

ANALÝZA MOŽNÝCH VPLYVOV PROSTREDIA NA SADENICE SMREKA (*PICEA ABIES* KARST. L.) V PODMIENKACH NÁDOBOVÉHO POKUSU

Lubica Ditmarová¹ - Jaroslav Kmeť² - Katarína Střelcová²

Summary

The paper presents partial results of a more complex interdisciplinary research on the dieback of spruce forest in the region Horný Spiš. The research topics also include monitoring of physiological status of spruce trees in all the age categories (seedlings, young growth, adult stands) in relation to the conditions at the site.

With the aim to assess the physiological and, consequently, health state of the seedlings, we have established a jar experiment in the Arborétum Borová hora in Zvolen. This experiment has primarily been intended to study the influence of soil properties on the physiological status of the seedlings over the two-year period of study (2004-2005). At the same time, it was necessary to exclude the possible influence of environmental factor on the purpose of the experiment. In the frame of the given contribution we have primarily focussed on evaluation of the input analysis of physiological variables and on hypothesising about the possible factors causing differences between the individual variants of the experiment.

Úvod

Je známe, že v oblasti Oravy, Kysúc, Tatier a Spiša sa v posledných rokoch zintenzívňuje hromadné odumieranie drevín, najmä smreka. Podobne postihnuté porasty sa nachádzajú aj v pohraničných oblastiach Poľska, ale aj v Českej republike, Nemecku a Taliansku. Sekundárne škodlivé činitele sa stávajú prvoradými a hospodársky závažnými v dôsledku toho, že pôsobia na fyziologicky oslabené stromy. Ich vplyv v slovenských lesoch sa napriek enormnému úsiliu vynaloženému na ich elimináciu neustále zvyšuje. Je tomu tak preto, lebo príčiny zhoršeného zdravotného stavu lesov nie sú zatiaľ presne známe. Len vo všeobecnosti sa predpokladá nepriaznivý vplyv komplexu faktorov, ako sú globálne zmeny klímy spojené so vzrastom priemernej teplôt ovzdušia a deficitom disponibilnej pôdnej vody, dlhodobé pôsobenie imisíí pochádzajúcich z lokálnych, ale i vzdialených zahraničných zdrojov, nízka stabilita rovnovekých, priestorovo málo diferencovaných monokultúr ihličnatých drevín, gradácia pre množovania biotických škodlivých činiteľov,

najmä drevokazných húb, podkôrneho hmyzu a pod.

Priamou príčinou chradnutia lesných drevín je nesporne ich fyziologická nedostatočnosť, fyziologická porucha. Toto konštatovanie bezprostredne navodzuje otázku, čo je príčinou fyziologických porúch. Ucelené poznanie fyziológie chradnúcich stromov doteraz chýba. Je to zrejme dôsledok vedeckej zložitosti tejto oblasti a tiež atomizácie špecializácií, ku ktorej vývoj vedy dospel (KŘÍSTEK, 1996).

V rámci riešenia projektu APVT „Analýza príčin a návrh opatrení proti hromadnému odumieraniu smrečín v pohraničných oblastiach severného Slovenska“ je uskutočňovaný multidisciplinárny výskum odumierania smrekových porastov aj v oblasti Horného Spiša, pre ktorý bol prijatý predbežný pracovný názov „nešpecifické odumieranie smrečín“. Sledujeme tu fyziologický stav smreka v rôznych vekových štádiách (sadenice, mladá a dospelé jedince smreka) i vo vzťahu k podmienkam prostredia.

Materiál a metodika

RNDr. Lubica Ditmarová, PhD., Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, e-mail: ditmarova@sav.savzv.sk

Doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD., Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kmet@vsld.tuzvo.sk

Doc. Ing. Katarína Střelcová, PhD., Katedra lesného prostredia, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

Za účelom zhodnotenia zmien fyziologického a následne zdravotného stavu sadeníc smreka bol založený nádobový pokus v Arboréte Borová hora. Bol odobratý pôdny substrát z aktívnej plochy (výskumná plocha s vysokým stupňom rozpadu smrekového porastu) na lokalite Hliníky (Horný Spiš) a tiež pôda z porastu buka z tejto oblasti (bez vplyvu smrekového opadu), ktorá nám slúži ako porovnávací základ. Zároveň boli vyzdvižené sadenice smreka z aktívnej plochy na lokalite Hliníky v dvoch variantoch – s príznakmi žltnutia ihličiek a relatívne zelené sadenice bez viditeľných príznakov depigmentácie. Ako základná porovnávací základ boli použité voľnokorenné sadenice rovnakého veku zo škôlky Smižany (Horný Spiš), evidenčné číslo 043448-020 (vek 1/2, trieda 20-25 cm).

Nádobový pokus sme založili v nasledujúcich šiestich variantoch:

1. Sadenice smreka s príznakmi žltnutia ihličiek v pôdnom substráte z aktívnej plochy Hliníky (10 kusov)
2. Sadenice smreka s príznakmi žltnutia ihličiek v pôdnom substráte z porastu buka (10 kusov)
3. Sadenice smreka relatívne zelené (bez viditeľnej depigmentácie ihličiek) v pôdnom substráte z aktívnej plochy Hliníky (10 kusov)

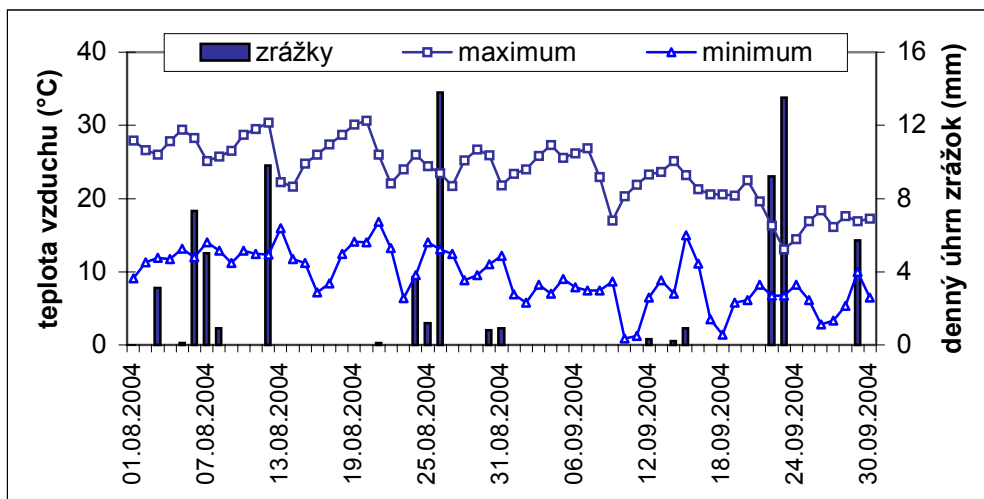
4. Sadenice smreka relatívne zelené (bez viditeľnej depigmentácie ihličiek) v pôdnom substráte z porastu buka (10 kusov)

5. Sadenice smreka zo škôlky v pôdnom substráte z aktívnej plochy Hliníky (10 kusov)

6. Sadenice smreka zo škôlky v pôdnom substráte z porastu buka (10 kusov)

Cieľom tohoto nádobového pokusu je predovšetkým sledovať vplyv pôdnych vlastností na fyziologický stav sadeníc smreka v horizonte dvoch rokov (2004 – 2005), zároveň je však nutné vylúčiť možný vplyv faktorov prostredia, ktoré by mohli ovplyvniť zámer pokusu. V rámci daného príspevku sme sa zamerali najmä na zhodnotenie vstupných analýz fyziologických parametrov i na posúdenie možných príčin rozdielov vo vitalite sadeníc medzi jednotlivými pokusnými variantami.

Na obr. 1. uvádzame priebeh vybraných klimatických charakteristík nameraných na meteorologickej stanici SHMÚ Sliač v období od 1. augusta do 30. septembra 2004, kedy boli uskutočnené i merania fyziologických parametrov. Od jari roku 2005 je nainštalovaná mikroklimatická stanica priamo v Arboréte Borová hora v tesnej blízkosti pokusnej plochy.



Obr.1 Priebeh vybraných klimatických charakteristík nameraných na hydrometeorologickej stanici Sliač v období od 1. augusta do 30. septembra 2004

RNDr. Lubica Ditmarová, PhD., Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, e-mail: ditmarova@sav.savzv.sk

Doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD., Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kmet@vsld.tuzvo.sk

Doc. Ing. Katarína Strělcová, PhD., Katedra lesného prostredia, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

Analýzy fluorescence chlorofylu. V roku 2004 boli merané parametre rýchlej i pomalej fázy fluorescence chlorofylu *a* na jednoročných ihliciach (ročník 2003) v troch termínoch (3. augusta, 27. augusta, 21. septembra). V jesennom období (15. októbra) boli odobraté vzorky ihlic (ročník ihlic 2003) z týchto sadeníc za účelom zistenia koncentrácie asimilačných pigmentov.

Parametre fluorescence chlorofylu *a* odrážajú stav a funkčnosť fotosyntetického aparátu, ako jedného z najdôležitejších fyziologických systémov stromu. Metóda je založená na vysokej citlivosti fotosyntetického reťazca voči rôznym stresovým faktorom. Predmetom našich meraní boli kardinálne parametre fluorescenčného javu prenosným prístrojom – fluorimetrom Plant Efficiency Analyser (PEA, Hansatech Ltd., Kings Lynn, UK). Meranie sa uskutočnilo po 30 minútovej dobe adaptácie, pri 50 % hladine intenzity nasycujúceho svetla ($2100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a 1-sekundovom intervale zaznamenávania údajov. Fluorescencia nemá štandardné jednotky merania, fluorescenčný signál je kvantifikovaný relatívnou odpoveďou v bitoch detektorom prijatého spätného vyžiarenia (KMEĽ, 1999).

Štatistické analýzy. Pri štatistickom spracovaní výsledkov sme použili analýzu variancie v programe SAS 6.03 (SAS INSTITUTE 1988). Jednotlivé zložky rozptylu prislúchajúce známym faktorom sme porovnávali s reziduálnym rozptylom pomocou F-testu.

V rámci analýzy sme sledovali vplyv 3 známych faktorov (pôdny substrát, typ sadenice, dátum merania) a kombinácie daných faktorov na namerané hodnoty parametrov fluorescence chlorofylu.

Výsledky a diskusia

V rámci analýz fluorescence chlorofylu hlavnú pozornosť venujeme vyhodnoteniu parametrov F_v/F_m (pomer variabilnej a maximálnej fluorescence) a parametru *Area*, ktoré majú najlepšiu výpovednú hodnotu z hľadiska fyziológie stresu. Pomer F_v/F_m udáva maximálny kvantový výtťažok primárnych fotochemických reakcií fotosystému II (PSII). Jeho hodnota menšia ako 0,725 poukazuje na nástup určitých fyziologických porúch. Hodnoty pomeru F_v/F_m v nenarušených systémoch sa pohybujú v rozmedzí hodnôt 0,75–0,85, sú proporcionálne využitiu svetla a za normálnych podmienok fixácie CO_2 . Hodnota F_v/F_m je preto vhodným parametrom pre posúdenie možných porúch fotochemického využitia svetla.

Parameter *Area* udáva plochu nad indukčnou krivkou medzi základnou (F_0) a maximálnou (F_m) fluorescenciou. Je úmerná zásobe elektrónov na redukujúcej strane PSII. Plocha klesá, ak viazne plynulá znovuoxidácia akceptora elektrónov v primárnych procesoch fotosyntézy.

Tab. 2 Priemerné hodnoty parametrov fluorescence chlorofylu *a* v ihliciach sadeníc smreka
Dátum merania: 3. augusta 2004

| Číslo variantu | Parametre fluorescence chlorofylu <i>a</i> | | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|-----------|-------------|
| | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_m | <i>Area</i> |
| Variant 1 (pôda z aktívnej plochy) | 0,238 | 0,711 | 0,474 | 0,600 | 0,155 |
| Variant 2 (pôda z bučiny) | 0,215 | 0,879 | 0,664 | 0,735 | 0,254 |
| Variant 3 (pôda z aktívnej plochy) | 0,227 | 0,730 | 0,503 | 0,605 | 0,160 |
| Variant 4 (pôda z bučiny) | 0,228 | 0,911 | 0,681 | 0,747 | 0,232 |
| Variant 5 (pôda z aktívnej plochy) | 0,250 | 0,901 | 0,651 | 0,722 | 0,235 |
| Variant 6 (pôda z bučiny) | 0,214 | 0,912 | 0,698 | 0,764 | 0,218 |

RNDr. *Lubica Ditmarová*, PhD., Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, e-mail: ditmarova@sav.savzv.sk

Doc. Ing. *Jaroslav Kmeť*, PhD., Katedra fytoľógie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kmet@vsld.tuzvo.sk

Doc. Ing. *Katarína Štrélcová*, PhD., Katedra lesného prostredia, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

Tab. 3 Priemerné hodnoty parametrov fluorescence chlorofylu *a* v ihliciach sadeníc smreka
 Dátum merania: 27. augusta 2004

| Číslo variantu | Parametre fluorescence chlorofylu <i>a</i> | | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|-----------|-------------|
| | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_m | <i>Area</i> |
| Variant 1 (pôda z aktívnej plochy) | 0,210 | 0,877 | 0,667 | 0,746 | 0,250 |
| Variant 2 (pôda z bučiny) | 0,217 | 0,869 | 0,708 | 0,729 | 0,323 |
| Variant 3 (pôda z aktívnej plochy) | 0,223 | 0,973 | 0,750 | 0,766 | 0,300 |
| Variant 4 (pôda z bučiny) | 0,214 | 0,993 | 0,779 | 0,781 | 0,338 |
| Variant 5 (pôda z aktívnej plochy) | 0,235 | 1,015 | 0,780 | 0,747 | 0,239 |
| Variant 6 (pôda z bučiny) | 0,182 | 0,833 | 0,652 | 0,778 | 0,287 |

Tab. 4 Priemerné hodnoty parametrov fluorescence chlorofylu *a* v ihliciach sadeníc smreka
 Dátum merania: 21. septembra 2004

| Číslo variantu | Parametre fluorescence chlorofylu <i>a</i> | | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|-----------|-------------|
| | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_m | <i>Area</i> |
| Variant 1 (pôda z aktívnej plochy) | 0,219 | 0,918 | 0,699 | 0,742 | 0,338 |
| Variant 2 (pôda z bučiny) | 0,211 | 0,992 | 0,780 | 0,717 | 0,398 |
| Variant 3 (pôda z aktívnej plochy) | 0,226 | 0,861 | 0,635 | 0,720 | 0,243 |
| Variant 4 (pôda z bučiny) | 0,230 | 1,125 | 0,895 | 0,795 | 0,436 |
| Variant 5 (pôda z aktívnej plochy) | 0,196 | 0,856 | 0,660 | 0,762 | 0,385 |
| Variant 6 (pôda z bučiny) | 0,204 | 0,974 | 0,770 | 0,775 | 0,370 |

Z vyhodnotenia parametra F_v/F_m v roku 2004 je vidieť, že v prípade porovnania variantu 1 (sadenice s príznakmi žltnutia ihlíc v pôde z aktívnej plochy) a variantu 2 (sadenice s príznakmi depigmentácie v pôde z bučiny) priemerné hodnoty namerané 27. augusta a 21. septembra sú nepatrne vyššie v ihliciach sadeníc vysadených do pôdy z aktívnej plochy (variant 1 – pôda zaťažená opadom a rastom nepôvodných smrečín). Toto môže súvisieť aj s daným rozsahom žltnutia ihlíc na jednotlivých sadenicích. Vo všetkých ostatných variantoch pokusu a dátumoch merania sú vyššie priemerné hodnoty v ihliciach sadeníc, ktoré boli vysadené do pôdy odobratej z porastu buka. Najvyššia priemerná hodnota parametra F_v/F_m (0,795) bola zistená v septembrovom meraní vo variante 4 (sadenice relatívne zelené v pôde z bučiny). Najnižšia priemerná hodnota F_v/F_m (0,600), teda hlboko pod hranicou porúch, je vo variante 1 z 3. augusta (sadenice s príznakmi žltnutia ihlíc v pôde z aktívnej smrekovej plochy). BOLHAR-NORDENKAMPF a GÖTZL (1992) na základe mnohých meraní uvádzajú nasledovné prahové hodnoty parametra F_v/F_m v ihliciach

smreka: 0,85 – normál, 0,72 – prahová hodnota porúch, 0,60 – oblasť ťažkých, ale reverzibilných porúch, 0,30 – oblasť ťažkých štruktúrálnych porúch, dezintegrované membránové systémy. V našom prípade sa priemerné hodnoty F_v/F_m pohybovali v rozmedzí od 0,600 po 0,795.

V podstate toto isté môžeme povedať aj o priebehu parametra *Area*. Len v jednom prípade, a to v septembrovom meraní pri variantoch 5 a 6 je nižšia priemerná hodnota (0,370) v ihliciach sadeníc rastúcich v pôdnom substráte z bučiny. Najvyššia priemerná hodnota *Area* (0,436) bola taktiež zistená vo variante 4 v septembrovom meraní a najnižšia vo variante 1 z 3. augusta 2004, čiže ako pri predchádzajúcom parametri.

Je potrebné uviesť, že došlo aj k nepatrnému vyschnutiu sadeníc a to vo variante 1 (2 kusy), vo variante 2 (1 kus) a vo variante 3 (3 kusy). Tieto vyschnuté sadenice budú v roku 2005 nahradené.

V tabulke 5 sú prezentované výsledky analýzy variancie, v rámci ktorej sme sledovali vplyv troch známych faktorov (pôdneho substrátu, typu sadenice, dátumu merania)

i kombinácie daných faktorov na namerané hodnoty parametrov fluorescence chlorofylu.

Tab. 5 Analýza variácie z nameraných hodnôt parametrov fluorescence chlorofylu *a* ($p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$)

| Zdroj premenlivosti | Počty stupňov voľnosti | Hodnoty F-testu | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------|-------|--------|-----------|----------|-------------|
| | | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_m | T_m | <i>Area</i> |
| Pôdny substrát | 1 | 2,12 | 2,92 | 5,97* | 8,67** | 3,99* | 11,97*** |
| Typ sadenice | 2 | 0,71 | 0,61 | 0,49 | 3,00 | 4,90** | 0,30 |
| Pôdny substrát + typ sadenice | 2 | 1,02 | 1,34 | 1,41 | 1,02 | 2,32 | 0,52 |
| Dátum merania | 2 | 1,61 | 2,71 | 4,94** | 6,66** | 28,39*** | 10,85*** |
| Pôdny substrát + dátum merania | 2 | 0,68 | 2,27 | 2,18 | 3,94* | 2,64 | 1,64 |
| Typ sadenice + dátum merania | 4 | 0,45 | 0,64 | 0,64 | 0,81 | 0,42 | 1,09 |
| Pôdny substrát + typ sadenice + dátum | 4 | 0,76 | 0,25 | 0,32 | 0,93 | 0,74 | 1,09 |

Namerané parametre fluorescence chlorofylu (F_v/F_m , *Area* – parametre s najvyššou výpovednou hodnotou) signifikantne korelujú najmä s typom pôdneho substrátu a dátumom merania. Uvedené zistenie nás utvrdzuje v názore, že vlastnosti pôdy zohrávajú v danom prípade významnú úlohu vo vzťahu k vitalite, resp. fyziologickému stavu sadeníc smreka a budú predmetom podrobnejších analýz najmä s ohľadom na jej fyzikálne a chemické vlastnosti.

Na druhej strane je nutné venovať zvýšenú pozornosť i faktorom prostredia (najmä mikroklimatickým), nakoľko produkčná aktivita lesných drevín a z nej odvodená vitalita je ovplyvňovaná nielen stavom a funkčnosťou asimilačného aparátu, ale tiež klimatickými podmienkami stanovišťa. Pritom určujúcu úlohu nezohrávajú ani tak priemerné hodnoty parametrov vonkajšieho prostredia (žiarenie, teplota) ako skôr výskyt ich extrémnych hodnôt. Signifikantná korelácia parametrov fluorescence chlorofylu s dátumom merania indikuje vplyv faktorov prostredia na sledované parametre. Nakoľko nádobový pokus bol založený začiatkom vegetačného obdobia predchádzajúceho roka a bolo potrebné ponechať istý čas na adaptáciu a prekorenenie sadeníc, merania fyziologických parametrov boli uskutočnené až v druhej polovici vegetačného

obdobia približne v dvojtýždňových intervaloch. Z uvedeného dôvodu menší počet meraní nám neumožňuje urobiť korelačnú analýzu s klimatickými dátami. V súčasnom období je v blízkosti nádobového pokusu nainštalovaná prenosná meteorologická stanica i so zámerom štúdia vplyvu faktorov prostredia na rast a vitalitu sadeníc smreka.

Záver

Prezentované výsledky v tomto príspevku sú súčasťou, ako už bolo spomenuté v úvode, komplexnejšieho multidisciplinárneho výskumu odumierania smrekových porastov v oblasti Horného Spiša. Jeho náplňou je sledovanie fyziologického stavu smreka vo všetkých vekových štádiách (sadenice, mladina, dospelé porasty) vo vzťahu k daným stanovištným podmienkam. Výskum pokračuje v roku 2005 a výstupom bude syntéza zhodnotenia zdravotného stavu smreka v rôznych vekových a vývinových štádiách pomocou komplexného zhodnotenia všetkých získaných údajov (fyziologicko-biochemické markéry, monitoring počasia a stresových faktorov, zhodnotenie podielu pôdneho prostredia na zhoršovaní zdravotného stavu smrekových porastov).

RNDr. *Lubica Ditmarová*, PhD., Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, e-mail: ditmarova@sav.savzv.sk

Doc. Ing. *Jaroslav Kmeť*, PhD., Katedra fytoológie, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kmet@vsld.tuzvo.sk

Doc. Ing. *Katarína Strělcová*, PhD., Katedra lesného prostredia, Lesnícka fakulta Technickej univerzity, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

PodĎakovanie

Výskum prebieha za podpory grantov APVT č. 51-019302 výskumného zámeru, č. 2/4159/24 GA SAV a č. 1/2357/05 GA MŠ SR.

Literatúra

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R., GÖTZL, M., 1992: Chlorophyll-fluoreszenz als Indikator der mit der Höhe zunehmenden Stressbelastung von Fichtennadeln. *FBVA – Berichte* **67**: 119–131.

KMEŤ, J., 1999: Fluorescencia chlorofylu ako indikátor stresového zaťaženia drevín a jej aplikácia v lesníctve. *Vedecké štúdie* 3/1999/A, TU Zvolen, 67 s.

KŘÍSTEK, J., 1996: Chřadnutí lesů. *Lesnická práce* **5**: 166–167.

SAS INSTITUTE, 1988: SAS/Stat User's Guide Release 6.03. SAS Inst Inc, Cary, NC, 1028 p.