

Egyetemi doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**SPEKTRÁLIS INFORMÁCIÓK ALKALMAZÁSA A PRECÍZIÓS
GYÜMÖLCSTERMESZTÉSSEN**

Riczu Péter

Témavezető: Prof. Dr. Tamás János



DEBRECENI EGYETEM

**Kerpely Kálmán Növénytermesztési,
Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2015

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Hazánk területi elhelyezkedéséből adódóan kiváló agroökológiai feltételek biztosítják a megfelelő minőségű és mennyiségű kertészeti termékek előállítását. A hazánkban termesztett gyümölcsfajok közül az almatermésűek az egyik legnagyobb területet foglalják el. A 80-as évek közepétől folyamatosan csökkent a magyarországi almaültetvények területi megoszlása, a 2000-es évektől kezdődően a területcsökkenés mérséklődött, illetve stagnált, melynek oka az új, intenzív telepítések létrehozása volt (GONDA és APÁTI 2011).

A tradicionális termesztéstechnológia területén is fontos fejlesztési irány a víz-, energia- és növényvédőszer-takarékos rendszerek kiépítése, ahol a hagyományos technológiák a vizsgálati teret egy homogén egységként kezelik. Az újabb precíziós kertészeti rendszerek hatékonyságának növeléséhez számos új információt kell felhasználni. Az információk az ültetvényben zajló folyamatok egyre részletesebb tér- és időbeli ismeretét szolgáltatják, így biztosítanak alapadatokat a termesztéstechnológia fejlesztéséhez, az almatermesztés versenyképességének fokozásához.

Napjainkban az informatikai rendszerek gyors fejlődésével egyre tágul az informatikai eszközök és szolgáltatások köre. Az információs technológia, illetve információs társadalom valamennyi vívmánya folyamatosan épül be a modern termesztési rendszerekbe. Így integrálja a precíziós mezőgazdaság egységes, egymást kiegészítő rendszerbe a globális helymeghatározást, térinformatikát, és távérzékelést, hozzájárulva egy modern és hatékony termesztéstechnológia kialakításához. A precíziós gazdálkodás szemszögéből vizsgált technológiai elemek fejlődése lehetővé teszi az ültetvények környezetállapotának felmérését, vegetációelemzést, biomaszra változás nyomon követését, összességében valamennyi természeti folyamatot. Az újabb szenzorok egyre gyorsabb, pontosabb méréseket biztosítanak; a nagyobb terepi felbontásnak köszönhetően pedig az adatok információtartalma is megnövekszik, melyek feldolgozásához új eljárásokat szükséges bevezetni. Az adott feladatok elvégzéséhez – az adatgyűjtéstől az eredmények értelmezéséig – gyakran komoly számítástechnikai hardver- és szoftverkörnyezet szükséges.

A kutatás célkitűzései

Kutatásom általános célja intenzív almaültetvényekben – elsősorban aktív és passzív távérzékelési eszközökre alapozott – spektrális és strukturális tulajdonságok vizsgálata volt; az ültetvény jellemzőiben bekövetkező tér- és időbeli változások hatékony elkülönítése és azonosítása a teljes vegetációs időszakban. Részletes vizsgálatokat végeztem az ültetvény

vízfogyasztását befolyásoló tényezők, mint a gyomborítottság alakulásának és osztályozásának értékelésére, valamint a gyümölcsös talajfelszínének nedvesség viszonyainak vizsgálatára.

Részletes kutatási célkitűzések:

- Referencia helymeghatározási vizsgálatok elvégzése.
- A vizsgált almaültetvény – mint növénytermesztési tér – anyagi minőségének és térszerkezetének leírása távérzékelési eszközökkel.
- Az ökológiai környezet pontosabb leírása.
- Földközeli távérzékelési eljárások kertészeti alkalmazhatóságának vizsgálata.
- Távérzékelésre alapozott termésvizsgálatok értékelése, elsősorban gyümölcserés és gyümölcstömeg-becslés területén.
- Gyomdetektálási és fajszerű gyomszegmentálási feladatok végrehajtása.
- A gyümölcsös talajnedvesség viszonyainak, valamint mikrodomborzati sajátosságainak értékelése.

2. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A kutatás helyszíneinek bemutatása

Kutatásaim során két különböző helyszínen folytattam méréseket. A GPS korrekciókkal végzett vizsgálatokat a Helianthus Növénytermelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. egyik mezőgazdasági területén hajtottam végre.

A gyümölcsfák spektrális és 3D lézeres vizsgálatainak a Debreceni Egyetem, Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdasága és Tájkutató Intézete, Pallagi Génbank és Gyakorlólhelye biztosította a helyszínt. Az adatok begyűjtésének helye az ültetvény északi részén található csepegtető öntözőrendszerrel ellátott intenzív almagyümölcsöse volt. Vizsgálataim túlnyomó többsége a 2006-ban telepített (0,6 ha) ültetvény egy kisebb (0,1 ha) részletét kitevő jéghálóval védett területére koncentrált. A jéghálóval védett vizsgálati rész 6 sorból áll, a sorok hosszúsága 50 m. Az ültetvény térállását a 4 méteres sortáv és 1 méteres tőtáv jellemzi. Az vizsgált területen elhelyezkedő M9 alanyú almafajták területi megoszlását tekintve két sor *Golden Reinders*, két sor *Early Gold*, egy sor *Gala Galaxy*, egy sor pedig *Gala Must* almafajtából állt.

Helymeghatározási és vezérlési vizsgálatok bemutatása

A helymeghatározási és automatikus kormányzási pontossági vizsgálatomat az adonyi székhelyű Helianthus Növénytermelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. egyik szántóföldi területén (blokkazonosító: JJRDJ-5-09) végeztem el. A méréssorozatra 2011. augusztus 11-17-e között került sor. A mérések alkalmával egy Trimble Autopilot (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA, USA) hidraulikus robotpilóta rendszerrel felszerelt és egy FmX (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA, USA) fedélzeti számítógép által működtetett New Holland T 6030 traktor kormányzási pontosságát vizsgáltam. A traktorba két vevőkészüléket helyeztem el, így az egyik (FmX_1) a pozicionálási adatokat rögzítette, a másik (FmX_2) a vezérlési feladatokat látta el. A tesztávok kb. 130 m hosszú, geodéziailag kitűzött egyenes szakaszok voltak. Az automatikus kormányzás pontosságát 10 ismétlésben végeztem el észak-dél (É-D), dél-észak (D-É), kelet-nyugat (K-Ny) és nyugat-kelet (Ny-K) irányokban. Az ismétléseket minden irányból elvégeztem, különböző GPS korrekciós jeleket használva, úgymint korrekció nélküli mérés (No CORR), EGNOS, OmniStar VBS, OmniStar HP, valamint saját bázisú RTK és GNSS hálózat. Értékeltem, hogy mely korrekciók esetén biztosítható pontosabban az automatizált munkagépvezérlés.

Lombozat és gyomok vizsgálata vegetációs indexméter segítségével

A lombozat terepi spektrális vizsgálatait földi távérzékelési eszközökkel végeztem, míg a laboratóriumi vizsgálatokat nagyfelbontású spektrométerrel hajtottam végre.

A vegetációelemzést a GreenSeeker 505 szenzorral (NTech Industries, Inc., Ukiah, CA, USA) végeztem. A műszer aktív távérzékelő, mivel saját megvilágítást használ. A műszer a vörös (RED) fényt 656 nm-es, míg a közeli infravörös (NIR) sugárzást 774 nm-es hullámhossztartományban bocsátja ki. A lombozat felületéről visszaverődött fényt egy kör alakú ablak fókuszálja a detektorba, ahol a műszer 5 különböző, bár egymással szorosan korreláló vegetációs indexet kalkulál ki, melyből a Normalizált Differenciál Vegetációs Indexet (NDVI) használtam a vegetáció elemzésére.

A szenzor gyári adatai alapján az optimális üzemelési távolságból, azaz a vizsgált objektumtól 70-110 cm-re végeztem a felméréseket. Az – elsősorban szántóföldi felmérésekhez tervezett – eszközt 90°-kal elforgattam, így a fasorokkal párhuzamosan haladva tudtam végrehajtani a méréseket kertészeti körülmények között. Mivel ilyen eltérő alkalmazáshoz nem állt rendelkezésünkre gyári távolság beállítási ajánlás, így azokat saját terepi és labormérésekkel határoztam meg.

A laboratóriumi mérések és a forgalmazó cég adatai alapján arra törekedtem, hogy a felszíntől egyenletes távolságban kb. 0,8-1 m-re végezzük a felvételezéseket. Méréseink során az AgGPS FmX fedélzeti számítógépet használtam a GreenSeeker kezelőfelületeként, melyet egy kertészeti munkagépre függesztettem. A munkagép haladási sebessége kis értékű szórást mutatott. Vizsgálataink során részletes vegetációanalízist végeztem, így másodpercenként rögzített GPS koordináták – illetve egyéb, pozicionálási szempontból fontos adatok mellett – gyűjtötte a fedélzeti számítógép a vegetációs index adatokat. Az adatok számítógépes feldolgozását a Surfer 11 (Golden Software, Inc., Golden, CO, USA) geostatistikai szoftverkörnyezetben végeztem.

Multispektrális képalkotó rendszer

A gyom, illetve kultúrnövény elemzése érdekében a Tetracam ADC (Tetracam, Inc., Chatsworth, CA, USA) szélessávú multispektrális digitális képalkotó rendszerrel földi felvételezést végeztem. A kamera három spektrális csatornájának – zöld (520 és 600 nm), vörös (650-750 nm) és közeli infravörös hullámhossz (750-950 nm) – megfelelő kombinálásával szoftveresen vegetációs indexek számíthatók, mellyel a vizsgált terület vegetációs aktivitását elemezhettem. A készülék digitális felbontása 1280x1024 pixel és 1,3 megapixeles (Motorola CMOS) érzékelővel rendelkezik. A multispektrális kamerával

végeztem a gyümölcsfák és a sorközök felmérését. Az adatok feldolgozását és a digitális képelemzést a PixelWrench2 (Tetracam, Inc., Chatsworth, CA, USA) és az IDRISI Taiga (Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, USA) szoftverekben végeztem.

Laboratóriumi spektrométer

Két almafajta (a világospiros mosott fedőszínű *Gála Must*, valamint az aransárga színezetű *Early Gold* fajták) gyümölcserésének vizsgálatát végeztem el az Avantes AvaSpec 2048 spektrofotométerrel. A vizsgálatokat a fajták betakarításának figyelembe vételével 6, illetve 7 időpontban hajtottam végre, majd két vegetációs index (PSRI és BRI) alapján követtem nyomon a gyümölcsök érését.

A hiperspektrális szenzor mérési intervalluma 400-1000 nm, spektrális felbontása 0,566 nm, pontossága pedig 1 nm-es. A spektrométerhez tartozik egy deutérium-halogén fényforrás (AvaLight-HAL), illetve egy 8 µm magátmérőjű száloptika. A halogén fényforrás szerepe az állandó fényintenzitású energia (1 µWatt) biztosítása a teljes mérés során. A pontosabb spektrális méréshez egy abszolút feketéhez közeli zárt laborszekrényt használtam, lehetőleg kizárva a külső elektromágneses sugárzás zavaró jelhatásait.

Földi 3D lézerszkennér

A gyümölcsfák és a vizsgált területen elhelyezkedő gyomok térszerkezeti vizsgálatát a Leica ScanStation C10 (Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Svájc) földi lézerszkennerral végeztem el. A kertészeti ültetvények környezetének 3D földi lézerszkennelése korábbi hazai vizsgálatok során nem történt meg, illetve a nemzetközi szakirodalomban is főleg erdészeti példákat találtam (PFEIFER et al., 2004; DASSOT et al., 2011; SEIDEL et al., 2011).

A műszer mérési elve a lézernyaláb terjedési idején (*Time-of-flight* – TOF) alapszik. A mért objektumok pozícióját, valamint 3D-s strukturális tulajdonságainak gyors meghatározását az akár 50000 lézeres pontmérés biztosítja másodpercenként. A szkennér egy zöld (532 nm) lézertípussal pásztázza a vizsgált objektumot. A lézernyaláb eltérítését egy Smart X-Mirror™ forgó poligon tükörrendszer biztosítja, így lehetővé válik a több millió pontból álló 3D pontfelhő elkészítése, akár egyetlen szkennelésből is. A gyümölcsfák, és az azokon található gyümölcsök tényleges térbeli, geometriai, topológiai rekonstrukciójának feltétele, hogy azokat a műszer több szkennelésből mérje fel.

A lézernyaláb széttartása 0,1 mrad (milirad); ami azt jelenti, hogy 100 m-en 10 mm a lézerpont átmérője. Ez az érték – a maximális mérési távolság – 300 m esetén is csupán 30 mm. Méréseink során figyelembe vettem ezt a hibaforrást, így a felmérés során 15

szkennelésből mértem fel a vizsgált terület egyetlen sorát. A szkennelési területek közötti átfedés biztosította a pontfelhők összeillesztését, így a pontatlanságból eredő hibák is kisebbek voltak. A felbontás 10 m-en 8 mm volt (kb. 2,75 szögperc), ami azt jelenti, hogy maximum 1 cm-es hibával dolgozott a szkennelés.

A lézerszkenneres adatok alapján az ültetvény, valamint a gyümölcsök strukturális paramétereinek vizsgálatát végeztem el. Hagyományos tolómérővel történt az almafák törzsátmérőjének, valamint a kiválasztott gyümölcsök legnagyobb szélességének és magasságának meghatározása. A törzsátmérő a gyümölcsfák gyökérnyaki része és az alsó elágazás közötti törzshosszúság felénél történt. A lézeres adatokból történő törzsátmérő meghatározása is hasonló magasságban történt, mint a tolómérővel végzett mérés. A pontfelhő előfeldolgozása a Leica Cyclone 7.1 nevű szoftverrel (Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Svájc), majd a pontfelhő megfelelő formátumú exportálása további szoftveres utófeldolgozással a 3DReshaper (TECHNODIGIT – Hexagon csoport, Genay, Franciaország) és a Geomagic Studio 12 (Geomagic, Inc., Raleigh, NC, USA) szoftveres környezetben történt.

Méréseim során modelleztem a lézerszkenneres adatokból történő gyümölcstömeget. A mérések az intenzív almaültetvény egy sorközében lévő almafákon folytak, ahol összesen 52 gyümölcsöt választottam ki az elemzések céljából.

A gyümölcsök legnagyobb szélességét és magasságát digitális tolómérő segítségével a helyszínen határoztam meg, majd laboratóriumi körülmények között mértem meg az almák tömegét és sűrűségét.

A digitális úton reprodukált gyümölcsök tömegének meghatározása az utófeldolgozó szoftverekben a legkisebb négyzetek módszerével készült. A gömb, mint a pontfelhő görbületére legjobban illeszkedő alakzat segítségével meghatároztam a gyümölcsöket szimuláló gömbi térfogatot, majd a számított sűrűségi értékek alapján számítottam ki a tömeget. Több esetben a pontfelhő térsűrűsége jelentősen eltért a levelek és az ágak takarása miatt. Ennek ellenére a pontfelhő görbülete alapján az alkalmazott programoknak (Leica Cyclone, Geomagic, 3DReshaper, CloudCompare) lehetséges volt az alakzatillesztést sikeresen elvégezni.

Talajfelszín túlnedvesedésének vizsgálata lézerszkennéssel

A lézervény a vízfelületen a hullámhossz függvényében különböző mértékben, de elnyelődhet. A rövidebb hullámhosszúságú kék és zöld fény a vízbe penetrál, míg az infravörös fény visszaverődik a vízfelületről (HECKMAN és HODGSON 1967; FUNK et al.,

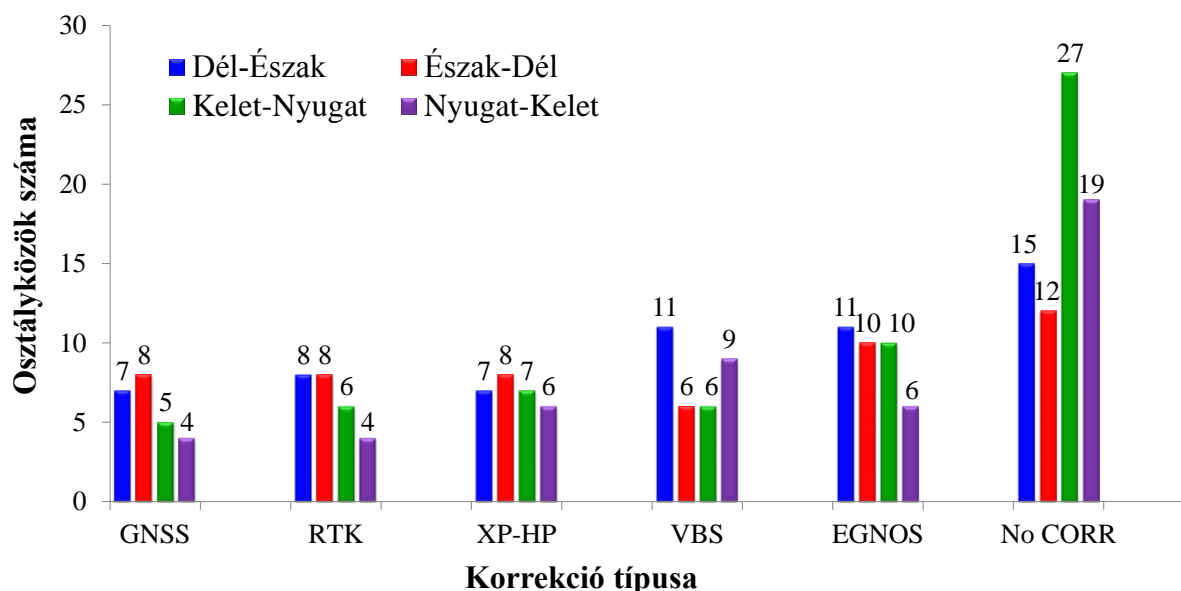
1972; MOORE et al., 2000). A talaj pórusok telítődésének növekedésével a lézernyaláb reflektanciája szintén változik, viszont a lézerszkennő és a talajfelszín távolsága is befolyásolja a visszavert lézernyaláb intenzitási sajátosságait. A folyamat értékeléséhez laboratóriumi és terepi mérések segítségével határoztam meg, hogy milyen mértékben befolyásolja a távolság a reflektált lézerintenzitás értékét. A laboratóriumban különböző távolságokban és változó szögfelbontással vizsgáltam a lézerszkennő alkalmazhatóságát a talajfelszín nedvességtartalmának detektálása érdekében. A gyümölcsös területéről – a felső 10 cm-es rétegből – gyűjtött homoktalajt 105°C-on kiszárítottam, majd a különböző nedvességtartalomra visszanedvesítettem, melyeket petricsészébe helyeztem. A visszanedvesítés 2 tömegszázalékonként (m/m%) történt 32%-ig. A nedvesítés során törekedtem a víz egyenletes hozzáadására és keverésére. A petricsészéket három különböző távolságra (4 m – 26,47°, 6,5 m – 17,23° és 9 m – 12,63°) helyeztem el a lézerszkennőtől. Ennek megfelelően két felbontást (milliméteres és centiméteres) használtam. A lézeres pontfelhőből az egyes petricsészéket izoláltam, majd a lézerimpulzus adataiból varianciát számoltam. A páronkénti vizsgálatokhoz a Tukey-tesztet használtam. A Post Hoc analízis segítségével megvizsgáltam, hogy statisztikailag elkülöníthetők-e egymástól az egyes talajnedvesítési minták.

Az egyes petricsészék felületéről visszatérő lézersugarak száma a távolság és a felbontás függvényében is egyaránt csökkent. A milliméteres felbontás esetében az átlagos pontfelhőméret a szkennertől 4 m-re átlagosan több mint 3200 pont/petricsésze volt, a 6,5 m-re elhelyezett minták már 25%-kal kevesebb pontot tartalmaztak. Az adatok kiértékelés során a nagy felbontású pontfelhő alapján vágófelületeket hoztam létre, majd a cm-es felbontással elkészült pontfelhőből térhálós modellt készítettem, amit aztán szeparáltam és elemeztem. Ezt követően több szoftver (Global Mapper 15.0, IDRISI Taiga) együttes használata révén az egyes talajnedvesítési kategóriákat – mint spektrális tanítóterületeket – felhasználva, a lézeres talajfelszínadatokat beosztályoztam.

3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

A kertészeti területen eddig kevésbé alkalmazott távérzékelési és térinformatikai rendszerek révén lehetőségem nyílt egy intenzív almaültetvény spektrális és strukturális tulajdonságok vizsgálatának elvégzésére.

Kutatásaim során helymeghatározási vizsgálatokat végeztem el, melyek célja a műholdra alapozott, táblán belüli pozicionálás valós idejű elemzése. Automatikus korrekciókkal javított, illetve korrekció nélküli navigálási feladatokat hajtottam végre a haladási irányok alapján, majd kiértékeltem a kapott eredményeket. A fedélzeti számítógép másodpercenként rögzítette az automatikus kormányzási hibasáv (*Offline distance*) értékét. Ezeket az értékeket tizedméteres osztályközökre bontva, meghatároztam a rögzített koordináták mérési tartományának számát, így számszerűsítettem az egyes korrekciók navigálási pontosságát (1. ábra). Összehasonlító vizsgálatom révén megállapítottam, hogy a korrekció nélküli mérési eredmények adták a legpontatlanabb navigálást. A korrekció nélküli mérés szignifikánsan különbözött a többi korrekciótól. Az egyes égtájak szerinti osztályközök értékeit összesítettem, amely alapján a GNSS korrekciós jel általi mérés volt a legpontosabb, amit az RTK, Omnistar XP-HP, Omnistar VBS, EGNOS, majd pedig a korrekció nélküli mérés követett.



1. ábra: Az osztályközök száma a különböző korrekciós források esetében

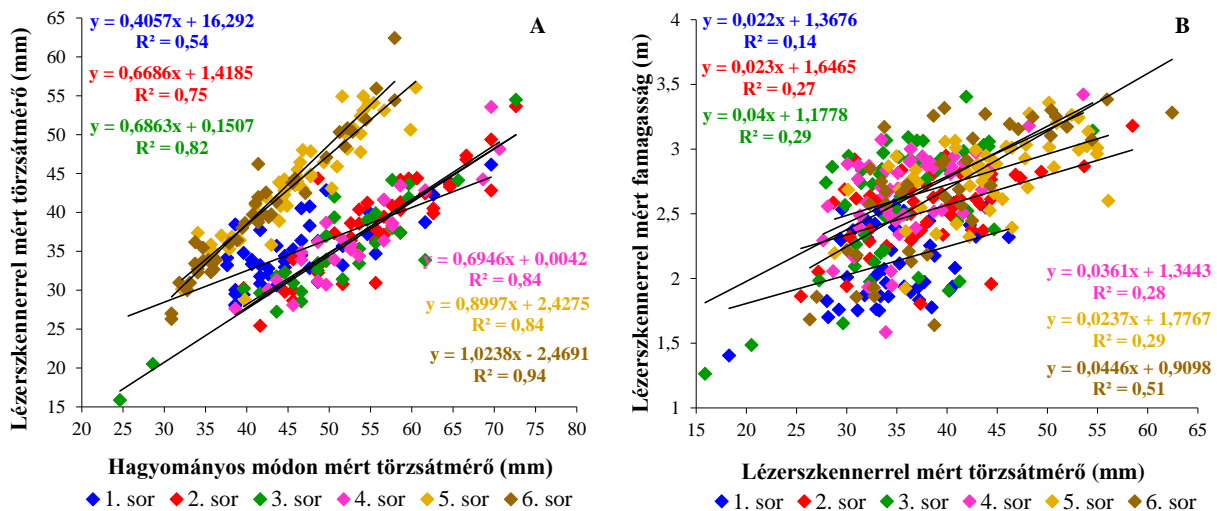
Az intenzív gyümölcsültetvényben végzett spektrális vizsgálatokat a gyümölcsfák fejlődésének különböző fenológiai stádiumaiban végeztem el. A terepi méréseket

megelőzően, elkészítettem a – kertészeti gyakorlatban nem használt – GreenSeeker 505 vegetációs indexméter laboratóriumi kalibrációs görbáját. Értékeltem az interpolált NDVI térképek közti tér- és időbeli változásokat. Az NDVI térképek alapján meghatározhatóvá vált a megbetegedett gyümölcsfák elkülönítése már a klorotikus, illetve nekrotikus tünetek megjelenése előtt.

Elkészítettem a vizsgált terület átlagos NDVI-értékei alapján gyümölcsfák növekedésdinamikai változását, melynek alapján meghatároztam a folyamatot leíró polinomiális összefüggést. A GreenSeeker 505 műszer mellett további távérzékelési elven működő eszközökkel pontszerű méréseket is végeztem, így validáltam a terepi mérés-kombinációk eredményeit ($r > 0,7$).

A gyümölcsfák egyedi ágstruktúrájának vizsgálatát – először a magyar kertészeti gyakorlatban – a 3D-s lézerszkennelvel végeztem el. A gyümölcsfák törzskörméretét, valamint azok magasságát a lézeres mérések mellett hagyományos eszközökkel is ellenőriztem. A lombos és lomb nélküli állapotban elvégzett felmérések hozzájárultak ahhoz, hogy újabb információkat gyűjtsünk a gyümölcsfákról. Míg a nyár során készített felvételek elemzése során a fa magassága, a lombzat magassága, kiterjedése, a törzsátmérő pontos értékei számíthatók, addig a nyugalmi időszakban a gyümölcsfák ágrendszere számszerűsíthető. Hagományos mérés segítségével és a lézerszkenneres adatokból meghatároztam a gyümölcsfák törzskörméretét (2. ábra/A), amely a gyümölcsfák gyökérnyaki része és az alsó elágazás közötti törzshosszúság felénél történt.

Összehasonlítottam a törzsvastagság és a famagasság alakulását is (2. ábra/B). A fák törzskörmérete komplex vegetatív mutatónak tekinthető, azonban az azonos törzsátmérők nem feltétlen jelentenek ugyanolyan faméreteket. A vizsgált fajták egyedi habitusa mellett számos anomália (fertőzés, mechanikai sérülés) okozhat eltéréseket a fák magasságában, szélességében, egyáltalán a termőfelület nagyságában, amelyek hatása nem azonnal érzékelhető a törzsvastagságának alakulásában. A kapott közepes pozitív korrelációs ($r = 0,59$) értéket ennek tulajdonítottam.



2. ábra: A gyümölcsfák törzsátmérőjének összehasonlítása a hagyományos és a lézerszkenneres felmérés adatai alapján (A), valamint a fmagasság és a törzsátmérő közötti összefüggés (B)

Egyedi gyümölcsfákon végzett 3D lézerszkennelt és a hagyományos módon mért levélfelület adatokat összehasonlítottam. Ennek eredményeként szoros lineáris kapcsolat volt megfigyelhető a párolgató felület és a lézeres adatok között.

Vizsgálataim kiterjedtek a távérzékelési eszközökkel végzett termésvizsgálatra is. Laboratóriumi spektrométer segítségével, két almafajta (*Gála Must* és *Early Gold*) érésének spektrális alapú távérzékelési vizsgálatát több időpontban végeztem el. A reflektancia görbék elemzésekor a gyümölcshéjban található pigment molekulákhoz kötött hullámhossztartományokat, illetve az azokból számolható vegetációs indexeket (PSRI, BRI) értékeltem. A gyümölcsök fedőszínének időbeli változását egy-egy másodfokú függvénnyel közelítettem. A mérések során a betakarítást követően a fán hagyott gyümölcsök felületén ekkor már megjelentek a gyümölcsminőség romlásának jelei, ami spektrálisan elkülöníthetővé vált. Ezáltal a spektrális mérések hozzájárulhatnak a gyümölcsök optimális érésének nyomon követéséhez. Az érés során a vizsgált fajták esetében, a túlérett gyümölcsök spektrális tulajdonsága az illesztett trendgörbétől markánsan elkülönült.

A 3D lézerszkenneres pontfelhő alapján gyümölcstömeg-becslést végeztem. Térbeli gömbfelület-illesztési algoritmusok segítségével detektáltam a gyümölcsöket, majd az illesztett test térfogatából és a laboratóriumban mért gyümölcssűrűségi adatokból kiszámoltam a „virtuális” gyümölcsök tömegét, amelyet korreláltattam a valós minták

tömegével ($r=0,89$). Az így kidolgozott félautomata technológia további kalibrációval termésbecslési eljárásokra is alkalmas.

Kutatásaim során elvégeztem a gyümölcstetvény gyomborítottságának és fajszerű gyomszegmentálásának vizsgálatát. A vizsgált területről a GreenSeeker 505 műszerrel gyűjtött adatokból elkészített NDVI térképek lehetőséget teremtettek a gyomok tér- és időbeli változásának meghatározására. A méréseket kiegészítettem képalkotó multispektrális kamerarendszerrel végzett vizsgálatokkal, majd az adatokat statisztikailag összehasonlítottam ($r=0,86$). Elvégeztem a terület felmérését hagyományos fényképezőgép segítségével is. Egy újszerű eljárás segítségével a valószínű felvételek alapján számszerűsíthetővé vált a terület gyomborítottsága.

A 3D lézeres intenzitásértékeinek újraosztályozásával kiszámoltam a vizsgált terület két sorának gyomborítottságát, illetve elvégeztem a területen lévő gyomok fajszerű elkülönítését is. A gyomszegmentálást speciális algoritmusok (intenzitás alapján, referencia sík mentén, mikrodomborzati különbségek figyelembe vételével) segítségével hatottam végre, majd az eredményeket varianciaanalízissel értékeltem. A kapott eredmények jövőbeli vizsgálatok alapjául szolgálhatnak, melyek segítségével az egy- és kétszű gyomok elkülönítése, helyspecifikus és vegyszertakarékos gazdálkodási feladatokat alapozhat meg.

Az intenzív ültetvény vizsgálata során a talaj mikrodomborzati sajátosságait is értékeltem. Az NDVI értékek mellett a munkagépbe szerelt fedélzeti számítógép a pozicionálási adatokat is rögzítette. A lézeres pontfelhő adataiból elkészül a nagy pontosságú mikrodomborzatmodell, ami a vizsgált terület esését hatékonyabban reprezentálta. Ez nemcsak egy sík (lejtés $<5\%$) terület belvíz-rendezéséhez szolgál alapadatokat, mint azt bizonyítottam, hanem akár keréknyomcsúszás, illetve -kopófelület-optimalizálási vizsgálatok alapjául is szolgálhat.

Laboratóriumi kísérleteim során a vizsgált gyümölcsös talajának nedvesítési sora tanítóterületekként szolgált a 3D lézeres terepi mérésekhez. A lézeres intenzitásértékek változása jól követte a talaj nedvességváltozásának alakulását a vizsgált időpontokban. Elkészítettem az újraosztályozott terület felszíni nedvességviszonyainak hisztogramját. Vizsgálataim kimutatták, hogy a Leica ScanStation C10 lézerekamer intenzitásértékeit a távolság, illetve a szög befolyásolja.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. Szántóföldi körülmények között számszerűsítettem a különböző GPS korrekciós rendszerek (EGNOS, Omnistar, RTK, FÖMI hálózat) által elérhető navigációs irányszög (BRG) szerinti pontossági értékeket.
2. Meghatároztam a vegetációs időszakban egy intenzív alma ültetvény lombzatának tér- és időbeli spektrális változásait és ennek alapján elkészítettem a lombfejlődési folyamatot leíró spektrális polinomiális matematikai összefüggést.
3. Bizonyítottam, hogy a kidolgozott intenzív almaültetvény spektrális tereinek szegmentálási módszere alkalmas a gyümölcsfa-pusztulás korai előrejelzésére.
4. Bizonyítottam, hogy a világossárga (*Early Gold*) és világos piros (*Gala Must*) fedőszínű alma fajták spektrométeres spot méréssorozata alapján meghatározott vegetációs indexek alkalmasak a gyümölcserési folyamat számszerűsítésére.
5. Hazánkban elsőként dolgoztam ki a lézeres pontfelhő számítás alapján az alma gyümölcsfák 3D-s térbeli modelljét, amely alkalmas a fák topológiai struktúrájának numerikus leírására és a szüret előtti gyümölcstömeg-becslésre.
6. Bizonyítottam, hogy a lézeres pontfelhő szegmentálási algoritmusaim alkalmasak a gyomflóra térszerkezetének értékelésére. Az eredményeket különböző távérzékelési technikákkal validáltam.
7. Az almaültetvény lefolyási viszonyait digitális mikrodomborzati modell alapján értékeltem és bizonyítottam, hogy a zöld (532 nm) lézer reflektancia intenzitási értékei alkalmasak a felszíni nedvességi viszonyok értékelésére.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. Az általam használt spektrális eszközök és térinformatikai módszerek lehetőséget nyújtanak a növényvédőszer-takarékos, hely- és fajspecifikus, gyomirtási precíziós kertészeti rendszerek továbbfejlesztésére.
2. A korai kórtani detektálás segíti a termelőt a preventív növényvédelmi beavatkozások optimalizálásában.
3. A vegetációs indexek segítségével, illetve a kidolgozott gyümölcstömeg becslési módszerrel optimalizálható a betakarítás időpontja és a kapcsolódó post harvest technológia.
4. A domborzatmodell lehetővé teszi a lefolyási és összegyülekezési viszonyok optimalizálását és a mikrovízgyűjtők lehatárolását, amely segítségével a belvív- és aszálykárok csökkenthetőek.

6. A TÉZISFÜZET HIVATKOZÁSAI

- Dassot, M. – Constant, T. – Fournier, M.:** 2011. The use of terrestrial LiDAR technology in forest science: application fields, benefits and challenges. *Annals of Forest Science*. 68 (5): 959-974.
- Funk, C. J. – Bryant, S. B. – Heckman, P. J.:** 1972. Handbook of underwater imaging system design. Naval Undersea Center. 303 p.
- Gonda I. – Apáti F.:** 2011. Almatermesztésünk helyzete és jövőbeni kilátásai. [In. Tamás J. (szerk.): Almaültetvények vízkészlet-gazdálkodása.] Debreceni Egyetem, AGTC Kutatási és Fejlesztési Intézet; Kecskeméti Főiskola, Kertészeti Főiskolai Kar. Debrecen. 13-25.
- Heckman, P. – Hodgson, K. T.:** 1967. Underwater optical range gating. *IEEE Journal of Quantum Electronics*. 3 (11): 445-448.
- Moore, K. D. – Jaffe, J. S. – Ochoa, B. L.:** 2000. Development of a new underwater bathymetric laser imaging system: L-Bath. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 17 (8): 1106-1117.
- Pfeifer, N. – Gorte, B. – Winterhalder, D.:** 2004. Automatic reconstruction of single trees from terrestrial laser scanner data. Proceedings of 20th ISPRS Congress. 114-119.
- Seidel, D. – Leuschner, C. – Müller, A. – Krause, B.:** 2011. Crown plasticity in mixed forests – Quantifying asymmetry as a measure of competition using terrestrial laser scanning. *Forest Ecology and Management*. 261 (11): 2123-2132.

7. MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/61/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Riczu Péter
Neptun kód: M5NAES
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Növénytermesztési- és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10037399

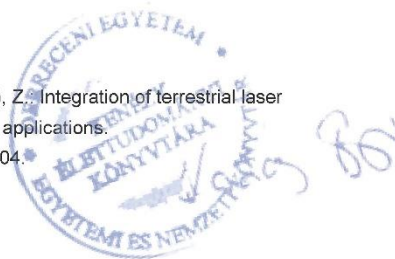
A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (2)

1. **Riczu P.**, Tamás J.: Térbeliség a gyümölcsültetvényben.
Agrártud. Közl. 49, 253-257, 2012. ISSN: 1587-1282.
2. **Riczu P.**, Tamás J., Mesterházi P.Á., Nagy G.: Precíziós almatermesztési technológiák fejlesztése a Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetben.
Agrártud. Közl. 47, 97-101, 2012. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (3)

3. **Riczu P.**, Bozsik, É., Gálya, B., Rásó, J., Csiha, I., Ahmed Mohamed El Shal, Nyéki, J., Tamás, J.: Volumetric estimation of an intensive apple orchard with GIS.
Int. J. Hortic. Sci. 19 (3-4), 7-10, 2013. ISSN: 1585-0404.
4. **Riczu P.**, Nagy, A., Bozsik, É., Gálya, B., Mesterházi, P.Á., Tamás, J.: Complex vegetation survey in a fruit plantation by spectral instruments.
J. Agricult. Inf. 4 (2), 37-42, 2013. ISSN: 2061-862X.
5. Tamás, J., **Riczu P.**, Nagy, A., Nyéki, J., Gonda, I., Szabó, Z.: Integration of terrestrial laser scanning and spectral canopy scanner in horticulture applications.
Int. J. Hortic. Sci. 18 (1), 15-18, 2012. ISSN: 1585-0404.



Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. ☐ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. ☐ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu ☐ Honlap: www.lib.unideb.hu



Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

6. **Riczu, P.**, Nagy, A., Lehoczky, É., Tamás, J.: Precision Weed Detection using Terrestrial Laser Scanning Techniques.
Commun. Soil Sci. Plant Anal. 46 (Supplement 1), 309-316, 2015. ISSN: 0010-3624.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2014.989053>
IF:0.423 (2013)
7. **Riczu, P.**, Nagy, A., Fórián, T., Bozsik, É., Gálya, B., Lehoczky, É., Tamás, J.: Weed biomass evaluation in an intensive apple orchard by remote sensing instruments.
Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med. 21 (18), 269-273, 2013. ISSN: 1224-6255.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (7)

8. **Riczu P.**, Csihon Á., Nagy A., Nagy G., Elshal A.M., Tamás J., Gonda I.: Intenzív almaültetvény strukturális paramétereinek vizsgálata 3D lézerszkenneres adatok alapján.
In: Gazdálkodás és menedzsment Tudományos konferencia I. köt. Környezettudatos gazdálkodás és menedzsment. Szerk.: Ferencz Árpád, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 198-202, 2013. ISBN: 9786155192203
9. **Riczu P.**, Tamás J.: Intenzív almaültetvény mikrodomborzat-vizsgálata precíziós eszközök alkalmazásával.
In: A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXXI. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. Magyar Hidrológiai Társaság, Gödöllő, 1-9, 2013. ISBN: 9789638172310
10. **Riczu P.**, Nagy G., Nagy A., Tamás J.: 3D lézerszkenneres gyomdetektálás gyümölcsültetvényekben.
In: XIX. Ifjúsági Tudományos Fórum. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 1-6, 2013. ISBN: 9789639639515
11. **Riczu P.**, Tamás J., Mesterházi P.Á.: A GreenSeeker 505 vegetációs indexméter kertészeti alkalmazhatósága.
In: Határokon átvívelő tudományos és kulturális kapcsolatok - Konferenciák. Szerk.: Vári Enikő, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Tormay Béla Szakkollégium, Debrecen, 172-178, 2012. ISBN: 9789630842105



12. **Riczu P.**, Mesterházi P.Á., Fórián T., Fehér G., Bíró J., Tamás J.: Mezőgazdasági erőgépek automatikus kormányzásának pontossági vizsgálata.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában III. : Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 337-344, 2012. ISBN: 9789633182185
13. **Riczu P.**, Tamás J., Kandra L.: A 3D lézershakkeres és a spektrális felmérési technikák bemutatása és alkalmazhatóságuk.
In: Informatika a felsőoktatásban 2011 konferencia [elektronikus dokumentum] : konferencia kiadvány. Szerk.: Cser László, Herdon Miklós, Debreceni Egyetem Informatikai Kar, Debrecen, 443-450, 2011. ISBN: 9789634734611
14. **Riczu P.**, Nagy A., Tamás J.: Hiperspektrális és laboratóriumi spektrometria alkalmazási lehetőségei a kertészetben.
In: XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum [elektronikus dokumentum]. Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Keszthely, 1-6, 2011. ISBN: 9789639639423

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (4)

15. **Riczu P.**, Mesterházi P.Á., Nagy G., Tamás J.: Topology in a fruit plantation.
In: Science for Sustainability : International Scientific Conference for PhD Students the University of West Hungary : Proceedings. Ed.: by Miklós Neményi, László Varga, Ferenc Facskó, Ildikó Lőrincz, University of West Hungary Press, Sopron, 193-199, 2014. ISBN: 9789633341032
16. Nagy, A., **Riczu P.**, Fórián, T., Tamás, J., Lehoczky, É.: Early detection of microbiological disease of apple trees by non-invasive methods.
In: 13th International Symposium on Soil and Plant Analysis. Ed.: Roger Hill, ISSPA, Queenstown, 87, 2013.
17. Tamás, J., **Riczu P.**, Mesterházi, P.Á., Nagy, A., Nyéki, J., Szabó, Z.: Real time canopy mapping of an apple orchard with new applied sensors.
In: International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint : The impact of urbanization, industrial and agricultural technologies on the natural environment [elektronikus dokumentum]. Ed.: Neményi Miklós, Heil Bálint, University of West Hungary, Sopron, [6], 2012. ISBN: 9789633340479



18. **Riczu P.**, Mesterházi, P.Á., Fórián, T., Fehér, G., Biró, J., Tamás, J.: Evaluation of different GPS signal corrections to improve field accuracy of the autopilot system.
In: International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint : The impact of urbanization, industrial and agricultural technologies on the natural environment [elektronikus dokumentum]. Ed.: Neményi Miklós, Heil Bálint, University of West Hungary, Sopron, [6], 2012. ISBN: 9789633340479

További Közlemények

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (9)

19. Bozsik É., **Riczu P.**, Gálya B., Tamás J., Deák B., Burriel C., Heilmeier H.: Fásítási lehetőségek modellezése.
Agrártud. Közl. 63, 35-41, 2015. ISSN: 1587-1282.
20. Nagy A., **Riczu P.**, Tamás J.: Alma gyümölcsérésének és pigment tartalom változásának spektrális vizsgálata.
Kertgazdaság. 46 (2), 13-26, 2014. ISSN: 1419-2713.
21. Nagy A., **Riczu P.**, Tamás J.: Almafa lisztharmat (*Podosphaera leucotricha*) okozta stressz tüneteinek spektrális értékelése.
Agrártud. Közl. 55, 83-88, 2014. ISSN: 1587-1282.
22. Bozsik É., Fórián T., Deák B., **Riczu P.**, Fehér J., Heilmeier H., Tamás J.: Integrált távérzékelési módszerek alkalmazása nagyerdei NATURA 2000 területen.
Agrártud. Közl. 55, 19-24, 2014. ISSN: 1587-1282.
23. **Riczu P.**, Tamás J.: Precíziós gyomdetektálási technológiák gyakorlati alkalmazhatósága.
Agrártud. Közl. 51, 163-168, 2013. ISSN: 1587-1282.
24. Tamás J., Nagy A., **Riczu P.**, Nyéki J., Szabó Z.: Siófoki őszibarack ültetvény állományának öntözéstervezése.
AGTC E-Journal. 1 (1), 1-13, 2012. ISSN: 2063-6423.
25. **Riczu P.**, Tamás J.: Alma- és körtefák levélfelületi indexeinek számítási lehetőségei.
Agrártud. Közl. 50, 229-233, 2012. ISSN: 1587-1282.



26. Nagy A., **Riczu P.**, Tamás J.: A kajszibarack öntözéstervezése.
Debr. szle. 20 (1-2), 16-26, 2012. ISSN: 1218-022X.
27. **Riczu P.**, Tamás J., Nagy G., Nagy A., Fórián T., Jancsó T.: A 3D lézerszkennő kertészeti alkalmazhatósága.
Agrártud. Közl. 46, 75-78, 2012. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (14)

28. Nagy, A., **Riczu, P.**, Tamás, J.: Drought stress monitoring by laboratory and satellite spectral methods in an apple orchard.
Int. J. Hortic. Sci. 20 (1-2), 7-9, 2014. ISSN: 1585-0404.
29. Nagy, A., **Riczu, P.**, Juhász, C., Tamás, J.: Evaluability of apple orchard water balance parameters based on the spectral and thermographic parameters of the canopy.
Hung. Agric. Res. 1, 14-17, 2014. ISSN: 1216-4526.
30. Tamás, J., Bozsik, É., **Riczu, P.**, Gálya, B., Herdon, M., Nistor, S., Fehér, J., Burriel, C., Heilmeyer, H.: Integrated HS and ALS Remote Sensing Data Sources to Develop Green Corridors in Sopron Mountains.
J. Agricult. Inf. 5 (2), 19-25, 2014. ISSN: 2061-862X.
31. Bozsik, É., Fórián, T., Deák, B., **Riczu, P.**, Fehér, J., Tamás, J., Heilmeyer, H.: Application of integrated remote sensing methods in a nature conservation area.
Hung. Agric. Res. 1, 33-37, 2014. ISSN: 1216-4526.
32. **Riczu, P.**, Nagy, A., Tamás, J.: Evaluation of fruit tree transpiration with heat flux sensor.
Int. J. Hortic. Sci. 20 (1-2), 11-13, 2014. ISSN: 1585-0404.
33. **Riczu, P.**, Nagy, A., Tamás, J.: Hyperspectral data in water stress detection.
Int. J. Hortic. Sci. 20 (3-4), 15-17, 2014. ISSN: 1585-0404.
34. El Shal, A.M., **Riczu, P.**, Nagy, A., Sulyok, E., Tamás, J., Szabó, Z., Nyéki, J.: The effect of storage to optical properties in case of two apple fruit varieties.
Int. J. Hortic. Sci. 18 (2), 33-36, 2012. ISSN: 1585-0404.
35. Nagy, A., **Riczu, P.**, Tamás, J., Szabó, Z., Soltész, M., Nyéki, J.: Evaluation of fruit tree water stress condition and transpiration with heat flux sensors.
Int. J. Hortic. Sci. 18 (2), 53-56, 2012. ISSN: 1585-0404.



36. **Riczu, P.**, Biró, G., Sulyok, E., Nagy, A., Tamás, J., Szabó, Z.: Determination of chlorophyll content in case of peach leaf curl disease (*Taphrina deformans*) with spectral analysis. *Int. J. Hortic. Sci.* 18 (2), 49-52, 2012. ISSN: 1585-0404.
37. Fórián, T., Nagy, A., **Riczu, P.**, Mézes, L., Tamás, J.: Vineyards characteristic by using GIS and reflectance measurements on the Nagy-Eged hill in Hungary. *Int. J. Hortic. Sci.* 18 (2), 57-60, 2012. ISSN: 1585-0404.
38. Nagy, A., **Riczu, P.**, Tamás, J., Szabó, Z., Nyéki, J., Soltész, M.: Irrigation management of a peach orchard. *Int. J. Hortic. Sci.* 18 (1), 19-24, 2012. ISSN: 1585-0404.
39. **Riczu, P.**, Zsembeli, J., Tamás, J.: Assessment of water balance in apple and pear trees based on a lysimeter experiment. *Növénytermelés.* 61 (Suppl.), 207-210, 2012. ISSN: 0546-8191.
40. Tamás, J., **Riczu, P.**, Nagy, G., Nagy, A., Jancsó, T., Nyéki, J., Szabó, Z.: Applicability of 3D laser scanning in precision horticulture. *Int. J. Hortic. Sci.* 17 (4-5), 55-58, 2011. ISSN: 1585-0404.
41. **Riczu, P.**, Szöllösi, N., Tamás, J., Zsembeli, J.: Water managed properties of apple and pear trees based on lysimeters. *Agrártud. Közl. [Debrecen].* 44, 129-132, 2011. ISSN: 1587-1282.
- Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (4)
42. Nagy, A., **Riczu, P.**, Gálya, B., Tamás, J.: Spectral estimation of soil water content in visible and near infra-red range. *Eurasian J. Soil Sci.* 3 (3), 163-171, 2014. ISSN: 2147-4249.
43. Fórián, T., Bozsik, É., **Riczu, P.**, Hunyadi, G., Deák, B., Tamás, J., Heilmeyer, H.: Evaluation of Environmental Indicators at Natura2000 Habitat Sites. *Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med.* 21 (18), 546-553, 2013. ISSN: 1224-6255.
44. Nagy, A., **Riczu, P.**, Juhász, C., Tamás, J.: Evaluation of drought stress detection possibilities by spectral methods in an apple orchard. *Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med.* 21, 257-264, 2013. ISSN: 1224-6255.



45. **Riczu, P.**, Tamás, J., Nagy, A., Fórián, T., Nagy, G., Jancsó, T., Nyéki, J.: 3D laser scanning and modeling of single trees in Karcag Research Center.
Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med. 17 (16), 318-325, 2011. ISSN: 1224-6255.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

46. Gálya B., Bozsik É., Szöllősi N., **Riczu P.**, Blaskó L., Tamás J., Deák B., Heilmeier H., Burriel C.:
Sótartalom területi modellezése LiDAR adatok alapján egy NATURA 2000-es területen.
In: VII. Magyar Földrajzi Konferencia Kiadványa. Szerk.: Kóródi Tibor, Sansumné Molnár Judit, Siskáné Szilasi Beáta, Dobos Endre, Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatika Intézet, Miskolc, 139-145, 2014. ISBN: 9789633580639
47. Nagy A., **Riczu P.**, Tamás J.: Vízhiány okozta stressz spektrális módszerekkel történő vizsgálata gyümölcsfákon =Investigation of drought stress on fruit trees by spectral methods.
In: Gazdálkodás és Menedzsment Tudományos Konferencia. 1. köt., "Környezettudatos gazdálkodás és menedzsment". Szerk.: Ferencz Árpád, Kecskeméti Főiskola KIK Nyomda, 2013, 371-375, 2013. ISBN: 9786155192203(1.köt.)
48. **Riczu P.**, Zsembeli J., Tamás J.: Alma és körtefajták vízháztartásának értékelése liziméteres kísérletek alapján.
In: XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum [elektronikus dokumentum]. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 1-6, 2012. ISBN: 9789639639454

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (11)

49. Tamás, J., Bozsik, É., **Riczu, P.**, Gálya, B., Herdon, M., Burriel, C., Heilmeier, H.: The Modelling of Agroforestry Site Selection to Develop Green Corridor.
In: CIGR Proceedings, 2014 World Congress on Computers in Agriculture. CIGR, CIGR, San Jose, [1-8], 2014.
50. Lehoczky, É., Tamás, J., **Riczu, P.**, Herdon, M.: Weed mapping based on integrated remote sensing method.
In: CIGR Proceedings, 2014 World Congress on Computers in Agriculture. CIGR, CIGR, San Jose, 1-8, 2014.





51. Gálya, B., Bozsik, É., Szöllősi, N., **Riczu, P.**, Blaskó, L., Tamás, J., Deák, B., Bökfő, K., Heilmeier, H.: Modelling of soil properties in a NATURA 2000 habitat site in the Carpathian Basin.
In: Proceedings of the International Workshop on Remote Sensing and GIS for Monitoring of Habitat Quality. Ed.: Norbert Pfeifer, Zlinszky András, Department of Geodesy and Geoinformation, Vienna University of Technology, [Vienna], 113-116, 2014. ISBN: 9783200037274
52. Gálya, B., Bozsik, É., **Riczu, P.**, Tamás, J., Blaskó, L., Herdon, M., Keserű, Z., Csiha, I., Rásó, J., Burriel, C., Heilmeier, H.: Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) - an invasive alien species or potentially species plantation of agroforestry in Pannonian ecoregion.
In: 2nd European Agroforestry Conference : Integrating Science and Policy to Promote Agroforestry in Practice : Book of Abstracts. Ed.: João H. N. Palma, European Agroforestry Federation (EURAF), [s.l.], 127-130, 2014. ISBN: 9789729787447
53. Bozsik, É., Gálya, B., **Riczu, P.**, Tamás, J., Herdon, M., Burriel, C., Heilmeier, H.: Modeling of agroforestry in Natura 2000 habitat site in Hungary.
In: 2nd European Agroforestry Conference : Integrating Science and Policy to Promote Agroforestry in Practice : book of abstracts. Ed.: João H. N. Palma, European Agroforestry Federation (EURAF), [s.l.], 44-47, 2014. ISBN: 9789729787447
54. Fórián, T., Nagy, A., **Riczu, P.**, Tamás, J., Heilmeier, H.: LIDAR based digital elevation modelling at NATURA 2000 site.
In: Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System : 20th International Poster Day, Bratislava, 15. 11. 2012 .: Ed.: A. Čelková, Institute of Hydrology SAS, Bratislava, 165-170, 2012. ISBN: 9788089139286
55. Kovács, E., **Riczu, P.**: Assessment of different scenarios for possible point source contaminant flows, in arable lands.
Növénytermelés. 60 (Suppl.), 415-418, 2011. ISSN: 0546-8191.
56. Tamás, J., **Riczu, P.**, Nagy, G., Fórián, T., Jancsó, T.: 3D habitat modeling in case of Natura 2000 site.
Anal. Univ. Oradea Fac. Protect. Med. 17 (16), 326-329, 2011. ISSN: 1224-6255.
57. Szöllősi, N., Fórián, T., Nagy, A., Fehér, J., Rahner, S., Heilmeier, H., Nagy, G., Jancsó, T., **Riczu, P.**, Tamás, J.: Advanced monitoring technology development in NATURA 2000 forest sites of Pannonian Biogeographic Region.
In: Book of abstracts - Steppe Oak Woods and Pannonic Sand Steppes Conference. ford. Gáspár-Papnek Zsófia, lekt. Sixsmith, Mark, Duna-Ipoly National Park Directorate and WWF Hungary, Budapest, 85-86, 2011. ISBN: 9789638470225



58. Tamás, J., **Riczu, P.**, Nagy, G., Nagy, A., Fórián, T., Szöllősi, N., Fehér, J., Rahner, S., Heilmeier, H., Hunyadi, G., Jancsó, T.: Integrated hyperspectral and LIDAR technology to evaluate the condition of the 'Debrecen-hajdúböszörményi tölgyesek' (Debrecen-hajdúböszörményi oak forests) NATURA 2000 site.
In: *Steppe Oak Woods and Pannonic Sand Steppes Conference : abstract book.* ford. Gáspár-Papnek Zsófia, lekt. Mark Sixsmith, Duna-Ipoly National Park Directorate and WWF Hungary, Budapest, 77-78, 2011. ISBN: 9789638470225
59. Tamás, J., Zsembeli, J., **Riczu, P.**: Evaluation of water balance in apple and pear trees.
J. Agric. Sci. Supplement, 193-198, 2010. ISSN: 1588-8363.

Idegen nyelvű absztrakt kiadvány(ok) (2)

60. Tamás, J., Nistor, S., Fehér, J., Fórián, T., Nagy, A., Bozsik, É., Gálya, B., **Riczu, P.**: Surface runoff evaluation on a flat salt NATURA 2000 habitat site.
Geophysical Research Abstracts. 16, 1, 2014. ISSN: 1029-7006.
61. Tamás, J., Lehoczky, É., Fehér, J., Fórián, T., Nagy, A., Bozsik, É., Gálya, B., **Riczu, P.**: Airborne hyperspectral and LIDAR data integration for weed detection.
Geophysical Research Abstracts. 16, 1, 2014. ISSN: 1029-7006.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,423

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 0,423

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.03.18.

