

## Fejlett környezetállapot-értékelési eszközök alkalmazása gyümölcskultúrákban

Nagy Attila – Fórián Tünde – Tamás János

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

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A Debreceni Egyetem Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepén és az Újfehértói Körte Génbank területén létesített alma és körte fajtagyűjtemény területén végeztük vizsgálatainkat. Kutatásunk célja, hogy a terepen végzett vizsgálatok eredményeit egy térinformatikai adatbázis segítségével jelenítsük meg, illetve elemezzük ki. A térbeli adatokat légi hiperspektrális adatokkal is kiegészítettük, amely speciális anyag-, vízgazdálkodási, öntözéstechnikai vizsgálatok elvégzését teszi lehetővé.*

*Az egységes, georeferált nagyfelbontású, digitális térinformatikai keretrendszer és a földi mérésekkel kalibrált légi hiperspektrális adatok integrációja alkalmas a döntéstámogatásra, mely lehetőséget biztosít a folyamatosan változó termelési adatok bevitelére, aktualizálására, a vizsgálati eredmények egységes szempontú elemzésére, az agrár környezetvédelmi támogatások elnyerésének segítésére, monitoring rendszer kialakítására, a különböző területi beavatkozások és az öntözéses gyümölcsstermesztés optimalizálására.*

**Kulcsszavak:** GIS adatbázis, hiperspektrális értékelés, terepmodell

### SUMMARY

*Our reseaches were carried out in apple and pear orchards at Farm and Regional Research Institute in Pallas of the University of Debrecen and Pear Gene Reservoir in Újfehértó. Aim of this study is to interpret and analyse field studies with the aim of a GIS based database. Furthermore, beside field measurements, airborne and field hyperspectral data collection and analysis were also made to facilitate special watermanagement and irrigation related surveys.*

*The integration of unified, geoinformatics systems with high spatial resolution and calibrated airborne hyperspectral data are appropriate tool for decision support systems, which support the continuous update and actualization of the changing cropping data, the analysis of cropping results in a unified complex data system, the acquiring of agro environmental subsidies, the establishment of monitoring system, and the optimization of irrigated fruit production.*

**Keywords:** GIS database, hyperspectral analysis, terrain modell

### BEVEZETÉS

A modern térinformatikai programok lehetővé teszik a szakemberek számára, hogy az eddigieknél részletesebb adattartalommal rendelkező fajtatérképeket hozzanak létre, amelyet a rendszer síkban és térben egyaránt képes megjeleníteni. A rendszer által biztosított lehetőségeknek köszönhetően a gyümölcsstermesztés tudományterületén jelentősen kibővült ezzel a kutatási módszerek köre (Tamás és Szabó, 2010).

Egy gyümölcsöst távérzékelte adatok alapján is vizsgálható lehet, olyan felvételekkel, amelyekkel a visszavert napsugárzás számos (több száz) szűk (néhány nm)

intervallumú spektrális csatornára bontható. Az ilyen hiperspektrális felvételek alapján számolt különböző index számokkal a lombzat állapota, vízellátottsága jól jellemezhető. Az NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) például a távérzékelésben igen elterjedt, a fotoszintetikus aktív vegetációt mutatja meg (Rouse et al., 1974), amelynek alapja, hogy a levél klorofill erősen elnyeli a 450–670 nm közötti hullámhossztartományt. Az infravörös tartomány felé haladva 700 nm-nél az egészséges növényzet visszaverődése ugrásszerűen megnő. A 700–1300 nm közötti sávban az egészséges növényzet a beérkezett energia 40–50%-át visszaveri. A növényzet visszaverő képessége a 700–1300 nm közötti sávban főleg a levélzet belső szerkezeti sajátosságából következik (Berke et al., 2004).

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A Debreceni Egyetem Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepén és az Újfehértói Körte Génbank területén létesített alma és körte fajtagyűjtemény területén végeztük vizsgálatainkat. A fajtakísérletek során, azonos ültetvényen belül különböző korú és térállású alanyokon végeznek metszési, öntözési, agrometeorológiai, jégvédelmi és hozamkísérleteket homok, homokos vályog fizikai féleségű talajokon.

Kutatásunk egyik célja, hogy a terepen végzett vizsgálatok eredményeit egy térinformatikai adatbázis segítségével jelenítsük meg, illetve elemezzük ki. A termőterületről térinformatikai módszerek használatával, földrajzi koordinátákkal ellátott információs rendszer készült, mely tartalmazza a fajtanevet, a telepítési-, és talajtani adatokat, valamint a gyümölcsfákra vonatkozó paramétereket. A modell kialakítása során a legkisebb önálló entitás a gyümölcsfa volt, amelyhez az összes attributív tulajdonság (fajta név, telepítés éve, metszés módja, permetezés ideje stb.) egyedileg lekérdezhető. Szintén fontos volt a növényfenológiai adatok (virágzás, gyümölcshullás, érés, zöldmunkák, termés stb.) folyamatos adatfeltölthetőségének biztosítása. A mezőgazdasági támogatási kifizetésekhez a területi művelési adatokat is rögzíteni kellett. A terepi felmérésnél TRIMBLE JUNO PDA eszközök segítségével két terepi adatgyűjtő szoftvert alkalmaztunk (DigiTerra, ArcPad). A térbeli adatokat légi hiperspektrális adatokkal is kiegészítettük, amely speciális anyag-, vízgazdálkodási, öntözéstechnikai vizsgálatok elvégzését teszi lehetővé.

Az első AISA DUAL légi hiperspektrális képkalkoló rendszert 2007-ben közös munkával telepítette és állította működésbe a Debreceni Egyetem AGTC Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete és a Magyar Agrárgazdasági Intézmény Gödöllőn. A két hiperspektrális szen-

zor (ASIA DUAL) egy közös házban van rögzítve és összehangolva (Milics et al., 2010). A gébankról push-broom típusú szenzorral készített nagy felbontású hiperspektrális felvételt a megfelelő geometriai pontosságot a két antennával működő OXTS RT 3003 segítségével lehetett elérni. A repülés megkezdése előtt boresight típusú kalibrációt végeztünk (Holzwarth et al., 2005). A légköri korrekció a FODIS szenzorral mért direkt sugárzás alapján készült, amely a szenzor feletti besugárzás változását detektálja. A repülőgép mozgásából eredő hatásokat a navigációs értékek felhasználásával módosításra került. A hiperspektrális adatkocka paraméterei a következők voltak:

- hullámhossz: 400–2450 nm (EAGLE: 400–970 nm és HAWK: 970–2450 nm),
- spektrális mintavétel: 1,2–10 nm,
- földi felbontás: 1,5 m (repülőgéppel).

A felvételek mozaikolása előtt, paraméteres korrekció és a sávok közötti radiometriai normalizálás is alkalmazásra került.

A vizsgálatok terepi spektrális mérésekkel is kiegészültek a hiperspektrális adatkocka kalibrációja érdekében. A Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepeken, mikro öntöző rendszerrel ellátott, intenzív, integrált és biotermesztésű alma gyümölcsösében végeztük a vizsgálatokat. A levélmintákat integrált és biotermesztésben lévő Gála, Remo, Gála Must, Idared, Jonagold alfajták mind keleti, mind nyugati égtáj felé eső ágairól, 120 cm-es magasságból vettük, fajtánként három egyedről. Egyedenként öt-öt levélmintát gyűjtöttünk be és ALTA II és AvaSpec 2048 kézi spektrométerrel mértük a reflektanciájukat, továbbá rendelkezésünkre állt a területről 2009-ben készült hiperspektrális felvétel is. A reflektancia-spektrumokat kézi, ALTA II. típusú spektrométerrel 11 ponton (470, 525, 560, 585, 600, 645, 700, 735, 810, 880, 940 nm), az AvaSpec 2048 spektrométerrel 400–1000 nm-es intervallumban (1 nm-es pontossággal mérhetőek) vettük fel. Az AvaSpec 2048 spektrométerhez tartozik még egy halogén fényforrás, illetve száloptika (1. ábra).

1. ábra: Az ALTA II és AvaSpec 2048 spektrométer



Figure 1: The ALTA II and AvaSpec 2048 spectrometer  
Halogen light-source(1), Fibrescope(2), Sample(3)

A spektrális értékelés mellett a vízgazdálkodás szempontjából is fontos felszín modelleket készítettünk az adott területekről. A digitális domborzatmodell generálása az utóbbi időkben az agroökológiai potenciál értékelésének egyik igen népszerű vizsgálati módszeré vált. Azonban pusztán szintvonalak, vagy mintavételezési pontok magassági adataiból származtatott domborzatmodellek csak bizonyos feltételek mellett alkal-

mazhatóak gyümölcsösök agroökológiai potenciáljának értékeléséhez. Ezen modellek legnagyobb hiányossága, hogy csak a talajfelszín magassági viszonyait mutatják be és nem térnek ki a felszínen elhelyezkedő objektumokra, így például a besugárzási érték számításakor csak a talajfelszínre vonatkozó adatot kaphatjuk meg. A terepi felvételezés során pontoszerű magassági mintavételezéssel határoztuk meg a gyümölcsfák koronájának magasságát. Mivel a besugárzás értékét a korona nagysága is befolyásolja, hiperspektrális felvétellel segítségével NDVI értékeket számítottunk, mely meghatározza számunkra a biomassza tömegét. A hiperspektrális felvételezés az AISA DUAL képalkotó rendszer segítségével történt. A specifikus mintavételezésből adódóan az interpolálás eredményeként a korona magasságára vonatkozó felszín kapunk, mely a matematikai függvény alkalmazásából adódóan az adattal nem jellemezhető cellákhoz is magassági adatot rendel. Tehát a közepes vagy az alacsony NDVI értékkel rendelkező területek magasságának meghatározásához további műveletek elvégzése volt szükséges. Logikai boolean műveletek segítségével leválogattuk az egyes terepi elemekre vonatkozó magassági értéket külön-külön rétegekbe (2. ábra). Így egyértelmű hozzárendeléssel meghatároztuk minden „ismeretlen” cella magassági értékét. Végezetül a rétegek matematikai módszerrel történő egyesítését követően megkaptuk az ültetvényre vonatkozó terepmodellt, mely már az ültetvény „felszíni érdességét” igen plasztikusan ábrázolja, valamint további vizsgálatokhoz nyújt alapot.

A radiáció alapján a gyümölcsstermesztésben nélkülözhetetlen evapotranspirációs adatokat is számítottunk. A modellben a radiáció  $W/m^2/nap$  értékkel van megadva, melyet az átszámító faktor használatával ekvivalens evaporációvá ( $mm/nap$ ) konvertáltunk.

Ekvivalens evaporáció [ $mm/nap$ ] =  $0,035 * Radiáció [W/m^2/nap]$

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A terepi munka során valamennyi, a körte genetikai gyűjteményben és a pallagi almásban regisztrált fának az egyedi adatait ESRI ARCGIS adatbázisba rendeztük, valamint nagyfelbontású digitális adatbázisból minden egyes fához attribútumként hozzárendelt adatok szabadon lekérdezhetőek. Attribútumok:

- faj, fajta,
- sor- és tőszám,
- magasság,
- telepítés éve,
- származási adatok,
- fénykép száma,
- génkód,
- WGS és EOVS x ill. y koordináta.

Ezt követően a fajta szintű spektrális vizsgálatokat végeztük el. Az egyes gyümölcsfa fajok eltérő reflektancia görbéi abból adódnak, hogy a klorofill erősen elnyeli a 450–670 nm közötti hullámhossztartományt, míg a közeli infravörös tartomány (NIR) felé haladva 700 nm-nél az egészséges gyümölcsfa levélzet visszaverődése ugrásszerűen megnőtt.

2. ábra: A terepmodell létrehozásának műveleti sora az ArcGIS-ben

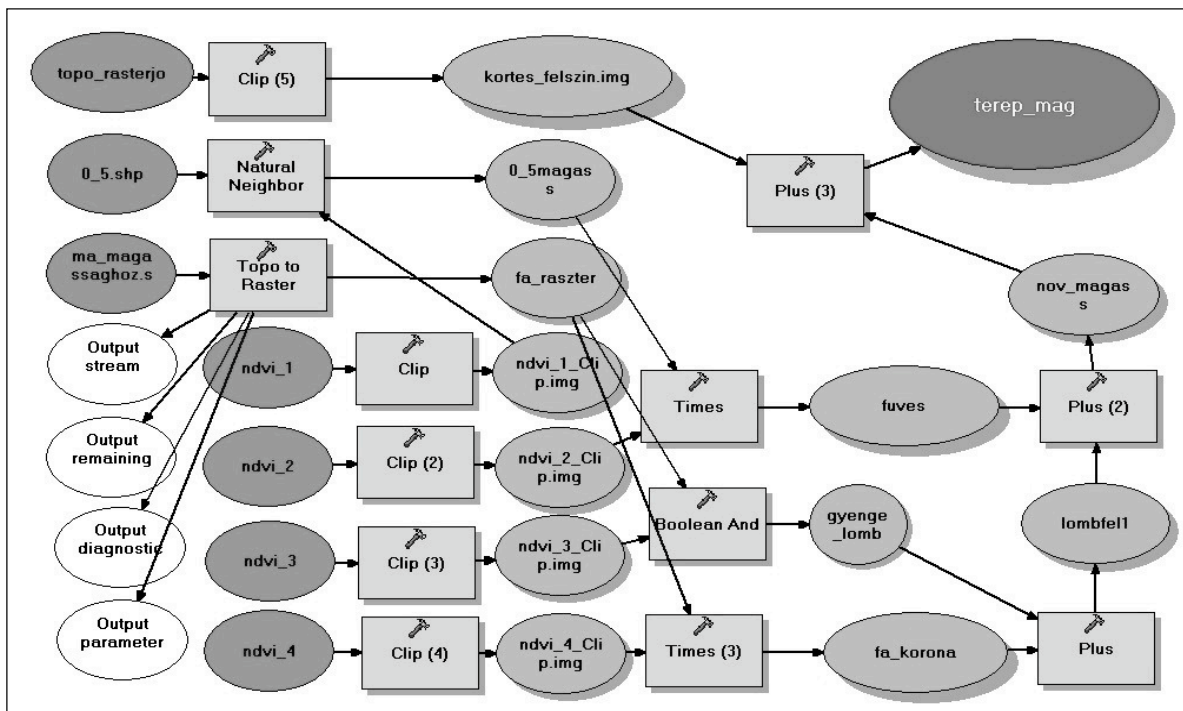


Figure 2: Algorithm of the terrain modell in ArcGIS

Az azonos természetstechnológiájú almafajták reflektancia értékei között szignifikáns eltérés ( $p > 0,05$ ) nem volt tapasztalható sem az ALTA II sem a sokkal jobb spektrális felbontású (1060 csatorna) AvaSpec 2048 kézi spektrométer adatai alapján. Erre magyarázatot az azonos kor, termőhely, természetstechnológia és a fajták levéllemezeinek hasonló felépítése és jellege ad. Azonban az egyes fajtán belül az integrált és bio termesztésű egyedek között jelentős az eltérés, különösen a közeli infravörös (NIR) tartományban (3. ábra). Ez annak köszönhető, hogy a biotermesztésű egyedek levéllemezein különböző baktériumok és gombák okozta kórképek, stressz hatások találhatóak. A stresszhatásnak ki nem tett növényeknek a NIR tartományban magas, míg a vörös szintartományban alacsony a reflektancia értékük.

3. ábra: A JonaGold és Remo fajtán belüli spektrális eltérés

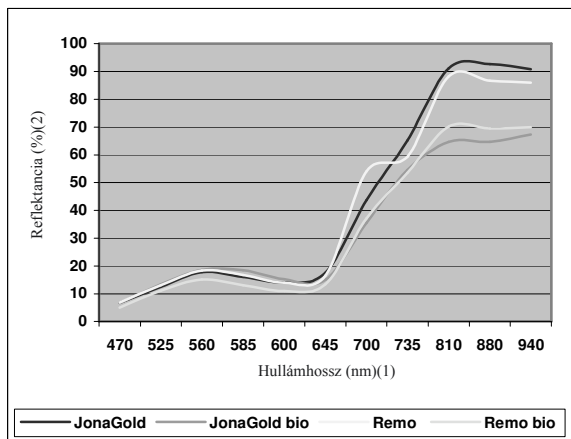


Figure 3: Spectral differences between JonaGold and Remo Wavelength(1), Reflectance(2)

Eredményeink alapján a terepi spektrális mintavételezés földi referenciaként, illetve kalibrálási célul is szolgálhat a légi hiperspektrális képalkotásban. A terepi (Ava Spec 2048 kézi spektrométer) és a légi (AISA DUAL) hiperspektrális adatok között igen szoros, szignifikáns összefüggés állapítható meg (1. táblázat). Emellett regresszóanalízis alapján spektrális kalibrációs egyenleteket is felállítottunk, amelyek segítségével a terepi mérések spektrális adatai közvetlenül, úgynevezett tiszta, végálló spektrum használhatóak a vizsgált hiperspektrális felvétel kalibrálására, képosztályozására.

1. táblázat

Összefüggés a terepi és légi spektrális adatok között

Objektumok(1)	Determinációs együttható ( $r^2$ )(8)
Út(2)	0,793
Fólia sátor(3)	0,850
Talaj(4)	0,653
Lombozat(5)	0,949
Stresszelt lombozat(6)	0,954
Belvízfolt(7)	0,771

Table 1: Relationship between field and airborne spectral data Objects(1), Road(2), Green house(3), Soil(4), Canopy(5), Stressed canopy(6), Surplus water(7), Coefficient of determination(8)

A regressziós modellek validálása párosított t-próbával történt; a becült és a valós légi spektrális adat között szignifikáns differencia nincs.

Újfehértói kísérleti állomás 1:10000 arányú IDW interpolációval készült digitális domborzat modelljét készítettük el. A 5 m-es szintkülönbséggel bíró sík alföldi homok és homokos vályog talajon fekvő ültetvény a hagyományos gyakorlat alapján domborzatilag homogénnek tekinthető (4. ábra). Az ábrán is látható,



hogy a domborzatmodell csak a felszín (talajfelszín) tengerszint feletti magasságát mutatja be. Azonban, ha a területre vonatkozó agroökológiai viszonyokat szeretnénk elemezni, mint például a besugárzást, akkor a felszínen lévő, vagy azt módosító tereptárgyakat is figyelembe kell vennünk, valamint beépítenünk a modellbe. Erre ad lehetőséget a hiperspektrális felvételezés. Az Újfehértón készült hiperspektrális NDVI elemzések alapján 4 fő kategóriát különítettünk el:

1. nincs növényzet, talaj: 0,889 ha,
2. füves, gyomos: 0,674 ha,
3. gyenge lombzat: 0,925 ha,
4. sűrű vegetáció: 0,464 ha.

Itt azonban meg kell említeni, hogy az ültetvény É-i részén új (2–5 éves) telepítésű körtefák találhatóak, melyek a kis lombmértüknél fogva a 2. vagy a 3. kategóriába kerültek az NDVI értékeik alapján. A többlépcsős művelet sor eredményeként megkapjuk a tereptárgyakkal (gyümölcsfák) kiegészített terepmodellt, amelyen magasság szerint jól láthatóan elkülönülnek a különböző vegetáció típusok. Végeredményként a valóságos viszonyokhoz nagyon közel álló modellt kapunk, mely további vizsgálatok alapját képezi (4. ábra).

Elkészítettük a meghatározó fenológiai időszakokra (április, június, augusztus, szeptember) besugárzási térképeket és ezek statisztikai értékelését feltételezve a tiszta égboltot és a földrajzi szélességhez tartozó maximális besugárzást. Az egész vizsgálati modellt egy ARCGIS makroszkript segítségével írtuk le így ez bármely gyü-

mölcsstermesztő területen hasonló peremfeltételek mellett alkalmazható. A térkép az adott cellára (felbontás: 1,5\*1,5 m) érkező összes besugárzási értéket mutatja Watt/m<sup>2</sup>-ben. Jól láthatóan elkülönülnek a legnagyobb és a legkisebb besugárzási értékkel rendelkező területek (4. ábra).

A különböző paraméterek lehetőséget nyújtanak a besugárzási értéket különböző idő intervallumra történő kiszámítására, mint például egy adott pillanatban, adott napon, egy idő intervallum alatt, valamint egész évben mennyi közvetlen besugárzás éri az adott felszínt. Evaporáció számítás alapján a 2010-es évben április 21-én 5,6 mm/nap, július 21-én 7,7 mm/nap, augusztus 6-án 6,5 mm/nap, szeptember 21-én 3,8 mm/nap volt átlagosan az evapotranspiráció.

#### KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az egységes, georeferált nagyfelbontású, digitális térinformatikai keretrendszer és a földi mérésekkel kalibrált légi hiperspektrális adatok integrációja alkalmas a döntéstámogatásra, mely lehetőséget biztosít a folyamatosan változó termesztési adatok bevitelére, aktualizálására, a vizsgálati eredmények egységes szempontú elemzésére, az agrár környezetvédelmi támogatások elnyerésének segítésére, monitoring rendszer kialakítására, a különböző területi beavatkozások és az öntözéses gyümölcsstermesztés optimalizálására.

4. ábra: A: Az újfehértói körte génbank gyümölcsfáinak helyzete, valamint a hiperspektrális felvételtől származtatott NDVI értékek; B: A terület domborzati és terepmodellje; C: Direkt felszíni besugárzási értékek július hónapban

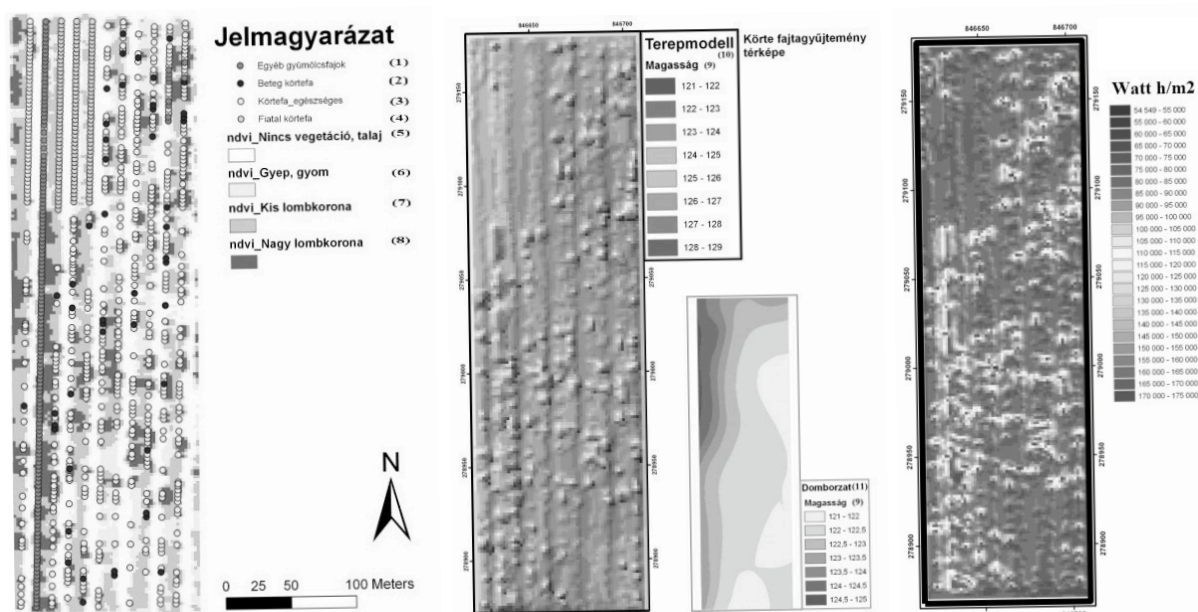


Figure 4: A: The situation of the fruit trees in gene collection plantation and the NDVI image derived from hyperspectral image B: Elevation and terrain modell of the sample area C: Direct solar radiation in July

Fruit species(1), Infected(2), Pear trees, healthy(3), New pear trees(4), Soil surface(5), Grass(6), Small foilage(7), Big foilage(8), Elevation(9), Elevation modell(10), Terrain modell(11)

**IRODALOM**

- Berke, J.–Kelemen, D.–Szabó, J. (2004): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. PICTRON Kft. (DVD kiadvány). Keszthely.
- Holzwarth, S.–Müller, R.–Simon, C. (2005): Determination and monitoring of boresight misalignment angles during the hymap campaigns HYEUROPE 2003 and HYEUROPE 2004. [In: Zagajewski, B.–Sobczak, M.–Wrzesień, M. (eds.) Proceedings of 4<sup>th</sup> EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy. New quality in environmental studies. EARSeL and Warsaw University. Warsaw. 119–128.
- Milics, G.–Virág, I.–Farouk, M.–Burai, P.–Lénárt, Cs. (2010): Airborne hyperspectral imaging for data collection for resilient agroecosystems. *Novénytermelés*. 59: 593–597.
- Rouse, J. W.–Haas, R. H.–Schell, J. A.–Deering, D. W.–Harlan, J. C. (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green Wave Effect) of natural vegetation. NASA/GSFC Type III Final Report. Greenbelt, MD. 371.
- Tamás, J.–Szabó, Z. (2010): Hyperspectral evaluation of the pear trees on the basis of genetic collection of different species. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*.

