

LESNICTVÍ FORESTRY

Volume 42, No. 4, 1996

OBSAH – CONTENTS

Pfreundt J., Sloboda B.: The relation of local stand structure to photosynthetic capacity in a spruce stand: a model calculation – Vztah lokální porostní struktury k fotosyntetické kapacitě ve smrkovém porostu: modelová kalkulace.....	149
Šindelář J.: Genové zdroje buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i> L.) v České republice – opatření k záchraně a reprodukci – Genetic resources of European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) in the Czech Republic – measures aimed at conservation and reproduction	161
Ďurkovič J.: The effects of external and internal factors on rooting of curly birch (<i>Betula pendula</i> , var. <i>carelica</i>) shoots <i>in vitro</i> – Účinky vonkajších a vnitřních faktorov na zakorenenie výhonkov brezy svalcovitej (<i>Betula pendula</i> , var. <i>carelica</i>) v podmienkach <i>in vitro</i>	168
Grunda B., Vorel J.: Půda a půdní mikroflóra Národní přírodní rezervace Velký Špičák – Soil and soil microflora of the National Nature Preserve Velký Špičák	174
Štefančík L.: Diferencované pestovanie lesov na Slovensku s osobitným zameraním na bukovej porasty – Differentiated forest management in Slovakia aimed at beech stands	185
DISKUSE	
Prudič Z., Palát M. et al.: Vyjádření ztrát jehličí smrku na trvalých zkusných plochách	190

LESNICTVÍ-FORESTRY

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření České akademie zemědělských věd a s podporou Ministerstva zemědělství České republiky

An international journal published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and with the promotion of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuňek, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Prof. Ing. Mirjam Čech, CSc., Praha

Ing. Josef Gross, CSc., Teplice

Prof. Ing. Jan Koubá, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

Ing. Milan Švestka, DrSc., Znojmo

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.

Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway

Ing. Ladislav Greguss, CSc., Banská Štiavnica, Slovak Republic

Doc. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada

Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

Odborná náplň: Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k evropským lesním ekosystémům.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 42 vychází v roce 1996.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1996 je 588 Kč.

Scope: The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems.

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 42 appearing in 1996.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1996 is 148 USD (Europe), 154 USD (overseas).

THE RELATION OF LOCAL STAND STRUCTURE TO PHOTOSYNTHETIC CAPACITY IN A SPRUCE STAND: A MODEL CALCULATION

VZTAH LOKÁLNÍ POROSTNÍ STRUKTURY K FOTOSYNTETICKÉ KAPACITĚ VE SMRKOVÉM POROSTU: MODELOVÁ KALKULACE

J. Pfreundt, B. Sloboda

*Abteilung für Forstliche Biometrie und Informatik und Forschungszentrum Waldökosysteme
der Universität Göttingen, Büsingenweg 4, D-37077 Göttingen*

ABSTRACT: We set out to examine the question whether, or how, the three-dimensional distribution of the annual photosynthetic capacity in a stand can be deduced from the local structure of the stand. For this purpose the spatial distribution of photosynthetic production was calculated for a model spruce stand on the basis of a geometric radiation model and a simple shoot photosynthesis model, as well as two year's radiation data. A close relationship could be shown between photosynthetic production at one place in the stand and the corresponding shading needle area, by which we mean, the mean projected needle area index above this point. Prerequisites are a suitable weighting of the directions of incidence when finding the average and also the inclusion of variation in the projected needle area index over the directions. This idea could be put to use in individual tree-based growth models and in the evaluation of hemispherical photographs of the canopy.

spruce; photosynthetic capacity; spatial distribution; photosynthesis; radiation model; stand structure model

ABSTRAKT: Rozhodli jsme se zkoumat otázku, zda nebo jak lze odvodit z lokální struktury porostu trojrozměrné rozložení roční fotosyntetické kapacity v porostu. Pro tento účel jsme vypočítali pro modelový smrkový porost prostorové rozložení fotosyntetické produkce na základě geometrického radiačního modelu a modelu fotosyntézy jednotlivého výhonu, jakož i na základě údajů radiace za dva roky. Prokázali jsme těsnou závislost mezi fotosyntetickou produkcí na jednom místě v porostu a odpovídající stínící plochou jehličí, čímž míníme index střední projektované plochy jehličí nad tímto bodem. Předpoklady tvoří přiřazení vhodných vah směrům dopadu při hledání průměru a také zahrnutí variace indexu projektované plochy jehličí nad tímto směrem. Této myšlenky by bylo možné využít v modelech růstu pro jednotlivé stromy a při vyhodnocování hemisférických fotografií porostu.

smrk; fotosyntetická kapacita; prostorové rozložení; fotosyntéza; radiační model; model struktury porostu

INTRODUCTION

Numerous models have been developed to describe the radiation regime in stands of crops as dependent on stand architecture (Monsi, Saeki, 1953; Lemoine, Blad, 1974; Ross, 1981). When coupled with a model of leaf photosynthesis, they can be used to deduce estimates of the photosynthetic production of the stand, thereby enabling the integration of various separate results. With the help of this sort of model it is also possible to examine in what way changes in stand characteristics, such as leaf distribution or leaf orientation distribution, or in the radiation regime above the stand affect the stand photosynthesis (Verhaagen et al., 1963).

An important characteristic of stand architecture is the degree of grouping of the individual leaf organs (Oker-Blom, Kellomäki, 1983). In forests, the development of individual crowns, especially in the upper canopy layers, leads to a very heterogeneous radiation climate which makes the use of one-dimensional models questionable. If production is to be calculated for a longish period of time – e.g. for a year – then the seasonal variation in radiation regime must also be taken into consideration. Correspondingly, extensive measurement series will be needed, or have to be simulated, for the input.

The question thus arises whether not only the momentary irradiance or photosynthesis rate at one place in the stand can be deduced from the (local) stand struc-

ture, as happens in such models [e.g. see Koppel, Oja (1984) for a model for a single spruce crown], but also the annual production resulting from this by integration. This question is important for the development of casual individual tree-based growth models, but is also of interest as regards the examination of the structure of actual stands on the basis of fish-eye photographs.

This question was investigated by Kellomäki et al. (1980) whereby they disregarded the horizontal variation (Hari et al., 1985). They defined the photosynthetic light ratio by

$$F_r(z) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} F(I(z, t)) dt}{\int_{t_0}^{t_1} F(I_0(t)) dt} \quad (1)$$

in dependence on the height z , where the integration was carried out for one growing season, and tried to state it as a function of the needle mass above z :

$$F_r(z) = H(B(z))$$

There $I(t, z)$ is the irradiance at height z at time t , $I_0(t)$ the corresponding value above the stand and $B(z)$ the needle mass above z . The rate of photosynthesis dependent on irradiance shall be given by $F(I)$. Clearly, this formulation would also be possible with $B(z)$ defined not as the needle mass, but as the leaf area index or projected leaf area index above z .

We now intend to examine just how far this concept can be transferred to the three-dimensional case in non-homogeneous stands. The model conceived for this purpose is based on a Norway spruce stand which is built up of individual crowns, and uses climate measuring data from two consecutive years with rather different radiation regimes. The positions and sizes of the individual trees are fixed – the model is therefore not statistical in this respect. However, statistical suppositions are made for the positions of individual shoots within a crown.

THE MODEL STAND

The subject of investigation is a model plot 10 x 10 m in size (Fig. 1) which is meant to represent the inner part of a 25-year old spruce stand. The allround leaf area index is $21.0 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ and thus roughly in accordance with values found by Droste zu Hülshoff (1970), the height of the individual trees varies from 7.0 to 10.8 m with a mean height of 9.0 m, and the stand density is $2,200 \text{ ha}^{-1}$.

Seven needle age-classes are represented, whereby the last two are no longer complete (mortality is assumed to be 0.05 in the fifth age-class, 0.15 in the sixth and 1.0 in the seventh). The needle mass is, however, assumed to be constant throughout a vegetation period,

i.e. simplified, the flush is imagined as taking place in a concentrated manner at the beginning of the vegetation period and the loss of needles at its end. The canopy is in a state of equilibrium, which may be seen in the uplifted lower limit of the younger age groups.

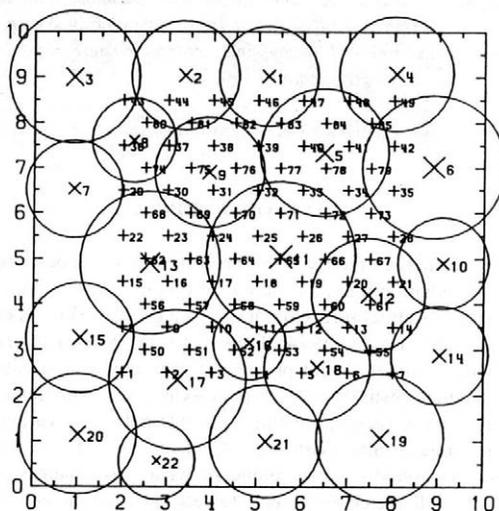
The spatial distribution of a needle age-class of a tree is established by two assumptions (Fig. 3): the vertical distribution of the leaf area is described by a beta(3,3)-distribution, i.e. by its density

$$\rho_v(h) = M g (h - h_0)^2 (h_1 - h)^2 \quad (\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}), \quad h_0 \leq h \leq h_1 \quad (2)$$

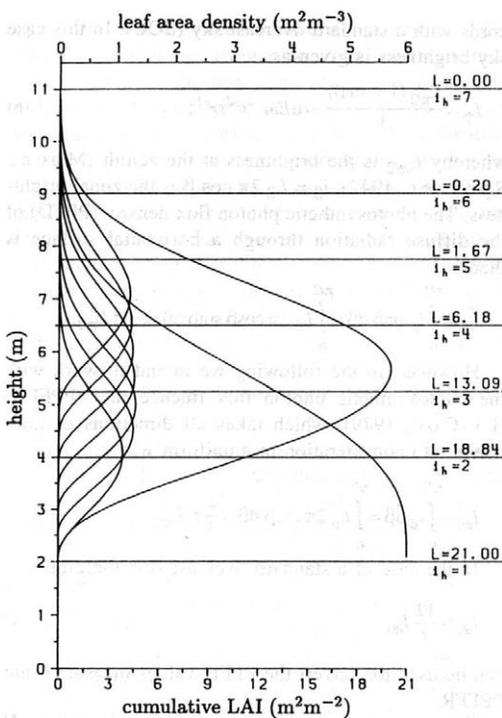
whereby M represents the total needle surface of the respective year and h_0 or h_1 the lower or upper limit respectively; g is a standardizing factor (Johnson, Kotz, 1970). The needles are concentrated in a crown shell that is circumscribed on the outside by a paraboloid of rotation. The radius of the (year's) crown is, therefore

$$r(h) = r_0 \sqrt{\frac{h_1 - h}{h_1 - h_0}} = a_r \sqrt{h_1 - h}, \quad h_0 \leq h \leq h_1 \quad (3)$$

whereby r_0 is the same as the radius of the total crown (Fig. 1), i.e. each year's crown shell of one tree has the same maximum radius. On the inner side an un-leaved crown centre is delimited [again by a paraboloid with radius $r_i(h)$]. The radius of this centre at height h_0 and its height (measured from h_0) are proportional to the corresponding values of the outer paraboloid (with a proportionality factor of 0.6). The vertical density (2) and the area of cross section of this shell supply the spatial needle surface density in dependence on the height. By superimposing the separate needle-age classes one arrives at the needle distribution for the whole crown (Fig. 3c).



1. Model stand with the radii of the crowns, including the projections of the observation points on the x - y -plane



2. Vertical needle area distribution and density, the latter also separately for each needle age class. The observation levels are marked with the respective downward cumulative LAI

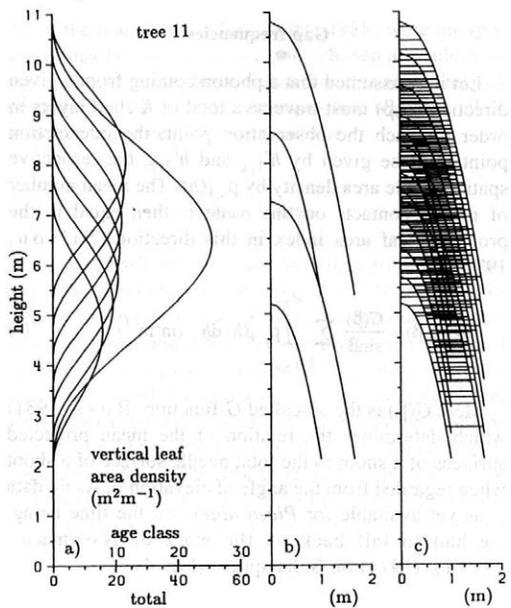
A grid of 85 points was established in this trial stand (Fig. 1); with six observation heights (Fig. 2) a total of 510 observation points $\mathbf{P} = (x, y, z)$ is obtained within the stand.

METHOD OF CALCULATING RADIATION REGIME

In order to describe the radiation regime for an observation point, a net of directions was set up: the horizon was divided into 36 equal-sized intervals and the quarter circle from horizon to zenith into 18 of the same. The combination of the centres of these intervals produces 648 directions (α_i, β_j) defined by the azimuth angle α_i and the angle of elevation β_j , which were evaluated.

Points of intersection with the crowns

In order to determine, for a given direction [say $(\alpha; \beta)$], which crown shell layers must be crossed by a photon at what height to reach the observation point \mathbf{P} , one should start with equation (3) for a particular crown shell paraboloid. The direction of the tree centre, seen from \mathbf{P} , shall be φ , d shall be the horizontal distance between the observation point and the tree. If there is an intersection point of the paraboloid with the



3. Crown model. a) Vertical needle area density, as a whole and separately, according to age class. b) A cut through the shell surfaces of the 1st and 7th age class. c) A cut through the total crown; density of the hatching proportional to the spatial needle area density (with random variation in order to avoid interference due to superimposition)

path of the photon at height h then the relation $l = (h - z) / \tan \beta$ is true for its horizontal distance from \mathbf{P} . When the projection is considered from above, the cosine law gives us

$$l^2 + d^2 - 2dl \cos |\alpha - \varphi| = r^2$$

so that with (3) the following necessary condition for an intersection point at height h holds true:

$$\frac{(h-z)^2}{\tan^2 \beta} + d^2 - \frac{2d \cos |\alpha - \varphi| (h-z)}{\tan \beta} = a_r^2 (h_1 - h)$$

If real solutions exist for this quadratic equation, then they supply the intersection heights looked for (values smaller than h_0 are to be replaced by h_0), otherwise this shell area will not be traversed.

If the same calculation is carried out for the inner crown shell paraboloid, then one obtains the distance through the inner needle-less crown centre, which must be subtracted from the interval obtained above.

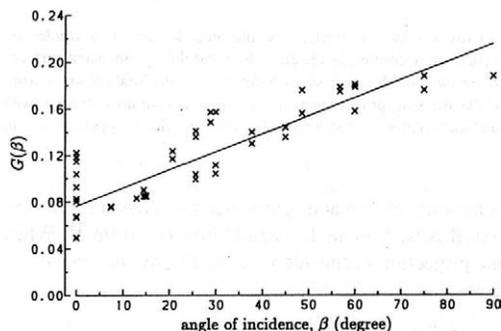
As it is not sufficient, with small β or z , to follow the path of a photon within the relatively small experimental plot, an appropriate plot edge bias correction method must be used. In these cases the path was sent across the area repeatedly (from left to right with random y -coordinates) until the maximum height of the stand was reached. However, for calculations near the edge, a deterministic method such as the translation method or the linear expansion method (Martin et al., 1977; Freundt, 1988) is more suitable.

Gap frequencies

Let it be assumed that a photon coming from a given direction (α, β) must traverse a total of K shell layers in order to reach the observation point; the intersection point shall be given by $h'_{1,k}$ and $h'_{2,k}$, the respective spatial needle area density by $\rho_{s,k}(h)$. The mean number of needle contacts on this route is then equal to the projected leaf area index in this direction (Nilson, 1971):

$$L_P(\alpha, \beta) = \frac{G(\beta)}{\sin \beta} \sum_{k=1}^K \int_{h'_{1,k}}^{h'_{2,k}} \rho_{s,k}(h) dh \quad (\text{m}^2 \text{m}^{-1}) \quad (4)$$

Here $G(\beta)$ is the so-called G -function (Ross, 1981) which determines the relation of the mean projected surfaces of a shoot to the total needle surface of a shoot when regarded from the angle of elevation β . As no data is as yet available for *Picea abies*, for the time being, we had to fall back on the work of Norman, Jarvis (1974) on Sitka-spruce (Fig. 4).



4. G -function (relation of the projected shoot area to the total needle surface area of the shoot, dependent on the angle of incidence β): The curves given by Norman, Jarvis (1974), Fig. 10, were taken, their angles converted to β and their projected needle areas to all-round needle areas, whereby a factor of 2.7 was used. The resulting regression line is used as the G -function

Let it be assumed that every needle contact leads to absorption of the photon (scattering is disregarded) so that the probability of 0 contacts is of sole interest. The poisson model (Nilson, 1971), which describes the case of randomly and independently distributed shoots, will be used here as a basis. The probability of a gap in the direction (α, β) is then

$$\tau_P(\alpha, \beta) = \exp(-L_P(\alpha, \beta)) \quad (5)$$

τ_P shall be the average taken over the azimuth with fixed β .

Transmission of diffuse radiation

The diffuse radiation climate is calculated on the assumption that the distribution of sky brightness ac-

cords with a standard overcast sky (SOC). In this case sky brightness is given as

$$L_\beta = \frac{L_{\pi/2}(1 + \sin \beta)}{3} \quad (\mu \text{Em}^{-2} \text{s}^{-2} \text{sr}^{-1}) \quad (6)$$

whereby $L_{\pi/2}$ is the brightness at the zenith (Moon, Spencer, 1942), $i_\beta = L_\beta 2\pi \cos \beta$ is the zonal brightness. The photosynthetic photon flux density (PPFD) of the diffuse radiation through a horizontal surface is then

$$\bar{I}_{d0} = \int_0^{\pi/2} i_\beta \sin \beta d\beta = \int_0^{\pi/2} L_\beta 2\pi \cos \beta \sin \beta d\beta = \frac{7}{9} \pi L_{\pi/2}$$

However, in the following we intend to work with the photosynthetic photon flux fluence rate (PPFFR) (Li-Cor, 1979), which takes all directions of incidence into consideration in a uniform way:

$$I_{d0} = \int_0^{\pi/2} i_\beta d\beta = \int_0^{\pi/2} L_\beta 2\pi \cos \beta d\beta = \frac{4}{3} \pi L_{\pi/2}$$

In the case of a standard overcast sky, therefore

$$I_{d0} = \frac{12}{7} \bar{I}_{d0} \quad (7)$$

can be used to convert the PPFD-values measured into PPFFR.

The fractional penetration of diffuse radiation for \mathbf{P} can now be given as

$$t_d(\mathbf{P}) = \frac{I_d(\mathbf{P})}{I_{d0}} = \frac{\int_0^{\pi/2} i_\beta \tau_\beta d\beta}{\int_0^{\pi/2} i_\beta d\beta} \quad (8)$$

Strictly speaking (8) is the expected value of the proportion transmitted – for every τ can be regarded as the expected value of a random variable – that is almost normally distributed on account of the central limit theorem but whose variance may, however, be disregarded for these purposes (compare Gutschick, 1984). t_d is thus treated as a constant.

For the characterisation of diffuse radiation it is also useful to define its „mean angle of incidence“

$$\bar{\beta}(\mathbf{P}) = \frac{I_d(\mathbf{P})}{I_{d0}} = \frac{\int_0^{\pi/2} \beta i_\beta \tau_\beta d\beta}{\int_0^{\pi/2} i_\beta \tau_\beta d\beta}$$

Above the stand ($\tau_\beta \equiv 1$) we find $\bar{\beta} = 39.7^\circ$ for the standard overcast sky. For the calculations t_d and $\bar{\beta}$ were approximated on the basis of the direction grid (α_i, β_j) .

Transmission of direct radiation

When the position of the sun is given by (α, β) , the probability of a sunfleck in \mathbf{P} (with the same direct

PPFFR as above the stand) would be given by $\tau_p(\alpha, \beta)$, if the penumbra were disregarded. With coniferous tree species, however, the penumbra effect may no longer be disregarded completely: the fineness of the foliage often leads to only a partial shield from the solar disc and thus to sunflecks of varying irradiances. An analytical treatment of penumbra is only possible in greatly simplified suppositions (D e n h o l m , 1981) so that the simulation method is all that is left here. On the other hand, since it is not feasible to carry out a simulation for each observation point and each possible position of the sun, the following method was chosen:

A simulation, based mainly on the method of O k e r - B l o m (1985b), was carried through for a certain number of standard situations in order to determine the empirical distribution of the fractional penetration of direct radiation T_S which is now regarded as a random variable. It was assumed that a shoot layer with a projected leaf area index μ is situated at a distance d above the point of aim, and that the individual shoots are orientated horizontally, measure $9 \cdot 2.5$ cm and have a gap fraction between the needles of 0.4. The empirical distribution of T_S obtained from 2,500 experiments [for details see O k e r - B l o m (1985b) and P f r e u n d t (1988)] was approximated by a beta(p , g)-distribution.

It was seen that when d is constant the parameter q as a function of μ is approximately a straight line whose gradient can, on the other hand, be stated as a function of d so that the parameter q of a beta-approximation can be determined for any number of pairs (d , μ). The parameter p then results from the claim that the expected value of the approximating beta-distribution, that is $p/(p + q)$, must be equal to the expected value of T_S , i.e. $\exp(-\mu)$.

The varying distribution of projection areas of a horizontally orientated shoot in dependence on the angle of elevation have not yet been taken into consideration in this connection. This method can be adapted accordingly when more knowledge is available on the morphology and orientation of shoots.

If several shoot layers have to be penetrated the product of the individual proportions transmitted is, due to its independence, the resulting proportion. The product of two beta-distributed random variables is, it is true, beta-distributed again only in exceptional cases, but extensive numerical experiments have shown that the product can, as a rule, be very well approximated again by a beta-distribution. The final distribution of the transmission of direct radiation for a given observation point and a given direction was now determined as follows: with the calculation of (4) successively, the corresponding beta-density was determined for every needle shell layer found and to be crossed and then „multiplied“ with the density obtained until then.

Position of the sun

In order to determine the solar position for a particular hour in the year the calculated positions at the mid-

dle of the hour (after E h r h a r d t , 1988) were interpolated linearly. A position was then chosen at random on the sun's path for an hour obtained in this way. The pair of angles (α_i , β_i) nearest to this position was then taken to be the sun's position for this hour.

Climate data

As data basis we used radiation data from the „Göttinger Wald“ in northern Germany (51.5° N and 10.0° E) after E h r h a r d t (1988). Hourly mean values or sums of PAR (direct and diffuse separately), respectively, of the duration of sunshine and the temperature above the stand were used. The data covers the years 1983 and 1984; data gaps were filled with typical values for the season to enable us to form yearly sums (this concerns only a few days). The PPFD-values of the diffuse radiation were converted according to (7) into PPFFR, the direct PPFD accordingly by

$$I_{s0} = \frac{\bar{I}_{s0}}{\sin\beta}$$

whereby β is the sun's position at the middle of the hour.

All days with a mean air temperature of at least 3 °C, excepting the months from December to February, were attributed to the vegetation period.

CALCULATION OF PHOTOSYNTHETIC PRODUCTION

Shoot photosynthesis

If the supply of nutrients and water is assumed to be given and sufficient, the photosynthesis rate of a needle age class depends in the first place on the irradiance and in the second place on the temperature (F u c h s et al., 1977).

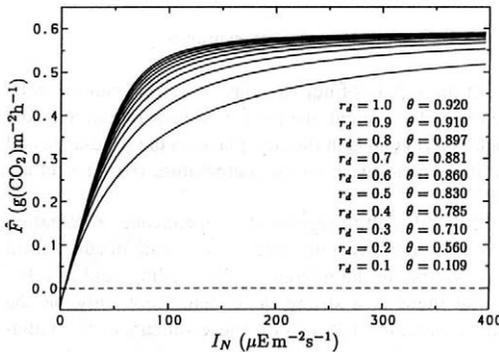
It is difficult to register the dependence on radiation because very varying irradiances can occur within a shoot due to the mutual needle shading, and also because there is a strong dependence not only on the shoot structure, but also on the geometry of the radiation field (C a r t e r , S m i t h , 1985; L e v e r e n z , J a r v i s , 1979; O k e r - B l o m , 1985a; S m o l a n d e r et al., 1987). If the rate of photosynthesis is given as dependent on the mean PPFD through the needle surface of the shoot, curves will result which show the same initial slope (photosynthetic efficiency) independent of the angular distribution of the incident radiation (O k e r - B l o m , 1985a). If one also takes into consideration the fact that radiation always contains a proportion of diffuse radiation, then one can further assume that the same maximum value will also be reached.

In order to describe shoot photosynthesis (defined as net photosynthesis) we shall, therefore, use the non-rectangular hyperbola (T h o r n l e y , 1976) in dependence on the mean PPFD through the needle surface (I_N):

$$\hat{F}(I_N, r_d) = \frac{\alpha I_N + (\hat{F}_{\max} - r)}{2\theta(r_d)} - \left(\left(\frac{\alpha I_N + (\hat{F}_{\max} - r)}{2\theta(r_d)} \right)^2 - \frac{\alpha I_N + (\hat{F}_{\max} - r)}{\theta(r_d)} \right)^{1/2} + r \quad (9)$$

Here \hat{F}_{\max} is the maximum rate by light saturation, α the photosynthetic efficiency, $r (< 0)$ the dark respiration rate and $\theta(r_d)$ the parameter of convexity which should depend on the proportion of diffuse radiation on I_N, r_d .

It proved difficult to make use of published photosynthesis rates in order to fix the parameters in (9), for one reason because of the necessity of converting the radiation units used into I_N and for another, because of the great variation among such measurements (Pisek, Tranguillini, 1954; Pisek, Winkler, 1959; Fuchs et al., 1977; Matyssek, 1985). In the end we used the values $\hat{F}_{\max} = 0.60 \text{ g(CO}_2\text{)m}^{-2}\text{h}^{-1}$, $\alpha = 0.01 \text{ g(CO}_2\text{)m}^{-2}\text{h}^{-1} / (\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1})$ and $r = -0.04 \text{ g(CO}_2\text{)m}^{-2}\text{h}^{-1}$. For completely diffuse radiation θ is set at 0.92; I_{sar} shall be the mean PPFD through the needle surface by which 99% of the maximum rate will then be reached. With mixed radiation, θ will then be determined on the basis of equation (9) on the supposition that the same rate will be reached when the diffuse proportion alone is, in the mean, equal to I_{sar} , i.e. when $I_N = I_{sar}/r_d$ is true. If the equation is not soluable (when r_d is too small), θ will be set at 0 (Fig. 5).



5. Photosynthesis rate of a shoot, dependent on the mean PPFD through the needle surface and on r_d (eq. 9). See text on calculation of $\theta(r_d)$

Very contradictory information is also to be found in published material on the temperature and age dependence of photosynthesis (Larcher, 1969; Neilson et al., 1972; Krzak et al., 1988; Freeland, 1952). Temperature dependence (with air temperature as input) is described here by $f_T(t) = 0.1 + 0.1073 t - 0.0032 t^2$ [e.g. $f_T(5) = 0.56$, $f_T(17) = 1$, $f_T(30) = 0.44$], the relative photosynthesis rate of the j -year-old needles is given by μ_j with $\mu_1 = 1$ and $\mu_j = 0.8 \cdot \mu_{j-1}$ ($j = 2, \dots, 7$).

First let us suppose that direct radiation enters \mathbf{P} at the elevation angle β_S with PPFFR $I_S (= T_S I_{S0})$. If ρ is the needle surface density in the surroundings of \mathbf{P} , ds the length of a small part of the light beam's path after reaching \mathbf{P} , then the needle surface in a cylinder enclosing this section of path with sectional area A is given by $A ds \rho$. The radiation absorbed in the cylinder is then [following (6) and (5)] $A I_S (1 - \exp(-ds \rho G(\beta_S)))$, the mean PPFD through the needle surface in \mathbf{P} is, therefore

$$\begin{aligned} I_N(\mathbf{P}) &= \lim_{ds \rightarrow 0} \frac{A I_S}{A ds \rho} (1 - e^{-ds \rho G(\beta_S)}) \\ &= \lim_{ds \rightarrow 0} \frac{I_S e^0 - e^{-ds \rho G(\beta_S)}}{\rho ds} \\ &= \frac{I_S}{\rho} \frac{d}{ds} (-e^{-\rho G(\beta_S)}) \Big|_{s=0} = \frac{I_S}{\rho} \rho G(\beta_S) e^{-\rho G(\beta_S)} \Big|_{s=0} \\ &= I_S G(\beta_S) = T_S I_{S0} G(\beta_S) \end{aligned}$$

For pure diffuse radiation one obtains, when each direction of incidence is treated accordingly and the linearity of $G(\beta)$ is made use of:

$$I_N(\mathbf{P}) = I_d G(\bar{\beta}(\mathbf{P})) = t_d I_{d0} G(\bar{\beta}(\mathbf{P}))$$

The photosynthesis capacity of the observation points and stand photosynthesis

F' is over I_N and r_d a function of $I_d, \bar{\beta}, I_S = T_S I_{S0}$ and β_S (eq. 10). The hourly photosynthesis rate of a j -year-old shoot is thus

$$F' = \mu_j f_T(t) \int_0^1 \hat{F}(I_N(I_d, \bar{\beta}, y I_{S0}, \beta_S), r_d(I_d, \bar{\beta}, y I_{S0}, \beta_S)) f(y) dy \quad (10)$$

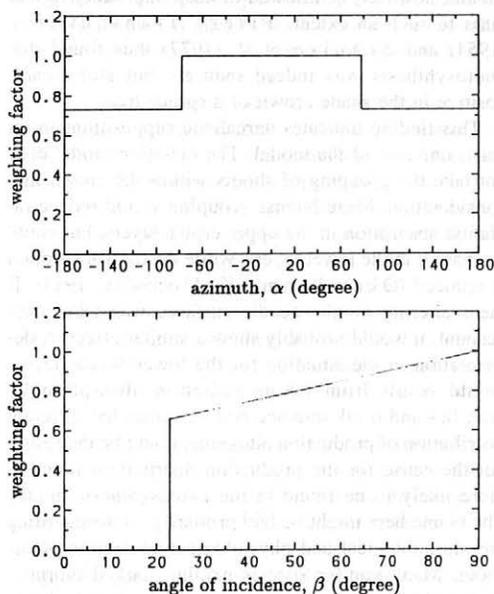
whereby $f(y)$ is the probability density of T_S . The annual rate of a 1 year-old shoot in \mathbf{P} , viz. the sum over (10) with $j = 1$ over one year's vegetation period is now meant to be understood by the photosynthesis capacity of the point \mathbf{P} , $F(\mathbf{P})$. Needle respiration during the night is disregarded in this connection.

In order to calculate the photosynthesis rate of the stand, the mean rate of each height class was calculated on the basis of (10) and the corresponding needle surface densities. These values were interpolated linearly over the entire crown length of the stand and their product was successively integrated with the vertical leaf area density of the stand.

SHADING NEEDLE AREA

We started from the projected leaf area index in order to generalize the idea of shading needle mass on a non-homogeneous stand. This expression can be generalized in a natural way to a „mean“ projected leaf area index for \mathbf{P} , whereby the average is taken over all directions within a cone with point in \mathbf{P} and cone angle

(i.e. angle between the horizontal and the flank of the cone) be β_0 . The different directions of incidence are weighted according to their importance for the radiation climate or for the photosynthetic capacity of the point. Here we use, two independent weighting functions for the azimuth and the angle of elevation respectively, from the form (Fig. 6):



6. Weighting functions for the azimuth angle α (top; south is given here by $\alpha = 0$) and the elevation angle β (bottom) (eq. 11; the optimized functions to Fig. 9 are shown)

$$\omega_{a_1, a_2}(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{when } |\alpha| \leq a_2 \quad -\pi \leq \alpha \leq \pi \\ a_1 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$\omega_{h, \beta_0}(\beta) = h + (1-h) \frac{\beta - \beta_0}{\pi/2 - \beta_0}, \quad \beta_0 \leq \beta \leq \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

For an observation point P in the stand let the shading needle area, i.e. the mean projected leaf area index, be defined by

$$B(P) = C \int_{-\pi}^{\pi} \omega_{a_1, a_2}(\alpha) \int_{\beta_0}^{\pi/2} \omega_{h, \beta_0}(\beta) \cos \beta L_P(\alpha, \beta) d\beta d\alpha \quad (\text{m}^2 \text{m}^{-2}) \quad (12)$$

with the standardizing factor

$$C = \left[\int_{-\pi}^{\pi} \omega_{a_1, a_2}(\alpha) \int_{\beta_0}^{\pi/2} \omega_{h, \beta_0}(\beta) \cos \beta d\beta d\alpha \right]^{-1}$$

L_P is given here by (5). In addition, let the variance of the projected leaf area index be defined by

$$s_B^2(P) = C \int_{-\pi}^{\pi} \omega_{a_1, a_2}(\alpha) \int_{\beta_0}^{\pi/2} \omega_{h, \beta_0}(\beta) \cos \beta [L_P(\alpha, \beta) - B(P)]^2 d\beta d\alpha \quad (13)$$

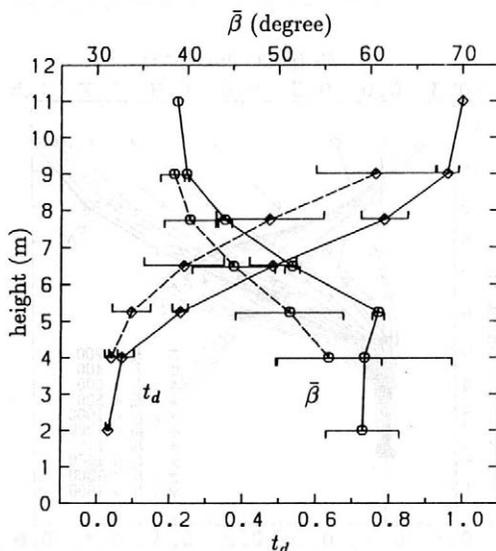
To optimize the free parameters in (11), equations (12) and (13) were approximated on the basis of the direction grid (α_i, β_j) and the respective L_P -values.

RESULTS AND DISCUSSION

The radiation climate in the stand

For the vegetation period 1983, a total of 3,216 hours were counted, with sunshine for 1,356 hours; in 1984 the total was 3,160 hours with sunshine for only 1,065 of them. Irradiation for a point above the stand (PPFFR, i.e. all directions of incidence rated equally) was $9,852 \text{ Em}^{-2}$ in 1983, of which 43.8% fell to the direct PAR; in 1984 it was $8,436 \text{ Em}^{-2}$ (38.7% direct).

Transmission of diffuse radiation shows a great variability, especially in the upper to middle crown layers (Fig. 7). The spaces between the crowns show up clearly against the crown interiors. This pertains to both the amount of radiation that can pass through and also its angular distribution. The proportion of radiation entering from the sides (especially within the crown) which decreases quickly with increasing depth in the stand is, for example, expressed here by the increasing $\bar{\beta}$. Underneath the crowns an average of 3.2% of the diffuse radiation entering is still present, which accords



7. Fractional penetration of diffuse radiation, t_d and mean angle of incidence, $\bar{\beta}$, separately according to crown interiors (dashed lines) and spaces between crowns. The mean values are given for the height levels with standard deviation

well with corresponding measured values (Vézina, 1961; Mitscherlich et al., 1967).

Direct radiation, with a mean proportion transmitted of 0.025, penetrates slightly less well into the stand than diffuse radiation. This has often been reported (Mitscherlich et al., 1967), but the transmission is, of course, greatly dependent on the particular position of the sun (Anderson, 1966). Due to the seasonal differences in the sun's position, this dependence also has an effect in the seasonally varying significance of direct radiation in the lower stand layers [beneath the crowns, its proportion per month is between 49% (Juli 1983) and 9% (November 1983)]. The distribution of the proportion transmitted of direct radiation is, moreover, very different from that of diffuse radiation, which leads in short measurement periods to the two peaks often found in irradiance distribution during sunshine (Sinclair, Knoerr, 1982). The penumbra effect is seen here in the occurrence of intermediate values, even though the extreme values predominate here more than in the simulation of Oker-Blom (1985b) for pine.

Photosynthetic production

The photosynthetic capacity above the stand was 1.11 in 1983, in contrast to 1.02 kg(CO₂)m⁻² in 1984. This means a difference of 8.7%, while the sum of radiation was 14.4% lower in 1984 than in 1983. In 1983, the photosynthetic production of the stand was 4.26, in 1984 only 3.72 kg(CO₂)m⁻² (ground area) (-12.7%). The production takes place mainly in the upper crown layers, while for the lower third of the needle

mass the radiation is not sufficient to achieve a production worth mentioning, judged over the year (Fig. 8). This also means that a light saturation is not reached by the stand on the whole.

Although it is known that the growth increase of a tree is only slightly influenced by the removal of the lower branches (Ladefoged, 1946), a fact which points to the low production of these branches, no tree should, however, be allowed to keep unproductive leaf mass to such an extent. Pisek, Transquillini (1954) and Schulze et al. (1977) thus found that photosynthesis was indeed reduced, but still clearly positive in the shade crown of a spruce tree.

This finding indicates unrealistic suppositions in (at least) one part of the model. The radiation model does not take the grouping of shoots within the crown into consideration. More intense grouping would reduce radiation absorption in the upper crown layers, but could increase it in the lower layers, while the total absorption is reduced (Oker-Blom, Kellomäki, 1983). If the scattering on the needle surfaces was taken into account, it would probably show a similar effect. A deterioration in the situation for the lower needle layers would result from taking radiation absorption by branches and trunk into account. A somewhat different distribution of production altogether could be the result, but the cause for the production distribution found is more likely to be found in the photosynthesis model. The blame here might be laid primarily on disregarding the morphological and physiological adaptation of the shoot. Many conifer species exhibit marked morphological differences between „sun“ and „shade“ shoots (Carter, Smith, 1985); it has also been long since known that the latter generally show a higher photosynthesis rate under lower irradiance than the former, with a lower light saturation rate (Leverenz, Jarvis, 1980; Kull, Koppel, 1987). The results emphasize the importance of this adaptability to the prevailing radiation regime.

The shading needle area and its relation to photosynthetic capacity

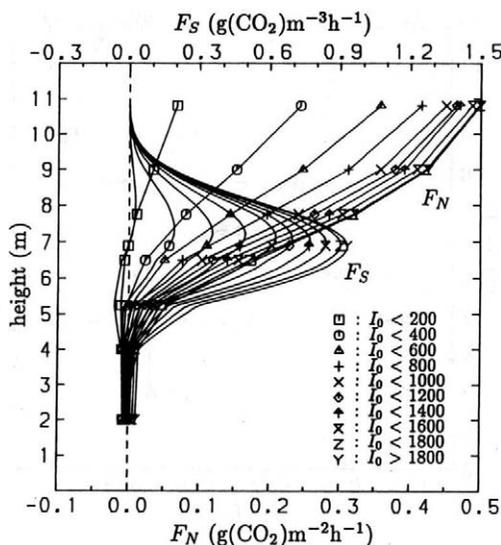
An attempt was now made to relate the observation points situated within the crowns to the respective mean projected leaf area index as a characteristic of the local stand structure. Two formulations were used,

$$F_r = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 + \varepsilon_1 \quad (14)$$

disregarding the variance in the projected leaf area index, and

$$F_r = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \theta_3 s_B - \theta_4 s_B^2 + \varepsilon_2 \quad (15)$$

which takes the variance into account. $F_r = F_r(\mathbf{P}) = F(\mathbf{P})/F_0$ is the relative photosynthetic capacity of an observation point, $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ are random variables with an expected value of 0, whose variance should be „as small as possible“. As the calculation of B depends on the four parameters of the weighting functions (11), the



8. Mean annual photosynthesis rate of the needles (F_N) and photosynthetic production per volume element (F_S) dependent on height, stratified according to PPFFR incidence

optimum parameters of regression, as well as the estimated variances of error of the regression formulations, s_1^2 and s_2^2 are also a function of these weighting parameters.

In using the relation (14) the best result obtained when these weighting parameters were optimized was a s_1^2 of $1.29 \cdot 10^{-3}$. The optimum weighting parameters here are $\beta_0 = 0.40$, $h = 0.16$, $a_1 = 0.72$, $a_2 = 1.13$. Small elevation angles are thus given much less consideration than large angles. If all directions are weighted equally, and only the cone angle β_0 optimized, then with $\beta_0 = 0.59$, s_1^2 of $1.78 \cdot 10^{-3}$ results.

A considerably better adaptation could be achieved, if the variation in the projected leaf area index was also taken into account (15): The optimization of the cone angle alone, without weighting, produces, with an optimum β_0 of 0.4, s_2^2 of $0.66 \cdot 10^{-3}$. When $\beta_0 = 0.4$ is held constant, an optimum weighting of the angles of incidence with $h = 0.56$, produces s_2^2 of $0.60 \cdot 10^{-3}$, an optimum weighting of the azimuth with $a_1 = 0.72$ and $a_2 = 1.38$ produces and s_2^2 of $0.44 \cdot 10^{-3}$. The weighting of both the angle of incidence and the azimuth produces $s_2^2 = 0.41 \cdot 10^{-3}$ (Fig. 9). The optimum weighting parameters here are $h = 0.66$, $a_1 = 0.73$ and $a_2 = 1.36$ (Fig. 6).

The findings of 1984 differ mainly in the optimum value of a_1 . With $a_1 = 0.77$ there is less marked significance in the southern directions for the differences in photosynthetic capacity, which accords with the shorter duration of sunshine.

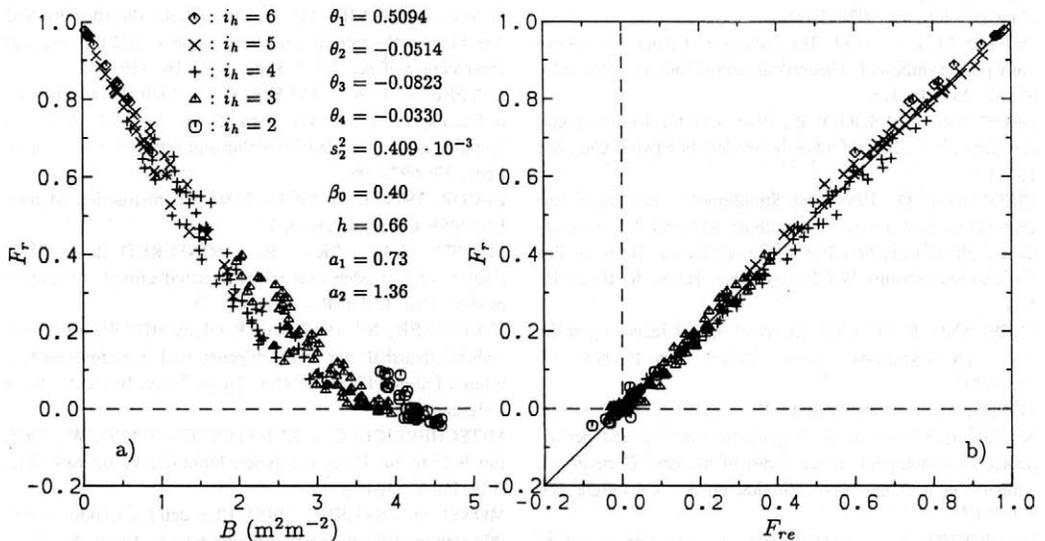
In all regressions the residuals exhibit a systematic dependence on the height class: in the two upper height classes the mean F_r is underestimated by the formulation, in the medium height class it is overestimated,

while there is scarcely any systematic divergence in the lower regions. Even the optimized model can, therefore, not be regarded as a complete description of the relation between stand structure and photosynthesis capacity for the whole stand. The optimum weighting parameters for differentiating photosynthetic capacity show, on the contrary, a clear dependence on height level, as is seen in the results of separate optimizations: the greater the depth in the stand the less the small angles of incidence are considered, just as southern directions are less and less favourably weighted.

CONCLUSIONS

In spite of the qualifications of the last paragraph, one may speak of a relatively close connection between shading, expressed by the mean projected leaf area index and the annual photosynthetic capacity. The model calculation has clarified two points here:

1. The importance of direct radiation for the production of the stand is not as great as would correspond to the proportion of radiation entering, which is expressed in the relatively low preference of southern directions in the weighting. The cause of this is, in conclusion, the unfavourable distribution of direct radiation on the needle surface of a shoot. However, sky brightness is not distributed according to a „standard overcast sky“ when the sky is clear but with a maximum in the vicinity of the sun, so that the preference given to southern directions in the model will probably turn out rather too small.
2. The heterogeneity in the spatial distribution of the shading needle area must be taken into consideration.



9. a) Relationship between B and F_r when the directions of incidence are optimally weighted (see Fig. 6). b) Relationship between F_r and its estimate according to eq. 15, F_{re}

The reason for this lies in the non-linearity in the relation between projected leaf area index and gap frequency and between irradiance and photosynthesis rate.

The idea presented could be used in two ways: the simulation of the distribution of radiation and production for longer periods in a larger, 3-dimensional model stand requires intensive calculation and, even on a large computer, much time. A relation such as (15) which would have to be deduced once for a given climatic course, can therefore, help to save computing time if one wants, for example, to estimate the influence of different stand structures (spatial distribution of the trees, distribution of sizes) on stand production.

Of course, it is not the projected leaf area index that is decisive for shading, but the gap frequency deduced from it. It would, therefore, be just as conceivable to connect the photosynthetic production in one place with the accompanying distribution of gap frequency. As this can be established for a real stand by fish-eye photographs of the canopy (Anderson, 1964), an estimation of the distribution of photosynthetic capacity in a stand would thus be conceivable. Measurements of radiation and photosynthesis combined with a similar model to the one presented here would, however, be necessary to calibrate this method.

References

- ANDERSON, M. C., 1964. Studies of the woodland light climate I. The photographic computation of light conditions. *J. Ecol.*, 52: 27-41.
- ANDERSON, M. C., 1966. Stand structure and light penetration II. A theoretical analysis. *J. appl. Ecol.*, 3: 41-54.
- CARTER, G. A. - SMITH, W. K., 1985. Influence of shoot structure on light interception and photosynthesis in conifers. *Plant Physiol.*, 79: 1038-1043.
- DENHOLM, J. V., 1981. The influence of penumbra on canopy photosynthesis I. Theoretical considerations. *Agric. Meteorol.*, 25: 145-166.
- DROSTE ZU HÜLSHOFF, B., 1970. Struktur, Biomasse und Zuwachs eines älteren Fichtenbestandes. *Forstwiss. Cbl.*, 89: 162-171.
- EHRHARDT, O., 1988. Der Strahlungshaushalt eines Buchenwaldes und dessen Abwandlung während der verschiedenen phänologischen Entwicklungsphasen. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Band 45*: 170.
- FREELAND, R. O., 1952. Effect of age of leaves upon the rate of photosynthesis in some conifers. *Plant Physiol.*, 27: 685-690.
- FUCHS, M. - SCHULZE, E. D. - FUCHS, M. I., 1977. Spatial distribution of photosynthetic capacity and performance in a mountain spruce forest of northern Germany II. Climatic control of carbon dioxide uptake. *Oecologia*, 29: 329-340.
- GUTSCHICK, V. P., 1984. Statistical penetration of diffuse light into vegetative canopies: Effect on photosynthetic rate and utility for canopy measurement. *Agric. Meteorol.*, 30: 327-341.
- HARI, P. - KAIPIAINEN, L. - KORPILAHTI, E. - MÄKELÄ, A. - NILSON, T. - OKER-BLOM, P. - ROSS, J. - SALMINEN, R., 1985. Structure, radiation and photosynthetic production in coniferous stands. *Univ. of Helsinki, Department of Silviculture, Research Notes No. 54*: 233.
- JOHNSON, N. L. - KOTZ, S., 1970. Continuous univariate distributions - 2. Distributions in Statistics. Boston, Houghton Mifflin Company: 306.
- KELLOMÄKI, S. - HARI, P. - KANNINEN, M. - IILONEN, P., 1980. Eco-physiological studies on young Scots pine stands: II. Distribution of needle biomass and its application in approximating light conditions inside the canopy. *Silva fenn.*, 14: 243-257.
- KOPPEL, A. - OJA, T., 1984. Regime of diffuse solar radiation in an individual Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) crown. *Photosynthetica*, 18: 529-535.
- KRZAK, J. - DONG, P. H. - BÜTTNER, G. - HÜTTERMANN, A. - KRAMER, H. - ULRICH, B., 1988. Photosynthesis, nutrient, growth and soil investigations of a declining Norway spruce (*Picea abies*) stand in the coastal region of northern Germany. *For. Ecol. and Manag.*, 24: 263-281.
- KULL, O. - KOPPEL, A., 1987. Net photosynthetic response to light intensity of shoots from different crown positions and age in *Picea abies* (L.) Karst. *Scand. J. For. Res.*, 2: 157-166.
- LADEFEGED, K., 1946. De enkelte Kronedeles produktionsmæssige Betydning hos Rødgran. *Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark*, 16: 365-400.
- LARCHER, W., 1969. The effect of environmental and physiological variables on the carbon dioxide gas exchange of trees. *Photosynthetica*, 3: 167-198.
- LEMEUR, R. - BLAD, B. L., 1974. A critical review of light models for estimating the shortwave radiation regime of plant canopies. *Agric. Meteorol.*, 14: 255-286.
- LEVERENZ, J. W. - JARVIS, P. G., 1979. Photosynthesis in Sitka spruce VIII. The effects of light flux density and direction on the rate of net photosynthesis and the stomatal conductance of needles. *J. appl. Ecol.*, 16: 919-932.
- LEVERENZ, J. W. - JARVIS, P. G., 1980. Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) X. Acclimation to quantum flux density within and between trees. *J. appl. Ecol.*, 17: 697-708.
- LI-COR, 1979. Brochure DS-1180 (In: Instruction Manual LI-190SB Quantum Sensor.)
- MARTIN, G. L., - EK, A. R. - MONSERUD, R. A., 1977. Control of plot edge bias in forest stand growth simulation models. *Can. J. For. Res.*, 7: 100-105.
- MATYSSEK, R., 1985. Der Kohlenstoff-, Wasser-, und Nährstoffhaushalt der wechsellgrünen und immergrünen Koniferen Lärche, Fichte, Kiefer. *Thesis Univ. Bayreuth, West Germany*: 224.
- MITSCHERLICH, G. - KÜNSTLE, E. - LANG, W., 1967. Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestande. *Allg. Forst- Jagdztg.*, 138: 213-223.
- MONSI, M. - SAEKI, T., 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. Bot.*, 14: 22-52.

- MOON, P. – SPENCER, D. E., 1942. Illumination from a non-uniform sky. *Trans. Illum. Engin. Soc.*, 37: 707–713.
- NEILSON, R. E. – LUDLOW, M. M. – JARVIS, P. G., 1972. Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) II. Response to temperature. *J. appl. Ecol.*, 9: 721–745.
- NILSON, T., 1971. A theoretical analysis of the frequency of gaps in plant stands. *Agric. Meteorol.*, 8: 25–38.
- NORMAN, J. M. – JARVIS, P. G., 1974. Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) III. Measurement of canopy structure and interception of radiation. *J. appl. Ecol.*, 11: 375–398.
- OKER-BLOM, P. – KELLOMÄKI, S., 1983. Effect of grouping of foliage on the within-stand and within-crown light regime: Comparison of random and grouping canopy models. *Agric. Meteorol.*, 28: 143–155.
- OKER-BLOM, P., 1985a. Photosynthesis of a Scots pine shoot: Simulation of the irradiance distribution and photosynthesis of a shoot in different radiation fields. *Agric. For. Meteorol.*, 34: 31–40.
- OKER-BLOM, P., 1985b. The influence of penumbra on the distribution of direct solar radiation in a canopy of Scots pine. *Photosynthetica*, 19: 312–317.
- PFREUNDT, J., 1988. Modellierung der räumlichen Verteilung von Strahlung, Photosynthesekapazität und Produktion in einem Fichtenbestand und ihrer Beziehung zur Bestandesstruktur. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen, Reihe A, Band 39*: 163.
- PISEK, A. – TRANQUILLINI, W., 1954. Assimilation und Kohlenstoffhaushalt in der Krone von Fichten- (*Picea excelsa* Link) und Rotbuchenbäumen (*Fagus silvatica* L.). *Flora*, 141: 237–270.
- PISEK, A. – WINKLER, E., 1959. Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* Link), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). *Planta*, 53: 532–550.
- ROSS, J., 1981. The radiation regime and architecture of plant stands. The Hague – Boston – London, Dr. W. Junk Publishers: 391.
- SCHULZE, E. D. – FUCHS, M. I. – FUCHS, M., 1977. Spatial distribution of photosynthetic capacity and performance in a mountain spruce forest of northern Germany I. Biomass distribution and daily carbon dioxide uptake in different crown layers. *Oecologia*, 29: 43–61.
- SINCLAIR, T. R. – KNOERR, K. R., 1982. Distribution of photosynthetically active radiation in the canopy of a Loblolly pine plantation. *J. appl. Ecol.*, 19: 183–191.
- SMOLANDER, H. – OKER-BLOM, P., – ROSS, J. – KELLOMÄKI, S. – LAHTI, T., 1987. Photosynthesis of a Scots pine shoot: Test of a shoot photosynthesis model in a direct radiation field. *Agric. For. Meteorol.*, 39: 67–80.
- THORNLEY, J. H. M., 1976. Mathematical models in plant physiology. London, Academic Press: 318.
- VERHAGEN, A. M. W., – WILSON, J. H. – BRITTEN, E. J., 1963. Plant production in relation to foliage illumination. *Ann. Bot.*, 27: 627–640.
- VÉZINA, P. E., 1961. Variations in total solar radiation in three Norway spruce plantations. *For. Sci.*, 7: 257–264.

Received 2 July 1995

VZTAH LOKÁLNÍ POROSTNÍ STRUKTURY K FOTOSYNTETICKÉ KAPACITĚ VE SMRKOVÉM POROSTU: MODELOVÁ KALKULACE

J. Pfreundt, B. Sloboda

Ústav lesnické biometrie a informatiky a Výzkumné centrum pro lesní ekosystémy Univerzity v Göttingenu, Büsengweg 4, D-37077 Göttingen

Pokus o mechanistické modelování růstu jednotlivých stromů v lesnické ekologii vede k problému matematického popisu a parametrizaci prostorového rozdělení fotosyntetické produkce v porostu.

V práci je formulována otázka, jestli se roční i fotosyntetická produkce na daném místě a uvnitř korunní vrstvy nedá vysvětlit a vypočítat pomocí lokálních strukturálních parametrů. K tomu je nutná konstrukce modelu pro fotosyntézu s vysokou rezolucí, který musí být sklouben s odpovídajícím prostorovým modelem radiačního transportu. K tomuto účelu byl také zkonstruován modelový porost, který má reprezentovat 25letý smrkový porost.

Pomocí radiačního a fotosyntetického modelu a za pomoci časově souvislých klimatických měření pro období dvou let bylo modelováno časově a prostorově rozdělení fotosyntetické produkce (zde se tím rozumí netto-fotosyntéza s hodinovým taktem). Roční produkce na určitém bodě byla pak dána do relace ke stínící

ploše jehlic, která se nachází nad tímto bodem v porostu (později uvnitř speciálního kužele).

Modelový porost obsahuje 22 jednotlivých stromů (obr. 1), jejichž koruna má sedm vrstev plástů koruny, přičemž každá vrstva, ohraničená paraboloidními plochami, reprezentuje jeden ročník jehlic (obr. 3). Předpokládalo se, že prostorová hustota jehlic byla ve stejné výšce horizontálně konstantní (nikoliv vertikálně) a že jednotlivé roční výhonky mají vodorovnou orientaci a jsou na sobě nezávislé a náhodně rozdělené. Radiační intercepce jednoho výhonku byla reprezentována jeho projekční plochou, přičemž se předpokládalo, že ta je lineárně nezávislá na výškovém úhlu vzhledem k dopadovému směru. Modelování radiačního režimu bylo provedeno pro trojrozměrnou síť pozorovacích bodů. Časový takt byl hodinový a materiálový podklad tvořilo měření PAR a doba slunečního svitu v göttingenském lese v letech 1983 a 1984.

Pro kalkulaci radiačního režimu byla určena koincidence síťových bodů s korunami, resp. jejichmi vrstevy, a také početnost mezer v korunní vrstvě. Ta byla přepočtena pro azimutní a elevační úhly. Transmise přímé, resp. difuzní radiace byly simulovány podle metodiky uvedených autorů (Oker-Blom, 1985b, resp. Li-Cor, 1979) v jednotkách PPFFR.

Výpočet fotosyntetické produkce byl proveden za předpokladu, že živin a vody je dostatek a že dávka (rate) fotosyntézy výhonku je dostatečně determinována jeho věkovou třídou, množstvím radiace (kompozice přímé a difuzní) a teplotou. Hodinová fotosyntéza j -té věkové třídy výhonků byla kalkulována pomocí rovnice (10) pro každý bod prostorové třírozměrné sítě. Roční fotosyntetická kapacita pro jednoroční výhonky v bodě P , tj. $F(P)$ se vypočítá sumací rovnice (10) pro celou roční dobu.

Výpočet roční fotosyntetické dávky (rate) se provede pomocí střední roční dávky pro každou výškovou třídu váženou hustotou jehlicové povrchové plochy. Pro každý bod sítě P byl zkonstruován kužel s vrcholovým

úhlem β a byla také kalkulována velikost plochy jehlic, která se nachází uvnitř kuželové plochy. Tato plocha se nazývá „stínící plocha“ pro bod P , označení $B(P)$. V dalším byl použit koncept relativní fotosyntetické kapacity F_r , přičemž ta byla vysvětlena regresní rovnicí pomocí proměnné „stínící plocha B “. Tato veličina umožňuje v praxi snadno kalkulovat roční fotosyntézu.

V rámci článku byly provedeny kalkulace hodinové a roční fotosyntetické produkce modelového porostu v jednotkách $\text{kg}(\text{CO}_2)\cdot\text{m}^{-2}$. Podobný koncept pro prostorově homogenní porosty byl realizován Kellomäkim s tím rozdílem, že množství stínící plochy jehlic pro určitý prostorový bod P bylo u Kellomäkiho celkové množství jehlicové plochy (LA) ve vrstvě nad bodem P a ne pouze v kuželi. Tím se dosáhlo lepších regresních vztahů mezi relativní fotosyntetickou kapacitou a stínící plochou povrchu jehlic nad body. Tento koncept světelného kužele je výhodnější pro prostorově nehomogenní (např. různověké) porosty.

Contact Address:

Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Slábová, Abteilung für Forstliche Biometrie und Informatik der Universität Göttingen, Büsgenweg 4, D-37077 Göttingen, Bundesrepublik Deutschland

Woodcock, H. – Vollenweider, P. – Dubs, R. – Hofer, R. M.: Crown alterations induced by decline: a study of relationships between growth rate and crown morphology in beech (*Fagus sylvatica* L.) (Změny koruny způsobené chřadnutím: výzkum vztahu mezi tempem růstu a morfologií koruny u buku *Fagusalvatica* L.)

Trees, 1995, s. 279–288 – 7 obr., 2 tab., lit. 38

Termín decline – chřadnutí – popisuje syndromy chorob, které se nedají vysvětlit jednoduchým výkladem jako jsou kauzální patogeny. Jedním z prvních příznaků chřadnutí je snížený růst tloušťky kmene a snížený růst výškového přírůstu. Konkrétní výzkum v tomto směru u buku probíhal u Lausanne ve Švýcarsku. Pro charakterizování hlavní osy a morfologie větvi prvního řádu bylo vybráno šest stromů. Možnost vztahu mezi výškovým přírůstem a úrovnovou probírkou se zkoumala za pomoci tvorby počítačového modelu pro simulaci schématu větvení prvního řádu vrcholkových dvou metrů u stromů starých 70 až 100 let. Výsledky výzkumu nasvědčují tomu, že některé příznaky chřadnutí buku jsou přímo spojeny s kvantifikovatelnými změnami v morfologii větvení pravděpodobnou reakcí na predisponované stresy. Tyto stresy zahrnují podle pořadí významu: věk porostu, opakovaná suchá období, změněné hydrologické podmínky v důsledku celkové urbanizace ploch obklopujících les, znečištění ovzduší, zvláště vysoké hladiny NO_x a O_3 . Nebezpečí škod na kůře se zvyšuje v důsledku vyšších teplot a desikace. Je snaha najít důkaz limitu tempa růstu. – M. Pagač

GENOVÉ ZDROJE BUKU LESNÍHO (*FAGUS SYLVATICA* L.) V ČESKÉ REPUBLICE – OPATŘENÍ K ZÁCHRANĚ A REPRODUKCI

GENETIC RESOURCES OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN THE CZECH REPUBLIC – MEASURES AIMED AT CONSERVATION AND REPRODUCTION

J. Šindelář

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jiloviště-Strnady

ABSTRACT: The European beech was one of the woody species with largest distribution in the autochthonous forests of the Czech Republic in hilly regions, in highlands and in mountainous regions. It is estimated that its share in natural forests was about 40% of their area (Šindelář, 1994). The current share of the beech in forests of the Czech Republic, 5.5% of their area, is critical. A long range outlook relies on an approximately threefold increase in beech distribution in the CR forests, to about 18%. Measures aimed at conservation and reproduction of genetic resources and creation of the basis for reproduction material are extraordinarily urgent. These measures should involve particularly the establishment of gene pools, certification of crops for seed harvest, planting of reproductive (seed) stands, natural regeneration.

Fagus sylvatica L.; genetic resources; conservation; reproduction

ABSTRAKT: Buk lesní patřil v původních lesích České republiky v pahorkatinách, vrchovinách a horských polohách k nejrozšířenějším dřevinám. Odhaduje se, že jeho plošné zastoupení v přirozených lesích bylo asi 40 % (Šindelář, 1994). Současný podíl buku v lesích ČR – 5,5 % plochy – je kritický. V dlouhodobém výhledu se má zastoupení buku v lesích České republiky více než ztrojnásobit, a to asi na 18 %. Opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů a zabezpečení základny pro reprodukční materiál jsou mimořádně aktuální. K těmto opatřením patří zejména zřizování genových základů, uznávání porostů ke sklizni osiva, zakládání reproduktivních (semenných) porostů, přirozená obnova.

Fagus sylvatica L.; genové zdroje; záchrana; reprodukce

ÚVOD

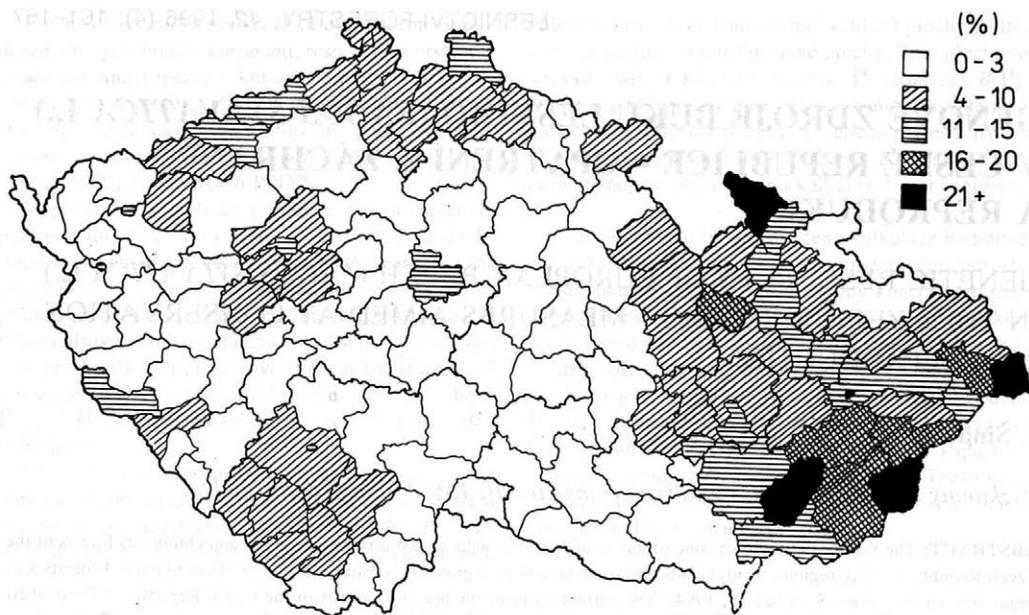
Buk lesní patřil v původních lesích České republiky v pahorkatinách, vrchovinách a horských polohách k nejrozšířenějším dřevinám. Odhaduje se, že jeho plošné zastoupení v přirozených lesích bylo asi 40 % (Šindelář, 1994). Současný podíl buku v lesích ČR, 5,5 % jeho plochy, je kritický (obr. 1).

V důsledku orientace na dřeviny jehličnaté, často ve formě monokultur, buk v některých oblastech (zejména v Čechách) téměř vymizel. Zachoval se lokálně ve větším podílu v druhové skladbě lesních porostů pouze v několika málo oblastech, někde převážně ve formě nesmíšených bukových porostů, jinde v porostních směsích zejména se smrkem ztepilým, v nižších polohách s dubem zimním. Důsledkem ústupu buku může být na některých stanovištích zhoršování úrodnosti les-

ních půd, jinde snížená stabilita nesmíšených jehličnatých – převážně smrkových – porostů.

V poněkud větší míře se udržel na Moravě, s ohledem na odlišné přírodní a ekologické poměry, významnější podíl smíšených porostů z přirozené obnovy. Buk v karpatských oblastech Moravy má většinou relativně značnou vitalitu a dokázal se proto i při monokulturním a holosečném hospodářství v konkurenci se smrkem cestou pomístního přirozeného zmlazení poněkud více prosadit (Šindelář, 1983).

V dlouhodobém výhledu se má zastoupení buku v lesích ČR přibližně ztrojnásobit, a to asi na 18 %. Zvýšení plošného podílu buku v lesních porostech se plánuje prakticky u všech lesních závodů, kde buk přichází (s ohledem na stanovištní podmínky) v úvahu jako složka lesních ekosystémů. Jde o všechny lesní oblasti a lesní závody s výjimkou objektů v Polabí a Moravských úvalech.



1. Zastoupení buku v lesích České republiky – European beech proportion in the forests of the Czech Republic

I když se každoročně plánuje relativně značná plocha buku v rámci obnovních a zalesňovacích prací, zpravidla se nedosahuje uspokojivých výsledků. Limitujícím faktorem je nedostatek osiva a sazenic. V posledních letech se poněkud intenzivněji využívá možnosti sklizně semen i při průměrných a slabších úrodách a různými způsoby se zajišťuje dovoz osiva ze Slovenska. Tato aktivita se ale zatím výrazněji neprojevila.

Výsledky skladování a předosevní přípravy bukovic v mnohých provozních lesních školkách nejsou ještě uspokojivé a počet sazenic, získaných z hmotnostní jednotky osiva, je malý. Dalším limitujícím faktorem při uplatňování buku v lesních porostech je zvěř, která značně poškozuje až likviduje výsadby, pokud nejsou chráněny oplocením. Podobně jsou ohroženy nálety a nárosty z přirozené obnovy.

Jedním z největších nedostatků současného lesního hospodářství, který je třeba řešit, je skutečnost, že se v naprosto nedostatečné míře využívá přirozené obnovy buku. Reprodukce tímto způsobem je v převážně většině bukových porostů a ve smíšených porostech s bukem možná a reálná. Opomíjí se možnost cestou přirozené obnovy reprodukovat genové zdroje původních populací buku, které se až dosud zachovaly.

S ohledem na uvedené skutečnosti – současný kritický stav zastoupení buku v lesích ČR na straně jedné a úkoly zvýšit v dlouhodobé perspektivě zastoupení buku na více než trojnásobek současného stavu na straně druhé – jsou opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů a zabezpečení základny pro reprodukční materiál mimořádně aktuální. K opatřením patří zejména zřizování genových základů, uznávání porostů ke sklizni

osiva, zakládání reproduktivních (semenných) porostů. Určitý význam mohou mít do budoucna i některá další opatření, jako jsou semenné sady zakládané pro specifické účely, autovegetativní množení řízkováním a kulturami *in vitro*, dlouhodobé skladování osiva aj.

PŘÍRODNÍ REZERVACE SE ZASTOUPENÍM BUKU

Buk je zastoupen ve značném počtu národních přírodních rezervací a přírodních rezervací v lesních ekosystémech. Jde celkem o téměř 200 objektů, z toho více než v polovině buk převládá ve druhové skladbě lesních porostů, v ostatních je ve větší či menší míře přimíšen (obr. 2). Stejně tak jako u dalších dřevin jsou přírodní rezervace s bukem různé velikosti – od výměry značně přes 100 ha do pouhých několika málo hektarů (Šindelář, 1991).

Existují určité oblasti, kde se ve větším měřítku zachovaly zbytky dospělých a přestárklých bukových porostů. Jedním z center, kde je větší počet rezervací s touto dřevinou, je lesní oblast 11 – Český les. K nejvýznamnějším objektům v této oblasti patří např. rezervace Bystřice v obvodu Lesní správy Lesů České republiky (LS LČR) Domažlice (lokalita pod Čerchovem), dále Pleš (Lesní správa Horšovský Týn) a Diana v blízkosti Přimdy.

Značný počet rezervací s bukem je registrován v Jizerských horách, především v rámci LS Dětičovic. Některé z těchto rezervací jsou již výrazněji narušeny imisemi, většinou jsou však životaschopné a ještě dnes se buk na těchto plochách přirozeně zmlazuje.

Větší počet rezervací s bukem existuje dále na Křivoklátsku, v Západočeské pahorkatině a v Brdech. Jde např. o objekty, jako je rezervace Kohoutov, dále, pokud jde o Brdskou vrchovinu, např. o rezervaci Getsemanská zahrada v oblasti LS Rožmitál a Chynínské buky (LS Spálené Poříčí).

K nejvýznamnějším objektům ve středních Čechách patří Voděradské bučiny v oblasti Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy.

Relativně malý počet rezervací se zastoupením buku je na Šumavě (Boubínský prales), v Blanském lese (Kleť – s převahou smrku, ale se značnou příměsí buku i javoru horského). Pokud jde o Novohradské hory, jsou významnými objekty Žofínský prales a rezervace Hojná Voda s výraznou převahou buku v porostech.

Na Moravě jsou přírodní rezervace s bukem soustředěny zejména ve třech centrech; jsou to Moravskoslezské Beskydy včetně Javorníků a Vsackých Beskyd, dále oblast Hrubého Jeseníka a Dražanská vrchovina (převážně v podoblasti Moravský kras). Z většího počtu přírodních rezervací v Moravskoslezských Beskydech a přílehlých oblastech lze jmenovat např. Mazák a Mazácký grúník v oblasti LS Ostravice, Mionší (LS Jablunkov), kde vývoj spíše postupně k víceméně listnatým, převážně bukovým porostům (jedle postupně odumírá a reprodukce smrku je nedostatečná). Z dalších je možné se ještě zmínit např. o objektech Noříč (LS Frenštát pod Radhoštěm), Razula (LS Velké Karlovice) a řadě dalších.

Pokud jde o Hrubý Jeseník, k nejvýznamnějším patří rezervace Malá Kotlina, kde buk tvoří značnou příměs ke smrku.

Mimořádně zajímavá je přírodní rezervace Ptačí hora v oblasti LS LČR Bruntál, kde buk roste ve směsi s autochtonním sudetským modřínem.

V oblasti Středomoravských Karpat je vyhlášena přírodní rezervace Holý vrch v oblasti LS Buchlovce. Spolu s přílehlou genovou základnou tvoří komplex převážně bukových porostů o výměře asi 700 ha. V tomto případě jde o objekt ve vegetačním lesním stupni dubobukovém, kde jako příměs v porostech převážně bukových přichází dub a habr.

Nelze opomenout objekty v Bílých Karpatech v oblasti LS Strážnice, zejména Javořinu, přírodní rezervace na Českomoravské vrchovině, především Žákovu horu, dále některé objekty na LS Jihlava (např. Velký Špičák) a Telč.

Celkový stav přírodních rezervací s bukem je většinou dobrý, a to i v některých případech s výrazným imisním zatížením (např. Načetín v Krušných horách).

Buk se ve většině přírodních rezervací dobře zmlazuje a nárůsty, i když jsou bržděny ve vzrůstu zvěří, se prosazují, zatímco jehličnaté dřeviny (především jedle, ale i smrk) ustupují.

S ohledem na tyto skutečnosti je možné konstatovat, že přírodní rezervace, pokud jde o buk, představují – včetně svých ochranných pásem – velmi cenné objekty z hlediska zachrany genových zdrojů. Je pochopitelné, že jejich lesnická využitelnost je omezena obecným režimem ochrany těchto objektů.

Buk lesní je zastoupen ve většině genových základů navržených v ČR. Jde asi o 140 komplexů lesních porostů o výměře kolem 60 tisíc ha (Š i n d e l á ř, 1990). V genových základnách tvoří buk většinou pouze větší či menší příměs, jinde je jen vtoušen. Přesto se však počítá s tím, že i v genových základnách s velmi malým podílem buku by se tato dřevina měla obnovovat přirozenou cestou.

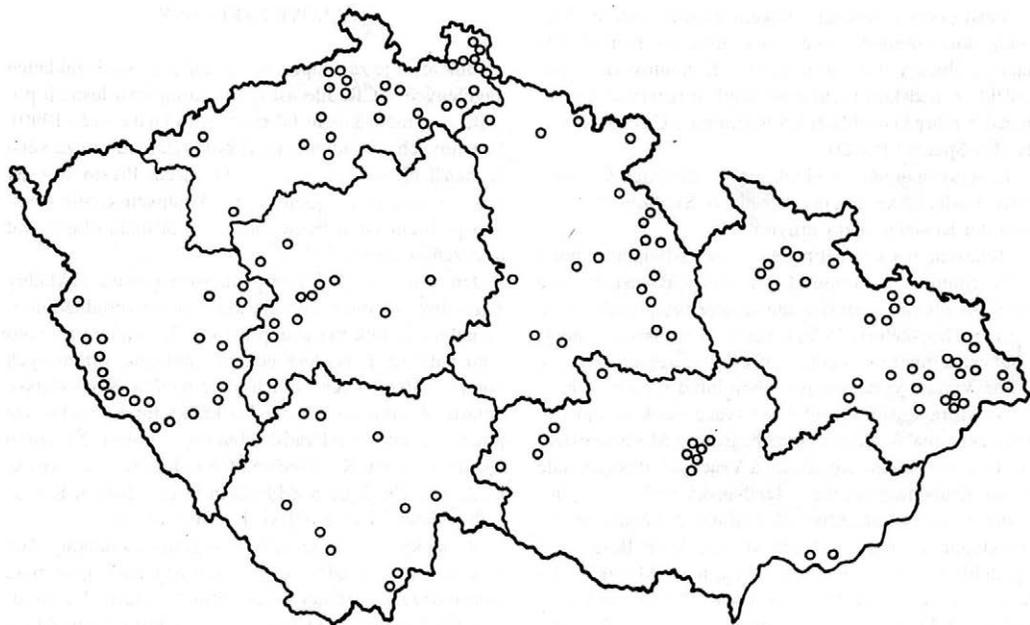
Jen v malém počtu případů jsou genové základny zřizovány v lesních částech, které jsou výhradně bukové nebo kde buk výrazně převládá. K objektům tohoto typu patří např. některé genové základny v Krušných horách, v Jizerských horách, dále např. v Křivoklátské oblasti. Z jednotlivých dalších konkrétních objektů lze jmenovat např. Voděradské bučiny v oblasti Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy, genové základny ve Chřibech a Žďánském lese, v Bílých Karpatech (objekt Vlára v oblasti LS Brumov) aj.

Z mapky (obr. 3) je patrné, že genové základny, kde je v druhové skladbě lesních porostů zastoupen buk, jsou navrženy v rámci všech lesních oblastí. Ve středních Čechách se jedná zejména o objekty v lesní oblasti 8A – Křivoklátsko, 3 – vhodné soubory lesních porostů byly vyhledány v Brdské vrchovině, jeden objekt v oblasti Hřebenů (LS Dobříš, lokalita Obora). Významným objektem jsou Voděradské bučiny, kde došlo k vazbě přírodní rezervace a genové základny, dále bukové porosty a smíšené porosty s bukem na Blaníku v oblasti LS Vlašim.

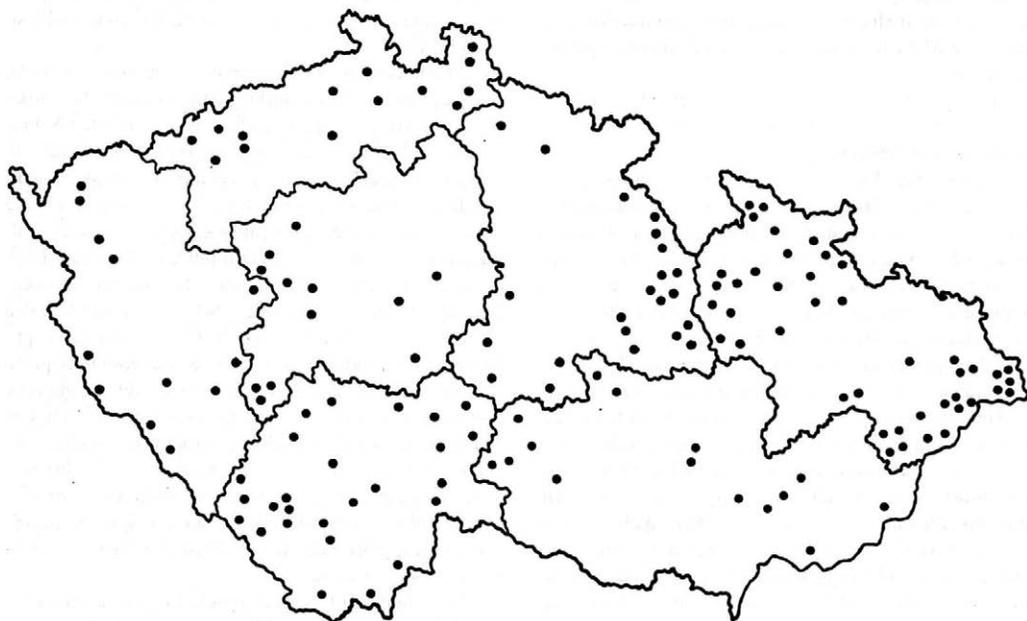
Větší počet porostních souborů se zastoupením buku (jde vesměs o porosty smrku, jedle a buku nebo smrku a buku) byly vyhledány na Šumavě v oblasti LS Prachatic a Vimperk. K tomu přistupuje ještě několik komplexů, které jsou lokalizovány v oblasti vojenských lesů a statků Horní Planá. Na přírodní rezervace navazují dva poměrně rozsáhlé komplexy vesměs smíšených porostů se zastoupením buku v Novohradských horách. V provenienčních pokusech s bukem se osvědčily dílčí populace z obvodu LS Hluboká nad Vltavou (Poněšice) a Vodňany (Všeteč). Genové základny pro záchranu a reprodukci genových zdrojů buku byly proto zřízeny na těchto lokalitách. Menší či větší komplexy převážně bukových lesních porostů v severních Čechách se zachovaly zejména v Krušných horách, v Jizerských horách a v Lužické pískovcové vrchovině. V Krušných horách je jako genové základny se zastoupením buku navrženo celkem pět objektů. K nejvýznamnějším patří základna v oblasti LS Janov v Krušných horách (Načetín).

Ve východních Čechách je několik genových základů, kde je zastoupen buk, navrženo především v Orlických horách (např. na LS Rychnov nad Kněžnou, navazující na národní přírodní rezervaci Trčkov, na LS Opočno, Luisino údolí).

Pokud jde o jižní Moravu, je několik souborů lesních porostů s bukem navrženo jako genové základny v lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina. Z těchto objek-



2. Přírodní rezervace se zastoupením buku v lesích České republiky – Nature preserves with European beech occurrence in forests of the Czech Republic



3. Genové základny se zastoupením buku v lesích České republiky – Gene pools with European beech occurrence in forests of the Czech Republic

tů patří k nejvýznamnějším základna Cikháj. Zahrnuje i přírodní rezervaci Žákova hora. Pozoruhodný je dále vybraný soubor lesních porostů Jihlava s kvalitním a dobře se zmlazujícím bukem v nesmíšených porostech a ve směsích buku a smrku. V oblasti Středomoravských Karpat (LS Buchovice a Bučovice) jsou jako genové základny navrženy čtyři objekty, v Bílých Karpatech dva soubory s vysokým zastoupením buku, a to na LS Brumov nad Vlárrou a na LS Strážnice.

Co do počtu je nejvíce genových základen se zastoupením buku navrženo na severní Moravě a ve Slezsku. Jak je patrné z mapky (obr. 3), jsou tyto objekty koncentrovány jednak do oblasti Moravskoslezských Beskyd, jednak Javorníků a Vsatských vrchů. Další soustředění je pak v Hrubém Jeseníku a předhoří, několik objektů je v Nízkém Jeseníku a v Rychlebských horách. Všechny navržené objekty jsou významné, i když se vesměs jedná o soubory porostů o spíše menších rozlohách. Z hlediska jakosti buku patří ke zvláště pozoruhodným např. tyto základny: Úsov (LS Litovel), Hoštejn (LS Zábřeh na Moravě), Karlovice sever (LS Karlovice), Bílá (LS Ostravice), Karolinka (LS Velké Karlovice) aj.

POROSTY UZNANÉ KE SKLIZNI OSIVA

K 1. 1. 1995 bylo v České republice evidováno 12 338,66 ha uznaných porostů buku lesního, z toho 2 447,87 ha kategorie A, což je asi 20 % z celkové rozlohy.

Pokud jde o jednotlivé oblasti, vykazuje největší plochu porostů uznaných ke sklizni osiva jižní Morava a dále oblasti severní Moravy a Slezska. V oblasti bývalých Jihomoravských státních lesů je dnes registrováno 3 944,50 ha uznaných porostů buku. V Čechách je největší plocha porostů uznaných ke sklizni osiva pro buk registrována v bývalém Jihočeském a dále v bývalém Severočeském kraji. Východočeská oblast vykazuje relativně malou plochu uznaných porostů (1 060 ha).

Plocha porostů uznaných ke sklizni osiva je nedostatečná, dosahuje asi 70 % kalkulované potřeby (Šindelář, 1987, 1989b). Počítá se proto se žádoucím zvýšením celkové plochy uznaných porostů buku.

Konkrétní návrhy pro plochy uznaných porostů (mj. i buku) pro jednotlivé lesní závody byly zpracovány ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady (Rambousek, 1989a, b; Šindelář, 1989a).

Celková plocha uznaných porostů buku by měla být podle výhledového plánu 17 466 ha, z toho porostů kategorie A 5 566 ha. K největšímu nárůstu by mělo dojít na severní Moravě, kde je značná plocha porostů buku starších 60 let a možnosti uznávání na řadě lesních hospodářských celků nejsou zdaleka využity. Jako příklad lze jmenovat Lesy České republiky, LS Jablunkov, Javorník, Ostravice, Velké Karlovice.

Je nutné vyvinout úsilí, aby se co největší podíl buku v rámci obnov lesních porostů zajišťoval přirozenou ob-

novou. Pro přirozenou obnovu jsou – přes postižení lesů škodlivými vlivy prostředí, zejména imisemi – stále relativně příznivé podmínky. Lze počítat s tím, že v podstatné části bukových porostů a v porostech s příměsí buku by bylo možné (při vhodných biotechnických opatřeních) žádat podíl buku v obnově zajišťovat cestou přirozeného zmlazení.

OSTATNÍ DÍLČÍ OPATŘENÍ K ZÁCHRANĚ A REPRODUKCI GENOVÝCH ZDROJŮ BUKU

K 1. 1. 1994 je evidováno 168,45 ha semenných porostů buku. Největší výměry připadají na jižní Moravu (61,68 ha) a severní Moravu (56,36 ha). Semenné porosty buku vznikly až dosud vesměs z přirozené obnovy (Šindelář, 1985a, b). Pokud jde o jednotlivé lesní správy, jsou největší plochy semenných porostů buku založeny v oblasti LS Brumov nad Vlárrou, Velké Karlovice a Buchlovice. Podle výhledového plánu do r. 2000 se počítá s dalšími reprodukčními porosty buku o výměře několika set hektarů.

Převážná většina semenných porostů by měla – jak se to dělo doposud – vznikat z přirozené obnovy. V některých případech se však nevyhneme zakládání porostů uměle *ex situ*, budeme-li chtít zajistit další existenci genových zdrojů populací výrazně ohrožených imisemi (Šindelář, 1989a, b, 1991).

Až dosud bylo založeno osm semenných sadů buku o celkové výměře 10,99 ha, a to na LS Zbraslav nad Vltavou, Nové Hrady, Písek, Kašperské Hory, Česká Lípa, Broumov, Ledeč nad Sázavou a Školní poleš Hůrka. Semenné sady již kvetly (např. semenný sad v Ledči nad Sázavou, lokalita Čerňák) a bylo sklizeno malé množství bukovic. Jakost osiva byla vesměs nespokojivá (velký podíl semen hluchých) zejména s ohledem na malou produkci pylu v sadech. V r. 1995 se dostavila i v některých semenných sadech plná úroda a jakost sklizeného osiva byla vesměs dobrá. Podobně jako u dubů není problematika semenných sadů buku zatím dostatečně ujasněna zejména po stránce ekonomické. Problémy působí i některé další skutečnosti, např. značná inkompatibilita podnože a rouba a často se vyskytující následné odumírání i vzrostlejších roubovanců.

Malému počtu a ploše semenných sadů buku odpovídá i celkem nevelký počet až dosud vyhledaných a uznaných výběrových stromů buku (celkem 343 jedinců).

Jedním ze souboru opatření využitelných mj. i pro reprodukci genových zdrojů vybraných populací lesních dřevin jsou výzkumné plochy provenienční a ověřovací. I když zakládání těchto ploch sleduje specifické cíle (získání informací o proměnlivosti, testování populací), lze biologický materiál využít i pro další účely šlechtitelského charakteru, mj. i k reprodukci dílčích populací zastoupených na plochách. V úvahu přichází především odběr rostlinného materiálu pro vegetativní množení (roubování, řízkování, kultury *in vitro*). Až

dosud bylo v ČR založeno devět provenienčních a ověřovacích ploch s bukem lesním. Jedna z ploch pochází z r. 1972, ostatní z r. 1984. Na plochách je soustředěno asi 50 potomstev různých dílčích populací, vesměs uznaných jednotek z ČR i ze Slovenska. Pro porovnání jsou vysázeny i některé dílčí populace z Maďarska. Plochy jsou založeny na LS Pelhřimov, Milevsko, Broumov a na bývalém výzkumném objektu VÚLHM Jiloviště-Strnady. Stav ploch je velmi dobrý, plochy jsou hodnoceny a dílčí výsledky jsou k dispozici. Plochy jsou již natolik vzrostlé, že je možný odběr rostlinného materiálu pro vegetativní množení.

V r. 1995 založil V. Hynek v rámci mezinárodního projektu další výzkumnou plochu provenienční se 49 vybranými proveniencemi z areálu buku v Evropě. Navíc bylo vysazeno dalších 14 ploch akcesorických celkem se 24 proveniencemi z České republiky. Až dosud založené výzkumné plochy provenienční s bukem, na nichž je zastoupena i řada proveniencí ze Slovenské republiky, by měly přinést mj. významné informace o geneticky podmíněné proměnlivosti buku v podmínkách střední Evropy, zejména však České republiky.

Statické metody používané nebo uvažované pro zachování genových zdrojů rostlin, tedy i lesních dřevin, představují v podstatě konzervaci rostlinných orgánů, pletiv. K těmto metodám patří zejména banky lesního osiva, banky pylu lesních dřevin, banky rostlinných explantátů. Teoreticky se uvažuje i o skladování extrahované DNK a o skladování organel dřevin, které jsou nositeli extranukleárních genetických informací. Patří k nim mitochondrie a plastidy.

Podobně jako u dubů nelze semena buku lesního v bankách osiva dlouhodobě skladovat. Uložení v chladárnách umožňuje podle dostupných informací udržení přijatelné životnosti osiva zatím maximálně na dobu pěti let. Toto období je dostatečně dlouhé z hlediska praktického lesního semenářství, avšak příliš krátké, ještě posuzujeme problematiku z hlediska záchrany a reprodukce genových zdrojů. Dlouhodobé skladování pylu buku v bankách pylu je reálné (podobně jako u řady dalších větrosnubných rostlin), zatím však není z dostupné literatury známo, že by se tento postup pro buk ve větším rozsahu využíval. Banky rostlinných explantátů v laboratorních podmínkách (*in vitro*) představují perspektivní metodu ke konzervaci genových zdrojů lesních dřevin. Počítá se mj. s tzv. kryokonzervací, tj. uchováváním rostlinných explantátů při velmi nízkých teplotách. Tyto metody jsou v současné době na některých pracovištích předmětem základního výzkumu.

ZÁVĚRY

Celková výměra porostů buku lesního v lesích ČR poklesla na kritickou úroveň pouhých 5,5 % podle plochy. V některých lesních oblastech buk v důsledku hospodaření řady minulých desetiletí až do současnosti téměř vymizel. Základna porostů buku, vhodných pro sklizeň osiva i přirozenou obnovu, je zatím ještě nedo-

statečná se zřetelem na cíl zvýšit podíl buku v druhové skladbě lesních porostů v ČR na více než trojnásobek současného stavu. Porosty buku jsou – podobně jako ostatních lesních dřevin – ohrožovány škodlivými vlivy prostředí, zejména znečištěním ovzduší a ve zvýšené míře některými jeho složkami (oxidy dusíku, ozon aj.). Mnohé dospělé a přestárlé porosty, významné z hlediska lesního semenářství a šlechtění lesních dřevin, jsou postupně těženy, aniž by v některých případech docházelo k jejich žádoucí přirozené obnově. Kultury, nálety a nárosty buku lesního, pokud nejsou dostatečně chráněny oplocením, poškozuje a ničí zvěř, která se tak stala jedním z limitujících faktorů úspěšné obnovy a rekonstrukce lesních porostů. Genové zdroje buku lesního v ČR jsou vážně ohroženy. S ohledem na tyto skutečnosti je třeba považovat za aktuální zejména tyto úkoly:

- Posoudit stav přírodních rezervací se zastoupením buku a v dohodě s orgány ochrany přírody stanovit a realizovat takový režim ochrany a hospodaření (management), který by zajišťoval kontinuitu populací lesních dřevin v zastoupených rezervacích do budoucna.
- Dokončit realizaci projektu genových základů, dodržovat a rozvíjet navržený režim hospodaření především se zřetelem k reprodukci genových zdrojů buku a dalších dřevin cestou přirozené obnovy.
- Uskutečňovat programy na zvýšení plochy porostů buku uznaných ke sklizni osiva a současně realizovat plán dalšího zakládání semenných porostů buku.
- Vyloučit holosečnou obnovu v bukových porostech a v porostech smíšených se zastoupením buku. Orientovat se zásadně na přirozenou obnovu buku cestou podrostní a násečné formy pasečného způsobu hospodaření s využitím všech vhodných pěstebně-technických opatření a ochrany lesů (ochrana před škodami zvěří aj.).
- Ve smíšených porostech s příměsí buku, zvláště v porostech převážně smrkových, věnovat v rámci výchovy pozornost přimíšeným a vtrošeným bukům, vhodnými a důslednými výchovnými zásahy vytvářet podmínky pro fruktifikaci a přirozenou obnovu.
- Uplatňovat v praxi vhodnou předosevní přípravu semen buku tak, aby počet vypěstovaných semenáčků z hmotnostní jednotky osiva byl výrazně zvýšen.
- V rámci lesnického výzkumu pokračovat v experimentálních a ověřovacích pracích spojených s autovegetativním množením buku. Pokračovat v pracích orientovaných na možnost dlouhodobého skladování semen buku.

Literatura

- RAMBOUSEK, J., 1989a. Objektivizace kritérií pro zařazování bukových porostů do kategorií fenotypové klasifikace. Zprávy lesn. Výzk., XXXIV, 1: 6–9.
- RAMBOUSEK, J., 1989b. Proměnlivost hospodářsky významných morfologických znaků populací buku moravských Karpat. Zprávy lesn. Výzk., XXXIV, 4: 7–12.

ŠINDELÁŘ, J., 1983. Inventarizace genofonu buku lesního jako základ opatření pro jeho udržení, reprodukci a využití. Práce VÚLHM, 63: 9–47.

ŠINDELÁŘ, J., 1985a. K otázce reprodukce buku lesního na šlechtitelském základě. Lesn. Práce, 64: 251–256.

ŠINDELÁŘ, J., 1985b. Přehled současných poznatků o geografické proměnlivosti buku lesního se zvláštním zřetelem k podmínkám ČSSR. Stud. infor. Lesnictví, 1, VÚLHM Jiloviště-Strnady, ODIS: 66.

ŠINDELÁŘ, J., 1987. Praktické závěry z výzkumu proměnlivosti buku v ČR. Zprávy lesn. Výzk., XXXII, 1: 1–5.

ŠINDELÁŘ, J., 1989a. Rámcové projekty k realizaci opatření k záchraně a reprodukci genofonu lesních dřevin. Les. průvodce VÚLHM, 1: 36.

ŠINDELÁŘ, J., 1989b. Výhledový plán semenářských zdrojů – uznané porosty kategorie A, B. Les. průvodce VÚLHM, 3: 54.

ŠINDELÁŘ, J., 1990. Genové základny lesních dřevin v České republice. Les. průvodce VÚLHM, 2: 45.

ŠINDELÁŘ, J., 1991. Nástin opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů lesních dřevin listnatých v České republice. II. Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). Zprávy lesn. Výzk., XXXVI, 2: 1–6.

ŠINDELÁŘ, J., 1994. Možnosti optimalizace druhové skladby lesů v ČR. [Závěrečná zpráva.] VÚLHM Jiloviště-Strnady: 82 (rukopis).

Došlo 18. 8. 1995

GENETIC RESOURCES OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN THE CZECH REPUBLIC – MEASURES AIMED AT CONSERVATION AND REPRODUCTION

J. Šindelář

Forestry and Game Management Research Institute, 156 04 Jiloviště-Strnady

European beech area in the Czech Republic decreased to the critical level of 5.5% of the total forest area. Forest management of several last decades almost caused beech disappearance in some forest regions. The base of beech stands suitable for seed gathering and natural regeneration is insufficient from the viewpoint of our silvicultural aim – to improve the present beech percentage in Czech forests composition more than three times. Beech stands, similarly like stands of other tree species, are threatened with harmful environmental factors, particularly with air pollution by nitrogen oxides, ozone, etc. Many mature and superannuated forests, valuable from the viewpoint of forest seed-production and breeding, are continually felled without their desirable natural regeneration. European beech plantations, natural seedlings and young stands without protection by fence are damaged and destroyed by game. Game became a limiting factor in successful regeneration and reconstruction of forest stands. Gene resources of European beech in the Czech Republic are seriously threatened. Due to these facts, the following tasks should be considered as very topical:

– Condition assessment of national nature reserves with European beech, and (in cooperation with Ancient Monument Department and Nature Conservation) protection and management regime establish-

ment and realization for continual survival of forest woody species there in the future.

- Implementation of gene pool projects, keeping and developing proposed regime of management (first of all with respect to gene resources reproduction of beech and other tree species by means of natural regeneration).
- Implementation of projects on increase and establishment of beech certified seed stands area.
- Elimination of clear felling system of regeneration in beech stands and mixed stands with beech. Preference of beech natural regeneration by means of shelterwood management system with application of all appropriate silvicultural measures and protective means (browsing protection, etc.).
- Support of beech trees fructification and natural regeneration in mixed stands (mainly with Norway spruce superiority) by means of proper tending (stand improvement).
- In the scope of forest research, experimental and pilot works connected with autovegetative propagation of beech would be continued. Works devoted to problematics of long-term beech seed storage would be continued as well. Problematics of suitable pre-sowing preparation (increase of seedlings number per mass unit of seed) should be solved and verified.

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Šindelář, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jiloviště-Strnady, Česká republika

THE EFFECTS OF EXTERNAL AND INTERNAL FACTORS ON ROOTING OF CURLY BIRCH (*BETULA PENDULA*, VAR. *CARELICA*) SHOOTS *IN VITRO*

ÚČINKY VONKAJŠÍCH A VNÚTORNÝCH FAKTOROV NA ZAKORENENIE VÝHONKOV BREZY SVALCOVITEJ (*BETULA PENDULA*, VAR. *CARELICA*) V PODMIENKACH *IN VITRO*

J. Ďurkovič

Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: The experiments described in this report were undertaken in order to optimize external and internal requirements for high efficient rooting of curly birch shoots *in vitro*. Adventitious shoots established from 20 years old tree designated as *Bpc11-1/92* were cultured on basal WPM medium with half concentration of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and rooted on rooting medium supplemented with 0.1 mg.l^{-1} NAA. Enhanced percentage frequency of rooted shoots was observed when stem base was removed and shoots were grown actively. 24 h photoperiod significantly decreased rooting in comparison with the standard 16 h one. Both high concentration of organic compounds and the absence of sucrose in the medium reduced root initiation.

Betula pendula, var. *carelica*; *in vitro* rooting; medium components

ABSTRAKT: Cieľom štúdie bolo zistenie a optimalizácia vonkajších a vnútorných faktorov na dosiahnutie zvýšenej kapacity zakorenených výhonkov brezy svalcovitej v podmienkach *in vitro*. Na založenie kultúry adventívnych výhonkov boli použité dormantné púčiky a nodálne segmenty odobraté z 20-ročného genotypu *Bpc11-1/92*. Explantáty boli kultivované na základnom nutričnom médiu WPM s polovičnou koncentráciou $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a na stimuláciu rizogenézy bolo doplnené o $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ NAA. Kultúry boli pravidelne pasážované v štvortýždňových intervaloch po dobu troch rokov. Zvýšené percento zakorenenia výhonkov bolo pozorované, keď sa zrezali 1–2 mm stonkovej bázy pred prenosom na zakoreňovacie médium, pričom výhonky boli predtým pravidelne pasážované. 24-hodinová fotoperiódou štatisticky významne znížila zakoreňovanie v porovnaní so štandardne zaužívanou 16-hodinovou fotoperiódou. Vysoké koncentrácie organických komponentov WPM média a absencia sacharózy ako zdroja uhľohydrátov mali negatívny účinok na rast koreňov.

Betula pendula, var. *carelica*; zakoreňovanie *in vitro*; komponenty média

INTRODUCTION

Forest tree breeding is affected by several problems such as prolonged juvenility, irregularity in flowering, poor seed set, dormancy, large size, etc. Since an elaborated program of breeding with successive generations of trees becomes impracticable, selection is a very useful method to obtain genetically defined clones for propagation. A genetic gain depends on vegetative propagation for maintaining desirable traits. In many cases, however, vegetative means are not quite convenient and successful as cuttings from many useful trees are recalcitrant to rooting. If plantlets could be regenerated through cell and tissue culture techniques, their mass propagation could be significantly

improved (Srivastava et al., 1985). *In vitro* approaches have rendered trees to an appropriate size for experimentation and manipulation for various genetic purposes. It is now becoming possible to achieve clonal propagation of even older trees (Bonga, von Aderkas, 1992).

The genus *Betula* is very useful in afforestation as a nurse and a pioneer tree for the improvement of raw material soil (Srivastava, Steinhauer, 1981). *Betula pendula* Roth. (European birch) is an important timber tree in Europe, *Betula pendula*, var. *carelica* (curly birch) is a wanted decorative tree exploited in horticulture. Regeneration techniques of the genus *Betula* are also elaborated by means of *in vitro* approaches (Ditmar, 1991; Ďurkovič, Ditmar,

1994; Chalupa, 1981, 1989; Ryyänen, Ryyänen, 1986; Särkilahti, 1988, 1989).

The aim of experiments described in this paper was to investigate the effects of shoot growth rate, daylength and medium components of sucrose and organic compounds, and thereby to optimize initiation and growth of curly birch roots *in vitro*.

MATERIAL AND METHODS

Adventitious shoot cultures represented by the vigorous genotype *Bpc11-1/92* were established from winter dormant buds of 20 years old tree of *Betula pendula*, var. *carelica* using the technique described by Đurkovič, Dítmar (1994). The basal WPM medium (Lloyd, McCown, 1980) was medium (M) concentrations of minerals and organic compounds [Tab. I, modification only in half concentration of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$], supplemented with 20 g.l^{-1} sucrose, 6 g.l^{-1} agar and 0.1 mg.l^{-1} NAA. The pH of all media was adjusted to 5.6 – 5.8 with 1 M KOH before autoclaving at 121 °C for 20 min. Shoots were cultured at a day temperature of 25 °C and a night temperature of 19 °C with 16 h light/6 h dark lighting regimes using cool white fluorescent lamps providing the light irradiance of 62.5 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, unless otherwise specified. Shoots were sub-cultured every four weeks and the percentage frequency of shoots which initiated roots was recorded. Four experiments were carried out in order to investigate the effects of external (shoot growth rate, and daylength) and internal factors (sucrose and medium organic compound concentrations) on rooting of curly birch shoots. Actively growing adventitious shoots, length more than

1 cm, were used in all experiments except for two treatments in the first experiment. Since shoot growth rate may be affected by exhausting nutrient components from the medium after a certain period or decreasing the uptake of these components through basal callus tissue, which often occurs on stem base as a wounding reaction, four treatments were tested in this experiment:

I. actively growing shoots, which were excised adventitious shoots from the multiple shoot culture, maintained by regular transfer to fresh WPM medium [half concentration of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, supplemented with 0.5 mg.l^{-1} BAP] at four week intervals using optimal culture conditions as described by Đurkovič, Dítmar (1994), with removal of 1 to 2 mm of stem base prior to culture on basal medium supplemented with 0.1 mg.l^{-1} NAA;

II. actively growing shoots with stem bases left;

III. slow-growing shoots, which were excised adventitious shoots from the multiple shoot culture, growing for eight weeks on WPM medium [half concentration of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, supplemented with 0.5 mg.l^{-1} BAP] without being transferred, with removal of 1 to 2 mm of stem base prior to culture on basal medium supplemented with 0.1 mg.l^{-1} NAA;

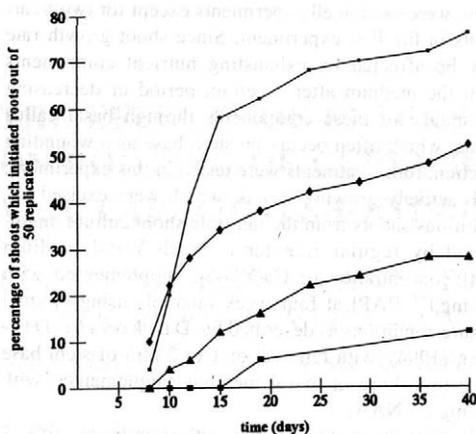
IV. slow-growing shoots with stem bases left.

Three different day/night regimes including 12/12, 16/8 and 24/0 h ones were used in the second experiment to explore the effect of daylength on root initiation. The effects of sugar component and its concentration were tested using basal medium supplemented with 0, 10, 20 and 30 g.l^{-1} sucrose, respectively. Three variants of basal medium with medium, high and nil concentrations of the myo-inositol, glycine, thiamine-HCl, nicotinic acid and pyridoxine as medium organic com-

I. Components and concentrations of minerals and organic compounds used in WPM medium (Lloyd, McCown, 1980)

Components	Concentration range		Components	Concentration range	
	Medium (M)			Medium (M)	High (H)
Macronutrient elements	(mg.l ⁻¹)		Organic compounds	(mg.l ⁻¹)	(mg.l ⁻¹)
NH ₄ NO ₃	400		myo-Inositol	100	200
CaCl ₂ ·2H ₂ O	96		Glycine	2.0	20
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O*	556 (278)*		Thiamine-HCl	1.0	20
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370		Nicotinic acid	0.5	1.0
KH ₂ PO ₄	170		Pyridoxine	0.5	1.0
K ₂ SO ₄	990				
Micronutrient elements	(mg.l ⁻¹)				
H ₃ BO ₃	6.2				
MnSO ₄ ·H ₂ O	22.3				
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.6				
Na ₂ EDTA	37.3				
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27.8				
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.25				
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.25				

* Modification of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ concentration, since half concentration of this component improved shoot multiplication (Đurkovič, Dítmar, 1994).



1. Percentage of shoots which initiated roots as affected by the growth rate of shoots and removal of 1–2 mm of stem base

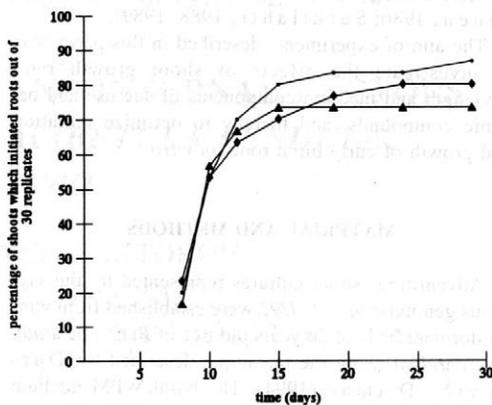
- actively growing shoots, bases removed
- ◆ actively growing shoots
- ▲ slow-growing shoots, bases removed
- slow-growing shoots

pounds (Tab. I) were prepared in order to test the effects of various concentration ranges of the above compounds. Differences between the individual treatments were tested by Wilcox's test, however, Mann-Whitney's test was used in the first experiment to test differences between the treatment of slow-growing shoots and other treatments in this experiment because of unbalanced design.

RESULTS AND DISCUSSION

EFFECT OF SHOOT GROWTH RATE

Four treatments were used to evaluate the effects of shoot growth rate and removal of 1 to 2 mm of stem base on root initiation. The highest rate of root initiation was obtained on actively growing shoots with stem base removed (Fig. 1, Tab. II). Shoot growth deteriorates if shoot cultures are not sub-cultured regularly, usually at three or four week intervals. The majority of roots initiated on a small amount of the callus tissue



2. Percentage of shoots which initiated roots as affected by photoperiod during cultivation

- 16 h photoperiod
- ◆ 12 h photoperiod
- ▲ 24 h photoperiod

which was produced on the section surface. As root initiation was poor in some treatments, this experiment continued for 40 days. Removal of 1 to 2 mm of stem base probably removes a suberized tissue and thereby allows better absorption of medium components and promotes root initiation. In addition, the callus growth at the section surface may be a reaction to wounding and this may stimulate root production.

EFFECT OF DAYLENGTH

Optimizing daylength during cultivation is an important step when we work with mature tissues which are more difficult to root than juvenile ones. Shoots were cultured with 12/12, 16/8 and 24/0 h day/night regimes and enhanced root initiation was observed by decreasing daylength (Fig. 2, Tab. III) with the largest responses occurring on days 8 to 15. During 24 h days *in vitro* plantlets produced less callus than other treatments. The use of darkened bases on culture vessels enhanced root initiation with apical tips of *Carica papaya* seedlings

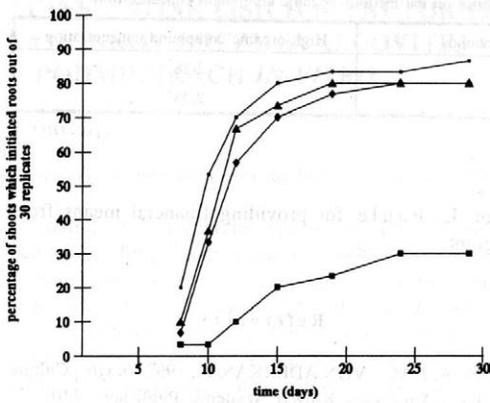
II. Wilcox's and Mann-Whitney's tests of differences between the particular treatments in dependence on the shoot growth rate and removal of stem base

Treatment	Actively growing shoots	Slow-growing shoots, bases removed	Slow-growing shoots
Actively growing shoots, bases removed	2.25* ¹⁾	2.61** ¹⁾	-2.91** ²⁾
Actively growing shoots		2.61** ¹⁾	-3.03** ²⁾
Slow-growing shoots, bases removed			-2.23* ²⁾

Significance labels:

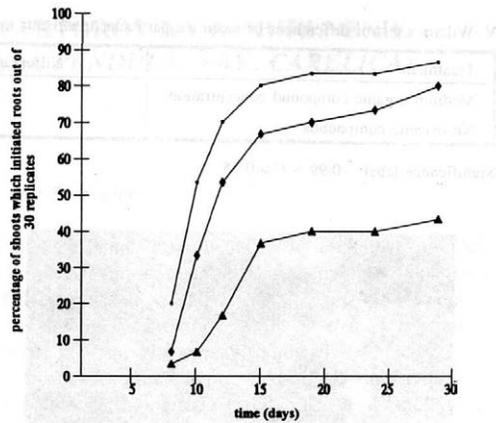
** 0.999 > P > 0.99, * 0.99 > P > 0.95

¹⁾Wilcox's test, ²⁾Mann-Whitney's test



3. Percentage of shoots which initiated roots as affected by sucrose concentration

- sucrose concentration 20 g.l⁻¹
- ◆ sucrose concentration 10 g.l⁻¹
- ▲ sucrose concentration 30 g.l⁻¹
- nil sucrose



4. Percentage of shoots which initiated roots as affected by organic compounds

- M (medium) organic compound concentration
- ◆ nil organic compounds
- ▲ H (high) organic compound concentration

by reducing light to the basal region of the shoot (Drew, 1987). That report is consistent with the effects of increased daylength reducing root initiation in these experiments.

EFFECT OF SUGAR COMPONENT AND ITS CONCENTRATION

Four treatments with different final concentrations (0, 10, 20 and 30 g.l⁻¹) of sucrose in the basal medium were carried out. Root initiation was significantly reduced without the sucrose (Tab. IV), however, varying concentrations of this component in the medium did not

affect the root initiation process substantially (Fig. 3). Roots on 10 g.l⁻¹ sucrose were whiter and of better quality compared with those on higher concentrations which were thickened. This was similar to auxin (IBA) effects reported on papaya *in vitro* culture (Drew, 1987). Thus sucrose concentration may affect the uptake or assimilation of auxin.

EFFECT OF MEDIUM ORGANIC COMPOUNDS

Shoots were cultured on basal medium with medium (M), high (H) and nil concentrations of organic compounds. On the medium containing H organic compounds, root initiation was significantly reduced (Fig. 4, Tab. V). For some medium organic compounds as vitamins it was shown to photooxidize auxins in the presence of light (Gorst et al., 1983). Thus, with H organic compounds containing vitamins the rapid photooxidation of auxins may reduce *in vitro* rooting. There was a small difference in root initiation between nil and M organic compounds. Without organic compounds in the medium, resultant roots were discolored, short, thick and had necrotic tips.

III. Wilcoxon's test of differences between the particular treatments in dependence on the photoperiod

Treatment	12 h photoperiod	24 h photoperiod
16 h photoperiod	1.78 NS	2.11*
12 h photoperiod		1.01 NS

Significance labels:

* 0.99 > P > 0.95, NS not significant

IV. Wilcoxon's test of differences between the particular treatments in dependence on the sucrose concentration

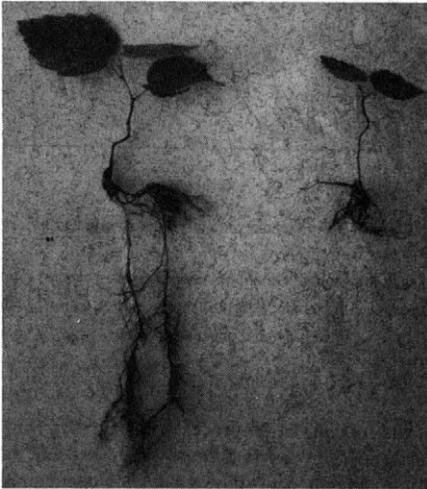
Treatment	Sucrose concentration 10 g.l ⁻¹	Sucrose concentration 30 g.l ⁻¹	Nil sucrose
Sucrose concentration 20 g.l ⁻¹	2.28*	2.28*	2.28*
Sucrose concentration 10 g.l ⁻¹		1.89 NS	2.28*
Sucrose concentration 30 g.l ⁻¹			2.28*

Significance labels:

* 0.99 > P > 0.95, NS not significant

Treatment	Nil organic compounds	High organic compound concentration
Medium organic compound concentration	2.28*	2.28*
Nil organic compounds		2.28*

Significance label: * 0.99 > P > 0.95



5. Comparison of root developmental stages of young seedling adapted to *in vivo* conditions (left) and shoot just rooted *in vitro* (right)

The commercial application of curly birch tissue culture techniques requires high root initiation rates and repeatability of results. Experiments described above were carried out with an attempt to optimize external and internal factors for root initiation process. An important factor is the effect of auxin component and its concentration (Schiefelbein, Benfey, 1991), however, this effect was reported previously (Đurkovič, Ditmar, 1994). With optimal conditions described in these experiments – a basal WPM medium with half concentration of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, medium concentrations of minerals and organic compounds, 20 g.l⁻¹ sucrose, 0.1 mg.l⁻¹ NAA, 16 h photoperiod, and regular sub-culture – high root initiation rates were achieved. Fig. 5 shows developmental stages of root systems of several weeks old seedling adapted to *in vivo* conditions and rooted shoot cultured under the above stated conditions. The application of results presented here to achieve consistently high rooting percentages would facilitate a curly birch commercial practice.

Acknowledgement

The author would like to thank Mrs. Z. Slančíková for her indispensable technical assistance and to

Prof. L. Paule for providing financial means from a grant.

References

- BONGA, J. M. – VON ADERKAS, P., 1992. *In vitro* Culture of Trees. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 240.
- DITMAR, O., 1991. *In vitro* regeneration of Curly birch, *Betula pendula* var. *carelica*. *Thaiszia*, 1: 119–124.
- DREW, R. A., 1987. The effects of medium composition and cultural conditions on *in vitro* root initiation and growth of papaya (*Carica papaya* L.). *J. Hort. Sci.*, 62: 551–556.
- ĐURKOVIČ, J. – DITMAR, O., 1994. *In vitro* propagácia brezy svalcovitej, *Betula pendula*, var. *carelica*, orgánovými kultúrami. *Lesnictví-Forestry*, 40: 470–474.
- GORST, J. R. – SLAYTOR, M. – DE FOSSARD, R. A., 1983. The effect of indole-3-butyric acid and riboflavin on the morphogenesis of adventitious roots of *Eucalyptus ficifolia* f. Muell. grown *in vitro*. *J. Exp. Bot.*, 34: 1503–1515.
- CHALUPA, V., 1981. *In vitro* propagation of birch (*Betula verrucosa* Ehrh.). *Biol. Plant.*, 23: 472–474.
- CHALUPA, V., 1989. Micropropagation of mature trees of birch (*Betula pendula* Roth.) and aspen (*Populus tremula* L.). *Lesnictví*, 35: 983–993.
- LLOYD, G. – McCOWN, B. H., 1980. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel (*Kalmia latifolia*) by use of shoot tip culture. *Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 30: 421–427.
- RYYNÄNEN, L. – RYYNÄNEN, M., 1986. Propagation of adult curly-birch succeeds with tissue culture. *Silva fenn.*, 20: 139–147.
- SÄRKILÄHTI, E., 1988. Micropropagation of a mature colchicine-polyploid and irradiation-mutant of *Betula pendula* Roth. *Tree Physiol.*, 4: 173–179.
- SÄRKILÄHTI, E., 1989. *In vitro* propagation of several *Betula* species representing various ploidy levels. *Ann. Sci. For.*, 46 (Suppl.): 152–154.
- SCHIEFELBEIN, J. W. – BENFEY, P. N., 1991. The development of plant roots: new approaches to underground problems. *Plant Cell*, 3: 1147–1154.
- SRIVASTAVA, P. S. – STEINHAEUER, A., 1981. Regeneration of birch plants from catkin tissue cultures. *Plant Sci. Lett.*, 22: 379–386.
- SRIVASTAVA, P. S. – STEINHAEUER, A. – GLOCK, H., 1985. Plantlet differentiation in leaf and root cultures of birch (*Betula pendula* Roth.). *Plant Sci.*, 42: 209–214.

Received 10 March 1995

ÚČINKY VONKAJŠÍCH A VNÚTORŇNÝCH FAKTOROV NA ZAKORENENIE VÝHONKOV BREZY SVALCOVITEJ (*BETULA PENDULA*, VAR. *CARELICA*) V PODMIENKACH *IN VITRO*

J. Ďurkovič

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Štúdium bolo zamerané na zistenie vplyvu vonkajších (dĺžka fotoperiody a rastová rýchlosť výhonkov) a vnútorných faktorov (koncentrácie sacharózy a organických komponentov média) pri zakoreňovaní adventívnych výhonkov kultúry brezy svalcovitej, *Betula pendula*, var. *carelica*, genotyp *Bpc11-1/92*. Ako základné kultivačné médium bolo použité WPM s protokolárnou koncentráciou minerálov a organických látok (Tab. I). *In vitro* kultúry boli pasážované každé štyri týždne, výnimkou je len prvý pokus, v ktorom sa sledovalo percento rizogenézy aj pomaly rastúcich výhonkov, ktoré boli pred sledovaným pokusom kultivované osm týždňov bez pasážovania. Teplota bola nastavená na konštantné hodnoty 25 °C cez deň a 19 °C cez noc, intenzita osvetlenia bola 62.5 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Rozdiely medzi jednotlivými variantami pokusov boli testované Wilcoxonovým testom, iba v prvom prípade sledovania vplyvu rastovej rýchlosti a odstránenia stonkovej bázy na proces rizogenézy bol použitý aj Mann-Whitneyov test, a to pri testovaní varianty pomaly rastúcich výhonkov so zvyšnými tromi sledovanými variantami, keďže táto varianta sa vyznačovala nerovnakým počtom pozorovaní.

Pri sledovaní účinku rastovej rýchlosti bolo najvyššie percento zakorenenia výhonkov pozorované pri va-

riante optimálne kultivovaných výhonkov s pravidelným pasážovaním, ktoré mali stonkové bázy odstránené. Nepravidelné pasážovanie, t. j. *in vitro* kultivácia po dobu ôsmich týždňov bez pasáže, štatisticky významne znížilo percento rizogenézy (obr. 1).

Ako najvhodnejšia pre zakoreňovanie sa ukázala 16-hodinová fotoperiода (86,67 %), pri 24-hodinovej fotoperiode bolo percento zakorenených výhonkov najnižšie (obr. 2).

Absencia sacharózy ako zdroja uhlíka štatisticky významne znížila percento zakorenených výhonkov a jej prítomnosť v kultivačnom médiu je nepostrádateľná. Na druhej strane však koncentrácia tohto komponentu nebola rozhodujúca pre úspešný priebeh zakorenenia (obr. 3).

Protokolárna koncentrácia organických komponentov WPM média sa osvedčila ako najvhodnejšia. Vysoké koncentrácie týchto organických látok mali negatívny účinok na rast koreňov (obr. 4).

Údaje prezentované v práci poskytujú dôležitý pohľad na nutričné a kultivačné požiadavky v procese *in vitro* rizogenézy brezy svalcovitej. Výsledky je možné zužitkovať na dosiahnutie zvýšenej kapacity *in vitro* mikropropagovaných rastlín (obr. 5) tejto dreviny.

Contact Address:

Mgr. Jaroslav Ďurkovič, Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

PŮDA A PŮDNÍ MIKROFLÓRA NÁRODNÍ PŘÍRODNÍ REZERVACE VELKÝ ŠPIČÁK

SOIL AND SOIL MICROFLORA OF THE NATIONAL NATURE PRESERVE VELKÝ ŠPIČÁK

B. Grunda¹, J. Vorel²

¹ Milénova 9, 638 00 Brno

² Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Lesnická 37, 613 00 Brno

ABSTRACT: The soils of Velký Špičák National Nature Preserve were formed on cordierite-biotitic gneiss. The soil type Cambisol was formed during the process of brown soil formation, and it was discriminated into four varieties on the preserve area. In one of the varieties, the Cambisol formation process is combined with Gleysol formation process. The soils are gravelly to stony, with loamy to clay-loamy fine soil, loose to slightly compacted, with a good supply of available mineral nutrients except phosphorus. The soil varieties also have different vegetation cover: *Fraxinetum-Aceretum*, *Fageto-Aceretum*, *Abieto-Fagetum* with *Fageto-Abietum* (according to Zlatník). Litter humification is fairly rapid, but somewhat slow in the variety with gley horizon. Surface humus of the forms mull-moder, moder or mor-moder was formed. Microbial populations in these soils are poor, with prevailing aerobic bacteria, scarce occurrence of actinomycetes, but the portion of fungi is high. Cellulose breakdown is mostly due to the activity of micromycetes, there are few potential lignin decomposing agents. Air nitrogen fixing clostridia were found out in all soil varieties. Some micromycetes have been identified.

forest preserve; plant associations; forest types; forest soils; Cambisol; soil microflora; humus forms

ABSTRAKT: Půdy NPR Velký Špičák vznikly na kordieriticko-biotitické ruce. Hnědozemním procesem se vytvořil půdní typ kambizem, který se na ploše rezervace vylíčil do čtyř variet. U jedné z variet je kambický proces kombinován s procesem glejovým. Půdy jsou šterkovité až kamenité s hlinitou až jílovitohlinitou jemnozemi, kypré až mírně slehlé, dobře zásobené dostupnými minerálními živinami s výjimkou fosforu. Půdní variety se odlišují také vegetačně, je tu zastoupeno *Fraxinetum-Aceretum*, *Fageto-Aceretum*, *Abieto-Fagetum* a *Fageto-Abietum* (podle Zlatníka). Humifikace opadu probíhá příznivě, u variet s glejovým horizontem mírně zpomalené. Vytvořil se povrchový humus forem mull-moder, moder nebo mor-moder. Mikrobiální osídlení půd je chudé, převažují aerobní bakterie, málo se vyskytují aktinomycety, zato účast hub je vysoká. Rozklad celulózy uskutečňují převážně mikromycety, potenciálních rozkladačů ligninu je málo. Ve všech půdních varietách byly zjištěny klostridie poutající vzdušný dusík. Byly identifikovány některé mikromycety.

lesní rezervace; rostlinná společenstva; lesní typy; lesní půdy; kambizem; půdní mikroflóra; formy humusu

ÚVOD

Národní přírodní rezervace Velký Špičák je jednou z lesních rezervací na moravské straně Českomoravské vrchoviny. V letech 1971 a 1972 byl v této rezervaci proveden geobiocenologický výzkum podle metodiky prof. Zlatníka. Výzkum prováděl posluchač Lesnické fakulty bývalé VŠZ v Brně J. Komzák pod vedením Ing. J. Vorla, CSc., tehdejšího odborného asistenta katedry lesnické botaniky a fytoecologie na Lesnické fakultě VŠZ v Brně. Při tomto výzkumu byly na pokus-

ných plochách vykopány půdní sondy, jejichž profily J. Vorel popsal a půdní vzorky odebral. Z půdních vzorků byly v laboratořích katedry pedologie a geologie LF VŠZ provedeny analýzy pedologické a z vybraných profilů i analýzy mikrobiologické.

J. Komzák využil svých zjištění v diplomové práci (Komzák, 1972). Podrobnou geobiocenologickou studii včetně vyhodnocení půdních rozborů napsal Vorel (1994). Cílem příspěvku je nově zhodnotit půdní poměry s využitím současně platné klasifikace a doplnit charakteristiku těchto půd o část půdní mikrobiologickou.

Národní přírodní rezervace Velký Špičák se nachází v Chráněné krajinné oblasti Jihlavské vrchy, asi 3 km na severovýchod od Třeštně. Rezervace má rozlohu 44,96 ha a tvoří ji lesní komplex kolem vrcholových bodů Velký Špičák o nadmořské výšce 733 m a Velké Javoří s nadmořskou výškou 679 m. Plochu zachycuje mapka (obr. 1).

Plocha patří ke katastrálnímu území Třeštně, parcela č. 2954/1, a je součástí Lesního závodu Henčov, poleší Třeštně s čísly porostů 10c, 10c₁ (část), 11c, 11g, 14d, 14f, 15a, 15b, 15c, 15d (část), 19 (část), 20b (část), 20d (část).

Rezervace byla zřízena výnosem Ministerstva školství ze dne 7. 11. 1964, čj. 45171/64-V/2. Navrhovatelé byli prof. Dr. A. Zlatník, DrSc., Dr. J. Ambrož a Ing. J. Málek, CSc. Důvodem ochrany tohoto území je zachování původních lesních společenstev jedlovo-bukového vegetačního stupně s původními podrostovými druhy. Návrh návazal na předcházející floristický a fytoocenologický výzkum (Ambrož, 1929/30, 1951; Málek, 1956; Diener, 1958). O rezervaci blíže informuje Horník (1965), Růžička (1970), Baťelka (1974) a Málek (1978).

Půdotvornou horninou rezervace je kordieriticko-biotitická rula, která ve vrcholových partiích rezervace tvoří balvanité a kamenité sutě s vystupujícími skalními bloky. Je to šedá vrstevnatá hornina složená z křemene, živců a slíd. Při zvětrávání se z živců uvolňují rostlinné živiny vápník a draslík, z tmavé slídy (biotit) hořčík a železo. Jako vedlejší součást se v rule vyskytuje kordierit, což je druhotný hlinitokřemičitan se značným obsahem hořčíku.

MATERIÁL A METODY

Půdní vzorky byly odebrány z kopaných půdních sond, jejichž umístění a číslování je shodné s fytoocenologickými zápisy a je patrné z připojeného plánu (obr. 1). Po proschnutí půdních vzorků na vzduchu byla připravena jemnozem prosetím sítem o průměru otvorů 2 mm. Všechny rozbory byly provedeny z jemnozeme. Zrnitostní frakce byly zjišťovány vyplavením vzorků na Kopeckého plavicím přístroji po předběžném roztřepání na třepače po dobu jedné hodiny.

Obsah uhlíku byl stanoven oxidimetricky metodou podle Tjurina, obsah dusíku kjeldalizací. Půdní reakce byla zjišťována potenciometricky skleněnou a kalomelovou elektrodou v suspenzi H₂O (aktivní pH) a v suspenzi nKCl (výměnné pH). Obsah dostupných minerálních živin byl zjišťován z výluhu 1% kyseliny citronové. CaO a K₂O byly stanoveny plamennou spektrální fotometrií na přístroji Flapho 4 (C. Zeiss, Jena), obsah P₂O₅ byl zjišťován kolorimetricky po převedení výluhu na volnou kyselinu fosforečnou a po její reakci s roztokem molybdenanu amonného (vznik fosfomolybdenové modři). Přístupný dusík byl zjišťován podle Pázlera, obsah amoniakálního dusíku byl stanoven nesslerizací.

Uhlíčan vápenatý byl zjišťován volumetricky na Jankově vápnoměru.

Počet půdní mikroflóry byl zjišťován zředovací metodou na agarových živných médiích. Bakterie aerobní i anaerobní byly stanoveny na agaru podle Thorntona, aerobní na Petriho miskách, anaerobní ve zkumavkách se zátkou tušového agaru. Aktinomycety byly stanoveny na škrobovém agaru s přídavkem huminových kyselin a mikromycety na agaru podle Jensena s přídavkem streptomycinu a bengálské červeně. Amonizační mikroflóra byla zjišťována na masopeptonovém agaru (MPA), *Clostridium pasteurianum* v tekutém živném médiu podle Fjodorova ve zkumavkách. Rozkladači celulózy byli zjišťováni podle Puškinské na agaru s kotoučkem sterilního filtračního papíru, producenti polyfenoloxidů na sladinovém agaru s přídavkem taninu (test podle Bavendammy).

Aktivita rozkladu celulózy byla zjišťována na půdních vzorcích s proužky sterilního filtračního papíru (Grunda, 1967), aktivita půdní katalázy byla stanovena manganometricky.

VÝSLEDKY A JEJICH HODNOCENÍ

PŮDNÍ POMĚRY

Půdní poměry byly posuzovány podle popisu půdních profilů a podle výsledků analýz půdních vzorků.

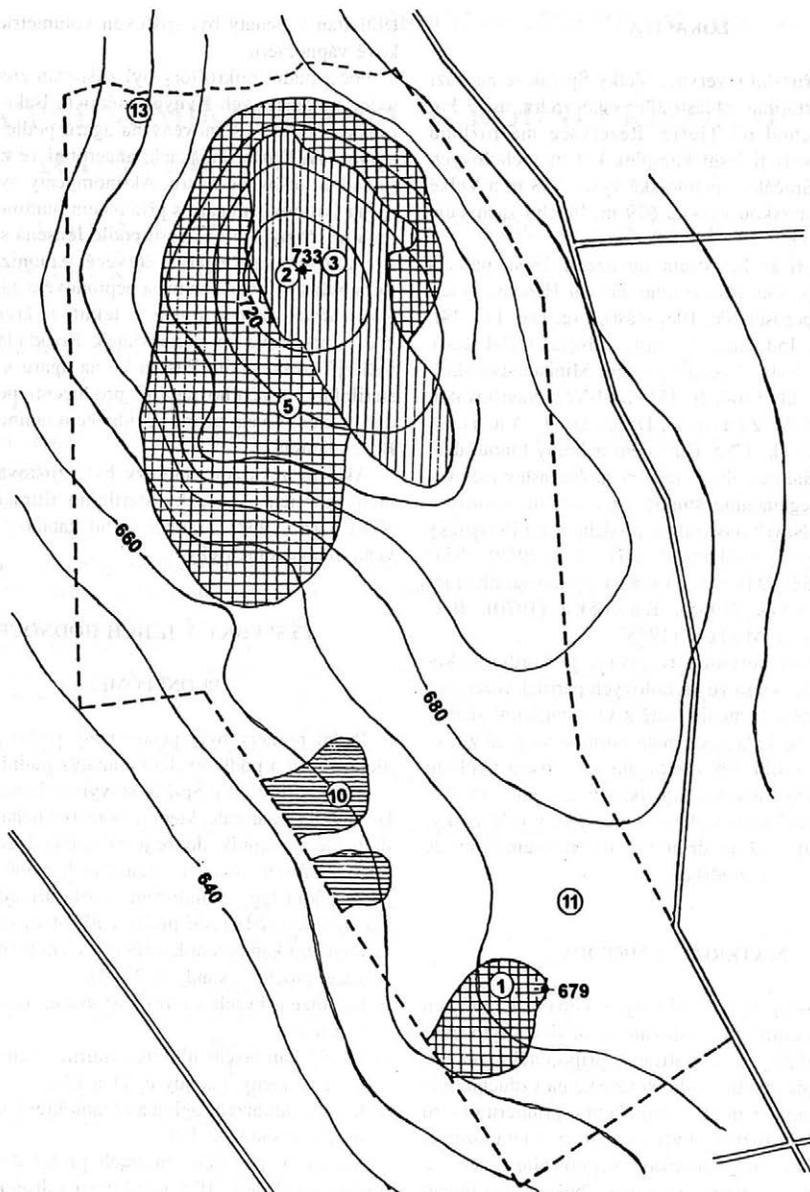
Půda NPR Velký Špičák se vytvořila na kordieriticko-biotitické pararule, která je poměrně bohatá na hořčík, již méně na vápník, dobře je zásobena draslem a velmi málo fosforem. Na této matečné hornině se vytvořil jeden půdní typ – kambizem (podle dřívější Peliškovy klasifikace hnědá lesní půda) v několika varietách:

- humózní kambizem kyselá (ve vrcholové části rezervace, plochy a sondy č. 2 a 3),
- kambizem kyselá (horní část svahů, plochy a sondy č. 5 a 1),
- kyselá kambizem hluboká (mírné svahy, dolní část svahů, plochy a sondy č. 11 a 13),
- kyselá kambizem oglejená (zamokřeně nižší polohy, plocha a sonda č. 10).

Ve všech půdních varietách probíhal hnědozemní proces, na ploše č. 10 v kombinaci s druhotným procesem glejovým.

Jemnozeme půd je hlinitá až jílovitohlinitá a půdní reakce silně kyselá až kyselá. V žádné varietě nebyly zjištěny karbonáty. Ve všech varietách byl zjištěn vysoký obsah dostupného dusíku, což má pro růst lesních dřevin mimořádný význam. U všech variet byla zjištěna příznivá čerstvá vlhkost půdy, u oglejené variety byla půda v horní části profilu čerstvě vlhká, ve spodině až mokrá. Variety se navzájem liší hloubkou prohumóznění, obsahem a velikostí skeletu, celkovou hloubkou půdního profilu a případným působením podzemní vody.

Humózní kambizem kyselá (plochy a sondy č. 2 a 3, *Fraxineto-Aceretum*) se nachází ve vrcholové části rezervace s četnými balvany a skalními bloky na povr-



1. Mapa půdních variet NPR Velký Špičák – A map of soil varieties in the Velký Špičák National Nature Preserve (NNP)

Legenda – Legend:

- ▨ humózní kambizem kyselá, lesní typy 5J1 a 5J4 – acid humic Cambisol, forest types 5J1 and 5J4
- ▤ kambizem kyselá, lesní typ 5A1 – acid Cambisol, forest type 5A1
- kyselá kambizem hluboká, lesní typy 5B1 a 5H3 – deep acid Cambisol, forest types 5B1 and 5H3
- ▥ kyselá kambizem oglejená, lesní typ 5O1 – pseudogley acid Cambisol, forest type 5O1
- - - hranice národní přírodní rezervace – National Nature Preserve boundaries

chu půdy a vyznačuje se zejména značnou hloubkou prohumóznění půdního profilu. Humusovou formu povrchového humusu je možné označit jako mulový moder. Obsah humusu v moliko-umbrikovém horizontu Amu

je vysoký a tento tmavě šedý až šedohnědý horizont zasahuje až do 20–30 cm a potom pozvolna přechází do hnědozemního kambického horizontu Bv. Pod hnědým horizontem Bv následuje horizont zvětraliny matečné

horniny Cd, který je světlejší okrové barvy. V půdním profilu je vysoký obsah kamenitého až balvanitého skeletu, jemnozem je jílovitohlinitá (tab. II). Půdní struktura je v horní části profilu drobtovitá, hlouběji zrnitá. Půda této variety je v celém profilu kyprá nebo v horizontu Bv jen mírně slehlá a je velmi dobře propustná pro vodu i vzduch. V celém profilu byla zjištěna čerstvá půdní vlhkost.

Půdní reakci se tato půda řadí do půd kyselých, avšak její aktivní reakce v povrchovém humusu nezřídka překračuje pH 5 a výměnná reakce se této hodnotě blíží (tab. III). Je to způsobeno především biologickou akumulací bázeických prvků v povrchovém humusu, zejména CaO, patrně i MgO (ten však nebyl zjišťován), ale i K₂O, jak je patrné z hodnot dostupných minerálních živin. Hlouběji do profilu klesá jak pH, tak i obsah dostupných živin. Obsah přístupného dusíku je vysoký a podíl amoniakálního dusíku, který je produktem rozkladu bílkovin, je poměrně nízký. To naznačuje, že amoniakální dusík je poměrně intenzivně oxidován na dusičnany. Poměr C/N v povrchovém humusu i v humózním horizontu Amu činí kolem 22 a dospou v horizontech Bv a Cd klesá na 14 až 16, což svědčí o intenzivním rozkladu organické hmoty půdní mikroflórou

v horní části profilu a následně pozvolnějším rozkladem v nižších částech půdního profilu. Prokořenění půdy je hluboké, hlavní kořenový systém zasahuje do 40 až 60 cm, jednotlivé kořeny pronikají do prostorů mezi balvany i pod 70 cm.

Kambizem kyselá (plochy a sondy č. 5 a 1, *Fageto-Aceretum*) je půdní varetou horních částí svahů s kamenitým až balvanitým skeletem a hlinitou jemnozemi. Formu povrchového humusu lze označit jako moder, protože je přítomna vrstva opadu a pod ní vrstva humusové drtě. Obsah humusu v umbrikovém horizontu Au je vysoký, ale tento horizont není příliš silný, zpravidla zasahuje od 6 do 10 až 11 cm se zřetelným barevným přechodem do metamorfického horizontu Bv. Hnědý až okrový horizont Bv je silně kamenitý až balvanitý, obsah skeletu dospou prudce stoupá. Pozvolnou změnou barvy přechází tento horizont Bv do světle okrové zvětraliny matečné horniny – do horizontu Cd. V horní části profilu je půda jemně drobtovitá a kyprá, ve střední části zrnitá a dospou s tendencí k uléhání. Půda je dobře propustná pro vodu i vzduch a po většinu roku je čerstvě vlhká v celém profilu.

Půdní reakce je silně kyselá až kyselá; značný rozdíl mezi aktivní a výměnnou reakcí naznačuje, že sorpční

I. Terénní, porostní a typologická charakteristika výzkumných ploch (podle V o r l a, 1994, upraveno) – Terrain, stand and type characteristics of research plots (according to V o r e l, 1994, modified)

Plocha číslo ¹	Nadmožská výška, expozice, sklon ²	Porost ³	Podle Zlatníka ⁴		Lesní typ podle Lesoprojektu ⁸	Půdní typ ⁹
			Řada ⁵ Skupina lesních typů ⁶	Lesní typ ⁷		
3	725 m, V, 9°	js 60 %, bk, kl, jilm, jd, sm, db 1, hb, 110–160 r.	C <i>Fraxineto-Aceretum</i> jasanová javořina	<i>Mercurialis perennis</i> – <i>Alium ursinum</i>	5J1 suťová javořina bažanková	humózní kambizem kyselá
2	730 m, Z, 6°	js, klen, mléč, jilm, bk, jd, sm, lp malolistá, 110–160 r.	C <i>Fraxineto-Aceretum</i> jasanová javořina	<i>Mercurialis perennis</i> – <i>Lunaria rediviva</i>	5J4 suťová javořina měsíčnicová	humózní kambizem kyselá
5	710 m, Z, 7°	bk, klen, jilm drsný, js, jd, sm, 120–140 r.	C <i>Fageto-Aceretum</i> buková javořina	<i>Mercurialis perennis</i> – <i>Lamium galeobdolon</i> – <i>Hordelymus europaeus</i>	5A1 kamenitá klenová bučina bažanková	kambizem kyselá
1	675 m, SZ, 7°	bk, 170 r.	C <i>Fageto-Aceretum</i> buková javořina	<i>Mercurialis perennis</i> – <i>Lamium galeobdolon</i> – <i>Hordelymus europaeus</i>	5A1 kamenitá klenová bučina bažanková	kambizem kyselá
11	675 m, SSZ, 3°	bk, vtroušeny jd, sm, 170 r.	B <i>Abieto-Fagetum</i> jedlová bučina	<i>Asperula odorata</i> – <i>Oxalis acetosella</i> – <i>Impatiens noli tangere</i>	5H3 hlinitá jedlová bučina mařinková	kyselá kambizem hluboká
13	665 m, ZSZ, 8°	bk, jd, sm, md, vtroušen kl, jilm drsný, 120–140 r.	B <i>Abieto-Fagetum</i> jedlová bučina	<i>Asperula odorata</i> – <i>Oxalis acetosella</i> – <i>Senecio nemorensis</i> ssp. <i>fuchsii</i>	5B1 bohatá jedlová bučina mařinková	kyselá kambizem hluboká
10	655 m, Z, 7°	smrk s příměsí jd a bk, 140 r. vtroušen js, jiva, ořeš	A/B <i>Fageto-Abietum</i> buková jedlina	<i>Petasites albus</i> – <i>Equisetum sylvaticum</i> – <i>Oxalis acetosella</i>	501 svěží buková jedlina šťavelová	kyselá kambizem oglejená

¹plot no., ²height above sea level, exposure, slope, ³stand, ⁴according to Zlatník, ⁵series, ⁶forest type group, ⁷forest type, ⁸forest type according to Lesoprojekt, ⁹soil type

II. Zrnitost a dostupné minerální živiny v půdě (podle Vorla, 1994, upraveno) – Soil texture and available mineral nutrients in soil (according to Vorel, 1994, modified)

Sonda číslo ¹	Půdní typ ²	Horizont ³	Hloubka ⁴ (cm)	Zrnitost ⁵ (%)				Skelet ⁶ (%)	Dostupné živiny ⁷				
				I	II	III	IV		CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅		
3	humózní kambizem kyselá	Amu	3–6	65,9	18,0	7,6	8,5	50	570	44	7,3		
		Amu	8–12	46,5	27,6	7,1	18,8		14	5	3,1		
		Bv	30–35	50,6	19,0	7,3	23,1		6	3	2,1		
		Cd	60–65	42,0	21,4	7,3	29,3		4	3	2,9		
2	humózní kambizem kyselá	F	3–4					60	690	55	16,9		
		Amu	4–7	49,7	25,7	14,3	10,3		342	21	7,4		
		Amu	15–20	47,0	29,2	7,9	15,9		59	10	4,5		
		Bv	35–40	43,3	27,4	6,5	18,8		16	3	2,9		
		Cd	65–70	48,7	25,9	4,8	20,6	90	8	3	5,0		
		5	kambizem kyselá	F	5–6				30	250	34	5,7	
				Au	7–10	56,9	16,6	8,5		18,0	13	20	5,0
				Bv ₁	15–20	42,7	19,4	8,7		29,2	7	8	2,5
Bv ₂	40–45			37,0	18,1	7,1	37,8	4		2	1,5		
		Cd	65–70	38,1	16,4	9,3	36,2	85	4	2	1,4		
		1	kambizem kyselá	F	4–6				40	432	62	8,1	
				Au	6–10	34,0	29,0	13,9		23,1	40	14	3,6
				Bv ₁	15–20	41,0	28,4	6,1		24,5	6	6	1,8
Bv ₂	35–40			42,8	23,1	6,6	27,5	80		6	4	1,2	
		Cd	60–65	40,4	25,3	6,8	27,5	85	13	3	1,0		
		13	kyselá kambizem hluboká	F	2–4				30	206	37	5,2	
				Au	5–8	38,2	31,1	13,6		17,1	12	10	1,6
				Bv	20–25	41,7	25,5	6,2		26,6	4	4	1,4
Bv	50–55			40,2	24,7	6,4	28,7	3		3	1,5		
		Cd	80–85	33,8	29,1	7,3	29,8	50	8	5	0,7		
		11	kyselá kambizem hluboká	F	5–6				10	340	49	5,2	
				Au	7–10	47,0	14,9	15,2		22,9	76	25	2,9
				Bv ₁	15–20	43,9	15,4	6,5		34,2	14	8	1,6
Bv ₂	40–45			40,6	11,2	7,5	40,7	10		3	1,2		
		Cdg	80–85	37,8	13,4	9,1	39,7	30	14	2	1,2		
		10	kyselá kambizem oglejená	F + H	4–6				15	33	24	2,3	
				Au	6–10	41,5	14,9	27,6		16,0	12	10	2,2
				Bv	15–20	41,6	20,5	7,0		30,9	10	5	0,9
Bvg	40–45			33,1	24,8	10,1	32,0	12		5	1,8		
		Go	70–75	32,8	26,0	11,2	30,0	50	20	4	2,1		

¹pit no., ²soil type, ³horizon, ⁴depth, ⁵texture, ⁶skeleton, ⁷available nutrients

Poznámka – Note: Zrnitost – Texture: I = jílnaté částice – clay particles; II = prach – silt; III = práškový písek – silty sand; IV = písek – sand; dostupné živiny v mg na 1 g půdy – available nutrients in mg per 1 g soil

komplex půdy je nenasyčený. Poněkud vyšší hodnoty pH ve spodině napovídají o rezervách bázičkových prvků v matečné hornině a vyšší hodnoty pH v povrchovém humusu svědčí o biologické akumulaci báží v opadu lesního porostu. To je potvrzeno také hodnotami dostupných minerálií CaO, K₂O a P₂O₅ v povrchovém humusu, které sice nejsou tak vysoké jako u humózní kambizemě, ale přesto na dobré střední úrovni, zvláště u drasla.

Obsah přístupného dusíku je vysoký a podíl amoniakálního dusíku je zřetelně vyšší než u předcházející půdní variety. To naznačuje, že oxidace amoniaku na dusičnany probíhá u této variety pomaleji. Poměry C/N se svými hodnotami podobají stavu v předcházející půdní varietě, což značí nerušeně probíhající rozklad organické hmoty i v této kyselé půdě. Hlavní prokořnění zasahuje do hloubky 35 cm a jednotlivé kořeny pronikají až do 90 cm.

Sonda číslo ¹	Horizont ²	Hloubka ³ (cm)	Humus ⁴ (%)	C (%)	N (%)	C/N	Přístupný ⁵ N		pH	
							Pázler	amon.	H ₂ O	KCl
3	Amu	3–6	51,3	29,8	1,28	23,2	25,8	0,4	5,4	4,7
	Amu	8–12	11,4	6,6	0,29	22,9	9,0	0,2	4,2	3,2
	Bv	30–35	4,5	2,6	0,17	14,9			4,4	3,6
	Cd	60–65	3,0	1,7	0,12	14,5			4,4	3,7
2	F	3–4	63,7	36,9	1,62	22,9	42,0	1,4	5,1	4,6
	Amu	4–7	32,1	18,6	0,84	22,2	9,0	0,6	4,8	4,0
	Amu	15–20	15,5	9,0	0,63	14,3			4,4	3,4
	Bv	35–40	5,5	3,2	0,20	16,0			4,4	3,5
	Cd	65–70	3,3	1,9	0,12	15,7			4,4	3,5
5	F	5–6	60,3	35,0	1,44	24,4	34,2	9,0	3,9	3,2
	Au	7–10	25,3	14,7	0,65	22,7	14,3	0,6	3,5	2,8
	Bv ₁	15–20	6,5	3,2	0,23	14,2			3,8	3,1
	Bv ₂	40–45	2,9	1,7	0,11	15,6			4,1	3,5
	Cd	65–70	2,0	1,1	0,07	15,7			4,4	3,5
1	F	4–6	53,6	31,1			23,0	1,5	4,4	3,8
	Au	6–10	20,0	11,6			11,5	1,7	4,0	3,0
	Bv ₁	15–20	5,1	2,9					4,1	3,1
	Bv ₂	35–40	2,0	1,1					4,5	3,6
	Cd	60–65	1,0	0,6					4,8	3,4
13	F	2–4	70,6	44,1	1,27	34,8	31,4	3,6	3,9	3,2
	Au	5–8	29,8	17,3	0,63	27,3	11,5	0,5	3,4	2,7
	Bv	20–25	3,9	2,3	0,16	13,8			3,9	3,5
	Bv	50–55	1,6	0,9	0,09	11,0			4,2	3,6
	Cd	80–85	1,0	0,6	0,05	10,4			4,6	3,5
11	F	5–6	49,9	28,9			25,8	1,4	4,9	4,0
	Au	7–10	22,7	13,2			11,5	0,6	4,3	3,4
	Bv ₁	15–20	4,4	2,5					4,0	3,0
	Bv ₂	40–45	1,3	0,7					4,6	3,4
	Cdg	80–85	1,0	0,6					4,6	3,3
10	F + H	4–6	67,2	38,9	0,85	45,9	25,8	1,5	3,3	2,6
	Au	6–10	44,8	26,0	0,72	36,2	23,0	0,5	3,0	2,6
	Bv	15–20	6,2	3,6	0,16	23,1			3,5	2,8
	Bvg	40–45	1,8	1,1	0,07	16,3			5,2	3,5
	Go	70–75	1,0	0,6	0,04	17,1			5,5	3,7

¹pit no., ²horizon, ³depth, ⁴humus, ⁵available N, ammonia

Poznámka – Note: přístupný dusík uveden v mg N na 100 g půdy – available nitrogen is given in mg N per 100 g soil

Kyselá kambizem hluboká (plochy a sondy č. 11 a 13, *Abieto-Fagetum*) je půdní varietou rozšířenou na mírně sklonitých svazích rezervace. Je to středně hluboká až hluboká půda s menším podílem drobného až balvanitého štěrku s hlinitou jemnozemi (tab. II). Povrchový humus tvořený vrstvou opadu a drti lze označit jako moder. Umbrikový horizont Au má vysoký obsah humusu a je proto zbarven šedě až tmavošedě, jeho mocnost činí 6 až 7 cm a barevný přechod do spodu je zřetelný. Kambické horizonty Bv jsou poměrně hlubo-

ké, zasahují až do 70 cm a jsou zbarveny hnědě až hnědookrově s pozvolným barevným přechodem do spodu. Potom následuje okrově zbarvená zvětralina matečné horniny – horizont Cd, která je u sondy č. 11 oglejena v důsledku občasného zamokření (horizont Cdg).

Půdní struktura je drobně drobtovitá až zrnitá, horizont Au je kyprý, horizonty Bv jsou mírně slehlé. Přesto je půda dobře propustná pro vodu i vzduch a je dostatečně zásobena vodou v celém profilu během celého

roku. Humifikace probíhá v této půdě dobře až mírně zpomalně a humus poměrně intenzivně prolíná do profilu, takže ještě v 80 až 85 cm bylo zjištěno kolem 1 % humusu. Půdní reakce je kyselá až silně kyselá a značný rozdíl mezi aktivní a výměnnou reakcí naznačuje, že sorpční komplex půdy je nenasyčený. Poněkud vyšší pH ve spodině půdního profilu je důsledkem uvolňování bázičických prvků z matečné horniny; vyšší pH povrchového humusu je důsledkem akumulace těchto prvků v organickém materiálu opadlém na povrch půdy. Obsah dostupných minerálních živin je poněkud nižší než u humózní kambizemě kyselé, přesto však patrně zcela dostačující pro výživu lesního porostu, který je velmi bonitní. Obsah dostupného dusíku je vysoký a podíl amoniakálního dusíku nízký, takže oxidace amoniaku na dusičnany probíhá v této půdě nerušeně.

Vzájemný poměr C/N je v povrchovém humusu i v horizontu Au zřetelně širší než u předcházejících půdních variant, což svědčí o mírně zpomaleném rozkladu opadu. V hlubších půdních horizontech se poměr C/N výrazně zužuje na hodnoty podobné a dokonce nižší než u ostatních variant a svědčí tedy o dlouhodobém dostatečně hlubokém rozkladu organické hmoty v této půdě. Prokořenění zasahuje velmi hluboko do půdního profilu vlivem příznivých fyzikálních vlastností a stále příznivé vlhkosti půdy. Hlavní kořenový systém je rozložen do 40 až 60 cm a jednotlivé kořeny pronikají až do 90 cm. Dřeviny tak mají možnost využívat minerálních živin v celém půdním profilu včetně zvětraliny matečné horniny.

Kyselá kambizem oglejená (plocha a sonda č. 10, *Fageto-Abietum*) je půdní variantou nejnižších, občas zamokřených poloh rezervace, plošně jen málo zastoupenou. Je to středně hluboká půda s hlinitou jemnozemi a menším podílem drobného až kamenitého štěrku, jehož obsah dospodu stoupá. Povrchový humus, tvořený vrstvou listnató-jehličnatého opadu, slehlou vrstvou drti a slabou vrstvičkou měli, je možné označit jako morový moder (mor-moder). Umbrikový horizont Au je bezstrukturální, jen 4 cm mocný a má šedé zbarvení. Přechází do dosti zřetelně barevně odlišeného horizontu Bv, který je hnědookrový a slehlý. Ten pozvolna přechází do světle okrového a slehlého horizontu Bvg s šedorezivými skvrnami. Pod ním následuje šedohnědý horizont s modravými a rezivými skvrnami, slehlý a štěrkovitý horizont Go.

Půda této variety je bezstrukturální a jen horizont Au je kyprý. Ostatní horizonty jsou slehlé, takže pro vzduch je dobře propustná jen horní část půdního profilu. Tato část profilu je čerstvě vlhká, střední a dolní část vlhká až mokrá. Humifikace probíhá zpomalně, což se v analýzách projevuje zejména na poměru C/N, který je v celém profilu nejširší v porovnání s ostatními variantami; zvláště je to patrné v humusových horizontech (tab. III).

Reakce půdy je silně kyselá, ve spodině jen kyselá. Sorpční komplex je nenasyčený, jak je patrné ze značných rozdílů mezi aktivní a výměnnou aciditou. Obsah dostupných minerálních živin CaO, K₂O i P₂O₅ je

v povrchovém humusu výrazně nižší než v ostatních půdních variantách. V dalších horizontech není žádný rozdíl patrný. Půda má tedy nedostatek dostupných živin v horní části profilu. Jen množství přístupného dusíku je vysoké a odpovídá poměrům ostatních půdních variant. V horní části profilu se také rozprostírá kořenový systém dřevin, dospoda do 60 cm kořeny pronikají jen ojediněle.

Mapku půdních variant bylo možné nakreslit s využitím popisů půdních profilů i mapky lesních typů (Vorel, 1994). Varieta humózní kambizemě kyselé se rozprostírá na ploše obou lesních typů *Fraxinet-Acereta*, varieta kambizemě kyselé na ploše *Fageto-Acereta*, varieta kyselé kambizemě hluboké na ploše obou lesních typů *Abieto-Fageta* a kyselá kambizem oglejená na ploše *Fageto-Abieta* (obr. 1).

MIKROBIÁLNÍ POMĚRY

Charakteristika půdní mikroflóry a její aktivity v půdních variantách je v mnohém ohledu závislá na tom, že jde o jeden půdní typ na stejné lokalitě; je tedy velmi podobná. Všem variantám je společné chudé mikrobiální osídlení a střední biologicky aktivní hloubka. V mikroflóře převažují aerobní bakterie, málo se vyskytují aktinomycety, zastoupení mikromycet je vysoké. Anaerobní bakterie jsou také zastoupeny v poměrně značném množství. Větší část mikroflóry je schopna rozkládat bílkoviny (růst na MPA). Rozklad celulózy v půdě uskutečňují převážně mikroskopické houby, potenciálních rozkladačů ligninu je poměrně málo. Ve všech půdních variantách bylo zjištěno *Clostridium pasteurianum* – poutač vzdušného dusíku.

Humózní kambizem kyselá se vyznačuje relativně nejvyšším celkovým počtem mikroflóry jak v horizontu Amu, tak i v celém půdním profilu. Aktivní biologická hloubka, tj. hloubka s minimálně půl milionem mikroflóry (v 1 g suché půdy), byla u *Fraxinet-Acereta* s diferenciálním druhem *Alium ursinum* daleko nižší než u *Fraxinet-Acereta* s druhem *Lunaria rediviva*, tedy v prvním případě mělká a ve druhém střední. V mikroflóře silně převažují aerobní bakterie s hojnou účastí tyčinkovitých tvarů. Účast aktinomycet je velmi nízká, zato zastoupení mikromycet je vysoké. Druhovná bohatost mikromycet je značná. Vždy se vyskytují rody *Penicillium* a *Aspergillus*, bylo zjištěno *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., zelené *Cladosporium* sp., bílé *Sporotrichum* sp., hnědá *Altermaria*, šedá *Humicola grisea* a hnědá *Humicola fuscoatra*. Počet anaerobních bakterií je rovněž značný – zejména ve spodních částech půdních profilů (tab. IV).

Rozkladači bílkovin tvoří 50 až 60 % celkového počtu mikroflóry. Rozklad celulózy je středně intenzivní až pomalý, probíhá v humózních horizontech Amu a uskutečňují ho převážně houby; kromě nich rozkládají celulózu také bakterie a aktinomycety. Z mikromycet je to zejména *Humicola fuscoatra* a *Humicola grisea*, dále druhy rodu *Chaetomium*, zelenohnědé *Cladospori-*

Sonda číslo ¹	Horizont ²	Hloubka ³ (cm)	Počet mikroflóry ⁴ ($\times 10^3 \cdot g^{-1}$)					Počet mikroflóry ⁴ (%)			
			B	S	F	A	Sa	B	S	F	A
3	Amu	3–6	3 950	13	344	224	4 531	87,2	0,3	7,6	4,9
	Amu	8–12	1 468	11	134	86	1 699	86,4	0,6	7,9	5,1
	Bv	30–35	84	2	4	4	94	89,3	2,1	4,3	4,3
	Cd	60–65	28	0	1	3	32	87,5	0	3,1	9,4
	Celkem			5 530	26	483	317	6 356	87,6	0,8	5,7
2	Amu	4–7	4 868	15	352	216	5 451	89,2	0,3	6,5	4,0
	Amu	15–20	1 492	13	46	49	1 600	93,2	0,8	2,9	3,1
	Bv	35–40	110	2	12	63	187	58,8	1,1	6,4	33,7
	Cd	65–70	28	1	2	4	35	80,0	2,9	5,7	11,4
	Celkem			6 498	31	412	332	7 273	80,3	1,3	5,4
5	Au	7–10	2 416	31	328	114	2 889	83,6	1,1	11,4	3,9
	Bv ₁	15–20	500	4	24	36	564	88,6	0,7	4,3	6,4
	Bv ₂	40–45	22	1	2	6	31	71,0	3,2	6,4	19,4
	Cd	65–70	18	1	1	3	23	78,4	4,3	4,3	13,0
	Celkem			2 956	37	355	159	3 507	80,4	2,3	6,6
13	Au	5–8	3 939	16	136	158	4 249	92,7	0,4	3,2	3,7
	Bv	20–25	746	6	30	40	822	90,7	0,7	3,7	4,9
	Bv	50–55	48	2	2	3	55	87,3	3,6	3,6	5,5
	Cd	80–85	17	1	0	3	21	80,9	4,8	0	14,3
	Celkem			4 750	25	168	204	5 147	87,9	2,4	2,6
10	AU	6–10	2 553	32	142	205	2 932	87,1	1,1	4,8	7,0
	Bv	15–20	652	4	19	21	696	93,7	0,6	2,7	3,0
	Bvg	40–45	57	1	1	2	61	93,5	1,6	1,6	3,3
	Go	70–75	13	0,3	0,2	1	14,5	89,6	2,1	1,4	6,9
	Celkem			3 275	37,3	162,2	229	3 703,5	90,9	1,4	2,6

For 1–3 see Tab. III, ⁴ microflora counts

Poznámka – Note: B = aerobní bakterie – aerobic bacteria; F = mikromycety – micromycetes; S = aktinomycety – actinomycetes; A = anaerobní bakterie – anaerobic bacteria; Sa = součet – sum

um sp., *Penicillium* sp., *Sporotrichum* sp. V nižších horizontech je rozklad celulózy jen velmi pomalý.

Množství potenciálních rozkladačů ligninu (sloupec PP v tab. V) je nízké až velmi nízké; rozkladači byli zjištěni jen v horní části půdních profilů. Poutač vzdušného dusíku *Clostridium pasteurianum* byl zjištěn v celém profilu, a to ve vyšší koncentraci ve společenstvu s *Lunarii* než ve společenstvu s druhem *Alium ursinum*. Nejvyšší aktivita půdní katalázy byla zjištěna v horizontech Amu, nižší aktivita ve střední části půdního profilu.

Kambizem kyselá se vyznačuje podstatně nižším mikrobiálním osídlením v celém půdním profilu, což je patrně důsledkem mělkého prohumóznění a nižšího obsahu humusu. V bakteriální flóře bylo zjištěno silné zastoupení tyčinkovitých organismů. Počet mikromycet je vysoký. Kromě obligátního rodu *Penicillium* byla zjištěna *Mortierella nana*, *Aspergillus* sp., *Botrytis* sp. a *Cladosporium* sp. Anaerobní mikroorganismy tvoří zvláště v dolní části půdního profilu značnou část mikroflóry (tab. IV).

Rozklad celulózy byl v horizontu Au střední a v nižších horizontech velmi pomalý. Byl uskutečňován především druhem *Humicola fuscoatra*, dále bylo zjištěno tmavě zelené *Chaetomium* sp., bezbarvé bakteriální kolonie, *Penicillium* sp. a žlutá nefruktifikující mikromyceta. Počet producentů polyfenoloxidáz byl velmi nízký; koncentrace klostridií také v nižších hodnotách, avšak v celém půdním profilu. Aktivita půdní katalázy byla nízká a byla zjištěna jen v horní části profilu.

Kyselá kambizem hluboká má poněkud vyšší mikrobiální osídlení než předcházející půdní varieta a toto osídlení se blíží humózní kambizemi kyselé. Počet aerobních bakterií je relativně vysoký, aktinomycet nízký a koncentrace mikromycet je nižší než v ostatních variantách. Byly zjištěny tyto druhy mikromycet: *Mortierella ramanniana*, *Humicola fuscoatra*, *Verticillium alboatrum*, *Aspergillus* sp., zelená *Alternaria* sp., tmavě *Gliocladium* sp. a *Penicillium* sp. (tab. IV).

Vysoké procento mikroflóry prokázalo schopnost rozkládat bílkoviny. Rozklad celulózy byl v horizontu Au středně intenzivní, v nižších částech profilu pomalý.

Sonda číslo ¹	Horizont ²	Hloubka ³ (cm)	MPA		Rozkladači celulózy ⁴			PP	Cl	RC	Kataláza ⁵
			(počet ⁶)	(%)	B	S	F				
3	Amu	3–6	2 736	60,4	0,4	0,3	9	1,7	10 ⁻²	3,5	9,6
	Amu	8–12	931	54,8	0	0	9	0,7	10 ⁻²	1,5	1,6
	Bv	30–35	49	52,5	0	0,3	1	0,1	10 ⁻¹	0,8	0
	Cd	60–65	18	56,3	0	0	1	0	10 ⁻¹	0,3	0
2	Amu	4–7	2 687	49,3	0,4	0,2	8	0,9	10 ⁻³	2,8	5,6
	Amu	15–20	803	50,2	0	0,2	3	0,1	10 ⁻³	1,2	4,2
	Bv	35–40	88	47,1	0	0	3	0	10 ⁻²	0,8	1,6
	Cd	65–70	20	57,1	0,1	0	1	0	10 ⁻²	0,2	0
5	Au	7–10	2 368	81,9	0	0	8	0,3	10 ⁻²	2,3	2,7
	Bv ₁	15–20	293	52,0	0,3	0	3	0	10 ⁻²	0,8	0,8
	Bv ₂	40–45	23	74,2	0,1	0	1	0,1	10 ⁻¹	0,5	0
	Cd	65–70	12	52,2	0	0	0,3	0	10 ⁻²	0,3	0
13	Au	5–8	3 795	89,3	0	0	2	0,7	10 ⁻²	2,9	2,7
	Bv	20–25	668	81,3	0,2	0	2	0,3	10 ⁻¹	1,3	1,8
	Bv	50–55	48	87,3	0	0,2	0,3	0	10 ⁻¹	1,3	1,8
	Cd	80–85	18	85,7	0	0	0,1	0	0	0,1	0
10	Au	6–10	2 446	83,4	0	0	3	0	10 ⁻²	2,3	6,0
	Bv	15–20	455	65,4	0	0	0,3	0,1	10 ⁻¹	1,2	2,5
	Bvg	40–45	54	88,5	0,2	0	1	0	0	0,9	0,8
	Go	70–75	13	89,7	0	0	0,2	0	10 ⁻¹	0,2	0,2

For 1–3 see Tab. III, ⁴cellulose decomposers, ⁵catalase, ⁶counts

Poznámka – Note: rozkladači celulózy – cellulose decomposers: B = aerobní bakterie – aerobic bacteria; S = aktinomycety – actinomycetes; F = mikromycety – micromycetes; PP = producenti polyfenoloxidáz – polyphenoloxidase producers; MPA = amonizační mikroflóra – ammonification microflora; Cl = *Clostridium* (bakteriální titr) – *Clostridium* (bacterial titer); RC = rozklad celulózy (procento rozložené celulózy děleno počtem týdnů) – cellulose breakdown (decomposed cellulose percentage divided by the number of weeks)

Počet B, S, F, MPA, PP uveden v tisících ($\times 10^3 \cdot g^{-1}$), aktivita katalázy v $mg H_2O_2 \cdot g^{-1} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$ – The counts of B, S, F, MPA, PP are given in thousands ($\times 10^3 \cdot g^{-1}$), catalase activity in $mg H_2O_2 \cdot g^{-1} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$

Celulóza je však rozkládána až do hloubky 60 cm. Rozkladu celulózy se účastní bledě okrové kolonie bakterií, hnědě zbarvené aktinomycety se spirálními sporofory, *Penicillium* sp. a nefruktifikující mikromycety (všechny mikroorganismy na agaru podle Puškinské). Hlubší biologickou aktivitu do 60 cm indikuje také půdní kataláza, hodnoty však nejsou nijak vysoké (tab. V).

Kyselá kambizem oglejená má nízké mikrobiální osídlení jako kambizem kyselá s podobným procentuálním rozložením jednotlivých skupin mikroflóry. Ve skupině aerobních bakterií převládají tyčinky. Zastoupení mikromycet je poněkud nižší v porovnání s kambizemí kyselou. Z druhů kromě obligátního rodu *Penicillium* dominuje *Verticillium alboatrum*, dále byla zjištěna *Abisidia glauca*, *Aspergillus* sp., *Sporotrichum* sp.

Rozklad celulózy probíhá v horizontu Au se střední intenzitou, v nižších horizontech je pomalý. Rozkladu se zúčastňují *Humicola fuscoatra*, zelené *Penicillium* sp., *Gliocladium* sp. a bledě okrové bakteriální kolonie. Producenti polyfenoloxidáz jsou velmi málo početní. Jako jeden z nich bylo zjištěno *Penicillium* sp. V nízké

koncentraci bylo zjištěno *Clostridium pasteurianum* poutající vzdušný dusík. Aktivita půdní katalázy byla značná v horizontu Au a zasahovala i hlouběji do půdního profilu (tab. V).

HODNOCENÍ

Chceme-li stručně charakterizovat půdní variety, pak humózní kambizem kyselá se vyznačuje především silnou skeletnatostí, hlubokým prohumózněním půdního profilu, kyprotí a dostatkem minerálních živin s výjimkou fosforu. Má relativně nejvyšší celkový počet půdní mikroflóry, značné zastoupení klostridií poutajících vzdušný dusík a značnou biochemickou aktivitu v horní části půdního profilu.

Kambizem kyselá je silně skeletnatou varietou s poněkud nižším množstvím minerálních živin a nižšími hodnotami půdní reakce. Mikrobiálně je nejméně osídlena a má nejsilnější podíl půdních hub. Biochemická aktivita je slabší.

Kyselá kambizem hluboká má menší obsah šterku, který je také většinou drobnější. Její půdní profil využitelný kořeny dřevin je hlubší než u ostatních variet. Mikrobiální osídlení je na relativně střední úrovni s nejnižším podílem půdních hub. Biochemická aktivita je rovněž střední a zasahuje hlouběji do půdního profilu.

Kyselá kambizem oglejená má rovněž méně šterku, její fyziologická hloubka je však omezena větší slehlostí půdy a podzemní vodou. Obsah dostupných minerálních živin je podstatně nižší než u ostatních variet s výjimkou dostupného dusíku. Mikrobiální osídlení je relativně slabé a biochemická aktivita rovněž kromě katalázy, jejíž hodnoty jsou středně vysoké.

DISKUSE

Dosažené výsledky je možné porovnávat především s výsledky výzkumů prováděných v NPR Žákova hora a v lesní rezervaci Mrhatina, které se nacházejí ve stejné klimatické oblasti Českomoravské vrchoviny. V rezervaci Žákova hora (810 m n. m.) je matečnou horninou dvojslídná rula s vložkami amfibolitů. Je tedy svým obsahem minerálií podobná kordieriticko-biotitické rule NPR Velký Špičák. Také půdní typ je stejný – vytvořila se kambizem se subtypem sušším a subtypem vlhčím, někdy s oglejenou spodinou. Mikrobiální poměry jsou často podobné nejen v počtech půdní mikroflóry, ale i v biochemické aktivitě. Výjimku tvoří mikromycety a producenti polyfenoloxidáz, kterých byl zjištěn na Žákově hoře výrazně vyšší počet (K l i m o et al., 1985).

Lesní rezervace Mrhatina situovaná v Jihlavských vrších (710 m n. m.) má půdu chudou na dvojmocné minerální živiny CaO a MgO, avšak s dostatkem drasla a fosforu, která se vytvořila na dvojslídné žule. Jako půdní typy se vytvořily kyselá kambizem a humusový podzol. Půdní reakce (úroveň pH) je ještě nižší než na Velkém Špičáku. Také počet půdní mikroflóry je výrazně nižší a podobně jako u Žákovy hory jsou v povrchovém humusu silně zastoupeny mikromycety. Jinak jsou mikrobiální poměry velmi podobné (včetně biochemických testů) půdám Velkého Špičáku (H r u š k a, G r u n d a, 1990).

Půdy všech tří rezervací vznikaly na minerálně chudých až středně bohatých matečných horninách za promyvného vodního režimu. Proto se v těchto kyselých půdách rozvinul kambický hnědozemní proces a vznikl stejný půdní typ – kambizem. V nižších polohách reliéfu může být kambický proces kombinován vlivem podzemní vody procesem glejovým. Význačnou vlastností půd všech uvedených rezervací, která je také podmínkou uchování jejich úrodnosti ve vztahu k lesním porostům, je humusem bohatá horní část jejich profilů. Humus zadržuje a postupně uvolňuje srážkovou vodu, sorbuje na svůj povrch minerální živiny, které jsou

z opadu mikroflórou postupně uvolňovány. Pro heterotrofní mikroflóru je organická půdní hmota nejen zásobárnou živin, ale také energetickým zdrojem, který umožňuje její rozkladnou i syntetickou činnost (např. poutání vzdušného dusíku, syntézu humusových látek aj.). Humus je tedy nesmírně důležitou součástí těchto půd.

To se ovšem týká nejen půd rezervací, ale i všech hospodářských lesů na Českomoravské vrchovině. Uchování humusu v půdě by mělo být prvním úkolem lesního hospodáře v celé oblasti. Zásahy do porostů by měly být šetrné, nikdy velkoplošné, aby nedošlo k prudkému rozkladu humusu nebo k jeho splachu do vodních toků. Vytěžená plocha by měla být ihned opět zalesněna.

Literatura

- AMBROŽ, J., 1929/30. Květena Jihlavska. I. Výroční zpráva reform. reál. gymnasia Jihlava. Jihlava, 1929: 1–22, 1930: 1–37.
- AMBROŽ, J., 1951. Lesy středního a jižního okrsku Českomoravské vysočiny. Lesn. Práce, 30: 1–8.
- BATELKA, J., 1974. Lesní společenstva státní přírodní rezervace Velký Špičák. Ochrana přírody 9/1974. Příl. čas. Ochr. Přír., 29: 33–35.
- DIENER, J., 1958. Příspěvek k floristickému výzkumu jihlavského kraje. Vlast. sbor. Vysočiny, odd. přír. věd, II. část (okolí Telče). Jihlava, 2: 43–52.
- GRUNDA, B., 1967. Metoda hodnocení rozkladu celulózy v lesních půdách. Lesn. Čas., 13: 807–813.
- HORNÍK, S., 1965. Státní přírodní rezervace Velký Špičák. Ochr. Přír., 20: 66–67.
- HRUŠKA, B. – GRUNDA, B., 1990. Přírodní poměry lesní rezervace Mrhatina. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ, LF: 55.
- KLIMO, E. – HRUŠKA, B. – GRUNDA, B., 1985. Přírodní poměry lesní rezervace Žákova hora. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ, LF: 56.
- KOMZÁK, J., 1972. Rezervace Velký Špičák. Geobiocenózy. [Diplomová práce.] Brno, VŠZ, LF: 120.
- MÁLEK, J., 1956. Zbytky přírodních lesů ve vyšší poloze Jihlavských vrchů. Sbor. VŠZ Brno, ř. C, 3: 1–19.
- MÁLEK, J., 1978. Waldtypengruppen Südwestmährens in biogeozölogischer Auffassung. Přírodov. Pr. Úst. ČSAV Brno. Praha, 12: 1–54.
- RŮŽIČKA, I., 1970. Příspěvek ke květeně Českomoravské vysočiny. Vlast. sbor. Vysočiny, odd. přír. věd, VI: 71–76.
- VOREL, J., 1994. Charakteristika lesních geobiocenóz (lesních ekosystémů) na úrovni lesních typů v typologické klasifikaci lesů podle Zlatníka (1956) ve státní přírodní rezervaci Velký Špičák k vegetačnímu období v r. 1971. [Strojopis.] Brno: 53.
- Výnos MŠK ze dne 7. 11. 1964, č. j. 45171/64-V/2 (zřízení rezervace).

Došlo 16. 8. 1995

SOIL AND SOIL MICROFLORA OF THE NATIONAL NATURE PRESERVE VELKÝ ŠPIČÁK

B. Grunda¹, J. Vorel²

¹ Milénova 9, 638 00 Brno

² Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Lesnická 37, 613 00 Brno

National Nature Preserve Velký Špičák is situated in the Protected Landscape Area Jihlavské vrchy (Central region of the Czech Republic). The surface area of the preserve is 45 ha and it is covered with a forest complex at the height of 650 to 730 m above sea level. The preserved original forest associations of the fir-beech altitudinal zone area the reason for conservation of this territory. The parent material consists of cordierite-biotite gneiss.

Soil samples were drawn from soil pits, the location and numbering of which are identical with phytocenological records, and can be seen in the chart (Fig. 1). All kinds of analyses were done in fine earth (maximum size of particles 2 mm). Carbon content was determined oxidimetrically, nitrogen content by Kjeldahl method. Soil reaction was determined potentiometrically in H₂O and nKCl suspensions. The content of available mineral nutrients was determined in 1% citric acid extract.

The parent material of the soils under observation is relatively rich in magnesium, it has a lesser amount of calcium, good potash store and very little phosphorus. The great soil group Cambisol with several varieties was formed on this rock:

- a) acidic humic Cambisol – in the top part of the preserve, plots and pits nos. 2 and 3. *Fraxineto-Aceretum*, forest stand at the age of 110 to 160 years: ash-tree *Fraxinus excelsior*, maples *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, elm *Ulmus scabra*, beech *Fagus sylvatica*, fir *Abies alba*, spruce *Picea abies*, linden *Tilia cordata*, hornbeam *Carpinus betulus*, oak *Quercus robur*;
- b) acidic Cambisol – top part of slopes, plots and pits nos. 1 and 5. *Fageto-Aceretum*, forest stands at the age of 120 to 170 years: beech *Fagus sylvatica*, maple *Acer pseudoplatanus*, elm *Ulmus scabra*, ash-tree *Fraxinus excelsior*, fir *Abies alba*, spruce *Picea abies*;
- c) deep acidic Cambisol – moderate slopes, bottom part of slopes, plots and pits nos. 11 and 13. *Abieto-Fa-*

getum, forest stands at the age of 120 to 170 years: beech *Fagus sylvatica*, fir *Abies alba*, spruce *Picea abies*, maple *Acer pseudoplatanus*, elm *Ulmus scabra*;

- d) pseudogleyic acidic Cambisol – water-logged lower positions, plot and pit no. 10. *Fageto-Abietum*, forest stand at the age of 140 years: spruce *Picea abies*, fir *Abies alba*, beech *Fagus sylvatica*, ash-tree *Fraxinus excelsior*, goat willow *Salix caprea*, alder *Alnus glutinosa*.

The process of grey-brown podzolic formation took place in all soil varieties, combined with a secondary gleization process on plot no. 10. The fine soil is loamy to clay-loamy, and the soil reaction is very acidic to acidic. The carbonates were not found in any of the varieties. All varieties had high contents of available nitrogen, which is very important for the growth of forest tree species. Fresh soil moisture content was found to be favorable in all varieties, in the variety with gleyic horizon the soil was wet in the bottom part of the profile. The differences between the varieties consists in the depth of humus layer, skeleton content and size, soil profile depth with contingent effects of groundwater.

Microbial populations in the soils are poor, aerobic bacteria are prevailing, the occurrence of actinomycetes is sporadic, but the percentage of micromycetes is high. The presence of anaerobic bacteria is also relatively considerable. A major portion of microflora is able to decompose proteins. Mostly microscopic fungi participate in cellulose breakdown (frequently *Humicola fuscoatra* and *Humicola grisea*, less frequently the species of the genus *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, etc.). Potential decomposing agents for lignin are few. *Clostridium pasteurianum* – an air nitrogen fixer, was found to be present in all soil varieties.

A prominent property of the studied soils that is underlying the maintenance of their fertility with respect to forest stands is the rich-in-humus upper part to their profiles.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Blahomil Grunda, CSc., Milénova 9, 638 00 Brno, Česká republika

DIFERENCOVANÉ PESTOVANIE LESOV NA SLOVENSKU S OSOBITNÝM ZAMERANÍM NA BUKOVÉ PORASTY*

DIFFERENTIATED FOREST MANAGEMENT IN SLOVAKIA AIMED AT BEECH STANDS

L. Štefančík

Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

ABSTRACT: The paper is dealing with differentiated management of forests (especially of beech stands) in Slovakia since the oldest times until now. Development of differentiated forest management is briefly analyzed under normal ecological conditions. Special attention is also paid to differentiated management of forests under the current variable ecological conditions resulting from air pollution synergism. The target of forest management in the areas with air pollution is particularly to increase their longevity. Systematic research into silvicultural and productivity problems in beech stands affected by air pollution is just beginning. That is why the present knowledge of these urgent problems is very recent in Slovakia for the time being. Outlooks of differentiated forest management in Slovakia are suggested for the fields of research, science, education and forest operations.

beech; differentiated forest management; air pollution

ABSTRAKT: Práca sa zaoberá problematikou diferencovaného pestovania lesov (najmä bučín) na Slovensku od najstarších čias až po súčasnosť. Analyzuje sa stručný vývoj diferencovaného pestovania lesov v normálnych ekologických podmienkach. Osobitná pozornosť sa venuje aj diferencovanému pestovaniu lesov v súčasných meniacich sa ekologických podmienkach v dôsledku synergizmu imisií. Cieľom obhospodarovania lesov pod vplyvom imisií je najmä predĺžiť ich životnosť. Systematickejší výskum pestovno-produkčnej problematiky v imisných podmienkach bučín sa ešte len rozbieha. Preto aj doterajšie poznatky z tejto aktuálnej problematiky sú na Slovensku zatiaľ krátkodobé. Naznačujú sa perspektívy diferencovaného pestovania lesov na Slovensku v oblasti výskumu, vedy, výuky a lesníckej praxe.

buk; diferencované pestovanie; imisie

ÚVOD

Buk lesný je pôvodná drevina horských lesov Slovenska. V minulosti bol a i v súčasnosti je našou najzastúpenejšou lesnou drevinou (roku 1994 29,6 %). K buku sa prejavuje vzťah akoby k národnej drevine Slovenska; aj v slovenských prísloviach je určitým synonymom pre predstavu o niečom urastenom, silnom a zdravom.

K emotívnym pohnutiam treba však postaviť realitu, že – buk tvorí rozsiahle nezmiešané ako aj zmiešané, vysoko produktívne porasty: na dolnej hranici rozšírenia (2. bukovo-dubový lesný vegetačný stupeň) s dubom, vo vyšších polohách (po 6. smrekovo-jedlovo-bukový LVS) s jedľou a smrekom; – v minulosti, ale prakticky až podnes bučiny predstavujú biologicky najzdravšiu a teda najstabilnejšiu zložku lesného ekosystému.

V rámci monitoringu zdravotného stavu lesov SR sa zistilo, že buk vykazuje zo všetkých našich lesných drevín najnižšiu priemernú stratu asimilačných orgánov (defoliáciu), a to 17 %, kým napr. smrek 29 %. Tento aj ďalšie údaje hovoria o takej skutočnosti, že v lesoch SR už treba rozlišovať lesné porasty zdravé – *normálne*, ekologicky nenarušené, a porasty atakované pôsobením škodlivých činiteľov antropogénneho pôvodu, najmä syndrómom imisií, t. j. choré – *imísne*, ekologicky narušené.

DIFERENCOVANÉ PESTOVANIE LESOV

Vecnú stránku sa pokúsím podať v troch okruhoch, a to z aspektu zmien ekologických podmienok v našich lesných ekosystémoch.

* Referát bol prednesený na seminári *Obhospodarovanie bukových a zmiešaných porastov s prímiesou buka*, ktorý sa konal dňa 28. 4. 1994 na Lesníckom výskumnom ústave vo Zvolene.

Stručný vývoj diferencovaného pestovania lesov v normálnych ekologických podmienkach

Z výsledkov prieskumov hospodárskej úpravy lesov vieme, že pre lesy SR sú charakteristické rozdielne prírodné a porastové pomery. Táto skutočnosť následne vymedzuje prevádzkovo-technické a ekonomické možnosti obhospodarovania lesov a do značnej miery podmieňuje aj funkcie lesov.

Na obhospodarovanie našich lesov koncepcne prichádza do úvahy len cesta prirodzeného, resp. prírode blízkeho hospodárstva. V tomto zmysle sa uplatnia selekčné metódy výchovy a obnovy porastov cestou pestovného zásahu (výberu).

Ale aj uplatňovanie pestovného zásahu nemožno chápať stereotypne. Spomínané rozdielnosti prírodných a porastových pomerov i vymedzených hospodárskych možností vyžadujú v intenzívnom lesnom hospodárstve diferenciáciu prevádzkových cieľov, tým v priebehu vývoja lesných porastov diferenciáciu aj pestovných (postupových) cieľov, čím je vlastne daná nevyhnutnosť, a teda potreba diferencovaného obhospodarovania našich lesov.

Problematika diferencovaného pestovania lesných porastov má v lesnom hospodárstve každej krajiny aktuálnosť a svoju osobitosť, pričom prekonáva vývoj od jednoduchších foriem diferenciácie po zložitejšie formy.

Ako prvé, z dnešného pohľadu najjednoduchšie formy diferencovaného pestovania lesov môžeme považovať pestovné opatrenia, ktoré sa od seba nutne museli odlišovať v dôsledku rastovej vyspelosti porastu, teda vlastne vekom (obdobie výchovy a obnovy porastov).

Pri diferencovanom pestovaní lesných porastov je rad ďalších významných fenoménov. Je to:

- Hospodárska dôležitosť drevín (dobová konjunktúra dreviny); napr. bukové porasty ešte aj pred 30–40 rokmi sa pestovne zanedbávali.
- Bezpečnosť porastov; rozumieme ohrozenie zdravotného stavu, statickej, ale i ekologickej stability.
- Sprístupnenosť porastov. Vzdialené, nesprístupnené porasty zostávali nepestované. Aj dnes máme u nás také prípady.

V tomto zmysle možno z minulosti uviesť určité tendencie „diferencovanosti“ v pestovaní lesa. Za takú treba označiť koncepciu nášho nestora pestovania lesa prof. Ing. S. Krišku (napr. 1927a,b) v dvadsiatych až štyridsiatych rokoch nášho storočia. Známe sú jeho „Návody“ napr. k výchove i k obnove lesných porastov z roku 1927. Tu k výchovným opatreniam zaraďuje: rúbane (seče) vyčistovacie, výruba (výseky), prebierky, vyvetvovanie. Veľmi podrobne rozvádza prebierky v porastoch jednotlivých drevín, teda aj buka, a ich zmiešanie.

V päťdesiatych rokoch prichádza prof. Ing. H. Bezačinský s kvalitatívne novým fenoménom diferenciácie výchovy a obnovy lesných porastov ako prvý u nás, a to na typologickom základe. Teda stanovíšte je ďalším kritériom diferencovaného pestovania lesov.

Bezačinský (1956) vylíčil deväť tzv. „hospodárskych typov cieľových skladieb“ pre pestovanie porastov dubovej a bukovej oblasti. Tieto združovali určité blízke skupiny lesných typov s predpokladmi dosiahnutia vytýčeného hospodárskeho cieľa približne rovnakými pestovnými opatreniami. V r. 1962 upravil triediace jednotky na rovnakom typologickom základe, zvýšil ich počet na 15 a nazval ich „pestovnými typmi porastov“ (všeobecný obraz porastu s typickým druhovým zložením a jednotnou funkciou drevín v poraste, s typickou výstavbou a dynamikou cyklického vývoja).

Až koncom sedemdesiatych a v osemdesiatych rokoch diferencované pestovanie, poťažne obhospodarovanie našich lesov, rozumie sa lesov normálnych (zdravých), sa stáva predmetom intenzívneho výskumu na Lesníckom výskumnom ústave vo Zvolene. Každá z riešených úloh vyústila do realizačného výstupu, v ktorom boli spravidla sformulované hlavné zásady. Tieto sa zväčša knižne publikovali.

Tak Mídrák et al. (1981) vypracovali a publikovali zásady pre uplatnenie funkcií lesa, na rámcové plánovanie tvorby modelov lesných porastov, ďalej na rámcové plánovanie pre hospodárske súbory (HS) v zmysle vyhlášky č. 14/1978, plánovanie výchovy a obnovy podľa integrovaných funkcií. Zásady sú vypracované pre 21 pestovných typov (Pt) porastov (také blízke drevinové zloženie, že vyžadujú rovnaké výchovné a obnovné postupy) a v rámci nich podľa funkčného zamerania (produkčného, ekologického, environmentálneho).

Zásady pre diferencované obhospodarovanie bučín podľa integrovaných funkcií sú podané v rámci Pt 11 dubiny zmiešané s hrabom alebo bukom, 14 bučiny rovnorodé, 15 bučiny s dubom, 16 bučiny so smrekom a jedľou, 18 jedliny zmiešané so smrekom, bukom a i., 20 smrečiny zmiešané s bukom a jedľou.

Ďalší výskum, ktorý som koordinoval, sa uskutočňoval v rokoch 1978 až 1982 v odbore pestovania lesov LVÚ. Išlo o riešenie diferencovaného pestovania normálnych, teda zdravých lesov s produkčnou funkciou v SR. V rámci realizačného výstupu sme vypracovali veľmi podrobné zásady, ktoré vyšli knižne (Štefančík et al., 1985). Zásady mali charakter pomôcky hospodársko-úpravnického plánovania, pracovníkom lesnej prevádzky mali byť vhodnou odbornou príručkou.

Triediacimi jednotkami tu boli uvedené HS a porastové typy (15 PT). Základné rozhodnutia sa spracovali pre zalesňovanie a ošetrovanie lesných kultúr, a to diferencovane podľa HS; ďalej pre výchovu porastov a obnovné postupy, ktoré sa konkretizovali v kombinácii HS – PT. Teda HS ako najširšia jednotka aplikovanej lesníckej typológie s patričným stupňom homogenity prírodných pomerov (rozumejú sa trvalé ekologické podmienky, pôdna a vegetačné pomery) a PT ako jednotka súčasného stavu, resp. drevinového zloženia porastu.

Okrem riešiteľov z LVÚ do výskumu problematiky boli zapojení aj zainteresovaní špecialisti z Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene, Lesoprojekt vo Zvolene a SeŠL v Žiline.

Doposiaľ najdetailnejšie zásady diferencovaných opatrení v pestovnej činnosti, ktorá zahŕňa zalesňovanie a ošetrovanie lesných kultúr (tzv. 1. fázový výrobok – zabezpečený mladý lesný porast), prečistky (2. FV – porast po prvej prerezávke alebo čistke) a prvú prebierku (3. FV – porast po prvej prebierke) sa spracovali pri riešení výskumnej úlohy *Zdokonalenie riadenia pestovnej činnosti v LH* v rokoch 1983 až 1988 na LVÚ (Remiš et al., 1988). Pre každý FV sa vypracovali modely a pestovné (technologické) postupy. Triadiaciami, resp. diferenciáciami jednotkami boli: pre 1. FV HSLT, pre 2. a 3. FV sa vypracovali dve alternatívy – HSLT a kombinácia HS – PT.

Zásady pre diferencované obhospodarovanie bučín podľa HS – PT sa uvádzajú v rámci kombinácie HS s PT 15 bučina, 16 dubová bučina, 17 buková dubina, 22 smrekovo-jedľová bučina a 23 bukovo-jedľová smrečina. V rámci HSLT sú zásady pre bučiny formulované v týchto jednotkách: 202, 209, 216, 205, 208, 211, 213, 302, 316, 305, 310, 311, 313, 402, 416, 502, 516, 405, 410, 411, 413, 602, 616, 505, 605, 606, 511, 513, 611.

Pre úplnosť treba povedať, že o čiastkových problémoch diferencovaného pestovania normálnych lesov, osobitne bučín, je v našej literatúre veľa prác. O zakladaní porastov prínášajú výsledky výskumu najmä J. Lipták, A. Löffler, B. Piskun, J. Varínsky; o výchove porastov Š. Korpeľ, J. Réh, J. Remiš, L. Šebík, L. Štefančík, F. Tokár; o obnove porastov L. Baksa, H. Bezačinský, J. Grék, Š. Korpeľ, J. Mikuška, M. Saniga, L. Veselý a H. Zajac.

Diferencované pestovanie lesov v súčasných meniacich sa ekologických podmienkach v dôsledku synergizmu imisií

Je známe, že dlhodobý výrobný proces lesného hospodárstva je závislý na trvalosti prírodných pomerov. Najmä v posledných dvadsiatich rokoch sme však svedkami narastajúcich zmien prírodných pomerov činnosťou človeka. Deje sa to stále výraznejšie poškodzovaním aj lesných ekosystémov i prírodného prostredia vôbec, najmä znečistením ovzdušia exhaláciami a zmenou vodného režimu pôdy zásahmi do hladín podzemnej vody. Obidva tieto strategicky významné faktory majú negatívny vplyv na zdravotný stav, rastové procesy a funkčnosť lesov a stali sa preto predmetom nášho lesníckeho výskumu.

Od výskumu v odbore pestovania lesov sa očakávajú odpovede na otázky týkajúce sa posúdenia tých pestovných postupov, ktoré boli vypracované pre normálne, teda neimisiéne podmienky. Predovšetkým ide o to, aké prípadné zmeny sú potrebné pre posilnenie ekologickej stability lesných ekosystémov, ktoré sú atakované imisiami.

Z hľadiska pestovania a produkcie našich lesov nás preto zaujíma ich zdravotný stav. V práci Račka et al. (1993) sa uvádza, že v zastúpení stromov v stup-

ňoch poškodenia vykazujú lepšie výsledky listnaté drevy ako ihličnany. Napr. stupňom 0, do ktorého sa zaraďujú stromy so stratou asimilačných orgánov 0 až 10 %, voľne označované ako „zdravé stromy“, v rokoch 1987 a 1993 sa hodnotilo 26 a 28 % listnáčov a len 11 a 8 % ihličnanov.

Prezieravosť nás preto núti venovať zvýšenú pozornosť pestovaniu listnatých, najmä bukových porastov, ktoré v súčasnosti treba považovať ako produkčne aj ekologicky relatívne najstabilnejšie lesné ekosystémy. A to napriek tomu, že v ostatných rokoch pozorujeme v niektorých oblastiach Slovenska (napr. horná Nitra) aktivizáciu biotických a abiotických škodlivých činiteľov už aj v bukových lesoch.

Jedným z hlavných predpokladov pre úspešnú realizáciu lesopestovných opatrení v imisných oblastiach okrem fenoménov (vrátane stanovištných podmienok) uvedených pri normálnych lesoch je ich *diferenciácia* v rámci nových prvkov imisného účinku, ako sú

- *imisiéne typy*, ktoré sú určené hlavnými chemickými zložkami imisií (kyslík 98,5 %, zásaditý 1,2 %, čpavkový 0,3 %);
- *pásma ohrozenia* (A až D), t. j. územné celky, v ktorých intenzita imisného zataženia spôsobuje určitú dynamiku poškodzovania lesných porastov a ovplyvňuje ich životnosť;
- *stupne poškodenia* stromov (žltnutie – stupne 0 až 3, strata asimilačných orgánov – stupne 0 až 4) a porastov (stupne 0 až 4).

Pestovanie i hospodárska úprava lesov na Slovensku majú v súčasnosti i v ďalšom období zohľadňovať strategicky významný faktor, a to meniace sa ekologické podmienky lesných ekosystémov najmä v dôsledku synergizmu imisií. *Cieľom* obhospodarovania imisných lesov je predovšetkým predĺžiť životnosť lesných porastov poškodených alebo ohrozených imisiami.

Stanovenie zásad pre celý komplex pestovnej starostlivosti o lesy v SR sa ešte nemôže jednoznačne opierať o exaktné výsledky. Systematickejši výskum pestovno-produkčnej problematiky v imisných porastoch vlastne ešte len rozbiehame. V imisných podmienkach bučín náš výskum len teraz pristupuje k zakladaniu širšej siete výskumných plôch. Niektoré zo starších trvalých výskumných plôch (TVP) boli v priebehu času atakované imisiami. Takou je napr. séria TVP Jalná (LZ Žiar nad Hronom), ktorá sa nachádza v pásme ohrozenia C/D hliníkárne Žiar nad Hronom.

S riešením diagnostickej problematiky začal už v šesťdesiatych rokoch Ing. E. Sobocký, CSc., z LVÚ vo Zvolene, a to v územiach s účinkom imisií z lokálnych emisných zdrojov (Žiar nad Hronom, Jelšava-Lubeník, Hačava, Ťahanovce).

Prvý komplexnejší, ale krátkodobý výskum obhospodarovania lesov pod účinkom imisií sa robil v rokoch 1976–1977 v oblasti hliníkárne Žiar nad Hronom v koordinácii Ing. Sobockého. Výskum bol ukončený záverečnou správou (Sobocký et al., 1977), ktorej súčasťou boli aj postupy hospodárenia v tejto záujmovej oblasti; boli určené pre hospodársko-úpravničke

plánovanie. Pestovateľské problémy sme sledovali na úseku zalesňovania, výchovy a obnovy porastov. Zväčša tu išlo o bučiny. Diferenciačným prvkom tu boli vtedajšie zóny ohrozenia (A–C).

Systematický výskum pestovno-produkčnej problematiky sme začali ku koncu roku 1987 v mojej koordinácii a roku 1990 sme vypracovali súhrnnú záverečnú správu (Štefančík et al., 1990), ktorá obsahuje realizačný výstup *Zásady pre diferencované pestovanie lesov v oblastiach s účinkom imisií*. Zásady sú vymedzené pre 4. až 6. LVS. Sú spracované prehľadne tabelárnou formou a umožňujú rýchlu orientáciu a rozhodovanie. Neboli publikované.

V rámci pestovnej činnosti sa na spôsob fázových výrobkov vylíšili tzv. *stavy lesných porastov*; štyri stavy pre mladé porasty:

1. stav – zabezpečený mladý lesný porast, ktorý je obdobou 1. fázového výrobku v normálnych lesoch,

2. stav – porast po prvej prestriháвке,

3. stav – porast po prvej prečistke,

4. stav – porast v období prebierok.

Pre rastovú fázu kmeňoviny je 5. stav – porast rubný v obnove.

Vypracovali sa diferencované modely a hlavné zásady pestovných opatrení. Pokiaľ sa jedná o triediace jednotky, zohľadnili sa pásma ohrozenia v rámci určitého imisného typu, stanovištných podmienok predstavovaných HSLT pri 1. a 5. stave porastu a združovaním blízkyh hospodárskych súborov pri 2. až 4. stave porastu; ďalej podľa pestovného typu a stupňa poškodenia porastu. V rámci 1. stavu sa vypracovali modely drevinového zloženia zabezpečených mladých lesných porastov a základné prvky plánovania umelej obnovy. Doplnením tých je návrh chemickej meliorácie pri umelej obnove. Pre 2. a 3. stav porastu sa vypracovali modely porastov po prvej prestriháвке a prečistke a hlavné zásady výchovy pre vytvorenie modelového stavu porastov do prvej prebierky. Pre 4. stav porastu sa vypracovali zásady výchovy porastov v období prebierok. Pre 5. stav porastu sú vypracované diferencované ťažbovo-obnovné postupy a tie sú diferencované v relácii HSLT a PT, potom podľa pásiem ohrozenia a stupňa poškodenia porastu.

Na základe predbežných vlastných i literárnych poznatkov pre prax najmä v hospodárskej úprave lesov a pestovaní lesov Ing. J. Grék, CSc., a kolektív špecialistov vypracovali publikáciu *Zásady hospodárenia v lesoch Slovenska postihnutých imisiami*, ktorá vyšla v r. 1991. Sú v nej uvedené aj rámcové diferencované zásady umelej obnovy podľa HSLT a hlavné zásady výchovy porastov podľa stanovišťa. Zásady sú diferencované aj v rámci imisného typu, pásiem ohrozenia a stupňov poškodenia porastov.

Od roku 1991 sa v odbore zakladania a pestovania lesov LVÚ pokračuje vo výskume záujmovej problematiky, s ktorou sa začalo v r. 1987. Koordinátorom úlohy *Ekologické sústavy obhospodarovania lesov v meniacich sa prírodných a ekonomických podmien-*

kach SR, ktorá sa ukončí v roku 1996, je Ing. M. Kačenský, CSc.

Doterajšie poznatky z riešenej aktuálnej problematiky pestovania lesov poškodených alebo ohrozených synergizmom imisií na Slovensku sú krátkodobé a skromné. Z toho dôvodu sa ešte pomerne málo objavujú publikované práce. Pozitívne treba kvitovať, že väčšina z nich je tímového charakteru (Grék et al.; Grék, Štefančík, L., Zajac; Grék, Štefančík, L.; Grék, Zajac, Hančinský; Chlepko, Tomková, Krajiňáková; Ištoňa, Heško; Konôpka, Toma; Novotný, Soják; Obr, Soják; Sobocký, Bublinec, Lipták; Štefančík, L., Štefančík, I.; Štefančík, L., Štefančík, I., Cicák; Štefančík, I., Cicák), menej je samostatných prác (Bublinec, Chlepko, Löffler, Kamenský, Lipták, Mikuška), čo svedčí o nevyhnutnosti kolektívneho prístupu k riešeniu tejto náročnej problematiky.

PERSPEKTÍVA DIFERENCOVANÉHO PESTOVANIA LESOV NA SLOVENSKU

Súdiac podľa literárnych aj skromných domácich poznatkov, prevláda názor, že voči imisiám sú tolerantnejšie pestované porasty. Účinok pestovných opatrení je tým lepší, čím skôr a intenzívnejšie sa porast diferencovane pestoval pred nástupom imisií. Zásady pestovania lesov v pásme ohrozenia D sa v podstate neodlišujú od zásad pre porasty, ktoré nie sú ovplyvnené imisiami.

Smery vo výskume a vede

Krátkodobé sledovania ukazujú, že uplatňovanie zahraničných poznatkov – včítane poznatkov z Českej republiky – nie je celkom možné. Priebeh poškodzovania stromov a porastov je tu dosť odlišný. Vzhľadom na pestrosť a špecifickosť prírodných aj imisne ekologických podmienok na Slovensku javí sa nutnosť komplexnejšieho riešenia problémov obhospodarovania lesov v meniacich sa ekologických podmienkach v rámci systematického výskumu. Bolo už skôr povedané, že so systematickejšim aj komplexnejším výskumom sme len začali. Prvá štartovacia etapa výskumu na LVÚ vo Zvolene bilancovala výsledky v r. 1990, druhá pokračujúca v r. 1993. Vo výskume sa pokračuje aj naďalej (1994–1996).

Obhospodarovanie lesov je širší pojem než pestovanie lesov. Preto výskum diferencovaného obhospodarovania lesov v meniacich sa ekologických podmienkach sa musí robiť komplexne. Okrem pestovania lesov sa tu nezaobídeme bez výskumu ochrany lesa, pedologicko-melioračného, ekofyziológie, lesnej techniky a ekonomiky, poľovníctva a i.

Je nevyhnutné bezprostredne zapojiť do pestovateľského výskumu špecialistov *ekofyziológov*. Proklamujeme to od r. 1986, ale nedarí sa to. Je to organizačná záležitosť vedenia výskumu. Úlohou týchto špecialistov by malo byť najst, zistiť spoľahlivé ukazovatele zníženej

nej kvality a zdravotného stavu jedincov, ktoré navonok neprejavujú nijaké zdravotne negatívne príznaky. To by umožnilo pri pestovných opatreniach uskutočniť spoľahlivejšiu selekciu.

Áká by mala byť koncepcia diferencovaného pestovania lesov v meniacich sa ekologických podmienkach? Domnievam sa, že by išlo o dva či tri spôsoby, resp. princípy:

1. Zameriť sa na hľadanie takých biotechnických a technických prostriedkov, ktoré by viedli k *zamedzeniu*, prípadne k *zmierneniu* negatívnych dôsledkov pôsobenia exhalácií na lesné ekosystémy – lesné stromovie a lesné prostredie.
2. Snažiť sa o *zachovanie* pôvodných lesných porastov, ktoré sa stávajú obeťou pôsobenia exhalácií, ale, žiaľ, aj chýb lesných hospodárov. Uplatňovať jemnejšie selektívne spôsoby pri obnove a výchove lesných porastov. V značnej miere už pôjde o rekonštrukciu pôvodných ekosystémov.
3. Diferencovaným obhospodarovaním lesov sa dosiahne aj plnenie integrovaných funkcií lesa, ktorý má byť v dotknutej krajine súčasne základom jej ekologickej stability.

Smery vo výuke

Problematika *Zásady diferencovaného obhospodarovania lesov v meniacich sa ekologických podmienkach* bola v roku 1990 zaradená do výuky na Lesníckej fakulte vo Zvolene ako samostatný predmet. Koncepcie vychádza zo základnej odbornej disciplíny pestovania lesa, ktorú ďalej prehľbuje ako vedu, náuku a praktickú činnosť.

Predmet sa prednášal štyri roky pre piaty ročník poslucháčom, ktorí si štúdiom o rok predĺžili. Je žiaduce predmet zaradiť aj do normálneho štúdia v deviatom semestri. Osnova by mala obsahovať základné prvky diferencovaného obhospodarovania lesov, zásady ochrany a reprodukcie genofondu, obnovné a cieľové zastúpenie, pestovanie diferencovaného zalesňovacieho materiálu, zalesňovanie a ošetrovanie lesných kultúr, výchove porastov v ich jednotlivých rastových fázach, ťažbovo-obnovné postupy a obhospodarovanie lesov v meniacich sa hydrologických pomeroch.

Smery v lesníckej praxi

- Treba sa snažiť o zachovanie pôvodných, osobitne prirodzeným spôsobom vzniknutých porastov, ich

genofondu. Zvýšenú pozornosť venovať listnatým, najmä bukovým porastom.

- Normálne porasty a porasty v pásme ohrozenia D obhospodarovať dôsledne podľa najnovších zásad diferencovaného obhospodarovania lesov (Štefančík et al., 1985; Remiš et al., 1988). Využívať buk pre vytváranie spodnej vrstvy najmä v porastoch slnných drevín. Dbáť na disciplínu pri správnom hodnotení sortimentov a ich dôslednej manipulácii.
- V imisných porastoch aplikovať predbežné zásady diferencovaného obhospodarovania lesov (Štefančík et al., 1990; Grék et al., 1991). Sú diferencované podľa imisných typov, stanovišťa, pásiem ohrozenia a stupňov poškodenia porastov.

Predpokladáme, že širšiu realizáciu uvedených zásad diferencovaného obhospodarovania lesov normálnych aj imisných podporí novotvoriaca sa lesnícka legislatíva.

Literatúra

- BEZAČINSKÝ, H., 1956. Pestovanie porastov bukodubovej oblasti. In: Pěstění lesů III. Praha, SZN: 492–548.
- GRÉK, J. et al., 1991. Zásady hospodárenia v lesoch Slovenska postihnutých imisiami. Bratislava, Príroda: 145.
- KRIŠKA, S., 1927a. Návod k výchove lesných porastov pre obvod Riaditeľstva ŠLaS v Žarnovici. Banská Štiavnica: 18.
- KRIŠKA, S., 1927b. Návod k prevedeniu ťažby a k obnove lesných porastov v obvode Riaditeľstva ŠLaS v Žarnovici. Banská Štiavnica: 45.
- MIDRIAK, R. et al., 1981. Diferencované obhospodarovanie lesa podľa integrovaných funkcií. Lesn. štúd., 31. Bratislava, Príroda: 224.
- RAČKO, J. et al., 1993. Monitoring ekologických zmien a ich vplyv na lesné ekosystémy. [Súhrnná záverečná správa.] Zvolen, LVÚ: 17 + prílohy.
- REMIŠ, J. et al., 1988. Modely a technologické postupy pre fázové výrobky pestovnej činnosti. Bratislava, Príroda: 112.
- SOBOCKÝ, E. et al., 1977. Postupy hospodárenia v imisnej oblasti Žiar nad Hronom. [Záverečná správa.] Zvolen, VÚLH: 231.
- ŠTEFANČÍK, L. et al., 1985. Diferencované pestovanie lesov s produkčnou funkciou podľa hospodárskych súborov v SSR. Lesn. aktualita, 18/1984. Bratislava, Príroda: 119.
- ŠTEFANČÍK, L. et al., 1990. Zásady pre diferencované pestovanie lesov v oblastiach s účinkom imisíí. [Realizačný výstup.] Zvolen, VÚLH: 57.

Došlo 18. 8. 1995

Kontaktná adresa:

Prof. Ing. Ladislav Štefančík, DrSc., Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika

DISKUSE

VYJÁDRĚNÍ ZTRÁT JEHLIČÍ SMRKU NA TRVALÝCH ZKUSNÝCH PLOCHÁCH

Kolektiv autorů – M. Palát, F. Vašíček, V. Henžlík a H. D. Kasperidus – uveřejnil v č. 6/1994 obsáhlou studii o poškození smrkových porostů v České republice pod názvem *Condition of damage to Norway spruce stands in the Czech Republic*. Ve studii autoři uvádějí výsledky sledování zdravotního stavu smrku na 326 trvalých zkušných plochách v letech 1981–1984 a 1986–1989. Rozsáhlý materiál byl zpracován nejmodernější technikou a překvapuje jeho pozdní publikování.

K charakteristice ztrát jehličí autoři použili šestičlennou stupnici, kde stromy bez ztrát jehlic jsou klasifikovány 0, ztráta jehličí do 25 % byla označena jako 1, stromy se ztrátou jehličí 25–50 % dostaly známku 2, index 3 značí ztrátu 50–75 %, 4 označuje škody větší než 75 % a jako 5 byly klasifikovány odumřelé stromy. Počet stromů v jednotlivých stupních poškození byl vyjádřen v procentech pro každou výzkumnou plochu a lesní oblast. Ke snadnějšímu porovnání

I. Charakteristiky ztrát jehličí smrku v České republice v roce 1984 a 1989 na trvalých zkušných plochách

Lesní oblast	Koeficient autorů	Zvážený průměr	Ztráty jehličí (%)
<i>Značné škody:</i>			
Západní Krušné hory	1,04–1,25	0,78–1,11	11,85–17,95
Lužické hory	1,83–1,88	1,81–1,87	32,60–33,65
Jizerské hory	1,53–1,41	1,03–1,01	17,75–16,90
Krkonoše	1,67–2,19	1,18–2,04	21,30–38,10
Orlické hory	1,57–1,95	1,37–1,82	24,05–33,55
Hrubý Jeseník	1,97–1,96	1,40–1,55	26,15–28,55
Beskydy	1,67–1,77	1,51–1,63	26,95–29,30
<i>Střední škody:</i>			
Sokolovská pánev	1,08–1,43	1,05–1,37	16,15–23,80
Slavkovský les	1,00–2,08	0,05–0,77	0,75–14,25
České středohoří	1,33–1,92	0,91–0,75	15,10–13,50
Sudetské mezihoří	1,12–1,61	0,74–1,60	11,50–27,85
Podbeskydská pahorkatina	1,35–1,71	1,19–1,61	19,70–29,00
<i>Mírné škody:</i>			
Předhoří Šumavy	1,20–1,41	0,98–1,37	15,65–22,65
Boubín	1,09–1,66	0,50–1,63	7,70–28,40
Českomoravská vysočina	1,43–1,33	0,20–0,28	3,35–4,60
Východní Polabí	1,35–1,52	1,06–1,44	17,90–24,50
Oderské vrchy	1,05–1,28	1,04–1,27	15,85–21,05
<i>Slabé škody:</i>			
Středočeská pahorkatina	1,00–1,00	0,07–0,67	1,05–10,05
Novohradské hory	1,00–1,37	0,10–0,37	1,50–6,20
Žďárské vrchy	1,29–1,15	0,76–0,91	12,35–14,25
Kelčská pahorkatina	1,00–1,19	0,29–0,94	4,35–14,45
Bílé Karpaty	1,00–1,19	0,03–0,34	0,45–5,85
<i>Beze škod:</i>			
Západočeská pahorkatina	–	–	–
Český les	–	–	–
Šumava	–	–	–

Tabulka byla sestavena na základě údajů autorů M. Palát a kolektiv, 1994

autoři vypočítali zvážené průměry stupňů poškození, kde však nebyly zohledněny nepoškozené stromy. Autoři si jsou toho vědomi a výslovně uvádějí, že vypočítaný index má pouze omezenou hodnotu. Zbývá otázka, zda by vyšší indikační a informační hodnotu neměl jiný index.

Indikace ztrát jehličí smrku na výzkumné ploše

V lesní oblasti Středočeská pahorkatina autoři zjistili, že na výzkumných plochách bylo v roce 1982 7 % stromů se ztrátou jehličí do 25 %. O pět let později se počet takto postižených smrků zvýšil na 67 %. Ostatní stromy byly beze škod. Autory vypočítaný index pro obě pozorování je stejný, a sice 1,00. Podstatně zvýšení ztrát jehličí tak není vyjádřeno. Při zohlednění všech stromů do výsledné charakteristiky jsou ztráty v roce 1982 vyjádřeny hodnotou průměru 0,07 a v roce 1987 koeficientem 0,67. Ještě názornějších výsledků dosáhneme, když vyjádříme ztrátu jehlic přímo procenty (1: 15 %, 2: 35 %, 3: 65 %, 4: 85 %, 5: 100 %). Při tomto způsobu výpočtu byly ztráty jehličí smrku na výzkumných plochách Středočeské pahorkatiny v roce 1982 1,05 % a po pěti letech se zvýšily na 10,05 %.

V tabulce jsem sestavil indexy ztrát jehličí podle uvedených autorů v porovnání se zváženým průměrem zohledňujícím i zdravé stromy a s přímým procentem ztrát jehličí.

Zhodnocení porovnání

K posouzení celkového stavu výzkumných ploch z hlediska ztrát jehlic se autory použitý koeficient hodí nejméně. Ten vyjadřuje jen průměrný stupeň poškození a neuvažuje všechny stromy. Nejnázornější je vyjádření ztrát jehličí v procentech. Tento způsob ulehčuje i posouzení změn v čase. Výpočet zvážených průměrů včetně zdravých stromů je jednodušší, ale méně názorný.

Klasifikace lesních oblastí podle ztrát jehličí, jak ji uvádějí autoři, je velmi nevyrovnaná, uvážíme-li procento ztrát v roce 1989, což dokazuje tabulka. Na základě zjištěných ztrát jehličí smrku na výzkumných plochách v roce 1989 byly lesní oblasti poškozeny takto:

Značné škody (ztráty jehličí 31–40 %):

Krkonoše 38,10 %, Lužické hory 33,65 %, Orlické hory 33,55 %.

Střední škody (ztráty jehličí 21–30 %):

Beskydy 29,30 %, Podbeskydská pahorkatina 29,00, Hrubý Jeseník 28,55 %, Boubín 28,40 %, Sudetské mezihoří 27,85 %, Východní Polabí 24,50 %, Sokolovská pánev 23,80 %, Předhoří Šumavy 22,65 %, Oderské vrchy 21,05 %.

Mírné škody (ztráty jehličí 11–20 %):

Západní Krušné hory 17,95 %, Jizerské hory 16,90 %, Kelčská pahorkatina 14,45 %, Žďárské vrchy 14,25 %, Slavkovský les 14,25 %, České středohoří 13,50 %.

Slabé škody (ztráty jehličí 1–10 %):

Středočeská pahorkatina 10,05 %, Novohradské hory 6,20 %, Bílé Karpaty 5,85 %, Českomoravská vysočina 4,60 %.

Uvedené pořadí má v roce 1995 jen historickou hodnotu. Ukazuje však, jak důležitá je indikace získaných výsledků každého šetření.

Závěr

Sledování škod na všech našich dřevinách je dlouhodobým a nezbytným úkolem. Bylo by vhodné vyjadřovat ztrátu jehličí nebo listů přímo v procentech. Tím budou získané údaje srozumitelné pro každého, tj. nejen pro lesníky, ale i pro širokou veřejnost.

Ing. Zdeněk Prudič, CSc.

STANOVISKO AUTORŮ

Považujeme za velmi vhodné, že na tuto problematiku reagují další autoři jako ing. Z. Prudič, CSc., ve svém sdělení. Tato tematika je dále sledována a vyhodnocována statistickými metodami v rámci zhodnocení všech tří po pěti letech dosud provedených inventur jako základ modelových studií. Otevře se tak širší problematika použitých metod a tím se pravděpodobně osvětlí některé problémy, které z daného materiálu a jeho zpracování nutně vyplynou, přičemž věříme, že další fáze zpracování přinese objektivnější výsledky.

Materiál je velmi široký, jeho základní idea byla vytyčena před 15 lety a při vědomí heterogenity dat i subjektivním hodnocením dosavadní zpracování se orientovalo nikoli na zkoušení různých metod hodnocení, ale na poskytnutí rychlé orientační informace o dané problematice.

Při zpracování trvalých zkusných ploch z oblasti Moravskoslezských Beskyd jsme použili také další metody hodnocení ztrát jehličí smrku, beroucí v úvahu i stromy nepoškozené, založené na výpočtu mediánu a kvartilů. Dále bylo 24 vybraných ploch vyhodnoceno pomocí PCA (Principal Component Analysis) s grafickým výstupem, kde byly vytvořeny shluky ploch z hlediska stupňů poškození 1 až 5 včetně stromů nepoškozených. Použit byl software Canoco a Cando. Výsledky byly zveřejněny stejným kolektivem autorů ve Zpravodaji Beskydy 7 pod názvem *Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd*, vydaném Fakultou lesnickou a dřevařskou MZLU Brno.

Tyto i další metody vyjádření ztrát jehličí smrku – včetně návrhu ing. Prudiče – použijeme při vyhodnocení trvalých zkusných ploch za poslední tři inventury.

Za kolektiv autorů Ing. Milan Palát, CSc.

The PTR Company has been manufacturing for 20 years machines to be used in all fields of the forest management. A lot of experience and traditions of the company are reflected in currently produced and developed machines which fulfil all requirements imposed on forest machines of the end of the second millennium.

The company has prepared for its customers a wide range of machines for the use in forest nurseries, silvicultural operations, wood logging, skidding and transportation and subsequent disposal of brushwood and reafforestation.

The top of the production series of PTR, a.s., is the cable system LASSY 2-500. This machine comprises many years' experience, wisdom and skill of our people who try hard to put into practice with maximum consistency the best technical design characterized by a high operational reliability, comfortable attendance and the impact on ecology as least as possible. This cable system LASSY, designed for transportation of stems and trees from inaccessible areas on the slope and on the ground, is just such a machine.

Address: PTR, výroba lesnických strojů, a. s., Na zákopě 1a, 772 66 Olomouc



Firma PTR AG erzeugt schon 20 Jahre Maschinen zur Anwendung in allen Forstwirtschaftsgebieten. Grosse Erfahrungen und Tradition der Firma erscheinen auch in den zur Zeit erzeugten und entwickelten Maschinen, die alle auf die Forstmaschinen gelegten Forderungen am Ende des zweiten Jahrtausends erfüllen.

Für ihre Kunden stellt die Firma zur Verfügung eine breite Palette von Maschinen zur Anwendung in den Forstbaumschulen, im Waldbau, für die Nutzung, Rückung und den Holztransport und für die nachfolgende Reisigabschaffung und Wiederaufforstung.

Die Höhepunkt in der Erzeugnisreihe der Firma PTR AG ist das Seilsystem LASSY LS 2-500. In dieser Maschine verzinst man die langjährigen Erfahrungen, das Können und die Geschicklichkeit unserer Leute, die stets bestrebt sind mit maximaler Beharrlichkeit die günstigste technische Lösung mit hoher Betriebsverlässlichkeit, behaglicher Bedienung und mit womöglich minimalem Einfall auf die Ökologie durchzusetzen. Eine solche Maschine ist eben auch das Seilsystem LASSY, das vor allem zum Transport von Stämmen und Bäumen aus dem unzugänglichen Gelände im Hang und auch auf der Ebene bestimmt wird.

POKYNY PRO AUTORY

Obecné pokyny

Časopis Lesnictví-Forestry uveřejňuje původní vědecké práce ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k evropským lesním ekosystémům. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zasláného příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných obřádek) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstrakt a souhrnu. K rukopisu je vhodné přiložit disketu s textem práce, popř. s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zasláné rukopisy musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhozů na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články v časopisu Lesnictví-Forestry publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redaktorky: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora, popř. e-mail.

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytně nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nadpis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

S e p a r á t y . Z každého článku obdrží autor 40 separátů zdarma.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

General

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Lesnictví-Forestry must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. A PC diskette with the paper text or graphical documentation should be provided with the paper manuscript, indicating the used editor program. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author, or e-mail. Each paper must begin with an Abstract of no more than 90 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be stuck on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

O f f p r i n t s . Forty (40) offprints of each paper are supplied free of charge to the author.

UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

Veškeré služby spojené s distribucí časopisu Lesnictví-Forestry vyřizuje vydavatel – Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha.

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací
referát odbytu
Slezská 7
120 56 Praha 2

LESNICTVÍ-FORESTRY 1996, No. 5, uveřejní tyto příspěvky:

Martinek V.: Dvoukřídlý hmyz (*Diptera*) na lesní louce v Orlických horách v letním a podzimním aspektu – Dipterous insects (*Diptera*) in a forest meadow in the Orlické Mts. in summer and fall aspects

To k á r F.: Vývoj objemovej a hmotnostnej produkcie vychovávaných porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) a orecha čierneho (*Juglans nigra* L.) – Development of volume and weight production of tended stands of red oak (*Quercus rubra* L.) and black walnut (*Juglans nigra* L.)

M a c k ů J.: Humus forms in the classification of forest soils – Klasifikace humusových forem lesních půd

R e p á č I.: Effects of forest litter on mycorrhiza formation and growth of container-grown Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] seedlings – Vplyv lesnej hrabanky na tvorbu mykoríz a rast obalených semenáčikov smreka obyčajného [*Picea abies* (L.) Karst.]

L i n d e r o v á R.: Ocenenie verejnoprospešných funkcií lesov oblasti Záhoria – Valuation of public functions of forests for the Záhorie region

REFERÁT

Podrázský V.: Silvicultural effects on soil organic matter: preliminary results – Vliv lesopěstebních opatření na půdní organickou hmotu: předběžné výsledky

INFORMACE

S k o u p ý J.: Organizace OSN pro životní prostředí (UNEP)