

DIPLOMADOLGOZAT

VARGA ANDRÁS
Növényorvos MSc

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növényorvos MSc Szak

A BÚZA INTEGRÁLT VÉDELME NEK FEJLESZTÉSE

Belső konzulens: Prof. Dr. Kiss József
egyetemi tanár

Külső konzulens: Sári-Barnácz Fruzsina Enikő
PhD hallgató

Készítette: **Varga András**
D0LTTR
nappali tagozat

Tanszék:
Integrált Növényvédelmi Tanszék

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések.....	3
2.	Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1.	Vetésfehérítő bogarak (<i>Oulema spp.</i>)	5
2.1.1.	Előforduló fajok	5
2.1.2.	Rendszertan.....	5
2.1.3.	Alaktani leírás	5
2.1.4.	Jelentőség.....	6
2.1.5.	Életmód és kártétel.....	7
2.1.6.	Integrált védekezés a vetésfehérítő bogarak ellen.....	9
2.2.	Távérzékelés a növényvédelemben	14
2.2.1.	Multi- és hiperspektrális képalkotás	15
2.2.2.	Távérzékelés eszközei.....	16
2.2.3.	Vegetációs indexek	18
2.3.	Kalászosok beltartalmi mutatói	19
3.	A vizsgálatok módszerei.....	21
3.1.	A kísérlet helyszíne.....	21
3.2.	Vizsgálatok típusai.....	22
3.2.1.	Távérzékelés.....	22
3.2.2.	Drón	22
3.2.3.	Műhold.....	23
3.2.4.	Drón- és műholdas felvételek értékeinek összehasonlítása	26
3.2.5.	Vegetációs indexek	26
3.2.6.	Beltartalmi értékek elemzése	26
3.2.7.	Statisztikai elemzés	28

4.	Eredmények és értékelésük	29
4.1.	Különbségek a károsított- és egészséges részek reflektált értékei között.....	29
4.1.1.	Kék tartományban visszavert sugárzás értékei	29
4.1.2.	Zöld tartományban visszavert sugárzás értékei	30
4.1.3.	Vörös tartományban visszavert sugárzás értékei	30
4.1.4.	Közeli infravörös tartományban visszavert sugárzás értékei.....	30
4.2.	Vegetációs indexek	32
4.3.	Drónfelvételek reflektált értékeinek összehasonlítása	35
4.4.	Műholdas- és drónos távérzékelés összehasonlításom	36
4.5.	Beltartalmi értékek.....	37
5.	Következtetések és javaslatok	39
6.	Összefoglalás	42
7.	Köszönetnyilvánítás	44
8.	Irodalomjegyzék	45

1. Bevezetés és célkitűzések

A világon a búza az egyik legnagyobb területen termelt gabonanövény. 2020-ban a globális búzatermelés területe elérte a 219 millió hektárt, a betakarított termés mennyisége pedig 760 millió tonna volt (FAOSTAT, [http1](#)). Hazánk szántóterületeinek nagy részén gabonaféléket termesztnek, közel 2,5 millió hektár volt 2022-ben a vetésterületük. A vetésszerkezetben folyamatosan nő a részarányuk az elmúlt évekhez képest. A két legfontosabb szántóföldi növény a kukorica és a búza, melyeket a szántóterület csaknem felén termesztik. (KSH, [http2](#)).

A búza termesztésére igen nagy kihatással van az éghajlatváltozás. Mind a 4 évszak időjárása meghatározza termesztésének sikerességét. Ilyen abiotikus tényezők az őszi és téli csapadék mennyisége, illetve a tavaszi hőmérsékleti változékonyság. 2022-ben rendkívüli aszály sújtotta hazánk területeit, ami leginkább az Alföld középső részein volt érzékelhető. Ennek következménye jelentős termés kiesés lett, 21%-al kevesebb lett a búza betakarított mennyisége a 2021. évihez képest hazánkban. Ilyen klimatikus szélsőségek mellett a biotikus stresszhatások is nagy mértékben érhetik a búzát, mint kártevők, növénybetegségek fellépése, a jelenlegi károsítók kártételi arányának növekedése (hamarabb bekövetkező és nagyobb mértékű fertőzés vagy gradáció miatt), új károsítók megjelenése, amelyek még kockázatosabbá tehetik a termesztést. A biotikus stresszorok közül az egyik legjelentősebb hazánkban a vetésfehérítő bogár.

A vetésfehérítő bogarak (*Oulema spp.*) közül a legelterjedtebb a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus*), amely jelentős gazdasági károkat okozó kártevő a gabonafélékben. Az imágó is károsít, de a nagyobb kártételt a lárvák okozzák. Az ellenük való védekezés a gyakorlatban legtöbbször inszekticidekkel történik. A gabonatáblákon foltokban károsítanak, ezáltal a tábla szinten kijuttatott növényvédőszer mennyisége csökkenthető lehet, ha kizárólag a kártevők által elfoglalt területekre kerül az inszekticid. Ennek alapja a károsítók táblán való elhelyezkedésének-, kártételük mértékének felmérése, amihez jelenleg az információt terepi bejárással gyűjthetjük. A távérzékelési technológiák alkalmazásával azonban gyorsabb és hatékonyabb adatbegyűjtés válhat lehetővé.

A távérzékelési technikák egyre szélesebb körben elterjedtek a mezőgazdaságban. Az ilyen technológiák lehetővé teszik a növények állapotának rendkívül gyors és hatékony felmérését, károsítók és azok kártételének detektálását a növényállomány roncsolása, taposása nélkül. A szenzorok által készített felvételek alapján reflektancia-, valamint vegetációs index

térképek hozhatók létre, amelyek alapjául szolgálhatnak az adatalapú döntéshozatal rendszeréhez, így az integrált növényvédelem terén is kiválóan alkalmazhatók.

Az Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal) egyik fő célja, hogy egy bizonyos referenciaidőszakhoz képest 50%-al csökkenjen a peszticidek felhasználása és kockázata 2030-ig. Ennek a teljesítése a precíziós mezőgazdaság alkalmazásával valósítható meg leghatékonyabban.

A diplomadolgozatom célja, hogy olyan technológiát vizsgáljak, amellyel a vetésfehérítő lárvakártétel és a károsítási gócpontok detektálhatóak. Ez a precíziós gazdálkodás eszközeinek olyan információt nyújt, amellyel megvalósítható a helyspecifikus peszticid kijuttatás. Ezzel a technológiával csökkenthető táblaszinten a kijuttatott növényvédőszer mennyisége. Dolgozatomban tavaszi búzán *Oulema melanopus* lárvái által okozott károsítás mértékének kimutatását végeztem el, távérzékelési módszerekkel. A táblán belül felkerestem a károsított részeket, melyek központi koordinátpontjait rögzítettem, valamint kontroll gyanánt egészséges részeken is rögzítettem koordinátpontokat. A területről készült drón-, illetve műholdfelvételek alapján elemeztem a növények reflektanciájának a különbségeit a károsított és egészséges pontokon. A 6 időpontban készült műholdfelvételeket 4 spektrális sávban 10 méteres felbontásban vizsgáltam, valamint vegetációs indexet számítottam. Az *O. melanopus* lárvakártétel hatására a szemtermésben bekövetkező minőségváltozás kimutatására beltartalmi vizsgálatokat végeztem.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Vetésfehérítő bogarak (*Oulema* spp.)

2.1.1. Előforduló fajok

Magyarországon, Jenser és mtsai. (1998) leírása alapján 4 vetésfehérítő bogár (*Oulema*) faj jelenhet meg és károsíthat. Ezek közül kettő vörösesbarna előtorral rendelkezik, a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus* LINNAEUS 1758), valamint a veresnyakú zabbogár (*O. rufocyanea* SUFFRIAN 1847). A másik kettő előtorának színezete kékes árnyalatú, ezek a Kéknyakú árpabogár (*O. gallaeciana* HEYDEN) és a Kéknyakú búzabogár (*O. sepentrionis* WEISE). Később még egy faj, az *Oulema duftschmidi* (REDTENBACHER) megjelenését is leírták hazánkban (Pozsgai - Sáringer, 2004, Roszík, 2015). Alaktani leírásai alapján ez a faj nagyon hasonlít az *O. melanopus*-ra, megkülönböztetésük ivarszervek preparációja alapján történhet meg. A régebbi kutatások alapján az *O. duftschmidi*-t 1989-ig az *O. melanopus*-sal egy fajként azonosították (Bezdék - Baselga, 2015).

Az *Oulema* nemzetségbe tartozó levélbogárfajok közül a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus*) a legelterjedtebb Európában, Észak-Afrikában, valamint már Észak-Amerikában is (Triapitsyn et al. 2023), ezért az irodalom további részében e faj bemutatása hangsúlyos.

2.1.2. Rendszertan

Az *O. melanopus* faj rendszertani besorolása:

- Család: *Chrysomelidae* (Levélbogárfélék)
- Nemzetség: *Oulema*
- Alrend: *Polyphaga* (Mindenevő bogarak)
- Rend: *Coleoptera* (Bogarak)
- Osztály: *Insecta* (Rovarok)
- Törzs: *Arthropoda* (Ízeltlábúak)
- Ország: *Animalia* (Állatok)

(Aponyi, 1987, [http 3](#))

2.1.3. Alaktani leírás

Az *O. melanopus* kifejlett egyedének színezete a szárnyfedőkön és a ventrális (hasi) oldalon is zöldeskék, fémfényű. A nyakpajzs, valamint a lábai narancsvörösek, a lábfejek pedig

fekete színűek. A bogár 4-4,8 mm hosszú. Az *O. gallaeciana* testnagysága hasonló, azonban a teste acélkék színű egyöntetűen, csak a lábai feketék (Szelényi, 1968).

A tojások 0,3-0,8 mm hosszúak, legömbölyített végű henger alakúak, színük citromsárga vagy barnássárga. A lárvák színe kénessárga, azonban feketének, sötétebb színezetűnek látszódnak, ugyanis a bőrmirigyeikből áramló váladék és ürülék felrakódik testük háti oldalára. Ennek köszönhetik az "árpacsiga" népies elnevezést. A báb színe sárgásbarna szabadbáb, hossza 3,5-4,5 mm (Jenser et al. 1998).

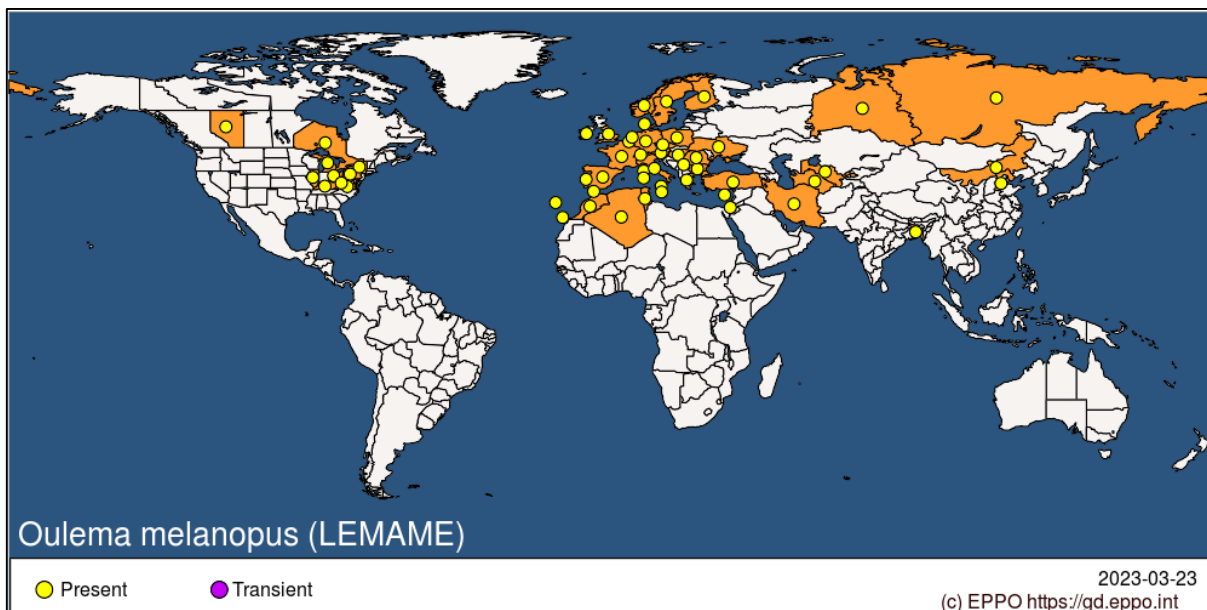


1. ábra *Oulema* spp. tojások (balra), *O. melanopus* imágó (jobbra) (saját felvétel)

2.1.4. Jelentőség

A gabonafélék kártevői között az egyik legnagyobb jelentősége világszerte a veresnyakú árpabogárnak van (*Oulema melanopus*), az okozott gazdasági kár mértéke miatt. A faj Euráziából származik, de a nearktikus faunatarományokba is betelepült. Európa gabonatermesztő területein a kalászosokat károsító rovarok között a legnagyobb kárt okozhatja (Poberežny et al. 2023). Olaszországban és Svájcban tett felmérések szerint- a növekvő gazdasági jelentősége a faj egyedeinek alacsonyabb mortalitásából és magasabb peteérési arányból következtethető. Észak-Afrikában is meghatározó kártevő a kalászosokban. (Bezdék-

Baselga, 2015). Észak-Amerika területén a 60'as években azonosították az *O. melanopus* fajt, azóta Kanada és az Egyesült Államok több részén is elterjedt (LeSage et al. 2007, 2. ábra).



2. ábra: Az *Oulema melanopus* globális elterjedése (forrás: EPPO, <http> 4)

2.1.5. Életmód és kártétel

Tápnövények tekintetében oligofág kártevő, fűféléken (*Avena*-, *Hordeum*-, *Lolium* fajokon), kalászos gabonaféléken és kukoricán is megjelenhet (Bognár-Huzián, 1979).

Az *Oulema* fajoknak évente egy nemzedéke fejlődik. Az imágó vonul telelőre, az erdőszélek avarjába, a talajba, egyes gyomnövények elhalt szárába. Tavasszal, amikor a napi középhőmérséklet eléri a 10 °C-ot, az imágó elhagyja telelőhelyét. Kezdetben fűféléken találhatóak meg, majd repülve keresik csoportosan a gabonátáblákat (Bürgés, 1997, Tanaskovic et al. 2012). A kalászosokba való betelepülésük fokozatos, az imágók a táblaszéleken jelennek meg először, különösen az erdős vagy gyepek területekhez közelebb eső oldalakon. Ezt követően terjednek el a táblán belül (Lajos et al. 2016).

Az imágók érési táplálkozásuk során a gabonanövények levelein az érközőket hosszanti csíkokban rágják. Az átrágott csíkok hossza eltérő (3. ábra). Az *O. gallaeciana* és az *O. septentrionis* rövidebb, 1-2 mm hosszú csíkokat, az *O. melanopus* és *O. cyanipennis* valamivel hosszabb, 5-8 mm között változó csíkokat rág a levéllemez felületén (Jenser et al. 1998).

Az imágók táplálkozása néhány napig tart, ezt követően történik meg a párzás, majd a nőstény a tojásokat a levél színére rakja egyesével gyöngyfüzérszerűen a főér mentén, azzal párhuzamosan. Kadocsa (1915) megfigyelései alapján, az imágó károsította részekre ritkábban



3. ábra *O. melanopus* imágó kártétel őszi árpán
(saját felvétel, 2023)

történik tojásrakás, hogy a lárváknak ép levélfelület álljon rendelkezésre a fejlődésre. A nőtényenkénti peteprodukció elérheti a 180-200 darabot. Az embrionális fejlődés kb. egy hétig, hűvösebb időjárás esetén 10-14 napig tart (Sáringer, 1990). A lárvák a kelést követően, április-május hónapban megkezdik a táplálkozást, az ekkor már szárba indult kalászos gabonák zászlós levelein. A levél színén hámozgatnak az erekkel párhuzamosan, ahol a levél alsó epidermisze marad sértetlenül, mint egy vékony hártya, mely megszáradva fehér színű lesz (4. ábra). Foltokban történik a károsítás, ezáltal messziről észrevehetőek szabad szemmel is táblaszinten a fehér részek. A fiatalabb lárvák (L₁-L₂) a teljes lárvafejlődés során

elfogyasztott levélmennyiség csupán 10 %-át fogyasztják el, tehát az idősebb lárvák a jelentősebb károsítók (Jenser et al. 1998). A lárvák fejlődése gyors, két hét alatt végbe mehet, a bábozódás a talaj felső, 2-5 cm-es rétegében zajlik le sima falú bábbölcsőben. Itt további 2 hét időtartam kell az imágóvá alakuláshoz. A kéknyakú fajok életmódja annyiban különbözik, hogy a lárvák fejlődése hosszabb (kb. 3 hét), valamint a növény föld feletti részein alakulnak bábbá, nem a talajban (Szeőke, 2015).

Június végén, július első dekádjában jönnek elő az új imágók, amelyek füves területekre, de akár kukoricatáblákra is vonulhatnak. Itt a levelek felületén hámozgatnak, kártételük összetéveszthető a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) rágásával. Tojásrakás ilyenkor nem történik. Az imágók szeptember végén, októberben telőre vonulnak (Bognár-Huzián, 1979).

Nem elhanyagolható vírusvektor szerepe, ugyanis az árpa vírusos levélfoltosság kórokozója a rozsnok mozaik vírus (Brome mosaic virus, BMV), amely mechanikai úton, valamint rágó szájszervű bogarakkal, különösen a vetésfehérítő bogarakkal terjedhet a

tenyészedőszak második felében (Apró et al. 2011). Egy magasabb számú árpabogár megjelenés esetén 20-80% közötti nagyságrendű vírusfertőzöttség is bekövetkezhet (Pocsai, 2017).

2.1.6. Integrált védekezés a vetésfehérítő bogarak ellen

Integrált növényvédelem

Az integrált növényvédelem alapelve az összes rendelkezésre álló növényvédelmi módszer gondos mérlegelése, ez alapján pedig azon intézkedések foganatosítása, amelyek csökkentik a károsító populációk kifejlődésének lehetőségét, ugyanakkor a növényvédő szerek alkalmazását és egyéb beavatkozásokat, ökonómiailag és



4. ábra: *O. melanopus* lárvák kártétel tavaszi búza levelén (saját felvétel).

ökológiailag indokolt szinten tartják, továbbá csökkentik vagy a lehető legalacsonyabb szinten tartják az emberi egészségi és a környezeti kockázatokat (Kiss et al. 2017).

Megelőzés és visszaszorítás (Prevention and suppression)

Agrotechnikai védekezésre nem sok lehetőség van az *Oulema* spp. imágók és lárváik ellen. Különösen a tavaszi kalászos növényeknél (tavaszi árpa, tavaszi búza, zab) célszerű minél hamarabb elvégezni a vetést, mivel a később vetett kalászosok kitettebbek a károsításnak (http 5). A fajtanemesítés oldalát tekintve elmondható, hogy az árpabogarak ellen teljesen ellenálló fajta nem létezik. Azonban az antixenózis a növénynek olyan tulajdonsága, ami riasztó hatást fejt ki vagy fizikailag meggátolja, hogy a károsító szervezet valamilyen kárt okozzon a növény valamely részén, például trichómák, azaz epidermális fedőszőrök a növény felületén. Ezek sűrűsége, valamint hossza nyújthat védelmet a károsítóval szemben a levélen. A leveleken található trichómák sűrűsége és erőssége negatívan hat a tojások, valamint kelő lárvák túlélésére a kiszáradás miatt (Philips et al, 2011). Az agrotechnikai védekezési elemek közé tartozik az állománysűrűség beállítása, amit a vetőmag mennyiségének változtatásával lehet elérni a búzánál. (Szczepanek et al. 2020). Lengyelországban végeztek kísérleteket tavaszi búza fajtákon, amelyek arra keresték a választ, hogy melyik az a növényessűrűség, ahol a

legalacsonyabb az *Oulema spp.* megjelenése. Alacsonyabb vetőmagnormával vetett búzában kisebb kártétel volt tapasztalható (Poberežny et al. 2023).

Megfigyelés (Monitoring) és döntéshozatal

Előrejelzés

Az integrált növényvédelem alapelvei előírják, hogy minden nem kémiai és kémiai védekezési eljárást előzetes megfigyelésekre kell alapozni, igénybe véve az előrejelzési módszereket. A megfelelő döntés meghozatalához az adott kártevőhöz előre meghatározott kártételi küszöbértékek, populációdinamikai és fejlődési modellek, valamint a döntést támogató rendszerek (Decision Support System – DSS) nyújthatnak segítséget (Jakubowska et al. 2023).

A védekezési eljárások alapja a vetésfehérítő bogarak esetén, általában a szignalizáció, azaz a károsító betelepülésének figyelemmel kísérése a növényállomány minden részén. A beavatkozás szükségességét pedig a kártételi küszöbérték határozza meg (Jolánkai, 2005). A vetésfehérítő bogarak a táblaszéleken jelenhetnek meg először, majd ezután terjednek szét a táblán. Az előrejelzést elvégezhetjük hálózással, ennek eszköze a fűháló, amellyel a táblán folyamatosan haladva 10 kaszáló mozdulatot végezve, ha 10-15 vagy több árpabogár imágó van a hálóban (Bognár et al. 2003) vagy a tábla szegélyén 8 vagy ennél több imágó van 1 m²-en, akkor erős kártételre lehet számítani és védekezésre ad okot (Keszthelyi, 2016).

Előrejelzés a tojások számának megfigyelésével is lehetséges. Benedek és mtsai. (1974) leírása szerint, ha száranként 1-1 tojást lehet találni, abban az esetben már terméskiesésre kell számítani, valamint védekezés szükséges, amennyiben 20%-os vegetatív felület csökkenés tapasztalható a lárvák kártétele nyomán.

A beavatkozás szükségességét jelezheti a kikelt lárvák száma is. Ha a lárvakelést követően 10-12 vagy több lárvát figyelhető meg négyzetméterenként (Szeőke, 2015), esetleg 5 lárvát/tő, akkor szükséges a védekezés (Jolánkai, 2005).

Az előrejelzés egy másik formája az effektív hőösszeg mérésén alapul, amely a károsító fejlődési küszöbhőmérséklete felett mért hőmérsékletek összege. Ez az érték ahhoz szükséges, hogy egyik fejlődési stádiumból átlépjenek a másikba az egyedek. Az Észak-Amerikai Virginia, valamint Észak-Karolina államokban végeztek kísérleteket az árpabogarak előrejelzésével kapcsolatban egy effektív hőösszeg modell segítségével. A számítások igen nagy pontossággal előre jelezték a tojásrakási csúcsot, ebből pedig ki lehet számítani, hogy a tömeges lárvakelés mikorra várható. A kártevő előrejelzésének folyamatában a megfigyelési szakasz kezdő

időpontja meghatározható, ezáltal ez az időszak több hétről akár pár napra szűkíthető (Philips et al. 2012).

A digitalizáció terjedésével az ún. DSS (Decision Support System) térnyerése is megfigyelhető. Egy ilyen rendszer a gazdaság területén méri a szükséges paramétereket (légnedvesség, hőmérséklet). Ezek, valamint a gazdálkodó által betáplált információk (pl. tojásrakási csúcs kezdete) interneten keresztül felhőbe kerülnek, ahol egy szoftver elemzéseket végez és a lehetséges gazdaságspecifikus intézkedéseket, javaslatokat továbbítja a termelő felé. Így a gazdálkodó birtokában kellő információ lesz ahhoz, hogy meghozza a döntését a kultúrnövény védelme érdekében. Jelenleg ilyen rendszer nincs még kidolgozva a vetésfehérítő bogarakra vonatkozóan a gyakorlati alkalmazás számára, de a kutatómunka folyamatosan zajlik. A döntéstámogató modellek és rendszerek abban a térségben tudnak megfelelően működni, ahová megtervezték azokat. Ezért fontos, hogy a fejlesztési folyamatba a végfelhasználók is legyenek bevonva, ami segíti a rendszer beillesztését a védekezési munkafolyamatba (Jakubowska et al. 2023).

Nem kémiai módszerek (Non-chemical methods)

A biológiai növényvédelem alkalmazása során olyan élő szervezetet használunk fel, amely a károsító faj egyedeinek gyérítésére, populációszabályozásra szolgál. Ez a szabályozó folyamat kialakulhat természetes úton (natural control), valamint végrehajtható mesterséges módon, a hasznos szervezetek ember által való betelepítése révén (biological control) (Fischl, 2000).

Természetes ellenségek

Élősködők (Parazitoidok)

Az árpabogarak tojásainak ismert parazitoidja az *Anaphes flavipes*, a parányfűrészszek (*Mymaridae*) családjába tartozó fűrészszek. Hatékonyságukat befolyásolhatja a gazdaszervezet, azaz az árpabogarak védekezése a parazitoidok ellen. Megfigyelések szerint egyes olyan tojások, amelynek felülete sötétebb és ragacsosabb (valószínűleg az imágó ürülékétől), kevésbé parazitáltak. A fűrészszek nőstény a felületére ragadhat, ami miatt gátolt a peték lehelyezése. A leggyakrabban előforduló árpabogár fajok közül az *O. gallaeciana* tojásain figyelhető meg ez a védelmi mechanizmus (Samková et al. 2020). A kutatások szerint a leggyakoribb lárvaparazitoid a *Necremus leucarthros*, hazánkban és a velünk szomszédos Szlovákiában ugyanis az árpabogár fajok lárváinak közel 50 %-át képes fertőzni (Jeloková-

Gallo, 2008). További lárva- és báb élősködői a *Bathytrix maculatus*, *Lemophagus curtus*, *Itoplectis maculator* a valódi fürkészdarazsak (*Ichneumonidae*) családjába tartoznak, valamint a *Tetrastichus julius* a fémfürkész alkatúak (*Eulophidae*) családból (Staines, 1984).

Entomopatogén gombafajok is gyéríthetik az árpabogarak lárváit, bábozódás előtt. Elpusztult lárva és imágó egyedekből tenyésztettek ki, többek között *Fusarium nivale*, *Aspergillus coraceus* fajokat (Bognár et al. 2003).

Ragadozók (Predátorok)

Legismertebbek a poloskák közül a közönséges tolvajpoloska (*Nabis pseudoferus*), fátyolka fajok közül az aranyszemű fátyolka (*Chrysopa perla*) (Jenser et al. 1998). Nyugat-Kanada búzatermesztő területén végzett molekuláris diagnosztikai vizsgálat szerint a legelterjedtebb ragadozók a hétpettyes katicabogár (*Coccinella septempunctata*), valamint egy tolvajpoloska (*Nabis americanoferus*) (Kheirodin et al. 2020).

Biológiai növényvédelem

Jelenleg kereskedelmi forgalomban nincsenek vetésfehérítő bogarak ellen alkalmazható biológiai készítmények, kísérletek folynak ezek hatékonyságának felmérésével kapcsolatban (Kaniuczak et al. 2011). Entomopatogén fonálférgek bizonyos törzseivel (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*, *Heterohabditis bacteriophora*) való védekezés az árpabogarak ellen lehetséges egy szlovákiai kutatás szerint, azonban az abiotikus hatások, mint a hőmérséklet befolyásolhatják a hatékonyságukat. A *S. carpocapsae* C101-es törzse, hatékonyságát a közel 100%-os mortalitási arány jelentette a károsító bogarak körében (Laznik et al. 2010). Az említett 3 fonálféreg fajt tartalmazó készítmények használhatóak Magyarországon, azonban kalászosokban jelenleg nincs engedélyük (<http6>).

Fizikai módszer

Az édesnarancs (*Citrus sinensis*) illóolaj az *Oulema spp.* lárvák ellen hatékonyan alkalmazható, egy órával a kijuttatás után, már 10%-os elhullást tapasztaltak laboratóriumi körülmények között. Az imágók ellen alkalmazva viszont hatástalan (Zarubova et al. (2015).

Peszticid kiválasztás (Pesticide selection), Csökkentett növényvédőszer használat (Reduced pesticide use)

A vetésfehérítő bogarak elleni kémiai védekezésre az EU területén kontakt hatású piretroid hatóanyagot tartalmazó készítmények engedélyezettek kalászos kultúrákban. A

szintetikus piretroid hatóanyagok hatása taglózó. Előfordulhat, hogy a bogarak rajzásakor, lárváik kártételekor a tavaszi hónapokban (április, május) az átlagosnál magasabb a napos órák száma. A magasabb UV sugárzás hatására a kijuttatott készítmény hamarabb elveszti hatékonyságát, különösen, ha ez alacsonyabb permetlé mennyiséggel való kijuttatással párosul (Loch-Nosticzius, 2004, Keszthelyi, 2017).

Szabó (1991) által javasolt védekezés első eleme az imágók elleni védekezés, azok táblára történő betelepedésekor. Amíg a bogarak csak tábalaszéleken tartózkodnak, hatékony lehet a szegélykezelés. Az árpabogár lárvák ellen kalászhányástól virágzásig javasolt inszekticiddel védekezni, valamint a felhasznált készítmény méhveszélyességi besorolásától függően, fokozottan ügyelni a vonatkozó szabályok betartására.

A növényvédőszerrel szembeni rezisztencia mutációk révén alakulhat ki a károsítóknál, egyoldalú növényvédőszer felhasználás esetén (Takács, 2019). Ha többszöri kezelés szükséges a károsítóval szemben, akkor a készítmények kiválasztásánál az egyik legfontosabb szempont, hogy a hatóanyagok különböző hatásmechanizmus szerint működjenek, amennyiben ez lehetséges (Juran et al. 2017).

1. táblázat: Vetésfehérítő bogarak ellen Magyarországon engedélyezett hatóanyagok és készítmények (saját szerkesztés, <http6> alapján)

Hatóanyag csoport	Hatóanyag	Készítmények (Engedély hatálya a dolgozat készítésekor)
Piretroidok	cipermetrin	Cyperkill Max (2027.02.28.)
	deltametrin	Decis Forte (2027.10.31.)
	gamma-cihalotrin	Rapid CS (2027.12.31.)
	lambda-cihalotrin	Full 5 CS (2023.12.31.)
	lambda-cihalotrin + pirimikarb	Judo (2023.12.31.)
	tau-fluvalinát	Klartan 24 EW (2025.05.31.)
	eszfenvalerát	Sumi Alfa 5 EC (2026.12.31.)

Kizárólag piretrioid hatóanyagcsoportba tartozó hatóanyagot tartalmazó készítmények kijuttatása engedélyezett hazánkban az *Oulema spp.* elleni védekezésre (1. táblázat), így nincs lehetőség a hatóanyagcsoportok közötti rotációra, amely eredményeként rezisztencia alakulhat ki a károsító bogarak egyes egyedeiben. Ezzel egyes készítmények alkalmatlanná válhatnak a

kultúrnövény megvédésére. A lárvák ellen történő kezelés akkor kezdődhet, ha a tojások kb. 10-15%-ából kikeltek a lárvák (Juran et al. 2017).

A csökkentett peszticid felhasználás, az integrált növényvédelem szerves része. Magában foglalja a peszticidek kijuttatásának gyakoriságát, a foltkezeléseket és a dózisok csökkentését (Kiss et al, 2017). A foltkezelést olyan károsítóknál lehet alkalmazni, amelyek táblán belül kis területekre aggregálódnak. Ilyenek lehetnek egyes gyomfajok, aranka fajok vagy a vetésfehérítő bogarak. Az általuk alkotott károsítási gócpontok térben változó, heterogén eloszlást mutatnak a növényállományban. Pontos helyük meghatározására, kézi adatfelvétel vagy légi távérzékelés által kerülhet sor. A termőhelyen felvett károsítási pontokon elvégzett helyspecifikus kezelések alkalmazásával csökken a területen felhasznált növényvédőszer mennyisége (Gerhards et al. 2022).

2.2. Távérzékelés a növényvédelemben

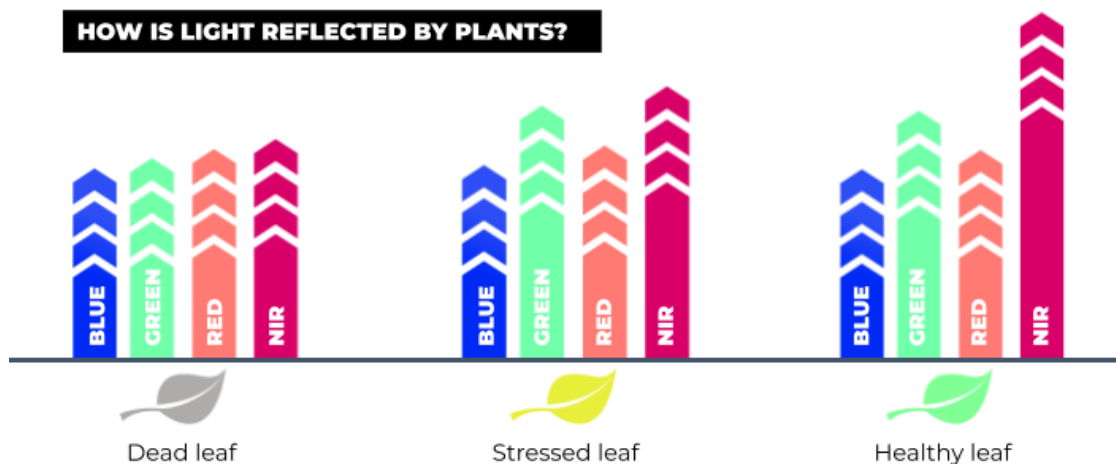
A mezőgazdaságban a távérzékelés alkalmazása segítséget nyújthat egy adott terület feltérképezésére, az ott található növényállomány jellemzésére. Megkönnyítheti, ki is válthatja a földi felvételezéseket, ezáltal a növényállományról információhoz juthat a termelő a növények taposása és roncsolása nélkül, valamint olyan területek is feltérképezhetőek, amelyek egyéb módon megközelíthetetlenek. Lehetőséget ad növényfajok elkülönítésére, felmérhetőek a növekedésben visszamaradt, gyengébb fejlődésű részei az állománynak, valamint a biotikus és abiotikus stresszorok által érintett területek (Skendžić et al. 2023). A különbségek a növények leveleire eső fény reflektanciájából adódhatnak, amit az eltérő pigmenttartalom, vastagság vagy elhelyezkedés okozhat (Knippling, 1970). A távérzékelés eszközeivel készített felmérések adatait felhasználva a mezőgazdaságban felmerülő költségek csökkenthetőek a növényeket károsító szervezetek állományba való betelepülésének időben való felismerésével, ezáltal behatárolhatóak a károsított foltok, a kezelések hatékonysága pedig az időben, helyspecifikusan történő alkalmazás miatt javulhat. A növényvédőszer, tápanyagok kijuttatása precízen előre tervezhető, és amennyiben kizárólag a célterületre történik a kijuttatás, úgy a környezetterhelés is csökkenthető (Bakó, 2014). A távérzékelés további előnyei közé sorolható, hogy a kapott eredmények feldolgozása nem vesz sok időt igénybe (bizonyos fény spektrumokban azonnal kimutathatóak), így az esetleges beavatkozások jól időzíthetőek. A hátrány, hogy napszak- és időjárásfüggő (szél, felhőzet stb.) a felvételezés, továbbá felkészült szakmai- és eszközháttér szükséges, amit költségtényezőként figyelembe kell venni (Barna, 2020).

A távérzékelés két módja ismert:

- Passzív távérzékelésnek nevezhető az a módszer, amikor az érzékelő szenzor a Napból érkező, földfelszínről visszaverődő természetes eredetű elektromágneses sugarakat érzékeli. Ilyen elven működnek a műholdas és egyes légi képalkotó rendszerek.
- Aktív távérzékelés során pedig a szenzor bocsátja ki a sugarakat és ezek visszaverődését érzékeli a szkennerek. (RADAR rendszerek – rádióhullám alapján- és LIDAR rendszerek – fény érzékelés alapján működnek) (Dobos, 2013).

A növényzet fényvisszaverése

Egy egészséges növényt szabad szemmel zöld színűnek látunk, mivel a levelekben található klorofill molekula a zöld tartományban sugárzott energiát nagymértékben reflektálja, a vörös-, valamint kék fényt nagy részben elnyeli. Ha egy növényt stresszhatás ér, akkor a levélben a klorofill tartalom csökkenni kezd, így a vörös és kék fény visszaverődése megnő. Stresszhatások lehetnek károsító által ejtett sebzések vagy tápanyagellátási problémák. A közeli infravörös tartományban az egészséges növény visszaveri a sugarak csaknem felét, a többi részét pedig elvezeti (5. ábra) (Tao et al. 2022).



5. ábra: Elhalt, stresszelt és egészséges levelekre eső fény visszaverési arányai (<http7>)

2.2.1. Multi- és hiperspektrális képalkotás

A spektrális képalkotás lehetővé teszi, hogy a látható tartományon túl a szabad szemmel nem látható hullámhosszokon érkező reflektancia értékeit is láthatóvá tegyük és elemzésekre használhassuk fel. Létezik multi-, valamint hiperspektrális érzékelés. A kettő közötti különbség

az optikai sávok, színcsatornák érzékelésében van. A multispektrális távérzékelés által alkotott képen a három látható és a közeli- vagy távoli infravörös tartomány értékeit jelenítik meg. A különböző hullámhossztartományokon mérhető visszaverődési értékek más-más csatornákon kerülnek rögzítésre, és ez alapján tervezik meg az egyes szenzorokat. A hiperspektrális képalkotás ennél kiterjedtebb, a teljes optikai sávot lefedi, ahol több csatornán keskenyebb hullámhossz értéket érzékel a jobb és tisztább felbontás érdekében (Mulla, 2013). A hiperspektrális felvétel 100-nál is több spektrális csatornát tartalmazó spektrumot jeleníthet meg, míg a multispektrális felvétel csak 4-8 csatornát. Ezzel a technológiával számos felmérés végezhető egy adott területen, mint például növényi biomassza vizsgálat, talajösszetétel (szikesedés), gyomosodás (parlagfű terjedési üteme), valamint egyéb biofizikai tulajdonságok (növényi stressz) (Burai-Ambus, 2014).

2.2.2. Távérzékelés eszközei

Monitoring célra használhatóak pilótával rendelkező, valamint pilóta nélküli, távirányított légi járművek. Az utóbbi kategóriába sorolt járművek szerkezeti felépítésüket tekintve lehetnek merev-, illetve forgószárnyúak (quadcopter, octocopter), ezeket a köznyelven drónoknak, a külföldi szakirodalom pedig UAV-nak (Unmanned Aerial Vehicle) nevezi. Napjainkban a távirányított légi járművek alkalmazása az elterjedt, mivel kisebb költséggel üzemeltethetőek, valamint jobban automatizálhatóak, mint egy pilóta vezette jármű (helikopter, repülőgép). A drónok (UAV) energiaforrása többnyire akkumulátor. Irányításuk alapján lehetnek manuális-, automata-, valamint autonóm vezérlésűek. Az automata drónok előre beprogramozott repülési terv alapján végzik el a repülést GPS hely adatok alapján, a manuális vezérlésűek pedig kizárólag 8 irányba, a kézi távirányító segítségével (Wójtowitz et al. 2016). A légi járművön hasznos tehernek nevezik azokat az eszközöket, amik meghatározzák a jármű rendeltetését. Egy monitoring célra használt járművön ilyen eszközök a kamera, radar, valamint egyéb távérzékelési szenzorok (Barna, 2020).

Ezzel a technológiával a növénybetegségek által okozott elváltozások és károsított részek pontos és gyors felvételezése megvalósítható üzemi táblákon, ahol ezáltal közvetetten segíthet a védekezés hatékonyságának és időben történő elvégzésének javításában (Zhang et al. 2018).

A műholdas szenzorok a Föld körüli pályán keringő űreszközökre vannak telepítve (Belényesi et al. 2008). A műholdfelvételek érzékenysége nagyobb, mint a drónokkal készített felvételeknek, valamint a spektrális felbontásuk is eltérő. A műholdfelvételeknél fontos

jellemző a visszatérési idő, ami annyit jelent, hogy az adott műhold egy bizonyos területről milyen időközönként készít felvételeket. A műholdas távérzékelés során a szenzorokhoz eljutó sugárzásnak többrétegű légrétegen kell átjutnia, ami nem minden hullámhosszúságú sugárzás esetében azonos (Ragán et al. 2021).

A 20. század második felében a műholdakat általában állami, valamint katonai célokra használták, viszont a 90-es évek végétől polgári felhasználásuk is előtérbe került. 1999-ben az IKONOS, majd később a QuickBird műholdakat alkalmazták ilyen céllal. Ma már komplex programok működnek, amelyek számos műholdat foglalnak magukba. Ezeket a térképészetén kívül felhasználják monitoring célokra, nyomon követésre vagy előrejelzésre (Belényesi et al. 2008). Az amerikai Landsat műholdak, valamint az európai űrügynökség (ESA) által indított Copernicus-programban részt vevő Sentinel műholdak által készített nagyfelbontású műholdfelvételek szabadon hozzáférhetőek. A Sentinel-1 volt az első működő műhold a Copernicus programban. A Sentinel-2A és Sentinel-2B műholdak 2015-2017-ben kerültek szolgálatba (Kobayashi et al. 2020). Felhasználásuk célja a növényzet, a talaj és a vizek állapotának nyomon követése. Visszatérési idejük 5-10 nap és 290 km széles sávot fednek le. Multispektrális szenzorokkal (MSI) rendelkeznek fedélzetükön, összesen 13 sávban gyűjtenek adatokat a látható és közeli infravörös tartományban, ezeket mutatja be a 2. táblázat, ahol az egyes sávok hullámhossz értékei mellett a felbontásuk is fel van tüntetve (<http8>).

2. táblázat: A Sentinel-2 műhold spektrális tartományai (forrás: <http8>, saját szerkesztés)

	Hullámhossz (µm)	Térbeli felbontás (m)
Band 1 – Tengerparti aeroszol	0,443	60 x 60
Band 2 – Kék	0,490	10 x 10
Band 3 – Zöld	0,560	10 x 10
Band 4 – Vörös	0,665	10 x 10
Band 5 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,705	20 x 20
Band 6 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,740	20 x 20
Band 7 – Vegetációs Vörös él pozíció	0,783	20 x 20
Band 8 – Közeli infravörös	0,842	10 x 10
Band 8A – Keskeny sávú közeli infravörös	0,865	20 x 20
Band 9 – Vízgőz	0,945	60 x 60
Band 10 – Rövidhullámú infravörös (SWIR), Pehelyfelhő (Cirrus)	1,375	60 x 60
Band 11 - Rövidhullámú infravörös	1,610	20 x 20
Band 12 - Rövidhullámú infravörös	2,190	20 x 20

2.2.3. Vegetációs indexek

A különböző hullámhosszokon mért reflektanciák kombinációja sokszor több információhoz juttatja a felhasználót, mint a hullámhosszok külön-külön történő elemzése, ezért a mért reflektanciából sok esetben vegetációs indexeket képzünk. A vegetációs indexek a mezőgazdaságban használhatóak a növények biomassza mennyiségének felmérésére, betegségek és kártevők monitorozására.

NDVI: Az NDVI mozaikszó, a normalizált vegetációs index angol nevéből ered (Normalized Difference Vegetation Index), ami egy dimenziómentes mérőszám, kimutatja a növényállomány fotoszintetikus felületének aktivitását. A növények levelében, zöld részeiben található klorofill elnyeli (abszorbeálja) a ráeső fényt a látható vörös tartományban, infravörös tartományban viszont visszaveri, ebből következően a két tartomány intenzitásának arányosításával létrehozott indexek megmutathatják a klorofill mennyiségét (Bányai-Láng, 2014). Kiszámítása az alábbi képlet alapján történik (Rouse et al. 1974):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

A kiszámított NDVI értéke 0 és 1 között változhat, attól függően, hogy milyen a borítottság. Példaként említve egy vegetációs felület-, azaz növényzet nélküli területnek nagyjából 0 – 0,05 az NDVI értéke (Tucker, 1979).

GNDVI: Zöld normalizált vegetációs index (Green Normalized Different Vegetation Index). Az NDVI-től abban tér el, hogy a zöld tartomány értékeit méri, ezáltal a levelek klorofill koncentrációjára érzékenyebb. Kiszámítása (Gitelson et al. 1996):

$$\text{GNDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{GREEN}}{\text{NIR} + \text{GREEN}}$$

SIPI: Structure Insensitive Pigment Index. Alkalmas lehet a növény egészségi állapotának felmérésére. Érzékenyebb a klorofillben lévő karotinoidok arányára. Olyan területeken érdemes alkalmazni, ahol minimalizálni kívánjuk a lombszerkezet változó hatását. Kiszámítása (Penuelas et al. 1995):

$$\text{SIPI} = \frac{\text{NIR} - \text{BLUE}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

2.3. Kalászosok beltartalmi mutatói

2.3.1. A búza termésének mennyiségére ható tényezők

A kedvezőtlen éghajlati tényezőkre való stresszreakció eredménye a növényeknél általában gyenge kondíciót, és termés csökkenést eredményezhet. Az abiotikus tényezők közé sorolható a hőstressz, aszály, fagy, de a tápanyaghiány is. Ezek a hatások a generatív részekre hatnak inkább negatívan. A növényeket károsító kórokozók, kártevők és konkurens gyomok biotikus stresszorok a növények számára. A biotikus tényezők a fotoszintézisben akadályozzák a kultúrnövényt, a gyomok árnyékoló hatása vagy a kártevők levélfelület rágása következtében. A vetésfehérítő bogarak imágói és a lárvák károsítása is szövetvesztést eredményez, amivel a fotoszintetikus felület csökken. (Skendžić et al. 2023).

2.3.2. A búza termés minőségére ható tényezők

A búza minősége elsősorban az adott fajta genetikájától, valamint a termesztésének a technikájától függ. Az érés azon szakaszán, amikor a szemekben leáll a vízforgalom, elindulnak olyan folyamatok, amelyek meghatározzák a szemek kémiai összetételét. Kialakulnak a fehérjék, amik a sikért alkotják, ennek legmagasabb értéke a viaszéréskor van (Jolánkai, 2005). Azonban az ökológiai feltételek, amelyek magában foglalják az éghajlati viszonyokat, erősen befolyásolják a termés mennyisége mellett a minőségét is. Egy kedvezőtlen csapadékeloszlású évben, a nemesítők által kiváló minőségűnek besorolt búzafajta alacsonyabb minőségi eredményeket érhet el. A siker minőségét alapvetően nem a külső tényezők, hanem a genetikai tulajdonságai határozzák meg. A búzaszemek fehérjetartalma szintén fajtafüggő, azonban befolyásolják még a termőhelyi adottságok, valamint a tápanyagellátás (Szabó, 1991). Két csoport különíthető el. Egyik részük funkcionális, azaz csírafehérje, nagy részben esszenciális aminosavakból áll, mértéke nem változik agrotechnikai hatásokra. Másik részük tartalék fehérje, amely a növény N pótlásával javítható (Ragasits, 1998).

A termés minőségi paramétereit gabonapoloska fajok (*Eurygaster spp.*), valamint szipolypoloskák (*Aelia spp.*) károsítása is leronthatja. Az imágók és a nimfák is szívogatják a búzaszemeket, mellette pedig fehérjebontó enzimeket juttatnak a szemekbe, amivel a betakarításra jelentősen csökkenhet a fehérje mértéke (Skendžić et al. 2023).

A búza zászlós levelének fontos szerepe van a termés kialakulásában. Pozíciója és fotoszintetikus tulajdonságai meghatározzák a szemtermés minőségét és mennyiségét. A zászlós levél teljes vagy részleges felületcsökkenése a kalászban lévő szemek számát és tömegét csökkenti, viszont a beltartalmi mutatók ebben az esetben némileg emelkednek. A

zászlóslevél teljes felületvesztése esetén, a szerepét helyettesíti a megmaradt zöld felületekkel (szár, alsóbb levelek). Azonban ha a zászlós levél elvesztéséhez kedvezőtlen éghajlati tényező is társul (aszály), az a termésre már negatívan fog hatni (Racz et al. 2022).

3. A vizsgálatok módszerei

3.1. A kísérlet helyszíne

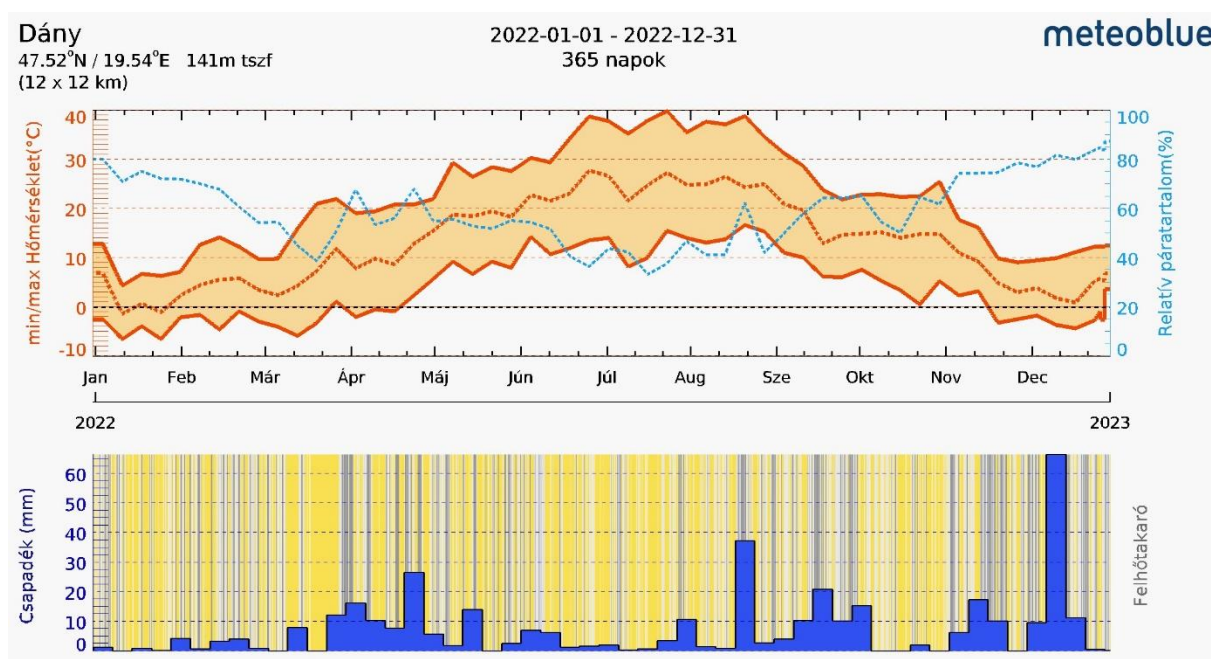
A vizsgálatok a Pest megyei Dány település határában fekvő, 23 hektár nagyságú tavaszi búza táblán történtek a 2022-es évben (6. ábra). A területet Baglyas Gellért, korábban Gödöllőn végzett növényorvos műveli. A búzafajta neve Collada ami a KWS Saat AG által nemesített középérésű tar kalászu tavaszi búza fajta. A vetés február 25-én történt meg gabonavetőgéppel, 12 cm-es sortávolságra. A területen az elővetemény napraforgó volt.



6. ábra A terület elhelyezkedése Dány (bal oldal) mellett (MePAR, <http9>)

A 2022-ben lehullott csapadék átlaga alulmaradt a sokéves átlaghoz képest. Januártól-július hónapig nagyjából 150 mm csapadék hullott Dány térségében, ami a 30 éves átlaghoz viszonyítva (230 mm) jóval alacsonyabb. A havi középhőmérsékletek magasabbak voltak 2022-ben a sokéves átlaghoz képest. A 7. ábra szemlélteti 2022. meteorológiai adatait. Az árpabogaraknak kedvező volt ez a csapadékmentes, meleg időjárás, így a szokásosnál sokkal korábban, könnyen betelepültek és a sikeres rajzást követően le tudták rakni a tojásokat a levelekre. Ennek köszönhetően igen nagyszámú lárvakártétel kezdett mutatkozni a táblán belül több ponton május első hetében (2022. május 5. után). A területen a kártételi pontok felvételét 2022. május 30-án végeztük el, amikor a kártétel nagy kiterjedésű és jól látható volt. Ez után már újonnan keletkezett lárvakárt nem tapasztaltunk a táblán. Az egész táblát átjárva 9 kártételi foltot detektáltunk szemrevételezéssel. A számítások és következtetések elvégzéséhez elengedhetetlen a kontrollparcellák megléte, ezért a 9 károsított folt mellett kijelöltünk ezzel egyenlő számú, lárvák által károsítatlan részt a táblán belül, random elrendezésben, egymástól

legalább 10 m távolságban. Ezeken a foltokon feljegyeztem a helyadatokat (koordinátákat) az adott pontokon GPS Test (App Store) nevű okostelefonra ingyenesen letölthető alkalmazással. A koordináta pontok felvétele azért volt fontos, mivel ezek alapján vizsgáltuk a műholdak, valamint a drón által mért reflektancia különbségeit a tábla károsított és az egészséges részeken. A búzaszemek beltartalmi vizsgálatához a kalászkok begyűjtését a búza betakarítógéppel való aratása előtt kézi úton gyűjtöttem a feljegyzett koordináta pontokon.



7. ábra: Meteorológiai adatok 2022-ben Dány közelében (forrás: Meteoblu, <http10>)

3.2. Vizsgálatok típusai

3.2.1. Távérzékelés

A vetésfehérítő bogarak lárvá kátételének detektálását két távérzékelési módszerrel végeztem. Az egyik drónra szerelt (UAV) RGB kamera által készített felvételek, a másik pedig szabad elérésű műholdas felvételek a vegetáció egyes szakaszaiban.

3.2.2. Drón

A dányi tábláról a drón felvételt Czakó Iván (AgriDron) készítette számomra 2022. május 29.-én. A felvételeket RGB kamerával rögzítette a drón 150 méteres magasságban. A készített felvételek eredeti felbontása 15 cm-es volt. Az ilyen távérzékelési megfigyelések alapja, hogy a növények asszimilációs felületéről visszaverődő 3 fénycsatorna fényének intenzitását érzékelik (piros, zöld, kék = Red, Green, Blue). Az alkalmazott UAV egy DJI P4-es típusú feltérképező drón volt RGB kamerával felszerelve. A felvételekből összeállított

ortomozáik feldolgozását a QGIS környezetben dolgoztam fel, ahol a 3 különböző szinttartományt különválasztottam (10. ábra).



8. ábra: A drón kezdőpozícióba állítása (saját felvétel)

3.2.3. Műhold

Az Európai Űrügynökség (ESA) Copernicus programjának részei a Sentinel műholdak. A Sentinel 2 nagy felbontású, multispektrális (MSI) szenzorai, 13 spektrális sávot érzékelnek látható és közeli infravörös hullámhosszon, amelyből 4 sávot 10 méteres-, 6 sávot 20 méteres-, 3 sávot 60 méteres térbeli felbontáson (http8). Dolgozatomban a Sentinel-2A és Sentinel-2B műholdak szenzorai által készített felvételeket használtam fel 10 méteres felbontásban, amelyeket a Copernicus nyílt hozzáférésű központjából (Copernicus Open Access Hub – ESA, http11) töltöttem le. A dányi tavaszi búza tábláról 6 időpontban tudtam tiszta, felhőtlen ortofotókat kiválasztani, amelyek relevánsak az *Oulema spp.* károsítási időszakának szempontjából.

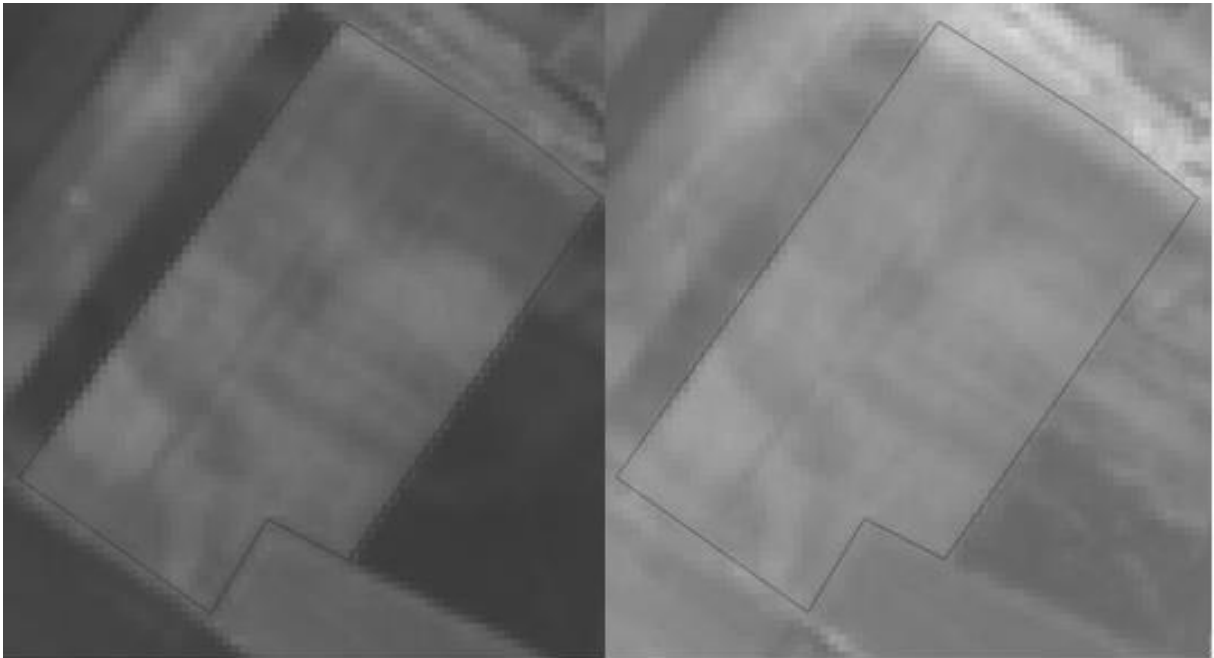
Az időpontok és a felvételeket létrehozó műholdak:

- 2022. 05. 12. (Sentinel-2A)
- 2022. 05. 14. (Sentinel-2A)
- 2022. 05. 19. (Sentinel-2B)

- 2022. 06. 03. (Sentinel-2B)
- 2022. 06. 13. (Sentinel-2B)
- 2022. 06. 26. (Sentinel-2B)

Az ortofotók esetén 10 méteres felbontást használtam (10x10 m), mivel így a kártételi foltokkal összevethető a felbontás mérete:

- Band 2 – Kék (BLUE)
- Band 3 – Zöld (GREEN)
- Band 4 – Vörös (RED)
- Band 8 – Közeli infravörös (NIR)



9. ábra: 05.14. (bal) és 06.03. (jobb) időpontban készült műholdas ortofotók közeli infravörös tartományban a QGIS programban, méretarány: 1:6013 (saját szerkesztés)

Az felvételekből származó spektrális adatokat a 3.30. verziószámú QGIS nyílt hozzáférésű térinformatikai program segítségével dolgoztam fel (<http12>). A különböző időpontokban rögzített műholdképeket (9. ábra), valamint a koordináta pontréteget egymásra helyezve, megkaptam a pontokra vonatkozó visszaverődési értékeket a 4 fénytartományban, az attribútum táblázatban.

A drónfelvétel alapján összeállított ortomozaik feldolgozásához is a QGIS programot használtam. A műholdas vizsgálatokhoz hasonlóan itt is 10 méteres felbontást alkalmaztam, így a drónfelvétel 15 cm-es felbontását leredukáltam rács réteggel (10. ábra). A tábla körvonalát

a Google Earth (<http> 13) segítségével jelöltem ki és ezt illesztettem az ortomozaikra vektor réteggként. A QGIS feldolgozási algoritmus eszközével, a Zónastatisztikával számítottam ki a raszterrétegek átlagát, a 10 x 10 m-es felbontású vektorrácsréteg minden raszterrel átfedő elemére.



10. ábra: Drónfelvételek RGB színezete, valamint drón ortomozaik (jobb lent), méretarány 1:6013 (saját szerkesztés)

3.2.4. Drón- és műholdas felvételek értékeinek összehasonlítása

A drónfelvétel 2022. május 30-án készült, így a műholdfelvételek közül azt választottam ki, amelyik a legközelebb esett ehhez az időponthoz (06.03). Ebben a vizsgálatban a látható spektrum 3 tartományát elemeztem, a vörös, zöld és kék sávot. A drónfelvétel kisebb területet fedett le, mint a búzatábla tényleges területe, így a koordináta pontok közül 6 (3 károsított és 3 egészséges) kiesett ebből a vizsgálatból, de ennek ellenére is volt elég adat az elemzés elvégzésére.

3.2.5. Vegetációs indexek

NDVI: Ezt a vegetációs indexet használják a legszélesebb körben a precíziós technológiák alkalmazásához. A kiszámításához a közeli infravörös (B8)-, valamint a vörös (B4) sáv értékeit használtam.

$$NDVI = \frac{\text{Band 8} - \text{Band 4}}{\text{Band 8} + \text{Band 4}}$$

GNDVI: Az NDVI-től abban különbözik, hogy a levelek klorofill tartalmára érzékenyebben reagál, valamint a kiszámításához a közeli infravörös (B8) sáv és a zöld (B3) sáv értékeit alkalmaztam.

$$GNDVI = \frac{\text{Band 8} - \text{Band 3}}{\text{Band 8} + \text{Band 3}}$$

SIPI: Kiszámításához a közeli infravörös-, illetve a kék és vörös sávok értékeit alkalmaztam. A kapott értékek 0 és +2 közé esnek, a zöld növényborítás esetén az értéke 0,8-1,8 közötti.

$$SIPI = \frac{\text{Band 8} - \text{Band 2}}{\text{Band 8} - \text{Band 4}}$$

Azért választottam ezeket a vegetációs indexeket, mivel így a 10 méteres felbontásban a műholdképek esetén mind a 4 spektrális csatorna szerepel a számításokban és az összehasonlításban.

3.2.6. Beltartalmi értékek elemzése

A beltartalmi értékek elemzéséhez szükséges mintákat a dányi táblán, a tavaszi búza betakarítása előtt, 2022. július 6.-án gyűjtöttem be. A tavasszal kijelölt koordináta pontokról 15

darab kalász került betakarításra a növényekről, mind a károsított és a károsítatlan foltokról. A kalászokat előre felcímkézett papírzacskókba tettem és a vizsgálatokig nedvességtől mentes helyen tároltam.



11. ábra: A minták őrlésére használt daráló (saját felvétel)

A mintákat a Növénytermesztési tanszék laborjában végeztem el a laboránsok segítségével és Dr. Tarnawa Ákos közreműködésével. Először a kalászokat kicsépeltem, majd a magok paramétereit, azok darálását követően a mérőműszerrel megmértem. A darálást az őrlés finomság beállítását követően végeztem el (11. ábra). Ezt követően az összeőrölt mintát a mintapohárban a gépbe helyeztem.

Az említett gép egy Instalab 600 NIR (Near Infrared Reflectance Analyzer) nevű infravörös mintaelemző műszer volt (12. ábra). Ez a műszer alkalmas többféle növény szemtermésének beltartalmi vizsgálatára. A mintából infravörös fény visszaverődése és elnyelődése alapján határozza meg a beltartalmi értékeket, előre kalibrált értékek alapján.



12. ábra: INSTALAB 600 infravörös elemzőműszer (saját felvétel)

A vizsgált tényezők a búza esetében a nedvességtartalom, a siker- és a fehérjetartalom volt. Ezek közül a sikértartalom és a fehérjetartalom került dolgozatomban figyelembe-vételre.

3.2.7. Statisztikai elemzés

A spektrális képekből kapott reflektancia értékeinek összehasonlításához a Microsoft Excel alkalmazás egyik statisztikai bővítményét, az Analysis Toolpack-et használtam. A műholdas felvételek 4 sávjának értékeit, a vegetációs indexek eredményeit, valamint a búzaszemek beltartalmi adatait átlagoltam, kiszámítottam a szórást, valamint egytényezős varianciaanalízist végeztem (ANOVA), hogy kimutassam az esetleges szignifikáns különbségeket az adatok között. A kapott eredményeket dobozdiagramon (Box-plot) ábrázoltam. A műholdas- és a drónfelvételek reflektancia értékeinek összehasonlítását is hasonlóképpen végeztem.

A beltartalmi értékek vizsgálatához használt Instalab 600 mérőműszer infravörös sugárzást használ a minták vizsgálatára, ezért megvizsgáltam, hogy milyen kölcsönhatások léphetnek fel az ilyen módszerrel végzett minőségi vizsgálatok értékei, valamint a műholdfelvételekből származó NIR értékek között. Ehhez a betakarításhoz legközelebb eső időpontban vizsgált műholdfelvétel (06.26.) értékeit választottam ki. A két adatsor összehasonlítására lineáris regresszióanalízist végeztem.

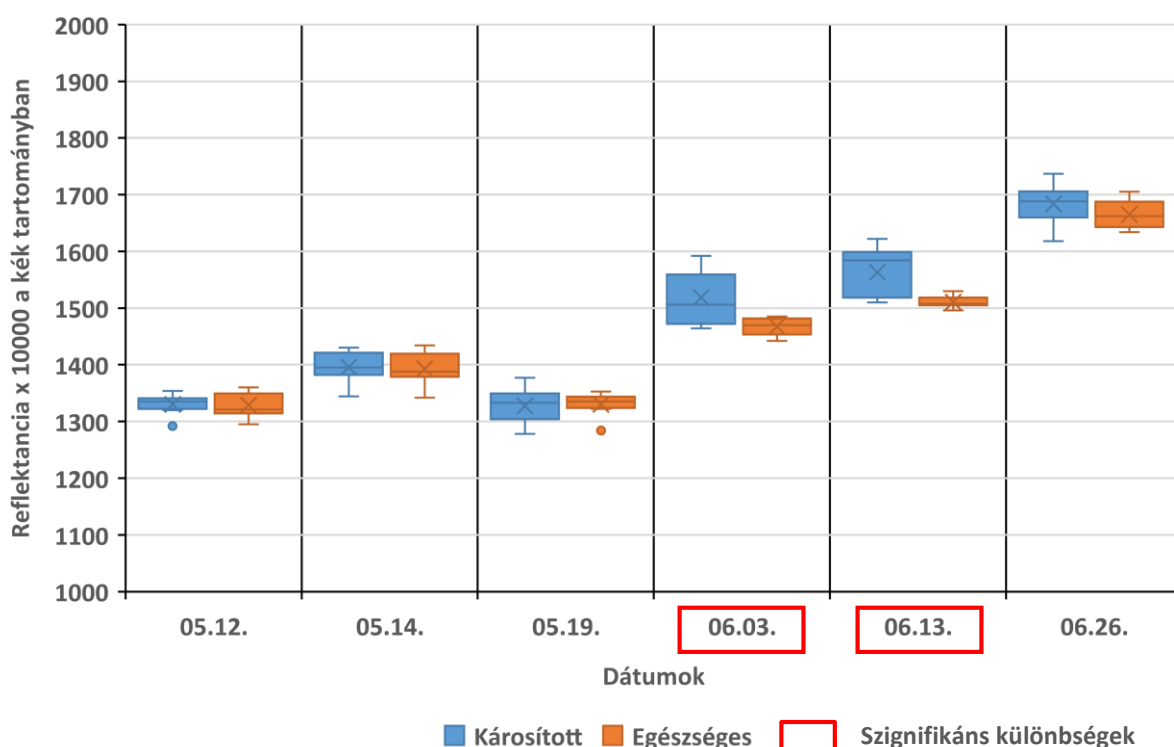
4. Eredmények és értékelésük

4.1. Különbségek a károsított- és egészséges részek reflektált értékei között

Az *O. melanopus* lárvák által károsított-, valamint az egészséges részeken található növények reflektált értékeinek összehasonlításához egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam (ANOVA). Céлом, hogy kimutassam, melyik az a fénytartomány, amely legjobban elkülöníti a lárva által károsított levelet az egészségestől.

4.1.1. Kék tartományban visszavert sugárzás értékei

Először a látható tartomány három csatornája közül (RGB), a kék sávot (band-2) vizsgáltam. Szignifikáns különbséget 2 időpontban készített műholdfelvételek értékeiben találtam, 06.03.-án, valamint 06.13.-án. Mindkét időpontban a növények már generatív fázisban voltak (a kalászkok megjelenése után készültek a műholdfelvételek). A szignifikáns értékek időpontjait piros kerettel jelöltem a diagramokon. A koordináta pontok közül, a károsított részekben volt szignifikánsan nagyobb a reflektált érték az egészségeshez képest (06.03. $p=0,0056$, 06.13. $p=0,0024$, 13. ábra).

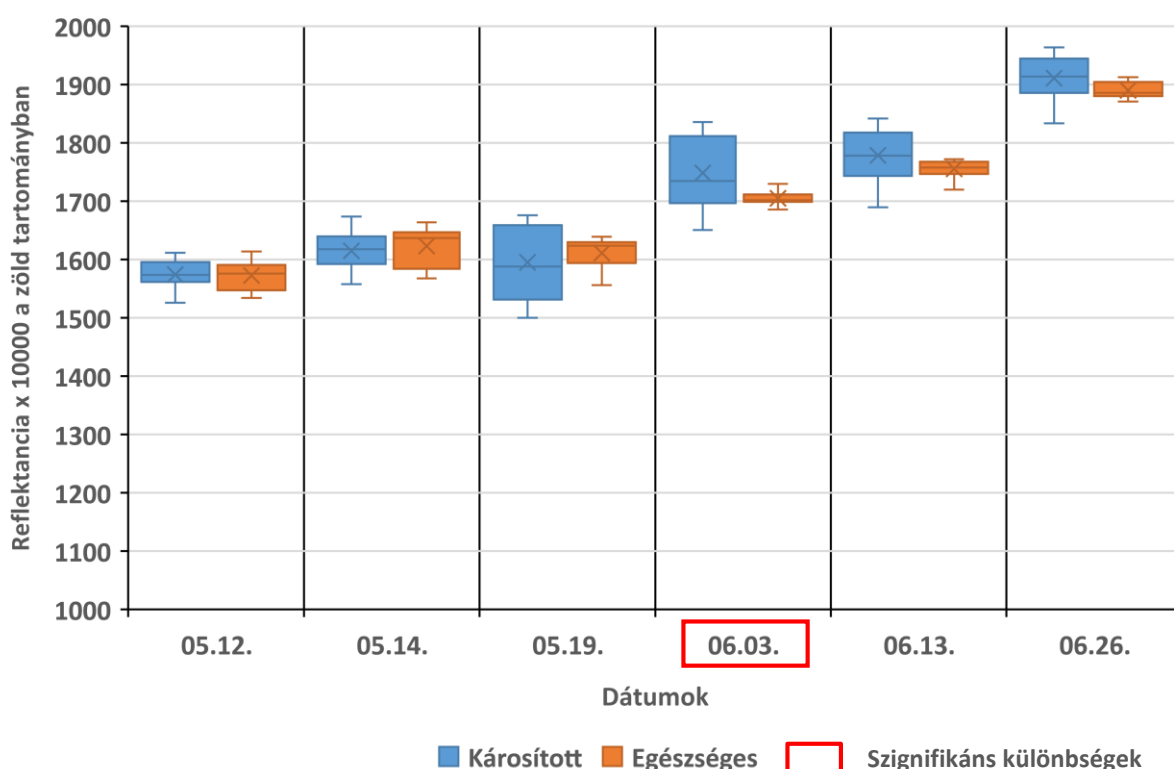


13. ábra: Műholdas reflektált értékek a kék tartományban (saját szerkesztés)

A többi időpontban nem volt szignifikáns különbség, a p-érték 0,2 felett volt. A 13. ábra látható a 4 időpontban (05.12., 05.14., 05.19., 06.26.) az átlagok egymáshoz viszonyított közelsége.

4.1.2. Zöld tartományban visszavert sugárzás értékei

A következő a zöld csatornában (band-3) visszavert értékek elemzése volt. A kék sáv értékeihez képest, itt csak egy időpontban voltak a reflektált értékek különbözőek (14. ábra), 06.03.-án, a búza kalászoslása elején voltak a károsított részek értékei szignifikánsan nagyobbak ($p=0,05$), a többi időpontban nem volt tapasztalható eltérés ($p<0,15$).



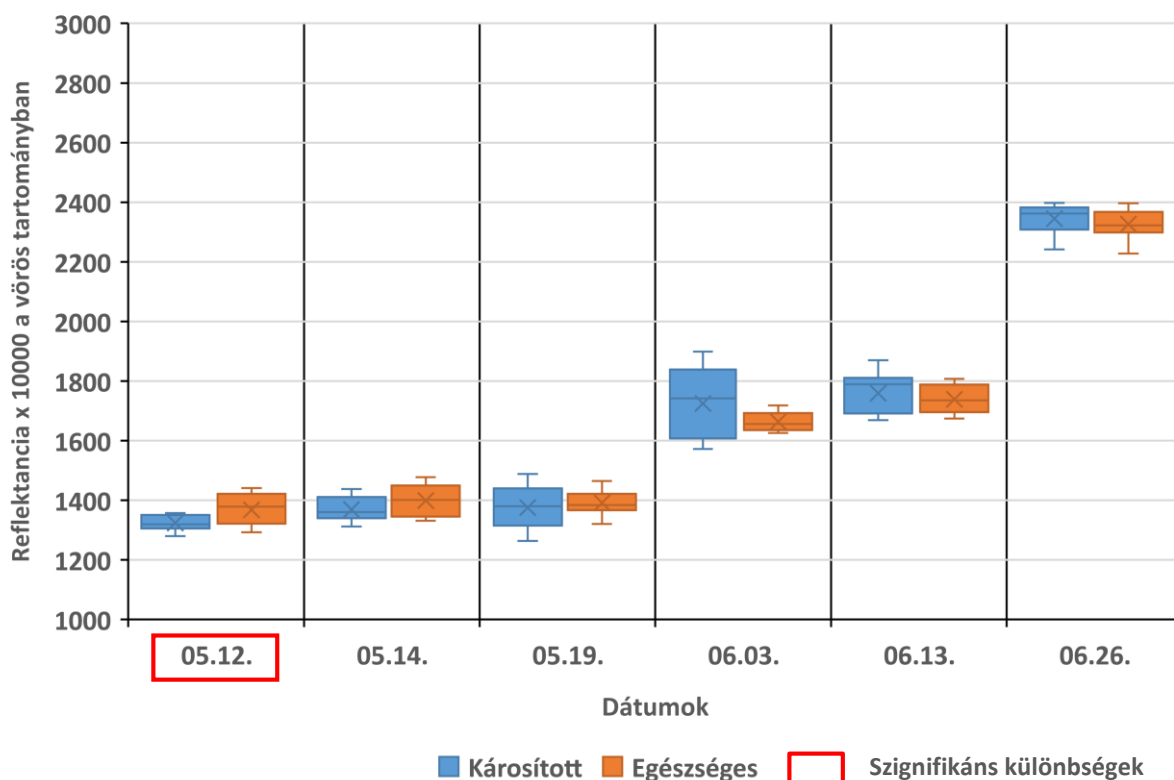
14. ábra: Műholdas reflektált értékek a zöld tartományban (saját szerkesztés)

4.1.3. Vörös tartományban visszavert sugárzás értékei

A vörös csatorna (band-4) reflektált értékeiben viszont csak 05.12.-én volt szignifikánsan magasabb érték az egészséges részekben, a károsítottéhoz képest ($p=0,0369$). A többi időpont értékei között nem tapasztaltam szignifikáns eltérést (15. ábra).

4.1.4. Közeli infravörös tartományban visszavert sugárzás értékei

A közeli infravörös (NIR) spektrum (band-8) tartományában, több időpontban is volt szignifikáns különbség az értékek között. A 16. ábra látszanak az eltérések az első 4 időpont károsított és egészséges reflektált értékeiben. 05.12. és 06.03. között, a p érték a tenyészidőben előre haladva csökkenő tendenciát mutatott ($p=0,02-0,0004$).



15. ábra: Műholdas értékek a vörös tartományban (saját szerkesztés)

Az első 4 időpontban a reflektált értékek átlagai jól reprezentálják a különbségeket a pontok között. A legnagyobb különbség az első vizsgált időpont értékeiben volt (károsított=4974,22, egészséges=4406,44). A kalászkok megjelenése utáni két időpontban nem volt tapasztalható szignifikáns különbség a károsított és egészséges pontok értékei között.

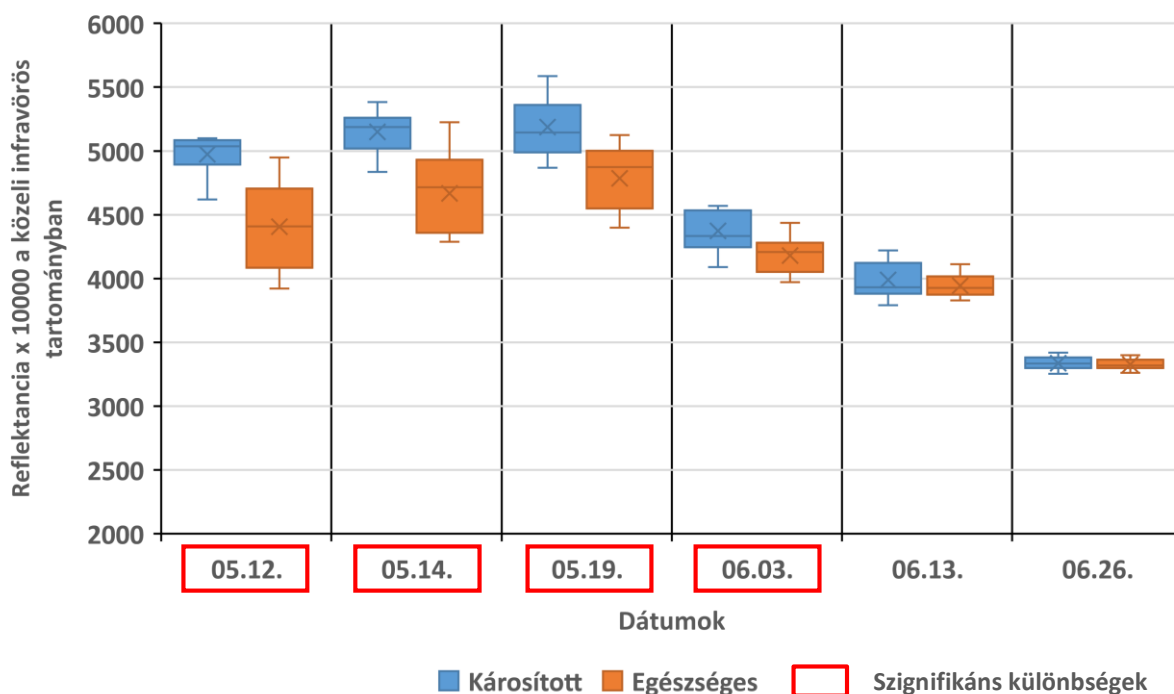
A tenyészedőszakban az éréshez közeledve a vörös sugarak nagyobb mértékben, a közeli infravörös sugarak pedig kisebb mértékben verődtek vissza a levélfelületről, ami a feltételezéseimmel megegyezik (3. táblázat).

3. táblázat: Vörös- és közeli infravörös tartomány átlagai (saját szerkesztés)

Sáv	Pont	05.12.	05.14.	05.19.	06.03.	06.13.	06.26.
Vörös	Károsított átlag	1323,667	1369,333	1375,111	1724,667	1759,444	2344,444
	Egészséges átlag	1368,556	1399,111	1391,556	1664,111	1738,778	2327,111
Közeli infravörös	Károsított átlag	4974,222	5150,556	5187,667	4374	3988	3336,444
	Egészséges átlag	4406,444	4668	4784,556	4181	3944,444	3326

A tenyészedőszak vegetatív szakaszában, a közeli infravörös- és vörös spektrumban reflektált értékek mutattak szignifikáns különbségeket (a NIR még a kalászkok megjelenésekor

is), a kék és zöld tartományban pedig a generatív fázistól (a búza kalászolástól) voltak eltérések a károsított és egészséges pontok között, ami arra mutat rá, hogy jól kiegészíthetik egymást az elkülönítésben és az *O. melanopus* lárvák kártételének pontos detektálásban.

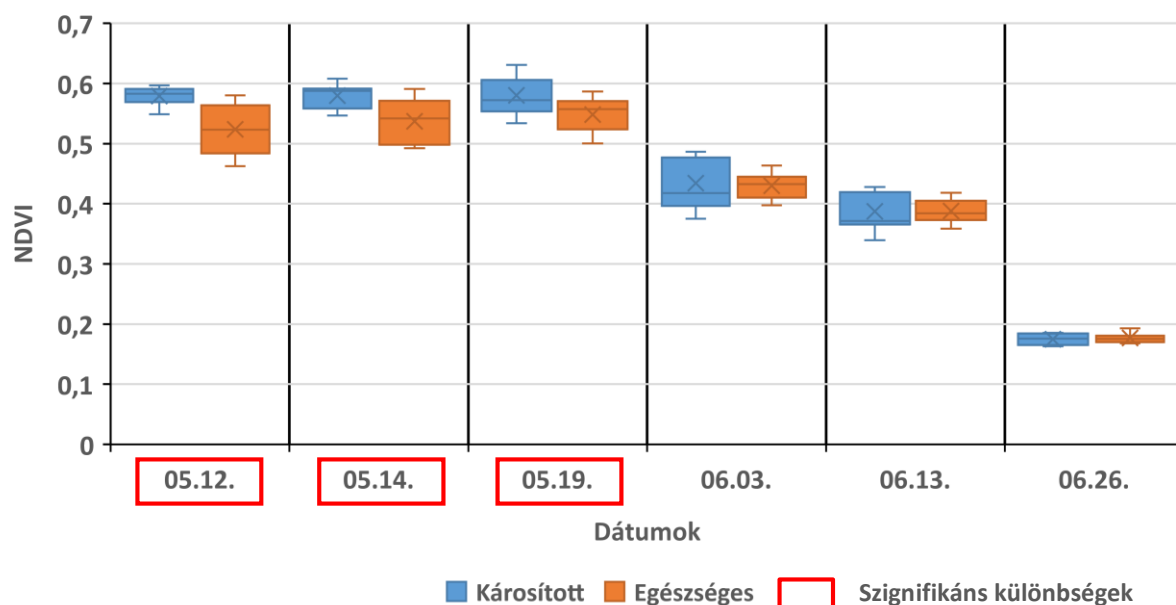


16. ábra: Műholdas értékek a közeli-infravörös tartományban (saját szerkesztés)

4.2. Vegetációs indexek

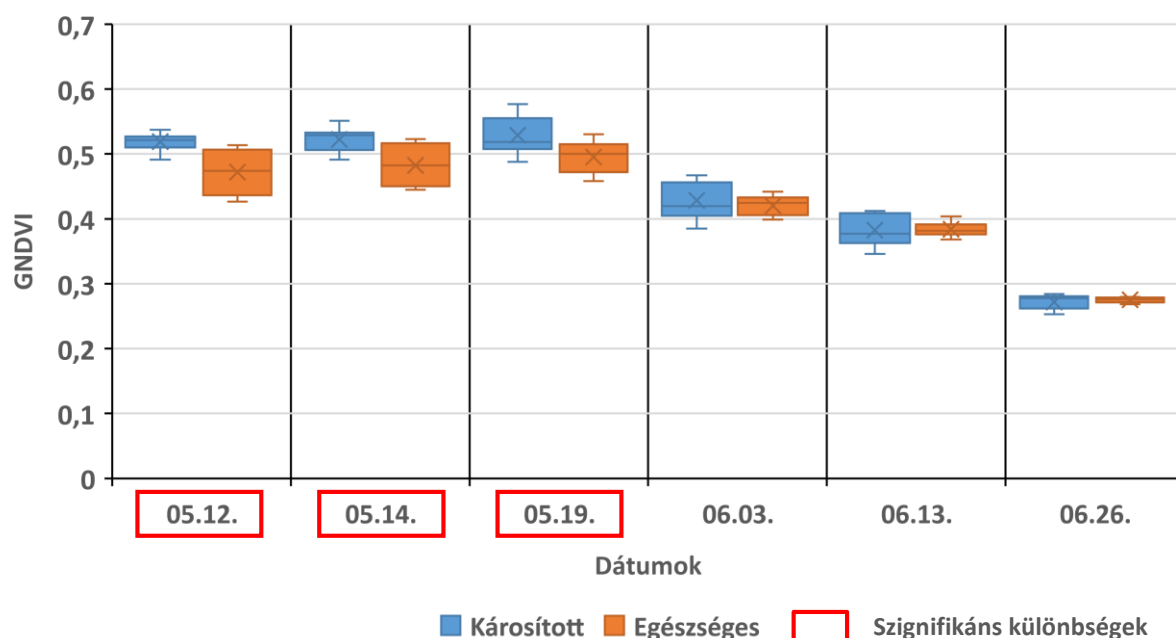
A koordináta pontok értékei közötti különbségeket vegetációs indexek kiszámításával is jellemeztem. Az NDVI (Normalized Different Vegetation Index) a legismertebb és széles körben alkalmazott vegetációs index, amelyet növényborítás jellemzésére használnak.

A kiszámítását a 6 időpont vörös- és közeli infravörös sáv reflektált értékeivel számítottam ki 18 kijelölt pontra vonatkozóan. Az NDVI értékei +1 és -1 között változnak. A kapott értékek között az első három időpontban volt szignifikáns különbség ($p=0,0022-0,0404$). A károsított részekből származó értékek átlaga magasabb lett, mint az egészséges pontok értékének az átlaga a kalászhányás előtti időpontokban, ezt követően közel azonos eredmények keletkeztek (17. ábra).



17. ábra: NDVI értékei a 6 időpontban (saját szerkesztés)

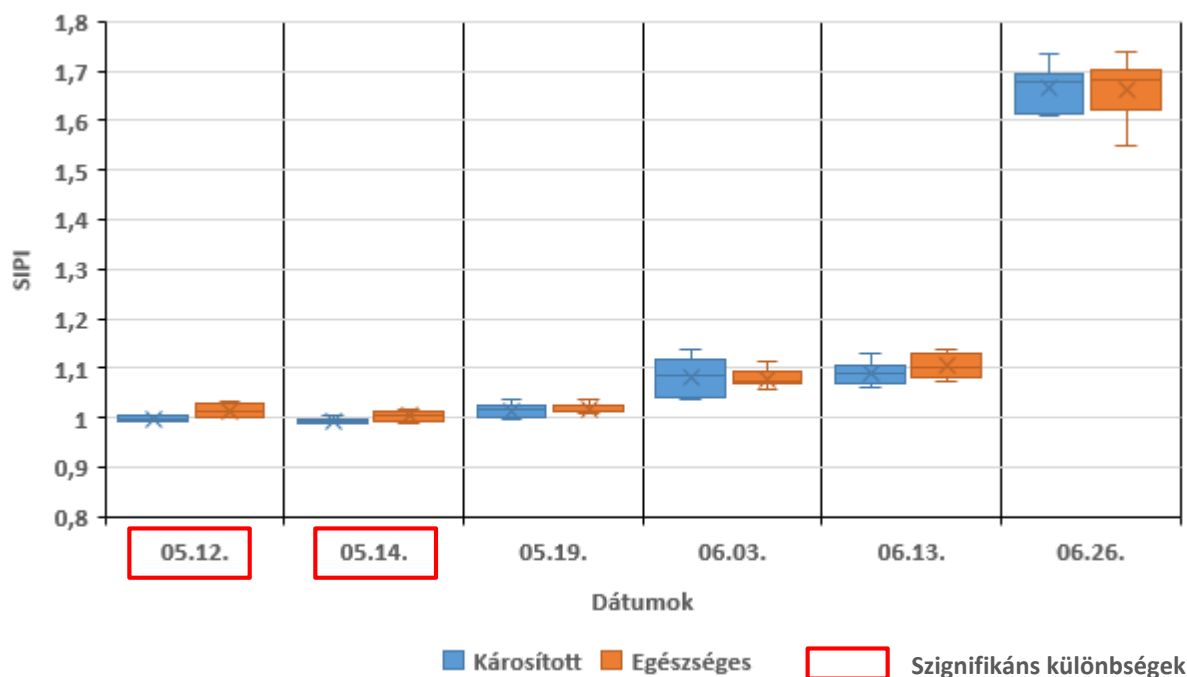
A GNDVI (Green Normalized Different Vegetation Index) finomabban érzékeli a levelek klorofill koncentrációját, mint az NDVI, kiszámítását a zöld és a közeli infravörös tartomány reflektált értékei felhasználásával számoltam ki. Az NDVI-hoz hasonlóan a kapott értékek itt is +1 és -1 között vannak.



18. ábra: GNDVI értékei a 6 időpontban (saját szerkesztés)

A szignifikáns különbségek a GNDVI esetében is az első három időpontra vonatkoztak ($p=0,0019-0,0182$), valamint a károsított részek értékei magasabbak lettek ebben a vegetációs indexben is (18. ábra).

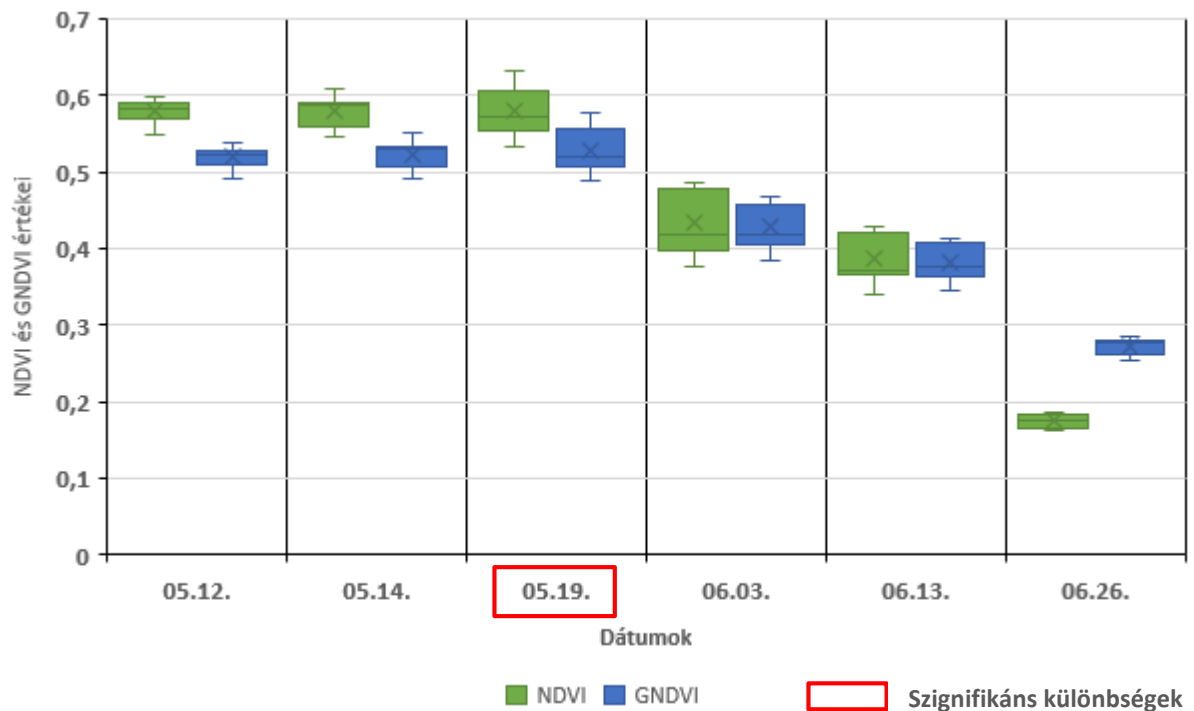
A SIPI (Structure Insensitive Pigment Index) kiszámításához a közeli infravörös, továbbá a kék és vörös sávok értékeit használtam. Értékei 0 és +2 közé eshetnek, amelyben a zöld növényzetre jellemző értékek 0,9 és 1,2 közé eshetnek (19. ábra).



19. ábra: SIPI index értékei (saját szerkesztés)

A károsított részekre vonatkozó index eredmények átlagai alacsonyabbak voltak az első két időpontra vonatkozóan (05.12. és 05.14.). A szignifikáns különbségek is ezekre a dátumokra vonatkoznak (05.12. $p=0,0041$, 05.14. $p=0,0270$).

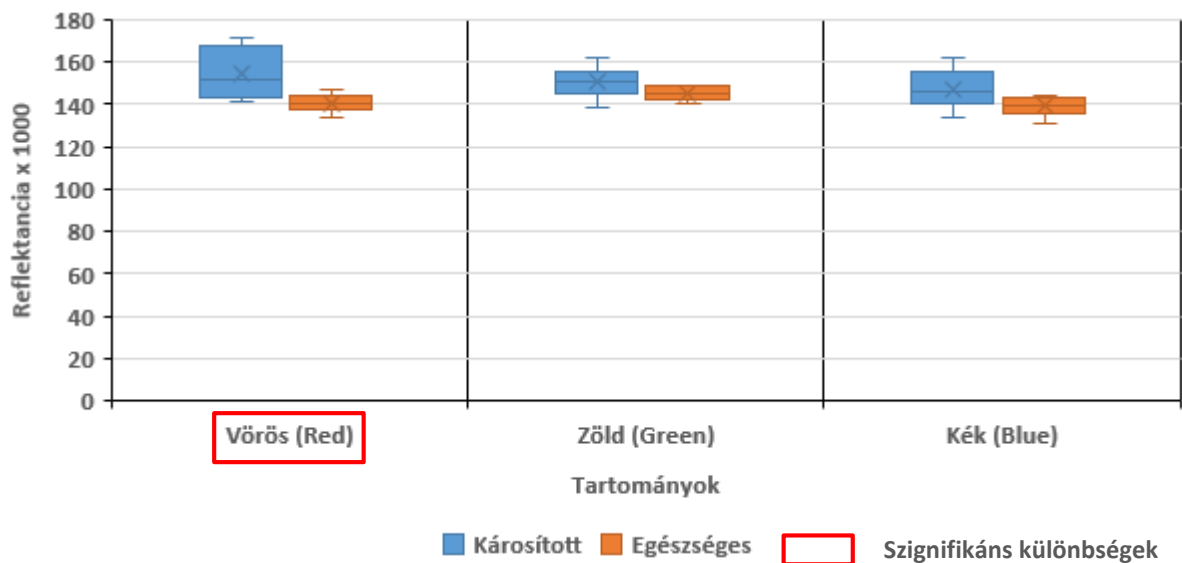
Összehasonlítottam az NDVI és GNDVI értékeit és szignifikáns különbségeket kerestem. A SIPI-t azért nem hasonlítottam össze egyikkel sem, mivel ott csak az első két időpontban voltak szignifikáns különbségek, szemben a másik kettővel, ahol a kalászkok megjelenéséig voltak eltérések az értékek között. A GNDVI érzékenyebben válaszol a levelek klorofilltartalmára, mivel a vegetációs indexekben kapott értékek között különbségek lépnek fel. Az első három időpont értékei eltérnek egymástól, majd a továbbiakban emelkedett a GNDVI aránya az NDVI-hoz képest, ami a zöld növényi felület fokozatos csökkenése nyomán keletkezhetett (20. ábra). Szignifikáns különbséget a 3. időpontban tapasztaltam.



20. ábra: NDVI és GNDVI összehasonlítása (saját szerkesztés)

4.3. Drónfelvételek reflektált értékeinek összehasonlítása

A tábla feltérképezésére használt drón RGB kamerával volt felszerelve, így itt ezt a három sávot vizsgáltam. A károsított és egészséges részek között a vörös sáv értékében tapasztaltam szignifikáns különbséget ($p=0,0288$). (21. ábra).

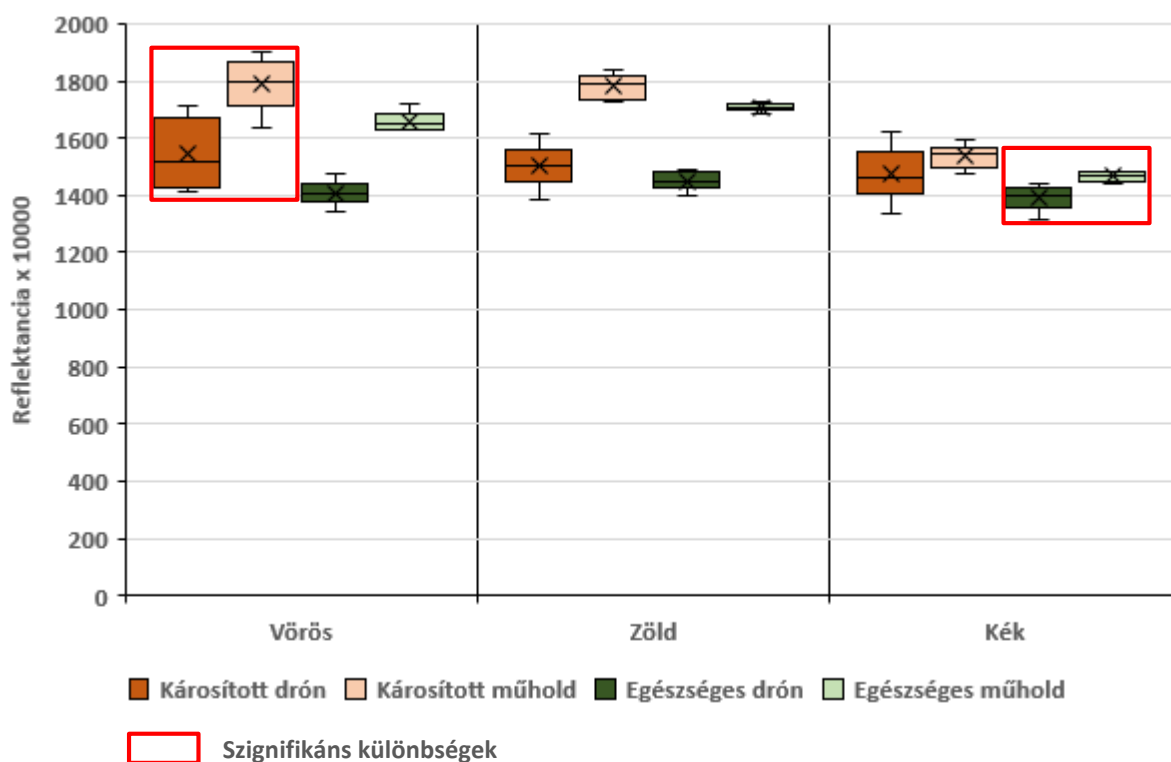


21. ábra: A drónfelvétel által érzékelt visszaverődési értékek a 3 látható tartományban (saját szerkesztés)

A másik két tartomány értékei csak kis mértékben tértek el egymástól (zöld $p=0,1574$, kék $p=0,2476$).

4.4. Műholdas- és drónos távérzékelés összehasonlításom

A műholdas- és drón által végzett távérzékelés egyaránt alkalmazott technika a precíziós gazdálkodás rendszerében. A két módszer összehasonlításához a látható tartomány sávjait használtam fel. A drónfelvétel 2022. május 30-án készült, ezért az ehhez legközelebb eső műholdfelvétel időpontjával (06.03.) hasonlítottam össze az értékeket. A vizsgálataim során a műholdfelvételek reflektált értékeinek átlaga magasabb lett, mint a drónfelvétel alapján összeállított ortomozaik értéke. Szignifikáns különbséget a spektrális tartomány vörös sávjában találtam a károsított részeken ($p=0,0027$), valamint az egészséges pontokon a kék sávban ($p=0,0035$). Mindkét esetben a műholdas érékek reflektált értékei magasabbak voltak (22. ábra).

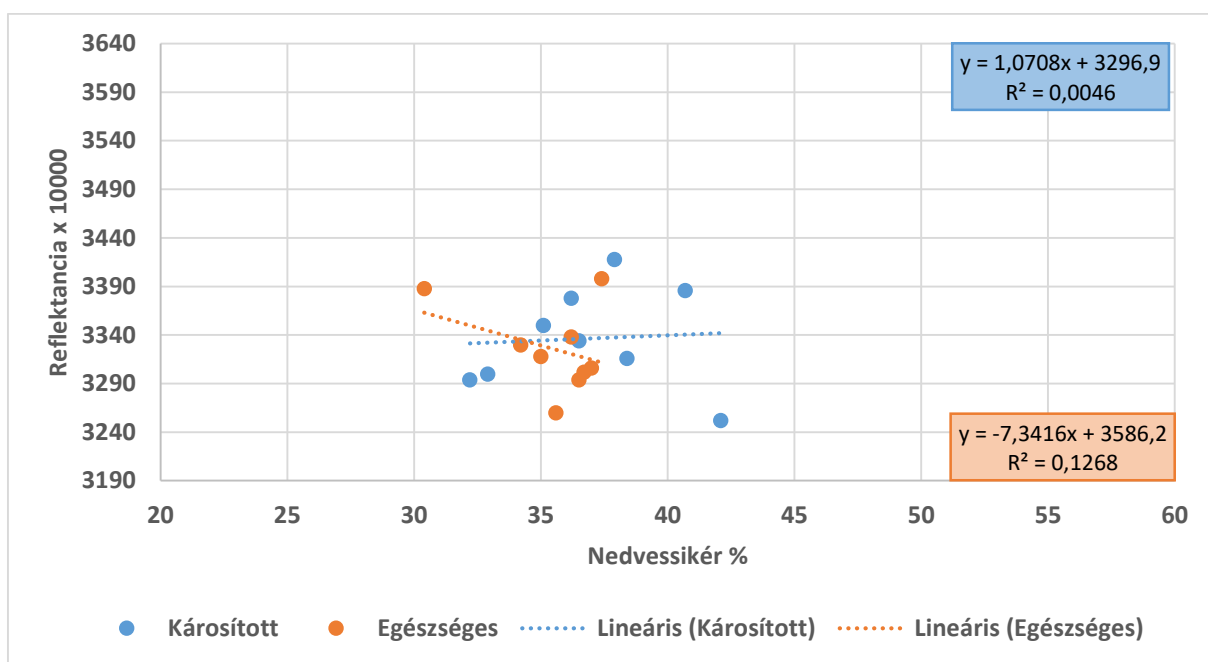


22. ábra: Drón és műhold reflektált értékeinek összehasonlítása (saját szerkesztés)

4.5. Beltartalmi értékek

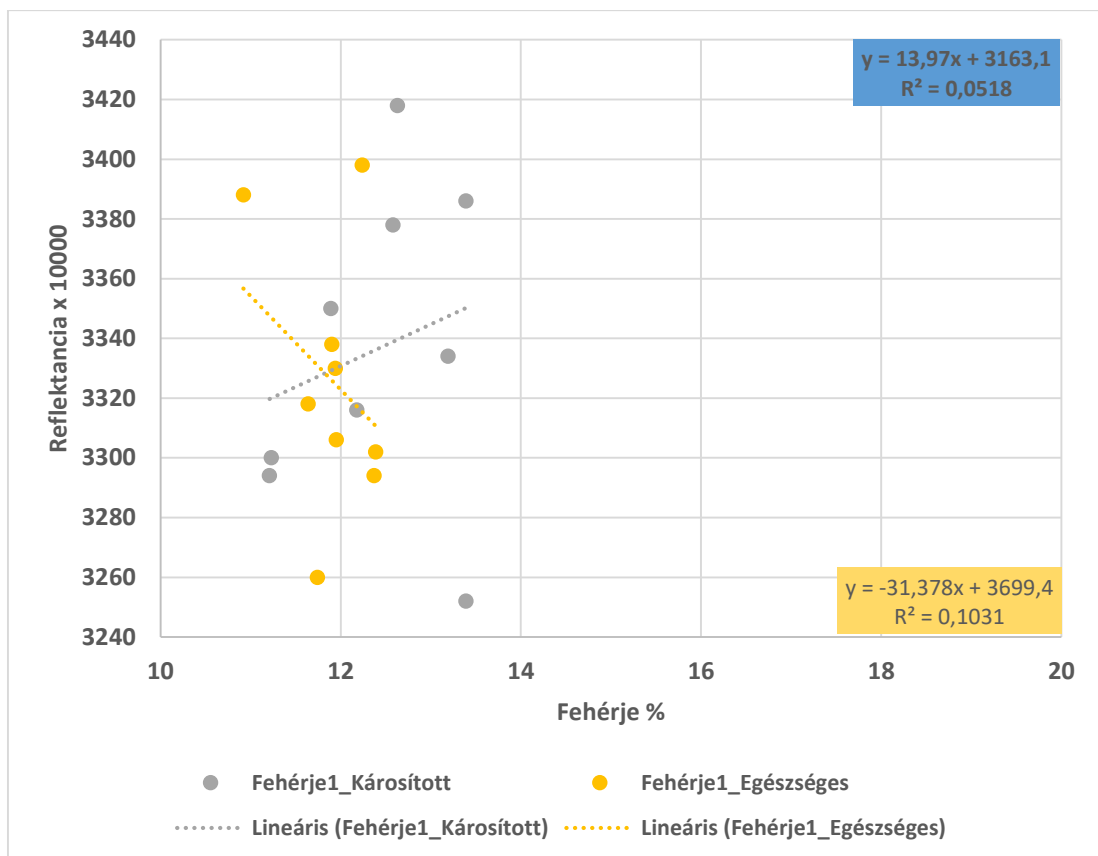
A beltartalmi értékek vizsgálatát infravörös sugárzást felhasználó mérőműszerrel végeztem (INSTALAB 600), ezért a kapott eredményeket a közeli infravörös tartományban (NIR) reflektált értékekkel hasonlítottam össze a betakarításhoz legközelebb eső vizsgált időpontban (06.26.). A zászlóslevél vegetatív felületének csökkenése következtében a nedvessikér értékének változása az *O. melanopus* károsítása nyomán, nem befolyásolta a növények reflektanciáját a NIR tartományban, a NIR tartományban a reflektált sugárzás változása nem függvénye a nedvessikér változásának a területeken ($R^2=0,0046$) (23. ábra).

Az egészséges részekről szedett minták nedvessikér tartalma és a közeli infravörös tartomány reflektált értékeire illesztett lineáris meredeksége sem különbözik szignifikánsan 0-tól, tehát nem volt szignifikáns változás ($R^2=0,1268$).



23. ábra: Nedvessikér és közeli infravörös reflektancia közötti összefüggés 06.26. időpontban (saját szerkesztés)

A búzaminták fehérjetartalmának változása szintén nem befolyásolta a növények NIR tartományában mért reflektanciáját sem az egészséges, sem a károsított részekben a reflektancia változásával ($R^2=0,1268$, $R^2=0,0518$) (24. ábra).



24. ábra: Fehérjetartalom és közeli infravörös reflektancia közötti összefüggés 06.26. időpontban (saját szerkesztés)

5. Következtetések és javaslatok

Diplomadolgozatom célja az *Oulema melanopus* lárvakártétel kimutatása volt távérzékelési módszerekkel. A vizsgálatokat egy tavaszi búza táblán végeztem 2022-es évben Dány külterületén, ahol jelentős kiterjedésű vetésfehérítő bogár levélkártételi foltokat találtam. A 9 kártételi folt hozzávetőleges középpontjain koordinátrapontokat, majd szintén 9 kártételtől mentes, kontrol terület koordinátrapontjait is rögzítettem. A rögzített pontokon műholdfelvételek, illetve drónfelvétel által összeállított ortomozaik felhasználásával kerestem különbségeket a növények reflektált értékeiben az egészséges és károsított koordinátrapontokon.

A műholdfelvételeket Sentinel műholdak készítették, amelyek szenzorai 4 spektrális sávot érzékelnek a látható (VIS - vörös, zöld, kék) és közeli infravörös (NIR) tartományokban 10 m-es felbontásban (a kisebb felbontású felvételeket nem használtam az elemzéshez). Hat időpontban készült műholdfelvételt értékeltem a tavaszi búza tenyészidőszak második felétől. A károsítás tetőpontja május hónapban volt, így vizsgált időpontok közül azt feltételeztem, hogy szignifikáns különbségek ennek a hónapnak a kijelölt időpontjain lesznek. A károsított és egészséges pontokon a közeli infravörös sávban mért reflektált értékek az első 4 időpontban (05.12., 05.14., 05.19., 06.03.) mutattak szignifikáns különbséget. A NIR tartomány reflektált értékei tehát jól prezentálták az *O. melanopus* károsítása által okozott vegetációs felületben történt különbségeket a búza kalászolása előtti szakaszban.

Az egészséges levelek a közeli infravörös és zöld fényt magasabb arányban reflektálják, mint egy károsított vagy elhalt (Knippling, 1970). Ezzel ellentétesen, vizsgálataimban a közeli infravörös tartományban mért reflektanciák átlaga az egészséges részeken alacsonyabb volt. A zöld tartomány értékei viszont magasabbak voltak az egészséges részeken. Gitelson és munkatársai (2002) vizsgálatai szerint a vegetációs frakció növekedésével a közeli infravörös sáv értékei csökkenhetnek, ami a NIR tartományban kapott átlagaim szerint is igazolható. Skendžić és munkatársainak (2023) tanulmányában megemlítik azt, hogy nem csak a kártevők okozta levélkárosítás okozhat más eredményeket a reflektált értékekben, hanem egyéb biotikus és abiotikus stresszorok, így megjegyzendő, hogy a 2022-es év rendkívül aszályos időjárása is befolyásolhatta az eredményeket.

A látható tartomány 3 sávja közül mindháromban találtam szignifikáns különbséget az egészséges és a károsított területeken mért reflektanciák között. A vörös sávban az első időpontban (05.12.) a kék és zöld sávban pedig a 4. illetve 5. időpontban (06.03. és 06.13.). Ez

alapján megállapítható, hogy a búza kalászolását követően a látható tartomány kék és zöld sávja mutatja ki legjobban a különbségeket a károsított és egészséges részeken.

A növények sűrűsége, egy adott terület zöldfelületi borítása vegetációs indexekkel jellemezhető legjobban, ezért 3 különböző indexet számítottam ki az értékekből mind a 6 vizsgált időpontban. Az első a legismertebb, NDVI, aminek kiszámítását a NIR és a vörös tartomány értékeiből végeztem. A kapott eredmények között az első három alkalommal (05.12., 05.14., 05.19.) tapasztaltam szignifikáns eltéréseket. A GNDVI volt a másik vizsgált vegetációs index, értékét a NIR és zöld sáv reflektált értékeiből számítottam ki. Az ANOVA eredményei itt is, hasonlóan az NDVI értékeihez, az első három időpontban mutattak eltérést. A 4. időpontban (06.03.) az NDVI értékei szignifikánsan magasabbak voltak, a többi időpont esetén azonban ezt nem tapasztaltam. A GNDVI értékei a negyedik és a többi időpontban is alacsonyabbak voltak az NDVI értékeinél. Ennek az lehet az oka, hogy a károsított levelek nagyobb arányban képesek reflektálni az NDVI-hoz alkalmazott vörös spektrum sugarait, mint a GNDVI számításához használt zöld sáv sugárzását. A SIPI kiszámításához pedig a NIR, vörös valamint a kék sáv adatait használtam fel. Az itt kapott eredmények hasonlóak lettek, mint az NDVI, illetve GNDVI esetében, azonban itt már a 3. időponttól (05.19.) sem tapasztaltam szignifikáns eltérést.

Több kutatás vizsgálta a zászlós levelek vegetációs felületének csökkenésének hatására bekövetkező változásokat a termés paramétereiben (Császár és munkatársai 2021, Racz és munkatársai 2022). A diplomadolgozatomban a minőségi paramétereket (fehérje- és nedvessikér tartalom), a búzaszemek beltartalmi értékét vizsgáltam a rögzített koordináta pontokról gyűjtött mintákból. A két paraméter tekintetében a károsított, illetve az egészséges területekről származó minták eredményei között nem tapasztaltam szignifikáns különbséget, tehát megállapítottam, hogy a minőségre kevésbé hat a vetésfehérítő károsítás, mint a termés mennyiségi mutatóira, amit Császár és munkatársai vizsgáltak (2021). A kapott eredmények azt mutatták, hogy a károsodott részekről szedett búzamintáknak nem szignifikánsan ugyan, de kis mértékben magasabb lett a fehérje és nedves sikértartalma, mint az teljes lombfelülettel rendelkező növényekről gyűjtötteknek az átlagok alapján. Racz és munkatársai (2022) kutatásában hasonló eredményt értek el, amikor zászlós levél teljes vagy részleges eltávolítása mellett szintén nőttek a minőségi mutatók csapadékhiányos, aszályos időszakban. Ez a dányi táblán is hasonlóan alakult, ugyanis kevesebb csapadék hullott a károsítási időszakban, valamint jelentős levélkárosítást okoztak az *O. melanopus* lárvák.

A beltartalmi értékeket a betakarításhoz legközelebb eső vizsgált időpont közeli infravörös sávban mért reflektancia értékeivel is összehasonlítottam. Lineáris regresszioanalízist végezve azt az eredményt kaptam, hogy a NIR reflektancia alapján nem következtethetünk a minőségi paraméterek változására sem az egészséges, sem a károsított részeken.

Ezek a vizsgálatok alapján a javaslatom, hogy az *O. melanopus* lárvakártétel detektálására a búza vegetációs idejének vegetatív fázisában a legalkalmasabb a közeli infravörös spektrumban mért reflektált értékeket vizsgálni műholdfelvételek alapján. A kék tartományban visszavert sugárzás értékei alapján ezt a sávot a búza kalászosítás után érdemes vizsgálni, mivel ekkor voltak szignifikáns különbségek a károsodott és egészséges részek értékei között. A dolgozatomban alkalmazott RGB szenzorral ellátott drón felvétele alapján a vörös tartományban voltak különbségek, de részletesebb információgyűjtés szempontjából több időpontban érdemes elvégezni a felmérést, a műholdfelvételekhez hasonlóan. Az általam használt vegetációs indexek a búza kalászosításáig mutattak szignifikáns eltérést, tehát ezek alkalmazása is ebben az időszakban javasolt, mint a NIR sáv értékeinél.

Vizsgálataim eredményei nem adnak teljes technológiai javaslatot, valamint egyéves vizsgálat véleményem szerint kevés, hogy gyakorlatban alkalmazandó ajánlásokat fogalmazzak meg, azonban az eredmények biztatóak. Éppen ezért a vizsgálatok megismétlését javaslom magasabb mintaszámmal, illetve gyakoribb drónos megfigyeléssel, hogy a technológia a későbbiekben a gyakorlatban is nagy biztonsággal és hatékonyan alkalmazható legyen.

6. Összefoglalás

A búza az egyik legnagyobb területen termelt gabonanövény a világon. Diplomadolgozatomban a búza olyan kártevőit vizsgáltam, melyeknek egyre nagyobb jelentőséget lehet tulajdonítani, ezek a vetésfehérítő bogarak, közülük a legszélesebb körben elterjedt veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus* L.). A lárvá és az imágó is károsító, de a lárvá okozza a levelek vegetációs felületének nagyobb elvesztését, a felső epidermisz hámozgatásával. Az ellenük való védekezés az esetek többségében peszticidek szűk körére korlátozódik a gyakorlatban. Jelenleg már alkalmazható olyan technológia, amivel az inszekticideket kizárólag a károsítóval fertőzött területre juttatják ki, ezt helyspecifikus kezelésnek nevezik. Az *O. melanopus* aggregációra való hajlamosságát ki lehet használni ezen a téren. Dolgozatom fő célja az volt, hogy olyan távérzékelési módszereket vizsgáljak, amivel detektálni lehet az árpabogár lárvák táblán belüli károsítási gócpontjait.

A passzív távérzékelési technikák közül kettőt vizsgáltam a munkám során, műhold alapú- és drónfelvételen alapuló módszert. A vizsgálatot Dány külterületén végeztem, vetésfehérítő bogarak lárvái által károsított tavaszi búza táblán. Ezen a táblán rögzítettem a károsított foltok koordinátáit, mellé pedig árpabogár kártételtől mentes részéről is koordinátákat rögzítettem.

Az űrfelvételeket a Sentinel-2A és Sentinel-2B műholdak készítették, amelyek nagyfelbontású szenzorai az elektromágneses spektrum tartományai közül érzékelik a látható (RGB – vörös, zöld, kék) és közeli infravörös hullámhossz értékeit 10 m-es térbeli felbontásban. A drónfelvétel 05.29-én készült RGB kamerával, így az ortomozaik alapján csak a látható tartomány 3 sávját tudtam figyelembe venni. A műholdas ortofotókat 6 időpontban vizsgáltam a tenyészidőszak folyamán (05.12., 05.14., 05.19., 06.03., 06.13., 06.26.). A kijelölt koordinátapontokon az ortofotók és az ortomozaik felhasználásával reflektancia értékeket nyertem ki, amelyeket elemeztem és vegetációs indexeket számoltam. Vizsgáltam az *O. melanopus* kártétel hatását a termés minőségi paramétereire is, ehhez a rögzített koordinátákról a betakarítás előtt közvetlenül mintákat gyűjtöttem és laborban vizsgáltam meg a búzaszemek fehérje és nedvessikér tartalmát.

Eredményeim szerint a műholdfelvételek közeli infravörös spektrum tartományában a búza kalászhányás fenológiája előtt vannak szignifikáns különbségek a károsodott, illetve az egészséges növények reflektanciájában. A kalászk megjelenése után pedig a látható kék tartomány értékeiben találtam szignifikáns különbségeket. A műholdfelvételek szignifikánsan

magasabb értéket mutattak, drónfelvételhez képest a károsított részek reflektált értékeiben vörös spektrum tartományban. A vegetációs indexek közül az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) és a GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) értékei a búza kalászoslása előtt mutattak szignifikáns eltérést a károsodott és sértetlen részek között, a SIPI (Structure Insensitive Pigment Index), viszont csak az első két időpontban (05.12. és 05.14.).

A beltartalmi vizsgálatok eredményei nem mutattak szignifikáns eltéréseket. A regresszióanalízis alapján pedig az állapítható meg, hogy a minőségi paraméterek változására nem következtethetünk a közeli infravörös reflektancia alapján.

Az *O. melanopus* detektálásában még nem elterjedt technológiai elem a távérzékelési eszközök alkalmazása, de a precíziós technikák ütemes fejlődése egyre szélesebb utat nyit meg a fejlődésre, ezzel az adatalapú növényvédelmi kezelések megvalósítására. A Sentinel műholdak adatai nyílt hozzáférésűek, drónnal történő vegetációs térképezésre használható eszközök (UAV) kereskedelmi forgalomban vannak, illetve mint szolgáltatás, igénybe vehetőek. A dolgozatomban vizsgált módszerek alkalmazása könnyen beilleszthető az integrált növényvédelmi technológiába, ezáltal javulhat a beavatkozások időzítése és a hatékonysága.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok konzulenseimnek: Dr. Kiss Józsefnek, Sári-Barnác Fruzsínának, akik szakértelmükkel, tanácsaikkal és konzultációkkal segítették a munkámat.

Köszönöm a lehetőséget Baglyas Gellért növényorvosnak, aki biztosította számomra Dányban a területet a vizsgálatok elvégzéséhez.

Köszönettel tartozok Czakó Ivánnak (Agridron Kft.), a drónfelvétel elkészítésében nyújtott segítségért.

Köszönöm Dr. Tarnawa Ákosnak és a növénytermesztési labor munkatársainak a közreműködést a beltartalmi értékek vizsgálatában.

Köszönöm az együttműködést Meriem Cheddadi PhD hallgatónak, valamint hallgatótársaimnak, Kovács Ádámnak és Jimoh Teslim Ifedaponak.

Természetesen köszönetet mondok családomnak, akik támogatást és segítséget nyújtottak a dolgozatom elkészítéséhez.

8. Irodalomjegyzék

- Aponyi L.** (1987): A vetésfehérítőbogarak elterjedése, fertőzés dinamikája és előrejelzésük módszerei. Agrártudományi Egyetem Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Növényvédelmi Intézet, Keszthely
- Apró M., Papp M., Cseh E., Gáborjáni R., Horváth J., Takács A. P.** (2011): Dél-magyarországi gabonatermő területek vírusfertőzöttsége. In: Kövics Gy. J., Dávid I. (szerk): Agrártudományi közlemények. 2011/43. Debreceni Egyetem, Debrecen
- Bakó G.** (2014): Légi fényképezés a gazdálkodásban és a közszolgáltatásban. E-government Alapítvány a Közigazgatás Modernizációjáért, Budapest, 126 p.
- Barna R.** (2020): Térinformatika Általános elméleti alapismeretek. Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Kaposvár, 174 p.
- Bányai J., Láng L.** (2014): Hogyan jellemezhetjük 'NDVI'-vel a zöld növényi felületet?. Martonvásár, Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Közleményei, 26(1): 16-17. p.
- Belényesi M., Kristóf D., Magyar J.** (2008): Térinformatika elméleti jegyzet. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 93 p.
- Benedek P., Surján J., Fésűs I., Nechay G., Mohay Gy.né** (1974): Növényvédelmi előrejelzés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 314 p.
- Bezděk J. Baselga A.** (2015): Revision of western Palaearctic species of the *Oulema melanopus* group, with description of the two new species from Europe (Coleoptera: Chrysomelidae: Criocerinae). Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 55(1): 273-304.
- Bognár S., Huzián L.** (1979): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 557 p.
- Bognár S., Jenser G., Péntes B., Vörös G.** (2003): A kártevők elleni védekezés az integrált termesztésben. In: Jenser G. (szerk): Integrált növényvédelem a kártevők ellen, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 197 p., 108-111. p.
- Burai P., Ambrus A.** (2014): Távérzékelés az agro felhasználásában. Agro Napló, 18(8): 107-108. p.
- Bürgés Gy.** (1997): Az árpa kártevői. In: Glits M., Horváth J., Kuroli G., Petróczi I. (szerk.): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 661 p., 46.p.
- C. R. Philips, D. A. Herbert, T. P. Kuhar, D. D. Reisig, E. A. Roberts** (2012): Using Degree-Days to Predict Cereal Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Egg and Larval Population Peaks, Environ. Entomol., 41(4): 761-767. p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EN12026>
- C. R. Philips, D. A. Herbert, T. P. Kuhar, D. D. Reisig, W. E. Thomason, S. Malone** (2011): Fifty Years of Cereal Leaf Beetle in the U.S.: An Update on Its Biology, Management and Current Reserach, Journal of Integrated Pest Management, 2(2): C1-C5. p. DOI: <https://doi.org/10.1603/IPM11014>

- 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. 105644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105644>
- Dobos A. Cs.** (2013): Precíziós növénytermesztés. Debreceni Egyetem, 63 p.
- Fischl G.** (2000): A biológiai növényvédelem alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 139 p.
- Gerhards R., Andújar Sanchez D., Hamouz P., Peteinatos G.G., Christensen S., Fernandez-Quintanilla C.** (2022): Advances in site-specific weed management in agriculture—A review. Weed Research, 62, 123– 133. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12526>
- Gitelson A. A., Kaufman Y. J., Merzlyak M. N.** (1996): Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS, Remote Sensing of Environment, 58(3): 289-298. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00072-7)
- Gitelson A. A., Kaufman, Y. J., Stark R., Rundquist D.** (2002): Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. Remote Sensing of Environment 80. 76 – 87. p.
- Hinfner K., Papp Zs.** (1961): Gabonafélék betegségei és kártevői, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 38-39 p.
- Jakubowska M., Tratwal A., Kachel M.** (2023): The Weather as an Indicator for Decision-Making Support System Regarding the Control of Cutworms in Beets and Cereal Leaf Beetles in Cereals and Their Adoption in Farming Practise, Agronomy. 13. 786. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13030786>
- Jeloková M., Gallo J.** (2008): Parasitoids of Cereal Leaf Beetle *Oulema gallaeciana* (Heyden, 1879), Plant Protect. Sci., 44(3): 108-113.
- Jenser G., Mészáros Z., Sáringer Gy.,** (1998): A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 630 p.
- Jolánkai M.** (2005): Gabonafélék. In: Antal J. (szerk.): Növénytermesztéstan 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 391 p.
- Juran I., Čotlin Čuljak T., Uglješić I., Đopar K., Grubišić D.** (2017): Učinkovitost piretroida u suzbijanju žitnih balaca (*Oulema spp.*), Glasilo biljne zaštite, 17(5): 455-459. p. DOI: <https://hrcak.srce.hr/189221>
- Kadocsa Gy.** (1915): A veresnyakú árpabogár (*Lema melanopus* L.) életmódja és irtása. Rovartani lapok. 22. (11-12.) 154-170. p.
- Kaniuczak Z., Bereš P. K., Kowalska J.** (2011). Efficiency of cereal leaf beetle larvae (*Oulema spp.*) control in wheat in ecological farm in Rzeszów Area in 2008-2010. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 56(3): 196-199. p.
- Keszthelyi S.** (2016): Szántóföldi növények kártevői. Agroinform Kiadó, Budapest, 192 p. 72-73. p.
- Keszthelyi S.** (2017): Kártevők elleni védekezés lehetőségei. Agrionform Kiadó, Budapest, 247 p.

- Kiss J., Zanker A., Eke I.** (2017): Az integrált növényvédelem nyolc alapelve. *Növényvédelem*, 78 (53): 10. 431. p.
- Kheirodin A., Sharanowski B. J., Cárcamo H. A., Costamagna A. C.** (2020): Consumption of cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*, by generalist predators in wheat fields detected by molecular analysis. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168:59-69. p. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12835>
- Knipling E. B.** (1970): Physical and Physiological Basis for the Reflectance of Visible and Near-Infrared Radiation from Vegetation. *Remote Sensing of Enviroment*, 1: 155-159. p.
- Kobayashi N., Tani H., Wang X., Sonobe R.** (2020): Crop classification using spectral indices derived from Sentinel-2A imagery, *Journal of Information and Telecommunication*, 4(1):, 67-90. p., DOI: <https://doi.org/10.1080/24751839.2019.1694765>
- Lajos K., Szalai M., Tóth F., Ambrus G., Kiss J.** (2016): The influence of landscape structure on the leaf damage caused by the cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*). *Remote Sens.* 6(7): 476-479. p.
- Laznik Ž., Tóth T., Lakatos T., M. Vidrih, S. Trdan** (2010): *Oulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) adults are susceptible to entomopathogenic nematodes (Rhabditida) attack: results from a laboratory study, *Journal of Plant Diseases Protection*, 117. 30-32. p. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03356330>
- LeSage L., E. J. Dobesberger, C. G. Majka** (2007): Introduced leaf beetles of the Maritime Provinces 2: The cereal leaf beetle *Oulema melanopus* (Linnaeus) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 109(2):286-294. p.
- Loch J., Nosticzius Á.** (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 408 p.
- Mulla, D.J.** (2013): Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371. p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>
- Palik M.** (2013): Pilóta nélküli repülés profioknak és amatőröknek. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 320 p.
- Penuelas, J., Baret, F., Filella, I.** (1995): Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll-a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, 31(2): 221–230. p.
- Pobereźny J., Wszelaczyńska E., Lamparski R., Lemanowicz J., Bartkowiak A., Szczepanek M., Gościnną K.** (2023): The impact of spring wheat species and sowing density on soil biochemical properties, content of secondary plant metabolites and the presence of *Oulema* spp. *PeerJ*. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.14916>
- Pocsai E.** (2017): A gabonafélék vírusbetegségei. *Agrárágazat*, 2017. (július): 46-49. p.
- Pozsgai G., Sáringer Gy.** (2004): A Magyarországon előforduló veresnyakú árpabogarak (*Oulema* spp.) taxonómiája és földrajzi elterjedése. Előadások – Proceedings, 9. Tiszántúli növényvédelmi fórum, Debrecen, 2004. október 20-21., 273-276. p.

- Racz I., Hirișcău D., Berindean I., Kadar R., Muntean E., Tritean N., Russu F., Ona A., Muntean L.** (2022): The Influence of Flag Leaf Removal and Its Characteristics on Main Yield Components and Yield Quality Indices on Wheat. *Agronomy*, 12(10):2545. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12102545>
- Ragásits I.** (1998): Búzatermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 152 p.
- Ragán P., Rátónyi T., Bácskai I., Harsányi E.** (2021): Műholdas felvételek használhatósága a precíziós mezőgazdaságban. *Mezőgazdasági Technika*, 62(1): 36-38. p.
- Roszík P.** (2015): Védekezés a vetésfehérítő bogarak ellen az ökológiai gazdálkodásban. *Biokultúra*. (3) 28. p.
- Rouse J.W., Haas R.H., Deering D.W., Schell J.A., Harlan J.C.** (1974): Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. - NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, MD. pp 371.
- Samková A., Hadrava J., Skuhrovec J., Janšta P.** (2020): Host Specificity of the Parasitic Wasp *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae) and a New Defence in Its Hosts (Coleoptera: Chrysomelidae: *Oulema* spp.). *Insects*, 11(3): 175. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11030175>
- Sáringér Gy.** (1990): A búza fontosabb kártevői Magyarországon és az ellenük való védekezés irányelvei. *PATE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Közleményei* 32. (1.) 31-33.p.
- 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. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15040481>
- Staines Jr C.L.** (1984): Cereal leaf beetle *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae): Density and parasitoid synchronization study in Washington County Maryland 1977-1979, *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 86(2): 435-438.
- Szabó M.** (1991): Gabonatermesztés. Növénytermesztéstani jegyzet, Gödöllő, 347 p.
- Szczepanek M., Lemańczyk G., Lamparski R., Wilczewski E., Graczyk R., Nowak R., Prus P.** (2020): Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc, and *T. persicum* Vav.) in organic farming: influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. *Agriculture* 10(11):556. p. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110556>
- Szelényi G.** (1968): A gabonafélék kártevői. In: Ubrizsy G. (szerk.): Növényvédelmi enciklopédia. Első kötet. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 486 p., 287-288. p.
- Szeőke K.** (2015): Károkozó rovarok a mezőgazdaságban. Hajnápír Kiadó, Székesfehérvár, 292 p.
- Takács A.** (2019): A kalászosok rovarkártevői. *Mezőhír Mezőgazdasági Szaklap*, 2019. (szept.): 42-46. p.
- Tanaskovic S., M. Madic, D. Durovic, D. Knesevic, and F. Vukajlovic** (2012): Susceptibility of cereal leaf beetle (*Oulema melanopa* L.) in winter wheat to various foliar insecticides in Western Serbia region. *Romanian Agricultural Research* 29: 362–366. p.

- Tao H., Xu S., Tian Y., Li Z., Ge Y., Zhang J., Jin S.** (2022): Proximal and remote sensing in plant phenomics: Twenty years of progress, challenges and perspectives. *Plant Communications*. 3(6), 100344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100344>
- Triapitsyn. S. V., Rugman-Jones P. F., Kusuvara H., Nakano R., Janšta P., Arikawa S., Adachi-Hagimori T.** (2023): Genetic Analysis Reveals Conspecificity of Two Nominal Species of Anaphes Fairyflies (Hymenoptera: Mymaridae), Egg Parasitoids of Oulema Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Pests of Cereal Crops in Europe and of Rice in East Asia. *PLoS ONE*. 18(1). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273823>
- Tucker, C. J.** (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127–150. p. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Zarubova L., Kourimska L., Zouhar M., Novy P., Douda O., Skuhrovec J.** (2015): Botanical pesticides and their human health safety on the example of *Citrus sinensis* essential oil and *Oulema melanopus* under laboratory conditions, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 65(1): 89-93. p. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.959556>
- Zhang D., Zhou X., Zhang J., Lan Y., Xu C., Liang D.** (2018): Detection of rice sheath blight using an unmanned aerial system with high-resolution color and multispectral imaging. *PLoS ONE*, 13(5): e0187470. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187470>
- Wójtowicz M., Wójtowicz A., Piekarczyk J.** (2016): Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in Biometry and Crop Science*, 11(1): 31-50. p.

Internetes források

- http 1:** Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/food-agriculture-statistics/en/> (2023. április)
- http 2:** Központi Statisztikai Hivatal, <https://www.ksh.hu/> (2023. április)
- http 3:** Bug guide, IOWA State University – Oktatási Segédanyag, <https://bugguide.net/node/view/41360> (2022. október)
- http 4:** EPPO, <https://gd.eppo.int/taxon/LEMAME/distribution> (2023. március)
- http 5:** ÖMKi: 2022. évi 6. növényvédelmi felhívás öko szántóföldi növénytermesztőknek, <https://www.biokutatas.hu/hu/page/show/idoszeru-a-vetesfeherito-bogarak-es-larvaik-elleni-vedekezes> (2023. február)
- http 6:** Nébih: Növényvédő szerek adatbázisa, <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (2022. szeptember)
- http 7:** GeoAwesome: Beyond NDVI: What are vegetation indices, and how are they used in precision farming?, <https://geoawesomeness.com/eo-hub/beyond-ndvi-what-are-vegetation-indices-and-how-are-they-used-in-precision-farming/> (2023. március)
- http 8:** The European Space Agency, <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview> (2023. április)
- http 9:** MePAR Portál, <https://mepar.mvh.allamkincstar.gov.hu/#/> (2023. április)
- http 10:** Meteoblue, https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/h%C3%A9t/d%C3%a1ny_magyarorsz%C3%a1g_3053809 (2023. március)
- http 11:** Copernicus Open Access Hub, <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (2023. március)
- http 12:** QGIS, <https://qgis.org/hu/site/> (2023. április)
- http 13:** Google Earth, <https://earth.google.com/web/> (2023. április)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: VARGA ANDRÁS
A Hallgató Neptun kódja: DOLTTR
A dolgozat címe: A búza integrált védelmének fejlesztése
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens tanszék neve: Integrált növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s 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 szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: Gödöllő 2023. év 05. hó 03. nap

Varga András
Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Varga András (hallgató Neptun azonosítója: D0LTTR) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2023. év május hó 8. nap


Belső konzulens