

# FYZIOLOGICKÉ ASPEKTY ZDRAVOTNÉHO STAVU BUKA (*Fagus sylvatica* L.) VO VZŤAHU K STRESU ZO SUCHA

## THE PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF BEECH (*Fagus sylvatica* L.) HEALTH CONDITION IN RELATIONSHIP TO THE DROUGHT STRESS

Kmeť Jaroslav<sup>\*</sup>, Ditmarová Ľubica<sup>\*\*</sup>, Střelcová Katarína<sup>\*</sup>  
<sup>\*</sup>Technická univerzita vo Zvolene, <sup>\*\*</sup>Ústav ekológie lesa vo Zvolene

### Abstract

We studied physiological and biochemical characteristics (fluorescence of chlorophyll *a*, photosynthetic pigments) in shade leaves of beech (*Fagus sylvatica* L.) trees in dependence on one- and two-week precipitation totals (in mm) before the proper measurement and sampling, in two areas with different immission load. The leaf characteristics were observed on 15 year old understory trees. From the results it follows that both short-term and long-term deficit in precipitation were more sensitively responded by the measured fluorescence parameters than by the amounts of the assimilatory pigments. This primarily holds for the two-week precipitation totals. In the locality more loaded by airborne pollutants, the influence of drought in coupling with other negative site factors results in worse physiological state of beech trees.

*Key words:* drought stress, stress physiology, chlorophyll fluorescence, pigment content, *Fagus sylvatica* L.

### Úvod

Disponibilita vody je jedným z faktorov, ktoré determinujú produkciu a jej parametre na zemskom povrchu. V prípade obmedzenia disponibilnosti pôdnej vody a pri deficite zrážok (ak prevažujú evaporačné požiadavky) vzniká pôdne sucho. Stav vody v rastline (a teda aj v stromoch) závisí od príjmu vody koreňovým systémom a strát vody transpiráciou ako výstupnej zložky transportu vody v systéme pôda – rastlina – atmosféra. Zníženie pôdnych zásob môže vyvolať zmenu stavu vody v drevinách a rôznu stupeň dehydratácie pletív (Střelcová, Kmeť, 2003).

Sucho, resp. vodný deficit drevín vedie k narušeniu vodnej bilancie a k nesúladu medzi príjmom vody a požiadavkami na vodu počas ontogenézy. V semiarídnych podmienkach je deficit vody frekventovaným javom, s ktorým sa dreviny vyrovnávajú podľa stupňa rezistencie, resp. tolerancie. Vodný stres všeobecne v rastlinách môže byť tiež indukovaný rôznymi ekologickými interakciami. Signál o ňom môžu snímať buď podzemnými alebo nadzemnými orgánmi, ktorých realizácia v priestore a čase je relatívne pevná. Zachytenie signálu o strese však neznamená, že stromy trpia deficitom vody. Problematika je komplexná a žiada si definovať pojmy ako sucho, vodný deficit, vodný stres, ktoré sa vo fyziológii rastlín často zamieňajú (Brestič, Olšovská, 2001).

Cieľom predloženej práce je zhodnotiť vplyv úhrnu zrážok v mm (jeden a dva týždne pred odberom vzoriek) na vybrané fyziologicko-biochemické parametre asimilačných orgánov jedincov buka, rastúcich na dvoch lokalitách s rozdielnym imisne-ekologickým zaťažením a na základe toho určiť vplyv sucha ako stresového faktora na zhoršovaní fyziologického stavu danej dreviny (krátkodobý a strednodobý stresový účinok).

## **Materiál a metódy**

Jedna výskumná plocha sa nachádza v Žiarskej kotline, v oblasti Štiavnických vrchov. Lesný porast 289 je lokalizovaný v blízkosti hlinikárne, v pásme ohrozenia A. Druhá výskumná plocha je súčasťou Ekologicko-experimentálneho stacionáru Ústavu ekológie lesa, ktorý sa nachádza v pohorí Kremnické vrchy (Ditmarová, Kmeť, 2002). Na obidvoch lokalitách sme vybrali po päť jedincov buka vo veku približne 12 rokov (v roku 1996). Vzorníky sa nachádzajú pod clonou porastu.

V priebehu vegetačných období 1996-2000 sme odoberali vzorky asimilačných orgánov z jednotlivých vzorníkov buka. Odbery vzoriek na kvantitatívnu analýzu asimilačných pigmentov sme robili terčíkovou metódou. Jedna analyzovaná vzorka predstavovala vždy súbor desať terčikov. Analýzu chlorofylov sme robili z 80 %-ného vodného roztoku acetónu po zhomogenizovaní vzoriek listov v trecej miske. Hodnoty absorbancie boli merané na prístroji typu SPEKOL-211, pričom na výpočet koncentrácie chlorofylov sme použili vzťahy podľa Lichtenthalera (1987).

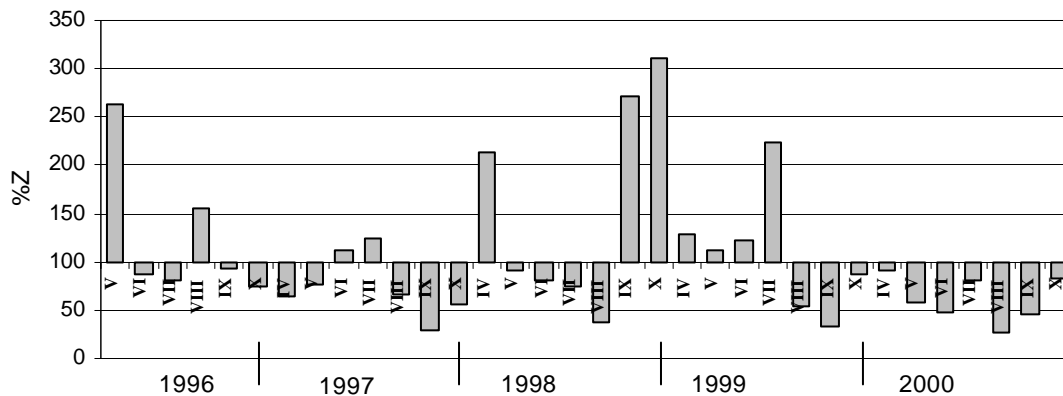
Súčasne sme merali fluorescenciu chlorofylu na dvoch konároch každého vzorníka vždy v ten istý deň na obidvoch lokalitách. Merania sme vykonávali na vrchnej i spodnej strane listov. Použili sme fluorometer PEA (Hansatech Ltd., Kings Lynn, UK) na meranie parametrov rýchlej kinetiky fluorescencie chlorofylu –  $F_0$ ,  $F_m$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_m$ ,  $T_m$ ,  $Area$  (Kooten, Snel, 1990).

Zisťovali sme koreláciu medzi danými fyziologickými parametrami a úhrnmi zrážok týždeň a dva týždne pred vlastným meraním a odberom vzoriek. Hodnotili sme vplyv krátkodobého a strednodobého stresu zo sucha na dané fyziologicko-biochemické parametre. Na vyhodnotenie sme použili Spearmanove koeficienty poradovej korelácie (SAS Institute, 1988).

## **Výsledky a diskusia**

Nakoľko sme sa zamerali na vplyv deficitu zrážok na vybrané fyziologické a biochemické parametre tiennych listov mladých jedincov buka, na obrázku 1 uvádzame charakteristiku zrážkových pomerov počas vegetačného obdobia sledovaných rokov 1996-2000 na meteorologickej stanici Sliač. Odchýlky mesačných úhrnov zrážok od 30 ročného dlhodobého priemeru v rokoch 1951-1980 vyjadrené v percentách naznačujú, že zo sledovaných rokov sa výrazný deficit zrážok prejavil vo vegetačnom období roku 1998, kedy

v mesiacoch vegetačného obdobia máj až august chýbalo 90 mm zrážok oproti dlhodobému priemeru. Extrémne suchý bol rok 2000, s deficitom zrážok 142 mm v mesiacoch máj až august. Roky 1996, 1997 a 1999 môžeme charakterizovať z fyziologického hľadiska ako roky s dostatkom vody vo vegetačnom období. Deficit zrážok v roku 1998 a 2000 sa prejavil predovšetkým v parametroch fluorescencie chlorofylu ( $F_v/F_m$ ,  $Area$ ) na lokalite Kováčová nižšími hodnotami v porovnaní s rokmi 1996, 1997 a 1999. Na lokalite Žiar nad Hronom tento jav nebol pozorovaný.



Obr. 2 Odchýlky mesačných úhrnov zrážok od dlhodobého priemeru (1951-1980) počas vegetačného obdobia rokov 1996-2000 na meteorologickej stanici Sliach

Z tabuľky 1 je zrejmy štatisticky veľmi významný kladný vplyv 2-týždňového úhrnu zrážok (Z2T) na hodnoty maximálnej ( $F_m$ ) a variabilnej ( $F_v$ ) fluorescencie nameraných na vrchnej strane asimilačných orgánov buka na lokalite Kováčová. Podobnú úlohu zohráva tento faktor pri týchto parametroch fluorescencie aj zo spodnej strany listov (tabuľka 3), kde však pristupuje aj vysoko signifikantný vplyv úhrnu zrážok v priebehu dvoch týždňov na parameter  $Area$  (plocha nad indukčnou krivkou fluorescencie medzi  $F_0$  a  $F_m$ ), čo môže čiastočne poukazovať na negatívny vplyv deficitu zrážok (nižší úhrn zrážok menšie hodnoty parametra  $Area$  a tým aj nižšia zásoba akceptorov elektrónov na redukujúcej strane PSII).

Tab 1. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fluorescenciou chlorofylu v listoch buka (vrchná strana listu) a zrážkami na lokalite Kováčová

Zrážky	$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$T_m$	$Area$
ZT	-0.02495	0.07596	0.10006	0.15540*	-0.21608**	-0.00702
Z2T	0.19186*	0.27256***	0.26890***	0.18192*	-0.14532	0.22761**

ZT – úhrn zrážok v mm za 1 týždeň pred meraním a odberom vzoriek  
 Z2T – úhrn zrážok v mm za 2 týždne pred meraním a odberom vzoriek  
 $p < 0.05$  \*,  $p < 0.01$  \*\*,  $p < 0.001$  \*\*\*

Tab 2. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fluorescenciou chlorofylu v listoch buka (vrchná strana listu) a zrážkami na lokalite Žiar nad Hronom

Zrážky	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	T <sub>m</sub>	Area
ZT	0.03054	0.11212	0.11541	0.17117*	-0.08833	0.07896
Z2T	0.17322*	0.29040***	0.28864***	0.19758**	-0.01685	0.29388***

Podobný priebeh má vplyv úhrnu zrážok na sledované parametre rýchlej fázy fluorescenčného indukčného javu z vrchnej (tabuľka 2) aj spodnej (tabuľka 4) strany asimilačných orgánov jedincov buka na lokalite s nepriaznivejšími imisne-ekologickými podmienkami (Žiar nad Hronom). Aj tu má väčší signifikantný vplyv dvojtýždňový úhrn zrážok (hlavne pri parametroch meraných na vrchnej strane listov).

Tab 3. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fluorescenciou chlorofylu v listoch buka (spodná strana listu) a zrážkami na lokalite Kováčová

Zrážky	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	T <sub>m</sub>	Area
ZT	0.02564	0.02936	0.04335	0.03712	-0.22366**	-0.00566
Z2T	0.24904**	0.29684***	0.30780***	0.23941**	-0.12310	0.29239***

Tab 4. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fluorescenciou chlorofylu v listoch buka (spodná strana listu) a zrážkami na lokalite Žiar nad Hronom

Zrážky	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	T <sub>m</sub>	Area
ZT	-0.17601*	-0.13099	-0.09929	0.11156	-0.12142	0.04970
Z2T	-0.00717	0.10394	0.11038	0.19701*	-0.08174	0.26754***

Zaujímavá je záporná korelácia medzi úhrnom zrážok a obsahom asimilačných pigmentov či už na hmotnostnú (mg.g<sup>-1</sup>) alebo plošnú (mg.dm<sup>-2</sup>) jednotku listov buka, takmer vo všetkých prípadoch nesignifikantného charakteru. Tento vzťah naznačuje, že v spolupôsobení s ostatnými stanovištnými podmienkami (imisná situácia, teplota, slnečná radiácia) sa stráca vplyv deficitu zrážok na koncentráciu fotosyntetických pigmentov (stimulačný vplyv stanovištných podmienok na obsah pigmentov). Tento poznatok platí pre obidve sledované lokality – Kováčová a Žiar nad Hronom (tabuľka 5 a 6).

Z týchto našich výsledkov vyplýva, že na krátkodobý a strednodobý vplyv deficitu zrážok citlivejšie reagujú namerané parametre fluorescencie chlorofylu ako zistené obsahy asimilačných pigmentov. Zvlášť na lokalite viac imisne zaťaženej (Žiar nad Hronom) to však v kombinácii s ďalšími negatívne pôsobiacimi stanovištnými faktormi spôsobuje v konečnom dôsledku horší fyziologický stav jedincov buka.

Tab 5. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fotosyntetickými pigmentami a zrážkami na lokalite Kováčová

Zrážky	Chl <i>a</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>b</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>a+b</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>a/b</i>	Chl <i>a</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )	Chl <i>b</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )	Chl <i>a+b</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )
ZT	-0.13379	-0.06100	-0.11270	-0.10289	-0.02528	0.07404	0.00510
Z2T	-0.11436	0.02310	-0.07721	-0.21633**	0.02973	0.15268	0.06750

Tab 6. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie medzi fotosyntetickými pigmentami a zrážkami na lokalite Žiar nad Hronom

Zrážky	Chl <i>a</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>b</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>a+b</i> (mg.g <sup>-1</sup> )	Chl <i>a/b</i>	Chl <i>a</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )	Chl <i>b</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )	Chl <i>a+b</i> (mg.dm <sup>-2</sup> )
ZT	-0.12836	-0.10899	-0.12377	-0.08219	-0.05007	-0.01437	-0.04540
Z2T	-0.11966	-0.02835	-0.09058	-0.19027*	-0.00377	0.08447	0.01660

V súvislosti s imisným vplyvom na lesné dreviny z hľadiska stresovej záťaže významnú úlohu zohráva i spolupôsobenie extrémnych hodnôt klimatických faktorov, najmä vysokých a nízkych teplôt, nadmernej FAR, resp. sucha, čo má za následok zníženie odolnosti drevín voči stresovej záťaži.

Hlavný parameter rýchlej fázy kinetiky fluorescencie chlorofylu – pomer variabilnej fluorescencie k maximálnej ( $F_v/F_m$ ) je všeobecne považovaný za dobrý markér fyziologického stresu v rastlinách, ktorý odráža stav a funkčnosť fotosystému PSII. Relatívna vysoká rezistencia PSII (Epron, Dreyer, 1990) voči dehydratácii bola potvrdená pre druhy rôzne tolerantné k suchu, resp. pre rôzne druhy C3 skupiny rastlín. Uvedené práce naznačujú ťažkosti s odlíšením špecifických efektov vodného deficitu na fotosyntetický aparát od efektov sekundárnych, indukovaných účinkami sucha alebo interakciou s inými limitmi na iné fyziologické procesy.

Na dynamiku obsahu chlorofylov v asimilačných orgánoch rastlín vplyvajú mnohé faktory prostredia (prirodzené sezónne zmeny obsahu chlorofylov, rozdiely medzi listami slnného a tienneho typu, imisie, sucho, extrémne teploty a pod.). To vysvetľuje často publikované protichodné výsledky nielen v koncentrácii jednotlivých pigmentov, ale aj v ich vzájomných pomeroch (Mikkelsen, Heide-Jorgensen, 1996).

Ako uvádza Šesták (1985) vodný stres zapríčiňuje zníženie rýchlosti fotosyntézy ( $P_N$ ) a to tým spôsobom, že limituje transport CO<sub>2</sub> v plynnej i kvapalnej fáze do chloroplastov a brzdí biochemickú aktivitu chloroplastov. Takto vplýva vodný stres na rastlinnú fotosyntetickú produkciu veľmi komplexne.

## Súhrn

Sledovali sa fyziologicko-biochemické charakteristiky (fluorescencia chlorofylu *a*, fotosyntetické pigmenty) tiennych listov buka (*Fagus sylvatica* L.) vo vzťahu k 1-týždňovým a 2-týždňovým úhrnom zrážok v mm pred vlastným meraním a odberom vzoriek z oblastí s rozdielnou imisnou záťažou.

Charakteristiky listov sa sledovali pri podrastových jedincoch vo veku 15 rokov.

Z výsledkov vyplýva, že na krátkodobý a strednodobý vplyv deficitu zrážok citlivejšie reagujú namerané parametre fluorescence chlorofylu ako zistené obsahy asimilačných pigmentov. Platí to predovšetkým pre dvojtýždňové úhrny zrážok. Na lokalite viac imisne zaťaženej (Žiar nad Hronom) vplyv sucha v kombinácii s ďalšími negatívnymi stanovištnými faktormi spôsobuje v konečnom dôsledku horší fyziologický stav jedincov buka.

Kľúčové slová: sucho, stresová fyziológia, fluorescencia chlorofylu, pigmenty, *Fagus sylvatica* L.

## Literatúra

Brestič, M., Olšovská, K., 2001: Vodný stres rastlín. Príčiny, dôsledky, perspektívy. SPU Nitra, 149 pp.

Ditmarová, L., Kmeť, J., 2002: Health state of beech (*Fagus sylvatica* L.) trees in terms of latent damage caused by immission load. *Ekológia (Bratislava)*, 21(2): 42-52.

Epron, D., Dreyer, E., 1990: Stomatal and nonstomatal limitation of photosynthesis by leaf water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a fluorescence data. *Ann Sci For.*, 47, 435-450.

Kooten, O., Snel, J.F.H., 1990: The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research*, 25, 147-150.

Lichtenthaler, H.K., 1987: Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in enzymology*, 148, 350-382.

Mikkelsen, N.T., Heide-Jorgensen, H.S., 1996: Acceleration of leaf senescence in *Fagus sylvatica* L. by low levels of tropospheric ozone demonstrated by leaf colour, chlorophyll fluorescence and chloroplast ultrastructure. *Trees*, 10, 145-156.

SAS Institute, 1988: SAS/Stat User's Guide Release 6.03. SAS inst. Inc., Cary, NC, 1028 pp.

Šťelcová, K., Kmeť, J., 2003: Fyziologické aspekty sucha v lesných porastoch. *Les*, 59(9): 8-10.

Šesták, Z., 1985: Photosynthesis during leaf development. *Academia*, Praha, 396 pp.

---

### Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD., Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, č. t.: 045 5206228, č. faxu: 045 5332654, e-mail: kmet@vsld.tuzvo.sk

---