

SZAKDOLGOZAT

Bakos Sarolt

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kertészettudományi Intézet

**Kertészmérnöki alapképzési
szak**

**A RAJNAI RIZLING SZŐLŐFAJTA
KLOROFILLTARTALMÁNAK BECSLÉSE SZÍN- ÉS
TEXTÚRAJELLEMZŐK ALAPJÁN BIOSTIMULÁTOROS
KEZELÉSEK BEN**

Belső konzulensek: dr. Bodor-Pesti Péter
habilitált docens
Taranyi Dóra Ágnes
tanársegéd

**Belső konzulensek
intézete:** Szőlészeti és Borászati
Intézet

Külső konzulens: dr. Németh Erzsébet Krisztina
tudományos főmunkatárs

Készítette: **Bakos Sarolt**

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1	Bevetés és célkitűzések	3
2	Szakirodalmi áttekintés	4
2.1	Biostimulátorok	4
2.1.1	Biostimulátorok fő típusai	4
2.2	Távérzékelési módszerek a szőlészetben	7
2.3	Vegetációs indexek.....	8
2.3.1	Multispektrális vegetációs index	9
2.3.2	RGB alapú vegetációs indexek.....	11
3	Anyag és módszer	14
3.1	A termőhely bemutatása	14
3.2	A szőlőfajta bemutatása.....	14
3.3	Az elvégzett kezelések	14
3.4	Mintagyűjtés.....	15
3.5	Elvégzett vizsgálatok és felhasznált eszközök	15
3.5.1	Klorofillkoncentráció meghatározása.....	15
3.5.2	A minták digitalizálása	15
3.5.3	LeafLaminaMap	16
3.6	Statisztikai értékelés	19
3.6.1	Adatok és jellemzők	19
3.6.2	PAST program.....	19
3.6.3	Klorofill-összehasonlítás	19
3.6.4	Klorofill és a vegetációs indexek kapcsolata – korreláció vizsgálat (Pearson korreláció)	19
3.6.5	Főkomponens-analízis – PCA (Principal Component Analysis)	20
4	Eredmények és értékelésük	21
4.1	Klorofilltartalom.....	21
4.2	Klorofill és a vegetációs indexek kapcsolata	22
4.3	Főkomponens-analízis – PCA	24
5	Következtetések	27
6	Összefoglalás.....	28
7	Irodalomjegyzék.....	30
8	Táblázatok és ábrák jegyzéke.....	32
8.1	Ábrák jegyzéke.....	32
8.2	Táblázatok jegyzéke	32
9	Mellékletek.....	33
10	Hallgatói nyilatkozat	37

11	Konzulensi nyilatkozatok.....	38
12	Hallgatói nyilatkozat mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról.....	40

1 Bevetés és célkitűzések

A fenntartható szőlőtermesztés célja a termés minőségének javítása, miközben a környezetre gyakorolt negatív hatást minimalizálja. A szőlő növekedését, terméshozamát és stressztűrését számos tényező együttesen alakítja, beleértve a genetikai adottságokat, a talaj fizikai és kémiai jellemzőit, a mikroklimatikus viszonyokat, valamint a különböző termesztéstechnológiai beavatkozásokat. Az optimális termés eléréséhez ezért a növények életfolyamatainak támogatása, a megfelelő tápanyag- és vízellátás, valamint a stresszhatások minimalizálása egyaránt kiemelt jelentőségű.

Az elmúlt években a biostimulátorok szerepe egyre nagyobb figyelmet kapott. Ezek a természetes eredetű, élettanilag aktív anyagok elősegítik a tápanyagfelvételt, javítják a növények stressztűrését, és támogatják a megfelelő növekedést. Alkalmazásukkal a szőlő képes jobban reagálni a környezeti kihívásokra, például a hőmérsékletingadozásokra, vízhiányra vagy a kórokozók okozta problémákra, így hozzájárulva a termés mennyiségi és minőségi stabilitásához (Calvo et al., 2014; du Jardin, 2015).

A precíziós termesztési módszerek további lehetőséget kínálnak a szőlőültetvények hatékony fenntartására. A térinformatika és a távérzékelés lehetővé teszik az ültetvények heterogenitásának feltérképezését és célzott kezelését. Földi és légi felvételek segítségével a termőhely és a növényállomány állapota hatékonyan monitorozható, és a beavatkozások a növények valós igényeihez igazíthatók (Szobonya et al., 2019).

A levelek színe és pigmenttartalma különösen informatív a növények élettani állapotának felmérésében, mivel a pigmentek - különösen a klorofill - nemcsak a fotoszintetikus aktivitásról adnak jelzést, hanem tükrözik a tápanyagellátottságot, valamint a biotikus és abiotikus stresszhatásokat, mint például kártevők, kórokozók vagy kedvezőtlen környezeti tényezők hatását. Ezek a tünetek különböző mintázatban jelennek meg a levélen, így az állomány változásainak követésére alapvető eszköz lehet a távérzékelés (Bodor-Pesti et al. 2025).

Az RGB-alapú vegetációs indexek alkalmazása különösen ígéretes a szőlőtermesztésben, gyors, roncsolásmentes és költséghatékony lehetőséget biztosít a növényállomány állapotának felmérésére. A lombzat színe és textúrája jól tükrözi a növények élettani állapotát, így alkalmas a stresszhelyzetek korai azonosítására és a kezelések optimalizálására. (Bodor-Pesti et al., 2023; Gila-Rácz, 2023).

Jelen kutatás célja a különböző biostimulátor-kezelések hatásának vizsgálata a Rajnai rizling (*Vitis vinifera* L.) leveleinek klorofilltartalmára és RGB-alapú vegetációs indexeire, továbbá ezen paraméterek közötti összefüggés feltárása.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Biostimulátorok

A növényi biostimulátorok fogalma és meghatározása még mindig fejlődik, ami részben annak köszönhető, hogy sokféle anyag tartozhat ebbe a kategóriába. Fogalmát az európai Biostimulátor Gyártók Szövetsége (EBIC - European biostimulants industry council) határozta meg: „A növényi biostimulátorok olyan anyagot és/vagy mikroorganizmusokat tartalmaznak, amelyeknek az a szerepe, hogy a növényekre vagy a gyökérszóra történő alkalmazásuk során serkentsék a természetes folyamatokat a tápanyagfelvétel javítása, a tápanyag-hatékonyság növelése, az abiotikus stressztűrés fokozása és a termésminőség javítása érdekében. A biostimulátoroknak nincs közvetlen hatásuk a kártevőkre, ezért nem tartoznak a növényvédő szerekre vonatkozó szabályozási keret alá.” A fentiek alapján tehát a biostimulátorok működése valóban különbözik a műtrágyákétól, hiszen ezeknél a termékeknél a fő hatóanyagok nem a tápanyagok, hanem a biológiailag aktív összetevők, amelyek felelősek a növény életfolyamataira gyakorolt kedvező hatásokért (Calvo et al., 2014).

du Jardin (2015) ezekben a főbb kategóriákba sorolja a biostimulátorokat:

- Huminsavak és fulvosavak,
- Fehérje-hidrolizátumok és más nitrogéntartalmú vegyületek,
- Tengeri algakivonatok és egyéb növényi eredetű anyagok,
- Kitozán és más biopolimerek,
- Szervetlen vegyületek,
- Jótékony hatású gombák,
- Jótékony hatású baktériumok.

2.1.1 Biostimulátorok fő típusai

2.1.1.1 Huminsavak és fulvosavak

A talaj szerves anyagának lebomlása során keletkező heterogén vegyületcsoportok, amelyek a növények fejlődésére közvetlen és közvetett módon is hatnak.

A huminsavak hatása főként a gyökérszónában figyelhető meg: fokozzák a gyökérnövekedést, valamint javítják a tápanyagfelvételt (nitrát, foszfát, mikroelemek), és auxin-szerű hatásuk révén elősegítik az oldalgöyökér-képződést és a sejtosztódást. Emellett növelik a fotoszintetikus pigmentek és antioxidáns enzimek szintjét, így mérséklik az oxidatív

stressz hatásait, és fokozzák az abiotikus stresszekkel (só-, vízhiány) szembeni ellenálló képességet.

A fulvosavak elsősorban a talaj mikroelemeit (vas, cink, réz) mobilizálják, könnyen felvehető formába juttatva azokat, és serkentik az energia-anyagcserét, támogatva a sejtek vitalitását és a növény általános növekedését.

Mindkét vegyületcsoport növeli a stressztűrést, ami közvetlenül javítja a termelékenységet és a termésminőséget (Calvo et al., 2014).

2.1.1.2 Fehérje-hidrolizátumok és más nitrogéntartalmú vegyületek

Különböző aminosavak és peptidkeverékek, melyeket hidrolízissel állítanak elő növényi és állati eredetű forrásokból. Ezek a vegyületek többféle módon serkenthetik a növények növekedését. Közvetlen hatásuk a nitrogénfelvétel és -asszimiláció szabályozása, a mikrotápanyag-felvehetőség növelése és antioxidáns hatásuk révén csökkentik a környezeti stresszt. Közvetett hatásuk a talaj mikrobiológiai aktivitásának és légzésének fokozása, ezáltal javítva a talaj termékenységét (du Jardin, 2015).

2.1.1.3 Tengeri algakivonatok és egyéb növényi eredetű anyagok

A tengeri moszatot régóta használják a mezőgazdaságban szervesanyag- és tápanyagforrásként, de biostimuláns hatásait csak az utóbbi évtizedekben igazolták (du Jardin, 2015). A tengeri algakivonatok kelátképzőként javítják a tápanyagok felvételét, valamint a talaj szerkezetét és levegőzöttségét, ezáltal elősegítve a gyökérfejlődést és a hatékony víz- és tápanyaghasznosítást (Kubina et al., 2023). A kivonatok hatékonyságát tovább növeli, hogy számos növényi hormont tartalmaznak, köztük auxinokat, citokinineket, abszcizinsavat, gibberelineket, valamint hormonszerű vegyületeket, például szterineket és poliaminokat. Ezek eltérő, de egymást kiegészítő módon vesznek részt a növényi élettani folyamatok szabályozásában (Craigie, 2011).

A növényi kivonatok olyan anyagok, amelyeket növényekből nyernek, és alkalmazásuk kiterjed a gyógyszerészeti és kozmetikai termékekre, az élelmiszeriparra, valamint a növényvédő szerekre (Seiber et al., 2014). Biostimuláns hatásukról kevesebb információ áll rendelkezésre, mint a tengeri moszatok esetében, mivel a kutatások eddig elsősorban peszticid tulajdonságaikra koncentráltak. Mindazonáltal egyre több adat utal arra, hogy ezek a kivonatok biostimulánsként is alkalmazhatók (du Jardin, 2015).

2.1.1.4 Kitozán és más biopolimerek

A kitozán a kitinből származó, kémiaiilag átalakított biopolimer, mely előállítható természetes vagy ipari forrásokból (Hoffmann-Pónya, 2016). A kitin oligomerek a növényekre úgy hatnak, hogy különböző sejt-komponensekhez kötődnek, beleértve a DNS-t, a membránokat, a sejt-falakat és a védekező géneket kiváltó specifikus receptorokat egyaránt. A kitozán mezőgazdasági alkalmazásai elsősorban a gombás kórokozók elleni védelemre irányulnak, de használják a növények abiotikus stresszekkel (aszály, sótartalom, hideg) szembeni ellenállóságának növelésére, valamint a minőségi tulajdonságok javítására is (du Jardin, 2015).

2.1.1.5 Szervetlen vegyületek

Azokat a kémiai elemeket, amelyek támogatják a növények fejlődését, és egyes növénycsoportok számára nélkülözhetetlenek lehetnek, de nem minden faj igényli őket, hasznos elemeknek nevezzük. Hasznos elemek közé tartozik például az alumínium (Al), a kobalt (Co), a nátrium (Na), a szelén (Se) és a szilícium (Si). Ezek a talajban és a növényekben különféle szervetlen sók formájában vannak jelen, míg egyes fajokban – például a pázsitfűfélékben – a szilícium (Si) oldhatatlan alakban. A hasznos elemek meghatározása nemcsak kémiai jellegükön alapul, hanem azon is, hogy milyen körülmények között segítik a növények növekedését és stressztűrését. Bizonyos biostimulánsok (pl. tengeri algák, növényi vagy állati kivonatok) hatása részben e hasznos elemek élettani funkcióinak köszönhető. Ezen elemek több kedvező hatása ismert, amelyek támogatják a növények fejlődését, javítják a termékek minőségét és növelik az abiotikus stresszel szembeni tűrőképességet (du Jardin, 2015).

2.1.1.6 Jótékony hatású gombák

A gombák és a növények gyökerei közötti kapcsolat a kölcsönösen előnyös szimbiózistól a parazitizmusig terjedhet. A növényfajok több mint 90%-a társul talajgombákkal, közülük a mikorrhizás gombák különösen fontosak, mivel a gyökerekhez kapcsolódva növelik a víz- és tápanyagfelvételt, fokozzák a stressztűrést (például foszfor- és vízhiány esetén), valamint javítják a betegségekkel szembeni ellenállást. A mikorrhizák mellett a Trichoderma fajokat is széles körben vizsgálják, amelyek biopeszticidként, biokontroll-szerként és enzimforrásként hasznosíthatók. Ezek a gombák elősegítik a növények

növekedését, javítják stressztűrésüket, és pozitívan hatnak a morfogenezisre. Bár főként biopeszticidként alkalmazzák őket, biostimuláns tulajdonságaik miatt a fenntartható mezőgazdaságban egyre nagyobb jelentőséggel bírnak (Kubina et al., 2023).

2.1.1.7 Jótékony hatású baktériumok

A rizoszférában élő növényi növekedést elősegítő rizobaktériumok (PGPR – plant growth-promoting rhizobacteria) fontos szerepet töltenek be a fenntartható mezőgazdaságban, mivel képesek a növények gyökérzetén megtelepedve elősegíteni azok tápanyag-felvételét, növekedését és stressztűrő képességét. Működésük során többek között fitohormonok termelésével, a tápanyagok hasznosulásának javításával és a kórokozókkal szembeni védelem erősítésével segítik a növényeket. Sokoldalúságuk miatt biotrágyaként, biopeszticidként és biostimulánsként is alkalmazhatók. Kutatások igazolják, hogy használatuk növeli a fotoszintetikus aktivitást, fokozza a hozamot, és mérsékli a stresszhatások következményeit, ezért gyakran a növények „probiotikumaként” említik őket (Kubina et al., 2023).

2.2 Távérzékelési módszerek a szőlészetben

A távérzékelés olyan speciális adatgyűjtési módszer, amely lehetővé teszi, hogy a földfelszínről vagy azon található objektumokról információt szerezzünk anélkül, hogy közvetlenül érintenénk őket. Az adatok jellemzően elektromágneses sugárzás közvetítésével kerülnek rögzítésre, a folyamat pedig két fő lépésből áll: az objektumról visszaverődő elektromágneses jelek érzékeléséből, valamint a begyűjtött adatok feldolgozásából és értelmezéséből (Verőné, 2010).

A távérzékelési módszerek alkalmazásával a szőlőtőkék folyamatosan monitorozhatók, ami lehetővé teszi azok egészségi állapotának és vitalitásának felmérését. Az adatok gyűjtése és feldolgozása elősegíti a stressztünetek korai felismerését, a betakarítási előrejelzések készítését, a környezeti terhelés csökkentését, valamint az olyan beavatkozások optimalizálását, mint a tápanyag-utánpótlás vagy a növényvédő szerek kijuttatása. Végző soron mindez hozzájárul a termés minőségének javításához (Ammoniaci et al. 2021).

Az alkalmazott távérzékelési módszerek az érzékelők elhelyezése alapján három fő kategóriába sorolhatók: műholdas, repülőgépes és drónalapú rendszerek. A szőlőtermesztésben elsősorban a műholdas távérzékelés bír kiemelt jelentőséggel, mivel nagy kiterjedésű területek megbízható monitorozását teszi lehetővé (Oláh, 2018).

A távérzékelés során alkalmazott szenzorok azt vizsgálják, hogy a talajra vagy növényzetre érkező fény a különböző hullámhossz-tartományokban milyen mértékben nyelődik el, illetve verődik vissza. A mért visszaverődési értékek alapján információt nyerhetünk a vizsgált terület bizonyos jellemzőiről (axial.hu).

A szenzor típusától függően a távérzékelés lehet aktív vagy passzív. Az aktív megfigyelés során a szenzor saját jelet bocsát ki, és az objektumokról visszaverődő jelek mérésével nyerünk adatokat. Ezzel szemben a passzív szenzorok nem bocsátanak ki jelet, hanem az objektumokra természetes úton érkező sugárzás visszavert részét érzékelik (Bodor-Pesti - Horani, 2023).

A különböző hullámhosszakon készített felvételekből származtatott képek segítségével pontosan nyomon követhető a növényállomány állapota. A klorofilltartalom az egyik legfontosabb jellemző, hiszen meghatározza, hogy a növény mely hullámhosszakat nyeli el, és melyeket ver vissza: a kék és vörös hullámhosszakat intenzíven elnyeli, míg a zöld fényt nagyrészt visszaveri, ezért az egészséges vegetáció zöldnek látszik. Az abszorpció mértékét a lombkorona sűrűsége és rétegzettsége is befolyásolja (Oláh, 2018). Stresszhatás – például betegség vagy vízhiány – esetén csökken a fotoszintézis intenzitása és lassul a növekedés, ami a növényzet reflektanciájának változásában is megnyilvánul: tartós stressz esetén a levelek sárgulnak, mivel a vörös és a zöld fény visszaverődése közel azonos szintre kerül (Verőné, 2010).

Ezen felvételek képezik a növények állapotát jellemző vegetációs indexek alapját, mivel a speciális szenzorok segítségével a szem számára nem érzékelhető fényspektrumok elnyelődése és visszaverődése is mérhetővé, feldolgozhatóvá és értelmezhetővé válik (Gila-Rácz, 2023). Bár az egyes hullámhossz-tartományok adatai külön-külön is elemezhetők, azonban a vegetációs indexek valódi jelentősége abban áll, hogy több hullámhossztartomány adatainak összevetésével nyújtanak részletesebb és megbízhatóbb képet a növényállományról (Bodor-Pesti - Horani, 2023).

2.3 Vegetációs indexek

A vegetációs indexek kiemelt jelentőséggel bírnak a precíziós mezőgazdaságban és a növénymegfigyelésben, mivel egyszerű és megbízható módon értékelik a növények állapotát és egészségét. A különböző vegetációs indexek segítségével a növekedés és fejlődés számos aspektusa nyomon követhető, például a klorofilltartalom, a lombfelület nagysága, a lombkorona szerkezete és a vízállapot (Radočaj et al. 2023).

A vegetációs indexek kiszámításához különböző távérzékelési szenzorok segítségével nyerünk adatokat. Ezek a szenzorok lehetnek RGB alapú vagy multi- és hiperspektrális

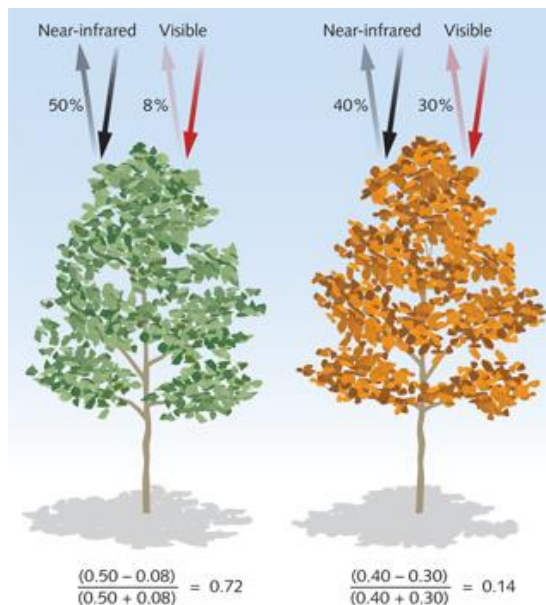
kamerák. A multispektrális és hiperspektrális szenzorok előnye, hogy szélesebb hullámhossz-tartományt képesek rögzíteni, beleértve a látható spektrumon kívüli, közeli infravörös (röviden NIR, azaz Near-Infrared) sávot is, így részletesebb információt nyújtanak a növényzetről. Magas költségeik azonban jelenleg korlátozzák széles körű alkalmazásukat. Ezzel szemben a hagyományos RGB-szenzorok könnyen hozzáférhetőek és olcsóbbak, hiszen egy egyszerű digitális fényképezőgép vagy okostelefon is használható érzékelőként. A látható tartományban készített felvételeik egyszerűen használhatók, megfelelő felbontásúak a részletes értékeléshez, és alkalmasak a növények egészségi állapotának gyors vizuális ellenőrzésére, valamint kártevők vagy betegségek észlelésére. (Radočaj et al. 2023, Bodor-Pesti et al. 2025).

2.3.1 Multispektrális vegetációs index

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, azaz normalizált vegetációs index) az egyik legismertebb vegetációs index, amely a növényzet állapotát és vegetációs aktivitását méri. Az egészséges növény a látható fény vörös és kék tartományát erősen elnyeli a magas klorofilltartalom miatt, miközben a közeli infravörös sugárzást visszaveri. Amennyiben a növényt valamilyen stressz éri – vízhiány vagy tápanyaghiány – a klorofill mennyisége csökken. Ilyenkor a növény több vörös fényt ver vissza, miközben a közeli infravörös visszaverés mérséklődik (Gila-Rácz, 2023).

Az NDVI számításához a következő képletet használjuk: $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$, ahol a NIR a közeli infravörös, az R pedig a vörös tartományból érkező sugárzás. Minél inkább megközelíti az érték az 1-et, annál vitálisabb a növényzet, vagyis annál jobb a víz- és tápanyagellátottsága. Ezzel szemben a 0-hoz vagy akár -1-hez közeli értékek stresszhatásra utalnak, ahogy azt az 1. ábra bemutatja (Bodor-Pesti - Horani, 2023).

1. ábra: A közeli infravörös és a látható színtartományok elnyelődése, valamint visszaverődése az egészséges és gyengélkedő növények leveleiről
(Forrás: talajreform.hu)



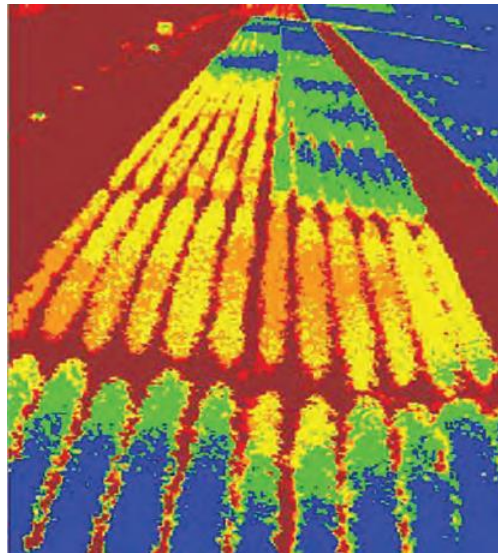
Az NDVI értékek a felszín borítottságát és a növényzet állapotát jellemzik. A víz, a felhők és a hó általában negatív értékeket adnak, míg a csupasz talaj, a sziklák és az épített felszínek inkább a nullához közeli tartományban mozognak. A vegetáció ezzel szemben pozitív NDVI-t mutat (talajreform.hu).

Az értékek értelmezése a következőképpen történhet:

- **0,05 – 0,3:** a terület barna árnyalatban jelenik meg, ami a növényzet hiányára utal.
- **0,3 – 0,4:** sárgás-barnás vagy sárga színeződés látható, ami alacsony növényborítottságot jelez; ez előfordulhat például a kelés kezdeti fázisában vagy aratás után megjelenő gyomnövényeknél.
- **0,4 – 0,6:** a színek a sárgától a világoszöldig terjednek, ami alacsony vagy átlagos növényborítottságra utal; tipikus állapot például a télből ébredező, gyengén fejlődő állomány márciusban.
- **0,6 felett:** a térképen zöld vagy sötétzöld színek jelennek meg, amelyek dús, egészséges, intenzíven fejlődő növényzetre utalnak.
- **Fehér szín:** a hóval borított területeket jelöli.

A kontrasztos térképeken a piros a növényzet hiányát vagy gyenge vegetációt, a sárga a gyenge vegetációt, a zöld az átlagos állapotot, míg a kék a sűrű és egészséges növényállományt jelzi (talajreform.hu). Ezt a 2. ábra mutatja be.

2. ábra: Drónnal készített vegetációsindex-felvétel (NDVI) egy szőlőültetvényről (Forrás: Oláh A. B., 2018)



Az index egyik legnagyobb előnye, hogy időben képes detektálni a stresszállapotot, a beteg vagy fejlődésben visszamaradt növényeket már a látható tünetek megjelenése előtt, a multispektrális kamerák segítségével (Gila-Rác, 2023).

2.3.2 RGB alapú vegetációs indexek

Az RGB-alapú képalkotás és kiértékelés hasznos információkat szolgáltat a szőlőtermesztésben, például a lombkorona szerkezetének vizsgálatánál, a bogyók érési állapotának és beltartalmi jellemzőinek előrejelzésénél, vagy az utókezelések hatásainak leírásánál. E célokra különböző eszközöket alkalmaznak, többek között műholdakat, repülőgépeket, drónokra szerelt kamerákat (UAV=Unmanned Aerial Vehicle, pilóta nélküli légi jármű), valamint állványra helyezett DSLR (Digital Single-Lens Reflex) fényképezőgépeket is (Bodor-Pesti et al., 2023, Matese – Di Gennaro, 2015).

Az RGB színmodell a vörös (R), zöld (G) és kék (B) alapszínek különböző arányú kombinálásával képes a színek széles spektrumát előállítani, míg az RGB-alapú vegetációs indexek e három sáv (R, G, B) visszaverődési értékein alapuló mutatók, amelyek a növényzet zöldességét, klorofilltartalmát és általános állapotát jellemzik (Gila-Rác, 2023).

3. ábra: Egy RGB és egy NDVI fotó összehasonlítása ugyanarról a területről (Forrás: talajreform.hu)



Az egészséges, zöld növények NDVI-értékei 0,1 és 0,9 között mozognak, míg például a vízfelületek vagy a fák törzsei gyakran nulla alatti értékeket mutatnak (talajreform.hu).

A VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) a növények általános állapotát, „zöldességét” mérő, RGB alapú vegetációs index. Az index a látható fény tartományát használva emeli ki a növényzetet, miközben csökkenti a légköri és megvilágítási tényezők okozta zavarokat. A VARI képlete: $VARI = (Green - Red) / (Green + Red - Blue)$ (Gila-Rácz, 2023).

A TGI (Triangular Greenness Index, Háromszög zöldességi index) a növények klorofilltartalmának spektrális jellemzőin alapul, és három hullámhossz – 480 nm, 550 nm és 670 nm – reflektanciáját használja. Képlete: $TGI = -0.5[(670 - 480)(R_{670} - R_{550}) - (670 - 550)(R_{670} - R_{480})]$ (Hunt et al., 2013).

Su Baofeng és munkatársai (2016) vizsgálatukban egy egyszerű RGB kamerát szereltek fel egy pilóta nélküli légi járműre (UAV), hogy a szőlőtőkék állapotát nagy pontossággal értékeljék. Az így készült képekből a Structure from Motion (SfM) eljárás segítségével háromdimenziós modellt, majd ebből digitális felszínmodellt (DSM) készítettek, amelyből a növényállomány szerkezetére és a hiányzó tőkékre vonatkozó információkat nyerték ki. Az RGB képekből számított növényzeti indexek (például az Excess Green Index és a Normalized Green-Red Difference Index) alkalmasnak bizonyultak a lombfelület nagyságának, a növekedési mintázatoknak, valamint a különböző biotikus és abiotikus stresszhatásoknak – mint a fagy, kártevők vagy vízhiány – a felismerésére.

Pádua és munkatársai (2018) kutatásukban a szőlőültetvények vegetációját monitorozták egy UAV és egy RGB szenzor együttes alkalmazásával. A felvételeket a teljes vegetációs perióduson átívelően készítették, a vegetatív növekedési ciklust lefedve egészen a betakarítási szezonig, miközben terepi adatokat is gyűjtöttek az eredmények validálásához. A

légifelvételeket fotogrammetriai eljárásokkal dolgozták fel, amelyekből ortofotó mozaikokat állítottak elő, amelyet a vegetáció becslésére használtak. A szőlőtőkék más vegetációtól való elkülönítésére magasságtartomány szerinti szűrést alkalmaztak, amely lehetővé tette a szőlőtőke egyedi területének és térfogatának becslését. Az így nyert adatok közvetlen információt nyújtanak a lombkorona-kezelési beavatkozásokat igénylő zónák azonosításához, ezzel támogatva a célzott kezelési stratégiák kidolgozását.

A vegetációs indexek alkalmazhatók az öntözött szőlőtőkék lombkorona állapotára gyakorolt vízellátási hatás elemzésére is. Ennek mérésére egy pilóta nélküli légi jármű (UAV) és különböző szenzorok – köztük egy RGB kamera – szolgáltatják az adatokat. Különösen jelentős, hogy az eredmények közül a GDVI (Green Difference Vegetation Index), PVI (Perpendicular Vegetation Index) és a TGI (Triangular Greenness Index), mint könnyen hozzáférhető RGB-alapú vegetációs index, mutatták a legerősebb korrelációt a szőlő vízellátottságának standard mutatójával, a hagyományosan mért hajnali vízpoteenciállal. Ez megerősíti a robotika és a távérzékelés potenciálját a precíziós szőlészetben, mivel a TGI segítségével hatékonyan, gyorsan és költséghatékonyan monitorozható a lombzat állapota a vízellátási stressz mértékének becslésére (Tiozzo Fasiolo et al., 2023).

3 Anyag és módszer

3.1 A termőhely bemutatása

A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szőlészeti és Borászati Intézet Kecskeméti Állomásán állították be. A terület a Kunsági borvidékhez tartozik, melynek talaját többnyire a homok különböző változati adják. A térségre jellemző a magas napsütéses órák száma, az alacsony csapadékmennyiség, valamint az aszályhajlam. Emellett fagyveszélynek kitett vidék, ahol ugyan a téli fagyok jelentősége az utóbbi tíz évben csökkent, a tavaszi fagyok egyre gyakrabban fordulnak elő.

3.2 A szőlőfajta bemutatása

A vizsgált szőlőfajta a Rajnai rizling. Levele kerekded, változatosan tagolt. Erős növekedésű, ezért fokozott zöldmunkát igénylő fajta. Kisméretű, hengeres, tömött fürtje van.

3.3 Az elvégzett kezelések

A szőlőn a következő kezeléseket alkalmazták:

- KO - kontroll: A kontroll területen a szőlőt az Agrár-környezetvédelmi program szabályai szerint nem alkalmaztunk tápanyag-utánpótlást.
- Fu: Az Fu kezelés egy szervesszén alapú lombtrágya család, mely elsősorban a termésmennyiség fokozását és a termésminőség javítását szolgálja.
- Si+Fu (Szilícium és Fu kezelés): A szilícium hozzájárul a növény egészséges fejlődéséhez, növeli a betegségekkel szembeni ellenálló képességet és segít a környezeti stresszhatások enyhítésében.
- AS (Active start) - Aktív start technológia: Az Active start egy 100%-ban természetes bioaktívátor, amely természetes antioxidánsokból (pl. flavonoidokból), kis mennyiségű esszenciális mikroelemekből, aktivátorokból (pl. enzimekből) és komplexképző anyagokból (pl. piroglutamátból) áll. Megfelelő használattal hatékonyan megelőzhetők a termesztés során fellépő stresszhatások (szárazság, hőmérséklet, UV-sugárzás stb.), és szükség esetén a szőlő gyors regenerációja és harmonikus fejlődése érhető el.
- PL+HU (PlanTonic és huminsav) - A kísérleti ültetvény 2016 óta biológiai védekezés alatt áll. A „PlanTonic” növénykondicionáló készítmény kizárólag növényi anyagokat (csalán vizes kivonat + fűzfavessző olajos kivonat) tartalmaz, amelyekhez huminsav + mikroelem kezelést adtunk kiegészítőként a termés hozam és a minőség növelése érdekében. Erősíti, fokozza és aktiválja a növény természetes védekezőképességét.

- PL+HU+Si: „PlanTonic” növénykondicionáló készítmény, huminsav és szilícium.

3.4 Mintagyűjtés

A levélmintákat 2025 júliusában és augusztusában gyűjtöttük, kezelésként 50-50 darabot. A minták kezelésként több tőkéről a hajtások középső harmadából kerültek begyűjtésre. A mintákat műanyag zacskóban és hűtőben tároltuk a mérésig. A mintákat papírtörkövel szárítottuk meg a mérések előtt.

3.5 Elvégzett vizsgálatok és felhasznált eszközök

3.5.1 Klorofillkoncentráció meghatározása

A klorofillkoncentrációt Apogee MC100 hordozható készülékkel határoztuk meg, mely kalibrálva van a levelek klorofillkoncentrációjának mérésére, μmol klorofill/ m^2 egységben. A mérőeszköz két hullámhossz sugárzásáteresztő képességének arányát méri: a vöröset, amelyet a klorofill erősen elnyel, és a közeli infravöröset, amelyet a klorofill nem nyel el. Mivel a mérőeszköz a hullámhosszakot méri, így a vizsgálat roncsolásmentesen és gyorsan végezhető. Minden levélen három ponton végeztük el a méréseket, és ezeknek az értékeknek az átlagát tekintettük reprezentatívnak a mintára vonatkozóan.

3.5.2 A minták digitalizálása

A mintákat egy SONY SLT-A58 fényképezőgéppel, DT 35 mm-es F1.8 SAM lencsével rögzítettük, ISO 100-as fényérzékenységű beállítással és 1/20 másodperces záridővel. A képek egy zárt fotóboxban készültek egy Puluz LED körlámpa fényforrással.

A fényképek utófeldolgozására a GIMP alkalmazást használtam, hogy eltávolítsam az eredeti háttérrel és árnyékokat, ezáltal egységes fehér háttérrel adva a képnek, amelyet a LeafLaminaMap megfelelően tud értelmezni. Először a „Varázspálca” eszközzel távolítottam el a háttérrel, ügyelve a „Küszöbérték” megfelelő beállítására. Ha a küszöb túl kicsi, a varázspálca csak a teljesen azonos színű pixeleket jelöli ki, így a levél körül sok háttér marad, ami sok utómunkát igényel, ha pedig túl nagy a küszöb, a kijelölés átlépi a levél színárnyalatait, és a levél egy része eltűnhet. Miután a háttér nagy részét eltüntettem ezzel a funkcióval, utólagos manuális finomítással, azaz radírozással távolítottam el a megmaradt részeket, különös figyelmet fordítva a levélöblökre, melyek az árnyékok miatt gyakran kimaradtak az előzetes, varázspálcát alkalmazó háttéreltávolításból. A háttér eltávolítása egy képnél 2-3 percet vett

igénybe, a levél bonyolultságától függően. A közel 1200 minta előkészítése így összesen körülbelül 50 órát igényelt.

4. ábra: GIMP képszerkesztő használat közben
(Forrás: saját munka)



5. ábra: A kép szerkesztés előtt és azt követően
(Forrás: saját munka)



3.5.3 LeafLaminaMap

A LeafLaminaMap a Scilab szoftverrel és az Image Processing and Computer Vision Toolbox segítségével készült. A forráskód ingyenesen elérhető a GitHub platformján. A szoftver felületén betölthető a számítógépen tárolt színes RGB-felvétel, valamint rendelkezésre áll egy kamera, új kép készítéséhez is. Emellett kiválasztható, hogy mely vegetációs indexek elemzését szeretnénk elvégezni, majd a kiválasztott index kiszámított eredményei megjelennek a felületen. A vegetációs indexeket, amelyeket a program számol az 1. táblázat szemlélteti. Az összes index számított értéke mentésre kerül egy szöveges fájlba. Ez a fájl később könnyen

importálható bármely adatelemző szoftverbe. A képen a leveleket a program először szegmentálja, feltételezve a fehér hátteret, ami lehetővé teszi a levél pontos elkülönítését a háttértől. A program a betöltött színes képeket ezután a kiválasztott vegetációs index képlet szerint alakítja át. A rendszer meghatározza a kiválasztott színindex átlagértékét és szórását, valamint a kontrasztot, energiát és entrópiát.

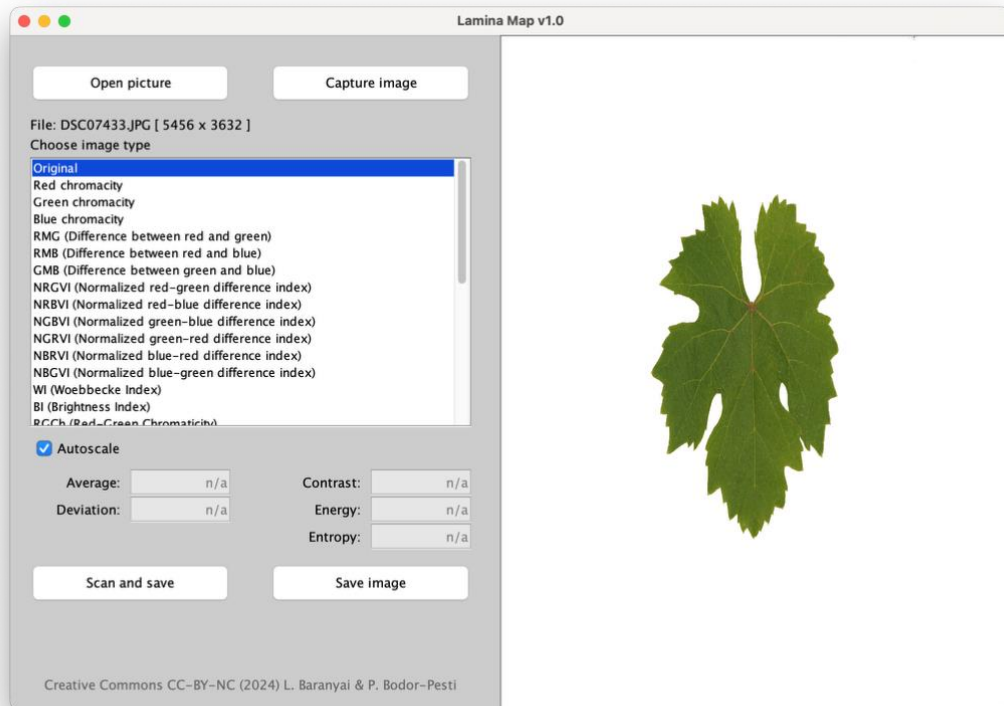
1. táblázat: A program által számolt vegetációs indexek
(Forrás: Bodor-Pesti et. al, 2025)

Index	Formula
Red chromaticity	$R/(R + G + B)$
Green chromaticity	$G/(R + G + B)$
Blue chromaticity	$B/(R + G + B)$
RMG (Difference between red and green)	$R - G$
RMB (Difference between red and blue)	$R - B$
GMB (Difference between green and blue)	$G - B$
NRGVI (Normalized red-green difference index)	$(R - G)/(R + G)$
NRBVI (Normalized red-blue difference index)	$(R - B)/(R + B)$
NGBVI (Normalized green-blue difference index)	$(G - B)/(G + B)$
NGRVI (Normalized green-red difference index)	$(G - R)/(G + R)$
NBRVI (Normalized blue-red difference index)	$(B - R)/(B + R)$
NBGVI (Normalized blue-green difference index)	$(B - G)/(B + G)$
WI (Woebbecke index)	$(G - B)/(R - G)$
BI (Brightness index)	$((R^2 + B^2 + G^2)/3)^{1/2}$
RGCh (Red-green chromaticity)	$(R - G)/(R + G + B)$
RBCh (Red-blue chromaticity)	$(R - B)/(R + G + B)$
GBCh (Green-blue chromaticity)	$(G - B)/(R + G + B)$
GRCh (Green-red chromaticity)	$(G - R)/(R + G + B)$
BRCh (Blue-red chromaticity)	$(B - R)/(R + G + B)$
BGCh (Blue-green chromaticity)	$(B - G)/(R + G + B)$
MGRVI (Modified green-red vegetation index)	$(G^2 - R^2)/(G^2 + R^2)$
RGRI (Red-green ratio index)	R/G
BGRI (Blue-green ratio index)	B/G
GLI (Green leaf index) or VDVI (Visible band-difference vegetation index)	$(2G - R - B)/(2G + R + B)$
VARI (Visible atmospherically resistance index)	$(G - R)/(G + R - B)$
ExR (Excess red vegetation index)	$(1.4 \times R - G)/(R + G + B)$
ExB (Excess blue vegetation index)	$(1.4 \times B - G)/(R + G + B)$
ExG (Excess green vegetation index)	$(2 \times G - R - B)/(R + G + B)$
ExGR (Excess green minus excess red)	$ExG - ExR$
Red intensity	R
Green intensity	G
Blue intensity	B

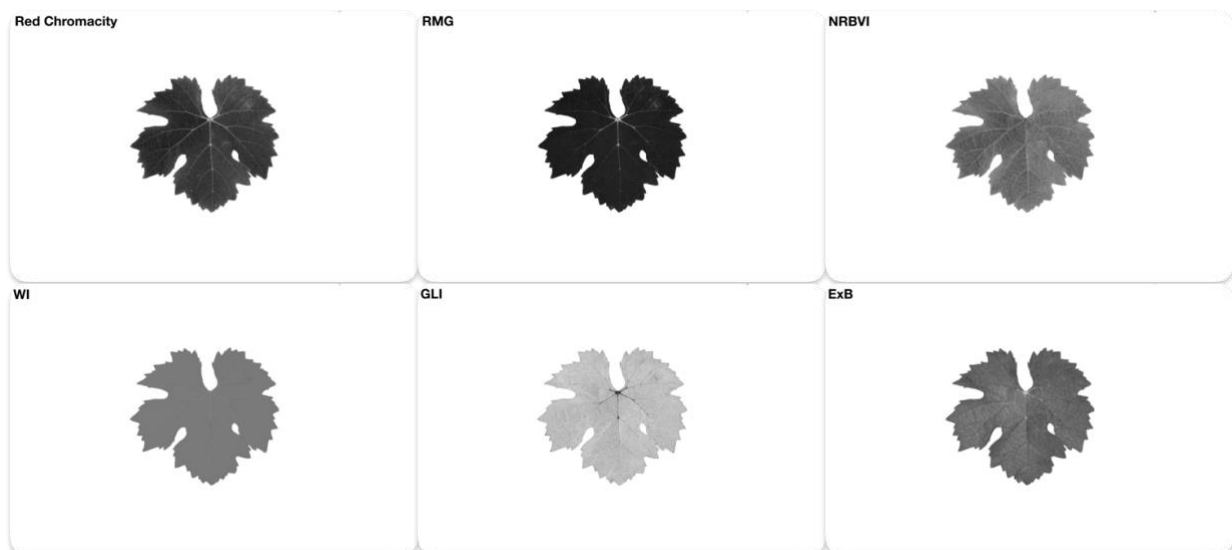
A szoftver JPG formátumú képeket tud kezelni. A képek a programba való betöltés után az eredeti RGB kép megjelenik a felületen (6.ábra). Ezután van lehetőség választani az indexek közül. A kiválasztott indexhez a program kiszámítja az átlag, szórás, kontraszt, energia és entrópia adatokat, ezzel egyidejűleg megjeleníti a levélmintázatot, melyet az eredeti RGB-értékek alapján, a pixelkészlet indexelésével állít elő (7.ábra). A „Save image” gombbal menthető az aktuális színindex képe. A „Scan and save” gombra kattintva a program lefuttatja az eredeti RGB kép összes vegetációs index transzformációt és elmenti CSV formátumban a levéllemez pixeleinek átlagát, szórását, kontrasztját, energiáját és entrópiáját. A program futtatása levelenként mintegy két percet vett igénybe, így az adatok kinyerésére összességében körülbelül 40 órát igényelt. A folyamatot követően a CSV fájlokat összesíteni kellett, ennek

eredményeként egy több ezer sorból álló adattábla jött létre, amelyet kisebb-nagyobb formázási műveleteknek vetettünk alá.

6. ábra: A LeafLaminaMap szoftver felhasználói felülete
(Forrás: saját munka)



7. ábra: A LeafLaminaMap szoftverrel számított 6 színindex
(Forrás: saját munka)



3.6 Statisztikai értékelés

3.6.1 Adatok és jellemzők

A vizsgálat alapját a Rajnai rizling fajta képezte, amelyen öt különböző lombtrágya-kezelés (AS, SiFu, Fu, PIHuSi, PIHu) hatását vizsgáltuk a szőlőlevelek klorofilltartalmára és szín–textúra jellemzőire. A kezelések mellett egy kontrollcsoport is szerepelt, amely a növények természetes, kezelés nélküli állapotát tükrözte. A levelekből huszonöt RGB-alapú vegetációs indexet és öt statisztikai jellemzőt (átlag, szórás, kontraszt, energia és entrópia) nyertünk ki a LeafLaminaMap szoftver segítségével, lehetővé téve a kezelések összehasonlítását.

3.6.2 PAST program

A PAST egy ingyenesen hozzáférhető statisztikai szoftver, amely számos funkciót kínál az adatok kezelésére, grafikus ábrázolására, egy- és többváltozós statisztikai elemzésekre. A vizsgálat során ezt a programot használtam diagramok készítésére, statisztikai mutatók kinyerésére, a klorofilltartalom és a vegetációs indexek közötti Pearson-féle korrelációk vizsgálatára, valamint a főkomponens-analízis (PCA) elvégzésre is.

3.6.3 Klorofill-összehasonlítás

A kezelések közötti klorofilltartalom összehasonlítását PAST programban készített oszlopdiagrammal végeztem, amelyek a szőlőlevél klorofilltartalmának átlagát és szórását szemlélteti kezelésenként. Ezen felül összefoglaló statisztikai táblázatot állítottam össze, amely tartalmazza a mintaszámot, minimum- és maximumértéket, átlagot, szórást és a variációs koefficienset. Ezek alapján végeztem el a klorofill-tartalmak összehasonlítását a különböző kezelések között.

3.6.4 Klorofill és a vegetációs indexek kapcsolata – korreláció vizsgálat (Pearson korreláció)

A klorofilltartalom és a vegetációs indexek közötti összefüggéseket Pearson-féle korreláció segítségével, a PAST program alkalmazásával elemeztem. A vizsgálat célja az volt, hogy feltárjam, mely vegetációs indexek és azok statisztikai jellemzői (átlag, szórás, kontraszt, energia, entrópia) mutatnak szoros lineáris kapcsolatot a klorofilltartalommal. Az elemzéshez mind a hat kezelés összesen 50 mintájának klorofilltartalmát, valamint a 25 vegetációs index öt

statisztikai jellemzőjét használtam fel. Az adatokat ezt követően a klorofill és a vegetációs indexek jellemzőinek összefüggéseire fókuszálva szűrtem. Az összefüggések erősségét a korrelációs együttható (r) értéke alapján értékeltém, amely -1 és $+1$ közötti szám. Az $r = +1$ érték tökéletes pozitív, míg az $r = -1$ tökéletes negatív lineáris kapcsolatot jelez, az $r = 0$ pedig lineáris kapcsolat hiányát mutatja. Az eredmények értékelése során a statisztikában általánosan elfogadott $p < 0,05$ szignifikanciaszintet vettem figyelembe. Az elemzés eredményei lehetővé tették a klorofilltartalommal legszorosabban korreláló indexek azonosítását, melyek a növények vegetációs állapotának jellemzésére is alkalmasnak bizonyultak.

3.6.5 Főkomponens-analízis – PCA (Principal Component Analysis)

A főkomponens-analízis (PCA) egy többváltozós statisztikai módszer, amely az adatok dimenziószámának csökkentésére és a változók közötti összefüggések feltárására szolgál. Segítségével a nagy mennyiségű adatból néhány, egymástól független főkomponens képezhető, amelyek az eredeti változók varianciájának legnagyobb részét magyarázzák. A vizsgálat során a PCA-t a vegetációs indexek és a klorofilltartalom közötti kapcsolatok, valamint a különböző kezelések közötti mintázatok feltárására alkalmaztam. A módszer lehetővé tette, hogy a változók közötti korrelációkat vizuálisan is ábrázoljuk, és azonosítsuk azokat a tényezőket, amelyek legnagyobb mértékben járultak hozzá a megfigyelt különbségekhez. A főkomponens-analízist a PAST szoftver segítségével végeztem, amely meghatározta, hogy az egyes változók mennyire járulnak hozzá a főkomponensekhez (loadings), megadta, hogy az egyes komponensek az összes adatvariancia hány százalékát magyarázzák (varianciarányad = explained variance), valamint vizuálisan ábrázolta a minták elhelyezkedését egy két dimenziós ábrán (score ploton), ahol a mintákat a kezelésekhez tartozó színek jelölték, így könnyebben áttekinthető, mely pont melyik kezeléshez tartozik.

4 Eredmények és értékelésük

4.1 Klorofilltartalom

A kezelések hatását a szőlő klorofill tartalmára, egy hordozható klorofillmérővel (Apogee MC100) értékeltem ki, kezelésenként 50 minta adatai alapján. A mért adatokat a 8. ábra szemlélteti és a 2. táblázat tartalmazza.

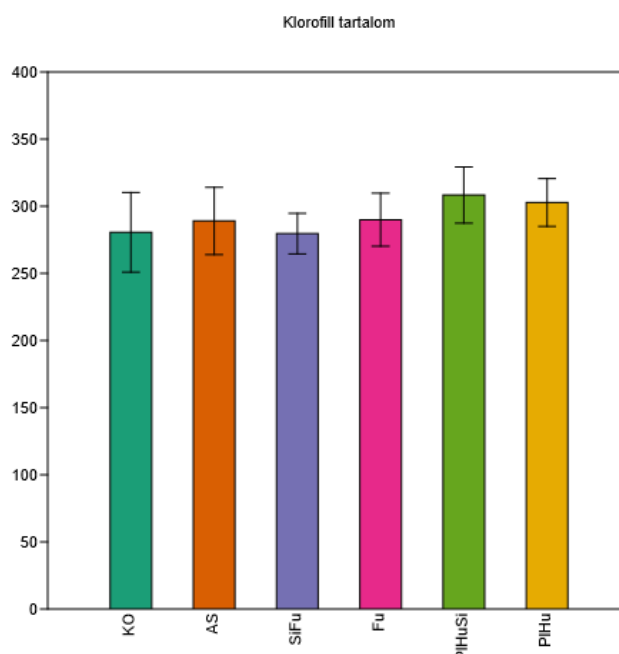
Az eredmények szerint a SiFu kezelés esetében volt a legalacsonyabb átlagos klorofilltartalom ($279,632 \mu\text{mol}/\text{m}^2$), míg a PIHuSi kezelés mutatta a legmagasabb értéket ($308,322 \mu\text{mol}/\text{m}^2$), ami mintegy 8–10%-os növekedést jelentett a kontrollhoz (KO) képest.

A minimumértékek minden kezelésnél jelentős elmozdulást mutattak a kontrollhoz képest. Míg a kontroll esetében a legalacsonyabban mért klorofilltartalom $208,2 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ volt, addig az AS kezelésnél ez az érték már $228,7 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, a legmagasabb minimumértéket pedig a PLHuSi kezelés mutatta ($259 \mu\text{mol}/\text{m}^2$).

A szórások és a variációs koefficiensek alapján a SiFu és PIHu kezelések mutatták a legstabilabb, legkisebb szórású eredményeket, míg a KO és AS csoportoknál megfigyelhető a legnagyobb a változékonyság. A variációs koefficiens értékei 5–11% között mozognak, ami jó mérési precizitást és viszonylag homogén mintát jelez. A legalacsonyabb variabilitás a PIHu (5,89%) és SiFu (5,40%) kezeléseknél volt, ami a legkonzisztensebb eredményeket jelzi.

A PIHu kezelés átlagos klorofilltartalma ($302,846 \mu\text{mol}/\text{m}^2$) alig maradt el a PIHuSi értékétől, ugyanakkor ennél kisebb szórás (17,83) és alacsonyabb variációs koefficiens (5,89%) volt megfigyelhető, ami stabilabb és egyenletesebb mérési eredményekre utal. Összességében a PIHuSi és PIHu kezelések hatottak legkedvezőbben a levelek klorofilltartalmára.

8. ábra: A szőlő leveleinek átlagos klorofilltartalma és szórása kezelések szerint (Forrás: saját munka)



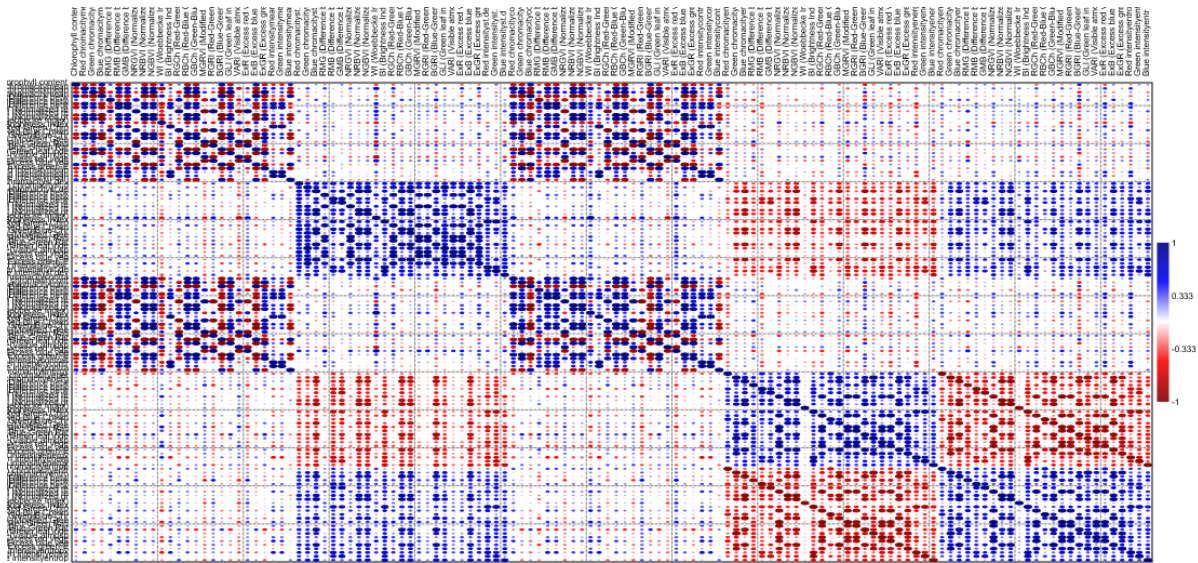
2. táblázat: A szőlő leveleinek klorofilltartalmát jellemző statisztikai mutatók kezelések szerint (Forrás: saját munka)

	KO	AS	SiFu	Fu	PIHuSi	PIHu
Mintaszám	50	50	50	50	50	50
Min	208,2	228,7	248,9	241,1	259	255,3
Max	337	337,3	309,3	335,9	342,3	369,4
Átlag	280,606	289,032	279,632	289,95	308,322	302,846
Szórás	29,6926	25,12501	15,09225	19,75687	20,96508	17,82555
Variációs koefficiens	10,5816	8,692814	5,397184	6,813889	6,799734	5,886012

4.2 Klorofill és a vegetációs indexek kapcsolata

A korrelációs elemzéshez minden rendelkezésre álló mérési adatot felhasználtam, amelyet a 9. ábra szemléltet. Az ábrán a körök nagysága a kapcsolat erősségét, míg színük annak irányát jelzi. A kék szín különböző árnyalatai a pozitív korrelációt, a piros árnyalatai pedig a negatív korrelációt mutatják. Ennek értelmében, ha a kapcsolatot kék szín jellemzi, a klorofilltartalom növekedésével az adott index értéke is nő, míg piros szín esetén a klorofilltartalom emelkedésével az index értéke csökken.

9. ábra: A klorofilltartalom és a vegetációs indexek Pearson-féle korrelációja (Forrás: saját munka)



Ezt követően a korrelációs mátrixból kiszűrtem a klorofilltartalom és a vegetációs indexek közötti korrelációkra vonatkozó értékeket. Az első oszlop a kapcsolat erősségét és irányát mutató korrelációs együtthatókat tartalmazza. Minél közelebb esik az érték az 1-hez, annál erősebb pozitív kapcsolatot jelez, míg a -1 -hez közeledve erős negatív kapcsolatot mutat. Negatív korreláció esetén tehát a klorofilltartalom növekedésével az index értéke csökken, míg pozitív korreláció esetén mindkettő együtt emelkedik. Az első sor a szignifikanciaszinteket tartalmazza, ahol a 0,05 alatti értékek statisztikailag szignifikánsnak tekinthetők, a 0,05 feletti értékek esetében pedig az összefüggés nem bizonyult szignifikánsnak.

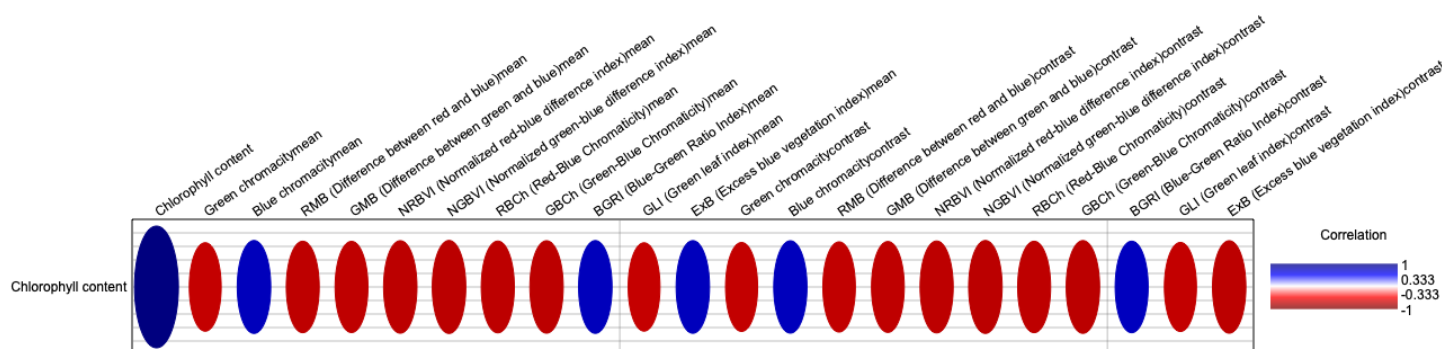
A 3. táblázat a klorofilltartalommal legszorosabb korrelációt mutató indexek eredményeit szemlélteti. Legerősebb pozitív korrelációt a NGBVI átlag, NGBVI kontraszt és a GBCh kontraszt, míg a legerősebb negatív korrelációt a Blue chromacity átlag, BGRI átlag és az ExB átlag mutatja. Az összes vegetációs index korrelációját a klorofilltartalommal az 1. sz. mellékletben található 6. táblázat tartalmazza.

Emellett a klorofilltartalommal legszorosabb kapcsolatot mutató, legrelevánsabb vegetációs indexek alapján Pearson-féle korrelációs diagramot is készítettem. A diagram célja, hogy vizuálisan szemléltesse a klorofilltartalom és a kiválasztott indexek közötti lineáris összefüggések irányát és erősségét. A 10. ábrán a színek a kapcsolat irányát (pozitív vagy negatív), míg a jelölések mérete a korreláció erősségét jelzi.

3. táblázat: A klorofilltartalommal leginkább korreláló vegetációs indexek jellemzői és azok értékei
(Forrás: saját munka)

Vegetációs indexek	Kapcsolat erőssége és iránya	Szignifikancia
NGBVI (Normalized green-blue difference index) átlag	-0,76418	1,07E-58
NGBVI (Normalized green-blue difference index) kontraszt	-0,76352	1,53E-58
GBCh (Green-Blue Chromaticity) kontraszt	-0,76224	3,09E-58
NRBVI (Normalized red-blue difference index) átlag	-0,75983	1,13E-57
ExB (Excess blue vegetation index) kontraszt	-0,75966	1,24E-57
GBCh (Green-Blue Chromaticity) átlag	-0,75947	1,38E-57
NRBVI (Normalized red-blue difference index) kontraszt	-0,75512	1,38E-56
RBCh (Red-Blue Chromaticity) átlag	-0,75405	2,43E-56
RMB (Difference between red and blue) átlag	-0,75125	1,03E-55
RBCh (Red-Blue Chromaticity) kontraszt	-0,75108	1,13E-55
GMB (Difference between green and blue) átlag	-0,74927	2,86E-55
GMB (Difference between green and blue) kontraszt	-0,74701	9,00E-55
RMB (Difference between red and blue) kontraszt	-0,74101	1,78E-53
GLI (Green leaf index) kontraszt	-0,73203	1,35E-51
Green chromacity kontraszt	-0,73096	2,22E-51
Green chromacity átlag	-0,72704	1,37E-50
GLI (Green leaf index) átlag	-0,72606	2,16E-50
BGRI (Blue-Green Ratio Index) kontraszt	0,75193	7,29E-56
Blue chromacity kontraszt	0,75875	2,02E-57
ExB (Excess blue vegetation index) átlag	0,76127	5,24E-58
BGRI (Blue-Green Ratio Index) átlag	0,76228	3,03E-58
Blue chromacity átlag	0,76361	1,47E-58

10. ábra: A klorofilltartalommal legszorosabb korrelációt mutató vegetációs indexek Pearson-féle korrelációja
(Forrás: saját munka)



4.3 Főkomponens-analízis – PCA

A főkomponens-analízis (PCA) a szőlőlevelekből számított 25 RGB-alapú vegetációs index öt leíró jellemzője (átlag, szórás, energia, entrópia, kontraszt) alapján készült. A teljes

magyarázott variancia 90,76%-át az első főkomponens (PC1) adta, ezt legjobban befolyásoló vegetációs indexeket a 4.táblázat mutatja, további 7,98%-át pedig a második főkomponens (PC2) írta le, melyet legjobban befolyásoló indexeket a 5.táblázat szemléltet. Ez azt jelzi, hogy a minták közötti eltérések döntő részét néhány fő irány jól leírja.

4. táblázat: PC1-et legjobban meghatározó indexek
(Forrás: saját munka)

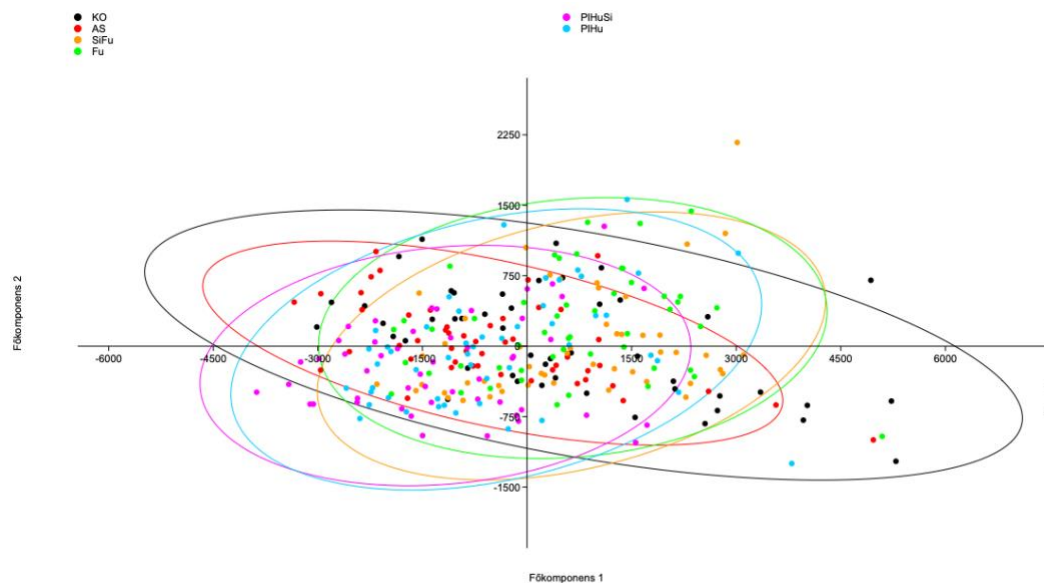
RMB (Difference between red and blue) contrast	0.28863
GMB (Difference between green and blue) contrast	0.45768
BI (Brightness Index) contrast	0.35137
Red intensity contrast	0.43492
Green intensity contrast	0.62759

5. táblázat: PC2-t legjobban meghatározó indexek
(Forrás: saját munka)

RMB (Difference between red and blue) contrast	-0.4476
GMB (Difference between green and blue) contrast	-0.61954
BI (Brightness Index) contrast	0.32584
Red intensity contrast	0.24877
Green intensity contrast	0.3092
Blue intensity contrast	0.38917

A PCA-szórásdiagramon a kezelésekhez (KO, AS, Fu, SiFu, Plhu, PlhuSi) tartozó pontok nem különülnek el markánsan egymástól, ami arra utal, hogy a különböző lombtrágya-kezelések nem eredményeztek jelentős eltérést a vizsgált vegetációs indexek kombinált mintázatában. A PCA ábra ugyanakkor azt mutatja meg, hogy a minták mennyire csoportosultak szorosan: minél kisebb területen helyezkednek el az adott kezeléshez tartozó pontok, annál hasonlóbba a vegetációs indexek adatai, míg a nagyobb pontfelhők nagyobb variabilitást, azaz heterogénebb mintázatot jeleznek. Ezt a 11.ábra szemlélteti.

11. ábra: Vegetációs indexek és klorofilltartalom értékekből számolt főkomponens (PCA) analízis
(Forrás: saját munka)



Az azonos színű pontok egymástól való távolsága tehát a mintacsoporton belüli variabilitást tükrözi. A kisebb szórású csoportok (szorosabban elhelyezkedő pontok) azt jelzik, hogy az adott kezelés egységes fiziológiai választ eredményezett, míg a nagyobb szóródású csoportokban a minták közötti különbségek nagyobb heterogenitásra utalnak. A kontroll (KO) csoport mintái nagyobb távolságban helyezkedtek el egymástól, ami nagyobb variabilitást jelez a vegetációs indexekben. Ezzel szemben a kezelések többsége kompaktabb eloszlást mutatott, vagyis a lombtrágya-kezelések hatására a levelek egységesebbé váltak a színjellemzők és textúraindexek alapján. Ez arra utal, hogy bár a kezelések nem eredményeztek drasztikus eltolódást az indexek értékeiben, stabilizáló hatásuk kimutatható: csökkentették a növények közötti különbségeket, és kiegyensúlyozottabb fiziológiai állapotot eredményeztek a levelekben a kontrollhoz képest.

5 Következtetések

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző biostimulátor-kezelések eltérő mértékben befolyásolták a Rajnai rizling szőlőfajta leveleinek klorofilltartalmát és a vegetációs indexek értékeit.

A klorofilltartalom tekintetében a PIHuSi (PlanTonic + huminsav + szilícium) és PIHu kezelések bizonyultak a leghatékonyabbnak, mivel mindkettő szignifikánsan magasabb klorofillértékeket eredményezett a kontrollhoz képest. A SiFu kezelés esetében mért legalacsonyabb klorofillszint arra utal, hogy a szervesszén alapú lombtrágya és a szilícium együttes alkalmazása önmagában nem váltott ki egymást erősítő hatást.

A Pearson-féle korrelációs elemzés során kimutatható volt, hogy a klorofilltartalom legszorosabb kapcsolatot az RGB-alapú NGBVI, GBCh, BGRI és Blue Chromacity indexekkel mutatott. Ez azt bizonyítja, hogy ezek az indexek alkalmasak a levelek klorofilltartalmának nem roncsolásos, digitális becslésére, és megbízhatóan jelzik a növényállomány aktuális fiziológiai állapotát.

A főkomponens-analízis (PCA) eredményei azt mutatták, hogy a teljes variancia több mint 90%-át az első két főkomponens magyarázta. A különböző kezelésekhez tartozó minták nem különültek el élesen egymástól, ami arra utal, hogy a biostimulátor-kezelések nem okoztak markáns, spektrális alapú különbségeket a levelek színtartományában. Ugyanakkor a kezelt minták kompaktabb eloszlása arra enged következtetni, hogy a kezelések stabilizáló hatásúak voltak, csökkentették a növények közötti variabilitást, és egységesebb fiziológiai állapotot eredményeztek a levelekben.

Összességében elmondható, hogy a biostimulátorok alkalmazása kedvezően befolyásolta a szőlő növényélettani jellemzőit, javította a klorofilltartalmat, és hozzájárult a levelek homogenitásához. Az RGB-alapú vegetációs indexek megbízhatóan alkalmazhatók a szőlő fiziológiai állapotának értékelésére, és alkalmas eszközt jelentenek a precíziós szőlőtermesztésben a biostimulátor-kezelések hatékonyságának nyomon követésére.

6 Összefoglalás

A kutatás célja a különböző biostimulátor-kezelések hatásának vizsgálata volt a Rajnai rizling (*Vitis vinifera* L.) leveleinek klorofilltartalmára és RGB-alapú vegetációs indexeire, valamint a közöttük fennálló összefüggések feltárása.

A klorofillmérések alapján a biostimulátorok alkalmazása pozitív hatást gyakorolt a növények állapotára. A PIHuSi kezelés esetében a levelek átlagos klorofilltartalma megközelítette a $310 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ -t, ami mintegy 10%-os növekedést jelentett a kezeletlen kontrollhoz képest. Hasonlóan kedvező értékeket mutatott a PIHu kezelés is, míg a SiFu és a kontroll minták között alig volt eltérés, ami arra utal, hogy a szervesszén alapú lombtrágya és szilícium kombinációja önmagában nem váltott ki érdemi klorofillnövekedést. A variációs koefficiens értékei 5 és 12% között alakultak, ami a mérések jó megbízhatóságát és a minták viszonylag homogén eloszlását jelzi.

A korrelációs elemzések alapján a klorofilltartalom és az RGB-alapú vegetációs indexek között több esetben erős, szignifikáns kapcsolat volt kimutatható. A legszorosabb összefüggések az NGBVI (Normalized Green-Blue Difference Index), a GBCh (Green-Blue Chromaticity), a BGRI (Blue-Green Ratio Index) és a Blue Chromacity indexek esetében jelentkeztek. Ugyanakkor más, a zöld és kék csatornák arányán alapuló indexek is jó korrelációt mutattak, ami alátámasztja, hogy több RGB-alapú mutató is alkalmas lehet a klorofilltartalom gyors, nem roncsolásos becslésére.

A főkomponens-analízis (PCA) szerint az adatok legnagyobb részét az első két főkomponens magyarázta ($\approx 98\%$). Az első főkomponenst elsősorban a zöld és kék színcsatornához kapcsolódó indexek befolyásolták (pl. NGBVI, GBCh, Blue Chromacity), míg a második főkomponenst a vörös–zöld arányokat kifejező indexek (pl. RGRI, VARI) határozták meg. A PCA-plot vizuálisan is szemléltette, hogy a kezelt minták rendezettebb, kompaktabb csoportokat alkottak, szemben a kontroll minták nagyobb szóródásával. Ez arra utal, hogy a biostimulátorok alkalmazása egységesebb színtani és fiziológiai állapotot eredményezett a levelekben, vagyis csökkentette a növények közötti variabilitást. Bár a kezelések között nem alakult ki éles elkülönülés, az adatok eloszlása mégis arra utal, hogy a különböző készítmények hatása stabilizáló és kiegyensúlyozó irányú volt.

Összességében megállapítható, hogy a biostimulátorok alkalmazása kedvező élettani hatást gyakorolt a szőlő leveleire, növelte a klorofilltartalmat és elősegítette a levelek egységesebb színtani jellemzőinek kialakulását. Bizonyos RGB-alapú vegetációs indexek megbízhatóan

tükrözték a mért klorofilltartalmat, ezért jól alkalmazhatók a növényállomány állapotának nem roncsolásos, objektív monitorozására.

A jövőben a későbbi mintavételek vizsgálata és ezen adatok további feldolgozása lehetőséget adhat a biostimulátor-kezelések hatásainak részletesebb és megbízhatóbb értékelésére.

7 Irodalomjegyzék

1. Ammoniaci, M., Kartsiotis, S.P., Perria, R., Storchi, P. (2021): State of the art of monitoring technologies and data processing for precision viticulture. *Agriculture* 11, 201.
2. Axiál: NDVI. Letöltés dátuma: 2025.10.04. Forrás: <https://www.axial.hu/ndvi>
3. Baofeng, S., Jinru, X., Chunyu, X., Yuyang, S., Fuentes, S. (2016): Digital surface model applied to unmanned aerial vehicle based photogrammetry to assess potential biotic or abiotic effects on grapevine canopies. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(6), 119–130.
4. Bodor- Pesti P., Horani M. (2023): Vegetációs indexek a szőlészetben. *Kertészet és Szőlészet*. 72(46), 18–19.
5. Bodor-Pesti P., Nguyen, L.L.P., Nguyen, T.B., Dam, M.S., Taranyi D., Baranyai L. (2025): LeafLaminaMap: Exploring Leaf Color Patterns Using RGB Color Indices. *AgriEngineering*, 7(39).
6. Bodor-Pesti P., Taranyi D., Nyitrainé Sárdy D.Á., Le Phuong Nguyen, L., Baranyai L. (2023): Correlation of the Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Leaf Chlorophyll Concentration with RGB Color Indices. *Horticulturae*, 9(8), 899.
7. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J. W. (2014): Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soils*, 383, 3–41.
8. Craigie, J. S. (2011): Seaweed extract stimulations in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371–393.
9. du Jardin, P. (2015): Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14.
10. Gila-Rác D. (2023): Vegetációs indexek. *Agrárágazat*, 9, 62–63.
11. Hoffmann R., Pónya Zs. (2016): Biostimulátorok a növénytermesztésben. Kaposvári Egyetem.
12. Hunt, E. R., Doraiswamy, P. C., McMurtrey, J. E., Daughtry, C. S. T., Perry, E. M., Akhmedov, B. (2013): A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21(1), 103–112.
13. Kubina L., Kalocsai R., Molnár Z., Vona V., Giczi ZS., Nagy V. (2023): Biostimulátorok szerepe a növények stressz folyamataiban. *Acta Agronomica Óváriensis*, 64(1), 127–158.

14. Matese, A., Di Gennaro, S.F. (2015): Technology in precision viticulture: A state of the art review. *International Journal of Wine Research*. 7, 69–81.
15. Oláh A. B. (2018): *Precíziós szőlőtermesztés*, Eszterházy Károly Egyetem.
16. Pádua, L., Marques, P., Hruška, J., Adão, T., Peres, E., Morais, R., Sousa, J. J. (2018): Multi-Temporal Vineyard Monitoring through UAV-Based RGB Imagery. *Remote Sensing*, 10(12), 1907.
17. Radočaj, D., Šiljeg, A., Marinović, R., Jurišić, M. (2023): State of Major Vegetation Indices in Precision Agriculture Studies Indexed in Web of Science: A Review. *Agriculture*, 13, 707.
18. Szobonya N., Jung A., Vanek B., Koch Cs., Ladányi M., Bálo B. (2019): Szőlő tőkeművelésmódok fényviszonyainak jellemzése földfelszíni és légi távérzékelési mérésekkel. *Kertgazdaság*, 51(2), 22–23.
19. Talajreform: Hogyan hasznosíthatom a vegetációs index képeket? Letöltés dátuma: 2025.10.04. Forrás: <https://talajreform.hu/tudasbazis/ndvi-kepek-hasznalata/>
20. Tiozzo Fasiolo, D., Pichierri, A., Sivilotti, P., Scalera, L. (2023): An analysis of the effects of water regime on grapevine canopy status using a UAV and a mobile robot. *Smart Agricultural Technology*, 6, 100344.
21. Veróné W. (2010): *Fotointerpretáció és távérzékelés 1.: A távérzékelés fizikai alapjai*.

8 Táblázatok és ábrák jegyzéke

8.1 Ábrák jegyzéke

1. ábra: A közeli infravörös és a látható színtartományok elnyelődése, valamint visszaverődése az egészséges és gyengélkedő növények leveleiről	10
2. ábra: Drónnal készített vegetációsindex-felvétel (NDVI) egy szőlőültetvényről	11
3. ábra: Egy RGB és egy NDVI fotó összehasonlítása ugyanarról a területről.....	12
4. ábra: GIMP képszerkesztő használat közben	16
5. ábra: A kép szerkesztés előtt és azt követően.....	16
6. ábra: A LeafLaminaMap szoftver felhasználói felülete	18
7. ábra: A LeafLaminaMap szoftverrel számított 6 színindex	18
8. ábra: A szőlő leveleinek átlagos klorofilltartalma és szórása kezelések szerint	22
9. ábra: A klorofilltartalom és a vegetációs indexek Pearson-féle korrelációja.....	23
10. ábra: A klorofilltartalommal legszorosabb korrelációt mutató vegetációs indexek Pearson-féle korrelációja (Forrás: saját munka).....	24
11. ábra: Vegetációs indexek és klorofilltartalom értékekből számolt főkomponens (PCA) analízis.....	26

8.2 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A program által számolt vegetációs indexek	17
2. táblázat: A szőlő leveleinek klorofilltartalmát jellemző statisztikai mutatók kezelések szerint	22
3. táblázat: A klorofilltartalommal leginkább korreláló vegetációs indexek jellemzői és azok értékei	24
4. táblázat: PC1-et legjobban meghatározó indexek	25
5. táblázat: PC2-t legjobban meghatározó indexek	25
6. táblázat: A klorofilltartalom és vegetációs indexek korrelációja.	33

9 Mellékletek

1. sz. melléklet

6. táblázat: A klorofilltartalom és vegetációs indexek korrelációja.

Vegetációs indexek	Kapcsolat erőssége és iránya	Szignifikancia
NGBVI (Normalized green-blue difference index)mean	-0,76418	1,07E-58
NGBVI (Normalized green-blue difference index)contrast	-0,76352	1,53E-58
GBCh (Green-Blue Chromaticity)contrast	-0,76224	3,09E-58
NRBVI (Normalized red-blue difference index)mean	-0,75983	1,13E-57
ExB (Excess blue vegetation index)contrast	-0,75966	1,24E-57
GBCh (Green-Blue Chromaticity)mean	-0,75947	1,38E-57
NRBVI (Normalized red-blue difference index)contrast	-0,75512	1,38E-56
RBCh (Red-Blue Chromaticity)mean	-0,75405	2,43E-56
RMB (Difference between red and blue)mean	-0,75125	1,03E-55
RBCh (Red-Blue Chromaticity)contrast	-0,75108	1,13E-55
GMB (Difference between green and blue)mean	-0,74927	2,86E-55
GMB (Difference between green and blue)contrast	-0,74701	9,00E-55
RMB (Difference between red and blue)contrast	-0,74101	1,78E-53
GLI (Green leaf index)contrast	-0,73203	1,35E-51
Green chromacitycontrast	-0,73096	2,22E-51
Green chromacitymean	-0,72704	1,37E-50
GLI (Green leaf index)mean	-0,72606	2,16E-50
Red chromacitycontrast	-0,68601	4,66E-43
Red chromacitymean	-0,68268	1,68E-42
ExGR (Excess green-Excess red)contrast	-0,67218	8,60E-41
ExGR (Excess green-Excess red)mean	-0,65683	2,04E-38
Green intensitycontrast	-0,52418	1,42E-22
Green intensitymean	-0,5229	1,88E-22
Red intensitycontrast	-0,49676	4,23E-20
BGRI (Blue-Green Ratio Index)energy	-0,49226	1,03E-19
Red intensitymean	-0,48872	2,04E-19
BI (Brightness Index)contrast	-0,44525	5,15E-16
BI (Brightness Index)mean	-0,44396	6,40E-16
RMG (Difference between red and green)contrast	-0,43734	1,91E-15
WI (Woebbecke Index)contrast	-0,43529	2,67E-15
WI (Woebbecke Index)st.dev.	-0,42519	1,34E-14
ExR (Excess red vegetation index)entropy	-0,38313	6,31E-12
RGCh (Red-Green Chromaticity)st.dev.	-0,34401	9,28E-10

RGCh (Red-Green Chromaticity)contrast	-0,34314	1,03E-09
ExR (Excess red vegetation index)st.dev.	-0,32847	5,61E-09
RGCh (Red-Green Chromaticity)entropy	-0,32404	9,20E-09
GBCh (Green-Blue Chromaticity)energy	-0,30188	9,72E-08
ExB (Excess blue vegetation index)energy	-0,29795	1,45E-07
ExGR (Excess green-Excess red)st.dev.	-0,2897	3,28E-07
GLI (Green leaf index)energy	-0,28408	5,63E-07
Red chromacityentropy	-0,27883	9,25E-07
Blue intensityenergy	-0,25836	5,80E-06
NRGVI (Normalized red-green difference index)st.dev.	-0,25658	6,76E-06
Blue chromacityenergy	-0,25325	8,97E-06
MGRVI (Modified Green-Red Vegetation Index)st.dev.	-0,253	9,16E-06
RMG (Difference between red and green)st.dev.	-0,25166	1,02E-05
NRGVI (Normalized red-green difference index)entropy	-0,25133	1,05E-05
MGRVI (Modified Green-Red Vegetation Index)entropy	-0,24544	1,71E-05
Red intensityentropy	-0,24371	1,97E-05
RMG (Difference between red and green)energy	-0,22016	0,00012077
Green intensityenergy	-0,21687	0,00015319
Green chromacityenergy	-0,21079	0,00023587
RGRI (Red-Green Ratio Index)st.dev.	-0,20224	0,00042399
RMB (Difference between red and blue)entropy	-0,19942	0,00051158
GMB (Difference between green and blue)energy	-0,19415	0,00072242
MGRVI (Modified Green-Red Vegetation Index)contrast	-0,18791	0,0010743
NRGVI (Normalized red-green difference index)contrast	-0,16687	0,0037478
VARI (Visible atmospherically resistance index)entropy	-0,1655	0,0040465
RGRI (Red-Green Ratio Index)entropy	-0,16391	0,0044224
Green chromacityst.dev.	-0,16153	0,0050396
NGBVI (Normalized green-blue difference index)energy	-0,14166	0,014057
MGRVI (Modified Green-Red Vegetation Index)mean	-0,1253	0,030028
GLI (Green leaf index)st.dev.	-0,1108	0,055242
WI (Woebbecke Index)entropy	-0,1088	0,059804
ExR (Excess red vegetation index)contrast	-0,10668	0,064996
RBCCh (Red-Blue Chromaticity)energy	-0,086792	0,13366
BI (Brightness Index)energy	-0,086106	0,13677
VARI (Visible atmospherically resistance index)st.dev.	-0,085509	0,13952

Blue intensityst.dev.	-0,079135	0,1716
ExGR (Excess green-Excess red)entropy	-0,074423	0,19864
Red intensityst.dev.	-0,066466	0,2511
ExGR (Excess green-Excess red)energy	-0,060396	0,2971
RMB (Difference between red and blue)st.dev.	-0,030253	0,60172
Red chromacityst.dev.	-0,011615	0,84121
NRBVI (Normalized red-blue difference index)entropy	-0,0049398	0,9321
ExR (Excess red vegetation index)mean	0,0073418	0,89923
NRBVI (Normalized red-blue difference index)energy	0,01858	0,74859
NGBVI (Normalized green-blue difference index)st.dev.	0,022085	0,70322
NRBVI (Normalized red-blue difference index)st.dev.	0,035797	0,53682
WI (Woebbecke Index)energy	0,048849	0,39919
RMG (Difference between red and green)entropy	0,053046	0,35988
BI (Brightness Index)entropy	0,061595	0,28759
VARI (Visible atmospherically resistance index)energy	0,078496	0,1751
GBCh (Green-Blue Chromaticity)st.dev.	0,079523	0,1695
RGRI (Red-Green Ratio Index)energy	0,086789	0,13367
Green chromacityentropy	0,088438	0,12642
RGRI (Red-Green Ratio Index)contrast	0,094576	0,10206
ExB (Excess blue vegetation index)st.dev.	0,10909	0,059131
NGBVI (Normalized green-blue difference index)entropy	0,11057	0,055747
VARI (Visible atmospherically resistance index)contrast	0,11646	0,043839
RGRI (Red-Green Ratio Index)mean	0,11717	0,042568
BI (Brightness Index)st.dev.	0,11911	0,039231
NRGVI (Normalized red-green difference index)mean	0,12781	0,026853
RBCh (Red-Blue Chromaticity)entropy	0,12831	0,026258
MGRVI (Modified Green-Red Vegetation Index)energy	0,13181	0,022399
NRGVI (Normalized red-green difference index)energy	0,14822	0,010149
VARI (Visible atmospherically resistance index)mean	0,1575	0,0062629
GLI (Green leaf index)entropy	0,17002	0,0031362
Red intensityenergy	0,17672	0,0021235
Blue chromacityst.dev.	0,19765	0,00057492
RMB (Difference between red and blue)energy	0,21417	0,00018591
RGCh (Red-Green Chromaticity)energy	0,21492	0,00017622

RBCh (Red-Blue Chromaticity)st.dev.	0,21974	0,00012446
Green intensityentropy	0,22005	0,0001217
Blue intensityentropy	0,2267	7,44E-05
GBCh (Green-Blue Chromaticity)entropy	0,25288	9,25E-06
Blue chromacityentropy	0,25411	8,34E-06
GMB (Difference between green and blue)st.dev.	0,25856	5,70E-06
ExB (Excess blue vegetation index)entropy	0,26157	4,39E-06
GMB (Difference between green and blue)entropy	0,26227	4,13E-06
ExR (Excess red vegetation index)energy	0,29007	3,16E-07
Red chromacityenergy	0,29173	2,69E-07
RGCh (Red-Green Chromaticity)mean	0,30181	9,80E-08
Green intensityst.dev.	0,30904	4,64E-08
BGRI (Blue-Green Ratio Index)st.dev.	0,34671	6,72E-10
RMG (Difference between red and green)mean	0,41024	1,32E-13
BGRI (Blue-Green Ratio Index)entropy	0,48106	8,82E-19
WI (Woebbecke Index)mean	0,49279	9,25E-20
Blue intensitycontrast	0,55915	4,50E-26
Blue intensitymean	0,57308	1,38E-27
BGRI (Blue-Green Ratio Index)contrast	0,75193	7,29E-56
Blue chromacitycontrast	0,75875	2,02E-57
ExB (Excess blue vegetation index)mean	0,76127	5,24E-58
BGRI (Blue-Green Ratio Index)mean	0,76228	3,03E-58
Blue chromacitymean	0,76361	1,47E-58

10 Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bakos Sarolt
A Hallgató Neptun kódja: W40RHP
A dolgozat címe: A rajnai rizling szőlőfajta klorofiltartalmának becslése szín- és textúrajellemzők alapján biostimulátoros kezelésekből
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Szőlészeti és Borászati Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Szőlészeti Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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 könyvtári repozitóri rendszerébe. 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 könyvtári repozitóri rendszerében.

Kelt: 2025 év 10 hó 30 nap

Bakos Sarolt
Hallgató aláírása

11 Konzulensi nyilatkozatok

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

BAKOS SÁROKT (Neptun azonosító: W10RHP)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Budapest, 2025 október 29.



Dr. Bodor-Pesti Péter

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

Bakos Sarolt (hallgató Neptun azonosítója: W40RHP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

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

Kelt: 2025.11.03.

Dr. Németh Krisztina

Dr. Németh Krisztina
külső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

12 Hallgatói nyilatkozat mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bakos Sarolt
Neptun-kódja:	W40RHP
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés
A munka címe:	A rajnai rizling szőlőfajta klorofilltartalmának becslése szín- és textúrajellemzők alapján biostimulátoros kezelésekben

* 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: Asszisztens vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, 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)
Ötletelés	ChatGPT, GPT-5	Eredmények

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: 2025.02.10, 2025. 10 hó 30 nap

.....

 Hallgató aláírása

.....

 Konzulens/Témavezető aláírása