

HODNOCENÍ ZMĚN FLUORESCENCE CHLOROFYLU SMRKU ZTEPILÉHO NA ZAČÁTKU JARNÍ RŮSTOVÉ AKTIVITY

ASSESSMENT OF SPRING PATTERN OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN NORWAY SPRUCE NEEDLES

ONDŘEJ ŠPULÁK, JARMILA MARTINCOVÁ

ABSTRAKT

V období od března do poloviny května 2006 byly sledovány změny fluorescence chlorofylu v jehličí 4 mladých jedinců smrku ztepilého. Výsledky ukázaly zvyšování hodnot výtěžku fluorescence Fv/Fm po jarním oteplení. Při porovnání jedinců s různou časností rašení nebyla pozorována souvislost změn hodnot poměru Fv/Fm s dobou rašení. Výrazněji byl tento parametr ovlivněn světelnými a teplotními podmínkami prostředí v krátkém období před měřením. Získané poznatky ukázaly, že měření maximálního výtěžku fluorescence (Fv/Fm) poskytuje dobré informace o jarní aktivaci fotosyntetických procesů v jehličí smrku ztepilého.

Klíčová slova: fluorescence chlorofylu, sezónní dynamika, smrk ztepilý

ABSTRACT

Pattern of chlorophyll fluorescence was investigated in needles of 4 young spruces in spring 2006. Results showed marked increase of maximal chlorophyll fluorescence yield (Fv/Fm) following spring warmer weather. Relationship between time of budburst and Fv/Fm ratio did not occur. Chlorophyll fluorescence was more influenced by light and temperature conditions during short period before measuring. Acquired experience suggested that measurement of maximal chlorophyll fluorescence yield (Fv/Fm) offered good information of spring activation of photosynthesis in spruce needles.

Keywords: chlorophyll fluorescence, seasonal variation, Norway spruce

Úvod

Moderní metodou pro hodnocení fyziologického stavu rostlin je analýza fluorescence chlorofylu. Tato metoda nalézá své uplatnění v mnoha lesnických oborech. Je využívána například pro zjišťování vlivu vysoké a nízké teploty, sucha, deficience výživy, nemoci, herbicidů a znečištění vzduchu. Může být využita i při studiu indukce dormance, vývoje odolnosti k mrazu, reaktivace fotosyntetické aktivity po přezimování, růstu stromů, zrání listů a porovnávání fyziologie slunných a stinných listů. Základem pro uvedené aplikace je vztah fluorescence chlorofylu ke kapacitě fotosyntézy. Měření fluorescence chlorofylu je rychlá, nedestruktivní, kvantitativní a diagnostická metoda a je dobře srovnatelná s jinými metodami hodnocení kvality fotosyntetických procesů. Dobře se uplatní především tam, kde jsou požadována opakovaná nedestruktivní hodnocení stejného rostlinného materiálu (Mohammed et al. 1995).

V letošním roce začala být analýza fluorescence chlorofylu používána na našem

pracovišti. Následující příspěvek přináší některé z prvních poznatků hodnocení smrku ztepilého v jarním období.

PŘEHLED PROBLEMATIKY

Při dopadu slunečního záření na list je část energie odražena, část je přenesena do rostlinného pletiva a část absorbována. Rostliny absorbují mnohem více světelné energie, než potřebují. Ve skutečnosti pouze méně než 20% fotosynteticky aktivního záření absorbovaného listem je skutečně upotřebeno pro fotosyntézu. Protože nadbytečná energie může vést k poškození asimilačních pletiv, rostliny využívají důmyslné procesy známé jako zhášení (quenching), aby přebytečnou energii odstranily. Jsou známé 3 typy zhášení. První je zhášení fotochemické (qP), které závisí na energii využitě pro fotosyntézu, nefotochemické zhášení (qN) je energie přeměněná na teplo a fluorescenční zhášení (qF) je energie vyzařovaná jako fluorescence (Mohammed et al. 2003).

Největší množství absorbované energie je vydáno ve formě tepla (qN – 75 až 97%), jako fluorescenční světlo je vyzařeno mnohem menším množstvím (3 až 5%). Obecně je fluorescence chlorofylu v obráceném vztahu k fotosyntéze, to znamená, že čím je kvalitnější průběh fotosyntézy, tím nižší je energie vyzařovaná ve formě fluorescence. Výjimku tvoří situace, kdy za stresu nebo za střední až vysoké radiace převládne nefotochemické zhášení. Pletiva tak, aby odstranila nadbytečnou energii, zvýší tvorbu tepla, což v počátečních až středních stádiích stresu vede k poklesu fluorescenčního vyzařování. Relativní rovnováha mezi třemi hlavními mechanismy spotřeby energie - fotosyntéza, produkce tepla a fluorescence – tak určuje aktuální průběh reakce pozorovaný při měření fluorescence chlorofylu (Mohammed et al. 2003, Ritchie, Landis 2005).

Teoretické základy uvedených procesů na biochemické úrovni a metody měření fluorescence chlorofylu je možno nalézt v řadě základních fyziologických prací (Maxwell, Johnson 2000, Roháček 2002, Schreiber et al. 1986, 1995, Rosenquist, van Kooten 2003, Lichtenthaler et al. 2005).

Nejčastějším způsobem využití metody měření fluorescence chlorofylu je sledování reakce na osvětlení u listů adaptovaných na tmu. Listy jsou před měřením ponechávány ve tmě po dobu minimálně 20 minut. To zajistí, že všechny chlorofyl je v základním (tzn. klidovém) stavu a dráhy přenosu elektronů jsou čisté před tím, než dojde k zachycení světelného impulsu. V tomto stádiu dosahuje fluorescence minimální (základní) hodnoty (Fo). Po silném, saturačním ozáření dochází velmi rychle (100 až 200 milisekund) k zaplnění všech akceptorů a reakčních center fotosystému elektrony a fluorescence se zvyšuje k maximální hodnotě (Fm). Následuje aktivace fotochemických procesů (3 – 5 sekund). Energie elektronů je postupně odváděna, ukládána do vysoce energetických vazeb a následně využívána k asimilaci CO₂. Tím se uvolňuje prostor pro další příjem energie. Postupně se vytváří ustálený stav příjmu a zpracování energie (po 3 – 5 minutách – Lichtenthaler et al. 2005).

Grafické znázornění průběhu intenzity emise fluorescence po osvětlení vzorku adaptovaného na tmu proti času je označováno jako indukční (Kautského) křivka.

Tato křivka má několik diagnostických prvků, ale nejdůležitějším z nich je poměr Fv/Fm, kde Fv je tak zvaná proměnlivá fluorescence vypočítaná jako rozdíl mezi Fm a Fo. Maximální (optimální) kvantový výtěžek fluorescence, jak se poměr Fv/Fm označuje, poskytuje přesný odhad účinnosti celého procesu fotosyntézy. Parametr Fv/Fm je nejčastěji citovaný výsledek měření fluorescence chlorofylu, neboť se zjišťuje poměrně snadno a rychle.

Hodnocení fluorescence chlorofylu našlo široké uplatnění ve fyziologickém a ekologickém výzkumu. Tato metoda může poskytnout zejména údaje o schopnosti rostlin tolerovat stresy prostředí a o rozsahu, v jakém tyto stresy poškozují fotosyntetický aparát (Maxwell, Johnson 2000). Uplatňuje se například při sledování vlivu vysoké teploty, mrazu (zejména v kombinaci s vysokou radiací) nebo vodního stresu. Významným stresorem je znečištění ovzduší. Měření fluorescence chlorofylu je často využívanou metodou při zjišťování účinků imisí, především ozonu, na asimilační aparát rostlin. Vzhledem ke zvyšující se koncentraci oxidu uhličitého v ovzduší je aktuální i hodnocení reakcí rostlin na jeho zvýšení. Podrobný přehled oblastí využití fluorescence chlorofylu v lesnickém výzkumu uvádí například Mohammed (Mohammed et al. 1995, 2003) nebo Binder (Binder et al. 1997). Účinky krátkodobých a dlouhodobě působících stresů porovnávají Fracheboud a Leipner (2003).

Dalším okruhem využívání fluorescence chlorofylu je sledování rozdílů fyziologie slunných a stinných listů a jejich adaptace na změněné podmínky (Einhorn et al. 2004, Gamper et al. 2000, Lichtenthaler et al. 2000).

Fluorescence chlorofylu je využívána i pro hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu. Byla zjištěna dobrá shoda při porovnání s jinými metodami používanými v současné době (měření elektrické vodivosti výluhů, růstový potenciál kořenů, vodní potenciál měřený pomocí tlakové komory, přítomnost vizuálních symptomů poškození) (Mohammed et al. 1995, Gillies, Binder 1997, Perks et al. 2001). Proto byla tato metoda zařazena jako standardní provozní postup při zjišťování kvality sadebního materiálu v laboratořích Oregonské státní univerzity (Sampson et al. 1997).

Při hodnocení fluorescence chlorofylu je třeba brát v úvahu skutečnost, že, stejně jako řada dalších fyziologických procesů, i fotosyntéza a fluorescence vykazují značnou sezónní a v menší míře i denní dynamiku. Sezónní dynamika se vyznačuje výrazným poklesem parametrů fluorescence v době nástupu dormance v porovnání s obdobím aktivního růstu. Na jaře dochází opět k výraznému zvyšování fluorescence v souvislosti s obnovou fotosyntetické aktivity (Hawkins, Lister 1985, Repo et al. 2004).

Cílem tohoto příspěvku bylo ověřit některé metodické přístupy k hodnocení jehličí a zjistit změny maximálního kvantového výtěžku fluorescence v souvislosti s jarním uvolňováním dormance a fenologickými projevy smrku ztepilého.

MATERIÁL A METODY

Pro hodnocení jarních změn fluorescence chlorofylu byly použity 4 osmileté smr-

ky rostoucí na záhoně v objektu VS Opočno. Jejich výška se pohybovala od 73 do 130 cm. Odběry vzorků větví začaly 23. března a pokračovaly během výstupu z dormance až do období prodlužovacího růstu nových výhonů 15. května 2006. Rašení smrků bylo hodnoceno jako prosvítání zelených jehlic ze zvětšených pupenů na hodnocených větvičkách.

Základní charakteristiky povětrnostních podmínek byly zaznamenávány meteorologickou stanicí Noel umístěnou ve vzdálenosti ca 20 m od sledovaných smrků. Pro porovnání teplotních podmínek byly použity průměrné, maximální a minimální denní teploty měřené ve výšce 200 cm.

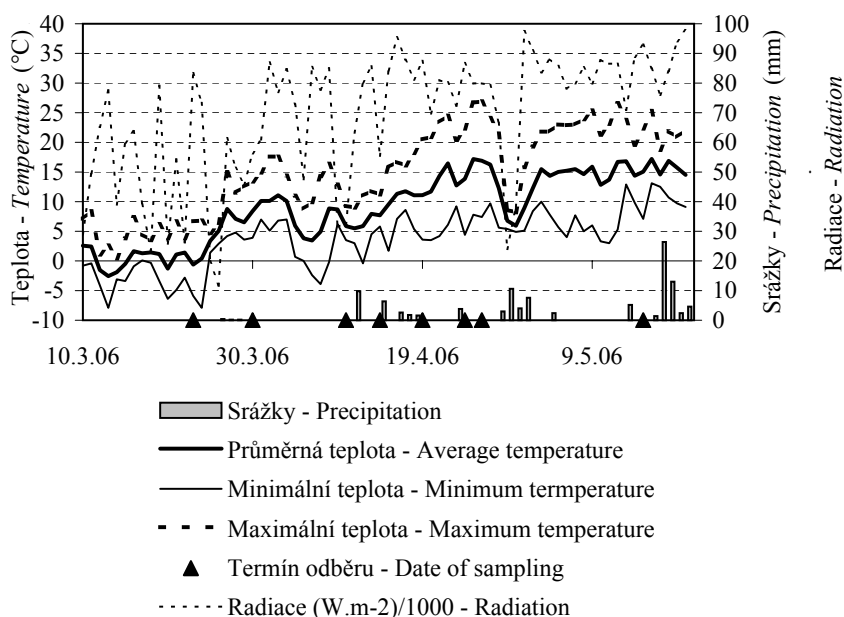
Pro jednotlivá měření byly odebírány větve z 2. a 3. přeslenu z osluněné jižní až jihovýchodní části koruny. Byly uchovávány v nádobě s vodou ve tmě. První měření začalo po minimálně 30 minutách adaptace vzorků na tmu. Jehlice z výhonů posledního roku byly před každým měřením odtrhávány ze spodní strany větviček a pokládány na lepicí podložku vrchní (adaxiální) stranou nahoru. V každém termínu měření byla provedena minimálně 4 opakovaná měření. Při každém opakování bylo hodnoceno současně 5 jehlic z každého jedince.

Fluorescence chlorofylu byla měřena přístrojem Imaging-PAM 2000 (výrobce Heinz Walz GmbH). U jehlic adaptovaných na tmu byly měřeny hodnoty F_0 (minimální fluorescence při všech reakčních centrech fotosystému 2 otevřených) a F_m (maximální fluorescence vzorku adaptovaného na tmu – všechna reakční centra uzavřena, fotochemické procesy ještě nejsou aktivovány). Z nich byla počítána hodnota $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ (maximální výtěžek fluorescence vzorku adaptovaného na tmu). Pro tato měření bylo aplikováno měřicí světlo intenzity $3 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a saturační impuls intenzity $2\,400 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ v trvání 800 ms.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zima 2005/2006 byla mimořádně dlouhá bez přechodných oblev. Teplota se začala výrazněji zvyšovat až v poslední dekádě března. Na obr. 1 jsou znázorněny denní průměrné, minimální a maximální teploty ve výšce 200 cm a denní sumy srážek. Vyznačeny jsou termíny, kdy byly odebírány vzorky pro hodnocení fluorescence chlorofylu.

Hodnoty maximálního výtěžku fluorescence chlorofylu F_v/F_m byly u dormantních smrků velmi nízké. V poslední dekádě března se začaly výrazně zvyšovat. Od poloviny dubna již byly tyto hodnoty vyšší než 0,7 a dále se měnily jen mírně (obr. 2). Hodnoty pozorované na konci dubna a v květnu se u jednotlivých smrků pohybovaly v rozmezí 0,77 až 0,82. Odpovídají tedy rozpětí 0,75 až 0,83 zjištěnému u stromů mírného pásu v letním období (Čaňová 2002, Mohammed et al. 2003, Lichtenthaler et al. 2005). K obdobným výsledkům došel i Robakowski (2005), který popisuje zvyšování poměru fluorescence F_v/F_m u smrku ztepilého z hodnot 0,58 v únoru na téměř 0,8 v dubnu. Obdobný průběh fluorescence chlorofylu odrážející jarní aktivaci procesů fotosyntézy u smrku ztepilého popisují i Bolhár-Nordenkamp a Lechner (1988) a Westin a kol. (1995). Zvyšování hodnot poměru F_v/F_m v našem pozorování odpovídá výraznému zvýšení teplot na konci března. Časovou shodu mezi obnovou fotosyntézy po zimě (hodnocenou jako vze-



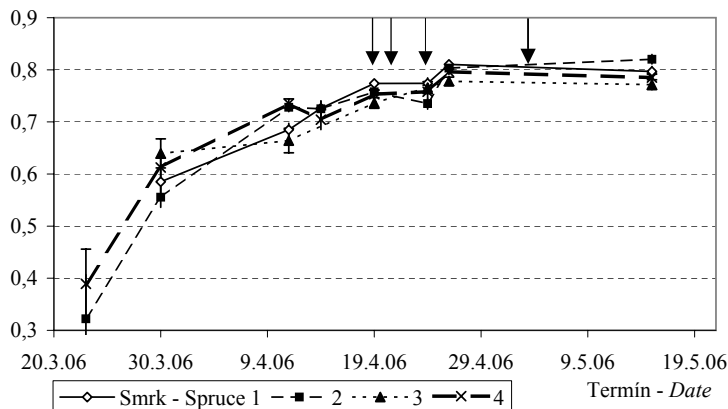
Obr. 1: Průběh denních teplot (průměrná, minimální, maximální) ve 200 cm, maximální denní radiace a srážek na jaře 2006 se znázorněnými termíny odběru vzorků. Pro názornost jsou hodnoty radiace uvedeny v tisícinách $W.m^{-2}$.

Daily course of average, minimum and maximum temperature (in 200 cm), maximum daily radiation and precipitation in spring 2006 with terms of sampling. Values of radiation are rendered in thousandths of $W.m^{-2}$.

Tab. 1: Korelační koeficienty vztahu mezi výtěžkem fluorescence (F_v/F_m) a podmínkami prostředí v různě dlouhém období před odběrem vzorků.

Correlation coefficients between maximal fluorescence yield (F_v/F_m) and weather conditions of chosen periods before sampling.

| Délka období před odběrem vzorků (dny) <i>Duration of period before sampling (days)</i> | Koeficient korelace mezi F_v/F_m a následujícím parametrem počasí <i>Correlation coefficients between (F_v/F_m) and following parameter</i> | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Průměrná denní teplota <i>Average daily temperature</i> | Minimální denní teplota <i>Minimum daily temperature</i> | Maximální denní teplota <i>Maximum daily temperature</i> | Maximální denní radiace <i>Maximum daily radiation</i> |
| | 1 | 0,915 | 0,954 | 0,874 |
| 3 | 0,906 | 0,755 | 0,852 | 0,891 |
| 5 | 0,889 | 0,801 | 0,869 | 0,533 |



Obr. 2: Změny maximálního výtěžku fluorescence (F_v/F_m) u čtyř jedinců smrku ztepilého v jarním období 2006. Svislé úsečky znázorňují interval spolehlivosti při 5 % hladině významnosti. Šipky znázorňují počátky rašení jednotlivých smrků.
Pattern of maximal fluorescence yield (F_v/F_m) in four spruces in spring 2006. Vertical bars show confidence on $p \leq 0.05$ level. Arrows show the date of budburst beginning.

stup F_v/F_m) a zvyšující se denní maximální a minimální teplotou u jednoletých semenáčků smrku ztepilého popisují i Strand a Lundmark (1995).

Nezjistili jsme vztah mezi jarním zvyšováním fluorescence chlorofylu a časností rašení jednotlivých smrků. Naproti tomu byla v našem šetření pozorována výrazná korelace mezi parametry fluorescence chlorofylu a teplotními a světelnými podmínkami v období před odběrem vzorků. Nejtěsnější vztah byl zjištěn mezi poměrem F_v/F_m a minimální teplotou ve dni předcházejícím měření. Vysoká korelace je rovněž mezi poměrem F_v/F_m a průměrnou denní teplotou v období 1 až 3 dny před odběrem vzorků pro měření (tab. 1).

Tyto poznatky odpovídají údajům v literatuře. Například Bergh a Linder (1999) uvádějí, že časový průběh jarní obnovy fotosyntetické kapacity smrku ztepilého byl ovlivňován především průměrnou teplotou vzduchu a přítomností silných nočních mrazů. V menší míře pak předchozím táním půdy a vyšší půdní teplotou. Lehner a Lütz (2003) zjistili, že fotosyntéza jehlic a indukční parametry fluorescence alpských druhů borovic byly silně ovlivněny světelnými a teplotními podmínkami ve dnech před odběrem vzorků. Také Bolhár-Nordenkampf a Lechner (1988) pozorovali u smrku ztepilého v zimním období těsnou korelaci mezi fluorescencí chlorofylu a světelnými a teplotními podmínkami v období předcházejícím měření.

Získané poznatky ukázaly, že měření maximálního výtěžku fluorescence (F_v/F_m) poskytuje dobré informace o jarní aktivaci fotosyntetických procesů v jehličí smrku ztepilého. Měření dalších parametrů fluorescence, které přístroj Imaging-PAM fluorometr umožňuje (v příspěvku neuvedeny), pomáhá charakter jarních změn v jehličí dále upřesnit.

ZÁVĚR

Výsledky ukázaly zvyšování hodnot výtěžku fluorescence Fv/Fm u smrku ztepilého na jaře. Při porovnání jedinců s různou časností rašení nebyla pozorována souvislost změn hodnot poměru Fv/Fm s dobou rašení. Výrazněji jsou tyto hodnoty ovlivněny světelnými a teplotními podmínkami prostředí v krátkém období před měřením. Získané poznatky ukázaly, že měření maximálního výtěžku fluorescence (Fv/Fm) poskytuje dobré informace o jarní aktivaci fotosyntetických procesů v jehličí smrku ztepilého.

LITERATURA

- Bergh, J., Linder, S.: Effects of soil warming during spring on photosynthetic recovery in boreal Norway spruce stands. *Global Change Biology*, 5, 1999, č. 3, s. 245 - 253.
- Binder, W. D., Fielder, P., Mohammed, G. H., L'Hirondelle, S. J.: Applications of chlorophyll fluorescence for stock quality assessment with different types of fluorometers. *New Forests*, 13, 1997, č. 1/3, s. 63 - 89.
- Bolhár-Nordenkamp, H. R., Lechner, E. G.: Temperature and light dependent modifications of chlorophyll fluorescence kinetics in spruce needles during winter. *Photosynthesis Research*, 18, 1988, č. 3, s. 287 - 298.
- Čaňová, I.: Health condition of young spruce stands growing in Poľana in different altitudes. *Journal of Forest Science*, 48, 2002, č. 11, s. 469 - 474.
- Einhorn, K. S., Rosenqvist, E., Leverenz, J. W.: Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: implications for forest regeneration? *Oecologia*, 140, 2004, č. 2, s. 241 - 251.
- Fracheboud, Y., Leipner, J.: The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature, and drought stress. *Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology*. Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers 2003, s. 125 - 150.
- Gamper, R., Mayr, S., Bauer, H.: Similar susceptibility to excess irradiance in sun and shade acclimated saplings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and stone pine (*Pinus cembra* L.). *Photosynthetica* 38, 2000, č. 3, s. 373 - 378.
- Gillies, S. L., Binder, W. D.: The effect of sub-zero temperatures in the light and dark on cold-hardened, dehardened and newly flushed white spruce (*Picea glauca* [Moench.] Voss) seedlings. *New Forests*, 13, 1997, č. 1/3, s. 91 - 104.
- Hawkins, C. D. B., Lister, G. R.: In vivo chlorophyll fluorescence as a possible indicator of the dormancy stage in Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 1985, č. 4, s. 607 - 612.
- Lehner, G., Lütz, C.: Photosynthetic functions of cembra pines and dwarf pines during winter at timberline as regulated by different temperatures, snowcover and light. *Journal of Plant Physiology*, 160, 2003, č. 2, s. 153 - 166.
- Lichtenthaler, H. K., Babani, F., Langsdorf, G., Buschmann, C.: Measurement of differences in red chlorophyll fluorescence and photosynthetic activity between sun and shade leaves by fluorescence imaging. *Photosynthetica*, 38, 2000, č. 4, s. 521 - 529.
- Lichtenthaler, H. K., Buschmann, C., Knapp, M.: How to correctly determine the

- different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, 43, 2005, č. 3, s. 379 - 393.
- Maxwell, K., Johnson, G. J.: Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51, 2000, č. 345, s. 659 - 668.
- Mohammed, G. H., Binder, W. D., Gillies, S. L.: Chlorophyll fluorescence: a review of its practical forestry applications and instrumentation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10, 1995, č. 4, s. 383 - 410.
- Mohammed, G. H., Zarco-Tejada, P., Miller, J. R.: Applications of chlorophyll fluorescence in forestry and ecophysiology. Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers 2003, s. 79 - 124.
- Perks, M. P., Monaghan, S., O'Reilly, C., Osborne, B. A., Mitchell, D. T.: Chlorophyll fluorescence characteristics, performance and survival of freshly lifted and cold stored Douglas fir seedlings. *Annals of Forest Science*, 58, 2001, č. 3, s. 225 - 235.
- Repo, T., Leinonen, I., Ryyppö, A., Finér, L.: The effect of soil temperature on the bud phenology, chlorophyll fluorescence, carbohydrate content and cold hardiness of Norway spruce seedlings. *Physiologia Plantarum*, 121, 2004, č. 1, s. 93 - 100.
- Ritchie, G., Landis, T. D.: Seedling quality tests: Chlorophyll fluorescence. *Forest Nursery Notes*, USDA Forest Service, Winter 2005. Portland, USDA Forest Service. Pacific Northwest Region [2005]. s. 12 - 16.
- Robakowski, P.: Susceptibility to low-temperature photoinhibition in three conifers differing in successional status. *Tree Physiology*, 25, 2005, č. 9, s. 1151 - 1160.
- Roháček, K.: Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica*, 40, 2002, č. 1, s. 13 - 29.
- Rosenqvist, E., van Kooten, O.: Chlorophyll fluorescence: A general description and nomenclature. Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers, 2003, s. 31 - 77.
- Sampson, P. H., Templeton, C. W. G., Colombo, S. J.: An overview of Ontario's Stock Quality Assessment Program. *New Forests*, 13, 1997, č. 1/3, s. 469 - 487.
- Schreiber, U., Schliwa, U., Bilger, W.: Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research*, 10, 1986, č. 1, s. 51 - 62.
- Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C.: Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: *Ecophysiology of photosynthesis*. Ed. E. -D. Schultze, M. M. Caldwell. Berlin, Springer-Verlag 1995, s. 49 - 70.
- Strand, M., Lundmark, T.: Recovery of photosynthesis in 1-year-old needles of unfertilized and fertilized Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) during spring. *Tree Physiology*, 15, 1995, č. 3, s. 151 - 158.

Westin, J., Sundblad, L. G., Hällgren, J. E.: Seasonal variation in photochemical activity and hardiness in clones of Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, 15, 1995, č. 10, s. 685 - 689.

SUMMARY

Chlorophyll fluorescence (CF) analysis enables quantitative assessment of photosynthetic apparatus of plants – its efficiency and quality of processes. Actual course of the measured fluorescence of chlorophyll is determined by three main mechanisms of energy consumption – photosynthesis, heat production and fluorescence.

Theoretical bases of the processes and methodology of measurement mentioned above are described in many basic physiological theses (Maxwell, Johnson 2000, Roháček 2002, Schreiber et al. 1986, 1995, Rosenquist, van Kooten 2003, Lichtenthaler et al. 2005).

The most frequent usage of CF methods is monitoring of dark-adapted leaves reaction to illumination. In this case, dependence of fluorescence emission intensity on time is called induction (Kautsky) curve. The most important diagnostic parameter, which offers exact evaluation of the photosynthetic process, is maximal (optimal) PSII quantum yield F_v/F_m .

CF evaluation is widely used in physiological and ecological research, in stress-oriented studies primarily. It is used in many spheres of forestry research as well.

Photosynthesis and CF has significant seasonal and lower daily dynamics. Seasonal dynamic distinguishes considerable decrease of CF parameters in the period of dormancy. Increase of values comes in spring, which corresponds to recovery of photosynthetic activity.

In our study, for the assessment of the spring changes in CF four eight-year old (73 – 130 cm high) spruces from Opočno research nursery were used. Sampling of branches (2nd and 3rd whorl) from the sunny S and SE side of crown started on the 23rd of March and continued until the period of lengthening of new shoots, to 15th of May. Basic characteristics of the climatic conditions came from meteorological station at about 20 m distance from the growing place. For evaluation of temperature, daily mean, minimal and maximal values in 200 cm were used.

Samples were stored in darkroom in water receptacle. After at least 30 minutes of dark adaptation, the first measurement was done. Minimally four repeated measurements with 5 needles of every individual were processed in every term. The measured parameters were F_o and F_m and the value of F_v/F_m (where $F_v = F_m - F_o$) was counted. Measuring light $3 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and saturation pulse intensity $2400 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ in duration of 800 ms were used.

The winter 2005/2006 was extraordinarily long without transitional thaws. Temperature started to rise noticeably since the last decade of March (fig. 1).

In the case of dormant spruces the values of the maximum quantum yield of CF were very low. The increase came in the last decade of March, which corresponds with the rising of temperature. From the half of April, the values were already

higher than 0.7 and thereafter changed only slightly (fig. 2). They thus agreed with the range 0.75 to 0.83 determined for trees in temperate zone in spring.

We did not discover any relationship between spring rise of CF and flushing terms of individual spruces. On the other hand, in our assessment was noticeable correlation between CF parameters and temperature and light conditions in chosen periods before sampling (tab. 1). This information corresponds with the data in literature.

The knowledge gained in this study showed, that measurement of maximal quantum yield of CF (Fv/Fm) gives valuable information on spring activation of photosynthetic processes in spruce needles.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe 002070201 Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí.

Adresa autorů:

Ing. Ondřej Špulák
RNDr. Jarmila Martincová
VÚLHM VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno
spulak@vulhmop.cz
martincova@vulhmop.cz