

Síkvidéki gyertyános-tölgyes uralkodó fafajainak fiziológiai plaszticitása lékvágásos felújítás következményeként

¹Szalacsi Árpád–²Király Gergely–¹Veres Szilvia

¹Debreceni Egyetem Mezőgazdasági-, Élelmiszertudomány és Környezetgazdálkodási Kar,

Növénytudományi Intézet, Debrecen

²Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar,

Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet, Sopron

szveres@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánk során gyertyános-tölgyes (Quercus robur-Carpinetum) növénytársulás lékvágásos, természet közeli felújító erdőgazdálkodással megnyitott lékeiben felújuló kocsányos tölgy (Quercus robur L.) és közönséges gyertyán (Carpinus betulus L.) fiziológiai plaszticitását jellemeztük a megváltozott körülmények tekintetében a specifikus levélterület (SLA) változásán keresztül. A növényi produkció szempontjából elsődlegesen fontos fotoszintézist befolyásolja a lombkorona mesterséges megnyitásával járó megváltozott fényviszony. A növény életéhez, szárazanyag gyarapodásához a fotoszintézis megfelelő lejátszódása elengedhetetlen, ugyanakkor a fajonkénti plaszticitása, alkalmazkodó képessége egyes fajokat sikeresebbé tesz másokkal szemben. A növényi produkció, a növény szárazanyag-tartalom, illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület elismerten alkalmazható. A tölgy fény- és árnyékleveleknél az adott területre vonatkoztatott szárazanyag-tartalom mennyisége nagyobb, mint a gyertyánnál. Az égtáji kitettség függvényében nem mérhető szignifikáns különbségek az SLA értékben egyik faj esetében sem.

Kulcsszavak: tölgy, gyertyán, lék, specifikus levélterület

SUMMARY

Specific leaf area (SLA) of English oak (Quercus robur L.) and hornbeam (Carpinus betulus L.) as members of Quercus robur-Carpinetum were investigated in two different habitat in terms of gap forest management: in the gap and in the inert forest. The artificial opening process of the forest resulted in more light for growing saplings and need for acclimatization. Photosynthesis is one of the most important ways for plant life and plant production basically influenced by altered light condition resulted in opening process. Efficient photosynthesis is important for plant life, plant production, but species-dependent plasticity of photosynthesis makes one species more tolerant, than others. The specific leaf area is acceptable parameters for characterising plant production, dry matter content and leaf structure. The dry matter content based on known leaf area is higher in oak both sun and shade leaves, than hornbeam. The different place of leaves in the canopy of trees did not influence the values of SLA.

Keywords: oak, hornbeam, gap, specific leaf area

BEVEZETÉS

Az emberiség erdőhöz való viszonya az elmúlt évszázadokban jelentős változásokon ment át. A folyamatos változások háttérében a tulajdonviszonyok változása mellett erdei javak egyre szűkösebb rendelkezésre állása és a napjainkban egyre nyilvánvalóbb társadalmi változások állnak. Ugyanakkor az erdőfenntartás kétszáz éve megfogalmazott alapeszméje nem változott: ne csökkenjen az erdőterület, ne csökkenjen az erdőből évről évre kitermelhető faanyag mennyisége. A társadalom elvárásainak középpontjában, az erdő környezetvédelemben, valamint természetvédelemben betöltött szerepe áll. Az utóbbi egy-két évtizedben egyre több erdőszben születik meg az a felismerés, hogy a vágásos erdőgazdálkodás csak az ültetvényszerű erdeinkben követendő módszer, természet-szerű erdeinkben más, úgynevezett természet közeli felújítási módszert, módszereket kell alkalmazni. A természet közeli erdőfelújítási módok közül a lékvágásos erdőgazdálkodás hatásairól hegyvidéki körülmények között világszerte számos tapasztalattal rendelkezünk. Ugyanakkor síkvidéki, így az alföldi, sok szempontból értékes erdeinkben az ilyen irányú vizsgálatok hiányosok. Az elmúlt évtizedben a kocsányos tölgyesek

természetes úton történő felújítására tett kísérletek bebizonyították, hogy vannak olyan részei az országnak, ahol alföldi körülmények között is lehetőség van ezen eljárások alkalmazására (Szalacsi 2008).

A síkvidéki gyertyános-tölgyesek a Kárpát-medencében és szomszédságában klimatikusan határhelyzetben (a gyertyános-tölgyes régió peremén vagy azon kívül elhelyezkedő), inkább edafikus meghatározottságú erdőtársulások (Kevey 2008). A síkvidéki gyertyános-tölgyesek állapotával a Kárpát-medencében és térségéhez kapcsolódóan több aggasztó tendencia figyelhető meg (Bodor és Gencsi 2001). Ezek részben függetlenek az erdőgazdálkodástól (pl. állandósult talajvízszint-süllyedés számos tájon, vagy lágyszárú özőnővények terjedése), részben viszont egyértelműen kapcsolatban állnak vele, vagy hatnak rá (pl. erdővédelmi és erdőfelújítási problémák). A Szatmár-Bereg-síkon a Nyírerdő Zrt. Fehérgyarmati Erdészete kezelésében lévő területeken a síkvidéki gyertyános-tölgyesek meghatározó szerepük. Az 2009-es Erdőtörvény előírásaival – pl. a folyamatos erdőborítás szorgalmazása – teljesen átalakította az addig lehetséges, uralkodó gazdálkodási szemléletet. Az Erdészetet ez nem érte váratlanul, több kísérleti jellegű próbálkozás után a 2011-től kezdődő erdőtervezések során már üzemi

szinten tettek javaslatot természetes kocsányos tölgyes felújítási módszer alkalmazására.

A síkvidéki gyertyános-tölgyes két uralkodó faja a kocsányos tölgy és a közönséges gyertyán, az erdőművelési problémát elsősorban a fajok eltérő fényigénye, fiatalkori eltérő ütemű növekedése, különböző fagyérzékenysége valamint a vad károsítása okozza. A lékdinamikai folyamatok ökofiziológiai jellemzéséről, illetve különböző fajok ökofiziológiai plaszticitásának jellemzéséről viszonylag kevés hazai, elsősorban hegyvidéki erdőtársulásokban mért eredmények állnak rendelkezésünkre (Mészárosné 1981, Csontos et al. 2001, Láposi et al. 2009, Mészáros et al. 2007, 2011; Szöllösi et al. 2008, Oláh et al. 2012). A lék képződését, képzését követően számos környezeti faktor megváltozik, a változás mértéke nagyban függ a lék méretétől (Arriaga 1988). A természetes felújítás során nyitott lékekben a megváltozott fény és talajnedvesség viszonyok befolyással vannak az újulat megtelepedési hatékonyságára. Versengés alakul ki mind az ökológiai feltételekért, mind az újulat egyedei között és az anyaállomány tagjaival szemben is. A lék létrejövetele több abiotikus tényező változását is eredményezi. A léken belül és közvetlen környezetében az eredeti erdőhöz képest más fény-, hőmérséklet- és nedvességviszonyok alakulnak ki, melyek befolyásolják az újulat mennyiségi és minőségi kialakulását. A fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai plaszticitásának mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében, hiszen a fotoszintézis a szárazanyag gyarapodást alapvetően meghatározó fiziológiai folyamat. A növények alkalmazkodása a megváltozott és változó környezeti viszonyokhoz elsősorban a fotoszintetikus kapacitásuk megőrzésén alapul, mivel az energia átalakítási folyamatok telítődése esetén a feldolgozatlan fényenergia káros hatású lehet, fotoinhibícióhoz, a fotokémiai rendszer degradálódásához vezethet. Azonban az egyes növényegedek kiszakítva természetes környezetükből többnyire képesek alkalmazkodni az adott környezeti viszonyokhoz, főképp biokémiai, s részben anatómiai, morfológiai szinten akklimatizálódnak (Lichtenthaler 1998). Erre a tulajdonságra a növényeknek természetes környezetben is szüksége van, ahol egyes tényezők gyorsan változnak (fény, hőmérséklet), míg mások lassabban (szerves anyag- és vízellátottság).

Munkánk során gyertyános-tölgyes (*Quercus robur-Carpinetum*) növénytársulás lékvágásos természet közeli felújító gazdálkodással megnyitott lékben felújuló kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) és közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) specifikus levéletterületének változásait vizsgáltuk a megváltozott körülmények tekintetében, különböző méretű lékekben és eltérő klimatikus években.

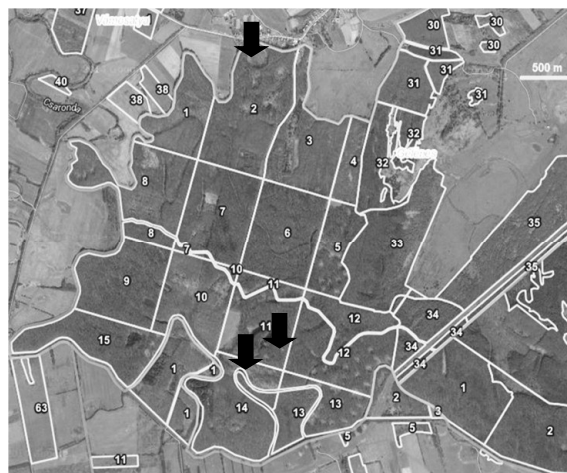
ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatainkat a Szatmár-Beregi-sík, Gelénes, Tákos és Vámosatya települések határában elterülő, védettség alatt álló Bockerek-erdő kiválasztott mesterseges lékben végeztük. Az ökofiziológiai vizsgálatokhoz kétféle lékméretben történtek. Egyrészt a Bockereki-erdő Gelénes 2F jelű erdőrészeltébe lévő 180 méter átmérőjű nagyobb lékben (NL), másrészt a Gelénes 11H erdőrészelt 3 db 15 m átmérőjű kisebb lékeiben (KL)

(1. ábra). A vizsgálati időszakok kora tavasszal és a nyár folyamán történtek, a nagyobb lékben 2012. április 24–26.; 2012. augusztus 13–13., 2014. július 9–11., a kisebb lékekben 2012. július 6–10. és 2012. július 10–13. voltak. Mindkét méretű lék esetében a következő, két domináns fafaj újulatait vizsgáltuk: kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), és közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.). A nagy lék esetében elsősorban a belső körében (BK) lévő egyedek vizsgálatára koncentráltunk, melyek fény- és árnyékleveleket is mérünk. Ugyanakkor a nagy lék középső (KöK) és külső (KüK) körének talajviszonyait is vizsgáltuk. A kis lékekben különböző égtáji kitettségű (északi, déli, keleti, nyugati részén a léknek) egyedek paramétereinek összehasonlítását is elvégeztük. Jelen munka a specifikus levéletterület (SLA) eredményeit mutatja be.

Eredmények bemutatásához és a statisztikai értékeléséhez Microsoft® Office Excel 2003 és Sigma Plot® 12.0 for Windows programokat használtunk.

1. ábra: A kutatási terület elhelyezkedése (Gelénes, Bockerek)



Megjegyzés: a vizsgált erdőrészteteket nyilak jelölik

Figure 1: The examination area (Gelénes, Bockerek)

Note: arrows show the examination part of the forest

EREDMÉNYEK

A vizsgálati évek klimatikus viszonyai

A vegetációs időszakok időjárási viszonyainak jellemzésére a havi csapék és havi átlaghőmérséklet értékeit használtuk. Az esetleges szárazság számszerű jellemzésére a Bagnouls-Gausson-féle (1952) xerothermikus indexet számoltuk:

$$I=N/2T$$

ahol: N=havi csapadékmennyiség, T=havi átlaghőmérséklet.

A xerothermikus index értéke szerint ahol a csapadék havi össz mennyisége nem éri el a havi középhőmérséklet kétszeresét, az a hónap ökológiailag száraznak tekinthető. Eredményeink szerint 2012- és 2014-es periódusban tavaszi szárazság volt jellemző a területen, míg 2013-ban nem. A május mindhárom évben csapa-

dékosabb volt a többi hónaphoz képest. Kora nyári szárazság a 2014-es évre jellemző, 2012. és 2013. években egymáshoz hasonlóan mind július, mind augusztus száraz hónapok voltak. A 2012-es és 2013-as hasonló nyári jellemzői miatt a 2012-es és 2014-es évek eredményeit mutatjuk be (1. táblázat).

1. táblázat

A vizsgálati évek vegetációs periódusaira jellemző
Bagnouls-Gausson-féle xerothermikus index
(2012–2014)

	Április(1)	Május(2)	Június(3)	Július(4)	Augusztus(5)
2012	<i>0,59</i>	2,02	1,32	<i>0,47</i>	<i>0,00</i>
2013	1,95	2,81	<i>0,92</i>	<i>0,24</i>	<i>0,32</i>
2014	<i>0,74</i>	1,91	<i>0,07</i>	2,18	1,11

Megjegyzés: a dőlten kiemelt értékek az ökológiailag száraz hónapokat jelölik

Table 1: Bagnouls-Gausson xerothermic indexes of the vegetation periods (2012–2014)

April(1), May(2), June(3), July(4), August(5), Note: italic numbers represent ecological dry months

A növények specifikus levélterület (SLA) értékei

A növényi produkció, a növény szárazanyag-tartalom, illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (Specific Leaf Area=SLA) elismerten alkalmazható. Értéke a friss levél területének és annak a szárazanyag-tartalmának a hányadosa tulajdonképpen két komponensből áll: levélvastagság és levélsűrűség (Witkowski és Lamont 1991). Az értéke fajok közötti eltérést mutat (Garnier et al. 2001), de jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásának jellemzésére is. A vizsgált két faj 2012 tavasz és nyár specifikus levélterület-eredményeit a 2. táblázat mutatja be.

A nagyobb SLA érték nagyobb szárazanyagra vonatkoztatott nitrogén tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitást jelent (Reich és Walters 1994). A tölgy fény- és árnyékleveleknél az adott területre vonatkoztatott szárazanyag-tartalom mennyisége nagyobb, mint a gyertyánál. A fénylevelek esetében a különbség nagyobb (32%), mint az árnyékleveleknél (23%) a fajok között.

2. táblázat

Tölgy és gyertyán újulat egyedeinek specifikus levélterülete (SLA, cm²/g) tavasszal (2012 április) és nyáron (2012 augusztus) (n=6,±s.e.)

SLA (cm ² /g)	Tavasz(3)			Nyár(4)		
	Erdőbelső (EB)(7)	Nagy lék belső köre (BK)(8)	Erdőbelső (EB)(7)	Nagy lék belső köre (BK)(8)		Nagy lék külső köre (KüK)(9)
				Fénylevél(5)	Árnyéklevél(6)	
Gyertyán(1)	376,4±4,3	393,5±6,5	376±1,2	239,8±2,8	375,7±39	182,1±3,6
Tölgy(2)	nincs adat(10)	313,6±0,4	nincs adat(10)	163,4±7,2	289,3±16	176,9±6,2

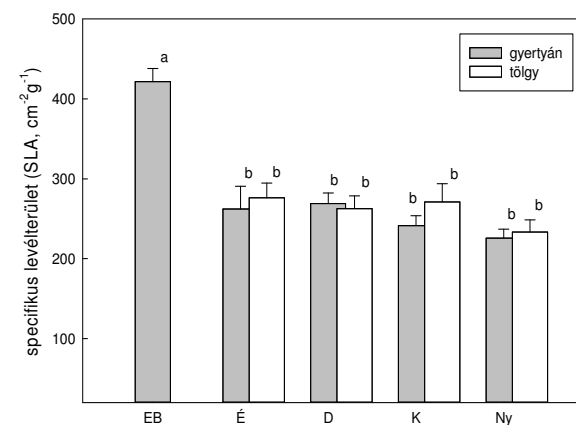
Table 2: Specific leaf area (SLA, cm² g⁻¹) of hornbeam and oak in spring (2012 April) and summer (2012 August) (n=6,±s.e.)

Hornbeam(1), Oak(2), Spring(3), Summer(4), Sun leaves(5), Shade leaves(6), Forest (EB)(7), Internal circle of large gap (BK)(8), External circle of large gap (KüK)(9), No data(10)

Árnyék- és fénylevelek SLA értékét összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy az árnyéklevelek SLA értéke mintegy 40%-kal magasabb mind a tölgy (Szalacsi et al. 2014), mind a gyertyánál. A lombkorona árnyékoló hatása miatt lecsökken a besugárzás mértéke, elsősorban a látható fény tartományában. A fotoszintetikusan aktív fény mennyisége kisebb, valamint változnak mind a mennyiségi, mind a minőségi jellemzői a beeső fénynek. Az árnyéklevelek viszonylag vékonyak, alacsony a levél tömeg sűrűsége. Alacsony a paliszád parenchima sejtek egységnyi területre vonatkozó mennyisége. A fény mennyiségének növekedésével csökken az SLA értéke (Aleric és Kirkman 2005). Az SLA értéke fontos paraméter, összefüggésben áll azzal, hogy a megkötött kémiai energia milyen mértékben hasznosul a növény növekedésére és szárazanyag-felhalmozódására (Niklas et al. 2007). Ugyanakkor az SLA értéke meglehetősen érzékeny a külső környezeti és a növény belső, funkcionális változásaira (Niinemets 2001).

A kisebb lékek esetében (2014 nyár) a lék égtáj szerinti különböző kitétségű részén élő tölgy és gyertyán egyedek specifikus levélterület értékeit a 2. ábra mutatja be.

2. ábra: A lék különböző égtáj szerinti kitétségű részeiről (É: észak, D: dél, K: kelet, Ny: nyugat) és az erdő belsejéből (EB) származó tölgy és gyertyán egyedek leveleinek specifikus levélterület értéke (SLA, cm²/g)



Megjegyzés: a b – különböző betűjelzések oszlopainak átlagai szignifikánsan különböznek (ANNOVA teszt, p≤0,05, n=9,±s.e.)

Figure 2: Specific leaf area (SLA, cm² g⁻¹) values of hornbeam and oak of different part of the gap (É: North; D: South; K: East; Ny: West) and forest (EB)

Specific leaf area (SLA, cm² g⁻¹)(1), Hornbeam(2), Oak(3), Note: a b – different letters mean significant differences (ANNOVA test, p≤0.05, n=9,±s.e.)

Eredményeink szerint csak az erdőbelső gyertyán egyedeinek SLA értéke tér el szignifikánsan a többi értéktől, az égtáji kitétség függvényében nem mérhető szignifikáns különbség egyik faj esetében sem. Bartha és Raisz (2002) európai bükk taxonokon levelein végzett alakítási vizsgálatokat. Megállapította, hogy a levél koronán belüli elhelyezkedése: az égtáj szerinti kitétség is valójában a fényviszonyok eltérését jelentheti.

Az északi fénylevél a délihez képest hosszabb, szélesebb, kerekdedebb, több az oldalere, rövidebb a nyele,

kisebb mértékben szőrözött, és a legszélesebb része jobban el van tolódva a csúcsa felé. Eredményeink esetében a szignifikáns különbség elmaradásának az oka valószínűleg a vizsgált egyedek fiatal korával magyarázható. Hasonlóan különbözik az árnyéklevél a fénylevélétől, ugyanakkor tényleges, szignifikáns eredmény nem mérhető (Bartha és Raisz 2002). 2014 nyarán a nagy lék belső kör árnyék- és fénylevelét, és külső kör gyertyán és tölgy egyedek leveleinek SLA értékét is meghatároztuk, az eredményeket az 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat

Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek specifikus levélterület (SLA, cm²/g) (2014 július) (n=6,±s.e.)

	Erdőbelső (EB)(5)	Nagy lék belső köre (BK)(6)		Nagy lék külső köre (KüK)(7)
		Fénylevél(3)	Árnyéklevél(4)	
Gyertyán(1)	376±1,2***	144,9±5,1**	255,6±9,4	143,8±3,1**
Tölgy(2)	nincs adat(8)	121,6±1,4*** ^a	184,2±13*** ^a	129,5±4,5*** ^a

Note: tölgy-gyertyán értékek összehasonlítása: a p≤0,05; árnyéklevél adatahoz hasonlított értékek: ** p<0,01; *** p<0,001

Table 3: Specific leaf area (SLA, cm² g⁻¹) of seedlings (oak and hornbeam) (2014 July) (n=6,±s.e.)

Hornbeam(1), Oak(2), Sun leaves(3), Shade leaves(4), Forest (EB)(5), Internal circle of large gap (BK)(6), External circle of large gap (KüK)(7), No data(8), Note: comparing oak-hornbeam data: a p≤0.05, based on shade leaves's value ** p<0.01, *** p<0.001

A két faj leveleinek SLA értéke között szignifikáns különbség van a fényleveleket, az árnyékleveleket és a külső kör egyedeinek leveleit vizsgálva. A különbség magyarázata a két faj eltérő fotoszintetikus hatékonyságával, az adott fényintenzitás melletti eltérő fotoszintetikus kapacitással magyarázható.

Adott fajon belül, az árnyéklevelek értékeihez hasonlítva mind a fény-, mind a külső kör és az erdő belsőből származó levelek SLA értéke szignifikánsan kü-

lönbözik mind a gyertyán, mint a tölgy esetében. Az SLA értékének vizsgálata fontos, a levél elemtartalmával és a klorofill/nitrogén arányával együtt szoros összefüggést mutat a megvilágítás mértékével. A levél ezen jellemzői értékesek az adott fényintenzitás mellett a növekedés maximalizálásához, hiszen szorosan kapcsolódnak a fotoszintetikus kapacitáshoz és a növény szénforgalmához (Rozendaal et al. 2006).

IRODALOM

- Aleric, K. M.–Kirkman, K. L. (2005): Growth and photosynthetic responses of the federally endangered shrub, *Lindera melissifolia* (Lauraceae), to varied light environments. *American Journal of Botany*. 92. 4: 682–689.
- Arriaga, L. (1988): Gap dynamics of a tropical cloud forest in North-eastern Mexico. *Biotropica*. 20: 178–184.
- Bartha D.–Raisz Á. (2002): Összehasonlító vizsgálatok európai bükk taxonok levelein I. – A levélalak-változatosság a lombkoronán belül. *Botanikai Közlemények*. 89. 1–2: 49–64.
- Bodor L.–Gencsi Z. (2001): Sík- és dombvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesek. 97–109. [In: Bartha D. (szerk.) A természetszerű erdők kezelése, a kultúr- és származékerdők megújítása. Átmenet a természetes folyamatokra épülő erdőgazdálkodás felé. Természetbúvár Alapítvány Kiadó. Budapest.
- Csontos, P.–Tamás, J.–Kalapos, T. (2001): Correlation between age and basal diameter of *Fraxinus ornus* L. in three ecologically contrasting habitats. *Acta Botanica Hungarica*. 43: 127–136.
- Garnier, E.–Shipley, B.–Roumet, C.–Laurent, G. (2001): A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*. 15. 5: 688–695
- Kevey B. (2008): Magyarország erdőtársulásai. *Tilia*. 14: 488.
- Láposi, R.–Veres, S.–Lakatos, G.–Oláh, V.–Fieldsend, A.–Mészáros, I. (2009): Responses of leaf traits of beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings to supplemental UV-B radiation and UV-B exclusion. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149: 745–755.
- Lichtenthaler, H. K. (1998): The Stress Concept in Plants: An Introduction. *Ann. NY Acad. Sci.* 851: 187–198.
- Mészárosné Draskovits, R. (1981): Photosynthetic activity of species in a beechwood II. – Spring-Summer aspects. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae – Sectio biologica*. 22–23: 57–64.
- Mészáros, I.–Veres, Sz.–Kanalas, P.–Oláh, V.–Szöllösi, E.–Sárvári, É.–Lévai, L.–Lakatos, Gy. (2007): Leaf Growth and Photosynthetic Performance of Two Co-existing Oak Species in Contrasting Growing Seasons. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 3: 7–20.
- Niinemets, U. (2001): Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. *Ecology*. 82: 453–469.
- Niklas, K. J.–Cobb, E. D.–Niinemets, Ü.–Reich, P. B.–Sellin, A.–Shipley, B.–Wright, I. J. (2007): 'Diminishing returns' in the scaling of functional leaf traits across and within species groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104: 8891–8896.
- Oláh, V.–Szöllösi, E.–Lakatos, Á.–Kanalas, P.–Nyitrai, B.–Mészáros, I. (2012): Springtime leaf development of mature sessile oak trees as based on multi-seasonal monitoring data. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 8: 21–30.
- Reich, P. B.–Walters, M. B. (1994): Photosynthesis-nitrogen relations in Amazonian tree species. II. Variation in nitrogen vis-avis specific leaf area influences mass- and area-based expressions. *Oecologia*. 97: 73–81.

- Rozendaal, M. A.–Hurtado, V. H.–Poorter, L. (2006): Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. *Functional Ecology*. 20: 2007–2016.
- Szalacsi Á. (2008): Természetközeli erdőgazdálkodás Szatmár-Beregben – A Bockerek-erdő. Nyírerdő Zrt. 263–268.
- Szalacsi Á.–Király G.–Veres Sz. (2014): A folyamatos erdőborítás fenntartásának növényélettani háttere. 56. Georgikon Napok Tudományos Konferencia kötete. 2014. október 2–3. Keszthely. 132–136.
- Szőllősi, E.–Koncz, P.–Kanalas, P.–Veres, Sz.–Mészáros, I. (2008): Effects of drought on some ecophysiological traits of sessile oak (*Quercus petraea* L.). *Cereal Res. Commun.* 36: 295–298.
- Witkowski, E. T. F.–Lamont, B. B. (1991): Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*. 88: 486–493.

