

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Beke Gergő**  
**Növényorvos Msc**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Növényvédelmi Intézet**

**Növényorvosi mesterképzési Szak**

**VETÉSFEHÉRÍTŐ KÁRTÉTEL MONITOROZÁSA TÁVÉRZÉKELÉSEL**

**Belső konzulens:**

**Dr. Zalai Mihály**  
egyetemi docens

**Sári-Barnác Fruzsina Enikő**

Phd hallgató

**Intézet/Tanszék:**

Növényvédelmi Intézet,  
Integrált Növényvédelmi Tanszék

**Készítette:**

**Beke Gergő**  
CAOLQQ  
nappali tagozat

**Gödöllő**

**2025**

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	4
2. Irodalmi áttekintés .....	5
2.1. A gabonafélék mezőgazdasági és élelmezési szerepe .....	5
2.1.1. A gabonafélék jelentősége .....	5
2.1.2. A gabonafélék termesztését befolyásoló agrotechnikai tényezők .....	7
2.2. Az őszi kalászosok jelentősebb károsítói .....	8
2.2.1. Őszi kalászosok gyomnövényei .....	8
2.2.2. Őszi kalászosok kórokozói .....	9
2.2.3. Őszi kalászosok kártevői .....	12
2.3. Az <i>Oulema</i> fajok rendszertana, elterjedése .....	13
2.3.1. Az <i>Oulema</i> fajok morfológiája .....	14
2.3.2. Az <i>Oulema</i> fajok életmódja .....	16
2.3.3. Az <i>Oulema</i> fajok kártétele .....	18
2.3.4. Az <i>Oulema</i> fajok előrejelzése és gazdasági kárküszöbértékei különböző országokban .....	20
2.3.5. Az <i>Oulema</i> fajok elleni védekezés .....	21
2.4. Az UAV szerepe az agráriumban és a növényvédeleми monitoringban .....	23
2.4.1. Távérzékelés alapjai .....	23
2.4.2. Műholdas távérzékelés .....	25
2.4.3. Drónos távérzékelés .....	26
2.4.4. Vegetációs indexek szerepe a növénymonitoringban .....	28
3. Anyag és módszertan .....	33
3.1. A vizsgált területek bemutatása .....	33
3.2. A vizsgálati módszertan leírása .....	35
3.3. A vizsgálat eszközei .....	37
3.4. Alkalmazott felmérési és elemzési módszertanok .....	37

3.4.1.	Repülési paraméterek .....	37
3.4.2.	Térinformatikai adatfeldolgozás .....	39
3.4.3.	Statisztikai vizsgálatok .....	40
4.	Eredmények.....	42
4.1.	Kalásztömeg, imágószám és kártétel becslés összehasonlítása.....	42
4.2.	Térinformatikai felmérések elemzése .....	46
4.2.1.	Március végi, április eleji felvételezés .....	46
4.2.2.	Április végi felvételezések .....	48
4.2.3.	Május végi, június elei felvételezések.....	51
4.3.	A kapott adatok idősoros elemzése .....	54
5.	Következtetések.....	57
6.	Összefoglalás .....	61
7.	Köszönetnyilvánítás .....	62
8.	Források .....	63
8.1	Tudományos források .....	63
8.2	Internetes források .....	72
8.3.	Képek hivatkozása .....	73

# 1. Bevezetés

A világ gabona termése 2849 millió tonna 2024-ben (http 3), ez a legnagyobb mennyiségben termesztett növény. Termesztéstechnológiájának intenzív fejlesztésének eredménye, hogy a termés mennyisége több mint háromszorosa 1961-es adatokhoz képest.

A termelés biztonságának és a termés mennyiségének fenntartása azonban a technológia további fejlesztését indokolja. A gabonafélék termésbiztonságát az éghajlatváltozás nagyban befolyásolja, olyan tényezők révén, mint a nagy mértékű hőingadozás, szélsőséges csapadékeloszlás (Erdélyi et al. 2009). A gabona minőségét számos külső (termesztéstechnológia, klimatikus és edafikus tényező) és belső (biológiai erőforrás, genetikai adottság) tényező befolyásolja (Hornok & Pepo 2005). Gabonafélék minőségének és kémiai összetételének egyidejű megfelelését megfelelő agrotechnikával, okszerű tápanyagutánpótlással és helyes növényvédelemmel érhetjük el (Kassai 2004).

A veresnyakú árpabogár *Oulema melanopus* az egyik legjelentősebb rovarkártevő a gabonafélékben. Őshonos faj Euráziában (Császár et al. 2021). A kártevő akár 30 %-al is csökkentheti a búza hozamát (Kher et al. 2016). A levelek hosszanti rágásával, hámozgatásával jelentős kvalitatív és kvantitatív károkat okoz a termésben (Lukács et al., 2022).

Az integrált növényvédelmi szemlélet ugyan több mint 60 éve van jelen, kutatják, fejlesztik, politikailag támogatják, még a gyakorlatban alkalmazása még mindig nem alapvető (Van de Vijver, 2019).

A távérzékelés, a szenzorok és a drónok rohamos fejlődése új lehetőségeket nyitnak meg a gazdálkodók számára, és új távlatokat nyit meg az integrált növényvédelem alkalmazásában is. Már egy költséghatékonyabb drón felvételeiből is hasznos adatokhoz juthatunk megfelelő az szakértelem mellett. Egy multispektrális szenzorral ellátott drón a műtrágya felhasználásban és az öntözésben is csökkenthet a költségeken (Borhi 2022).

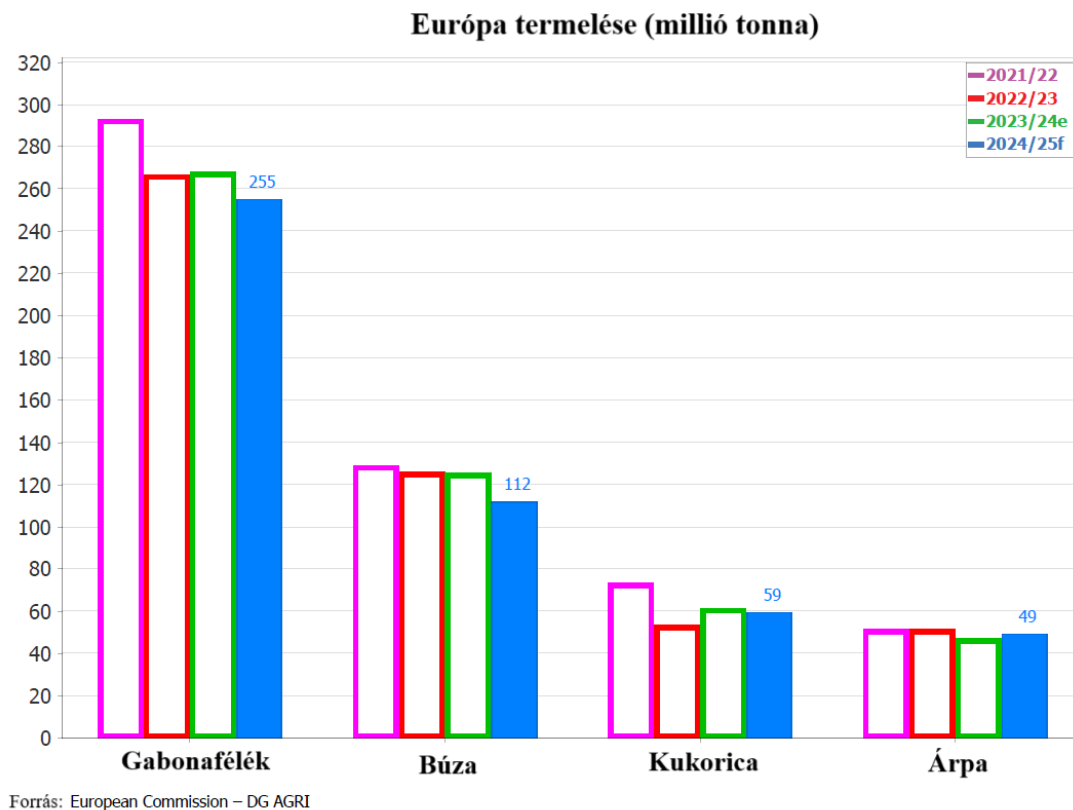
A vizsgálatom célja, hogy a veresnyakú árpabogár kártétel tábla szintű felmérésének módszertanát kidolgozzam alacsony költségű távérzékelési módszerekkel. Ennek érdekében egyszerű RGB-kamerával felszerelt drónfelvételekből képzett vegetációs indexek alkalmasságát vizsgáltam az *O. melanopus* kártétel lehatárolására. A kapott eredmények alapjául szolgálhatnak a későbbiekben a vetésfehérítő bogár elleni védekezés során kijuttatási térképek készítésére ezzel a környezetterhelést és költségeket csökkentve. Vizsgálataimat kiegészítettem a károsított és nem károsított területek kalász tömegeinek vizsgálatával a védekezés indokoltságának alátámasztásaként.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1.A gabonafélék mezőgazdasági és élelmezési szerepe

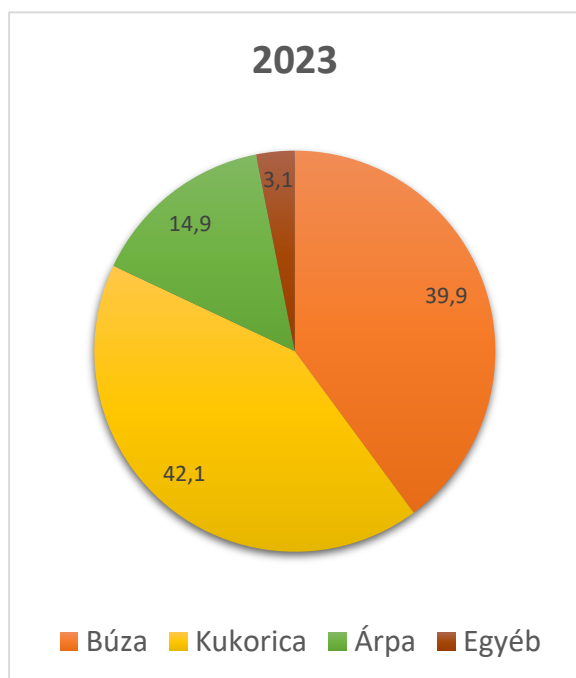
#### 2.1.1. A gabonafélék jelentősége

A gabonafélék, mint a búza, árpa, zab, köles, rozs, kukorica, cirok, tritikálé, rizs *Gramineae* családba tartoznak. Szemtermésük alap élelmiszer a fejlett és fejlődő országokban egyaránt. A gabonafélék a legnagyobb mennyiségben termelt növényfaj a világon (McKevith, 2004).

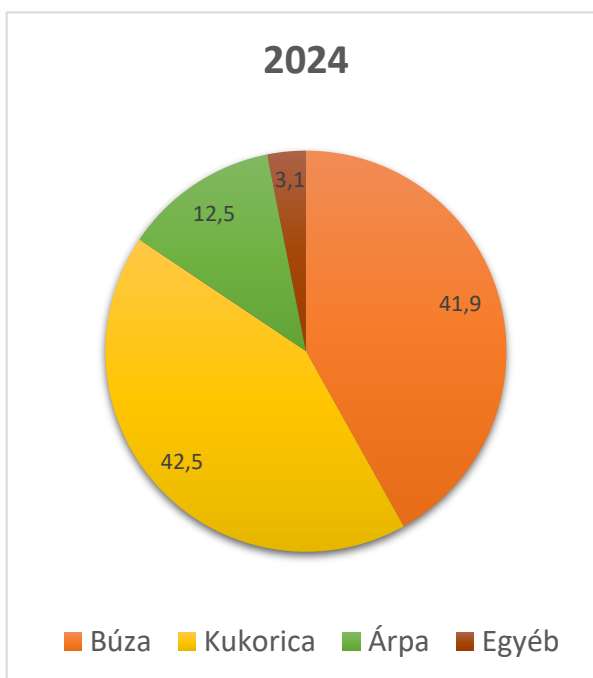


1. ábra Európai Unió gabonatermése

Ahogy azt az 1. ábra is mutatja, az Európai Unóban is a gabonafélék a meghatározó növénykultúra de mennyisége csökkenő tendenciát mutat. A gabonaféléken belül a búza a legszámottevőbb.



2. ábra Gabonafélék termésmennyiségének megoszlása 2023-ban Magyarországon Forrás: KSH 2025



3. ábra Gabonafélék termésmennyiségének megoszlása 2024-ben Magyarországon Forrás: KSH 2025

A búza Magyarországon is a legmeghatározóbb gabonafélék közé tartozik, bár termésmennyisége a kukoricáéval vetekszik (2-3. ábra). A gabonafélék eloszlása Magyarországon a búza javára 2 %-kal nőtt, amíg az árpa kárára 2,4 %-kal csökkent. A kukorica aránya 0,4 %-kal csökkent ahogy azt az 2. és a 3. ábrák mutatják. Magyarország gabonatermése 2024-ben 12,6 millió tonna volt, amíg az előző évben 14,9 millió tonna. Gabonaféléket összesen 2,2 hektárról takarítottak be. Ez 169 ezer hektárral alacsonyabb 2023-hoz képest. A búza 5,3 millió tonnás termése 10 %-kal kevesebb, a vetésterülete 12,5 %-kal kisebb 2023-hoz képest, ami 2023-ban 1.033.300 ha és 2024-ben 874.600 ha. A kukorica betakarított területe 883 ezer hektár. Ez a terület 5,3 millió tonna termést adott. A betakarított terület 15 %-kal nőtt 2023-hoz képest, de a termés hozam 16 %-kal elmaradt. A kalászosok második legjelentősebb növénye, az árpa betakarított területe 285 ezer hektárra csökkent és termésmennyisége 1,6 millió tonna. Az előző évhez képest a terület 31 %-kal kisebb, a termésmennyiség 29 %-kal kevesebb. A termésátlaga 5,5 t/ha ami 2,8 %-kal javult 2023-hoz képest (http1).

A gabonafélék, mint a búza és árpa, számos területen alapvető jelentőséggel bírnak. A búza például a kenyér és tésztafélék elsődleges alapanyaga, magas sikértartalma miatt, amely biztosítja a tészta megfelelő szerkezetét és rugalmasságát (Popp et al. 2018, http 12). Az árpa jelentős része a sörgyártásban kerül felhasználásra, ahol malátát készítenek belőle, ami alapvető a sörfőzéshez. Ezek a gabonafélék ipari keményítő és egyéb biotermékek

előállításában is szerepet játszanak, hozzájárulva az ipari termékek sokféleségéhez. A búza feldolgozása során keletkező melléktermékek, mint a korpa, értékes takarmányforrások az állattenyésztésben ([http 12](http://12)). A gabonafélék feldolgozása során keletkező melléktermékek, mint a szalma, takarmányozásra és almozásra is alkalmazható, de energetikai célokra is felhasználhatók, például biomassza alapú energiatermelésben. A szalma szecskázásával és talajba dolgozásával annak humusztartalma növelhető (Kovács 1992).

### **2.1.2. A gabonafélék termesztését befolyásoló agrotechnikai tényezők**

A gyengébb adottságú mezőgazdasági területeket Magyarországon gabonafélékkel lehet hasznosítani. Adaptációs képessége nagyon jó ezért az egész ország területén lehet termesztani. Azonban mezőgazdasági művelést maximum 20-25 %-ig terjedő lejtős területen végezzük, de a betakarítógépeknek ez gátat szab. Ezért érdemesebb maximum 15 %-ig terjedő lejtőn termesztani a gabonaféléket. A pangóvizes területek is érdemes elkerülni, mivel sekély gyökérzete végett könnyen befulladásra a növény és leáll a fejlődése (Mária, 2009).

A legoptimálisabb, ha a talaj folyamatos vízellátást biztosít a növény számára (390-480 mm), kolloidokban, humuszban gazdag, mély termőrétegű, mészből nem szegény, tápanyagokkal telített és jobb adszorpciós képességgel rendelkezik (Gál- Szabó 2017).

A gabonafélék elővetemény igénye 3 kategóriába sorolható: jó, közepes és gyenge. Jó előveteménynek számítanak a pillangós növények, illetve a korán lekerülő nem pillangósok, mint pl: repce, len, mák, korai burgonya, dohány). Közepesen jó az első kaszálás után feltört vöröshere, lucerna, baltacím, illetve a szója, de még ide sorolandó a közepesen késői burgonya, illetve napraforgó. Közepes elővetemény a korai betakarítású kukorica, cukorrépa, kender, illetve takarmány cirok. Rossz elővetemény a gabonafélék és a későn betakarított kukorica, cukorrépa, lucerna (Kovács 1992).

A gabonafélék fajlagos tápanyagigénye egy tonna szemtermés és a hozzá tartozó szár, levél és gyökértömegre vetítve N 25-29, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12-15, K<sub>2</sub>O 18-22 kg hatóanyag/t. Ennek a felvehetőségét, mennyiségét nagyban befolyásolja a talaj minősége, tápelem készlete és a kijuttatott tápanyag milyensége (Ambrus 2016).

Az őszi vetésű gabonafélék vetésének ideje októbertől novemberig optimális. A vetőmag mennyisége fajta bokrosodásától függ, az intenzívebb fajták 5,5-6,2 millió csíra/ha is lehet, extenzívebb fajtáknál a 4,8-5,5 millió csíra/ha a jellemzőbb. Az említettek alapján 200-266 kg/ha vetőmagszükséglettel számolhatunk. A vetés mélysége általánosságban 5 cm. Ha melegebb szárazabb őszt várható vagy laza a talajunk akkor mélyebb vetés szükséges (max 7 cm), de ha nedves, hűvös őszt várható vagy kötött a talajunk akkor sekélyebbre (max 3 cm).

A sortávolság a gépi vetéssel 12 cm-ben állapodott meg. Vannak olyan gépek, amelyek nagyon tömeggel, magágyelőkészítő késekkel, kapákkal rendelkeznek. Ezek nagyobb nyomást helyeznek a talajra ezáltal konstans vetésmélységet képesek elérni. Itt a vetőelemek nagyobbak, nem férnek el egy sorban és az a megoldás született, hogy 15,2 cm lett a vetés sortávolsága (Bicskei 2011).

A gabonafélék fejlődése szempontjából a hőmérséklet meghatározó tényező. Az optimális hőmérséklet a növények egyes fejlődési szakaszaiban eltérő, és döntően befolyásolja a növekedés intenzitását és a végső terméshozamot. A búza csírázása ideális esetben 12 és 25 °C között megy végbe, míg a bokrosodás szakaszában a 13–22 °C közötti tartomány tekinthető kedvezőnek (Gerencsér, 2013). A szárba indulás szempontjából az optimális hőmérséklet 16–23 °C, míg a kalászhányás és virágzás időszakában a 20–25 °C biztosítja a legjobb feltételeket a növény számára. A szemkitelítődés szakaszában a 23–28 °C közötti hőmérséklet támogatja a megfelelő termés kialakulást. Amennyiben a hőmérséklet tartósan 30 °C fölé emelkedik ebben az időszakban, a terméshozam jelentős csökkenése figyelhető meg, mivel a növény vízfelvétele és fotoszintézise romlik. Az árpa szintén érzékeny a hőmérsékleti változásokra (McMaster & Wilhelm, 2003). Csírázása már alacsonyabb hőmérsékleten, 4 és 25 °C között végbemegy, azonban a bokrosodás szempontjából a 10–20 °C közötti tartomány biztosítja az optimális növekedést. A szárba indulás szakaszában 15–22 °C közötti hőmérséklet támogatja a növény fejlődését, míg a kalászhányás és virágzás során a 18–24 °C közötti értékek tekinthetők ideálisnak. A szemkitelítődés folyamata 20–25 °C közötti hőmérsékleti tartományban zajlik a legkedvezőbben, azonban, ha a hőmérséklet 27 °C fölé emelkedik, az negatívan hat a szemek minőségére és csökkentheti a végső hozamot (Erdélyi et al. 2009).

## **2.2. Az őszi kalászosok jelentősebb károsítói**

### **2.2.1. Őszi kalászosok gyomnövényei**

A gyomfajok legszembetűnőbb kártétele a termőhely elfoglalása. A gyomnövények erősebb fejlettebb gyökérzetük révén hatékonyabban hasznosítják a tápanyagot így kevesebbet hagyva a talajban a kultúrnövény számára. A nagyobb levelű gyomnövények transzpirációs koefficiense nagyobb a gabonafélékéhez képest. Intenzívebben növekvő mélyebbre hatoló gyökérzetük a teljes talajréteget behálózhatja és ezáltal a szűkös erőforrásokat a kultúrnövénytől elvonja.

Bár a hatodik országos gyomfelvételezés (2019) eredményei azt mutatják, hogy az előző 2 vizsgálatához viszonyítva csökkent a gyomborítottság a gabonafélékben is, a védekezés általában indokolt. A gabonafélékben elsőként megjelenő gyomnövények közül a T2-es életformacsoportba tartozó gyomnövények képesek a legnagyobb termés csökkenést okozni. Míg az ebszékfű (*Tripleurospermum inodorum*) és a ragadós galaj (*Gallium aparine*) borítottsága csökkent addig a nagy széltippan /*Apera spica-venti*/ megtartotta a 3. helyét a listában. (2019 Országos Gyomfelvételezés, n.d.)

A tarlót a T4-es életforma csoportok dominálják élén a parlagfűvel (*Ambrosia artemisifolia*, *Chenopodium ssp.*, *Amarantus ssp.*, *Poligonum spp.*). Az évelő gyomok is erősen jelen lehetnek a területen (G1: *Phragmites communis*, *Elymus repens*, *Cynodon dactylon*, G3: *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*) (Zalai et al., 2014).

### 2.2.2. Őszi kalászosok kórokozói

A búzában az utóbbi években komoly problémát jelentettek a vírusbetegségek (WDV, WSMV). A vírusok átvitele specifikus, az adott vírusra jellemzően történhet pollennel, maggal, mechanikai úton vagy rovar vektorokkal. A búza törpülés vírus tünetei már ősszel jelentkezhetnek, de a kártételük tavasszal fejtik ki sárgulás, bokrosodás és törpe növény formájában. Ez termés csökkenéssel és csökkent növényekkel jár együtt. Ezen kórokozó fő terjesztője a *Psammotettix alienus* kabócafaj. A vírusok ellen csak a megelőzéssel tudunk védekezni egészséges szaporítóanyag és rovarkártevő populáció csökkentésével (Szeőke et al. 2005, http 9).

A búzalisztharmat /*Blumeria graminis f. sp. tritici*/ a nemesítői munkának köszönhetően az elmúlt két évben visszaszorult. A jellegzetes tünettel (zöld növényi felületen fehér micélium szövedék) rendelkező gomba kórokozó ellen több védekezési mód is rendelkezésre áll. A tavaszi levélfoltosság elleni védekezések vissza szorítják a lisztharmat kártételét is. Általában nem szokott akkora problémát okozni, hogy ősszel is szükség legyen védekezésre, hiszen tavasszal szokta a nitrogén fejtrágyázást megkapni az állomány és ekkor intenzívebb zöldtömeg növekedés lazább szövetekkel társulva elősegítheti a kórokozó felszaporodását (Szeőke et al. 2005, http 9).

A levélfoltosság betegségei ellen rezisztens fajták nincsenek, a kórokozókra nagy távolságokra is terjedő konídiumaik révén a jól előkészített területeken is lehet számítani. A pirenofórás levélfoltosság /*Pyrenophora tritici-repentis* / *Drechslera tritici-repentis*/ a tarlómaradványokon, tábla széli fűféléken tud fennmaradni. Innen az alsóbb leveleket fertőzi. Primer fertőzésnél barna foltok, sekunder fertőzésnél sárga udvarú ovális vagy orsó alakú

foltok jelennek meg sárgás-barna színben. Ezeken konídiumtartók, bennük konídiumok képződnek, a végső stádiumban a levéllemez csúcsától elszáradnak a levelek. A nedves, párás, harmatos meleg (18-20 C°) kedvez a kórokozónak (Szeőke et al. 2005). Esős időben a szeptóriás levélfoltosság /*Mycosphaerella graminicola* / *Zymoseptoria tritici*/ is megjelenhet. A lencse alakú barna foltokon piknídiumot képezve terjed levélre, szárra, illetve pelyvára egyaránt. A fertőzött magokon csírapusztulást okoz.(Ficsor et al., 2014; Kövics & Lőrincz, 2002)

Rozsdabetegségek közül a vöröszroszda /*Puccinia recondita*/ a legjelentősebb. A nedves időjárást kedveli, mégis fertőzhet szárazabb időben is. Tünete a vörösesbarna uredotelepek a levélen melyek levélszáradással járnak. A szárroszda /*Puccinia graminis*/ a szárat és a levélhüvelyt fertőzi főként. Általa felreped az epidermisz és így válnak szabaddá az uredotelepek. Csapadékos országokba jellemző, de hazánkba is előfordulhat a sárgarozsda /*Puccinia striiformis*/ (Vida et al., 2008). Védekezni elsősorban ellenálló vagy rezisztens fajtákkal lehet. Kémiai védekezést az első tünetek megjelenésétől (április vége, május) el kell kezdeni. (http9)

A fuzáriózis a gabona félék legveszélyesebb megbetegedése. Több faj is okozhatja, de a legjelentősebbek a *Fusarium graminearum* és a *F. Culmorum*. A kalászfuzáriózis okozta termés mennyiség és minőség csökkenés jelentős. Az aszott, tört szemek mellett mikotoxin fertőzés veszélye is fenn áll. Ez a termés megsemmisítését is jelentheti. A *F. graminearum* nem gyengültségi kórokozó, hanem hemibiotróf (Szeőke et al. 2005). Rezisztens fajták mellett érdemes lehet szisztémikus gombaölő csávázószert alkalmazni. A 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet alapján a takarmányozásra szánt termékek Aflatoxin B<sub>1</sub> tartalmának 0,2 mg/kg alatt kell lennie 12 % nedvesség tartalom mellett. Ez az érték tejelő szarvasmarha takarmányozásánál csak 0,005 % lehet maximálisan. Az anyarozs /*Claviceps purpurea*/ öröletlen gabonaféléket tartalmazó takarmányokban 1000 mg/kg koncentrációban maximalizálta a rendelet. A következő táblázatot egy MTA által feltöltött (2024. 11. 11.) YouTube videó alapján készítettem Mézes Miklós előadása által. Az 1. táblázat adatai azt mutatják mely toxinok, mely állatoknál milyen koncentrációban lehet jelen a takarmányokban (Mesterházy et al., 2024).

		(Európai Takarmánygyártók Szövetségének ajánlása)
Anyarozs alkalooidok		Sertés Broiler csirke Tojótyúk Szarvasmarha, kacska, juh
		0,6 mg/kg 2,1 mg/kg 3,7 mg/kg 0,1-0,3 mg/kg
T-2/HT-2 toxin	Átvitel mértéke: 0,05 %	Keveréktakarmány Tolerálható mennyiség Baromfi, malac, ló, nyúl Sertés
		0,25 mg/kg 0,5 mg/kg 1 mg/kg
Dezoxinivalenol (DON)	Átvitel mértéke: 0,02-0,05 %	Keverék takarmány Sertésnek szánt takarmány Gidák, bányók, borjak takarmánya Tolerálható mennyiség Baromfi, nyúl, malac, sertés, ló Szarvasmarha
		5 mg/kg 0,9 mg/kg 2 mg/kg 15-1 mg/kg >100 mg/kg
Zearalenon	Átvitel mértéke: 0,006-0,008 %	Keveréktakarmány kocsasüldőknek Tenyészkocáknak Borjú, bány, juh, kecske, tejelő tehén Tolerálható mennyiség Baromfi Nyúl, sertés, malac, ló
		0,1 mg/kg 0,25 mg/kg 0,5 mg/kg 45 mg/kg 0,15-0,3 mg/kg
Fumonizin B <sub>1</sub> és B <sub>2</sub>	Átvitel mértéke: 0,2-0,4 %	Sertés, ló, nyúl Baromfi, borjú, bány, gida Felnőtt kérődzők Baromfi Nyúl, malac, sertés
		5 mg/kg 20 mg/kg 50 mg/kg 8 mg/kg 1,5-3 mg/kg
Aflatoxin Veszélyes, akkumulálódik az állatok szervezetében	Tejben: 1,33 %	Takarmány keverék Tejelő szarvasmarhának Tolerálható mennyiség Baromfi, nyúl Malac, sertés, ló
		20 µg/kg 5 µg/kg 10-100 µg/kg 50-100 µg/kg

1. táblázat Toxinok tolerálható mennyisége állati takarmányokban. (forrás: Mézes, 2024)

### 2.2.3. Őszi kalászosok kártevői

Mezei pocok: A mezei pocok főként levélfogyasztók, a zöld lombot kedvelik. Növényi zöld részeket fogyasztó rágcsálók, például a mezei pocok, kevésbé érzékenyek a gabonafélék kémiai összetételére, ezért a búza és az árpa között nem mutatnak jelentős preferenciát. Az enyhe, kevésbé csapadékos tél kedvez a felszaporodásában és nagyon szaporos (évente 5-10 nemzedék). Foltokban károsítanak és főként talajműveléssel és a természetes ellenségek védelmével tudunk védekezni ellenük. Kémiai védelem eseti engedély szükséges január 23-május 22-ig és kizárólag járatkezelésre (Heroldová et al. 2008, [http 17](http://17)).

Gabonafutrinka: Lárvája, a csócsároló, kedvező körülmények között ősszel és kora tavasszal károsítja a fiatal gabona leveleit. Foltokban károsít, mivel az imágó a nedves, laza talajokat keresi a peterakáskor. Monokultúra kedvelő ezért a vetésváltással hatékonyan tudjuk csökkenteni a kártételt, de gabonafélék közül nem válogat, az „ősgabonákat” is károsítja. Megelőző jelleggel cipermetrin hatóanyagú csávázással tudunk védekezni, de állományban piretroid típusú készítmények ajánlottak ([http 18](http://18)).

Gabonalegyek: Különböző légyfajok lárvai késő ősszel és kora tavasszal károsíthatják a fiatal gabonát. Kártételük vetésváltással, jól bokrosodó fajták választásával és az optimális vetésidő betartásával csökkenthető (Kovács 1992).

Gabonapoloskák: A poloskák által károsított gabonaszemek a fehérjeszerkeze erodálódik, amelyet a rovarok nyálában található proteázok okoznak. A kártétel nyomán romlik a liszt minősége. Európában, a Közel-Keleten és Észak-Afrikában a búza károsodását elsősorban két poloskanemzetség, az *Aelia* spp. és az *Eurygaster* spp. okozza (Rosell et al., 2002).

Szipolyok: A lárva két évig fejlődnek a talajban. Júniusban jönnek elő az imágók a talajból és a gabonák kalászait „turkálva” megrágnak a gabonaszemeket. Ezeket sokszor a kombájn vagy a tisztító üzem már el is távolítja ezzel veszteséget okozva. A lárva fejlődésük végén a kapás kultúrákban töréggel okozhatnak kárt (Bognár 1974).

Vetéshévíző bogarak: Mind a kifejlett imágó, mind a lárva kárt okoz azzal, hogy keskeny sávokban lerágja a növény epidermiszét és parenchimáját ezzel fotoszintetikus aktivitásában gátolva a növény fejlődését. Ha a populáció fejlődéscúcsa a zászlós levél fejlődésével egybe esik akkor az jelentősen visszavetheti a kalászfajlódást (Kovács 1992). Magyarországon a 2. legjelentősebb kártevő. Országszerte megfigyelhető a kártétele. Aggregációra hajlamos így lehetne a növényvédőszer kijuttatását a foltokra, illetve azok környezetére korlátozni a növényvédőszer által okozott környezetterhelés további csökkentése érdekében.

### 2.3. Az *Oulema* fajok rendszertana, elterjedése

A veresnyakú árpabogár jellegzetes kártétele után a köznyelvben a vetésfehérítő nevet kapta, illetve a lárva az árpacsiga elnevezést kapta megjelenéséből adódóan (http 16).

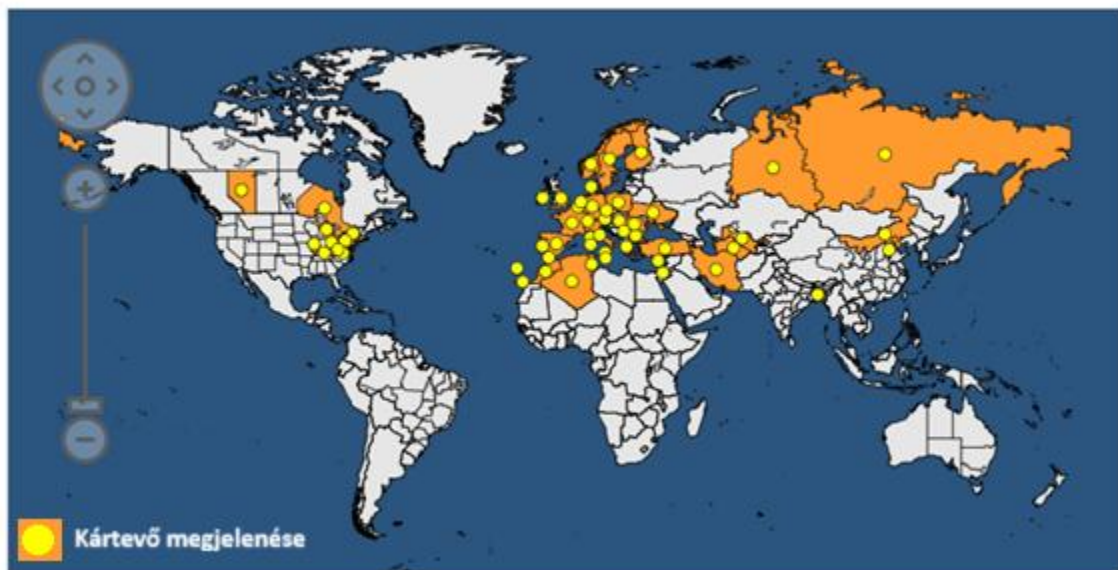
Az *Oulema* fajokat az alábbi rendszertani csoportokba tudjuk besorolni:

- Ország: *Anomalia* (Állatok)
- Törzs: *Arthropoda* (Ízeltlábúak)
- Osztály: *Insecta* (Rovarok)
- Rend: *Coleoptera* (Bogarak)
- Alrend: *Polyphaga* (Mindenevő bogarak)
- Család: *Chrysomelidae* (Levélbogárfélék)
- Nemzetség: *Oulema* nemzetségbe tartoznak.(Bognár 1974)

Európában az *Oulema* fajok következő fajai terjedtek el (Elias 2019):

<i>Oulema erichsonii</i>	<i>O. duftschmidi</i>
<i>O. septentrionis</i>	<i>O. rufocyanea</i>
<i>O. obscura</i>	<i>O. melanopus</i>

Magyarországon előforduló fajok a *Oulema gallaeciana*, *O. septentrionis*, *O. rufocyanea* (nem jelentős), *O. duftschmidi*, *O. melanopus*. Az utóbbi faj a legelterjedtebb hazánkban (Samu et al. 2024; Pozsgai et al. 2004; Willocquet et al. 2008).



4. ábra Az *Oulema* fajok elterjedése a világon (forrás EPPO)

Az *Oulema* fajok főként a kontinentális klímán találhatók meg, ahogy azt a 4. ábrán is jól láthatjuk.

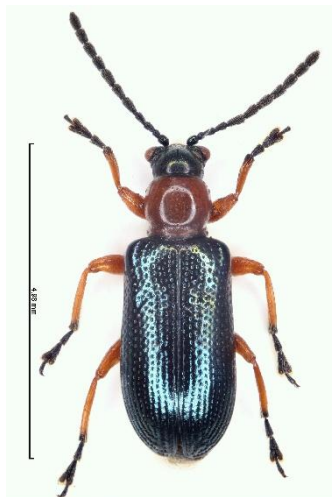
### 2.3.1. Az *Oulema* fajok morfológiája

#### Imágó

Az *O. melanopus* (5. ábra) kifejlett egyedek 4,5–6,2 mm hosszú, testalkata hosszában megnyúlt, enyhén domború. A tor (pronotum) élénk vörös színű, míg a fedőszárnyak fémes kék vagy zöldesfekete színűek. A csápok hosszának tartománya 1,8–3,1 mm között mozog, és 11 szegmensből állnak. A nemek meghatározása csak a genitáliák vizsgálata útján lehetséges. A vetésfehérítő bogarak egy élettéren vegyes populációt képesek alkotni ezért több faja is előfordulhat. A fajok megkülönböztetése érdemes megismerni a többi faj külső jellemzőit (Van de Vijver, 2019).



6. ábra *Oulema gallaeciana*

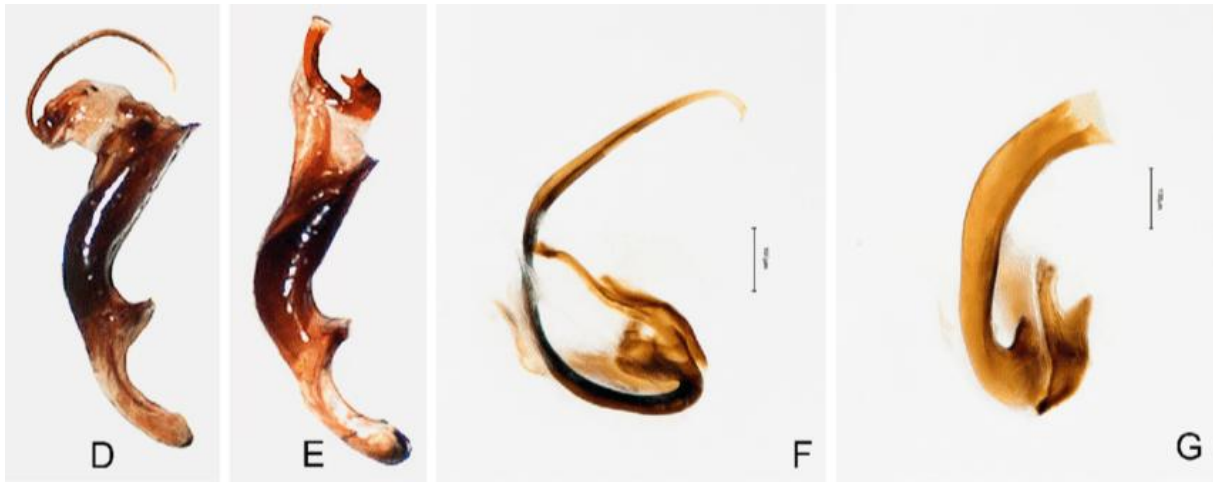


5. ábra *Oulema duftschmidi*



4. ábra *Oulema melanopus*

Az *O. duftschmidi* (6. ábra) és az *O. rufocyanea* esetében hasonló méretű testhossz (4,2-5,7 mm; 4,0-4,6 mm) figyelhető meg, azonban ezek fedőszárnyainak fényessége és a pronotum színe eltérő. Az *O. gallaeciana* (7. ábra) viszont már egy teljesen más színezetű faj, kékesfekete pronotummal és valamivel rövidebb (3,5-4,0 mm) fedőszárnyal rendelkezik. Az *O. duftschmidi* és az *O. melanopus* közötti különbség (5. ábra) elsősorban a nemi szervek finomabb részleteiben mutatkozik meg. Az *O. melanopus* pronotuma rövid, vaskos, tömörebb amíg az *O. duftschmidi* pronotuma vékony, hosszú, hajlékony (8. ábra) (Pozsgai & Sáringer 2004).



8. ábra D-F *O. duftschmidi* E-G *O. melanopus* flagellum

### Pete

Az *O. melanopus* petéi körülbelül 1 mm hosszúak, narancssárgák, hengeres alakúak. A nőstények 2-3-as csomókban helyezik el a levelek fonákján, leggyakrabban a legmagasabb elhelyezkedésű leveleken. A peték öregedésükkel barnás színűvé válhatnak, és 4-6 nap alatt kikelnek (Császár et al. 2021).

### Lárva

A lárvák 4 fejlődési stádiumon mennek keresztül, és kifejlett állapotukban kb. 4–5 mm hosszúak. Testük szürkés-sárgás, de a felszínüket egy vastag nyákos, sötét színű vékony réteg fedi, amely részben sárga fekáliából áll. A lárvák elsősorban a levelek felső epidermiszét rágják, ablakszerű károsítást hagyva maguk után (9. ábra) (Bognár 1974).



9. ábra: Lárva és a kártétele. Forrás: Beke

### Báb

A báb sárgás színű, szabad báb típusú. A talajban, kb. 5 cm mélyen alakul ki, ahol a lárvák gubót szövőgetve alakulnak bábbá (Bošković et al., 2023).

#### **2.3.2. Az *Oulema* fajok életmódja**

Az *O. melanopus* évente egy nemzedéket fejleszt, fejlődése holometamorfózis. Az imágók telelnek át a táblákat övező erdők avarjában vagy a gyepek, ruderalis területek gyökérszintjén. Az egyedek 10 °C-os hőmérsékleten hagyják el telelőhelyeiket. Hőmérséklettől és a tápnövény elhelyezkedésétől függően először fűféléken táplálkoznak. Amikor 15 °C körüli napi maximumhőmérséklet akkor keresik fel a gabonaféléket, és 25 °C-os hőmérsékleten április környékén válnak aktívvá, illetve kezdenek repülni (Keszthelyi et al. 2024).

Érés táplálkozás után párosodnak. Ezt követően rakják le petéiket a levél fonákára, többnyire a főér mentén, gyöngyfüzér szerűen. A peterakás akár 20 napig is eltarthat, egy nőstény hozzávetőleg 200 petét rakhat. Tömeges elszaporodás esetén minden második-harmadik levélen is találhatunk petéket (Olfert et al. 2006).

Az életciklusuk teljes hossza körülbelül 1,5 hónap, amelyből az embrionális fejlődés 7–15 napig tart, de ez régióként változhat ahogy azt az 2. táblázat is mutatja. A lárvakelésnek

kedvez a párás idő, a légköri aszály kiszáríthatja a petéket. A kikelt lárvák azonnal táplálkozni kezdenek azon a levélen, ahol kikeltek. A lárvafejlődés 15–20 napig tart, és négy fejlődési fázison megy keresztül (Olfert et al. 2004). A lárvák táplálékuk 90 %-át a harmadik és negyedik lárvastádiumban fogyasztják el. Táplálkozás után a talajon (kék nyakú árpabogarak a növényen) bábozódnak (Wilson & Shade, 1966). A bábozódás 14–20 napig tart (Olfert & Weiss, 2006). Július környékén a bábból kikelve az imágók még táplálkozhatnak diapauzába vonulásig, de ez nem számottevő (Steinger et al. 2020).

Régió	Pete / lárva fejlődés	Megjegyzés	forrás
Franciaország	04-06 / gyors, magas mortalitás	Kedvezőtlen tavaszi éghajlat miatt alacsony populációs szint.	(Chambon et al., 1983)
Csehország	04-06 / 12-20 nap	Domináns faj a gabonaföldeken	(Sedivy, 1997)
Alpok (Svájc, Olaszország)	04-06 / változó, magasságtól függ	Magasabb területeken hosszabb fejlődési idő és alacsonyabb túlélés	(Bechini et al., 2013)
Szlovénia	04-06 / 12-20 nap	Olga búzafajta különösen érzékeny	(Šalamun & Milevoj, 1996)
Algéria	04-06 / 12-20 nap	Leggyakoribb faj, különösen a zabban	(Amri, 2021)

2 táblázat *Oulema* fajok pete és lárva fejlődésének hossza különböző régiókban

### 2.3.3. Az *Oulema* fajok kártétele

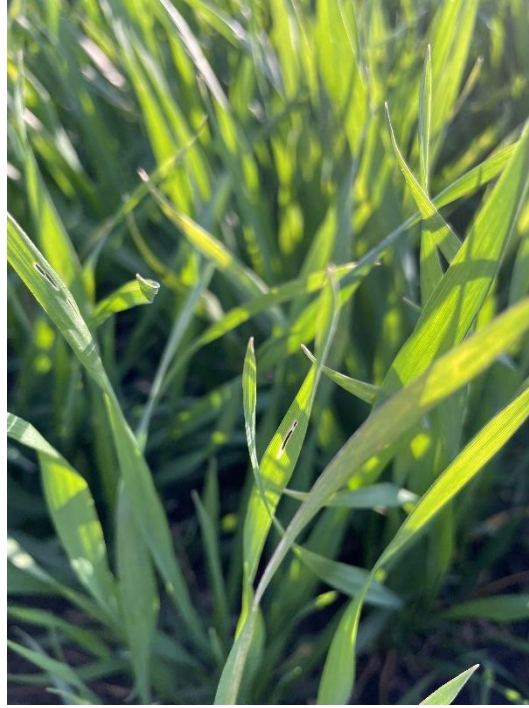
A vetésfehérítő bogarak a gabonafélék egyik legjelentősebb kártevői (Willoquet et al. 2008). Az imágó és a lárva is egyaránt károsít. Kártételét megfigyelhetjük búzán, árpán, tritikálén, zabon, rozson és alternatív tápnövényeként a kukoricán is (Wielkopolan et al. 2021). A vetésfehérítő gyomnövényeket is fogyaszt, mint például: vadzab (*Avena fatua*), tarackbúza (*Elymus repens*), réti komócsin (*Phleum pratense*), perjefélék (*Festuca* spp.), csomós ebír (*Dactylis glomerata*), nádképű perje (*Phalaris arundinacea*), réti perje (*Poa pratensis*) (http 21). A megfigyelések alapján a búzát preferálja leginkább, de árpát, zabot és rozst is károsíthat (Kher et al. 2016; Keszthelyi et al. 2024; Kher et al. 202). Az *O. melanopus* károsítása esetén meg kell különböztetnünk közvetlen és közvetett kártételt.

#### Közvetlen kártétel:

Az imágók a gabonafélék leveleinek és/vagy fiatal hajtásainak színén hátrafelé haladva 4-8 mm-es csíkokat rágnak, általában a levelet teljesen átrágva (ablakos rágásnyomokat hagyva maguk után). A rágott ablakok száma levelenként változhat, lehet ritkás, de esős körülmények között a kártétel mértéke akkora lehet, hogy a levél szálakra foszlik. Kártételére április környékén számíthatunk (Barari 2019).

Kártétele a levelek fotoszintetizáló felületének csökkenésében mutatkozik meg ezáltal tápanyag beépülését korlátozza a magokba (Kauppi et al., 2021; Szwarc et al., 2021) és

vízveszteséget okoz a növénynek (McDowell et al., 2022; Griffin-Nolan et al., 2021). A lárvák ugyancsak a levél színén károsítanak, hámozgatnak (10. ábra), de a fonáki epidermisz sértetlen marad. Ezek a csíkok összeérhetnek foltokat alkotva. Kiszáradva fehér színűek lesznek, a kártevő innen kapta a vetésfehérítő nevet (Kher et al. 2016).



7. ábra Vetésfehérítő kártétele Forrás: Beke

#### Közvetett kártétel:

Az imágók vírus vektorok lehetnek. A rozsok mozaik vírust (Brome Mosaic Bromovirus) terjeszthetik ezzel a leveleken mozaikos mintázatot, sárgás vagy világoszöld foltokat, valamint a növények növekedésének visszamaradását okozhatják (Katarzyna et al. 2015). Ezzel fokozzák kártételük mértékét (Keszthelyi et al. 2024).

A bábból kikelt imágók a telelés előtt még táplálkoznak és ilyenkor a kukorica levelein okozzák jellegzetes kártételüket. Vírusokat ekkor is terjeszthetnek (Nault & Styer, 1978). Későn vetett kukoricán okozhatnak kárt Maize chlorotic mottle virus (MCMV) (Regassa et al. 2024; Császár et al. 2021).

Kártétel mértéke: Az Egyesült Államok délkeleti részén végzett kutatás során megállapították, hogy minden egyes lárva száranként 12,65%-os termésveszteséget okozott. A tanulmány szerint a zászlós levél virágzás előtti károsítása jelentősen csökkenti a termést, míg a virágzás utáni károsítás kevésbé befolyásolja azt (Buntin et al., 2004).

Egy svájci kutatás során 11 helyszínen, 4 éven keresztül vizsgálták a zászlós levél 0–60%-os mesterséges defoliációjának hatását a búzatermesre. Az eredmények szerint minden

10%-os levélvesztés 1,14%-os termésnövekedést eredményezett. Érdekes, hogy három búzafajta teljesen tolerálta a defoliációt, nem mutattak termésnövekedést. Természetes károsítások esetén is alacsony termésvesztést tapasztaltak (Steinger et al. 2020).

Magyarországi intenzív termesztési körülmények között végzett vizsgálatokban a tavaszi védekezés elhagyása esetén az *O. melanopus* 20 nap alatt a levélfelület 35–40%-át károsította, ami a klorofilltartalom 40–50%-os csökkenéséhez vezetett. Ez jelentős minőségi romlást eredményezett: a fehérjetartalom közel 30%-kal, a Hagberg-esésszám 10%-kal csökkent. A tanulmány hangsúlyozza, hogy a kártevő elleni védekezés elhagyása súlyos gazdasági következményekkel járhat (Keszthelyi et al. 2024).

A korai levélkárosítás legalább 9%-kal növelte a szemek fehérjetartalmát, valószínűleg a stresszhez kapcsolódó fehérjék felhalmozódása miatt. Ez azzal magyarázható, hogy a biotikus és abiotikus stressz elleni védelemben részt vevő fehérjék főként a magban koncentrálódnak (Balla et al., 2011).

#### **2.3.4. Az *Oulema* fajok előrejelzése és gazdasági kárkűszöbértékei különböző országokban**

Legegyszerűbb módszer az *Oulema* spp. előrejelzésére a fűhálózás és a terület szemrevételezése áprilisban. Fűháló gyűjtések után megtudjuk állapítani mely károsítók találhatók meg a mi területünkön.

Mivel az *O. melanopus* növekedése és fejlődése a hőmérséklettől függ, a napi maximum és minimum hőmérsékletek alapján végzett hőösszeg-számítás segíthet meghatározni, mikor érdemes elkezdeni ennek a kártevőnek a megfigyelését. A hőösszeg számításához kezdjük el rögzíteni a napi minimum és maximum hőmérsékleteket január 1-jétől. A hőösszegeket naponta számoljuk ki, és minden nap halmozzuk őket. Az *O. melanopus* bázishőmérséklete 7°C, ez az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyenél a rovar biológiai aktivitása megindul. Ha a számítások negatív értéket adnak, akkor arra a napra 0 foknapot kell rögzíteni, mivel a rovar nem fejlődött. Különböző országok, területek különböző hőösszeggel számolnak, de a módszer azonos (Guppy et al. 1978; Evans et al. 2014; Blodgett et al. 2004).

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

Ahol:

GDD= Growing Degree Days

T= hőmérséklet (°C vagy °F)

$_{max}$ = napi maximum hőmérséklet

$_{min}$ = napi minimum hőmérséklet

$_{base}$ = bázishőmérséklet, ami alatt nem fejlődik a kártevő

Az alkalmazható bázis hőmérsékleteket a 3. táblázat tartalmazza:

Kanada, Ottawa	7 °C	(Guppy & Harcourt, 1978)
U.S.A., Maryland	9 °C	(Evans et al., 2014)
Szerbia	10 °C	(Tanasković et al., 2012)
Belgium	9 °C	(Van de Vijver, 2019)

3.táblázat: Az *Oulema melanopus* esetén alkalmazható bázishőmérsékletek

A levélkárosodás kezdeti szakasza jellegzetes színváltozásokkal jár, amelyek távérzékelési technológiákkal is kimutathatók. A téli búzaállományok fotoszintetikus aktivitása középtávaszig intenzív, és bármilyen biotikus vagy abiotikus stresszhatás a leveleken változásokat idéz elő a vegetációs indexekben (Skendžić et al., 2023).

### 2.3.5. Az *Oulema* fajok elleni védekezés

A védekezés akkor válik szükségessé, ha megfigyeléseink során négyzetméterenként 10-12 db lárvával találkozunk a lárvakelés után (Szeőke, 2015). Nyugat Európában a kártételi küszöbértékek 0,5 és 2,5 lárva vagy pete/növény érték között mozognak (Elias 2019).

Az imágók, érzékenyek a környezeti viszonyokra. Hűvös, viharos tavasz nehezíti az elterjedésüket. Ha viszont aszályos és meleg a tavasz második fele a peték kiszáradnak és lepetyogva a levélről elpusztulnak (Olfert & Weiss, 2006).

Egy ausztriai kísérlet során az *Oulema melanopus* természetes ellenségeit vizsgálva arra az eredményre jutottak, hogy a legjelentősebb tojásparazita az *Anaphes flavipes*, míg a lárvák legfontosabb parazitái a *Diaparsis carinifer*, *Lemophagus curtus* és *Tetrastichus julis* (Borgemeister, 2001). *Tetrastichus julis* az ismert legfőbb endoparazitája a vetésfehérítő lárváinak. További megfigyelésekkel és betelepítésének megtervezésével fentartható módon védekezhetnénk a vetésfehérítő fokozott elszaporodása ellen (Kher et al. 2024).

A peterakást és a peték megtapadását a durva felületű, szőrözött levelű fajták is nehezítik. Az ilyen tulajdonságú fajták fel is sérthetik a petéket, amik ez után elpusztulnak. Ezekben a növényeken a kártétel mértéke 1-2 %-ban maximalizálható (Micu et al., 2013). A túlzott nitrogén műtrágyázás fellazíthatja a szöveteket (Mária, 2009), melyek kedveltebbé válnak a vetésfehérítő számára.

A biológiai védekezési módszerek, mint a *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* és *Bacillus thuringiensis* alkalmazása, ígéretes alternatívát kínálnak az *Oulema*

fajok elleni védekezésben. Ezek a biológiai ágensek nemcsak közvetlenül pusztítják el a kártevőket, hanem hozzájárulhatnak a növények egészségének és ellenálló képességének javításához is (Turóczy, 2017).

Vetésfehérítő bogarak ellen folt szerűen kontakt készítményeket (tau-fluvalinát, gamma-cihalotrin, deltametrin, eszfenvalerát) is alkalmazhatunk. A betelepülés időszakában a táblaszéleket kezelhetjük míg a későbbi stádiumban a lárvák okozta foltokon az érzékenységük okán hatékonyabban gyéríthetjük a kártevőket ([http10](#)).

## 2.4. Az UAV szerepe az agráriumban és a növényvédelemi monitoringban

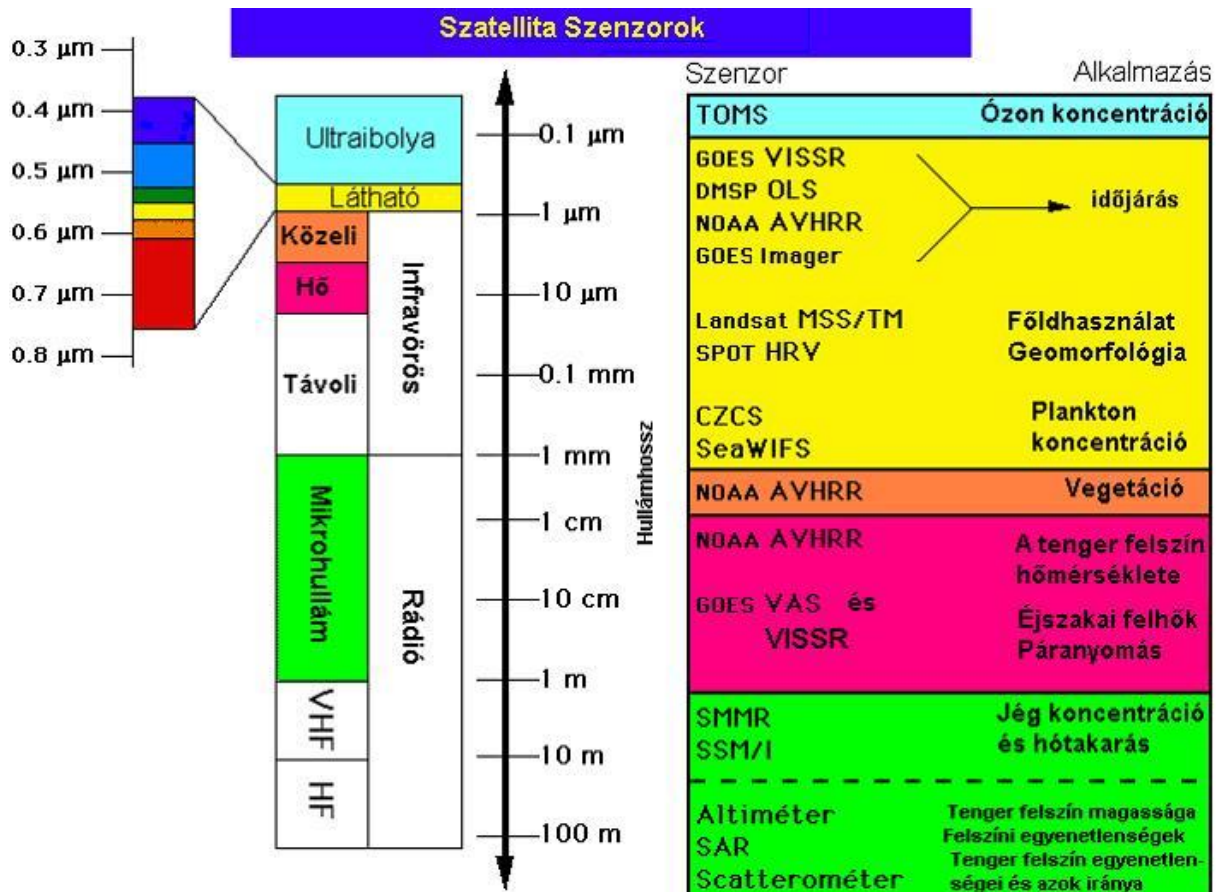
### 2.4.1. Távérzékelés alapjai

A távérzékelés fogalma Dr. Csató Éva (2000) szerint: *„Azokat a vizsgálati módszereket jelöljük a távérzékelés gyűjtőfogalmával, amelyekkel a közelünkben vagy tágabb környezetünkben található tárgyakról vagy jelenségekről úgy gyűjtünk adatokat, hogy az adatgyűjtő (általában szenzornak nevezett) berendezés nincs közvetlen kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel”*.

A története a távérzékelésnek egészen az 1700-as évek elejéig nyúlik vissza, amikor feltalálták a hőlégballont. Ezt követte a fényképezés feltalálása 1839-ben, mely Joseph Nicéphore Niépce, Louis Jacques-Mandé Daguerre és William Henry Fox Talbot nevéhez fűződik. 1840-ben a Párizsi Csillagvizsgáló Intézet igazgatója is népszerűsítette a légi fényképezés alkalmazását a térképi felmérésben. Az első légi felvétel elkészülésére azonban csak 1858-ban került sor 80 méteres magasságból, melyet Gaspard Felix Tournachon fényképezett. A műholdas korszak a *Landsat-1* (korábban ERTS-1) 1972-es indításával kezdődött, amely multispektrális érzékelőivel új lehetőségeket nyitott a nagy területű kvantitatív térképezésben (Deli, 2010).

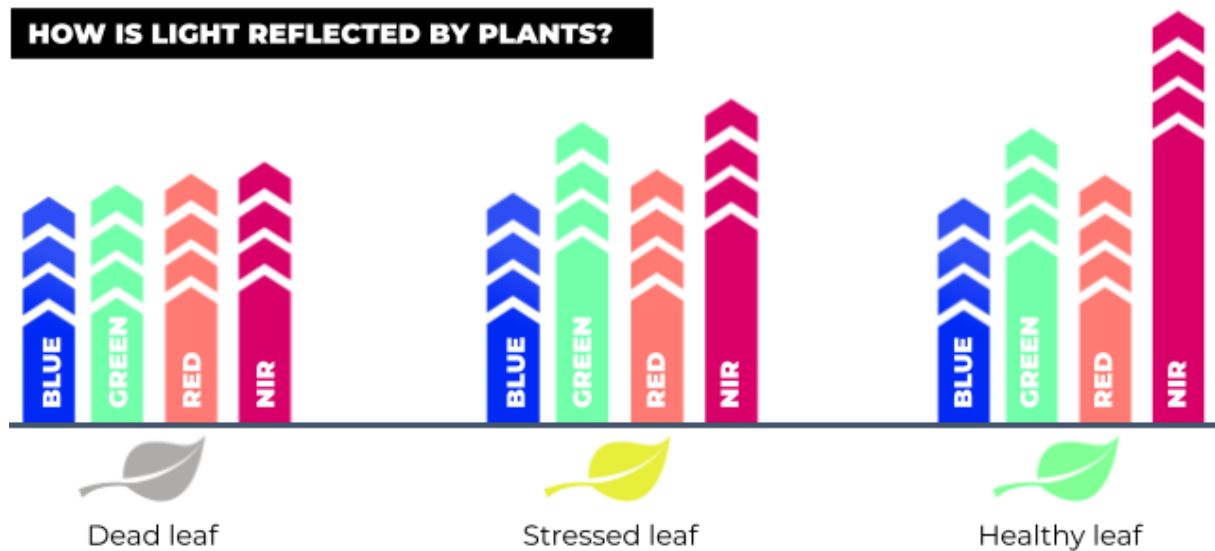
A távérzékelés a 20. század közepétől napjainkig exponenciális fejlődésen ment keresztül, szoros összefonódásban a katonai technológiai fejlesztésekkel, majd a polgári és különösen agrár-informatikai alkalmazásokkal. Az elektromágneses spektrum különböző tartományaiban végzett észlelések révén lehetőség nyílt a földfelszín kvantitatív és kvalitatív paramétereinek tér-időbeli követésére, ami jelentős áttörést jelentett a döntéstámogatási rendszerek fejlesztésében (Csató, 2000; Deli, 2010; Nagyvárad, 2018).

A mezőgazdaságban a távérzékelés szerepe a 2000-es évek elején vált meghatározóvá, a Francia Nemzeti Űrügynökség (Centre national d'études spatiales, CNES) fejlesztéseinek köszönhetően, amelyek célja a biomassza- és nitrogén-ellátottsági indexek pontos meghatározása volt. A multispektrális felvételek alapján végzett zónatérképezés lehetővé teszi az inputanyagok – például műtrágyák – helyspecifikus kijuttatását, növelve ezzel a hatékonyságot és csökkentve a környezeti terhelést (http 14).



8. ábra Elektromágneses hullámhossz tartományok és alkalmazási lehetőségeik (<http>)

A napsugárzás elektromágneses hullámok formájában (11. ábra) éri el a Föld felszínét, amelynek spektruma a körülbelül 280 nm és 2500 nm közötti tartományban mozog. A növények e sugárzást különböző módon kezelik: a látható tartományban (400–700 nm) elsősorban a fotoszintetikus pigmentek, mint például a klorofill-a és -b, erőteljes zöld szín visszaverődést mutatnak, amíg a kék (~430 nm) és vörös (~660 nm) hullámhosszokon az elnyelés mértéke magasabb. Ezzel szemben a közeli infravörös (NIR) tartományban (700–1300 nm) az elnyelés minimális, így a sugárzás jelentős része visszaverődik vagy áthalad a növényi szöveteken.



9. ábra Fény visszaverődés arányai elhalt, stresszelt és egészséges levélről (<http>)

A növényzet visszaverő-képességét (12. ábra), azaz reflektanciáját, az adott hullámhosszon visszavert sugárzás és a beeső sugárzás arányaként határozzuk meg. A reflektancia spektrális profilja specifikus az egyes növényfajokra, valamint azok fiziológiai állapotára. Egészséges növényzetre jellemző például az alacsony reflektancia a vörös tartományban és a magas reflektancia az NIR-ben, amit a „red edge” néven ismert éles váltás jelez a 680–750 nm közötti tartományban (Ulrik, 2011).

#### 2.4.2. Műholdas távérzékelés

Európában a COPERNICUS földmegfigyelő program keretein belül az Európai Űrügynökség (ESA) több Sentinel (Őrszem) típusú műholdat állított pályára. Ezek a műholdak az elektromágneses spektrum különböző hullámhossz tartományiban készítenek felvételeket a földfelszínről és monitorozzák a légkör állapotát. A Sentinel-2 misszió három azonos műholdból áll (Sentinel-2A, Sentinel-2B, Sentinel-2C). A Sentinel-2C 2024 szeptember 5-én állt – a többihez hasonlóan – napszinkron pályára 786 km átlag távolságba a földfelszíntől. Ez a pálya azért előnyös mivel a napsugárzás visszaverődése folyamatosan ugyan olyan szöget zár be a szenzorokkal és a 3 műhold 5 napos visszatérést tud garantálni. A passzív módon üzemelő multispektrális szenzor a műholdakon 13 frekvenciasávban méri a földfelszín reflektanciáját.

- 10 méteres felbontás: kék (~493 nm), zöld (560 nm), NIR (~833 nm)
- 20 méteres felbontás: VNIR (~704 nm, ~740 nm, ~783 nm, ~865 nm), SWIR (~1610 nm, ~2190 nm)
- 60 méteres felbontás: felhőzet kiszűrése, atmoszferikus korrekció (~443 nm, ~945 nm, ~1374 nm) (Bozsó, 2025).

Ezekon felül a NASA által felbocsátott műholdak adataival is dolgozhatnak a kutatók. Ezek a MODIS Terra és Aqua műholdak, valamint a Landsat 8 és Landsat 9 (Dhillon et al., 2023).

Az első Landsat műholdat 1972-ben állították földkörüli pályára. Manapság már a Landsat 8 (2013) és Landsat 9 (2021) vizsgálatainak eredményeit értékelhetjük. A Landsat 8 2 szenzorral van felszerelve (OLI, TIRS) és 15m, 30m és 100 m-es felbontással rögzít adatokat 9 hullámhossz tartományban. Napszinkron pályán kering 705 km-es átlag távolságra a Földtől és 16 napos ismétléssel dolgozik. A Landsat 9 is 2 szenzorral van felszerelve (OLI-2, TIRS-2) és a Landsat 7 cserélyeként szolgál. Ezzel az eszközzel redukálódott a visszatérés 8 napra és a hasonló paramétereknek köszönhetően nagyobb adatmennyiség áll a rendelkezésre ([http 23](http://23)).

MODIS Terra (1999) és MODIS Aqua (2001) műszerek a Föld teljes felszínét 1–2 naponta figyelik meg és 36 spektrális sávban 250 m, 500 m és 1000 m-es felbontásban. A Terra műhold Föld körüli pályája úgy van időzítve, hogy délelőtt északról dél felé haladjon át az Egyenlítőn, míg az Aqua délután délről észak felé metszi az Egyenlítőt és mindkettő 705 m-es átlag távolságba a felszíntől ([http 24](http://24)).

### **2.4.3. Drónos távérzékelés**

A mezőgazdasági távérzékelés már a 20. század közepétől fontos szerepet játszik az adatgyűjtésben és a döntéstámogatási folyamatokban. A 21. századra azonban az alkalmazható eszközök köre jelentősen kibővült, különösen az autonóm légi platformok, azaz a drónok (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) megjelenésével és elterjedésével. Ezek nem csupán a nagyfelbontású adatgyűjtés új dimenzióját nyitották meg, hanem a precíziós inputanyag-kijuttatásban is innovatív lehetőségeket kínálnak. A drónok használatának egyik legnagyobb előnye, hogy költséghatékony alternatívát biztosítanak a légi távérzékeléshez képest, különösen a kis- és közepes méretű gazdaságok számára. A különféle szenzorokkal (RGB-, hő-, multi-, hiperspektrális kamera, radar, SAR, LiDar) ([http 15](http://15)) felszerelt platformok lehetővé teszik a növényállomány aktuális állapotának részletes és célzott felmérését 3D feltérképezését. A gyalogos szemrevételezéssel szemben a drónos megfigyelés nemcsak idő-

és munkaerő-hatékonyabb, de lehetővé teszi a problémás területek korai detektálását és a precíziós beavatkozások helyspecifikus végrehajtását. Ennek köszönhetően a táblaszintű monitoring nemcsak rendszeressé válik, hanem a célzott növényvédelem és inputgazdálkodás alapjául is szolgál. A feltérképezésre használt felderítő drónok kulcsfontosságú szerepet töltenek be a permetező drónok hatékony és pontos működtetésében is (Borhi 2022).

A drónhasználat korlátai 4 fő csoportra osztható: környezeti és üzemeltetési korlátok, technológiai korlátok, jogi korlátok, adatfeldolgozás béli nehézségek. A környezeti és üzemeltetési korlátok abból állnak, hogy a széles időrajásban röpképtelen az eszköz, a ködös idő a megfigyelést korlátozza. A tereptárgyak (domborzat, növényzet, felsővezetékek, oszlopok) megnehezíthetik a repüléstervezést. A technológiai korlátok abból állnak, hogy az eszközök akkumulátort használnak és relatív kis mérettel rendelkeznek. Ez a tényező negatívan befolyásolja a terület teljesítményt. Komplex rendszerről lévén szó, így mélyebb tudást igényel a megfelelő használat. Az eszközök legfeljebb kiegészítő technológia lehet a növényvédelemben amellet, hogy a konvencionális eszközök is drágák. Repülő eszköz révén a lezuhanás veszélye magas. A drónos technológia új és ennek gyors fejlődését a jogi környezet nem követi le megfelelő gyorsasággal és ez hiányos és/vagy tökéletlen szabályozási rendszert eredményez. A követelmények olykor egymástól független hatóságoktól származnak, nehezítve az engedélyeztetés menetét. A légtér használat felső korlátozása rontja a terület teljesítményt, mivel egy adott átrepülés alkalmával kisebb területet lát be az eszköz. Az adatfeldolgozás megfelelő informatikai tudást igényel. Különböző gyártók, különböző, saját maguk által fejlesztett rendszert használnak és ezzel nehezítik a kompatibilitást. Az eszközök pontatlanságát sok tényező tudja befolyásolni. Mivel a magasság korlátozott, ezáltal megnő a felvétel adatmennyisége, ami lassítja az adatfeldolgozást és nagyobb számítási kapacitást igényel (Vlaskality et al., 2025).

Repülési paramétereket nagyon sok tényező befolyásolja. A magasság általában 100-150 m közé tehető, attól függően mi a cél a kép minőségét tekintve és hogy mekkora a terület, amit be kell repülni. A következő paraméter a Ground Sample Distance (GSD), ami azt mutatja meg hogy egy pixel hány cm. Ezt közvetlenül befolyásolja a magasság. Ortofotóhoz készülő képek beállításánál másik fontos szempont az átfedés. Ez lehet oldal irányú (side overlap) illetve előre fele (front overlap) mutató. Ezen paraméterek is a GSD befolyásolására és a küldetés idejére vannak hatással. Magasabb átfedés ( $90\% <$ ) csökkenti a GSD értékét, de növeli a küldetés idejét. Előre átfedésnek minimum  $60\%$ -nak kell lennie, míg az oldal átfedésnek  $40\%$ -ig csökkenthető az értéke. Forgószárnyas eszközök sebessége általában  $1-5$  m/s szokott lenni. Az  $1-2$  m/s sebességet kifejezetten pontos parcellás kísérleteknél szokták

használni. Merevszárnyú drónoknál 8-15 m/s megfelel a nagy pontosságú vizsgálatoknak is. A repülés napszaknak megválasztása nagyban tudja csökkenteni az árnyékok negatív hatását. A leg optimálisabb időszak 11:00 és 13:30 között van. A szenzor zárideje nagyban befolyásolja a sebesség (pl.: 1/1500 s záridő + 4 m/s ~ 4 mm elmozdulás) (Lopes Bento et al., 2022; Maes, 2025; Mammarella et al., 2022; Ronchetti et al., 2019).

A begyűjtött adatokat a leghatékonyabban úgy tudjuk felhasználni és vizualizálni, ha vegetációs indexet képletein keresztül feldolgozzuk. Az indexeket azért fejlesztették ki, hogy a vegetáció fejlődésének és változásának nyomon követését lehetővé tegyék, miközben a külső zavaró tényezők hatását a lehető legnagyobb mértékben kiszűrjük (Baret & Guyot, 1991).

#### **2.4.4. Vegetációs indexek szerepe a növénymonitoringban**

A távérzékelésben alkalmazott műszerek az elektromágneses sugárzást mérik, a növényzet vizsgálatára szolgáló eszközök pedig kifejezetten a spektrum olyan hullámhossztartományaira fókuszálnak, amelyek összefüggésben állnak a vegetáció állapotával. Ha a különböző sávokban mért értékeket matematikailag megfelelően kombináljuk, különféle vegetációs indexek számíthatók, amelyek a növényzet állapotára és jellemzőire adnak információt (Kovács et al., 2019).

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a legelterjedtebben alkalmazott műholdas vegetációs mutató, amely szoros összefüggést mutat a felszín zöldességével és a fotoszintetikus aktivitással. Értékei mértékegység nélküli számként -1 és 1 között mozognak, és egy adott területen a biomassza mennyiségére, ezen belül különösen a levelek klorofill- és víztartalmára utalnak. A csupasz talaj tipikus NDVI-értéke 0,2–0,3 körül alakul, míg a növényborítottság növekedésével az index is magasabb lesz. A magasabb értékek erőteljesebb zöld színt jeleznek, ami egészséges, megfelelő víz- és tápanyagellátottságú, intenzíven fejlődő növényállományt jelez. A legsűrűbb erdők esetében az NDVI érték rendszerint 0,8–0,9 között található (Kovács et al., 2019).

Az RGB sávokból számított vegetációs indexek olyan növényzetre vonatkozó mutatók, amelyeket hagyományos digitális fényképezőgépek (RGB kamerák) által rögzített vörös (Red), zöld (Green) és kék (Blue) színcsatornák adatai alapján számítanak. Ezek az indexek egyszerű, költséghatékony alternatívát nyújtanak a drágább multispektrális vagy hiperspektrális rendszerekhez képest, különösen drónos megfigyelés esetén. Gyors és olcsó terepi vizsgálatot tesznek lehetővé. E mellett könnyen beépíthetők képfeldolgozó

szoftverekbe (QGIS, OpenCV, DroneDeploy). Hátrányai, hogy nem dolgozik infravörössel és érzékeny a megvilágítás viszonyaira ezért pontossága alacsonyabb (Kazemi & Parmehr, 2023).

- **VARI (Visible Atmospherically Resistance Index)**

A VARI indexet a leaf area index (LAI) és a vegetation fraction (VF) közvetett mérésére fejlesztettek ki, kizárólag a látható hullámhossz visszaverődési értékeinek felhasználásával (Gitelson et al., 2002). A VARI-t úgy tervezték, hogy minimalizálja a légköri viszonyok, különösen az aeroszolok hatását a vegetáció megfigyelésére. A látható spektrum, különösen a zöld (Green), piros (Red) és kék (Blue) sávok visszaverődési adatai alapján számítják ki, így kevésbé érzékeny a légköri zavarokra, mint más indexek, például az NDVI (Stow et al. 2005).

A VARI értékek -1 és +1 között mozognak(Gitelson et al., 2002).

Magas VARI értékek (0,3 és 0,8 között) sűrű zöld növényzetre, erdőkre vagy egészséges termőföldekre utalnak. A magas VARI értékek erős vegetációs jeleket mutatnak a zöld sáv nagy visszaverődése és a piros sáv alacsonyabb visszaverődése miatt.

Mérsékelt VARI-értékek (0,1–0,3) ritka növényzetre, cserjékre vagy közepesen egészséges növényekre utalnak. A mérsékelt értékek némi zöld növényzetet jeleznek, de nem biztos, hogy olyan sűrű vagy egészséges, mint a magasabb VARI értékkel rendelkező területek.

Alacsony VARI értékek (0 - 0,1) gyepekre, alacsony növénytakarójú területekre vagy stresszes növényzetre utal. Az alacsony VARI értékek ritka növényzetre vagy stressz alatt álló növényzetre utalnak. Ez jelezheti a nem növényzettel borított területek, például a csupasz talaj jelenlétét is.

Negatív VARI értékek (-1 - 0) csupasz talajra, városi felületekre, vízfelületekre/ belvizekre vagy minimális növényzettel rendelkező területekre utal. A negatív értékek általában nem növényzettel borított felületeket jeleznek. Ezek a felületek hasonlóan tükröződnek a piros, zöld és kék sávokon, ami alacsony vagy negatív VARI értéket eredményez.

- **GCC (Green Chromatic Coordinate)**

A GCC egy színindex, amelyet a növényzet egészségének értékelésére használnak a képek zöldességének elemzésével. Különösen hasznos a távérzékelési alkalmazásokban az erdők és a növények egészségének nyomon követésére. A GCC értéke abból adódik, hogy milyen az

arány a visszaverődött zöld és a visszaverődött kék, piros és zöld összege között (Richardson et al. 2007):

A GCC értékek 0 és 1 között mozognak.

Magas GCC-értékek (0,3–0,5 vagy magasabb) sűrű zöld növényzetre, egészséges gyepekre, erdők vagy növényekre utalnak. A magas GCC értékek erős zöld dominanciát jeleznek, ami általában korrelál a sűrű vagy egészséges növénytakaróval rendelkező területekkel.

Mérsékelt GCC-értékek (0,1–0,3) ritka vagy vegyes növényzetre, alacsony sűrűségű fűre vagy részleges növénytakaróval rendelkező területekre utalnak. A mérsékelt GCC-értékek arra utalnak, hogy növényzet van jelen, de ritkább vagy nem növényzettel borított felületekkel keveredhet.

Alacsony GCC-értékek (0-0,1) nem növényzettel borított területekre, például talajra, épített környezetre vagy vízfelületekre/ belvizekre utalnak. Az alacsony GCC értékek a zöld alacsony arányát jelzik a képen, jellemzően jelentős növényzettel nem rendelkező területeknek felelnek meg.

Alkalmazható növényzet egészségének nyomon követésére. A GCC-értékek felhasználhatók az állomány egészségére vonatkozó küszöbértékek meghatározására, mivel ezek jelentősen kapcsolódnak olyan mutatókhoz, mint a fák életereje, a mortalitás és a betegségek előfordulása (Reid et al. 2016). Alkalmasak még távérzékelésre. A GCC-t légi felvételekből számítják ki a nagy erdőterületek egészségi állapotának felmérésére, ami nem invazív módszert biztosít a környezeti változások nyomon követésére (Reid et al., 2016).

- **GLI (Green Leaf Index)**

A GLI vörös, zöld és kék (RGB) spektrális sávokból származik. A növényzet levélfelület-indexének (LAI) becslésére szolgál, amely kulcsfontosságú paraméter a lombkorona szerkezetének és növekedési állapotának megértéséhez. A GLI más indexekkel együtt történő használata javítja a pontosságát a környezetvédelmi és mezőgazdasági megfigyeléseknek, így értékes eszköz a fenntartható gazdálkodásban és kutatásban (Liu & Wang, 2018).

Méri a növényzet zöldességét, betekintést nyújtva a növények egészségébe, termelékenységébe és sűrűségébe. Jellemzően műholdak-, drónok szenzorjai vagy terepi műszerek érzékelői által rögzített visszaverődési adatokból származik. Tartalmaz vörös, zöld és kék sávokat digitális képekből vagy multispektrális adatból (Liu & Wang, 2018).

A pozitív értékek (közelebb az 1-hez) a zöld növényzet nagyobb jelenlétét jelzik, ami egészséges növénytakaróra utal. A negatív vagy alacsony értékek kevesebb zöld növényzetre

utalnak, ami csupasz talajú, stresszes növényzettel vagy nem vegetatív felületekkel rendelkező területekre utalhat.

A GLI-t a mezőgazdaságban úgy alkalmazzák, hogy a növények egészségét, növekedési szakaszait nyomon követik és a figyelmet igénylő területeket azonosítják. Távérzékelésben és térinformatikában gyakran használják más vegetációs indexekkel, például az NDVI-al (Normalized Difference Vegetation Index) együtt, hogy átfogóbb képet kapjanak a növénytakaróról és az egészségről. Előnye közé tartozik az egyszerűség és költséghatékonyság. A GLI alapvető RGB adatokat használ, amelyeket könnyebb megszerezni, mint néhány más, több spektrális sávot igénylő indexet. Sokoldalúnak is bizonyul ez az index. Különböző környezetekhez és képtípusokhoz alkalmazható, a műholdképektől a földi fényképekig. Egy különböző RGB-alapú indexeket összehasonlító tanulmányban a GLI megvalósítható lehetőségnek bizonyult a LAI-k előrejelzésére, bár a Negative Excess Red Vegetation Index (NegExR) érte el a legmagasabb meghatározási együttthatót ( $R^2$ ) (Liu & Wang, 2018). A GLI korlátai más vegetációs indexekhez hasonlóan befolyásolható olyan tényezőkkel, mint a talaj háttere és a légköri viszonyok, amelyek hatással lehetnek annak pontosságára (Liu & Wang, 2018).

- **NDGRI (Normalized Difference Green/Red Index)**

A NDRGI egy RGB felvételekből nyert index, amely a mezőgazdaságban jól alkalmazható (Jannoura et al., 2015; Kefauver et al., 2020, [http](http://) 13).

Az NGRDI-t a növényi biomassza becslésére és a növényzet egészségének nyomon követésére használják. Különösen hasznos a precíziós mezőgazdaságban hozam térképek készítéséhez és helyspecifikus mezőgazdasági döntések meghozatalához (Jannoura et al., 2015). Az NGRDI hatékonyan kimutatta a növényi betegségeket, mint például a coffee leaf rust (CLR) és a *Verticillium*os hervadás az olajbogyó növényekben, jelentős különbségeket mutatva az egészséges és a fertőzött növények között (Estrada-Peraza et al., 2023; Sancho-Adamson et al., 2019). Segít nyomon követni a növények növekedési szakaszait és az öregedést, betekintést nyújtva a zöldellés és a növények növekedési időszakainak időzítésébe (Anderson et al., 2016).

A növényi biomasszát értékelő tanulmányban az NGRDI értékek 0,09 és 0,13 között mozogtak, a magasabb értékek nagyobb biomasszát jeleztek (Jannoura et al., 2015). A betegségek kimutatása érdekében az NGRDI 77% -os teljesítményt mutatott a kávélevél rozsdájának azonosításában, bizonyítva megbízhatóságát a betegség monitorozásában (Estrada-Peraza et al., 2023).

Az NGRDI a szabványos RGB kamerák által készített valódi színes képekből származtatható, így olcsóbb alternatíva a közeli infravörös adatokat igénylő indexekkel szemben (Jannoura et al., 2015; Kefauver et al., 2020). Az NGRDI értékek erős pozitív korrelációt mutattak a föld feletti biomasszával, így megbízható mutatója a növényzet egészségének (Jannoura et al., 2015).

Az NGRDI-t befolyásolhatja a talaj fényessége, a napérzékelő geometriája és a lombkorona szerkezete, ami bizonyos körülmények között befolyásolhatja annak pontosságát (Gao et al., 2023).

### 3. Anyag és módszertan

#### 3.1.A vizsgált területek bemutatása

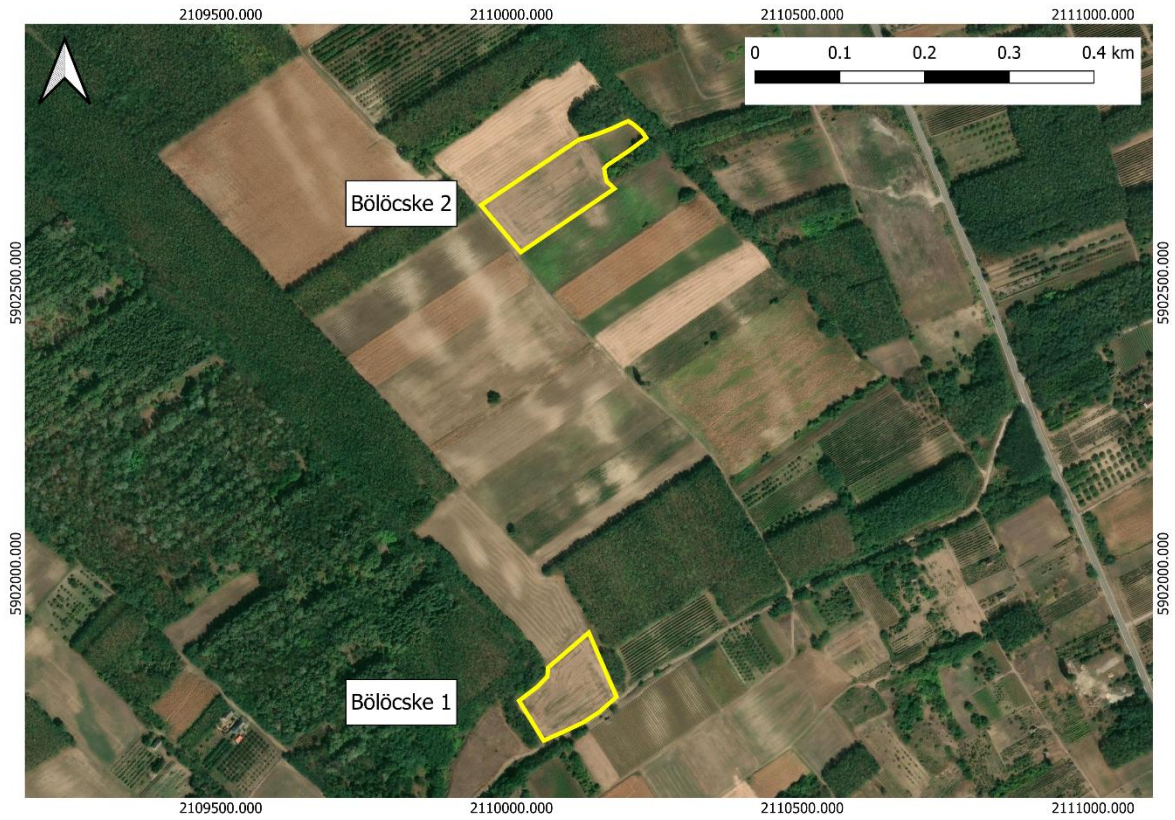
Bölcske és Lőrinczi települések közelében található területek drónos megfigyelésére kaptam lehetőséget. Árpát Bölcskén és búzát Lőrinczibe vizsgálhattam meg. Lőrinczi területen a gombaölőszeres védekezésen kívül más jellegű növényvédelmi beavatkozás nem történt. Itt őszi búzát vetettek. A tábla kezelésének részletes információit nem bocsátották rendelkezésemre.



10. ábra Lőrinczi táblák. Forrás: Google Earth

Lőrinczi terület 2 szántóföldből áll, amit egy út szel ketté (13. ábra). Ezen két területből a kisebb területet nem kezelték és járhattam be lárva kártételek vizsgálata céljából. A nagyobb területet csak drónnal repülhettem be. Mind 2 szántóföld mellett erdős terület található. A termesztés technológia a következő:

- Növényvédelem: egyszeri gombaölős kezelés
- Terület mérete: 4 ha; 16 ha;



11. ábra Bölcske 1. tábla és 2. tábla Forrás: Google Earth



12. ábra Bölcske 3. tábla és 4. tábla Forrás: Google Earth

Bölcskei terület 4 szántóföldből áll (14-15. ábra). Konvencionális szántóföldi növénytermesztés zajlik itt. 2 terület szomszédságában található erdő, de a 2 másik területet szántóföldek és út határol. Bölcskén több terület közül előzetes szemrevételezés során kerültek kiválasztásra a területek az alapján, hogy hol volt jelen a károsító. Az őszi árpa termesztés technológiája a következő:

- Fajta: SU Ellen
- Alaptrágya: 200 kg/ha NPK 10:26:26 2023. 10. 17
- Vetés: 200 kg/ha 2023. 10. 25.
- Fejtrágya:
  - DUSLO MAS 27 120 kg/ha 2024. 03. 13.
  - Fitohorm Gabona 5 l/ha 2024. 05. 03.
- Növényvédelem:
  - Gyomfésű 2024. 03. 14.
  - Granstar Super 50 SX 60 g/ha + Tebusha 1 l/ha + Rapid CS 80 ml/ha 2024. 02. 27.
  - Falcon Pro 0,6 l/ha + Klartan 0,2 l/ha + fejtrágya 2024. 05. 03.
- Aratás 2024. 06. 18-19.
- Területek mérete: 1,2 ha; 0,9 ha; 3,1 ha; 1,7 ha

### **3.2.A vizsgálati módszertan leírása**

#### Imágók begyűjtése fűhálóval:

A lőrinczi táblán 2024. 03. 25-én végeztem fűhálós gyűjtést. Az egyedeket 4 x 50 hálósapásból gyűjtő edénybe (befőttesüveg) ürítettem. A fűhálós gyűjtésem egyedeit megvizsgálták számomra KITE Zrt. munkatársai és sztereomikroszkópos morfológiai vizsgálattal megállapították, hogy a fűhálóval befogott egyedek mindegyike egy kivétellel (tehát a fogott populáció kevesebb mint 0,3%-a) kizárólag *O. melanopus* volt. Ez alapján kijelenthető, hogy az általam vizsgált táblákat szinte kizárólag *O. melanopus* faj károsította.

A károsított pontokon az imágók darabszáma is rögzítésre került egyszeri alkalommal. Ekkor pontonként 10 db hálósapás eredményei kerültek gyűjtésre. Befőttes üvegbe ürítettem a háló tartalmát. Otthon mélyhűtőbe raktam, hogy később könnyebb legyen megszámolni őket.

#### Mintavételi területek kijelölése:

A területeket bejárva Egészséges és Károsított pontokat jelöltem ki 2024. március 23-án. Ezen pontok területen belüli darabszáma a méretük alapján változott. Bölcskén 2

károsított és 2 egészséges pont került rögzítésre a 0,9 – 3,1 ha-os méretek miatt. A Lőrinczi táblán 6 károsított és 3 egészséges pontot rögzítettem a 4- és 16 ha-os méret miatt. Iphone 12 mini okostelefonnal mértem be a pontok koordinátáit és jegyzetekben rögzítettem. A károsított mintaterületeken fűhálós rovar gyűjtést is végeztem. 10 hálósapás eredményét befőttes üvegbe helyeztem és megjelöltem későbbi megszámlálásra. A kártétel mértékét az alapján becsültem meg, hogy az imágók az adott foltban átlagosan hány százalékát rágták meg a levél felszínének. Itt a 0 % a sértetlen levél és a 100 % a teljesen fehérre rágott levelet jelöli. Pálcát is raktam ki és később ezeket a koordinátákat használtam mind a lárvaaktivitás terepi vizsgálatára, mind pedig a távérzékelte adatok feldolgozása során.

A lárva aktivitást úgy vizsgáltam, hogy minden károsított koordináta közelében elhelyeztem 3 egyedi jelölésű pálcát (16. ábra), úgy, hogy azok olyan növényeket jelöljenek, ahol detektáltam lárvákat a levélen. A leveleket lakkfilcel jelöltem és milliméterpapírral a háttérükben ugyan olyan távolságból lefotóztam. Ezt a vizsgálatot 3 héten keresztül minden héten megismételtem. Az összes területet együtt véve 54 pálcát kellett kihelyezésre.



13. ábra Pálca jelöli a lárva vizsgálatok helyét, kódját és dátumát. Forrás: Beke

A lárvák aktivitását a 4. táblázatban szereplő időpontokban vizsgáltam.

Bölcske	Lőrinczi
2024. 04. 19.	2024. 04. 25.
2024. 04. 26.	2024. 05. 02.
2024. 05. 03.	2024. 05. 09.

4. táblázat lárva aktivitás felvételek időpontja

## Kalászmérés:

A betakarítás előtt kalászokat vágtam le zacskóba minden rögzített koordinátrapontról (károsított és egészséges). Koordinátrapontonként 20 kalász került leszedésre. Ezeket a kalászokat egyesével lemértem század gramm pontosságú mérlegen és egy EXCEL táblázatba rögzítettem őket.

### **3.3.A vizsgálat eszközei**

Imágók begyűjtése: Fűháló, befőttesüveg, alkoholos filc

Mintavételi pontok kijelölése: Pálca, okostelefon

Mintavételi pontok elérése a terepen és a kártétel felvételezése.

DJI Matrice 300 RTK felszerelve egy L1 Zenmuse LiDar kamerával (17. ábra). Ennek a kamera típusnak csak az RGB opcióját használtuk.

Termékek begyűjtése és mérése: zacskó, papír, olló, századgramm pontosságú mérleg



14. ábra DJI Matrice 300 RTK felkészítés repülés előtt. Forrás: Beke

### **3.4. Alkalmazott felmérési és elemzési módszertanok**

#### **3.4.1. Repülési paraméterek**

Bölcske	Lőrinczi
2024. 04. 03.	2024. 03. 26.
2024. 04. 26.	2024. 04. 25.
2024. 05. 03.	2024. 05. 02.

5. táblázat Repülés dátumai Bölcse és Lőrinczi területeken

A repülési időpontokat (5. táblázat) a szeszélyes tavasz és a tanulmányaim is befolyásolták. Minden repülést igyekeztem 11:00 és 13:00 időpontok között végrehajtani, hogy a napsugárzás legnagyobb mértékű és a lehető legegyszerűsebb szögben legyen minden felvételen.

Az első repülés előtt a területeket rögzítettem a drón távirányítójában (18. ábra) és beállítottam a repülési paramétereket (19. ábra), amik a következők voltak:

- Repülési magasság: 100 m
- Átfedés 80/70
- Sebesség: 5 km/h
- Repülés iránya: a tábla leghosszabb oldalával párhuzamosan
- Payload típusa: RGB



15. ábra Drón távirányítója használat közben. Forrás: Beke



19. ábra Felszállás előtti előkészületek Forrás: Beke

### 3.4.2. Térinformatikai adatfeldolgozás

A drónfelvételek georeferált ortofotóit és az indexek térinformatikai kiszámítását Kerezsi György (Tudományos segédmunkatárs, Környezettudományi Intézet) végezte el számomra. Az indexek kiszámítását a 6. táblázatban található képletek alapján végezte.

Index neve	Index képlete
VARI	$VARI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red - Blue)}$
GCC	$GCC = \frac{Green}{Green + Red + Blue}$
GLI	$GLI = \frac{2 * Green - Red - Blue}{2 * Green + Red + Blue}$
NDRGI	$NGRDI = \frac{Green - Red}{Green + Red}$

6. táblázat Elemzés során alkalmazott vegetációs indexek és azok képletei

#### A mintavételi területek térinformatikai kijelölése:

Quantum GIS szoftverbe a drónfelvételek és azok feldolgozása után kapott ortofotókat importáltuk. A rögzített koordinátákból 10x10m-es mintavételi területeket (20. ábra)

képeztünk úgy, hogy a rögzített koordinátpont a 10x10m-es négyzetes poligon középpontjára essen (21. ábra). Ezen négyzetek elhelyezkedésének korrekcióját szükségesnek ítéltük, mivel a GPS pontossága +/- 3 m, így a fényképek exif adataiból a koordinátákat exportáltuk és az így kapott adatok alapján a négyzetek pozícióját korrigáltuk. Az így kapott négyzeteket 1m x 1m-es rácsra bontottuk és a különböző indexeket egy rács egy cellájába tartozó átlagát exportáltuk. Kizárólag az 2. Irodalmi áttekintés fejezet **2.4.3. Vegetációs indexek** c. alfejezetében részletesen bemutatott indexeket számítottuk ki az ott leírt képletek alapján. Ezek a vegetációs indexek a következők voltak: VARI, GCC, GLI, NDGRI.



20. ábra négyzetes poligon rögzítése a táblán Forrás: Beke



21. ábra négyzetek 1 m x 1 m-es rácsra bontása  
Forrás: Beke

### 3.4.3. Statisztikai vizsgálatok

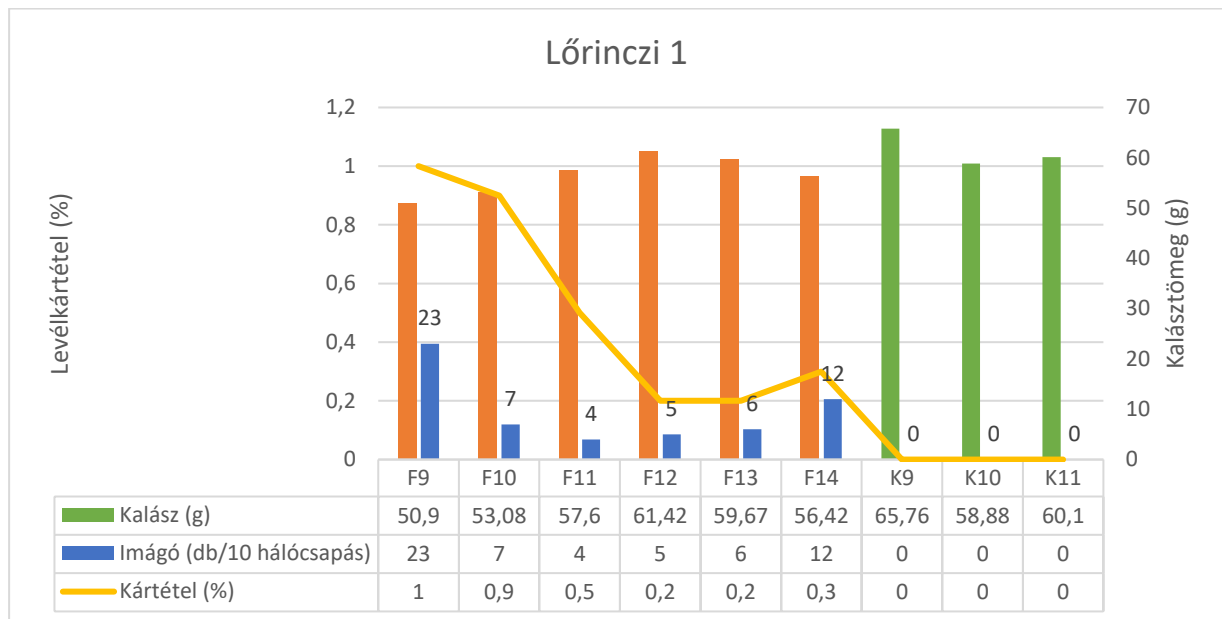
Statisztikai vizsgálatoknál a károsított és egészséges pontokat T próbával vizsgáltam. Ezt a módszert akkor használjuk mikor az a kérdés, hogy „Két különböző dolognak mekkora az esélye, hogy egy csoportba tartoznak?”.

A táblák közötti különbségek vizsgálatára T-tesz vagy Oneway ANOVA került alkalmazásra, attól függően, hogy 2 vagy több táblát hasonlítottam össze. Amennyiben volt szignifikáns különbség, Tukey post-hoc tesztet alkalmaztam a páronkénti összehasonlításra, valamint a homogén csoportok meghatározására. A táblák és a kártétel közötti interakciót

Multiway ANOVA tesztel vizsgáltam. A vizsgálatok mindegyikénél szignifikanciát is vizsgáltam, amennyiben  $p < 0,05$  az eredményt szignifikánsnak tekintettem. .

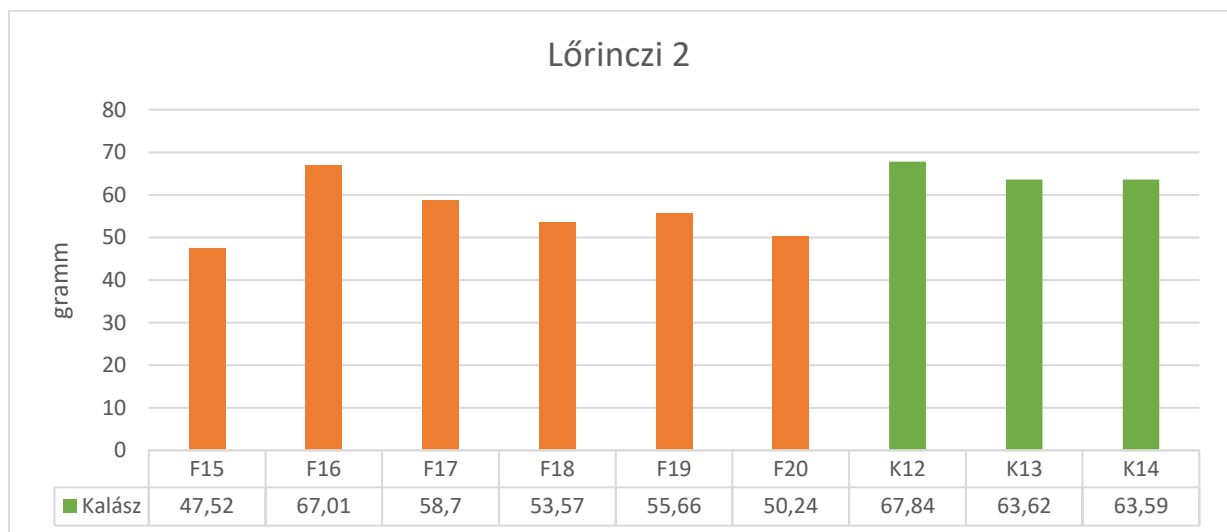
## 4. Eredmények

### 4.1. Kalásztömeg, imágószám és kártétel becslés összehasonlítása



22. ábra Lőrinczi: Kalázmérés, imágó megfigyelés és kártétel mértékének vizuális eredményei

Megfigyeltem, hogy a kalásztömege a Lőrinczi 1 táblán jelentős különbséget mutatnak a károsított (F 9-14) és az egészséges (K 9-11) mintaterületek között (22. ábra). A károsított területeken átlagosan 8%-kal alacsonyabb tömegű kalászokat mértem, mint az egészséges területeken. Az F9-es mintaterületnél megfigyelhető, hogy kiemelkedően magas az imágók száma és a károsított levélfelület. A többi károsított terület is mutat összefüggést az imágók darabszáma, a kártétel mértéke és a kalászok tömege között.

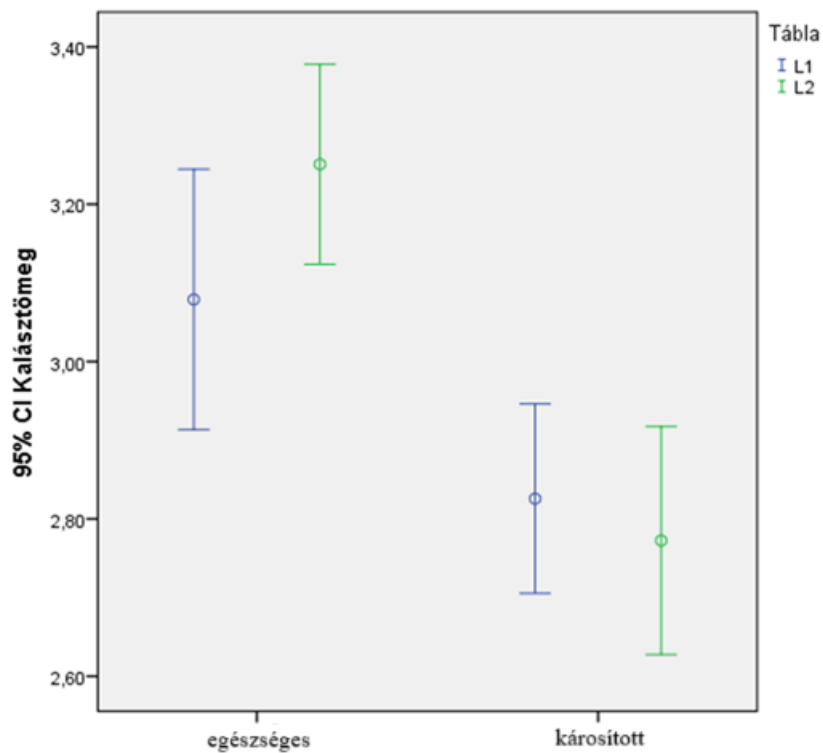


23. ábra Lőrinczi: Kalázmérés eredményei

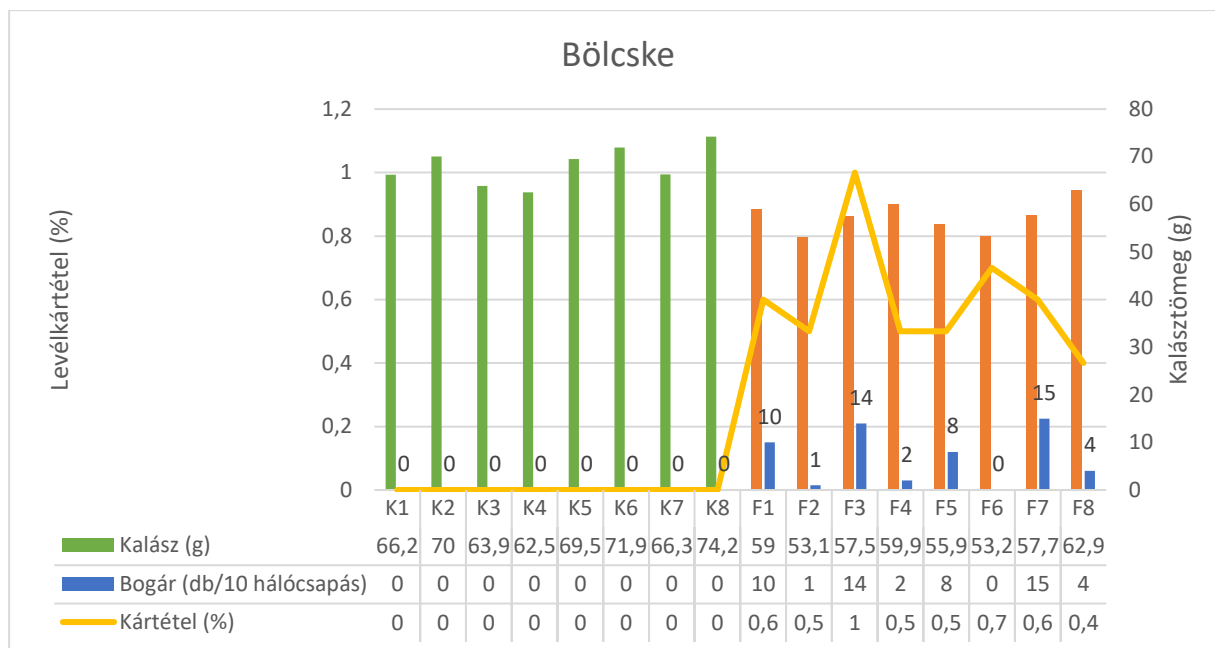
A 23. ábra a kisebb, Lőrinczi 2 tábla kalázmérési eredményeit mutatja. A Lőrinczi 1 búzátáblához hasonlóan megfigyelhető, hogy a károsított területekről származó kalászok

tömege kisebb volt min az egészséges területekről származó kalászké, de a különbség nagyobb volt, mint a másik őszi búzatablán (14,6%-os különbség). Ugyanakkor megfigyelhető, hogy az egészséges (K 12-14) vegetáció kalásztömege egységesebb volt, mint a károsított növényzeté (F 15-20).

Összességében a Lőrinczi területen gyűjtött egészséges kalászok tömegének átlaga (3,17 g) és a károsított kalászok átlaga (2,8 g) statisztikai programban vizsgálva szignifikáns különbséget ( $p < 0,01$ ) mutatott a károsított és az egészségesek között. A táblák statisztikailag nem térnek el egymástól. A táblák között kártétel viszonylatában nincs interakció (24. ábra).



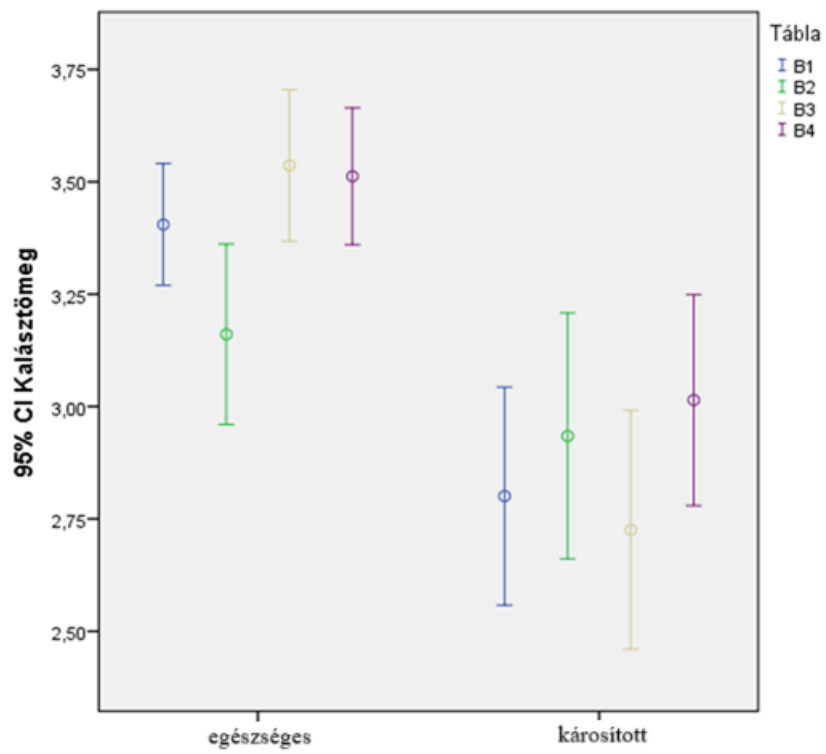
24. ábra Lőrinczi, kalásmérés statisztikai diagram



25. ábra Bölcске: Kalásmérés, imágó megfigyelés és kártétel mértékének vizuális eredményei

A bölcскеi árpa táblákról is megállapítható, hogy a kalászkötegek (25. ábra) különbsége jellemzi a károsított (F 1-8) és az egészséges (K 1-8) mintaterületeket. A károsított területek kalászkötege itt is a károsított területek esetén kisebb. A Bölcskéen gyűjtött egészséges területekről gyűjtött kalászkötegek átlaga (3,40 g) és a károsított területekről gyűjtött kalászkötegek átlaga (2,87 g), különbségük szignifikáns volt ( $p < 0,001$ ). A táblák kalászkötegei szignifikánsan nem térnek el egymástól. A táblák és kártétel viszonylatában nincs interakció, azaz a károsított és az egészséges mintaterületek kalászkötegei közötti különbség táblától független (26. ábra).

A kalászkötege a fűhálóval begyűjtött imágók darabszáma és a kártétel mértéke itt azonban nem függ össze. A legmagasabb kártétellel az F3-as pont rendelkezik, de nem ennél található meg a legtöbb imágó. Az F6-os pontnál nem fogtam imágókat, viszont a leveleken található kártétel mértéke jelentősebb volt. Az itt látható különbségek abból eredhetnek, hogy a bölcскеi területek 4 különálló táblából állnak. Ha így viszonyítjuk egymáshoz őket, akkor látható, hogy az F1 és F2 között csökkenő imágó darabszámmal csökken a kártétel mértékei is, de még a kalászkötege is. Viszont az F3 és F4, valamint az F7 és F8 között látható, hogy az imágó darabszámban és a kártétel mértékében van csökkenés ezzel ellentétben a kalászkötege növekszik. Az F5 és F6 között viszont az imágó és a kártétel aránya fordított, de a kalászkötege a kártétellel változik.



26. ábra Bölcske, kalázmérés statisztikai diagram

## 4.2. Térinformatikai felmérések elemzése

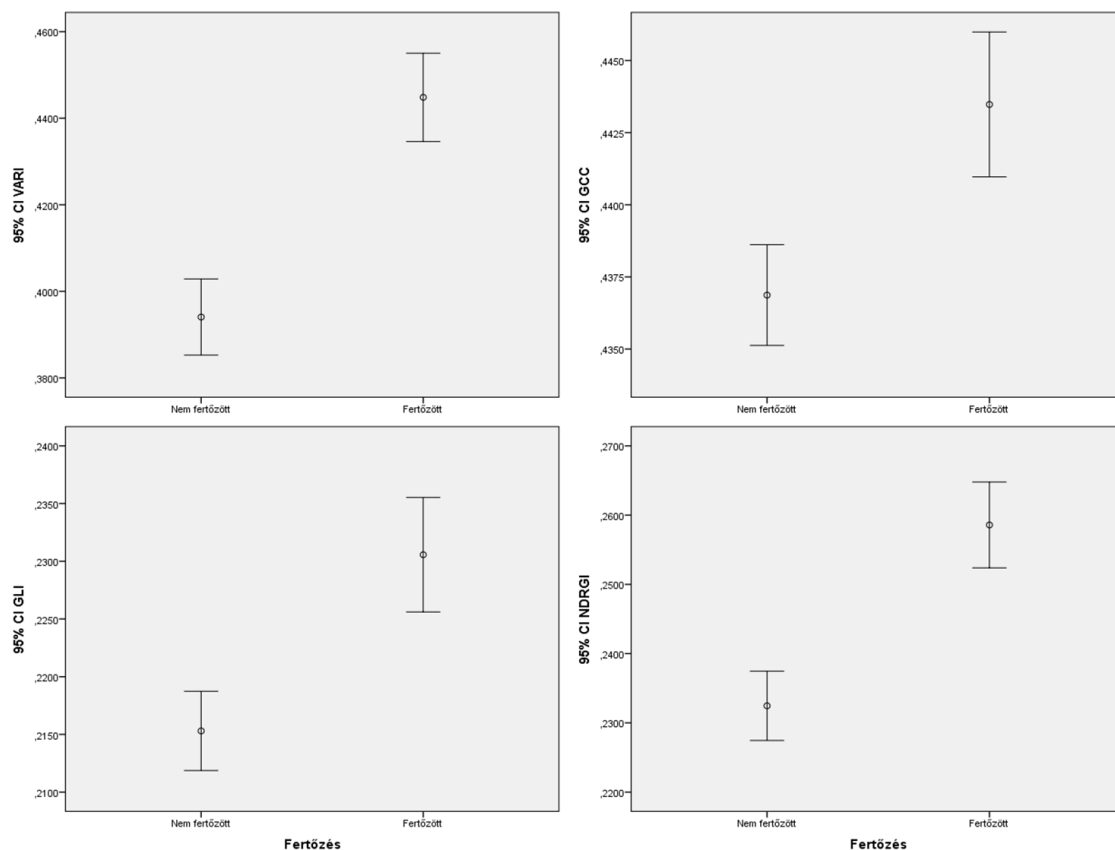
A vizsgált táblák közül a dolgozat formai keretei miatt mindkét településről választottam egy-egy táblát részletesebb elemzés céljából.

### 4.2.1. Március végi, április eleji felvételezés

**Tábla: Lőrinczi L1, 2024. 03. 26.**

A felvételezés az L1-es tábláról 2024. március 26-án készült és ezen időpontban a kártevő imágó stádiumban károsított. Továbbá ekkor a peték is jelen voltak. A kártétel mértéke ekkor becsléseim alapján nem haladta meg a levélfelület 1%-át.

A diagrammok a felvételtől számított VARI, GCC, GLI és NDRGI indexek értékeit mutatják, melyek szignifikánsan ( $p < 0,001$ ) eltérnek az egészséges és károsított mintaterületek tekintetében (a két csoport különbségei: VARI (0,051), GCC (0,007), GLI (0,015), NDRGI (0,026)). Ez arra utal, hogy a korai detektálás ezen az indexek mindegyikével elvégezhető (27. ábra).



27. ábra vegetációs indexek T-teszt eredményei L1 2024. 03. 26.

Ezen felvételezés esetén a tábláról készült drónfelvétel csak részben készült el, ezért az F9, F10 és K9 mintaterületeket nem tartalmazza. A meglévő adatok (28. ábra) azt a tendenciát mutatják, hogy a károsított területek (F14, F12, F13) magasabb index értékekkel rendelkeznek, mint a kontroll területek (K10, K11), mind a négy vegetációs index esetén. A tendenciától az F11-es terület tér el mind a négy indexnél, mivel itt alacsonyabb értékek mutatkoznak a kontrollokhoz képest. Ez azt jelenti, hogy a fertőzött területek 75%-a magasabb index értékkel rendelkezik.



28. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Lőrinci 1 táblán 2024. 03. 26-án.

**Tábla: Bölcskei B3, 2024. 04. 03.**

A 2024. április 3-án a bölcskei B3 táblán a felvételezés ezen időpontjában a kártevő imágó stádiumban károsított és a peterakás is megkezdődött. A kártétel mértéke ekkor becsléseim alapján nem haladta meg a levélfelület 1%-át.

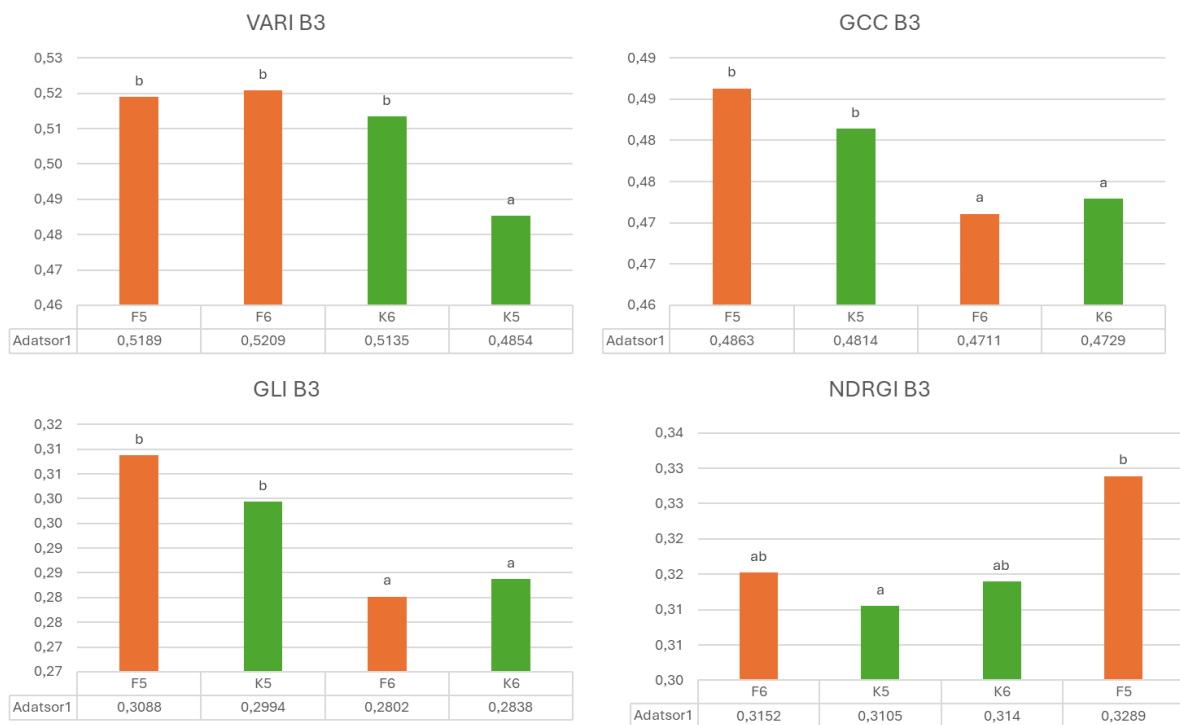
VARI index esetén a károsított területek VARI értékei összességében szignifikánsan ( $p=0,002$ ) magasabbak a kontrollhoz képest, értéke a károsított mintákban átlagosan 0,52, míg a nem károsított mintákban 0,50 volt (7. táblázat), de a K6 viszonylatában nem állt fenn a szignifikáns különbség (29. ábra). Az NDRGI eredményei is hasonló képet mutatnak, miszerint a károsított területek magasabb index értékkel rendelkeznek a kontrollhoz képest, a károsított területeken 0,32 a nem károsítottokkal szemben (0,31). Az NDRGI indexesetén is

a károsított és kontroll területek vegetációs index értékei között is szignifikáns volt a különbség ( $p = 0,024$ ).

Index	Károsított (átlag $\pm$ SD)	Nem károsított (átlag $\pm$ SD)	p-érték	Dif.
VARI	0,5199 $\pm$ 0,0641	0,4994 $\pm$ 0,0667	0,002	0,020
GCC	0,4787 $\pm$ 0,0189	0,4772 $\pm$ 0,0204	0,432	0,002
GLI	0,2945 $\pm$ 0,0354	0,2916 $\pm$ 0,0380	0,431	0,003
NDRGI	0,3220 $\pm$ 0,0422	0,3122 $\pm$ 0,0443	0,024	0,010

7. táblázat Vegetációs indexek T-teszt eredménye B3 2024. 04. 03.

A GCC és a GLI esetében az figyelhető meg, hogy az F5-K5 tekintetében fenn áll a VARI és NDRGI indexek esetén tapasztalt tendencia, viszont az F6-K6 viszonylatában egy fordított összefüggést figyelhetünk meg. A GCC és GLI indexeknél összességében sem mutatkozott statisztikailag jelentős eltérés ( $p = 0,432$  és  $p = 0,431$ ). A post hoc teszt eredményei sem mutatnak egyértelmű összefüggést vagy tendenciát a károsított és egészséges mintaterületek között.



29. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Bölcske 3 táblán 2024. 04. 03-án

#### 4.2.2. Április végi felvételezések

##### Tábla: Lőrinczi L1, 2024. 04. 25

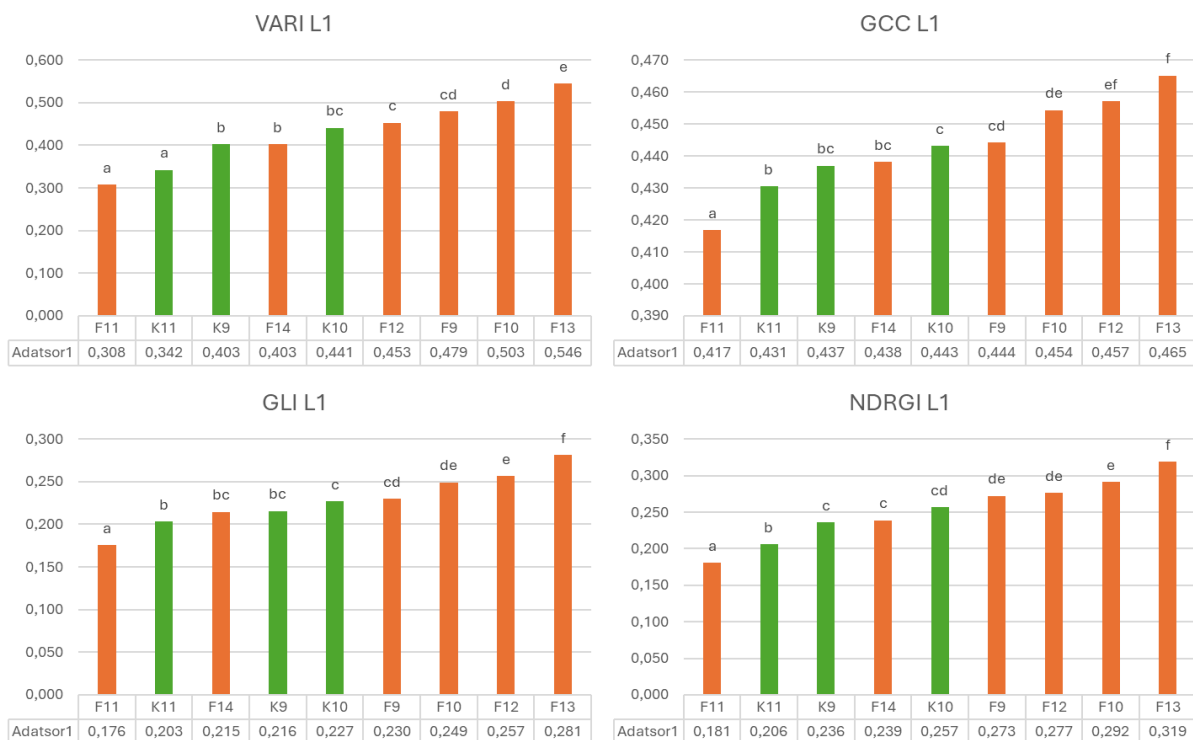
A 2024. április 25-én a Lőrinczi L1 táblán végzett vizsgálatok során a lárvák L1-L4 stádiumban voltak.

A t-próbák eredményei alapján minden index esetében szignifikáns különbséget tapasztaltam a károsított és egészséges területek index értékei között (8. táblázat). A VARI esetében a károsított minták átlaga 0,46 volt, míg a nem károsított mintáké 0,44, és a különbség szignifikánsnak bizonyult ( $p < 0,001$ ). A GCC értéke szintén magasabb volt a károsított területeken (0,46 a nem károsított mintákhoz képest (0,45,  $p < 0,001$ ). A GLI-indexnél (károsított: 0,26, nem károsított: 0,24) és az NDRGI esetében (károsított: 0,29, nem károsított: 0,26) ugyancsak statisztikailag szignifikáns eltérést tapasztaltam ( $p < 0,001$  mindkét esetben).

<b>Index</b>	<b>Károsított (átlag ± SD)</b>	<b>Nem károsított (átlag ± SD)</b>	<b>p-érték</b>	<b>Dif.</b>
VARI	0,4651 ± 0,1069	0,4409 ± 0,0397	<0,001	0,024
GCC	0,4555 ± 0,0336	0,4494 ± 0,0087	0,001	0,006
GLI	0,2579 ± 0,0554	0,2401 ± 0,0168	<0,001	0,018
NDRGI	0,2876 ± 0,0653	0,2624 ± 0,0235	<0,001	0,025

8. táblázat vegetációs indexek T-teszt eredménye L1 2024.04.25

Megfigyelhető, hogy a 10x10 m-es mintaterületek VARI értékeinek (30. ábra) átlaga nem különül el aszerint, hogy károsított vagy egészséges a vegetáció. Három károsított mintaterület (F9, F10 és F13) szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) magasabb (0,48, 0,5, 0,55) VARI értéket mutatott minden egészséges mintaterületnél. Az F12 mintaterület VARI értékei (0,45), bár minden egészséges mintaterület VARI értékeinél magasabb volt, de nem különbözött mindegyik egészséges mintaterület VARI értékeitől szignifikánsan (pl.: K10). Az F14 és az F11 mintaterületek VARI értékei pedig egyes egészséges mintaterületek VARI értékeinél még alacsonyabbak is voltak. Összességében a 10x10 m-es mintaterületek 33%-a nem illett a tendenciába, miszerint a károsított területek magasabb VARI értékekkel rendelkeznek. Az NDRGI nagyon hasonló arányokat mutat, csak az F9 és az F12 van más sorrendben. A GCC esetén az F12 terület a második legmagasabb értékű, pont. A GLI esetén viszont az eltér, hogy az F14-hez képest 2 másik kontroll terület is magasabb értékű (K9 0,22, K10, 0,23).



30. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Lőlinczi 1 táblán 2024. 04. 25-én

**Tábla: Bölcskei B3, 2024. 04. 26.**

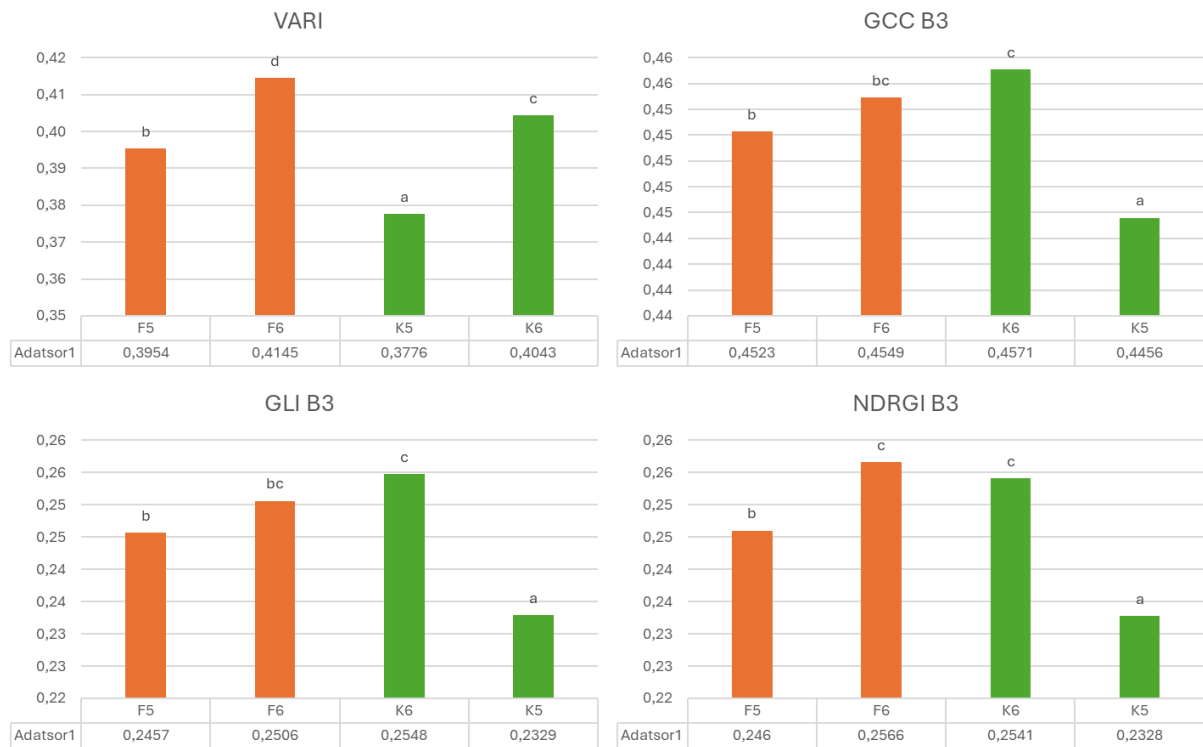
A 2024. április 26-án a Bölcskei táblán a lárvák L1-L2 stádiumban voltak megfigyelhetők.

A vizsgált indexek esetében (9. táblázat) statisztikailag szignifikáns különbséget találtam a két csoport között ( $p < 0,001$ ). A VARI átlagértéke a károsított minták esetében 0,41, míg a nem károsított területeken 0,39 volt ( $p < 0,001$ ). A GCC-indexnél kisebb, de szintén szignifikáns eltérést mértem (károsított: 0,45, nem károsított: 0,451,  $p = 0,008$ ). A GLI-index értéke szintén magasabb volt a károsított mintákban (0,25) a nem károsítottakhoz képest (0,24,  $p = 0,008$ ). A legnagyobb különbséget az NDRGI mutatta, ahol a károsított minták átlagértéke 0,25, míg a nem károsítottaké 0,24 volt ( $p < 0,001$ ).

Index	Károsított (átlag ± SD)	Nem károsított (átlag ± SD)	p-érték	Dif.
VARI	0,4049 ± 0,0212	0,3910 ± 0,0295	<0,001	0,014
GCC	0,4536 ± 0,0066	0,4514 ± 0,0099	0,008	0,002
GLI	0,2481 ± 0,0126	0,2438 ± 0,0189	0,008	0,004
NDRGI	0,2513 ± 0,0138	0,2434 ± 0,0199	<0,001	0,008

9. táblázat Indexek T-teszt eredményei B3 2024.04.26.

A vegetációs indexek eredményei (31. ábra) követik azt a tendenciát miszerint magasabb értékkel rendelkezik a károsított terület, mint a kontroll. A K6-F5 viszonylatában ez pont ellenkező. A GLI indexnél a K6 (0,26) értéke az F5 (0,25) és az F6 (0,25) értékeinél is magasabb. A post hoc teszt eredmények se mutatnak egyértelmű összefüggést egészséges és károsított mintaterületek között.



31. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Bölske 3 táblán 2024. 04. 26-án

#### 4.2.3. Május végi, június elei felvételezések

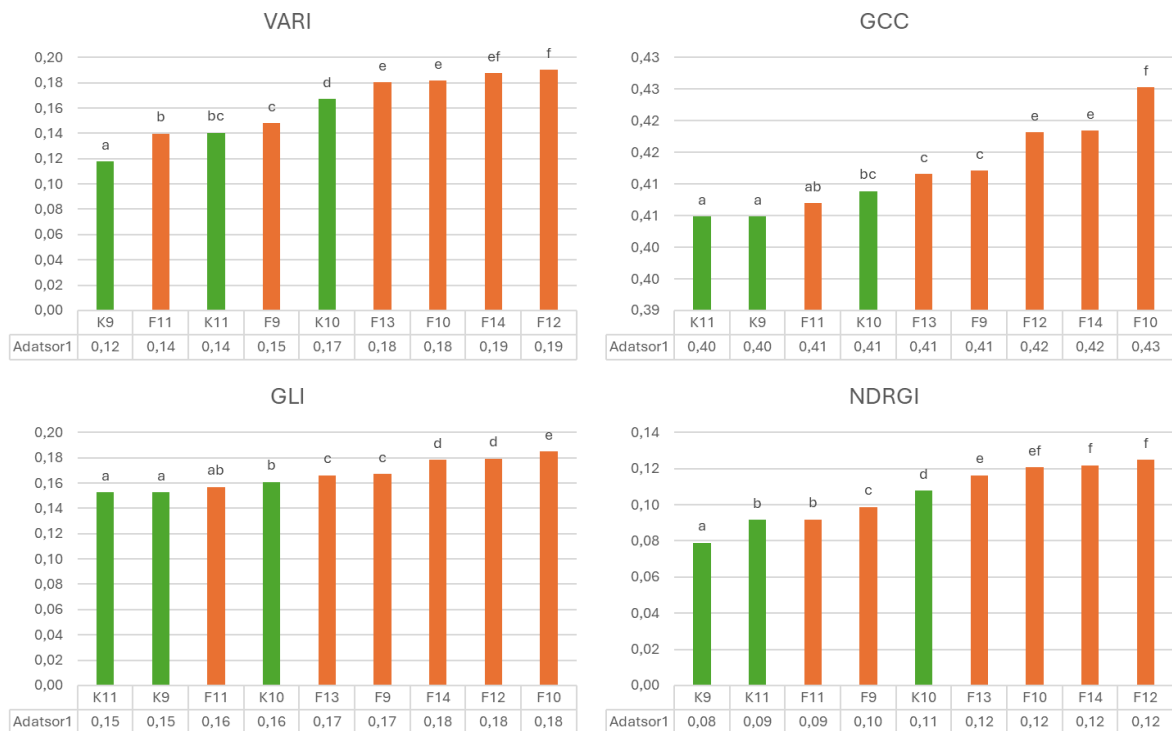
##### Tábla: Lőrinczi L1, 2024. 06. 04.

A 2024. június 4-én a Lőrinczi L1 táblán a kártevő L4 és báb stádiumban fordult elő. Az elvégzett független mintás t-próbák eredményei alapján (10. táblázat) mind a négy vegetációs indexesetében szignifikáns különbséget tapasztaltam a károsított és a kontroll mintaterületek között ( $p < 0,001$  minden esetben). A VARI átlagértéke a károsított mintákban 0,17 volt, míg a nem károsított mintákban 0,14. A GCC-index szintén magasabb értéket mutatott a károsított területeken (0,41) a nem károsítottakhoz képest (0,40). A GLI-index esetében (károsított: 0,17, nem károsított: 0,15) hasonló különbséget tapasztaltam, ahogy az NDRGI-indexnél is (károsított: 0,11, nem károsított: 0,09).

Index	Károsított (átlag ± SD)	Nem károsított (átlag ± SD)	p-érték	Dif.
VARI	0,1708 ± 0,0274	0,1418 ± 0,0255	<0,001	0,029
GCC	0,4154 ± 0,0106	0,4062 ± 0,0056	<0,001	0,009
GLI	0,1719 ± 0,0153	0,1554 ± 0,0114	<0,001	0,017
NDRGI	0,1121 ± 0,0173	0,0928 ± 0,0153	<0,001	0,019

10. táblázat vegetációs indexek T-teszt eredménye L1 2024. 06. 04

A post hoc teszt eredményei (32. ábra) alapján azt figyelhetjük meg, hogy mindegyik vegetációs indexben a legalacsonyabb értékű terület az kontroll terület. A VARI esetében a K10 (0,17) magasabb értékű az F11 (0,14) és F9-hez (0,15) képest. A GCC értékei között a K10 volt magasabb az F11-el szemben. GLI index esetében ezek a területet egyforma értéket mutattak (0,16). Az NDRGI eredményei között a K10 az F9 és az F11 értékeinél mutat magasabbat. Összességében megfigyelhető, hogy a károsított területek 66%-a magasabb értékkel rendelkezik a kontrollhoz képest.



32. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Lőrinczi 1 táblán 2024. 06. 04-én

**Tábla: Bölcske B3, 2024. 05. 30.**

A 2024. május 30-án a Bölcskei táblán a kártevő L4 és báb stádiumban fordul elő.

Minden vizsgált index (11. táblázat) esetében szignifikáns különbséget találtam a két csoport között (p < 0,001 minden esetben). A VARI értéke a károsított mintákban 0,02, míg a nem károsítottakban 0,02 volt (p = 0,002). A GCC-index esetében is szignifikáns különbség

mutatkozott (károsított: 0,37, nem károsított: 0,36,  $p < 0,001$ ), valamint a GLI-indexnél is (károsított: 0,08, nem károsított: 0,079,  $p < 0,001$ ). Az NDRGI értéke a károsított mintákban 0,02, míg a nem károsítottaknál 0,01 volt ( $p < 0,001$ ).

Index	Károsított (átlag ± SD)	Nem károsított (átlag ± SD)	p-érték	Dif.
VARI	0,023656 ± 0,0059054	0,020856 ± 0,0056894	<0,001	0,003
GCC	0,368429 ± 0,0034961	0,364663 ± 0,0059932	<0,001	0,004
GLI	0,076922 ± 0,0074749	0,068817 ± 0,0128801	<0,001	0,008
NDRGI	0,014646 ± 0,0037291	0,012826 ± 0,0033800	<0,001	0,002

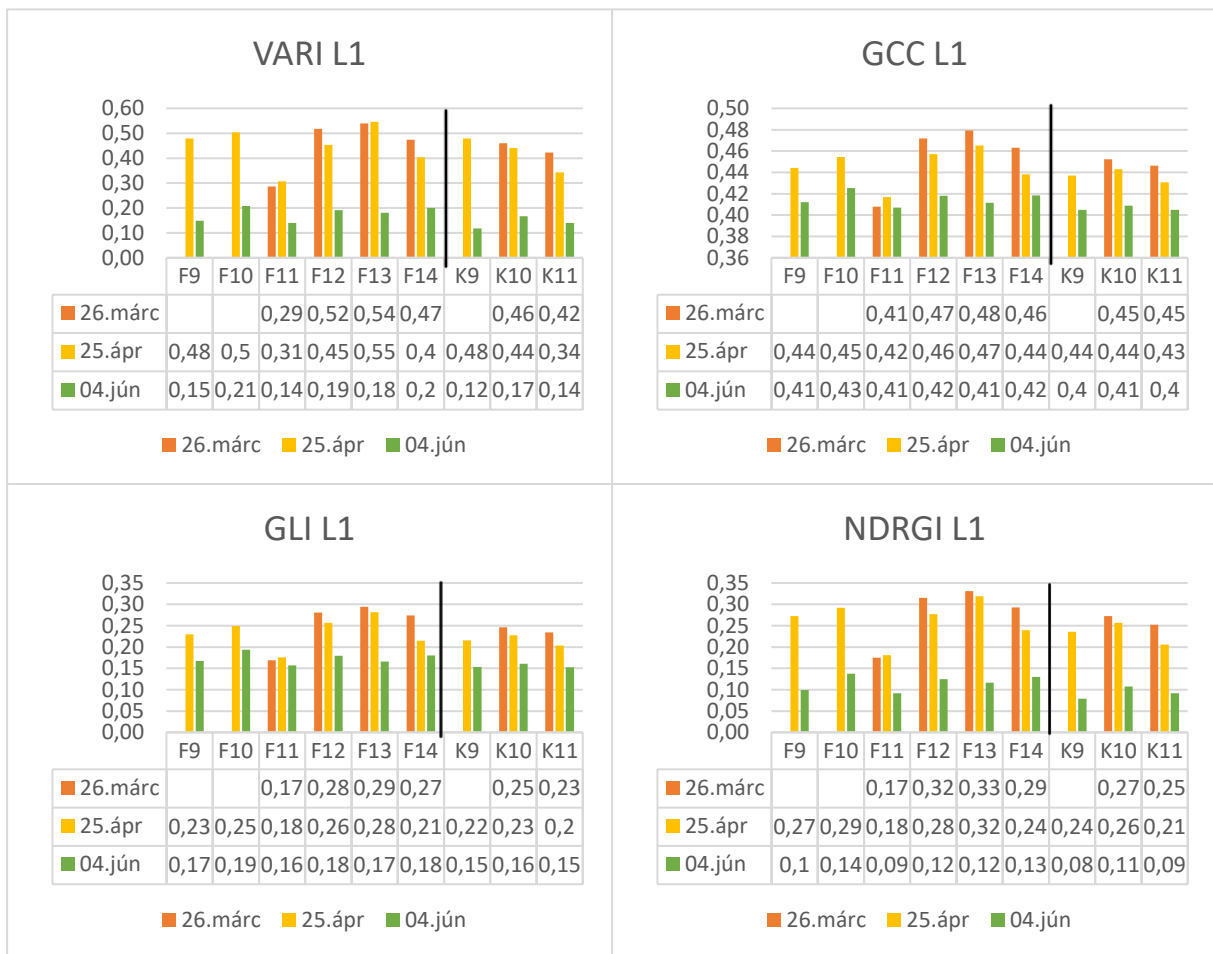
1. táblázat Vegetációs indexek T-teszt eredményei B3 2024. 05. 30.

A VARI és az NDRGI esetében mind 2 károsított terület magasabb értékkel rendelkezik (33. ábra) a kontrollhoz képest, mint ahogy az az első megfigyelésnél tapasztalható volt. A GCC és a GLI indexeket megfigyelve az F6 értéke a két kontroll értéke közé esik.



33. ábra A vizsgált vegetációs indexek értéke a Bölcske 3 táblán 2024. 05. 30-án

### 4.3.A kapott adatok idősoros elemzése



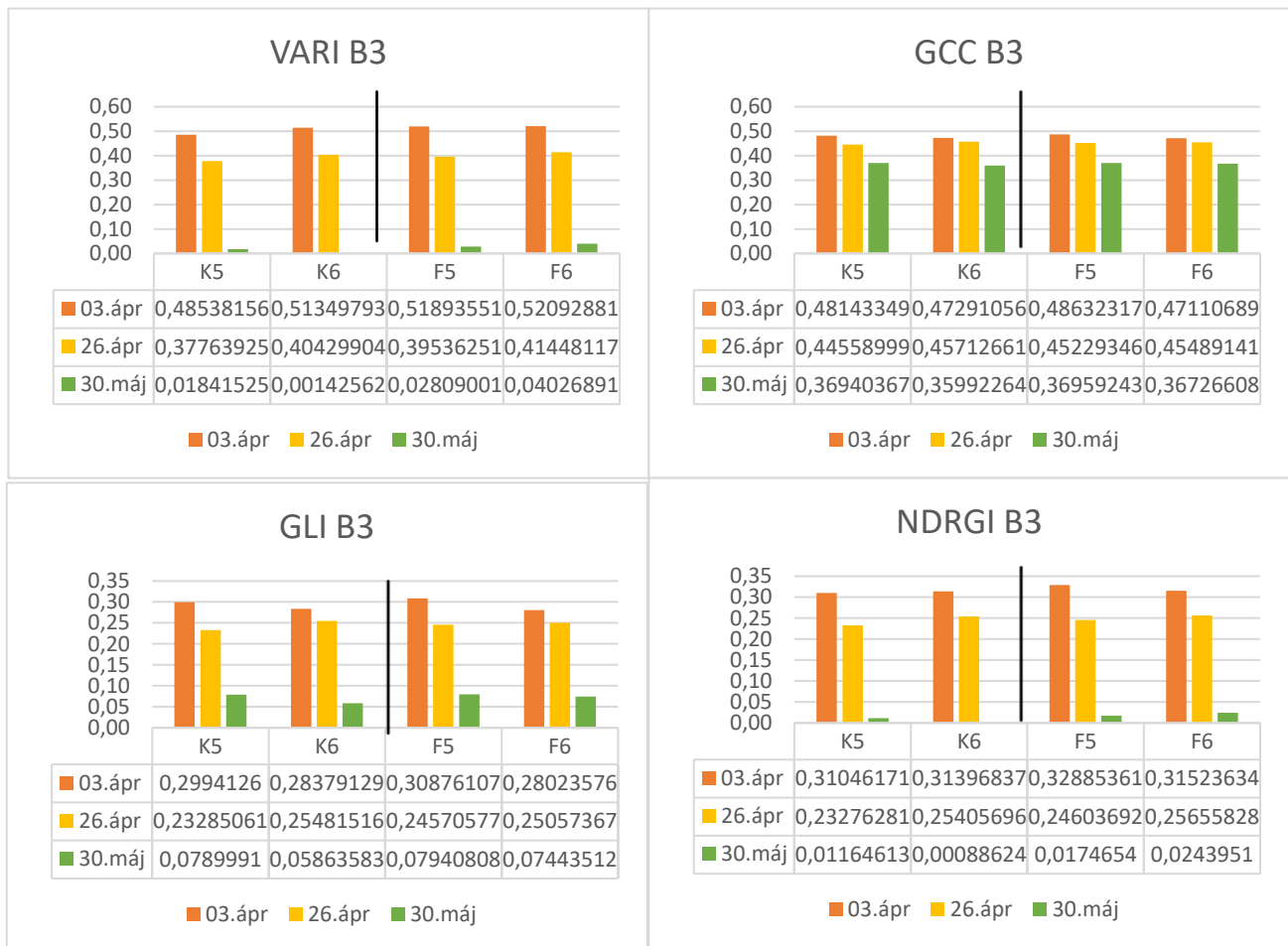
16. ábra A vizsgált vegetációs indexek átlag adatai idősorosan Lőrinczi 1 táblán



35. ábra A Lőrinczi 1 tábla ortomozaik felvételei 2024. 03. 26. (A) és 2024. 06. 04. (B)

A diagrammon (34. ábra) az figyelhető meg, hogy az indexek átlag adatai csökkennek az állomány öregedésével (35. ábra) összefüggésben. A VARI és az NDRGI értéke változik a legnagyobb mértékben. A GCC értéke minimális változást mutat, júniusra a felvételi területek különbségei is lecsökkennek. A különbséget nem tudjuk határozottan kijelenteni a

károsított és a kontroll területek között mivel a post hoc analízis nem mutatott egyértelmű különbséget a csoportok között, több átfedés is megfigyelhető volt.



36. ábra A vizsgált vegetációs indexek átlag adatai idősorosan Bölske 3 táblán



177. ábra A Bölske 3 tábla ortomosaik felvételei 04. 03. (A), 04. 26. (B), 05. 30. (C)

A diagramon (36. ábra), valamint a tábláról készült drónfelvételen (37. ábra) vizuálisan és az indexek szempontjából is nyomon követhető a növényállomány, illetve a mintavételi területek változása. Az figyelhető meg, hogy az indexek átlag adatai csökkennek az állomány öregedésével összefüggésben. A GCC kivételével a többi index átlaga drasztikusan csökkent. Május végére a felvételi pontok különbségei is lecsökkennek. Jelentős különbséget a

károsított és a kontroll területek között nem jelenthetem ki, mivel a post hoc eredmények több átfedést is mutattak a két csoport között.

## 5. Következtetések

A két vizsgált helyszínen (Lőrinczi 1-2, Bölcske 1-2-3-4) végzett kalászmérés, imágógyűjtés és kártétel-vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a károsított területeken általában kisebb a kalásztömeg (árpa: 0,535 g a kalászok átlag tömege közötti különbség, búza: 0,366 g a kalászok átlag tömege közötti különbség). A legerőteljesebb összefüggés Lőrinczi 1 esetében rajzolódott ki, ahol a kalásztömeg, imágószám és levélkárosodás között szorosabb kapcsolat mutatkozott. A kisebb eltéréseket mutató Lőrinczi 2 és a komplexebb képet adó Bölcske esetében ugyan a tendenciák hasonlóak, de az összefüggések kevésbé egyértelműek, ami részben a táblák eltérő növényzetéből, elhelyezkedéséből és szerkezetéből adódhat. Eredményeim ugyanakkor alátámasztják, hogy fontos az *Oulema melanopus* monitorozása a kalászosok integrált növényvédelmében.

Az eredmények összhangban állnak több hazai és nemzetközi kutatással, melyek az *Oulema melanopus* gabonaféléken okozott kártételét vizsgálták. Barari (2019) iráni kutatása arra az eredményre jutott, hogy a vizsgált 566 növény 10%-án okoztak a veresnyakú árpabogarak 40% feletti levélkártételt. Samu et al. (2024) kutatásai alapján a veresnyakú árpabogarak maximálisan 52% termés kiesést okoztak, de a teljes területre vetítve ez átlag 16% termés kiesés volt. A legérzékenyebb mutató az ezermagtömeg volt, amely a levélkárosítás mértékével arányosan csökkent (növények 75%-nál 1,6% csökkenés, növények 10%-nál 18% csökkenés). Keszthelyi et al. (2024) kimutatta, hogy a kezeletlen búza területen akár 30% fehérjetartalom csökkenés is bekövetkezhet és a Hagberg féle esés szám 10%-al csökkenhet, minden 10 % fotoszintetizáló felület veszteség esetén.

Eredményeim szerint az *Oulema melanopus* korai kártétele detektálható RGB felvételeken vegetációs indexekkel. A p érték majdnem mindegyik vegetációs index esetében <0,001, tehát az imágók és peték jelenlétének időpontjában a lőrinczi mintavételi területek mindegyikén a VARI, GCC, GLI és NDRGI is alkalmas volt a vetésfehérítő jelenlétének kimutatására. Megállapítottam, hogy a károsítás kimutatható volt az előrehaladott fenológiai állapot és a kártevő életciklusának vége ellenére.

A GLI-index értéke magasabb volt a károsított mintákban (0,25) a nem károsítottakhoz képest (0,24,  $p = 0,008$ ). A vizsgálatainkkal összhangban az alábbi kutatás is azt tapasztalta, hogy a GLI vegetációs index eredményei korrelációban vannak a kártétel által okozott vegetációban megfigyelhető stresszel (Jie et al., 2023).

Az eredmények az NDRGI index vizsgálata során is megerősítik, hogy a károsítás jelentős hatással van a növények spektrális jellemzőire, és a vizsgált indexek megbízható

indikátorai lehetnek a növényállomány egészségi állapotának, és ez az állapot még a termésérés folyamán, a károsítás időszakának után is maradandó. Az NDRGI értéke a károsított mintákban 0,02, míg a nem károsítottaknál 0,01 volt ( $p < 0,001$ ). Megállapítottam, hogy a károsítás itt is kimutatható volt az előrehaladott fenológiai állapot és a kártevő életciklusának vége ellenére.

A GCC vizsgálata esetén megállapítottam, Jha et al. (2023) kísérletével párhuzamban, hogy az index értékei összefüggésben vannak a fenológiai változásokkal, valamint az *O. melanopus* által okozott stresszhatással is. Ez több eredmény összehasonlításával jól detektálható változásokat eredményez, amiből kikövetkeztethető, hogy stresszhatás érte a növényzetet.

A VARI esetében a károsított minták átlaga 0,46 volt, míg a nem károsított mintáké 0,44, és a különbség szignifikánsnak bizonyult ( $p < 0,001$ ).

Megállapítottam, hogy a károsítás hatása leginkább a VARI és NDRGI indexek értékeiben mutatkozott meg, így ezek az indexek különösen alkalmasak lehetnek a korai károsításjelzésre és esetleges térképezésre.

Általánosságban a károsított területek magasabb index értékkel rendelkeznek, mint a kontrollok. A t-próbák alapján (a GLI és GCC kivételével) ez a különbség szignifikáns volt. Azonban a post hoc analitikai vizsgálatok több vizsgált területnél is azonos csoportot határoztak meg, ha a 10x10 m-es mintaterületeket külön tekintetem.

Az idősoros diagrammokról látható, hogy az állomány öregedésével az indexek értékei átlagban csökkennek. Ez a csökkenés a GCC eredményekre nem jellemző (pl.: L1 táblán az F13 terület GCC értéke 0,45-ről 0,41-re csökkent, míg ugyan ez a terület VARI értéke 0,45-ről 0,18-ra csökkent). Ebből arra következtethetnénk, hogy a GCC hatékonyabban alkalmazható későbbi időszakokban is, de az alacsony értékek ellenére még így is a VARI és az NDRGI mutatott magasabb eltéréseket károsított és kontroll között.

Az első vizsgálat időpontjában az L1 táblán a VARI átlag értékek közötti különbség 0,051, GCC közötti különbség 0,007, GLI közötti különbség 0,015, NDRGI közötti különbség 0,026. A B3 tábla első vizsgálatánál ezek az értékek: VARI (0,020), GCC (0,002), GLI (0,003), NDRGI (0,010). Az első megfigyelések eredményei voltak a legmagasabb értékűek és itt figyelhető meg a legmagasabb különbség is. Viszont azt is láthatjuk, hogy a különbségek magasabbak a lőrinczi búza táblán, mint a böleskei árpa táblán. Ezt a növények közötti különbséget a többi időpontnál is figyelemmel kísérhető. Ez a jelenség arra enged következtetni, hogy a vegetációs indexek jobban alkalmazhatók őszi búza kultúrában, mint őszi árpa kultúrában.

A korai mintavételi időpontban elsősorban az imágók voltak jelen a táblán, és az általuk okozott kártétel volt a leginkább érzékelhető és hatékonyan értékelhető, az indexek elemzésénél is. Ez jó lehetőség a korai megfigyelésre és hasznos információt biztosít esetleges foltkezeléshez. A második vizsgálati időpont is jelentős különbségekkel tudta mutatni a lárva aktivitást. Eredményeim a későbbiekben felhasználhatók annak meghatározására is, hogy a kártevők mely irányból települnek be, továbbá ezen információk alapján lehetőség nyílik a fennmaradó növényzet növelésére a természetes ellenségek megőrzése és a biodiverzitás fokozása érdekében.

A VARI és az NDRGI indexek a teljes kutatás alatt követték a tendenciát és ezeknél az indexeknél fordult elő legkevesebbszer a károsított és kontroll területek spektrális átlagainak keveredése a 10x10 m-es mintaterületek elemzésekor. Folyamatos kivétel az L1 táblán az F11-es terület mely szinte minden diagrammon a kontrollok alatt maradt. A B3 táblán az F5 lógott ki a tendenciából mind kettő indexnél április 26-án. A többi B3 tábla dátumnál a tendenciának megfelelő értékeket mutatott. Ebből a megfigyelésből azt tudom következtetni, hogy ezeket az indexeket tudom ajánlani későbbi megfigyelések alkalmára búza, illetve árpa táblákra egyaránt.

Konkrét küszöbszámok megállapítása azonban nem volt lehetséges egyik index esetén sem. Ennek legfőbb oka az egyes mintaterületek vizsgálata során a károsított és egészséges területek nem különültek el egyértelműen, minden mintapontot tekintve. A post hoc analízis eredményei szerint is voltak olyan, akár táblán belüli egészséges és károsított mintaterület-párok, ahol nem voltak szignifikáns különbségek. Ennek egyik oka lehet a mintaterületekben jelen lévő spektrális zaj keltő tényezők, mint a permetező nyomain, az esetleges talaj heterogenitásból fakadó fejlettségi különbségek, gyéribb növényzet és villanyvezetékek árnyékoló hatása lehet együttesen.

A Skendžić et al. (2024) hiperspektrális munkái egyértelműen jelezték, hogy a vetésfehérítő által okozott struktúrális és pigmentális változások nemcsak a látható tartományban, hanem a NIR és SWIR sávokban is kifejeződnek: tipikusan a látható tartományban (400–700 nm) nő a reflektancia (a klorofill-vesztés miatt), míg a NIR/SWIR-ban a sejtszerkezet- és víztartalom-változások okoznak jellegzetes csökkenéseket (Skendžić et al., 2024b, 2024a). Ezért érdemes lehetne NIR/SWIR tartományokat is tartalmazó vegetációs indexek alkalmazhatóságát a kártétel kimutatására is vizsgálni.

A hagyományos küszöbökre épülő osztályozás (egyszerű indexküszöbök) rugalmatlan lehet változó fenológiájú és környezeti viszonyú tábla esetén. Skendžić et al. (2024) bemutatja, hogy Support Vector Machines és Random Forest modelljeik nagyon magas, 83–

95% közötti pontosságot értek el proximális spektrális adatokon több bemeneti kombinációval (spektrum, indexek, PCA-transzformációk), ezzel igazolva, hogy a ML képes megbízható, nemlineáris döntési határokat tanulni a komplex spektrális–biológiai viselkedésből. A gépi tanulás és új spektrális indexek kombinációját is jó eredményekkel igazolják más kártevők esetén (Park et al., 2023; Vilela et al., 2023). További vizsgálatok alkalmával érdemes lehet a gépi tanulást az RGB felvételek esetén is alkalmazni.

## 6. Összefoglalás

A vizsgálatom célja, hogy a veresnyakú árpabogár kártétel tábla szintű felmérésének módszertanát kidolgozzam alacsony költségű távérzékelési módszerekkel. Ennek érdekében egyszerű RGB-kamerával felszerelt drónfelvételekből képzett vegetációs indexek alkalmasságát vizsgáltam az *O. melanopus* kártétel lehatárolására. A kapott eredmények alapjául szolgálhatnak a későbbiekben a vetésfehérítő bogár elleni védekezés során kijuttatási térképek készítésére ezzel a környezetterhelést és költségeket csökkentve.

A területeket bejárva rögzítettem károsított és egészséges pontok koordinátáit az Iphone telefonom segítségével. Ezzel egy időben fűhálós imágó gyűjtést is végeztem a levélkártétel becsléssel. A vizsgálat során DJI Matrice 300 RTK típusú drónnal légi felvételek készítem Zenmus L1 RGB kamerával. Áprilisba amikor megjelentek az első lárvák azok aktivitását rögzíttem 3 héten keresztül. Itt pálcákat helyeztem el a növények mellett és milliméterpapírral a háttérben képeket készítem. Ezek a képek a későbbiekben nagyon hasznosak voltak, mivel hely adatokat tartalmaztak. Aratás előtt minden rögzített koordináta pontról 20 darab kalászt gyűjtöttem. Ezeket századgramm pontosságú mérlegen mértem és EXCELben rögzíttem a koordinátákhoz csatolva. A lárva képek koordináta adatokat tartalmaztak, amiket exportálva négyzet alakú grideket jelöltem ki az ortomozaik felvételeken. Ezek a gridek 10 m x 10 m nagyságúak voltak és fel lettek még bontva 1 m x 1 m hálóra. Minden ilyen négyzetben lefuttattam 4 különböző vegetációs indexet (VARI, GCC, GLI, NDRGI). T-test, Oneway ANOVA, ANOVA, Post hoc analízis rendszereken végig futtattuk az adatokat. Szinte mindenhova  $p < 0,001$  értéket kaptunk. A Post hoc eredmények azt mutatták, hogy a vegetációs indexek nem következettek annak ellenére, hogy a kapott eredmények (egészséges, károsított) szignifikánsan eltérnek egymástól.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik segítettek a szakdolgozatom elkészítésében.

Köszönettel tartozok Dr. Zalai Mihály és Sári-Barnácz Fruzsina Enikő konzulenseimnek, akik szakértelmükkel, konzultációkkal és tanácsaikkal segítették munkámat.

Köszönöm csoporttársamnak Pálfi Annának és családjának, hogy lehetőséget adtak a Bölcskei területükön való vizsgálatok elvégzésére.

Szintén köszönöm a KITE Zrt. munkatársainak az imágóvizsgálatban való segédkezést és a Gödöllői tangazdaság területén folytatott vizsgálati lehetőséget.

Köszönöm Kerezsi Györgynek a drón használatának lehetőségét és a drónos felvételek feldolgozását.

Természetesen családomnak is köszönetet mondok a rengeteg segítségért, támogatásért és a türelmükért.

## 8. Források

### 8.1 Tudományos források

2019 Országos gyomfelvételezés. (n.d.).

Ambrus Andrea. (2016). *A hely-specifikus tápanyag-ellátás és az őszi búza (Triticum aestivum L.) mennyiségi és minőségi jellemzői közötti összefüggések vizsgálata.*

Amri, C. (2021). Quantifying Diversity and Phenology of Cereal Leaf Beetles *Oulema* Spp. (Chrysomelidae: Criocerinae) in Several Cereal Fields of Semi-Arid Zone, Algeria. *Journal of Bioresource Management*, 8(3), 01–13. <https://doi.org/10.35691/JBM.1202.0190>

Anderson, H. B., Nilsen, L., Tømmervik, H., Karlsen, S. R., Nagai, S., & Cooper, E. J. (2016). Using Ordinary Digital Cameras in Place of Near-Infrared Sensors to Derive Vegetation Indices for Phenology Studies of High Arctic Vegetation. *Remote Sensing*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/rs8100847>

Balla, K., Rakszegi, M., Li, Z., Bekes, F., Bencze, S., & Veisz, O. (2011). Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(2), 117–128. <https://cjfs.agriculturejournals.cz/artkey/cjf-201102-0004.php>

Barari, H. (2019). Investigating the damage caused by *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in wheat fields. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(4), 43–55. <https://doi.org/10.22055/ppr.2019.14152>

Baret, F., & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35(2), 161–173. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90009-U](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90009-U)

Bechini, L., Morlacchi, P., & Baumgärtner, J. (2013). Coinciding development of winter wheat and leaf beetles along an Alpine transect. *Acta Oecologica*, 47, 95–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.01.004>

Blodgett, S., & Kephart, K. (2004). *Cereal Leaf Beetle*. <http://highplainsipm>.

Borgemeister, Christian. (2001). *Proceedings of the meeting, Gödöllő at (Hungary), 9-12 September 1999*. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Region Section.

- Borhi András. (2022). *Permetező drónok: lehetőségek és korlátok a mezőgazdaságban* (A. Borhi, Ed.). Szaktudás Kiadó.
- Bošković, B., Sretenović, M., Pajić, M., Dražić, M., Gligorević, K., Šunjevarić, M., & Kandić, V. (2023). *EFFECTIVENESS OF INSECTICIDES IN THE CONTROL OF CEREAL LEAF BEETLE (OULEMA MELANOPUS) USING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE*.
- Bozsó, I. (2025). A műholdas földmegfigyelés fajtái és platformjai. *Haditechnika*, 59(1), 33–39. <https://doi.org/10.23713/ht.59.1.06>
- Buntin, G. D., Flanders, K. L., Slaughter, R. W., & Delamar, Z. D. (2004). Damage Loss Assessment and Control of the Cereal Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Winter Wheat. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 374–382. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.374>
- Chambon, J.-P., Van Laere, C., Genestier, G., Pineau, C., & Cocquempot, C. (1983). Étude des populations d'Oulema melanopus L. et Oulema lichenis Weiss.(Coleoptères Chrysomelidae) sur blé dans la région parisienne. *Agronomie*, 3(7), 685–690.
- Császár, O., Tóth, F., & Lajos, K. (2021). Estimation of the expected maximal defoliation and yield loss caused by cereal leaf beetle (Oulema melanopus L.) larvae in winter wheat (Triticum aestivum L.). *Crop Protection*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105644>
- Csató, É. (2000). *Műholdadatok térképészeti alkalmazása*. Eötvös Lóránd Tudományegyetem.
- Deli, Z. (2010). *A légi hiperspektrális távérzékelés*.
- Dhillon, M. S., Kübert-Flock, C., Dahms, T., Rummler, T., Arnault, J., Steffan-Dewenter, I., & Ullmann, T. (2023). Evaluation of MODIS, Landsat 8 and Sentinel-2 Data for Accurate Crop Yield Predictions: A Case Study Using STARFM NDVI in Bavaria, Germany. *Remote Sensing*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/rs15071830>
- Dr. Bognár Sándor, Dr. H. L. (1974). *Növényvédelmi állattan*. Mezőgazdasági kiadó.
- Van de Vijver, E. (2019). *Development of IPM tools for the management of Oulema beetles in winter wheat (Triticum aestivum L.)*.
- Ercole, T. M., Gomes, J., Rodrigues, V., Trentin, N., de Oliveira Junior, J., Assis-Pereira, G., Filho, M., Moura, A., Maeda, S., Prior, S., Consalter, R., & Motta, A. (2024). VARI as an indicator of site productivity of Pinus taeda L.: soil, litter, and plant nutrition. *European Journal of Forest Research*, 143, 1541–1562. <https://doi.org/10.1007/s10342-024-01711-y>

- Erdélyi, É., Novák, A., & Ladányi, M. (2009). *Az őszi árpa terméscockázatának növekedése és lehetőségei okai*. <http://ageconsearch.umn.edu>
- Estrada-Peraza, E., Álvarez - Huezo, E., Girón-Morales, G., Salvador, S., Salvador, E., & Rodríguez-Gallo, Y. (2023). *RGB Image-Based Coffee Rust Detection: Application of Vegetation Indices and Algorithm Development*.
- Evans, E. W., Carlile, N. R., Innes, M. B., & Pitigala, N. (2014). Infestation of grain fields and degree-day phenology of the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Utah: Long-term patterns. *Journal of Economic Entomology*, 107(1), 240–249. <https://doi.org/10.1603/EC13387>
- Ficsor, A., Bakonyi, J., Csosz, M., Tomcsányi, A., Varga, J., & Tóth, B. (2014). Occurrence of barley pathogenic pyrenophora species and their mating types in Hungary. *Cereal Research Communications*, 42(4), 612–619. <https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0014>
- Gál- Szabó, L. (2017). *MEZŐGAZDASÁGI NÖVÉNYEK CSAPADÉKIGÉNYEINEK ÉS TERMÉSÁTLAGAINAK VIZSGÁLATA*.
- Gao, S., Zhong, R., Yan, K., Ma, X., Chen, X., Pu, J., Gao, S., Qi, J., Yin, G., & Myneni, R. B. (2023). Evaluating the saturation effect of vegetation indices in forests using 3D radiative transfer simulations and satellite observations. *Remote Sensing of Environment*, 295, 113665. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113665>
- Gerencsér, E. E. (2013). *THE EFFECT OF CLIMATIC VARIABILITY ON WINTER BARLEY PRODUCTION*.
- Gitelson, A. A., Stark, R., Grits, U., Rundquist, D., Kaufman, Y., & Derry, D. (2002). Vegetation and soil lines in visible spectral space: A concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2537–2562. <https://doi.org/10.1080/01431160110107806>
- Griffin-Nolan, R. J., Slette, I. J., & Knapp, A. K. (2021). Deconstructing precipitation variability: Rainfall event size and timing uniquely alter ecosystem dynamics. *Journal of Ecology*, 109(9), 3356–3369. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13724>
- Guppy, J. C., & Harcourt, D. G. (1978). EFFECTS OF TEMPERATURE ON DEVELOPMENT OF THE IMMATURE STAGES OF THE CEREAL LEAF BEETLE, OULEMA MELANOPUS (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE). *The Canadian Entomologist*, 110(3), 257–263. <https://doi.org/DOI: 10.4039/Ent110257-3>
- Hamada, Y., Szoldatits, K., Grippo, M., & Hartmann, H. M. (2019). Remotely Sensed Spatial Structure as an Indicator of Internal Changes of Vegetation Communities in Desert Landscapes. *Remote Sensing*, 11(12), 1495. <https://doi.org/10.3390/rs11121495>

- Hamdane, Y., Segarra, J., Buchaillet, M. L., Rezzouk, F. Z., Gracia-Romero, A., Vatter, T., Benfredj, N., Hameed, R. A., Gutiérrez, N. A., Torró Torró, I., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2023). Using Ground and UAV Vegetation Indexes for the Selection of Fungal-Resistant Bread Wheat Varieties. *Drones*, 7(7), 454. <https://doi.org/10.3390/drones7070454>
- Heroldová, M., Tkadlec, E., Bryja, J., & Zejda, J. (2008). Wheat or barley?. Feeding preferences affect distribution of three rodent species in agricultural landscape. *Applied Animal Behaviour Science*, 110(3–4), 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.05.008>
- Hornok Mária, & Pepo Péter. (2005). *Az őszi búza terméseredményeinek értékelése.*
- Jannoura, R., Brinkmann, K., Uteau, D., Bruns, C., & Joergensen, R. G. (2015). Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter. *Biosystems Engineering*, 129, 341–351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.11.007>
- Jha, S., Luhach, V., Gupta, G. S., & Singh, B. (2023). *Crop Disease Classification using Support Vector Machines with Green Chromatic Coordinate (GCC) and Attention based feature extraction for IoT based Smart Agricultural Applications.* <http://arxiv.org/abs/2311.00429>
- Jie, D., Wang, R., Yang, L., Lv, X., Yang, Z., Zhang, K., Pengju, L., Wang, Z., Abdullah, A., & Ma, Z. (2023). Quantitative Estimation of Wheat Stripe Rust Disease Index Using Unmanned Aerial Vehicle Hyperspectral Imagery and Innovative Vegetation Indices. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, PP, 1. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2023.3292130>
- Károly Bicskei. (2011). *A búzatermesztés rejtelsei.*
- Kassai M Katalin. (2004). *AZ ŐSZI BÚZA MINŐSÉGÉNEK HERBOLÓGIAI TÉNYEZŐI.*
- Kauppi, K., Rajala, A., Huusela, E., Kaseva, J., Ruuttunen, P., Jalli, H., Alakukku, L., & Jalli, M. (2021). Impact of pests on cereal grain and nutrient yield in boreal growing conditions. *Agronomy*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy11030592>
- Kazemi, F., & Parmehr, E. G. (2023). EVALUATION OF RGB VEGETATION INDICES DERIVED FROM UAV IMAGES FOR RICE CROP GROWTH MONITORING. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W1-2022), 385–390. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-385-2023>

- Kefauver, S., Romero, A., Buchailot, M., Vergara Diaz, O., Fernandez-Gallego, J., El-Haddad, G., Akl, A., & Araus, J. (2020). *Open-Source Software for Crop Physiological Assessments Using High Resolution RGB Images*. 4359–4362. <https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9324132>
- Keszthelyi, S., Hoffmann, R., & Lukács, H. (2024a). Objective Assessment of the Damage Caused by *Oulema melanopus* in Winter Wheat with Intensive Cultivation Technology Under Field Conditions. *AgriEngineering*, 6(4), 4538–4548. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040259>
- Keszthelyi, S., Hoffmann, R., & Lukács, H. (2024b). Objective Assessment of the Damage Caused by *Oulema melanopus* in Winter Wheat with Intensive Cultivation Technology Under Field Conditions. *AgriEngineering*, 6(4), 4538–4548. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040259>
- Kher, S. V., Dossall, L. M., & Cárcamo, H. A. (2016). Biology, host preferences and fitness of *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae), a recent invasive pest in Western Canada. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(5), 365–376. <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9446-8>
- Kher, S. V., Kulkarni, S. S., Dossall, L. M., & Cárcamo, H. A. (2024). Life history and host preferences of *Tetrastichus julis* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), the principal parasitoid of the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological Control*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105432>
- Kovács, A., & Erdődiné Molnár, Z. (2019, February 21). *A növényzet műholdas megfigyelése – vegetációs indexek*. HungaroMet.
- Kovács Gábor. (1992). *Szántóföldi növénytermesztés* (Bocz Ernő, Ed.). Mezőgazda Kiadó.
- Kövics, G., & Lőrincz, N. (2002). *A BÚZA GOMBÁS EREDETŰ BETEGSÉGEINEK NÉVHASZNÁLATA*.
- Leroy, J., Chapelin-Viscardi, J.-D., GENSON, G., Haran, J., Pierre, É., & Streito, J.-C. (2020). Distinct barcodes for the Cereal leaf beetles *Oulema melanopus* and *Oulema duftschmidi* (Coleoptera: Chrysomelidae), two syntopical sibling species. *European Journal of Entomology*, 117, 490–503. <https://doi.org/10.14411/eje.2020.052>
- Liu, X., & Wang, L. (2018). Feasibility of using consumer-grade unmanned aerial vehicles to estimate leaf area index in Mangrove forest. *Remote Sensing Letters*, 9(11), 1040–1049. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2018.1504339>
- Lopes Bento, N., Araújo E Silva Ferraz, G., Alexandre Pena Barata, R., Santos Santana, L., Diennevan Souza Barbosa, B., Conti, L., Becciolini, V., & Rossi, G. (2022). Overlap

- influence in images obtained by an unmanned aerial vehicle on a digital terrain model of altimetric precision. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 263–276. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2054028>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.839855>
- Maes, W. H. (2025). Practical Guidelines for Performing UAV Mapping Flights with Snapshot Sensors. In *Remote Sensing* (Vol. 17, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/rs17040606>
- Mammarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2022). Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A case study in a vineyard. *Biosystems Engineering*, 223, 81–102. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.12.010>
- Mária, H. (2009). *FONTOSABB AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA AZ ŐSZI BÚZA TERMESZTÉSBE*.
- McDowell, N. G., Sapes, G., Pivovarov, A., Adams, H. D., Allen, C. D., Anderegg, W. R. L., Arend, M., Breshears, D. D., Brodrigg, T., Choat, B., Cochard, H., De Cáceres, M., De Kauwe, M. G., Grossiord, C., Hammond, W. M., Hartmann, H., Hoch, G., Kahmen, A., Klein, T., ... Xu, C. (2022). Mechanisms of woody-plant mortality under rising drought, CO<sub>2</sub> and vapour pressure deficit. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(5), 294–308. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00272-1>
- McKevith, B. (2004). Nutritional aspects of cereals. In *Nutrition Bulletin* (Vol. 29, Issue 2, pp. 111–142). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x>
- McMaster, G. S., & Wilhelm, W. W. (2003). Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: Improving simulation models. *Journal of Agricultural Science*, 141(2), 129–147. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003460>
- Mesterházy, Á., Hornok, L., Pusztahelyi, T., Poór, P., & Mézes, M. (2024, November 11). *A mikotoxinok komplex kérdésköre* [Video recording]. Humán Tudományok Kutatóháza - Nagyterem.
- Micu, L. M., Petanec, D., Cotuna, O., & Dicu, M. (2013). STUDIES ON THE BEHAVIOR OF WHEAT VARIETIES TO PESTS ATTACK OULEMA MELANOPA L. In *Research Journal of Agricultural Science* (Vol. 45, Issue 1).

- Nagyvárad, L. (2018). *A távérzékelés és a digitális képfeldolgozás mezőgazdasági alkalmazhatósága*. Pécsi Tudományegyetem Földtudományok .
- Nault, L. R., & Styer, W. E. (1978). *Transmission of Maize Chlorotic Mottle Virus by Chrysomelid Beetles*.
- Olfert, O., & Weiss, R. M. (2006). Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113(1–4), 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.017>
- Olfert, O., Weiss, R. M., Woods, S., Philip, H., & Dossall, L. (2004). Potential distribution and relative abundance of an invasive cereal crop pest, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae), in Canada. *The Canadian Entomologist*, 136, 277–287. <https://doi.org/10.4039/n03-073>
- Park, Y. H., Choi, S. H., Kwon, Y. J., Kwon, S. W., Kang, Y. J., & Jun, T. H. (2023). Detection of Soybean Insect Pest and a Forecasting Platform Using Deep Learning with Unmanned Ground Vehicles. *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020477>
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Antal, G., & Oláh, J. (2018). *A búza és kukorica vertikum versenyképességének kilátásai*.
- Pozsgai Gábor, & Sáringer Gyula. (2004). *A Magyarországon előforduló veresnyakú árpabogarak (Oulema spp.) taxonómiája és földrajzi elterjedése*.
- Regassa, B., Abraham, A., Wolde-Hawariat, Y., Fininsa, C., Wegary, D., & Atickem, A. (2024). Identification of insect vectors of maize lethal necrosis viruses and their virus-transmission ability in Ethiopia. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44(2), 843–854. <https://doi.org/10.1007/s42690-024-01185-w>
- Reid, A. M., Chapman, W. K., Prescott, C. E., & Nijland, W. (2016). Using excess greenness and green chromatic coordinate colour indices from aerial images to assess lodgepole pine vigour, mortality and disease occurrence. *Forest Ecology and Management*, 374, 146–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.006>
- Richardson, A. D., Jenkins, J. P., Braswell, B. H., Hollinger, D. Y., Ollinger, S. V., & Smith, M.-L. (2007). Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. *Oecologia*, 152(2), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0657-z>
- Ronchetti, G., Sona, G., & Barzaghi, R. (2019). *POLITECNICO DI MILANO DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING DOCTORAL PROGRAMME IN*

*ENVIRONMENTAL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING UAV SURVEYS FOR CROP MONITORING AND MANAGEMENT IN PRECISION AGRICULTURE The Chair of the Doctoral Program:-XXXII Cycle.*

- Rosell, C. M., Aja, S., Bean, S., & Lookhart, G. (2002). Effect of *Aelia* spp. and *Eurygaster* spp. damage on wheat proteins. *Cereal Chemistry*, 79(6), 801–805. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.6.801>
- Šalamun, M., & Milevoj, L. (1996). *Distribution of the red cereal leaf beetle (Oulema melanopus L.) and the blue cereal leaf beetle (Oulema lichenis Voet) in wheat crops.*
- Samu, F., Szita, É., Simon, J., Cséplő, M., Botos, E., Pertics, B., Růžičková, J., Gerstenbrand, R., Rakszegi, M., Elek, Z., Vida, G., & Tholt, G. (2024). Cereal leaf beetle (*Oulema* spp.) damage reduces yield and is more severe when natural enemy action is prevented. *Crop Protection*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106893>
- Sancho-Adamson, M., Trillas, M. I., Bort, J., Fernandez-Gallego, J. A., & Romanyà, J. (2019). Use of RGB Vegetation Indexes in Assessing Early Effects of Verticillium Wilt of Olive in Asymptomatic Plants in High and Low Fertility Scenarios. *Remote Sensing*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/rs11060607>
- Schneider, P., Roberts, D. A., & Kyriakidis, P. C. (2008). A VARI-based relative greenness from MODIS data for computing the Fire Potential Index. *Remote Sensing of Environment*, 112(3), 1151–1167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.010>
- Sedivy, J. (1997). Oogenesis of cereal leaf beetles *Oulema* ssp. on winter wheat. *Ochrana Rostlin-UZPI*, 33(3).
- Skendžić, S., Novak, H., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., Maričević, M., & Lemić, D. (2024a). *Detecting Cereal Leaf Beetle (Oulema sp.) Damage on Winter Wheat: A Fusion of Proximal Remote Sensing and Advanced Machine Learning.* Kyoto: Union of Japanese Societies for Insect Sciences.
- Skendžić, S., Novak, H., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., Maričević, M., & Lemić, D. (2024b). Spectral Analysis for Cereal Leaf Beetle Detection in Winter Wheat: Towards Precision Pest Management. In *XXInternational Plant Protection Congress Healthy Plants Support Human Welfare Book of Abstracts* (pp. 242–242). Atena: International Association For The Plant Protection Sciences, Hellenic Society Of Phytiatry, Agricultural University Of Athens.
- Skendžić, S., Zovko, M., Lešić, V., Pajač Živković, I., & Lemić, D. (2023). Detection and Evaluation of Environmental Stress in Winter Wheat Using Remote and Proximal

- Sensing Methods and Vegetation Indices—A Review. *Diversity*, 15(4), 481.  
<https://doi.org/10.3390/d15040481>
- Steinger, T., Klötzli, F., & Ramseier, H. (2020). Experimental Assessment of the Economic Injury Level of the Cereal Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Winter Wheat. *Journal of Economic Entomology*, 113(4), 1823–1830.  
<https://doi.org/10.1093/jee/toaa080>
- Stow, D., Niphadkar, M., & Kaiser, J. (2005). MODIS-derived visible atmospherically resistant index for monitoring chaparral moisture content. *International Journal of Remote Sensing*, 26. <https://doi.org/10.1080/01431160500185342>
- Szeőke, K. (2015). *Károközó rovarok a mezőgazdaságban*. Hajnalpapír Kiadó.
- Szeőke, K., Schweigert, A., & Fischl, G. (2005). *Az őszibúza védelme*.
- Szwarc, J., Niemann, J., Bocianowski, J., Jakubus, M., & Mrówczyński, M. (2021). Connection between nutrient content and resistance to selected pests analyzed in brassicaceae hybrids. *Agriculture (Switzerland)*, 11(2), 1–19.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture11020094>
- Tanasković, S., Madić, M., Đurović, D., Knezevic, D., & Vukajlović, F. (2012). Susceptibility of cereal leaf beetle (*Oulema melanopa* L.) in winter wheat to various foliar insecticides in western Serbia region. *Romanian Agricultural Research*, 29, 361–366.
- Turóczi, G. (2017). *Mikroorganizmusok A Biológiai Növényvédelemben* (G. Turóczi, Ed.). [https://www.scribd.com/document/369367110/Dr-turoczi-Gyorgy-Mikroorganizmusok-a-Biologiai-Novenyvedelemben?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scribd.com/document/369367110/Dr-turoczi-Gyorgy-Mikroorganizmusok-a-Biologiai-Novenyvedelemben?utm_source=chatgpt.com).
- Ulrik, M. (2011). *Introduction to Remote Sensing and Geographical Information Systems*.
- Vida, G., Gál, M., Szunics, L., Láng, L., Bedő, Z., & Veisz, O. (2008). *A búza rozsdagombákkal szembeni ellenállóságának javítása nemesítéssel*.
- Vilela, E. F., Ferreira, W. P. M., Castro, G. D. M. de, Faria, A. L. R. de, Leite, D. H., Lima, I. A., Matos, C. de S. M. de, Silva, R. A., & Venzon, M. (2023). New Spectral Index and Machine Learning Models for Detecting Coffee Leaf Miner Infestation Using Sentinel-2 Multispectral Imagery. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2).  
<https://doi.org/10.3390/agriculture13020388>
- Vlaskality, S. D., Lencsés, E., & Zalai, M. (2025). Mezőgazdasági drónok alkalmazásának lehetőségei magyar szakértők véleményének feltérképezésével. *Gazdálkodás*, 69(1), 35–49. [https://doi.org/10.53079/gazdalkodas.69.1.t.pp\\_35-49](https://doi.org/10.53079/gazdalkodas.69.1.t.pp_35-49)
- Wielkopolan, B., Krawczyk, K., Szabelska-Beręsewicz, A., & Obrepalska-Stęplowska, A. (2021). The structure of the cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*) microbiome depends

- on the insect's developmental stage, host plant, and origin. *Scientific Reports*, 11(1).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-99411-9>
- Willoquet, L., Aubertot, J. N., Lebard, S., Robert, C., Lannou, C., & Savary, S. (2008).  
 Simulating multiple pest damage in varying winter wheat production situations. *Field  
 Crops Research*, 107(1), 12–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.12.013>
- Wilson, M. C., & Shade, R. E. (1966). Survival and Development of Larvae of the Cereal  
 Leaf Beetle, *Oulema melanopa* (Coleoptera: Chrysomelidae), on Various Species of  
 Gramineae. *Annals of the Entomological Society of America*, 59, 170–173.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/59.1.170>
- Zalai, M., Áy, Z., Molnár, S., Szendrei, Z., Keresztes, Z., & Dorner, Z. (2014). *Őszi kalászos  
 és silókukorica vetések gyomosodási viszonyainak vizsgálata ökológiai gazdálkodásban  
 2014-ben.* [www.agroinform.com](http://www.agroinform.com)

## 8.2 Internetes források

1. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/fobb-novenykulturak-termeseredmenyei-2024/index.html> (2025. 03. 15.)
2. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0012.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html) (2024. 10. 02.)
3. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en> (2025. 04. 23.)
4. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/veszelyes-kartevok-vetesfeherito-bogarak/> (2024. 01. 12.)
5. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-vetesfeherito-bogar-hatoanyag-novenyvedelem-mezogazdasag/> (2024. 01. 12.)
6. <https://bugguide.net/node/view/41360> (2024. 01. 13.)
7. <https://www.biokontroll.hu/vedekezes-a-vetesfeherit-bogarak-ellen-az-oekologiai-gazdalkodasban/> (2024. 01. 13.)
8. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:332110-2/general-information> (2024. 01. 13.)
9. <https://mezohir.hu/2022/04/01/agrar-kalaszos-gabona-tapanvag-novenytermesztes-mezogazdasag/> (2024. 01.22.)
10. <https://agraragazat.hu/hir/az-oszi-buza-kortani-problemai/> (2024. 01. 22.)
11. <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (2025. 02. 15.)
12. <https://korforgas.uni-mate.hu/hir/-/content-viewer/a-gabona-feldolgozasabol-szarmazo-mellektermekek-valorizalasanak-attekintese/3045980> (2025. 03. 17.)
13. <https://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=390> (2024. 11. 11.)
14. <https://www.agronaplo.hu/agrofokusz/20210708/ezert-kincs-az-agraradat-6-resz-a-taverzekelesben-egy-kicsit-mindenki-uttoro-lehet-40055> (2025. 04. 14)

15. [https://myactioncam.hu/payload\\_szenzor](https://myactioncam.hu/payload_szenzor) (2025. 04. 14.)
16. <https://agro.bayer.co.hu/termek/karositok/kartevok/?id=54> (2025. 04. 15.)
17. <https://nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/mezogazdasagi-termeles/108229-mezei-pocok-milyen-lehetosegeink-vannak-a-vedekezesre> (2025. 04.16.)
18. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/csocsarlo-az-oszi-gabonavetese-karositoja/> (2025. 04. 16.)
19. <https://agroforum.hu/szakcikkek/megerkeztek-a-gabonaszivolyok/> (2025. 04. 16.)
20. <https://agro.bayer.co.hu/termek/karositok/> (2025. 04.16.)
21. <https://web.archive.org/web/20131221081257/http://extension.oregonstate.edu/umatilla/cereals/pests/CerealLeafBeetleUpdate> (2025. 04. 16.)
22. [https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/veszelyes-kartevok-kalaszosok-leveltetvei/?utm\\_source=chatgpt.com](https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/veszelyes-kartevok-kalaszosok-leveltetvei/?utm_source=chatgpt.com) (2025. 04.24.)
23. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9> (2025. 09. 28.)
24. <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php> (2025. 09. 28.)

### 8.3. Képek hivatkozása

1. Ábra: <https://gd.eppo.int/taxon/LEMAME/distribution> (2025. 04. 16.)
2. Ábra: <https://coleonet.de/coleo/texte/oulema.htm> (2025. 04. 16.)
3. Ábra: <https://coleonet.de/coleo/texte/oulema.htm> (2025. 04. 16.)
4. Ábra: <https://coleonet.de/coleo/texte/oulema.htm> (2025. 04. 16.)
5. Ábra: (Leroy et al., 2020)
8. Ábra: [https://forgos.uni-eszterhazy.hu/wp-content/tananyagok/tamop/mediumismeret/I/26\\_03/32\\_a\\_lthat\\_vilg.html](https://forgos.uni-eszterhazy.hu/wp-content/tananyagok/tamop/mediumismeret/I/26_03/32_a_lthat_vilg.html) (2025. 09. 20.)
9. Ábra: <https://geoawesome.com/eo-hub/beyond-ndvi-what-are-vegetation-indices-and-how-are-they-used-in-precision-farming> (2025. 09. 24.)

## NYILATKOZAT

### a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Beke Gergő  
A Hallgató Neptun kódja: CAOLQQ  
A dolgozat címe: Vetésfehérítő kártétel monitorozása távérzékeléssel  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

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

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

Kelt: Bugyi év 2025. hó 11. nap 03.



Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

Beke Gergő (hallgató Neptun azonosítója: CAOLQQ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/**diplomadolgozatot**/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/**diplomadolgozatot**/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**<sup>\*3</sup>

Kelt: Gödöllő, 2025 év november hó 4. nap



---

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendó.

# Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

## 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Beke Gergő
Neptun-kódja:	CAOLQQ
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomadolgozat
A munka címe:	

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

## 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

## 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Fordítás, korrektúra, ötletelés	Chat GPT	

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

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

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

--	--	--	--

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: ..... Bugyi ....., 2025. ....11..... hó .03... nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása