

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

KORRELÁCIÓS MONITORING KÖRNYEZETI
TÉNYEZŐK NÖVÉNYEKRE GYAKOROLT
HATÁSÁNAK JELLEMZÉSÉRE

Badáczy Dorottya Zsófia

Sopron
2015

Doktori iskola: Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Vezető: Prof. Dr. Veress Márton DSc.

Program: Biokörnyezettudomány Program (K1)
Vezető: Prof. Dr. Albert Levente

Témavezető: Dr. habil. Németh Zsolt István egyetemi docens

Témaválasztás indoklása, kutatás célja

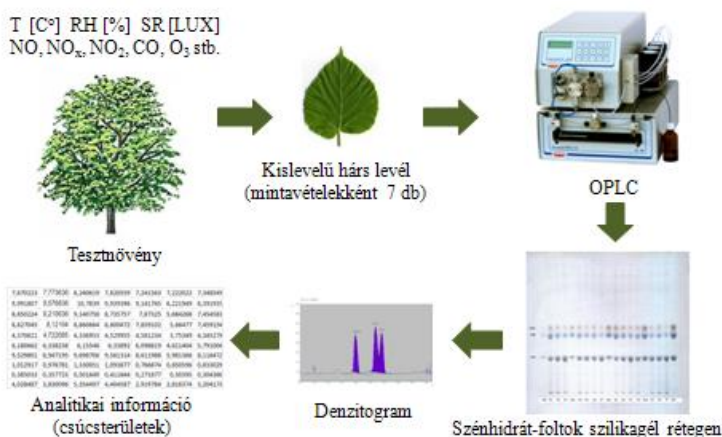
A változó környezeti feltételek növényekre gyakorolt hatásának megbízható számszerűsítése a klímaváltozás következtében fellépő szélsőséges időjárási körülmények tükrében egyre nagyobb hangsúlyt kap. Az erdei fafajok stresszre adott válaszreakcióinak nyomon követéséhez, az érzékenység és az adaptációs mechanizmusok vizsgálatához a növény és a környezet közötti kölcsönhatások alapos feltárására van szükség.

A növények biokémiai folyamatai érzékenyek, nagymértékben függenek az őket körülvevő környezet hatásaitól. A növény metabolit koncentrációi visszatükrözik az adott mintavételi időpontban a környezet aktuális állapotát. A növényi biokémiai változók lineáris korrelációi is környezeti hatás érzékenyek lehetnek. A korrelációs kapcsolatokat kifejező regressziókat a környezet állapotváltozásai a határozottsági fokban, meredekségben, tengelymetszetben és a súlypontban előidézett változásokon keresztül alakítják. A korrelációk regresszióinak monitoringszerű vizsgálatával a növény fiziológiás állapotában bekövetkező változás nyomon követhető. A kutatásom szervesen illeszkedik a lombzat környezeti körülményfüggő állapotváltozását a HB-LKK (Heterogén Bemenetű - Lineárisan Korreláló Kimenetű) rendszerszemléletű modellezéssel megközelítő témák sorozatába. Dolgozatom célkitűzése a környezeti tényezők növényekre gyakorolt módosító hatásainak érzékelhetővé, számszerűsíthetővé tétele.

Olyan, lineárisan korreláló biokémiai változó-párok közül, mint pl. a polifenol-oxidáz – peroxidáz enzim aktivitások, a totálfenol tartalom – antioxidáns kapacitás, a glükóz – fruktóz és a klorofill-a – klorofill-b tartalmak stb, a glükóz – fruktóz lineárisan korreláló koncentrációit választottam ki a vizsgálatokhoz. A fotoszintézis központi szénhidrát-anyagcseréjének környezeti érzékenységére alapozva, ennek a két cukor-tartalomnak a mérésén keresztül monitoroztam néhány faegyed környezeti körülményfüggő fiziológiás állapotváltozását. A glükóz-fruktóz koncentrációk állapotfüggő regressziós egyeneseinek vizsgálata egy számszerűsítő értékelési rendszer kidolgozását tette lehetővé a növény-környezet kölcsönhatás jellemzésére.

Vizsgálatok, kutatási módszerek

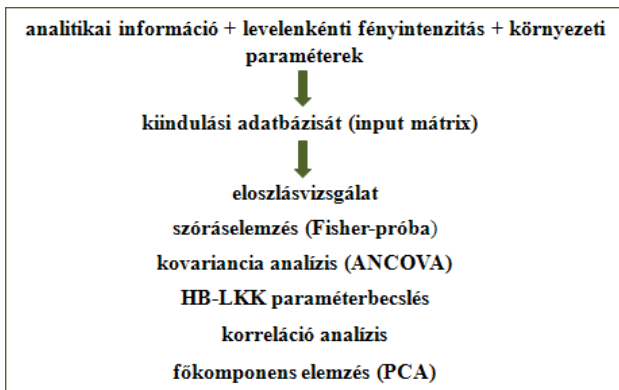
A növény és környezet kölcsönhatásának nyomon követése a 2010-2012 évek vegetációs időszakában, kb. 7-10 nap mintavételi időközönként, monitoringszerűen történt. A szénhidrát koncentrációk meghatározásához alkalmanként és mintanövényenként 7-7 db egyedi levelet gyűjtöttünk a lombzatból, véletlenszerűen.



1.ábra. Kémiai információ szerzés folyamata

A mintavétel időpontjában a leveleket érő, fényintenzitásokat napsugárzás-mérővel határoztuk meg. A minta-előkészítés optimalizálásához előzetes tesztekert hajtottunk végre. Az optimálisnak adódó minta-előkészítés szerint, a mintavételt követő 30-40 percen belül a szénhidrát-tartalmak elválasztásához az egyedi levelekből növénykivonatokat készítettünk. A szénhidrát-összetevőknek az OPLC elválasztását (Sárdi és munkatársai, 1996) az extraktumok tárolása nélkül, közvetlenül a centrifugálás után hajtottuk végre (1. ábra). A növény-környezet kölcsönhatás monitoring vizsgálatokhoz választott faegyedek: egy kocsányos tölgy (*Quercus robur*), egy bükk (*Fagus sylvatica* L.), egy ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) és egy kislevelű hárs (*Tilia cordata*) egyed. A tesztfák leveleinek glükóz és fruktóz tartalmához hozzárendeltük a mintavételi időpontokban mért

meteorológiai és légszennyezettségi adatok értékeit. Az ily módon származtatott adathalmaz képezte a növény-környezet kölcsönhatás értékelésnek a kiindulási adatbázisát (input mátrix).



2.ábra. Értékelési stratégia

A mérési eredmények és a környezeti tényezők látens kapcsolatainak feltárásához az adatbázison eloszlásvizsgálatot, szórásanalízist, kovariancia analízist, HB-LKK paraméterbecslést, korreláció analízist, és főkomponens elemzést alkalmaztam (2. ábra).

Új tudományos eredmények és tézisszerű összegzésük

A biokémiai változók eloszlásaiból származó szórásértékek sok esetben nem teszik lehetővé a környezeti körülmény lombzatra gyakorolt hatásának egyváltozós statisztikai módszerekkel való kimutatását. A környezeti adatok rejtett információinak kinyeréséhez egyre inkább előtérbe kerülnek a sokváltozós adatelemzés módszerei. Az adatelemzésekből nyert információ megfelelő értelmezéséhez természetesen szükség van a vizsgálat fizikai, biológiai, kémiai háttér ismereteire. Állapotfüggő regressziók sorozatának többváltozós szemléletű értékelése alkalmasnak bizonyult a növény és környezet közötti kölcsönhatások finomszerkezetének feltárására.

I.TÉZIS. A glükóz és fruktóz átlag-, valamint a szórásértékek nagyon magas Pearson R értékek mellett korrelálnak, külön-külön egymással. A lombozati eloszlás várható glükóz és fruktóz értékének növekedéséhez a szórásértékek növekedése társul. A glükóz-fruktóz regressziós egyenes meredekség növekedését mindig tengelymetszet csökkenés kíséri.

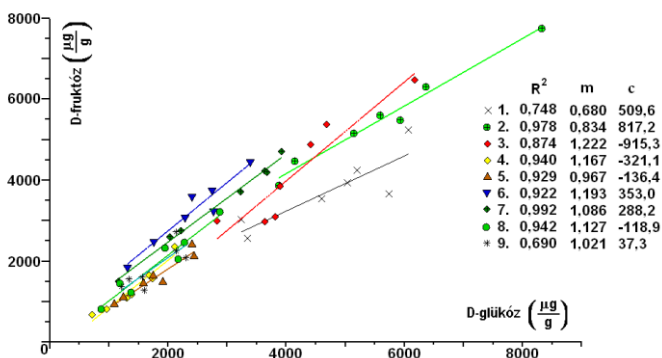
A négy faegyedre három vegetációs periódusban kapott glükóz és fruktóz mérési eredmények korreláció analízise az átlagértékeknek egymással és szórásértékeikkel való együttváltozását hozta napvilágra. Ha a környezeti körülmény a glükóz-fruktóz eloszlásokat nagyobb várható értékek irányában módosítja, akkor az eloszlások szórásértékei növekedni fognak. Nagyobb várhatóértékekhez nagyobb szórásértékek valószínűsíthetők. Nagyobb glükóz tartalmakhoz nagyobb fruktóz tartalmak tartoznak. Az állapotfüggő regresszió meredekségének tengelymetszettel való negatív előjelű korrelációs kapcsolata összhangban van a „növény-környezet kölcsönhatási egyenlet” jelentéstartalmával. Glükóz-fruktóz koncentrációk regresszióinak meredeksége és tengelymetszete közötti korreláció az elméleti összefüggés kísérleti megerősítését szolgáltatja.

II.TÉZIS. A glükóz és fruktóz koncentrációk lombozati eloszlásai, valamint azokat magukba integráló glükóz-fruktóz állapotfüggő regressziók a növény-környezet kölcsönhatás indikátorai.

A vizsgált lombozatokban a glükóz és a fruktóz tartalmak megközelítőleg normáeloszlást követtek. Az egyedi levelekben a glükóz és fruktóz tartalmakat a központi szénhidrát anyagcsere összehangoltan szabályozza. Az eloszlások típusazonossága és a koncentrációk összehangolt szabályozása ad magyarázatot a magas határozottsági fokú glükóz-fruktóz tapasztalati regressziós egyenesekre. A glükóz-fruktóz korrelációk állapotfüggő jellegét kovariancia analízis eredménye támasztja alá.

Az állapotfüggő glükóz-fruktóz regresszió paramétereinek környezeti tényezőkkel való együttváltozását korreláció analízis és főkomponens elemzés egyaránt megerősíti. Ez alapján tekinthető a lombozat glükóz-fruktóz regressziós egyenese, valamint az azt szolgáltató eloszlások a növény-környezet kölcsönhatás

indikátorainak. Az állapotfüggő glükóz-fruktóz regresszió meredeksége és tengelymetszete a környezeti körülmény változása folyamán szignifikánsan megváltozhat, ill. megváltozik. Az állapotfüggő glükóz-fruktóz korrelációnak környezeti körülmény megváltozásához társuló, szignifikánsan módosított regressziós egyeneseit szemlélteti a 3. ábra.



3.ábra. Kislevelű hárs állapotfüggő glükóz-fruktóz regressziós egyenesei 2012. év vegetációs periódusában
(1. 2012.05.24.; 2. 2012.06.20; 3. 2012.07.05.; 4. 2012.07.19.; 5. 2012.08.01.; 6. 2012.08.22.; 7. 2012.08.27.; 8. 2012.09.06.; 9. 2012.09.20.)

III.TÉZIS. A HL-LKK rendszerfunkció $f(.)$ transzformációs függvénye növényi lombozat esetében lineáris transzformációs operátor.

A fotoszintézis folyamata eleget tesz az anyagmegmaradás törvényének, így annak a lombozat HB-LKK modelljében is teljesülnie szükséges. A fotoszintézis folyamatában a fény fotonjai és a kémiai kötésekbe juttatott elektronok közötti transzformáció nem lehet lineáristól eltérő, mert az az anyag-megmaradási törvénynek ellentmondana. Ezért biológiai rendszerek leírására alkalmazva, a HB-LKK modellen az (1) egyenletekben az $f(.)$ transzformációs függvénynek, lineáris operátornak szükséges lennie.

$$(1) \quad y_1(t) = a_1 f(u(t)) + b_1 \qquad y_2(t) = a_2 f(u(t)) + b_2$$

Így a HB-LKK transzformációs funkciói az (2) egyenletek formájára egyszerűsödnek.

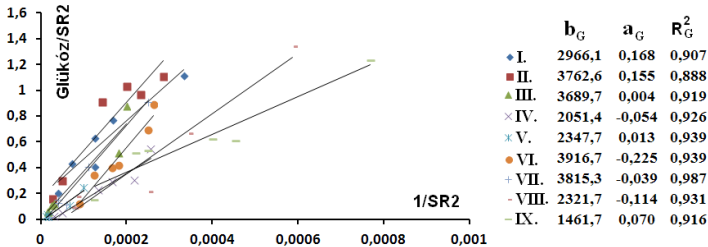
$$(2) \quad y_1(t) = a_1 \cdot u(t) + b_1 \qquad y_2(t) = a_2 \cdot u(t) + b_2$$

A (2) összefüggésekből az egységnyi fényintenzitáshoz tartozó változó értékeket kifejezve a (3) egyenleteket kapjuk.

$$(3) \quad \frac{y_1(t)}{u(t)} = a_1 + b_1 \cdot \frac{1}{u(t)} \qquad \frac{y_2(t)}{u(t)} = a_2 + b_2 \cdot \frac{1}{u(t)}$$

A HB-LKK rendszerfunkcióban a b_i paraméterek a környezeti körülménynek az y_i változókra gyakorolt hatását fejezik ki. Az a_i paraméterek az y_i változó értékek kialakításában szerepet játszó rendszerparaméter, ami azt juttatja kifejezésre, hogy a rendszer a bemeneti u változó értékének mekkora, arányos részét használja fel y_i értékének kialakításához. A glükóz és fruktóz tartalmakat a fényintenzitás értékekkel súlyozva és a fényintenzitás reciprok értékeihez rendelve, az egységnyi fényintenzitásra jutó szénhidrát tartalmaknak a reciprok fényintenzitás értékek függvényében egyenest kell szolgáltatniuk.

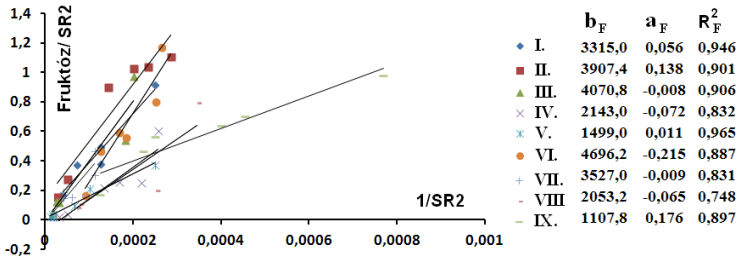
Az (3) egyenletek érvényességéről regressziós analízissel győződhetünk meg. A példaként kislevelű hárs korrelációs monitoring adataira származtatva a HB-LKK rendszerfunkciót, s egyeneseket illesztve a glükóz/fényintenzitás, ill. fruktóz/fényintenzitás versus $1/\text{fényintenzitás}$ adatpárookra, mintavételek szerint a 4. és 5. ábrán ábrázolt regressziós egyeneseket kapjuk.



4.ábra. Fényintenzitás (SR_2) reciprokának és a glükóz/fényintenzitás hányadosnak a regressziói

(1. 2012.05.24; 2. 2012.06.20; 3. 2012.07.05; 4. 2012.07.19; 5. 2012.08.01;
6. 2012.08.22; 7. 2012.08.27; 8. 2012.09.06; 9. 2012.09.20;

Regressziók kiugróérték nélküli adatokra; Bevington krit.(6, 95 %)=0,811)



5.ábra. Fényintenzitás (SR_2) reciprokának és a fruktóz/fényintenzitás hányadosnak a regressziói

(1. 2012.05.24; 2. 2012.06.20; 3. 2012.07.05; 4. 2012.07.19; 5. 2012.08.01;
6. 2012.08.22; 7. 2012.08.27; 8. 2012.09.06; 9. 2012.09.20;

Regressziók kiugróérték nélküli adatokra; Bevington krit.(6, 95 %)=0,811)

Mind a központi szénhidrát anyagcsere modellből (Nägele és munkatársai, 2010) származtatott, mind a korrelációs monitoring kísérletekből kapott eredmények a HB-LKK rendszerfunkciót szignifikánsan lineárisnak tekintendő y_i/u versus $1/u$ regressziók létezésével támasztják alá. Ezekre a regressziókra alkalmazott kovariancia analízis azt hozza felszínre, hogy a HB-LKK rendszerfunkciót modellező regressziók szinte mintavételi időpontról időpontra szignifikánsan különböznek egymástól. A lombzat vegetációs időszakon belüli állapotát (állapotváltozását) szignifikánsan eltérő HB-LKK rendszerparaméterek jellemzik.

IV.TÉZIS. A HB-LKK rendszer modell b_G és b_F paraméterek környezeti körülményfüggőek.

A glükóz-fruktóz adatokra meghatározott rendszerparaméterek (a_i ; b_i) szignifikánsan, lineárisan korrelálnak egymással. A b_G és b_F paraméterek hőmérséklet, ózon- és kéndioxid-mennyiségekkel mutattak magas *Pearson R* érték mellett együtt változást (I. táblázat). Az „Állapotfüggő korreláció koncepció” elméletben, a HB-LKK rendszerben a b_i paraméter modellezi a környezeti körülménynek a kimeneti változóra (glükóz, fruktóz koncentráció) gyakorolt hatását. A b_i értékeknek fent említett környezeti tényezőkkel való együttváltozása az elméleti rendszerfunkció létezésének egy kísérletes alátámasztása (I. Táblázat).

I.Táblázat. A b_i rendszerparaméterek és a környezeti tényezők Pearson féle korrelációs koefficiensei (Bevington 95% 9: 0,666)

	T	AH	O ₃	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	PM ₁₀	NO	SR	SR2
b_G	0,736	0,528	0,858	0,747	-0,180	-0,262	-0,189	0,368	-0,365	0,619	0,231
b_F	0,707	0,609	0,874	0,763	0,001	-0,101	-0,018	0,537	-0,240	0,414	0,028

(b_G = glükóz transzformációs paraméter; b_F = fruktóz transzformációs paraméter; **T** = hőmérséklet [C°]; **AH** = abszolút páratartalom [g/m³]; **O₃** = ózon [µg/m³]; **SO₂** = kéndioxid [µg/m³]; **NO₂** = nitrogén dioxid [µg/m³]; **NO_x** = nitrogén oxidok [µg/m³]; **CO** = szénmonoxid [µg/m³]; **PM10** szállópor koncentráció [µg/m³]; **NO** = nitrogén monoxid [µg/m³]; **SR** = napfény intenzitás [LUX]; **SR2** = levelenkénti napfény intenzitás [LUX])

A HB-LKK rendszerfunkciója és a teória elméleti összefüggései, a b_i paraméterek és az eloszlások várható értékei között egyértelmű kapcsolatot teremtenek. Ezt a kapcsolatot a b_i paraméterek és a szénhidrát átlagértékek közötti magas határozottsági fokú regressziós egyenesek támasztják alá.

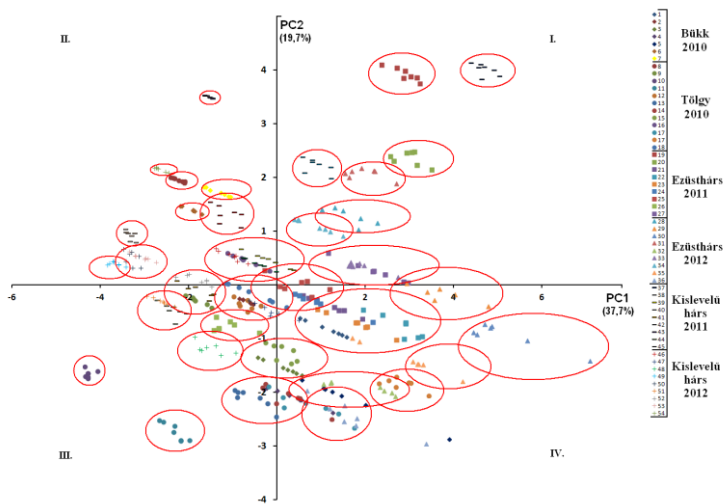
V.TÉZIS. A vizsgált eredmények főkomponens elemzésnek az első két főkomponens által meghatározott tere növény-környezet kölcsönhatási térnek tekinthető.

A főkomponensek terében, leképezve a vizsgált levelek pontjait, képet kapunk a levelek csoportosulásairól. Szignifikánsan eltérő növény-környezet kölcsönhatásokat tükröz vissza a vegetációs időszaktól és fajtától függetlenül az egyesített adatok „score plot”-ja (6. ábra), melyből szembetűnő, hogy a levélminták mintavételek szerint csoportosulnak. Az egyes mintavételi alkalmak hét-hét levélmintája egymáshoz nagyon közel helyezkednek el. Azok a mintavételi alkalmak alkotnak fajtól független csoportosulásokat, melyek a különböző mintavételi időpontjában hasonló környezeti hatás volt a domináns.

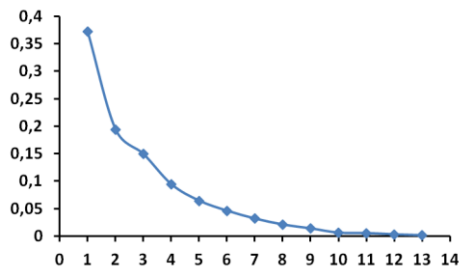
Mindegyik főkomponens kialakításához mindegyik növény-környezet kölcsönhatási változó hozzájárul. A PCA felbontás főkomponens együtthatók (loadings) mátrixából megállapítható, hogy míg az első főkomponenst inkább a növényi (szénhidrát) változók alakítják ki, addig a második főkomponenst inkább a környezeti körülmény határozza meg.

Az első két főkomponens terében a mintavételi alkalmak szerinti egyedi levélcsoportosulásokhoz szignifikánsan eltérő állapotfüggő glükóz-fruktóz regressziós egyenesek tartoznak.

A faegyedek szerinti, ill. az összesített adatok PCA értékeléseinek magyarázott varianciaértékei közel megegyezőek. Ez erősíti azt a feltételezést, miszerint az első két főkomponens által kifeszített tér a potenciális növény-környezet kölcsönhatási állapotokat magában foglalja. A 95%-os magyarázott varianciát szignifikancia határnak tekintve, a növény-környezet kölcsönhatások egy hatdimenziós térbe képezhetők le (7. ábra). Tehát, kismértékű variancia elhanyagolás mellett a növény-környezet kölcsönhatások állapotváltozásai egy jelentősen redukált dimenziószámú főkomponens térrel, ill. térben modellezhetőek.



6.ábra. Az összesített adatok főkomponens analizéséhez tartozó „score plot” az első és a második főkomponens tükrében



7.ábra. Az összesített adatokra elvégzett főkomponens elemzés „hegyomlás” ábrája

A dolgozathoz kapcsolódó publikációk listája

Közlemények

- Eredics A, Németh Zs I, Rákosa R, Badáczy D Zs, Rasztovits E, Móricz N, Vig P (2014): Erdei fák fiziológiai regressziói és a meteorológiai paraméterek közötti korrelációk időfüggése. Bidló A., Horváth A., Szűcs P. (szerk.) (2014): Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, IV. Kari Tudományos Konferencia. Sopron, ISBN 963-359-033-1.
- Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R, Németh K, Potyondi L (2012): Distributions and correlations of glucose and fructose levels in the foliages of various plants, IN: Héberger K, Pap T L (editors) XIII Chemometrics in Analytical Chemistry Programme & Book of Abstracts, Hungarian Chemical Society, Budapest, ISBN 978-963-9970-24-3,
- Németh Zs I, Badáczy D Zs (2012): POD-PPO State-dependent Correlation as an Adaptation Indicator in the Vegetation of Forest Trees In: Neményi M, Heil B, Kovács A J., Facskó F (editors): International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron, University of West Hungary Press, ISBN 978-963-334-047-9
- Kocsis R, Badáczy D Zs, Németh K E, Németh Zs I (2012): Reflection Intensities of the Leaf Spectrum and Glucose – Fructose Regression of Norway Maple Foliage in Urban Surrounding In: Neményi M, Heil B, Kovács A J., Facskó F (editors): International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron, University of West Hungary Press, ISBN 978-963-334-047-9
- Hofmann T, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R (2012): Possibility of Surveying the Physiological Condition of Trees Growing in Urban Areas by Means of Total Phenol Content and Antioxidant Capacity Determined from the Leaves In: Neményi M, Heil B, Kovács A J., Facskó F (editors): International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron, University of West Hungary Press, ISBN 978-963-334-047-9
- Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis R, Németh Z I (2011): Interaction between plant and environment revealed by the concept of state-dependent correlation. In: 4th European Conference on Chemistry for Life Sciences. Budapest, Hungary, 31/08/2011-03/09/2011. Bologna: Medimond International Proceedings, 7-10., ISBN 978-88-7587-631-9

- Badáczy D Zs (2011): Enzim aktivitások és szénhidrát tartalmak kölcsönhatása környezeti paraméterekkel kocsányos tölgy 2010 évi vegetációs periódusában Tudományos Doktorandusz Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, NymE Kiadó, Sopron, 256 p., ISBN 978-963-334-013-4
- Németh Zs I, Kocsis R, Badáczy D Zs, Németh K E (2011): A lombzat reflexiós fényintenzitásainak korrelációi környezeti hatások indikálására a soproni városökológiai kutatásban. In: Adányiné Kisbocskói Nóra, Wölfling János (ed.) MKE 1. Nemzeti Konferencia: Program és előadás összefoglalók. Sopron, Hungary, 22/05/2011-25/05/2011. Budapest: Magyar Kémikusok Egyesülete, p. 304. Paper P120., ISBN 978-963-9970-11-3
- Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R, Németh K E (2011): State-dependent regressions of the foliage for indication of the plant adaptation. In: Conferentia Chemometrica 2011. Sümeg, Hungary, 18/09/2011-21/09/2011. Paper P02., ISBN 978-963-9970-15-1
- Hofmann T, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R (2011): Városi fák fiziológiás állapotának felmérési lehetősége a levélből mérhető antioxidáns kapacitás és totálfenol tartalom alapján. p. 57. Konferencia előadásainak és posztereinek kivonata, (szerk.: Lakatos F., Szabó Z.), Kari Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron
- Hofmann T, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R (2011): Városi fák fiziológiás állapotának felmérési lehetősége a levélből mérhető antioxidáns kapacitás és totálfenol tartalom alapján. In: Lakatos F, Szabó Z (ed.) Kari Tudományos Konferencia Kiadvány: Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar. Sopron, Hungary, 05/10/2011 Sopron: NyME, pp. 112-115., ISBN 978-963-334-041-7
- Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis I, Németh Zs I (2011): Interactions between plant and environment revealed by the concept of state-dependent correlation. In: 4th European Conference on Chemistry for Life Sciences. Budapest, Hungary, 31/08/2011-03/09/2011. Budapest: Hungarian Chemical Society, Paper 154., ISBN 978-963-9970-14-4
- Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis R, Németh Zs I (2011): Növény és környezete közötti kölcsönhatások érzékelése biokémiai változók korrelációival. In: Lakatos F, Szabó Z (ed.) Erdőmérnöki Kar, Tudományos Konferencia Kiadvány, NymE Kiadó. Sopron, Hungary, 05/10/2011 (Nyugat-Magyarországi Egyetem), Sopron: pp. 152-157., ISBN 978-963-334-041-7

Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis R, Németh Zs I (2011): Növény és környezete közötti kölcsönhatás érzékelése biokémiai változók korrelációival. p. 69. Konferencia előadásainak és posztereinek kivonata, (szerk.: Lakatos F., Szabó Z.), Kari Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron

Németh Zs I, Németh K E, Badáczy D Zs, Potyondi L (2010): Correlation between glucose and fructose for characterization of relationship between plants and environmental conditions. Növénytermelés (Crop production) 59:(551) p. 554..; Doi: 10.1556/Novenyterm.59.2010.Suppl.1.

Badáczy D Zs, Horváth A, Pozsgai-Harsányi M, Németh Zs I (2010): State-dependent correlations between peroxidase and polyphenol oxidase activities of forest trees. Mesterházy B (ed.), IX. Természet-, műszaki és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia, NymE, Szombathely, ISBN 9-639290-69-6

Badáczy D Zs, Horváth A (2008): Növény és környezeti hatás kapcsolat jellemzése enzimkorrelációval, XI. OFDK, „Hallgatók a környezettudományért” Program és Összefoglalók, szerk.: Kiss F, Vallner J, Nyíregyháza, 2008 május 25-26., p. 51. , ISBN 978-963-7336-88-1

Pozsgainé Harsányi M, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Horváth A (2007): Stressz-szindróma jellemzése enzimkorrelációval. In: Lakatos F, Varga D (ed.), Erdészeti, Környezettudományi, Természetvédelmi és Vadgazdálkodási Tudományos Konferencia (EKTV-TK). Sopron, Hungary, 11/12/2007, Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, pp. 142-143.

Előadások

Eredics A, Németh Zs I, Rákosa R, Badáczy D Zs, Rasztovics R, Móricz n, Víg P (2013): Erdei fák fiziológiai regressziói és a meteorológiai paraméterek közötti korrelációk időfüggése. Kari tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron (szóbeli előadás)

Badáczy D Zs, Németh Zs I (2013): kislevelű hárs (*Tilia cordata*) és környezete közötti kölcsönhatások kimutatása sokváltozós adatelemzéssel. „Kémia, környezettudomány, fenntarthatóság” tudományos ülés, Sopron (szóbeli előadás)

Badáczy D Zs, Németh Zs I (2012): Kislevelű hárs (*Tilia cordata*) és környezete közötti kölcsönhatások kimutatása sokváltozós adatelemzéssel. „Környezeti problémák a Kárpát-medencében II.” konferencia, Pécsi Tudományegyetem, Pécs (szóbeli előadás)

- Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R, Németh K, Potyondi L (2012): Distributions and correlations of glucose and fructose levels in the foliages of various plants, XIII Chemometrics in Analytical Chemistry, Budapest (poszter előadás)
- Németh Zs I, Badáczy D Zs (2012): POD-PPO State-dependent Correlation as an Adaptation Indicator in the Vegetation of Forest Trees, International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron (poszter előadás)
- Kocsis R, Badáczy D Zs, Németh K E, Németh Zs I (2012): Reflection Intensities of the Leaf Spectrum and Glucose – Fructose Regression of Norway Maple Foliage in Urban Surrounding, International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron (szóbeli előadás)
- Hofmann T, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R (2012): Possibility of surveying the physiological condition of trees growing in urban areas by means of total phenol content and antioxidant capacity determined from the leaves, International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron (poszter előadás)
- Badáczy D Zs (2011). Enzim aktivitások és szénhidrát tartalmak kölcsönhatása környezeti paraméterekkel kocsányos tölgy 2010 évi vegetációs periódusában Tudományos Doktorandusz Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron (szóbeli előadás)
- Németh Zs I, Kocsis R, Badáczy D Zs, Németh K E (2011): A lombzat reflexiós fényintenzitásainak korrelációi környezeti hatások indikálására a soproni városökológiai kutatásban, MKE 1. Nemzeti Konferencia, Sopron (poszter előadás)
- Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R, Németh K E (2011): State-dependent regressions of the foliage for indication of the plant adaptation. In: Conferentia Chemometrica 2011. Sümeg harmadik legjobb poszter díj (poszter előadás)
- Hofmann T, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Kocsis R (2011): Városi fák fiziológiás állapotának felmérési lehetősége a levélből mérhető antioxidáns kapacitás és totálfenol tartalom alapján, Kari Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron (poszter előadás)
- Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis I, Németh Zs I (2011): Interactions between plant and environment revealed by the concept of state-dependent correlation. In: 4th European Conference on Chemistry for Life Sciences. Budapest (poszter előadás)

- Badáczy D Zs, Németh K E, Kocsis R, Németh Zs I (2011): Növény és környezete közötti kölcsönhatások érzékelése biokémiai változók korrelációival. Kari Tudományos Konferencia, Sopron (szóbeli előadás)
- Badáczy D Zs, Horváth A, Pozsgai-Harsányi M, Németh Zs I (2010): State-dependent correlations between peroxidase and polyphenol oxidase activities of forest trees, IX. Természet-, műszaki és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia, NymE, Szombathely (poszter előadás)
- Németh Zs I, Németh K E, Badáczy D Zs, Potyondi L (2010): Correlation between glucose and fructose for characterization of relationship between plants and environmental conditions. IX. Alps-Adria Scientific Workshop, Špičák, Czech Republic (poszter előadás)
- Németh Zs I, Németh K E, Badáczy D Zs, Potyondi L (2010): Korrelációs monitoring a növények fiziológiás állapotának jellemzésére. V. Regionális Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, SEK Központ, Szombathely (szóbeli előadás)
- Badáczy D Zs, Pozsgai-Harsányi M, Németh Zs I (2010): POD-PPO állapotfüggő korreláció az erdei fák vegetációs periódusában. V. Regionális Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, SEK Központ, Szombathely (szóbeli előadás)
- Badáczy D Zs, Horváth A (2008): Növény és környezeti hatás kapcsolat jellemzése enzimkorrelációval, XI. OFDK, Nyíregyháza (szóbeli előadás)
- Pozsgainé Harsányi M, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Horváth A (2007): Stressz-szindróma jellemzése enzimkorrelációval. Erdészeti, Környezettudományi, Természetvédelmi és Vadgazdálkodási Tudományos Konferencia (EKTV-TK). Sopron (szóbeli előadás)
- Pozsgai-Harsányi M, Németh Zs I, Badáczy D Zs, Horváth A (2007): Stressz-szindróma jellemzése enzimkorrelációval. Erdészeti Tudományos Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron (szóbeli előadás)