



University of Debrecen | 2012

# ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

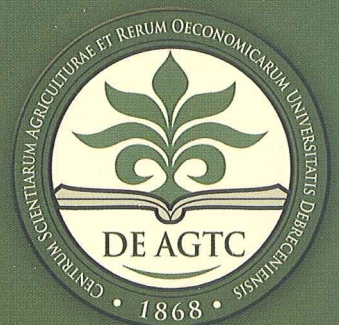
Established: 1966.

# 49.

## „Fork to Farm“

### SUSTAINABLE AGRICULTURE

FP7-REGPOT-2010-1 UD\_AGR\_REPO





**Supporters:**

Ministry of Rural Development

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied  
Economic Sciences

KITE Agricultural Service Provider and Trade Plc.

FP7-REGPOT-2010-1 UD\_AGR\_REPO

TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024

Research and Technological Innovation Fund projects no.  
OM-00210/2008

**Támogatók:**

Vidékfejlesztési Minisztérium

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok  
Centruma

KITE Mezőgazdasági Szolgáltató és Kereskedelmi Zrt.

FP7-REGPOT-2010-1 UD\_AGR\_REPO

TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024

Kutatási és Technológiai Innovációs Alap OM-00210/2008.  
számú projektek

**ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS**

Főszerkesztő/Editor-in-chief: **JÁVOR ANDRÁS**

Szerkesztő Bizottság/Editorial Board

- Berde Csaba** (munka- és vezetéstudomány/labour and management science)  
**Blaskó Lajos** (talajjavítás, talajvédelem/soil amelioration, soil preservation)  
**Dobránszki Judit** (biotechnológia, genetika/biotechnology, genetics)  
**Fehér Alajos** (vidékfejlesztés/rural development)  
**Gundel János** (takarmányozás, állattenyésztés/nutrition, animal breeding)  
**Hodossi Sándor** (kertészet/horticulture)  
**Holb Imre** (növényvédelem/plant protection)  
**Jávor András** (állattenyésztés, genetika/animal husbandry, genetics)  
**Kovács Béla** (élelmiszertudomány/food sciences)  
**Loch Jakab** (kémia/chemistry)  
**Mezőszentgyörgyi Dávid** (vidékfejlesztés/rural development)  
**Nábrádi András** (ökonómia/economy)  
**Nagy János** (földhasználat/land use)  
**Pepó Péter** (növénytermesztés/crop production)  
**Pető Károly** (gyepgazdálkodás, vidékfejlesztés/grassland management, rural development)  
**Popp József** (ökonómia/economy)  
**Tamás János** (környezetvédelem, vízgazdálkodás/environmental protection, water management)

Nemzetközi Tudományos Tanácsadó Testület/International Scientific Advisory Board:

- Milan Demo**, Nitra  
**Imre Dimény**, Budapest  
**Frank Ellmer**, Berlin  
**André Falisse**, Gembloux  
**Peter Gregory**, Reading  
**Pál Hajas**, Róma  
**László Heszky**, Gödöllő  
**Péter Horn**, Kaposvár  
**Ruud Huirne**, Wageningen  
**Josip Juracak**, Zágráb  
**Ernst Kalm**, Kiel  
**Zoltán Király**, Budapest  
**Vlado Kovačević**, Eszék  
**Edit Láng**, Vácrátót  
**István Láng**, Budapest  
**Miklós Neményi**, Mosonmagyaróvár  
**János Papp**, Budapest  
**János Schmidt**, Mosonmagyaróvár  
**Johnson Stanley**, Iowa, Ames  
**J. Rod Summerfield**, Reading  
**Ferenc Szabó**, Keszthely  
**László Varga**, Gödöllő  
**György Várallyay**, Budapest

TARTALOM

CONTENTS

	Oldal		Page
<i>Lefebvre, Virginie M. – Molnár Adrienn – Gellynck, Xavier:</i> The role of network administrative organizations in the development of social capital in inter-organizational food networks .....	11	<i>Virginie M. Lefebvre – Adrienn Molnár – Xavier Gellynck:</i> The role of network administrative organizations in the development of social capital in inter-organizational food networks .....	11
<i>Molnár Adrienn – Gellynck, Xavier:</i> Rural development: how to measure performance imbalances in agribusiness chains .....	21	<i>Adrienn Molnár – Xavier Gellynck:</i> Rural development: how to measure performance imbalances in agribusiness chains .....	21
<i>Bakos Károly Livius – Dobos Attila – Nagy János:</i> Mapping agricultural performance and environmental parameters aimed at generic regional studies .....	29	<i>Károly Livius Bakos – Attila Dobos – János Nagy:</i> Mapping agricultural performance and environmental parameters aimed at generic regional studies .....	29
<i>Krektun, B. V. – Snitynskiy, V. V. – Maliszewska-Kordybach, B. – Smreczak, B.:</i> Modern approaches to assessment of PAHs bioavailability in soil for environmental toxicology research .....	35	<i>B.V. Krektun – V.V. Snitynskiy – B. Maliszewska-Kordybach – B. Smreczak:</i> Modern approaches to assessment of PAHs bioavailability in soil for environmental toxicology research .....	35
<i>Kuryltsiv, Roman:</i> Towards good land governance in Ukraine .....	37	<i>Roman Kuryltsiv:</i> Towards good land governance in Ukraine .....	37
<i>Makarenko, Natalia – Bondar, Valeria – Makarenko, Volodymur:</i> Environmental inspection agro tech – guarantee sustainable development agricultural systems .....	41	<i>Natalia Makarenko – Valeria Bondar – Volodymur Makarenko:</i> Environmental inspection agro tech – guarantee sustainable development agricultural systems .....	41
<i>Mariola, Ferenc:</i> Land use changes in suburban areas – case study of Lublin .....	43	<i>Ferenc Mariola:</i> Land use changes in suburban areas – case study of Lublin .....	43
<i>Märker, Michael:</i> Terrain Analysis and Stochastic modelling for Archaeological site prediction and landscape reconstruction in the Lake Manyara area, Northern Tanzania .....	47	<i>Michael Märker:</i> Terrain Analysis and Stochastic modelling for Archaeological site prediction and landscape reconstruction in the Lake Manyara area, Northern Tanzania .....	47
<i>Rátonyi Tamás – Nagy János – Harsányi Endre:</i> Utilization of the field experiment results of University of Debrecen in the development of maize-based bio-ethanol production .....	55	<i>Tamás Rátonyi – János Nagy – Endre Harsányi:</i> Utilization of the field experiment results of University of Debrecen in the development of maize-based bio-ethanol production .....	55
<i>Schwartz, Christian – Zander, Franziska – Kralisch, Sven – Flügel, Wolfgang-Albert:</i> Virtual Appliances for geospatial data management and processing in the Integrated Land Management System (ILMS) .....	59	<i>Christian Schwartz – Franziska Zander – Sven Kralisch – Wolfgang-Albert Flügel:</i> Virtual Appliances for geospatial data management and processing in the Integrated Land Management System (ILMS) .....	59
<i>Shavalyuk, Oleksandr – Popivniak, Roman:</i> Social justice as a factor in socio-economic preconditions effective process of economic transformation Ukraine .....	63	<i>Oleksandr Shavalyuk – Roman Popivniak:</i> Social justice as a factor in socio-economic preconditions effective process of economic transformation Ukraine .....	63
<i>Viaene, Jacques – De Steur, Hans:</i> Emerging sectors in rural development .....	65	<i>Jacques Viaene – Hans De Steur:</i> Emerging sectors in rural development .....	65
<i>Zhelezova, Sofya V. – Berezovsky, Egor V. – Belenkov, Alexey I.:</i> Experience at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy on introduction and integration of precision agriculture technology .....	73	<i>Sofya V. Zhelezova – Egor V. Berezovsky – Alexey I. Belenkov: Experience at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy on introduction and integration of precision agriculture technology .....</i>	73
<i>Horn Péter:</i> A világ állattenyésztésének alapkérdései a XXI. század elején .....	77	<i>Péter Horn:</i> Some basic problems concerning world animal production at the beginning of the XXI century .....	77
<i>Nagy János:</i> Földhasználat, vízgazdálkodás .....	81	<i>János Nagy:</i> Land use, water management .....	81

<i>Árendás Tamás – Berzsényi Zoltán – Bónis Péter: A szántó-földi gabonatermesztés lehetőségeinek kihasználását segítő agrotechnikai kutatások Martonvásáron .....</i>	89	<i>Tamás Árendás – Zoltán Berzsényi – Péter Bónis: Agronomic research in Martonvásár, aimed at promoting the efficiency of field crop production .....</i>	89
<i>Babinszky László: A precíziós takarmányozás tudományos háttere .....</i>	95	<i>László Babinszky: Scientific background of precision animal nutrition .....</i>	95
<i>Balla István – Tarnawa Ákos – Horváth Csaba – Kis Judit – Jolánkai Márton: A precíziós technológiai alkalmazások lehetőségei és korlátai a búza és a kukorica termesztésében .....</i>	101	<i>István Balla – Ákos Tarnawa – Csaba Horváth – Judit Kis – Márton Jolánkai: Challenges and limitations of site specific crop production applications of wheat and maize .....</i>	101
<i>Baranyi Béla: Hanyatló térségek külső (határ menti) periferiákon .....</i>	105	<i>Béla Baranyi: External (border) peripheries in Hungary .....</i>	105
<i>Bittner Beáta – Kerékgyártóné Mislovics Anita: Egy hagyományos mezőgazdasági ágazat visszaszorulásának következményei hátrányos helyzetű térségekben .....</i>	109	<i>Beáta Bittner – Anita Kerékgyártóné Mislovics: Effects of a traditional agricultural sector's decline in less favoured areas .....</i>	109
<i>Blaskó Lajos – Czibalmos Róbert: Energianövények kedvezőtlen adottságú (szikes) talajon .....</i>	115	<i>Lajos Blaskó – Róbert Czibalmos: Energy crops on less favoured (alkaline) soil .....</i>	115
<i>Boldizsár Péter: A precíziós tejtermelés megvalósítása a gyakorlatban – DeLaval „Smart Farming” .....</i>	119	<i>Péter Boldizsár: Precision dairy farming in the practice – DeLaval „Smart Farming” .....</i>	119
<i>Bottlik László – Kalmár Tibor – Csorba Szilveszter – Szemők András – Birkás Márta: Talajművelés új szemlélete – a precíziós növénytermesztés alapjai .....</i>	123	<i>László Bottlik – Tibor Kalmár – Szilveszter Csorba – András Szemők – Márta Birkás: New approach in soil tillage – bases of the precision crop production .....</i>	123
<i>Buday-Sántha Attila: Agrártermelés és területfejlesztés .....</i>	129	<i>Attila Buday-Sántha: Agriculture production and rural development .....</i>	129
<i>Csép, Nicolae Ioan: A precíziós mezőgazdaság növénykórtani vonatkozásai .....</i>	135	<i>Nicolae Ioan Csép: Phytopathological aspects of precision agriculture .....</i>	135
<i>Dobos Attila – Vig Róbert – Nagy János: A környezeti tényezők hatása a normalizált vegetációs index mérésére .....</i>	141	<i>Attila Dobos – Róbert Vig – János Nagy: The impact of environmental factors on the measurement of the normalized difference vegetation index .....</i>	141
<i>Fehér János: Mezőgazdasági szempontok a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben .....</i>	149	<i>János Fehér: Agricultural aspects in river basin management plans .....</i>	149
<i>Fenyvessy József: Állati eredetű élelmiszerek biztonságának egyes kérdései .....</i>	153	<i>József Fenyvessy: Some aspects of food safety from animal origin .....</i>	153
<i>Fodor István: Környezetipar és regionalitás Magyarországon .....</i>	157	<i>István Fodor: Environmental industry and regional policy in Hungary .....</i>	157
<i>Győri Zoltán: Növényi eredetű élelmiszerek és alapanyagok élelmiszerbiztonsága .....</i>	161	<i>Zoltán Győri: Food safety of plant origin food .....</i>	161
<i>Helyes Lajos – Pék Zoltán: Vízellátottság hatása az ipari paradicsom termésképzésére .....</i>	165	<i>Lajos Helyes – Zoltán Pék: The effect of water supply for yield formation of processing tomato .....</i>	165
<i>Hoffmann Sándor: Eltérő talajtermékenységi állapotok különböző talajhasználati módok függvényében .....</i>	169	<i>Sándor Hoffmann: Different soil fertility conditions depending on different land use methods .....</i>	169
<i>Horváth Gyula: Regionális szerkezetátalakítás, újraiparosítás és felsőoktatás-fejlesztés .....</i>	173	<i>Gyula Horváth: Regional restructuring, reindustrialization and development of the higher education .....</i>	173

<i>Horváth Péter</i> : A multifunkcionális mezőgazdaság szerepének értelmezése regionális dimenziókban .....	177	<i>Péter Horváth</i> : Interpretation of the multifunctional agriculture's function in regional dimensions .....	177
<i>Izsáki Zoltán</i> : A növényanalízis alkalmazása a kukorica precíziós tápanyagellátási rendszerében .....	183	<i>Zoltán Izsáki</i> : Using crop analysis in the precision nutrient supply system of maize .....	183
<i>Káposzta József</i> : A vidékgazdaság fejlesztési alternatívái ... ..	187	<i>József Káposzta</i> : Development alternatives of rural economy .....	187
<i>Kátai János</i> : Napjaink talajbiológiai kihívásai .....	193	<i>János Kátai</i> : Soil biological challenges in our age .....	193
<i>Kerekgyártó Gábor</i> : Kultúrtáj a határon: Érmellék .....	197	<i>Gábor Kerekgyártó</i> : Cultural landscape on the border: Érmellék .....	197
<i>Komlósi István</i> : A precíziós állattenyésztés elvi szempontjai .....	201	<i>István Komlósi</i> : The precision livestock farming .....	201
<i>Kovács Béla – András Dávid – Fekete István</i> : Elementartalmi vizsgálatok az Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetben .....	203	<i>Béla Kovács – Dávid András – István Fekete</i> : Element content analyses in the Institute for Food Sciences, Quality Assurance and Microbiology .....	203
<i>Lakatos László – Szél János – Nyéki József – Szabó Zoltán – Soltész Miklós</i> : Mikroklíma szabályozásának lehetőségei a gyümölcsültetvényekben .....	209	<i>László Lakatos – János Szél – József Nyéki – Zoltán Szabó – Miklós Soltész</i> : Alternatives of microclimate control in orchards .....	209
<i>Molnár András</i> : A (talaj)széngazdálkodás termékenységre, szervesszén-tartalomra és ökoszisztéma szolgáltatásokra gyakorolt hatásának vizsgálata – a SmartSOIL (FP7) projekt .....	213	<i>András Molnár</i> : Optimized balance between crop productivity, restoration and maintenance of vital soil functions and soil carbon sequestration and storage – the SmartSOIL (FP7) project .....	213
<i>Molnárová, Juliana</i> : A precíziós árpatermesztés agronómiai alapjai .....	217	<i>Juliana Molnárová</i> : Agronomic bases of precision barley production .....	217
<i>Nagy Attila – Fórián Tünde – Tamás János</i> : Fejlett környezetállapot értékelési eszközök alkalmazása gyümölcs-kultúrákban .....	221	<i>Attila Nagy – Tünde Fórián – János Tamás</i> : Application of advanced environmental assessment methods in orchard management .....	221
<i>Nagy János – Ványiné Széles Adrienn</i> : Kutatási eredmények alkalmazása a precíziós kukoricatermesztésben .....	227	<i>János Nagy – Adrienn Ványiné Széles</i> : Using research findings in precision maize production .....	227
<i>Nagy József – Sinyei Marianna – Vass Lajos</i> : A Bükk-Miskolc Térség DG RES termelő, tároló, hasznosító és integráló „1 falu – 1 MW” programja I-III. ütem .....	233	<i>József Nagy – Marianna Sinyei – Lajos Vass</i> : The DG RES generation, storage, utilization and integration program '1 village – 1 MW' of the Bükk-Miskolc Region, Phase 1-3. ....	233
<i>Németh Szabolcs</i> : Az Észak-alföldi régió agrárjellegű vállalkozásainak innovációs aktivitása .....	237	<i>Szabolcs Németh</i> : Innovation activity of the agricultural enterprises in the North Great Plain region .....	237
<i>Pepó Péter</i> : Néhány agrotechnikai tényező szerepe a gabonafélék precíziós termesztéstechnológiájában .....	241	<i>Péter Pepó</i> : Role of some agrotechnical elements in the precision crop technology of cereals .....	241
<i>Prokisch József – Babka Beáta – Eszenyi Péter – Sztrik Attila – Takács Tímea</i> : Fermentációs technológiával előállított vörös elemi szelén nanogömbök alkalmazása és vizsgálata egereken végzett kísérletben .....	245	<i>József Prokisch – Beáta Babka – Péter Eszenyi – Attila Sztrik – Tímea Takács</i> : Utilization and examination of red, elemental selenium nano spheres, produced by fermentation technology, in animal tests .....	245
<i>Reisinger Péter</i> : On-line és off-line megoldások a precíziós gyomszabályozásban .....	249	<i>Péter Reisinger</i> : On-line and off-line solutions in the precision weed control .....	249

<i>Riczu Péter – Tamás János: Térbeliség a gyümölcscsültetvényben</i> .....	253	<i>Péter Riczu – János Tamás: Topology in the fruit plantation</i> .....	253
<i>Sándor Erzsébet: A szürke penész (Botrytis cinerea) elleni vegyszeres védekezés csökkentését megalapozó kutatások</i> .....	259	<i>Erzsébet Sándor: Population genetic results of Hungarian Botrytis cinerea isolates establishing new technologies with decreased chemical usage against grey mould</i> ....	259
<i>Sárvári Mihály: A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára</i> .....	263	<i>Mihály Sárvári: Effect of cultivation factors on the yield and yield security of maize</i> .....	263
<i>Schmidt Rezső – Mogyorósi Barbara – Gergely István: Szenzorok alkalmazása a precíziós növénytermesztésben</i> .....	267	<i>Rezső Schmidt – Barbara Mogyorósi – István Gergely: Using sensors in precision crop production</i> .....	267
<i>Sinóros-Szabó Botond: Vidéki térrendszer többletei</i> .....	271	<i>Botond Sinóros-Szabó: Extras of the rural system of areas</i> .....	271
<i>Sipos Péter – Győri Zoltán – Kruppa József – Sándor Marina – Kovács Béla: Gabonaalapú termékek táplálkozási értékének javítási lehetőségei</i> .....	275	<i>Péter Sipos – Zoltán Győri – József Kruppa – Marina Sándor – Béla Kovács: Opportunities for improving the nutritional value of cereal-based products</i> .....	275
<i>Soltész Beáta – Gulyás Gabriella – Csikós Ádám – Koncos Gábor – Vass Nóra – Oláh János – Jávör András – Czeglédi Levente: Szarvasmarha és bivaly tej és tejtermékének elkülönítése DNS-alapú technika alkalmazásával</i> .....	279	<i>Beáta Soltész – Gabriella Gulyás – Ádám Csikós – Gábor Koncos – Nóra Vass – János Oláh – András Jávör – Levente Czeglédi: Identification of cow's and buffalo's milk and dairy product using a DNA-based method</i> .....	279
<i>Stündl László – Fehér Milán – Bársony Péter: A precíziós állattenyésztés elveinek alkalmazása a haltenyésztésben</i> .....	283	<i>László Stündl – Milán Fehér – Péter Bársony: Using the principles of precision animal husbandry in fish-breeding</i> .....	283
<i>Sulyok Dénes: A kukoricatermesztés gazdasági kérdései eltérő talajtípusokon</i> .....	289	<i>Dénes Sulyok: Economic questions of maize production on different soil types</i> .....	289
<i>Sulyok Dénes: A precíziós kukoricatermesztés gazdasági kérdései csernozjom talajon</i> .....	293	<i>Dénes Sulyok: Economic questions of precision maize production on chernozem soil</i> .....	293
<i>Szell Endre – Makra Máté: A kukorica hibridspecifikus technológiai ajánlásának szerepe a precíziós növénytermesztési eljárások alkalmazásánál</i> .....	297	<i>Endre Szell – Máté Makra: The role of the hybrid-specific technological recommendations of maize in precision crop production procedures</i> .....	297
<i>Szigeti Jenő – Varga László: Új típusú savanyú tejtermékgyártás néhány lehetősége</i> .....	303	<i>Jenő Szigeti – László Varga: Production of novel fermented milks</i> .....	303
<i>Szigeti Tamás János: Gyakorlati és etikai jellegű gondolatok az élelmiszerbiztonsági mérésekkel kapcsolatban a Wessling Hungary Kft.-nél</i> .....	307	<i>Tamás János Szigeti: Practical and ethical thoughts concerning food security measurements at Wessling Hungary Kft.</i> .....	307
<i>Takácsné Hájos Mária: Termesztési mód és a minőség kapcsolata néhány zöldség növényfajnál</i> .....	313	<i>Mária Takácsné Hájos: Correlation between cultivation methods and quality in some vegetable species</i> .....	313
<i>Terbe István – Slezák Katalin – Kappel Noémi: Új környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás a szántóföldi zöldségtermesztésben</i> .....	319	<i>István Terbe – Katalin Slezák – Noémi Kappel: The system of fertigation-advising by the open-field vegetable growing with environment-protecting view</i> .....	319
<i>Tömösközi Sándor – Hajas Livia – Langó Tamás – Török Kitti – Bugyi Zsuzsanna: Élelmiszer-allergia, -biztonság, -analitika</i> .....	323	<i>Sándor Tömösközi – Livia Hajas – Tamás Langó – Kitti Török – Zsuzsanna Bugyi: Food allergy, safety and analytics</i> .....	323

<i>Török János</i> : A hazai feldolgozóipar elvárásai a különböző zöldségnövény fajoknál .....	327	<i>János Török</i> : Expectations of the Hungarian processing industry in the case of various vegetable species .....	327
<i>Várallyay György</i> : Talaj – Környezet – Fenntarthatóság .....	331	<i>György Várallyay</i> : Soil – Environment – Sustainability .....	331
<i>Véha Antal – Szabó P. Balázs – Gyimes Ernő</i> : Felület-tisztítási eljárás alkalmazása a malmi búza mikotoxin tartalmának csökkentésére .....	339	<i>Antal Véha – P. Balázs Szabó – Ernő Gyimes</i> : Surface polishing method application to reduce micotoxin content of mill wheat .....	339
<i>Vincze Mária – Mezei Elemér – Marton Györgyi</i> : Az agrárium és a vidékfejlesztés regionális eltérései Romániában .....	343	<i>Mária Vincze – Elemér Mezei – Györgyi Marton</i> : Regional differences of the agricultural and rural development sector .....	343

## Térbeliség a gyümölcsültetvényben

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 helyspecifikus agro-ökológiai és termesztéstechnológiai feladatok megtervezéséhez a gyümölcsstermesztő területeken fontos adatnak számít a gyümölcsfák területi pozíciója, az ágszerkezetének topológiája, a lombzatának térbeli struktúrája. A precíziós gazdálkodásban használható újabb eszközök és az erre épülő technológiák ezeknek az információknak a megszerzésében nyújtanak segítséget. Kísérletünket a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep jéghálóval védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott, intenzív termesztésű alma gyümölcsösben végeztük. A vizsgálatokhoz a GreenSeeker 505 típusú vegetáció szkenner, az adatgyűjtéshez és -feldolgozáshoz a Trimble AgGPS FmX fedélzeti számítógépet használtunk. Az így szerzett spektrális adatokat a Leica ScanStation C10 lézerszkennelvel gyűjtött 3D pontfelhő adatokkal egészítettük ki. Az adatfeldolgozás során a lézerimpulzus adatokat és a vegetációs index értékeket egy egységes 3D rendszerben egyesítettük. A két speciális adatgyűjtési rendszer integrálása új alkalmazási lehetőségeket biztosít a precíziós termesztéstechnológiai rendszerfejlesztésben. A gyümölcsösökben az eredményeket a fitotechnológiai, vizsgázókövetési, növényvédelmi és betakarítási beavatkozások során lehet közvetlenül felhasználni. Az általunk kidolgozott módszer a munkagépek automatizálási fejlesztéséhez digitális, térben nagy pontosságú vezérlési adatokat képes biztosítani, amely számos új fejlesztési irányt nyithat meg a közeljövőben.*

**Kulcsszavak:** precíziós mezőgazdaság, GreenSeeker 505, AgGPS FmX fedélzeti számítógép, Leica ScanStation C10 lézerszkennel, topológia

### SUMMARY

*The localization of fruit trees, the topology of the branch structure and the spatial structure of the canopy are important to plan site-specific agro-ecological and production technology projects in an orchard. The currently used instruments and technologies – in the precision agriculture – give opportunities to obtain these informations. The examinations were carried out in the Study and Regional Research Farm of the University of Debrecen near Pallag with the use of a GreenSeeker 505 Hand Held™ Optical Sensor Unit, and its interface the Trimble AgGPS FmX Integrated Display board computer. The collected spectral data were completed with the 3D point cloud by Leica ScanStation C10 laser scanner. The laser impulse data and the vegetation index values were integrated in a unified 3D system. The integration of the two special data collection system provides new opportunities in the development of precision production technology system. The results could be directly used in phytotechnology, water management, plant protection and harvesting in orchards. Our elaborated method can supply digital high spatial accuracy guidance data for development of the automated machines, which could provide some new developmental way in the immediate future.*

**Keywords:** precision agriculture, GreenSeeker 505, AgGPS FmX Integrated Display, Leica ScanStation C10 laser scanner, topology

### IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Napjainkban a gyors információs technológia fejlődése olyan módszereket ad a kezünkbe, mint a globális helymeghatározás (GPS), térinformatika (GIS), távérzékelés (RS), amelyekkel a földfelszín élő- és élettelen részeit gyorsan, pontosan, olcsón és nagy területeken tudjuk vizsgálni (Burai, 2007). Ez a hármas technológia egyre inkább egységes rendszerbe, egymást kiegészítve, integrált módon jelenik meg és rohamosan fejlődik precíziós mezőgazdasági és kertészeti alkalmazások területén egyaránt. Ennek az információs technológiának, valamint információs társadalomnak mezőgazdasági szakterületen történő leképződését hívjuk precíziós mezőgazdaságnak (Tamás, 2001). A precíziós gazdálkodási formák magába foglalják a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, a táblán belüli változó technológiát, az integrált növényvédelmet, a geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe (Györfy, 2000). A helyspecifikus mezőgazdasági gyakorlat célja a profit növelése, a környezetet terhelő káros hatások csökkentése (Watkins et al., 1998), miközben fenntartja a környezet minőségét (Konopatzki et al., 2012). Ezeket a célokat a termőhely alapos megismerésével – mint minden mezőgazdasági beavatkozás elengedhetetlen feltételeként – lehet hatékonyan elérni, teljesíteni (Tamás, 2001).

Az első precíziós mezőgazdasági alkalmazások a '90-es évek közepétől jelentek meg a nemzetközi gyakorlatban, míg Magyarországon ez valamivel későbbre tehető. Ennek feltétele a gyorsan terjedő globális helymeghatározó rendszerek megjelenése volt. A GPS-rendszerek biztosítják a gyors, pontos és hatékony adatgyűjtést a precíziós mezőgazdasági gyakorlat számos területén, úgymint a terméstérképezés (Tumbo et al., 2002; Zhang et al., 2008), robotpilóta rendszerek (Adamchuk et al., 2008; Riczu et al., 2012), precíziós tápanyag-visszapótlás (Reetz et al., 2001), növényvédelem (Reyes et al., 2012) és számos egyéb – pozícionálási szempontból érzékeny – növény-specifikus alkalmazás során. A precíziós gazdálkodás elsősorban a szántóföldi kultúrákra fókuszál (Godwin et al., 2003; Lee et al., 2010), ennek ellenére jelentős számú precíziós kutatást folytattak már kertészeti kultúrákban is. Konopatzki et al. (2012) körtefák termésének elem-tartalmát hasonlították össze a talaj makro-, mezo- és mikroelem-tartalmának térbeli változékonyságának összefüggésében. Aggelopoulou et al. (2010) alma gyümölcsösben vizsgálták a termésmennyiség és -minőség kapcsolatának térbeli eloszlását.

A minőségi kertészeti termékek előállítására megfelelő helyspecifikus gazdálkodási technológia hiányában nehezen elképzelhető, ezért egy intenzív gyümölcskertészetben a gyümölcsfák helyzetének és bizonyos paramétereinek megismerése, termesztési adatainak rögzítése elsődleges fontosságú lehet. Az egyes gyümölcsfák (vagy akár az erdőben lévő faállomány) pozíciójának mérésére hagyományos módszerek és high-tech eszközök segítségével új technológiák is elterjedtek. A gyümölcsfák pozíciójának meghatározására leginkább GPS-rendszerek váltak népszerűvé (Min et al., 2008). Aggelopoulou et al. (2010) a hozam és a termésminőség térbeli változását megfelelő GPS-pozicionálási rendszerekkel tudta elvégezni. Ehsani et al. (2008) a citrusfélét bakteriális úton terjedő Huanglongbing (HLB) megbetegedéseket detektálták GPS segítségével, így lehatárolhatóvá váltak a továbbfertőzést indukáló góccok a területen.

Egyes gyümölcsfák térhelyes pozíciójának meghatározása más szempontokból is fontos lehet. Fórián et al. (2010) földi geodéziai és légi fotogrammetriai úton készítették el a Debreceni Egyetem Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep kísérleti ültetvényének teljes nagyfelbontású digitális adatbázisát, melyben minden egyes fához az attribútumként rendelték hozzá az egyedre vonatkozó adatokat (fajtanév, telepítés éve, metszés, permetezés ideje, kijuttatott tápanyag mennyisége stb.). A Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep valamennyi kísérlet kombinációját szintén fa szinten mérték fel. Az egyedi azonosító lehetővé teszi, hogy minden kezelés és kísérleti eredmény az adatbázisból térhelyesen lekérdezhetővé váljon (Fórián et al., 2009).

A gyümölcsfák helyzetének meghatározására más eszközök és módszerek is rendelkezésre állnak. Az aktív távérzékelés – mint a távérzékelés egyik típusa – során a szenzor maga bocsájt ki elektromágneses sugárzást. A műszerből kisugárzott energiának a vizsgált objektum felszínéről visszaverődött részét mérjük aktív szenzorokkal (Belényesi et al., 2008). Aktív távérzékelési eszközök segítségével egy gyümölcsös gyorsan, pontosan és nagy területen válik felmérhetővé. A fák pozíciójának, illetve a lombzatuk struktúrájának mérésére egy hatékony eszköz a 3D lézerszkennerek (Llorens et al., 2011; Rosell et al., 2009a). Az eszköz mm-es pontossággal határozza meg a gyümölcsfák egyes jellemző paramétereit, úgymint lombzat nagysága, törzsátmérő, egymástól való távolság, stb. (Rosell et al., 2009b).

Egyéb aktív távérzékelési eszközök, a vegetációs indexméterek segítségével is szerezhethetünk információt a gyümölcsfák lombzatának strukturális felépítéséről. A GreenSeeker 505 egy, a gyakorlatban könnyen használható földi szenzor, ami az általa kibocsátott sugárzásnak a lombzat által visszavert részéből kalkulálja ki az Normalizált Differenciál Vegetációs Index (NDVI) értéket (Flynn et al., 2008). A gyümölcsös NDVI értékeiből következtethetünk a vegetáció állapotán túl annak térbeliségére is.

Jelen kutatásunkban vizsgáljuk a gyümölcsfák struktúrájának és topológiájának meghatározhatóságát fejlett aktív távérzékelési szenzorok segítségével.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A GreenSeeker 505 szenzorral való mérést 2011. november 8-án, 2012. július 5-én és július 25-én végeztük el a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep jéghálóval védett, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott, intenzív termesztésű alma gyümölcsösében. Az NTech Industries Inc. által forgalmazott GreenSeeker 505 vegetációs indexméterrel vizsgáltuk meg gyümölcsös lombzatának NDVI értékét. A műszer az aktív távérzékelők családjába tartozik, mivel saját megvilágítást használ, így bármely napszakban használható. A GreenSeeker két hullámhossz-tartományban (vörös és infravörös) 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 egy kör alakú ablakban gyűjti be a műszer, majd a kapott értékekből számolja ki az NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) értéket a következő egyenlet alapján:

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

A szenzorral a koronától számított 60–90 cm-es távolságban végeztük az adatgyűjtést. A GreenSeeker kezelőfelületként működik a Trimble cég által forgalmazott AgGPS FmX fedélzeti számítógép, amely két beépített GNSS vevővel rendelkezik a nagyobb pontosság elérése érdekében. További, ún. EGNOS korrekciót használva a mérési és pozícióbeli csatlakozási (pass-to-pass) pontosság 15–20 cm-re volt csökkenthető. Mind az AgGPS FmX monitort, mind pedig a GreenSeeker 505 szenzort egy traktorra szereltük. A FmX monitor a szélességi és hosszúsági koordináták alapján összegezte a GreenSeeker NDVI adatait. Az NDVI, a magassági és sebességi értékeket másodpercenként rögzítette a fedélzeti számítógép. Az adatok számítógépes feldolgozásra a Surfer 10 térinformatikai szoftvert használtuk. A szoftvert a digitális felületterképeket interpolálással hozta létre, amely egy matematikai közelítő eljárás, melynek során a nem ismert értékekre az ismert értékek alapján ad közelítő becslést a program. Valamennyi térbeli adat interpolációját a legközelebbi szomszéd (Nearest Neighbor) analízis elvén végeztük. Ez egy egzakt interpolátor, amely a méretről ismert pontokat (tartópontok) változatlanul hagyja és a köztes térrészekre pedig becsüli az értéket. Ez az egzakt becsülő felületkészítő technika azért jobb a simító jellegű interpolátorokhoz képest, mert azok a mért pontokat is torzítják, hogy az általuk számolt felülethez minél jobban illeszkedjenek.

A földi lézerszkenneres felmérést 2011. szeptember 2-án végeztük el. A Leica ScanStation C10 lézerszkennerek mérési elve a lézernyaláb echózási idejének (time-of-flight) mérésén alapszik. Ebben az esetben egy adott közegben monokróm zöld (532 nm-es hullámhosszúságú) lézer fény halad egy véges és konstans sebességgel, ahol a távolságot a vizsgált objektumot elérő, majd visszajutó fény időkülönbségéből lehet kiszámítani. A lézernyaláb eltérítését a Smart X-Mirror™ forgó poligon tükörrendszer biztosítja, így készíti el a műszer a több millió pontból álló pontfelhőt. A lézerszkennerek látószöge horizontálisan 360°, vertikálisan

270°. A lézer kibocsátó mellett egy integrált digitális kamera is segíti a mérést a pontfelhő kiszínezésében. A beépített 4 megapixel (1920×1920 pixel) kamera látószöge 17°, így a kupola-szerű, automatikusan térben kiigazított, színes panoráma felvétel 260 képből épül fel. A mérés során 7 szkennállásból mértük fel a vizsgált terület egy sorát. A szkennelési területek közötti átfedés biztosította a pontfelhők összeillesztését, valamint a pontosság növelését. A felbontás 10 m-en 8 mm volt, így az átfedéseket tekintve maximum 1 cm-es hibával dolgozott a szkennel. A pontfelhő feldolgozása a Leica Cyclone 7.1 nevű szoftverrel történt. A szkennel saját szoftveres környezetében tisztítottuk a pontfelhőt, modellezést és mérnöki számításokat is végeztünk, majd a további kifinomultabb modellezés érdekében a 3DReshaper szoftvert alkalmaztuk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A GreenSeeker 505 típusú szenzorral a vegetációs fejlődés három különböző fázisában végeztünk felmérést a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telep jéghálóval védett alma gyümölcsösében. 2011. november 8-án a lombzat öregedési fázisában a teljes vizsgált területen alacsonyabb NDVI értékeket figyeltünk meg, mint a következő évi biológiai ciklus hajtásnövekedési szakaszában (1. ábra). Ez annak volt köszönhető, hogy vegetációs időszak későbbi szakaszaiban a szeneszcencia során a lombzat fiziológiai változásokon is keresztül megy, melynek egyik eredménye a levelek klorofill tartalmának csökkenése.

1. ábra: A vizsgált almaültetvény lombzatának NDVI térképe a különböző vegetációs időszakban

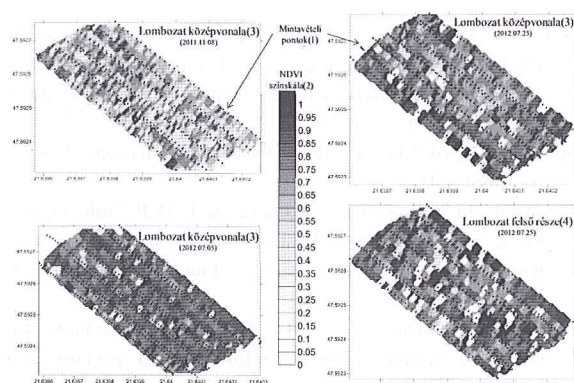


Figure 1: Canopy's NDVI values of the investigated apple plantation in different phenological stages

Sampling points(1), NDVI color scale(2), Middle part of canopy(3), Upper part of canopy(4)

2012. július 25-én két mérést végeztünk, ahol a lombzat középvonalának, valamint attól 60–70 cm-rel magasabban, a lombkorona felső részének NDVI értékeit vizsgáltuk (1. ábra). Mindkét mérés esetében az alacsony NDVI értékek azokat a területeket mutatták, ahol „lombzathiány”, vagy a levelek klorofill tartalmának csökkenése, bizonyos esetekben annak teljes lebomlása volt megfigyelhető.

A július 5-i mérés alapján elkészített vegetációs index térképen az alacsonyabb, valamint a július 25-i térképek nulla NDVI-értékhez közelítő egyes területei

között átfedéseket tapasztaltunk. Az alacsonyabb NDVI érték a gyümölcsfák fiziológiai változásait jelezték előre, majd a 20 nap múlva (július 25-én) megismételt mérésorozat bizonyította az egyes gyümölcsfák betegség általi teljes kipusztulását.

A 2011. szeptember 2-án végzett lézerszkennelés felmérés pontosabb eredményeket adott a gyümölcsfák térbeliségének meghatározására a GreenSeeker szenzorhoz képest. A Leica ScanStation C10 lézerszkennelvel a fahiányos helyek detektálásán, valamint a pozicionáláson túl a gyümölcsfák geometriája és főbb jellemző tulajdonságai is megismerhetővé váltak. Az adatfeldolgozást a szkennel saját szoftverében a Leica Cyclone-ban kezdtük meg (2. ábra/a), majd további információk kinyerésére a 3DReshaper szoftvert használtuk. A Leica Cyclone-ban végeztük a 7 szkennelés pontfelhőinek összeforgatását, annak letisztítását, az almafák és a lombkorona magasságának, a törzsátmérőnek meghatározását (2. ábra/b).

A szoftver lehetőséget nyújtott az előfeldolgozott pontfelhő exportálására, így biztosítva speciális pontfelhő-kezelő és -feldolgozó szoftverek számára a további adatkinyerés finomabb és célzottabb elemzéseinek lehetőségét. Az immár letisztított pontfelhőt a 3DReshaper szoftverbe importálva, az almák detektálását a legkisebb négyzetek módszerével végezte el a program (2. ábra/c). Ez a módszer a szoftverben használt illesztési algoritmus, amely az adott geometriai alak rekonstrukciója során az eltérések négyzetösszegét minimalizálja. A gömb, mint a pontfelhő görbülete legjobban illeszkedő alakzat segítségével pontos adatokat kaphattunk a gyümölcsök méretéről. Több esetben a pontfelhő nagy része hiányos volt a levelek és az ágak takarása miatt. Ennek ellenére a pontfelhő görbülete alapján is képes volt a program az alakzat-illesztést elvégezni.

2. ábra: Térbeli kivágat az elkészült pontfelhőről (A), egy kiválasztott almafa néhány fontosabb paraméterének meghatározása Leica Cyclone-ban (B), valamint a gyümölcsök detektálása a 3DReshaper szoftverkörnyezetben (C)

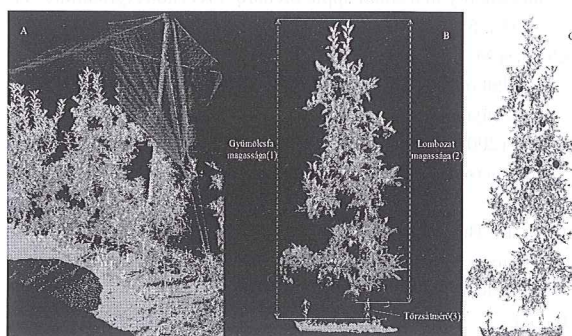


Figure 2: Spatial subset of the point cloud (A) and some important parameters of a selected apple tree in Leica Cyclone (B) and detection of the fruits in the 3DReshaper software environment (C)

Height of the fruit tree(1), Height of the canopy(2), Stem diameter(3)

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A precíziós mezőgazdasági eszközök biztosítják a termőhely alapos megismerését, amely elsődleges alapvető feltétele a mezőgazdasági és kertészeti beavat-

kozásoknak, ugyanis a növényzet heterogenitása miatt a fenntartható mezőgazdasági szemlélet nem biztosítható egységes agrotechnikai műveletekkel.

A GreenSeeker 505 vegetációs indexméterrel folytatott mérés eredményei alapján megállapítható az eszköz kertészeti alkalmazhatósága. A lombzat NDVI értékei alapján pontos becslést adhatunk a gyümölcsfák vegetatív állapotára vonatkozóan, a klorofill tartalom és a lombzat NDVI értékeinek szoros korrelációja alapján. Az eredmények szerint az alacsonyabb normalizált differenciál vegetációs index értékek a levelek valamilyen megbetegedését, vagy azok klorofill tartalmának csökkenését jelezték előre; míg a nulla NDVI értékek a lombkorona térbeli hiányát, illetve a gyümölcsfa kipusztulását jelezték. A különböző időpontokban végzett mérések eredményei alapján a GreenSeeker 505 vegetációs indexméter az almafák precíziós vegyszeres növényvédelmében is segítséget nyújthatnak. További komplex mérések szükségesek olyan vizsgálatok elvégzéséhez, amellyel nagy bizonyossággal válnának kimutathatóvá a fertőzések első jeleit indikáló NDVI értékek. Az adott NDVI érték arányában történő precíziós vegyszerkijuttatás csökkentheti a környezet terhelését.

A lézerszkenneres mérés első eredményei alapján igazolható, hogy a 3D-s felmérés gyorsan, megbízhatóan, nem destruktív módon megbecsülhetővé teszi a vizsgált növény struktúráját, azok térbeli elhelyezkedésének meghatározására pedig sokkal pontosabb és szofisztikáltabb lehetőséget biztosít, mint a GreenSeeker. A továbbiakban mérési módszereket kell

kidolgozni a lombzat pontos leírására, mivel ha ismerjük a lombzat nagyságát, illetve a levek felületét, úgy meghatározhatóvá válik a párolgató felület. A 3D-s modell tovább bővíthető és kombinálható légi, vagy kézi hiperspektrális kamerákkal, hőkamerás felvételekkel. Ezen felvételek segítségével további információkat nyerhetünk a gyümölcsfák párolgási értékeiről, dinamikájáról. Mivel a vizsgált pallagi intenzív almaültetvény csepegtető mikroöntöző rendszerrel ellátott, így a továbbiakban lehetőség nyílik egy víz- és energiatakarékos öntözési rendszer kiépítésére. A 3D lézerszkennner adatai alapján speciális szoftveres környezetben a gyümölcsfán elhelyezkedő almák detektálása is biztosítva volt. A rendszer továbbfejlesztésével pedig egy robotizált betakarítás is elképzelhetővé válhat.

### KÖSZÖNETNYILVÁNYÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki a Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Karának, hogy rendelkezésünkre bocsátotta a Leica ScanStation C10 3D lézerszkennert, mellyel hozzájárult a méréshez; Váradi Attilának a Leica Geosystems Hungary Kft. dolgozójának, aki a Leica Cyclone szoftverhez biztosított elérhetőséget, és munkánk során segítette a 3D pontfelhő feldolgozását, valamint Hatala Zoltán, környezetgazdálkodási agrármérnök hallgatónak az adatgyűjtésben és az adatok feldolgozásában nyújtott segítségéért. A kutatást a FP7 –Marie Curie CHANGEHABITAT2; TECH\_08-A3/2-2008-0373 és a TECH\_08-A4/2-2008-0138 projektek támogatták.

### IRODALOM

- Adamchuk, V. I.–Stombaugh, T. S.–Price, R. R. (2008): GNSS-based auto-guidance in agriculture. Site-Specific Management Guidelines SSMG-46. International Plant Nutrition Institute. Norcross. Georgia. 08/08.
- Aggelopoulou, D. K.–Wulfsohn, D.–Fountas, S.–Gemtos, T. A.–Nanos, G. D.–Blackmore, S. (2010): Spatial variation in yield and quality in a small apple orchard. Precision Agriculture. 11. 5: 538–556.
- Belényesi M.–Kristóf D.–Skutai J. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Elméleti jegyzet. Szent István Egyetem. Környezetgazdálkodási Intézet. Gödöllő. 78.
- Burai P. (2007): Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági területeken. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen. 143.
- Ehsani, R.–Buchanon, S.–Salyani, M. (2008): GPS accuracy for tree scouting and other horticultural uses. EDIS Publication No. AE438. <http://edis.ifas.ufl.edu/ae438>.
- Flynn, E. S.–Dougherty, C. T.–Wendroth, O. (2008): Assessment of pasture biomass with normalised difference vegetation index from active ground-based sensors. Agronomy Journal. 100. 1: 114–121.
- Fórián T.–Nagy A.–Tamás J. (2009): Intenzív fajtakíséret térinformatikai rendszerének értékelése. Lippai János – Ormós Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Budapesti Corvinus Egyetem. Kertészettudományi Kar. 154–155.
- Fórián T.–Nagy A.–Tamás J. (2010): Precíziós gyümölcsstermesztés térinformatikai rendszerének kiépítése. VIII. Alkalmazott Informatika Konferencia. Acta Agraria Kaposváriensis. 14. 3: 313–321.
- Godwin, R. J.–Wood, G. A.–Taylor, J. C.–Knight, S. M.–Welsh, J. P. (2003): Precision farming of cereal crops: A review of a six year experiment to develop management guidelines. Biosystems Engineering. 84. 4: 375–391.
- Györfly B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agroforum. 11. 2: 1–4.
- Konopatzki, M. R. S.–Souza, E. G.–Nobrega, L. H. P.–Uribe-Opazo, M. A.–Suszek, G. (2012): Spatial variability of yield and other parameters associated with pear trees. Engenharia Agrícola. 32. 2: 381–392.
- Lee, W. S.–Alchanatis, V.–Yang, C.–Hirafuji, M.–Moshou, D.–Li, C. (2010): Sensing technologies for precision specialty crop production. Computers and Electronics in Agriculture. 74. 1: 2–33.
- Llorens, J.–Gil, E.–Llop, J.–Escola, A. (2011): Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. Sensors. 11. 2: 2177–2194.
- Min, M.–Ehsani, M. R.–Salyani, M. (2008): Dynamic accuracy of GPS receivers in citrus orchards. Journal of the Applied Engineering in Agriculture. 24. 6: 861–868.
- Reetz, H. F.–Jr., Murrell, T. S.–Murrell, L. J. (2001): Site-specific nutrient management: Production examples. Better Crops 85. 1: 12–17.
- Reyes, J. F.–Correa, C.–Esquivel, W.–Ortega, R. (2012): Development and field testing of a data acquisition system to assess the quality of spraying in fruit orchards. Computers and Electronics in Agriculture. 84: 62–67.

- Riczu, P.–Mesterházi, P. Á.–Fórián, T.–Fehér, G.–Bíró, J.–Tamás, J. (2012): Evaluation of different GPS signal corrections to improve field accuracy of the autopilot system. *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Foot-Print: The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies*. Sopron. 3. 7: 1–6.
- Rosell, J. R.–Llorens, J.–Sanz, R.–Arnó, J.–Ribes-Dasi, M.–Masip, J.–Escolà, A.–Camp, F.–Solanelles, F.–Gràcia, F.–Gil, E.–Val, L.–Planas, S.–Palacín, J. (2009)a: Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149. 9: 1505–1515.
- Rosell, J. R.–Sanz, R.–Llorens, J.–Arnó, J.–Escolà, A.–Ribes-Dasi, M.–Masip, J.–Camp, F.–Gràcia, F.–Solanelles, F.–Pallejá, T.–Val, L.–Planas, S.–Gil, E.–Palacín, J. (2009)b: A Tractor-Mounted Scanning LIDAR for the Non-Destructive Measurement of Vegetative Volume and Surface Area of Tree-Row Plantations: A Comparison with Conventional Destructive Measurements. *Biosystem Engineering*. 102. 2: 128–134.
- Tamás J. (2001): *Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó*. Budapest. 144.
- Tumbo, S. D.–Whitney, J. D.–Miller, W. M.–Wheaton, T. A. (2002): Development and testing of a citrus yield monitor. *Applied Engineering in Agriculture*. 18. 4: 399–403.
- Watkins, K. B.–Lu, Y. C.–Huang, W. Y. (1998): Economic and environmental feasibility of variable rate nitrogen fertilizer application with carry-over effects. *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 23. 2: 401–426.
- Zhang, M.–Li, M. Z.–Liu, G.–Wang, M. H. (2008): Yield Mapping in Precision Farming. *Computer and Computing Technologies in Agriculture*. 2. 259: 1407–1410.