

SZAKDOLGOZAT

Frauholcz Bettina Blanka

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnöki alapképzési szak

**Gyom- kultúrnövény közötti versengés értékelése
konvencionális és innovatív eljárások segítségével**

Belső konzulens: Pacseszákné Dr. Kazinczi
Gabriella Márta
egyetemi tanár

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Növényvédelmi Intézet
/ Növényvédelmi Tanszék

Belső konzulens: Dr. Jócsák Ildikó
egyetemi adjunktus

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

Készítette: **Frauholcz Bettina Blanka**

Kaposvár

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
1.1. Célkitűzés	2
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. Az őszi káposztarepce bemutatása.....	3
2.1.1. Az őszi káposztarepce taxonómiája, jelentősége és morfológiája.....	3
2.1.2. Az őszi káposztarepce éghajlat- és talajigénye.....	5
2.1.3. Az őszi káposztarepce termesztéstechnológiája, tápanyagutánpótlása	5
2.1.4. Az őszi káposztarepce gyomflórája, gyomirtása, illetve a kritikus fejlődési periódusok.....	6
2.2. Az ürömlevelű parlagfű bemutatása.....	8
2.2.1. Az ürömlevelű parlagfű taxonómiája és származása.....	8
2.2.2. Az ürömlevelű parlagfű által fertőzött területek.....	9
2.2.3. Az ürömlevelű parlagfű jelentősége és kártétele.....	9
2.2.4. Az ürömlevelű parlagfű ökológiája és biológiája.....	11
2.3. Gyom és kultúrnövény közötti kompetíció.....	12
2.3.1. A kompetíció fogalma és befolyásoló tényezői.....	12
2.3.2. Kompetíció a fényért	12
2.3.3. Kompetíció a vízért	13
2.3.4. Kompetíció a tápanyagokért.....	14
2.4. A biofoton emisszió formái a növényekben és alkalmazásai a növénytudományokban	14
3. Saját vizsgálatok	16
3.1. Anyag és módszer	16
3.1.1. Növénynevelés	16
3.1.2. Növénymagasság mérés	17
3.1.3. Friss hajtástömeg mérés	17
3.1.4. Relatív klorofill tartalom (SPAD) becslés.....	17
3.1.5. Normalizált vegetációs index (NDVI) mérés	18
3.1.6. Vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás mérés.....	19
3.1.7. Biofoton emisszió mérés	20
3.1.8. Statisztikai elemzés	20
3.2. Eredmények	21
3.2.1. Növénymagasság mérés eredményei.....	21
3.2.2. Friss hajtástömeg mérés eredményei.....	23
3.2.3. Relatív klorofilltartalom becslés (SPAD) eredményei	24
3.2.4. Normalizált vegetációs index (NDVI) mérés eredményei.....	25
3.2.5. Vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás (FRAP) mérés eredményei. 28	
3.2.6. Biofoton emisszió mérés eredményei.....	28

3.3. Következtetések és javaslatok	38
4. Összefoglalás	41
5. Köszönetnyilvánítás.....	43
6. Irodalomjegyzék	44
6.1. Ábrák és táblázatok jegyzéke	51
7. Mellékletek	53

1. Bevezetés

A növénytermesztésben termés kieséseket okozó tényezők közül a gyomok károsítása is igen nagymértékű lehet. Annak érdekében, hogy a kultúrnövények termesztése magas terméseredmények mellett sikeres legyen, nagyon fontos ismerni az adott kultúra helyes termesztés-technológiájának elemeit, tápanyagutánpótlását, biológiáját, valamint károsítóit. A gyomnövények károsíthatják a haszonnövényt, mialatt versengést folytatnak a vízárt, tápanyagokért, helyért, illetve fényért. A kultúrnövény fejlődésének elősegítése érdekében, illetve a magas terméshozamok reményében ismerni kell annak kritikus kompetíciós periódusát, tehát mikor gyommentességet szükséges biztosítani a számára. Ezen felül segítséget nyújthat a gyomok elleni védekezés stratégiájának kialakításában, ha ismerjük a gyomok kompetíciós hatásait az adott kultúrában.

Napjaink problémakörébe tartozik a túlnépesedés, illetve a klímaváltozás. Hogy a mezőgazdasági termelés mind a két aspektus tekintetében meg tudjon felelni a változó elvárásoknak, ismernünk kell az új kihívásokat, amelyek gátolják a növénytermesztés sikerességét. Szakdolgozatom témája az őszi káposztarepce és az ürömlevelű parlagfű közötti korai versengés értékelése. Ismeretes, hogy a parlagfű nem a legjelentősebb gyomnövénye a repcének, hiszen T₄-es életformaként egyébként is elfagy télen, bár napjaink enyhe téli időjárása ezt megkérdőjelezhetővé teszi. Az utóbbi években a nyarak átlaghőmérséklete igencsak megemelkedett, a meleg sokszor ősszel is egészen sokáig kitart. Ha megfelelő mennyiségű csapadék is hullik, a nyárutói egyévesek, mint amilyen a parlagfű is, tömegesen jelenhetnek meg a kultúrában. Ezáltal kompetíciós partnerre válhatnak a fiatal repcenövény számára, ezen érzékeny időszakában, mikor a gyomelnyomó képessége még nagyon fejletlen. A korai erős versengésből adódó termésveszteség pedig nem elkerülhető. Az ürömlevelű parlagfű egy nagyon fontos inváziós gyomnövény hazánkban, borítottsága a szántóföldeken mintegy 4,9%-ot tett ki a VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés (2018-2019) idején, fontossági sorrend szerinti besorolása 1-es a IV. alkalom óta töretlenül (Novák és munkatársai, 2020). Erősen allergén hatása a humánegészségügyben okoz számos kellemetlenséget. Az őszi káposztarepce jelentőségéről bővebben tesztek említést a 2.1.1. fejezetben, viszont előljáróban szeretném megjegyezni, hogy igen fontos ipari növényünk volt, amely mára már az élelmezésben is kardinális szerepet tölt be, köszönhetően a 00-as fajták kinemesítésének. Mindezek mellett biodízelként, megújuló energiaforrásként a környezetvédelem jegyében is meghatározó.

Ezen tényezők ismeretében úgy gondolom, hogy a repcét még hosszú évtizedeken át termesztetni fogják sokoldalú felhasználhatósága miatt. Így fontosnak és hasznosnak tartom e

két jelentősegteljes növényfaj közötti korai kompetíció vizsgálatát az előbb említett új klimatikus körülmények és a parlagfű nagyfokú elterjedtségének fényében.

1.1. Célkitűzés

Szakdolgozatom célkitűzése, hogy konvencionális- és innovatív eljárások segítségével vizsgáljuk az ürömlevelű parlagfű és az őszi káposztarepce közötti korai versengést. Célunk, hogy eredményeket kapjunk arról, hogy milyen hatással van az erős parlagfű kompetíció a repce korai növekedésére, fenotípusos tulajdonságaira, a védekezőképességét jellemző antioxidáns kapacitására, illetve a fotoszintetikus rendszerére. Mindezen célokat klasszikus, analitikai módszerekkel, valamint a herbológia területén még nem alkalmazott nem-invazív képalkotó eljárás, a biofoton emisszió alapuló képalkotás segítségével végezzük annak érdekében, hogy felderítsük ezen faj esetében a parlagfű kompetíció következményeit az első valódileveles fejlettségi stádiumtól a rozettás állapot eléréséig.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az őszi káposztarepce bemutatása

2.1.1. Az őszi káposztarepce taxonómiája, jelentősége és morfológiája

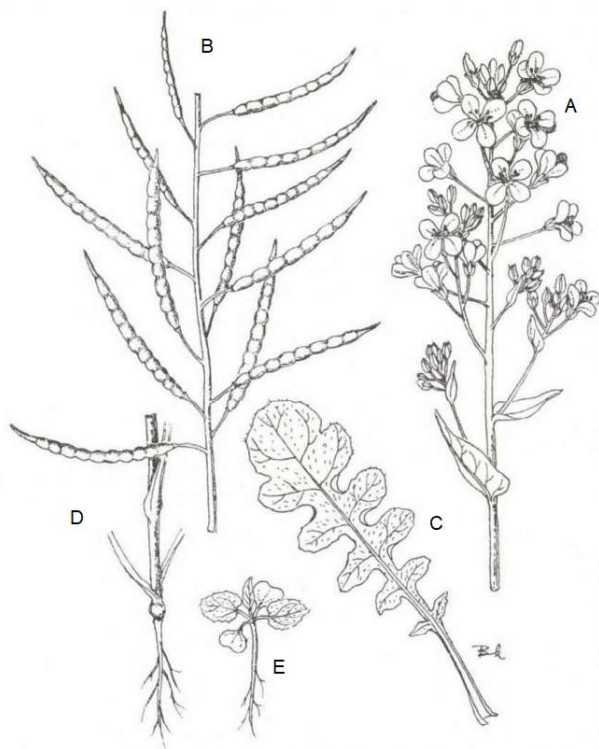
Az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L. ssp. *napus* MSF) a keresztesvirágúak (*Brassicaceae*) családjába és a *Brassica* nemzetségbe tartozik. Két formája ismert, az őszi káposztarepce (forma *biennis*), illetve a tavaszi káposztarepce (forma *annua*). Hazánkban az előbbi jelentősebb, utóbbi túl igényes és termése sem kielégítő, viszont csapadékos időben zöldtrágyanövényként esetleg zöldtakarmánynövényként felhasználható (Radics, 2007). A *Brassica* nemzetségbe az őszi káposztarepcén kívül más fontos kultúrnövényeink is tartoznak. Nem csak olajnövények, hanem fűszernövényként (feketemustárfélék), illetve takarmánynövényként (réparepce, tarló- és karórépa) hasznosítható fajok is (Radics, 2012).

A repce a világ harmadik legjelentősebb olajos növénye az olajpálmát és a szóját követően (Kirkegaard és mtsai., 2016). Európa legfontosabb olajforrása. Vetésterülete hazai viszonylatban a napraforgót még nem előzi meg, Európában viszont már igen. Leginkább a biodízel és étolajgyártásban jelentős (Gu és mtsai., 2017). Az őszi káposztarepce felhasználásának köre igen tág. Elsősorban ipari növényként tartják számon, viszont a 00-ás fajták megjelenése óta (melyekben az erukasav szintjének egészségre nem káros mértékűvé való csökkentése megtörtént), szabadon felhasználják humán élelmiszerként is, mint étolaj és margarin (Keszthelyi és Kazinczi, 2014). Emellett az olajgyártás melléktermékei értékes takarmányt jelentenek, illetve termesztése jól gépesíthető (Radics, 2007). Felhasználási listájára írható még, hogy nyersanyagként alkalmazzák a festék és szappangyártásban, segédanyagként a műanyag, textil, bőr, és gumiiparban. Napjainkban a fenntarthatóság jegyében keresik a megoldásokat az alternatív energiaforrások kiaknázására. Mint korábban is említésre került, erre jó lehetőséget szolgáltat a repce, mint biodízel, hisz sajtolt olaja megújuló energiaforrás (Keszthelyi és Kazinczi, 2014).

Az elmúlt évtizedekben világszerte, más kultúrákhoz nem hasonlatos módon nőtt termesztésének jelentősége, ebből kifolyólag vetésterülete is (Radics, 2007; Keszthelyi és Kazinczi, 2014). Régebben extenzív termesztéstechnológia jellemezte, mára már az egyik legintenzívebb szántóföldi kultúránkká lett. Biztonságos termesztéséhez szükséges a gyomirtás, a kórokozók elleni védelem gyakorlása ősszel és tavasszal, az akár három-négy alkalommal történő inszekticides permetezés, megismételt növekedésgátlószeres kezelések, megosztott tavaszi fejtrágyázások és a vegetáció végi becőragasztás, állományszárítás. E növényvédelmi

kezelések száma átlépheti a tízet, szépen reprezentálva a kultúra intenzív mivoltát (Keszthelyi és Kazinczi, 2014).

Morfológiáját tekintve fejlett karógyökérrel rendelkezik, mely talajtípustól függően 1,5-2 m mélyre is képes lehatolni. Szára csupasz, viaszos tapintású elágazó dudvás szár, amely lehet elliptikus vagy hengeres alakú, színét tekintve hamvas- vagy kékeszöld árnyalatú. Átlagosan 120-150 cm hosszú, átmérője 1-2 cm között változik. Levelei simák, a szárhoz hasonló színűek, nyelesek, szárnyasan szabdaltak, osztatlanok. A felső levelek a szárat félig átölelik. Laza fürtvirágzattal rendelkezik, melynek színe kénsárga vagy citromsárga. Virágzási ideje átlagosan 8-10 nap. Beporzást általában inkább a rovarok, főleg a házi méhek végzik, de az öntermékenyülés sem szokatlan. Sok magvú becőterméssel rendelkezik melynek hosszúsága 3-8 cm között alakul. A becők túlérésben a varratok mentén fizikai behatás nélkül is felnyílnak, a magvak elperegnek. A becőben lévő magvak száma körülbelül 8-30 darabig terjed, ezermagtömegük 4-7 g, olajtartalmuk 40-50%. A magok színe kékes, barnásfekete, szürkésfekete és fekete lehet, alakjuk gömbölyded. (Radics, 2007; Radics és Pusztai, 2011). Az 1. ábra a repce morfológiáját mutatja be.



1. ábra

a) virágos hajtás, b) terméshajtás, c) tőlevél, d) tő, e) csíranövény

A repce morfológiája

(Forrás: Radics, 2007)

2.1.2. Az őszi káposztarepce éghajlat- és talajigénye

Éghajlatára igényes, hazánkban főleg a Dunántúlon és a csapadékosabb régiókban termesztendő eredményesen. Hűvösebb vagy mérsékelt meleg, jelentősebb fagyoktól mentes kellő csapadékkal ellátott, párás, nedves klímát részesíti előnyben. Fejlődésének kezdetén a csíra megduzzadásához, illetve a keléshez fontos a nyirkos talajállapot (Radics és Pusztai 2011). Emellett ebben az időszakban, tehát a vetés és kelés idején vízigénye fokozottabb (Csajbók, 2012). A kívánt 8-10 leveles tölevélrózsa állapot eléréséhez szeptemberben és októberben az átlaghőmérsékletnek meg kell haladnia a +2 °C-ot. Tavaszi fejlődésének megindulásához pedig az átlaghőmérsékletnek el kell érnie a +5 °C-ot (Radics, 2012). Csapadéki igényes növény, vízigénye 580-700 mm között alakul, viszont a vízstresszre kevésbé érzékeny, mint a szélsőséges hőmérsékletre. A hőstressz az olajtartalmának akár 50%-os csökkenését okozhatja. Kritikus a május elejétől június végéig tartó olajkitelítődési időszak, mikor nagy szüksége van az ideális hőellátásra, illetve a mérsékelt száraz időjárásra. Virágzáskor érzékenyebb a levegő páratartalmára, a pollen megkötődésének időszakában magasabb relatív páratartalmat igényel (Radics és Pusztai 2011). Fontos a megfelelő nedvességtartalom májusban az oldalhajtás, júniusban a magszám és ezermagtömeg képződése miatt. A vegetáció alatt teljes kifejlődéséhez 1700-2500°C-os effektív hőösszeg szükséges, ha 2°C-os küszöbértékkel számolunk (Csajbók, 2012).

Talajigényét tekintve a középkötött, annál kicsit lazább talajok felelnek meg a számára. A kötöttebbek, mint réti agyag- és öntéstalajok nem előnyösek, mivel tavasszal a talajvíz, csapadékban szegényebb körülmények között pedig a szárazság negatív termés-csökkentő hatásával kell szembenézni. Általánosságban a gyengén lúgos kémhatású talajokat kedveli (Radics és Pusztai, 2011). Kitűnő őszi búza elővetemény, illetve kiváló talajszerkezetjavító kultúrának számít (Novák, 2006). Apró magjai számára biztosítani kell az aprómorzsás talajszerkezetet mivel csírázása elhúzódhat, a durva talajrögök miatt egyenetlenül fejlődhet az állomány. Így magágnya legyen nedves, biológiailag érett, üledett, de nem tömörödött, illetve porhanyós (Radics és Pusztai, 2011; Keszthelyi és Kazinczi, 2014).

2.1.3. Az őszi káposztarepce termesztéstechnológiája, tápanyagutánpótlása

Mikor a repce vetése előtti talajelőkészítésre kerül a sor, figyelembe kell venni a lekerülő előveteményt és a talajnedvesség megőrzésére szükséges törekedni. Alapművelés gyanánt alkalmazható szántás, illetve forgatás nélküli középmély művelés. Az alapművelést mellőző sekélyművelés esetében valamilyen lazításos, forgatás nélküli módszer alkalmazása javallott.

Mára már intenzív kultúrává nőtte ki magát, így a termesztése során kellő figyelmet kell fordítani a tápanyagutánpótlásra. Folyamatos, de változó intenzitású nitrogén ellátást igényel a jól fejlett oldalelágazások létrehozásához, a termés nagyságának kialakításához, illetve a magas olajtartalom képzéséhez. Így a megfelelő eredmény eléréséhez a nitrogént megosztva fejrágaként szükséges kijuttatni. A foszfor javítja a gyökeresedést és a télállóságot, illetve erősebbé teszi a repcét a kórokozókkal szemben. Elengedhetetlen a reprodukzív szervek zavartalan fejlődéséhez. A kálium hozzájárul a termésbiztonság kialakításához. Segíti a sejtosztódást, a vegetatív szervek képződését, a szárazságtűrés kialakítását, illetve a betegségekkel szemben való ellenállóságot. Ez utóbbi két makroelemet alaptrágaként juttatják ki az állományra. Nem szabad figyelmen kívül hagyni a nyomelemek, mint kén, illetve bór utánpótlását sem, melyre tavasszal van lehetőség, mikor az állomány intenzív vegetatív fejlődésnek indul (Radics és Pusztai 2011; Keszthelyi és Kazinczi 2014).

2.1.4. Az őszi káposztarepce gyomflórája, gyomirtása, illetve a kritikus fejlődési periódusok

A vetésforgóban a repce általában a kalászosok után foglal helyet, ebből következik, hogy gyomflórájuk közel azonos (Novák, 2006; Keszthelyi és Kazinczi, 2014). A következő táblázat (1. táblázat) az őszi káposztarepce téli egyéves gyomnövényeit ismerteti.

1. táblázat: Az őszi káposztarepce téli egyéves gyomnövényei

(Forrás: Keszthelyi és Kazinczi, 2014 nyomán módosítva)

Repce téli egyéves gyomjai	Ősszel csírázó kora tavaszi egyévesek (T ₁)	Ősszel és tavasszal egyaránt csírázó nyár eleji egyévesek (T ₂)
	pásztortáska (<i>Capsella bursa-pastoris</i> L. Medic)	nagy széltippán (<i>Apera spica-venti</i>)
	árvacsalán fajok (<i>Lamium</i> spp.)	ragadós galaj (<i>Galium aparine</i> L.)
	tyúkhúr (<i>Stellaria media</i> L. Vill)	kék búzavirág (<i>Centaurea cyanus</i> L.)
	veronika fajok (<i>Veronica</i> spp.)	pipacs (<i>Papaver rhoeas</i> L.)
		pipitér fajok (<i>Anthemis</i>)

Gyomflórájában a táblázatban feltüntetett téli egyévesek dominálnak. A T₁-es életformákra jellemző az alacsony károsítási potenciál, mivel életciklusuk hamar befejeződik. A T₂-es gabonagyomokon kívül viszont figyelmet kell fordítani a T₄-es életformájú ebszikfüre (*Tripleurospermum inodorum* L. Schultz-Bip), amely már őszen kicsírázik és tölevélrózsái segítségével át is telet, ezen tulajdonságát tekintve T₂-es gyomként viselkedik. E tavasszal csírázó nyárutói egyéves növény mind a vetés idején, mind a betakarítást megelőzően

jelentősnek tekinthető. Abban az esetben, ha megfelelőek a klimatikus körülmények a gyomnövények őszi keléséhez, T₄-es életformák tűnhetnek fel a kultúrában. Ez problémát jelent, mivel az őszi káposztarepce korai gyomelnyomó képessége még nagyon fejletlen, melynek oka, hogy csökkentették a hektáronként felhasznált vetőmagmennyiséget az új termesztéstechnológiában (Keszthelyi és Kazinczi, 2014). A 2. táblázatban ismertetem a repce nyári egyéves gyomflóráját.

2. táblázat: Az őszi káposztarepce nyári egyéves gyomnövényei

(Forrás: Novák, 2006 nyomán módosítva)

	Tavasszal csírázó nyár eleji egyévesek (T ₃)	Tavasszal csírázó nyárutói egyévesek (T ₄)
Repce nyári egyéves gyomjai	repcényiretek (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	fehér libatop (<i>Chenopodium album</i>)
		ürömlevelű parlagfű (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)
	vadrepce (<i>Sinapis arvensis</i>)	szőrös disznóparéj (<i>Amaranthus retroflexus</i>)
		pokolvar libatop (<i>Chenopodium hybridum</i>)

Megjelenhetnek még a vegetációban az évelő gyomnövények, mint a G₃-as mezei acat (*Cirsium arvense*) és az aprószulák (*Convolvulus arvensis*), valamint a G₁-es tarackbúza (*Elymus repens*). Emellett mint korábban is említésre került gyakran a kalászosok után következik a vetésforgóban így ezen okból nem elhanyagolható a gabona árvakelés gyomosító szerepe sem, amely az utóbbi években olyan mértéket öltött, hogy indokoltá vált a speciális egyszikű irtó készítmények használata. Abban az esetben, ha az elővetemény kalászos volt, esedékessé válhat annak betakarítása után a repce vetése előtt a felhántott tarlón valamilyen totális hatású felszívódó gyomirtó (például glifozát) használata. Ez kiváltképp akkor fontos, ha a táblán évelő kétszikű gyomok vannak jelen, amelyeket nem lehet kiirtani a kultúrából a repce hasonlóan kétszikű mivolta okán (Novák, 2006; Keszthelyi és Kazinczi, 2014).

Ha a repcevegetáció jól fejlett, kevesebb gyomnövénynek ad otthont, mint a kalászosok. Emiatt régebben megoszlottak a vélemények gyomirtását illetően. Mára már biztosan tudjuk, hogy duplagabonasortávra, relatíve alacsony vetőmagmennyiséggel (6 kg/hektár alatt) vetett repce sikeres termesztéséhez nélkülözhetetlen a gyomok elleni védekezés. Sikertelen gyérités esetén országosan 15-20%-os termés kiesést okozhatnak. Ha gyomirtásra korábban nem került sor, a

tavasszal virágzó életformák miatt méhkímélő technológiát kell alkalmazni a kártevők elleni védekezésben akkor is, ha a repce még nem virágzik. Az gyomban elburjánzott táblákon deszikkáló szerek alkalmazása javasolt (Novák, 2006).

A gyomnövények hátrányosan hatnak a repcére, a tápanyagért, vízért és fényért folytatott versenyben. Az őszelel történő védekezésnek köszönhetően ki lehet küszöbölni, hogy a gyomok elhasználják a talajnedvességet a kultúrnövény előtt (Kiss I.-né, 2002; Novák, 2006). Gyomirtásra sor kerülhet már az előveteményben is, illetve lehetőség van a vetést megelőző mechanikai eljárásokra (Nagy, 2002). Vegyszeres kezelésre őszelel és kora tavasszal kerülhet sor. őszelel preemergensen (alapkezelésben), illetve korai posztemergens kezelésben lehet védekezni (Keszthelyi és Kazinczi, 2014).

Az őszi káposztarepce vegetációjában három kritikus gyomosodási fázis határozható meg. Az első periódusban a kelés utáni egy-két hónapban a növény gyomelnyomóképessége még fejletlen. Ilyenkor nagy mennyiségben jelennek meg a gyomok a nyár végi, őszelel csapadékoknak köszönhetően. Az őszelel kelők elnyomhatják a repcét, a nyurgulás elősegítése mellett, gyenge télállóságot, kiritkulást idézve elő. Megjelennek a kultúrában a T₁-es és T₂-es téli egyéves gyomnövények. A repce kalászosnál korábbi vetése miatt az előbb felsoroltak mellett előfordulhatnak a T₃-as (vadrepce, repcsényretek), illetve T₄-es (fehér libatop, parlagfű...) életformájú populációk is. A második kritikus szakasz kora tavasszal van. A téli fagyok károsítják a repcét, melynek következtében a gyomok előnyhöz jutnak. A gyomos területen a kultúrnövény növekedése és fejlődése számottevően lassulhat. Az ilyenkor jellemző fajok T₁-es, illetve T₂-es életformájúak. A harmadik kritikus gyomosodási fázis a becők kialakulásakor, illetve érésükre következik be. A betakarítást megelőző időszakban a növény megdőlhethet, ilyenkor a magasabb, a kultúrnövényt túlnövő gyomok jelenhetnek meg, mint ebszikfű, ragadós galaj, nagy széltippan, illetve pipacs. Ezek a gyomok a betakarítást is nehezebbé teszik. (Novák 2006).

2.2. Az ürömlevelű parlagfű bemutatása

2.2.1. Az ürömlevelű parlagfű taxonómiája és származása

Az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) a fészkesvirágzatúak (*Asteraceae*) családjába, az *Ambrosiinae* alcsaládjába tartozó lágyszárú, kétszikű, egyéves inváziós gyomnövény (APG III, 2009). Ujvárosi rendszerezése szerint a tavasszal csírázó nyárutói egyévesek a T₄-es életformájú kapásgyomok csoportjába tartozik.

Azon növényfajok, melyek az *Ambrosia* nemzetségből származnak, Észak-Amerikában honosak, géc centrumuk az arizonai Sonora sivatagra tehető (Kazinczi, 2009). Mialatt körülbelül 18 fajt származtatunk Észak-Amerikából, illetve Kanadából, Európában csak egyetlen faj honos az *Ambrosia maritima* (Komlódi és Juhász, 1993). Inváziós gyomnövény lévén intenzív európai terjedésére a XIX. század második felében lettek figyelmesek. Bizonyos feltevések szerint gabona szállítmányokkal, több ütemben érkezhettek magjai kontinensünkre, a világháborúkat követően (Makra és mtsai., 2005). Mára már elfogadják azt a véleményt, miszerint eredeti élőhelyén kívülre kereskedelmi útvonalak mentén jutott, az ember önkéntelen közreműködése által (Montagnani és mtsai., 2017).

2.2.2. Az ürömlevelű parlagfű által fertőzött területek

Európa legfertőzöttebb zónái: Észak-Olaszország, a Rhone folyó völgye és a Kárpát medence (Rybnicek és Jager, 2001; Béres, 2003). A parlagfű terjedése tovább folytatódik, már megtelepedett az alpesi és balti államokban, viszont potenciális areájának északi határát még nem érte el. (Kazinczi és mtsai., 2008; Ortmans és mtsai., 2017). Előfordulása és fertőzöttsége Észak- és Nyugat-Európa bizonyos országaiban, mint Írország és Skócia egyelőre igen csekély. Ámbár a klímaváltozás hozadékaként nem zárható ki, hogy ezekben a régiókban is el fog terjedni (Hyvönen és mtsai., 2011).

Hazánk parlagfűvel való borítottságának megállapításához jó forrást szolgál az V. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés (2007-2008) melyből kiderült, hogy országunk legfertőzöttebb régiója a felvételezés idején Szabolcs-Szatmár-Bereg megye 13%-kal, legkevésbé fertőzött pedig Borsod-Abaúj Zemplén megye körülbelül 1%-kal voltak (Novák, 2010).

2.2.3. Az ürömlevelű parlagfű jelentősége és kártétele

Az ürömlevelű parlagfű az egyik legelterjedtebb inváziós gyomnövény hazánkban. A legfontosabb gyomnövény Európában. Kártétele jelentős az agrárterületeken, illetve pollenje negatívan hat a humánegészségre, így e hatása sem elhanyagolható. (Szentés és Lehoczy, 2016). Jelenléte világszerte megnehezíti a mezőgazdasági termelés sikerességét. Jelentős terméshozam kieséseket okoz. Egyrészt igen erős kompetíciós képessége miatt, mely sikeressé teszi a kultúrnövényekkel való versengésben, másrészt különböző kórokozók köztigazdája lehet. (Takács és mtsai., 2006; Takács és mtsai., 2008; Kazinczi és mtsai., 2011).

A következő táblázatban (3. táblázat) Novák és munkatársai (2020) nyomán ismertetem a parlagfű terjedésének és jelentőségének alakulását.

3. táblázat: Az I–VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezések eredményei Magyarországon
a 2018–2019. évi adatok szerinti fontossági sorrendben
(Forrás: Novák és munkatársai, 2020 nyomán)

Gyomfaj neve	I. Országos Gyomfelvétel ezés (1947– 1953)		II. Országos Gyomfelvétel ezés (1969– 1971)		III. Országos Gyomfelvétel ezés (1987– 1988)		IV. Országos Gyomfelvétel ezés (1996– 1997)		V. Országos Gyomfelvétel ezés (2007– 2008)		VI. Országos Gyomfelvétel ezés (2018– 2019)	
	fsor.	bor.%	fsor.	bor.%	fsor.	bor.%	fsor.	bor.%	fsor.	bor.%	fsor.	bor.%
<i>Ambrosia artemisiif olia</i> L.	21.	0,3926	8.	0,8734	4.	2,5724	1.	4,7030	1.	5,3300	1.	4,858 3

Megjegyzés: fsor. = fontossági sorrend, bor. % = borítási %

Az előbbi táblázat részlet jól szemlélteti az Országos Szántóföldi Gyomfelvételezések eredményeit az ürömlevelű parlagfű fajban a fontossági sorrend, illetve a borítottsági százalék viszonyában. Invazív volta szépen kirajzolódik az eredményekből. Míg az első felvételezés során borítottsága mindössze 0,39%-ot tett ki, az elkövetkező évtizedek folyamán területe exponenciálisan nőtt, mindig az előző gyomfelvételezéshez képest területének valamivel több, mint a dupláját érte el. Ez a tendencia megszakadt a IV. és V. felvételezés közt, ott terjedése lassulni látszik. A 2018-2019-es időszakban viszont a 2007-2008-as évi borítottsághoz képest alacsonyabb százalékban volt jelen. Fontossági sorrend tekintetében is kiugró értéket ért el. Az I. gyomfelvételezés alkalmával még csak a 21. helyet foglalta el a sorban, majd a II.-nál már felugrott a 8. helyre a III.-nál pedig a 4.re. A IV. vizsgálat alkalmával már az előkelő első helyre került, mely az V. és VI. alkalomnál sem változott. Ezekből az eredményekből arra következtethetünk, hogy a parlagfű alkalmazkodóképessége kiemelkedő, mely segíti a sikeres megtelepedését. Hazánk veszélyes gyomnövényei közé tartozik. Veszélyességi indexe nagyon magas (7,33), viszont maximális veszélyességi indexe elérheti a 7,8-at is. (Czímber, 2006).

Kártételének különösen a gyenge gyomelnyomó képességgel rendelkező tág térállású kapás kultúrák vannak kitéve, mint *Helianthus annuus* és *Zea mays* (Thalman és mtsai., 2015). Előbbieken felül jelenléte igen veszélyes még a szójában, majd a cukorrépában, olajtökben, burgonyában, hüvelyesekben és végül a zöldségfélékben (Essl és mtsai., 2015). A korábbi állítás igazolására megfelelő példa a következő kísérlet. Kazinczi és munkatársai (2007) szabadföldi additív kísérletet állítottak be két jelentős kultúrnövény, a napraforgó és a kukorica parlagfűvel való kompetíciójának vizsgálatához. Arra a megállapításra jutottak, hogy a

gyommenteskontrollhoz képest, a parlagfű 1, 2, 5 és 10 db/m² egyedszáma a napraforgó termését hektáronként 4, 6, 21, illetve 33%-kal csökkentette. A kukorica gyomelnyomó képessége gyengébbnek mutatkozott, hasonló tőszámok mellett a parlagfű 24, 33, 30 és 30%-os termésvesztést okozott.

Az utóbbi években is igen veszélyes volt a parlagfű jelenléte a napraforgóban, ahol az ellene való védekezést a herbicid ellenálló hibridek jelentették (Kazinczi 2015; Kádár 2016). Napjainkra bővült e tág térállású kultúrában az ellene való sikeres védekezés tárháza, egy kiemelkedően hatásos hatóanyaggal a halauxifen-metillel, melyet 2019-ben vezettek be (Kerekes és mtsai., 2019). Gyomirtószereket mellőzván, például az ökológiai gazdálkodásban sikeresen lehet védekezni a parlagfű ellen a kalászosok tarlóján, illetve a kapás kultúrákban mechanikai gyomirtással, gyakoribb talajmozgatással (Zalai és mtsai., 2014).

2.2.4. Az ürömlévelű parlagfű ökológiája és biológiája

Legjobban a laza, savanyú talajokban fejlődik, meleg és nedves klimatikus tényezők között. Ha ezek a feltételek adottak, gyorsan elterjedhet, több mint egy méter magasra nőhet, és számos virágot, magot hozhat. (Komlódi és Juhász, 1993). Béres és Hunyadi (1991) megállapították, hogy a talajjal szemben nem igényes. Később Hunyadi és munkatársai (2011) alátámasztották, hogy hazánkban homokon és savanyú talajon magasabb a jelenléte. Előfordulását tekintve arra a megállapításra jutottak, hogy gyakori ruderaliákban, bolygatott területeken, utak szélén és vasúti töltéseken. Előnyben részesíti a szántók szélét, feltehetőleg a fénybőség, illetve a gyéresebb herbicidellátás miatt (Pinke és mtsai., 2011). Zavarástűrő, sőt zavaráskedvelő fajként vasúti pályák, autópályák és utak mentén egyszerűen terjedhet (Hrabovský és mtsai., 2016). Szaporítóanyagai a közlekedő járművekre tapadhatnak vagy az árkokban lévő felgyülemlett csapadékkal hódíthatnak meg új, akár egész távoli területeket (Bassett és Crompton, 1975).

A parlagfű egylaki, váltivarú gyomnövény, mely mind a porzós, illetve termős virágzat tekintetében szignifikáns produkciós potenciált feltételez. Egy átlagos egyed akár 8 milliárd pollen-szemet is létrehozhat, akár több tízezer mag képzése mellett. Bolygatott területeken a magbank hosszú időre biztosítva lehet csupán egy növény által is. A magok hosszú időn át képesek megtartani csírázókéességüket, viszont ténylegesen csak a talajfelszín közelébe érve kerül sor rá (Kazinczi és mtsai., 2008). A szabadföldi csírázása márciusban kezdődik, csúcsát április-májusra éri el. Ezután a magok kisebb intenzitással ugyan, de folyamatosan csíráznak a téli időszak beköszöntéig. Ez az oka annak, hogy miért látható egyidejűleg több különböző fenológiai stádiumban lévő parlagfű növény (Béres, 2004; Kazinczi és mtsai., 2009).

2.3. Gyom és kultúrnövény közötti kompetíció

2.3.1. A kompetíció fogalma és befolyásoló tényezői

A kompetíció több fajtáját ismerjük, lehet interspecifikus, tehát fajok közötti, intraspecifikus-fajon belüli, intergenotypic- genotípusok közötti, illetve intragenotypic genotípuson belüli (Hunyadi és mtsai., 2011). Donald (1963) a kompetíciót szószerint így fogalmazta meg: „kompetíció akkor lép fel, ha két vagy több szervezet mindegyike keresi a maga sajátos szükségleteinek kielégítését valamilyen adott tényezőtől, amikor a közvetlen ellátás ebből a tényezőtől alatta marad a szervezetek együttes igényének.” A kultúrnövény vegetációja alatt a gyomkompetíció okozta termés kiesések elkerülése végett gyommentességet kell biztosítani a kritikus kompetíciós periódusban. Nieto és munkatársai (1968) megfogalmazása szerint a kritikus kompetíciós periódus az az időtartam, amely a tolerálható gyomversengés idejének hosszúsága és a szükséges gyommentes időszak hossza között írható le.

A versenyképességet befolyásoló fiziológiai tényezők, mint növekedés, fejlődésdinamika, tápanyagfelvétel, fotoszintetikus produktivitás..., szignifikáns tényezői a fajok közötti dominancia sorrend kialakulásának (Lehoczky, 2003). A kultúr- és gyomnövények fajok közötti kompetícióját befolyásoló tényezők között kell megemlíteni az úgynevezett antropogén hatást is. Ide sorolandó a talajművelés, tápanyaggazdálkodás, gyomszabályozás, illetve egyéb agrotechnikai és növényvédelmi beavatkozások (Pozsgai, 1982). A versengés kimenetelének egy másik eleme a gyomsűrűség maga. A felsoroltakon kívül befolyásoló tényező még a relatív levélterület (gyom levélterületének és a teljes levélterületnek az aránya), a relatív kelési idő, illetve a gyomosodás hatására létrejövő termésveszteség (Berzsenyi, 2000).

2.3.2. Kompetíció a fényért

A gyom- és kultúrnövény közötti versengésben jelentős szerepe van a fajok eltérő árnyékolóképeségének. A napfény nem egy konzerválható természeti erőforrás, mint például a víz vagy a tápanyagok. A vastag lombzaton a fény nem hatol át, így mikor rendelkezésre áll, a növényeknek azonnal fel kell használniuk. Emellett a növényállományra jellemző fényviszonyok meghatározhatják a gyomflóra faji összetételét. A fényért való versengést befolyásolja a levelek helyzete és a levélállás szöge, illetve a pedunkulus hosszúsága. Emellett nagy jelentősége van a növények széndioxid megkötési stratégiájának is (Noguchi és Nakayama 1978). Amikor kompetícióról esik szó általában a természeti erőforrásfüggő folyamatok jutnak először eszünkbe. Viszont újabb kutatások vizsgálják az

erőforrásfüggetlen versengést is. Az egyik ilyen tényező a fényminőség (a távoli vörös, illetve a vörös fény aránya R:FR). A növények képesek a fényminőség változásainak érzékelésére és a hozzájuk való alkalmazkodásra. Kutatások szerint a növényi versenyt a populációban elő másik növényből származó vörös és távoli vörös fény kibocsátásának aránya váltja ki, amelyet egy sor összetett fiziológiai folyamat követ, amelyek kizárják a közvetlen erőforrás versenyt. Liu és munkatársai (2008) szabadföldi kísérletet állítottak be, melyben a kukoricát hidroponikusan nevelték. A szőrös disznóparéjt úgy izolálták a kultúrnövénytől, hogy a belőle visszaverődő távoli vörös, illetve vörös fény ne váltson ki kompetíciót a fényért, vízért, illetve a tápanyagokért. Az eredményekből az derült ki, hogy a szőrös disznóparéj leveléről visszaverődő fény megváltoztatta a kukorica színelosztási mintázatát a gyommentes kontrollhoz képest. A bibeszálak megjelenését megelőző stádiumokban alacsony R:RF arányú fényvisszaverődés mellett, időbeli változások következtek be a növénymagasságban. Tartósan módosult a mintavételezési időszakban a gyökér- és a hajtás szárazanyagtömege, a levelek megjelenésének aránya, viszont a levélfelület nem változott. A bibeszálak megjelenésakor az alacsony R:FR arányú fény redukálta a teljes növény szárazanyagtömegét. Az eredmények megerősítik azt a hipotézist, miszerint a távoli vörös, illetve vörös fény visszaverődésében történt változások korai jelzői lehetnek a bekövetkező kompetíciónak az árnyékelkerülési válasz beindításával.

2.3.3. Kompetíció a vízért

A gyom- és kultúrnövények közötti versengést befolyásolja a vegetáció ideje alatt hullott csapadék mennyisége és megoszlása, illetve a talaj nedvességtartalma (Takeda és mtsai., 1980). A gyomnövényekről tudjuk, hogy szerves anyagaik felépítéséhez képesek nagy mennyiségű vizet felhasználni, illetve párologtatásuk sem elhanyagolható (Kádár 1983). Számos gyom vízpazarlónak tűnhet mivel a termesztett növényekhez képest sztomáik kevésbé érzékenyek a csökkenő vízpotenciálra a levélben. Ha ez a tulajdonság kiterjedtebb gyökérrendszerrel és/vagy a szárazsággal szembeni jobb élettani tűrőképességgel párosul, a gyomnövény gyorsan kimerítheti a kultúrnövény számára rendelkezésre álló vízkészletet (Geddes és mtsai., 1979; Scott és Geddes, 1979; Patterson és Flint, 1983;). A gyökérrendszer jelentős szerepet tölt be a vízért való kompetícióban. A különböző versenyképességű fajok között a kiterjedtebb gyökérrendszerrel rendelkezők előnye mérhető (Pavlychenko és Harrington, 1934).

2.3.4. Kompetíció a tápanyagokért

A talaj tápanyagellátottsága, illetve pH értéke szintén hatással van a kompetícióra a növekedésre gyakorolt különböző hatásokon keresztül. A nagy dózisú műtrágya kijuttatása előnyhöz juttathatja a gyomot a kultúrnövénnyel szemben, ha annak növekedését jobban serkenti. Például foszfátkiegészítés kijuttatása esetén nőtt a versengés számos gyomfaj, illetve a kukorica között. A foszfát kiegészítés mellett a magas nitrogén-, illetve káliumszint nem tudta enyhíteni a gyomok kukoricára gyakorolt káros hatásait. Ugyanebben a vizsgálatban a gyomok növekedése az alacsony foszfát tartalmú kezelésekben nagyon gyengének mutatkozott. Következtetésképp mikor a kukorica a fehér libatoppal vagy a szőrös disznóparéjjal versengett, jobb terméseredményt ért el az alacsony foszfát tartalmú kezelésekben (Vengris és mtsai., 1995). Az okszerűtlen és túlzásba vitt trágyázás elősegítheti a gyomok fejlődését a termesztett növény rovására. Ha a táplálás szakszerű, ezzel ellentétes hatás érhető el. Segíti a kultúra fejlődését, illetve növeli a gyomelnyomóképességét (Kádár és mtsai., 1999).

2.4. A biofoton emisszió formái a növényekben és alkalmazásai a növénytudományokban

A modern technológiáknak köszönhetően ma már lehetőségünk nyílt a növények *in-vivo* vizsgálatára, azaz roncsoltásmentesen kaphatunk információt a növény fiziológiás állapotáról, akár egyazon egyeden több egymást követő vizsgálat eredményeként. A növényi szervezetekben a fotonkibocsátás elsősorban a mitokondrium és az kloroplasztisz metabolizmushoz kötött. A sejtek és szövetek véletlenszerűen bocsátanak ki fotonokat az elektromágneses spektrum ultra-viola (UV), illetve látható/közeli infravörös tartományában megközelítőleg egy 350-1300 nm-ig terjedő skálán (Cifra és Pospíšil, 2014). A folyamat során fehérje, nukleinsav vagy lipid molekulák az oxidációjuk során gerjesztett állapotba kerülnek, egy elektronátmenettel járó átmeneti fázist követően pedig visszatérnek eredeti állapotukba. (Pospíšil, 2012; Cifra és Pospíšil, 2014).

A fotonkibocsátás egyik módja az *ultragyenge fotonkibocsátás* (ultra weak photon emission–UPE) a mitokondriumokban a sejtlegzés melléktermékeként keletkező reaktív oxigénfajok (ROS) keletkezéséből származik, amelyek semlegesítéséért az egészséges sejtekben a nem-enzimatis és az enzimatis antioxidánsrendszer együttesen felel (Kobayashi és mtsai., 2014). Az ultragyenge fotonkibocsátás 200-800 nm között történik, amely egybeesik az elektromágneses spektrum látható tartományával (400-700 nm), viszont szabadszemmel már

nem vehető észre (Janusz és Fritz-Albert, 1987). Kimutatásához modern, ultraérzékeny érzékelők szükségesek, például fotomultiplier-csövek (PMT-k), illetve töltéscsatolt eszközök (charge coupled device CCD-k). Segítségükkel monitorozhatóvá válik az ultraalacsony, négyzetcentiméterenként néhány száz foton/másodperc és néhány száz foton/másodperc közötti fotonkibocsátás, analitikai képalkotás mellett (Pospíšil, 2012; Cifra és Pospíšil, 2014). Korábbi tanulmányok szerint a biofoton emisszió, illetve a növények stressz hatására produkált oxidációs folyamatai között szoros összefüggés van (Hossain és mtsai., 2012). Így a kibocsátott fotonok tájékoztatást adhatnak a vizsgált sejt és/vagy fotoszintetizáló szövet oxidatív, illetve stresszállapotáról (Oszlányi, 2020). Ennek ismeretében a biofoton emisszió mérése jelentős szerepet játszik a roncsolásmentes módszeren alapuló stresszdetektálásban (Jócsák és mtsai., 2020).

A foton emissziós folyamatok másik származási útja a késleltetett fluoreszcencia (delayed fluorescence-DF) jelensége. A zöld növények, algák és fotoszintetizáló baktériumok fotonokat bocsátanak ki, ha a megvilágításukat követően sötét helyre kerülnek (Strehler és Arnold, 1951). Ilyenkor a fotoszintetikus elektrontranszportláncban a fotoszintézisre jellemző haladási iránnyal ellentétesen áramló elektronok a PSII-es fotoszisztémában fotonokká alakulnak (Falkowski és Raven, 1997). A jelenség folyamán a kloroplasztiszok tilakoid membránjában megtalálható két fotorendszer (PSI, PSII) közül túlnyomórészt a II-es számú fotoszisztéma bocsát ki fotonokat (Jursinic, 1986). A késleltetett fluoreszcencia a fotoszintetikus apparátus állapotát tükrözi. Több kutatás is kimutatta, hogy ezen jelenség által lehetőség nyílik a növények egyensúlyi állapotának in-vivo vizsgálatára, illetve a stresszdetektálásra (Lukács és mtsai., 2022).

Lukács és munkatársai (2022) biotikus stresszor okozta biofoton emissziós vizsgálatra és más nem invazív képalkotó technológiákkal történő mérésekhez állított be kísérletet, melyben a veresnyakú árpabogár hatását vizsgálta az őszi búza fiziológiai folyamataira, különös tekintettel a lipidperoxidáció mértékére, a szövetek pusztulásából származó antioxidáns aktivitásra, valamint a fotoszintetikus képességre.

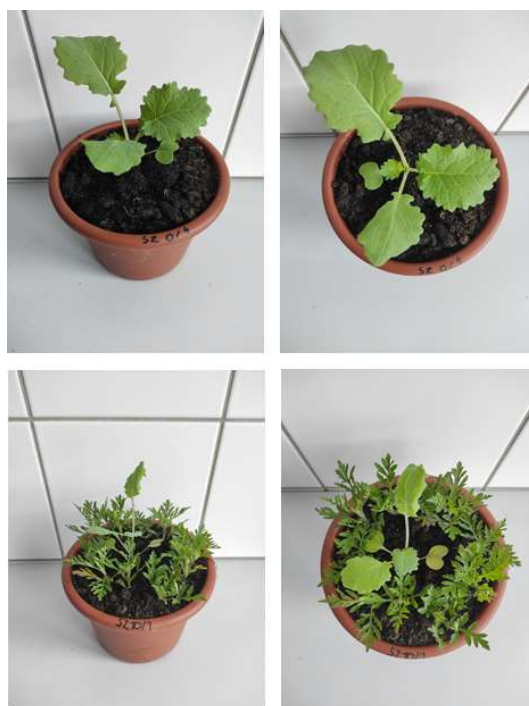
Jócsák és munkatársai (2020) abiotikus stressz vizsgálatára állítottak be kísérletet, melyben azt vizsgálták a különböző koncentrációban lévő kadmium (10, 50, 100, 300 μM CdCl_2) milyen hatással van a fiatal árpanövények biofoton emissziójának változására a növény fiziológiai állapotával és a ROS képződésével kapcsolatos paraméterek mérése mellett. Munkájuk bizonyítékokkal szolgál a kadmium okozta lipidoxidációra. Alátámasztásra kerültek korábbi eredmények, melyek szerint a biofoton emisszió összefügg ezekkel a folyamatokkal.

3. Saját vizsgálatok

3.1. Anyag és módszer

3.1.1. Növénynevelés

A tenyészedényes kísérletet 2022.05.14-én állítottuk be. Ebben az időpontban vetettük el a repce magokat, illetve tűzdeltük a parlagfüveket 10 cm átmérőjű, 12 cm mély cserepekbe. A parlagfüvek előcsíráztatás után kéthetesek voltak mikor a kultúrnövény mellé kerültek. Így együtt tudtuk vizsgálni a két növényt, a parlagfű elhúzódó csírázásának lehetőségét kiküszöbölve. Mind a kontrollnövények vetését, mind az erős parlagfű-repce kompetíció kialakítását 4 ismétlésben végeztük. Ez azt jelentette, hogy egy cserépbe a kontrollnál csak a repce került, míg a másik csoportban cserepenként egy kultúrnövény mellé 10 parlagfüvet helyeztünk el. A növények nevelése szellőztetett üvegházban történt. Az analitikai vizsgálatokat a MATE Kaposvári Campusának Molekuláris Biológiai laboratóriumában végeztük. Az első mérésekre június 4-én került sor, amikor a repcék 21 naposak és első valódi leveles fejlettségi stádiumban voltak. Az utolsó méréseket augusztus 4-én végeztük amikor 82 naposak és 7-9 valódi leveles (rozettás) állapotban voltak. A 2. ábrán a kontroll és kísérleti növények láthatók.



2. ábra

Kontroll és kísérleti növény cserepek

(Fényképek: Knolmajer Bence)

3.1.2. Növénymagasság mérés

A kontroll és kísérleti cserepekben lévő őszi káposztarepcék magassági értékeit egy egyszerű 30 centiméteres vonalzó segítségével mértük le. Az első mérésre június 4-én került sor, a növények levelei ekkor már szépen fejlődésnek indultak, ekkor 21 naposak, első valódi leveles fejlettségi stádiumban voltak. Az utolsó vizsgálatot augusztus 4-én végeztük a repcék ekkor 82 naposak és 7-9 valódi leveles, rozettás állapotban voltak. A vizsgálatokat hetente ismételtük, az eredményeket excel táblázatban vezettük.

3.1.3. Friss hajtástömeg mérés

A kísérlet felszámolásakor a két csoport 4-4 cserepéből a repcéket kiemeltük. A gyökérnyaknál történő metszéssel elkülönítettük a hajtást a gyökérszettől. Ezt követően a hajtásokat lemértük. Az eredményeket feljegyeztük. A gyökértömeg megállapítására sajnos nem került sor, mivel a táptalajt nem lehetett rendesen eltávolítani közülük, így nem kaptunk volna releváns, értékelhető adatot.

3.1.4. Relatív klorofill tartalom (SPAD) becslés

A repcék relatív klorofilltartalmának értékeit egy Minolta SPAD 502 (Konica Minolta, Europaallee 17 30855 Langenhagen Germany) hordozható, roncsolásmentes mérőműszer segítségével olvastuk le, amely a 3. ábrán került szemléltetésre.



3. ábra

Minolta SPAD 502 klorofillmérő

(Forrás: <http1>)

A SPAD index meghatározása során először a kontrollnövények relatív klorofilltartalmát állapítottuk meg a készülék felcsíptetését követően. Az értékelhető eredményeket feljegyeztük. Utána a kísérleti cserepekben is megmértük a repcék klorofill értékét. Az értékelés során cserepenként a kultúrnövények leveleinek azonos részein 4-5 mérést végeztünk (levélszél és a levél erek között) majd ezek átlagait jegyeztük fel. A vizsgálatot a repce 21 napos korában kezdtük, hetente ismételtük, a legutolsó alkalomkor a növények 82 naposak voltak. A SPAD indexnek nincs mértékegysége, a kapott szám a vörös és infravörös hullámhosszok közötti optikai sűrűség különbségéből eredő 1 és 100 közötti értéket fejezi ki. Végeredményben a klorofilltartalom meghatározása mellett, a levél szöveti fényáteresztőképességét mutatjuk ki általa (Haripriya és Byju, 2008).

3.1.5. Normalizált vegetációs index (NDVI) mérés

A vegetációs index értékének megállapítása egy Polypen nevű mérőműszerrel történt, amelyet a 4. ábra mutat be.



4. ábra

Polypen kézi gyorsmérő készülék

(Forrás: <http2>)

Először a kontrollnövények NDVI értékét határoztuk meg és jegyeztük fel, majd a kísérleti növényekét. A kalibrációt követően egy azonos fejlettségű levelet 3-4 ponton lemértünk és ezek átlagát cserepenként rögzítettük.

A normalizált vegetációs index (NDVI) mérése során az kerül megállapításra, hogy a növény klorofillja mennyi vörös (RED), illetve közeli infravörös (NIR) hullámhosszú fényt nyel el és ver vissza. Az egészséges növények, fejlett vegetációk általában több vörös fényt nyelnek el és a közeli infravörös kibocsátás gyengébb, míg a fejletlenebb állománynál pont az ellenkezője

jellemző. Tehát a mérés utáni eredmény egy normalizált különbség, amelynek képlete a következő: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$

Ahol NIR a közeli infravörös tartományt a RED pedig a látható vörös tartományt jelöli.

Ennek köszönhetően elkerülhetők az eltérő kitettségből, megvilágításból származó eltérések.

Az eredmény pedig egy -1 és +1 közötti tartományban határozható meg [http3].

3.1.6. Vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás mérés

A cserepek felszámolását követően került sor Benzie és Strain (1999) vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás vizsgálatára. A méréshez 8×0,5 gramm tömegű mintát készítettünk elő és használtunk fel. A méréshez három törzsoldatot alkalmaztunk, nevezetesen:

- a) Acetát-puffer: 300 mM, pH 3,6;
- b) TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazin) 10 mM 40 mM HCl-ban; 100 ml DW 330 µl HCL-ban
- c) FeCl₃·6H₂O.: 20 mM

A mintákat külön-külön egy porcelán dörzsmozsárban felaprítottuk majd hozzáadtunk 1,5 ml 7,6 pH értékű foszfát puffert, illetve kvarchomokot. A homogenizálást követően a szuszpenzió egy kémcsőrázó gép segítségével elegyítésre került. Majd egy 10 perces centrifugálás következett 4 °C-on, 13 000 fordulat/perc érték mellett egy hűthető asztali mikrocentrifugában (Hettich, MIKRO 220R; Andreas Hettich GmbH&Co. KG Föhren str. 12, D-78532 Tuttlingen, Németország). Az így létrejött felülúszót alikvotáltuk és elvégeztük rajta az antioxidáns kapacitás mérést. A mintákat spektrofotométer segítségével vizsgáltuk három párhuzamos mérés közepette. A kapott értékek µg AS ekvivalens/g friss tömegben értendők. A spektrofotométert az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra

SmartSpec™ Plus Bio Rad típusú Spectrofotométer
(Fénykép: Knolmajer Bence)

3.1.7. Biofoton emisszió mérés

A roncsolásmentes képalkotó *in-vivo* analitikai mérőműszer neve Nightshade LB 985 (Institute Berthold Technologies Bioanalytical Instruments, Calmbacher Strasse 22, D-75323 Bad Wildbad, Németország), a 6. ábrán látható. Az általa készített felvételeket az Indigo nevű elemzőszoftver segítségével értékeltük ki. Az eszköz kamerája nagyon érzékeny, lehetővé teszi, hogy egy sötétkamrában információt kapjunk a növény késleltetett fluoreszcencia jelenségéről. Erre a mérés első 15 percében kerül. A késleltetett fluoreszcencia, illetve az ultragyenge lumineszcencia a növények stressz mértékéről ad információt. A második 15 percben már vizsgálhatóvá válik a lipidoxidáció, melyről az ultragyenge lumineszcencia jelensége nyújt információt. A programban később külön lehet választani a pixelintenzitási csúcsokat. A beállítási indexeket az eredeti értékeiken hagytuk, a növény fotonkibocsátásának mértékét az elért relatív pixelintenzitások változásai jelezték. Ezen eredményeket alakítottuk át másodpercenkénti egységnyi területre eső fotonkibocsátássá (count per second (cps)/mm²). A beállítást követően az eszköz 60 másodpercig gyűjtötte az adatokat, amelyekhez 4×4-es binninget alkalmaztunk, így 16 pixelből jött létre végeredményben egy szuperpixel az eredmények könnyebb vizualizálhatósága érdekében.



6. ábra

Nightshade LB 985 Berthold technologies

(Forrás: <http4>)

3.1.8. Statisztikai elemzés

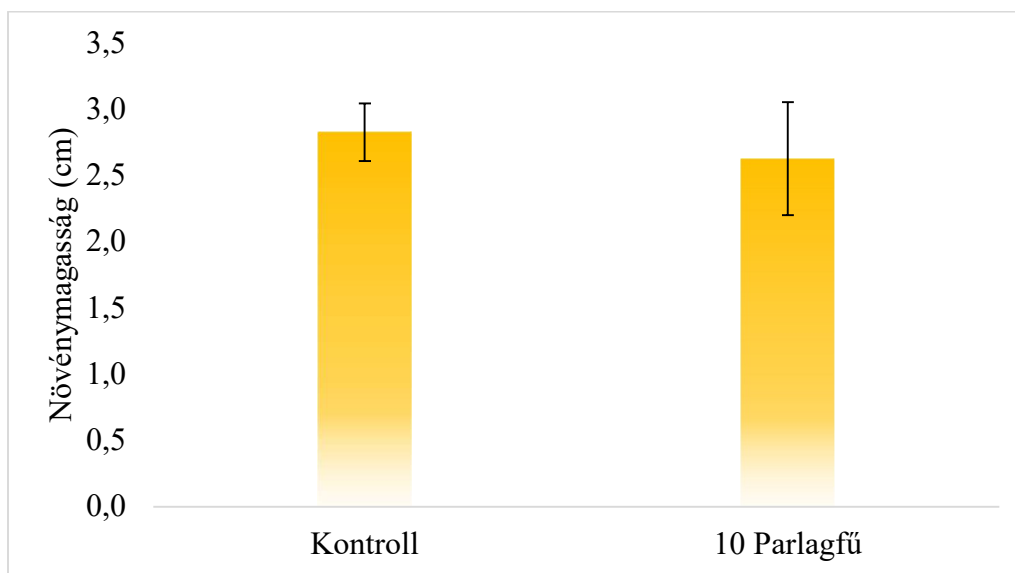
Az elvégzett vizsgálatok adataiból a Microsoft Excel 2021 nevű szoftver segítségével átlagokat és szórást számítottam, illetve sor került az egytényezős variancia analízis (one-way ANOVA) elvégzésére az IBM SPSS 20.0 nevű statisztikai elemzőprogrammal. Az eredmények fejezetben a repcék 21, illetve 82 napos korában végzett mérések (első és utolsó vizsgálati időpont) eredményei kerülnek összehasonlításra a négy-négy cserép átlagértékeivel számolva.

3.2. Eredmények

3.2.1. Növénymagasság mérés eredményei

A 7. ábrán a kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett repcék magassági értékei láthatók, melyeket az első mérés alkalmával kaptunk. A vizsgálat során a négy kontroll és a négy kísérleti cserép értékeit külön-külön lemértük és feljegyeztük. A diagrammon látható oszlopok a 4-4 cserép átlagát reprezentálják külön-külön. Ennek ismeretében szükséges volt elhelyezni a pozitív, illetve negatív szórásértékeket mind a kontroll, mind a kísérleti eredményeken. Az adatok hossz egységben, centiméterben értendők.

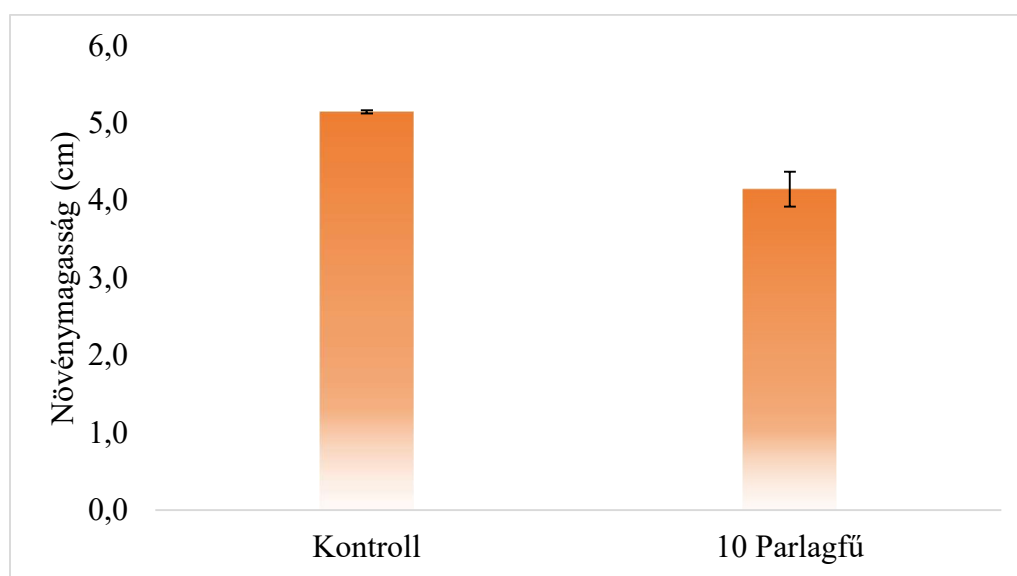
A 7. ábrán jól látható, hogy a korai növénymagasság mérésen még nem észlelhetők jelentősnek mondható méretbeli különbségek. Mind a két csoport átlagos magassága megközelítette a 3 cm-t. A kontrollcsoporthoz (2,83 cm) képest a kísérleti növények (2,63 cm) csupán 7%-kal voltak alacsonyabbak. A szórásértékek a parlagfüves cserepekben már nagyobb kilengéseket mutatnak. A kontroll edényekben a repce eredményein látható egy kiugrás, mivel az egyik alany csupán 2,2 cm-es magasságot ért el, míg a fentmaradó három cserépben a növények nagysága egységesen 3 cm körül alakult. A 10 parlagfüves csoportban volt olyan repce, amely kishíján még a 2 centimétert sem érte el, illetve olyan is, amely megközelítette a 4 cm-t. Ezzel láthatóvá válik, hogy a parlagfű jelenléte nem egyöntetűen hat a kultúrnövények fejlődésére.



7. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos magassági értékei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.)

A kései növénymagasság mérés eredményeit (8. ábra) ugyanúgy kaptuk meg, mint az első, illetve az ábrázolást is azonos módon végeztem el. Ezen a diagrammon a 7. ábrához képest már nagyobb eltérések láthatók. A kontrollnövények átlagos magassága ekkor 5,15 cm, a kísérleti növényeké 4,15 cm volt, az eltérés közöttük 19,4%-ot tett ki. A statisztikai elemzés megerősítette, hogy a közöttük lévő különbség jelentősnek tekinthető ($p=0,004$). A szórásértékek már nem mutatnak akkora kilengéseket, mint az első mérés alkalmával. A kontroll oszlopon szépen látszik a csekély szórás, a növények egységes, 5 cm körüli magasságokat értek el. A kísérleti repcék magassági értékein már nagyobb kiugrások láthatók. Két növény megközelítette a 4 cm-t, egy meghaladta, egy pedig már közel volt az 5 cm-hez is. Ha a két mérés két csoportjának magassági átlagait vesszük alapul akkor láthatjuk, hogy az első és utolsó mérés között a kontroll növények körülbelül 2,4 cm-t a kísérleti növények ~ 1,5 cm-t nőttek. Ez a kontroll esetében 82%-, a kísérleti növényeknél 57,8%-os növekedést jelentett. A statisztikai elemzés megerősítette, hogy a kontrollcsoport szignifikánsan változott ($p= 0,019$). Ha egyszerre vizsgáljuk a kontroll és a kísérleti csoport összesített átlagát a két mérés viszonyában, akkor láthatjuk, hogy a közöttük lévő eltérés jelentős ($p= 2,414$).



8. ábra

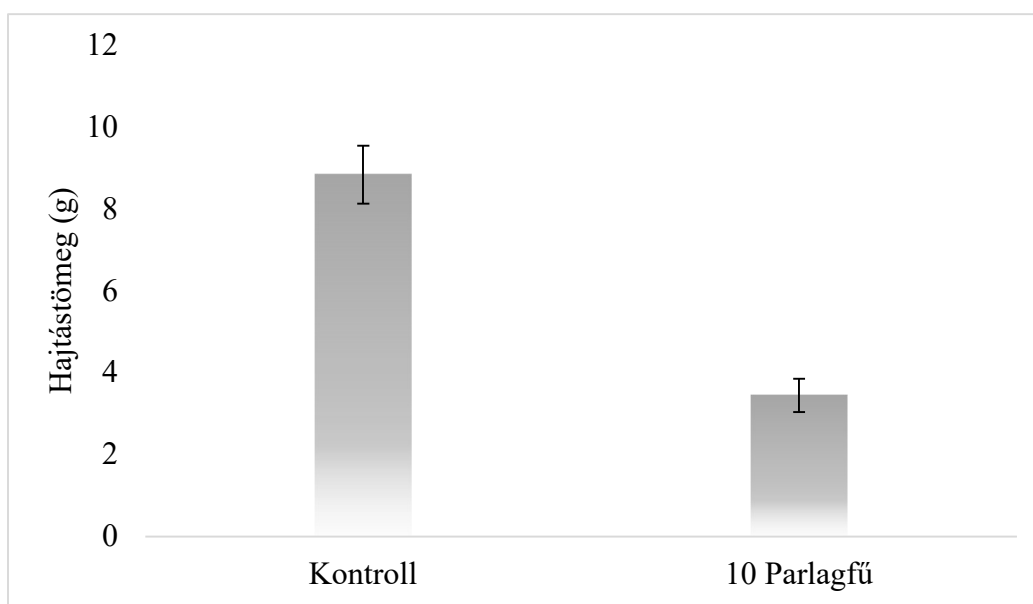
Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos magassági értékei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.)

A repcék melyek nem voltak kitéve erős gyomkompetíciónak egységesen fejlődtek. A 10 parlagfüves csoport kultúrnövényei már az első mérés alkalmával sem mutattak homogén képet, viszont csak csekély mértékben voltak elmaradva a kontrolltól. Az utolsó mérésen a

magasságbeli különbségek már kifejezettebbek, jobban láthatóvá válik, hogy mekkora különbségeket jelent a parlagfű károsítása az őszi káposztarepce növekedésére.

3.2.2. Friss hajtástömeg mérés eredményei

A kísérlet felszámolásával a kontroll, illetve az erős parlagfű kompetíciónak kitett repcék hajtástömegét lemértük, az eredményeket a 9. ábra szemlélteti. A diagrammon látható oszlopok a két csoport mérési értékeinek átlagát mutatják, így rajtuk elhelyezésre kerültek a negatív és pozitív szórásértékek is. Az eredmények grammban értendők. Az ábrán jól látható, hogy a kontroll, illetve a kísérleti növények átlagos tömegértékein szignifikáns különbség látható, melyet a statisztikai elemzés meg is erősített ($p = 0,001$). Előbbi átlagos tömege 8,8 g utóbbié 3,4 g volt. Az erős parlagfű kompetíciónak kitett repcék 61%-kal voltak könnyebbek a kontrollnál. Ha szemügyre vesszük a szórást akkor láthatjuk, hogy a zavartalan fejlődési körülményű növények értékei nagyobb változékonyságot mutatnak. A legnagyobb (10,44 g) és a legkisebb (7,26 g) tömegű repce között 3,18 g volt a különbség. Mindeközben a kísérleti cserepeknél a legtömegesebb (4,64 g) és legkönnyebb (3,06 g) növény között mindössze 1,58 g eltérés volt.



9. ábra

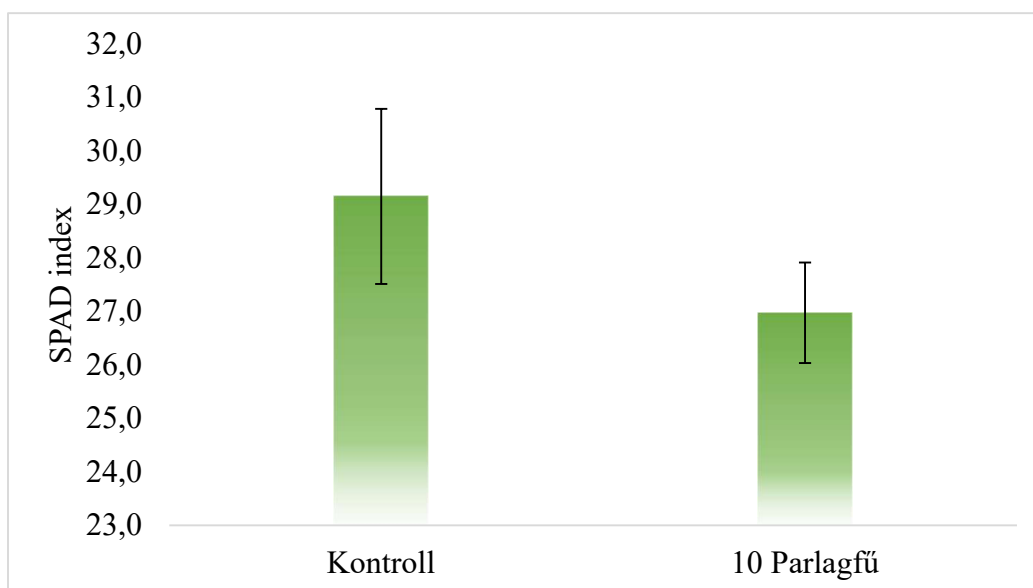
Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos friss hajtástömeg értékei 82 napos korban (2022.08.04.)

Kijelenthetjük, hogy az erős gyomkompetíciónak kitett növények egységesebb, de igen alacsony tömeget értek el a kontrollhoz képest.

3.2.3. Relatív klorofilltartalom becslés (SPAD) eredményei

Hasonlóan a növénymagasság mérés eredményeinek ismertetéséhez, a SPAD indexek ábrázolása (10. és 11. ábra) során is a kontroll, illetve a kísérleti növények értékeinek átlagát vettem alapul, az került feltüntetésre. Emellett meghatároztam a negatív, illetve pozitív szórásértékeket.

A következő diagrammon az első mérés eredményei láthatók (10. ábra). A kontroll átlagos SPAD indexe 29,2 míg a kísérleti növényeké 27 volt, a közöttük lévő eltérés 8%-ot tett ki. Szembetűnő, hogy mindkét csoportnál a szórások tág határok között mozognak. Látható, hogy a növény első valódi leveles állapotában, 21 napos korban a klorofilltartalom értékei még nem mutatnak jelentős különbségeket a két csoportban. Kijelenthetjük, hogy az erős parlagfű kompetíciónak kitett repcék alacsonyabb átlagos SPAD index mellett valamivel egységesebb szórással rendelkeznek, mint a kontrollnövények.

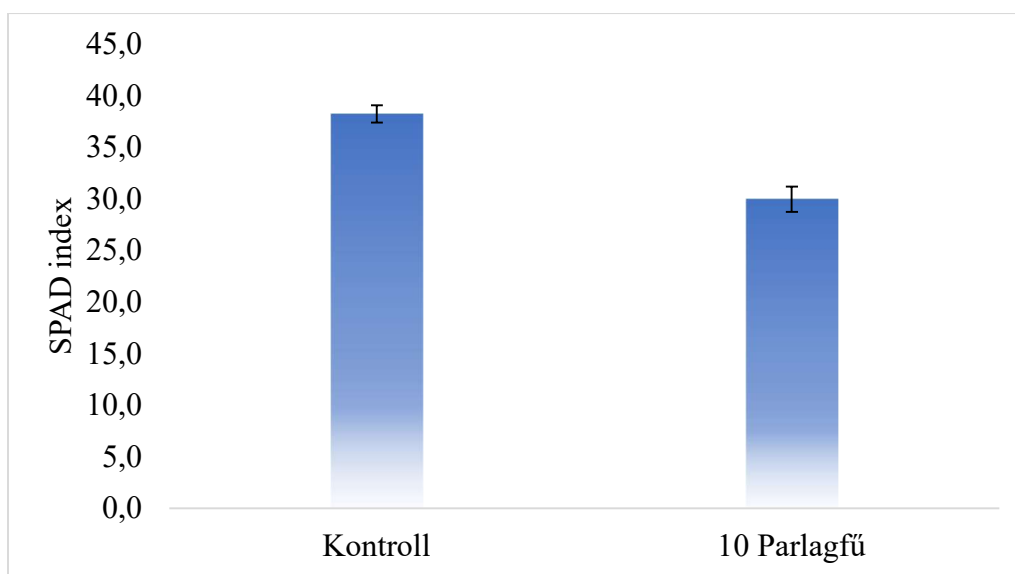


10. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos SPAD indexei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.)

Az utolsó mérés alkalmával a kontrollcsoport esetében 31%-os, a kísérleti cserepeknél 11%-os növekedés következett be az első mérés eredményeihez képest. Az ANOVA analízis értékei alapján a nem versengő csoportban a változás mértéke jelentősnek tekinthető ($p=0,003$). A kontroll átlagos SPAD indexe 38,3, az erős gyomkompetíciónak kitett növényeké 30 volt, ez mintegy 21,7%-os különbséget jelent. A statisztikai elemzés megerősíti, hogy a közöttük lévő eltérés szignifikáns ($p= 0,001$). Az első méréshez képest a rozettás állapotban lévő őszi

káposztarepce klorofilltartalom becslése esetében a kontrollnövények szintjén már alacsonyabb a szórás, mint az első mérés alkalmával, viszont a kísérleti növényeknél valamivel magasabb. Míg a repce fejlődésének kezdetén a két csoport átlagos SPAD értékei közötti eltérés mindössze 8%-ot tett ki addig a repce tölevélrózsás állapotára 82 napos korra ez a különbség 21,7%-ra nőtt. Ha együtt vizsgáljuk az első mérésen kapott kontroll, illetve kísérleti növények átlagos SPAD indexeit aztán ugyanígy összehasonlítjuk az utolsó napon végzett vizsgálat összesített eredményeivel akkor láthatjuk, hogy a kettő közötti különbség szignifikáns ($p=0,008$). Az utolsó mérés eredményeit a 11. ábra mutatja be.



11. ábra

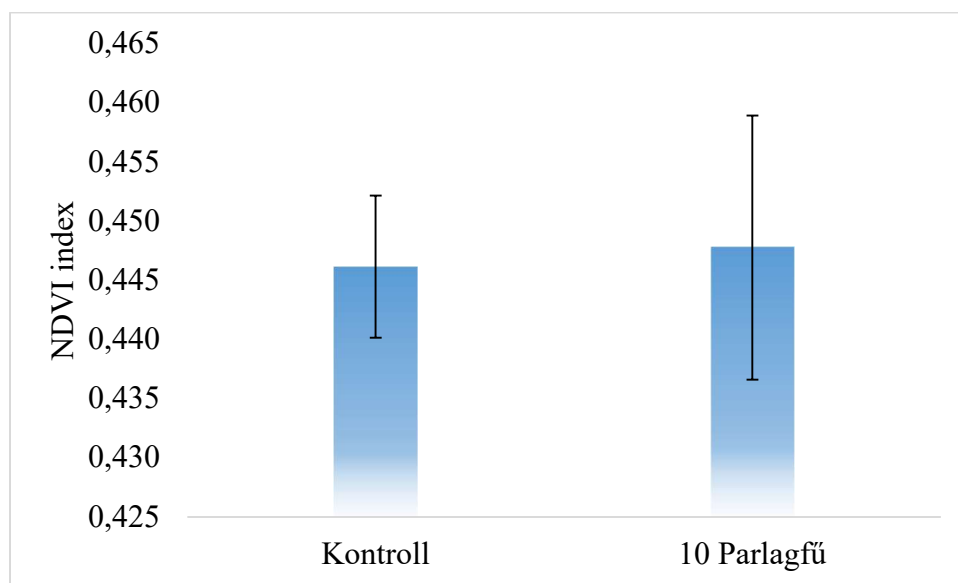
Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos SPAD indexei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.).

Véleményem szerint a fiatal, fejlődésük küszöbén álló repcenövények klorofilltartalma még egyedenként igen változó. Mire elérik a rozettás állapotot valamennyivel egységesebbé válnak ezek az értékek. A parlagfű károsító jelenléte mellett a kompetíciónak kitett növények klorofilltartalma nem tudta elérni a nem versengő növényekre jellemző értéket. Azt vettem észre, hogy az első, illetve utolsó mérés alkalmával is a kísérleti növények SPAD indexe igaz alacsony, viszont egységesebb részeredményeket mutatott.

3.2.4. Normalizált vegetációs index (NDVI) mérés eredményei

Hasonlóan a SPAD mérés adataihoz, az NDVI indexek számítása során is, miután egy növény több pontját megmértük, végső adatként azok átlagát jegyeztük fel. Így tettünk minden cserépnél. Az ábrákon a két csoport átlagai és szórásértékei kerültek feltüntetésre.

A 12. ábrán a kontroll, illetve az erős parlagfű kompetíciónak kitett repcenövények átlagos NDVI értékei láthatók melyek között 0,4% az eltérés. Mind a két csoport átlaga egy igen szűk intervallumon 0,445 és 0,450 között helyezkedik el, viszont a szórások szignifikáns kiugrásokat mutatnak. A kísérleti növények összértéke valamivel meghaladta a kontrollét, jól látható, hogy a részeredmények is tág határok között változnak. Érdekes, hogy a kísérleti növények között volt olyan, melynek átlagos NDVI értéke 0,481-et mutatott, mindeközben a kontrollcsoportban 0,456 volt a legmagasabb érték, amelyet egyébként két növény is produkált. Megállapítható, hogy a kontrollcsoporthoz képest valamivel kedvezőbb értéket értek el a kísérleti növények a normalizált vegetációs index megállapítása során az első alkalommal.

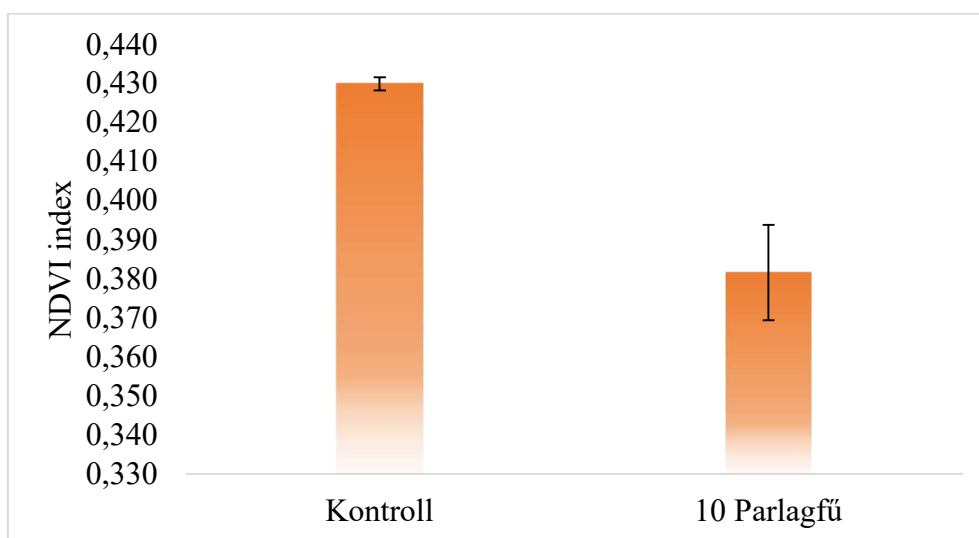


12. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos NDVI indexei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.).

Az utolsó mérés alkalmával (13. ábra) már nagyobb különbségeket láthatunk a két csoport között. Ez az eltérés 11,3%-ot tesz ki. A statisztikai elemzés megerősíti, hogy a differenciájuk jelentős ($p = 0,008$). Az első méréshez képest a kontrollcsoport NDVI átlaga 3,6%-kal csökkent, ez a változás bár kicsinek tűnik mégis jelentős ($p = 0,041$). A kompetíciós csoport esetében már jóval szignifikánsabb 14,8%-os a csökkenés ($p = 0,007$). A szórás ismét a kísérleti növényeknél mutat nagyobb kilengést, viszont ezalkalommal a kontroll csoporté már sokkal egységesebb. A nem versengő növények átlagai igazán homogénnek nevezhetők, a legmagasabb és legalacsonyabb érték közötti különbség mindössze 0,01. A kísérleti növények esetében igaz egységesebbek a részeredmények mint az első mérés alkalmával, viszont a kontrollhoz viszonyítva még mindig nagyobb szórás tapasztalható. Ebben az esetben a legmagasabb és

legalacsonyabb érték közötti különbség 0,05 volt. Ha együtt vizsgáljuk az első mérésen kapott kontroll, illetve kísérleti növények átlagos NDVI indexeit aztán ugyanígy összehasonlítjuk az utolsó napon végzett vizsgálat összesített eredményeivel akkor láthatjuk, hogy a kettő közötti különbség szignifikáns ($p=0,005$). A 82 napos korban végzett mérések eredményeit a 13. ábra tartalmazza.



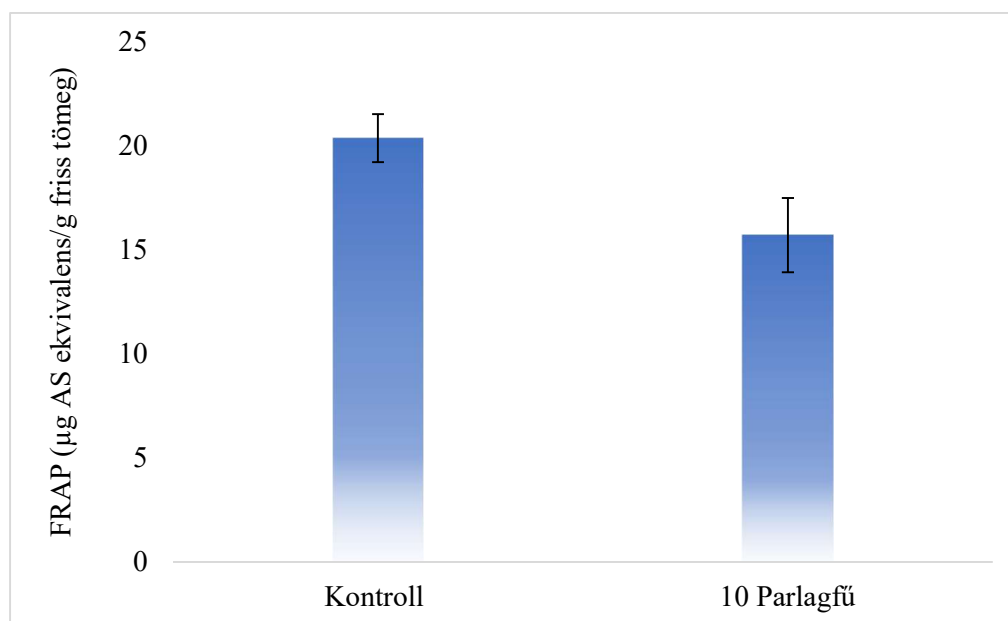
13. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos NDVI indexei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.)

A mérések eredményei alapján arra következtetnek, hogy az első valódi leveles fejlettségi stádiumban lévő repcenövény fejlődésének kezdetén még nem annyira érzékeny a parlagfű jelenlétére a normalizált vegetációs index tekintetében. Rozettás állapotban a kontrollhoz viszonyított fejletlensége már jobban megmutatkozik. Az NDVI értékek értelmezése szerint mind a két csoport 0,3-0,4-es tartományba esik, így vegetációs értékük alacsonynak tekinthető [http3].

3.2.5. Vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás (FRAP) mérés eredményei

A FRAP mérés eredményeit mutatja a 14. ábra.



14. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás értékei 82 napos korban (2022.08.04.)

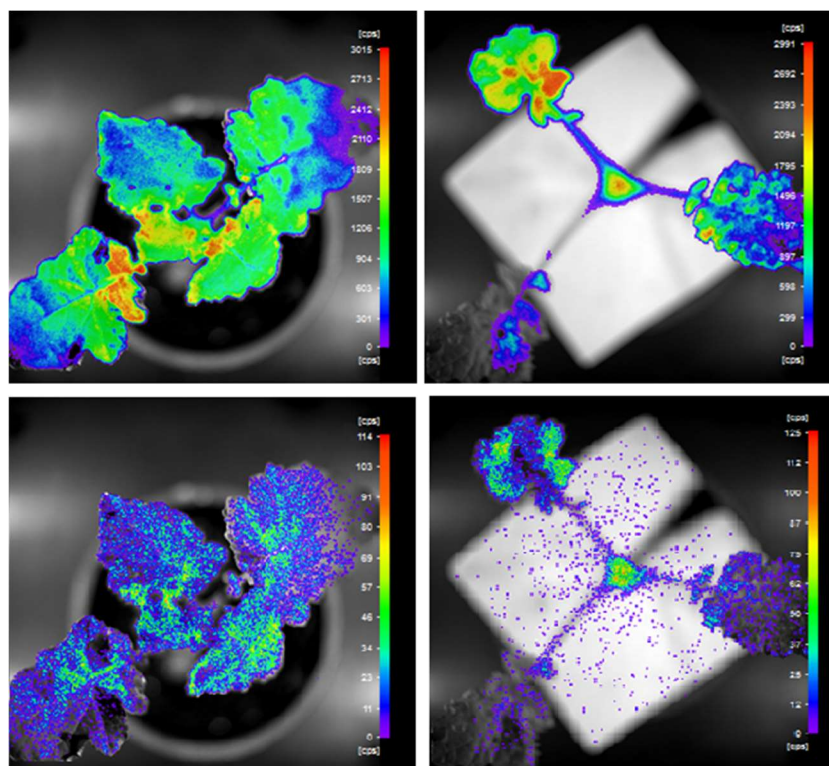
Szignifikáns különbség látható a két csoportban, amelyet az ANOVA elemzés is megerősített ($p = 0,002$). A kontrollcsoport antioxidáns kapacitásának értéke $20,4 \mu\text{g AS ekvivalens/g friss tömeg}$, az erős parlagfű kompetíciónak kitett csoporté $15,7 \mu\text{g AS/g friss tömeg}$ volt. A kettő közötti eltérés 23%-ot tett ki. A szórás nagyobbak bizonyult a kísérleti repcék esetében.

3.2.6. Biofoton emisszió mérés eredményei

A biofoton emisszió méréseinek alkalmával a 4-4 kontroll, illetve erős parlagfű kompetíciónak kitett repcéket megmértük a NightShade roncsolásmentes analitikai képalkotó készülék által, egy 30 perces program keretein belül. Mikor a kísérleti cserepek kerültek felvételezésre egy papírlap segítségével letakartuk a parlagfű növényeket, hogy a saját foton emissziójukkal ne zavarják az eredményeket, illetve ne nehezítsék az értékek különválasztását. Az eredmények taglalásának során külön fogom értékelni a mérések első és második 15 percének adatait, illetve az összehasonlításukat. Első lépésként cserepenként összegeztem a 15 perc alatt elért fotonkibocsátásokat, külön-külön. Miután ezt elvégeztem átlagoltam az első 15 perc

összértékeit a kontroll majd a kísérleti növények esetében is. Ezt megismételtem a második 15 perc eredményeivel is.

A 15. ábrán egy kontroll (bal oldal) és egy erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce növény (jobb oldal) késleltetett fluoreszcencia (fent) majd ultragyenge biolumineszcencia (lent) kibocsátása láthatók a Nightshade lb 985 Berthold technologies típusú roncsolásmentes analitikai képalkotó készülékben.



15. ábra

Kontroll és 10 parlagfűvel körbeültetett őszi káposztarepce késleltetett fluoreszcencia és ultragyenge biolumineszcencia kibocsátása a biofoton emisszió mérés első és második 15 percében a Nightshade lb 985 Berthold technologies típusú készülékben

(Fényképek: Knolmayer Bence)

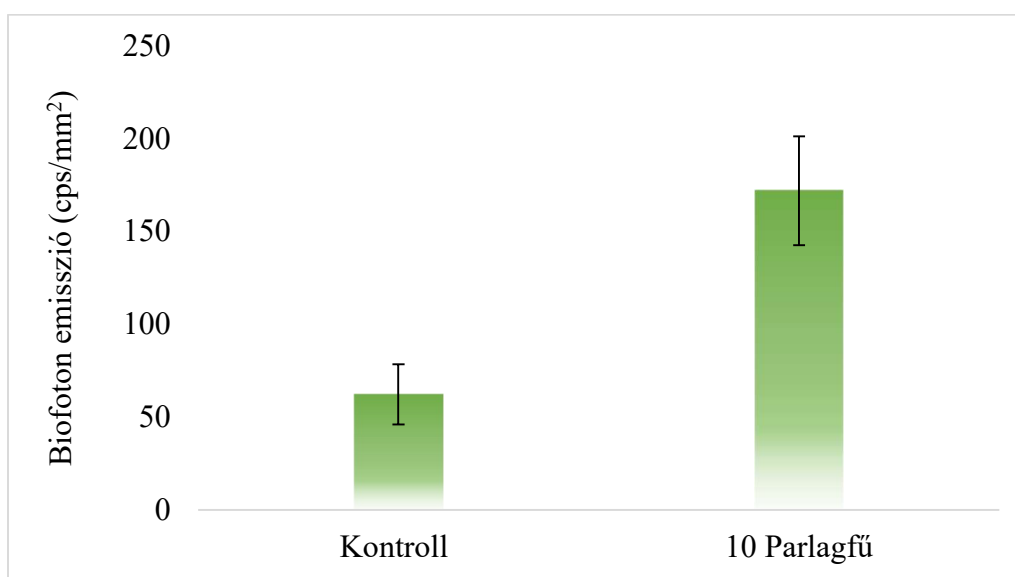
A biofoton emisszió mérés során a 30 perces vizsgálati idő első 15 percében kapunk információt a növények fotoszintetikus aktivitásával összefüggő késleltetett fluoreszcencia (DF) értékeinek alakulásáról, míg a második 15 percben az oxidatív folyamatokkal összeköttetésbe hozható ultragyenge biolumineszcencia eredményeiről tájékozódhatunk. A képek szépen reprezentálják, hogy a mérés első felében sokkal erősebb a fotonkibocsátás, amelyet a növények mellett látható, a kontrollnál 0-3015 cps-ig a kísérleti csoport mellett 0-2991 cps-ig terjedő tartomány erősít meg. A második 15 percben viszont jelentősen kevesebb foton kerül

kibocsátásra. A tartományok a kontroll esetében 0-114 cps-ig a stressznek kitett növényeknél pedig 0-125 cps-ig terjednek csupán.

3.2.6.1. A mérések első 15 percének eredményei: késleltetett fluoreszcencia (DF) értékek

Ebben az alfejezetben az első és utolsó alkalommal végzett 30 perc időtartamú biofoton emisszió mérés első 15 percének eredményei kerülnek taglalásra külön-külön, illetve egymás viszonyában. A mérés első felében kibocsátott fotonok a késleltetett fluoreszcencia jelenségéről adnak tájékoztatást.

Az első mérés alkalmával melynek eredményeit a 16. ábra mutatja be, már szemmel láthatóan is különbség vehető észre a két csoport biofoton emissziójában. A kontroll átlagos fotonkibocsátása az első 15 percen mindössze 62,31 cps/mm² volt, melynél a kísérleti csoport átlaga 63,8%-kal volt magasabb 171,95 cps/mm² érték mellett. Ezt az állítást a statisztikai elemzés is megerősíti: a 10 db parlagfűvel körbeültetett repce késleltetett fluoreszcencia értékei szignifikánsan ($p=0,017$) magasabbak voltak a kontroll repcénél mérteknél.

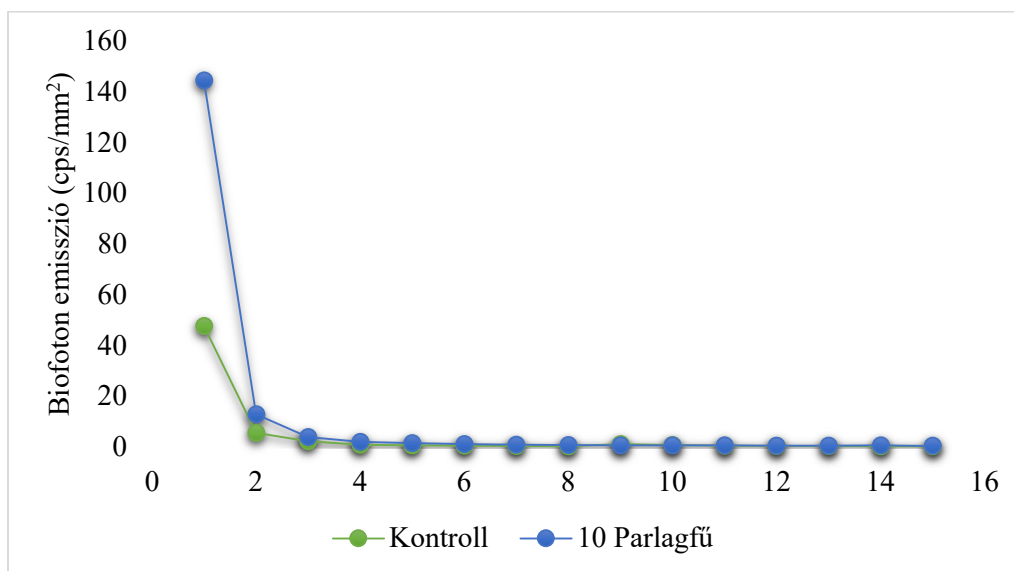


16. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos késleltetett fluoreszcencia értékei 21 napos korban az első mérés alkalmával az első 15 percen (2022.06.04.)

Ha vetünk egy pillantást a két csoport percenkénti biofoton jelintenzitásának alakulására (17. ábra) akkor láthatjuk, hogy a legnagyobb fotonkibocsátást a kísérleti csoport érte el az első pillanatban, 144,53 cps/mm² értékkel. A kontroll által kibocsátott legmagasabb fotonszám mindössze 47,76 cps/mm² volt. A második percen kapott jelek az első minutumban mért

kiugró értékhez képest már jelentős zuhanást mutattak, a 20 cps/mm²-t sem érték el. A kontroll esetében is hasonlóan alacsony értéket mértünk a második percben, viszont a változás nem annyira szembetűnő, mivel a legmagasabb érték sem mutatott akkora ugrást, mint a kompetíciónak kitett csoport esetében. A harmadik percet követően már egységesebb alacsony értékeket kaptunk mind a két csoportnál. Az eredményeket a 17. ábra mutatja be.

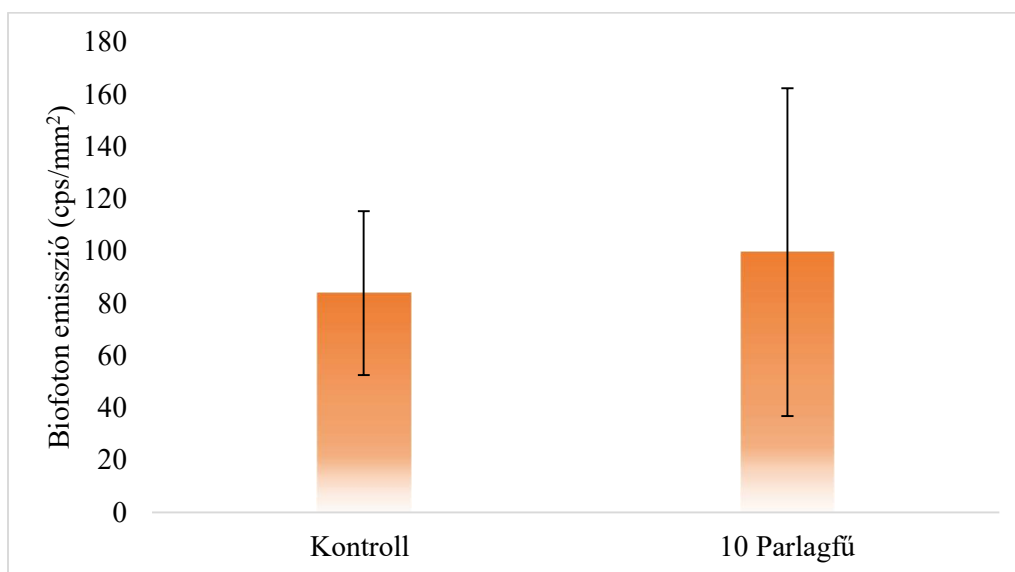


17. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepcék késleltetett fluoreszcenciája során regisztrált percenkénti fotonkibocsátásának átlagai az első 15 percben az első mérés alkalmával, 21 napos korban (2022.06.04.)

Az utolsó mérés alkalmával a 30 perces vizsgálati idő első felében nem történt lényegi változás a kibocsátott fotonok nagyságrendjét tekintve a két csoportban. Az első monitorozáshoz képest a kontroll (83,99 cps/mm²) átlagos biofoton emissziója magasabb volt 26%-kal, amely nem mutatott szignifikáns változást ($p=0,562$). Míg mikor a kompetíciónak kitett növények átlaga meghaladta a 171 cps/mm²-t addig ezalkalommal csak 99,65 cps/mm²-t ért el, ami 42%-os különbséget jelent ($p=0,337$). Ha vetünk egy pillantást a szórásra láthatjuk, hogy nagy a változatosság a részeredmények között, illetve az első méréshez képest az intervallum is nőtt mind a két csoport tekintetében.

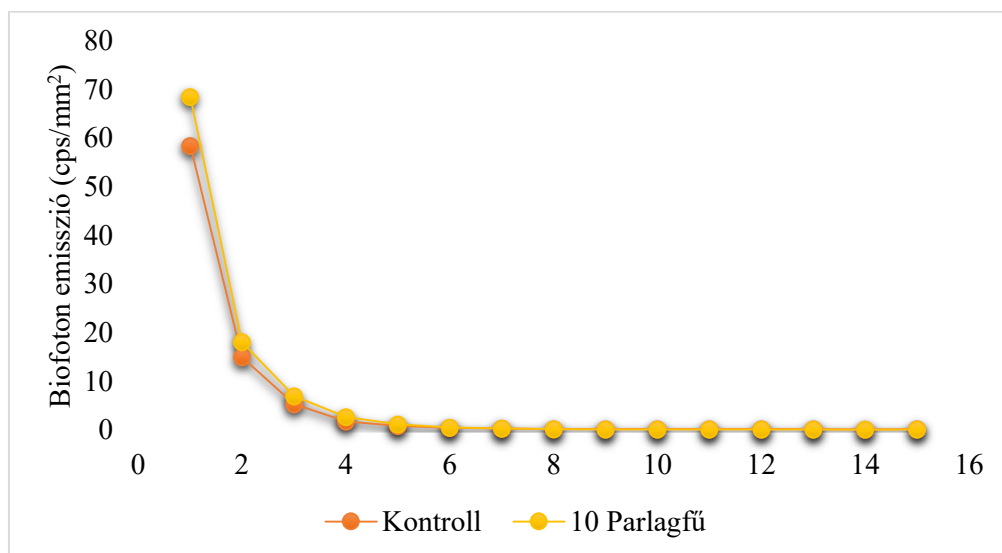
Az utolsó biofoton emisszió mérés első 15 percének eredményeit mutatja be a 18. ábra.



18. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos késleltetett fluoreszcencia értékei 82 napos korban az utolsó mérés alkalmával az első 15 percben (2022.08.04.)

A 19. ábrán a kontroll és a kísérleti növények percenkénti biofoton jelintenzitásának átlaga került feltüntetésre.



19. ábra

Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék késleltetett fluoreszcenciája során regisztrált percenkénti fotonkibocsátásának átlagai az első 15 percben az utolsó mérés alkalmával, 82 napos korban (2022.08.04.)

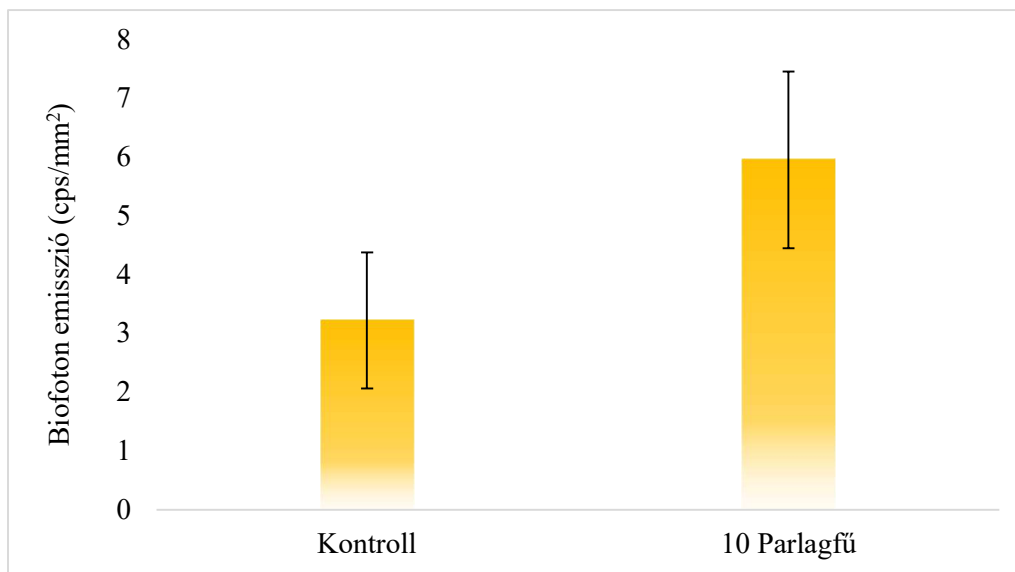
Ha ezalkalommal is megtekintjük a percenkénti fotonkibocsátás alakulását a két csoportban, akkor láthatjuk, hogy ismét az első percben érték el a legmagasabb értéket. A kísérleti csoport igaz újfent több fotont bocsátott ki a kontrollnál az első pillanatban, a két csoport közötti különbség immár sokkal kisebb volt. A második percnél már közelítettek egymáshoz az értékek, a harmadik és negyedik minutumig közel azonosak voltak, azonban az ötödik perctől már nagyon hasonló eredményeket mutattak. A repcék 21 napos korában egy valódi leveles állapotában végzett biofoton emisszió méréshez képest az utolsó monitorozás első 15 percének első pillanatában a legmagasabb kibocsátott fotonérték mindössze 68,50 cps/mm² volt, amelyet a kísérleti csoport ért el. Ez 52,6 %-os csökkenést jelent. A kontrollcsoport legmagasabb értéke, ami 58,46 cps/mm² volt azonban 18%-kal magasabbnak bizonyult.

Összefoglalásként elmondható, hogy a késleltetett fluoreszcencia értékei az első mérés alkalmával mindkét elemzési mód alapján a kísérleti csoport esetében voltak magasabbak. Ez arra vonatkozik, hogy egy-egy szakaszt először összesítve, oszlopdiagrammal, majd percenkénti lebontásban ábrázoljuk, így láthatóvá válik a késleltetett fluoreszcencia lecsengésének időbeli dinamikája is, ami szintén informatív a növényi stresszállapotot illetően. A késleltetett fluoreszcencia több korábbi munka alapján azon növényekben magasabb, amelyek fotoszintetikusán aktívabbak (Lukács és mtsai., 2022). Ez a helyzet állt fenn az erős gyomkompetíciónak kitett csoport esetében is, mivel a parlagfű növények a kísérlet beállításakor fejlettebb állapotban voltak, mint a repce. Ennek oka abban keresendő, hogy a parlagfű elhúzódó csírázású és ezért annak érdekében, hogy a repcével együtt vizsgálható legyen, a parlagfüveket előcsíráztattuk. A fejlettebb állapot strukturáltabb és aktívabb fotoszintetikus rendszert jelez, amit a késleltetett fluoreszcencia magasabb értékeiben is tetten érhetünk.

3.2.6.2. A mérések második 15 percének eredményei: ultragyenge biolumineszcencia (UGYL) értékek

Ebben az alfejezetben az első és utolsó alkalommal végzett 30 perc időtartamú biofoton emisszió mérés második 15 percének eredményei kerülnek taglalásra külön-külön, illetve egymás viszonyában. A mérés második felében kibocsátott fotonok az ultragyenge biolumineszcencia jelenségéről adnak tájékoztatást.

Az 20. ábra szemlélteti a biofoton emisszió mérés második 15 percének alakulását az első mérés alkalmával.

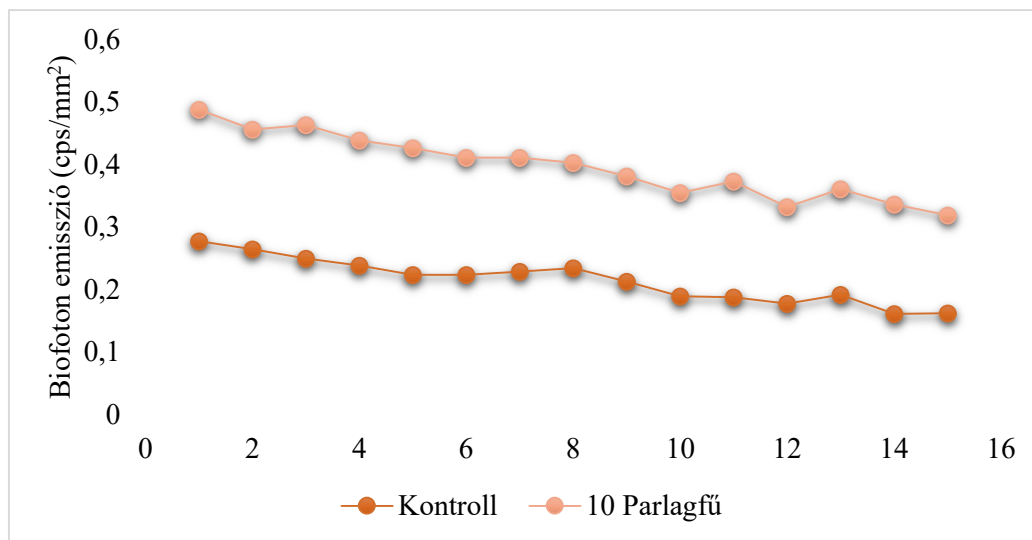


20. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos ultragyenge biolumineszcencia értékei az első mérés alkalmával az utolsó 15 percben, 21 napos korban (2022.06.04.)

Míg a 30 perces mérés első felében egy 0-250 cps/mm²-ig terjedő tartomány került kifejezésre, amely a növények fotoszintetikus anyagcsere folyamatáról (késleltetett lumineszcencia) szolgáltatott információkat, a 16-30. percig mért adatok már csak egy 0-8 cps/mm²-es intervallumon helyezkedtek el, melyek az oxidatív folyamatok (ultragyenge biolumineszcencia) alakulásáról tájékoztattak. A kontroll foton kibocsátása a 30. perc végéig 94,8%-kal csökkent az első 15 perchez képest, míg a kísérleti repcék értékei 96,5%-kal. A két csoport között nincs jelentős különbség a biofoton emisszió eredményeiben. A monitorozás második felében is a versengő növények bocsátottak ki több fotont, illetve a szórásuk is változatosabb volt.

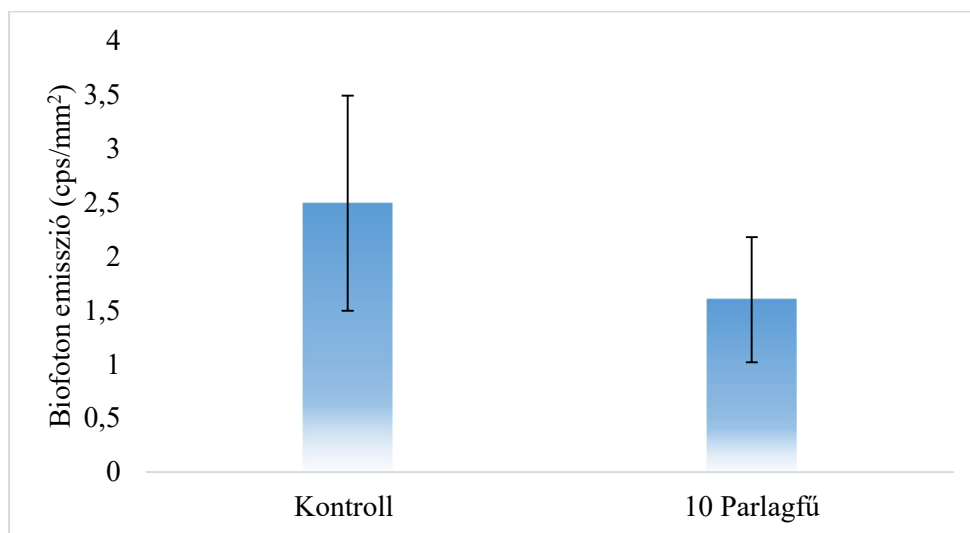
Hasonlóan a mérés első felének percenkénti alakulásához a második 15 percben is közel lineárisan csökkennek az értékek, apróbb kiugrások kíséretében. Mutatja 21. ábra.



21. ábra

Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék percenkénti ultragyenge biolumineszcencia értékeinek átlagai a második 15 percben az első mérés alkalmával, 21 napos korban (2022.06.04.)

A 22. ábra mutatja be a csoportok átlagos UGYL értékeit az utolsó mérés alkalmával.

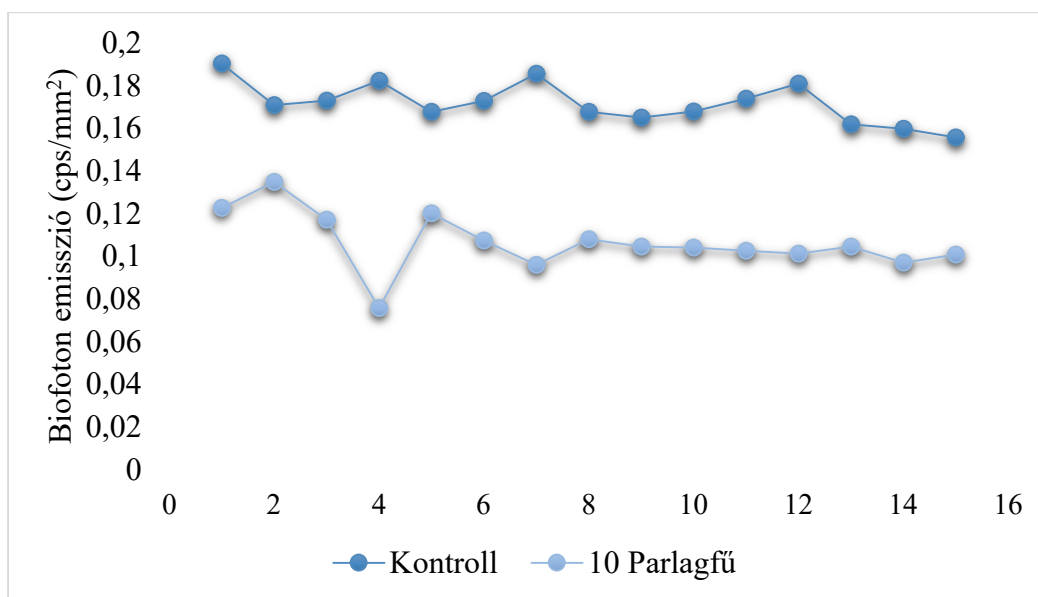


22. ábra

Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos ultragyenge biolumineszcencia értékei az utolsó mérés alkalmával az utolsó 15 percben, 82 napos korban (2022.08.04.)

A felvételezés második 15 percében a kibocsátott fotonok számát illetően a kontrollban 97%-os, az erős parlagfű kompetíciónak kitett csoportban 98%-os csökkenés következett be. Az ekkor mért átlagértékek az előbbi esetében $2,50 \text{ cps/mm}^2$, az utóbbinál $1,60 \text{ cps/mm}^2$ voltak. Ebben az esetben a korábbi méréshez nem hasonlóan, a kontroll biofoton emissziója volt magasabb. A szórások a nem versengő növények csoportjában változatosabbnak mutatkoztak, mint a kísérleti növények esetében. Ha együtt vizsgáljuk a kontroll és a kísérleti csoportok átlagos biofoton kibocsátását a két mérés viszonyában a második 15 percen, akkor szignifikáns különbséget vehetünk észre az eredményeken ($p=0,046$). Az első és utolsó mérés második felében a kompetíciós csoportok közötti különbség jelentős volt ($p=0,035$), százalékos formában 73%-os csökkenést említhetünk. A kontroll esetében a visszaesés 23%

A 23. ábra szemlélteti az utolsó mérés második 15 percének percenkénti alakulását



23. ábra

Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék percenkénti ultragyenge biolumineszcencia átlagai a második 15 percen az utolsó mérés alkalmával, 82 napos korban (2022.08.04.)

Az utolsó mérés második 15 percének alakulása során az első méréshez hasonlóan a kibocsátott ultragyenge biolumineszcencia értékei szintén a 16. percen voltak a legmagasabbak a kísérleti csoportban. Az első mérés második 15 percének alakulásához képest a kontrollcsoport a 17.

percre érte el a legmagasabb kibocsátott fotonértéket. A kontrollcsoport értékei egy kezdeti csökkenést követően hol megemelkedtek, hol visszaestek, változó mértékekben. Az első mérés biofoton emissziójához viszonyítva, ahol egységes csökkenés következett be apróbb kiugrások kíséretében az utolsó mérés értékei nagyon változatosnak tekinthetők. Az erős parlagfű kompetíciónak kitett csoport alakulása is izgalmasnak mondható az első méréskor kapott eredményekhez képest. A 19. percben bekövetkezett egy jelentősebb zuhanás, ami a 20. percre megközelítette a nagyobb visszaesés előtti értéket. Ezt követően a kezdeti csökkenés után viszonylag egységes számokat kaptunk a mérés végéig.

Az ultragyenge biolumineszcencia értékei a kísérlet utolsó mintavételi időpontjában, a 82 napos repcenövények esetében folyamatosan magasabbak voltak a mérés teljes időtartamában. Szignifikáns különbség volt a kísérleti csoportok időbeli változását tekintve ($p=0,035$), illetve, ha együtt vizsgáljuk a kontroll és kísérleti csoportok átlagértékeit az utolsó 15 percben a két alkalom viszonyában szintén jelentős eltérést tapasztalhatunk ($p=0,046$). Ez magasabb stresszállapotra utal, mivel korábbi eredmények alapján is a stressznek kitett növények biofoton emissziója magasabb értékű volt, mind az abiotikus stresszorként jelentkező kadmium (Jócsák és mtsai., 2020), hőstressz (Jócsák és mtsai., 2022), vagy a biotikus károsító, a veresnyakú árpabogár (Lukács és mtsai., 2022), esetében. Jelen munkánkban is hasonló eredményeket kaptunk, ami arra utal, hogy ez a jelenség; a megemelkedett oxidatív folyamatok következményeként létrejövő magasabb ultragyenge biolumineszcencia jelkibocsátás; bekövetkezik gyomkompetíciós folyamatok eredményeként repce és parlagfű esetében.

3.3. Következtetések és javaslatok

Az erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepcék szinte minden vizsgálatban jelentős mértékben alulmaradtak a kontroll értékeihez képest. Kivételt képeznek ez alól a biofoton emisszió mérés eredményei.

A növénymagasság mérés adatai szignifikáns változásokat mutattak a csoportok időbeli változásában és viszonyában. A kontroll- illetve a kísérleti csoport is jelentősen növekedett az első mérés eredményeihez képest. Ha együtt értékeljük a nem versengő és erős parlagfű kompetíciónak kitett repcék által elért átlagokat a két mérés viszonyában, akkor jelentős eltéréseket tapasztalhatunk. A két vizsgálat eredményei alapján, a szórások figyelembevétele mellett arra a következtetésre jutottam, hogy a parlagfű jelenléte nem hat egységesen az őszi káposztarepcék növekedésére.

Az egyszer történő vizsgálatok esetében, mint friss hajtástömeg, illetve vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás mérés, jelentős különbség keletkezett a két csoport között a kontroll javára.

A relatív klorofilltartalom becslés (SPAD) eredményei a növénymagasság méréshez hasonlóan alakultak. Az utolsó vizsgálat alkalmára mikor a növények 82 naposak voltak a kontroll klorofilltartalma jelentősen, a kísérleti repcéké elhanyagolható mértékben növekedett. Az augusztusi mérés során a két csoport közötti eltérés szignifikáns volt. Az első és utolsó vizsgálat közötti különbség jelentős, ha együtt értékeljük a kontroll, illetve a kísérleti csoportok átlagos SPAD indexeit. Minden eredmény figyelembevételével azt a megállapítást tettem, hogy a fiatal, fejlődésük küszöbén álló repcenövények klorofilltartalma egyedenként még igen változó, viszont értékeik egységesebbé válnak a rozettás állapot eléréséig. Sajnos a 10 parlagfűvel körbeültetett repcék nem tudták hozni a nem versengő növényekre jellemző klorofilltartalmat. Mind a két mérés alkalmával a gyomkompetíciónak kitett növények SPAD értékei homogénebbek voltak a kontrollénál.

A normalizált vegetációs index (NDVI) vizsgálatánál mind a kontroll mind a kísérleti csoport átlagos értéke jelentősen lecsökkent az utolsó mérés alkalmára. A két csoport közötti eltérés az augusztusi mérésnél jelentős volt. Az első és utolsó vizsgálat közötti különbség szignifikáns, ha együtt értékeljük a kontroll, illetve az erős parlagfű kompetíciónak kitett növények átlagos NDVI indexeit. Mind a két csoport értéke egy 0,3-tól valamennyivel 0,4 feletti tartományban helyezkedett el, így kimondható, hogy vegetációs indexük alacsony, ami fejletlenségre utal.

A biofoton emisszió mérés első 15 percének eredményei, melyek a késleltetett fluoreszcencia jelenségéről nyújtanak információt a következőképpen alakultak: az utolsó alkalomra (mikor a repcék 82 naposak és rozettás állapotban voltak) mind a két csoport által kibocsátott átlagos fotonérték nem szignifikáns mértékben megnőtt. A két csoport közötti eltérés az első mérésen (mikor 21 naposak és első valódi leveles állapotban voltak) még jelentős, azonban az utolsó alkalomkor már elenyésző mértékű volt. A késleltetett fluoreszcencia értékei mindkét vizsgálat során magasabbak voltak az erős parlagfű kompetíciónak kitett csoportban. Több vizsgálat megerősítette, hogy ez az érték azon növények esetében magasabb, melyek fotoszintetikusán aktívabbak (Lukács és mtsai., 2022). Ez arra vezethető vissza, hogy a parlagfüveket előcsíráztattuk annak érdekében, hogy a repcével együtt vizsgálhassuk, mivel csírázásuk elhúzódhat. A fejlettebb állapot strukturáltabb és aktívabb fotoszintetikus rendszert jelez, amit a késleltetett fluoreszcencia magasabb értékeiben is tetten érhetünk.

Az első és utolsó biofoton emisszió mérés második 15 percének összehasonlítása során az oxidációs folyamatokkal összefüggő ultragyenge biolumineszcencia változásáról kaptunk információt. Az augusztusi vizsgálatra a kísérleti csoport fotonkibocsátása nagymértékű visszaesést mutatott. A kontroll átlagértékének csökkenése nem volt ilyen nagyfokú. Ha együtt vizsgáljuk a kontroll és a kísérleti csoportok átlagos biofoton kibocsátását a két mérés viszonyában a második 15 percben, akkor szignifikáns különbséget vehetünk észre az eredményeken. Az ultragyenge biolumineszcencia értékei a kísérlet utolsó mintavételi időpontjában, a 82 napos repcenövények esetében folyamatosan magasabbak voltak a mérés teljes időtartamában. Ez magasabb stresszállapotra utal, mivel korábbi eredmények alapján is a stressznek kitett növények biofoton emissziója magasabb értékű volt, mind az abiotikus stresszorként jelentkező kadmium (Jócsák és mtsai., 2020), hőstressz (Jócsák és mtsai., 2022), vagy a biotikus károsító, a veresnyakú árpabogár (Lukács és mtsai., 2022), esetében. Jelen munkánkban is hasonló eredményeket kaptunk, ami arra utal, hogy ez a jelenség; a megemelkedett oxidatív folyamatok következményeként létrejövő magasabb ultragyenge biolumineszcencia jelkibocsátás; bekövetkezik gyomkompetíciós folyamatok eredményeként repce és parlagfű esetében.

Ezen eredmények ismeretében kijelenthetjük, hogy szignifikáns változások következtek be a különböző paraméterekben az erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepcék esetében a korai versengésben. Annak érdekében, hogy a természeteshez közelebb álló parlagfűterhelés értékeit vizsgálhassuk, (mely a gyakorlati felhasználhatóságban relevánsabb eredményeket, kiindulópontokat mutathat) további mérések szükségesek. E célok eléréséhez szükséges

additív kísérlet még folyamatban van, melynek lényege, hogy a kultúrnövény egyedsűrűsége állandó, viszont a gyomnövények sűrűségét változtatják.

Herbológia területén még nem került sor az őszi káposztarepce és az ürömlevelű parlagfű közötti versengés innovatív, *nem-invazív* eljárásokon alapuló vizsgálatára, mint biofoton emisszió mérés, relatív klorofilltartalom becslés (SPAD), illetve normalizált vegetációs index (NDVI) mérés. Ennek okán következtetéseim első eredménynek számítanak.

4. Összefoglalás

Szakedolgozatom témája az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.), illetve az őszi káposztarepce (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) közötti korai versengés értékelése volt erős parlagfű kompetíció létrehozása mellett, konvencionális és innovatív eljárások segítségével. Napjaink klímaváltozása, a hosszú meleg nyarak és enyhe ősök, valamint a megfelelő mennyiségű csapadék elősegíthetik a T₄-es kapásgyomok, mint amilyen a parlagfű tömeges kelését a kultúrában. Ezáltal kompetíciós partnerré válhatnak a fiatal repcenövény számára melynek gyomelnyomóképessége ilyenkor még nagyon gyenge, fejletlen. A parlagfű jelentős inváziós gyomnövény hazánkban, mely nagy területen elterjedt és allergén hatása a humánegészségügyben is számos problémát okoz. Így relevánsnak tartottam e két jelentőségteljes növényfaj közötti korai kompetíció vizsgálatát.

A kísérlet beállításakor létrehoztunk kontroll (egy repce), illetve erős gyomkompetíciónak kitett csoportokat, egy repce és 10 darab parlagfű létszám mellett négy-négy ismétlésben. A kultúrnövények vetését követően melléjük már az előcsíráztatott kéthetes parlagfű növények kerültek elhelyezésre. Az első mérés alkalmakor (2022.06.04.) a repce 21 napos és első valódi leveles fejlettségi stádiumban volt, az utolsó vizsgálat alkalmára (2022.08.04.) 82 naponan elérte a rozettás állapotot. Az analitikai vizsgálatokat a MATE Kaposvári Campusának Molekuláris Biológiai laboratóriumában végeztük el. A dolgozat eredményei az első és utolsó mérés értékeinek összehasonlítását tartalmazza a négy-négy cserép átlagértékeivel számolva.

Sor került növénymagasság, friss hajtástömeg és vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás (FRAP) mérésre, amely utóbbi egy spektrofotométerrel történő eljárás. Emellett végeztünk nem-invazív analitikai vizsgálatokat kézi gyorsmérők segítségével, mint relatív klorofilltartalom becslés (SPAD), illetve normalizált vegetációs index (NDVI) mérés. Továbbá megvizsgáltuk az őszi káposztarepcék biofoton emisszióját a roncsolásmentes analitikai képalkotó készülék a NightShade LB 985 által.

Az eredményeket tekintve arra a megállapításra jutottam, hogy az erős parlagfű kompetíciónak kitett növények szignifikáns eltéréseket mutatnak a kontroll értékeihez képest, túlnyomórészt a nem versengő növények javára. Vizsgált paraméter volt a kontroll és kísérleti növények időbeli változása, illetve a közöttük lévő eltérés. Mind a növénymagasság, mind a SPAD mérés esetén jelentős növekedést produkáltak a kultúrnövények (leszámítva a kísérleti repcék SPAD értékét). Az utolsó értékelés alkalmával pedig a két csoport közötti eltérés is szignifikáns volt. Az NDVI indexek az augusztusi vizsgálat alkalmára jelentősen lecsökkentek, emellett a két csoport

közötti különbség is nagymértékű volt. Mindhárom vizsgálatra igaz, hogyha együtt értékeljük a kontroll és a kísérleti csoport által elért átlagokat a két mérés viszonyában, akkor jelentős eltéréseket tapasztalhatunk. Azon mérések eredményeit tekintve, amelyek egyszer kerültek elvégzésre, mint friss hajtástömeg, illetve FRAP vizsgálat, azonos tendencia volt jellemző. A kontroll jelentős mértékben nagyobb értékeket ért el, mint a kísérleti csoport.

A biofoton emisszió vizsgálatánál külön értékeltem az első 15, illetve az utolsó 15 perc értékeinek változását a két mérés viszonyában. A mérések első felében a fotoszintetikus aktivitással összefüggő késleltetett fluoreszcencia jelenségéről kaptunk információt, míg a mérések második felében az oxidációs folyamatokból származó ultragyenge biolumineszcencia alakulása volt megfigyelhető. Az első mérés első 15 percében jelentős eltérés volt a két csoport között, viszont az utolsó alkalomra ez nem volt jellemző. A csoportok időbeli változása sem volt szignifikáns. A késleltetett fluoreszcencia értékei mindkét vizsgálat során magasabbak voltak az erős parlagfű kompetíciónak kitett csoportban. Több vizsgálat megerősítette, hogy ez az érték azon növények esetében magasabb, melyek fotoszintetikusan aktívabbak (Lukács és mtsai., 2022).

A mérések második 15 percében a csoportok időbeli változása csak a kísérleti növények esetében volt szignifikáns. Mind a két csoportban csökkenés következett be az első mérés eredményeihez képest. Az augusztusi mérés értékei a két csoportban szignifikáns változást mutattak a júniusi mérés második 15 percének eredményeihez képest. Az ultragyenge biolumineszcencia értékei a repcék 82 napos korában az utolsó vizsgálat teljes időtartama alatt magasabbak voltak. Ez magasabb stresszállapotra utal, ami azt bizonyítja, hogy megemelkedett oxidatív folyamatok következményeként létrejövő fokozottabb ultragyenge biolumineszcencia jelkibocsátás bekövetkezik a gyomkompetíciós folyamatok eredményeként a repce és parlagfű esetében.

Az imént felsorolt erős parlagfű kompetícióból eredő szélsőséges eredmények megerősítik azt a hipotézist, miszerint további vizsgálatok szükségesek a természeteshez közelebb álló parlagfűterhelés hatásának vizsgálatához a korai versengésben. Ezen additív kísérletek még folyamatban vannak.

Herbológia területén még nem került sor az őszi káposztarepce és az ürömlevelű parlagfű közötti versengés innovatív, *nem-invazív* eljárásokon alapuló vizsgálatára, mint biofoton emisszió mérés, relatív klorofilltartalom becslés (SPAD), illetve normalizált vegetációs index (NDVI) mérés. Ennek okán következtetéseim első eredménynek számítanak.

5. Köszönetnyilvánítás

Szeretném nagyon szépen megköszönni dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségét konzulensemnek Pacseszákné Dr. Kazinczi Gabriella Mártának, illetve hálásan köszönöm témavezetőm Dr. Jócsák Ildikó végtelen türelmét, idejét, és szakmai segítségét! Szívélyes köszönettel tartozom Knolmajer Bence PhD hallgatónak, hogy részt vehettem ezekben a mérésekben, illetve bármikor kereshettem kérdéseimmel!

6. Irodalomjegyzék

- Angiosperm Phylogeny Group (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161(2): 105–121. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Bassett, I. J., Crompton, C. W. (1975): The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. *Canadian Journal of Plant Science* 5: 463–476. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps75-072>
- Benzie, F.F. and Strain, J.J. (1999): Ferric Reducing/ Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration. *Methods in enzymology*. vol. 299: 15-23.
- Béres, I. (2003): Az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) elterjedése, jelentősége és biológiája. *Növényvédelem* 39(7): 293–302.
- Béres I. (2004): Az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) elleni integrált gyomszabályozási stratégiák. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 5(1): 3–14.
- Béres I., Hunyadi K. (1991): Az *Ambrosia elatior* elterjedése Magyarországon. *Növényvédelem* 27(9): 405-410.
- Berzsenyi Z. (2000): Gyomszabályozási stratégiák a fenntartható növénytermesztésben. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 1(1): 3-21.
- Cifra, M., – Pospíšil, P. (2014): Ultra-weak photon emission from biological samples: definition, mechanisms, properties, detection and applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 139, 2-10.
- Czímber Gy. (2006): Kísérlet a gyomnövény-fajok veszélyességi indexének kimunkálására. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 7(1): 51–62.
- Csajbók József (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme, jegyzet, Debrecen Egyetem, (ISBN: 978-615-5183-33-1)
- Donald, C. M. (1963): Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*. 15. 1-118.
- Essl, F. – Biró, K. – Brandes, D. – Broennimann, O. – Bullock, J. M. – Chapman, D. S. – Chauvel, B. – Dullinger, S. – Fumanal, B. – Guisan, A. – Karrer, G. – Kazinczi, G. –

- Kueffer, C. – Laitung, B. – Lavoie, C. – Leitner, M. – Mang, T. – Moser, D. – Muller-Scharer, H. – Petitpierre, B. – Richter, R. – Schaffner, U. – Smith, M. – Starfinger, U. – Vautard, R. – Vogl, G. – Von der Lippe, M. – Follak, S. (2015): Biological flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia*. *Journal of Ecology* 103: 1069–1098.
- Falkowski, P.G. és Raven, J.A. (1997): Aquatic photosynthesis. Blackwell, Oxford
- Geddes, R. D. – Scott, H. D. – Oliver L. R. (1979): Growth and water use by common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) and soybeans (*Glycine max*) under field conditions. *Weed Science* 27: 206-212.
- Gu, X.B., Li, Y.N., Du, Y.D. (2017): Biodegradable film mulching improves soil temperature, moisture, and seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Soil Tillage Res* 171, 42-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.04.008>
- Haripriya, A. M., – Byju G., (2008): Chlorophyll meter and leaf colour chart to estimate chlorophyll content, leaf colour, and yield of cassava. *Photosynthetica* 46(4): 511-516.
- Hossain Z., Makino T., Komatsu S. (2012): Proteomic study of β -aminobutyric acid-mediated cadmium stress alleviation in soybean. *Journal of Proteomics* 75: 4151–4164.
- Hrabovský, M. – Ščevková, J. – Mičieta, K. – Lafférssová, J. – Dušička, J. (2016): Expansion and aerobiology of *Ambrosia artemisiifolia* L. in Slovakia. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 23(1): 141–147. DOI: <https://doi.org/10.5604/12321966.1196854>
- Hunyadi K. – Béres I. – Kazinczi G. (2011): Gyomnövények, gyombiológia, gyomirtás. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Hyvönen, T. – Glemnitz, M. – Radics, L. – Hoffmann, J. (2011): Impact of climate and land use type on the distribution of Finnish casual arable weeds in Europe. *Weed Research* 51: 201–208.
- Janusz, S., Fritz-Albert, P. (1987): Temperature hysteresis of low level luminescence from plants and its thermodynamical analysis. *J. Plant Physiol.* 130: 111–123.
- Jócsák I., Malgwi I., Rabnecz Gy., Szegő A., Varga-Visi É., Végvári Gy., Pónya Zs. (2020): Effect of cadmium stress on certain physiological parameters, antioxidative enzyme activities and biophoton emission of leaves in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. *PloS one*, 15(11), e0240470. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240470>

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. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11050640>

Jursinic PA (1986): Delayed fluorescence: current concepts and status. In: Govindjee, Fork DC (eds) Light emission by plant and bacteria. Academic Press, New York, pp 291-328

Kádár, A. (1983): Gyomirtás – Vegyszeres termésszabályozás. Mezőgazdasági Kiadó Bp. 9-201.

Kádár A. (szerk.) (2016): Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás. Kádár Aurél, 2016.
Kádár I., Kismányoky T., Németh T., Pálmai O., Sarkadi J. (1999): Tápanyaggazdálkodásunk az ezred fordulón. *Agrokémia és Talajtan* Tom. 48(1-2.) 193-202.

Kazinczi G. (2015): A napraforgó-gyomirtás kihívásai. *Magyar Mezőgazdaság* 70(27): 22–23.

Kazinczi G. – Béres I. – Varga P. – Kovács I. – Torma M. (2007): A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) és a kultúrnövények közötti versengés szabadföldi additív kísérletekben. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 7(1): 41–47.

Kazinczi G., Béres I., Novák R., Bíró K., Pathy, Zs. (2008): Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): A review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Herbologia* 9: 55–91.

Kazinczi G. – Béres I. – Novák R. – Karamán J. (2009): Újra fókuszban az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.), *Növényvédelem* 45(8): 389–403.

Kazinczi G. – Horváth J.- Takács A. – Gáborjányi R. – Cseh E. (2011): Vírusok alternatív gazdája: ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Növényvédelem* 47(12): 505–510.

Kerekes G., Shevchuk O., Petcuci A. M., Papp Z., Bíró Á. F., Menyhárt L., Perényi J., Alfarano L., Apostolidis V., Sikora K. (2019): Napraforgó állományvédelme az ürömlevelű parlagfű és egyéb kétszikű gyomok ellen. 65. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest. 2019.

Keszthelyi S., Kazinczi G. (2014): Az őszi káposztarepce védelme. *Növényvédelem* 50 (9): 409-432.

- Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M., Morrison, M.J. (2016): Drivers of trends in Australian canola productivity and future prospects. *Crop & Pasture Science*. 67. DOI: https://doi.org/10.1071/CPv67n4_FO
- Kiss Iné (2002): Előzetesen a 2002. évi repcetermelésünkről. *Agrofórum* 13(7): 19.
- Kobayashi K, Okabe H, Kawano S, Hidaka Y, Hara K. Biophoton emission induced by heat shock. *PLoS One*. 2014 Aug 25;9(8):e105700. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105700> PMID: 25153902; PMCID: PMC4143285.
- Komlódi M., Juhász M. (1993): *Ambrosia elatior* (L.) in Hungary (1989–1990). *Aerobiologia*, 9(1), 75–78.
- Lehoczky É. (2003): A korai kompetíció vizsgálata növekedésanalízissel. *Magyar gyomkutatás és Technológia* 4(2): 25-34.
- LIU, J. G., MAHONEY, K. J., SIKKEMA, P. H., SWANTON, C. J. (2009). The importance of light quality in crop-weed competition. *Weed Research*, 49(2): 217–224.
- Lukács, H., Jócsák, I., Somfalvi-Tóth, K., Keszthelyi, S. (2022). Physiological Responses Manifested by Some Conventional Stress Parameters and Biophoton Emission in Winter Wheat as a Consequence of Cereal Leaf Beetle Infestation. *Frontiers in plant science*, 13, 839855. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.839855>
- Makra L. – Juhász M. – Béczi R. – Borsos E. (2005): The history and impacts of airborne *Ambrosia* (Asteraceae) pollen in Hungary. *Grana* 44: 57–64. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173130510010558>
- Montagnani, C., Gentili, R., Smith, M., Guarino, M. F., Citterio, S. (2017): The Worldwide Spread, Success and Impact of Ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences* 36: 139–178.
- Nagy Z. (2002): Ősszel dől el a repce sorsa. *Agrofórum* 13(7): 4.
- Nieto, J., Brando, M. A. and Gonzales J. T. (1968): Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *Pest Articles and New Summaries* 14: 159-166.
- Noguchi, K. – Nakayama, K. (1978): Studies on competition between upland crops and weeds. III. Effect of shade on growth of weeds. *Crop Science* (Japan) 47: 56-62.
- Novák R. (2006): Az őszi káposztarepce gyomirtása. *Növényvédelem* 42 (9): 514-520.

Novák R. (2010): Az ürömlevelű parlagfű hazai térhódítása. Országos Parlagfű Konferencia, Budapest, 2010.

Novák R. – Magyar M. – Simon G. – Kadaravek B. – Guttyán A. – Blazsek K. – Erdélyi K. – Farkas G. – Gyulai B. – Hornyák A. – Kovács A. – Nagy L. – Nagy M. – Obert N. – Szabó O. – Vajda F. – Zsolnai G. – Antal A. – Vajda É. – Doma Cs. – Kovács M. – Szabó A. – Tóth F. – Tóth G. I. – Bulla K. – Ughy P. – Vas L. – Vincze K. – Balogh Z. – Ördögh H. – Bakos K. – Benedeczki B. – Dávid I. – Dóber J. – Fári Z. – Gracza L. – Partosfalvi P. – Szabó L. – Talabér C. – Almási A. – Dobszai-Tóth V. – Hreskó S. – Major E. – Szőke L. – Takács A. – Tóth L. – Zalai M. – Bese G. – Hódi L. – Kiss E. – Papp Z. – Pinke Gy. – Kovács G. – Duba P. – Jakab T. – Béres I. – Burghardt N. – Kazinczi G. – Ihárosi E. – Pásztor Gy. – Takács Á. – Dancza I. (2020): A Hatodik Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés előzetes eredményei, Siófok, 2020, március 12.

Ortmans, W. – Mahy, G. – Monty, A. (2017): Northern range edge equilibrium of *Ambrosia artemisiifolia* L. not achieved in Western Europe. *Biotechnologie Agronomie Societe et Environment* 21(1): 12–21. DOI: <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13487>

Oszlányi R. (2020): *Az uborka (Cucumis sativus L.) fajták morfológiai jellemzőinek, abszizinsav érzékenységének és oxidatív stresszmarkereinek jellemzése*. Budapest, 40. 29–30. https://godollo.uni-mate.hu/sites/default/files/oszlanyi_reka-ertekezes.pdf (Letöltve: 2023.10.29.)

Patterson, D. T., Flint, E. P. (1983): Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. *Weed Science* 31: 318–323.

Pavlychenko, T. K. – Harrington, J. B. (1934): Competitive efficiency of weeds and cereal crops. *Canadian Journal of Research* 10: 77–94.

Pinke, Gy., Karácsony, P., Czucz, B., Botta-Dukát, Z. (2011): Environmental and Landuse Variables Determining the Abundance of *Ambrosia artemisiifolia* in arable fields in Hungary. *Preslia* 83: 219–235.

Pospíšil P. (2012): Molecular mechanisms of production and scavenging of reactiveoxygen species by photosystem II. *Biochim Biophys Acta–Bioenergetics*, 1817 (1): 218–231

Pozsgai J. (1982): Kompetíció a cukorrépa és gyomnövényzete között. Kandidátusi értekezés, Sopronhorpács.

- Radics L. (2012): Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2. Agroinform kiadó, Budapest, 2012, 383-395.
- Radics László – Pusztai Péter: Alternatív növények korszerű termesztése. Bp.: Szaktudás Kiadó Ház, 2011. 286. p. (ISBN 978-963-9935-74-7)
- Radics László (szerk.): Szántóföldi növénytermesztés. Bp.: Szaktudás Kiadó Ház, 2007. 259. p. (ISBN 963 9422975)
- Rybnicek, O. – Jager, S. (2001): Ambrosia (ragweed) in Europe. *Allergy Clin. Immunol. Int.* 13: 60–66.
- Scott, H. D. – Geddes R. D. (1979): Plant water stress of soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*): a comparison under field conditions. *Weed Science* 27: 285-289.
- Strehler, B.L., – Arnold, W. (1951): LIGHT PRODUCTION BY GREEN PLANTS. *The Journal of General Physiology*, 34: 809 - 820.
- Szentes D. – Lehoczky É. (2016): Az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) elterjedése, biológiája, mezőgazdasági és humánegészségügyi kártétele. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 17(2): 3–24.
- Takács, A. – Jenser, G. – Kazinczi, G. – Horváth, J. – Gáborjányi, R. (2006): Natural weed hosts of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) in Hungary. *Cereal Research Communications* 34(1): 685–688.
- Takács, A. – Kazinczi, G. – Horváth, J. – Gáborjányi, R. – Varga, L. – Jenser, G. (2008): Relationships between *Thysanoptera* species and *Tomato spotted wilt virus* (TSWV). *Cereal Research Communications* 36: 95–98.
- Takeda, T., Hakoyama, S., Agata, W., Furuya, S. (1980). Studies on Weed Vegetation in Non-cultivated Paddy Fields: III. Effects of different soil moisture levels on growth during early stage of some summer grasses. *Japanese Journal of Crop Science*, 49(3): 432-438.
- Thalman, D.J.K. – Kikodze, D. – Khutsishwili, M. – Kharazishvili, D. – Guisan, A. – Broennimann, O. – Müller-Schärer, H. (2015): Areas of high conservation value in Georgia: present and future threats by invasive alien plants. *Biological Invasions* 17: 1041–1054.
- Vengris, J. – Colby W. G. – Drake M. (1995): Plant nutrient competition between weeds and crops. *Agronomy Journal* 47: 213-216.

Zalai M. – Áy Z. – Molnár S. – Szendrei Z. – Keresztes Zs. – Dorner Z. (2014): Őszi kalászos és silókukorica vetések gyomosodási viszonyainak vizsgálata ökológiai gazdálkodásban 2014-ben. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 15(1-2.): 47-56.

[http1]: Letöltés dátuma: 2023.11.01. forrás: <https://primet.hu/termek/spad-502plus-klorofill-mero/>

[http2]: Letöltés dátuma: 2023.11.01. forrás: <https://handheld.psi.cz/products/polypen/>

[http3]: Letöltés dátuma: 2023.10.14. forrás: <https://talajreform.hu/tudasbazis/ndvi-kepek-hasznalata/>

[http4]: Letöltés dátuma: 2023.11.01. forrás: <https://www.berthold.com/en/bioanalytic/products/in-vivo-imaging-systems/nightshade-lb985/>

6.1. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra	A repce morfológiája.....	4
2. ábra	Kontroll és kísérleti növény cserepek.....	16
3. ábra	Minolta SPAD 502 klorofillmérő	17
4. ábra	Polypen kézi gyorsmérő készülék	18
5. ábra	SmartSpecTM Plus Bio Rad típusú Spectrofotométer	19
6. ábra	Nightshade LB 985 Berthold technologies.....	20
7. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos magassági értékei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.)	21
8. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos magassági értékei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.).....	22
9. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos friss hajtástömeg értékei 82 napos korban (2022.08.04.).....	23
10. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos SPAD indexei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.)	24
11. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos SPAD indexei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.).....	25
12. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos NDVI indexei 21 napos korban, az első mérés alkalmával (2022.06.04.).....	26
13. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos NDVI indexei 82 napos korban, az utolsó mérés alkalmával (2022.08.04.).....	27
14. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos vasredukáló képességen alapuló teljes antioxidáns kapacitás értékei 82 napos korban (2022.08.04.) .	28
15. ábra	Kontroll és 10 parlagfűvel körbeültetett őszi káposztarepce késleltetett fluoreszcencia és ultragyenge biolumineszcencia kibocsátása a biofoton emisszió mérés első és második 15 percében a Nightshade lb 985 Berthold technologies típusú készülékben	29
16. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos késleltetett fluoreszcencia értékei 21 napos korban az első mérés alkalmával az első 15 percben (2022.06.04.)...	30
17. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepcék késleltetett fluoreszcenciája során regisztrált percenkénti fotonkibocsátásának átlagai az első 15 percben az első mérés alkalmával, 21 napos korban (2022.06.04.).....	31
18. ábra	Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos késleltetett fluoreszcencia értékei 82 napos korban az utolsó mérés alkalmával az első 15 percben (2022.08.04.)	32

19. ábra Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék késleltetett fluoreszcenciája során regisztrált percenkénti fotonkibocsátásának átlagai az első 15 percben az utolsó mérés alkalmával, 82 napos korban (2022.08.04.).....	32
20. ábra Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos ultragyenge biolumineszcencia értékei az első mérés alkalmával az utolsó 15 percben, 21 napos korban (2022.06.04.)	34
21. ábra Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék percenkénti ultragyenge biolumineszcencia értékeinek átlagai a második 15 percben az első mérés alkalmával, 21 napos korban (2022.06.04.)	35
22. ábra Kontroll és erős parlagfű kompetíciónak kitett őszi káposztarepce csoportok átlagos ultragyenge biolumineszcencia értékei az utolsó mérés alkalmával az utolsó 15 percben, 82 napos korban (2022.08.04.)	35
23. ábra Kontroll és erős gyomkompetíciónak kitett őszi káposztarepcék percenkénti ultragyenge biolumineszcencia átlagai a második 15 percben az utolsó mérés alkalmával, 82 napos korban (2022.08.04.)	36
1. táblázat: Az őszi káposztarepce téli egyéves gyomnövényei.....	6
2. táblázat: Az őszi káposztarepce nyári egyéves gyomnövényei.....	7
3. táblázat: Az I–VI. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezések eredményei Magyarországon a 2018–2019. évi adatok szerinti fontossági sorrendben.....	10

7. Mellékletek

1. melléklet: Növénymagasság mérés egytényezős ANOVA elemzése

- Eltérés a két csoport között az első napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	4	10,5	2,625	0,729166667		
10 parlagfű	4	11,3	2,825	0,189166667		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	0,08	1	0,08	0,174228675	0,690904813	5,987378
Csoporton belül	2,755	6	0,459167			
Összesen	2,835	7				

- Eltérés a két csoport között az utolsó napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	4	16,6	4,15	0,200466667		
10 parlagfű	4	20,6	5,15	0,001866667		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	2	1	2	19,7693575	0,004346476	5,987377607
Csoporton belül	0,607	6	0,101166667			
Összesen	2,607	7				

- Idő hatása az utolsó kezelésig a két csoportban együtt

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
első nap	8	21,8	2,725	0,405		
utolsó nap	8	37,2	4,65	0,372428571		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok közöt	14,8225	1	14,8225	38,13212054	2,4137E-05	4,600109937
Csoporton belül	5,442	14	0,388714286			
Összesen	20,2645	15				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kontrollban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll első nap	4	10,5	2,625	0,729166667		
kontroll utolsó nap	4	16,6	4,15	0,200466667		
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 között	4,65125	1	4,65125	10,00663344	0,019482732	5,987377607
Csoporton belül	2,7889	6	0,464816667			
Összesen	7,44015	7				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kísérleti csoportban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
parlagfű első nap	4	11,3	2,825	0,189166667		
parlagfű utolsó nap	4	20,6	5,15	0,001866667		
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 között	10,81125	1	10,81125	113,1870529	4,06434E-05	5,987377607
Csoporton belül	0,5731	6	0,095516667			
Összesen	11,38435	7				

2. melléklet: Friss hajtástömeg mérés egytényezős ANOVA elemzése

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Kontroll	4	35,34	8,835	2,021766667		
10 parlagfű	4	13,78	3,445	0,670033333		
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 között	58,1042	1	58,1042	43,17126087	0,000596	5,987377607
Csoporton belül	8,0754	6	1,3459			
Összesen	66,1796	7				

3. melléklet: SPAD mérés egytényezős ANOVA elemzése

- Eltérés a két csoport között az első napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	4	116,6	29,15	10,70333		
10 parlagfű	4	107,9	26,975	3,515833		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok	9,46125	1	9,46125	1,330774	0,292541459	5,987378
Csoporton belül	42,6575	6	7,109583			
Összesen	52,11875	7				

- Eltérés a két csoport között az utolsó napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Kontroll	4	153	38,25	2,75		
10 parlagfű	4	119,9	29,975	5,909166667		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	136,95125	1	136,95125	31,63150804	0,001350516	5,987377607
Csoporton belül	25,9775	6	4,329583333			
Összesen	162,92875	7				

- Idő hatása az utolsó kezelésig a két csoportban együtt

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
Első nap	8	224,5	28,0625	7,445535714		
utolsó nap	8	272,9	34,1125	23,27553571		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	146,41	1	146,41	9,531568607	0,008032079	4,600109937
Csoporton belül	215,0475	14	15,36053571			
Összesen	361,4575	15				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kontrollban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll első nap	4	116,6	29,15	10,70333333		
kontroll utolsó nap	4	153	38,25	2,75		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	165,62	1	165,62	24,62140733	0,002547157	5,987377607
Csoporton belül	40,36	6	6,726666667			
Összesen	205,98	7				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kísérleti csoportban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
parlagfű első nap	4	107,9	26,975	3,515833333		
parlagfű utolsó nap	4	119,9	29,975	5,909166667		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	18	1	18	3,819628647	0,098458317	5,987377607
Csoporton belül	28,275	6	4,7125			
Összesen	46,275	7				

4. melléklet: NDVI mérés egytényezős ANOVA elemzése

- Eltérés a két csoport között az első napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
0,4557	3	1,3289	0,442967	0,000155243		
0,4336	3	1,3574	0,452467	0,000614463		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	0,000135	1	0,000135	0,351757379	0,585028283	7,708647
Csoporton belül	0,001539	4	0,000385			
Összesen	0,001675	5				

- Eltérés a két csoport között az utolsó napon

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	4	1,7199	0,429975	1,15292E-05		
10 parlagfű	4	1,5263	0,381575	0,000598289		
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 között	0,004685	1	0,00468512	15,36562528	0,007802882	5,987377607
Csoporton belül	0,001829	6	0,000304909			
Összesen	0,006515	7				

- Idő hatása az utolsó kezelésig a két csoportban együtt

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Első nap	8	3,5756	0,44695	0,000276157		
utolsó nap	8	3,2462	0,405775	0,000930654		
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 között	0,006781523	1	0,006781523	11,2387509	0,004741039	4,600109937
Csoporton belül	0,008447675	14	0,000603405			
Összesen	0,015229198	15				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kontrollban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll első nap	4	1,7846	0,44615	0,00014403		
kontroll utolsó nap	4	1,7199	0,429975	1,15292E-05		
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 között	0,000523261	1	0,000523261	6,727488469	0,041005419	5,987377607
Csoporton belül	0,000466677	6	7,77796E-05			
Összesen	0,000989939	7				

- Kezelés hatása az idő függvényében a kísérleti csoportban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
parlagfű első nap	4	1,791	0,44775	0,00049863		
parlagfű utolsó nap	4	1,5263	0,381575	0,000598289		
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 között	0,008758261	1	0,008758261	15,9688362	0,007150661	5,987377607
Csoporton belül	0,003290758	6	0,00054846			
Összesen	0,012049019	7				

5. melléklet: FRAP mérés egytényezős ANOVA elemzése

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	12	244,8183	20,40153	6,533248225		
10 parlagfű	12	188,6578	15,72148	13,73555058		
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 között	131,4171612	1	131,4172	12,96743458	0,001588	4,30095
Csoporton belül	222,9567868	22	10,1344			
Összesen	354,373948	23				

6. melléklet: Biofoton emisszió mérés egytényezős ANOVA elemzése

- Késleltetett fluoreszcencia értékek eltérése a két csoportban az első mérésen

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	4	249,2238489	62,30596222	1053,945482		
10 parlagfű	4	687,7965661	171,9491415	3424,830608		
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 között	24043,25353	1	24043,25353	10,73652848	0,016892859	5,987377607
Csoporton belül	13436,32827	6	2239,388045			
Összesen	37479,5818	7				

- Ultragyenge biolumineszcencia értékek eltérése a két csoportban az első mérésen

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	4	12,88418434	3,221046086	5,370204909		
10 parlagfű	4	23,81105964	5,952764909	9,022081768		
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 között	14,92457545	1	14,92457545	2,073968618	0,199899174	5,987377607
Csoporton belül	43,17686003	6	7,196143339			
Összesen	58,10143548	7				

- Idő hatása a késleltetett fluoreszcencia értékekre

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Első nap	8	937,0204149	117,1275519	5354,225972		
utolsó nap	8	734,561878	91,82023475	8510,918134		
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 között	2561,841198	1	2561,841198	0,369536902	0,552990971	4,600109937
Csoporton belül	97056,00874	14	6932,572053			
Összesen	99617,84994	15				

- Idő hatása az ultragyenge biolumineszcencia értékekre

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
Első nap	8	36,69524398	4,586905497	8,300205069		
utolsó nap	8	16,37652625	2,047065781	2,511295709		
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 között	25,80314313	1	25,80314313	4,773276839	0,046403965	4,600109937
Csoporton belül	75,68050545	14	5,405750389			
Összesen	101,4836486	15				

- Kezelés hatása a késleltetett fluoreszcenciára az idő függvényében a kontrollban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll első nap	4	249,2238489	62,30596222	1053,945482		
kontroll utolsó nap	4	335,9794114	83,99485285	3938,956073		
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 között	940,8159535	1	940,8159535	0,376861407	0,561825183	5,987377607
Csoporton belül	14978,70466	6	2496,450777			
Összesen	15919,52062	7				

- Kezelés hatása a késleltetett fluoreszcenciára az idő függvényében a kísérleti csoportban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
10 parlagfű első nap	4	687,7965661	171,9491415	3424,830608		
10 parlagfű utolsó nap	4	398,5824666	99,64561666	15756,5553		
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 között	10455,59941	1	10455,59941	1,090181853	0,336660984	5,987377607
Csoporton belül	57544,15773	6	9590,692955			
Összesen	67999,75714	7				

- Késleltetett fluoreszcencia értékek eltérése a két csoportban az utolsó mérésen

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
<i>Csoportok</i>	<i>Darabszám</i>	<i>Összeg</i>	<i>Átlag</i>	<i>Variancia</i>		
kontroll	4	335,9794114	83,99485285	3938,956073		
10 parlagfű	4	398,5824666	99,64561666	15756,5553		
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 között	489,8928153	1	489,8928153	0,049746646	0,83090407	5,987377607
Csoporton belül	59086,53413	6	9847,755688			
Összesen	59576,42694	7				

- Ultragyenge biolumineszcencia értékek eltérése a két csoportban az utolsó mérésen

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll	4	9,980511143	2,495127786	3,975939683		
10 parlagfű	4	6,396015108	1,599003777	1,348391479		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	1,606076478	1	1,606076478	0,603296989	0,466830083	5,987377607
Csoporton belül	15,97299349	6	2,662165581			
Összesen	17,57906997	7				

- Kezelés hatása az ultragyenge biolumineszcenciára az idő függvényében a kontrollban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
kontroll első nap	4	12,88418434	3,221046086	5,370204909		
kontroll utolsó nap	4	9,980511143	2,495127786	3,975939683		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	1,053914757	1	1,053914757	0,225529307	0,651651429	5,987377607
Csoporton belül	28,03843378	6	4,673072296			
Összesen	29,09234853	7				

- Kezelés hatása az ultragyenge biolumineszcenciára az idő függvényében a kísérleti csoportban

Egytényezős varianciaanalízis						
ÖSSZESÍTÉS						
Csoportok	Darabszám	Összeg	Átlag	Variancia		
10 parlagfű első nap	4	23,81105964	5,952764909	9,022081768		
10 parlagfű utolsó nap	4	6,396015108	1,599003777	1,348391479		
VARIANCIAANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Csoportok között	37,91047199	1	37,91047199	7,311232782	0,035390566	5,987377607
Csoporton belül	31,11141974	6	5,185236624			
Összesen	69,02189173	7				

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: FRANVHOLCZ BETTINA BLANKA
A Hallgató Neptun kódja: 436KCN
A dolgozat címe: Gyom- kultúr-növény közötti verseny
A megjelenés éve: 2023 *évéke léte konvencionális és innovatív eljárások segítségével*
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet, Növénytermesztési -
A konzulens tanszékének a neve: Növényvédelmi Tanszék, Tudományok Intézet
Agrár- és Élettudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ 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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

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

Kelt: 2023 év 11 hó 03 nap

Franvholcz Bettina Blanka
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

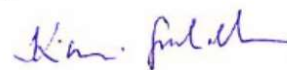
NYILATKOZAT

FRÁVHOLCZ BETTINA BLANKA (név) (hallgató Neptun azonosítója: Y3QKON)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot 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 javaslom¹.

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

Kelt: 2023 év 11 hó 03 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

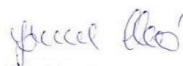
NYILATKOZAT

FRAUHOLOZ BETINA BLANKA (név) (hallgató Neptun azonosítója: Y36KON)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot 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 javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2023 év 11 hó 03 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.