

Journal of
FOREST SCIENCE

Volume 46, No. 8, August 2000

PRAGUE 2000
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha

Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno

Prof. Ing. Jan Koubka, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

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

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

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

Prof. Dr. Andrzej Jaworski, Krakow, Poland

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Prof. Dr. Franz Schmithüsen, Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Šloboda, Göttingen, Germany

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

Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden

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

Dr. Sven de Vries, Wageningen, Netherlands

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

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.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

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.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.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 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

Oborná 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.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

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.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.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 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

THE USE OF COMPUTER-AIDED IMAGE ANALYSIS FOR THE SUPPORT OF DECISION MAKING PROCESSES IN THE INTEGRATED FOREST INVENTORY

VYUŽITÍ POČÍTAČOVÉ ANALÝZY OBRAZU PRO PODPORU ROZHODOVACÍCH PROCESŮ V INTEGROVANÉ TAXACI LESA

J. Simon, K. Drápela

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

ABSTRACT: A new conception of decision making processes in forest ecosystem management – integrated forest inventory based on evaluating not only wood producing but all roles of the forests – requires a new approach to obtaining and evaluating the data. Computer aided image analysis is one of the possible prospective ways of data processing. Several newly developed applications of computer-aided image analysis in forest management are described: determination of stem volumes or crown parts; diameter increment measurements; determination of tree defoliation, i.e. loss of crown biomass; evaluation of the condition of the stands from aerial and satellite photographs. Based on the first experience with the new methods of obtaining information on forest ecosystems it is possible to say that the use of computer-based image analysis (although terrestrial methods of measurement will always have their irreplaceable position) can markedly increase effectiveness and accuracy in obtaining data as well as their analysis for many fields of forest science and practice.

forest management; integrated forest inventory; image analysis; defoliation; stand condition; remote sensing

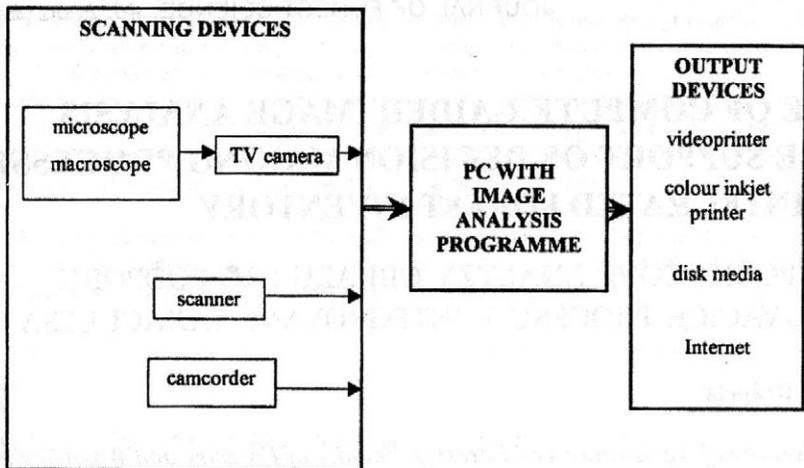
ABSTRAKT: Nové pojetí rozhodovacích procesů v hospodářské úpravě lesních ekosystémů – integrovaná taxace lesů, která je založena na posuzování nejen produkčních, ale všech funkcí lesa – vyžaduje nový přístup k získávání a vyhodnocování dat. Jedním z možných perspektivních způsobů práce s daty, který splňuje všechny podstatné požadavky, je počítačová analýza obrazu. Příspěvek popisuje následující nově vyvinuté metodiky použitelné v hospodářské úpravě lesů, využívající počítačovou analýzu obrazu: stanovení objemu kmene, případně částí koruny; měření tloušťkového přírůstu; stanovení defoliace; hodnocení stavu lesa z leteckých a kosmických snímků. Na základě prvních zkušeností s touto novou metodikou získávání informací o lesním ekosystému lze konstatovat, že využití počítačové analýzy obrazu (i když terestrické měření bude mít stále své nezastupitelné místo) může výrazně zefektivnit a zpřesnit získávání dat a jejich analýzu pro mnohé oblasti lesnické vědy a praxe.

hospodářská úprava lesů; integrovaná taxace lesů; počítačová analýza obrazu; defoliace; hodnocení stavu lesa; dálkový průzkum

INTEGRATED FOREST INVENTORY AND THE USE OF IMAGE ANALYSIS

Standard and currently used forest inventory in the Central European region comes from the classification of the environment and on its basis generally differentiates management strategy. In particular forest stands, it determines the policy of achieving the target (required) condition on the basis of stand description and the differentiation mentioned above.

The description of stands implemented in the course of traditional forest inventory at the level of both actual and potential exploitable timber component of stands appears to be a very important moment markedly affecting the quality of decision making (proposals of management measures) (Simon, Drápela, 1997). Though the facts mentioned above fully correspond to the production conception of management they do not allow



1. Flow diagram of the system of computer-based image analysis

objective decision making in the field of non-wood-producing functions of the forest which is inevitable in implementing the trend of sustainable multifunctional forest management. The conception of "integrated forest stand inventory" has been, therefore, introduced, the basic characteristic of which is the fact that in the course of stand description it is aimed at determining the broader spectrum of data and quantities measured, viz. variables related to ecophysiology (crown parameters, vertical distribution of crown biomass and its quality, structure, texture, competition relations, etc.). Determination of the characteristics by standard methods is very difficult and often impossible. It is, therefore, necessary to use new perspective methods which ought to fulfil the following basic criteria:

- high universality;
- sufficient accuracy of measurement when using various units (e.g. μm , cm, m);
- high rate of measurement;
- possibility of computerization/automation of the routine parts of the measuring process;
- possibility of long-term archiving the objects measured; easy transfer and use of measured data for the following processing.

Under conditions of the Czech Republic at the specialized workplace of the Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno the computer-based image analysis fulfilling the requirements mentioned above is used in this respect. The paper discusses the following newly developed methods using computer-based image analysis (CBIA):

- determination of the volume of stems or crown parts (makes it possible to determine the volume of standing trees based on a photograph or video record taking into account distance correction and the angle of a view);
- determination of tree defoliation (makes it possible to

assess defoliation according to photographs taken both from the lateral and bottom views as a basis for objective classification of damage);

- evaluation of forest condition (orographic characteristics, the condition of forest plantations, species composition etc. based on aerial and satellite photographs).

MEASUREMENT PRINCIPLES AND TECHNICAL EQUIPMENT

The flow chart of an equipment used for CBIA is given in Fig. 1.

The laboratory of CBIA is equipped with the following devices:

scanning devices

- Nikon Optiphot II microscope with a phase contrast and adjustment for the use of fluorescence (enabling to scan objects from about 0.001 mm)
- microscope fitted with NAVITAR optics (enabling to scan objects from about 1 mm to A3 format)
- HP ScanJet 4c scanner (colour scanner with optical resolution 600 dpi and software resolution up to 2400 dpi)
- Panasonic NV - S99E camcorder (standard S-VHS-C).

Scanning in using the microscope and macroscope is enabled by the quality Hitachi HV-C20 three-chip camera.

evaluating devices

- PC (Pentium 90, RAM 32 MB, HDD 1 GB, CD-ROM, monitor 17") with LUCIA G 4.1 and LUCIA M/Comet 3.52 programs);

output devices

- colour jet printer Epson Stylus Color
- videoprinter Mitsubishi CP 53E
- possibility to store data on a replaceable disk SyQuest 270 MB, ZIP 100 MB or hard disk.

The computer-based image analysis is based on digitalized images which can be obtained by a video camera, TV camera, scanner or digital camera.

Further processing of information proceeded in each of the images according to the following order:

- (a) A relevant file was opened (i.e. a digital image) and together with the file also corresponding calibration (i.e. determination of the actual size of objects displayed on the image and their conversion to monitor pixels in order that the system could measure directly in real units).
- (b) The image was adjusted by software (if necessary) so that its quality to be optimal for further analyses.
- (c) Relevant colour shades were set up for the selected object of measurement.

The examples of colour shades were set for the image area as large as possible. The LUCIA G program then set off (differentiated) the areas of the image where colour shades occurred. Final "tuning" of the binary image was carried out by increasing the tolerance to given shades under conditions of visual control being dependent particularly on the quality of the original image.

"Thresholding" usually represents the most time-consuming part of work. Its values (in red, green and blue component as well as in tolerance) were recorded and in measuring areas of the same object (e.g. with various types of masks) the same thresholding was used for a definite area. Microsoft Excel was used for the quick sum of values of the partial plots of a binary image because the binary image of delimited areas obtained by the method mentioned above often represented up to several thousand individual plots and the size of each of the plots was measured using the program.

VOLUME DETERMINATION OF STANDING TREES

One of the basic tasks of forest management is to determine the volume of standing trees and stands. Possibility to use CBIA for these purposes could have considerable importance from the viewpoint of work efficiency. The first stage of the development of methodology was aimed at the determination of the volume of particular trees.

Elimination of distortion which is caused by taking a photograph from a certain place (i.e. angle of view), tree inclination, distance from the object measured and other factors appears to be the basic problem in determining the volume of trees.

As it was necessary to find how measured values would change in relation to the number of stem sections, the stem image was divided into a number of sections before each of the series of measurements (7 series of measurements, number of sections 1–7). Dimensions of the "image" sections were based on actual values determined in measuring the felled tree. In the place of each of the section boundary marked in this way 20 values was measured and a program calculated their arithmetic mean. Results obtained represented "image stem diameter" in

I. Comparison of the actual stem volume with the volume determined by image analysis in relation to the number of stem sections

Number of sections	Actual volume (m ³)	Uncorrected volume (m ³)	Corrected volume (m ³)
1	5.98	11.22	5.86
2	5.80	11.05	5.76
3	5.36	10.39	5.38
4	5.32	9.95	5.14
5	5.33	10.14	5.22
6	5.34	10.15	5.22
7	5.34	9.98	5.13

the place of section boundary. The image stem diameter was then corrected to "actual diameter", its values were recorded and further adjusted by "total correction" (these corrections are dependent on more factors, e.g. tree inclination toward an observer etc., for detailed information see Simon et al., 1996). In this way, image deformations were eliminated and actual dimensions were obtained in inaccessible places of the stem. Values of image and actual diameters were used as basic values for the calculation of the volume of particular sections and results obtained using CBIA were compared with reference values obtained in the course of stem analysis. Comparison of the results for various numbers of sections is given in Table I and volumes of particular sections (7 sections in total) are given in Table II.

II. Comparison of the actual stem volume with the volume determined by image analysis for particular sections for a stem divided into seven sections

Section (m)	Actual volume (m ³)	Uncorrected volume (m ³)	Corrected volume (m ³)
0.0–1.3	0.62	1.23	0.61
1.3–3.0	0.69	1.40	0.70
3.0–6.0	1.04	2.02	1.01
6.0–9.0	0.96	1.80	0.92
9.0–12.0	0.91	1.70	0.89
12.0–15.0	0.85	1.40	0.76
15.0–16.0	0.27	0.43	0.24
Total	5.34	9.98	5.13

Based on the results it is possible to say that after making necessary corrections the method of CBIA used for stem volume measuring provides results which are fully comparable with stem analysis.

In the course of the work, some methodical problems occurred associated with the measurement of crown parts. While the stem is basically orientated in one direction and, therefore, only one mathematical correction can be used to remove optical distortion for all its parts, tree crown is composed of a large number of branches and each of the branches is orientated differently. It means that it is possible to convert a stem into a plane more easily than

a tree crown. Preparation and development of a suitable methodical procedure appears to be one of the objectives of the next stage of work aimed at the determination of the volume of branches and crown parts.

DETERMINATION OF CROWN DEFOLIATION

So far, the determination of crown defoliation has been based on visual terrestrial estimates only (if aerial and satellite photographs are not taken into consideration), which means that its accuracy is dependent on the experience and capability of the evaluating person. CBIA should, therefore, to contribute to certain objectiveness of the determination.

The analysis was carried out on images which originated by digitalization of the selected part of a colour comparative atlas for the determination of defoliation (Bosshard, 1986) and also by digitalization of colour photographs taken directly in the field. The photographs were scanned with 360 x 360 dpi resolution and digitalized by the LUCIA G program. The tree crown area measured was then fully filled up with a binary image and the program ensured its integral planimetry. Results obtained represented the total delimited area and a basis for any further measurements (i.e. 100%). At the same time, such a binary image of the total area was determined as the image of a mask (i.e. a binary image which covered always the same particular area of all other measurements occurring in its region).

Two types of masks were used:

- (1) A mask which was designed as an area delimited by a curve resulting from the connection of terminal points of branches (i.e. virtually ends of the youngest annual shoots).
- (2) A mask which was designed as a contour of the actual outer outline of a tree on the corresponding photograph (a mask copying contours).

In the next stage of our research, the use of another type of mask is supposed based on a curve or its part defined from the point of view of mathematics.

The area of the generated binary image was then measured and its absolute and relative values recorded. Absolute values were measured both in cm^2 (and then converted to m^2) and pixels (elementary image points).

Relative values in per cent were calculated as a share of the sum of plots of a respective measured area and the total delimited area (mask).

The method of the calculation of defoliation is important from the methodological point of view. If we consider relative values of defoliation (%) as an expression of defoliation rate then we assume that in interpreting results obtained in the course of measurement of images given above by CBIA it is suitable to express the relative rate of defoliation as a share of defoliated area and the total area of a mask.

Even the "defoliated area" can be specified within the mask. After the measurement of particular photographs

from the atlas for determining defoliation (Bosshard, 1986) it was possible to determine experimental values of distortion for tabular defoliation (coefficient of distortion).

The values were calculated as follows:

(C/A) – tabular defoliation

where: C – complementary area of the image of all needles,
 A – the mask area,
tabular defoliation – values given e.g. in Bosshard (1986).

In the course of the following more detailed analysis, linear dependence appeared of the distortion values on the values of tabular defoliation as well as on the C/A ratio (Simon et al., 1996).

In the analysis of the results of image measurement obtained directly in the field, relative defoliation was calculated according to the following relation:

B/A

where: B – the area of the image of sky,
 A – the mask area,
and then according to the following relation:

C/A

where: C – supplementary area of the image of needles (i.e. the area of the image of sky + the area of the image of a stem and branches),
 A – the mask area.

It is necessary to mention the effect of the angle of view on the object (when taken by a camera) on the resulting value of relative defoliation. It is evident that particularly in comparing defoliation of various objects it is necessary to maintain the same angle.

Although the effect of the angle of taking a photograph has not been studied in detail, on the basis of laws of photographic perspective it is possible to say that objects taken in an "oblique lateral view" (i.e. biased) can show lower values of defoliation than objects photographed in a lateral view.

Another step is evaluation of the results of measuring the photographs of stands. On the basis of consultations, the area of mask image was determined in the upper third of the crown which is physiologically most active in trees. Defoliation was calculated according to the B/A relation.

The aim of the study of defoliation at this stage of research was to assess the possibility of evaluating defoliation of closed stands in the case of a view from below to the tree crown. In the analysis of the photographs (obtained from the stand part involving contact of crowns) it is possible to select between two types of the mask:

- polygonal – with tree tops in the centre of crown images;
- aerial – the whole area of a photograph.

Both possibilities are utilizable. To prepare a standard, B/A ratio for a stand where zero defoliation is supposed and standard curves of the development of B/A values up to 100% defoliation appear to be of fundamental im-

Object of distinction	Result of distinction	Note
Bituminous roads	yes	related also to main forest roads (truck roads)
Tractor roads (metalled)	yes	related also to skidding and partly metalled roads
Skidding roads (unmetalled)	yes	related also to disturbed areas with removed herb cover
Grasslands	yes	
Clear-felled areas	yes	it is possible to distinguish both old and new clear-felled areas
Species composition	in part	It is possible to distinguish markedly different types of tree species, e.g. Norway spruce and dwarf pine in mountain areas. Distinguishing the whole spectrum of tree species was rather difficult.
Even-aged stands on the basis of colour and textural characteristics	no	So far, only results of partial character. The problem will be studied within further research.
Health condition of stands	yes	

portance for a given locality. It is necessary to take into consideration that under conditions of gradually decreasing crown biomass a certain distortion will appear due to branch "denudation" which will decrease the *B* value in the image. In some instances the decrease can be marked particularly in the oblique view from below (Simon et al., 1997). The method of the "view from below" to be applicable it is necessary to take into account the following facts:

- to use rather polygonal masks with the same number of trees in a polygon;
- in stands exhibiting gradual thinning due to damage (decrease in the number of trees), it will be probably necessary to take into consideration the fact in the case of preparing calibration curves (stocking, shaded area etc.);
- to determine defoliation by the method in variously differentiated stands requires to determine the scope of sampling (the number of necessary photographs).

ASSESSING FOREST CONDITION AND OBTAINING BACKGROUNDS FOR THE PREPARATION OF FOREST MANAGEMENT PLANS (FMP)

One of the important tasks and problems of the current cruising practice under conditions of the present commercial environment of the preparation of forest management plans (FMP) is the endeavour to achieve greater objectiveness in obtaining data and a decrease in the cost of preparation of FMP. It is evident that particularly the use of dynamically developing computer techniques encourages attention in this way. Just its use makes it possible to increase the effectiveness of the description part of FMP (determination of forest condition) on the basis of detailed analysis of aerial and satellite photographs of various character which are available at present. The use of the system of CBIA appears to be a logical way

of their processing. Assessment of the possibility of image analysis was aimed at the following types of objects:

- bituminous roads,
- tractor roads (partly metalled),
- skidding roads (unmetalled),
- grassland,
- clear-felled areas,
- basic tree species,
- stand age,
- species composition,
- health condition of forest stands.

The following input materials were analysed:

- black and white aerial photographs at a scale of 1 : 10,000,
- spectrozonal photographs at a scale of 1 : 25,000,
- photographs of selected localities.

At the preparatory stage of our research, we selected „calibration areas“ on particular photographs, i.e. parts of photographs which appeared to be most suitable (based on visual assessment) for delimitation of the objects. Then a field survey was carried out in the area under study. The purpose of the investigation was to describe particular calibration areas and/or to find and describe the new ones which did not occur in the preliminary list of areas.

In general, it is possible to say that the majority of required characteristics was distinguished on photographs of all types while logically spectrozonal photographs showed higher predicative ability. Usability of particular media for practical evaluation of particular elements is given in Table III. It is possible to suppose that under conditions of greater differentiation of the territory the use of the method would be proved also in other fields. Broader use of CBIA would be probably possible on the basis of the analysis of other image media which are carriers of different properties (colour aerial photographs, colour orthophotomaps, multispectral photographs, etc.). Nevertheless, we conclude that the method mentioned above is very useful and effective in evaluating

CONCLUSION

Success and effectiveness of decision making in planning management measures in the heavily differentiated Central European region is dependent on the objective assessment of forest condition.

Provided that objective assessment of forest condition using CBIA succeeds and if it is substantiated from the viewpoint of mathematics and mathematical statistics with respect to both goal-directed and not-goal-directed measures in forests then there is a basic condition for optimum decision making.

Based on the first experience with the new method of obtaining information on forest ecosystems it is possible to say that the use of computer-based image analysis (although terrestrial methods of measurement will always have their irreplaceable position) can markedly increase effectiveness and accuracy in obtaining data as well as their analysis for many fields of forest science and practice.

VYUŽITÍ POČÍTAČOVÉ ANALÝZY OBRAZU PRO PODPORU ROZHODOVACÍCH PROCESŮ V INTEGROVANÉ TAXACI LESA

J. Simon, K. Drápela

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

Standardní, běžně používaná taxace ve středoevropském regionu vychází z klasifikace přírodního prostředí. V konkrétních lesních porostech pak určuje taktiku dosažení cílového (požadovaného) stavu na základě popisu porostů a uvedené diferenciaci. Tato metodika sice zcela vyhovuje produkčnímu pojetí hospodaření, nemožňuje však objektivní rozhodování v oblasti plnění ostatních mimoprodukčních funkcí lesa, které je nezbytné při uplatňování trendu trvale udržitelného polyfunkčního hospodaření. Z tohoto důvodu byl zaveden pojem integrované taxace porostů, jehož základním rysem je to, že se při popisu porostů zaměřuje na zjišťování širšího spektra měřených údajů a veličin. Zjišťování mnohých charakteristik stromů a porostů je v provozním měřítku běžnými standardními metodami velmi obtížné, často ne realizovatelné. Z tohoto důvodu je potřebné využívat nových perspektivních metod zjišťování a analýzy dat, např. počítačové analýzy obrazu, která splňuje všechna podstatná kritéria:

- vysoká univerzálnost použití,
- dostatečná přesnost měření při použití různých jednotek (např. μm , cm, m, ...),
- vysoká rychlost měření,
- možnost automatizace rutinních částí měřicího procesu,
- možnost dlouhodobé archivace měřených objektů,

References

- BOSSHARD, W., 1986. Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten. Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf: 98.
- SIMON, J. – DRÁPELA, K. – KADAVÝ, J. – MAZAL, P. – ZACH, J., 1996. Metodika posuzování stavu lesa na základě počítačové analýzy obrazu (Methods of assessing the condition of forests on the basis of computer-based image analysis). [Výroční zpráva projektu NAZV MZe ČR.] Praha: 89.
- SIMON, J. – DRÁPELA, K. – KADAVÝ, J. – MAZAL, P. – ZACH, J., 1997. Metodika posuzování stavu lesa na základě počítačové analýzy obrazu (Methods of assessing the condition of forests on the basis of computer-based image analysis). [Výroční zpráva projektu NAZV MZe ČR.] Praha: 112.
- SIMON, J. – DRÁPELA, K., 1997. Integrated enumeration survey and assessing the condition of forests on the basis of computer-aided image analysis. XII World Forestry Congress. Antalya, Turkey, 13–20 Oct. 1997.

Received 18 November 1999

– snadný přenos a využití měřených dat pro následné zpracování.

Základní schéma vybavení používaného pro počítačovou analýzu obrazu ukazuje obr. 1.

Příspěvek popisuje první výsledky vývoje metodik využívajících počítačovou analýzu obrazu v následujících oblastech:

- Stanovení objemu kmene, příp. části koruny – umožňuje zjistit objem stojícího stromu z fotografie nebo videozáznamu s korekcí na vzdálenost a úhel záběru. Z dosažených výsledků je možné konstatovat, že po provedení potřebných korekcí dává metoda počítačové analýzy obrazu při měření objemu průběžného kmene výsledky plně srovnatelné s kmenovou analýzou (tab. I a II).
- Stanovení defoliace (úbytku korunové biomasy) stromu – umožňuje posoudit defoliaci z fotografií jak z bočního, tak i ze spodního pohledu jako základ pro objektivizaci klasifikace poškození. Je možné konstatovat, že metoda počítačové analýzy obrazu je perspektivní a po dopracování některých metodických problémů se může stát použitelnou metodou zjišťování defoliace.
- Hodnocení stavu lesa (orografické prvky, stav kultur, zastoupení dřevin apod. z leteckých a kosmických snímků). Jedním z důležitých úkolů a problémů aktuální provozní taxační praxe v současném komerčním prostředí

vytváření LHP je snaha docílit větší objektivitu získávání údajů a snížení nákladů na výrobu LHP. Je logické, že v tomto směru poutá pozornost zejména možnost využití dynamicky se rozvíjející výpočetní techniky. Právě s jejím využitím se jeví logické zefektivnění popisové části LHP (zjišťování stavu lesa) na základě detailní analýzy leteckých a družicových snímků různého charakteru, kterých je v současné době k dispozici širší nabídka. Logickou cestou pro jejich zpracování je využití systémů počítačové analýzy obrazu. Analyzovaly se tyto základní vstupní materiály: černobílé letecké snímky v měřítku 1 : 10 000, spektrozónální snímky v měřítku 1 : 25 000 a fotografické snímky vybraných dílčích lokalit. Obecně je možné konstatovat, že většina požadovaných charakteristik byla na snímcích všech typů rozlišena, přičemž vyšší vypovídací schopnost mají snímky spektrozónální. Využitelnost jednotlivých médií pro praktické hodnocení jednotlivých prvků udává tab. III. Lze předpokládat, že využití by za předpokladu větší diferenciace území bylo prokázáno i v dalších oblastech. Širší využití počítačové analýzy obrazu by pa-

trně bylo možné konstatovat na základě analýzy dalších obrazových médií, která jsou nositeli odlišných vlastností (barevný letecký snímek, barevné ortofotomapy, multispektrální snímky atd.). I tak však soudíme, že uvedená technologie je velmi užitečná při hodnocení stavu lesa, jeho permanentním sledování, při monitoringu a v praktické aplikaci při vypracovávání LHP.

Úspěšnost a efektivita rozhodování při plánování hospodářských opatření v silně diferencovaném středoevropském regionu je závislá na objektivním zjištění stavu lesa. Pokud se podaří na základě analýzy obrazu zjišťování stavu lesa objektivizovat, matematicky a matematicko-statisticky podložit s ohledem na cílené i necílené zásahy v lesích, je dán základní předpoklad pro optimální rozhodování.

Na základě prvních zkušeností s touto novou metodikou získávání informací o lesním ekosystému lze konstatovat, že využití počítačové analýzy obrazu (i když terestrické měření bude mít stále své nezastupitelné místo) může výrazně zefektivnit a zpřesnit získávání dat a jejich analýzu pro mnohé oblasti lesnické vědy a praxe.

Contact Address:

Prof. Ing. Jaroslav Šimon, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

RAST SADENÍC BOROVICE ČIERNEJ (*PINUS NIGRA* ARNOLD) V IMISNEJ ALKALICKEJ OBLASTI JELŠAVA-LUBENÍK POD VPLYVOM MELIORÁCIÍ

GROWTH OF AUSTRIAN PINE (*PINUS NIGRA* ARNOLD) PLANTS IN ALKALINE AIR-POLLUTED REGION JELŠAVA-LUBENÍK UNDER THE EFFECT OF RECLAMATION

A. Tučeková

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

ABSTRACT: The results of the effect of reclamation on the growth of aboveground part, development and the intensity of the root system growing are assessed for container-grown plants of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) in air-polluted magnesite region Lubeník (B zone of endangerment). In this zone of endangerment the application of reclamation materials – agroacidifier (acidic systems) and industrial compost on the basis of sludge from sewage farms affected in the third growing season with statistical significance not only the growth of plants but also subsequent development of root system and its growing from the container to contaminated mineral soil. Mainly the compost on the basis of sludge from sewage farms affects positively growth parameters of the aboveground part and the intensity of growing in the roots of Austrian pine plants.

air pollutants; artificial regeneration; reclamation; root system

ABSTRAKT: V príspevku sú zhodnotené výsledky vplyvu meliorácií na rast nadzemnej časti, vývoj a intenzitu prerastania koreňového systému obaľovaných sadeníc borovice čiernej (*Pinus nigra* Arnold) v imisnej magnezitovej oblasti v Lubeníku (pásmo ohrozenia B). V tomto imisnom pásme ohrozenia aplikácia melioračných materiálov agroacidifíer – kyslé systémy a priemyselný kompost na báze kalov z čističiek odpadových vôd po treťom vegetačnom období štatisticky významne ovplyvnila nielen rast sadeníc, ale následne aj vývoj koreňového systému a jeho prerastanie z priestoru obalu do kontaminovanej minerálnej pôdy. Hlavne kompost na báze kalov z ČOV pozitívne vplyva na rastové parametre nadzemnej časti a intenzitu prerastania koreňov sadeníc borovice čiernej.

imisie; umelá obnova; meliorácie; koreňový systém

ÚVOD

V prevažnej miere imisných škôd aj na Slovensku (98,5 % plochy lesov) ide o tzv. kyslé imisný typ. Napriek lokálnemu pôsobeniu je so zreteľom na stupeň a rozsah škôd na Slovensku veľmi významný aj tzv. magnezitový (alkalický) imisný typ. Z piatich magnezitových závodov najväčšie územie so zásaditým prašným spadom pripadá na oblasť Jelšava-Lubeník. Oblasť Jelšavy-Lubeníka je teda špecifická, kde pôsobením alkalických (magnezitových) imisíí na pôdy z magnezitových závodov dochádza pomiestne k úplnej devastácii krajiny. Účinkom týchto magnezitových imisíí sa menia pôvodné pôdne vlastnosti – hlavne reakcia, vzájomný pomer rast-

line prístupných živín, biologická aktivita pôd, kvalita organických látok, následkom čoho dochádza k zmenám v štruktúre rastlinných spoločenstiev.

PROBLEMATIKA

Problematikou výskumu magnezitových imisíí v kontexte ich pôsobenia na základné zložky prírodného prostredia (ovzdušie, pôda, voda, vegetácia) sa u nás zaoberalo mnoho autorov. V zahraničnej literatúre sa publikovali z tejto tematiky hlavne práce diagnostického charakteru. O škodlivom účinku magnezitových imisíí na zelenú zónu borovicových porastov v okolí mesta Satka sa pojedná-

va v práci Nosyрева (1962). Kulagin (1964) skúmal odolnosť lesných drevín v oblasti magnezitiek za Uralom. V Rakúsku synergický účinok SO₂ a magnezitové tuhé úlety popisuje Pollanschütz (1964, 1966), zmeny vlastností pôd a ich odraz na výživu rastlín popisuje Kilián (1980). Výsledky získané analýzou ovzdušia, pôdy a vegetácie na obsah naakumulovaných komponentov imisii sa využívajú k lokálnej a veľkoplošnej diagnóze, ale aj k vylišeniu diferencovaných zón ohrozenia lesných porastov (Tužinský, 1989) a k úprave zásad (postupov) hospodárenia (Midiak, 1990; Grék et al., 1991). Aj na Slovensku sa výskumom magnezitových imisii v kontexte ich pôsobenia na základné zložky prírodného prostredia zaoberalo mnoho autorov. Zmeny v rastlinných spoločenstvách v okolí magnezitiek sledoval Hajdúk (1967), degradačné procesy v pôde a rekultivácie pôdy Zelenáková et al. (1966), Bublinec (1969, 1971, 1987), Ištoňa (1990, 1992), Šály, Mihálik (1985).

Vzhľadom na veľký rozsah odumierania lesa v uvedenej oblasti sa v osemdesiatych rokoch začali uskutočňovať pokusné a poloprevádzkové výsadby lesných kultúr s melioračnými opatreniami a rekultiváciami. Výsledky výskumov, ktoré priniesli celý súbor cenných poznatkov, však podstatne neovplyvnili situáciu v magnezitovej oblasti. Na základe vyhodnotenia ujatosti a zdravotného stavu sadeníc v pásme A sa ukázalo, že aj napriek vysokému vynaloženiu finančných prostriedkov a manuálnej práce nepriniesli pokusné rekultivácie spolu s melioráciami očakávané výsledky. V niektorých prípadoch sa v prvých rokoch po výsadbe síce dosiahla vysoká ujatosť (napr. u obalených sadeníc brezy, borovice čiernej, smreka pichľavého), ale postupne dochádzalo k poklesu prírastku a objavovali sa stále výraznejšie prejavy poškodenia asimilačných orgánov, až kultúry odumreli. Podobné závery formulovali aj ďalší autori (Kráčmarová, 1988; Serdyová, 1991; Tužinský, 1989). V literatúre však chýbajú podrobnejšie údaje o súvislostiach medzi pôdnymi vlastnosťami, mikroklimatickými charakteristikami a vývojom sadeníc po výsadbe v spomínanom období. Systematické biometrické merania založených kultúr a vyhodnotenie vývoja koreňových systémov sa uvádzajú po prvýkrát v práci Serdyovej (1991).

Keďže podľa doterajších výsledkov výskumu sa usúdilo, že pásmo A je nezalesiteľné, náš výskum sa sústredil do pásiem ohrozenia B, C a D. V rámci týchto pásiem ohrozenia sme založili 12 nových výskumných plôch, na ktorých sa pozornosť sústreďuje na sledovanie rastu a vývoja založených kultúr v rôznych imisných a ekologických podmienkach, ďalej sa sleduje vplyv existujúcich chradnúcich porastov alebo trávneho krytu na vývoj kultúr, rôzne spôsoby prípravy pôdy, meliorácie, výber vhodnejších, tolerantnejších drevín pre rôzne pásma ohrozenia, porovnávajú sa rôzne spôsoby sadby a sejby i rôzne technológie zakladania kultúr. Doteraz získané výsledky boli zhrnuté vo výskumných správach (Pavlen-
da et al., 1993a,b), referátoch (Pavlen-

da et al., 1996; Tučeková et al., 1995; Tučeková, 1997) a na základe získaných skúseností v roku 1994 sa spracovali zásady umelej obnovy pre Rámcový projekt ozdravných opatrení (Lipták et al., 1994). Obnovu lesa a obhospodarovanie je preto možné v tejto imisnej oblasti uskutočňovať diferencovane podľa vylišených pásiem ohrozenia (A až D).

V práci uvádzame výsledky vyhodnotenia jednej z kontrovaných pokusných plôch zameraných na pôsobenie meliorácií na sadenice v pásme ohrozenia B.

MATERIÁL A METODIKA

Pokusná plocha sa pripravila na zalesnenie v predstihu v rokoch 1992–1993 v blízkosti závodu Slovmag Lubeník. Rok pred výsadbou sa na ploche použili melioračné materiály, a to agroacidifiér (kyslé systémy) – 1,5 kg.m⁻² – december 1992, priemyselný kompost na báze kalov z čističiek odpadových vôd (COV) – 4 kg.m⁻² – júl 1993, ktoré sa aplikovali na povrch pôdy (po zranení – narušení). Plocha s označením Lubeník 1M sa založila na holine v HSLT 305 – kyslé dubové bučiny (lesný typ 3311) pásma ohrozenia B. Z drevín sa v okolí vyskytuje breza z výmladkov i prirodzenej obnovy a poškodené zvyšky duba, hraba a brezy. Z bylinných druhov sa tu vyskytuje viac druhov vysokých tráv (napr. *Calamagrostis* sp.). Plocha sa zalesňovala na jar roku 1994 obalenými sadenicami borovice čiernej (*Pinus nigra* Arnold) vo veku (2/1) – rašelinoceľulóznové korenáče Jiffy pots – priemer 11 cm, jamkovou sadbou v spone 1 x 1 m. V každom zo štyroch variantov bolo vysadených 90 sadeníc (obr. 1).

1. Schéma usporiadania variantov výskumu na PP Lubeník 1M – A scheme of research treatment design on experimental plot Lubeník 1M

A	B	C	D
kompost + agroacidifiér	kontrola	kompost	agroacidifiér

Agroacidifiér ako vedľajší produkt pri výrobe kyseliny sírovej mal pH hodnotu 4,5 a kompostovaná zmes (čistírsky odpadový kal – 2/3 podiel, zeolit 15–30 %, suchohorská rašelina 5–10 %, slepačí trus 5 %) mala pH 6,5. Pri zakladaní pokusu sa tieto hnojivá odskúšavali prvýkrát a mali slúžiť hlavne na zníženie pH hodnoty kontaminovanej pôdy ešte pred výsadbou, kompost prípadne aj na zlepšenie živinového režimu. Obsah prístupných a vodorozpustných živín (Ca, K, Mg, Na) pri obidvoch aplikovaných hnojivách bol v rozsahu optimálnej výživy až na fosfor, ktorého obsah bol znížený, čo sa následne prejavilo aj na analýzach odobratých vzoriek kontaminovanej pôdy v roku 1994.

Pedologické rozbery substrátu použitého pri obalovaní ukázali na mierne zvýšený obsah P, Ca, Mg a K, ostatné živiny boli v rozsahu optimálnej výživy.

Cieľom pokusu bolo zistiť vplyv melioračných materiálov na ujatosť obalených sadeníc borovice čiernej, na ich

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (cm)	Rok odberu ³	pH			Vodorozpuštné živiny ⁴ (mg.kg ⁻¹ sušiny)				Prístupné živiny ⁵ (mg.kg ⁻¹ sušiny)				C _{ex}	N _i
			H ₂ O	CaCl ₂	KCl	Mg	Ca	K	Na	Mg	Ca	K	P		
A	0–10	1992	7,78	7,63	7,28	197	66	26	7,4	2 268	667	82	27,0	3,6	0,32
		1994	7,09	6,73	6,68	190	136	53	8,0	2 357	2601	223	0,1	4,0	0,41
	15–25	1992	7,45	7,39	6,37	80	14	10	6,3	1 116	143	59	12,0	1,1	0,07
		1994	7,43	7,03	6,66	52	6	16	6,2	1 363	477	90	0,1	1,2	0,10
B	0–10	1992	7,96	7,80	7,45	186	48	30	7,9	2 302	674	93	20,0	3,2	0,26
		1994	7,55	7,16	7,17	139	17	30	4,2	3 015	1350	148	5,3	5,0	0,33
	15–25	1992	7,61	7,42	7,11	80	12	15	6,1	1 367	190	68	18,0	1,6	0,12
		1994	7,25	6,96	6,64	77	3	16	4,8	1 775	489	93	1,5	2,1	0,10
C	0–10	1992	7,97	7,75	7,62	178	60	21	7,2	2 698	664	78	18,0	3,6	0,30
		1994	7,35	7,12	6,90	147	21	31	6,4	3 037	1329	185	8,9	4,2	0,28
	15–25	1992	7,53	7,40	6,67	66	27	10	7,5	996	138	58	13,0	1,3	0,11
		1994	7,13	6,89	6,60	48	6	19	6,4	1 325	435	133	12,0	1,3	0,09
D	0–10	1992	7,85	7,42	7,48	185	35	18	7,9	1 942	389	66	24,0	3,3	0,25
		1994	6,47	6,33	6,12	166	147	41	5,2	1 992	2593	229	0,2	4,9	0,35
	15–25	1992	7,44	7,37	6,80	94	11	14	4,3	810	100	53	12,0	1,4	0,11
		1994	6,80	6,65	6,42	100	22	14	6,1	1 465	628	85	0,1	0,9	0,08

¹treatment, ²sampling depth, ³sampling year, ⁴water-soluble nutrients (mg.kg⁻¹ dry matter), ⁵available nutrients (mg.kg⁻¹ dry matter), ⁶dry matter percentage by weight

rast a vývoj ako i na prerastanie koreňového systému z priestoru obalu do materskej minerálnej zeminy v pásme ohrozenia B.

Pred zalesňovaním pokusnej plochy a aplikáciou melioračných materiálov sa odobrali na chemické rozborov pôdne vzorky v hĺbkach 0–10 cm a 15–25 cm. Na konci každého vegetačného obdobia (roky 1994–1997) sa na všetkých vysadených žijúcich jedincoch uskutočnili biometrické merania výšok a výškových prírastkov s presnosťou na 1 cm a hrúbok v koreňovom krčku (ďalej HKK) s presnosťou na 1 mm. Ďalej sa sledovala ujatost' sadeníc po prvom roku, mortalita sadeníc v ďalších rokoch, ich zdravotný stav, poškodenie a odoberali sa vzorky asimilačných orgánov sadeníc pred výsadbou a po výsadbe na zistenie stavu výživy.

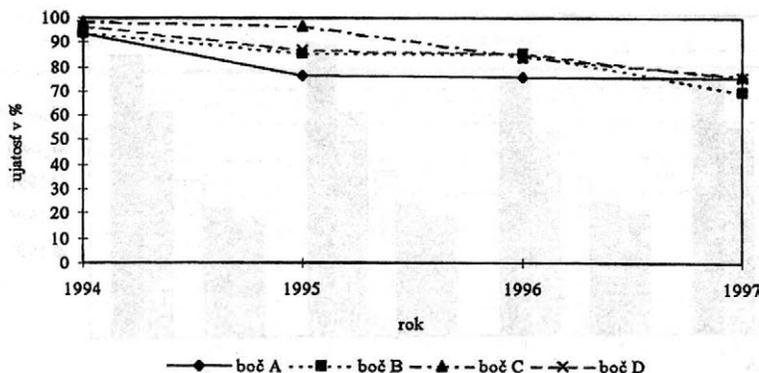
V prvých rokoch po výsadbe sa odobralo na podrobnejšie rizologické rozborov z každého variantu na ploche po šiestich vzorníkoch, ktoré sa spracovali deštrukčnou metódou. Na vzorníkoch sa zisťovali nielen počty koreňov (horizontálne, vertikálne – s minimálnou hrúbkou 1 mm) a ich hrúbka pre výpočet kruhovej plochy koreňov (súčet plôch kolmych prierezov vo vzdialenosti od osi kmienka zodpovedajúcej veľkosti obalu), ale aj ich dĺžka, hmotnosť sušiny koreňov v obale i mimo neho v kontaminovanej materskej pôde. Okrem toho na všetkých vzorníkoch obalených sadeníc borovice čiernej sa po prvom až treťom vegetačnom období sledovala intenzita prerastania koreňov zo substrátu (v obale) do okolitej mater-

skej pôdy, index *P* (pomer kruhovej plochy koreňov ku kruhovej ploche koreňového krčka), kalus (zahojenie rán, ktoré boli spôsobené ešte pri obalovaní sadeníc) a koreňové deformácie (podľa L o k v e n c a, 1984). Pretože v prvom roku po výsadbe sme nepozorovali prerastanie koreňov z priestoru obalu a v druhom roku len ojedinele – horizontálne korene (dĺžka 1–3 cm), údaje neuvádzame v tabuľkách. Prvé výraznejšie prerastanie koreňov sadeníc z priestoru obalu do kontaminovanej okolitej pôdy je podrobnejšie zhodnotené a tabelárne vyjadrené na dvoch priemerných vzorníkoch v každom variante v treťom roku po výsadbe.

Zároveň po skončení tretieho vegetačného obdobia (rok 1997) sa odobrali vzorky pôdy priamo z najbližšieho priestoru koreňového systému vzorníkov borovic (v hĺbke 0–10 cm; v priestore substrátu použitého pri obalovaní; v hĺbke 15–25 cm) na laboratórne analýzy.

V roku 1997 sa uskutočnil aj odber ihlič (spoločná vzorka zo všetkých štyroch variantov hnojenia) vyrastených v posledných troch rokoch 1995–1997 z dôvodu zistenia stavu zaprášenosti povrchu ihlič jednotlivých ročníkov, stavu prieduchov a zistenia stavu výživy.

Výsledky sa vyhodnotili v nadväznosti na imisné a mikroklimatické podmienky a pôdne pomery. Všetky zistené biometrické údaje sa spracovali bežnými matematicko-štatistickými metódami (analýza variancie) tabelárne a graficky.



2. Ujatost' a počet žijúcich sadeníc borovice čiernej na meliorovanej PP Lubeník 1M v percentách v rokoch 1994–1997 – Rooting and survival rate of Austrian pine plants in per cent on reclaimed EP Lubeník 1M in 1994–1997

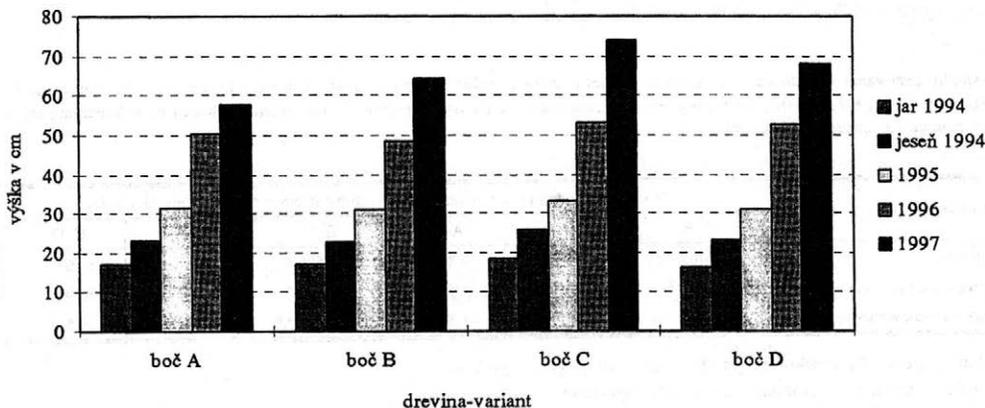
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Kvalitné sadenice sú základom úspešného zalesňovania. Nedostatočná kvalita má za následok straty po výsadbe, potrebu vylepšovania a často i opakované zalesňovanie. Hodnotenie kvality a triedenie sadbového materiálu sa v súčasnosti uskutočňuje takmer výhradne na základe morfológických znakov (výšky nadzemnej časti, HKK, prípadne veľkosti koreňového systému), aj keď o ujatosti a následnom raste po výsadbe rozhoduje predovšetkým fyziologický stav sadeníc. Hlavným dôvodom tohto stavu je skutočnosť, že sú pre nás nedostupné dostatočne rýchle operatívne metódy, ktoré by v krátkom čase komplexne zhodnotili celkový stav sadeníc vrátane fyziologických aspektov a ukázali ich poškodenie. Napriek tomu, že už niekoľko desaťročí sa vedci týmto problémom zaoberajú, je sledovanie fyziologickej kvality sadeníc v súčasnej dobe používané len v málo krajinách (Kanada, USA, Veľká Británia, Švédsko). Pritom v týchto krajinách, ktoré využívajú nové spôsoby hod-

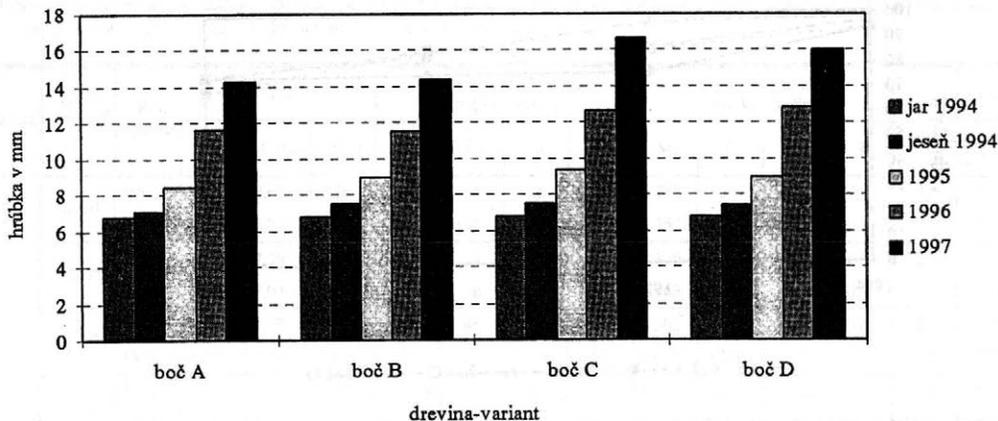
notenia sadeníc, došlo v posledných rokoch k výraznému zvýšeniu ujatosti sadeníc po výsadbe (Dunsworth, 1994).

Aby sme sa vyhlí problémom pri hodnotení fyziologickej kvality sadeníc, používali sme pri zalesňovaní v imisných magnezitových oblastiach a v jednotlivých pásmach ohrozenia hlavne obalené sadenice. Všetky sadenice, ktoré sme vysádzali, boli homogénne a po morfológickej stránke kvalitné.

Z pôdných analýz, ktoré sme spracovali pred aplikáciou a po aplikácii hnojív na pokusnej ploche v Lubeníku v pásme ohrozenia B, vyplýva, že realizovanými melioračnými opatreniami sa v každom hnojenom variante nielen v hĺbke 0–10 cm, ale aj v hĺbke 15–25 cm znížila hodnota pH (tab. I). Pritom sa zvýšil obsah celkového organického uhlíka a celkového dusíka. Podľa obsahu týchto prvkov možno pôdy na PP hodnotiť ako stredne až silne humózne. Hodnoty obsahu prístupného horčíka sa po hnojení tiež zvýšili. Najvyššie hodnoty boli vo variante C (3 037 mg.kg⁻¹ v hĺbke 0–10 cm) a vo variante B



3. Priemerná výška sadeníc borovice čiernej na PP Lubeník 1M v rokoch 1994–1997 – Average height of Austrian pine plants on EP Lubeník 1M in 1994–1997



4. Priemerná hrúbka v koreňovom krčku sadeníc borovice čiernej na PP Lubeník 1M v rokoch 1994–1997 – Average root collar diameter of Austrian pine plants on EP Lubeník 1M in 1994–1997

– kontrola (3 015 mg.kg⁻¹ v hĺbke 0–10 cm). Hodnoty vodorozpustného horčíka boli najvyššie vo variante A (agroacidifér + kompost), ale na rozdiel od prístupného horčíka sa po melioračných opatreniach mierne znížili aj v hĺbke 15–25 cm. Podľa hodnotenia obsahu živín je vysoká úroveň zásoby Mg nežiaduca vo všetkých variantoch aj po aplikácii hnojenia. Obsahy prístupného draslíka a vápnika sa po hnojení zvýšili, ale obsah prístupného fosforu sa znížil až na hodnotu 0,1 mg.kg⁻¹ okrem kontrolnej plochy (B). Vo variante s aplikáciou

kompostu sa zásoba prístupného fosforu znížila minimálne. Obsahy vodorozpustných živín (Ca, K, Na) boli značne variabilné. Pomer celkového uhlíka k celkovému dusíku (C/N) bol v organominerálnom horizonte v priemere 13, čo je pomer priaznivý, pretože napr. B u b l i n e c (1987) uvádza, že z ekologického hľadiska je treba, aby pomer celkového uhlíka k celkovému dusíku (C/N) bol v organominerálnom horizonte pod 20.

Po ukončení prvého vegetačného obdobia sme na PP vyhodnotili uجاتosť sadeníc a v ďalších sledovaných

II. Základné biometrické charakteristiky rastových ukazovateľov borovice čiernej na PP Lubeník 1M po treťom vegetačnom období – Basic biometric characteristics of growth parameters of Austrian pine plants on EP Lubeník 1M after the third growing season

Variant meliorácie ¹	Počet ² (n)	Výška ³ (cm)			Hrúbka v koreňovom krčku ⁴ (mm)			Výškový prírastok ⁵ (cm)		
		\bar{x}	s_x	$s_x\%$	\bar{x}	s_x	$s_x\%$	\bar{x}	s_x	$s_x\%$
A	68	58,0	23,81	41,08	14,3	4,95	34,75	14,8	9,60	65,06
B	63	64,4	20,31	31,53	14,4	3,85	26,73	18,2	7,97	43,83
C	69	74,0	23,67	31,97	16,6	3,98	23,90	22,1	9,12	41,32
D	68	67,8	24,77	36,53	16,1	4,48	27,83	18,3	9,63	52,69

¹reclamation treatment, ²number, ³height, ⁴root collar diameter, ⁵height increment

III. Výsledky testovania štatistickej významnosti rozdielov aritmetických priemerov rastových parametrov borovice čiernej na PP Lubeník 1M v roku 1997 – Results of testing the statistical significance of differences in arithmetic means of growth parameters of Austrian pine on EP Lubeník 1M in 1997

Rastové parametre ¹	Rozdiely aritmetických priemerov rastových parametrov medzi variantmi ² (A–D)					
	A–B	A–C	A–D	B–C	B–D	C–D
Výška ³ (cm)	-6,463 –	-16,051 **	-9,844 *	-9,588 *	-3,382 –	6,207 –
Výškový prírastok ⁴ (cm)	-3,427 *	-7,309 **	-3,517 –	-3,882 *	-0,090 –	3,792 *
Hrúbka v koreňovom krčku ⁵ (mm)	-0,127 –	-2,385 **	-1,828 *	-2,258 **	-1,700 *	0,558 –

**P < 0,01 – štatisticky vysoko významné – statistically highly significant

* P < 0,05 – štatisticky významné – statistically significant

– – štatisticky nevýznamné – statistically insignificant

¹growth parameters, ²differences in arithmetic means of growth parameters between the treatments, ³height, ⁴height increment, ⁵root collar diameter

Variant meliorácie ¹	Vzor-ník ² č.	Výška ³ (cm)	Hrúbka v koreňovom krčku ⁴ (mm)	Nadzemná časť ⁵		Koreňový systém ⁶							
				výškov-ý prírastok ⁷ (cm)	hmot-nosť sušiny ⁸ (g)	dĺžka koreňa ⁹ (cm)	horizontálne korene ¹⁰		vertikálne korene ¹¹		index ¹² P	hmotnosť sušiny ¹³	
							počet ¹⁴ (ks)	priemer ¹⁵ (mm)	počet ¹⁴ (ks)	priemer ¹⁵ (mm)		v obale ¹⁶ (g)	mimo ¹⁷ (g)
A	1	74	18	27;18;14;10;	127	28	7	5;4;5;3;3;3;1	0	0	0,309	13	6
	2	50	12	20;15;13;8	57	24	8	6;5;4;3;3;3;3;3	0	0	0,569	9,5	5
B	1	57	17	21;16;12;8	91	26	9	4;3;3;4;2;2;2;2;2	0	0	0,145	13	3,5
	2	58	10	20;13;9;10	29	24	5	4;4;1;1;1	0	0	0,350	5	3
C	1	68	14	23;23;13;8	167	32	7	5;4;3;2;2;2	1	3	0,399	14	8
	2	92	24	29;17;10;12	229	35	9	9;9;8;5;5;5;5;5	0	0	0,653	15	8
D	1	77	16	30;19;8;15	79	32	5	5;3;2;2;2	2	5;3	0,310	7	6
	2	74	13	15;19;10;5	58	22	4	7;5;3;3	0	0	0,491	7	3

Výškový prírastok (cm) – v rokoch 1997, 1996, 1995, 1994 – Height increment (cm) – in 1997, 1996, 1995, 1994

¹reclamation treatment, ²sample tree No., ³height, ⁴root collar diameter, ⁵aboveground part, ⁶root system, ⁷height increment, ⁸dry weight, ⁹root length, ¹⁰horizontal roots, ¹¹vertical roots, ¹²index, ¹³dry weight, ¹⁴number, ¹⁵mean, ¹⁶in container, ¹⁷outside container

rokokoch rast mortality borovic (obr. 2). Ujatost' obalených sadenic borovice čiernej po prvom vegetačnom období bola najnižšia vo variante A (agroacidifiér + kompost) – 93,3 % a najvyššia vo variante C, kde sa aplikoval priemyselný kompost – 98,9 %. Pomerne vysoká ujatost' sa dosiahla na kontrolnej ploche B (93,8 %), čo poukazuje na to, že aplikácia hnojív sa na ujatosti obalených sadenic v prvom roku neprejavila. Obaloované sadenice borovice čiernej pri výsadbe zodpovedali požadovanému štandardu vyspelosti a po morfolologickej aj fyziologickej stránke dosahovali požadovanú kvalitu. Koreňový systém po prvom roku ešte nepererastal z obalu do okolitej pôdy a nemohli sme teda pozorovať ani výraznejšie ovplyvňovanie sadenic melioračným materiálom. Korene sa určitý čas po zalesnení intenzívne rozrastajú iba v priestore kvalitnejšej zeminy obalu a nepererastajú z obalu v prvom roku, ako je to obvyklé v bežných neimisičných podmienkach. Spôsob hnojenia sa začína prejavovať po ďalších troch vegetačných obdobiach, kedy sa aj hodnoty prežívania sadenic v jednotlivých variantoch znížili a pohybovali sa v rozpätí 70,0 % (kontrolný variant B) až 76,7 % (meliorácia priemyselným kompostom, variant C). Sadenice vo variantoch, na ktorých bol aplikovaný agroacidifiér (A a D), mali po troch vegetačných obdobiach rovnaké percento prežívania (75,6).

V prvých dvoch rokoch po výsadbe rozdiely vo výškach, výškových prírastkoch a hrúbkach v koreňovom krčku medzi jednotlivými variantmi hnojenia neboli štatisticky významné (obr. 3, 4). Po treťom vegetačnom období sa rozdiely vo výške, výškovom prírastku a v HKK

podľa jednotlivých variantov hnojenia už prejavovali (tab. II).

Pri testovaní štatistickej významnosti rozdielov aritmetických priemerov (analýza variancie jednofaktorového pokusu) sú štatisticky významné až vysoko významné rozdiely medzi borovicami hnojenými kompostom, nehnojenými a hnojenými agroacidifiérom (tab. III). Ukazuje sa, že kombinácia hnojív agroacidifiér + kompost nebola vhodná, čo potvrdzuje aj postupná stagnácia výškového prírastku a nakoniec aj horší stav prerastania koreňového systému mimo obal sadenice. Na druhej strane priemyselný kompost na báze kalov pozitívne vplyva nielen na rastové charakteristiky nadzemnej časti, ale aj na intenzitu prerastania a vývoj koreňového systému sadenic. Po treťom roku sa teda spôsob hnojenia prejavil ako faktor, ktorý významne pôsobí nielen na výšku sadenic borovice čiernej, ale aj na výškový prírastok a ich hrúbku v koreňovom krčku. Najväčšie rastové parametre dosahovali borovice čierne na ploche meliorovanej kompostom, kde po hnojení v roku 1994 bola v hĺbke 15 až 25 cm (prevažná časť prerastaných koreňov) hodnota vodorozpustného aj prístupného Mg najnižšia. Rast sadenic ovplyvňuje spôsob hnojenia, čo súvisí hlavne s prerastaním koreňov obaloovaných sadenic z priestoru obalu do okolitej kontaminovanej minerálnej pôdy. Túto skutočnosť sme zaznamenali po prvýkrát na odobratých vzorníkoch sadenic borovice čiernej po treťom vegetačnom období (august 1997). Tento vývoj nám potvrdzujú sledované rastové a analytické znaky vzorníkov borovice čiernej po treťom vegetačnom období (tab. IV).

Variant meliorácie ¹	Hĺbka odberu ² (cm)	Sušina – hmotnostné % navážky ³	pH		Vodorozpuštné živiny ⁴ (mg.kg ⁻¹ sušiny)			Prístupné živiny ⁵ (mg.kg ⁻¹ sušiny)				C _{ox}	N _i
			H ₂ O	KCl	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	P		
A	substrát ⁷	97,40	7,14	6,81	25,35	35,29	9,37	1299	1397	107,8	13,24	7,29	0,34
	0–10	96,48	7,48	6,83	36,44	47,50	13,73	1608	1798	196,3	12,52	5,42	0,44
	15–25	98,24	7,38	6,70	17,38	26,19	8,22	840	613	87,3	5,27	2,56	0,12
B	substrát ⁷	96,81	7,84	7,26	40,60	46,53	17,96	2010	1831	171,3	47,12	6,48	0,27
	0–10	98,11	8,40	7,05	19,33	25,68	14,55	1253	718	142,4	7,19	2,33	0,09
	15–25	98,31	7,73	6,78	16,24	22,21	8,81	898	421	108,5	4,82	1,34	0,06
C	substrát ⁷	96,08	7,66	6,88	41,85	41,55	25,49	2291	2503	247,7	53,15	5,95	0,40
	0–10	97,91	7,58	6,79	23,24	27,65	13,59	1358	781	163,5	5,02	3,57	0,07
	15–25	98,17	7,47	6,74	17,81	24,43	10,50	800	462	130,0	4,86	2,56	0,02
D	substrát ⁷	94,32	7,55	6,61	43,30	52,66	19,98	2536	2920	455,4	7,76	10,52	0,51
	0–10	97,74	7,41	6,50	21,97	28,91	9,59	1143	757	157,3	5,93	4,72	0,08
	15–25	98,25	7,52	6,42	18,43	23,10	7,71	813	426	120,0	3,06	3,15	0,06

¹reclamation treatment, ²depth of sampling, ³percentage dry weight of weighed out sample, ⁴water-soluble nutrients, ⁵available nutrients, ⁶percentage dry weight, ⁷substrate

Pri hodnotení nadzemnej časti vzorníkov borovice čiernej sme zistili pravidelné výškové prírastky, ktoré sa zvyšovali s vekom, zdravé terminálne výhonky, dlhé, tmavozelené ihlice (predlžujúce sa s vekom) a pravidelné vetvenie. Ak porovnáваме hmotnosť sušiny nadzemnej časti, najväčšie hodnoty dosahovali vzorníky sadeníc z variantu po meliorácii kompostom, čo korešponduje aj s hodnotením rastových ukazovateľov (výška, výškový prírastok, HKK).

Problematika prerastania koreňov z obalu do okolitej kontaminovanej pôdy je len málo zdokumentovaná. Naše výsledky nepotvrdili tradičné očakávania v tejto imisnej oblasti. V druhom (ojedinele) – treťom vegetačnom období začína prerastať koreňový systém z priestoru obalu do kontaminovanej minerálnej pôdy (hlavne horizontálne). Je to mierne oneskorenie oproti zisteniam iných autorov. Lipták (1970) napr. uvádza, že už v priebehu prvého roka po výsadbe prenikajú korene sadencov (borovice čiernej) z priestoru korenáča do okolitého prostredia (pôdy nenarušené dlhodobým pôsobením imisií). Intenzita prenikania koreňov závisí od ekologických podmienok zalesňovanej plochy, od biologických vlastností príslušnej dreviny, od dôkladnosti prípravy pôdy, od druhu korenáča a kvality sadenice.

Sadenice presadené zo škôlky na zalesňované plochy a ich adaptačný proces po výsadbe prináša so zmenou prostredia narušenie celého radu fyziologických procesov, následne sa prejavuje v určitých odlišnostiach morfológických znakov. Pokiaľ má táto zmena menší rozsah, sadenice sú schopné ju prekonať, ak však po výsadbe pôsobia ďalšie nepriaznivé vplyvy, ako sú extrémne ekologické podmienky a iné nedostatky pri výsadbe, stane sa, že časť sadeníc ich neprekoná a vyhynie. Poznanie príčin fyziologických zaťažení pri výsadbe je veľmi ťažké, pretože je to kombinácia vplyvu viacerých faktorov,

pričom nevieme odhadnúť stupeň ich účinku. Leibundgut (1955) tvrdí, že ekologické podmienky medzi miestom pestovania sadencov a miestom ich vysadenia musia byť rovnaké, aby sa uvedené poruchy vylúčili. Lipták (1972) zasa uvádza, že pre adaptačný priebeh rovnosť podmienok škôlky a zalesňovanej plochy z klimatického a pedologického hľadiska rovnako významná nie je. Aj Boshard (1964) v experimentálnych podmienkach zistil, že pri každej zmene pôdy možno pozorovať na sadenicích adaptačné prejavy, a to v počte listov, dĺžke letorastov a i., a to bez ohľadu na to, či sa sadenice presádzali z ekologicky lepšej pôdy do horšej alebo opačne. Trvanie a rozsah týchto prejavov záviseli od druhu dreveniny, od individuálnych vlastností sadeníc a od ekologicky účinných vlastností porovnávaných pôd – najmä pôdy, kde sa sadenice pestovali. Toto zistenie sa potvrdilo aj nám. Obaľované sadenice, ktoré sa dopestovali v tých istých imisných podmienkach v neďalekej škôlke a sadenice obaľované a dopestované na BZ Stráž vo Zvolene, sa v prvých troch vegetačných obdobiach po výsadbe morfológicky (nadzemná časť ani koreňový systém) a dokonca ani po fyziologickej stránke významne nelíšili.

Ak sa sadenice pestujú v takých istých podmienkach, vytvára sa síce pôdnym podmienkam (štruktúre, vodným a vzdušným pomerom) prispôbená koreňová sústava (najmä morfológiou), ale po presadení je zaťažená mnohými prvkami, ako je mechanické poškodenie, vyschnutie, zmenená poloha a tvar, ktoré zmenu pôdnej formy ďaleko predstihujú. Preto celkový výsledok adaptácie závisí predovšetkým od klimatickej zmeny a od stavu sadencov, najmä od ich životaschopnosti, rozčlenenosti a obsahu rezervných látok (Lipták, 1970). Autor ďalej uvádza, že sadenice s malým obsahom rezervných látok s ďaleko siahajúcimi povrazcovitými koreňmi reagujú na

Variant odberu ¹	Rok odberu ²	Sušina – hmotnostné % navážky ³	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu	B
			hmotnostné % sušiny ⁴						(mg.kg ⁻¹ sušiny)				
Pred výsadbou ⁵	1993	96,5	1,25	0,14	0,62	0,40	0,13	0,158	121	121,5	65,8	7,59	17,6
A	1994	95,19	0,97	0,13	0,64	0,20	0,19	0,093	75	255,7	29,90	7,60	26,29
	1996	94,39	1,11	0,16	0,86	0,18	0,20	0,094	102	263,2	37,50	5,03	10,05
B	1994	95,39	1,12	0,13	0,58	0,18	0,19	0,081	52	141,8	29,41	3,00	22,08
	1996	94,23	1,01	0,14	0,79	0,20	0,28	0,093	40	38,3	32,30	3,97	10,08
C	1994	95,97	0,93	0,13	0,62	0,16	0,18	0,077	37	149,6	29,58	4,70	14,86
	1996	93,60	1,06	0,15	0,81	0,18	0,24	0,085	37	264,0	27,70	4,08	9,08
D	1994	95,40	1,04	0,13	0,69	0,21	0,20	0,106	68	154,2	34,62	12,7	24,45
	1996	93,55	1,54	0,16	1,06	0,22	0,24	0,116	100	49,9	51,10	6,79	11,20

¹sampling variant, ²year of sampling, ³percentage dry weight of weighed out sample, ⁴percentage dry weight, ⁵before planting

presadenie citlivejšie ako sadenice dobre zásobené živinami a s hustými uzavretými koreňmi. Tieto výsledky výskumu boli zistené v oblasti spustnutých plôch a nie sú doteraz skúmané v oblasti s vysokým stupňom kontaminácie pôd. Preto vzhľadom na zmenené ekologické podmienky v imisnej magnezitovej oblasti je vhodnejšie pri výsadbe (hlavne v pásmach ohrozenia A a B) používať obalaované sadenice s dostatkom rezervných látok a taktiež s hustou koncentrovanou bohatou koreňovou sústavou pre ľahšie prekonanie nielen šoku z presadenia, ale i pri ďalšej adaptácii sadeníc po výsadbe.

VII. Analýza usadených častíc na povrchu asimilačných orgánov borovice čiernej na PP Lubeník 1M v roku 1997 (sumárna vzorka zo 4 variantov) – Analysis of particles deposited on the surface of Austrian pine assimilatory organs on EP Lubeník 1M in 1997 (aggregate sample of 4 treatments)

Ročník odobratých ihličí ¹	Elementové zloženie ²		Zaprášenosť povrchu ihličí v percentách ³
	< 50 %	> 50 %	
1995	Ti Ca,Fe Ca,Fe Fe,Ti Al,Si Mg	Al,Si,K,Ca,Cl,Fe Mg,Al,Mn Mg,Al,Si,K,Ti,Mn Mg,Al,Si,Ca,Mn K,Ti,Fe Si,Ca,Fe	30
1996	Mg Cr,Fe Si Fe	Si,K,Ca,Fe Mg,Al,Cl,K,Ca Mg,Al,K,Fe Mg,Al,Si,K,Ca,Mn	15
1997	Fe Si Fe,Ca Ti Si,Ti Si,Al	Mg,Al,Si,K,Ca Mg,K Al,Si,Ca,Fe Mg,Al,K,Ca,Fe K,Ca,Fe	10

¹needle year-class, ²element composition, ³dustiness of needle surface in per cent

Pri odobraných vzorkách po tretom roku mali najdlhšie korene borovice zalesnené vo variante C (kompost) – 35 cm, najkratšie v kontrolnom variante B (bez meliorácie) – 24 cm. Prekorenenie v priestore obalu pri všetkých vzorkách bolo rovnomerné a pomerne husté. Prevažná časť koreňov mimo obal boli korene horizontálne; vertikálne sa vyskytli iba ojedinele (varianty C a D). Kalus (zahojenie rán po skracovaní koreňov do obalu) bol v priemere 1,3 (hodnotený stupnicou 1–3: 1 – zahojený, 2 – mierne zasušovaný, 3 – nezahojený, suchý), v priemere z neho vyrastalo 3–5 koreňov na sadenicu. Objavovali sa mykORIZOVANÉ krátke korene, ktoré majú dlhšiu životnosť a lepšiu schopnosť prijímať z pôdy minerálne živiny a vodu (Kolek, Kozinka et al., 1988). S veľkosťou koreňového systému súvisí aj hmotnosť sušiny koreňov, ktorá bola najvyššia pri vzorkách vo variante C (kompost) v priestore obalu aj mimo obal. Sadenice na kontrolnej ploche nedosahovali síce najnižšie hodnoty hmotnosti sušiny koreňov v priestore obalu, ale hmotnosť sušiny koreňov mimo obal bola u nich jednoznačne najnižšia. Aj hodnota indexu P (pomer kruhovej plochy koreňov ku kruhovej ploche koreňového krčka) bola najnižšia u sadeníc na nemeliorovanom kontrolnom variante B.

Pri pôdnych vzorkách v tesnej blízkosti vzorníkov sme zaznamenali najvyššie hodnoty pH vo variante B – kontrola v hĺbke 0–10 cm (8,40 – tab. V). V tomto variante bolo najvyššie pH aj v hĺbke 15–25 cm (7,73) a taktiež aj v substráte použitom na obalaovanie sadeníc (7,84). Tieto zvýšené hodnoty aktívnej (výmennej) reakcie pravdepodobne ovplyvňujú nielen prerastanie koreňov mimo obal, ale následne aj rastové parametre vysadených sadeníc (výšku, výškový prírastok a HKK).

Pri pôdnych analýzách vzorníkov borovic podobne ako pri starších výsadbách sme zistili vyšší obsah prístupného a vodorozpustného Mg v substráte (v priestore obalu). Tento jav je pravdepodobne spôsobený tým, že väzba Mg je na jemné disperzné častice labilnejšia,

VIII. Výsledky chemických analýz asimilačných orgánov borovice čiernej na PP Lubeník 1M (v roku 1997) jednotlivých odberových ročníkov (sumárna vzorka zo 4 variantov) – Results of chemical analyses of Austrian pine assimilatory organs on EP Lubeník 1M (in 1997) in the particular sampling year-classes (aggregate sample of 4 treatments)

Ročník odberových ihličí ¹	Sušina – hmotnosť % navážky ²	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu	B
		hmotnosť % sušiny ³							(mg.kg ⁻¹ sušiny)			
1995	94,55	1,10	0,12	0,23	0,44	0,44	0,211	68,8	268	70,8	5,89	17,4
1996	94,55	1,39	0,16	0,31	0,36	0,33	0,247	86,2	252	43,9	6,45	17,3
1997	94,48	1,69	0,15	0,35	0,39	0,40	0,281	104,2	106	53,9	7,18	21,2

¹needle year-class, ²percentage dry weight of weighed out sample, ³percentage dry weight

a horčík sa teda ľahšie vyplavuje do hlbších vrstiev pôdy. Vo všetkých nami sledovaných hĺbkach je obsah horčíka nadlimitný, ale vo vrstve substrátu prevyšuje limitnú hodnotu až niekoľkonásobne.

Napriek tomu, že sme zistili v treťom roku už výraznejšie prerastanie koreňového systému mimo obal (hlavne horizontálne korene), výrazné rozdiely v obsahu živín v asimilačných orgánoch sme nepozorovali (s výnimkou Mg). Po prvom vegetačnom období neboli zistené z hľadiska výživy významné rozdiely v obsahoch prvkov v jednoročnom ihličí borovice oproti obsahom pred výsadbou (tab. VI). Po treťom vegetačnom období pozorujeme zvýšenie obsahu živín vrátane niektorých ťažkých kovov (S, Mn, Zn). Znížil sa obsah Fe, Cu a B. Obsahy Mg sa na všetkých variantoch zvýšili (vo variante B – kontrola to bolo až o 50 %). Aj v tomto prípade neboli vzorky asimilačných orgánov pred analýzami umývané, takže uvedené hodnoty predstavujú obsahy vrátane častíc na povrchu ihličí.

Tieto častice usadené na povrchu asimilačných orgánov (ihlice ročníky 1995, 1996, 1997) odberatých v jesennom období roka 1997 sme vyhodnotili pomocou rastrovacieho mikroskopu JEOL JSM 840 a röntgenového analyzátor a zistili sme častice usadené na povrchu – zaprášenosť v percentách. Častice tuhých spadov usadené v prieduchoch sme kategorizovali podľa ich tvaru a chemického zloženia (tab. VII).

Zaprášenosť povrchu asimilačných orgánov bráni základným fyziologickým procesom. Zaprášenosť povrchu borovicových ihličí predstavovala až 30 % pri ročníku 1995, 15 % pri ročníku 1996 a 10 % to bolo pri najmladšom ročníku 1997. Povrch asimilačných orgánov je pokrytý popolčkami, ktoré vznikajú spaľovaním fosilných palív a časticami priemyselného pôvodu s obsahom železa. Na povrchu ihličí ročníkov 1995 a 1996 sa nenachádzali spóry a mycéliá húb. Povrch ihličia najmladšieho ročníka 1997 bol pokrytý hubami na 10 %. Na povrchu asimilačných orgánov boli identifikované aj častice minerálneho pôvodu a častice typické pre výrobu železných kovov, ktoré svojim chemickým zložením (Si, Al, Fe) odpovedali časticam typickým pre spaľovanie fosilných palív. Nápadné boli častice zložené z horčíka.

Stav prieduchov bol hodnotený na základe prítomnosti jednotlivých druhov epistomatálnych voskov a bol vyjadrený v percentách. Pri borovicových ihliciach ročníka 1995

bolo 50 % relatívne funkčných prieduchov, 30 % prieduchov malo polovicu a 10 % prieduchov malo štvrtinu povrchu stomatálnej oblasti poškodenej, 5 % prieduchov bolo nefunkčných. Pri ročníku 1996 to bolo 50 % relatívne funkčných prieduchov, 40 % malo polovicu a 5 % prieduchov malo štvrtinu povrchu stomatálnej oblasti poškodenej a tak isto 5 % prieduchov bolo nefunkčných. Tento trend znižovania hodnôt poškodených prieduchov pozorujeme aj pri ročníku 1997, kde 55 % prieduchov bolo relatívne funkčných, 35 % prieduchov malo polovicu a 5 % štvrtinu povrchu stomatálnej oblasti poškodenej. Aj pri tomto ročníku však 5 % prieduchov bolo nefunkčných.

Z výsledných analýz možno konštatovať, že stav prieduchov borovicových ihličí je v dôsledku imisii narušený. Zistilo sa, že 50–55 % prieduchov borovicových ihličí je relatívne funkčných a 5 % pri všetkých sledovaných ročníkoch je úplne nefunkčných.

Vzorky ihličí (sumárne za všetky štyri varianty), ktoré sme sledovali pod mikroskopom, sme analyzovali v laboratóriách ústavu (tab. VIII) z dôvodu zistenia stavu výživy v jednotlivých odberových ročníkoch (1995, 1996, 1997).

Výsledky chemických analýz ihličí borovice čiernej korešpondujú s výslednými hodnotami analýz usadených častíc na povrchu asimilačných orgánov v jednotlivých odberových ročníkoch. V ihliciach sa nachádza tak isto zvýšený obsah Fe, S, Mg, Ca, Zn a Mn. Môžeme teda konštatovať, že zvýšený obsah prašných častíc minerálneho pôvodu sa výraznejšie prejavuje aj na zvýšených hodnotách niektorých prvkov vo vnútri asimilačných orgánov borovic, aj keď hodnoty medzi jednotlivými ročníkmi kolíšu. Často pozorujeme najvyššie hodnoty (Mg, S, Mn) pri najmladšom ročníku ihličí. Okrem dusíka (ročník 1995) a draslíka (1995–1997), ktoré boli na kritickkej hranici, ostatné prvky dosahovali optimálny obsah vo všetkých ročníkoch. Pri listových diagnózach (B o n e a u , 1988) niekedy zrovnávanie výsledkov s hodnotami optimálnych obsahov sa upresňuje uvádzaním pomerov prvkov, napr.: pomer N/P by sa mal pohybovať od 15 do 20, pomer N/Mg musí byť nižší ako 17,5 (ak to tak nie je, je obsah horčíka nedostatočný), pomer K/Ca musí byť nižší ako 1,3 a pomer S/N musí byť blízky k 0,069 (vyššia hodnota vyjadruje nedostatok dusíka). Takto sa potvrdil nedostatok N vo všetkých odberových ročníkoch ihličí a zvýšený obsah Mg.

ZÁVER

Z hodnotenia meliorovaných borovíc vysadených v pásme ohrozenia B v Lubeníku možno vyvodíť čiastkový záver, že v tomto pásme ohrozenia obalované sadenice borovice čiernej (*Pinus nigra* Arnold) dobre prežívajú, majú pravidelné prírastky a teda sú jednou z drevín vhodných na výsadbu za predpokladu súčasnej realizácie melioračných opatrení.

Povzbudzujúce sú skutočnosti, ako je prerastanie koreňov z obalu do silne kontaminovanej okolitej minerálnej pôdy. Spôsob hnojenia významne ovplyvňuje nielen výšku, výškový prírastok a hrúbku v koreňovom krčku, ale aj intenzitu prerastania koreňového systému do priestoru kontaminovanej minerálnej pôdy. Ukazuje sa, že meliorácia agroacidifériom (kyslé systémy), ale hlavne kombinácia hnojív agroacidifér + kompost nie je vhodná, čo potvrdzuje aj postupné stagnovanie výškového prírastku a nakoniec aj horšia intenzita prerastania koreňov mimo obal sadenice. Na druhej strane priemyselny kompost na báze kalov z čističiek odpadových vôd pozitívne vplyva nielen na rastové charakteristiky nadzemnej časti, ale aj na intenzitu prerastania a vývoj koreňového systému sadeníc. Korene začínajú intenzívnejšie prerastať z priestoru obalu do kontaminovanej minerálnej pôdy v treťom vegetačnom období, a to prevažne horizontálne. Pritom na krátkych koreňkoch pozorujeme mykorízu, ktorej výsledkom je zväčšenie povrchu absorbujúcich koreňov.

Pretože sa ukazujú tieto doteraz nové, nezistené skutočnosti, bude potrebné ďalšie sledovanie vývoja sadeníc v závislosti aj na bioklimatických a prírodných pomeroch, prípadne iných pôsobiacich faktoroch v rámci pásma ohrozenia B.

Literatúra

- BOSSHARD, W., 1964. Anpassung junger Forstpflanzen an veränderte Bodenverhältnisse unter Versuchsbedingungen. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins, 8, Nr. 34: 84.
- BONEAU, M., 1988. Diagnostic en forêt. Revue for. franç., numéro spécial: 19–28.
- BUBLINEC, E., 1969. Vplyv exhalátov z magnezitiek na intoxikáciu pôdy a možnosti jej meliorácie. [Záverčná správa.] Zvolen, VÚLH: 125.
- BUBLINEC, E., 1971. Vplyv exhalátov v magnezitových oblastiach na reakciu pôdy a výživu lesných drevín. Lesn. čas., 17: 3–17.
- BUBLINEC, E., 1987. Limitné a optimálne hodnoty pôdných vlastností a bioprvkov vo vzťahu k sídelnej zeleni. Život. Prostredie, 4: 193–196.
- DUNSWORTH, G. B., 1994. Plant quality assessment: An industrial perspective. In: Making the Grade. An Internat. Symp. on Planting Stock Performance and Quality Assessment. [Abstracts.] Sault Ste. Marie, Canada, Ontario Forest Research Institute: 22.
- GRÉK, J. et al., 1991. Zásady hospodárenia v lesoch Slovenska postihnutých imisiami. Bratislava, Príroda: 145.
- HAJDÚK, J., 1967. Výsledky geobotanického výskumu pôsobenia magnezitových exhalátov na vegetáciu a pôdu. [Rukopis.] Bot. ústav SAV.
- IŠTOŇA, J., 1990. Možnosti obnovy lesa v okolí magnezitových závodov. Les, 1: 13–15.
- IŠTOŇA, J., 1992. Zmeny lesných pôd v imisnej oblasti Jelšava-Lubeník. Lesn. čas. – Forestry Journal, 38: 37–48.
- KILIAN, W., 1980. Standortverhältnisse und Veränderungen im Boden Chemismus in der Umgebung des Magnesitwerkes Breitenau. Mitt. den FBVA, Wien, 131: 49–71.
- KOLEK, J. – KOZINKA, V. et al., 1988. Fyziológia koreňového systému rastlín. Bratislava, Veda SAV: 381.
- KRÁČMAROVÁ, E., 1988. Vyhodnotenie a kontrola uجاتosti drevín na pokusných plochách v priestore Jelšava, Lubeník, Košice. Košice, SMZ: 25.
- KULAGIN, J. Z., 1964. Vlijanije magnezitovoj pyli na drevesnyje rastenija. Zapiski Sverdlovskogo Otdela Vsesajuznogo Botan. Obščestva, 6, No 3: 155–161.
- LEIBUNDGUT, M., 1955. Les problèmes silvicoles du boisement en régions arides. J. For. Suisse, 10: 356–366.
- LIPTÁK, J., 1970. Zalesňovanie spustnutých pôd obalenými sadenicami. Vedecké práce, XI. Zvolen, VÚLH: 107–138.
- LIPTÁK, J., 1972. Výsledky výskumu v šľachtení, pestovaní, ochrane a hospodárskej úprave lesov. Vedecké práce, XV. Zvolen, VÚLH: 49–61.
- LIPTÁK, J. – TUČEKOVÁ, A. – PAVLENDÁ, P., 1994. Návrh riešenia (zásady) umelej obnovy lesa v imisnej oblasti Jelšava-Lubeník. [Rukopis pre rámcový projekt ozdravných opatrení.] Zvolen, LVÚ: 7.
- LOKVENEC, T., 1984. Metody rhizologického studia v kultúrach založených obalenými sadenicami. Lesnictví, 30: 269–278.
- MIDRIAK, R., 1990. Obhospodarovanie lesov v zmenených ekologických podmienkach východného Slovenska. [Záverčná správa.] Košice – Zvolen, VÚLH: 29–32.
- NOSYREV, V. J., 1962. Vrednoje vozdejstviije magnezitovoj pyli na drevesnuju rastiteľnosť. Les. Choz., XV: 18–21.
- PAVLENDÁ, P. – TUČEKOVÁ, A., 1993a. Ujatosť a rast sadeníc na tranzekte B4. In: ČABOUN, V. et al., Ekologický výskum v lesných ekosystémoch oblasti Jelšava-Lubeník. [Záverčná správa.] Zvolen, LVÚ: 124–130.
- PAVLENDÁ, P. – TUČEKOVÁ, A., 1993b. Výsledky výskumu zalesňovania a meliorácií v podmienkach alkalického (magnezitového) typu. In: Zalesňovanie a meliorácie pôdy v imisne ekologických podmienkach. [Záverčná správa.] Zvolen, LVÚ: 80.
- PAVLENDÁ, P. – LIPTÁK, J. – TUČEKOVÁ, A., 1996. Results of reforestation with Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) in imission area Jelšava-Lubeník. Folia dendrol., 21–22: 59–67.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1964. Kombinierte chemische Ertragskudliche Untersuchungen als Grundlage für Rauchschaden-diagnosen. In: IV. Internat. Arbeitstagung Forstl. Rauchschadensachverständiger, 14.–17. Sept. 1964 in Wien.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1966. Verfahren zur objektiven „Abschätzung“ (Messung) verminderter Zuwachsleistung von

Einzelbäumen und Beständen. Mitt. Forstl. Bundesvers.-Anst. Marianbrunn, 73: 129–191.

SERDYOVÁ, V., 1991. Vyhodnotenie zalesňovania a melioračných opatrení imisne devastovaných plôch v okolí magnezitových závodov Lubeník-Jeľšava. [Diplomová práca.] Zvolen, VŠLD: 76.

ŠÁLY, R. – MIHÁLIK, A., 1985. Influence of magnesite plant immisions on mineral composition of soils. Zb. Air pollution and stability of coniferous forest ecosystems. Brno, UA: 99–112.

TUČEKOVÁ, A. et al., 1995. Problémy umelej obnovy lesa v imisnej oblasti Jeľšava-Lubeník. Zpr. lesn. výzk., 15: 36–39.

TUČEKOVÁ, A., 1997. Zalesňovanie a meliorácie na pokusných plochách v imisnej magnezitovej oblasti Jeľšava-

-Lubeník. VI. vedecké sympóziu o ekológii vo vybraných aglomeráciách Jeľšavy-Lubeníka a stredného Spiša. Hrádok: 76–83.

TUŽINSKÝ, L., 1989. Praktický postup pri vylišovaní pásiem ohrozenia lesov v imisných oblastiach SSR. In: GRÉK, J. et al., Zásady hospodárenia v lesoch SSR postihnutých imisiami. Zvolen, VÚLH: 28–33.

TUŽINSKÝ, L. et al., 1989. Odvetvový generel lesného hospodárstva Jeľšava-Lubeník. Zvolen, VÚLH: 76.

ZELEŇÁKOVÁ, E. – HAJDÚK, J. – HOLUB, Z., 1966. Obsah horčička a iných prvkov v rastlinách (*Agropyrum repens* P. Besuv., *Secale cereale* L., *Triticum sativum* L.) ovplyvnených magnezitovými exhaláčnymi splodinami. Biológia, 21: 365–375.

Došlo 9. 2. 1999

GROWTH OF AUSTRIAN PINE (*PINUS NIGRA* ARNOLD.) PLANTS IN ALKALINE AIR-POLLUTED REGION JEĽŠAVA-LUBENÍK UNDER THE EFFECT OF RECLAMATION

A. Tučeková

Forest Research Institute, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

From the results of research a conclusion was drawn that A zone of endangerment in air-polluted magnesite region Jeľšava-Lubeník is unreforestable. Therefore we concentrated our research to the B, C and D zone of endangerment. In these zones we established new twelve research plots. The study of the growth and development of forest plantations established in various ecological conditions as well as situation of air pollutants has been conducted already for five years. The effect of existing declining stands or grass cover on the development of plantations, different methods of soil preparation, reclamation, selection of more suitable and more resistant tree species for different zones of endangerment have been studied. Various methods of planting and sowing as well as various technologies of the establishment of plantations are compared. The results of the assessment of one research plot, particularly the effect of reclamation on the plants of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) in B zone of endangerment, are presented in the paper.

An experimental plot was prepared for reforestation in advance, namely in the years 1992–1993. It is situated near the works Slovomag Lubeník. In December 1992, it means one year before planting, we used a reclamation material on the plot. It was namely agroacidifier (acidic systems). In July 1993 we used industrial compost on the basis of sludge from sewage farms. These materials were

applied to the surface of soil after the soil was scarified. The plot was established on the clearing in a management unit of forest types 305 – acidic oak beechwoods (forest type 3311) B zone of endangerment. Regarding the tree species, birch from the sprouts, natural regeneration and damaged remnants of oak, hornbeam and birch are growing here. Of the herbaceous species several kinds of high grasses (for example *Calamagrostis* sp.) are growing here as well. The plot was reforested in spring 1994 by container-grown plants of Austrian pine at the age (2/1) – Jiffy peat-pulp pots with diameter 11 cm, by hole planting with spacing 1 × 1 m in four variants, each variant with 90 plants (Fig. 1). Before the reforestation of the experimental plot and application of reclamation materials soil samples were taken for chemical analyses. They were taken in the depth 0–10 cm and 15–25 cm. At the end of each growing season (the years 1994–1997) biometric measurements of height, height increment with the accuracy of 1 cm were carried out on all living individuals planted. The diameter of root collar with the accuracy of 1 mm was also measured. Then we observed the survival of plants after one year, mortality of plants in the following years, health condition of plants, damage to plants. Samples of the assimilatory organs of the plants were taken before and after planting to detect nutrition status. On selected sample trees of container-grown plants of

Austrian pine we observed after the third growing season the intensity of roots growing through substrate to adjacent parent soil, the development of root system, callus (healing of lesions) and root deformations (Lokvenec, 1984). Simultaneously after the third growing season (1997) the samples of soil were taken directly from the closest zone to the root system of plants (in the depth 0–10 cm, in the area of substrate used for growing in container and in the depth 15–25 cm) for laboratory analyses. The results were assessed in relation to air pollution, microclimatic and soil conditions. All biometric data obtained for particular plots and tree species were processed by conventional mathematical and statistical methods.

It results from the soil analyses made before and after the application of fertilizers on experimental plot that reclamation measures contributed in each variant with fertilization to the decrease of pH value, namely in the depth 0–10 cm and 15–25 cm. Simultaneously the content of total organic carbon, of total nitrogen and available magnesium increased. Based on the assessment of the content of nutrients a high supply of Mg is undesirable in all variants, even after the application of fertilizers (Table I). The ratio of total carbon to total nitrogen (C/N) was on average 13 in the organic-mineral horizon. It was a favourable ratio because Bublinc (1987) notes that from ecological aspects the ratio C/N should be below 20 in the organic-mineral horizon. The survival of container-grown plants of Austrian pine after the first growing season was high, particularly 93.3–98.9%. The control plot had a similar value, namely 93.8%. It indicates that the application of fertilizers did not reflect in the survival of container-grown plants in the first year. Container-grown plants of Austrian pine corresponded in planting to the required standard of maturity and they had the required quality as to morphological and physiological characteristics. The root system was not growing through the container to adjacent soil after the first year. We did not record any more significant influence of reclamation material on the plants. After the next three growing seasons the values of the survival of plants decreased in particular variants. They ranged from 70.0% to 76.7% (reclamation by industrial compost). In the first two years after planting the differences in height, height increment, diameter of root collar for the variants of fertilization were not statistically significant (Figs. 3 and 4). After the third growing season the differences in all growth parameters were distinct for the variants of fertilization (Table II). In testing statistical significance of the differences in arithmetic means (one-way ANOVA) statistically significant were only very great differences between pine trees fertilized by compost, non-fertilized pine trees and the ones fertilized by agroacidifier (Table III). It seems that the combination of fertilizers – agroacidifier + compost – was not suitable. Gradual stagnation of height increment as well as deteriorated state of root system growing through the container of plant proves that as well. On the other hand, industrial compost on the basis of sludge affects

positively not only growth characteristics of the above-ground part but also the intensity of growing through the container and development of the root system of plants. After the third year the way of fertilization was an important factor affecting not only the height of Austrian pine plants but also height increment and their diameter at root collar. In the assessment of the aboveground part of Austrian pine sample trees we found regular height increments. They were increasing with age. We also found healthy terminal shoots, long dark green needles (prolonging with age) and regular branching. When we compare the dry weight of the aboveground part we see that sample trees of the plants from the variant after reclamation with compost reached the highest values. It corresponds to the assessment of growth indicators (height, height increment, diameter of root collar). Pines planted in the variant with compost had the longest roots, particularly 35 cm. Pines in control variant (without reclamation) had the shortest roots, namely 24 cm (Table IV). Growing of roots in container was uniform and relatively dense for all sample trees. Most roots outside the container were horizontal roots. Vertical roots occurred only occasionally. Short roots with mycorrhiza were also recorded. These roots have greater longevity and better capability to take mineral nutrients and water from the soil. The dry weight of roots is connected with the size of root system. The highest was found for the sample trees in the variant with compost in the container as well as outside it. The lowest value of *P* index (ratio of the basal area of roots to the basal area of root collar) was found for the plants in control variant without reclamation. In soil analyses of pine sample trees as well as in older plantations we found higher content of available and water-soluble Mg in substrate (in the area of container). This phenomenon is probably caused by the fact that fixation of Mg to fine dispersive particles is more unstable and thus magnesium is being more easily washed out to deeper soil layers. In all depths studied the content of magnesium is above-limit but in the layer of substrate it exceeds the limit value several times (Table VI). In spite of the fact we found a marked growing of the root system through the container (especially horizontal roots). No marked differences in the content of nutrients in the assimilatory organs were recorded. The contents of Mg after the third year increased in all variants (in control variants almost by 50%). Samples of assimilatory organs were not washed before the analyses. Thus the values represent contents including particles on the surface of needles (Table VI). Particles deposited on the surface of assimilatory organs (needles of the year-classes 1995, 1996, 1997) taken in autumn 1997 were assessed by means of raster microscope JEOL JSM 840 and X-ray analyzer with the aim to detect dustiness of the surface of needles in per cent. Particles of solid fall-out deposited in the stomata were categorized according to their shape and chemical composition (Table VII). Dustiness of the surface of assimilatory organs is hindering basic physiological processes. The dustiness of

the surface of pine needles reached almost 30% for the year-class 1995, 15% for the year-class 1996 and 10% for the year-class 1997. On the surface of assimilatory organs there were identified particles of mineral origin and particles characteristic of the production of iron metals that corresponded by their chemical composition (Si, Al, Fe) to the particles typical of combustion of fossil fuels. Particles consisting of magnesium were noticeable. Stomata of pine needles are disturbed due to the effect of air pollutants. It was found that 50–55% of the stomata of pine needles are relatively functional and 5% of them for all year-classes studied are fully non-functional. The results of the chemical analyses of Austrian pine needles correspond to the resultant value of the analyses of particles deposited on the surface of assimilatory organs for particular sampling year-classes. Increased content of Fe, S, Mg, Ca, Zn and Mn was found for needles as well. We can state that increased content of dust particles of mineral origin is reflected more markedly in the increased values of some elements in the assimilatory organs of pines though the values between the year-classes fluctuate (Table VIII). From the assessment of pine planted out on reclaimed soils in the B zone of endangerment in Lubeník we can draw

a conclusion that in this zone container-grown plants of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) survive well. They have regular increments and represent suitable tree species for the planting providing reclamation measures are carried out. Growing of roots from the container to heavily contaminated mineral soil confirms that. Way of fertilization affects significantly not only the height, height increment and diameter in root collar but also the intensity of root system growing to contaminated mineral soil. It seems that reclamation by agroacidifier (acidic systems), and especially by combination of fertilizers agroacidifier + compost is not suitable. Gradual stagnation of height increment and lower intensity of growing of roots through the container of plants proves of that. On the other hand, industrial compost on the basis of sludge from sewage farms affects positively not only growth characteristics of the above-ground part but also the intensity of the growing and development of the root system of plants. The roots, and especially horizontal roots, start to grow through the container to contaminated mineral soil after the third growing season. At the same time we can observe mycorrhizal on short roots followed by the increase of the surface of absorbing roots.

Kontaktná adresa:

Ing. Anna Tučeková, Lesnícký výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika

Změna publikačního jazyka ve vědeckých časopisech ČAZV

Předsednictvo České akademie zemědělských věd přijalo na zasedání dne 6. 4. 2000 usnesení, kde mj. doporučuje změnu publikačního jazyka ve vědeckých časopisech vydávaných pod gescí ČAZV. Předsednictvo navrhuje Vydavatelské radě ČAZV zavést angličtinu jako jediný jazyk ve všech vědeckých časopisech od 1. 1. 2001. Od 1. 7. 2000 redakce časopisu *Journal of Forest Science* přijímá příspěvky psané pouze v angličtině.

A change of publication language in Scientific Journals of the Czech Academy of Agricultural Sciences

At its session on the 6th April 2000, the Presidium of the Czech Academy of Agricultural Sciences adopted a resolution recommending, among other things, to change the publication language in scientific journals published under the Academy patronage. The Presidium proposes to the Publishing Board of the Academy to introduce English as the only language in all scientific journals from the 1st January 2001. The papers written exclusively in English are accepted by the editor's office of the *Journal of Forest Science* from the 1st July 2000.

SUKCESE TROPICKÉHO DEŠTNÉHO LESA V KOLUMBIJSKÉ AMAZONII, OBLAST ARARACUARY

SUCCESSION OF RAIN FOREST IN COLOMBIAN AMAZONIA, ARARACUARA REGION

J. Pavliš

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

ABSTRACT: More extensive research in secondary forests is desirable to increase the understanding of essential ecological processes, in order to relieve the current pressure on primary forests. On the low fluvial terraces of the Caquetá River, Araracuara region, Colombia, age-differentiated plots of secondary and primary forest have been compared with regard to the species composition and the forest structure. Plots shortly used for agriculture are readily invaded by various species of the *Cecropiaceae*, *Guttiferae*, *Melastomataceae* and *Palmae*. Species diversity of the early seral stages is comparable to early climax clearings. Approximately 80 years after, the structure and species composition are almost identical to those of primary forest. The local traditional cultivation system is environmentally sustainable, however, the population explosion could eventually lead to the pressure on forest land. Therefore, it seems desirable to continue in analyses of secondary succession and domestication of valuable tree species of the region. However, it is needed to collect basic data for prospective seed-plot nursery foundation.

secondary succession; tropical rain forest; Colombian Amazon

ABSTRAKT: Na nižších říčních terasách řeky Caquetá se přirozeně vyskytuje společenstvo *Goupia glabra* – *Clathrotopis macrocarpa*. Po zemědělském hospodaření dochází k invadování ploch pionýrskými dřevinami. V různých stadiích sekundárního lesa dominují druhy rodů *Cecropia*, *Vismia* a *Miconia*, přičemž palmy jsou dominující čeledí podúrovně. Druhová diverzita lesa v raných stadiích sekundární sukcese je srovnatelná s klimaxovými světlinami. Po odhadovaných zhruba 80 letech je les strukturně téměř totožný s původním pralesem. Na území Araracuary stimuluje tradiční zemědělství proces sekundární sukcese napodobením přírodních sukcesně-regeneračních procesů. Z pohledu eventuálního nárůstu tlaku na lesní půdu v oblasti je vhodné pokračovat v analýze růstových pochodů sekundárního lesa a v „domestikaci“ potenciálně agrolsky využitelných dřevin.

sekundární sukcese; tropický deštný les; kolumbijská Amazonie

ÚVOD

V sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století ohrozilo lesy tropického a subtropického regionu v mnoha částech světa akcelerující mýcení. V roce 1980 byla odhadována roční destrukce na 7,5 mil. ha zapojeného lesa a 3,9 mil. ha otevřeného lesa, o 10 let později již stoupl roční odlesňování na 17 mil. ha (P a n c e l, 1993). Naproti tomu roční poměr zalesnění představuje pouze 1,9 až 5,0 mil. ha a přírodní lesy pod trvale udržitelným hospodaře-

ním zahrnovaly v roce 1988 pouze 4,4 mil. ha (B r o w n et al., 1991).

V současnosti probíhá v Latinské Americe již několik dekad proces osídlování půdy, který podporují různě intenzivně všechny vlády kontinentu. Podle statistik FAO se jen v Jižní Americe do r. 1990 vyskytovalo 780 000 km² sekundárních lesů, lesů ovlivněných lidskou činností je zde v konečném důsledku údajně až 3 335 000 km²; pro srovnání: v Africe je to celkově 1 650 000 km² a v Asii 730 000 km². Novodobý rozmach záborů lesa v Jižní Ame-

Studie byla uskutečněna v rámci projektu Grantové agentury České republiky Postdoc 526/99/P044 na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně a za pomoci několika dalších organizací (Tropenbos-Colombia, Hugo de Vries laboratory, ICETEX, Vojanovy sady, s. r. o.).

rice se odráží i v tom, že 60 % sekundárních lešů má původ v nedotčených pralesích, zatímco v Asii a Africe má 75 % sekundárních lešů původ v dřevařsky těžných leších. Mezi lety 1981–1990 činilo průměrné roční odlesňování v Latinské Americe 0,9 % lešů (tedy 83 000 km²) (S i p s, 1997).

Pro management a plánování rozvoje tropické krajiny je přirozeně velmi důležité poznávat limitní hranice neobyčejně komplikovaného ekosystému deštného lesa. S výrazným nárůstem podílu sekundárních lešů v tropech se zdá být nezbytné vymezit tyto limity pro případné pokračující obhospodařování, vedoucí kromě užitek z hospodářského lesa také ke snížení tlaku na původní deštné pralesy. Význam jakékoliv (třeba i pionýrské) vegetace je v klimatických podmínkách tropických deštných lešů velmi důležitý, protože brání vyluhování živin a odplavení půdy tropickými lijáky. Znalost zákonitostí sukcese umožňuje nejen pochopit důležité procesy v ekosystémech, ale také rozpracovat praktická opatření k jejich optimalizaci.

Odborníci z průmyslově vyspělých zemí si postupem času začali uvědomovat nutnost aktivní účasti při výzkumu a záchraně druhově nesmírně bohatých tropických ekosystémů. Tento dluh „bohatých zemí severu“ je splácen více či méně úspěšně prostřednictvím odborné, technické a finanční pomoci „chudým zemím jihu“. I v lesnictví je více než zřejmé, že vyspělé země našeho kontinentu dávno opustily evropský provincialismus a činorodě ovlivňují dění na poli mezinárodním, a to využitím výsledků badatelské činnosti svých lesnických univerzit a výzkumných ústavů v politice resortů a vlád. Za účelem zvýšení produktivity výzkumného úsilí vedoucího k omezení další exploatace Amazonie funguje poměrně dobrá spolupráce mezi místními zeměmi a vyspělými krajinami. Kromě nizozemského programu *Tropenbos Colombia* operují v této oblasti mnohé další vědecké týmy, např.: finsko-peruánská skupina zaštítěná univerzitami v Turku a v Iquitos, dánsko-ekvádor-

ská skupina (univerzity v Aarhus a v Quito), francouzský ORSTOM, operující ve Francouzské Guyaně a Brazílii atp.

ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

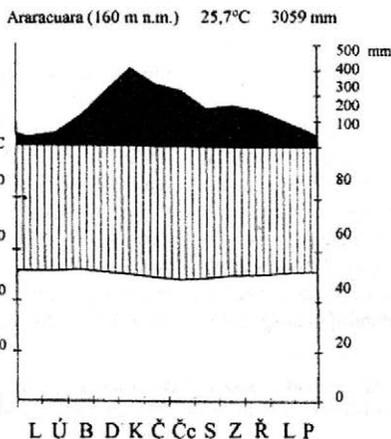
Celé povodí řeky Amazonky se rozkládá na asi 7 mil. km², z nichž je téměř 6 mil. tvořeno tropickým deštným lesem, který je tak největším komplexem tropických deštných lešů na naší planetě. Amazonská nížina se floristicky člení na pět oblastí; jsou to severozápadní, severní centrální, jihozápadní, jižní centrální část Amazonie a amazonská přechodová zóna (P r a n c e, 1983). Severozápadní část Amazonie má přitom pravděpodobně nejbohatší flóru z celého povodí (odhadovaných 80 000 druhů). Jednou z příčin je zejména koncentrace geografických a floristických vlivů And na západě, savan a galeriových lešů na severovýchodě a amazonské nížiny uprostřed. Množství rostlinných druhů je zde značné a podrobné zvládnutí flóry, byť jen jediné země, je úkol na celý lidský život – vždyť např. pro Kolumbii je odhadovaných 50 000 druhů (G e n t r y, 1996). Výjimečná druhová diverzita amazonské oblasti je přitom (stejně jako v ostatních tropických leších) výslednicí mnohamilionového vývoje druhů v takřka neměnném životním prostředí, spojeného s variabilitou půdy a mikroklimatu podmiňujícího rozmanitost biotopů jak na profilu porostem, tak i na ploše (L o n g m a n, J e n í k, 1987).

V Kolumbii zaujímá Amazonská pánev více než třetinu země – téměř 41 mil. ha, z nichž 38 mil. ha bylo – a z větší části dosud je – pokryto lesem (B u n y a r d, 1990). Dlouhodobě zkoumaná oblast středního toku řeky Caquetá organizacemi Tropenbos-Colombia Programme, COA aj. zahrnuje přibližně 6 mil. ha a je považována za poměrně reprezentativní pro celý region severozápadní Amazonie. V rámci oblasti zde bylo dosud krajinně-ekologickým mapováním podchyceno 600 000 ha.

A.



B.



1A. Schematická poloha oblasti Araracuara v Kolumbii. B. Klimadiagram Araracuara (podle Duivenvoordena, Lips, 1993 – z meteorologických dat 10letého měření) – 1A. Schematic location of the Araracuara region in Colombia. B. Climatic diagram of Araracuara (according to Duivenvoorden, Lips, 1993 – based on meteorological data from 10-year measurements)

Území *Araracuara*, pojmenované po stejnojmenné osadě (obr. 1), při které byla realizována tato studie, se nachází téměř na rovníku – 0°37' j. š. a 72°27' z. d. Oblast náleží do správy kraje Caquetá a spadá do povodí stejnojmenné řeky vlévající se do Amazonky až na brazilském území (kde má tok název *Japurá*). Nejdelším vodním tokem oblasti je právě řeka Caquetá (2 200 km), přičemž druhá nejvýznamnější řeka Putumayo (1 800 km) tvoří hranici s Peru a Ekvádorem. Zajímavostí je, že vlastní tok Amazonky protéká Kolumbii jen 130 km z jeho celkových více než 7 000 km délky.

Podle Kšpenovy klasifikace klimatu je místní klima rovníkové, humidní, Afi, s průměrnou teplotou 25,7 °C a 3 059 mm ročních srážek (D u i v e n v o o r d e n, L i p s, 1993). Leden a únor mají nejnížší množství srážek se 150 mm za měsíc, květen je měsíc s nejvyšším srážkovým úhrnem – 400 mm – a průměr ostatních měsíců je kolem 250 mm. Území se nachází v nadmořské výšce 150–300 m a je charakterizováno čtyřmi hlavními geomorfologickými jednotkami: 1. aluviální nížinou řeky Caquetá včetně jejích teras, 2. aluviálními nížinami ostatních amazonských přítoků včetně jejích teras, 3. třetihorním sedimentárním plató, 4. náhorními pískovcovými plošinami z paleozoika. Většina oblasti má relativně dobře drénované půdy lateritického typu s vysokým obsahem železa. Půdy obou typů teras odpovídají podle klasifikace FAO půdním skupinám Ali-acrisolů a Acri-feralsolů, typu typic Paleudult a aquic Paleudult (D u i v e n v o o r d e n, L i p s, 1995). Všeobecně se jedná o půdy chudé na obsah živin. H o l d r i d g e (1987) zdejší vegetační formaci klasifikuje jako tropický deštný les. Floristická skladba je velmi bohatá a některá stanoviště mají až 256 druhů stromů na 1 ha ($d_{1,3} \geq 10$ cm). Struktura vegetační pokrývky je značně ovlivněna hlavními geomorfologickými a litologickými odlišnostmi, z nichž nejvíce vystupuje rozdíl mezi normálním „vysokým“ lesem a keřovitou nízkou savanou podobnou venezuelským tepui s volným zápojem, podminěnou kamenitým podkladem pískovcové plošiny.

Reliéf terénu je kromě zmíněných plošin ovlivněn tokem řeky, která v průběhu tisíciletí terasovitě vymodelovala své břehy. Nižší terasy se nacházejí 10–15 m nad hladinou řeky (jsou zaplavovány jednou za 3–20 let) a byly zformovány ve středním pleniglaciálu, tj. 65 000 až 26 000 let př. n. l. (van der Hammen, 1982). Terasy jsou charakterizovány povrchovým brázděním a oválným tvarem spádovaným k řece. Povrch teras je téměř plochý, ale jejich nižší část je charakterizována mokřadní vegetací.

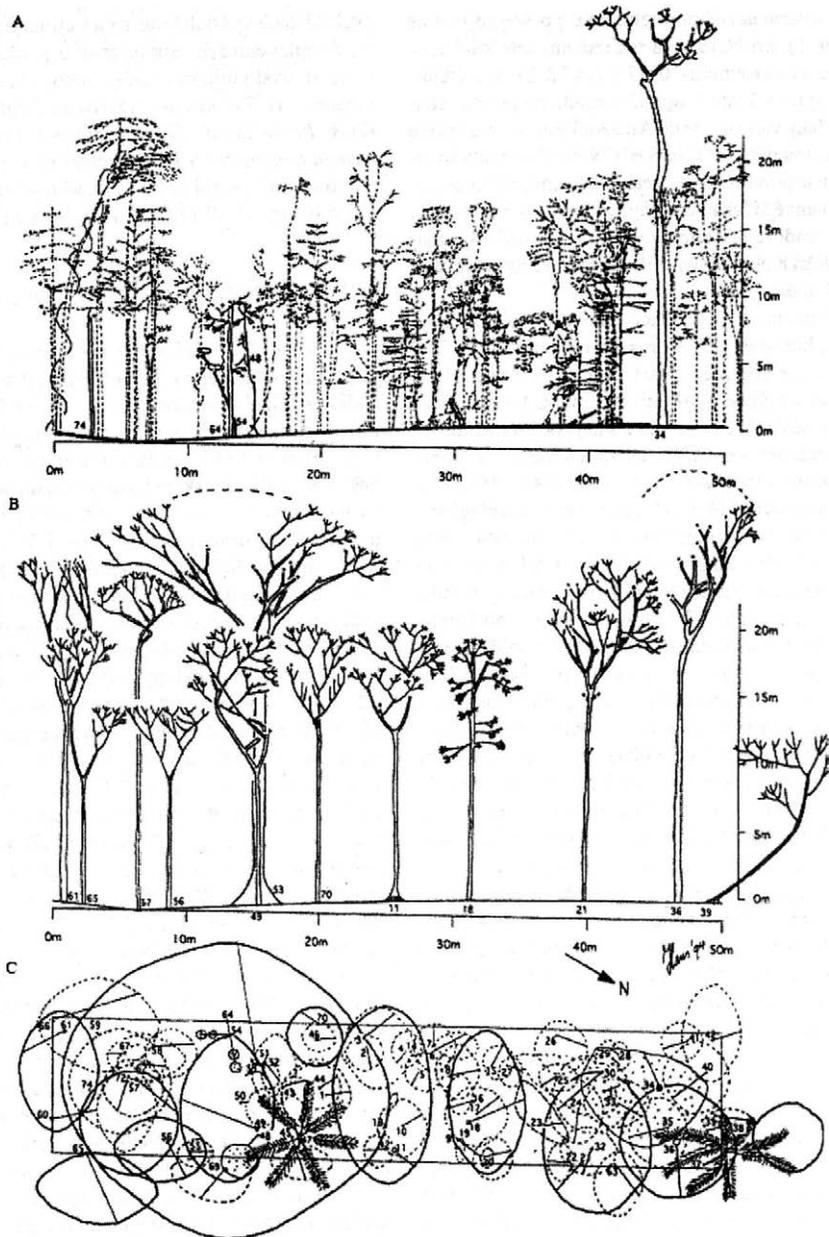
Vlastní studie tropického deštného lesa byla realizována právě na nižších říčních terasách, do jejichž dobře drénovaných částí s jílovitými půdami skupiny Ali-acrisolů často umísťuje svá políčka místní indiánská komunita. Převažujícím lesním typem nižších teras je společenstvo *Goupia glabra* – *Clathrotropis macrocarpa* s vysokou hodnotou nadzemní fytohmoty, kterou O v e r m a n et al. (1990) stanovili v rozmezí 272–351 t.ha⁻¹; biomasa kořenů dosahující 39 t.ha⁻¹ odpovídá průměrným hodnotám tropických lesů (P a v l i š, J e n í k, 1999). Podobné lesní společenstvo se vyskytuje rovněž na dobře drénova-

ných částech vyšších teras a na třetihorních sedimentárních naplaveninách. Společenstvo je charakterizováno často se vyskytujícími druhy, jako jsou *Dacryodes cf. roraimensis*, *Sloanea aff. macroana*, *Nealchornea yapurenis*, *Pouteria* sp., *Scleronema micranthum*, *Heterostemon conjugatus* a *Virola calophylloidea* a horní stromovou výškou mezi 18 až 32 m, s hustotou 54–103 stromů ≥ 10 cm v $d_{1,3}$, 0,1 ha⁻¹ (T o r o V a s q u e z, 1989).

DIVERZITA VEGETACE OBLASTI

Obecně je oblast Kolumbie méně druhově poznaná než jiné části. A. H. Gentry, největší specialista na severozápadní část Jižní Ameriky, např. pro region Chocó identifikoval pouze 44 % stromových druhů proti běžně určitelným 76–93 % v ostatních částech biomu tropického deštného lesa. Tuto skutečnost potvrzují také data D u i v e n v o o r d e n a (1996) konstatující z 1 223 rozlišených druhů 620 druhů jako identifikované, tj. 51 % (celkově bylo 84 % druhů možné zařadit do rodu a 99 % do čeledi).

Inventarizace druhů probíhá v oblasti od r. 1986 a až do současnosti bylo registrováno na celkové ploše 35 ha zkusných ploch – vhodně umístěných a zachycujících všechny fyziografické typy krajiny – 178 čeledí, 777 rodů a 2 419 druhů rostlin; z toho je pro vědu nových 35 druhů a jeden nový rod z čeledi *Dipterocarpaceae*. Očekává se, že pro celou oblast o rozloze přibližně 1 mil. ha bude v budoucnu rozlišeno na 12 000 druhů cévnatých rostlin. Celkový počet zjištěných čeledí zahrnuje také 16 čeledí kapradňorostů, 3 čeledi nahosemenné (*Zamiaceae*, *Podocarpaceae* a *Gnetaceae*) a 134 čeledí krytosemenných (*Cecropiaceae* odděleny od *Moraceae*, *Leguminosae* jako jedna čeleď) (S á e n z, 1997). Při srovnávání Araracuary s oblastí např. Manausu je pro oba regiony z nejpobytějších 16 stromových čeledí 13 společných (P r a n c e, 1983). Sedm z nich jsou převládající stromové čeledi (*Leguminosae*, *Sapotaceae*, *Chrysobalanaceae*, *Annonaceae*, *Lauraceae*, *Lecythidaceae* a *Burseraceae*), čtyři další (*Rubiaceae*, *Melastomataceae*, *Moraceae* a *Euphorbiaceae*) jsou rovněž druhově velmi početně zastoupeny. Stejně tak z 19 nejpobytějších rodů většina patří stromovým druhům (*Protium*, *Licania*, *Eschweilera*, *Ocotea*, *Pouteria*, *Miconia*, *Inga*, *Sloanea*, *Swartzia*, *Gutteria* a *Virola*). Existence takřka shodné sady druhově nejbohatších čeledí a rodů jak v okolí brazilského Manausu, tak v oblasti Araracuary potvrzují velkou příbuznost centrální a severozápadní části Amazonie. Stromová hustota přes 50 druhů.0,1 ha⁻¹ na několika zkusných plochách D u i v e n v o o r d e n a (1996) je srovnatelná s vysokými hodnotami 55–60 druhů zaznamenaných poblíž Iquitos (G e n t r y, 1988). To znamená, že největší počet druhů není v rámci amazonské pánve pouze v severním Peru a Ekvádoru, ale i na středním toku Caquetá. Celková hustota cévnatých rostlin (druhy o jakémkoliv průměru) činí maximálně 300–313 druhů.0,1 ha⁻¹ (na dvou nejpestřejších plochách Duivenoordena), což ve srovnání s ostatními neotropickými lesy představuje



2. Vertikální profil a korunová projekce klimaxového lesa nižších teras poblíž Araracuara. A – stromy budoucnosti a minulosti č. 74 *Myrtaceae* nedetermin., č. 64 *Rinorea macrocarpa* (Mart.) Kuntze, č. 54 *Burseraceae* nedetermin., č. 48 cf. *Bonyunia*, č. 34 *Platycarpum* sp.; B – stromy přítomnosti č. 61 *Pseudolmedia laevigata* Trec., č. 65, 21 *Tachigalia* sp., č. 57 *Eugenia anastomosans* DC., č. 56 *Balizia pedicellaris* (DC.) Barneby & Grimes, č. 49 *Tapirira guianensis* Aubl., č. 53 *Parkia multijuga* Benth., č. 70, 39 *Pourouma ovata* Trec., č. 11 *Pourouma herrereris* Berg, č. 18 *Qualea* sp., č. 36 *Cariniana decandra* Ducke.; C – projekce korun (zřetelně viditelné jsou palmy č. 37, 47 *Oenocarpus bataua* Mart. – podle Vestera, 1997) – Vertical profile and crown projections of climax forest on lower terraces in the vicinity of Araracuara. A – trees of the future and the past No. 74 *Myrtaceae* not determined, No. 64 *Rinorea macrocarpa* (Mart.) Kuntze, No. 54 *Burseraceae* not determined, No. 48 cf. *Bonyunia*, No. 34 *Platycarpum* sp.; B – trees of the present No. 61 *Pseudolmedia laevigata* Trec., No. 65, 21 *Tachigalia* sp., No. 57 *Eugenia anastomosans* DC., No. 56 *Balizia pedicellaris* (DC.) Barneby & Grimes, No. 49 *Tapirira guianensis* Aubl., No. 53 *Parkia multijuga* Benth., No. 70, 39 *Pourouma ovata* Trec., No. 11 *Pourouma herrereris* Berg, No. 18 *Qualea* sp., No. 36 *Cariniana decandra* Ducke.; C – crown projections (palms No. 37, 47 *Oenocarpus bataua* Mart. are clearly visible – according to Vester, 1997)

horní hranici zjištěných 120–365 druhů. 0,1 ha⁻¹. Při uvažování druhů od 2,5 cm v $d_{1,3}$ vychází hodnota zjištěných druhů na 159 cévnatých rostlin. 0,1 ha⁻¹, což je opět v horní části rozsahu 83–167 druhů. 0,1 ha⁻¹ šesti jiných lokalit Neotropis s průměrnými 3 000 mm srážek (G e n t r y, 1988).

Záplavová zóna řeky má obecně méně druhů než terasy a plochy dobře drénované. Stanoviště s méně příznivými podmínkami mají totiž tendenci mít i nižší druhovou diverzitu. Vysoká druhová diverzita stromů na dobře drénovaných terasách oblasti středního toku Caquetá se zdá být způsobena jednak omezeným výskytem vnějších stresových faktorů, jednak kontinuem malého generačního cyklu lesa závěrečného (M i c h a l e t al., 1992) od období třetího. Násin struktury klimaxového lesa nižších teras poblíž Araracuary podává obr. 2, zachycující vertikální profil porostem a průmět stromových korun.

ANTROPOGENNÍ OVLIVNĚNÍ REGIONU

Kvůli situování Araracuary mezi dvěma nespplavnými přejemi řeky Caquetá (spojení s okolním světem pouze vzduchem) je zdejší prostředí minimálně ovlivněné člověkem. V celé oblasti středního toku Caquetá činí dnešní stav (z 95 % domorodé) populace okolo 2 000 lidí, přičemž na území Araracuary žije 300 obyvatel. Obecně je systém indiánské produkce založen na využití tří prostorů: prostoru řeky, prostoru lesa a v něm získaném území zemědělských ploch (S á e n z, 1997). Z lesa nenarušeného i ovlivněného získávají domorodci velké množství produktů, které je možné uspořádat do následujících skupin užítkovosti: potrava pro člověka, návnada pro lovná zvířata/ryby jako významného zdroje proteinů, dřevo (příp. listová vlákna/části lián) na stavbu obydlí či palivo, nástroje (pomůcky) k lovu, rybaření i pro využití v domácnosti, látky pro medicínální a kultovní využití atd. Aby nevyčerpávali půdu, uplatňují místní domorodci pro svou obživu tradiční zemědělské techniky, často spojené s ovlivňováním následně úspěše lesa uvolňováním přirozeně regenerujících užitečných druhů.

Využívání přírodních zdrojů na území Araracuary probíhá tedy v současnosti následovně:

- kočovným zemědělstvím,
- sběrem lesních plodů a lovem zvěře a ryb (oštěpy, šipy, rostlinné jedy) pro domácí spotřebu rodin,
- průmyslovým rybářstvím (zintenzivněným na konci sedmdesátých let lovem harpunou a do sítí i zřízením mrazicích boxů a organizací leteckého exportu úlovků – především sumců z čeledi *Pimelodidae*,
- velmi okrajovou komerční těžbou určenou především pro lokální spotřebu (případně složitý odvoz drobných výřezů),
- pastvou dobytka (posledních několika málo zvířat v okolí Araracuary – do roku 1990 existoval chov menšího stáda),
- ochranou přírodních zdrojů (viz Národní park Cahui-nari) (D u i v e n v o o r d e n, L i p s, 1993).

Rozmanitost druhů v tropickém prostředí byla příčinou důmyslných a zajímavých užítkových funkcí, které pochopitelně daleko překonávají zvyklosti našich slovan-ských předků, kteří své primitivní hospodářství rozvíjeli uprostřed jednoduchých společenstev Evropy (J o r d a n, 1987; J e n í k, 1973). Tradiční způsob obhospodařování půdy domorodými komunitami v povodí Amazonie je tzv. kočovné zemědělství (anglicky *shifting cultivation/slash and burn practice*; španělsky *tumba y quema*) s různými lokálními názvy pro kultivované plochy – *roca* (Brazílie), *conuco* (Venezuela), *chacra* (Peru), *chagra* (Kolumbie). Jde o maloplošnou – o rozloze kolem 1 ha – zemědělskou techniku spočívající v systému dvouletých až tříletých políček umístěných do odkácených ploch většinou primárního lesa. Téměř všechny výpěstky spotřebovuje rodina farmáře nebo příslušníci kmene, výjimkou je nepatrný prodej/směna. Druhy pěstovaných plodin, jejich výnosy, délka zemědělského využívání ploch a kultivační techniky se liší místo od místa – podle regionů a kulturních zvyklostí, přičemž základní a původní plodinou je v oblasti Latinské Ameriky *Manihot* ssp. Kočovné zemědělství slouží v tomto kontextu většinou pouze k uspokojení osobních potřeb hospodářící rodiny.

V oblasti Araracuary indiánská komunita (kmene Huitoto, Muinane, Andoque, Nonuya, Miraña, Yukuna-Matapí) pro zemědělskou obživu využívá především říční terasy řeky Caquetá. Každá rodinná skupina si zřizuje pro svou obživu každoročně 1–2 chagry. Plocha založená v primárním nebo starším sekundárním lese se osadí nejvíce rostlinami takřka nenahraditelné „yuky“ (*Manihot* ssp.), ovoce a zeleninu plodícími druhy (*Musa* ssp., *Bactris gasipaes*, *Pourouma cecropiifolia*, *Poraqueiba sericea*, *Inga* ssp., *Capsicum chinense*), stimulačními a medicínálními druhy (např. *Erythroxylon coca*, *Banisteriopsis* sp. a *Jacaranda* sp.); počet kultivovaných druhů tak místy dosahuje třiceti (G a r z o n, M a c u r i t o f e, 1992; C a n d r e, E c h e v e r r i, 1996). Kultivovaná plocha působí kvůli zbytkům neshofelých klád, pařezů a změtí rostlin poněkud neuspořádaným dojmem ve srovnání s pravoúhlými polními kulturami mírného pásma (obr. 3a). Uspořádání plodin však souvisí jak se zkušenostmi prověřenými staletými, tak s místní mytologií. Na ploše bývá ponecháno mnoho výmladkových a náletových jedinců – v případě výskytu užítkových druhů (ovocných či medicínálních dřevin) bývá plocha využívána a ovlivňována až 40 let (van den H a m m e n, R o d r í g u e z, 1996). Archeologický výzkum přitom potvrzuje, že zde lidé podobným způsobem ovlivňují les již po tisíciletí – přítomnost indiánské zemědělce v okolí araracuarské pískovcové plošiny se odhaduje na 5 000 let, a tak se vyskytují názory, že každý hektar amazonského pralesa již někdy v minulosti poznal ostří kamenné seker (C a v e l i e r e t al., 1995). Při rizologických pracích souvisejících s jinou částí studie byly nalezeny stopy potvrzující podobné domněnky: jednak keramické střepy v hloubce okolo 40 cm, jednak často pozorované uhelnaté zbytky indikující stopy po požáru jak v povrchových horizontech půdy (do 10 cm), tak ve větší hloubce 30–40 cm.

Na daném území prozatím neprobíhá výrazné narušování lesních zdrojů především z důvodu dopravní odloučenosti od okolního světa. Dochází pouze k mírnému zvyšování tlaku na lesní půdu v souvislosti s nevýrazným nárůstem migrace domorodců přitahovaných do centra regionu dostupností spotřebního zboží, alkoholu, školní docházky, sportovního vyžití a příležitosti k výdělku, zkrácené probíhající změnou v hodnotovém žebříčku – akulturací.

METODIKA

Dynamika sukcese tropického deštného lesa (dále TDL) může být analyzována na základě různých kritérií – často jsou například využívány životní formy, synuzia či analýza populací. Zajistit vhodnou relaci mezi věkově různorodými studijními plochami je často hlavní výzvou při studiu tropického lesa. Význam třídídimenzionální organizace deštného lesa pro porozumění jeho dynamiky zdůraznil již R i c h a r d s (1983). V některých případech je tedy vhodné – avšak velmi pracné – postupovat podobným způsobem jako např. V e s t e r (1997) či P r ů š a (1988) a zakreslit přesné postavení stromů v porostu. Studium prostorových vztahů lesa je tak možné mj. získat i nástroj k výběru a uspořádání druhů na plochách potenciálně obhospodařovaného sekundárního lesa. Uskutečnit pozorování průběhu sukcese jednoho místa v časovém rozsahu všech sukcesních stadií však většinou není v lidských silách. B a t t j e s (1988) konstatuje, že většina literatury o druhotné sukcesi v tropech se zabývá změnami v čase (H a l l é et al., 1978; L e s c u r e, 1978; O l d e m a n, 1990). Nicméně popis sukcesních fází bývá většinou zachycen pouze z jednoho pozorovacího místa, a tak bývá variabilita oblasti podchycena neúplně. Proto je praktičtější chronosekvenční studie stanovišť, vybraných s předpokladem podobnosti jejich abiotických podmínek před narušením a lišících se právě jen sukcesní pokročilostí vývoje od skončení kultivace.

Pro systematické studium sukcesních změn v druhové a prostorové skladbě sekundárního a primárního lesa byly vybrány zkusné plochy především na pozemcích indiánské rodiny Román, jejíž nejstarší člen zde sám hospodaří již 40 let, a proto je pamětníkem historie této části lesa. Zkusné plochy o rozměrech 10 x 10 m nebo 15 x 5 m byly vytyčeny nejprve v několika dostupných, věkově vhodně odstupňovaných sukcesních stadiích sekundárního lesa, místně nazývaných rastrojos (pl.), ve věku 6, 14, 18 a 37 let. Je třeba uvést, že:

- zkusné plochy neměly stejnou rozlohu vzhledem k nedostatku volného prostoru kvůli již vytyčeným trvalým plochám z předchozích výzkumů,
- rámeček časových a materiálních prostředků k detailní druhové identifikaci byl omezen (nutná korespondence s odborníky na jednotlivé čeledě),
- vytyčené plochy nebyly zamýšleny (jako u V e s t e r a, 1997) k opakovanému pozorování vývoje nadzemních částí, ale k účelovému pozorování podzemních cenolo-

gických vztahů, jehož výsledky jsou zachyceny jinde (P a v l i š, 1998).

Pro zjištění předpokládaných rozdílů v druhové skladbě a dynamice sukcese byl posléze studován klimaxový les na třech dalších plochách nižších teras – nejprve ve vzrostlém lese, a pak i na dvou klimaxových světlinách. Při srovnávání druhové skladby tří zmapovaných ploch primárního lesa je třeba uvést následující:

- rozměry světlin byly určovány kvalifikovaným odhadem,
- na světlinách byl velký počet jedinců ve stadiu nárostu a odrůstek ($s_{d_{1,3}} < 1\text{cm}$), které nebyly všechny evidovány,
- na ploše *Abnormální povrchové kořeny Brosimum sp.* byly mapovány pouze druhy v těsné blízkosti horizontálních kořenů.

V terénu byl proveden zákres rozmístění stromových jedinců na plochách a inventarizace druhů (rodů, čeledí) s pomocí místního znalce a dendrologických klíčů (G e n t r y, 1996; S á e n z, 1997; A l d a n a, R o s s e l l i, 1995; v a n R o o s m a l e n, 1989). K identifikaci sloužil především v tropech běžný násek kmene (slash) – jeho barva, vůně, struktura; dále listy a v poslední řadě nepfílíš časté květy. Pro pozdější zpřesnění druhové identifikace byly také odebrány herbariové položky, ty byly vysoušeny v petrolejové sušárně a následně dezinfikovány na výzkumné základně Araracuary. Položky byly později převezeny do hlavního města Bogoty k identifikaci v Herbario Amazonico a transportovány s fytokaranténním osvědčením ICA (Insituto Colombiano Agropecuario) do ČR.

Další srovnávací podklady u vybraných různověkých ploch bylo možné získat změřením základních taxačních veličin (výška stromů, $d_{1,3}$) běžnými lesnickými pomůckami a následným stanovením hodnot výčetní kruhové základny.

Dvě sukcesní stadia sekundárního lesa ve věku 6 a 37 let byla při experimentu obohacovací podsady podsazena dřevařsky cennými druhy místní proveniencce.

Během realizace studie byly také shromažďovány všechny informace týkající se domorodých etnobotanických znalostí a tradičních kultivačních postupů při výsadbách, sklizni a přípravě poliček střídavého zemědělství.

DYNAMIKA SUKESCE V TROPICKÝCH PODMÍNKÁCH

VÝVOJ TROPICKÉHO DEŠTNÉHO LESA PO DISTURBANCÍ

Absence permanentního narušování je jednou z podmínek stability, organizovanosti a funkční složitosti biocenóz. Nicméně pod vlivem zjištění, že i v krajinách bez významného lidského vlivu se vyskytují regenerující sukcesní stadia velmi hojně, došlo v teorii sukcese k názorovému posunu a narušování ekosystémů je posuzo-



3. Raná stadia sekundární sukcese. A. „Chagra“ – indiánské zemědělské poličko před opuštěním, v okrajích patrný začátek obnovy velkolistých cekropií; B. hustý nárost sekundárního lesa – 6 let po opuštění domorodými zemědělci, v popředí ostitý kmen palmy – *Astrocaryum* sp. – Early stages of secondary succession. A. “Chagra” – an Indian agricultural plot before it was abandoned, evident onset of regeneration of Cecropias in its margins; B. dense advance growth of secondary forest – 6 years after it was abandoned by indigenous farmers, in the foreground a prickly stem of the palm *Astrocaryum* sp.

váno jako přirozené (B e g o n et al., 1997; G r i m e, 1983; M í c h a l, 1994). Otázka, jaký je rozdíl mezi antropogenním a přírodním narušením a jaké rozdíly v chování ekosystému lze od nich očekávat, pak ustupuje do pozadí. Stává se méně důležitou než poznání příčin a následků narušení – zejména než poznání toho, jak na narušování reagují společenstva a druhové populace. Nabízí se řada důkazů, že specifická narušení jsou nezbytná pro udržení druhové rozmanitosti mnoha společenstev.

V podmínkách boreálních lesů dochází k obměně přestárlého lesa na velkých plochách přes *velký vývojový cyklus*, charakterizovaný sekundární sukcesí. V podmínkách listnatých lesů mírného pásma dochází ke změnám porostní struktury (k náhradě přestárlých jedinců) prostřednictvím *malého generačního cyklu*, při kterém se les obnovuje na malých plochách – světlinách – vzniklých pádem jednotlivých stromů, stále se však udržuje klimaxové stadium.

Ekosystém TDL je:

- obrovským stabilizátorem životního prostředí Země,
- potenciálním zdrojem genofondu nových zemědělských plodin a léčivých rostlin,
- evoluční laboratoří, v níž probíhají genetické a selekční procesy (L o n g m a n, J e n í k, 1987).

Organizace tropického deštného lesa je vyvrcholením časoprostorové komplexity suchozemských ekosystémů (G o l l e y, 1983; J e n í k, 1995). Jeho složitost je dobře viditelná na stídání stinných prostorů s plným zápojem a pralesních světlin (gap) vznikajících přirozeným odumíráním části korun i celých stromů a jejich následným pádem, podmíněným většinou činností větru podobně jako u malého generačního cyklu v mírném pásmu. Souvislý zápoj se tak protrhává a sluneční záření může pronikat až na povrch půdy. To má za následek brzké vyklíčení semen a oživení růstu semenáčků a bylin. Velmi rychle rostou zejména pionýrské druhy; během několika let dosáhnou velkého vzrůstu a vytvoří tak podmínky pro klíčení a růst stínomilných dřevin. Mikroklima a vývoj

vzniklých pralesních světlin podrobně popisují různí autoři (O l d e m a n, 1990; S a n f o r d, 1989; S i l v e r, V o g t, 1993; U h l et al., 1988).

O l d e m a n (1990) v jedné z nejucelenějších teorií sukcese v tropech stanoví koncept ekojednotky jako společenstva rostlin, jež začalo svůj vývoj ve stejný okamžik a na stejném místě. Autor klasifikuje stadiální vývoj stromů na jedince budoucnosti, přítomnosti, minulosti a rozlišuje v ekojednotce čtyři fáze vývoje. Po narušení původního lesa dochází ke zrození lesní světliny. Tato událost, při které dochází k destrukci jisté části lesa, se nazývá událost *zero*, která může být podmíněna činností větru, pádem velkého stromu nebo činností člověka. Jsou rozlišovány následující fáze, podobné stadiím vývoje lesa v rámci malého generačního cyklu v mírném pásmu (stadium dorůstání, optima, rozpadu):

+ fáze obnovy

Stromy či jejich části začínají reagovat na nově vzniklou situaci. Mohou se uplatňovat klíčení schopná semena z okolí přenesená anemochorně či zoochorně. Je to velmi dynamická situace, při které aktivizovaná semenná banka a genetické vlastnosti dřevin dovolují spustit operační systém interakcí. Část tohoto systému je naprogramovaná (např. banka semen, spor a vegetativních částí), ale je přítomno i dost nepředvídatelných faktorů (mikroklima pro klíčení, interakce mezi stromy a jinými organismy). Konečný charakter obnovující se plochy nemůže být přesně předpověděn.

+ fáze rychlého růstu

Začíná, jakmile je zápoj uzavřen. Uzavřenost je doplněna maximální expanzí korun keřů a druhů většího vzrůstu ve stadiu stromů budoucnosti, které vyplňují volný prostor mezi keři nebo přežívají pod nimi. Pro stanovení přesného rozdílu mezi fází obnovy a fází rychlého růstu je významná skutečnost nepřítomnosti více stromů budoucnosti v zápoji, zápoj je tedy tvořen převážně stromy současnosti.

+ fáze biostatická

Fáze je charakterizována přítomností stromů současnosti. Dokud jsou však v zápoji stromy budoucnosti schopné přerůst stromy současnosti, není této fáze dosaženo. Nastává tedy potom, co je většina stromů budoucnosti ze zápoje potlačena stromy přítomnosti.

+ fáze degradace

Když je biostatická fáze skončena, sukcese vstupuje do fáze degradace. Konec biostáze může mít interní nebo externí příčiny. Toto je přípravná fáze tzv. události *zero*. Ekodjednotka je v této fázi velmi citlivá k traumatickým událostem.

Pro obnovu regenerujících ploch primárního pralesa dále uvádí např. B u d o w s k i (1987) – opírá se o data z Kostariky – obecně velmi rychlý návrat původní klimaxové druhové skladby, pokud je disturbanční účinek a odlesněná plocha malá a zdroj životaschopných semen poblíž. Za příznivých podmínek je tedy počet sukcesních stadií malý. Tento autor (i O l d e m a n , 1993) také vyvrací obecně rozšířený koncept tzv. „emergent trees“ (nadúrovňových stromů) a konstatuje, že izolované vysoké stromy nejsou emergentní, ale tzv. reliktní, pozůstalé po nějaké události startující sukcesní pochod.

VEGETAČNÍ ANALÝZY ZKUSNÝCH PLOCH V SEKUNDÁRNÍM LESE OBLASTI ARARACUARY

U vybraných dřívě zemědělsky obhospodařovaných ploch (španělsky *chagras*) – dnes je to les v různém stadiu sekundární sukcese (španělsky *rastrajos*) v dostupných věkových stadiích – 6, 14, 18, a 37 let – byla přibližně známa historie jejich založení i rok ukončení jejich kultivačního využívání. Pro vzájemnou komparaci druhové skladby vybraných čtyř ploch sekundárního lesa o stejné velikosti byl tedy proveden výčet čeledí, rodů a druhů, přičemž srovnávacím měřítkem byl podobný celkový počet jedinců s ohledem na růstové stadium porostů.

Pro každou plochu byl zjištěn a identifikován určitý počet čeledí, rodů a druhů, jehož porovnání pak vypadá následovně:

Rastrojo 6 let (15 x 5 m, tj. 75 m²)

Výsledek: zjištěno 15 čeledí, 10 rodů, určeno 13 druhů (ze 76 jedinců 3 nezařazeni – poznámka: velká hustota – obr. 3b).

Rastrojo 14 let (15 x 5 m, tj. 75 m²)

Výsledek: zjištěno 15 čeledí, 10 rodů, určeno 11 druhů (z 52 jedinců 1 nezařazen).

Rastrojo 18 let (10 x 10 m, tj. 100 m²)

Výsledek: zjištěno 19 čeledí, 12 rodů, určeno 5 druhů (ze 45 jedinců).

Rastrojo 37 let (10 x 10 m, tj. 100 m²)

Výsledek: zjištěno 20 čeledí, 18 rodů, určeno 9 druhů (z 51 jedinců 1 nezařazen).

Při vzájemném srovnání druhové skladby ploch byl pro všechna čtyři věková stadia společný výskyt těchto taxonomických skupin:

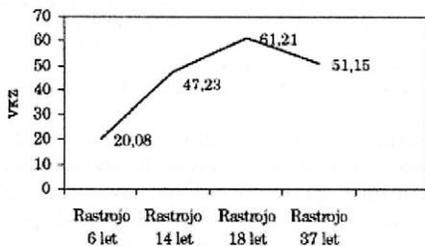
Čeledi: *Annonaceae, Apocynaceae, Guttiferae, Leguminosae, Melastomataceae, Palmae.*

Rody: *Inga, Miconia, Astrocaryum.*

Druhy: *Miconia poeppigii* Triana, *Astrocaryum sciophilum* (Miq.) Pulle.

Původní logický předpoklad nárůstu dendrodíverzity se stoupajícím věkem sukcesních stadií nebyl tedy výčtem potvrzen – relativní počet jedinců na m² se pohybuje v rozmezí 0,45–1,01 a přirozeně odráží také hustotu raných růstových fází.

Ke vzájemnému porovnání vývoje různověkových ploch rovněž posloužily hodnoty výčetní kruhové základny získané změněním základních taxačních veličin (výška stromů, průměr v $d_{1,3}$). Byly tak zjištěny následující hodnoty zachycené na obr. 4.



4. Hodnoty výčetní kruhové základny na jednotlivých zkusných plochách (m²·ha⁻¹) – The values of basal area at breast height on the experimental plots (m²·ha⁻¹)

Plocha R 18 vykazuje podobnou odchylku z časové řady i u hodnoty kořenové biomasy (P a v l i š , 1998). Na výsledcích je patrný téměř lineární vzestup hodnot. Tuto linearitu narušuje svými hodnotami jediná plocha (Rastrojo 18 let). Příčinou je skutečnost, že plocha sice byla před 18 lety vykácena, ale již nebyla v důsledku deštivého počasí vypálena, a tedy ani dále zemědělsky využita. Načasovat těžbu a vypálením připravit plochu k výsadbě užitkových druhů je totiž při normálním průběhu počasí tradiční – zkušenostmi prověřená záležitost připadající na konec kalendářního roku, kdy v oblasti začíná krátké období „sucha“. Při nestandardním průběhu počasí (souvisejícím např. s klimatickým jevem El Niño) jsou domorodci donuceni kácet znovu v jiných sušších částech roku, již ne tak spolehlivých. Důsledek neobhospodařování byl tedy takový, že nedošlo ke snížení zásoby živin vlivem zemědělské činnosti a plocha se mohla vyvíjet jako přírodní světlina. Naměřené hodnoty pak zajímavě indikovaly a odhalily jistou nesrovnalost při srovnávání různověkého vývoje ploch.

Celkově jsou zjištěné hodnoty VKZ o něco vyšší, než uvádějí např. J o r d a n (1987) nebo F i n e g a n (1997), ale podobné např. datům B a t t j e s e (1988) ze stejné oblasti. Rozdíly jsou zřejmě způsobeny tím, že do výsledků byly zahrnovány i stromy o $d_{1,3} < 10$ cm (resp. 5 cm).

K popisu průběhu vývoje sekundárních porostů v oblasti Araracuary lze s využitím Oldemanovy terminologie pro klasifikaci stadiálního vývoje stromů (obr. 2) a s pomocí pozorování V e s t e r a (1997) konstatovat následující: – Les ve stáří 6–8 let (*první fáze*) je tvořen především stromy budoucnosti – *fáze obnovy*. Ve skutečnosti je

zde během této fáze provozováno zemědělství a regenerující rychlerostoucí stromy jsou odstraňovány, a tak se podporují plodiny. K obnově dochází hlavně při lesních okrajích a na malých plošně nevyužitých částech chagry. Při odstranění stromů dochází v této fázi k rychlému zabařenění prosvětlených partií.

- Les mezi 11–18 lety (*druhá fáze*) – jeho zápoj je tvořen především stromy přítomnosti – *fáze rychlého růstu*. Stromy vstupují do vzájemné kompetice, dochází k první selekci, byl pozorován zánik např. *Vismia glaziovii* a *Miconia minutiflora*, tedy druhů, které již mohou mít v této fázi za sebou stadium optima. Odumírají však i jiné druhy, které dosahují optima později (*V. laxiflora*, *Bellucia grossularioides*, a dokonce i někteří jedinci *Miconia poeppigii*). Jedinci *Vismia japurensis* a *V. macrophylla* dosahují v této fázi svého optima (stadium přítomnosti) i v zástínu. V této fázi zřejmě nejde ani tak o r-strategii či k-strategii určitého druhu jako spíše o reakci na aktuální situaci jedince v přehusťném zápoji.
- Ve věku kolem 30 let (*třetí fáze*) má struktura lesa poněkud dezintegrující charakter kvůli přítomnosti odumírajících jedinců (stromů minulosti), které současně uvolňují prostor pro zaplnění mezer stromy budoucnosti. Postupně dochází ke zředění počtu jedinců a k optimalizaci jejich životních podmínek – nastává tedy *fáze biostatistiky*. Nejstarší studovaný 33letý porost byl ve stadiu reorganizace (částečně tedy přechod do *fáze degradace*), při němž vymíraly úrovně stromy a probíhal proces jejich náhrady z podúrovň stromy budoucnosti; sekundární les se postupně vyvíjí směrem k lesu klimaxovému. Jedinci *Miconia poeppigii*, *M. myriantha*, *Inga alba*, *I. thibaudiana*, *I. punctata* a *Jacaranda copaia* v této fázi tvoří druhy úrovně, zatímco *M. prasina* je složkou podúrovně. Podle V e s t e r a (1997) jsou nejdůležitější stromové druhy determinující architekturu lesa až do 35 let věku sekundárního lesa přítomné již od začátku sukcesního vývoje. Některé druhy (*Cecropia* sp., *Vismia* sp. a další) dokončují svůj vývoj a úlohu v lesním porostu již během prvních 35 let sukcese. Jiné druhy (*Goupia glabra*, *Gutteria* spp. a *Clathrotropis macrocarpa*) nedosahují svého konečného vývoje do zmíněného věku a pravděpodobně determinují vývoj porostu později. Faktem je, že v podmínkách Araracuary nejsou známy starší porosty sekundárního lesa než aktuálních 38 let (1998), protože hodnověrné záznamy o plochách dále nesahají (V e s t e r, 1997). Při posouzení, kolika let je třeba k dosažení úrovně původní struktury a funkčnosti lesa klimaxového, se tedy vychází pouze ze srovnání s vývojem lesa v podobných oblastech.

SROVNÁNÍ DRUHOVÉ SKLADBY LESA KLIMAXOVÉHO A SEKUNDÁRNÍHO

Záměrem bylo uskutečnit srovnání druhové skladby v lese klimaxovém s realizovanou inventarizací ploch antropogenně ovlivněných. Tři nové zkusné plochy byly

umístěny do dvou vhodných klimaxových světlin vzniklých činností větru (a pádem odumřelých částí korun, celých stromů nebo skupin stromů propojených liánami) a do normálně etážovitě uspořádaného deštného lesa.

Vzájemné přibližné srovnání skladby druhů, rodů a čeledí bylo opět uskutečněno především na základě podobného počtu jedinců na plochách. Zajímavá je zejména komparace výskytu taxonomických skupin v kontextu podobnosti vývojových fází. Takto porovnány tedy byly jednak nejstarší 37letá plocha se vzrostlým pralesem, jednak rané fáze nárůstů světlin se skladbou sekundárního lesa nejmladší šestileté plochy.

Celkové bylož zápoji světlin dosud nerozvolněný vlivem doposud nerozložených větví a lián, přesto se zde ale vyskytoval velký počet odrostků ve stadiu nárůstu ($s d_{1,3} < 1$ cm). Výška nárůstu byla také výrazně nižší ve srovnání se strukturou podobného sekundárního lesa ve věku šesti let, v jehož porostní úrovni o průměrné výšce 6 m dominovaly především rychlerostoucí cekropie a vismie.

Přehled výsledků inventarizace:

Dvě sousední světliny – vyšší terasa poblíž Rancho Román (stáří do pěti let, celková rozloha přibližně 3 ary) – obr. 5.

Výsledek: zjištěno 20 čeledí, 17 rodů, určen 1 druh (ze 78 jedinců 2 nezařazeny – poznámka: prostor pro sousedící světliny vznikl důsledkem uvolnění jednak prostoru pod korunou původního stromu, jednak prolámaním sousedního porostu pádem vlastní koruny).

Světlna poblíž řeky Yari – nižší terasa (stáří do pěti let, rozloha přibližně 2,5 aru) – obr. 6.

Výsledek: zjištěno 24 čeledí, 17 rodů, určeny 3 druhy (z 50 jedinců).

Primární les v okolí abnormálního povrchového kořene *Brosimum* sp. (přibližně 30 × 9 m).

Výsledek: zjištěno 15 čeledí, 8 rodů, určeny 2 druhy (ze 40 jedinců 2 nezařazeny – poznámka: mapovány pouze druhy v těsné blízkosti studovaných horizontálních kořenů jedince *Brosimum* sp.).

Prostými součty a porovnáním stromového inventáře byl zjištěn výskyt následujících taxonomických skupin (zachycených také v tab. I):

Mezi plochami světlin je 13 společných čeledí a 8 společných rodů – *Astrocaryum*, *Bursera*, *Clathrotropis*, *Euphorbia*, *Helicostylis*, *Inga*, *Miconia*, *Socratea*.

Mezi plochami nacházejícími se v primárním lese je 11 společných čeledí.

Mezi regenerujícími plochami světlin a šestileté plochy v raném stadiu sukcesního vývoje je 8 společných čeledí a 3 společné rody – *Astrocaryum*, *Inga*, *Miconia*.

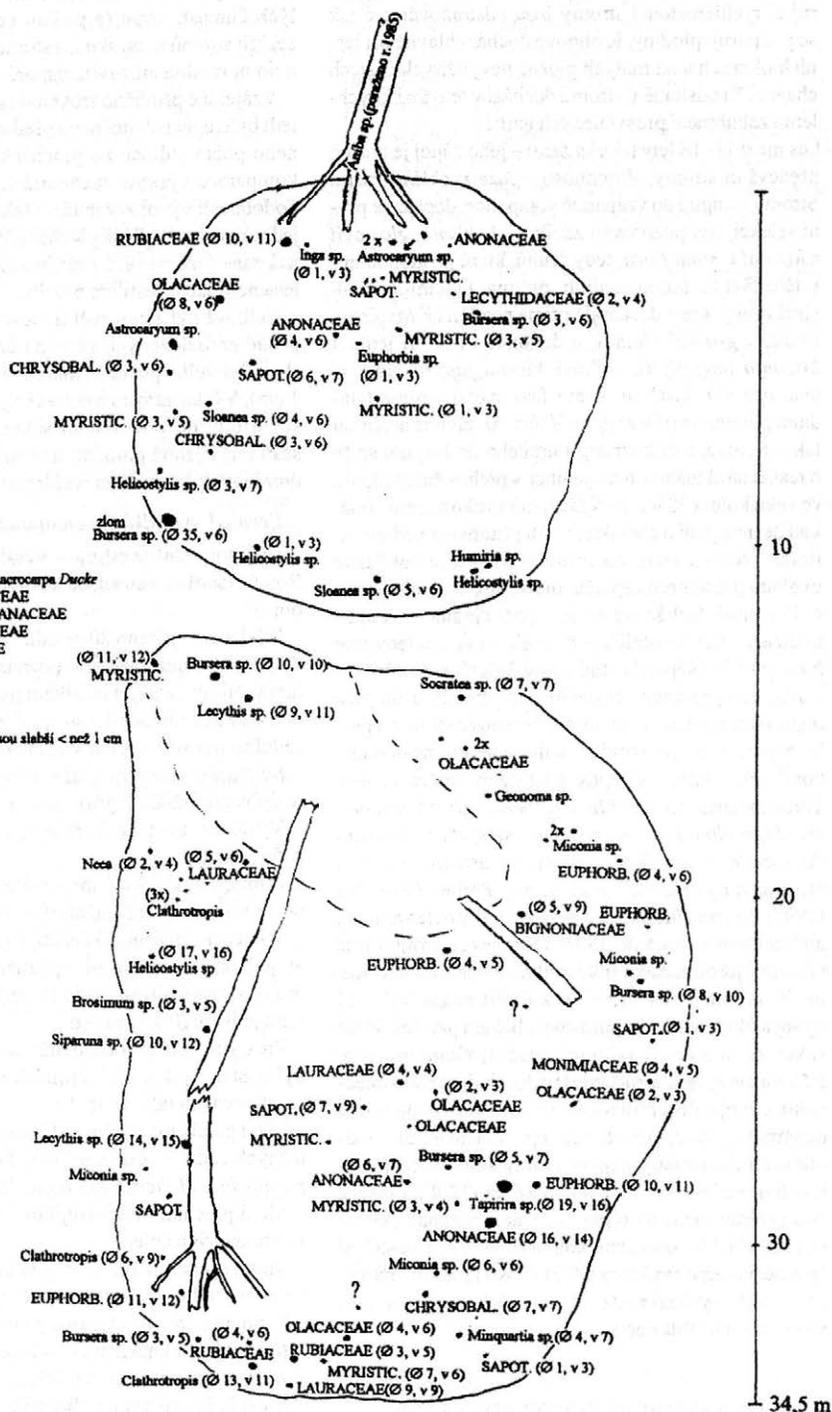
Mezi R 37 a klimaxem v okolí abnormálního kořene *Brosimum* sp. je 9 společných čeledí.

Mezi R 37, plochou s abnormálním kořenem a dvěma světlinami, je 6 společných čeledí.

Mezi všemi plochami je společných 5 čeledí.

Dendrologický průzkum realizovaný v oblasti Araracuary tedy neindikuje podstatné rozdíly v počtu zjištěných čeledí na plochách ať už ovlivněných, nebo

N



5. Schematický náčrt dvou sousedních přirozeně vzniklých světlín – vyšší terasa poblíž Rancho Román – Diagram of two adjoining natural gaps – higher terrace near Rancho Román

neovlivněných člověkem. Mezi sledovanými plochami o sice různých rozlohách (75–300 m²), ale přibližně stejném počtu stromových jedinců tak zůstává plošná dendrodiverzita vztažená k počtu čeledi podobná. Celkový počet dosahuje 15–24 stromových čeledí na plochu. Analýza vývoje sukcese podmíněné jednak činností člověka, jednak normálními obnovními pochody v klimaxovém lese potvrzuje předpoklad, že v oblasti Araracuary kočovné zemědělství výrazně neovlivňuje druhovou skladbu a diverzitu vegetace. Na pochátech ovlivněných člověkem je v raných stadiích sukcese zastoupeno „relativně“ více zřetelně pionýrských druhů náležících zejména k rodům *Cecropia*, *Vismia*, *Miconia*, *Astrocaryum* atp. Naproti tomu na plochách vyvíjejících se na přirozených lesních světlinách je průběh lesní obnovy výrazněji podmíněn také zmizením poblíž stojících klimaxových druhů prostřednictvím na plochu dopadajících těžkých plodů, charakteristických pro obnovní strategii nadúrovňových stromů (e.g. semenáčky *Scleronema* sp. – Pavliš, 1998).

V oblasti Araracuary jsou pro pozitivní dopad domorodého hospodaření zřejmě rozhodující dva aspekty:

- primární les jako obnovující se prvek není většinou vzdálen více než 50 m od úhorů (Battjes, 1988),
- půda je bohatší než v podobných oblastech a množství živin se po krátkodobém hospodaření příliš nemění (Pavliš, 1998).

Podle Vester a Saldarriaga (1993) druhová diverzita lesa ve stadiu sekundární sukcese narůstá pomaleji proti rychle vzrůstající hodnotě výčetní kruhové základny. Klimaxové druhy v dalším vývoji postupně zaujímají významnou část patra podúrovně a po odhadovaných zhruba 80 letech je zdejší les strukturně téměř totožný s původním pralesem. Výsledně tak mají plochy původně ovlivněné domorodým hospodařením velmi podobnou stromovou hustotu, hodnoty kruhové základny, výšku zápoje a počty druhů (Overman et al., 1990). Z hlediska fyziogeografického členění terénu nejsou výrazně rozdílny ani v sukcesních pochodech mezi jednotkami „nižších teras“, „sedimentární planinou“ a vyvinutými půdami „pískovcové plošiny“; naopak jednotka „záplavová zóna“ má nižší celkový počet stromových druhů a větší procento výskytu druhů palem (Duijvenvoorden, Lips, 1995).

SROVNÁNÍ SUKCESNÍCH PROCESŮ V DALŠÍCH ČÁSTECH JIŽNÍ AMERIKY

Pro srovnání sukcesního vývoje v podobných oblastech shrnuje např. Oldeman (1990) sukcesní vývoj v Guayaně (v jeho interpretaci – sylvigenezi) takto: první tři až čtyři roky probíhá přechod od strukturně nedeterminované fáze porostu k fázi statické s výraznými architektonickými rysy. Rod *Cecropia* zahrnuje mnoho druhů s životním rozsahem do 20 let, kterým postačují právě tři až čtyři roky k dosažení konečného tvaru koruny, která zůstává neměnná po zbytek (tedy čtyři pětiny) jejich života. Po 20 letech tedy dožívají cekropie a v pod-

rostu plném lián se obnovují další druhy (*sada budoucnosti*). Je pravděpodobné, že hustá změť lián zde má důležitou úlohu regulátoru světla a vlhkosti, analogickou roli nižších pater staršího lesa. V Guayaně nastupují konkrétně v dalších fázích rody *Schefflera* (*Araliaceae*), *Spondias* (*Annonaceae*), *Tapirira* (*Anacardiaceae*), *Astrocaryum*, *Oenocarpus* (*Palmae*), *Hymenaea* (*Legum.-Caesalp.*), *Jacaranda copaia*, *Tabebuia* (*Bignoniaceae*) a *Sloanea* (*Elaeocarpaceae*). Následuje také expanze stromů z dosud potlačené podúrovně vedoucí k jisté deformaci pater a rozrůzněnosti struktury. Stejný proces se pak opakuje a stoupá podíl stromů budoucnosti vstoupujících do vzájemné kompetice.

Následuje druhá, stabilnější fáze s druhy zpočátku vykazujícími toleranci na zastínění, které se později stávají světlomilnými rychlostoucími druhy. Ty vytvářejí horní patro, které není příliš husté a dovoluje vstup druhů tzv. *stínobytných nomádů*. Často je spodní patro přeplněné stromy do výškové úrovně 8 m.

Stejně *silvogenetické procesy* se opakují do třetí fáze, ve které se stále více prosazují druhy snášející více zástínu a schopné žít dlouhou dobu potlačené a čekající na svou příležitost k expanzi. Tato třetí *homeostatická* fáze může být tvořena stejnověkými druhy, vyklíčenými na ploše již s iniciálními cekropiemi. Toto stadium má dvě patra, horní patro s průměrnou výškou 16 m, spodní s výškou 8 m. Autor shrnuje, že během silvogeneze jsou vždy patrné přechody mezi fází *dynamickou* a *homeostatickou*. Zároveň správně konstatuje, že je velkým handicapem obtížnost určení přesného stáří stromů v tropech (kvantifikace je obtížná kvůli nepřítomnosti letokruhů ve smyslu časového indikátoru mírného pásma), a tak odhady vývoje v čase zůstávají hypotetické.

Saldarriaga (1994) činí pro sekundární les živinami extrémně chudé oblasti San Carlos de Rio Negro ve venezuelské části Amazonie tyto závěry: zástupci rodu *Vismia* dominují prvních 10–20 let sukcese, mezi 30 až 40 lety jsou časní pionýři zameňováni dalšími rychlostoucími druhy, např. *Vochysia* sp., *Alchornea* sp. a *Jacaranda copaia*, které dominují dalších 50 let. Hlavní změny ve skladbě vegetace probíhají mezi 40–80 lety od začátku sukcese; dochází především ke změnám v zápoji, které způsobují pády a odumírání stromů. Tyto strukturní změny ve společenstvech se odrážejí i v hustotě dřeva. Druhová diverzita lesa ve stadiu sekundární sukcese narůstá s věkem. Data diverzity indikují, že v 80letém druhotném lese je dendrodiverzita podobná lesu klimaxovému, ale rozdíl je v druhové skladbě. Ze 22 dominantních druhů zkoumaných a determinovaných hodnotami významnosti bylo pouze 7 v obou typech lesa. Pomalejší je také obnova původní struktury lesa a nárůst nadzemní fytohmoty, která u klimaxového lesa činí 255 t.ha⁻¹. Sekundární les dosahuje v 80 letech poloviční hodnoty fytohmoty klimaxu a údajně teprve po 140–200 letech jsou jejich hodnoty srovnatelné.

Battjes (1988) konstatuje pro sekundární lesy oblasti Araracuary a San Carlos podstatné rozdíly mezi hodnotami výčetní kruhové základny, porostních výšek,

I. Přehled výskytu čeledí na plochách deštného lesa v různém stadiu vývoje – An overview of the occurrence of families on rain forest plots at different developmental stages

Rastrojo 37 let (20 čeledí) ¹	Primární les v okolí Abnormálního kořene <i>Brosimum</i> sp. (15 čeledí) ²	Světliny v klimaxovém lese poblíž Rancho Román (20 čeledí) ³	Světlna v klimaxovém lese na řece Yari (24 čeledí) ⁴	Rastrojo 6 let (15 čeledí) ⁵
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Annonaceae</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Annonaceae</i>	<i>Annonaceae</i>
<i>Annonaceae</i>	<i>Burseraceae</i>	<i>Annonaceae</i>	<i>Apocynaceae</i>	<i>Apocynaceae</i>
<i>Apocynaceae</i>	<i>Cecropiaceae</i>	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Bombacaceae</i>	<i>Bignoniaceae</i>
<i>Boraginaceae</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Burseraceae</i>	<i>Burseraceae</i>	<i>Cecropiaceae</i>
<i>Cecropiaceae</i>	<i>Guttiferae</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>	<i>Cecropiaceae</i>	<i>Celastraceae</i>
<i>Celastraceae</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Dilleniaceae</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
<i>Erythroxylaceae</i>	<i>Lecythidaceae</i>	<i>Humiriaceae</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Guttiferae</i>
<i>Guttiferae</i>	<i>Leguminosae</i> (Caes., Mim., Papil.)	<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Guttiferae</i>	<i>Icacinaceae</i>
<i>Juglandaceae</i>	<i>Melastomataceae</i>	<i>Lauraceae</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Lauraceae</i>
<i>Lauraceae</i>	<i>Moraceae</i>	<i>Lecythidaceae</i>	<i>Lauraceae</i>	<i>Leguminosae</i> (Mim., Papil.)
<i>Leguminosae</i> (Papil.)	<i>Olacaceae</i>	<i>Leguminosae</i> (Mim.)	<i>Lecythidaceae</i>	<i>Melastomataceae</i>
<i>Melastomataceae</i>	<i>Palmae</i>	<i>Melastomataceae</i>	<i>Leguminosae</i> (Caes., Mim., Papil.)	<i>Monimiaceae</i>
<i>Monimiaceae</i>	<i>Rubiaceae</i>	<i>Monimiaceae</i>	<i>Melastomataceae</i>	<i>Palmae</i>
<i>Moraceae</i>	<i>Sapotaceae</i>	<i>Moraceae</i>	<i>Moraceae</i>	<i>Rubiaceae</i>
<i>Myristicaceae</i>	<i>Vochysiaceae</i>	<i>Myristicaceae</i>	<i>Myristicaceae</i>	<i>Sapotaceae</i>
<i>Palmae</i>		<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Nyctaginaceae</i>	
<i>Rubiaceae</i>		<i>Olacaceae</i>	<i>Palmae</i>	
<i>Sapindaceae</i>		<i>Palmae</i>	<i>Polygonaceae</i>	
<i>Tiliaceae</i>		<i>Rubiaceae</i>	<i>Rubiaceae</i>	
<i>Vochysiaceae</i>		<i>Sapotaceae</i>	<i>Sapindaceae</i>	
			<i>Sapotaceae</i>	
			<i>Sterculiaceae</i>	
			<i>Violaceae</i>	
			<i>Vochysiaceae</i>	

¹rastrojo 37 years (20 families), ²primary forests in the environs of abnormal root *Brosimum* sp. (15 families), ³gaps in climax forest near Rancho Román (20 families), ⁴gap in climax forest on the Yari river (24 families), ⁵rastrojo 6 years (15 families)

stromové hustoty a počtu druhů. V San Carlos však docházelo k intenzivnímu zemědělskému využití, jehož důsledky jsou kromě špatné regenerační schopnosti shrnuty následovně:

- destrukce regeneračních zdrojů (zásoby semen v půdě zničeny opakovaným vypalováním, faktor větší vzdálenosti dospělého lesa jako regeneračního zdroje),
- mikrostanoviště jako důležitá podmínka pro obnovu lesa byla eliminována dlouhým a intenzivním využitím,
- zásoba živin v půdě je po dlouhodobém vypásání extrémně nízká.

Ve srovnání s primárním lesem však autor regenerační schopnost sekundárních lesů oblasti zřejmě výrazně nadhodnocuje – podle jeho závěrů potřebují SL pouze 15 let k dosažení stejné VKZ, pro dosažení stejné výšky potřebují 18–15 let.

Vester, Saldarriaga (1993) pak shrnují pro území Araracuary a San Carlos hlavní rozdíly ve skladbě a struktuře sekundárních lesů do 30 let věku takto:

- vyšší hodnoty výčetní kruhové základny ve prospěch první lokality,
- růst komplexity lesní struktury s věkem sekundárního lesa ve prospěch Araracuary,
- nárůst floristické diverzity zůstává na obou lokalitách podobný.

LESNICKÁ VÝCHODISKA V TROPECH

Člověkem ovládané a vytvářené ekosystémy plní historicky proměnlivé cíle, společností stále znovu formulované a konkretizované. Přírodní svět byl Berberům, Inkům, Dayakům, Yanomanům, Masajům, Toltékům či třeba Slovanům vždy přítelem i nepřitelem. V něm žili a realizovali své potřeby podle stupně své „technické“ a „kulturní úrovně“ s více či méně destruktivním dopadem na okolní lesy. Množství pro člověka užitečných druhů v tropickém prostředí bylo příčinou jejich pestrého využití způsoby, které pochopitelně překonávají zvyklosti mírného pásma.

Všechny lesopěstební aktivity v přírodních lesích mohou být z antropocentrického pohledu definovány jako cílené obhospodařování ekosystémů vedoucí k plnění potřeb společnosti. K tomu je nutná:

- znalost stanovištních podmínek,
- znalost druhové skladby, struktury a dynamiky porostu,
- znalost lidských potřeb a jejich vlivu na les.

Ekologové důrazně upozorňují na konflikt mezi tendencí přírodních procesů k maximální stabilitě ekosystémů a mezi lidskou snahou jejich maximální exploatace. O d u m (1977) soudí, že vzít na vědomí tento konflikt je prvním nezbytným krokem k racionálnímu využívání přírodních zdrojů. Nejlepšími lesnickými a zemědělskými systémy v tropech bývají většinou ty, které využívají místních zdrojů a berou v potaz potřeby místních komunit – v Amazonii např. chov kapybar, želv, kajmanů nebo právě tradiční zemědělství (B u n y a r d , 1990). Výsledně dlouhodobě lépe fungují, přinášejí více zisku a trvalou

udržitelnost. Jsou lépe sociálně přijatelné i politicky užitečné, hlavně však zpravidla ekologicky vhodnější než introdukované systémy, vyvinuté v jiných oblastech za jiných kulturních a přírodních podmínek.

V tropických deštných pralesích vstupuje věda o pěstování lesa v mnoha ohledech na nepoznané území (J a r a , 1987). V panenských lesích je totiž na stejném místě velmi různá, ale ekologicky ekvivalentní druhová skladba. Výběr určitých (pro člověka užitečných) druhů k pěstování vede vždy samozřejmě k částečnému snížení diverzity, ale vysoká hladina diverzity je základnou pro přirozenou stabilitu TDL. Otázkou k zodpovězení většinou zůstává, jak dalece může být modifikována struktura a druhová skladba TDL vůči ekonomickým požadavkům (S h a l l o n , 1995). Cílem je zjednodušit složitou druhovou mozaiku a strukturu původních lesů bez trvalého narušení přirozené rovnováhy a současném zachování plné funkčnosti ekosystému. Toho lze dosáhnout podporováním jinak náhodného uvolňování užitkových druhů tak, aby co nejrychleji dosáhly hořejších lesních pater; naproti tomu druhy méně významné je účelně ponechávat v dolních, méně produkčních patrech. Pokud zůstává podporován proces strukturačního lesa, vcelku nehrozí, že dojde k ekologicky nevhodným změnám ve fungování ekosystému. Všechna pěstební opatření by přirozeně měla být uvnitř limitů produktivity ekosystému.

Navzdory potenciálu různých vhodných pěstebních tropických technologií vyjádřil ale de G r a a f (1986) velmi pesimistický názor na jejich adaptaci pro Amazonii, dokud zde zbývají nedotčené lesy. Hospodaření na principu trvalosti a nepřetržitosti produkce totiž znamená dlouhodobé investice, které odečtené a přepočtené na čas investice samozřejmě snižují čistý zisk. Naproti tomu vlastník nedotčeného lesa s dřevařsky hodnotnou surovinou dá v tomto regionu většinou přednost přímému prodeji za méně peněz a bez jakýchkoliv nákladů. Autor tedy předpokládá, že teprve tehdy, až zmizí z trhu levnější dřevo z nedotčených pralesů, bude dřevo z lesů lesnický obhospodařovaných prodejné se ziskem. Uvádí, že pro omezení přístupu ke zdrojům jsou dvě možnosti:

- zdroje už nejsou – les už je vykácen,
- platí zákaz přístupu ke zdrojům.

Tento pesimismus má zřejmě stejné opodstatnění i dnes, možné změny k lepšímu lze snad očekávat s rozšířením a celosvětovým akceptováním certifikace dřeva prodávajícího na mezinárodním trhu.

V tropech byla naproti tomu přeměněna z různých důvodů významná plocha primárních pralesů na lesy sekundární, jejichž gigantická a stále se zvětšující rozloha je výzvou pro zahájení jejich účelného obhospodařování. Většina území tropických sekundárních lesů je přitom obydlena drobnými farmáři. Proto je logické založit jejich budoucí obhospodařování na aktivní účasti a naslouchání jejich potřebám. Je však třeba rozpoznat význam sekundárních lesů na lokální, národní a mezinárodní úrovni pro začlenění do legislativních a akčních opatření. Politika pro zvýšení rentability sekundárních lesů má teoreticky čtyři hlavní jednoduché body:

- politika zaměřená na trhy s produkty sekundárního lesa,
- politika spojená se zákonodárstvím,
- opatření dovolující producentům získat patřičné zisky k udržení lesní půdy,
- opatření k podpoře výzkumu.

Tropické sekundární lesy mohou mít pro člověka – jak je zřejmé i z tradičního domorodého hospodaření v regionu Araracuary i celé Amazonie – také velký agrolesnický potenciál. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) tak např. iniciovalo v tropické Americe výzkum čtyř agrolesnických významných druhů – *Bactris gasipaes* (Palmae), *Inga edulis* (Leguminosae), *Calycohyllum spruceanum* (Rubiaceae), *Guazuma crinita* (Sterculiaceae) (S i p s, 1997).

OBOHACOVACÍ PODSADBA

Nejvhodnějším řešením pro tropické lesy – pokud mají být obhospodařovány – je lesnictví nebo agrolesnictví „blízké přírodě“ (B e r t a u l t et al., 1995).

Jednou z jeho součástí je i podsadba původního lesa dřevařsky nebo jinak cennými autochtonními druhy (tzv. obohacovací výsadba). Při ní jsou ať už ve školkách vypěstované sazenice, nebo náletoví jedinci (wildlings) vysazovány do úzkých pruhů vzrostlého lesa, které byly předem vyčištěny od menších stromů v podrostu a částečně prosvětleny odstraněním některých jedinců vrchního stromového patra (L a m m e r t s v a n B u e e r n, D u i v e n v o o r d e n, 1996). Nejznámější je zřejmě *Aubrevillova liniová výsadba* (enrichissement par layon) z frankofonní Afriky, vhodná na místech s nedostatečným počtem lesnických vhodných druhů. Postup se skládá z přípravy linií (vzdálenost linií 10–25 m) kompletním vyčištěním 1 m pruhu od vegetace, odstraněním lián a podrostu 5 m na obě strany podél osy linií. Odrostky (minimálně vysoké 1 m) jsou sázeny na ose linií 10 m od sebe (celkem je vysazeno 100–200 ks.ha⁻¹), vysázené řady se pravidelně čistí (během prvního roku jsou nutné tři zásahy), přičemž horní stromové patro dospělého porostu by mělo být finálně tvořeno původně podsazenými stromy.

Jako každá metoda má liniová výsadba své výhody i nevýhody (např. přístupnost linií pro okus, nedostatek světla). Metoda byla proto modifikována a přizpůsobena podle oblastí, zkušeností a možností; důsledkem jsou různé názvy, např.: *Placeaux Anderson* – výsadba v mnohem hustším sponu; *Método camaital* (z Venezuely) – je charakterizována otevřením linií buldozerem, obohacování probíhá přirozenou obnovou s uvolňováním plodících lesnických cenných druhů; *Mexican system* (z Yucatánu) – obohacování stezek a starých těžebních cest semeny dřevařsky nejčetnějších rodů *Cedrela* a *Swietenia* (P a n c e l, 1993).

S nárůstem podílu sekundárního lesa v oblasti Araracuary a zvýšením uspokojení budoucí poptávky po dřevní surovině (např. po stavebních a nábytkářských

sortimentech) by bylo velmi vhodné začít jej využívat k lesnickému hospodaření na principech trvalosti a nepřetržitosti produkce, s obdobnými prioritami jako v mírném pásmu. Obohacovací podsadba dřevařsky cenných druhů tak může přispět k urychlení obnovy původní dřevinné skladby a k optimalizaci produkce. Náletové sazenice vybrané pro podsadbu by měly splňovat přinejmenším tato kritéria:

- dostupnost,
 - schopnost odrůstat v porostním stínu,
 - užitková hodnota pro trh nebo domorodou komunitu.
- Původně byly vytypovány následující druhy (V e s t e r, osobní sdělení, 1996), které byly považovány za nejnázve splňující uvedené kritéria:
- *Brosimum rubescens* (Moraceae) jako dřevařsky potenciálně velmi hodnotný druh s velmi odolným červeným dřevem s vysokou hustotou, domorodci využívaný k řezbářství,
 - *Rollinia mucosa* (Annonaceae) jako ovocný druh potenciálně obohacující tradiční agrolesnický systém,
 - některý z autochtonních druhů rodu *Theobroma* (Sterculiaceae) s vysokou nutriční hodnotou.

V první fázi tak byly v pralese vybrány a nalezeny vhodné dostatečně regenerující druhy. Pro výsadbu bylo shledáno jako nejvhodnější *B. rubescens*, splňující všechna tři kritéria; kvůli nesplnění kritéria dostupnosti nebyla realizována výsadba sazenic *Rollinia mucosa* ani *Theobroma*, ačkoliv pomístně se např. *Theobroma bicolor* již tradičně využívá. Odrostky *Brosimum rubescens* o výšce 30–150 cm byly vyzvedávány a přenášeny i s půdním balem na plochy sekundárního lesa (donáška několik kg těžkého pytle se 3–5 ks na vzdálenost asi 1 až 2 km). Celkem bylo vyzvednuto a zasazeno 40 jedinců (včetně náhrady odumřelých).

Jako nejvhodnější byla pro výsadbu a pozdější porovnání vybrána zkusná plocha rastrojo 6 let a vhodná část rastrojo 37 let mimo zkusnou plochu pro odkryv kořenů. Pokus organizačně probíhal následovně:

- příprava ploch k jamkové výsadbě (odstranění bezprostředně sousedící podrostní vegetace),
- příprava jamek (1 × 1 m) a výsadba,
- počáteční záливka kvůli několika dnům sucha (průběžné pozorování),
- dosadba, vylepšování.

Již během prvního období výsadby byly průběžně nahrazovány sazenice, které se neujaly (asi 30 %), aby po zhruba šesti měsících byl zjištěno, že prakticky neproběhl žádný přírůst odrostků. Mladší plocha R 6 se navíc řídce zatrávnila, zřejmě důsledkem předchozího nadměrného uvolnění plochy při rizologických pracích. Podíl uhynulých odrostků za šest měsíců znovu nepřesáhl 30 %, ty byly opětovně nahrazeny, tentokrát nejen odrostky *Brosimum*, ale i dalšími zkoušenými druhy rodů *Vochysia* sp. (arenillo) (*Vochysiaceae*), *Scleronema* sp. (yolombo) (*Bombacaceae*), *Aniba* sp. (palo de rosa) (*Lauraceae*). Pravděpodobnou příčinou neujmutí byl zřejmě přísušek několik dní na začátku výsadeb, event. nedostatečně šetrné vyzvednutí z půdy i podíl pozorova-

vaného herbivorního hmyzu na kořenech či mezidruhov a konkurence vrůstajících kořenů.

Cílem podobných pokusů bude nalézt rovnováhu mezi využíváním lesa a jeho ochranou. Využíváním sekundárních lesů je možné zároveň snížit tlak na primární prales a přispět k udržení stavu biodiverzity krajiny. Závěrem pokusu lze konstatovat, že obohacovací podsadba sekundárního lesa oblasti dřevařsky cennými autochtonními druhy je možná, ale fáze „domestikace“ stromových druhů v regionu je teprve na počátku. Do budoucna zůstává pro oblast užitečné provést řadu podobných pokusů – je třeba získat základní údaje o genetických vlastnostech, o dostupnosti osiva a nárocích vybraných druhů pro případné založení malé školky, ale i provést revizi potenciálu užitek místních stromových druhů a pokročit ve znalostech cíleného agrolesnického řízení sukcese. Pro další studium konkurenční přizpůsobivosti a růstových vlastností potenciálně dřevařsky hodnotných druhů bude snad možné využít i již podsazeného materiálu.

ZÁVĚR

Ve všech rovníkových oblastech jsme svědky rychlého zmenšování plochy deštných pralesů a vymírání mnoha vzácných, dosud nepopsaných rostlinných a živočišných druhů, jejichž hodnota „sama o sobě“ (K o h á k, 1999) nebo antropogenní hodnota medicínální či produkční nebyla dosud doceněna (W h i t m o r e, S a y e r, 1992).

Přírodní lesy celé oblasti Amazonie se v průběhu vývoje přizpůsobily oligotrofním podmínkám, jejichž limity rozpoznali vědci, domorodci i zkušení farmáři. Je nezbytné mít neustále na paměti, že ačkoliv jsou nesmírně druhově bohaté proti podobně půdně chudým tundrám a savanám, nelze je pro křehkost a složitost jejich ekosystému obhospodařovat technologiemi mírného pásma. Kromě případů nevhodného velkoplošného odlesnění (> 2 ha) má však ekosystém tropického deštného lesa zřejmě dostatek sil k rezistenci a k návratu do původního stavu ve velmi krátkém čase (B r u e n i g, 1996). Praxi ověřené transformační systémy pro lesnické a agrolesnické hospodaření jsou jistě dostupné (G o o d l a n d, 1990; P a n c e l, 1993; O l d e m a n, 1993). Rozvoj a plánování krajiny je však dosud ovlivňováno mnoha silami na národní i mezinárodní úrovni (C l u s e n e r - G o d t, S a c h s, 1995). Rozhodnutí sociální a geopolitická se většinou činí pouze z perspektivy národních vlád v hlavních městech, jejichž zástupci či zainteresovaní obchodníci se obvykle snaží hledat jen krátkodobá řešení. Výsledná úspěšnost jakékoliv technologie však přirozeně souvisí s dodržováním metodických kroků, dostatkem prostředků a jejím pružným přizpůsobením charakteru podmínek (vlivy klimatické, politické, sociologické aj.). Musíme ale konstatovat, že tato problematika není pouze akademickou debatou, ale je existenční otázkou pro tropické lesy i jejich obyvatele.

Je možné shrnout, že sukcesním procesům lze lidskými zásahy právě tak bránit, jako je stimulovat, což je případ tradičního zemědělství v Amazonii. Z hlediska obvyklých národněekonomických cílů krajin Amazonie je tedy třeba změnit pohled na tradiční kočovné zemědělství jako na málo vhodný způsob využití krajiny. Kultivace amazonských půd praktikovaná tradičním způsobem není inhibítorem nástupu následné sukcese (S a l d a r r i a g a, 1994). Realita tradičního hospodaření domorodců je v oblasti Araracuary bezpochyby trvale udržitelná – princip trvalosti a nepřetržitosti produkce zde funguje naprosto přirozeně a vzhledem k používaným pracovním nástrojům a hustotě obyvatel na plochu je to činnost poměrně nedestruktivní. V současných rozměrech se dokonce způsob domorodého hospodaření blíží ideálu všech trvale udržitelných postupů snažících se dosáhnout nejvyššího možného stupně napodobení přírodních sukcesivních regeneračních procesů se současným plněním požadavků produkčních (uspokojení potřeb komunit).

V kontextu technoligo-ekonomickém je jistě možné v tropech zlepšit technologii obhospodařování půdy, zefektivnit přínos rozvojových projektů pro místní obyvatele, regulovat způsob osídlování, redukovat chov skotu, zlepšit kontrolu obchodu s tropickým dřívím a podporovat státy třetího světa jinak než investicemi do dobytkařských farem. Průkazně neúčinnější, ale také nejnáročnější bude realizace změn vzorců výroby a spotřeby na celé planetě – tedy odklon od konzumního a industriálního chování a vývoje. Základem však zřejmě zůstane správná orientace výchovy dnešních a budoucích generací od egoismu směrem k empatii a filantropismu.

Poděkování

Za neocenitelné metodické rady děkuji prof. J. Jeníkovi a prof. A. M. Cleefovi.

Literatura

- ALDANA, J. M. – ROSSELLI, P. F., 1995. Las euforbiáceas de la región de Araracuara. Tropenbos Colombia, IX.: 156.
- BATTJES, J., 1988. A survey of the secondary vegetation in surroundings of Araracuara, Amazonas, Colombia. Internal report for Tropenbos: 67.
- BEGON, M. – HARPER, J. L. – TOWNSEND, C. R., 1997. Ekologie, jedinci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc: 947.
- BERTAULT, J. G. – DUPUY, B. – MAÎTRE, H. F., 1995. Silviculture for sustainable management of tropical moist forest. Unasylva, 181, Vol. 46, 1995/2, FAO: 3–9.
- BROWN, R. L. et al., 1991. State of the World. – A World-Watch Institute, Report on Progress Toward a Sustainable Society. WWI, USA: 367.
- BRUENIG, E. F., 1996. Conservation and management of tropical rainforests: an integrated approach to sustainability. Wallingford: CAB International, cop. 1996 – xxi: 339.

- BUDOWSKI, G., 1987. Conservación para el desarrollo: una meta para diferentes profesiones: 80–82. In: RUBEN SOLANO CARDOZO, I. F. (ed.), *Memorias, Reunion nacional de silvicultura*. CONIF, Bogotá.
- BUNYARD, P., 1990. *The Colombian Amazon*. Abbey Press, Bodmin, Cornwall: 92.
- CANDRE, H. – ECHEVERRI, J. A., 1996. Cool tobacco, sweet coca – Teaching of an Indian sage from the Colombian Amazon. Themis books in assoc. with COAMA and The Gaia foundation: 254.
- CAVELIER, I. et al., 1995. No solo de caza vive el hombre. Ocupación del bosque Amazonico, holoceno temprano: 87–108. In: CAVELIER, I. – MORA, S. (eds.), *Ambito y Ocupaciones Tempranas de la América Tropical*, Fundación Erigae ICAN, Bogotá, Colombia.
- CLÜSENER-GODT, M. – SACHS, I. (eds.), 1995. *Brazilian perspectives on sustainable of the Amazon region*. UNESCO – Mab, Paris: 289.
- DUIVENVOORDEN, J. F., 1996. Patterns of tree species richness in rain forests of the middle Caquetá area, Colombia, NW Amazonia. *Biotropica*, 28 (2): 142–158.
- DUIVENVOORDEN, J. F. – LIPS, J. M., 1993. *Ecología del paisaje del Medio Caquetá*. Wageningen: Tropenbos Colombia (Tropenbos series; III.A, III.B – Mapas): 119–144.
- DUIVENVOORDEN, J. F. – LIPS, J. M., 1995. A land-ecological study of soils, vegetation, and plant diversity in Colombian Amazonia. Wageningen: The Tropenbos Foundation. III. (Tropenbos series; 12): 26–210.
- FINEGAN, B., 1997. Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de la madera: 106–119. In: *Memorias del Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina*, Pucallpa-Perú.
- GARZON, C. – MACURITOFÉ, V., 1992. La noche y sus dueños – Aproximación al conocimiento botánico en una cultura amazónica. COA, Bogotá: 234.
- GENTRY, A. H., 1988. Tree species richness of uper Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 85:156–159.
- GENTRY, A. H., 1996. *A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa*. The University of Chicago Press, Chicago and London, 2nd edition: 678.
- GOLLEY, F. B. (ed.), 1983. *Tropical rain forest ecosystems: structure and function: 9–287*. In: *Ecosystems of the world 14 A – Elsevier Sc. Publ. Comp., Amsterdam – Oxford – New York*.
- GOODLAND, R., 1990. *Race to save the tropics (ecology & economics for a sustainable future)*. Island Press, Washington, D.C.: 135–170.
- GRAAF, N. R. de, 1986. *A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Surinam*. [PhD Thesis.] Agricultural University, Wageningen: 187.
- GRIME, J. P., 1983. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, 2nd edition: 147–188.
- HALLÉ, F. – OLDEMAN, R. A. A. – TOMLINSON, P. B., 1978. *Tropical trees and forests*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg: 275.
- HAMMEN van der, T., 1982. *Paleoecology of Tropical South America: 60–66*. In: PRANCE, G. T. (ed.), *Biological diversification in the tropics*. Colombia University Press, New York.
- HAMMEN van der, M. C. – RODRÍGUEZ, C. A., 1996. *Manipulation of forest succession by the Yukuna and Matapi Indians of the Colombian Amazon*. Tropenbos Newsletter, No. 12: 7–11.
- HOLDRIDGE, L. R., 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, San José: 78.
- JARA, L. F., 1987. *Elementos de investigación para la administración forestal de los bosques colombianos: 82–94*. In: RUBEN SOLANO CARDOZO, I. F. (ed.), *Memorias, Reunion nacional de silvicultura*. CONIF, Bogotá.
- JENÍK, J., 1973. *Tropický deštný les*. Živa, 21: 2–5, 42–45, 82–85, 122–126, 202–206.
- JENÍK, J., 1995. *Ekosystémy (Úvod do organizace zonálních a azonálních biomů)*. Universitas Carolina: 139.
- JORDAN, C. F. (ed.), 1987. *Amazonian rain forests*. Springer Verlag, New York – Berlin – London: 196.
- KOHÁK, E., 1998. *Zelená svatozář*. Slon, Praha: 203.
- LAMMERTS VAN BUEREN, E. M. – DUIVENVOORDEN, J. F., 1996. *Towards priorities of biodiversity research in support of policy and management of tropical rain forest*. The Tropenbos Foundation, Wageningen: 27.
- LESCURE, J. P., 1978. *An architectural study of the vegetation's regeneration in French Guyana*. *Vegetatio*, 37: 53–60.
- LIPS, J. M. – DUIVENVOORDEN, J. F., 1996. *Fine litter input to terrestrial humus forms in Colombian Amazonia*. *Oecologia*, 108: 138–150.
- LONGMAN, K. A. – JENÍK, J., 1987. *Tropical forest and its environment*. Longman Scientific & Technical, Tropical Ecology Series, Printed in Singapore, Produced by Longman Singapore Publishers (PTE) Ltd., Longman House, Burnt Mill, Harlow: 196.
- MÍČHAL, I. et al., 1992. *Obnova ekologické stability lesů*. Praha: 169.
- MÍČHAL, I. et al., 1994. *Ekologická stabilita*. Brno, 2. vyd.: 235.
- ODUM, E. P., 1977. *Základy ekologie*. Academia, Praha: 732.
- OLDEMAN, R. A. A., 1990. *Forests: Elements of Silvology*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg: 243.
- OLDEMAN, R. A. A., 1993. *New directions in silviculture*. Main paper presented at Beyond UNCED Global Forest Conference, response to Agenda 21. Bandung: 13.
- OVERMAN, J. P. M. – SALDARRIAGA, J. G. – DUIVENVOORDEN, J. F., 1990. *Estimación de la biomasa aérea en el bosque del medio Caquetá, Colombia*. Colombia Amazonica, Vol. 4, No. 2: 32.
- PANCEL, L. (ed.), 1993. *Tropical Forestry Handbook I, II*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York: 1769.
- PAVLIŠ, J., 1998. *Obnova tropického deštného lesa se zřetelem na vývoj kořenových systémů (Regeneration of rain forest with respect to development of root system)*. [PhD Thesis.] Mendel University, Brno: 130.

- PAVLIŠ, J. – JENÍK, J., 1999. Roots of pioneer trees in Amazonian rain forest. *Trees* (submitted): 21.
- PRANCE, G. T., 1983. American Tropical Forests. In: LIETH, H. – WERGER, M. J. A. (eds.), 1983. *Tropical rain forest ecosystems: structure and function (Ecosystems of the World 14B)*. Elsevier Sc. Publ. Comp., Amsterdam – Oxford – New York: 99–128.
- PRŮŠA, E., 1988. Lesnicko-typologická charakteristika lesních rezervací. In: *Management lesních rezervací*. Praha, ČSVTS: 56.
- RICHARDS, P. W., 1983. The three-dimensional structure of tropical rain forest: 73–125. In: SUTTON, S. L. – WHITMORE, C. – CHADWICK, A. C. (eds.), *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell, Oxford.
- RICHARDS, P. W., 1996. *The Tropical Rain Forest*, 2nd edition. Cambridge University Press: 575.
- ROOSMALEN van, M. G. M., 1989. *Fruits of the Guianan flora*. CIP-Gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag: 187.
- SÁENZ, M. S., 1997. Catálogo preliminar comentado de la flora del Medio Caquetá. *Tropenbos Colombia (XII)*: 286.
- SALDARRIAGA, J. G., 1994. Recuperación de la selva de „Tierra Firme“ en el alto Río Negro Amazonia colombiana-venezolana. *Tropenbos-Colombia edition (V)*: 201.
- SANFORD, R. L., 1989. Fine root biomass under a tropical forest light gap opening in Costa Rica. *J. Trop. Ecol.*, 5: 251–256.
- SHALLON, D. (ed.), 1995. *Selecting tree species on the basis of community needs*. FAO, Rome: 69.
- SILVER, W. L. – VOGT, K. A., 1993. Fine root dynamics following single and multiple disturbances in a subtropical wet forest ecosystem. *J. Ecol.*, 81: 729–738.
- SIPS, P., 1997. Management of tropical secondary rain forest in Latin America: 230–259. In: *Memorias del Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina*, Pucallpa-Perú.
- TORO VASQUEZ, A. P., 1989. Estudio de la sucesión secundaria en campos de cultivo abandonados en el área de Araracuara, Amazonas. Univ. Nacional, Medellín, tesis: 179.
- UHL, C. – CLARK, K. – DEZZEO, N. – MAQUIRINO, J., 1988. Vegetation dynamics in Amazonian tree fall gaps. *Ecology*, 69: 751–763.
- VESTER, H. F. M., 1997. *The Trees and the Forest*. Eburon P & L, Delft.: 159.
- VESTER, H. F. M. – SALDARRIAGA, J. G., 1993. Algunas características estructurales, arquitectónicas y florísticas de la sucesión secundaria sobre terrazas bajas en la región de Araracuara (Colombia). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, Vol. 46: 15–45.
- VESTER, H. F. M. – CLEEF, A. M., 1997. Tree architecture and secondary tropical rain forest development. A case study in Araracuara, Colombian Amazonia. *Flora*, 193: 75–97.
- WHITMORE, T. C. – SAYER, J. A., 1992. *Tropical deforestation and species extinction*. Chapman & Hall, London – New York – Madras: 91–114.

Došlo 22. 6. 1999

SUCCESSION OF RAIN FOREST IN COLOMBIAN AMAZONIA, ARARACUARA REGION

J. Paviš

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

North-western Amazonian rain forests belong to the tree species-richest biomes of the world (Duijvenvoorden, Lips, 1998; Gentry, 1996; Sáenz, 1997). This diversity is explained by a particular coincidence of high rates of speciation in native families and genera, with temporal isolation and linkage of forest refuges during the peaks of glacial periods (Prance, 1983). Recent research activity of both botanists and foresters in this region is being enhanced by continual interest in sustainable management of these species-rich tropical forests.

Field work of this study was conducted in the vicinity of Araracuara – a town situated on the Caquetá River in the Colombian Amazon – on well-drained parts of the low river terraces. Here Duijvenvoorden, Lips (1995) described the *Goupia glabra*-*Clathrotropis macrocarpa*-Type where 26 m height and about 350 t·ha⁻¹ above-

ground biomass correspond to a high forest structural type. Archaeological research estimated human settlement of the Amazon Basin, including the Araracuara region, for about 5,000 years (Cavelier et al., 1995). Current human population density is far below 0.2 person per km⁻² and traditional indigenous agricultural system seldom disturbed the prevailing virgin stands. Traditional farming technique in the Colombian Amazon is a kind of shifting cultivation, but its destructive impact on the closed-canopy forest land is moderated by planted useful trees which are left after the abandonment of the plots. After two years the “chagra” is gradually abandoned and secondary succession takes place. Patches shortly used for agriculture are readily invaded by woody *r*-strategists, such as the various species of the *Cecropiaceae*, *Guttiferae*, *Melastomataceae* and *Palmae*.

The original objective of this paper was to compare species composition and forest structure of the age-differentiated plots in secondary forest previously used as slash-and-burn fields. Later on, there were available similar data from primary forest for confrontation of the supposed differences. Accordingly, analysis of forest succession took place in age-differentiated plots, situated on well-drained soils of the low terraces of the Caquetá River, in stands developed on former agricultural plots and in the nearby primary forest. Four regrowth stages (locally called *rastrajos*) developed after 6, 14, 18 and 37 years following the slash-and-burn operations were chosen and described with regard to their habitat features, species composition, architectural age of individuals, and details of preceding agricultural treatment (Pavliš, 1998). On the other hand, there were similarly described two gap openings and one plot in old-growth rain forest. The single level of dendro-diversity comparison was just a family, because of lack of means and time to determine each species, even if specialized papers from the region e.g. Duivenvoorden (1996) consider only 51% of the count as definitely identified species.

For the succession on age-differentiated plots it can be stated that during the phase of regeneration the genera *Cecropia* and *Vismia* (preferably used as firewood) dominate. During 5–10 years the dominance of *Cecropia* species gradually ends and between 11–18 years the phase of rapid growth with prevailing species e.g. *Vismia glaziovii*, *Vismia japurensis*, *Miconia minutiflora* and *Bellucia grossularioides* begins. In the biostatic phase round age 30, at the upper layer there predominate species like *Miconia poeppigii*, *M. myriantha*, *Inga alba*, *I. thibaudiana*, *I. punctata* or *Jacaranda copaia*. Further, these late secondary species fade out and climax species starts to enter into the canopy ingrowing from the lower canopy layers. Since, in Araracuara there is no evidence of older secondary forest than 37 years, the estimation of future development was based on observation from similar research sites, where approximately within 80 years – the structure and species composition are almost identical to those of primary forest (Vester, Saldarriaga, 1993).

On the one hand, observed plots had different areas (75 to 300 m²), still almost identical number of individuals. Accordingly, dendro-diversity counted on the level of families does not differ significantly. It varies from 15 to 24 families for the plots observed. Original hypothesis of the increasing diversity with the age of seral stages was not therefore confirmed. Relative number of individuals per m² lies within the interval of 0.45–1.01, nevertheless, this variation is mainly caused by the tree

density of the early stages. Performed species, genus and family counts and comparison of age-differentiated plots in the region, based on the relatively identical number of individuals, thus do not indicate differences in tree species composition of the observed regenerating forest patches whether man affected or natural ones. Species diversity of the early seral stages with prevailing pioneer specimens is comparable to that of early primary forest clearings while these bear more climax species with heavy-seeds characteristic for their dispersal strategy (e.g. seedlings of *Scleronema* sp.).

As confirmed above, local traditional cultivation system is environmentally sustainable, however, the population explosion could eventually lead to the pressure on forest land. Restoration practices – commonly applied by indigenous communities of the region – are directed to increase production of fruit trees or other useful non-timber species. From the standpoint of the future probable growing human pressure it is important to consider timber stand improvements by enrichment planting with wild tree seedlings (Lammerts van Bueren, Duivenvoorden, 1996). In this way, restoration may both contribute to the recovery of the original species composition and to optimizing production. Therefore, the present study has also consisted of an experiment in which secondary forests were underplanted by the “wildlings” of *Brosimum*, *Scleronema*, *Vochysia* and *Aniba* genus. Subsequently, the dynamics of both, the underplanted trees and the secondary forest trees has been observed, although in only a short time-span. Thereby it can be confirmed that enrichment planting into the secondary forests of the region is feasible. However, it seems to be desirable to continue in analyses of secondary succession and domestication of valuable tree species of the region. Knowledge of such links is a prerequisite for the silvicultural measures. It provides a background for wise management of secondary forests for economic purposes, without disturbing the ecosystems and diminishing the pressure on the primary forest.

As a concluding remark, it can be said that natural Amazon forests were adapted during evolution to survive in their oligotrophic conditions. Their uncontrolled exploitation increases degradation and destroys the ability of forest recovery. Although, they represent biodiversity hill-top it is not possible to manage them in the sense of temperate agricultural treatment. For their forest management there seems to be most suitable so-called nature-close silviculture and/or agroforestry which will respect their original forest structure and retain the spectrum of natural tree species by maintenance of restoration and enrichment planting practice.

Kontaktní adresa:

Ing. Jindřich Pavliš, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

REVIEW

MAPLES FOR GARDENS, A COLOR ENCYCLOPEDIA

(Javory pro zahrady – barevná encyklopedie)

C. J. van Gelderen & D. M. van Gelderen

Timber Press, Portland, OR, 1999, 294 pp., hardcover, ISBN 0-88192-472-5

Beware of this book. Long before you finish perusing or just looking at the pictures, you will be reaching for a list of western arboreta at which maples may be seen and studied. If this book does not make you plan an excursion to famous gardens, nothing else will do.

In various manifestations throughout the history of forest tree introduction up to present days, maples have continued to provide essential attraction, interest, and charming effect for a garden design. The result is enormous popularity of maples in ornamental horticulture and modern tree breeding – for all the story of *Acer palmatum* which, for many people, has developed from an isolated plant in the garden to an ever-expanding collection, even becoming obsession. This fact has found a reflection in an increasing number of research papers and reports on the genus *Acer* in the last decades. No doubt that the two Timber Press publications dominate: *Japanese Maples* (1978, 1987) and *Maples of the World* (1994). And now here is *Maples for Gardens, A Color Encyclopedia*, a new Timber Press release, conceived as a photographic companion to the more detailed sister book *Maples of the World*.

This volume offers 683 colour photographs of over 80 *Acer* species together with their subspecies, hybrids, and common as well as unusual cultivars. Each entry follows a defined format including brief descriptions of habit, bark, leaf, flower and fruit characteristics, native habitat, propagation information and zones of adaptability. The plants are listed alphabetically by botanical

names, so any given maple may be found very simply. On the other hand, it is more difficult to identify a plant and the book can hardly be used as a key to the identification of maples.

Fully a third of the book is devoted to Japanese maples, the prize landscape favorites of *A. palmatum* and *A. japonicum*, including hundreds of new and striking cultivars. At first sight it is evident that the bark, leaf shape and mainly colour of leaves and samaras most of those cultivars provide wakened, "open-eye" aura to the garden scenery almost all the year round. The book jacket promises "a superb collection of photographs", an expression I find it difficult to better. Photographically, the accent is on the summer and autumn, though some photos remind us that spring with *A. platanoides* and *A. sinopurpurascens* can also be stunning.

The aim of this book is to encourage the public at large to plant one or more maples. Be sure there is a maple specimen of your choice worth falling in love with. Truly it becomes a plant treasure for any garden when planted in favorable conditions. A book is full of opulent colour photographs, visually exciting, unlikely to be surpassed for many years to come.

Finally the trip you are planning. Because this handsome book can only inspire the wanderlust to leave immediately for world-famous gardens and arboreta where to see maples, you will find the addresses of all the European and North American localities where diverse maples from various parts of the Northern hemisphere are cultivated.

Dr. Jaroslav Ďurkovič,
Technical University, Zvolen

INFORMACE

MEZINÁRODNÍ SEMINÁŘ O TRVALE UDRŽITELNÉM HOSPODAŘENÍ V HORSKÝCH OBLASTECH V RAKOUSKU

Mezinárodní seminář o trvale udržitelném hospodaření v lesích horských oblastí se konal v rakouském lázeňském městečku Gmündenu ve dnech 17. až 20. listopadu 1999. Pořádalo jej rakouské Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft spolu se švýcarským Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, a to v rámci plnění Rezoluce H3 (lesnická spolupráce se státy ve stadiu přechodu na jiný typ ekonomiky), vytyčené na ministerské konferenci v Helsinkách v roce 1993.

Ze států s transformací ekonomiky navštívili mezinárodní seminář zástupci 18 zemí (Albánie, Arménie, Bosny a Hercegoviny, Bulharska, Chorvatska, Gruzie, Maďarska, Kazachstánu, Kyrgyzstánu, Makedonie, Moldavska, Polska, Rumunska, Ruska, Slovenska, Slovinska, Ukrajiny a České republiky). Program semináře se skládal ze tří dnů přednášek a jednodenní exkurze do lesů v okolí alpského města Hallstatt.

Přednáškový turnus zahájily úvodní referáty K. Pirkeera, ředitele školicího střediska v Gmündenu, W. Rachoye, vedoucího Rakouské služby hrazení bystřin a protilavinového systému, a W. Schaerera, generálního ředitele BUWL. Po referátech následovaly odborné přednášky rakouských a švýcarských specialistů zaměřené převážně na alpskou ochrannářskou a ekologickou problematiku.

V průběhu semináře své příspěvky prezentovali: P. Gremminger: *Prevence přírodních katastrof ve Švýcarsku*; H. Siegel: *Prevence přírodních katastrof v Rakousku*; H.-P. Jeschke: *Regionální vývoj plánování v horských oblastech*; F. Singer: *Lesohospodářské plánování – nástroj rozhodování v horských oblastech*; Ch. Wallner: *Význam zemědělství v horských oblastech*; J. Heumader: *Lavinová katastrofa v údolí Paznaun v únoru 1999 – fakta a závěry*; S. Magreth: *Hodnocení lavinového nebezpečí – plánování ochranných opatření*; K. Kleemayer: *Simulace sypkých a tekoucích lavin*; J.-J. Thormann: *Minimální hospodaření v ochranných lesích*; J. Fuchs: *Plánování, realizace a řízení projektů v ochraně lesů*; S. Sauermoser: *Plánování a realizace projektů obnovy lesa ve vysokých polohách*; B. Kohl: *Analýza vegetace u hrazení bystřin*; A. Ploner, T. Söner: *Hodnocení nebezpečí horských sesuvů – plánování ochranných opatření*; H. Pirkl: *Hodnocení nebezpečí sesuvů půdy při hrazení bystřin*; A. Böll: *Bioinženýrství – přírodě blízké řídicí techniky*; D. Zedlacher, S. Krautzer: *Využití keřů a trav při prevenci vymílání břehů*;

S. Volsinger: *Využití dřevin při ochraně břehů*; M. Patek, F. Schmid: *Záplavy v dolním Rakousku v roce 1999 – fakta a závěry*; G. Volk: *Modelování odnosu a ukládání půdy při hrazení bystřin*; H. Hübel: *Usměrnování nánosů půdy v povodí bystřin*; T. Rageth: *Prevence proti přírodním katastrofám ve švýcarském kantonu Glarus*; A. Ottisch, G. Rapold: *Význam a příležitosti ovlivňování přírodních procesů*; G. Siegel: *Mezinárodní lesnický dialog – příležitosti pro země s transformací ekonomiky*.

Na závěr třetího přednáškového dne vystoupili se svými informacemi i hosté ze tří států. Přednesli tyto příspěvky: D. Karassatov: *Lesní bohatství v oblasti Karagandy v Republice Kazachstán*; I. Yunusova: *Spoluúčast občanů Kyrgyzstánu na tvorbě lesnické politiky – kyrgyzská lesnická koncepte*; S. Vacek, V. Balcar: *Horské lesy v České republice na přelomu tisíciletí*.

Český příspěvek zdůraznil prvořadý ekologický význam lesů v horských oblastech České republiky. Podal přehled jejich výměry a základních ekologických charakteristik, který zahrnoval lesy situované od 6. lesního vegetačního stupně výše. Z celkové výměry lesů (2 632 tis. ha) do lesů horských (6.–9. LVS) náleží ca 17 % (ca 460 tis. ha, tab. I). Za hlavní problémy snižující v horských lesích ekologickou stabilitu a biodiverzitu při rozvíjení trvale udržitelných způsobů obhospodařování byly v příspěvku označeny:

- zjednodušená druhová skladba značně vzdálená skladbě přirozené, a to především ve prospěch smrkových monokultur;
- nedoceňování genetické kvality při obnově lesních porostů;
- zjednodušení prostorové a věkové výstavby lesa spojené s holosečným způsobem obnovy, donedávna zcela převažujícím;
- poškozením lesních ekosystémů vysokou imisí zátěží, která i přes příznivé trendy po roce 1990 patří k nejvyšším v Evropě;
- vysoké stavy spárkaté zvěře snižující zastoupení žádaného podílu melioračních a zpevňujících dřevin;
- nedostatečné využívání přírodních procesů při obhospodařování lesů.

Východiska pro řešení současného nepříznivého stavu lesních ekosystémů v České republice jsou spatřována v pružném způsobu hospodaření na ekologických základech, vyhovujícím daným růstovým podmínkám. Při

Lesní vegetační stupeň ¹		Výměra ² (ha)	Zastoupení (%) ³		Nadmořská výška ⁴ (m n.m.) ¹²	Průměrná teplota ⁵ (°C)	Roční srážky ⁶ (mm)	Vegetační doba ⁷ (dny) ¹³
Číslo ⁸	název ⁹		6.–9. LVS ¹⁰	0.–9. LVS ¹¹				
9	klečový ¹⁴	5 857	1,27	0,22	> 1 350	< 2,5	> 1 500	< 60
8	smrkový ¹⁵	44 522	9,69	1,69	1 050–1 350	2,5–4,0	1 200–1 500	60–100
7	bukosmrkový ¹⁶	99 824	21,72	3,79	900–1 050	4,0–4,5	1 050–1 200	100–115
6	smrkobukový ¹⁷	309 367	67,32	11,75	700–900	4,5–5,5	900–1 050	115–130

* Celková výměra lesů v ČR činí 2 632 tisíc ha, z toho výměra horských lesů (6.–9. LVS) je 459 570 ha, tj. 17,45 % – Total forest area in the Czech Republic = 2,632 thousand ha, forest area in the Czech mountains = 460 thousand ha (ca 17%)

Source: ÚHÚL (Plíva, 1991; Macků, 1998)

¹forest vegetation zone, ²area, ³percentage, ⁴altitude, ⁵mean temperature, ⁶precipitation per year, ⁷growing season, ⁸code, ⁹prevailing species ¹⁰6th–9th zone, ¹¹from all zones, ¹²m above sea level, ¹³days, ¹⁴dwarf pine, ¹⁵spruce, ¹⁶spruce with beech, ¹⁷beech with spruce

obnově lesa se za vhodný považuje zejména hospodářský způsob podrostní, násečný i výběrný. Lesopěstební strategie by měly být zaměřeny na:

- postupnou přestavbu (přeměnu, převod, rekonstrukce) chřadnoucích lesů;
- přechod od plošného ke skupinovitému až individuálnímu způsobu hospodaření;
- tvorbu víceúčelových způsobů obhospodařování, a to diferencovaně podle funkčního poslání a možnosti lesních ekosystémů s cílem dosažení jejich funkční vyrovnanosti;
- využívání a podporu spontánních procesů, zejména pak přirozené obnovy, kompetice i dalších principů tzv. biologické automatizace;
- vytvoření optimální struktury lesních ekosystémů (druhové, genetické, prostorové a věkové) diferencovaně podle stanovištních poměrů a cílů hospodaření;
- přechod od výlučné péče o lesní porosty a jejich dřeviny na péči o celé lesní ekosystémy;
- postupnou minimalizaci přídavné energie v procesu růstu lesa,
- redukce nadměrně vysokých stavů spárkaté zvěře.

Hlavní pozornost při terénní exkurzi v lesích okolí Hallstattu patřila ochranným lesům na strmých alpských svazích. Geologický podklad zde tvoří vápence místy s příměsí dolomitu. Věk většiny porostů – složených převážně ze smrků, jedlí a buků – se pohybuje kolem 300 let. Podle názoru místních lesníků proti vzniku lavin lépe chrání smrk a jedle než buk. Buk má proti lavinám účinnost minimální, a to vzhledem k většímu rozestupu starých stromů a v zimním období menší schopnosti snížit množství podkorunových srážek a zpomalit tání sněhu. Ve vegetačním období buk brání silným zástínem vzniku

nárůstů dřevin, které by ochrannou protilavinovou funkcí porostů zvyšovaly. Jehličnany zachytí více sněhu korunami, pod stromy je sněhová vrstva nepravidelná, stromy stíní půdu a zpomalují tání. Proti lavinám jsou nejúčinnější porosty „mladé“, ve zdejších pojetí to znamená do 100 let. V porostech se doporučují jen mírné obnovní těžby, aby se porosty zmlazovaly postupně. Na dotaz ke stabilitě porostů vůči mechanické zátěži sněhem a větrem bylo konstatováno, že zde nejsou problémy s vývraty a polomy u žádných z hlavních dřevin včetně smrku.

Na velmi strmých svazích nad městečkem Hallstatt a v jeho okolí jsou proti lavinám a sesuvům půdy a kamení rovněž používány betonové zábrany a železné ploty. Jsou to opatření velmi nákladná, ale v místních podmínkách nezbytná.

Hrazení bystřin v hřebenové oblasti je prováděno pomocí dřevěných kmenů. Za výhodu dřevěných hrázek (oproti betonu, který je v důsledku delší trvanlivosti levnější) se pokládá, že se jedná o tradiční materiál, jehož zpracování přináší možnost zaměstnání pro místní obyvatelstvo.

Veškerá jednání na mezinárodním semináři v Gmündenu probíhala v přátelském ovzduší. Po blocích referátů s obdobnou tematikou následovaly neformální diskuse. Přednášející i hosté měli k dispozici nabídku odborných publikací informativního rázu a kopií přednášených příspěvků. Seminář byl po všech stránkách vysoce profesionálně zajištěn, za což patří náš vřelý dík oběma pořádatelům organizací, které zastupovali Günter Siegel, Hubert Siegel (oba Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) a Peter Gremminger (Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft).

INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE LAND USE IN MOUNTAINOUS AREAS IN AUSTRIA

International Workshop on *Sustainable Land Use in Mountainous Areas* was held in Gmünden, Austria, 17–20 November 1999. The workshop was organized by Austrian Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft and Swiss Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft with the implementation of Resolution H3 *Forestry Cooperation with Countries with Economies in Transition* declared in Helsinki 1993.

From the countries with economies in transition, the workshop was attended by representatives from 18 countries (Albania, Armenia, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Georgia, Hungary, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Macedonia, Moldavia, Poland, Romania, Russian Federation, Slovakia, Slovenia, Ukraine, and Czech Republic). Agenda consisted of three days of lectures and one day excursion to forests near the Alpine town of Hallstatt.

Lecture days were open by K. Pirker – Director of Fast Ort (study centre in Gmünden), W. Rachoy – Head of the Austrian Torrent and Avalanche Control System, and W. Schaerer – Director General of the Swiss Agency. After opening statements, Austrian and Swiss specialists presented their papers, mostly aimed at the problems of nature risks in the Alpine Mts.

These papers were presented: P. Gremminger: *Prevention of Natural Risks in Switzerland*; H. Siegel: *Prevention of Natural Risks in Austria*; H.-P. Jeschke: *Regional Development Planning in Mountainous Areas*; F. Singer: *Planning of Forest Development – An Instrument of Decision Making in Mountainous Areas*; Ch. Wallner: *The Importance of Agriculture in Mountainous Areas*; J. Heumader: *Overview of the Avalanche Catastrophe in the Paznaun Valley in February 1999 – Facts and Conclusions*; S. Magreth: *Risk Assessment of Avalanches – Planning of Countermeasures*; K. Kleemayer: *Simulation of Powder Avalanches and Flowing Avalanches*; J.-J. Thormann: *Minimum Management of Protected Forests*; J. Fuchs: *Planning, Implementation and Controlling of Projects in Protection Forests*; S. Sauermoser: *Planning and Implementation of Reforestation Projects at High Altitudes*; B. Kohl: *Vegetation Analysis in Torrent Catchments*; A. Ploner, T. Sönsler: *Risks Assessing of Rock and Mountain Slide – Planning of Countermeasures*; H. Pirkl: *Assessing of Georisks in Torrent Catchments*; A. Böll: *Bioengineering – an Environmental Friendly Control Technique*; D. Zedlacher, S. Krautzer: *Use of Dwarf Shrubs and Gramineous Plants to Prevent Scar Forming*; S. Volsinger: *Potential of Woody Plants in the Protection of Banks*; M. Patek, F. Schmid: *Overview of the Floods in Lower Austria in the Year 1999 – Facts and Conclusions*; G. Volk: *Runoff and Bed-load Modelling in Torrent Catchments*; H. Hübel: *Bed-load Management in Torrent Watersheds*; T. Rageth:

Prevention of Georisks in the Swiss Canton Glarus; A. Ottisch, G. Rapold: *Importance and Opportunities of Participatory Processes*; G. Siegel: *International Forest Dialogue – Opportunities for the Countries in Transition*.

At the end of the third lecture-day, three contributions of guests were presented: D. Karassatov: *Forest Funds in Karaganda Region of the Republic of Kazakhstan*; I. Yunusova: *A Participatory Process for Forest Policy Formulation in Kyrgyzstan – Kyrgyz Forestry Concept*; S. Vacek, V. Balcar: *Mountain Forests in the Czech Republic at the End of the Twentieth Century*.

The Czech contribution stressed importance of the ecological roles of forests in the Czech mountain regions and presented their characteristics. Area of them is nearly 460,000 ha (it is nearly 17% of the total Czech forest area). According to the Czech forest site type classification system, the term “mountain forest” is used for forest covers at four vegetation zones – from beech with spruce vegetation zone to dwarf pine zone. Area and characteristics of vegetation zones see Table I. The present problems threatening sustainable forest management in the Czech mountains are:

- Tree species composition in the mountain forest stands is far from the natural one. Mountain forest are formed mostly by Norway spruce even-aged stands which are susceptible to ecological stresses.
- Genetical quality of mountain forests is underestimated. Reforestation was performed by planting stock originating from very different growing conditions. From lowlands etc.
- Space and age arrangement of the mountain forests was too simplified by clear cutting system of regeneration.
- In spite of the air pollution reduction in recent years, mountain forests in the Czech Republic are exposed to strong pollution stress even at present. SO₂-concentration in the air is getting down, but some other pollution components rest without changes.
- High numbers of game strongly damage forest stands in some mountain areas and reduce percentage of soil improving and stabilizing tree species.
- Up to now, natural processes are not used sufficiently for forest management. E.g. natural regeneration.

As measures for improving and stabilizing the present mountain forests in the Czech Republic, it is proposed:

- Abandonment of clear cutting system and usage of shelterwood system or in some places selection systems.
- Care for the whole forest ecosystem, not only for forest trees, should be respected in all forest management measures, stability, biodiversity etc.
- Declining mountain forest stands should be stepwise

reconstructed.

- Optimal forest ecosystem structure, species, space and age arrangement, genetic structure, should be formed in accordance with the site conditions and forest objectives.
- Natural processes, namely regeneration and competition should be supported.
- Energy input to forest growth processes should be minimized.
- High numbers of game, mostly red deer, should be reduced.

During excursion in the surroundings of Hallstatt, main attention was paid to protected forests on the steep Alpine slopes. Parent rock of these localities is limestone, on some places with dolomite. Age of local forests with prevailing species composition – spruce, fir and beech – is mostly about 300 years. In accordance with experience of local foresters, conifers protect landscape against avalanches much more better than deciduous trees. Protection role of beech is small because of large spacings of old trees and for negligible ability of precipitation through-fall and snow melting reduction in the course of non-vegetative period. In summer, heavy shade of beech canopy eliminates woody species natural regeneration that could be efficient against avalanches as well. Contrary, conifers retain some part of snow by their crowns, through-fall is reduced, snow layer under trees is irregular, and shade of their evergreen crowns slow down snow melting. Against avalanches, the most effective stands are “young stands”, in local approach it

means stands up to 100 years. As appropriate silvicultural measures, selective and moderate cuttings, and successive regeneration are recommended. From the view-point of stand mechanical stability, according to local forester's opinion, there is no problem with snow-felling and snow breakage in this area. All species – spruce, fir and beech – are considered as stable ones.

On very steep slopes above the town of Hallstatt, concrete and iron walls are used as an avalanche and land slide protection. They are expensive, but in those localities inevitable. Torrent control in the ridge parts of the mountains is performed by dikes made from tree trunks. In comparison with dikes made from other materials (e.g. concrete which is more serviceable and therefore cheaper), wood is regarded as a traditional material providing a chance of job opportunities for local people.

All sessions of the International Workshop in Gmünden proceeded in friendly atmosphere, all thematic groups of papers were followed by informal discussion. A lot of information materials and reprints of papers were offered to participants. All three days of meeting, excursion and evening cultural programme were organized at a high professional level, and we would like to thank very much to both organizing institutions, which were represented by Mr. Günter Siegel, Mr. Hubert Siegel (both Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) and Mr. Peter Gremminger (Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft).

*Ing. Vratislav Balcar, CSc., RNDr. Stanislav Vacek, CSc.,
VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno*

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Journal of Forest Science 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 and 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.“ They should mainly consist of reviewed periodicals. 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.

The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.

POKYNY PRO AUTORY

Časopis 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 zasláního příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných obědřek) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K rukopisu je třeba přiložit disketu s textem práce a s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslání rukopisů 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 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 nezbytné nutně používat jednotky odpovídající soustavě měřových 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. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. 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.

Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.

CONTENTS

Simon J., Drápela K.: The use of computer-aided image analysis for the support of decision making processes in the integrated forest inventory	349
Tučeková A.: Growth of Austrian pine (<i>Pinus nigra</i> Arnold) plants in alkaline air-polluted region Jelšava-Lubeník under the effect of reclamation	356
Pavliš J.: Succession of rain forest in Colombian Amazonia, Araracuara region	369
REVIEW	
Đurkovič J.: Maples for gardens, a color encyclopedia	388
INFORMATION	
Balcar V., Vacek S.: International Workshop on Sustainable Land Use in Mountainous Areas in Austria	389

OBSAH

Simon J., Drápela K.: Využití počítačové analýzy obrazu pro podporu rozhodovacích procesů v integrované taxaci lesa	349
Tučeková A.: Rast sadenic borovice čiernej (<i>Pinus nigra</i> Arnold) v imisnej alkalickéj oblasti Jelšava-Lubeník pod vplyvom meliorácií	356
Pavliš J.: Sukcese tropického deštného lesa v kolumbijské Amazonii, oblast Araracuary	369
RECENZE	
Đurkovič J.: Javory pro zahrady – barevná encyklopedie	388
INFORMACE	
Balcar V., Vacek S.: Mezinárodní seminář o trvale udržitelném hospodaření v horských oblastech v Rakousku	389

Vědecký časopis JOURNAL OF FOREST SCIENCE ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/22 51 40 03, e-mail: forest@uzpi.cz ● Sazba a tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 2000

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2
 Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou, s. p., Odštěpný závod Střední Čechy, č. j. NOV 6599/00-P/1 dne 16. 5. 2000