

# VÍZHIÁNY OKOZTA STRESSZ SPEKTRÁLIS MÓDSZEREKKEL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATA GYÖMÖLCSFÁKON INVESTIGATION OF DROUGHT STRESS ON FRUIT TREES BY SPECTRAL METHODS

Nagy Attila<sup>1</sup>-Riczu Péter<sup>2</sup>-Tamás János<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet 4032 Debrecen, Böszörményi 138. Tel: 0652508444/88182, e-mail: attilnagy@agr.unideb.hu

<sup>2</sup> tanszéki mérnök, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet 4032 Debrecen, Böszörményi 138. Tel: 0652508444/88275, e-mail: riczu@agr.unideb.hu

<sup>3</sup> egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet 4032 Debrecen, Böszörményi 138. Tel: 0652508456, e-mail: tamas@agr.unideb.hu

## ÖSSZEFOGLALÓ

*Egy gyümölcsöst spektrális adatok alapján is vizsgálni lehet, olyan módszerekkel, amelyekkel a visszavert sugárzás számos (több száz) szűk (néhány nm) intervallumú spektrális csatornára bontható. Az ilyen hiperspektrális adatok alapján számolt különböző index számokkal a lombzat állapota, vízellátottsága jól jellemezhető.*

*A kutatás helyszínéül a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdaság Tudományok Centrum Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Pallagi kísérleti telepén elhelyezkedő intenzív termesztésű almás szolgál. Vizsgálataim során vízhiány okozta stressz tünetek spektrális, nem invazív úton történő detektálhatóságának, elemzési lehetőségeinek előzetes értékelése valósul meg.*

## SUMMARY

*An orchard can be examined on the basis of spectral data, using methods with which the reflected radiation can be divided into a large number of (several hundreds) small spectral channel (some nm. Calculated on the basis of such hyperspectral data from different index numbers the water supply of foliage conditions can be well characterized.*

*The research site is an intensive apple orchard, which located in University, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences, Farm and Regional Research Institute at Pallas. During my experiments the preliminary evaluation of spectral, non-invasive measurement method are carried out for detecting stress symptoms caused by drought.*

## 1. BEVEZETÉS

A korszerű biomassza-termelésben megkülönböztetett jelentősége van a termésbiztonságnak, a termesztési kockázatok csökkentésének, a szélsőséges vízháztartási stresszhelyzetek mérséklésének, amely tervszerű fejlesztésekkel érhetőek el (Juhász et al. 2013).

Emellett azonban a különböző stresszorok hatásának időben történő észlelése kulcsfontosságú a nagyobb károk megelőzése érdekében. A természetes vagy antropogén stresszorok

közvetlenül fejtik ki hatásukat a klorofill tartalom változására. *Lichtenthaler* (1998) szerint a klorofil tartalom mérésével információt kaphatunk a növény fiziológiai állapotáról. A vízhiány okozta stressznek kitett levelek nedvesség, valamint klorofill tartalma folyamatosan csökken az aszály előrehaladásával. Számos módszer áll rendelkezésre, amely segítséget nyújtanak a levelek klorofill tartalmának meghatározására. A hagyományos klorofill mérés destruktív, időigényes és drága eljárás. Újabbban távérzékelés elvén működő műszerek terjedtek el világszerte. Ezek az eszközök a leveleken áthatoló, illetve onnan a detektorba visszajutó fényt mérik, így határozva meg a levelek klorofill tartalmát (*Stamps és Boone* 1989). Ezeknek a klorofill mérőknek az előnye a gyorsaság és a roncsolás mentes klorofill tartalom meghatározás (*Kapotis et al.*, 2003). A távérzékelte eszközökkel való mérés a klorofill abszorpciós tulajdonságain alapszik. A 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 (*Berke et al.*, 2004), amely főleg a levélzet belső strukturális sajátosságaitól, a sejtfal lignintartalmának állapotától, valamint a parenchima szerkezetétől függ (*Gates et al.*, 1965).

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás helyszínéül a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdaság Tudományok Centrum Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Pallagi kísérleti telepén elhelyezkedő intenzív termesztésű almás szolgál. A kísérleti terület egy 0,68 ha területű (62m x 110m) 4x1m-es telepítésű, azaz 4 m sortávú 1 m tőtávú gyümölcsös; minden fát M9-es alanyra oltották.

Mivel a gyümölcsös szélsőséges vízháztartású talajon helyezkedik el, a vízhiány okozta stressz különösen nagy kockázatot jelent a területen. A vízhiány, növénykörtani elváltozások okozta stressz a növényi lombozat klorofill tartalmának és víztartalmának változásán figyelhető meg elsőként, így a kutatásaim során az levélmintákra van szükség. A levélmintákat mikroöntözőrendszerrel ellátott, intenzív termesztésben lévő Golden Reinders, Early Gold, Gála Galaxy, Gála Must, Pinova, Bucheye Gála, Gála Annaglo és Golden B almafajták egyedeinek mind keleti, mind nyugati égtáj felé eső ágairól, 120 cm-es magasságból vettük, fajtánként öt egyedről, mind jégháloval borított és nem borított állományból.

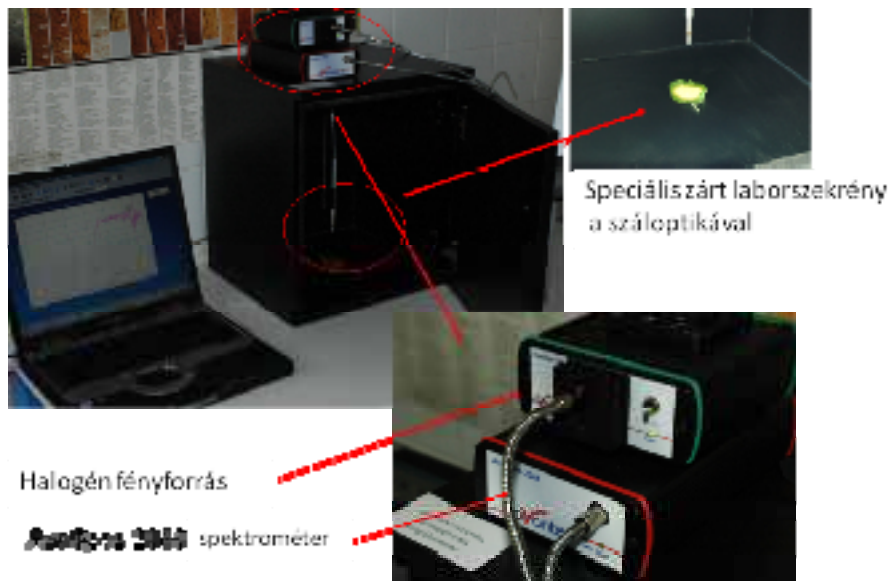
Vizsgálataim célja a különböző vízellátottságú egyedek vízhiányra utaló spektrálisan mérhető tulajdonságainak azonosíthatóságának vizsgálata. Ennek érdekében mértük a levélminták víztartalmát gravimetriás úton, klorofiltartalmát, valamint spektrális méréseket is végeztünk.

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 – 1000nm-es intervallumban, 0,6 nm-es felbontással vettük fel. Az AvaSpec 2048 egy spektrométerből (detektor) és egy AvaLight-HAL halogén fényforrásból áll, amelyet egy 8 µm átmérőjű száloptika köt össze egymással (1. ábra).

A halogén fényforrás biztosítja egy állandó hullámhosszúságú fény kibocsátását, amivel a teljes mérés során és a teljes mérési tartományban biztosítható a standard intenzitású bejövő energia. A pontos mérés érdekében egy speciális zárt laborszekrényt terveztünk meg a minta izolálása céljából a folyamatosan változó külső fényviszonyok ellen.

A klorofilelemzést minden esetben megelőzte egy Konica Minolta gyártmányú SPAD eszközzel történő spektrális alapú mérés, amellyel a levelek relatív klorofiltartalmát mértem le, majd ez alapján átlagos, valamint átlag alatti és feletti relatív klorofiltartalmú levélmintákat válogattam ki, amelyek abszolút klorofiltartalmát hagyományos laboratóriumi úton

határoztam meg. Az SPAD-dal való előzetes szűrésre a megfelelő minták kiválasztására és a mintaszám csökkentése (idő és anyagigényes laboratóriumi eljárások) miatt volt szükség.



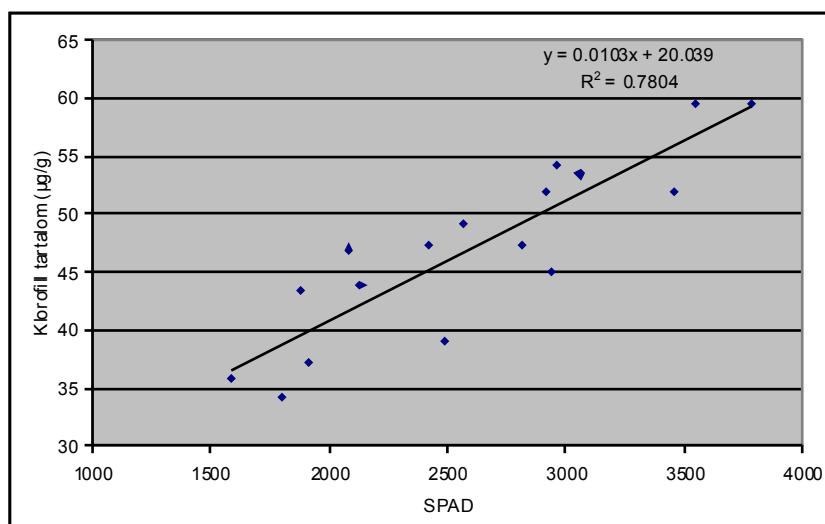
1. ábra AvaSpec 2048 spektrométer mérés közben, valamint a speciális zárt laborszekrény

A levelek klorofilltartalmának meghatározásához friss levélmintát vettem az egyes vizsgálatok során. A levélminták súlya kb. 80 és 100 mg között alakult, melyeket 10 ml 80%-os acetonnal kvarchomok segítségével mozsárban homogén állapotúra dörzsöltem. Majd a kémcsövek felső részében visszamaradt tiszta oldatot (növényi részekről mentes) 10 mm-es küvettába helyeztem, és a SECOMAN Anthelie Light II. UV-VIS spektrofotométer segítségével határoztuk meg a transzmissziót a következő 644 és 663 hullámhosszon. Vannak a 80%-os acetondatot alkalmaztam. Az így kapott adatokat pedig *Droppa et al., (2003)* alapján számítottam klorofill értékekre.

### 3. EREDMÉNYEK

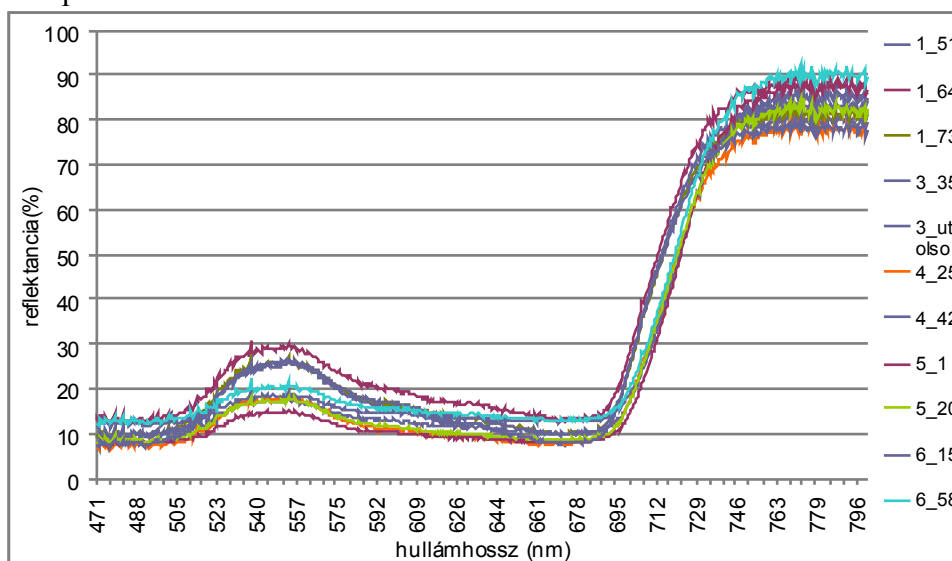
Összhangban számos kutatási eredménnyel, a kutatási eredmények alapján elmondható, hogy a SPAD által mért relatív klorofiltartalmi értékek és a laboratóriumban mért abszolút tartalmak között szoros pozitív összefüggés figyelhető meg (2. ábra). Ezt a továbbiakban a levélminták szelektálására fogjuk tudni hasznosítani, így csökkentve a mintaszámot esetenként több százról tízes nagyságrendre. Ezzel jelentős mennyiségű vegyszert (acetont) és időt lehet megspórolni.

A spektrális mérés során a külső fényviszonyoktól való izolálás különösen fontos a pontos mérési eredmények érdekében. Ezt a már említett eszközök közül csak az AvaSpec 2048 és az ahhoz kapcsolódó fénymentesen zárható laborszekrény biztosítja, így ezt az eszközt választottam ki a további méréseimhez. Az ALTA II spektrométer is aktív szenzor 11 darab beépített, adott hullámhosszokon sugárzó LED fényforrással rendelkezik. Az ALTA II spektrométer is aktív szenzor 11 darab beépített, adott hullámhosszokon sugárzó LED fényforrással rendelkezik. Azonban itt a szenzor és a fényforrás a spektrométerbe integrálva helyezkedik el, minden hullámhossz méréséhez a spektrométer kezelése szükséges (ellentétben az AvaSpec spektrométerrel ahol a vezérlés, a spektrométer, fényforrás és a detektor külön helyezkedik el) így a laborszekrény ajtaját a mérés alatt bezárni nem lehetséges.



2. ábra. Klorofill tartalom és a SPAD értékek közötti összefüggés alma levelek esetében

Az AvaSpec spektrométer által mért spektrális profilok jól jellemzik a zöld növényi felület spektrális tulajdonságait (3. ábra), azonban zajmentes értékeket (szórás > 3%) a 450-870 nm-es tartományban kapunk, így a készülék teljes (400-1000nm) hullámhossztartományát nem, vagy csak korlátozottan tudjuk hasznosítani. Megállapítható továbbá az is, hogy kisebb részben a zaj, nagyobb részben a levéllemez vékonysága miatt, a hiperspektrális távérzékelésből jól ismert, a víztartalomra utaló 900-970nm-es intervallumban (Champagne et al. 2001) nem detektálható spektrális eltérés.



3. ábra. Almafa leveleinek spektrális profiljai (az ábrán a számozás az almafa helyét jelöli; első szám a sor, második a tőszám, 1. sor: Golden Rienders, 3-4 sor: Early Gold, 5. sor Gala Galaxy, 6. sor Gala Must)

A levéllemezek reflektancia tulajdonságait összevetve a klorofill tartalommal és a levelek nedvességtartalmával, szignifikáns, szoros, fordítottan arányos összefüggést tapasztaltunk. Klorofill tartalom esetében szignifikáns korreláció ( $r \sim 0,7$ ) az 520-600 nm és 695-715 nm, míg a víztartalom esetén a 540-575 valamint a 700-730 nm közötti spektrális intervallumban volt igazolható ( $r \sim 0,610$ ). A kapott eredményeket a klorofill esetében a vörös és sárga színtartományban történő jelentős mértékű abszorbancia magyarázza. A levelek nedvességtartalmával kapcsolatos fordított arányosság pedig a minél nagyobb víztartalom fokozott abszorbanciájával, és kisebb mértékű reflektanciájával magyarázható.

#### **4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

Az ALTA spektrométer érzékeny a változó fényviszonyokra, így oktatási célra hasznosítható. Megoldást jelenthet egy, a detektor és a minta közé illeszthető gumi, vagy szivacs gyűrű, valamint egy spektrométer alátét, amellyel a fényviszonyok stabilizálhatók, azonban ez még további tervezést igényel.

Levéllemez esetében az irodalmi adatokból jól ismert víz csatorna index nem számítható jelen mérési módszerrel, valamint a víztartalomra és klorofiltartalomra érzékeny hullámhosszok specializálása, pontos meghatározása még további mérések tükrében végezhetőek el.

#### **5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg

#### **6. IRODALOMJEGYZÉK**

1. Berke J. – Kelemen D. – Szabó J.: 2004. Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. Georgikon-Kvark, Keszthely, Pictron Kft., Budapest, ISBN: 963 9096 911 – DIGKEP v6.0.
2. Champagne, C., E. Pattey, A. Bannari, and I.B. Strachan, 2001. Mapping Crop Water Status: Issues of Scale in the Detection of Crop Water Stress Using Hyperspectral Indices. In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, Aussois, France. pp.79-84.
3. Droppa M., Erdei S., Horváth G., Kissimom J., Mészáros A., Szalai J., Kosáry J. 2003. Növénybiokémiai és növényélettani gyakorlatok Budapest
4. Gates, D. M. – Keegan, H. J. – Schleter, J. C. – Weidner, V. R.: 1965. Spectral properties of plants. Applied Optics. 4: 11-20.
5. Juhász Cs.–Rátonyi T.–Harsányi E.–Nagy J.–Széles A.: (2013). Situation and development possibilities of irrigation in Hungary. Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich. Infrastructure and Ecology of Rural Areas. Polish Academy of Sciences. Cracow Branch. Commission of Technical Rural Infrastructure. 1/III. 2013. English edition. 45-54. ISSN 1732-5587.
6. Kapotis, G. – Zervoudakis, G. – Veltsistas, T. – Salahas, G.: 2003. Comparison of Chlorophyll Meter Readings with Leaf Chlorophyll Concentration in Amaranthus vlitus: Correlation with Physiological Processes. Russian Journal of Plant Physiology. 50 (3): 395-397.
7. Lichtenthaler, H. K.: 1998. The stress concept in plants: An introduction. Annals of the New York Academy of Science, 851, 187-198.
8. Stamps, R. H. – Boone, C. C.: 1989. Comparison of nondestructive chlorophyll-sensitive photometer and destructive methods of chlorophyll determination. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 101: 333-335.