

Fotoszintetikus paraméterek szezonális változása lékvágásos erdőgazdálkodás 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 természetközeli felújító erdőgazdálkodással megnyitott lékben felújuló kocsányos tölgy (*Quercus robur L.*) fotoszintetikus paramétereit vizsgáltuk a megváltozott körülmények tekintetében. A lombkorona mesterséges megnyitásával járó lékben fejlődő újulat a fejlődéshez szükséges fényhez jut, ugyanakkor a megváltozott viszonyokhoz alkalmazkodnia is kell. A növény életéhez, szárazanyag-gyapodásához a fotoszintézis megfelelő lejátszódása elengedhetetlen. A fotoszintetikus hatékonyság szempontjából a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi és minőségi jellemzői központi jelentőségűek. Munkánk során az erdő belső és a lék egyedeinek néhány fotoszintézis szempontjából jellemző paramétereit hasonlítottuk össze. Vizsgáltuk a relatív klorofill-tartalmat (SPAD index), a klorofill-a és -b mennyiségét, arányuknak változását az eltérő termőhelyeken illetve a különböző vegetációs szakaszokban. Eredményeink szerint kora tavasszal nincs különbség a vizsgált paraméterek között. A nyár folyamán szignifikánsan alacsonyabb össz-klorofill-tartalmat mértünk a lékek egyedeinél, csökkent a klorofill-a és klorofill-b mennyisége is. A lékek magasabb fényintenzitásával magyarázhatóan nagyobb *chl a/chl b* arányt tapasztaltunk, mint az erdő belső egyedeinél. A magasabb fényintenzitáson csökkent össz-klorofill-tartalom a fénystresszel szembeni védekezés része is lehet, ami meghatározó az egyed túlélési esélyeit illetően.

Kulcsszavak: tölgy, lék, klorofill, SPAD index

SUMMARY

Photosynthetic parameters of English oak (*Quercus robur L.*) as a member of *Quercus robur-Carpinetum* were investigated in two different habitat in terms of gap forest management: in the gap and in the host 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 way for plant life and plant production. In the centre of photosynthetic efficiency the quality and quantity traits of photosynthetic pigments are standing. During our work some photosynthetic parameters of plants (in the gap and in the forest as well) were measured: relative chlorophyll content as SPAD index, chlorophyll a and b content, total chlorophyll content and ratio of chlorophyll a and b. Based on our results no significant differences among our data in early spring. Although, during the summer significant differences occurred between the measured values in the gap and in the forest area. Lower total chlorophyll content was experienced in the gap, than in the forest area due to the lower chlorophyll-b content. Because of the high light intensity higher *chl a/chl b* ratio was measured in the gap. The lower chlorophyll contents of gap habitat may have a part of the acclimatization process of photosynthetic apparatus against high light stress, which can determinate the survival chance of individual.

Keywords: oak, gap, chlorophyll, SPAD index

BEVEZETÉS

A természetközeli 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 hiánypótlóak. Hazánk egyik fontos természeti értéke a Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területén fekvő Bockerek-erdő (szélesség: N48°9,830', hosszúság: E22°23,323'). Egy részét erdőrezervátumnak jelölték ki, a természetközeli erdőfelújításnak köszönhető folyamatos-erdő fenntartása a gazdasági érdekeken túl természetvédelmi és egyéb humán érdekeket is szolgálja. A lékvágás során megváltozott környezeti tényezőkkel szembeni növényfiziológia háttér folyamatok ismerete a technológiai fejlesztés további sikeréhez vezethet.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szárazföldi faji sokféleség nagy részben az erdei életközösségek fajainak köszönhető, megőrzésük az

emberiség számára számos szempont miatt fontos. A különböző tér- és időléptékű bolygatások szerves részei minden életközösség működésének. A bolygatási rendszer (Gálhidy, 2006) természetes vagy mesterséges megváltozása az életközösség átalakulását is eredményezheti, jelentős hatást gyakorol a növényzet, az életközösség dinamikájára (Laska, 2001). A mérsékelt övi lomberdőkre is jellemző a természetes, elsősorban szél-döntések nyomán kialakuló lékdinamika, amely természetközeli állományokban a fajösszetétel és az állomány-szerkezet kialakításában döntő szerepet játszik. A különböző fajok egyedei más eséllyel vészelik át a különböző bolygatásokat, így a fajösszetételben is jelentős változások történhetnek (Webb, 1999). Az erdők többségében világszerte és így a hazai erdőkben is tervszerű erdőgazdálkodás valósul meg, így az erdei életközösség dinamikus és természetes megőrzését, védelmét eredményes gazdasági tevékenységgel párosulva kell megvalósítani. A szállóvágás (lékvágásra alapozott eljárása) esetlegesen fokozatos felújítógáással kombinálva az egyik olyan természetközelinek tekinthető erdőkezelési mód, mely csak nyomokban bolygatja meg az erdőt, biztosítva a folyamatos erdőborítást. A lék fo-

galmát dél-angliai bükkösök vizsgálata nyomán Watt (1925) vezette be, olyan helyek megnevezésére, ahol a lombátort alkotó egyik egyed elpusztult, és ahol megindult az aktív felújulás.

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 ujjulat mennyiségi és minőségi kialakulását. A fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai plaszticitásának mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében, hiszen a fotoszintézis a szárazanyag-gyapadást 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 fel dolgozatlan fényenergia káros hatású lehet, fotoinhibícióhoz, a fotokémiai rendszer degradálódásához vezet. Azonban az egyes növényegyedek kiszakítva természetes környezetükből többnyire képesek alkalmazkodni az adott környezeti viszonyokhoz, főképp biokémiai, s részben anatómiai, morfológiai szinten akklimatizálódnak (Lichtenthaler, 1998; Gaspar et al., 2002). Erre a tulajdonságra a növényeknek természetes környezetében is szüksége van, ahol egyes tényezők gyorsan változnak (fény, hőmérséklet), míg mások lassabban (szervesanyag- és vízellátottság). Az akklimáció kifejeződés az egyféle környezeti változóhoz való alkalmazkodás jelölésére vezették be. A lék kialakulásának következtében a fény az abiotikus tényező, melynek hirtelen és tartós magváltozásához a növényeknek alkalmazkodniuk kell. A fotoszintézis rövidtávú akklimációja elsősorban molekuláris szinten zajlik le a fotoszintetikus apparátus elemi összetételének változásai révén, úgymint a fotorendszerek (PS) PS II/PS I, a citokróm b6/f komplex, a Calvin-ciklus enzimeit, vagy a fénygyűjtő komplexek (LHC) arányainak változásai révén (Anderson et al., 1995). A hosszú távú akklimációban két fontos folyamatot írtak le, úgy mint a PSII/LHCII méret és a PSI/PSII arány újraszabályozása (Bailey et al., 2001, 2004). A fotoszintetikus pigmentek mennyisége, a klorofill-a és klorofill-b arány jól ismert indikátora a PS sztöchiometria és az LHC-antenna nagyság kifejezésére (Dietzel és Pfannschmidt, 2008).

Munkánk során gyertyános-tölgyes (Quercus robur-Carpinetum) növénytársulás lékvágásos természetközeli felújító gazdálkodással megnyitott lékben felújuló kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) fotoszintetikus paramétereit vizsgáltuk a megváltozott körülmények tekintetében, valamint szezonális összehasonlításukat végeztük el.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatainkat a Szatmár-Beregi sík, Gelénes, Tákos és Vámosatya települések határában elterülő, védettség alatt álló Bockerek erdő kiválasztott mesterséges lékben végeztük. A lék kialakítására 2003-ban került sor 30 méter átmérővel. Erdészeti jele: Gelénes 11A. Faállomány összetételére a kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) dominanciája jellemző, továbbá a következő fajok lehettek fel még a területen: magas

köris (*Fraxinus excelsior* L.) gyertyán (*Carpinus betulus* L.), mezei juhar (*Acer campestre* Elsrijk), tatárjuhar (*Acer tataricum* L.), mezei szil (*Ulmus minor* Mill.), barkócaberkenye (*Sorbus torminalis* L.), szürke nyár (*Populus canescens* L.). A táj a mérsékelt meleg és mérsékleten hűvös éghajlati öv határán fekszik. A hőmérséklet évi és nyári félévi átlaga: 9,4–9,5 °C, illetve 16,5–16,6 °C, a csapadék éves átlaga 614 mm, melyből a tenyészidőszakra 350–380 mm esik. A csapadék megoszlásában egy nyári (június és július) és egy kisebb decemberi csúcs az átlagos. Az utóbbi közel két évtizedben jelentős a csökkent a csapadék mennyisége, ami elsősorban a tenyészidőszakra esik. A lék és az erdőbelső klímáját illetően elsősorban a napi maximum hőmérsékleti értékben van különbség, ami a június-július időszakban 6–8 °C. A Bockerek erdő talaját a térszintbeli elhelyezkedés, a vizes előntések gyakorisága, a víz tartózkodásának időtartama határozta meg elsősorban (Kovács et al., 2008). Ezek alapján igen mozai-kosnak tekinthető, a kialakított lék területén agyag-bemosódásos barna erdőtalaj található.

A kísérleti objektum jelen munkát illetően a kocsányos tölgy volt, a vizsgált paramétereket a lék közepén (LK) illetve az erdő belsőben (EB) található egyedeken végeztük el. A mintavételi időpontokban levélmintavételt a fafaj 5–5 egyedéről végeztük 3–6 ismétlésben. A lék belsejében az árnyék és fény levelekkel külön dolgoztunk. Jelen munka a fénylevéllel végzett mérési eredményeket mutatja be. A levelek relatív klorofill-tartalmát SPAD 502 relatív klorofill-tartalom mérőműszerrel (Minolta, Japán) végeztük. Egy levélen végzett 5 mérés átlagát tekintettük 1 ismétlésnek. A fotoszintetikus pigmentek méréséhez a levéllemez egyik felének középső részéből levélkorongokat gyűjtöttünk, egy mintába átlagban 3–6 levélből származó korongok kerültek. A klorofill-a és klorofill-b tartalomhoz a pigmentek kivonása Moran és Porath (1980) szerint történt, spektrofotometriás mérés (Metertech SP-830, Taiwan) után Wellburn (1994) képletei alapján végeztük el a koncentrációk kiszámítását.

Vizsgálatainkat 2012. évben április 23–26., július 4–7. és augusztus 10–13. időpontokban végeztük. Eredményein bemutatásához és a statisztikai értékeléséhez Microsoft® Office Excel 2003 és SigmaPlot® 11.0 for Windows programokat használtunk.

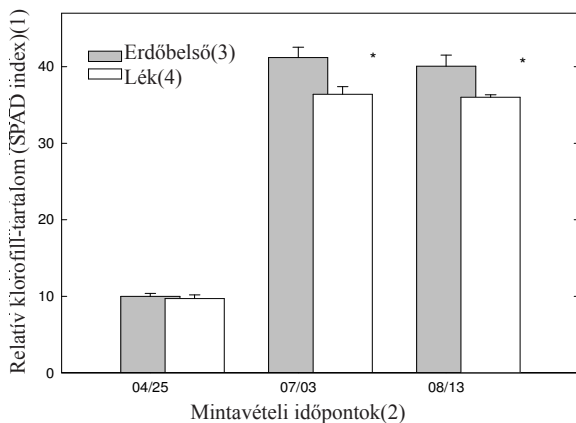
EREDMÉNYEK

A Bockerek-erdő egyik meghatározó növénytársulása a gyertyános-tölgyes (Quercus robur-Carpinetum). Kettős lombkoronaszint jellemzi, ahol a felső lombkoronaszintben a kocsányos tölgy az alsóban pedig a gyertyán az állományalkotó. A dús lombzatú, fényszegény erdőbelső miatt a cserjeszint nem összefüggő, a gypszint szegényes. A talaj viszonylag mély termőrétegű, humuszban gazdag, jó vízgazdálkodású.

Vizsgálataink során mértük a kocsányos tölgy relatív klorofill-tartalmát (SPAD index) (1. ábra). A relatív klorofill-tartalom meghatározása gyorsan és roncsolásmentesen történik, a SPAD index pozitívan korrelál a klorofill-tartalommal és megbízható becslést nyújt a klorofill színtről (Tobias et al., 1994). Az első mintavételi időpontban kora tavasszal, a vegetációs periódus elején viszonylag alacsony SPAD index értéke-

ket mértünk (EB: $9,98 \pm 0,36$; LK: $9,68 \pm 0,49$). A lombkorona nyitottság miatt nincs szignifikáns különbség az erdő belső és a lék közepén lévő egyedek relatív klorofill-tartalma között. A klorofill-tartalom változása és a kapcsolat a klorofill koncentráció és a SPAD-értékek között fontos mutató, ami változik a növény korával (Wang et al., 2009).

1. ábra: A relatív klorofill-tartalom szezonális változása [április 25. (04/25), július 6. (07/06), augusztus 13. (08/13)] kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) erdőbelsőben és lékben található egyedeinél



Megjegyzés: szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0,05^*$, $n = 15 \pm s.e.$

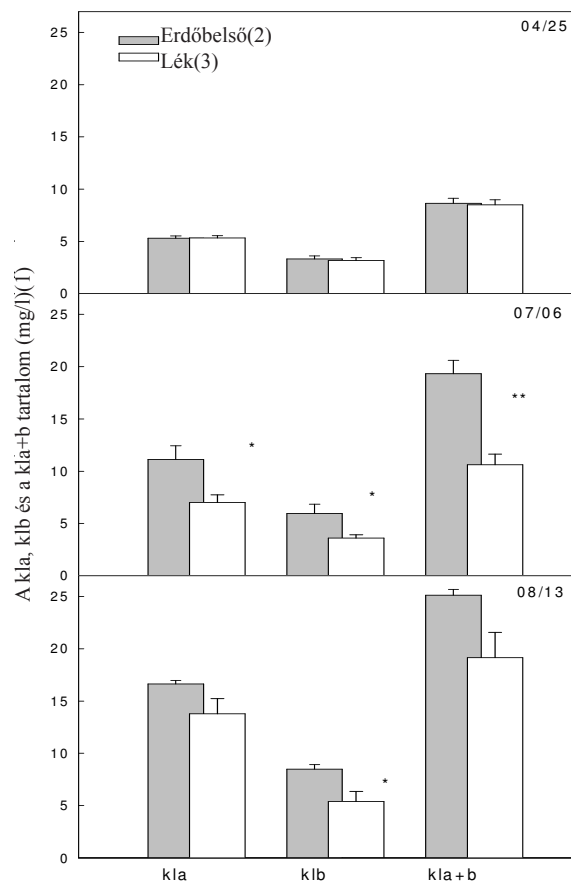
Figure 1: Seasonal changes [25th of April (04/25), 6th of July (07/06), 13rd of August (08/13)] of relative chlorophyll content of English oak (*Quercus robur* L.) measured in the forest and in the gap. Relative chlorophyll content (SPAD index)(1), Sampling times(2), Inner forest(3), Forest gap(4), Note: significant differences between results of gap and forest $p < 0.05^*$, $n = 15 \pm s.e.$

A vegetációs periódus későbbi szakaszában már szignifikáns különbség van a SPAD index értékeiben a lék belsejében, illetve az erdő belsőben mért egyedek között. Július elején és augusztus közepén 10–12%-kal kisebb relatív klorofill-tartalom értéke az erdőbelsőben, mint a lék belsejében. A lék belseje, illetve az erdőbelső fény- és vízviszonyai a lombzáródás fokozódásával nagy különbséget mutatnak, ami eltérést okoz a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi viszonyaiban is. A levelek relatív klorofill-tartalmát több tényező is befolyásolja, például a faj, a levél vastagsága, a levél víztartalma, a levél életkora (Chang és Robison, 2003; Richardson et al., 2002). Adott nemzetség különböző fajai akár azonos termőhelyen is eltérő fotoszintetikus pigment mennyiségi és minőségi jellemzőkkel azonosítható. A vegetációs periódus időjárási viszonyainak megfelelően ez a különbség még további változást is mutathat (Mészáros et al., 2007.; Veres et al., 2007).

A 2. ábra eredménye szerint a SPAD index értékeinek megfelelően a kora tavaszi periódusban nincs szignifikáns különbség az erdőbelső és a lék egyedeinek klorofill-a és klorofill-b tartalma között. A nyári, júliusi időpontra már szignifikáns különbség van a lék- és az erdőbelső-egyedek leveleinek összklorofill-tartalma között, mely egyaránt köszönhető mind a klorofill-a, mind a klorofill-b tartalom lékben mért kisebb értékei-

nek. A nyitott lék egyedei esetében 40–46%-kal kisebb klorofill értékeket mértünk. Magas fényintenzitásnak kitett élőhelyen alacsonyabb klorofill-tartalom a jellemző, kisebb a fénygyűjtő komplexek aránya is az alacsonyabb fényintenzitású termőhely, jelen esetben az erdő belső esetében. A harmadik mintavételi időpontban a júliushoz hasonló tendencia figyelhető meg, ugyanakkor csak a klorofill-b lékben csökkent mennyisége volt szignifikáns.

2. ábra: A klorofill-a (kla), a klorofill-b (klb) és az összklorofill (kla+b) tartalom szezonális változása [április 25. (04/25), július 6. (07/06), augusztus 13. (08/13)] kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) erdőbelsőben és lékben található egyedeinél



Megjegyzés: szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$ $n = 6 \pm s.e.$

Figure 2: Seasonal changes [25th of April (04/25), 6th of July (07/06), 13rd of August (08/13)] of chlorophyll-a, chlorophyll-b and total chlorophyll content of English oak (*Quercus robur* L.) measured in the forest and in the gap

Concentration of chl-a, -b and chl-a+b (mg l^{-1})(1), Inner forest(2), Forest gap(3), Note: significant differences between results of gap and forest $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ $n = 6 \pm s.e.$

A klorofill-a és klorofill-b arány nő a nagyobb fényintenzitás következtében. Eredményeink szerint (1. táblázat) szezonálisan vizsgálva mindegyik mintavételi időpontban ezt tapasztaltuk, a különbség júliusban és augusztusban szignifikáns. A lékben mért magasabb kla/klb arány elsősorban a kisebb klorofill-b eredményeknek köszönhető.

A klorofill-a és klorofill-b arányának (kla/klb) szezonális (április 25., július 6., augusztus 13.) változása kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) eltérő termőhelyein (erdőbelső és lék)

	A klorofill-a és klorofill-b arányának (kla/klb) szezonális változása(1)		
	Április 25.(2)	Július 6.(3)	Augusztus 13.(4)
Erdő belső(5)	1,63±0,01	1,78±0,10	1,97±0,12
Lék(6)	1,71±0,31	1,94±0,11*	2,64±0,10**

Megjegyzés: szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$ $n = 6 \pm s.e.$

Table 1: Seasonal changes (25th of April, 6th of July, 13rd of August) of the ratio of chlorophyll-a, chlorophyll-b of English oak (*Quercus robur* L.) measured in the forest and in the gap

Seasonal changes of the ratio (chl-a/chl-b) of chl-a and chl-b(1), 25th April(2), 6th July(3), 13rd August(4), Inner forest(5), Forest gap(6), Note: significant differences between results of gap and forest $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ $n = 6 \pm s.e.$

KÖVETKEZTETÉSEK

A lék és a zárt lobbokoronával borított terület környezeti tényezői eltérnek, a leginkább ható tényező a fény. A természetes felújítás során nyitott lék nagysága hatással van a visszaerdősödés folyamataira, elsősorban a különböző fényviszonyok miatt. A vizsgálatok tárgyát képező fafaj fiziológiai plaszticitása csak bizonyos lék méretig garantálja a felújulás sikerességét.

Eredményeink szerint a klorofill-tartalom csökkenésének mértéke nem gátolja a faj meglepedési esélyeit. A lék kezdő átmérője nem túlzó, a túlságosan nagy méretű nyíladék elsősorban a túlzottan hosszú ideig tartó fénykitettség miatt káros, ami a szárazanyag-gyapadás szempontjából elsődlegesen fontos fotoszintetikus hatékonyságot csökkenti le a fotoinhibíció és foto-oxidáció miatt.

IRODALOM

- Anderson, J. M.–Chow, W. S.–Park, Y. I. (1995): The grand design of photosynthesis: acclimation of the photosynthetic apparatus to environmental cues. *Photosyn. Res.* 46: 129–139.
- Bailey, S.–Horton, P.–Walters, R. G. (2004): Acclimation of *Arabidopsis thaliana* to the light environment: the relationship between photosynthetic function and chloroplast composition. *Planta*. 218: 793–802.
- Bailey, S.–Walters, R. G.–Jansson, S.–Horton, P. (2001): Acclimation of *Arabidopsis thaliana* to the light environment: the existence of separate low light and high light responses. *Planta*. 213: 794–801.
- Chang, S. X.–Robison, D. J. (2003): Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*. 181. 3: 331–338.
- Dietzel, L.–Pfannschmidt, T. (2008): Photosynthetic acclimation to light gradients in plant stands comes out of shade. *Plant Signaling and Behavior*. 3. 12: 1116–1118.
- Gálhidy, L.–Mihók, B.–Hagyó, A.–Rajkai, K.–Standovár, T. (2006): Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. *Plant Ecology*. 183. 1: 133–145.
- Gaspar, T.–Franck, T.–Bisbis, B.–Kevers, C.–Jouve, L.–Hausman, J. F.–Dommes, J. (2002): Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Reg.* 37: 263–285.
- Kovács G.–Bidló A.–Heil B.–Varga B. (2008): A Bockerek-erdő termőhelyének és erdőállományának változása. *Talajvédelem különszám*. 121–130.
- Laska, G. (2001): The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. *Plant Ecology*. 157: 77–99.
- Lichtenthaler, H. K. (1998): The Stress Concept in Plants: An Introduction. *Ann. NY Acad. Sci.* 851: 187–198.
- Mészáros, I.–Veres, Sz.–Kanalas, P.–Oláh, V.–Szöllősi, 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.
- Moran, R.–Porath, D. (1980): Chlorophyll determination in intact tissues using N, N-dimethyl formamide. *Plant Physiology*. 65: 478–479.
- Richardson, A. D.–Duigan, S. P.–Berlyn, G. P. (2002): An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*. 153: 185–194.
- Tobias, D. J.–Yoshikawa, K.–Ikemoto, A. (1994): Seasonal changes of leaf chlorophyll content in the crowns of several broad-leaved tree species. *J. Jap. Soc. Reveget. Technology*. 20. 1: 21–32.
- Veres Sz.–Láposi R.–Oláh V.–Lévai L.–Koncz P.–Szöllősi E.–Mészáros I. (2007): Eltérő bükk származások összehasonlító ökológiai jellemzése [In: Mátyás Cs.–Vig P. (szerk.) Erdő és Klíma. V.] Nyugat-Magyarországi Egyetem. Sopron. 199–212.
- Wang, Y.–Hong, W.–Wu, C. H.–Lin, H.–Fan, H.–Chen, C.–Li, J. (2009): Variation of SPAD values in uneven-aged leaves of different dominant species in Castanopsis carlessii forest in Lingshishan National Forest Park. *Journal of Forestry Research*. 20. 4: 362–366.
- Watt, A. S. (1925): On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. Part II. (continued). *Journal of Ecology*. 13: 27–73.
- Webb, S. (1999): Disturbance by wind in temperate-zone forests. [In.: Walker, L. R. *Ecosystems of disturbed ground*.] Elsevier. 187–222.
- Wellburn, A. R. (1994): The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*. 144: 307–313.