

# VPLYV METEOROLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK NA DENNÝ PRIEBEH FYZIOLOGICKÝCH PROCESOV LESNÝCH DREVÍN.

## THE METEOROLOGICAL CONDITIONS' INFLUENCE ON DAILY DYNAMIC OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF FOREST TREE SPECIES.

Priwitzer Tibor, Čaboun Vladimír

Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene

### Abstract

This paper presents an analysis of meteorological conditions' influence on daily dynamic of physiological processes of beech. As an example of this influence are presented the measurements from warm summer's day on Poľana – Hukavský grúň site. The differences in photosynthetic activity within the beech crown were confirmed as well as their influencing by PAR, temperature, relative humidity and O<sub>3</sub>. The cambial tissue's resistance was especially influenced by temperature.

Key words: beech, photosynthesis, daily dynamic

### Úvod.

Na kvantifikáciu vplyvu bioklimatických charakteristík na fotosyntézu a produkčné procesy, poškodzovanie asimilačného aparátu (mráz, žiarenie, imisie), vodný a energetický režim drevín a pod. je nutné poznanie časovej a priestorovej dynamiky jednotlivých charakteristík v celom lesnom ekosystéme. Cieľom predloženého príspevku je analýza vplyvu vybraných bioklimatických charakteristík na denný priebeh fyziologických procesov (najmä fotosyntetickú aktivitu a elektrický odpor kambiálneho pletiva) na príklade buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Príspevok je súčasťou výsledkov získaných v rámci ekologického a ekofyziologického výskumu realizovaného na Výskumno demonštrakčnom objekte (VDO) Poľana - Hukavský grúň.

### Materiál a metódy.

Všetky merania sme vykonávali na VDO Poľana - Hukavský grúň. Z hľadiska výskumných aktivít je najväčšia pozornosť venovaná TVP - 0, ktorej podrobnejší popis je uvedený v práci ČABOUN a kol. (1997). Meteorologické charakteristiky na TVP - 0 boli kontinuálne (počas celého roka) merané a zaznamenávané na meráciu ústredňu DELTA T. Jednotlivé charakteristiky boli merané v týchto výškových hladinách:

- teplota a relatívna vlhkosť vzduchu (TV a RH) - meracie hladiny 0,3 m, 6 m, 29 m, 34 m, 46m nad povrchom pôdy,
- globálne žiarenie nad porastom (Q) - hladina 37 m),
- fotosynteticky aktívne žiarenie (FAR) - meracie hladiny 37 m, 32 m, 29 m, 19 m.

Bližšie technické parametre meteorologických meraní sú uvedené v práci ŠTRBA a MINĎÁŠ (1992). Na základe priameho merania meteorologických charakteristík v priestore nad porastom a v troch výškových úrovniach (34, 29, 6 m) lesného porastu, bola zostavená denná dynamika TV, RH a Q. Okrem toho boli spracované vertikálne profily TV, RH a FAR pre vybrané časti dňa. Množstvo FAR

dopadajúce na lesný porast bolo stanovené z hodnôt Q podľa ROVNÁKOVEJ (1986). Takto získané hodnoty boli rozkvantifikované pre jednotlivé výškové úrovne.

Okrem toho boli v priestore nad porastom kontinuálne merané koncentrácie ozónu - O<sub>3</sub>. Merania prebiehali v automatickom režime. Podrobnejšia metodika merania kvality ovzdušia na TVP - 0 je uvedená v práci ČABOUN a kol. (1996).

Fyziologické merania sa uskutočnili na buku lesnom (*Fagus sylvatica* L.) s hrúbkou d<sub>1,3</sub> 49 cm a výškou 35 m. Korunová časť buka bola na základe predchádzajúcich meraní anatómie a morfológie listov, obsahu chlorofylov (PRIWITZER a kol., 1996) a množstva dopadajúceho FAR, rozdelená na jednotlivé korunové zóny (horná 32 m, stredná 29 m a spodná 19 m od povrchu pôdy). Na stanovenie fotosyntetickej aktivity bola použitá gazometrická metóda s fotosyntetickým systémom LI-6200 (Licor, Nebraska, USA). Podrobný popis prístroja a spôsob práce s ním sú uvedené v práci PRIWITZER (1993). Všetky merania boli vykonávané v terénnych podmienkach, priamo v korune dospelého buka, od júna do septembra, za priaznivého počasia (dni bez zrážok) na fyziologicky vyspelých listoch (listy vo fenofáze dospelý list) a pri koncentrácii CO<sub>2</sub> v ovzduší (330 - 350 ppm). Denná dynamika rýchlosti fotosyntézy u buka pre vrchnú časť koruny (slnný typ listov), bola stanovená priamym meraním výmeny CO<sub>2</sub> v hodinových intervaloch (PRIWITZER a kol. 1996) a pre jednotlivé korunové zóny výpočtom a to použitím závislosti medzi FAR a rýchlosťou príjmu CO<sub>2</sub> a intenzity FAR, stanovenej z priameho merania.

Meranie elektrického odporu kambialného pletiva.

Pri sledovaní tzv. relatívnej vitality drevín sme na VDO Poľana používali elektronický prístroj TREE VITALITY METER - TVM O1 na stanovenie zdravotného stavu stojacich stromov, príp. poškodenia drevnej hmoty, pracujúci na princípe elektrického merania odporu kambialnej vrstvy, resp. drevného pletiva.

V meracom obvode prístroja je použitý striedavý prúd z dôvodu vylúčenia polarizácie elektród počas merania, ktorý sa zavádza do kmeňa stromu pomocou dvojice zvlášť na to usporobovaných ihlových elektród. Elektronickými obvodmi prístroja sa meria úbytok napätia vzniknutý na ohmickom odpore meraného pletiva. Meraný je vždy najmenší odpor a to je odpor kambialného pletiva. Elektrický odpor sme merali zo štyroch svetových strán. Zisťovaná bola 24 hodinová dynamika i sezónna dynamika odporu. Podrobnejšia metodika merania kambialného odporu lesných drevín je uvedená v prácach ČABOUN (1992, 1994, 1997).

Meranie biopoľa drevín.

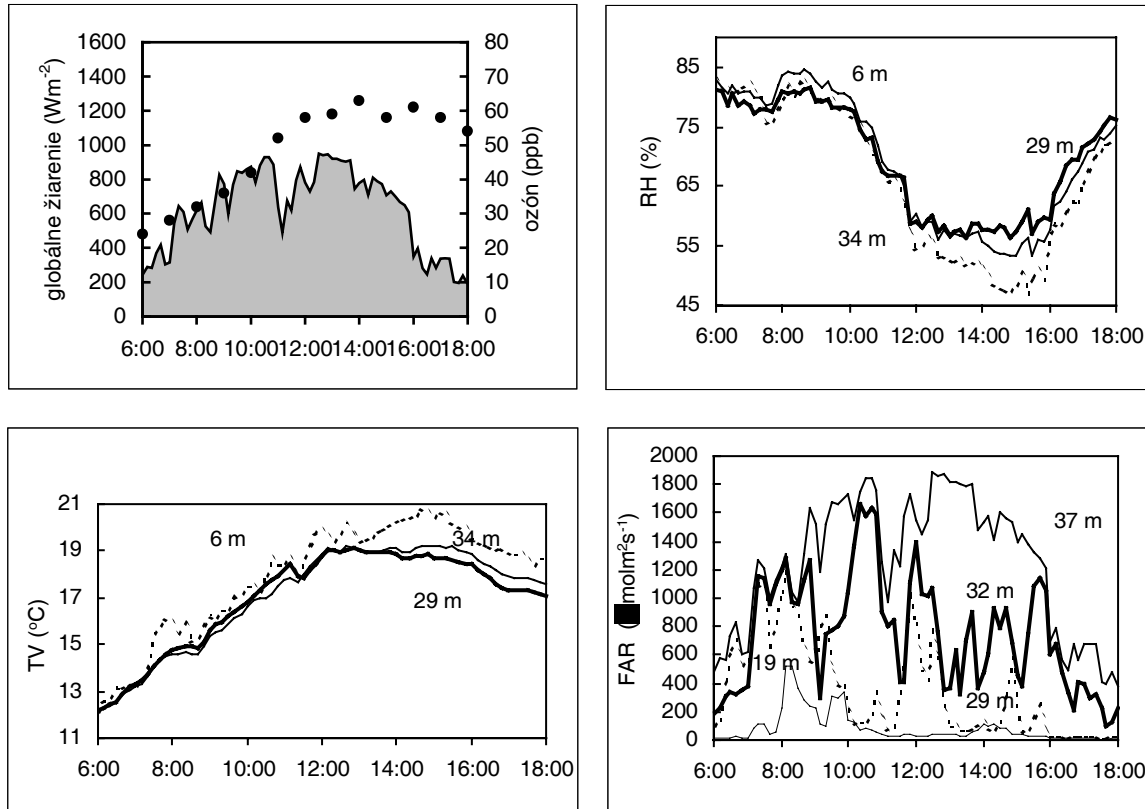
Meranie veľkosti biopoľa drevín sme robili podľa publikovanej metodiky (ČABOUN 1993). Biopole, resp. biofyzikálne pole sme zisťovali pomocou virgulí rôzneho tvaru, z ktorých sa vybrala najvhodnejšia virgula tvaru lambda. Merač bol od dreviny vzdialený 85 cm, čo je dĺžka dreveného meradla umiestneného medzi merača a kmeň dreviny. Vzdialenosť výchylky virgule od kmeňa sme odčítali na meradle, čím sme zistili veľkosť biopoľa príslušnej dreviny, resp. veľkosť biofyzikálnej

zložky biopoľa dreviny, ktoré ovplyvnilo svalový tonus merača. Meranie sme opakovali vždy 3-krát zo štyroch svetových strán.

#### Výsledky a diskusia

Pre príklad analýzy vplyvu meteorologických charakteristík na fyziologické procesy bol vybratý teplý letný deň s celodenným výskytom kopovitej oblačnosti.

Globálne žiarenie vykazovalo typický denný chod s hodnotami okolo  $900 \text{ W m}^{-2}$  medzi 10 a 14 h. a denným maximom ( $950 \text{ W m}^{-2}$ ) okolo poludnia. Denná dynamika FAR nad porastom mala podobný charakter ako u globálneho žiarenia. Zmeny v intenzite a množstve FAR v korunovom priestore buka sú uvedené na obr.1. Jednotlivé denné chody sa v určitých častiach koruny a priebehu dňa výrazne odlišujú. Pokiaľ FAR vo vrchnej časti koruny vykazovalo veľmi podobnú dennú dynamiku ako v priestore nad korunou (maximálne hodnoty -  $1397 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  - okolo poludnia), v strednej časti koruny bolo denné max. FAR ( $1085 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) zaznamenané medzi 7 a 8 h. V spodnej časti koruny bola FAR v priebehu celého dňa vyrovnaná. K jej nárastu došlo len na krátky čas, denné max. ( $520 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) bolo zistené medzi 8 a 9 h. Okrem toho bolo vo vrchnej časti koruny o 8 h. namerané 95 % FAR z množstva nad korunou, o 12 h. to bolo 61 %, a o 18 h. 39 %. V strednej časti koruny to bolo 50, 42 a 8 % a v spodnej časti koruny (11, 5 a 2%) z hodnôt nameraných nad korunou. Kým vo vrchnej časti koruny sa 70 % hodnôt FAR sa nachádzalo v intervale  $500 - 1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  v spodnej časti to bolo v intervale  $0 - 50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

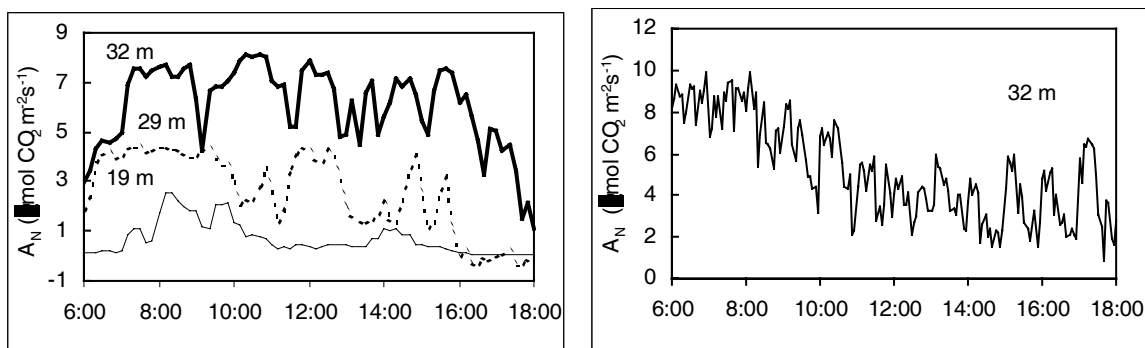


Obr.1 Denná dynamika globálneho žiarenia a ozónu (34 m), teploty a rel.vlhkosti vzduchu (34,29,6 m) a FAR (37,32, 29,19 m) na lokalite Poľana - Hukavský grúň (21.6.1994)

Denný chod teploty a vlhkosti vzduchu v jednotlivých úrovniach porastu je uvedený na obr. 1. Teplota vzduchu stúpala pozvoľne od skorých ranných hodín, maximálne denné hodnoty (od 18,7 do 20,4 °C) dosiahla okolo 15 h. Celkove boli najvyššia TV počas celého dňa nameraná vo výške 34 m nad povrchom pôdy. Je to dôsledok rýchlejšieho ohrievania vrstvy vzduchu v priestore bezprostredne nad korunami a následného vyžarovania aktívneho povrchu korún v infračervenej oblasti spektra. O 8 a 14 h. bola vyššia TV v priestore korún a kmeňov ako nad nimi. O 18 h. sa TV v korunovom a nadkorunovom priestore vyrovnala a v kmeňovom priestore mierne poklesla. Relatívna vlhkosť vzduchu bola medzi 6 a 10 h. stála (80 %) v celom vertikálnom profile porastu. Po tomto čase poklesla, pričom minimálne denné hodnoty (48 - 57 %) dosiahla vo všetkých výškových hladinách okolo 15 h. Najnižšia RH medzi 10 a 18 h. bola nameraná vo výške 34 m. V korunách porastu bola celý deň nižšia RH ako v priestore kmeňov. Tento jav je spôsobený prúdením vzduchu, ktoré je v priestore nad korunami a v korunách väčšie ako v priestore kmeňov.

Denný priebeh koncentrácie ozónu je uvedený na obr. 1. Krivka má mierne stúpajúci priebeh s max. hodnotami (58-63 ppb) medzi 14 a 16 h. O tomto čase boli namerané aj maximálne hodnoty teploty vzduchu.

Denná dynamika príjmu CO<sub>2</sub> ( $A_N$ ), stanovená pre jednotlivé časti koruny je znázornená na obr. 2. Boli namerané výrazné rozdiely v prijme CO<sub>2</sub> v jednotlivých úrovniach koruny. Pokiaľ asimilačný aparát vo vrchnej časti koruny (slnný typ listov) dosiahol maximálne denné hodnoty  $A_N$  (8,09  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) okolo 11 h., v spodnej časti korún (tienny typ listov) to bolo medzi 8 a 9 h. V strednej korunovej úrovni (výskyt obidvoch typov listov) boli maximálne denné hodnoty  $A_N$  (4,37  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) zistené okolo poludnia. Výraznejšia depresia príjmu CO<sub>2</sub> bola zaznamenaná najmä v strednej (okolo 14 h.) a spodnej (medzi 11 a 13 h.) časti koruny. Po poklese príjmu CO<sub>2</sub> došlo v obidvoch korunových úrovniach k výraznejšiemu nárastu hodnôt  $A_N$  (stred koruny okolo 15 h., spodok okolo 14 h.). Po 16 h. došlo k výraznému poklesu príjmu CO<sub>2</sub> vo všetkých úrovniach koruny. Ak porovnáme maximálne hodnoty  $A_N$ , zistíme, že rýchlosť príjmu CO<sub>2</sub> v strednej časti koruny dosahuje 49% a v spodnej časti koruny len 28%  $A_N$  vrchnej korunovej úrovne.

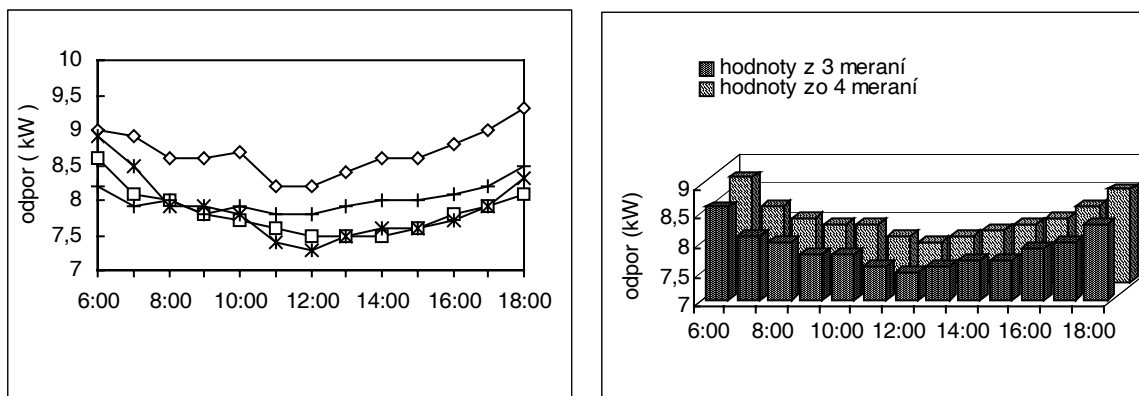


Obr. 2 Denná dynamika rýchlosti príjmu CO<sub>2</sub> stanovená pre hornú (32 m), strednú (29 m) a spodnú časť koruny (19 m) dospelého buka Poľana- Hukavský grúň, 21.6.1994 (vpravo modelovaná, vľavo meraná).

Pri porovnaní dennej dynamiky  $A_N$  získanej na základe priameho merania s modelovanou dennou dynamikou sme zaznamenali určité rozdiely. Pokiaľ pri priamom meraní bolo denné maximum medzi 6 a 8 h. a po ňom došlo k následnému celodennému poklesu hodnôt  $A_N$ , v prípade modelového stanovenia  $A_N$  nastalo denné maximum medzi 10 a 11 h. a hodnoty príjmu  $CO_2$  boli počas väčšej časti dňa (7-15 h.) pomerne stále. KOZLOWSKI et al. (1991) uvádzajú, že rýchlosť fotosyntézy často varíruje medzi druhmi drevín a ich provenienciami, medzi slnným a tiennym typom listov, počas dňa, ako aj počas vegetačného obdobia. Tieto variácie sú výsledkom interakcií medzi charakteristikami rastlín ako sú vek listu, jeho štruktúra a poloha, rozvoj zápoja, správanie sa prieduchov, množstvo a aktivita Rubisco a faktormi prostredia ako sú intenzita svetla, teplota, zásoba vody, koncentrácia atmosferického  $CO_2$ , vzdušných polutantov a pôdnych podmienok. Z priebehu dennej dynamiky  $A_N$  je možné vidieť jej ovplyvňovanie meteorologickými charakteristikami. Maximálne denné hodnoty  $A_N$  v hornej časti koruny v ranných hodinách možno pripísať priaznivej RH (80%), dostatočnej intenzite FAR ako aj nízkej koncentrácii ozónu. Následný celodenný pokles príjmu  $CO_2$  a výskyt výraznejšej depresie rýchlosti fotosyntézy medzi 11 a 15 h. býva spôsobený vysokou intenzitou FAR, poklesom RH, nárastom teploty listov a nárastom koncentrácií ozónu v tejto časti dňa. Vysokú intenzitu FAR, nízku RH a vysokú TV ako príčinu poludňajšej depresie fotosyntézy, uvádzajú vo svojich prácach aj MASAROVIČOVÁ a ŠTEFANČÍK (1990), XU a SHEN (1996). Čo sa týka vplyvu ozónu na fotosyntézu, LE THIEC et al.(1994) uvádzajú jej výraznú redukciu u buka pri koncentrácii  $O_3$  nad 50 ppb.

Elektrický odpor kambiálneho pletiva.

Denný chod elektrického odporu kambiálneho pletiva na sledovanom buku uvádzame na obr. 3.



Obr.3 Denná dynamika priemerných hodnôt elektrického odporu kambiálneho pletiva dospelého buka, vypočítaná z troch hodnôt (V,Z,J) a zo štyroch hodnôt (V,Z,S,J) meraná na lokalite Poľana - Hukavský grúň, 21.6.1994

Z nameraných hodnôt meraných z rôznych svetových strán jasne vidieť, že hodnoty elektrického odporu kambiálneho pletiva majú podobnú dennú dynamiku, ale hodnoty odporu meraného zo severu sú vyššie, ako z troch ostatných strán. Zvýšený odpor pletív zo severnej strany sa výrazne prejavil aj na priemerných hodnotách. Rozdiel medzi priemernými hodnotami elektrického odporu kambiálneho pletiva vypočítaných z troch a štyroch nameraných hodnôt je vidieť z obr. 3. Z uvedeného vyplýva, že pri pozorovaniach odporu kambiálneho pletiva v uvedenom termíne sa prejavila veľká závislosť

odporu od svetových stán. Najväčšiu závislosť je z uvedených grafov vidieť medzi elektrickým odporom kambialného pletiva a teplotou vzduchu. Najtesnejšia korelácia bola zistená medzi elektrickým odporom kambialného pletiva drevín a priemernou maximálnou teplotou vypočítanou z maximálnych teplôt počas troch pred meraním odporu. Z uvedeného vyplýva, že odpor kambialného pletiva buka je v ešte väčšej miere ovplyvnený trojdňovou, najmä maximálnou teplotou ako momentálnou teplotou. Sezónna dynamika elektrického odporu je podstatne väčšia, než denná. Veľmi výrazná je závislosť hodnôt elektrického odporu kambialného pletiva drevín od hrúbky meranej dreviny. Z našich súčasných a predchádzajúcich výsledkov výskumu je možné konštatovať, že čím je drevina tenšia, tým väčšia je ročná i denná variabilita hodnôt elektrického odporu kambialného pletiva. Biopole buka.

Na rozdiel od elektrického odporu kambialného pletiva drevín, neprejavila sa denná dynamika hodnôt biopola. Pri sledovanom buku sme namerali nasledovné hodnoty biopla, na ktoré reagovala virgula: 56 cm, 47 cm, 38 cm, 29 cm, 20 cm a 11 cm od kmeňa stromu. Z nameraných hodnôt je možné určiť pravidelný 9 cm interval, teda vlnovitý priebeh biofyzikálnej zložky biopola sledovaného buka. Z našich dlhodobých meraní s veľkým súborom drevín sme zistili veľmi tesnú koreláciu medzi hrúbkou drevín  $d_{1,3}$  a biopolom. Denné, ani sezónne rozdiely vo veľkosti biopola nie sú až také veľké, aby malo zmysel hovoriť o sezónnej či dennej dynamike biopola, ale len o veľkosti biopola.

#### Súhrn

Príspevok sa zaoberá analýzou vplyvu meteorologických charakteristík na dennú dynamiku fyziologických procesov lesných drevín. Analýza je uvádzaná na príklade meraní vykonaných na VDO Poľana - Hukavský grúň, na buku lesnom (*Fagus sylvatica* L.), vo vybratom dni (21 jún) vegetačnej sezóny roku 1994. Z výsledkov sú zrejmé rozdiely vo fotosyntetickej aktivite v jednotlivých častiach koruny dospelého buka, ako aj ich ovplyvňovanie intenzitou FAR, teplotou a relatívnou vlhkosťou vzduchu a koncentráciou ozónu. Na odpor kambialného pletiva vplýva najmä teplota vzduchu.

Kľúčové slová: buk, fotosyntéza, denná dynamika

#### Literatúra.

Čaboun, V., 1992: Využitie merania elektrického odporu kambialného pletiva drevín pri ekologickom a ekofyziologickom výskume. In: Zb. Ekológia lesa a krajiny. TU Zvolen, 131-136.

Čaboun, V., 1993: Biopole lesných drevín. Lesnícky časopis 39, 5, 415-425.

Čaboun, V., 1994: Sledovanie relatívnej vitality drevín elektrickou odporovou metódou. Acta Facultatis Ecologiae Zvolen FE TU Zvolen, 53-75.

Čaboun, V., 1997: Relative vitality of forest trees on research area Hukavský grúň in Biosphere reserve Poľana. Ecologia (Bratislava) 16, 1, 33-47.

Čaboun, V., Mindáš, J., Štrba, S., Priwitzer, T., Tužinský, L., 1996: Gradient koncentrácie ozónu v profile zmiešaného porastu. ZS etapy projektu PECO, Depozícia ozónu a nitrogénoxidu v európskom lese. LVÚ Zvolen, 39 s.

- Čaboun, V., Mind'áš, J., Priwitzer, T., Štrba, S., Hladká, D., Šablatúrová, E., Tužinský, L., Škvarenina, J., Kukla, J., Meszároš, I., Molnár, L., Zaušková, J., Konôpka, M., Ferjenčík, L., Slivková, E., 1997: Výsledky ekologického a ekofyziologického výskumu lesných ekosystémov na Výskumno - demonštračnom objekte Poľana - Hukavský grúň. Lesnícke informácie 1., 82 s.
- Kozłowski, T.T., Kramer, P.J., Pallardy, S.G., 1991: The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, New York, 657 p.
- Le Thiec, D., Dixon, M., Garrec, J.P., 1994: The effects of slightly elevated ozone concentrations and mild drought stress on the physiology and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in open - top chambers. *New Phytol.* 128, 4, 671-678
- Masarovičová, E., Štefančík, L., 1990: Some ecophysiological features in sun and shade leaves of tall beech trees. *Biologia Plantarum* 32, 374-387
- Mind'áš, J., 1993: Teplotno - vlhkosťný režim dospelého porastu. In: Čaboun a kol.: Ekologický a ekofyziologický výskum v lesných ekosystémoch VDO Poľana - Hukavský Grúň, Záverečná správa LVÚ Zvolen, s. 43-50
- Priwitzer, T., 1993 : Prenosný fotosyntetický systém LICOR 6200 a jeho využitie v lesníckom ekologickom výskume. Zborník z jubilejnej konferencie LVÚ. LVÚ Zvolen, s. 216-221
- Priwitzer, T., Šablatúrová, E., Hladká, D., 1996: Vybrané fyziologické a biochemické charakteristiky asimilačného aparátu buka. *Lesnícky časopis* 42, 5-6, s. 371 - 380
- Rovňáková, A., 1986: Fotosynteticky aktívne žiarenie. Diplomová práca, MFF UK Bratislava, 57 s.
- Štrba, S., Mind'áš, J., 1992: Metodické otázky merania kvality ovzdušia a bioklímy na VDO Poľana. In: Ekologický a ekofyziologický výskum v lesných ekosystémoch. LVÚ Zvolen, 103 - 107
- Xu, D.Q., Shen, Y.K., 1996: Midday Depression of Photosynthesis. In: Pessarakli, M., (eds.) *Handbook of Photosynthesis*, New York, 451-459

Kontaktná adresa:

Ing. Tibor Priwitzer, PhD.

Lesnícky výskumný ústav

T.G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

tel: 045 5 314 203, fax: 045 5 314192, e mail: Tibor.Priwitzer@fris.sk