

# Spektrális útikalauz drónosoknak, avagy bevezetés a szántóföldi távérzékeléses monitorozásba



## 1. Bevezetés

A mezőgazdasági távérzékelés az elmúlt évtizedekben egyre inkább előtérbe került az agráriumban, és egyre szélesebb körben alkalmazzák a gazdálkodók és agrárszakemberek. Ezeknek a technológiáknak a segítségével a termelők távolról is képesek figyelemmel kísérni a növények és a talaj állapotát, a vízellátást és a betegségek jelenlétét. A távérzékelés lehetővé teszi, hogy a gazdálkodók időben felismerjék a problémákat és hatékonyabban reagáljanak rájuk, javítva ezzel a terméshozamot és a gazdasági teljesítményt.

Ez a gyakorlati kiadvány a mezőgazdasági távérzékelés használatára összpontosít, és bemutatja, hogy miképp lehet azt hatékonyan végezni a mindennapi gyakorlatban. Az olvasók megismerhetik a külön-

böző távérzékelési módszereket, a legfontosabb eszközöket és azok alkalmazási lehetőségeit. A tapasztalatok és a tippek segítségével a gazdálkodók jobban megítélhetik a távérzékelés fontosságát, és bátorítást kaphatnak annak megismerésére, valamint arra, hogy hasznosítsák a technológiát saját gazdaságukban.

A célunk, hogy a kiadvánnyal elősegítsük az agráriumban dolgozók tájékozottságát a távérzékelésről, és inspiráljuk őket arra, hogy kihasználják a technológia adta lehetőségeket. Reméljük, hogy a kiadvány segíteni fogja az olvasókat abban, hogy hatékonyabban és eredményesebben gazdálkodjanak, és ez hozzájáruljon a fenntartható mezőgazdasági fejlődéshez.

## 2. Pár szó a precíziós gazdálkodásról

A népességnövekedési statisztikák, és a Föld erőforrásaival való fenntarthatóbb gazdálkodás az agrár-élelmiszeripari K+F szektort a hatékonyságnövelés felé tereli. Ez vezetett az adat alapú, precíziós gazdálkodás fogalmának kialakulásához.

A precíziós gazdálkodás elsőként a konvencionális, nagyüzemi mezőgazdaságban jelent meg, hiszen megvalósítása kifejezetten nagy tökeigényű beruházásokat igényelt. A konvencionális szemléleten belül célja a többlettermelés és a megtakarítások fokozása, így a gazdasági eredményesség növelése.

A precíziós gazdálkodás eszközei idővel egyre felhasználóbarátabbá és elérhetőbbé váltak, ami elterjedésüket is nagyban segíti. Az agrárdigitalizáció technológiai újításai és módszerei ma már a kisebb léptékű, fenntarthatóságra törekvő termelési rendszerek, például az ökológiai gazdálkodás szolgálá-

A precíziós, vagy újabban helyspecifikus gazdálkodás az angol Precision Farming szóösszetételből ered, amely legtöbbször azt a célt szolgálja, hogy a megfelelő inputanyagot, a megfelelő mennyiségben, jó helyen és időben, a megfelelő módon alkalmazzuk. A precíziós gazdálkodás eszköztára ugyanakkor alkalmas lehet arra is, hogy a kémiai input alapú mezőgazdaság helyett a fenntartható gazdálkodási rendszerek, így például az ökológiai gazdálkodás szolgálatába állítsuk.

tába is állíthatók, adaptálhatók annak céljaihoz és működéséhez.

A monitorozás – vagy magyarul megfigyelés – sokféle mezőgazdasági folyamatra, időbeli változásra összpontosíthat, de kiadványunkban a gyakran felmerülő szántóföldi távérzékelési vonatkozásait járjuk körbe.

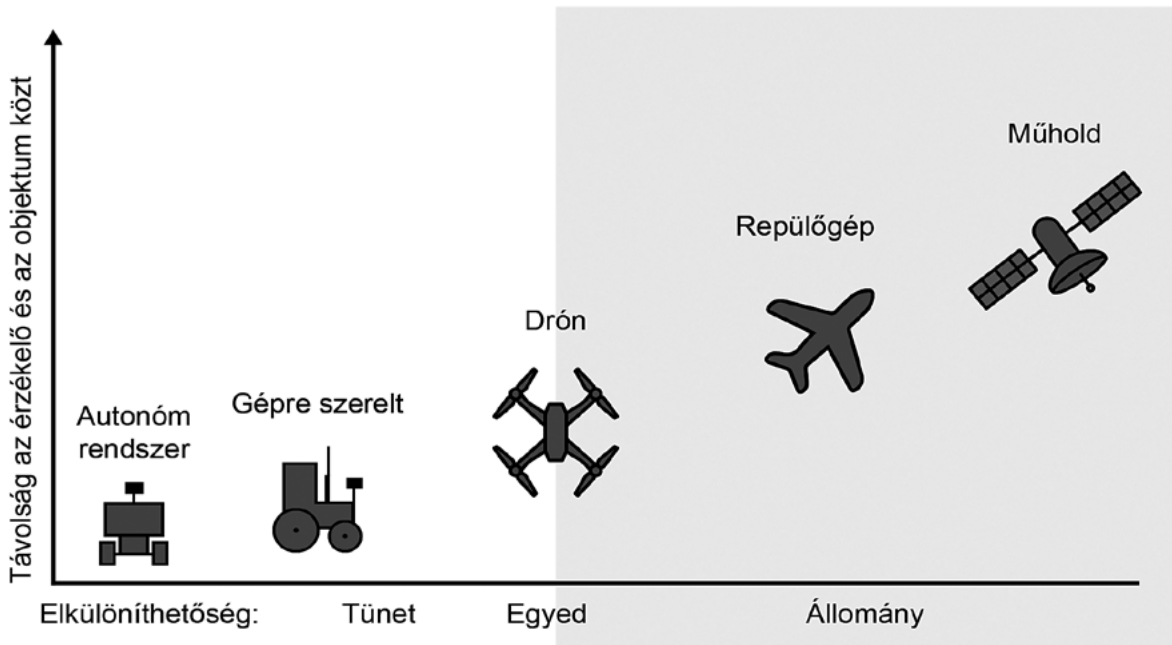
## 3. Mi a távérzékelés?

A távérzékelés olyan technológia, amelynek segítségével távolról érzékelhetők és mérhetők a Föld felszínén vagy a környezet űrben található objektumok tulajdonságai. Ez a technológia az elektromágneses spektrum különböző tartományainak (pl. látható fény, infravörös, rádióhullámok) detektálásán alapul, és lehetővé teszi az információk gyűjtését

az objektumok méretéről, formájáról, anyagáról és más jellemzőiről, anélkül, hogy fizikailag hozzá kellene érnünk azokhoz. A módszer vitathatatlanul kíméletes, mivel roncsolás-, zavarás- és vegyszermentes. A távérzékelés ma már a mindennapjaink szerves részévé vált, hiszen például beleértendő a fotográfia is.

Ha távérzékelésről beszélünk, akkor általában csak az 1960-as évekig tekintünk vissza, pedig a távérzékelés alapjául szolgáló optikai képrögzítés ennél jóval régebbi. Légi fényképek készültek már az 1850-

es években is hőlégballonról, majd galambokról, amit az 1940-es évek katonai igényeire reagálva indult kutatások tereltek az infravörös és *spektrális (színeképi) képalkotás* irányába.



1. ábra: A távérzékelés különféle eszközei

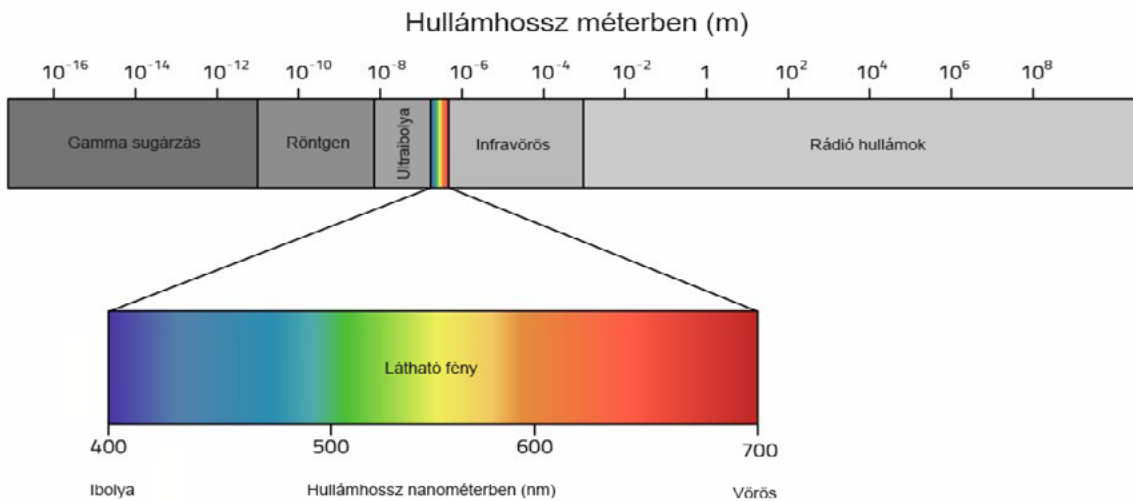
Manapság leggyakrabban a felvételezés magassága, és az érzékelt fény spektrális (színeképi) jellemzői alapján kategorizáljuk a távérzékelési rendszereket. Természetesen minden megoldásnak megvannak a maga előnyei és hátrányai. Távérzékeléssel (melynek eszközei lehetnek például a műholdak, drónok, erő- vagy munkagépre szerelt kamerák és szenzorok) változó távolságból és irányból, a kapott spektrális adatok felhasználásával, heterogén foltokat térképezhetünk fel a vizsgálni kívánt területen belül.

Bár a választott hordozó jármű is behatárolja a lehetőségeket, azonban ennél sokkal fontosabb, hogy milyen kamera kerül a hordozó eszközre, ugyanis ez alapvetően meghatározza a későbbi felhasználási területet. Kiadványunkban a két leggyakrabban használt adatforrást, az ingyenesen elérhető műholdas adatokat és a saját magunk által is elvégezhető drónos adatfelvételezést és eredményét járjuk körbe. Ami viszont mindkét esetben elengedhetetlen, hogy az adatok használatához megértsük azok hátterét, a technológia működését.

## 4. Az elektromágneses spektrum jellemzői

Fényképezés során egy felületről a visszaverődő fényt érzékeljük. Tudományosan: elektromágneses hullámok egy szűk tartományát, vagyis a látható fényt. Egy színes fénykép elkészítéséhez elég három szín, vagyis *csatorna* vagy megint másként, *hullámhossz tartomány*: a vörös, a zöld és a kék. A tudomány és a technika fejlődése során ugyan-

akkor kiderült, hogy „*az is lefényképezhető, amit nem látunk*”. Gyakran a szemünkkel nem észlelhető fényvisszaverődés érzékelésén alapulnak az úgynevezett vegetációs indexek (VI, melyekre kitérünk később), és többek közt a hőképek és éjjellátó berendezések is.



2. ábra: Az elektromágneses spektrum felosztása

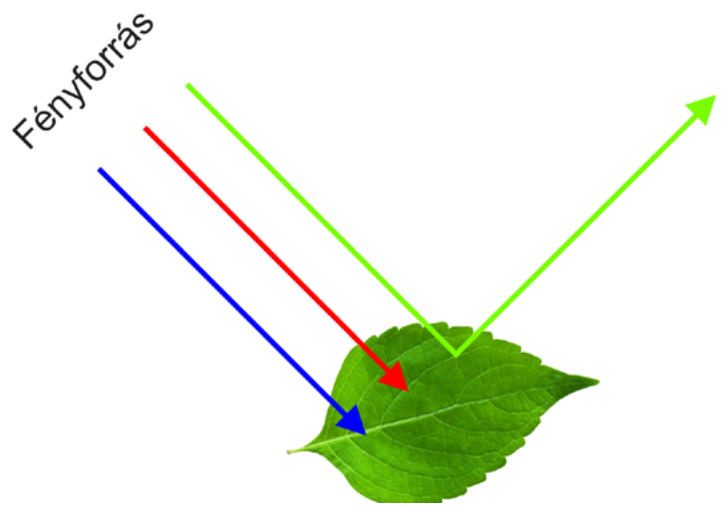
### Az elektromágneses hullámok és növényeink

A spektrális jellemzők a növények szempontjából a róluk visszaverődő fényhez kapcsolódó tulajdonságok, azaz, hogy a felületük milyen színből (mekkora hullámhosszú sugárzásból) mennyit nyel el, enged át, vagy ver vissza. A kamera szemszögéből vizsgálva a spektrális jellemzők viszont – a teljesség igénye nélkül – azok a paraméterek, melyek meghatározzák, hogy milyen (hullámhossz) tartományon belül, milyen pontosan és hányféle színt (hullámhosszt) képes megkülönböztetni és rögzíteni a gép. (A kamerákat ezért hívják multi-, hiper- vagy ultraspektrálisnak, a rögzíthető „sávok” számának függvényében.)

Az egészséges, zöld növények esetében egyértelműen a klorofilltartalom felelős a zöld színért, amit látunk, mivel a növények a napfényből a számukra hasznos kék és vörös sugarak energiáját elnyelik, a zöldet viszont visszaverik. Legfontosabb paraméter azonban, hogy a növény – egészségi állapotának függvényében – az infravörös, azaz a vörösön túli tartományban mennyi láthatatlan fényt ver vissza.

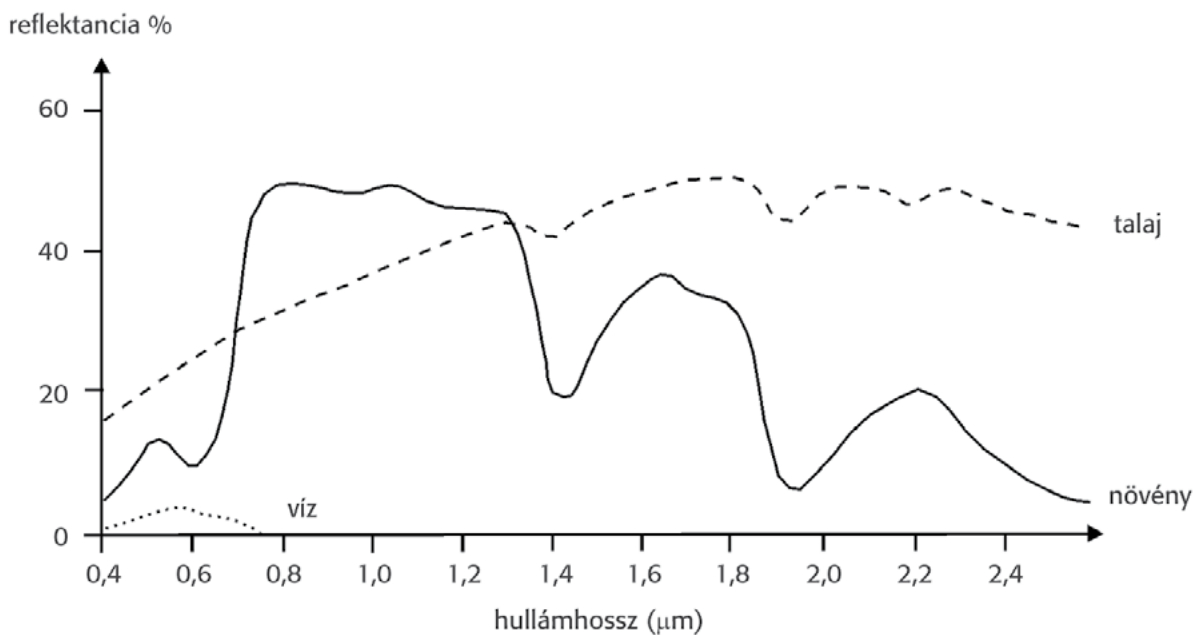
Tehát az egészséges és a beteg növények spektrális jellemzői különbözőek, mivel a betegségek vagy károsodások hatással vannak a növények anyagcseréjére, szöveteinek állapotára és a fotoszintézisére, amely az elektromágneses spektrum különböző tartományában tapasztalható eltérésekben (elnyelés/visszaverés) mutatkozik meg.

Érdekes a „csupasz” talaj- és a vízfelszín spektrális visszaverődési görbéjét is megfigyelni. A talajok esetében az elektromágneses spektrumot a 350 nm (VIS – látható) és 2500 nm (NIR – közeli infravörös) közötti tartományban érdemes vizsgálni. A talajról visszaverődő spektrum jellemzően alacsony intenzitással rendelkezik a zöld növényzethez képest. A sugárzás visszaverődését több tényező is befolyásolhatja, mint például a talaj nedvességtartalma, szerkezete, fizikai félesége, kémiai összetétele, a felszín egyenetlensége. A nedvességtartalom növekedése láthatóan csökkenti a visszaverődés mértékét.



**3. ábra:** A növények fényvisszaverése a látható színtartományban.

A víz esetében az infravörös sávban gyűjtött adatok alapján jól körülhatárolhatók és elkülöníthetők a vízfelületek (pl. tó, folyó, belvíz).



**4. ábra:** A víz, a talaj és a növényzet fényvisszaverése (Forrás: *Mucsi 2013*)

## 5. Térinformatika

Vannak esetek, amikor nem is maga a megfigyelt jelenség, hanem inkább annak pontos helye válik érdeklődésünk tárgyává. Ha például egy kukoricatábláról készített felvételeink megmutatták, hogy tömegesen tűnt el/dőlt meg a növényzet, nem árt tudni hol jöttek be a hivatlan vendégek. A jelenség helyének megállapításához, vagy területének megméréséhez fontos mérlegelni, hogy mekkora a szükséges (vagy elérhető) pontosság. Légifelvételekről egy ismert területen, ismert tereptárgyak mellett, természetesen megbecsülhető a keresett hely relatív távolsága és iránya más tereppontoktól. Ennek a pontossága megfelelő lehet például a szaktanácsadó útbaigazításához, de korántsem elegendő – többek közt – egy parcellahatár kijelöléséhez. Technológiától függően az adat (kép) rejthet további alapadaton túli, úgynevezett metaadatokat. Ilyen például a gyakran csak GPS-ként emlegetett GNSS (*Global Navigation Satellite System*) segítségével meghatározható téradat, másnéven *GEO-tag*, amely megmutatja, hogy a felvétel hol készült, és az ortomozaik készítésénél meghatározza az egyes képpontok térbeli pozícióját. A műholdas navigáció olyan pontosságot nyújt, hogy légi felvételek alapján például gépek útvonala tervezhető meg, viszont centiméter pontosan ugyan arra a helyre a gép már nem fog újból visszatérni. Ennek megoldására érhetőek el a különböző jelkorrekciók, melyek a meglévő GNSS pozíció további,

Megjegyzendő, hogy területek, útvonalak kijelölésekor csak a megfelelő pontosságú eszközzel felvett koordináták használhatók azok határainak meghatározásához, mert az online térképek és egyéb tér-adatforrások pontossága és a valóságtól való esetleges eltérése miatt a munkavégzés – akaratunk ellenére – könnyen más területre is átcúsúzhat.

akár  $\pm 2,5$  cm (eredetileg 1 inch) hibahatáron belüli pontosítását teszik lehetővé. Az egyik legfontosabb korrekciós módszer az *RTK (Real Time Kinematic)*, mely már magasabb kategóriás drónok és erő- vagy munkagépek esetében is széles körben elérhető, és megfelelő körülmények között automatikus sorköz-művelésre, a felvételeken – megfelelő fotogrammetriai feldolgozást követően – pedig centiméter pontos mérésekre is alkalmas.

A felvételek pontossága és „helyszínhez illesztése” tovább fokozható a vizsgált területen elszórtan, egyenlő eloszlásban kihelyezett állandó vagy ideiglenes, úgynevezett *GCP (ground control point – terepi referenciapont)* táblák kihelyezésével. Ezek a felvételeken jól látszanak és megkönnyítik a képek szoftveres utófeldolgozását, így pontosabb ortomozaik készülhet.



5. ábra: Jól látható helyre kihelyezett terepi referenciapont (GCP)

A térinformatikai szoftverekkel való adatelemzés ma még nem mindennapos feladat, de már számos eszköz nyújt – akár akár a hétköznapi életünkben is – segítséget ebben. A térinformatikai (GIS) eszközök az életünk részévé váltak, csakúgy, mint a távérzékelés. Térinformatikát használunk minden alkalommal, amikor megnyitjuk például a közismert internetes térkép oldalak valamelyikét, a közeli cukrászda nyitva tartásának ellenőrzéséhez. Magáncélra több ingyenes térinformatikai szoftver is elérhető, mint például a QuantumGIS (QGIS), QFiled, White-Box, melyek használata azonban már speciálisabb felhasználói ismeretet és szaktudást igényel, de az alapvető funkcióik gyorsan elsajátíthatók.

Fontos megemlíteni továbbá a térinformatikán alapuló szoftverek másik csoportját is, melyek legfontosabb képviselője hazai szemszögből a

## 6. Adatgyűjtés drónnal

Gyakran hangzik el a kérdés, hogy a drónos vagy a műholdas távérzékelés-e a jobb. A drónos felvételezésnek a műholdas adatokkal szemben megkérdőjelezhetetlen előnye az időbeli és térbeli rugalmasság. A felvételezést az időjárási és jogi körülmények megfeleltetése esetén szinte bármikor ismételtethetjük, a felvételek terepi felbontását (*GSD – Ground Sampling Distance*) a repülés magasságával változtathatjuk, így akár centiméter alatti terepi felbontást érthetünk el. A műhold alapú távérzékelés nagy előnye viszont a kiterjedt térbeli lefedettség. Valójában tehát mindkét módszernek megvan a szerepe és a jelentősége a mezőgazdasági monitorozásban. Az adatgyűjtés előtt azt kell eldöntenünk, hogy mire keresünk választ, és eszerint értékelhetjük, hogy melyik technológia az alkalmasabb. Már egy egyszerű videós drónnal is – függőlegesen lefelé (*Nadir*) irányított kamerával készített felvételekkel – jól látható jelenségek figyelhetők meg, mint például vad- és eróziós károk, állatállomány, vagy – újabban igen felkapott téma – a régi építmények nyomai a területen.

De ha még nincs drónunk, hogyan válasszuk ki az elsőt? Ha főként a mezőgazdasági monitorozás a célunk, akkor érdemes az erre a feladatra célirányosan kifejlesztett, viszonylag kis méretű és könnyen kezelhető, kompakt (tehát GPS-szel, multispektrális kamerával, érzékelőkkel egybeépített, saját szoft-

A távérzékeléssel történő – főként műholdas – adatgyűjtésről, annak technikai és elméleti háttéréről, és az adatfeldolgozásról részletesebb információk találhatóak a Digitális Agrárakadémia [honlapján](#), és az onnan elérhető Távérzékelés modul [tananyagában](#).

Gyakran előforduló hiba a felvételek kiértékelését követően, hogy a mért távolságok, területek közel sem egyeznek a valóságban mért értékekkel. Ezt leggyakrabban a vetületi rendszer okozza. A különböző vetületi rendszerek más-más esetben megfelelőek. Míg a gyakran használt WGS84 globális léptékben optimális, hazánkban az EOV sokkal pontosabb eredményeket nyújt.

[MyDroneSpace](#) mobilapplikáció. A drónhasználat, ezáltal a drónos monitorozás hatósági alapkövetelménye ugyanis az említett applikáció használata.

A drónválasztást meghatározza az eszköz teherbírása, gyári felszereltsége vagy felszerelhetősége, és a repülési ideje. Két főtípust érdemes megkülönböztetni, a merevszárnyú vagy „csupaszárny” – valóban repülőgépre hasonlító – és a multirotoros „multikopter” eszközöket. A merevszárnyú gépek lényegesen több időt képesek a levegőben tartózkodni egyetlen feltöltéssel, viszont nem képesek lassan, vagy elég lassan haladni egyes feladatok elvégzéséhez, ebből adódóan repülési magasságuk is jellemzően magas, fordulási ívük sem elhanyagolható, így jóval többet repülnek a hasznos területen kívül. Nagy területek egyidejű lerepülésére alkalmasak, míg a multirotoros drónok képesek egyhelyben lebegni is, jóformán bármilyen magasságon, ezért sokkal pontosabban képesek meghatározott pozíciókba eljutni, ott akár elidőzni a mérések időtartama alatt.

ve Környezettel és egyszerű távvezérlési megoldással „csomagban” forgalmazott) „multikopter” drónt választani.

Előzetesen mindenképp érdemes átgondolni, hogy mekkora területet szeretnénk vizsgálni, és azon milyen adatokat szeretnénk gyűjteni. Érdemes felmérni, hogy aktuálisan milyen megoldások és ajánlatok érhetők el, vagy lesznek elérhetőek a közeljövőben. Ebben mind a szaktanácsadók, mind pedig monitoring szolgáltatók segítséget tudnak nyújtani. Célszerű egy alacsonyabb kategóriájú, olcsóbb esz-

közzel elsajátítani a megfelelő alapokat: egy videó-kamerás drón nemcsak a családi események megörökítésére alkalmas, de a vadkárok felderítésében, vagy talajfoltok detektálásában is hasznos lehet.

**Multispektrális kamerával** felszerelt drónnal azonban már más adatokra és információkra számíthatunk. Jelenleg alapvető különbség, hogy a multispektrális (vagyis több – általában 4 vagy 5 – csatornán képeket rögzítő) kamerával felszerelt drónok képe jóval gyengébb minőségű és kisebb felbontású, mint az egyszerű videó kameráké. Adott magasságból tehát nagyobb objektumok lesznek csak láthatók vele. Ugyanakkor a multispektrális adatokból a vegetációról, annak relatív állapotáról nyerhetünk akár szemmel nem látható információt, és követhetjük a változásokat. Nagy különbség továbbá, hogy az adatból (vagyis a nyers felvételekből) ez esetben különböző digitális utófeldolgozásokkal állíthatunk elő számunkra hasznos *információt*.

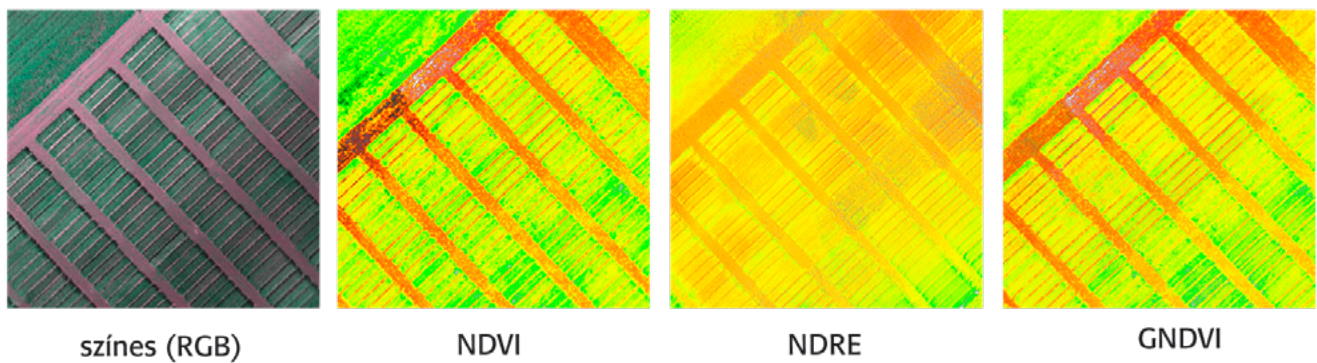
A képfeldolgozó eljárások skálája rendkívül széles, egészen a képkorrekciótól (pl. zajsűrés, objektív torzításának javítása), az egyes felvételek egyetlen nagy képpé, *ortomozai*kká való összefűzéséig. Azonban legfontosabbak az úgynevezett adat-információ transzformációs eljárások, azon belül is a vegetációs indexek (*VI*), például a gyakran emlegetett *NDVI* (normalizált különbség vegetációs index) előállítása. A vegetációs indexek matematikai számítások, amik a kép egyes képpontjain – legyen az egy levélfelület részlet vagy talajrög – az egyes csatornák (színek, hullámhosszok) értékeit szisztematikusan *hasonlítják össze* egymással, a különbségeket kiélesítve és számszerűsítve, általában nulla és egy közé eső tizedes értékkel jellemezve (ami lényegében egy szürkeárnyaltos vagy színskálás képként jeleníthető meg).

Az olvasóban felmerülhet a kérdés, hogy „de mi van, ha eltérő napszakban, más-más fényviszonyok mellett fényképezek?”

Erre nyújt megoldást a *reflektancia* számítás, vagyis a kamera felvételei mindig ugyanazzal a *referenciával* (például szürke- vagy fehértábla) kerülnek átszámításra (összehasonlításra), így a felvételek relatívak lesznek és összehasonlíthatók különböző időpontok és fényviszonyok között is. Ehhez természetesen a fényképezés megkezdése előtt, vagy befejezése után a referenciatáblát is le kell fotózni, azonos fényviszonyok mellett. Manapság a kamerák mellé környezetifény érzékelőket is szerelnek, melyek némileg megkönnyítik az adatgyűjtés és feldolgozás folyamatát, de ezek hatékonysága még gyakran nem optimális. A környezetifény érzékelők és a referenciatáblák használata mindig nagy körültekintést igényel!



**6. ábra:** Referencia panel a drón alatt, és környezetifény érzékelő a drón tetjén



7. ábra: Vegetációs indexek összehasonlítása

A vegetációs indexek alapján készített képek információ tartalma sok esetben magasabb, mint egy-egy fényképé, és az *NDVI*-on kívül számtalan más vegetációs index is létezik. Ugyanakkor a vegetációs indexek, jellegükből adódóan, minden jelenséget csak egy adott számértékként tükröznek vissza. Nem feltétlen állapítható meg belőlük, hogy mely paraméterek játszanak szerepet a változásukban. Így például a képi felvétel alapján nem jelenthető ki, hogy egy csökkenő *NDVI* értékkel rendelkező folton a talaj minősége okozza-e a vegetációs teljesítmény romlását, vagy pl. kártevők, esetleg kórokozók támadásának eredményét mutatja az index.

Ráadásul a vegetációs indexet a terepi felbontás függvényében a növényborítottság is befolyásolhatja. A kiugró értékeket mutató helyeket mindig érdemes terepi megfigyeléssel, akár szaktanácsadó közreműködésével ellenőrizni, vagy legalább úgynevezett *scouting* módban közelebbről megnézni, felvételezni a drónunkkal.

### Felszállás előtt

Magyarországon a drónhasználatra vonatkozó részletes szabályozás a Nemzeti Közlekedési Hatóság (NKH) által kiadott rendeletekben és irányelvekben található. Részben a felhasználók megnövekedett számának köszönhetően, a drónokra és azok használatára vonatkozó szabályok 2021-ben alapjaiban változtak meg, melynek célja a biztonságos drónhasználat elősegítése volt. Több portálon is tájékozódhatunk a szabályozásokkal kapcsolatban, így például a [legtér.hu](http://legtér.hu) honlapon.

Az egyik legfontosabb előírás, hogy a drónnal repülni kívánó személynek legyen drónpilóta jogosít-

ványa. A képzésre és vizsgára való jelentkezés a [KTI honlapján](http://kti.honlapjan) és a [KAV honlapján](http://kav.honlapjan) érhető el.

Elengedhetetlen továbbá, hogy a játéknak nem minősülő drónunkat regisztráljuk. Játéknak nevezzük azt a pilóta nélküli légi járművet, amely 120 gramm alatti tömegű és adatrögzítővel, például kamerával fel nem szerelt, továbbá a távpilótától legfeljebb 100 méterre képes eltávolodni. Tehát, minden olyan drónt regisztrálni szükséges, amelyre legalább egy feltétel igaz az alábbiak közül:

- meghaladja a 120 grammot
- rendelkezik adatrögzítővel
- a távpilótától messzebbre képes repülni, mint 100 méter.

A regisztráció online formában is megtörténhet a Közlekedési Hatóság honlapján, nyilvántartásba vételi díj ellenében (például természetes személyeknek: [itt](http://kti.hu).)

Fontos tudni, hogy a magyar szabályozás szerint a 250 g feletti drónokra felelősségbiztosítást kell kötni, mely hasonló a gépjárművek kötelező felelősségbiztosításához: tehát az esetlegesen okozott kárt fedezi, de a drónban keletkeztetett nem.

A jogosítvány megszerzése, a drón-regisztráció megéléte után fel kell mérnünk, hogy hol is szeretnénk repülni és annak milyen követelményei vannak. Lakott területen belül csak eseti légtér kijelölése és engedély beszerzése után lehet drónt működtetni. Ma már szerencsére mezőgazdasági terület fölött (lakott területen kívül) kevesebb feltételnek kell megfelelni, azonban figyelembe kell venni, hogy vannak légtérrészek, amelyek korlátozás alá esnek vagy egyenesen tiltott bennük a drónok használata (úgy nevezetett „*NoDroneZone*” területek), ilyenek

például a katonai légtér, a repülőterek védőzónája, a természetvédelmi területek, vagy a védett/ipari létesítmények környezete. Eseti légtér legfeljebb 7 napra igényelhető, mely során nyilatkozni kell a művelet típusáról (szabadidős tevékenység, gazdasági célú művelet vagy állami szerv feladatának végrehajtása érdekében végzett tevékenység). Az eseti légtér igénylésére vonatkozó *kérelmet* a tervezett igénybevétel előtt 30 nappal kell benyújtani a Honvédelmi Állami Légügyi Főosztályhoz.

A drón üzembe helyezése előtt meg kell győződni arról, hogy a kijelölt repülési zónában nem tartózkodik más személy, de ha mégis, akkor figyelmeztetni kell a repülési szándékunkról. Amennyiben fényképet, videót szeretnénk készíteni valakiről, ahhoz az illető személynek szóban vagy írásban szükséges hozzájárulnia. A levegőben lévő drónnak mindig elsőbbséget kell adnia minden más léggépjármű számára, és biztosítani kell a megfelelő elkülönítést.

**Figyelem! Az itt leírtak nem helyettesítik az aktuális szabályozás és a vonatkozó kötelezettségek részletes ismeretét.**

## 7. Műholdas adatok

A drónos felmérések mellett a másik kézenfekvő távérzékelési adatforrás a műhold. A műholdképek, a drónfelvételekhez hasonlóan, lehetnek nagy felbontású, színes felvételek, és többcsatornás multispektrális képek is. A felvételezési technika „működésével” és annak részleteivel a felhasználónak nem szükséges foglalkozni, illetve tisztában lenni, ahogyan a nagy távolságból eredő képhibák is automatikusan javításra kerülnek, tehát a lekérdezőnek nem kell referenciával és atmoszférikus korrekciókkal foglalkoznia. Így spektrálisan pontos és térben is kiváló pontossággal rendelkező adatokhoz férhetünk hozzá az interneten. A műholdképek egyetlen hátránya a jellemzően 100-900 m<sup>2</sup>/pixel terepi felbontás, és hogy a felvételezés idejét nem szabhatjuk meg. A műholdak általában (pl. *Sentinel* műholdak esetében) 5-10 nap visszatérési ciklussal rendelkeznek, és teljes vagy részleges felhőborítottság esetén nem szolgáltathatnak használható adatokat.

A műholdas adatok magáncélú hozzáférésére több platformon is lehetőség van, így egyszerűbb kérésekre, időbeli összehasonlításra akár térinforma-

Felszállás előtt minden alkalommal szükséges meggyőződni a felszállást fizikailag is befolyásoló, vagy az azt potenciálisan veszélyeztető tényezőkről, aktuális helyi időjárási körülményekről, mágneses viharokról, melyhez okostelefonokon különböző applikációk érhetőek el, például a webes elérhetőséggel is rendelkező *UAV Forecast* alkalmazás, amely a körülményeket összevetve, de a határértékek beállítását a felhasználó számára is fenntartva, minden szintű drónpilótának segít a felszállással kapcsolatos döntéshozatalban.

Továbbá minden drón a saját technológiájának megfelelően összeállított felszállás előtti ellenőrzőlistával, *checklist*-tel rendelkezik. A felszállás előtti ellenőrzések mind a repülő eszköz és a környezetben bekövetkező vagyoni és személyi károk, balesetek megelőzése érdekében fontosak.

tikai tudás és infrastruktúra nélkül, böngészőn keresztül, online is van lehetőség, például a <http://sentinelhub.com>-on vagy a teljesen magyar nyelvű felülettel rendelkező e-Föld (<https://efold.gov.hu/>) portálon.

### e-Föld rövid ismertető

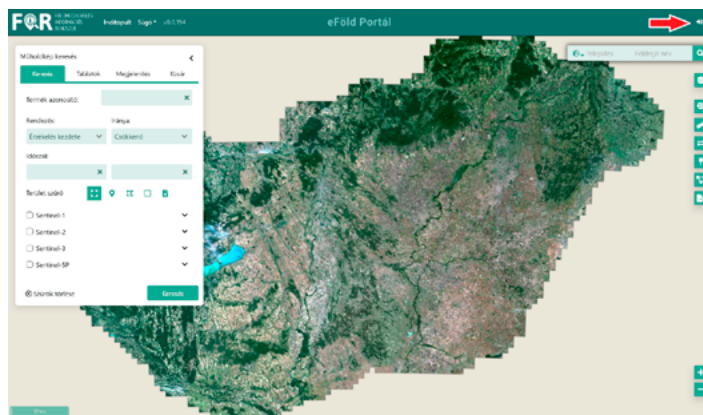
Az *e-Föld* portál mindenki számára ingyenesen elérhető, térképes alkalmazás, amely a *Földmegfigyelési Információs Rendszer (FIR)* részeként jött létre. A *Sentinel* műholdmissziók termékeinek (műholdképek) keresésében, megjelenítésében, összehasonlításában és letöltésében nyújt segítséget. A felületet használva gyorsan és könnyen kereshetjük meg akár a saját területünket is, kezeléséhez nincs szükség különösebb szaktudásra. A felületre belépve találkozhatunk az elérhető funkciók interaktív ismertetőjével, ami végigvezeti és bemutatja a felhasználónak az elérhető funkciókat, valamint ezek működését. A felület fejlécén a *Súgó*, majd a *Súgó megnyitása* ikonra kattintva további információkat kaphatunk a portál működésével kapcsolatban.

Ezen a fülön található a részletes Kézikönyv is, mely bárki számára elérhető és bejelentkezés nélkül is letölthető.

Az *e-Föld* felületén lévő funkciók használata részben korlátozott, letöltési (valamint fájlfeltöltési) funkciók csak regisztrált/belépett felhasználók számára lehetségesek, mely történhet Ügyfélkapus azonosítással, e-mail címmel, FIR regisztrációval, valamint a felsőoktatásban tanulók számára *eduID* azonosítással is (8. ábra).

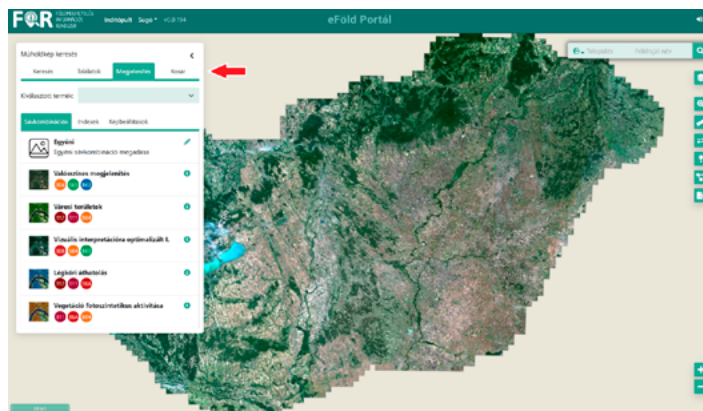
A műholdkép keresés panel nyitott állapotban jelenik meg az *e-Föld* felületen, mely alkalmas a *Sentinel* műholdképek közti keresés paramétereinek megadására, a találatok listázására, valamint a termékek kosárba helyezésére, letöltésére. Minden *Sentinel* termék rendelkezik egyedi azonosítóval, így szűrőpanelek nélkül is gyorsan kikereshető. A keresést tovább lehet szűkíteni területi meghatározással, ahol a megadott területhez, vagy feltöltött geometriával (aktuális nézet, pont, poligon) érintkező *Sentinel* tile-okhoz tartozó termékek listázhatók ki, a térképen pedig meg is jelennek az azokkal átfedő felvételek. A találatok tartalmazzák a termék bélyegképét (a teljes kép miniatűr, kicsinyített vázlata), létrejöttének időbélyegét (a pontos időpontot jelöli, amikor a felvétel készült), felhőborítottságát, valamint a termék azonosítóját. Az egyes elemeknél további funkciók érhetőek el: térkép pozíció, részletek, összehasonlító funkció, megjelenítés, valamint el tudjuk menteni a képet, majd később letölteni.

A *Sentinel-2* termékek megjelenítése során módunk van kiválasztani a sávkombinációkat (pl.: mezőgazdasági terület, városi terület, természetes felszínborítás), és előre eltárolt indexeket (*NDVI*, *EVI*, *NDWI*, *NDSI*, *WDVI-LAI*) is bekapcsolhatunk, valamint beállíthatjuk a kép fényerejét, kontrasztját, telítettségét százalékos értékét (9. ábra)



8. ábra: Az *e-Föld* portálon a bejelentkezés ikonja

A portálon található egy általános kereső is, mely segítségével településekre, földrajzi helyekre, helyrajzszámra és konkrét koordinátára is rákereshetünk. Továbbá egy eszköztár (térkép mozgatása, nagyítás, kicsinyítés, forgatás stb.), rétegkezelő, a térképi felületen történő mérésre alkalmas eszköz (vonalmérés, területmérés), valamint egy összehasonlító ikon (felvételek összehasonlítására szolgál), ezeken kívül pozíció mutató és koordináta kijelző is megtalálható a felületen. Az aktuális nézet PNG és PDF formátumban exportálható a regisztrált/bejelentkezett felhasználók számára.



9. ábra: Sávkombinációk megjelenítése

## 8. Összefoglaló

A precíziós gazdálkodás irányába való elindulás ma már nem feltétlenül a nagy befektetésen múlik. Az ingyenesen elérhető segédanyagok, adatforrások és szoftverek mind lehetővé teszik, hogy az első lépéseket csupán a kíváncsiságtól vezérelve, jelentős befektetett anyagi ráfordítás nélkül megtehesük. A légi fotók és műholdképek azonban mit sem érnek a területünk tulajdonságainak alapos ismerete nélkül. Például az ötévente kötelező, öt hektáronkénti talajmintázás nagy odafigyeléssel, a korábbi tapasztalatok, vagy látható foltok alapján történő kivitelezése szintén alapvető fontosságú ahhoz, hogy a képi adatainkat helyesen értelmezzük. Sőt, a talajmintázást a kötelező mértéken felül, egyes részterületeken érdemes lehet sűrűbb, például egyhektáros hálóban is elvégezni. Ugyanakkor tapasztalataink alapján a drónos megfigyeléssel könnyűszerrel detektálható, túl apró és sokszor nem állandó talajfoltokat nem érdemes külön mintázni.

Az ÖMKi gabonakísérleteinek monitorozása során On-farm hálózatunkon belül, azaz valódi termelési környezetben tesztelünk különböző távérzékelési eljárásokat szerte az országban. A sztenderd kisparcellás és az aktuális agrotechnikával kivitelezhető, mezoparcellás fajtakísérletek felvételezése a nagy terepi felbontás igényének megfelelően,

### Fogalmak

**GIS** (*Geographic Information System*) olyan informatikai rendszer, amely lehetővé teszi térbeli adatok gyűjtését, tárolását, szerkesztését, elemzését és megjelenítését. A térbeli adatok lehetnek például térképi adatok, helyszínek koordinátái, illetve földrajzi helyekkel kapcsolatos egyéb információk.

**Vektoros állomány** olyan GIS adatfájl, amely a térbeli objektumokat tartalmazza, és ezeket vektoros formában ábrázolja. A térbeli objektumok lehetnek például pontok, vonalak, poligonok vagy többdimenziós alakzatok, amelyeket koordináták ( $x$ ,  $y$ , és néha  $z$  – tehát magassági) segítségével határoznak meg. A vektoros állományok előnye, hogy – léptéktől/nagyítástól függetlenül – nagy pontossággal tudják ábrázolni a térbeli objektumokat, valamint lehetővé teszik az attribútumokkal történő összekapcsolást. Ez azt jelenti, hogy a térbeli objektumokhoz

jellemzően alacsony magasságból történik, multispektrális eszközökkel. A területeken idősoros felvételeket készítünk, beleértve a minőség és hozam előrejelzésére legalkalmasabb május végi, virágzás-kori időpontot is. Majd a képek különböző spektrális index számításokon és raszter feldolgozási eljárásokon esnek át, a leghatékonyabb becslési eljárások felderítése és kidolgozása céljából. A parcellákon mindeközben fizikai mintázás és gyakran SPAD, azaz terepi klorofill mérés is történik, hogy megfelelő részletességű, validálásra alkalmas adatok álljanak rendelkezésre a statisztikai analízisekhez. A gabonamintákból NIT (*Near-Infrared Transmittance*) és hagyományos, laboratóriumi eljárások is szolgáltatnak beltartalmi értékeket (pl. fehérjetartalom, sikér). Az On-farm kísérletek mezoparcelláiban gyakran találkozunk új kihívásokkal a felvételezés és a képi adatfeldolgozás szempontjából egyaránt, hiszen az üzemi kísérletekben az életszerű helyzetek (pl. belvízfolt, vetéshiba), a nagyobb területméret miatt pedig a fokozott heterogenitás is módszertani fejlesztést kíván, a kisparcellás kísérletekhez képest. Mindezek széleskörű tapasztalatokkal szolgálnak az agrárdigitalizáció szempontjából az ÖMKi szakértői részére, a következtetések pedig a gazdálkodó partnereink tapasztalatait is gazdagítják.

tartozó információkat is tárolják, például egy épület címét vagy egy állam népességszámát.

**Raszteres állomány** olyan GIS adatfájl, amelyben a térbeli adatokat cellákon (*pixeleken*, képpontokon) alapuló rácsban tárolják. Az adott területet kis, azonos méretű, négyzet alakú cellákra osztják, és minden cellához egy értéket rendelnek, például a cellában található magasságot, hőmérsékletet, szint.

**A Vegetációs indexek (VI)** olyan matematikai műveletek által meghatározott mérőszámok, amelyek az érzékelő (multispektrális kamera) által rögzített spektrum adatokból kiszámítva megmutatják a növényzet állapotára vonatkozó információkat. Ezek az indexek a növények által visszavert fény spektrális tulajdonságait használják fel, és segítenek megérteni a növényzet fotoszintetikus aktivitását, víz- és

tápanyagellátottságát, egészségi állapotát, biomasz-száját és egyéb fontos paramétereit. A vegetációs indexek kiszámítása a távérzékelés során rögzített adatokon alapul, és a növények által visszavert fény spektrumának egyes sávjaira összpontosít. Ezek az indexek a különböző spektrális sávokból kiszámított értékek. A legnépszerűbb növényzeti reflektancia indexek közé tartozik például az *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), az *NDRE* (*Normalized Difference Red Edge*) és az *EVI* (*Enhanced Vegetation Index*).

**A GNSS** rövidítés az angol „*Global Navigation Satellite System*” kifejezésre utal, amely a világméretű navigációs műholdrendszerek által nyújtott helymeghatározási lehetőségeket jelenti. A *GNSS* rendszerek általában az amerikai *GPS* (*Global Positioning System*) és az orosz *GLONASS* (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) műholdhálózatokat, valamint más hasonló rendszereket, mint például a kínai *BDS* (*BeiDou Navigation Satellite System*) vagy az európai *Galileo* rendszert tartalmazzák. A *GNSS* rendszerek segítségével a földfelszínen vagy az atmoszférában lévő vevőegységek képesek pontosan meghatározni a saját helyzetüket a földrajzi koordinátarendszerben.

**Az RTK** rövidítés az angol „*Real-Time Kinematic*” kifejezésre utal, amely egy nagyon pontos globális helymeghatározási technológia. Az *RTK* lehetővé teszi a *GNSS* vevők számára, hogy a földfelszínen nagyon pontos pozícionálási adatokat kapjanak. Az *RTK* rendszer állandó referenciapontokat – azaz a földfelszínre telepített korrekciós állomásokat – használ arra, hogy pontosítsa a *GNSS* vevők pozícióadatait. Ezek a korrekciós állomások állandóan kommunikálnak a helymeghatározásra használt eszközzel és a műholdakkal, és folyamatosan korrigálják a *GNSS* pozícionálásában lévő hibákat, így nagyon pontos helymeghatározást tesznek lehetővé.

### Megjegyzés és tanácsok

Az önálló távérzékelési adatgyűjtés a megfelelő tapasztalatok és képzettség nélkül nem helyettesíti a szakértő szolgáltatók és precíziós mezőgazdasági szaktanácsadók munkáját. Ha valamiben nem vagyunk biztosak, mindenképp célszerű érdeklődni a helyi precíziós szaktanácsadónál vagy monitorozás-szolgáltatónál. Nem szükséges minden munkafolyamatot önállóan elvégezni, a szaktanácsadók és szolgáltatók ezekben segítségünkre lehetnek.

**E kiadvány nem frissül folyamatosan, így előfordulhat, hogy a drón alapú monitorozás dinamikusan fejlődő területén elveszíti naprakészségét. Az aktuális jogszabályi háttérrel és technológiai újításokról az olvasónak kötelessége meggyőződni tevékenysége megkezdése előtt.**

## Impresszum

### **Kiadja és forgalmazza:**

ÖMKi - Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft.

Székhely: 1174 Budapest, Melczer utca 47.

Levelezési cím: H-1033 Budapest, Miklós tér 1.

[info@biokutatas.hu](mailto:info@biokutatas.hu) | [www.biokutatas.hu](http://www.biokutatas.hu)

### **„Spektrális útikalauz drónosoknak” avagy bevezetés a szántóföldi távérzékeléses monitorozásba**

**Szerzők:** Sulyán Péter Gábor (ÖMKi), Milibák Flóra (ÖMKi) és Labus Balázs (ÖMKi)

**Lektorálás:** Borbélyné Dr. Hunyadi Éva (ÖMKi) és Dr. Drexler Dóra

**Grafikai szerkesztés:** Harsányi László

ISBN 978-615-82081-1-6

**A kiadvány megjelenését a Magyar Nemzeti Vidéki Hálózat támogatta.**

© ÖMKi 2023

Az e kiadványban foglaltakat a szerzők legjobb tudásuk szerint írták le, és a lektorokkal együtt a lehető legnagyobb gondossággal ellenőrizték. Ennek ellenére a hibák lehetőségét nem tudjuk teljesen kizárni. A szerzők és a kiadó ezért nem vállalnak felelősséget a kiadványban esetlegesen előforduló pontatlanságok és abból eredő következmények miatt.

E kiadvány minden része szerzői jogokkal védett. Bármilyen felhasználás a kiadó engedélyével lehetséges. Ez különösen vonatkozik a sokszorosításra, fordításra, mikrofilm készítésére és az elektronikus rendszerekben való tárolásra és feldolgozásra.



MAGYAR NEMZETI  
VIDÉKI HÁLÓZAT

# Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet

## Miért dolgozunk?



Küldetésünk az ökológiai mezőgazdaság fejlesztése és szélesebb körű megismertetése a tudomány, a szaktanácsadás és az ismeretterjesztés eszközeivel. Olyan kutatási és innovációs feladatokon dolgozunk, melyek a gyakorlatban is alkalmazható

eredményeket hoznak, és biztosítják az ökológiai gazdálkodás és élelmiszer-termelés hosszú távú versenyképességét. Munkánkat a svájci Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL Svájc) szakmai partnereként, az Ökológiai Gazdálkodási Mozgalmak Nemzetközi Szövetsége (IFOAM) tagjaként végezzük.

## Egyedülálló kutatási program: az ÖMKi on-farm hálózata

Az ÖMKi on-farm kutatási hálózata a hazai ökológiai gazdaságokban megvalósított innovatív kísérletek rendszere. Kialakítását 2012-ben kezdtük meg, és résztvevőinek számát azóta is folyamatosan bővítjük. Az egész országot lefedő kutatási együttműködés főbb területei a szántóföldi gazdálkodás, a kertészet és a szőlészet. A kutatások, összetettségük miatt nemcsak az ökogazdálkodás fellendítését szolgálják, hanem környezetünk védelmét és élelmiszer-fogyasztásunk egészségesebb alapokra helyezését is.

## On-farm kutatási témáink, több mint 100 helyszínen:

- Búza fajták tesztelése ökológiai gazdálkodásban
- Pelyvás gabona (tönke és alakor) tájfajták és új ökonemesítésű fajták vizsgálata
- Szója fajták és termesztés-technológiai variációk vizsgálata
- Tápanyagutánpótlási kezelések és fajtaválasztás hatásainak vizsgálata burgonyában
- Digitális technológiák a fenntartható gazdálkodásban - okos szenzorok részvételi tesztelése
- Szőlősorköz gyepesítésre alkalmas sokfajú magkeverékek fejlesztése és vizsgálata a gyomelnyomó képesség és a talajnedvességre gyakorolt hatás szempontjából

## Élvonalbeli kutatások

Kutatásaink olyan témákra összpontosítanak, melyek jelentős és újszerű eredményeket hozhatnak az ökológiai élelmiszer-termelés gyakorlata számára. Nemzetközi kutatási projektekből való részvételünk pedig lehetővé teszi, hogy bekapcsoljuk a hazai gazdákat a határokat átvelő szakmai vérkeringésbe. 2012-től működtetjük az ÖMKi részvételi on-farm kutatási hálózatát, amely a hazai ökológiai gazdaságokban megvalósított innovatív kísérletek rendszere.

## Ismeretmegosztás és érdekképviselet



- Biztosítjuk az ágazaton belüli információáramlást szakmai konferenciákkal, képzésekkel, műhelytalálkozókkal.
- Tényszerű tájékoztatással látjuk el a gazdatársadalmat és a nyilvánosságot a környezettudatosságról és a fenntartható élelmiszer-fogyasztásról.

nyilvánosságot a környezettudatosságról és a fenntartható élelmiszer-fogyasztásról.

- Szakpolitikai eredményeket érünk el a döntéshozókkal folytatott párbeszéddel és az öko ágazat érdemi képviseletével szakmai- és döntés-előkészítő fórumokon.

## Szaktanácsadás

A szaktanácsadás során igazodunk partnereink fejlesztési elképzeléseihez, a megoldandó termelési feladatokhoz és az adott helyszínre kidolgozott, egyedi megoldásokkal segítjük a fenntartható gazdálkodás sikerét.

## Kapcsolat

ÖMKi – Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet  
Közhasznú Nonprofit Kft.

Iroda: 1033 Budapest, Miklós tér 1.

Tel./Fax: +36 1 244 8357, +36 1 244 8358

info@biokutatas.hu | www.biokutatas.hu

