

## Precíziós gyomdetektálási technológiák gyakorlati alkalmazhatósága

Riczu Péter – Tamás János

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen  
riczu@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A mezőgazdasági táblán vagy egy kertészeti ültetvényben a kultúrnövény állandó versengésben van a tápanyagért és vízért a gyomokkal. A gyomok által felhasznált és elpárologtatott vizet pótolni szükséges, amely többlet költségeket ró termelőkre, ami csökkentheti a növénytermesztés jövedelmezőségét. A precíziós növényvédelmi beavatkozások célja, hogy helyspecifikus technológiák alkalmazásával és optimalizált gyomirtószerek kombinációjával és módszerekkel védje meg a kultúrnövényt, miközben a környezetet minimálisan terheli. A precíziós gyomszabályozás első lépése a gyomok detektálása, melyre hagyományos és fejlett (passzív és aktív távérzékelési) gyomfelvételezési technikák állnak rendelkezésünkre. Kísérletünket a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep jégelhálóval védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott, intenzív termesztésű alma gyümölcsösében végeztük. A gyomok spektrális alapú gyomfelvételezéshez a Tetracam ADC szélessávú multispektrális kamerát, valamint a GreenSeeker 505 típusú vegetációs indexmért alkalmaztuk. A szenzorok által kalkulált indexek szoros korrelációt mutatnak a vizsgált terület gyomborítottságával. Megfelelő szoftveres környezetben gyomborítottsági térkép készült, így meghatározhatóvá vált a gyomok térbeli helyzete. A gyomok fajszintű elkülönítéséhez a Leica ScanStation C10 lézershíjű skennert által gyűjtött 3D pontfelhő adatai alapján végeztük el. A műszer segítségével a gyomok strukturális paraméterei is megismerhetővé váltak.*

**Kulcsszavak:** gyomdetektálás, Tetracam ADC, GreenSeeker 505, lézershíjű skennert

### SUMMARY

*In an agricultural field or horticultural plantation, weeds compete with cultivated plants for water and nutrients. The transpired water by the weeds is needed to be replaced, which saddles surplus costs on the farmer, which could reduce the profitability of crop production. The aim of the precision plant protection system is to protect cultivated plants by applying site-specific technologies and optimized herbicides combination and methods, without environmental damage. The first step of precision weed control is the scouting for weeds. Traditional and modern (passive and active remote sensing) weed surveying technologies are available to detect weeds. The examination was carried out in an intensive apple orchard with drip irrigation system, protected by hail net of the Study and Regional Research Farm of the University of Debrecen near Pallag. The spectral-based weed detection was worked out by the Tetracam ADC broadband multispectral camera and the GreenSeeker 505 vegetation indexmeter. A strong correlation observed between vegetation indices and weed coverage. Based on the collected data, weed maps are created in appropriate software environment, thus the spatial distributions of the weeds are determined. The species level discrimination and the recognition of weed structural parameters were executed based on the 3D point cloud data by Leica ScanStation C10 laser scanner.*

**Keywords:** weed detection, Tetracam ADC, GreenSeeker 505, laser scanning

### BEVEZETÉS

A gyomok fogalomrendszerének definiálására számos szubjektív megfogalmazás született, közülük a legegyszerűbb Hunyadi (2000) meghatározása, mely szerint a gyomok olyan növényi életformák, amelyek ott fordulnak elő, ahol nem kívánatosak. A gyomok kultúrnövényre gyakorolt negatív hatásait már több kutató vizsgálta (van Heemst, 1985; Miñarro, 2012; Casagrande et al. 2012). Úgy egy gyümölcsösben, mint ahogyan egy mezőgazdasági táblán, elsősorban a vízért, tápanyagért és sok esetben a napfényért a gyomok állandó versengésben vannak a kultúrnövényekkel (Anderson et al., 1996; Mitchem, 2005). A gyomok sokkal agresszívebbek, mint a kultúrnövények, sajátos jellemzőik teszik őket versenyképesebbé (Muhammad et al., 2009). A káros gyomborítottság több szempontból is csökkentheti a termelés jövedelmezőségét. Egyrészt, tavasszal a gyomborítású gyümölcsültetvényekben a fagykár kockázata magasabb a fedetlen talajokéhoz képest (Mitchem, 2005; Lipecki, 2006), mivel ezek a talajok nagyobb mennyiségű hőt abszorbeálnak egy nap folyamán (Thompson, 1995). Továbbá a gyomok

megfelelő életfeltételeket biztosítanak a kártevők számára, melyek kórokozók vektorai lehetnek; valamint egy fiatal gyümölcsültetvény, vagy fáskolt esetében nagy növekedési eréllyel rendelkező gyomok leárnyékolhatják a fákat (Mitchem, 2005). A korán beérő gyümölcsök érési idejét elnyújthatják a gyomok által okozott kedvezőtlen tulajdonságok (Roper, 1992). Ugyanakkor ismert tény, hogy egyes fajok esetében allelopatikus hatásmechanizmus is kialakulhat a gyom és a kultúrnövény között (Lipecki, 2006).

A növénytermesztési és növényvédelmi gyakorlatban régóta ismert tény, hogy a mezőgazdasági táblákon és a kertészeti ültetvényeken a károsítók gyakran heterogén módon, sokszor foltszerűen fordulnak elő (Nagy, 2004), rendkívül változó egyedszámmal és egyedsűrűséggel (Cardina et al., 1995; Mortensen et al., 1993), így a gyomfajok térbeli eloszlásának és jellemzésének vizsgálata sok esetben problematikus (Dille et al., 2002). A gyomirtás történetének korai időszakában, már közel ötven évvel ezelőtt is érvényes volt Ujvárosi (1957) ama megállapítása, hogy a gyomirtás eredményét az dönti el, mennyire ismerjük egy adott területen a gyomfajokat. Ennek ellenére a gyakorlat az, hogy a

táblán belül alkalmazott kezelések homogének, tehát táblaszintű technológiák valósulnak meg (Nagy, 2004), melynek egyik oka, hogy a gyomok táblán, vagy ültetvényen belüli felderítése nagy idő- és munkaerő-igényes feladat (Clay és Johnson, 1999).

Több kutatás foglalkozik olyan mérnöki megoldásokkal, melyek gyorsan, pontosan és nagy területen detektálják a gyomok térbeli változékonyságát. Az adott területen lévő foltosság azonosítására az egyik legígéretesebb megoldást a távérzékelési eszközök és módszerek nyújtják (Cardina és Doohan, 1999; Clay et al., 2004).

A távérzékelés fizikai alapja, hogy egy tárgyra beeső sugárzás ( $E_1$ ) egy része visszaverődik ( $E_r$ ), egy része elnyelődik ( $E_a$ ), egy része pedig áthalad a tárgyon ( $E_t$ ). Ezen mennyiségek egymáshoz viszonyított aránya függ a hullámhossztól ( $\lambda$ ). Mindezek alapján felírhatjuk a következő egyenletet:

$$E_r(\lambda) + E_a(\lambda) + E_t(\lambda) = E_1(\lambda)$$

Adott hullámhosszon a visszaverődés, az elnyelődés és az objektumon való áthaladás értékei egyenlők a teljes beeső sugárzás mennyiségével (Aggarwal, 2004). Ezen mennyiségek értéke mindig az adott objektum fizikai jellemzőitől, geometriai szerkezetétől függ (Molenaar, 1993). A távérzékelő műszer a tárgyról visszavert sugárzást ( $E_r$ ) begyűjti, majd a reflektancia értékekből a területre és az adott alkalmazásnak megfelelően sajátos értékeket generálhatunk (Clay et al., 2004). A távérzékelési eszközök által mért érték alapján közvetve következtethetünk a megfigyelt tárgy fizikai, esetleg kémiai jellemzőire (Molenaar, 1993). A szoláris sugárzás abszorpciója és reflexiója a különböző növényi anyagok számos kölcsönhatásának eredménye, ami számottevően különbözik a hullámhossz szerint (Berke et al., 2004). A víz, a pigmentek, a tápanyagok, és a szén mind a 400 nm és 2500 nm közötti reflektált optikai spektrumban kerülnek kifejezésre, gyakran átfedéssel, de spektrálisan különböző reflektancia viselkedéssel. A spektrum látható tartományában jelentkező minimum a növényi levelekben található pigmenthez köthető. A klorofill erősen elnyeli a 450–670 nm közötti hullámhossztartományt. Az infravörös tartomány felé haladva 700 nm-nél az egészséges növényzet visszaverődése ugrásszerűen megnő (Berke et al., 2004). A távérzékelés a biomasza-előállítás nyomon követésének egyik hatékony eszköze, amelynek segítségével ún. vegetációs indexek elkészítésére és vizsgálatára nyílik lehetőség. Ez a vizsgált növények által a fotoszintézis során előállított biomasszával, vagyis a termelt klorofillal áll összefüggésben. A növényzet a látható fényt (VIS) csak kis mértékben veri vissza, míg a közeli infravörös (NIR) tartományban (760–900 nm) a visszaverődés a növényzet klorofilltartalmával, a termelt biomasszával arányos mértékben változik. A termelt növényi tömeg úgy mutatható ki, hogy a látható (ezen belül a vörös (RED) tartományt használjuk: 630–690 nm) és a közeli infravörös tartományban visszavert hullámok intenzitásának különbségével számolunk. A felszínborítás, illetve növényi biomasza vizsgálatára a leggyakrabban használt vegetációs index a Normalizált Differenciál Vegetációs Index (NDVI) (Neményi et al., 2010). Az NDVI a NIR

és a RED tartomány más-más sávját használva a zöld biomasza mennyiségén, a klorofiltartalmon kívül egyéb fontos információt (nitrogén ellátottság, vízteralom, kártevők és betegségek által okozott stressz hatások) is szerezhetünk a vizsgált növényről.

A távérzékelési technikáknak két típusát különböztethetjük meg, úgymint passzív és aktív távérzékelés. A passzív távérzékelés során a felszínről visszaverődött napsugárzás, vagy az objektumok által kibocsátott sugárzás mennyiségét mérjük (Belényesi et al., 2008). Az aktív távérzékelés során a szenzor maga bocsájt ki elektromágneses sugárzást. A műszerből kisugárzott energiának a vizsgált objektum felszínéről visszaverődött részét mérjük aktív szenzorokkal. Az aktív távérzékeléssel végzett felvételezés napszaktól független. Ma már számos olyan eszköz, illetve szenzor áll a rendelkezésre, amellyel könnyen tudunk olyan vegetációs indexeket készíteni, melyek az aktív növényflóra megkülönböztetését végzi a talajfelszíntől. A GreenSeeker egy gyakorlatban könnyen használható földi szenzor, ami az általa kibocsátott sugárzásnak a lombzat által visszavert részéből gyorsan kalkulálja ki az NDVI értéket (Flynn et al., 2008). Az adatok kiértékeléséhez szükséges ismerni a vegetáció szerkezetét és funkcióját (Fórián et al., 2010). A spektrális tartományban végzett, széles csatornájú elemzések során létrehozott vegetációs indexekkel kizárólag a növényzet detektálása végezhető el, míg a kultúrnövény és a gyom elkülönítése problematikus. Ennek megoldására keskeny sávú, nagy spektrális felbontású eszközökre (Vrindts és DeBaerdemaeker 1996), vagy speciális alakzatfelismerő algoritmusokra és modellekre van szükség (Aitkenhead et al., 2003; Gée et al., 2008). Gyomfelvételezésnél további problémát jelent a gyomok fajszintű azonosítása. Több kutatást végeztek már a gyomfajok azonosítására, melynek alapját a levelek formájának tulajdonságai, valamint a lombzat szerkezeti struktúrája adja (Dave és Runtz 1995; Søgaard, 2005; Woebbecke et al., 1995). A gyomok gyors azonosításában a vizsgált terület lézeres letapogatása (LIDAR = Light Detection And Ranging) – az aktív távérzékelés másik típusa – nyújthat segítséget (Belényesi et al., 2008). A lézerszkennel elemzi a valós világot, illetve az objektum környezetét, miközben adatokat gyűjt a vizsgált tárgy alakjáról, formájáról, esetlegesen külső megjelenéséről (pl. színéről). Az így begyűjtött adatokból tudunk digitális 3 dimenziós modellt készíteni, ami széles körben nyújt információt számos alkalmazási területen. Óriási előnye a lézerszkennel felmérésnek a gyors és nagy számú mért pont, amiből könnyen felépíthető a vizsgált objektum modellje. A 3D modellépítés úgy történhet meg, ha ismerjük a mért pont elhelyezkedését a lézerszkennelhez viszonyítva. Ahhoz, hogy több pontot tudjunk ugyanabból a mérőállásból felvenni, a lézernyalábot el kell téríteni. A lézer eltérítésére speciális tükörrendszert használnak (Lerma García et al., 2008).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A gyomfelvételezést három távérzékelési műszerrel végeztük a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep területén. 2012. július 25-én Tetracam ADC szélessávú multispektrális digitális képalkotó rendszerrel földi felvételezést végeztünk a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep

jéghálóval védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott, intenzív termesztésű alma gyümölcsösében. A kamera három spektrális csatornájának – zöld (520 és 600 nm), vörös (650–750 nm) közeli infravörös hullámhossz (750–950 nm) – megfelelő kombinálásával szoftveresen vegetációs indexek számíthatók, mellyel a vizsgált terület vegetációs aktivitását mérhetjük. A készülék digitális felbontása 1280×1024 pixel és 1,3 megapixeles érzékelővel (Motorola CMOS) rendelkezik. A kamera a passzív távérzékelők családjába tartozik, így a felvétel készítése előtt a műszert kalibrálni kell.

A GreenSeeker 505 szenzorral szenzorral vizsgáltuk meg gyümölcsös talajfelszínének gyomborítottságát négy különböző időpontban. A műszer az aktív távérzékelők családjába tartozik, hiszen saját megvilágítást használ, így bármely napszakban használható. A GreenSeeker két hullámhossz-tartományban bocsát ki fényt egy téglalap alakú résen. A vörös (RED – 656 nm) és a közeli infravörös (NIR – 774 nm) tartományban a vizsgált objektumról visszaverődött (reflektálódott) fényt a kör alakú ablakban gyűjti be a műszer, majd a kapott értékekből számolja ki az NDVI (Normalizált Differenciál Vegetációs Index) értékeit a következő egyenlet alapján:

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

A szenzorral a földfelszíntől kb. 0,8–1 m-es távolságban végeztük az adatgyűjtést. A GreenSeeker 505 kezelőfelületeként működik a Trimble cég által forgalmazott AgGPS FmX fedélzeti számítógép, amely két beépített GNSS (GPS és GLONASS) vevővel rendelkezik a nagyobb pontosság elérése érdekében. A job-computer a külső AgGPS 25 antenna segítségével vette a műholdak jelét. További, ún. EGNOS korrekciót használva a mérési és pozícióbeli pontosság 15–20 cm-re volt csökkenthető. A FmX monitor a szélességi és hosszúsági koordináták alapján összegezte a GreenSeeker 505 NDVI adatait, amit aztán USB háttértáron keresztül egyszerűen lementettünk, majd további számítógépes feldolgozásra a Surfer 10 térinformatikai szoftvert használtuk. Az NDVI, a magassági, sebességi értékeket, a műholdak paramétereit a fedélzeti számítógép másodpercenként rögzítette a hardverén. Mind az AgGPS FmX monitort, mind pedig a GreenSeeker 505 típusú szenzort egy traktorra szereltük.

A földi lézerszkenneres mérést 2011. szeptember 2-án végeztük el. A Leica ScanStation C10 lézerszkennerek mérési elve a lézernyaláb repülési idején alapszik: egy adott közegben a fény halad egy véges és konstans sebességgel, a vizsgált objektumot elérő, majd visszajutó fény időkülönbségéből lehet kiszámítani a távolságot. A szkennerek egy zöld lézernyalábbal pásztázza a vizsgált objektumot. A lézernyaláb elterítését a Smart X-Mirror™ forgó poligon tükörrendszer biztosítja, így készítette el a műszer a több millió pontból álló pontfelhőt. A lézerszkennerek látószöge horizontálisan 360°, vertikálisan 270°. A lézerekibocsátó mellett egy integrált digitális kamera is segíti a mérést a pontfelhő kiszínezésében. A beépített 4 megapixeles (1920×1920 pixel) kamera látószöge 17°, így a kupolaszerű, automatikusan térben kiigazított, színes panorá-

ma felvétel 260 képből épül fel. A pontfelhő feldolgozása, tisztítása a Leica Cyclone 7.1 nevű szoftverrel történt.

## EREDMÉNYEK

A Tetracam ADC típusú multispektrális digitális kamera segítségével földközeli felvételeket készítettünk a vizsgált intenzív almaültetvény sorközeiről. A felvételek kiértékelése során a reflektancia értékekből kalkulált NDVI (Normalizált Differenciál Vegetációs Index) értékeket és a lombborítotttságot hasonlítottuk össze. A korrelációs vizsgálat eredménye az NDVI értékek és a lombborítotttság közötti pozitív szoros korrelációt ( $R^2=0,81$ ) mutatott (1. ábra).

1. ábra: A lombborítotttság és az NDVI érték közötti korreláció (n=7)

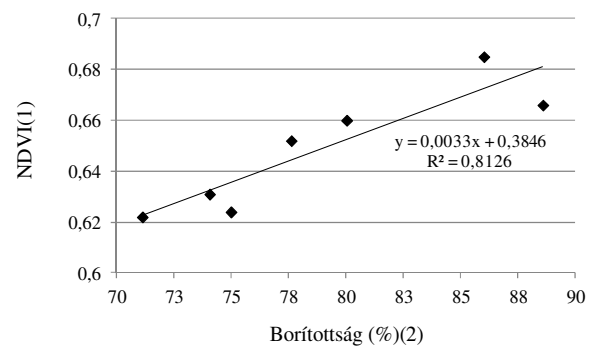


Figure 1: Correlation between canopy cover and NDVI (n=7)  
NDVI(1), Canopy cover (%) (2)

A GreenSeeker 505 vegetációs indexmóddal négy különböző időpontban felvételeztük a gyümölcsös talajfelszínét, illetve annak gyomfedettségét. A gyomdektálási adatokat a Surfer 11 térinformatikai szoftverrel dolgoztuk fel és értékeltük ki (2. ábra). A 2011. november 8-án végzett felmérés alacsonyabb NDVI értékei a terület gyommentességét mutatta (2/A ábra), a felszín átlagos NDVI értéke 0,27 volt. Ezzel szemben a vizsgált gyümölcsös bal oldali sorának magas NDVI értékei az erős gyomborítotttságnak voltak köszönhetőek (átlagos NDVI=0,67). A felmérés során a jobb oldali utolsó két sor esetében közepes NDVI értékeket mérünk, ami nem a gyomborítotttságot, hanem a vegetációs időszak vége felé közelítő gyümölcsfák lehullott leveleinek klorofill tartalmát jellemezte. Éppen ezért fontos a távérzékeléssel mért adatok elemzése során a vegetáció szerkezetének pontos ismerete. A 2012-es évben az első mérés időpontját a talaj teljes gyomirtása után időzítettük (2/B ábra), így a fedés minimális (átlagos NDVI=0,2) volt. A terület gyomfedettségének egyöntetűségét az alacsony szórás érték ( $\sigma=0,035$ ) is mutatta. A gyomok felszaporodásának szempontjából különösen érdekes eredményt kaptunk a 20 nappal később végzett felmérés során (2/C ábra), ugyanis gyomosodási folyamat révén egy élénk vegetáció alakult (átlagos NDVI=0,34), ahol az NDVI értékek gyakorisága a 0,25 és 0,35 közötti tartományban több mint 44% volt. Két hónappal később, szeptember 19-én a gyomok vegetációs aktivitása csökkent, így az átlagos NDVI érték 0,24 volt (2/D ábra).



2. ábra: A különböző időpontokban végzett gyomfelmérés eredményei

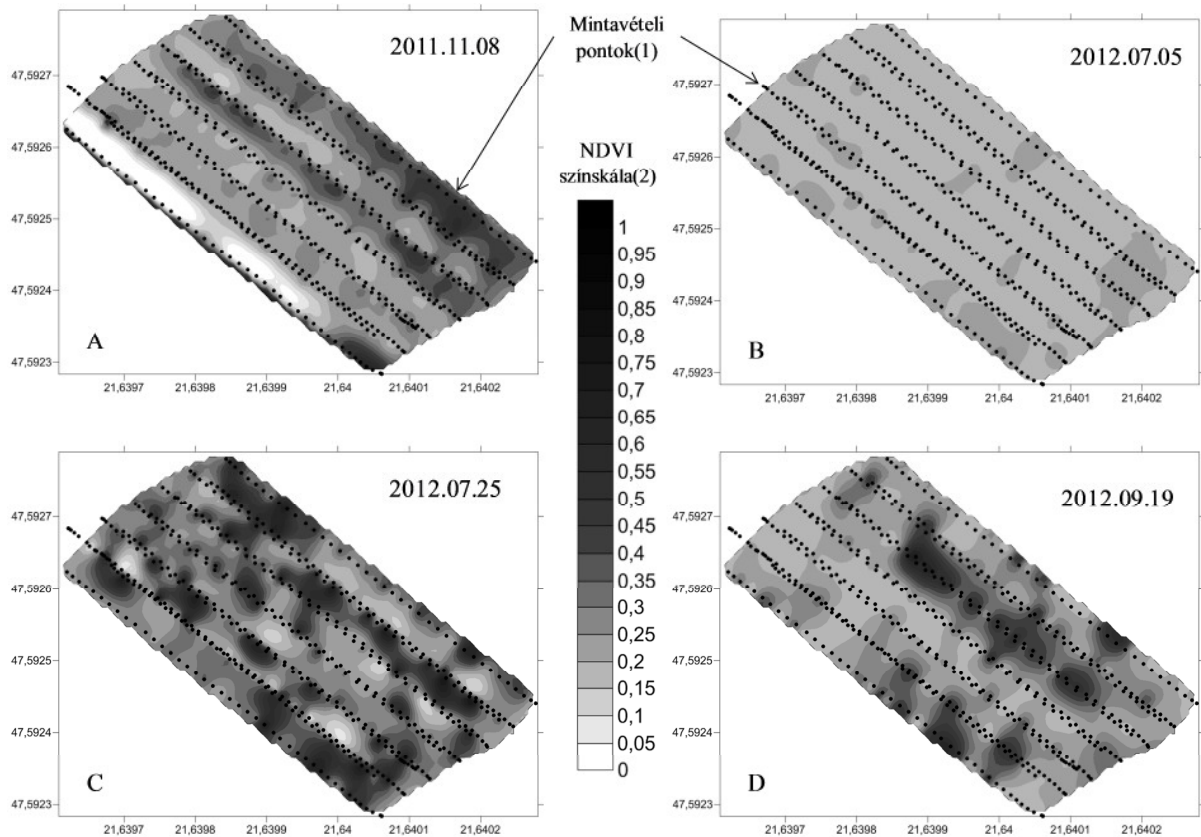


Figure 2: Weed mapping in different dates  
Sampling points(1), NDVI color scale(2)

A szoftver a térképeket interpolációval hozza létre, amely egy matematikai közelítő módszer, melynek során a nem ismert értékekre az ismert értékek alapján ad közelítést a program. Valamennyi térbeli adat interpolációját krigeléssel végeztük.

A 2011. szeptember 3-án végzett 3D lézershakkenes felmérés elsősorban a gyümölcsfák szerkezeti vizs-

gálatait célozta meg, ennek ellenére az elkészült pontfelhőből lehetőség nyílt olyan adatok kinyerésére, amely a kísérleti területen elhelyezkedő gyomok fajszintű detektálását is biztosította. A pontfelhő strukturális vizsgálata során 3 különböző gyomfajt tudunk elkülöníteni (3. ábra).

3. ábra: A 3D pontfelhőből elkülönített gyomfajok

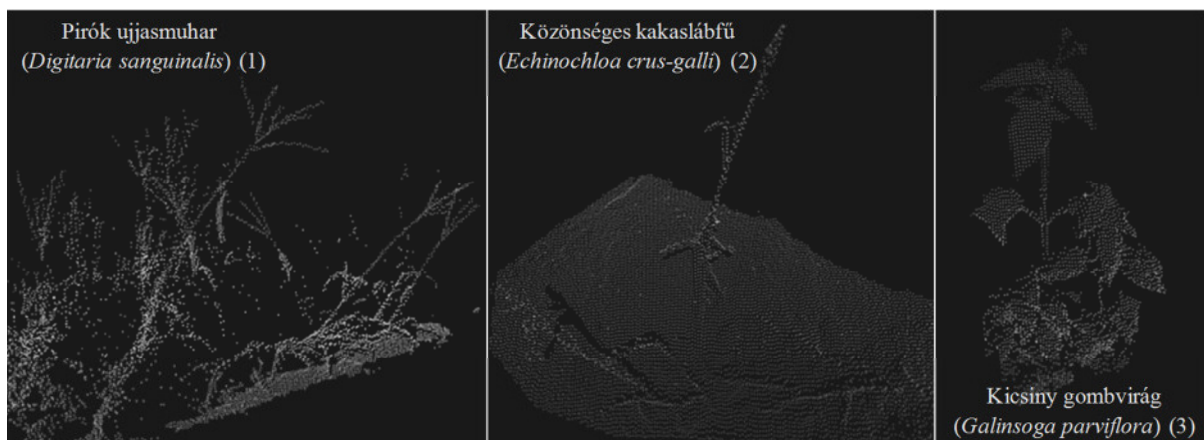


Figure 3: Discriminated weeds based on the 3D point cloud  
Large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*)(1), Common barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*)(2), Gallant soldier (*Galinsoga parviflora*)(3)

## KÖVETKEZTETÉSEK

A passzív (Tetracam ADC) és aktív (GreenSeeker 505 és Leica ScanStation C10) távérzékelési műszerek lehetőséget nyújtottak a gyomok detektálására. Az eszközök segítségével gyorsan és pontosan végeztük a gyomfelvételezést.

A GreenSeekerrel folytatott mérés eredményei alapján megállapítható, hogy az eszköz gyorsan és pontosan megismerhetjük a talajfelszínen elhelyezkedő gyomok vegetációs aktivitását, térbeli mintázatát. Ennek az alapját az adja, hogy az NDVI (Normalizált Differenciál Vegetációs Index) szoros kapcsolatban van a klorofill tartalommal, melyet a Tetracam ADC multi-spektrális kamera eredményei is bizonyították.

A lézerszkenneres mérés eredményei alapján igazolható, hogy a 3D felmérés gyorsan, megbízható, nem destruktív módon megbecsülhetővé teszi a vizsgált növény térbeli struktúráját. A Leica Cyclone-ban számolható paraméterek segítségével képesek vagyunk meghatározni a gyomok bizonyos paramétereit, melyek segítséget nyújthatnak a gyomdetektálási és gyomirtási alkalmazásokban. A modellezés során választ kaphatunk a vegetáció geometriájára; ugyanakkor további vizsgálatok szükségesek megállapítani a különböző fejlettségi állapotban lévő gyomok víztartalmát és párolgási dinamikájának megismerését. Így kaphatunk pontos képet arról, hogy milyen mértékben csökkentik a gyomok a talaj vízkészletét. Ehhez azonban fontos megismerni a vizsgált terület teljes gyomborítottságát, melyben a lézeres adatok és különböző alakzat felismerési algoritmusokkal végzett gyomazonosítás nyújthat segítséget.

A távérzékelő eszközök által gyűjtött információ és a kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a szenzorok a gyümölcsösök vegyszeres növényvédelmében is segítséget nyújthatnak. A talajfelszín aktív gyomflóráját detektálva, az adott NDVI értékek alapján permetező rendszerek mágnes kapcsolóinak szabályozásával a megfelelő helyre, optimális mennyiségű növényvédő szer juttatható ki, így növelve a gyomszabályozás hatékonyságát és csökkentve a környezet terhelését.

## KÖSZÖNETNYILVÁNYÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karának, hogy rendelkezésünkre bocsátotta a Leica ScanStation C10 3D lézerszkennerrel, mellyel hozzájárult a méréshez, illetve Váradi Attilának a Leica Geosystems Hungary Kft. dolgozójának, aki a Leica Cyclone szoftverhez biztosított elérhetőséget és munkám során segítette a 3D pontfelhő feldolgozást. Köszönettel tartozom Mesterházi Péter Ákos GPS termék menedzsernek, aki a GreenSeeker 505 típusú vegetációs indexméterrel és a Trimble AgGPS FmX fedélzeti számítógéppel végzett vizsgálatokat segítette. A publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt, valamint a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt támogatta.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## IRODALOM

- Aggarwal, S. (2004): Principles of Remote Sensing. [In: Sivakumar, M. V. K.–Roy, P. S.–Harmsen, K.–Saha, S. K. (eds.) Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology.] AGM-8. WMO/TD No. 1182. WMO. Geneva. 23–38.
- Aitkenhead, M. J.–Dalgetty, I. A.–Mullins, C. E.–McDonald, A. J. S.–Strachan, N. J. C. (2003): Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods. Computers and Electronics in Agriculture. 39. 3: 157–171.
- Andreson, C.–Stryhn, H.–Streibig, J. C. (1996) Decline of the flora in Danish arable fields. Journal of Applied Ecology. 33. 3: 619–626.
- Belényesi M.–Kristóf D.–Skutai J. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Elméleti jegyzet. Szent István Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet. Gödöllő. 78.
- Berke J.–Kelemen D.–Szabó J. (2004): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. PICTRON Kft. Keszthely.
- Cardina, J.–Doohan, D. J. (1999) Weed biology and precision farming. Site-Specific Management Guidelines SSMG-25. Potash and Phosphate Institute. Norcross. Georgia. 1–4.
- Cardina, J.–Sparrow, D. H.–McCoy, E. L. (1995): Analysis of spatial distribution of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in no-till soybean (*Glycine max*). Weed Science. 43: 258–268.
- Casagrande, M.–Joly, N.–Jeuffroy, M. H.–Bouchard, C.–David, C. (2012): Evidence for weed quantity as the major information gathered by organic farmers for weed management. Agronomy for Sustainable Development. 32. 3: 715–726.
- Clay, S. A.–Chang, J.–Clay, D. E.–Dalsted, K. (2004): Using remote sensing to develop weed management zones in soybean. Site Specific Management Guidelines SSMG-42. Potash and Phosphate Institute. South Dakota State University. 1–4.
- Clay, S. A.–Johnson G. (1999): Scouting for Weeds. Site-Specific Management Guidelines SSMG-15. Potash and Phosphate Institute. Norcross. Georgia. 1–4.
- Dave, S.–Runtz, K. (1995): Image processing methods for identifying species of plants. Proc. of WESCANEX 95. Communications, Power and Computing. Piscataway. New Jersey. IEEE. 403–408.
- Dille, J. A.–Mortesen, D. A.–Young, L. J. (2002): Predicting Weed Species Occurrence Based on Site Properties and Previous Year's Weed Presence. Precision Agriculture. 3. 3: 193–207.
- Flynn, E. S.–Dougherty, C. T.–Wendroth, O. (2008): Assessment of pasture biomass with normalized difference vegetation index from active ground-based sensors. Agronomy Journal. 100: 114–121.
- Fórián T.–Nagy A.–Tamás J. (2010): Precíziós gyümölcssteresztés térinformatikai rendszerének kiépítése. VIII. Alkalmazott Informatika Konferencia. Kaposvári Egyetem. 313–321.
- Gée, Ch.–Bossu, J.–Jones, G.–Truchetet, F. (2008): Crop/weed discrimination in perspective agronomic images. Computers and Electronics in Agriculture. 60. 1: 49–59.
- Heemst, H. D. J., van (1985): The influence of weed competition on crop yield. Agricultural Systems. 18. 2: 81–93.
- Hunyadi K. (2000): A gyomnövény fogalma és jellemzői. [In: Hunyadi K.–Béres I.–Kazinczi G. (szerk.) Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 9–16.

- Lerma García, J. L.–Van Genechten, B.–Heine, E.–Santana Quintero, M. (2008): Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia., Valencia, Spain. 241.
- Lipeczki, J. (2006): Weeds in orchards – Pros and contras. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 14. 3: 13–18.
- Miñarro, M. (2012): Weed communities in apple orchards under organic and conventional fertilization and tree-row management. *Crop Protection*. 39: 89–96.
- Mitchem, W. E. (2005): Weed Management Considerations for Peach Orchards. *Southeastern Peach Growers' Handbook*.
- Mortensen, D. A.–Johnson, G. A.–Young, L. J. (1993): Weed distribution in agricultural fields. [In: Robert, P. C.–Rust, R. H. (eds.) *Soil Specific Crop Management*.] American Society of Agronomy. Madison. WI. USA. 113–124.
- Molenaar, M. (1993): Remote Sensing as an Earth Viewing system. [In: Buiten, H. J.–Clevers, J. G. P. W. (eds.) *Land Observation by Remote Sensing – Theory and Applications*.] Overseas Publishers Association. Amsterdam. 27–36.
- Muhammad, S.–Kahn, Z.–Cheema, T. A. (2009): Distribution of Weeds in Wheat, Maize and Potato Fields of Tehsil Gojra, District Toba Tek Singh, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Sciences Research*. 15. 1: 91–105.
- Nagy S. (2004): A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Doktori értekezés. Mosonmagyaróvár. 222.
- Neményi M.–Tamás J.–Fenyvesi L.–Milics G. (2010): A távérzékelés alkalmazása a biomassza és a vízkészletek mennyiségének, valamint minőségének megállapításánál. [In: Csete L. (szerk.) *Klíma-21 Füzetek, Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*.] MTA-KSZI Klímavédelmi Kutatások Koordinációs Iroda. Budapest. 59: 51–60.
- Roper, T. R. (1992): Orchard-floor Management for Fruit Trees. University of Wisconsin-Extension. A3562. 1–4.
- Søgaard, H. T. (2005): Weed Classification by Active Shape Models. *Biosystems Engineering*. 91. 3: 271–281.
- Thompson, W. K. (1995): Frost, its nature and control. Agriculture notes (Victoria. Department of Primary Industries. Victoria. Australia) AG0088. PANDORA electronic collection. <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/farming-management/weather-climate/frost-its-nature-and-control>
- Ujvárosi M. (1957): Gyomnövények, gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 786.
- Vrindts, E.–De Baerdemaeker, J. (1996): Feasibility of weed detection with optical reflection measurements. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases*. Farnham. Surrey. U.K. British Crop Protection Council. 443–444.
- Woebbecke, D. M.–Meyer, G. E.–Von Bargen, K.–Mortensen D. A. (1995): Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transactions of ASAE* 38. 1: 271–281.