	15849.8	9								Összesen	5593.535	9				
Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
AA	5 994.7118	198.9424	2087.876		AA	5 600.0501	120.01	235.1952		AA	5 936.0533	187.2107	314.9117			
AA_sz	5 1065.557	213.1115	5877.741		AA_sz	5 750.722	150.1444	259.7533		AA_sz	5 789.3542	157.8708	82.92866			
VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.				Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	501.9082	1	501.9082	0.126019	0.731773	5.317655				Csoportok	2152.062	1	2152.062	10.81872	0.011035	5.317655
Csoportor	31862.47	8	3982.809							Csoportor	1591.361	8	198.9202			
Összesen	32364.38	9								Összesen	3743.424	9				
Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis					Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS					ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok\arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
Arg	5 726.6281	145.3256	1713.254		Arg	5 1132.497	226.4994	648.0765		Arg	5 1068.959	213.7918	36.82794			
Arg_sz	5 740.3723	148.0745	1363.607		Arg_sz	5 1068.959	213.7918	36.82794		Arg_sz	5 846.9932	169.3986	297.7364			
VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS					VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.				Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	18.89016	1	18.89016	0.012279	0.914497	5.317655				Csoportok	4926.875	1	4926.875	29.45248	0.000626	5.317655
Csoportor	12307.45	8	1538.431							Csoportor	1338.257	8	167.2822			
Összesen	12326.34	9								Összesen	6265.132	9				

3. melléklet

Késleltetett fluoreszcencia második szakaszának (6-10 perc) statisztikai elemzése kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel

1. nap

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	6.933104	1.386621	0.406333			kontroll_s	5	10.59499	2.118998	0.847799		
AA	5	12.1644	2.432881	0.2682			AA_sz	5	9.668417	1.933683	0.2289		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	2.73665	1	2.73665	8.114198	0.021527	5.317655	Csoportok	0.085853	1	0.085853	0.159475	0.700089	5.317655
Csoportor	2.698135	8	0.337267				Csoportor	4.306794	8	0.538349			
Összesen	5.434785	9					Összesen	4.392648	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	12.1644	2.432881	0.2682			AA_sz	5	9.668417	1.933683	0.2289		
Arg	5	12.82628	2.565255	0.980603			Arg_sz	5	7.74025	1.54805	0.048062		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.043808	1	0.043808	0.070159	0.797802	5.317655	Csoportok	0.371783	1	0.371783	2.684727	0.139948	5.317655
Csoportor	4.995213	8	0.624402				Csoportor	1.107846	8	0.138481			
Összesen	5.039021	9					Összesen	1.479629	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	6.933104	1.386621	0.406333			kontroll_s	5	10.59499	2.118998	0.847799		
Arg	5	12.82628	2.565255	0.980603			Arg_sz	5	7.74025	1.54805	0.048062		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	3.472949	1	3.472949	5.008086	0.055609	5.317655	Csoportok	0.814953	1	0.814953	1.819375	0.214323	5.317655
Csoportor	5.547746	8	0.693468				Csoportor	3.583441	8	0.44793			
Összesen	9.020695	9					Összesen	4.398394	9				

3.nap

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	38.18332	7.636664	0.757755			kontroll_s	5	37.75263	7.550526	0.828642		
AA	5	35.8104	7.16208	0.082416			AA_sz	5	30.54845	6.10969	1.600526		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.563077	1	0.563077	1.340386	0.28036	5.317655	Csoportok	5.190022	1	5.190022	4.273088	0.07255	5.317655
Csoportor	3.360685	8	0.420086				Csoportor	9.716669	8	1.214584			
Összesen	3.923762	9					Összesen	14.90669	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	35.8104	7.16208	0.082416			AA_sz	5	30.54845	6.10969	1.600526		
Arg	5	38.27491	7.654983	0.205789			Arg_sz	5	33.45571	6.691141	4.245196		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.607384	1	0.607384	4.214945	0.074158	5.317655	Csoportok	0.845214	1	0.845214	0.289174	0.605383	5.317655
Csoportor	1.15282	8	0.144102				Csoportor	23.38289	8	2.922861			
Összesen	1.760204	9					Összesen	24.2281	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	38.18332	7.636664	0.757755			kontroll_s	5	37.75263	7.550526	0.828642		
Arg	5	38.27491	7.654983	0.205789			Arg_sz	5	33.45571	6.691141	4.245196		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.000839	1	0.000839	0.001741	0.967738	5.317655	Csoportok	1.846356	1	1.846356	0.727795	0.418407	5.317655
Csoportor	3.854176	8	0.481772				Csoportor	20.29535	8	2.536919			
Összesen	3.855015	9					Összesen	22.14171	9				

6. nap

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>			<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	5	42.07404	8.414809	0.047157			kontroll_s	5	32.37224	6.474447	2.058753		
AA	5	47.64677	9.529354	1.339463			AA_sz	5	37.01803	7.403606	0.321095		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>	<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	3.105527	1	3.105527	4.479278	0.067197	5.317655	Csoportok	2.158341	1	2.158341	1.813847	0.214954	5.317655
Csoportor	5.546478	8	0.69331				Csoportor	9.519394	8	1.189924			
Összesen	8.652005	9					Összesen	11.67774	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>			<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
AA	5	47.64677	9.529354	1.339463			AA_sz	5	37.01803	7.403606	0.321095		
Arg	5	47.71394	9.542789	0.196292			Arg_sz	5	61.51131	12.30226	3.608666		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>	<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	0.000451	1	0.000451	0.000588	0.981254	5.317655	Csoportok	59.99205	1	59.99205	30.53216	0.000557	5.317655
Csoportor	6.14302	8	0.767877				Csoportor	15.71904	8	1.964881			
Összesen	6.143471	9					Összesen	75.71109	9				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>			<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	5	42.07404	8.414809	0.047157			kontroll_s	5	32.37224	6.474447	2.058753		
Arg	5	47.71394	9.542789	0.196292			Arg_sz	5	61.51131	12.30226	3.608666		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>	<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	3.180848	1	3.180848	26.13151	0.000916	5.317655	Csoportok	84.90853	1	84.90853	29.96374	0.000592	5.317655
Csoportor	0.973797	8	0.121725				Csoportor	22.66968	8	2.83371			
Összesen	4.154645	9					Összesen	107.5782	9				

4. számú melléklet

Késleltetett fluoreszcencia első szakaszának (6-10 perc) statisztikai elemzése kezelésenként (ideális vízellátottság-szárazságstressz) egytényezős varianciaanalízissel

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	6.933104	1.386621	0.406333		
kontroll_s	5	10.59499	2.118998	0.847799		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	1.34094	1	1.34094	2.138435	0.181792	5.317655
Csoportor	5.016529	8	0.627066			
Összesen	6.357468	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	12.1644	2.432881	0.2682		
AA_sz	5	9.668417	1.933683	0.2289		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.622995	1	0.622995	2.506516	0.152034	5.317655
Csoportor	1.9884	8	0.24855			
Összesen	2.611395	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	5	12.82628	2.565255	0.980603		
Arg_sz	5	7.74025	1.54805	0.048062		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	2.586767	1	2.586767	5.029368	0.055199	5.317655
Csoportor	4.114659	8	0.514332			
Összesen	6.701425	9				

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	38.18332	7.636664	0.757755		
kontroll sz	5	37.75263	7.550526	0.828642		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.01855	1	0.01855	0.023386	0.882245	5.317655
Csoportor	6.345588	8	0.793198			
Összesen	6.364137	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	35.8104	7.16208	0.082416		
AA sz	5	30.54845	6.10969	1.600526		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	2.76881	1	2.76881	3.290441	0.107239	5.317655
Csoportor	6.731767	8	0.841471			
Összesen	9.500577	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	5	38.27491	7.654983	0.205789		
Arg sz	5	33.45571	6.691141	4.245196		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	2.322477	1	2.322477	1.043579	0.336886	5.317655
Csoportor	17.80394	8	2.225492			
Összesen	20.12642	9				

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	5	42.07404	8.414809	0.047157		
kontroll sz	5	32.37224	6.474447	2.058753		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	9.412503	1	9.412503	8.939131	0.017338	5.317655
Csoportor	8.423641	8	1.052955			
Összesen	17.83614	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	5	47.64677	9.529354	1.339463		
AA sz	5	37.01803	7.403606	0.321095		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	11.297	1	11.297	13.60628	0.006142	5.317655
Csoportor	6.642232	8	0.830279			
Összesen	17.93924	9				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Árabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	5	47.71394	9.542789	0.196292		
Arg sz	5	61.51131	12.30226	3.608666		
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	19.03672	1	19.03672	10.00627	0.013329	5.317655
Csoportor	15.21983	8	1.902479			
Összesen	34.25655	9				

5. számú melléklet

Szárazanyag tartalom változásának statisztikai elemzése az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel

Egytényezős varianciaanalízis							KONTROLL_SZ						
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
3 nap	18	2.532678	0.140704	2.59E-05			3 nap	3	0.402902	0.134301	3.03E-06		
6 nap	18	2.601145	0.144508	0.000384			6 nap	3	0.49343	0.164477	4.28E-06		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.00013	1	0.00013	0.634548	0.43122	4.130018	Csoportok	0.001366	1	0.001366	373.8691	4.22E-05	7.708647
Csoportor	0.006977	34	0.000205				Csoportor	1.46E-05	4	3.65E-06			
Összesen	0.007107	35					Összesen	0.00138	5				
KONTROLL							AA_SZ						
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
3 nap	3	0.427495	0.142498	1.08E-06			3 nap	3	0.402133	0.134044	2.54E-06		
6 nap	3	0.392404	0.130801	1.64E-07			6 nap	3	0.529672	0.176557	2.36E-06		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.000205	1	0.000205	331.1686	5.36E-05	7.708647	Csoportok	0.002711	1	0.002711	1106.235	4.87E-06	7.708647
Csoportor	2.48E-06	4	6.2E-07				Csoportor	9.8E-06	4	2.45E-06			
Összesen	0.000208	5					Összesen	0.002721	5				
AA							ARG_SZ						
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
3 nap	3	0.428937	0.142979	3.2E-07			3 nap	3	0.429903	0.143301	1.02E-06		
6 nap	3	0.396904	0.132301	5.12E-07			6 nap	3	0.411988	0.137329	1.12E-06		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.000171	1	0.000171	410.8415	3.5E-05	7.708647	Csoportok	5.35E-05	1	5.35E-05	50.08798	0.002104	7.708647
Csoportor	1.67E-06	4	4.16E-07				Csoportor	4.27E-06	4	1.07E-06			
Összesen	0.000173	5					Összesen	5.78E-05	5				
ARG													
Egytényezős varianciaanalízis													
ÖSSZESÍTÉS													
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia									
3 nap	3	0.402133	0.134044	2.54E-06									
6 nap	3	0.529672	0.176557	2.36E-06									
VARIANCIAANALÍZIS													
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.							
Csoportok	0.002711	1	0.002711	1106.235	4.87E-06	7.708647							
Csoportor	9.8E-06	4	2.45E-06										
Összesen	0.002721	5											

6. számú melléklet

Szárazanyag tartalom változásának statisztikai elemzése szárazságstressz hatására egytényezős varianciaanalízissel

Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
Kontroll	3	0.427495	0.142498	1.08E-06		Kontroll	3	0.392404	0.130801	1.64E-07			
Kontroll+S	3	0.402902	0.134301	3.03E-06		Kontroll+Sz	3	0.49343	0.164477	4.28E-06			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.000101	1	0.000101	49.10543	0.002183	7.708647	Csoportok között	0.001701	1	0.001701	766.1024	1.01E-05	7.708647
Csoporton	8.21E-06	4	2.05E-06				Csoporton belül	8.88E-06	4	2.22E-06			
Összesen	0.000109	5					Összesen	0.00171	5				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
AA	3	0.428937	0.142979	3.2E-07		AA	3	0.396904	0.132301	5.12E-07			
AA+Sz	3	0.402133	0.134044	2.54E-06		AA+Sz	3	0.529672	0.176557	2.36E-06			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.00012	1	0.00012	83.60912	0.000794	7.708647	Csoportok között	0.002938	1	0.002938	2047.594	1.43E-06	7.708647
Csoporton	5.73E-06	4	1.43E-06				Csoporton belül	5.74E-06	4	1.43E-06			
Összesen	0.000125	5					Összesen	0.002944	5				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
Arg	3	0.441308	0.147103	4.11E-07		Arg	3	0.376748	0.125583	7.89E-07			
Arg+Sz	3	0.429903	0.143301	1.02E-06		Arg+Sz	3	0.411988	0.137329	1.12E-06			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	2.17E-05	1	2.17E-05	30.321	0.005306	7.708647	Csoportok között	0.000207	1	0.000207	217.2483	0.000123	7.708647
Csoporton	2.86E-06	4	7.15E-07				Csoporton belül	3.81E-06	4	9.53E-07			
Összesen	2.45E-05	5					Összesen	0.000211	5				

7. számú melléklet

Szárazanyag tartalom változásának statisztikai elemzése hőstressz állapotában az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel

Egytényezős varianciaanalízis					
ÖSSZESÍTÉS					
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia	
ideális hő	36	5.133823	0.142606	0.000203	
Hőstressz	36	5.761019	0.160028	0.001926	
VARIANCIAANALÍZIS					
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték
Csoportok	0.005464	1	0.005464	5.131216	0.026596
Csoporton	0.074533	70	0.001065		
Összesen	0.079997	71			

8. számú melléklet

A növénymagasság változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	10	220.9098	22.09098	2.552602			Kontroll+S	10	177.6998	17.76998	1.888595		
AA	10	203.0465	20.30465	2.05891			AA+Sz	10	198.8883	19.88883	0.215915		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	15.95472	1	15.95472	6.919518	0.016974	4.413873	Csoportok	22.44778	1	22.44778	21.33302	0.000213	4.413873
Csoportor	41.50361	18	2.305756				Csoportor	18.94059	18	1.052255			
Összesen	57.45833	19					Összesen	41.38837	19				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	10	203.0465	20.30465	2.05891			AA+Sz	10	198.8883	19.88883	0.215915		
Arg	10	215.1101	21.51101	3.320666			Arg+Sz	10	191.0048	19.10048	1.01026		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	7.276488	1	7.276488	2.705227	0.11737	4.413873	Csoportok	3.107535	1	3.107535	5.068665	0.037093	4.413873
Csoportor	48.41619	18	2.689788				Csoportor	11.03558	18	0.613088			
Összesen	55.69267	19					Összesen	14.14311	19				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	10	220.9098	22.09098	2.552602			Kontroll+S	10	177.6998	17.76998	1.888595		
Arg	10	215.1101	21.51101	3.320666			Arg+Sz	10	191.0048	19.10048	1.01026		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	1.681793	1	1.681793	0.572694	0.458982	4.413873	Csoportok	8.851151	1	8.851151	6.106652	0.023684	4.413873
Csoportor	52.85941	18	2.936634				Csoportor	26.0897	18	1.449428			
Összesen	54.5412	19					Összesen	34.94085	19				

9. melléklet

A növénymagasság változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Iszabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Kontroll	10	220.90976	22.09098	2.552602		
Kontroll+Sz	10	177.69976	17.76998	1.888595		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok k	93.35521	1	93.35521	42.04056	4.25E-06	4.413873
Csoporton b	39.97077	18	2.220599			
Összesen	133.326	19				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Iszabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
AA	10	203.04655	20.30465	2.05891		
AA+Sz	10	198.88833	19.88883	0.215915		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok k	0.864537	1	0.864537	0.760091	0.39478	4.413873
Csoporton b	20.47343	18	1.137413			
Összesen	21.33796	19				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Iszabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Arg	10	215.11012	21.51101	3.320666		
Arg+Sz	10	191.00476	19.10048	1.01026		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok k	29.05341	1	29.05341	13.41672	0.00178	4.413873
Csoporton b	38.97833	18	2.165463			
Összesen	68.03175	19				

10. számú melléklet

A növénymagasság változásának statisztikai elemzése hőstressz körülményei között egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	10	216.9827	21.69827	3.92291			Kontroll+S	10	180.1896	18.01896	1.401384		
AA	10	203.6489	20.36489	0.730417			AA+Sz	10	193.6152	19.36152	0.877768		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	8.889509	1	8.889509	3.820711	0.066335	4.413873	Csoportok	9.012421	1	9.012421	7.908574	0.011531	4.413873
Csoportor	41.87994	18	2.326664				Csoportor	20.51237	18	1.139576			
Összesen	50.76945	19					Összesen	29.52479	19				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	10	203.6489	20.36489	0.730417			AA+Sz	10	193.6152	19.36152	0.877768		
Arg	10	219.9956	21.99956	1.667673			Arg+Sz	10	183.8238	18.38238	0.623438		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	13.36079	1	13.36079	11.14286	0.00366	4.413873	Csoportok	4.793599	1	4.793599	6.386333	0.021083	4.413873
Csoportor	21.58281	18	1.199045				Csoportor	13.51085	18	0.750603			
Összesen	34.94359	19					Összesen	18.30445	19				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	10	216.9827	21.69827	3.92291			Kontroll+S	10	180.1896	18.01896	1.401384		
Arg	10	219.9956	21.99956	1.667673			Arg+Sz	10	183.8238	18.38238	0.623438		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.453889	1	0.453889	0.162376	0.691724	4.413873	Csoportok	0.660385	1	0.660385	0.652289	0.42984	4.413873
Csoportor	50.31525	18	2.795292				Csoportor	18.2234	18	1.012411			
Összesen	50.76914	19					Összesen	18.88378	19				

11. melléklet

A növénymagasság változásának statisztikai elemzése hőstressz körülményei között egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Varabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
Kontroll	10	216.9827	21.69827	3.92291			
Kontroll+Sz	10	180.18957	18.01896	1.401384			
VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	
Csoportok k	67.68671	1	67.68671	25.42561	8.47E-05	4.413873	
Csoporton b	47.91865	18	2.662147				
Összesen	115.6054	19					
Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Varabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
AA	10	203.6489	20.36489	0.730417			
AA+Sz	10	193.61523	19.36152	0.877768			
VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	
Csoportok k	5.033723	1	5.033723	6.260132	0.022214	4.413873	
Csoporton b	14.47366	18	0.804092				
Összesen	19.50738	19					
Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Varabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
Arg	10	219.99563	21.99956	1.667673			
Arg+Sz	10	183.82381	18.38238	0.623438			
VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	
Csoportok k	65.42005	1	65.42005	57.10772	5.46E-07	4.413873	
Csoporton b	20.62	18	1.145555				
Összesen	86.04004	19					

12. számú melléklet

A lipioxidáció változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	6	92.04301	15.3405	4.341157			Kontroll+S	6	99.78495	16.63082	4.119166		
AA	6	113.5484	18.92473	0.517979			AA+Sz	6	86.88172	14.48029	2.269241		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	38.5401	1	38.5401	15.86294	0.002589	4.964603	Csoportok	13.87444	1	13.87444	4.343629	0.063754	4.964603
Csoportor	24.29568	10	2.429568				Csoportor	31.94204	10	3.194204			
Összesen	62.83578	11					Összesen	45.81647	11				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	6	113.5484	18.92473	0.517979			AA+Sz	6	86.88172	14.48029	2.269241		
Arg	6	127.3118	21.21864	17.73461			Arg+Sz	6	120	20	9.675107		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	15.78603	1	15.78603	1.72973	0.217803	4.964603	Csoportok	91.4017	1	91.4017	15.30459	0.002903	4.964603
Csoportor	91.26296	10	9.126296				Csoportor	59.72174	10	5.972174			
Összesen	107.049	11					Összesen	151.1234	11				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	6	92.04301	15.3405	4.341157			Kontroll+S	6	99.78495	16.63082	4.119166		
Arg	6	127.3118	21.21864	17.73461			Arg+Sz	6	120	20	9.675107		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	103.6575	1	103.6575	9.391061	0.011953	4.964603	Csoportok	34.05403	1	34.05403	4.937416	0.05052	4.964603
Csoportor	110.3788	10	11.03788				Csoportor	68.97136	10	6.897136			
Összesen	214.0363	11					Összesen	103.0254	11				

13. számú melléklet

A lipidoxidáció változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
AA	6	113.5484	18.92473	0.517979		
AA+Sz	6	86.88172	14.48029	2.269241		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	59.25926	1	59.25926	42.52212	6.72E-05	4.964603
Csoportor	13.9361	10	1.39361			
Összesen	73.19536	11				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Arg	6	127.3118	21.21864	17.73461		
Arg+Sz	6	120	20	9.675107		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	4.455236	1	4.455236	0.325084	0.581151	4.964603
Csoportor	137.0486	10	13.70486			
Összesen	141.5038	11				

14. számú melléklet

A lipioxidáció változásának statisztikai elemzése hőstressz állapotában az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	6	141.0753	23.51254	1.011292			AA+Sz	6	217.6344	36.2724	5.451112		
Kontroll+S	6	217.2043	36.20072	28.81566			Arg+Sz	6	157.4194	26.23656	18.49925		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	482.9691	1	482.9691	32.38474	0.000201	4.964603	Csoportok	302.1544	1	302.1544	25.23172	0.000519	4.964603
Csoportor	149.1348	10	14.91348				Csoportor	119.7518	10	11.97518			
Összesen	632.1039	11					Összesen	421.9062	11				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	6	150.1705	25.02842	6.951918			Kontroll+S	6	217.2043	36.20072	28.81566		
Arg	6	141.0753	23.51254	1.011292			Arg+Sz	6	157.4194	26.23656	18.49925		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	6.89366	1	6.89366	1.731377	0.217601	4.964603	Csoportok	297.8533	1	297.8533	12.59025	0.005283	4.964603
Csoportor	39.81605	10	3.981605				Csoportor	236.5746	10	23.65746			
Összesen	46.70971	11					Összesen	534.4279	11				

15. számú melléklet

A lipidoxidáció változásának statisztikai elemzése hőstressz állapotában kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
AA	6	134.1935	22.36559	3.477859		
AA+Sz	6	217.6344	36.2724	5.451112		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	580.1981	1	580.1981	129.9586	4.73E-07	4.964603
Csoportor	44.64485	10	4.464485			
Összesen	624.8429	11				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Arg	6	141.0753	23.51254	1.011292		
Arg+Sz	6	157.4194	26.23656	18.49925		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	22.26076	1	22.26076	2.281922	0.161824	4.964603
Csoportor	97.5527	10	9.75527			
Összesen	119.8135	11				

16. számú melléklet

Az antioxidáns kapacitás változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
kontroll	3	11.95456	3.984854	0.000244		kontroll + száraz	3	17.60728	5.869095	0.006584			
AA	3	13.90191	4.63397	0.000975		AA + száraz	3	13.87486	4.624955	0.005121			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.632028	1	0.632028	1036.8	5.55E-06	7.708647	Csoportok között	2.321826	1	2.321826	396.75	3.75E-05	7.708647
Csoporton	0.002438	4	0.00061				Csoporton belül	0.023408	4	0.005852			
Összesen	0.634467	5					Összesen	2.345235	5				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
AA	3	13.90191	4.63397	0.000975		AA + száraz	3	13.87486	4.624955	0.005121			
Arg	3	21.69131	7.230436	0.000244		Arg + száraz	3	5.165885	1.721962	0.042672			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	10.11245	1	10.11245	16588.8	2.18E-08	7.708647	Csoportok között	12.64105	1	12.64105	529	2.12E-05	7.708647
Csoporton	0.002438	4	0.00061				Csoporton belül	0.095585	4	0.023896			
Összesen	10.11489	5					Összesen	12.73664	5				
Egytényezős varianciaanalízis						Egytényezős varianciaanalízis							
ÖSSZESÍTÉS						ÖSSZESÍTÉS							
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			
kontroll	3	11.95456	3.984854	0.000244		kontroll + száraz	3	17.60728	5.869095	0.006584			
Arg	3	21.69131	7.230436	0.000244		Arg + száraz	3	5.165885	1.721962	0.042672			
VARIANCIAANALÍZIS						VARIANCIAANALÍZIS							
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	15.80071	1	15.80071	64800	1.43E-09	7.708647	Csoportok között	25.79807	1	25.79807	1047.525	5.43E-06	7.708647
Csoporton	0.000975	4	0.000244				Csoporton belül	0.098511	4	0.024628			
Összesen	15.80168	5					Összesen	25.89658	5				

17. számú melléklet

Az antioxidáns kapacitás változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	3	11.95456	3.984854	0.000244		
kontroll +	3	17.60728	5.869095	0.006584		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	5.325546	1	5.325546	1560.036	2.45E-06	7.708647
Csoportor	0.013655	4	0.003414			
Összesen	5.339201	5				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	3	13.90191	4.63397	0.000975		
AA + szára	3	13.87486	4.624955	0.005121		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.000122	1	0.000122	0.04	0.851237	7.708647
Csoportor	0.012192	4	0.003048			
Összesen	0.012314	5				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Arg	3	21.69131	7.230436	0.000244		
Arg + szára	3	5.165885	1.721962	0.042672		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	45.51494	1	45.51494	2121.142	1.33E-06	7.708647
Csoportor	0.085831	4	0.021458			
Összesen	45.60077	5				

18. számú melléklet

Az antioxidáns kapacitás változásának statisztikai elemzése hőstressz állapotában az idő függvényében egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	3	29.9405	9.980166	0.189462			kontroll +	3	46.35774	15.45258	0.041209		
AA	3	29.85936	9.953119	0.002926			AA + szára	3	52.74071	17.58024	0.553756		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	0.001097	1	0.001097	0.011407	0.920088	7.708647	Csoportok	6.790403	1	6.790403	22.82623	0.00879	7.708647
Csoportor	0.384776	4	0.096194				Csoportor	1.18993	4	0.297482			
Összesen	0.385874	5					Összesen	7.980333	5				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
AA	3	29.85936	9.953119	0.002926			AA + szára	3	52.74071	17.58024	0.553756		
Arg	3	35.18752	11.72917	0.308211			Arg + szára	3	60.53011	20.1767	0.075346		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	4.731556	1	4.731556	30.41458	0.005276	7.708647	Csoportok	10.11245	1	10.11245	32.14884	0.004772	7.708647
Csoportor	0.622275	4	0.155569				Csoportor	1.258205	4	0.314551			
Összesen	5.353831	5					Összesen	11.37066	5				
Egytényezős varianciaanalízis							Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS							ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia			Csoportok	Arabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	3	29.9405	9.980166	0.189462			kontroll +	3	46.35774	15.45258	0.041209		
Arg	3	35.18752	11.72917	0.308211			Arg + szára	3	60.53011	20.1767	0.075346		
VARIANCIAANALÍZIS							VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.	Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	4.588545	1	4.588545	18.43998	0.012704	7.708647	Csoportok	33.47604	1	33.47604	574.4268	1.8E-05	7.708647
Csoportor	0.995347	4	0.248837				Csoportor	0.233109	4	0.058277			
Összesen	5.583892	5					Összesen	33.70915	5				

19. számú melléklet

Az antioxidáns kapacitás változásának statisztikai elemzése ideális hőmérsékleten kezeléspáronként egytényezős varianciaanalízissel az utolsó kísérleti időpontban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	3	29.9405	9.980166	0.189462		
kontroll +	3	46.35774	15.45258	0.041209		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	44.92095	1	44.92095	389.481	3.89E-05	7.708647
Csoportor	0.461342	4	0.115335			
Összesen	45.38229	5				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
AA	3	29.85936	9.953119	0.002926		
AA + szára	3	52.74071	17.58024	0.553756		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	87.25941	1	87.25941	313.498	5.98E-05	7.708647
Csoportor	1.113365	4	0.278341			
Összesen	88.37277	5				
Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Arabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Arg	3	35.18752	11.72917	0.308211		
Arg + szára	3	60.53011	20.1767	0.075346		
VARIANCIAANALÍZIS						
<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok	107.0411	1	107.0411	558.1494	1.9E-05	7.708647
Csoportor	0.767115	4	0.191779			
Összesen	107.8083	5				

11. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Gróf Alexandra
A Hallgató Neptun kódja: AQHX1W
A dolgozat címe: Aszkorbinsav és arginin hatása búza csíranövények fejlődésére hő- és szárazságstressz hatása alatt
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agronómiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² 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 záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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

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

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

Kelt: 2024 év 10 hó 31 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

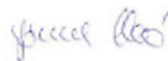
NYILATKOZAT

Gróf Alexandra (hallgató Neptun azonosítója: AQHX1W) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

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

Kelt: 2024 év október hó 31 nap



Dr. Jócsák Ildikó
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

Gróf Alexandra (hallgató Neptun azonosítója: AQHX1W) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

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

Kelt: 2024 év október hó 31 nap



Dr. Somfalvi-Tóth Katalin
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.