

# LESNICTVÍ FORESTRY

Volume 41, No. 11, 1995

## OBSAH – CONTENTS

Urban J.: On the occurrence, bionomics and harmfulness of <i>Altica quercetorum quercetorum</i> Foud. ( <i>Coleoptera</i> , <i>Alticidae</i> ) – K výskytu, bionomii a škodlivosti dřepčika dubového <i>Altica quercetorum quercetorum</i> Foud. ( <i>Coleoptera</i> , <i>Alticidae</i> ).....	497
Rumler C., Gregorová E., Turzík Z., Řešátko M., Mazánek M.: Multiradiometrická diagnostika sazenic lesních dřevin – Multiradiometric diagnostics of forest tree seedlings .....	511
Demko J.: Regenerácia lesných pôd po zhutnení – Regeneration of forest soils after soil compacting .....	517
Mikleš M.: Štúdium geometrie nástroja pre odvetvovanie – Study of geometry of a delimber .....	523
REFERÁT	
Greguss L.: Medzidruhová hybridizácia lesných drevín v meniacich sa ekologických podmienkach – Hybridization of forest trees under the changing environmental conditions	531
Novotný G.: I. F. J. Ehrenwerth (1740–1834) .....	541

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

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

## Managing Editorial Board – Redakční rada

### Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

### Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Prof. Ing. Mirjam Čech, CSc., Praha

Prof. Ing. Jan Koubal, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krejmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

Ing. Milan Švestka, DrSc., Znojmo

## Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

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

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

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

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

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

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

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

## Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

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

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

**Periodicita:** Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 41 vychází v roce 1995.

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

**Informace o předplatném:** Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden-prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1995 je 468 Kč.

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

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

**Periodicity:** The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 41 appearing in 1995.

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

**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 1995 is 118 USD (Europe), 123 USD (overseas).

# ON THE OCCURRENCE, BIONOMICS AND HARMFULNESS OF *ALTICA QUERCETORUM QUERCETORUM* Foud. (COLEOPTERA, ALTICIDAE)

J. Urban

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

In 1993 and 1994, oak fleahopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) exhibited mass outbreak at several locations in the Czech Republic. Severe insect feeding to clean eating was recorded in the coppice forest of Palacký vrch Hill in Brno. Extensive studies have brought knowledge about the occurrence of the pest, host forest tree species, bionomics and harmfulness. The beetles winter particularly on the ground in shed leaves and leave the wintering place in the second half of May to suddenly appear on forest tree species. Here, they perforate young leaves from their adaxial face and lay eggs onto the abaxial face in compact clusters of 2 up to 15 pieces (on average 7.5). In the course of 4 to 6 weeks of maturity and regeneration feeding the females lay about 25 clusters of eggs and die. Fertility of the females is about 186 (maximum 248) eggs. Larvae emerge from the eggs in the first half of June and cause damage to leaves initially only by mining from the abaxial face, later also by windowing on both sides. The larvae feeding culminates in the second half of June and at the beginning of July. Development from the egg laying up to the end of larvae feeding takes 1.5 month (1 month in the laboratory). The grown up larvae withdraw into the surface soil layers in order to pupate, mostly in the second half of July. Pupae are formed after 7 to 9 days (5 to 6 in the laboratory) since the feeding has been stopped, and the stage of pupa lasts for 10 days (7 days in the laboratory). From the end of July till mid-September, the young beetles occur on woody species where they cause damage to leaves by windowing or mining from the upper (adaxial) side. With the onset of cold weather the beetles hide in their wintering places. Natural enemies of the larvae include the tachina fly *Anthomyiopsis nigrisquamata* Zett. The main cause of mortality of the flea beetle is mild and moist weather during wintering of the beetles and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* Bals., which attacks the enfeebled beetles. The larvae of all 3 instars damage on average 840 mm<sup>2</sup> leaves (out of which 98, 247 and 495 mm<sup>2</sup> can be attributed to larvae of the 1st, 2nd and 3rd instar, respectively). In breeds, the adult individuals damaged before wintering on average 4,274 and after wintering 3,340 mm<sup>2</sup> leaves. With regard to great dispersion of the beetles across the stands and the relatively short period

of insect feeding before wintering and high mortality during the wintering period, the damage shows less dangerous when compared to that caused by larvae feeding. The most attacked tree species is pedunculate oak, other oak species to a much lesser extent. Pronounced trophic affinity appears to be exhibited to hazel and beech. In contrast to literature data, the beetle does not consume the leaves of alder and willow.

*Altica quercetorum quercetorum* Foud.; host tree species; development; enemies; harmfulness

## INTRODUCTION

The abundance of oak fleahopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) has lately increased at many locations in the Czech Republic (determination confirmed by Professor Vondřejc, Ostrava University). Mass outbreaks of the beetle connected with severe insect feeding to clean eating were recorded in 1993 and 1994 in a mixed forest with prevailing pedunculate oak on Palacký vrch Hill in Brno. Harmful occurrence of the flea beetle was recorded particularly in South-Moravian oak stands, in the districts of Břeclav, Mikulov and Znojmo. According to Ing. M. Dušek from the Headquarters of Forests of the Czech Republic, Hradec Králové, striking clear eatings were also found in Eastern and Central Bohemia (e.g. in forest districts Opočno, Rychnov nad Kněžnou, in Prague parks and elsewhere). The spontaneous outbreak of the pest attracted attention of both foresters and research workers. Its considerable forestry importance, given mainly by the character of mass outbreak and absence of closer domestic knowledge of bionomics and harmfulness of the beetle were the main motivation to work out this study.

Oak fleahopper [*Altica*(*Haltica*) *quercetorum quercetorum* Foud. = *A.*(*H.*) *eruae* Ol.] is taxonomically included into the subfamily of flea beetles (*Alticinae* = *Halticinae*) of the large family of chrysomelids (leaf beetles) (*Chrysomelidae*). Since the fleahoppers show marked differences from other leaf beetles in terms of

both morphology and bionomics, they have become to be considered a separate family of flea beetles (*Alticiidae*) in important taxonomic works from about the seventies, and namely at present time. The most important distinguishing character which makes them different from all other chrysomelids is the presence of a special chitin-like body on the internal side of thighs of their rear leaping legs near the tibia joint. The systematically important internal formation is linked up with certain muscles and apparently has an immediate influence on the leaping capacity of the flea beetles (Möhr, 1960). According to Horion (1951), the fleahoppers in Central Europe are represented by 25 genera with about 230 species, according to Heikertinger (1930) they are represented by 48 genera and 785 species in the Palearctic area, and Palij (1966) claims that there are 340 genera with 5,000 species in the whole world. This makes their species identification rather difficult. And it is exactly this genus that oak fleahopper belongs to. Difficulties associated with its determination can be considered a cause to persisting lack of information about geographical occurrence, evolution and harmfulness. The same applies to morphologically and bionomically closely relative subspecies *Altica quercetorum saliceti* Ws. Therefore, some authors such as Rudnev (1965a), Palij (1966), etc. took the species denominated as *Haltica quercetorum* Foud. and *H. saliceti* Ws. for species that are quite identical. This was the reason for me to include several data in my study which are supposed to facilitate better indication of the pest.

## METHODS

The majority of field investigations was made in 1993 and 1994 in an oak coppice forest on the Southern and South-Western slopes of Palacký vrch Hill in Brno. The flea beetle development in the open was monitored during the growing season in 1- or 2-week intervals. Individual and mass laboratory breedings of the flea beetle on pedunculate oak were run in parallel to the field studies, at which the beetles were kept in wire rearing cages and in glass Drygalski dishes. Ends of leafy twigs were placed in vessels with water and moisturized paper cottonwool in the rearing cages and in the Drygalski dishes, respectively. With this breeding arrangement leaves could be maintained fresh sufficiently long.

The developmental stage of larvae brought from the open or reared from eggs laid by beetles in the laboratory was detected by micrometric methods through measuring the width of the head shell. Reduced area of 1 m<sup>2</sup> of damaged pedunculate oak leaves was measured by planimetric methods in individual instars and in beetles and then expressed in g (dry matter). Trophic requirements of the fleahopper larvae and beetles were tested by laboratory breeding on different tree species. The reared beetles were monitored for egg laying and their ecological (or physiological) natality rate was determined.

## RESULTS

### BASIC MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS

Adult individuals of the oak fleahopper (*Altica quercetorum* s.s.) (Fig. 1) are 4 to 5.3 mm long and 2 to 2.6 mm wide. With the exception of mainly grey-brown eyes, black feelers and brown-black tibiae including tarsi their colour is shiny dark blue to blue-green. Their lengthwise oblong and slightly vaulted body is widest behind the half of elytra. The small head is covered with a shield up to the eyes. The thread-like antennae consisting of 11 segments are of medium length, slightly exceed half-length of the body and get closer to each other at the base. The front is divided lengthwise with a pronounced keel above which there are two distinguished flat and strongly shining frontal protuberances shaped as round triangles approximately at the level of the upper part of the eyes above the setting of the antennae.

The scutum width is 1.4 to 1.6 (on average 1.5) times larger than its length and by 1/4 narrower than the dorsal width of the elytra. The sides are finely keel-edged, the rear half of the scutum being almost straight, either slightly narrowing or parallel. Front corners of the scutum are sidewise thicker and indistinct from the bird's view (as if round), rear corners being of distinctly obtuse angle. At the scutum base there is a pronounced transverse groove of linear to slightly forward bent character, which does not reach the edges of the scutum. This transverse groove does not link up at the shield sides with indentations nor lengthwise grooves pointed forward. The shield is very densely and finely dotted.

The elytra are slightly vaulted, their length being 1.52 times larger than their width, they are wider than the scutum their both ends being round shaped. Shoulder protuberances are quite distinct. Lengthwise side folds issue from them, which are often indistinct in the centre of the elytra to become nearly rectangular (ribbed) in the rear part of the elytra. From the side view, the elytra bases appear more vaulted than the scutum. On the sides, the elytra are distinctly keel-edged and slightly extended at their rear end. The edge along the length is most developed in the central part of the elytra and is missing in their rear end. Similarly like the scutum, the elytra are irregularly dotted, the dots being much scarcer and more distinct, though.

When distinguishing *A. q. quercetorum* from *A. q. saliceti*, it is not possible (unlike in numerous other species of this genus) to make use of traits shown on the male sex organs as no significant differences have been found on them (Möhr, 1966, and others). According to Kuhnt (1913), Möhr (1966), Meisner (1974) and other authors, the two flea beetles can be distinguished on the basis of morphological characters, particularly those on the elytra. Traits on other parts of the body are mainly species nonspecific and cannot be normally used to determine the species. Re-

garding the very disputable occurrence of *A. q. saliceti* flea hopper on willows, it is not possible to support the species classification by the knowledge of host tree species like it is the case in many other trophically closely specialized flea beetles.

Eggs of oak flea hopper (Fig. 2) are dull yellow to orange-yellow, of round cylindrical to elliptic shape. Their length is 0.96 to 1.11 mm (on average 1.05 mm), their width from 0.39 to 0.50 (on average 0.44) mm. The chorion is considerably firm with a very fine wrinkling on the surface. It provides good protection of the germ against unfavourable weather and numerous enemies.



1. Female of oak flea beetle (*Altitica quercetorum quercetorum* Foud.). Length 4.5 mm



2. Eggs of oak flea beetle on the lower leaf side of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Egg length 1 mm. Photo by J. Říčný

Larvae of oak flea hopper have a usual habitus of the chrysomelid larvae. In their development, they through pass three instars. The grown-up larvae are up to 9 mm in length and 1.8 mm wide. From above they are vaulted, shiny brown-black, green-black to black, from below they look flattened and lighter. The freshly moulted larvae are yellow. The head is black, strongly sheeny, coarsely dotted, with fine thin and standing-up hair and short feelers. The second and third thoracic segments as well as abdominal segments are provided with two transversal rows of papillae with 1 to 3 little hairs of light brown colour. Largest are the lateral papillae over the coxa of middle legs. The abdominal papillae (particularly those on the last segments) are smaller than the thoracic ones. The lateral papillae on the thorax bear 3 (on the abdomen only 2) hairs of 0.15 to 0.30 mm in length. The prothorax is formed from above by the strongly sclerotized scutum, the last abdominal segment by the anal scutum. The most significant determination characters are to be found on the scutum of the vertex. However, their description would exceed the scope of this study. Before pupation, the body of the larva acquires a roll-like bent shape at simultaneously getting shorter to the length of max. 5.5 mm, or possibly even slightly wider. The larvae

stop moving and get prepared for pupation in a stiff position (with legs stretched forward).

Pupae of flea beetles are characteristic by their typical ventral position of the head, coverage of feelers (with the exception of the first three segments) with front legs, prevailing part of the 3rd pair of legs covered with wing sheaths, and by the count of setae (Mohr, 1960). The oak flea hopper pupa (Fig. 3) is of approximately oval shape, 4 to 5.2 mm long, sheeny bright yellow to yellow-orange, with transverse rows of dark setae to fine spines on the dorsal side of the thorax and on the abdomen (0.15 to 0.25 mm in length), and two abdominal spines. The maturing pupa gradually



3. Pupae of oak flea beetle. Length 4 to 5 mm

acquires yellow-grey colour with its eyes, feelers, legs and mandibles growing darker. Freshly emerged beetles are of light brown colour, and acquire metallic coloration in approximately 10 hours, already in some 6 hours on the scutum.

#### OCCURRENCE AND HOST TREE SPECIES

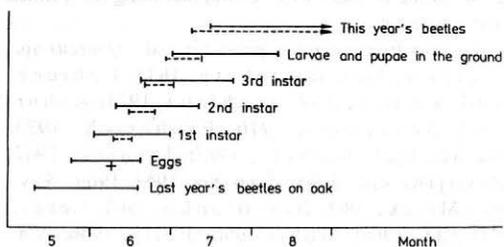
The oak flea hopper (*A. q. quercetorum*) occurs in central, southern and eastern Europe. Northern border of its natural range runs approximately from Hamburg, across northern Poland and central regions of the European part of the former Soviet Union up to the Ural, southern border stretches from northern Portugal and France across northern Italy, south of the former Yugoslavia, Bulgaria, Greece, Turkey and southern regions of the former Soviet Union including the Crimea and Caucasus.

Its host tree species is generally oak (*Quercus* sp.) (Kellner, 1829; Ratzeburg, 1833; Lohrenz, 1907; Reitter, 1912; Nechleba, 1923; Kuhnt, 1913; Schaufuss, 1916; Escherich, 1923; Salač, 1924; Burkert, 1927; Javorek, 1947; Živojinovič, 1948; Šapiro, 1961, 1969; Stypa-Mirek, 1963; Bej-Bienko, 1965; Lerer, Plugar, 1966; Mohr, 1966; Palij, 1966; Vasiljev et al., 1975 and many others). Altum (1878) and many other authors after him such as Hess, Beck (1914), Will (1922), Gäbler (1955), Brauns (1964), Rudnev (1965a, 1965b), Meisner (1974), Holzschuh (1985), Cabral, Cid-

-Ferreira (1991) consider pedunculate oak (*Quercus robur* L.) the most favourable tree species for the beetle. Hovasse (1931) mentions the flea beetle in Turkey only in European hazel (*Corylus avellana* L.), Della Beffa (1949) in Italy in *Corylus avellana* L., *Quercus* sp., *Betula* sp. and *Salix* sp. Occurrence not only on *Quercus* sp. but also on *Fagus sylvatica* L. and *Corylus avellana* L. was recorded in Romania. According to Escherich (1923), the beetles occasionally appear on *Alnus* sp., *Corylus* sp. and *Fagus* sp. Roubal (1937-1941), who traced the beetles in Slovakia and Sub-Carpathian Ukraine and found them also on *Ulmus* sp., *Prunus* sp., and *Robinia* sp.

The relative flea hopper *A. q. saliceti* is mentioned by Meisner (1974) from southern Europe up to the south of northern Europe. According to Kemner (1919) and Bakke (in Meisner, 1974) it can be found in southern areas of Sweden and Norway, where *A. q. quercetorum* is said to be absent. Besides oak, which is its main (if not the exclusive) host tree species, older papers mention the beetle's occurrence also in willows (Kuhnt, 1913; Schaufuss, 1916 etc.). According to Mohr (1966), the data are confusing and should be verified. The fact is that in the course of many years of studying salicicolous insects in Moravian willow stands, this species was never found on willow trees in contrast to several distantly similar and abundant chrysomelids from the genus *Luperus* Geoffr. (mainly *L. hyperus* Sulz.) which could perhaps have been considered the flea hopper by mistake.

When reared in the laboratory, the larvae of oak flea beetle (*A. q. quercetorum*) most readily consumed pedunculate oak (*Quercus robur* L.), less readily sessile oak [*Q. petraea* (Mattuschka) Liebl.], pubescent oak (*Q. pubescens* Willd.) and Turkey oak (*Q. cerris* L.), the least consumed tree species being European beech (*Fagus sylvatica* L.) and European hazel (*Corylus avellana* L.). The most severe damage by the beetles was recorded on pedunculate oak, severe damage on sessile oak, pubescent oak and Turkey oak. The damage on European beech and European hazel was far not so extensive and minimum losses were found on sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.). The beetles absolutely

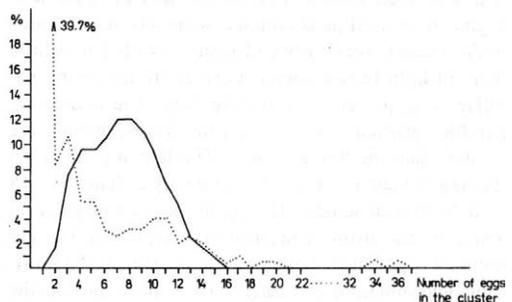


4. Development of oak flea hopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) on pedunculate oak (*Quercus robur* L.) on Palacký vrch Hill, Brno in 1994 (solid line) and in the laboratory experiment (dashed line). The date of egg laying in the laboratory (8 June 1994) is marked with a cross

refused to consume black alder (*Alnus glutinosa* L.), black poplar (*Populus nigra* L.), white willow (*Salix alba* L.), wild apple (*Malus sylvestris* Mill.) and oriental plane (*Platanus orientalis* L.) - dying within three weeks. Leaves of Persian walnut (*Juglans regia* L.) are even toxic for oak flea hopper because all freshly hatched beetles placed in the Drygalski dishes with leaves of Persian walnut died within a week without consuming them. The mass laboratory experiments with rearing the larvae and beetles on different tree species and their combinations confirmed trophical affinity of the pest mainly to oak and to lesser extent also to beech and hazel. The possibility of its development on black alder and white willow was entirely refuted.

#### OCCURRENCE OF BEETLES AFTER WINTERING AND EGG LAYING

Oak flea hopper winters in the adult stage of evolution, mainly on the ground in shed leaves, more scarcely on tree species in bark cracks, etc. With the onset of warmer winter days or early in the spring the beetles lose their stiffness. At temperatures of about 5 °C they are immobile when in peace but can move or jump out when disturbed. They leave their wintering places only after the soil surface has been properly warmed up. The onset and course of leaving the wintering places is, therefore, dependent mainly on the weather. The beetles appear either before flushing of oak leaves (Lohrenz, 1907) or in its course (Escherich, 1923). However, there is very little information about the period of leaving the wintering places. For example, Reitter (1912) and Miljusko vič (1982) speak in accord of the month of May being the time for the beetles to leave their wintering places. Solinas (in Meisner, 1974) mentions the second half of May. In the oak stand under study (Palacký vrch Hill in Brno), the first beetles appeared on 10th May in 1994 and their occurrence came to a close on 18th June (Fig. 4). In 1993, the beginning of the occurrence pe-



5. Frequency of occurrence of egg clusters with various counts of eggs (in percentage of total number of laid clusters of eggs) in oak flea hopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) on pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Palacký vrch Hill, Brno, 1993 (solid line), the laboratory experiment, 1994 (dotted line)

riod of the last year's beetles on tree species was not precisely recorded.

The beetles starved after the winter season start maturation feeding on freshly flushed leaves or on bursting buds, perforating the young leaves from their upper side. The feeding notches form tiny holes (0.2 to 0.9 mm in diameter) which are distributed on the leaf blade close to one another, often without any intact areas. Leaf veins remain always intact. The beetles tend to mass feeding and, therefore, the damage caused by them may sometimes have the character of an extensive disaster.

Fertilized (and apparently also unfertilized) females lay eggs after about a week to ten days of maturation feeding onto the bottom side of young leaves (according to Meisner, 1974 also onto shoots). The freshly laid eggs are sticky and the female places them horizontally into differently numerous and more or less compact clusters (and even individually in the laboratory). Eggs in the clusters are arranged beside each other into 1 to 3 irregular rows being stuck to the lower leaf epidermis and to one another. My own findings do not confirm the egg laying in piles in the open nature, mentioned often in literature (in contrast to laboratory experiments). According to Meisner (1974) and Miljuskovič (1982) one cluster contains about 7 to 70 (on average 20) and 3 to 12 eggs, respectively. There were about 2 to 15 (on average 7.5) eggs found in a compact cluster of eggs in the studied gradation area on Palacký vrch Hill in Brno in 1993. The laboratory rearing scarcely showed even more eggs (Fig. 5). In 78.9% of the cases the individual leaves exhibited only a single cluster of laid eggs. Two, three, four and five clusters of eggs were found in 13.0, 5.7, 1.6 and 0.8 per cent of the cases, respectively. The laboratory experiments brought an evidence that the female does not lay full egg reserve at one time. After having laid one cluster of eggs she continues in maturation feeding and then lays the eggs again. Thus, the maturation feeding and regeneration feeding periods are prolonged up to 6 weeks in the course of which the female lays on average 25 clusters of eggs. The females die a few days after they have laid eggs. Fertility of the females based on the results of both individual and mass rearing is about 186 (maximum 248) eggs.

Oak fleahopper males are very rare. Copulation of the oak fleahoppers was neither seen in the oak stand on Palacký vrch Hill nor in the laboratory experiments. All beetles caught in the open or raised in artificial breeding from eggs or larvae obtained from the open were of the female sex. The females reared in the laboratory in the period from 6 to 12 July, 1994 from larvae of the 1st and 2nd instars brought from the open in the first half of June started maturation feeding four days after eclosion. After 4 weeks of the feeding, at the constant temperature of 25 °C they began to lay eggs without looking for hiding places prepared for them on the bottom of Drygalski dishes. The egg laying period lasted from 12 August to 9 September, 1994. Out 63 fe-

males, 53 and 35 individuals lived to the beginning of egg laying and the end of egg laying, respectively. Only 30 individuals (i.e. 47.6%) survived until the end of October when all beetles were displaced into outdoor conditions. Dissection done in the died beetles revealed a well developed fat body, never eggs. The clusters of eggs or individual eggs were laid on the bottom side of the leaf in 67.3%, and on the upper side of the leaf in 31.2% of the cases. Very seldom (1.3%) were the eggs found also on walls of the Drygalski dishes. The individually laid eggs recorded rather high representation (39.7%), mainly on the upper side of the leaves. Only two clusters had a higher number of eggs than 20. More detailed information about egg laying onto the upper and lower side of leaves or possibly also onto the walls of dishes is presented in Tab. I. Out of all 972 laid eggs, only 18.3 eggs fell to one female, i.e. approximately three times less than in the open. With regard to considerable mortality of the beetles at wintering, further course of the egg laying was evaluated in greater detail in 12 individuals only. The obtained eggs were unfertilized and as it was shown during their breeding in different laboratory and outdoor conditions – incapable of further development. However, it is an interesting fact that in the open the larvae would emerge from approximately 85 to 95% of the eggs. Absence of the males in both collections and laboratory experiments as well as the so far unproved capability of parthenogenetic reproduction introduce much confusion into the development of oak fleahopper.

#### DEVELOPMENT OF THE LARVAE

Basic diagram of oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) development both in the open and in the laboratory is presented in Fig. 4. Embryonal development is distinctly affected by the weather and normally lasts slightly over a week. Meisner's (1974) estimate of about 7 to 8 days is similar but some older authors such as Lorenz (1907) spoke of approximately 14 days of egg development. Through the secondary egg membrane (chorion) the larvae bite their way via an irregular oval hole of 0.2–0.3 x 0.3–0.4 mm. The escape apertures are normally always on the upper side of the eggs (seldom on the sides) and at all times excentrically in one direction at one of their ends in the same group of eggs. Soon after the larvae have emerged, the egg covers often lose their original shape but not the colour. In the open the larvae emerge in early June (Panajotov, 1954), in the laboratory conditions from 7 June (Miljuskovič, 1982). The larvae in the oak stand under study were hatching from 2 – 18 June, 1996 (Fig. 4).

Eggs within the same cluster have always been laid by one female at one time. The eclosion of these eggs is more or less at the same time. After a biologically conditioned short period of rest, freshly emerged larvae line up side by side (Koničkov, 1978) in the imme-

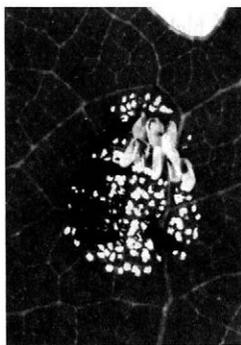
I. Number of egg clusters and number of eggs laid by oak fleahopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) onto the lower and upper side of leaves and walls of Drygalski dishes. Laboratory rearing, July–October, 1994. Egg laying period 13 August to 9 September, 1994

Number of eggs in cluster	Number of eggs clusters on					Number of eggs on				
	lower side	upper side	dish wall	total	(%)	lower side	upper side	dish wall	total	(%)
1	36	43	–	79	39.7	36	43	–	79	8.1
2	13	3	–	16	8.1	26	6	–	32	3.3
3	14	6	1	21	10.6	42	18	3	63	6.5
4	10	1	–	11	5.5	40	4	–	44	4.5
5	10	1	–	11	5.6	50	5	–	55	5.7
6	5	–	1	6	3.0	30	–	6	36	3.7
7	5	–	–	5	2.5	35	–	–	35	3.6
8	5	1	–	6	3.0	40	8	–	48	4.9
9	5	1	–	6	3.0	45	9	–	54	5.6
10	7	–	1	8	4.0	70	–	10	80	8.2
11	6	2	–	8	4.0	66	22	–	88	9.0
12	4	–	–	4	2.0	48	–	–	48	4.9
13	4	1	–	5	2.5	52	13	–	65	6.7
14	4	–	–	4	2.0	56	–	–	56	5.8
15	2	–	–	2	1.0	30	–	–	30	3.1
16	1	–	–	1	0.5	16	–	–	16	1.6
17	1	1	–	2	1.0	17	17	–	34	3.5
18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19	1	–	–	1	0.5	19	–	–	19	2.0
20	–	1	–	1	0.5	–	20	–	20	2.1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
34	–	1	–	1	0.5	–	34	–	34	3.5
35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
36	1	–	–	1	0.5	36	–	–	36	3.7
Total	134	62	3	199	100.0	754	199	19	972	100.0
Percentage	67.3	31.2	1.5	100	–	77.6	20.5	1.9	100	–

diate vicinity of egg shells and soon start browsing on leaves. Their rather weak mandibles enable only the so called scratch feeding at which spongy and palisade parenchymas are being consumed together with the lower leaf epidermis with the upper epidermis including leaf veins being left entirely intact. Larvae of this 1st instar proceed at their feeding frontally and damage the leaf blade surface with their extraordinarily tiny mines of 0.15 to 0.30 mm in diameter, which are distributed densely beside one another (Figs. 6 and 7). In the open there were max. 37 larvae found on one leaf. The larvae on leaves moult for the first time after approximately 9 days (6 to 7 days in the laboratory). The proper moulting of the cuticle is preceded by 1-day period of preparation and after the proper moulting which lasts about two hours the larvae take several hours of rest. The moulting larva experiences the cracking of the cuticle on the dorsal side behind the head, and the cracking of the head shell in the epicranial suture and frontal sutures.

It was found out that 77% of the 2nd instar larvae feed on the lower leaf side and 23% upon the upper

side (Fig. 8), the mines having up to 0.6 mm in diameter and normally (in 90%) do not perforate the whole leaf profile. After approximately 10 days the larvae moult for the second and the last time. Larvae of this 3rd developmental stage (Fig. 9) spread further across the leaf or crawl over to other leaves (according to Panajotov, 1954, even onto neighbouring tree species) and then often feed individually. About 60% of them feed on the upper side of the leaves, 40% on the lower side (Fig. 10). The mines which are up to 0.9 mm in diameter perforate the leaves in 50% with the leaf veins not being damaged by maturing larvae. Development of the 3rd instar larvae ends within 14 days. The whole development from egg laying up to feeding end of the 3rd instar larvae lasts about one and a half month in the open nature (a month in the laboratory). The period of larvae feeding falls into the month of June and the first two decades of July. Similar knowledge was recorded by Panajotov (1954), Miljuskovič (1982) and other authors. On the other hand, little probable is the information of Meisner (1974) about the larvae development taking 20 to 23 days.



6. Abandoned egg integuments and the period of commenced feeding of oak flea beetle larvae of the 1st instar on the lower side of pedunculate oak leaf. Palacký vrch Hill, Brno, 15 June 1994. Photo by J. Říčníč



7. A detail of damage caused to the leaf of pedunculate oak by the 1st instar larvae of oak flea beetle incl. abandoned egg shells. Palacký vrch Hill, Brno, 22 June 1994. Photo by J. Říčníč



8. The oak fleahopper larvae of the 1st and 2nd instars at feeding on the upper leaf side of pedunculate oak. Exceptional occurrence of the 1st instar larva on the upper leaf side. Length of the bigger larva is 3.5 mm. Palacký vrch Hill, Brno, 1 July 1993



9. The larva of the 2nd instar (near the main leaf vein) and three 3rd instar oak flea beetle larvae on the lower side of pedunculate oak. Length of the larvae: approx. 7 mm. Palacký vrch Hill, Brno, 4 July 1993

This extremely short time of larvae development can only be seen in the laboratory environment (Fig. 4).

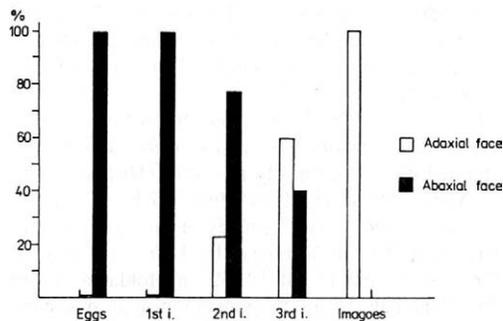
In the course of the feeding the larvae secrete a lot of excrements which to a greater extent get stuck to the leaves together with their exuviae (Fig. 11). The frass of the maturing larvae is up to 1.65 mm in length and 0.14 up to 0.21 mm in width, of differently bent shape. At the beginning, it is dark green, later black, with irregular distribution both on the adaxial and abaxial faces of the leaf blade. The frass gradually disappears from the leaves during summer, and at the end of the growing season we can hardly see its residues in the form of a local dark amorphous layer.

Larvae of the individual instars can be identified with confidence only on the basis of micrometric measurements of the head case width. Differentiation can easily be made in all the larvae since there are no overlappings in the head width of individual developmental stages (Fig. 12). Certain difficulties may appear in

a more precise measuring of very tiny heads of alive (i.e. mobile) larvae of the 1st instar, which are moreover partially hidden in the prothorax. This was the reason for making Fig. 12 based on measuring the width of larvae heads after the larvae have been killed.

#### DEVELOPMENT OF THE PUPAE AND YOUNG BEETLES

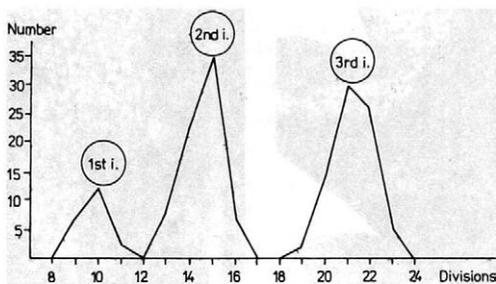
Feeding of the oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) larvae culminates usually in the 2nd half of June and at the beginning of July (Fig. 4). The first larvae end their feeding already at the beginning of July, the last ones around 20 July. The grown-up larvae hide in the upper surface soil layers where they normally pupate in the 2nd half of July. Pupation takes place after a period of preparation, which is 7 to 9 days (5 to 6 days in the laboratory) from the end of feeding. The proper pupal stage lasts about 10 days (7 to 8 days in the laboratory), then it comes to eclosion of young beetles. The beetles stay at the eclosion place for several days



10. Occurrence percentage of eggs, larvae of individual instars and this year's imagoes of oak flea beetle (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) on the upper and lower side of leaves of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Palacký vrch Hill, Brno, 1993



11. The lower side of pedunculate oak leaf damaged by oak flea beetle larvae of the 2nd instar. Frass and 7 larvae exuvia are to be seen on the leaf. Palacký vrch Hill, Brno, 4 July 1993



12. Width of the head case in individual instars of oak flea beetle (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) larvae (1 division = 0.0357 mm)

(only 1 to 2 days in the laboratory). In the 2nd half of July and in early August, they appear on tree species in order to cause damage to their leaves from the upper side till the onset of colder weather.

Surprisingly enough, literature data on the period of larvae pupation and eclosion of young beetles do not differ too much, and in their majority corroborate the finding. For example, Panajotov (1954) speaks about pupation taking place in the 1st half of July, Hess, Beck (1914) and Will (1922) claim the 2nd half of July, and Gäbler (1955) speaks about July in general. According to Miljuskovič (1982) the young beetles appear from mid-July and in August, according to Hess, Beck (1914) at the end of July or at the beginning of August, according to Meisner (1974) from mid-August, and according to Reitter (1912), Pfeffer et al. (1961) from August. However, opinions about pupation places differ. While e.g. Lohrenz (1907), Schaufuss (1916), Will (1922), Koehler, Schnaider (1972) and others report that the larvae pupate in the ground, Hess, Beck (1914), Salač (1924), Escherich (1923), Živojinovič (1948), Panajotov (1954), Meisner (1974) and other claim that the larvae may pupate in bark slits and possibly also at other protected places. In the experiments the larvae readily pupated in freshly moistened soil in the depth of 0.5 to 1.5 cm and very often also in moistened paper wool, never in water-logged soils or too dry organic substrates. Pupation in the bark slits of tree species was not seen in the open.

The maturation feeding period of beetles prior to their departure to wintering places depends on the weather. The last beetles can be observed on tree species in mid-September (see also Meisner, 1974 and others). Numerous references, mainly those of the older date, relate the end of the period of beetle occurrence on tree species with the onset of frosts. Most frequently the beetles winter in the surface layer of forest-floor litter (Lohrenz, 1907; Burkert, 1927; Miljuskovič, 1982 etc.) or in leaf cover and bark slits (Hess, Beck, 1914; Escherich, 1923; Panajotov, 1954 etc.). In contrast to larvae, they do not hide in the soil rich in minerals nor in sand since their requirements for environmental moisture are lower and

those for aeration of the substrate higher. Development of the flea beetle is always univoltine (in subsp. *A. q. saliceti* sometimes even bivoltine under especially favourable conditions as reported by some authors).

The character of leaf damage by young beetles does not differ too much from that caused by the larvae. However, in contrast to the larvae, the beetles always feed on the upper side of leaves and fully developed leaves are available for them. At the beginning, the leaves are windowed by the beetles at 40% and damaged by mining at 60% down to the lower leaf epidermis. Later, the leaves are windowed at 30% and damaged by mining at 70% with leaf veins being left intact at all times. At the very end of the growing season, the beetles kept in the laboratory damaged older leaves of pedunculate oak only by mining. Individual feeding notches form tiny mines or holes of 0.18 to 0.78 mm in diameter (Fig. 13). The frass of the beetles is dark green, later black, 0.5 to 1.10 mm in length and 0.18 to 0.28 in width. The beetles (similarly like the larvae) tend to mass feeding at which the damage may acquire more or less the character of a disaster. Under the favourable warm and sunny weather the beetles spread across the tree species as well as across the stand and then often feed individually. As their webbed wings are well developed, they can make use of their flight fitness at spreading into non-infested areas. However, they apparently do not fly too much similarly like as other well leaping flea beetles.

## ENEMIES

Two tachina flies *Anthomyiopsis nigrisquamata* Zett. (syn. *Ptilopsina nitens* Zett.) (*Larvaevoridae*) were reared from the larvae of oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) on 22 June and 1 July, 1994 (determined by Professor Rozkošný, Brno). This tachina fly is well known as endoparasitoid of chrysomelid larvae (e.g. *Plagioderma versicolora* Laich.). Its biology was studied in detail by Mellini (1957) in Italy. The tachina fly was included into the oak fleahopper parasitoids in the compendium published by Meisner (1974). Approximately 5% of the oak flea beetle larvae studied in the Palacký vrch Hill oak stand in Brno were infested by this tachina fly.

Endophagous development in representatives from the families *Chrysomelidae* and *Coccinellidae* is also exhibited by the tachina fly *Degeeria (Medina) luctuosa* Meig. (Mesnil, 1944–1964; Jolivet, 1950; Herting, 1962). Two females of this species were reared from the oak fleahopper by Lerer, Plugar (1966) on 12 and 13 July, 1962, in Moldavia. About 25% of the oak flea beetle population in an oak stand studied by them were infested by the tachina fly.

Holzschuh (1985) in Austria considers the main cause of oak fleahopper decline being the entomophytic fungus *Beauveria bassiana* Bals. Infection of the beetle occurs via cuticle surface, stigmas and intestines

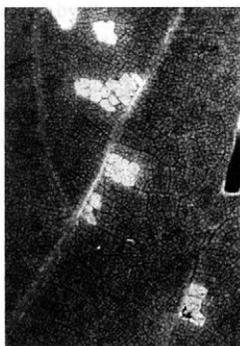
(Weiser, 1966). In Moldavia, the fleahopper is often infested by *Zicrona coerulea* L. (family *Pentatomidae*), *Synharmonia conglobata* L. (family *Coccinellidae*) and *Microctonus deceptor* Wesm. (family *Braconidae*) (Plugar, 1969). In Austria, it is *Synharmonia impustulata* L. (Holzschuh, 1985). The polyphagous *S. conglobata* is normally considered in the literature to be an important predator of eggs, larvae and possibly also pupas of chrysomelids. Both the mentioned bug and lady beetle *S. conglobata* belong to abundant fauna representatives in our deciduous forests and it is therefore to be expected that they take part in elimination of the oak flea beetle.

Long periods of cold weather are withstood much better by imagoes of the oak flea beetle (similarly like in other phytophagous insect species) than mild winters with temperatures alternating above and below 0 °C. At higher temperatures, the beetles lose their stiffness, start to move and migrate across short distances without reaching the host species. This makes the beetles exhausted and then easily infested by pathogenic fungi, predators, and the like, or they can even exhibit higher percentage of mortality if the temperature falls again. The high mortality of imagoes in the wintering period can be corroborated by our study of pest gradation on Palacký vrch Hill in Brno. In the two years of the study (1993 and 1994), the density of imagoes which started feeding and reproduction in the spring was a mere fragment of their density before leaving for wintering places.

#### HARMFULNESS

Oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) is one of the most important leaf eating pests on oak species (in our country mainly on pedunculate oak). It shows mass outbreaks particularly under warm and dry weather at dry and warm sites. The beetle finds optimum conditions for its development in long-term managed coppice stands (Rudnev, 1965b). Many times it also appears in seed originated stands of all age categories beginning with seedlings and ending with mature or even overmature stands. Serious losses are caused in stands of younger age classes and especially in nurseries where the beetles can cause mass dieback of young tree species by total damage to foliage.

Maturation and regeneration feeding of overwintering beetles in spring results in damage to bursting buds with freshly flushing leaves. With regard to migration of a part of the population of young this year's beetles outside the area of their mass outbreak and in consequence of high mortality of the beetles during wintering the spring feeding is attended by a small percentage of the last year's beetles. Feeding of the beetles after wintering is usually rather scattered, which means that there are no marked losses to be seen on full-grown trees. Although the actual fertility of females is relatively low, population density of the oak flea beetle in



13. Maturation feeding of the young oak flea beetle on the leaf of pedunculate oak. Palacký vrch Hill, Brno, 4 September 1993



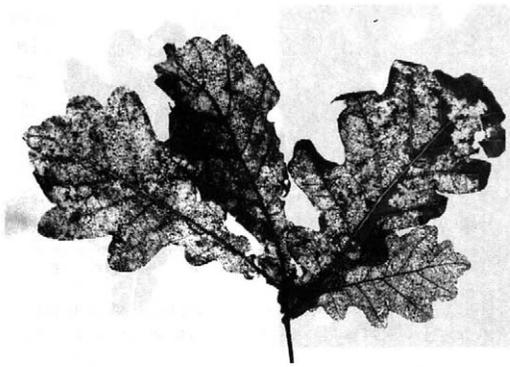
14. Lower side of the leaf of pedunculate oak with individually feeding oak flea beetle larvae of the 2nd instar. Palacký vrch Hill, Brno, 17 June 1993

the stage of eggs and larvae considerably increases which makes the damage caused by larvae much more visible. The first developmental stage of the larvae damages the leaves from beneath by mining which transforms partly into skeletonizing (Figs. 14 and 15) in the larvae of the 2nd and especially those of the 3rd instars (damaging both sides of the leaf). Mass feeding of the larvae causes extensive damage to a certain part of the leaf blade, possibly even the whole leaf with the exception of leaf veins (Fig. 16).

Average leaf areas of pedunculate oak damaged by oak flea beetle larvae of the 1st, 2nd and 3rd instars amount to 98, 247 and 495 mm<sup>2</sup>, respectively. During its entire development the larva damages approximately 840 mm<sup>2</sup> of leaf area at weight of 58 g/m<sup>2</sup> (in dry matter) (Fig. 17). The losses in assimilation area occur already at the end of spring and beginning of summer. Feeding of the larvae ends in the 2nd July decade when the intensity of photosynthetic activity culminates. The leaves which are deprived of parenchyma get brown, curled and die shortly. After such a concentrated intensive feeding the host tree species look like being burnt down by fire. The dead leaves remain on the trees for some time, then they fall down



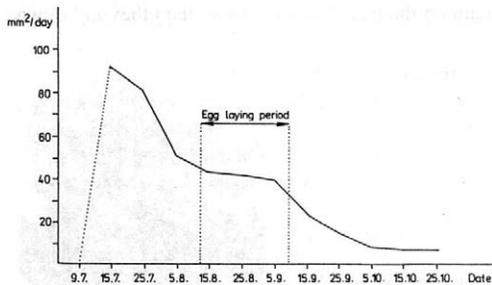
15. A part of the lower leaf blade side of pedunculate oak, severely damaged by larvae of oak flea beetle. Exuvia and frass were removed. Laboratory experiment, 29 June 1993



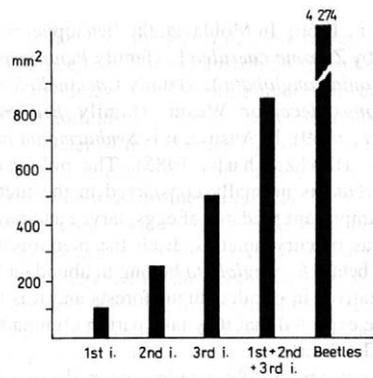
16. Clean eating on the leaves of pedunculate oak caused by oak flea beetle larvae. Exuvia and frass were removed. Laboratory experiment, 27 June 1993

(according to Ing. M. Dušek from the Forests of the Czech Republic, Hradec Králové, it is at the end of July and beginning of August).

About 3 weeks after the larvae hide in the ground in order to pupate, young beetles appear on the host tree species. They feed on leaves only from their upper side (initially by windowing prevails, later mining) and spread from the focus of outbreak into surroundings. Usually at the end of August and in the first half of September, they leave for wintering places. The beetles kept in the laboratory behave in a quite different way. Beetles emerged between 6–12 July, 1994 started maturation and regeneration feeding after 4 to 5 days with the highest intensity of the feeding being 92 mm<sup>2</sup> per day in the beginning, then gradually decreasing until 12 August when it reached 42 mm<sup>2</sup> per day. Females laid eggs between 12 August and 9 September, intensity of their food intake being at approximately the same level (40 mm<sup>2</sup> per day). From 5 September to 5 October the feeding showed a rather sharp decline to exhibit values of about 7 to 8 mm<sup>2</sup> per day in the period 5–25 October (Fig. 18). Increase of the average consumption in a female in the period between 9 July and



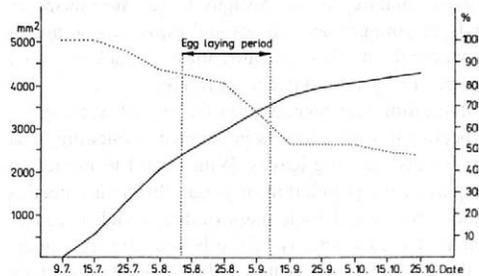
18. Average daily leaf area of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) damaged by adults of oak flea beetle (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.). Weight of leaves in DM was 59.15 g per m<sup>2</sup>, 62.71 g per m<sup>2</sup> and 67.03 g per m<sup>2</sup> on 9 July 1994, 20 August 1994 and 5 October 1994, respectively. Laboratory experiment, July – October, 1994



17. Reduced area of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) leaves of 58 g/m<sup>2</sup> (in dry matter), damaged by individual instars of oak flea beetle (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.) larvae and its beetles prior their departure to wintering places. Laboratory experiment, 1994

25 October, 1994 as well as percentage of surviving females in the laboratory experiments are shown in Fig. 19. In the course of this period of time, average consumption of one beetle increased to 4,247 mm<sup>2</sup> and mortality amounted to 52.4% (Fig. 19). It follows that the majority of females died immediately after having laid eggs (i.e. in the 2nd half of the egg laying period and 1 week after its end). Average feed consumption of beetles before wintering was 5 times higher than that of larvae.

The found food consumption of beetles in the laboratory does not correspond with the situation in the open where the period of young beetles feeding prior to their departure to wintering places is considerably shorter and the damage is not so much concentrated on young trees, undergrowth and lower parts of crowns in older oak trees as it is in the larvae. Dispersion of the beetles across tree species and stands reduces their abundance in the focus of mass outbreak. Negative impacts of beetle feeding are not so serious for the host tree species as with the larvae which furthermore usually practise social feeding as early as in the 1st half of the growing season. After heavy rains the severely



19. Increase in average leaf area damaged by oak fleahopper (*Altica quercetorum quercetorum* Foud.). Percentage of surviving females is illustrated by the dotted line. Other data see legend to Fig. 18

damaged oak trees form new sprouts from adventitious buds. The period of assimilation activity of this spare and original (undamaged) assimilation apparatus is a little bit prolonged which can compensate to a certain extent for increment losses related to defoliation of the tree species.

Outbreak of the oak flea beetle is nothing unusual in Europe. Extensive disasters were recorded as early as in the last century from Germany by Kellner (1829), Ratzeburg (1833), Altum (1878) and other authors. Harmful occurrence of the beetle is reported for example from the south of the European part of the former Soviet Union and Caucasus (Rudnev, 1965a,b; Palij, 1966; Šapiro, 1969) including Moldavia (Lerer, Plugar, 1966; Plugar, 1969), from Romania (Arsenescu et al., 1966, in Meisner, 1974), former Yugoslavia (Živojinovič, 1948; Miljuskovič, 1982), Turkey (Alkan, 1959), Bulgaria (Panajotov, 1954), Italy (Solinas, 1966, in Meisner, 1974), Hungary (Lesko, Magyari, 1988), Portugal (Cabral, Cid-Ferreira, 1991), Austria (Holzschuh, 1985), the Netherlands (Fransen, 1949) etc. The territory of our republic is situated in the natural range of the investigated form of oak fleahopper. However, in the Check-list of Czechoslovak Insects IV of 1993 we can only find subsp. *saliceti* Ws. (Strejček, 1993). The submitted study is, therefore, the first paper concerning not only the mere occurrence but also bionomics and harmfulness of the subspecies of oak flea beetle (*A. quercetorum* Foud.) in the Czech Republic.

#### POSSIBILITIES OF CONTROL

Control measures against oak flea beetle can be substantiated only in forest nurseries. In the past, it is said to be well proved e.g. to grow onions in beds, flooding (or at least sprinkling) of beds, ashing, liming or sprinkling of the beds soaked with rain and dew with fine sand slightly stained with kerosene. It was also recommended to dust or spray the plants with sulphur, Thomas meal or weak solution of carbolic acid, wormwood concoction or tobacco extract. The beetles were being caught on glued boards, etc. The proposed measures could not be efficient enough.

This was the reason to adopt more effective insecticides in order to control the pest. For example, Fransen (1949) brought evidence about good effect of 0.05% DDT and 0.019% HCH on the oak flea beetles. The DDT and HCH based preparations were long recommended against the beetles and larvae of oak flea beetle even in this country (Dlouhý, 1969). Application of lead arsenate against the beetles of *A. q. saliceti* in the period to the end of May was suggested by Binaghi (1956). 2 to 4% chlorophos also proved very efficient against the same fleahopper during the occurrence of its imagoes and larvae on sprouts (Averkiev, 1973). Control of the beetles is rather compli-

cated by their wide dispersion across the forest stand and Panajotov (1954) considers, therefore, that the control of larvae is easier and more economic.

At present time, it is possible to control oak flea beetles very well using recommended products from the group of synthetic pyrethroids and the Japanese preparation Trebon 30 EC or Trebon 10 F. Recommended doses in either litres or kg per ha are stated in the List of Approved Preparations for Forest Protection issued annually by the Czech Republic Ministry of Agriculture.

#### DISCUSSION

Oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) is known in all neighbouring countries and, therefore, its occurrence in the territory of the Czech Republic is not surprising at all. Expansion and the great increase in population density of the pest apparently resulted from the extremely warm and dry weather in the last few years. The hypothesis is confirmed by thermophilic character of *A. q. quercetorum* and its generally much lower tolerance to environmental factors (particularly to temperature) when compared with *A. q. saliceti*. This is probably the only reason to explain the absence of *A. q. quercetorum* in northern parts of Europe where *A. q. saliceti* still occurs. This fact can also be partly used to substantiate the hitherto possible absence of *A. q. quercetorum* in the territory of the Czech Republic that is stated even in the Check-list of Czechoslovak Insects IV. (1993), in which the relevant family was studied by the prominent expert in this field of science, Dr. J. Strejček.

Determination of *Altica quercetorum* Foud. (including both subspecies) and of a very similar *Altica brevicollis* Foud., occurring in two subspecies on European hazel (*Corylus avellana* L.), was precised only relatively recently by Král (1964). However, reliable classification of imagoes and larvae of these flea beetles is often very difficult or disputable even with the existence of this work (Bartkowska, Warchalowski, 1978).

#### SURVEY OF THE MAIN KNOWLEDGE

Study of the oak fleahopper (*A. q. quercetorum*) mass outbreak, which was carried out in the coppice forest of pedunculate oak (*Quercus robur*) on Palacký vrch Hill, Brno, in 1993 and 1994 provided the following major results:

1. It is the beetles (imagoes) which winter – mainly on the ground among shed leaves. Wintering places are left in the 2nd half of May and then the beetles appear on tree species.
2. The beetles make windows on young leaves from the upper side. Eggs are always being laid on the lower leaf side into compact clusters consisting of 2 to 15 (on average 7.5) pieces. The period of ma-

turation and regeneration feeding lasts 4 to 6 weeks and in its course the females lay out on average 25 groups of eggs. There is normally only one cluster of eggs laid on one leaf (80% of the cases). Fertility of females is about 186 (maximum 248) eggs.

3. The larvae hatch after about 8 days of embryonal development and together feed on leaves by the mining down to the upper epiderm. After 8 to 10 days (6 to 7 in the laboratory) the larvae moult. Larvae of the 2nd instar damage the leaves by mining in 90% and by windowing in 10%. A part of them (23%) crawl over to the adaxial face of the leaf. After 10 days of the feeding the larvae moult for the second time. Larvae of this 3rd instar feed mainly on the adaxial face of the leaf (60%), 50% of the leaves being perforated by them.
4. Feeding of the larvae culminates in the 2nd half of June and at the beginning of July. The grown-up larvae then hide in surface soil layers where they pupate after 7 to 9 days (5 to 6 days in the laboratory). The stage of pupa lasts for 10 days (7 days in the laboratory).
5. After several days (in the laboratory as early as in 1 to 2 days) the young beetles leave the soil and appear on tree species where they damage leaves from their adaxial face. Under favourable weather conditions they spread into the stand and surroundings. With the onset of colder weather (usually in September) they take refuge in wintering places. Males are very rare and were entirely missing in laboratory experiments as well as in collections from the open. Yet, a possibility of parthenogenetic development has not been confirmed by the laboratory experiments.
6. The main cause of mortality is a changing, mildy warm, moist and cold weather during wintering and the entomophytic fungus *Beauveria bassiana* Bals., which attacks exhausted wintering adults. The tachina fly *Anthomyiopsis nigrisquamata* Zett. (*Larvaevoridae*) was reared from about 5% of oak flea beetle larvae.
7. In the course of their development, the larvae damage about 840 mm<sup>2</sup> leaves, 58 g/m<sup>2</sup> average weight in dry matter (of this 98, 247 and 495 mm<sup>2</sup> are being damaged by larvae of the 1st, 2nd and 3rd instars, respectively). The adults in laboratories damaged before wintering on average 4,274 and after wintering 3,340 mm<sup>2</sup> leaves. However, feeding of the young beetles before wintering takes a relatively short time and is very much dispersed across the stands. This means that the damage caused by young beetles is less significant when compared with concentrated feeding of the larvae. Spring feeding of the beetles is less significant with regard to the high mortality rates during the wintering period.
8. The greatest trophic affinity of the pest is shown to pedunculate oak (*Quercus robur*), distinctly lower trophic affinity is then exhibited towards other oak species, European hazel (*Corylus avellana*) or Euro-

pean beech (*Fagus sylvatica*). The beetle does not cause any damage to leaves of black alder (*Alnus glutinosa*) and white willow (*Salix alba*).

#### Acknowledgement

I would like to thank Professor J. Vondřejc, Ostrava University for his kind confirmation of the determination of *Altica q. quercetorum* Foud, Doc. Ing. V. Martinek, Dobruška for careful reading of the manuscript and Ministry of Agriculture of the Czech Republic for financial support to realize the project.

#### References

- ALKAN, B., 1959. Haselnußschädlinge in der Türkei. Z. angew. Ent., 44: 187–202.
- ALTUM, B., 1878. Der Eichenerdfloh *Haltica erucae* Ol. Z. Forst- Jagdwes., 9: 24–27.
- AVERKIEV, I. S., 1973. Atlas vrednejšich nasekomych lesa. Moskva, Izd. Les. promyšlennost: 128.
- BARTKOWSKA, J. – WARCHALOWSKI, A., 1978. Studien an Blattkäfer-Larven. I. Gattung *Haltica* Koch (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*). Pol. Pis. ent., 48: 583–591.
- BEJ–BIENKO, G. J., 1965. Opredelitel nasekomych evropejskoj časti SSSR. Tom. II. Moskva–Leningrad, Izd. Nauka: 668.
- BINAGHI, G., 1956. Su uno sviluppo massivo ed eccezionale di *Haltica saliceti* Wse. (*Col.*, *Chrys.*) a carico della quercia (*Quercus robur* L.). Morfologia ed etiologia dei vari stadi. Boll. del Labor. di Zool. Generale e Agraria, Porticci 33: 493–512.
- BRAUNS, A., 1964. Taschenbuch der Waldinsekten. Jena, VEB G. Fischer Verlag: 860.
- BURKERT, M., 1927. Ochrana lesů [Protection of forests]. Praha, Nákl. české grafické unie, a. s.: 341.
- CABRAL, M. T. – CID–FERREIRA, L. J., 1991. Nota sobre la aparición en Portugal de una nueva plaga de los robles, *Altica quercetorum* (Foudr.) (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*). Ecologia (Madrid), 5: 411–412.
- DELLA BEFFA, G., 1949. Insetti Dannosi All'Agricoltura E I Moderni Metodi E Mezzi Di Lotta. Milan.
- DLOUHÝ, V., 1969. Chemizace v lesním hospodářství [Chemization in forest management]. Brno, Oddělení technického rozvoje a mechanizace PŘSL: 90.
- ESCHERICH, K., 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Zweiter Bd. Berlin, Verlagsbuchh. P. Parey: 663.
- FRANSEN, J. J., 1949. Gevoeligheid van de eikenaardvloer vor DDT en HCH. Tijdschr. over Plantenziekten, 55: 92–95.
- GÄBLER, H., 1955. Forstschutz gegen Tiere. Radebeul und Berlin, Neumann Verlag: 368.
- HEIKERTINGER, F., 1930. *Halticinae*. In: WINKLER, A.: Catalogus Coleopterorum regionis palaearticae: 1317–1352.
- HERTING, B., 1962. Neue faunistische und biologische Daten über schwedische Tachiniden (*Dipt.*). Opusc. ent., 27: 80–86.
- HESS, R. – BECK, R., 1914. Der Forstschutz. 4. Bd. Schutz gegen Tiere. Leipzig und Berlin, Verlag B. G. Teubner: 537.

- HOLZSCHUH, C., 1985. Über ein Massenaufreten des Eichenerdflohs im Marchfeld, Niederösterreich. Anz. Schäd.-Kde, 58: 145–147.
- HORION, A., 1951. Verzeichnis der Käfer Mitteleuropas. Stuttgart: 410–424.
- HOVASSE, R., 1931. La faune des noisetiers dans la région de Giresonde. Istanbul Üniv. Fen Fak. mecmuası 7: 3–4.
- JAVOREK, V., 1947. Klíč k určování brouků ČSR [Key to identification of beetles in CSR]. Olomouc, Nakl. R. Promberger: 955.
- JOLIVET, P., 1950. Les parasites, prédateurs et phorétiques des *Chrysomelidae* (Coleoptera) de la faune franco-belge. Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. de Belgique, 26: 1–39.
- KELLNER, J., 1829. Ein den Waldungen schädlicher Käfer. Allg. Forst- Jagdztg.: 247.
- KEMNER, N. A., 1919. Die schwedischen Arten der Gattung *Haltica*. Ent. Tidskr.: 163.
- KOEHLER, W. – SCHNAIDER, Z., 1972. Owady naszych lasów. Warszawa, PWRL: 99.
- KONIKOV, A. S., 1978. Reguljatory číslennosti lesnych nasekomych. Novosibirsk, Izd. Nauka: 96.
- KRÁL, J., 1964. Zur Kenntnis der palaarktischen *Altica*-Arten I. (*Col.*, *Phytophaga*, *Alticidae*). Ent. Blätter, 60: 126–133.
- KUHNT, P., 1913. Illustrierte Bestimmungs-Tabellen der Käfer Deutschlands. Stuttgart. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchh.: 1138.
- LERER, A. Z. – PLUGAR, S. G., 1966. Novye dannye k poznaniyu tachin (*Diptera*, *Larvaevoridae*) – parazitov vreditel'ej duba v Moldavii. Ent. Obozr., 45: 62–75.
- LESKO, K. – MAGYARI, I., 1988. *Haltica quercetorum* Foudras (tolgy foldibolha) kartetele tolgysesekben. Novenyvedelem, 24: 544–546.
- LOHRENZ, K., 1907. Nützliche und schädliche Insekten im Walde. Halle a. S., H. Geseenius: 112.
- MEISNER, N., 1974. *Chrysomelidae*, Blattkäfer. In: SCHWENKE, W. et al., 1974. Die Forstschädlinge Europas. Zweiter Bd. Käfer. Hamburg und Berlin, Verlag P. Parey: 202–236.
- MELLINI, E., 1957. Studi sui Ditteri Larvevoridi. IV. *Ptilopina nitens* Zett. parassita di *Plagioderia versicolor* Laich. (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*). Boll. Inst. Ent. Univ. Bologna, 22: 135–176.
- MESNIL, L., 1944–1964. *Larvaevorinae*. In: LINDNER, E.: Die Fliegen der palaarktischen Region. Stuttgart.
- MILJUSKOVIĆ, M., 1982. *Haltica quercetorum* Foudr. kao stetocina makedonskog hrasta u Crnoj Gori. Poljopriv. i šum., 26: 3–12.
- MOHR, K. H., 1960. Erdflöhe (*Col. Chrys. Halticinae*). Wittenberg Lutherstadt, A. Ziemsen Verlag: 48.
- MOHR, K. H., 1966. 88. Fam. *Chrysomelidae*. In: FREUDE, H. – HARDE, K. H. – LOHSE, G. A., 1966. Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 9. Krefeld, Verlag Goecke und Evers: 95–255.
- NECHLEBA, A., 1923. Ochrana lesů [Protection of forests]. Praha, VUT: 661.
- PALIJ, V., 1966. Zemljanye bloški. Zašč. Rast., 9: 26–29.
- PANAJOTOV, G. N., 1954. Dabovata balha i borbata s neja. Gorsko Stop., 10: 217–218.
- PFEFFER, A. et al., 1961. Ochrana lesů [Protection of forests]. Praha, SZN: 839.
- PLUGAR, S. G., 1969. Vrednaja i poleznaja fauna bezpozvočnonych Moldavii. Kišiněv, Izd. Kartya Mold.
- RATZBURG, J. T. C., 1833. Forstlich-naturhistorische Bemerkungen usf. im Herbst 1832. Pfeils krit. Bl. 7: 68–93.
- REITTER, E., 1912. Fauna Germanica. IV. Bd. Stuttgart, K. H. Lutz Verlag: 260.
- ROUBAL, J., 1937–1941. Katalog Coleopter (brouků) Slovenska a východních Karpat [The catalogue of Coleopter (beetles) of Slovakia and eastern Carpathians]. Vydal Slovenský ústav v nakl. Orbis: 363.
- RUDNEV, D. F., 1965a. Schutz der Wälder vor Schädlingen in der Ukraine. I. Teil. Anz. Schäd.-Kde, 38: 113–117.
- RUDNEV, D. F., 1965b. Ibidem. II. Teil. 38: 130–137.
- SALAČ, F., 1924. Ochrana lesa. Díl I. Přednášky pro školy lesnické [Protection of forest. Volume I. Lectures for forest schools]. Písek: 275.
- SCHAUFUSS, C., 1916. Calvers Käferbuch. Sechste Aufl., Bd. II. Stuttgart, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchh.: 1390.
- STREJČEK, J., 1993. *Chrysomelidae*. In: JELÍNEK, J., 1993: Seznam československých brouků [Check-list of Czechoslovak Insects]. IV. Praha, Folia Heyrovskyana: 123–152.
- STYPA-MIREK, W., 1963. Stonkowate (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*) Poznanía i okolicy. Badania fizjograf. nad Polska Zach., 12: 85–119.
- ŠAPIRO, D. S., 1961. Obzor zemljanych blošek Kryma (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*, *Halticinae*). Zool. Ž., 40: 833–839.
- ŠAPIRO, D. S., 1969. Obzor zemljanych blošek (*Coleoptera*, *Chrysomelidae*, *Halticinae*) Dagestana i sopredelnych rajonov nizmennosti. Entom. Obozr., 48: 277–284.
- VASILJEV, V. P. et al., 1975. Vrediteli selskochozjajstvennych kultur a lesnych nasazdenij. Tom. III. Kijev, Izd. Urožaj: 526.
- WEISER, J., 1966. Nemoci hmyzu [Insect diseases]. Praha, Academia: 554.
- WILL, J., 1922. Die wichtigsten Forstinsekten. Neudamm, Verlag von J. Neumann: 216.
- ŽIVOJINOVIĆ, S., 1948. Šumarska entomogija. Beograd, Izd. Preduzece Nar. Rep. Srbije: 352.

Arrived on 20th March 1995

## K VÝSKYTU, BIONOMII A ŠKODLIVOSTI DŘEPČÍKA DUBOVÉHO (*ALTICA QUERCETORUM QUERCETORUM* FOUĐ.) (*COLEOPTERA*, *ALTICIDAE*)

J. Urban

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

V důsledku mimořádně teplého a suchého počasí došlo v posledních letech k nárůstu početnosti celé řa-

dy druhů hmyzích škůdců. Značné přemnožení spojené se silnými žíry až holožíry bylo zaznamenáno také

u dřepčika dubového (*A. q. quercetorum*) ve mnoha porostech s dubem letním (*Quercus robur* L.) na jižní Moravě, ve východních Čechách a jinde. Kalamitně se přemnožil i v dubové pařezině na Palackého vrchu v Brně, kde byl v letech 1993 a 1994 podrobněji sledován hlavně jeho vývoj a škodlivost.

Dřepčik dubový zimuje ve stadiu dospělců především na zemi mezi opadlým listím. Od druhé poloviny května až do začátku července se brouci vyskytují na dřevinách, kde z adaxiální strany vyžírají do mladých listů drobné dírký o průměru 0,2 až 0,9 mm. Po sedmi až deseti dnech úživného žíru začínají samičky klást vajíčka na abaxiální stranu listů. Umísťují je naležato vedle sebe do jedné až tří nepravidelných řad. V jedné ucelené skupině bývá 2 až 15 (průměrně 7,5) vajíček. Na 78,9 % pokladených listů bývá jen jedna skupina vajíček, na 13,0 % dvě, na 5,7 % tři, na 1,6 % čtyři a na 0,8 % pět skupin vajíček. Plodnost je kolem 186 (maximálně 248) vajíček.

Embryonální vývoj trvá kolem osmi dnů. Přes chorion se larvy prokusují nepravidelně oválným otvorem o rozměrech 0,25 x 0,35 mm. Vajíčka ve stejné skupině jsou vykladena vždy jednorázově, a proto jejich líhnutí probíhá spontánně. Brzy po vylíhnutí začínou larvy ožírat listový parenchym až ke svrchní epidermis, která zůstává neporušena. Jednotlivé pozerky tvoří jamky o průměru 0,15 až 0,30 mm. Asi po devíti (v laboratoři po šesti až sedmi) dnech se larvy svlékají. Většina (77 %) larev pokračuje v žíru na abaxiální straně listu, menší část (23 %) larev přelézá na stranu adaxiální. Pozerky dosahují průměru až 0,6 mm a v 90 % nepronikají celým listovým profilem. Po deseti dnech se larvy svlékají podruhé. Larvy tohoto třetího instaru se po dřevinách dále rozlézají a již 60 % z nich ožírá listy z lícni strany. Vyžranými pozerky o průměru až 0,9 mm jsou listy z 50 % děrovány a z 50 % poškozovány tzv. škrabavým žírem; přitom listové žilky nejsou larvami dotčeny. Ve druhé polovině června a začátkem července žír larev vrcholí. Celkové období od vykladení vajíček do ukončení příjmu potravy trvá 1,5 měsíce (v laboratoři měsíc). Dorostlé larvy zalézají do povrchových vrstev půdy, kde se převážně ve druhé polovině července kuklí. Kukly se tvoří po sedmi až devíti (v laboratoři po pěti až šesti) dnech od skončení žíru a stadium kukly trvá deset (v laboratoři sedm) dnů.

Čerstvě vylíhlí brouci setrvávají několik dnů (v laboratoři jeden až dva dny) v místě vylíhnutí. Od konce července až do poloviny září se vyskytují na dřevinách,

kde poškozují listy vždy z adaxiální strany; přitom buď ponechávají spodní epidermis listů neporušenou, nebo listy děrují, aniž by poškozovali listové žilky. Vyžrané jamky a dírký dosahují průměru 0,18 až 0,78 mm. I přes určité tendence k pospolitému žíru se brouci za příznivého počasí rozptylují po dřevině a do okolí a pak žerou obvykle samostatně. S nástupem chladnějšího období se uchylují do zimovišť v povrchové vrstvě hrabanky nebo ve šterbinách kůry. Proti larvám mají nižší nároky na vlhkost prostředí a vyšší nároky na provzdušněný substrát. Samečci jsou v populaci *Altica quercetorum* s. str. velmi řídkí a ve vlastních sběrech a chovech dokonce zcela scházeli. Možnost partenogenetického vývoje přitom nebyla chovy potvrzena.

K přirozeným nepřátelům dřepčika dubového patří kuklice *Anthomyiopsis nigrisquamata* Zett. (syn. *Ptilopsina nitens* Zett.), která na zkoumané lokalitě napadla kolem 5 % larev. Hlavní příčinou mortality je však mírné a vlhké počasí během zimování brouků a entomopatogenní houba *Beauveria bassiana* Bals., která často hromadně napadá vysílené brouky.

Larvy všech tří instarů dřepčika dubového zničí průměrně 840 mm<sup>2</sup> listů o hmotnosti 58 g.m<sup>-2</sup> v sušině (z toho larvy prvního instaru 98,2 mm<sup>2</sup>, larvy druhého instaru 247 mm<sup>2</sup> a třetího instaru 495 mm<sup>2</sup>). Brouci chovaní v laboratorních podmínkách poškodili od 9. 7. do 25. 10. 1994 průměrně 4 274 mm<sup>2</sup> listové plochy (obr. 19). Po čtyřech týdnech žíru část brouků přistoupila ke kladení vajíček a ještě ve stejném roce hynula, menší část (47,6 %) přežila do příštího roku. Po přežimování brouci poškodili průměrně 3 340 mm<sup>2</sup> listové plochy. Celkově je však možné konstatovat, že poškození působené dospělci je vzhledem ke značné disperzi brouků po porostech a poměrně krátkému období příjmu potravy před zimováním i vzhledem k vysoké mortalitě během zimování méně nebezpečné než poškození působené soustředěným žírem larev.

Larvy i brouci dřepčika dubového (*A. q. quercetorum*) nejčastěji poškozují dub letní (*Quercus robur* L.), daleko méně pak ostatní druhy dubů. Určitou trofickou afinitu škůdce projevuje k lísce obecné (*Corylus avellana* L.) a buku lesnímu (*Fagus sylvatica* L.). V rozporu s literárními údaji nekonzumuje listy olše lepkavé [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.] a vrby bílé (*Salix alba* L.).

*Altica quercetorum quercetorum* Foud.; hostitelské dřeviny; vývoj; nepřátelé; škodlivost

---

Contact Address:

Doc. RNDr. Ing. Jaroslav Urban, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

---

# MULTIRADIOMETRICKÁ DIAGNOSTIKA SAZENIC LESNÍCH DŘEVIN

C. Rumler<sup>1</sup>, E. Gregorová<sup>1</sup>, Z. Turzík<sup>1</sup>, M. Řešátko<sup>2</sup>, M. Mazánek<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MEA, Bazovského 1115, 163 00 Praha 6

<sup>2</sup>Ministerstvo zemědělství ČR, Těšnov 65, 110 06 Praha 1

<sup>3</sup>České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, Technická 1, 106 00 Praha 6

V článku je uvedena původní aplikační metodika multiradiometrického měření jasových teplot a emisivit různých druhů sazenic lesních dřevin pomocí infračerveného radiometru v pásmu 2 až 35  $\mu\text{m}$  a mikrovlnného radiometru v pásmu 3 cm. Výsledky měření umožní rychlou diagnostiku zdravotního stavu sazenic lesních dřevin.

radiometrie v mikrovlnném pásmu; radiometrie v infračerveném pásmu; korelační multiradiometrie; emisivita; termodynamika; stresory sazenic lesních dřevin

## ÚVOD

Jedním ze základních předpokladů úspěšné obnovy a zakládání lesů, zabezpečení ekologické stability lesních ekosystémů, udržování a popř. i zvyšování produkční schopnosti lesních dřevin a porostů je důsledné používání kvalitního stanovištně, druhově i geneticky vhodného reprodukčního materiálu. Závažným problémem je vyloučit používání nekvalitních semenáčků a sazenic lesních dřevin. Jedním z perspektivních způsobů ověřování kvality semenáčků a sazenic je multiradiometrická metoda, která byla úspěšně aplikována při provenienční a zdravotní diagnostice osiva lesních dřevin (Rumler et al., 1992; Rumler et al., 1993).

Současně využívané radiometrické přístroje a metodiky jsou aplikovány pouze v úzkých spektrálních pásmech, nevycházejí z biotermodynamického modelu, takže neumožňují kvalitativní ani kvantitativní diagnostiku a identifikaci v takovém rozsahu jako předpokládá navržená metodika. Měření např. v infračervené (IČ) nebo viditelné oblasti umožňují diagnostikovat pouze narušení rostliny bez bližšího stanovení kvalitativních příčin narušení (Mazánek, 1987; Gregorová, Rumler, 1988).

Při aplikovaných korelačních multiradiometrických měřeních charakteristik semenáčků a sazenic lesních dřevin je určující pro jasovou teplotu v IČ oblasti teplota prostředí, povrchová struktura a transpirace. V mikrovlnné (MV) oblasti jasová teplota závisí na fyzikálních veličinách (permeabilitě, permitivitě, vodivosti), na geometrickém uspořádání povrchovém a vnitřním, na morfologickém a chemickém složení.

## ZÁKLADNÍ PRINCIPY DIAGNOSTIKY SAZENIC LESNÍCH DŘEVIN

Sazenice představují termodynamickou soustavu, která přijímá a vydává tepelnou energii. Příjem a výdej tepelné energie je úměrný relativním přírůstkům, resp. úbytkům jasových teplot v IČ a MV pásmech. Podrobná specifikace termodynamické soustavy pro tento případ je popsána v práci Rumler et al. (1993). Stanovením relativních rozdílů jasových teplot nebo emisivit měřeného a kontrolního vzorku je možné v souladu s termodynamickým modelem soustavy definovat čtyři základní kvalitativní příznaky: N – normální stav, A – autoregulovaný stav, S – vláhový deficit, I – zhoršený zdravotní stav. Výsledná termodynamická křivka tyto kvalitativní příznaky sazenic specifikuje i kvantitativně.

Podle způsobu korekce a normování jsme uplatnili čtyři způsoby určení termodynamického průběhu:

1. EPSS – normování jasových teplot na vnější teplotu,
2. EPSN – stanovení relativních odchylek emisivity měřeného vzorku od emisivity kontrolního vzorku,
3. TNS – stanovení relativní odchylky jasové teploty měřeného vzorku od jasové teploty předchozího kontrolního vzorku,
4. TND – stanovení relativní odchylky jasové teploty měřeného vzorku od aritmetického průměru předchozí a následující jasové teploty kontrolního vzorku.

## KVALITATIVNÍ DIAGNOSTIKA SAZENIC LESNÍCH DŘEVIN

Kvalitativní diagnostika se realizovala podle bodu 1 až 4 pro sazenice smrku, borovice a buku. Byly stanoveny relativní odchylky emisivit, resp. jasových teplot měřených a uměle stresovaných sazenic vůči kontrolním sazenicím. Při měřeních byly navozeny následující stresory: 1,5, resp. dva měsíce bez závlivy na záhonu a ve fóliovníku, 1,5 měsíce kyselá závlaha, zkracování kořenového systému (24 hodin před měřením) a expozice jedna, dvě a tři hodiny volně na vzduchu po vyjmutí sazenice před školkováním. Soubory měřených

sazenic byly stejného původu a stejné technologie pěstování. Vizualní odlišnosti nebyly patrné.

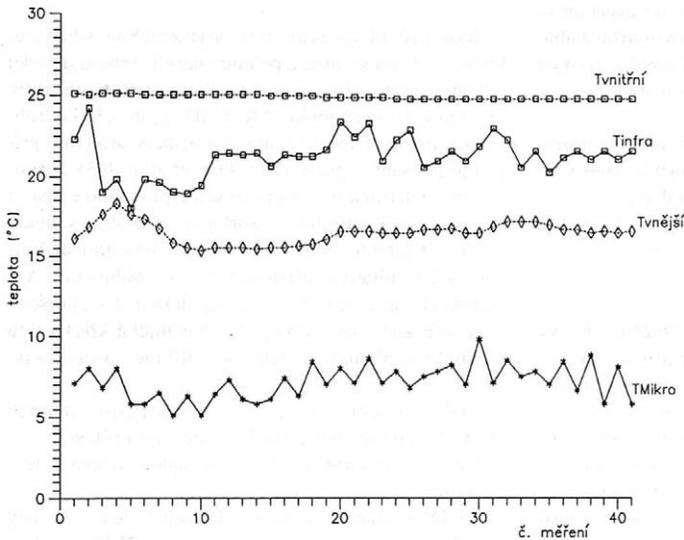
Jako příklad je uvedeno multiradiometrické měření 20 stresovaných záhonů o minimálních rozměrech 40 x 40 cm sazenic smrku ztepilého. Grafické znázornění jasových teplot a numerické hodnoty jsou zaznamenány na obr. 1. Na obr. je uvedena mikrovlnná a infračervená jasová teplota, dále vnitřní teplota MV radiometru a vnější atmosférická teplota.

Termodynamické grafy s kvalitativními příznaky, které byly vyhodnoceny podle bodů 1 až 4 předchozí kapitoly, jsou znázorněny na obr. 2 až 5 a konečné kvalitativní vyhodnocení v tab. I. V tab. značí zesílený symbol 100% shodu, standardní symbol 75% a kurzíva 50% shodu. Identické vyhodnocení pro stejné stresory a pro borovici lesní je obsaženo v tab. II. Porovnáním

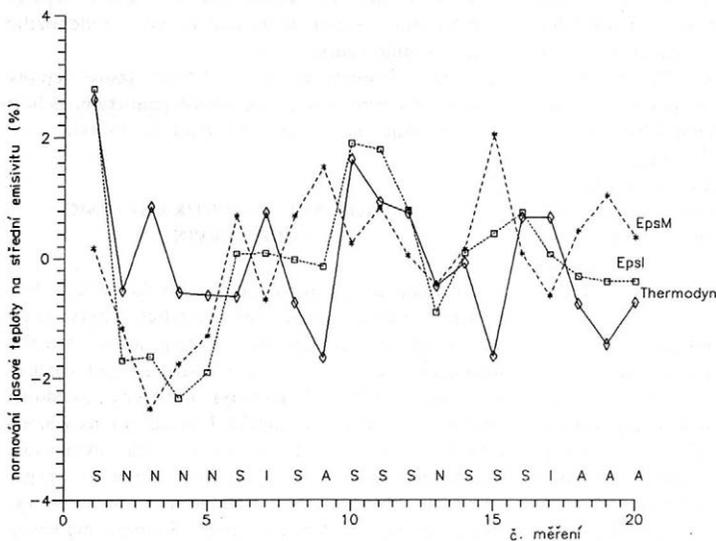
tabulek je možné konstatovat, že borovice lesní je vůči stejným stresovým stavům odolnější než smrk ztepilý.

### KORELACE MULTIRADIOMETRICKÝCH MĚŘENÍ STRESOVANÝCH SAZENIC LESNÍCH DŘEVIN S MĚŘENÍM RELATIVNÍ VITALITY

Přístrojem MERVIT je možné zjistit relativní vitalitu sazenic, která je rovna elektrickému odporu sazenice. Elektrický odpor pletiva sazenice je závislý na obsahu vlhkosti a množství iontů některých látek. Čím je vyšší relativní vitalita (ohmický odpor), tím je menší vitalita sazenice. U sazenic buku, stresovaných např. 1,5 měsíce bez závlivy na záhonu, zjištěné kvalitativní příznaky N, A, I, S odpovídaly vzestupné relativní vi-



1. Průběh nekorigovaných jasových teplot v mikrovlnné a infračervené oblasti (včetně atmosférické a vnitřní teploty mikrovlnného radiometru) měřených a kontrolních sazenic – Graph of nonadjusted luminance temperatures in the micro-wave and infra-red regions (including the atmospheric and inner temperature of micro-wave radiometer) in measured and control seedlings



2. Závislost jasových teplot měřených a kontrolních sazenic smrku v MV a IČ pásmu, normovaných na atmosférickou teplotu. Průběh termodynamické křivky s kvalitativními příznaky – Graph of luminance temperatures of measured and control spruce seedlings in the MW and IR regions, standardized to air temperature. Thermodynamic curve with qualitative characteristics

talitě od 7,65 k $\Omega$  do 11,31 k $\Omega$ . Kontrolní vzorek vykazoval hodnotu 6,87 k $\Omega$ .

Měřením bylo zjištěno, že korelační závislosti mezi kvalitativními hodnotami multiradiometrických měření a relativní vitalitou jsou výraznější u sazenic listnatých dřevin (buk) než u sazenic jehličnatých dřevin, kde jsou opět výraznější u borovice ve srovnání se smrkem.

## PROGRAMOVÉ A TECHNICKÉ VYBAVENÍ

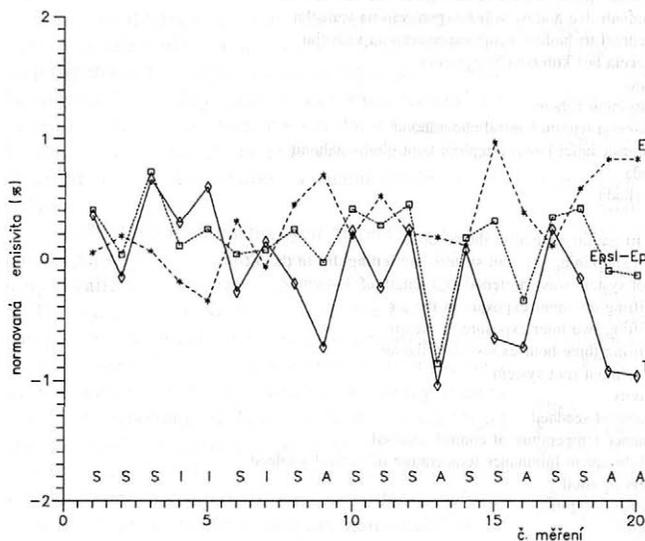
Programové vybavení zajišťuje vlastní měření (sběr a záznam dat), kvalitativní diagnostiku zdravotního stavu sazenic lesních dřevin v souladu s termodynamickým modelem, statistické a grafické vyhodnocení měřených souborů sazenic v numerickém a grafickém

módu. Program je sestaven v programovacím jazyku TURBO PASCAL pod operačním systémem DOS 3.3 a zaujímá 111 kb paměti.

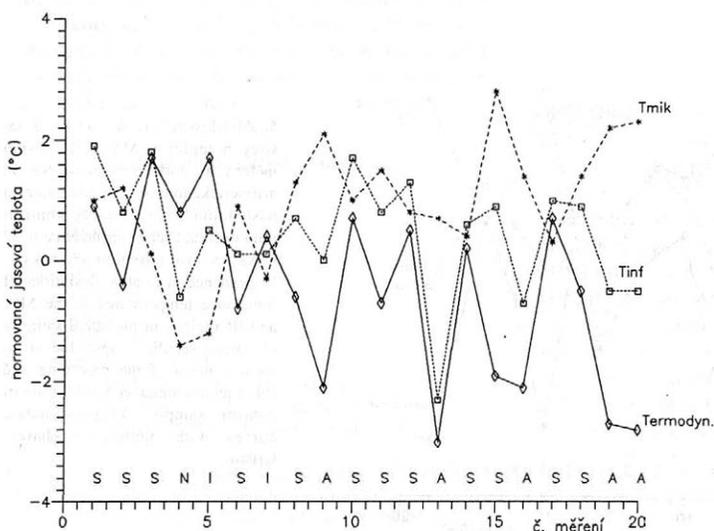
Přenosná multiradiometrická sestava má přímou návaznost na počítač a je koncipována v modulárním uspořádání. Umožňuje terénní měření a budoucí komerční využití.

## ZÁVĚR

Multiradiometrickou metodou byly proměřovány uměle stresované sazenice jehličnatých a listnatých lesních dřevin na záhonech ve školkách a porovnávány s kontrolním záhonem. Výsledky multiradiometrických měření, vyhodnocené různými výpočtovými postupy,



3. Závislost relativních odchylek emisivit měřených vzorků sazenic smrku od emisivit kontrolních vzorků. Průběh termodynamické křivky s kvalitativními příznaky – Dependence of relative deviations of emissivities of measured samples of spruce seedlings upon emissivities of control samples. Thermodynamic curve with qualitative characteristics



4. Závislost relativních odchylek jasových teplot v MV a IČ pásmu měřených vzorků sazenic smrku od jasových teplot předchozího kontrolního vzorku. Průběh termodynamické křivky s kvalitativními příznaky – Dependence of relative deviations of luminance temperatures in the MW and IR regions in measured samples of spruce seedlings upon luminance temperatures of the preceding control sample. Thermodynamic curve with qualitative characteristics

I. Vyhodnocení kvalitativních příznaků stresovaných sazenic lesních dřevin na základě termodynamického modelu – Evaluation of qualitative characteristics of stressed seedlings of forest tree species on the basis of a thermodynamic model

Smrk obecný, soubor B01S09C3 – Norway spruce, B01S09C3 population

Kontrolní záhon č. 153 – Control seedbed no. 153

Stresor <sup>1</sup>	S1			S2			S3		S4			S5			S6			S7		
Záhon <sup>2</sup>	156	155	154	21	23	56	63	74	75	78	79	80	89	93	94	95	99	16	17	18
Normování <sup>3</sup> EPSS	S	N	N	N	N	S	I	S	A	S	S	S	N	S	S	S	I	A	A	A
Normování <sup>3</sup> EPSN	S	S	S	I	I	S	I	S	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	A	A
Normování <sup>3</sup> TNS	S	S	S	N	I	S	I	S	A	S	S	S	A	S	S	A	S	S	A	A
Normování <sup>3</sup> TND	S	S	I	N	N	S	I	S	A	S	S	S	A	S	A	S	S	S	A	A
Převládající příznak <sup>4</sup>	S	S	S	N	<i>NI</i>	S	<b>I</b>	S	<b>A</b>	S	S	S	A	S	S	<i>AS</i>	S	S	<b>A</b>	<b>A</b>

<sup>1</sup>stressor, <sup>2</sup>seedbed, <sup>3</sup>standardization, <sup>4</sup>prevailing characteristic

Stresor:  
 S1 – dva měsíce bez závlahy na záhonu  
 S2 – školkování, bez zkracování kořenového systému a osychání  
 S3 – školkování, kořenový systém zkrácen na délku 3 až 4 cm  
 S4 – školkování, po vyzvednutí jednu hodinu volně exponován na vzduchu  
 S5 – školkování, po vyzvednutí dvě hodiny volně exponován na vzduchu  
 S6 – školkování, po vyzvednutí tři hodiny volně exponován na vzduchu  
 S7 – školkování, rostlina zcela bez kořenového systému

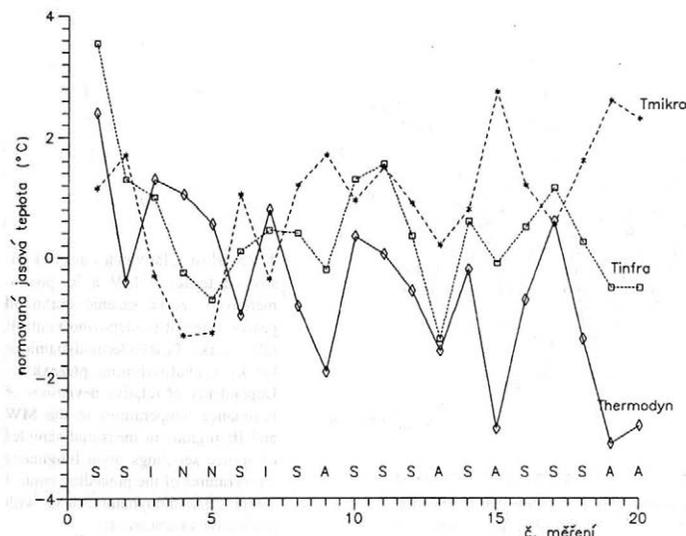
Normování:  
 EPSS – na střední emisivitu  
 EPSN – na emisivitu kontrolního záhonu  
 TNS – na předcházející jasovou teplotu kontrolního záhonu  
 TND – na předcházející a následující jasovou teplotu kontrolního záhonu

Převládající příznak:  
 tučný symbol – 100% shoda  
 standardní symbol – 75% shoda  
 kurziva – 50% shoda

Stresor:  
 S1 – two months without irrigation applied to the seedbed  
 S2 – transplanting, without shortening the root system and letting dry in the air  
 S3 – transplanting, the root system was shortened to a length of 3–4 cm  
 S4 – transplanting, after lifting one-hour exposure in the air  
 S5 – transplanting, after lifting two-hour exposure in the air  
 S6 – transplanting, after lifting three-hour exposure in the air  
 S7 – transplanting, plants without root system

Standardization:  
 EPSS – to medium emissivity  
 EPSN – to emissivity of control seedbed  
 TNS – to preceding luminance temperature of control seedbed  
 TND – to preceding and subsequent luminance temperature of control seedbed

Prevailing characteristic:  
 bold symbol – 100% fitness of good  
 standard symbol – 75% fitness of good  
 italics – 50% fitness of good



5. Závislost relativních odchylek jasových teplot v MW a IČ pásmu měřených vzorků sazenic smrku od aritmetického průměru předchozí a následující jasové teploty kontrolního vzorku. Průběh termodynamické křivky s kvalitativními příznaky – Dependence of relative deviations of luminance temperatures in the MW and IR regions in measured samples of spruce seedlings upon the arithmetical mean of the preceding and subsequent luminance temperature of control sample. Thermodynamic curves with qualitative characteristics

Stresor <sup>1</sup>	S1			S2			S3			S4			S6			S7		
Záhon <sup>2</sup>	200	201	202	100	101	102	103	104	105	106	108	109	110	111	112	113	114	115
EPSS	S	S	S	N	N	N	A	N	N	I	N	I	I	S	S	I	S	S
EPSN	S	S	S	N	N	N	N	N	N	I	N	N	A	A	A	N	I	N
TNS	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	N	I	A
TND	I	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	N	N	A
Převládající příznak <sup>4</sup>	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	N	I	A

For 1, 2, 4 see Tab. I

dokazují korelaci mezi stanovenými kvalitativními charakteristikami a uměle vyvolanými stresory, které ovlivnily kvalitativní a zdravotní stav sazenic. Byly stanoveny relativní odchylky emisivit, resp. jasanových teplot měřených a uměle stresovaných sazenic smrku, borovice a buku vždy stejného původu a technologie pěstování vůči nestresovaným kontrolním sazenicím na 51 záhonech a kvantitativně byly vyhodnoceny základní kvalitativní charakteristiky. Vizualní odlišnosti nebyly patrné.

Výsledky multiradiometrických měření v závislosti na stoupající stresové zátěži vykazují následující hodnoty kvalitativních stavů: N (17 %), A (28 %), S (41 %) a I (14 %). Nepříznivý stav S a I v 55 % případů se projevuje zejména u sazenic stresovaných suchem, tj. bez závlivy ve fóliovníku a po delší expozici vyzvednutých sazenic na vzduchu. Výsledky měření rovněž dokumentují, že borovice lesní je vůči stejné stresové zátěži odolnější než smrk ztepilý.

Byly rovněž prokázány korelační závislosti mezi kvalitativními charakteristikami multiradiometrických měření a relativní vitalitou sazenic, stanovenou měřením relativní vitality. Zjištěné kvalitativní hodnoty v pořadí N, A, S, I odpovídají také sestupným hodnotám vitality sazenic měřených listnatých dřevin (buk), stanoveným měřičem relativní vitality. Korelační závislosti byly prokazatelnější u sazenic listnatých dřevin (buk) než u sazenic dřevin jehličnatých.

### Seznam použitých symbolů

MV – mikrovlnný radiometr  
IČ – infračervený radiometr

#### Kvalitativní příznaky:

N – normální stav  
A – autoregulovaný stav  
S – vláhový deficit  
I – zhoršený zdravotní stav

Typ písma: tučně – 100% shoda všech měření  
standard – 75% shoda všech měření  
kurziva – 50% shoda všech měření

#### Korekce a normování termodynamického průběhu:

EPSS – normování jasanových teplot na vnější teplotu  
Tmik.norm – normovaná jasanová teplota MV–radiometru

Tinf.norm – normovaná jasanová teplota IČ–radiometru  
Tthermdyn = Tinf.norm – Tmik.norm, termodynamická jasanová teplota

EPSSN – rozdíl emisivity měřeného a kontrolního vzorku:

EpsM – EpsMN, rozdíl mikrovlnných emisivit měřeného a kontrolního vzorku

EpsI – EpsIN, rozdíl infračervených emisivit měřeného a kontrolního vzorku

EpsThmdyn = EpsI – EpsIN – (EpsM – EpsMN), termodynamická emisivita

TNS – rozdíl jasanových teplot měřeného a předchozího kontrolního vzorku:

Tmik.norm, Tinf.norm, Tthermdyn – symboly jsou totožné s EPSS

TND – rozdíl jasanových teplot měřeného vzorku a aritmetického průměru předchozí a následující jasanové teploty kontrolního vzorku

Tmik.norm, Tinf.norm, Tthermdyn – symboly jsou totožné s EPSS

#### Stresor:

S1 – 2 měsíce bez závlahy na záhonu  
S2 – bez zkracování kořenového systému a osychání  
S3 – kořenový systém zkrácen na délku 3 až 4 cm  
S4 – po vyzvednutí 1 h expozice na vzduchu  
S5 – po vyzvednutí 2 h expozice na vzduchu  
S6 – po vyzvednutí 3 h expozice na vzduchu  
S7 – rostlina zcela bez kořenového systému

### Literatura

- GREGOROVÁ, E. – RUMLER, C., 1988. Multispectral radiometric system. Working conference on hardware and software for real time process control, Warsaw, Poland, 30 May – 1 June.  
MAZÁNEK, M., 1987. Letecká mikrovlnná radiometrie I. Acta Polytechnica – práce ČVUT v Praze, 16 (III, 3).  
RUMLER, C. – MAZÁNEK, M. – GREGOROVÁ, E. – TURZÍK, Z., 1992. Multispectral radiometry for the determination of the vegetation cover conditions. European microwave conference, Helsinki: 1240–1245.  
RUMLER, C. – GREGOROVÁ, E. – TURZÍK, Z. – ŘEŠÁTKO, M. – MAZÁNEK, M., 1993. Multiradiometrická měření vybraných charakteristik semen lesních dřevin. Lesnictví-Forestry, 39: 217–221.

Došlo 18. 5. 1994

# MULTIRADIOMETRIC DIAGNOSTICS OF FOREST TREE SEEDLINGS

C. Rumler<sup>1</sup>, E. Gregorová<sup>1</sup>, Z. Turzík<sup>1</sup>, M. Řešátko<sup>2</sup>, M. Mazánek<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MEA, Bazovského 1115, 163 00 Praha 6

<sup>2</sup>Ministry of Agriculture of the CR, Těšnov 65, 110 06 Praha 1

<sup>3</sup>Czech Institute of Technology, Faculty of Electrotechnology, Technická 1, 106 00 Praha 6

The article reports on the original methodics applied to the diagnostics of the qualitative state of seedlings of forest tree species using detection of electromagnetic radiation in the infra-red region (range 2 to 35  $\mu\text{m}$ ) and the micro-wave region (range 3 cm).

The evaluation of the qualitative characteristics and their quantitative course was calculated in accordance with the thermodynamic model of the biothermal system. The healthy condition of controlled different stressed seedlings of beach, Norway spruce, and Scotch pine (the same origin and growing technology with no visible deviations) was identified. The investigation

demonstrated the correlation between the measured values using multiradiometric method and the controlled stressed conditions of the seedlings in the laboratory and pilot conditions.

The advantage of the multiradiometry diagnostics is the mobility and expeditions acquisition of the applicable results for forestry activities.

radiometry in micro-wave region; radiometry in infra-red region; correlation multiradiometry; emissivity; thermodynamics; stressors of seedlings of forest tree species

---

## Kontaktní adresa:

Ing. Ctirad Rumler, CSc., MEA, Bazovského 1115, 163 00 Praha 6, Česká republika

---

## Atteia, O.: Major and trace elements in precipitation on Western Switzerland (Hlavní a stopové prvky ve srážkách v západním Švýcarsku)

Atmospheric Environment, 1994, 28, č. 22, s. 3617–3624 – 6 obr., 4 tab., lit. 41

V rámci integrované studie se analyzuje složení vody v celém ekosystému. Ide o zprávu o dvouletém výzkumu složení srážek prováděném v slabě kontaminovaných ekosystémech. Cílem studie bylo určení průměrných koncentrací pro uvedenou oblast, upřesnění původu těchto prvků a soustředění se na význam atmosférických depozicí v biogeochemických cyklech. Všechna zkoumaná stanoviště jsou v horských oblastech a jsou umístěna daleko od vysoce zprůmyslněných zón. Hlavními prvky zde jsou Na, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, K, Si, Ca a Mg. Naměřená koncentrace a toky jsou typické pro mírně kontaminované venkovské oblasti. Bylo zjištěno, že oblast je poměrně homogenní, pokud se jedná o atmosférické depozice, i když se stanoviště liší nadmořskou výškou a vlivem činnosti člověka. Prvky vypouštěné v důsledku lidské činnosti jsou dopravovány na dlouhé vzdálenosti. Předpokládá se, že dočasný vývoj v koncentracích a rozdílech mezi složením deště a sněhu může pocházet z obecné atmosférické cirkulace. S atmosférickým vkladem stopových prvků se musí počítat v každé geochemické studii i ve studiích chemie vodonosných vrstev. – M. Pagač

# REGENERÁCIA LESNÝCH PÔD PO ZHUTNENÍ

J. Demko

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

Regenerácia lesných pôd po predchádzajúcom zhutnení znamená postupné približovanie sa fyzikálnych vlastností pôd k jej pôvodnému nezhutnenému stavu. Priebeh regenerácie lesných pôd prebieha rozdielne rýchlo v jednotlivých vrstvách pôdy. Najrýchlejší priebeh má regenerácia vo vrchnej vrstve pôdy 15 cm. Po troch rokoch dochádza k významnej regenerácii aj v hlbších vrstvách pôdy (20 až 30 cm) tak, že v priebehu piatich rokov dochádza k vyrovnaniu priebehu regenerácie v šetrenej hĺbke pôdy 0 až 30 cm. Priemerné ročné tempo zníženia objemovej hmotnosti pôdy v daných podmienkach predstavuje  $26 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Päťročné obdobie regenerácie bolo postačujúce, aby sa pôvodne zhutnená pôda dostala do pôvodného stavu.

lesné pôdy; zhutňovanie; regenerácia

## ÚVOD

Ťažbovo-výrobný proces bezprostredne vplyva na les a jeho prostredie. Pri spíľovaní stromov, ale najmä pri vyťahovaní dreva z porastov – pracovných polí, zostavovaní nákladu a približovaní vzniká nevyhnutne kontakt stroja a nákladu s jednotlivými stromami v poraste a prostredím lesa, najmä však s pôdou, dôsledkom čoho vznikajú škody na lesných porastoch a prostredí lesa. Zavedenie do praxe špeciálnych lesných kolesových traktorov znamenalo významný posun v technizácii ťažbovo-výrobných prác a produktívite práce. Následné prispôbenie lesopestovateľských a ochranných opatrení viedlo k zhoršeniu stavu našich lesov, čoho svedkom sme dnes. Teda výrobná činnosť človeka v lese spolu s vplyvom priemyslu a jeho nežiadúcich účinkov sa v rozhodujúcej miere podieľala na postupnom zhoršovaní zdravotného stavu lesov.

Súčasný trend biologizácie a ekologizácie v lesníctve je len priamym dôsledkom predchádzajúceho vývoja. Ale aj pri opodstatnenom preferovaní biologizácie a ekologizácie sa nesmie zabudnúť na rozvoj takej techniky a technológií, ktorá spĺňa ekologické kritériá pri dosahovaní priaznivých ekonomických výsledkov.

Nazdávam sa, že schodná cesta spočíva v rovnováhe uplatňovania ekologických a technicko-ekonomických kritérií pri výrobe dreva. Pre uplatnenie uvedených kritérií je však potrebné objektívne poznanie vplyvu lesnej techniky na les a jeho prostredie.

Za ostatné obdobie niekoľkých rokov sa rozšíril rozsah prác zaoberajúcich sa vplyvom lesníckych mechanizačných prostriedkov na les a jeho prostredie, najmä však prác, ktoré sledujú vplyv lesných strojov na lesnú pôdu.

Chýbajú však súbornejšie práce, ktoré venujú pozornosť komplexným vplyvom zhutnenia na fyziologické procesy drevín, ako aj práce zaoberajúce sa procesom regenerácie lesných pôd.

Následne sa dá len súhlasiť s Koreňom (1994), ktorý konštatuje, že zatiaľ čo je problematika tolerovateľných pôdnych strát spôsobených eróziou pomerne dobre prepracovaná, nepostačujúce sú údaje o prípustnom zhutnení pôdy, odvodené z poznatkov o reakcii lesa na stupeň zhutnenia a o regeneračných schopnostiach lesných pôd. Najmä z týchto dôvodov sa venujem regenerácii lesných pôd po predošlom zhutnení ako o významnom ukazovateľovi stavu a vývoja lesných pôd v obhospodarovaných lesoch pod vplyvom lesníckej technologickej záťaže.

## PROBLEMATIKA

Najzávažnejšími príčinami neustále sa zhoršujúceho stavu lesov sú imisie a nežiadúce účinky ťažbovo-výrobnej činnosti na les a jeho prostredie. Najvýznamnejšou súčasťou lesného prostredia je lesná pôda, ktorá popri samotných lesných porastoch je najviac zaťažovaná a poškodzovaná. Medzi významné fenomény poškodenia pôdy patrí jej zhutňovanie, ktoré následne ovplyvňuje najmä vodno-vzdušný režim, ale aj celkový fyzikálny, chemický a biologický stav pôd.

Plošne vyjadrený rozsah poškodenia lesných pôd (obnaženie a zhutnenie minerálneho horizontu) z titulu výrobnej činnosti človeka je značne rozdielny a pohybuje sa v rozsahu 90 až 95 % rozlohy rúbane pri technologicky nepripravenej ťažbe, zatiaľ čo pri predom pripravených linkách spravidla nepresahuje jednu tretinu plochy rúbane (Danilík, 1979; Jakovlev, Uvakin 1985; Šakunas, Bistricas, 1985).

Najväčší rozsah poškodenia je na holoruboch, a to z dôvodu manipulácie s najväčším objemom dreva, kde môže dosiahnuť až 96 % plochy rúbane (Belenko, 1977). Ak sa však obmedzíme iba na závažné lineárne porušenie, mení sa v rozsahu od 0 – lanovkové sústreďovanie v plnom závесе – po 50 % pri bezsystémovom

pozemnom spúšťaní (Megahan, Kidd, 1972; Poljakov, 1965).

Pri najobvyklejších traktorových technológiách sústreďovania je rozloha vážnejšieho lineárneho poškodenia v rozsahu 7 až 35 %. Pojazd traktorov po rozčleňovacích linkách spôsobuje lineárne poškodenie, ktoré podľa Rica, Datzmana (1981) má rozhodujúci význam pre priebeh erózie. Lesná pôda je primárne poškodzovaná jednak zhuťňovaním, jednak ťažbovo-dopravnou eróziou a následnou vodnou eróziou. Následný povrchový odtok potom závisí od miery zhuťnenia, povrchu rozčleňovacej linky, celkového stavu pôdy, sklonu svahu a intenzity zrážok. Z titulu uvedených zmien vsakovacia schopnosť sa znižuje a vo väčšine prípadov je menšia ako množstvo vody privádzané k pôdnemu povrchu zrážkami a vytvára sa súvislý povrchový odtok (Šach, 1988). Na rozčleňovacích linkách môže povrchový odtok dosiahnuť až 95 %. Následný povrchový odtok je príčinou vodnej erózie pôdy, ktorá môže za istých podmienok dosiahnuť aj niekoľko sto metrov<sup>3</sup> pôdy.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.

Teda najmä od rýchlosti regenerácie lesných pôd bude závisieť rozsah škôd na lesných pôdach. Regenerácia lesných pôd z titulu zhuťnenia bude znamenať postupné približovanie sa fyzikálnych vlastností pôd – a to najmä jej objemovej hmotnosti – k pôvodnému stavu. Počas regenerácie lesných pôd znižuje sa jej objemová hmotnosť, zvyšuje sa pórovitosť, najmä hrubé nekapilárne póry, mení sa orientácia horizontálnych pórov na vertikálne. Postupnou penetráciou korení dochádza k vytváraniu voľných kanálikov, ktoré umožňujú priesak vody, zlepšuje sa výmena plynov. Celkovo sa zvyšuje prevzdušnosť, zvyšuje sa biologická aktivita pôdy, zlepšuje sa pôdny chemizmus.

Už z načrtnutého je zrejme, že regenerácia lesných pôd, resp. schopnosť pôdy vyrovnáť sa s komprimácnym stresom je významným ukazovateľom stavu pôd, jej regeneračnej a produktívnej schopnosti. Na jednej strane však konštatujeme, že škody z titulu zhuťnenia jednak vo forme erózie, jednak v znižovaní prírastku sú závažné, na strane druhej takmer úplne absentujú domáce pôvodné poznatky o regenerácii lesných pôd a jednotlivé údaje o dĺžke regenerácie sa podstatne líšia. Takmer všetky údaje týkajúce sa regenerácie sú zahraničnej proveniencie; napr. udávajú, že stopy po približovacích mechanizačných prostriedkoch v následne prirodzene obnovenom poraste douglasky holorubom boli znateľné po 30 rokoch (Murphy, 1982), Munnis (1947) si všimol viditeľné stopy stlačenia na priekopníckych cestách naposledy použiteľných pred 100 rokmi.

Z ďalších autorov Slička (1990) uvádza, že prirodzená regenerácia narušenej pôdy trvá pomerne dlho – asi 40 rokov.

Naproti tomu Shishuchi (1988) píše, že v priebehu štyroch až siedmich rokov nastalo zlepšenie rastu semenáčikov a vzrástlo na 70 % a pórovitosť pôdy dosiahla 95 až 100 %. Autori Hildebrand, Wiebel (1982) informujú, že na značne ojazdených plo-

chách nepostačí ani 10 rokov na evidovateľné zlepšenie.

Už z krátkého prehľadu názorov je jasné, že údaje týkajúce sa regenerácie sú pomerne rôznorodé a takmer nepoužiteľné v lesníckej vede a praxi v našich podmienkach. Preto dúfam, že príspevok aspoň načrtne problém regenerácie lesných pôd na Slovensku.

## MATERIÁL A METÓDA

Šetrenie zamerané na regeneráciu lesných pôd bolo realizované v rámci výskumu na Katedre lesnej ťažby a mechanizácie Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene.

Šetrenie regenerácie lesných pôd vychádza z podrobnej analýzy modelových jazd vykonaných v roku 1988 traktorom LKT 81.

Experimenty boli uskutočnené v lesoch Školského lesného podniku TU Zvolen, ktorých podstatná časť patrí do orografickej jednotky Kremnických vrchov. Kremnické vrchy majú stratovulkanickú stavbu a sú mladotrofehoľného veku.

Šetrenia boli vykonané na hnedej lesnej pôde (kambizem) mezotrofnjej typickej, humóznej, stredne hlbkej. Sú charakteristické pre živný rad B (podľa Zlatníka). Zo stanovištného hľadiska sú považované za dobré až veľmi dobré lesné pôdy, dostatočne hlboké s priaznivým fyzikálnym stavom, vyhovujúcou až veľmi dobrou humusovou formou s postačujúcou zásobou živín.

Modelové jazdy na šetrenie regenerácie pôdy sa uskutočnili v zmiešanom poraste (buk, dub, jedľa), vek 55 rokov, v 2. bonite, sklon svahu 20 %, pri výchovej ťažbe.

Zhuťnenie pôdy a následnú regeneráciu pôdy sme sledovali vzhľadom k neporušenej (nezhuťnenej) pôde. Analýza zhuťnenia bola vykonaná po prvej, druhej a tretej jazde. Po takto vykonaných modelových jazdách a ich analýzach sa miesta meraní stabilizovali, aby sa predišlo chybám z možnosti zmeny miesta merania.

Regeneráciu lesných pôd sme zisťovali nedeštruktúrnou metódou – prístrojom, ktorý je konštruovaný pre meranie objemovej hmotnosti (OH) a vlhkosti pôdy. Použitý prístroj 3411 B má zabudovaný počítač, v ktorom sú zakódované všetky kalibračné údaje a výpočtové postupy k vykonaniu konečného prepočtu; tým je eliminovaná možnosť výpočtovej chyby operátora. Okrem toho je prístroj schopný kompenzovať vplyv vodíka, ktorý je obsiahnutý v skúmanej zemine v inej forme ako vodnej. Presnosť prístroja pri OH materiálu 2 000 kg.m<sup>-3</sup> v režime SLOW je ± 1,92 kg.m<sup>-3</sup>; ten sme pri experimentálnych zisťovaniach používali. Prístroj 3411 B je vybavený zdrojom žiarenia Cs 137 pre meranie objemovej hmotnosti. Pre meranie vlhkosti je zdrojom neutrónov Am 241 Be.

Pre šetrenie regenerácie lesných pôd sme zisťovali štyri základné charakteristiky pôdy. Sú to:

– objemová hmotnosť „mokrej“ zeminy (OH, kg.m<sup>-3</sup>),

- objemová hmotnosť „suchej“ zeminy (S-OH,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ),
- obsah vody (OV,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ),
- vlhkosť (W, %).

Snímání daných veličín sme vykonávali v jednotlivých hĺbkach pôdy, a to v hĺbke 0, 5, 10, 15, 20, 25 a 30 cm. Z pohľadu koreňovej penetrácie a výživy rastlín je najvýznamnejšia hĺbka pôdy 0 až 30 cm.

Vo vedeckej a odbornej literatúre sa často píše o dlhej dobe regenerácie lesných pôd po predošlom zhutnení ako dôsledku ťažbovo-výrobných technológií. Z tohoto dôvodu sme stanovili časový sled šetrenia regenerácie po troch, piatich, desiatich a prípadne viac rokoch, a to v závislosti od časového priebehu regenerácie.

Po päťročnom šetrení sme však podľa nášho názoru dospeli k zaujímavým výsledkom; preto sme sa rozhodli vedeckej a odbornej verejnosti tieto výsledky prezentovať.

Celkove sme šetrenia vykonali na  $n = 24$  miestach, na ktorých boli vykonané opakované merania v každej hĺbke pôdy podľa opísanej metodiky.

Experimentálne údaje boli spracované pomocou matematicko-štatistických metód programu STATGRAPHICS. Regresnou analýzou boli vypočítané rovnice pre regeneráciu pôdy po troch a piatich rokoch, pre nezhutnenú pôdu a modelové jazdy.

## VÝSLEDKY

Príčina vzniku zhutnenia pôd nie je len v jednostrannom vplyve ťažkej mechanizácie, ale predstavuje predovšetkým súhrnný negatívny dopad súčasnej sústavy, intenzifikácie lesného hospodárstva na pôdne vlastnosti.

Ak vo všeobecnosti platí, že pri OH pôdy nad  $1,8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  prestáva koreňová penetrácia, potom experimentálne zistené hodnoty po troch prejazdoch traktora LKT 81 s nákladom sa blížila k tejto hranici a môžu znamenať výrazné nebezpečenstvo pre koreňový systém stromov a stromy samotné. Priebeh objemovej hmotnosti pôdy po troch modelových jazdách traktora je znázornený na obrázku symbolom RM. Tri modelové jazdy traktora sme zvolili z toho dôvodu, že z predchádzajúcich výskumov, ale aj literatúry vychádza, že prvá jazda traktora (prípadne prvé tri jazdy) spôsobujú najvyšší prírastok zhutnenia.

Nárast OH po troch jazdách je zrejmy taktiež z obrázku, kde nezhutnenú pôdu predstavuje krivka RN, zatiaľ čo priestor nad touto krivkou predstavuje prírastok zhutnenia po modelových jazdách (po krivku RM).

Z vykonaných šetrení vyplýva, že po troch vegetačných obdobiach (krivka R3) dochádza k čiastočnému vyrovnaniu sa pôdy po predošlom zhutnení tak, že objemová hmotnosť pôdy v hĺbke do 15 cm klesla priemerne o  $83 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a pri porovnaní OH s pôvodnou nezhutnenou pôdou v horizonte pôdy 0 až 15 cm bola však stále vyššia priemerne o  $68 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Po ďalších dvoch vegetačných obdobiach, teda celkove po piatich od vykonania modelových jazd, poklesla OH pôdy

v sledovanom horizonte pôdy priemerne o ďalších  $42,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a do vyrovnania k pôvodnej objemovej hmotnosti ostáva rozdiel už len  $25,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , čo pri priemernej OH ( $1\ 550$  až  $1\ 650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v horizonte hĺbky pôdy 0 až 15 cm predstavuje podiel 1,6 %.

Teda päť vegetačných období (rokov) stačilo na to, aby regenerácia pôdy vyjadrená postupným klesaním OH znížila pôvodný prírastok zhutnenia o 83 %. Uvedený stav môžeme charakterizovať ako veľmi priaznivý, nakoľko výsledky šetrenia dokazujú, že po piatich rokoch dochádza v hĺbke pôdy 0 až 15 cm, ktorá je z hľadiska rozloženia koreňov najdôležitejšia, k vyrovnaniu fyzikálneho stavu pôdy vyjadreného objemovou hmotnosťou, ktorá je základným parametrom uľahnutosti alebo zhutnenia pôdy.

Mierne odlišný priebeh regenerácie lesných pôd sledujeme v hĺbke 20 až 30 cm. Po troch vegetačných obdobiach (rokoch) klesla priemerná objemová hmotnosť pôdy v uvedenej hĺbke o  $49 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  z pôvodného prírastku zhutnenia. Po ďalších dvoch vegetačných obdobiach (teda celkove po piatich od vykonania modelových experimentálnych jazd) sa znížila objemová hmotnosť pôdy priemerne o  $81 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a do vyrovnania k pôvodnej objemovej hmotnosti ostáva rozdiel už len  $24 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , čo pri priemernej OH ( $1\ 620 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v hĺbke 20 až 30 cm predstavuje 1,5 %. Za päťročné regeneračné obdobie pôdy bez následného zaťaženia sa znížila OH pôdy z absolútneho priemerného prírastku v uvedenej vrstve o 82 % z pôvodného nárastu zhutnenia.

Priebeh regenerácie lesných pôd môžeme ďalej hodnotiť tak, že v prvých rokoch po zhutnení pôdy dochádza k intenzívnej regenerácii vrchných vrstiev pôdy v hĺbke do 15 cm a proces regenerácie je v prvých troch rokoch v tejto hĺbke pôdy približne dvakrát rýchlejší ako v hĺbke pôdy 20 až 30 cm.

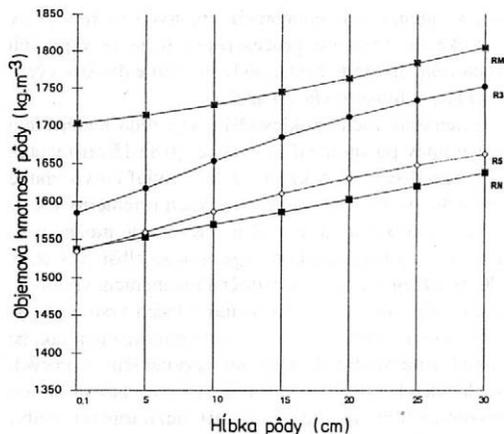
Priemerný ročný pokles OH pôdy, teda regenerácia lesnej pôdy po zhutnení vo vrchnej (0 až 15 cm) vrstve pôdy, predstavuje  $25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ , zatiaľ čo vo vrstve 20 až 30 cm je v prvých troch rokoch priemerný ročný pokles o  $16 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Z uvedeného je možné usudzovať, že predpokladom regenerácie hlbších vrstiev (20 až 30 cm) pôdy je počiatočná regenerácia vrchných vrstiev s postupnou regeneráciou hlbších vrstiev pôdy.

Po troch rokoch sa však situácia mierne mení tak, že pokiaľ sme sledovali výraznú regeneráciu v prvých troch rokoch v hĺbke pôdy 0 až 15 cm, táto sa už len postupne blížila k hodnotám OH nezhutnenej pôdy, v horizonte pôdy 20 až 30 cm sledujeme významný postup regenerácie tak, že v priebehu piatich rokov dochádza k vyrovnaniu priebehu regenerácie lesných pôd v sledovanej hĺbke pôdy 0 až 30 cm. Priemerné ročné tempo zníženia objemovej hmotnosti pôdy v hĺbke 0 až 30 cm pri danom pôdnom type a prírodných podmienkach predstavuje  $26 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{rok}^{-1}$  v päťročnom regeneračnom období. Na základe týchto výsledkov môžeme konštatovať, že päťročné regeneračné obdobie bolo postačujúce k tomu, aby sa zhutnená pôda takmer priblížila k hodnotám nezhutnenej – prirodzene uloženej pôdy.

Na uvedenú priaznivú skutočnosť má najväčší vplyv organická hmota, ktorej podiel z celkového objemu predstavuje okolo 5 %. Živá zložka pôdy (mikroedafón a makroedafón) spolu so živými orgánmi vyššieho rastlinstva (korene, ktoré sú zväčša v pôde dôkladne pospájané s pôdnou hmotou – „armovacia sieť“) sú hybným faktorom regenerácie pôd a spolu s vlastnosťami lesného rastlinstva, zloženia geobiocenóz a klímy zohrávajú rozhodujúcu úlohu tak pri pôdnej regenerácii, ako aj v pôdotvorení. Proces regenerácie lesných pôd môže závisieť od kombinácie množstva faktorov, pričom nemožno vytrhávať z celého komplexu iba jeden faktor a pripisovať mu absolútny vplyv.

Vzťahy medzi pojazdom traktora, objemovou hmotnosťou pôdy a priebehom regenerácie sa preukázali ako tesné, pričom index korelácie sa pohybuje od 0,90 do 0,99.

Pre zachovanie priaznivého stavu pôd, ktoré sú vystavené záťaži z titulu hospodárskej činnosti človeka v lese, a to najmä ťažbou a sústreďovaním, je nevyhnutné zabrániť strhávaniu nadložného humusu a čiastočnému alebo úplnému splavovaniu jemnozerného pôdneho materiálu. Ďalším dôležitým faktorom je zachovanie opadanky, ktorá je (Šálly, 1978) hlavným energetickým materiálom potrebným pre rozvoj mikroorganizmov, hmyzu a iných živočíchov, ktoré ju počas svojej životnej činnosti premieňajú na humus a má veľký význam aj pri regulovaní vodného a tepelného režimu pôd. Opadanka okrem týchto biologických funkcií plní aj funkciu mechanickú a spolu s nadložným humusom



1. Priebeh regenerácie lesnej pôdy po zhutnení – The progress of forest soil regeneration after compacting

Legenda – Legend: krivka RN – priebeh objemovej hmotnosti nezhutnenej pôdy – curve RN – volume weight of uncompacted soil; krivka RM – priebeh objemovej hmotnosti po vykonaných modelových jazdách – curve RM – volume weight after model drives; krivka R3 – priebeh objemovej hmotnosti po troch rokoch regenerácie – curve R3 – volume weight after three-year regeneration; krivka R5 – priebeh objemovej hmotnosti po piatich rokoch regenerácie – curve R5 – volume weight after five-year regeneration

a s vrchnými horizontami pôdy pôsobí ako nárazník pre prenášanie tlaku z titulu pojazdu lesníckeho mechanizačného prostriedku po pôde do spodnejších vrstiev a horizontov pôdy.

Tieto fakty potvrdzuje aj to, že zatiaľ čo fyzikálny stav pôdy (objemová hmotnosť) na rozčleňovacích linkách po modelových jazdách a uplynutí piatich rokov môžeme hodnotiť ako veľmi uspokojivý, úplne odlišnú situáciu sme sledovali na zberných približovacích linkách, kde za šetrné obdobie sme nezaznamenali výraznejšie zmeny smerom k zlepšeniu fyzikálneho stavu pôdy, vyjadrené znižovaním objemovej hmotnosti pôd; objemové hmotnosti pôd vo všetkých hĺbkach stále vykazujú značný stupeň zhutnenia.

Pri analýze uvedeného experimentu treba podotknúť, že na povrchu liniek bola úplne strhnutá vrchná opadová vrstva spolu so surovým humusom a koreňová sústava bola značne narušená.

## DISKUSIA A ZÁVER

Ekologizácii ťažbovo-dopravných a výrobných technológií musí predchádzať spoznávanie vzťahu lesníckych mechanizačných prostriedkov k prostrediu lesa a k lesu samotnému, lebo len na základe takýchto poznatkov môžeme dospieť k záverom, ktoré môžu byť smerované jednak ku konštrukčným a technickým zásahom, jednak k zásahom technologickým a organizačným.

Dosiahnuté výsledky sú určitým pozitívnym prekvapením, nakoľko publikované výsledky (spravidla zahraničné) spomínajú niekoľko desaťročnú regeneráciu lesných pôd po zhutnení, ktorú sme aj my pri zakladaní experimentov predpokladali. Pritom je potrebné podotknúť, že uvedené výsledky sa pravdepodobne nedajú zovšeobecňovať na iné pôdne a prírodné podmienky, sú však ale príkladom, že aj napriek pomerne vysokému zhutneniu dobre vyvinuté pôdy s vysokou biologickou aktivitou sa pomerne rýchlo vyrovnávajú s technologickou záťažou vo forme zhutnenia.

Na druhej strane treba taktiež uviesť, že okrem dobrého stavu pôd sa na uvedených výsledkoch podieľa aj relatívne šetrný spôsob vykonania modelových jazd.

Predkladané výsledky opäť potvrdzujú fakt, že prístup človeka k lesu je rozhodujúci pri znižovaní škôd na lese a jeho prostredí. Postupné znižovanie škôd na lese a jeho prostredí sa musí diať s využitím synergického efektu v systéme konštrukčných, technických, technologických a organizačných zásahov a zmien.

Technologické a organizačné zmeny z hľadiska operatívnej a pružnosti je možné relatívne najľahšie realizovať do daného systému. Odhládnuť od iných skutočností sú častokrát aj jedinými, ktorými môžeme daný stav zmeniť, nakoľko konštrukčné a technické opatrenia sú náročné tak z hľadiska časového, ako aj finančného. Okrem toho je to miera účinnosti vynaloženia finančných prostriedkov k úrovni zlepšenia očakávaných vlastností.

K ďalším opatreniam, ktoré výrazným spôsobom ovplyvňujú priebeh regenerácie lesných pôd po zhutnení, je treba počítať zabránenie strhnutia opadanky a surového humusu, a to správnym rozčlenením porastov a voľbou ťažbovej metódy. Ak počas sústreďovania dreva dôjde k strhnutiu opadanky a surového humusu, odporúčame tieto miesta sanovať jednoduchým nanosením konárového materiálu z ťažby na poškodené miesta.

Pre zníženie erózie ťažbovo-dopravnej a vodnej treba netolerovať hĺbku koľají väčšiu ako 10 až 15 cm a túto hodnotu legislatívne stanoviť.

Plánovanie výchovných zásahov treba vykonať tak (resp. prijať zásadu), aby výchovné ťažby, ich plánovanie a realizácia sa vykonávali jedenkrát za desať rokov a pokiaľ je to možné, nie častejšie, a to preto, aby zhutnená pôda mala dostatočný čas na regeneráciu či rekonštrukciu.

K prezentovaným výsledkom sú najbližšie názory Š a c h a (1992), ktorý konštatuje, že samotné zníženie zhutnenia nastáva pri hrubozrnných pôdach po niekoľkých rokoch a pri jemnozrnných po niekoľkých desaťročiach.

### Literatúra

BELENKO, G. T., 1977. Vodoregulujušaja rol pichtovych lesov na severnych sklonoch Severo-Zapadnogo Kavkaza. In: Trudy Severo-Kavkazskoj lesnoj opytnoj stancii. Vyp. 13. Gornoje lesovodstvo na Severnom Kavkaze. Majkop, VNIILM: 20–27.

DANILIK, V. N., 1979. Vlijaniye tehniki i tehnologii leszagotovok na vodoochranno-zaschitnuju rol lesa. Les. Choz.: 24–26.

HILDEBRAND, E. E. – WIEBEL, M., 1982. Der Einfluss der Befahrung auf die Qualität von Standorten, dargestellt an bodenphysikalischen Kenngrößen. Allg. Forst- Jagdzgt, 153: 24–34.

JAKOVLEV, G. V. – UVAKIN, M. I., 1985. Vlijaniye lesozagotovitelnoj tehniki na vodnofizičeskije svojstva počvy. Les. Choz.: 30–33.

KOREŇ, J., 1994. Vplyv traktorového sústreďovania dreva na lesné pôdy v oblasti neovulkanitov. Acta Fac. for. zvolen., XXXVI: 285–296.

POLJAKOV, A. F., 1965. Vlijaniye glavnych rubok na počvozaščitnyje svojstva bukovych lesov. Moskva, Les. prom.: 173.

MEGAHAN, W. F. – KIDD, W. J., 1972. Effects of logging and logging roads on erosion and sediment deposition from steep terrain. J. For., 70: 136–146.

MUNNS, E. N., 1947. Logging can damage the soil. J. For., 45: 153.

MURPHY, G., 1982. Soil damage associated with production thinning. New Zealand, J. For. Sci., 12: 281–292.

RICE, R. M. – DATZMAN, P. A., 1981. Erosion associated with cable and tractor logging in north-western California. In: I.A.H.S. Publication No. 132. Erosion and sediment transport in Pacific rim steeplands. Christchurch, IAHS: 362–374.

SHISHIUCHI, M., 1988. Influence of soil compaction caused by the trips of logging tractors on the growth of planted seedlings (III) – recovery of soil physical properties and growth of planted seedlings in 4–7 year since disturbance. Bull. of the Iwate Univ. Forests, 19: 15–25.

SLIVKA, J., 1990. Aktuálne možnosti znižovať poškodzovanie lesov v ťažbovej činnosti. Lesn. Čas., 36: 63–71.

ŠAKUNAS, Z. – BISTRICKAS, V., 1985. Izmenenije vodno-fizičeskich svojstv počvy na voloke pri razrabotke lesosok agregatnymi mašinami. Les. Choz.: 33–35.

ŠACH, F., 1988. Vliv těžby dřeva na erozi půdy. Vodohosp. Čas., 36: 199–210.

ŠACH, F., 1992. Degradace lesních pozemků při mechanické přípravě pro zalesňování: ohrožení půdochranné, vodohospodářské a produkční funkce lesů. Lesnictví-Forestry, 38: 170–185.

ŠÁLY, R., 1978. Pôda – základ lesnej produkcie. Bratislava, Príroda: 8–13.

Došlo 11. 5. 1995

## REGENERATION OF FOREST SOILS AFTER SOIL COMPACTING

J. Demko

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

The regeneration of forest soils from previous compacting means the successive return of physical properties of soil to the previous state. During regeneration porosity mostly of thick pores is resumed, the growth of roots causes an increase in empty pores and substantially the water seepage and the exchange of gases improve.

The progress of regeneration differs in speed in the different layers of forest soil. The fastest regeneration was observed in the layer of 0–15 cm (during the first

three years), where the process is twice faster than in the layer of 20–30 cm. After the first three years there is a significant growth in the speed of regeneration in the layer of 20–30 cm which causes the equalisation of regeneration within the first five years in the observed layer of 0–30 cm. The observed average speed of a decrease in volume weight of soil for the given soil type (brown earth - Cambisol) and the given conditions is  $26 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{year}^{-1}$ . It means that after five year period the compacted soil returned to the previous state.

The forest soil was compacted by drives of a skidder LKT 81 and the average increase of compacting after three sample drives was  $151 \text{ kg.m}^{-3}$  in the layer of 0–15 cm.

Finally we can say that the five vegetation periods were sufficient to regenerate the soil compacting to its previous state when the observed compacting, was reduced by 83%. We evaluate this as very reasonable, because in the layer of 0–15 cm, which is the most important layer with respect to the location of the roots, after five years there is a return to the previous state.

Intensive regeneration takes place in the upper layers of soil at the depth of up to 15 cm. This favourable fact is influenced mostly by organic matter, the content of which represents about 5%. The living parts of soil (micro- and macro-edaphon) together with high plants (roots, which are usually well joined with soil matter) are the motive power of soil regeneration. Together with the features of forest plants, the content of geobiosciences and the climate, they play the most important role for soil regeneration and soil formation.

The already started regeneration of the upper layers is a presumption of the regeneration of the lower layers of soil (20–30 cm).

In order to preserve reasonable conditions of soils under human attack (felling, logging), there is a necessity to protect the humus against unwanted removing and against the washing away of the smallest parts of soil material. The forest litter must be preserved too, because it is the main source of energetic material necessary for the development of micro-organisms, insect and other living creatures in soil. The forest litter plays an important role also for the regulation of water content and temperature of soil.

The experiments were carried out at Forest Enterprise of Technical University of Zvolen, which orographically belongs to Kremnické vrchy Mts. (Slovakia), on typical brown earth (Cambisol).

forest soils; compacting; regeneration

---

*Kontaktná adresa:*

Ing. Jaroslav D e m k o , CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

---

**Fjeld, D. E.: Time consumption for selection and patch cutting with one-grip harvester (Srovnávací studie spotřeby času při výběrné seči a kotlíkové seči těžebním strojem Valmet 901)**

Meddelelser fra Skogforsk, 1994, 47.4, 27 s. – 9 obr., 8 tab., lit. 18

Zpráva o části projektu *Technika a metody pěstování lesů ve víceúčelovém lesním hospodářství*. Pokusy se realizovaly jak v soukromém, tak ve státním lese. Těžba probíhala v nestejnověkých porostech, kde dominoval smrk ztepilý, v nadmořské výšce 400 až 600 m. Výsledky výzkumu ukazují, že proměnlivost spotřeby času je určována především rozdílem velikosti těžebních stromů. Průměrný objem těžebního stromu byl při výběru jednotlivých stromů o 31 % větší než při kotlíkové seči. Kotlíky měly rozlohu 0,063 ha a 0,250 ha. Při kotlíkové seči, kdy kotlík měl 0,063 ha, byla spotřeba času nepatrně nižší než při výběru jednotlivých stromů. Nejnižší spotřeba času byla při seči, kdy měl kotlík plochu 0,250 ha. Vyšší intenzita těžby vedla obecně k nižší spotřebě času. Výběrná seč za použití těžebního stroje Valmet 901 předpokládá kromě jiného hustou síť kolejevých cest. Výzkum tohoto projektu byl založen s ohledem na tlak veřejnosti, zaměřený na zvýšený podíl výběrného hospodářství a přirozené obnovy v komerčním obhospodařování lesů v jehličnatých porostech boreálního lesa. – *M. P a g a ě*

# ŠTÚDIUM GEOMETRIE NÁSTROJA PRE ODVETVOVANIE

M. Mikleš

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

Práca sa zaoberá rozborom silového pôsobenia na odvetovací nôž a určením tangenciálnej a normálovej výslednej sily, ktorá pôsobí na nôž. Za účelom minimalizácie energetickej náročnosti na odvetvovanie boli vykonané experimenty pre optimalizáciu geometrie odvetvovacích nožov pri zabezpečení kvality odvetvovania. Výsledkom je minimálny rezný odpor pri odvetvovaní a znížené nároky na výkon pohonnej jednotky. Skúšky boli vykonané na špeciálnom stende na Katedre lesnej ťažby a mechanizácie. Bolo testovaných 15 nožov odlišnej geometrie. Pri vyhodnotení bol použitý programový systém STAT-GRAPHICS. Na základe skúšok a ich vyhodnotenia bol určený nôž s optimálnou geometriou pre odvetvovanie.

lesná ťažba; odvetvovací stroj; odvetvovací nôž; geometria nástroja

## ÚVOD

Pri beztrieskovom delení dreva klinovým nožom v smere, ktorý nesúhlasí so smerom vlákien dreva, vznikajú značné rezné sily. Z toho vyplýva aj značná energetická náročnosť procesu rezania. Preto tiež niekedy proces beztrieskového delenia dreva klinovým nožom v smere, ktorý nie je totožný so smerom vlákien, sa nazýva silovým rezaním. Jedným zo špecifických prípadov tohto spôsobu je silové rezanie vetiev. Pri silovom rezaní vetiev sa používajú nože zložitej konštrukcie. Zvláštnosťou nožov určených pre zrezávanie vetiev silovou metódou je nevyhnutné spojenie efektívneho rezania s kopírovacou schopnosťou nožov v procese premiestňovania po povrchu obrábaného kmeňa.

## PROBLEMATIKA A DOTERAJŠIE POZNATKY

Odvetvovanie klinovým nožom bez tvorby triesky je sprevádzané značnou deformáciou dreva v rovine rezania, t. j. v mieste kontaktu s čelom noža ako aj v zóne, ktorá susedí s touto rovinou. V teórii beztrieskového rezania je známe, že hlavnou zložkou odporu pri vnikaní noža do dreva je predovšetkým odpor vlákien dreva voči deformácii. Pritom trecia zložka (zložka odporu) na plochách noža je funkciou sily odporu deformácii, jej veľkosť je závislá od veľkosti koeficienta trenia.

Veličina reznej sily, ktorá pôsobí v smere vektora rýchlosti, je výslednicou všetkých zložiek síl odporu, pôsobiacich na rozličné časti noža tvoriace jeho rezný profil (čelo, chrbát, ostrie – fazetka).

Publikované práce (MacDONALD, 1993; Voronicyн, Gugelev, 1989; Golod, 1987; Sokolov, Leonov, 1987; Radocha et al., 1986) z problematiky odvetvovania nedávajú odpoveď z hľadiska minimalizácie rezných odporov pri odvetvovaní nožovou odvetvovacou hlavicoú.

## SILOVÁ ANALÝZA PRI PRÁCI ODVETVOVACIEHO NOŽA

Pre určenie síl, pôsobiacich na pracovný povrch odvetvovacieho noža, ktorý je v kontakte s drevom, v súlade s obecnou prijatou metodikou Voskresenského (1955) a Prelovského (1974) rozdelíme nôž na rad zón (*i*-úsekov) a nájdeme výslednice merných tlakov na povrch noža  $N_i$  v každej zóne samostatne.

Pracovný povrch noža rozdelíme na osem úsekov (obr. 1): KL – čelo noža, LS – výpočtový čelný úsek ostria, SA – výpočtový chrbtový úsek ostria, AB – negatívna časť chrbta noža, BC – úsek spájajúci negatívnu časť chrbta (AB) s opornou plochou noža (CD), CD – oporná časť chrbta noža, DE – úsek spájajúci opornú plochu chrbta noža (CD) s pozitívnu časťou (plochou) chrbta noža, EF – pozitívna časť chrbta noža.

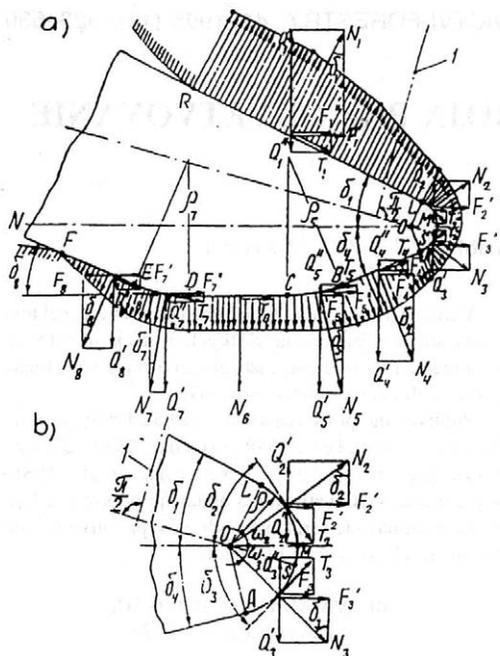
Rezná rovina MN delí pracovný povrch noža na čelnú a chrbtovú časť noža. Čelná časť noža pozostáva z čelnej plochy KL a čelného úseku ostria LM. Chrbtová časť noža MABCDEF pozostáva zo šiestich úsekov. Úsek chrbtovej plochy AB so záporným rezným uhlom  $\delta_4$  je súčasne záporným uhlom chrbta  $\alpha$ .

Povrch ostria MA, ktorý sa nachádza medzi reznou rovinou MN a zápornou chrbtovou plochou, je chrbát ostria.

Vo výpočtoch je výhodnejší nie geometrický povrch ostria – úseky LM a MA, ale výpočtový povrch ostria – úseky LS a SA.

Povrch ostria je tvorený rádiusom  $\rho$  so stredom krivosti v bode O. Rovina OS, ktorá prechádza cez stred krivosti ostria bod O, delí ostrie LSA na čelnú a chrbtovú časť. Pre zjednodušenie výpočtov za smer vlákien je možné brať smer pozdĺžnej osi zrezávanej vetvy.

Čelná časť ostria je povrch ostria, nachádzajúci sa medzi čelom noža a rovinou, ktorá prechádza cez stred krivosti ostria kolmo k smeru vlákien.



1. Pracovný povrch noža – The active surface of the tool

Chrbtovou časťou ostria je povrch ostria, ktorý sa nachádza medzi negatívnou chrbtovou plochou a rovinou, prechádzajúcou cez stred krivosti ostria kolmo k smeru vlákien.

Oporná časť chrbta odvetvovacieho noža je úsek chrbta noža, ktorý sa dotýka povrchu kmeňa.

Positívna chrbtová plocha je úsek chrbta s kladným uhlom chrbta.

Chrbát noža pozostáva v podstate z troch častí – zo zápornej a kladnej chrbtovej plochy, ktoré prechádzajú s polomerom krivosti  $\rho_5$  a  $\rho_7$  do opornej časti chrbta; ta je v kontakte s povrchom kmeňa.

Dĺžka oporného úseku (povrchu) noža CD sa stanovuje z podmienky dovoleného merného tlaku noža na povrch kmeňa. Ak nôž nemá opornú plochu alebo jej úsek je malý (minimálna dĺžka), súčasne s odvetvovaním dochádza tiež k čiastočnému odkôrňovaniu.

Každému z úsekov pracovného povrchu noža zodpovedá výslednica merných tlakov:

$N_1$  – pôsobí na čele noža

$N_2$  – na výpočtovej čelnej ploche ostria

...

$N_i$  – na  $i$ -tom úseku pracovného povrchu noža.

Trecie sily, ktoré pôsobia na drevo v procese rezania, pre zodpovedajúce pracovné zóny noža sa budú rovnáť:

$$T_i = \mu_i \cdot N_i \quad (1)$$

kde:  $\mu_i$  – koeficient trenia medzi drevom a  $i$ -tým úsekom pracovného povrchu noža.

Keď rozložíme výslednicu merných tlakov na každom úseku noža  $N_i$  a treciu silu  $T_i$  na zložky  $F_{R_i}$ , paralelné s reznou rovinou  $MN$  a na normálové zložky k tejto rovine  $Q_i$ , potom dostaneme

$$F'_{R_i} = \pm N_i \cdot \sin \delta_i, \quad F''_{R_i} = + T_i \cdot \cos \delta_i \pm \mu_i \cdot N_i \cdot \cos \delta_i$$

z toho vyplýva, že:

$$F_{R_i} = F'_{R_i} + F''_{R_i} = N_i (\pm \sin \delta_i \pm \mu_i \cdot \cos \delta_i), \quad (2)$$

$$Q'_i = \pm N_i \cdot \cos \delta_i, \quad Q''_i = \pm T_i \cdot \sin \delta_i = \pm \mu_i \cdot N_i \cdot \sin \delta_i$$

z toho vyplýva, že:

$$Q_i = Q'_i + Q''_i = N_i (\pm \cos \delta_i \pm \mu_i \cdot \sin \delta_i) \quad (3)$$

Tangenciálna rezná sila  $F_R$  sa bude rovnáť sume jej zložiek v každej zóne noža:

$$F_R = \sum_{i=1}^n F_{R_i} \quad (4)$$

Normálová sila  $Q$ , ktorá pôsobí na drevo, je taktiež rovná algebraickej sume jej zložiek:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (5)$$

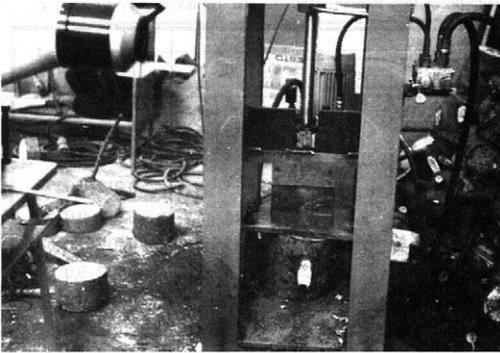
kde:  $n$  – počet úsekov (zón), na ktoré je rozdelený pracovný povrch noža, ktorý je kontaktné s drevom (v sledovanom prípade  $n = 8$ ).

Pri posudzovaní optimálnej geometrie ako kritérium slúžila veľičina reznej sily ( $F_R$ ).

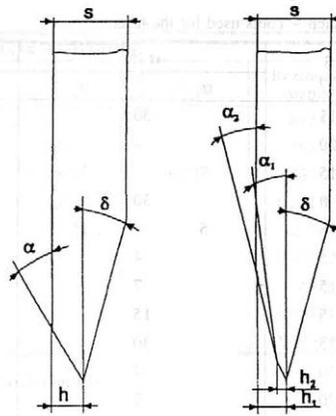
## MATERIÁL A METÓDY

Pre riešenie týchto problémov bolo postavené špeciálne zariadenie dovoľujúce sledovať proces rezania vetiev v laboratórnych podmienkach a merať pritom reznú silu, z čoho vyplýva energetická náročnosť procesu rezania. Stend je rámovej konštrukcie, pohon nástroja – odvetvovacieho noža zabezpečuje priamočiarly hydro-motor. Nôž je vymeniteľný, pohybuje sa vo vedení voči pevne uchytenej vzorke, ktorou je neodvetvený klátik dreva. Pohon a zmenu rýchlosti hydro-motora zabezpečuje hydraulický agregát (obr. 2). Merací reťazec pre meranie sily pozostával z tenzometrického snímača, tenzometrickej aparatury M-1000, osciloskopu OPD-600, súčasne pri použití CORREVITU a zapisovača BAK 5T bola registrovaná rýchlosť (obr. 3).

Pre poznanie silových pomerov rezania bol ako základná dreovina použitý smrek, pretože jeho rezný odpor z drevín, ktoré prichádzajú do úvahy pre strojné odvetvovanie, sa javí ako maximálny. Rezné odpory vetiev sa merali u čerstvo zrúbaného dreva s vlhkosťou 40 až 70 %. Vzhľadom na rôznorodosť vetiev pred každým pokusom (rezaním) sa zmeral priemer vetvy v rovine rezania (v kôre i bez kôry), uhol sklonu jej osi od normály k vektoru reznej rýchlosti a urobila sa charakteristika votknutia, ak nebolo obvyklé. Pri rezaní sa používali nože s geometrickými parametrami uvedenými



2. Hydraulický agregát – Hydraulic unit



4. Geometria ostria odvetvovacích nožov – Geometry of the cutting edge of delimiters

v tab. I, vyrobenými v ZŤS VVÚ Martin, ich geometria je zrejmä z obr. 4, rýchlosť rezania bola  $4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Úloha spočívala v stanovení optimálnej geometrie nástroja. Za rovnakých rezných podmienok sa určila veličina maximálnej reznej sily (resp. mernej reznej sily).

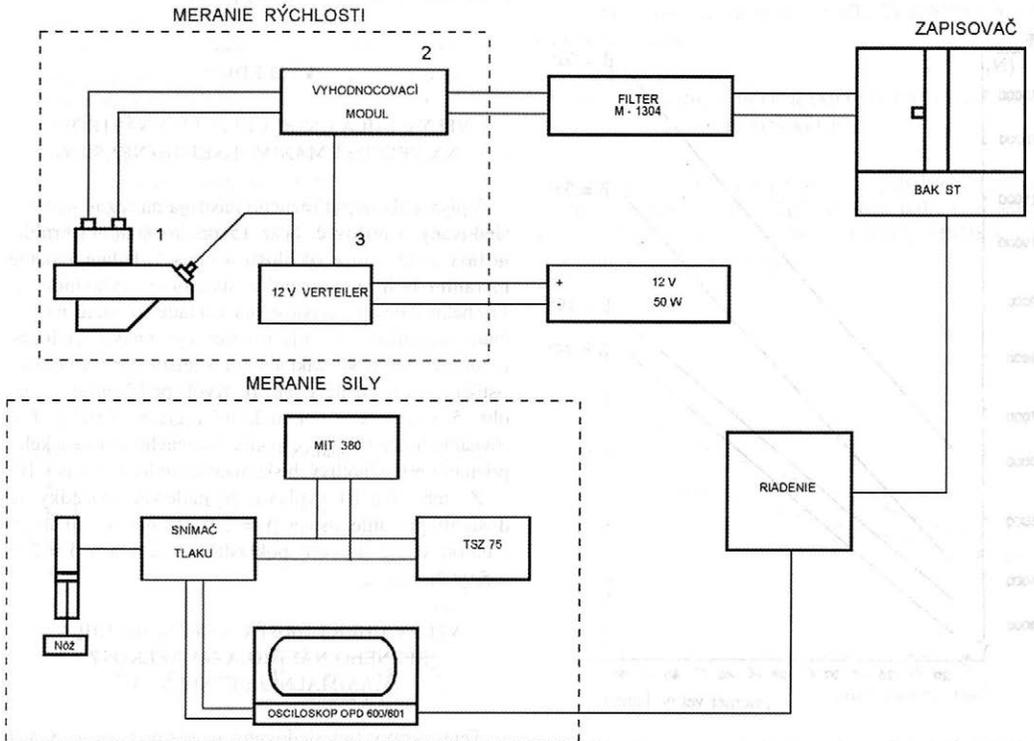
Maximálna hodnota reznej sily  $F_{R_{\text{MAX}}}$ , ako je známe z literatúry podľa Zacharenkova (1963), Šipilina (1967), Prelovského (1974), Goloda (1987) – a potvrdzujú to urobené skúšky –, je priamo úmerná štvorcu priemeru zrezávanej vetvy  $D$  v kôre

$$F_{R_{\text{MAX}}} = a_1 \cdot D^2 \quad (\text{N})$$

kde koeficient úmernosti  $a_1$  závisí od parametrov noža, dreveny a uhla vrastenia vetiev. Tento vzťah je možné vyjadriť, že  $F_{R_{\text{MAX}}}$  je priamo úmerná reznej ploche vetvy  $S$ :

$$F_{R_{\text{MAX}}} = k \cdot S$$

kde:  $k = F_{sp_{\text{MAX}}}$  – koeficient úmernosti zodpovedajúci maximálnej mamej reznej sile, ktorá zahŕňa vplyv geometrických charakteristík noža ( $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ ).



3. Zapojenie meracieho reťazca – Connection of the measuring chain

I. Použité nože pri skúškach – Tools used for the tests

Poradové číslo <sup>1</sup>	$\delta$ (°)	$\alpha$ (°)		$h$		$s$ (mm)	Polomer ostria <sup>2</sup>
		$\alpha_1$	$\alpha_2$	$h_1$	$h_2$		
1	15		30		5	15	0,012–0,025
2	20		4		3	15	0,012–0,025
3	15	7	30	7	3,5	15	0,012–0,025
4	0		30		8	15	0,012–0,025
5	15	5	15	5	2,5	15	0,012–0,025
6	15		4		2	15	0,012–0,025
7	15		7		2	15	0,012–0,025
8	15		15		2	15	0,012–0,025
9	15		30		2	15	0,012–0,025
10	20		4		2	15	0,012–0,025
11	20		7		2	15	0,012–0,025
12	20		15		2	15	0,012–0,025
13	20		30		2	15	0,012–0,025
14	15		30		1	15	0,012–0,025
15	30		30		2	15	0,012–0,025

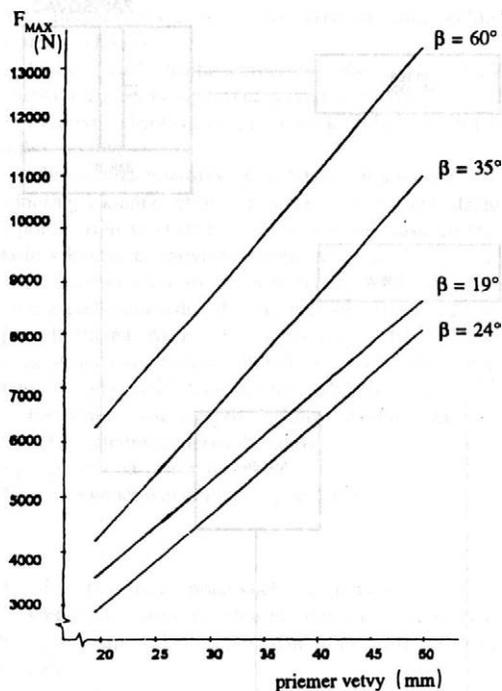
<sup>1</sup>tool no., <sup>2</sup>cutting edge radius

Maximálna merná rezná sila  $F_{spMAX}$  z uvedených dôvodov bola vybraná ako parameter pre výber optimálnej geometrie noža.

Vymedzenie základných pojmov: maximálna rezná sila  $F_{RMAX}$  (N) je maximálna hodnota reznej sily v prie-

behu rezania vzorky dreva, t. j. najväčšia sila, ktorou musel rezný nástroj pôsobiť na drevo, aby prekonal najväčší rezný odpor vzorky daného priečného prierezu.

Maximálna merná rezná sila  $F_{spMAX}$  ( $N \cdot mm^{-2}$ ) je daná podielom maximálnej reznej sily  $F_{RMAX}$  a prierezu prerezávanej vzorky – reznej plochy.



5. Závislosť maximálnej reznej sily od uhla ostria nástroja – Relation between the maximum cutting force and the angle of the tool cutting edge

VÝSLEDKY

VPLYV UHLA OSTRIA REZNÉHO NÁSTROJA NA VEĽKOSŤ MAXIMÁLNEJ REZNEJ SILY

Vplyv uhla ostria rezného nástroja na reznú silu bol sledovaný u nožov č. 6 až 15 pri konštantnej hrúbke noža  $s = 15$  mm a rýchlosti  $4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Údaje získané meraním boli spracované a štatisticky vyhodnotené. Priebehu daných závislostí na základe výpočtu na počítači najlepšie vyhovujú rovnice vyrovnávajúcich polynómov; spolu so základnými štatistickými charakteristikami sú uvedené v tab. II. Kvôli prehľadnosti sú na obr. 5 znázornené len niektoré regresné krivky. Porovnanie hodnôt  $F_{spMAX}$  podľa zväženého aritmetického priemeru pri jednotlivých skúmaných uhloch je v tab. III.

Z tab. II a III vyplýva, že najlepšie výsledky sa dosiahli pri uhle ostria  $\beta = 27^\circ$ . V porovnaní napr. s uhlom ostria  $\beta = 60^\circ$  poklesla merná sila u  $\beta = 27^\circ$  o  $5,97 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ .

VPLYV UHLA CHRBTY A REZNÉHO UHLA REZNÉHO NÁSTROJA NA VEĽKOSŤ MAXIMÁLNEJ REZNEJ SILY

Tento vplyv bol sledovaný u nožov č. 6, 7, 8 a 9 a u nožov 11, 12, 13, teda u nožov o konštantnej hrúbke a o konštantnom uhle rezu.

II. Koeficienty regresných kriviek – Coefficients of regression curves

Číslo regresnej krivky <sup>1</sup>	Štatistická charakteristika <sup>2</sup>						
	y (N.mm <sup>-2</sup> )	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Reziduálny rozptyl <sup>3</sup>	Index korelácie <sup>4</sup>
6	5,86	207,17	169,65			842 096	0,90
7	5,67	4 737,31	-18,51	2,13		454 684	0,97
8	6,32	-8 786,35	1 087,24	-25,58	0,21	961 735	0,92
9	7,04	5 619,11	-183,50	6,35		1 221 910	0,95
10	4,98	-540,29	171,03			203 456	0,98
11	4,70	-4 600,27	437,89	-2,77		1 361 280	0,94
12	7,39	-95,40	220,00			884 933	0,95
13	7,95	-3 851,35	352,33			857 831	0,97
15	10,67	714,81	281,66			3 440 660	0,83

<sup>1</sup>regression curve no., <sup>2</sup>statistical characteristics, <sup>3</sup>residual variance, <sup>4</sup>correlation index

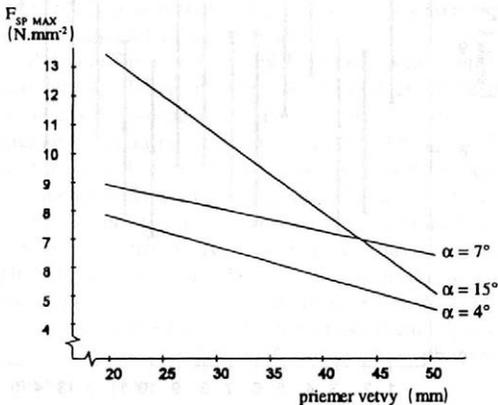
III. Vplyv uhla ostria na hodnotu  $F_{SPMAX}$  – The effect of the cutting edge angle on the value  $F_{SPMAX}$

Uhol ostria <sup>1</sup>	Hodnota $F_{SPMAX}$ na 1 mm <sup>2</sup> podľa zváženého aritmetického priemeru <sup>2</sup>	
	(N.mm <sup>-2</sup> )	(%)
19	5,86	54,92
22	5,67	53,14
24	4,98	46,67
27	4,70	44,05
30	6,32	59,23
35	7,39	69,26
45	7,04	65,98
50	7,95	74,51
60	10,67	100,00

<sup>1</sup>cutting edge angle, <sup>2</sup> $F_{SPMAX}$  value per 1 mm<sup>2</sup> according to weighted arithmetical mean

Vplyv uhla chrbta na veľkosť maximálnej mernej reznej sily je znázornený na obr. 6.

Z porovnania jasne vyplýva výhodnosť uhla chrbta  $\alpha = 7^\circ$ . Pri zväčšovaní, resp. zmenšovaní jeho hodnoty sa zvyšuje i hodnota reznej sily až po uhol chrbta



6. Vplyv uhla chrbta na veľkosť maximálnej reznej sily pri konštantnom uhle rezu  $\delta = 20^\circ$  – The effect of the back edge angle on the magnitude of maximum cutting force at a constant cutting angle  $\delta = 20^\circ$

$\alpha = 30^\circ$ , a to pri  $\alpha = 15^\circ$  o 1,37 N.mm<sup>-2</sup>, čo je 19,46 %, a pri  $\alpha = 20^\circ$  o 3,25 N.mm<sup>-2</sup>, čo je 40,88 %.

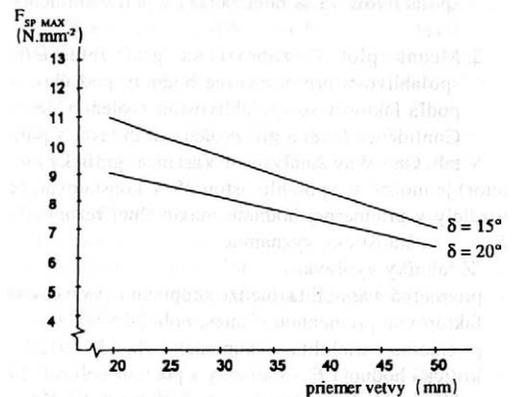
Z obr. 6 vyplýva, že najvýhodnejší je uhol chrbta  $\alpha = 4^\circ$ , avšak je to skreslené tým, že u noža č. 7 ( $\alpha = 7^\circ$ ) boli odvetvované hrubšie konáre ako u noža č. 6 ( $\alpha = 4^\circ$ ); preto smerodajné sú údaje v tab. IV.

U nožov č. 3 a č. 5 sa uhol chrbta rovná  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ , pričom sa dosiahli u noža č. 3 pomerne dobré výsledky, ale kvalita odvetvovania bola veľmi zlá. Takže tento spôsob riešenia neprináša očakávané výsledky. Vplyv rezného uhla na veľkosť  $F_{SPMAX}$  je na obr. 7.

Štatistické vyhodnotenie nameraných hodnôt (rezných síl) pre jednotlivé skúšané nože bolo vykonané tiež v programovacom systéme STATGRAPHICS na osobnom počítači.

VYHODNOTENIE V PROGRAMOVACOM SYSTÉME STATGRAPHICS

Štatistické vyhodnotenie nameraných hodnôt (rezných síl) pre jednotlivé skúšané nože bolo vykonané tiež v programovacom systéme STATGRAPHICS na osobnom počítači 386 Copam.



7. Vplyv rezného uhla na veľkosť maximálnej reznej sily pri konštantnom uhle chrbta  $\alpha = 7^\circ$  – The effect of the cutting angle on the magnitude of maximum cutting force at a constant cutting angle  $\alpha = 7^\circ$

IV. Vplyv uhla chrbta na  $F_{spMAX}$  – The effect of the back edge angle on  $F_{spMAX}$

Uhol chrbta <sup>1</sup>	Uhol rezu <sup>2</sup> $\delta = 15^\circ$		Uhol rezu <sup>2</sup> $\delta = 20^\circ$	
	$F_{spMAX}$		$F_{spMAX}$	
	(N.mm <sup>-2</sup> )	(%)	(N.mm <sup>-2</sup> )	(%)
4	5,86	83,24	4,98	62,64
7	5,67	80,54	4,70	59,12
15	6,32	89,77	7,39	92,96
30	7,04	100,00	7,95	100,00

<sup>1</sup>back edge angle, <sup>2</sup>cutting angle

Bola použitá jednofaktorová analýza rozptylu (One-Way Analysis of Variance). Procedúra analyzuje vplyv jedného kvalitatívneho faktora (maximálna merná rezná sila  $F_{spMAX}$ ) na jednu vysvetľovanú premennú (číslo noža). Do procedúry do poľa Data panelu One Way Analysis of Variance vstupuje numerický vektor pre vysvetľovanú premennú. V poli Range test je možnosť zadať nasledovné druhy testov: Conf. Int. – intervaly spoľahlivosti, LSD – najnižší významný rozdiel, Tuky – test Tukeyho, Scheffe – test Scheffeho.

V štandardnej tabuľke analýzy rozptylu sa zobrazí:

- suma štvorcov odchýlok (Sum of squares) medzi skupinami (Between groups), vo vnútri skupín (Within groups) a v celom súbore (Total),
- počty stupňov voľnosti (d. f.),
- priemerné odchýlky (Mean square) pre jednotlivé variability,
- štatistika, ktorá má  $F$  – rozdelenie ( $F$ -ratio) s počtom stupňov voľnosti  $k-1$  a  $n-k$ ,
- spoľahlivosť (Sig. level) pre test o významnosti rozdielov medzi jednotlivými skupinami STATGRAP-HICS umožňuje zobraziť tabuľku a graf.

1. Means table – tabuľka priemerných hodnôt (Average) vysvetľovanej premennej podľa hodnôt faktorovej premennej spolu s početnosťami (Count), hodnotami štandardných chýb vnútorných (Std. Error, Internal) a spoločných [Std. Error (pooled S)] s intervalmi spoľahlivosti pre priemery (95 Percent Confidence intervals for mean) – spoľahlivosť 95 % bola zadaná v poli Confidence level.

2. Means plot – zobrazí sa graf intervalov spoľahlivosti pre priemerné hodnoty podsúborov podľa faktorov so spoľahlivosťou zvolenou v poli Confidence level a pre zvolený druh testu v poli.

V tab. One-Way Analysis of Variance (grafický monitor) je možné so spoľahlivosťou 95 % konštatovať, že rozdiely v priemernej hodnote maximálnej reznej sily  $F_{spMAX}$  sú štatisticky významné.

Z tabuľky vyplýva:

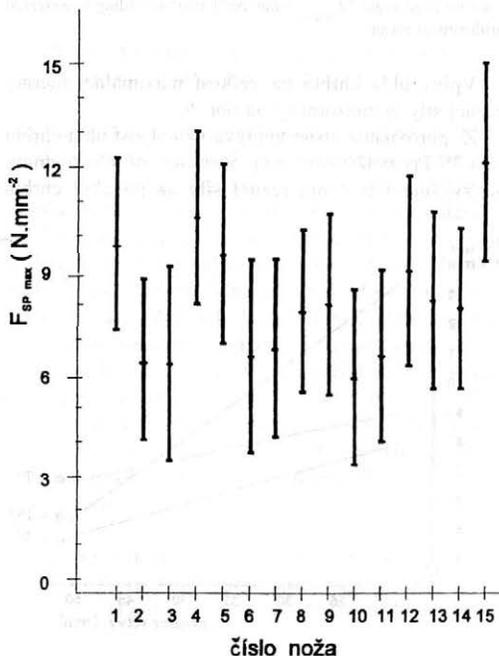
- priemerná variabilita medzi skupinami, vysvetlená faktorovou premennou cismes, bola 24,824700,
- priemerná variabilita v skupinách bola 13,739152,
- kritická hodnota  $F$  – štatistiky s počtom voľnosti 14 a 110 na hladine významnosti 0,05 (resp. 95 %) je v tabuľkách kvantilov  $F$  rozdelenia číslo menšie ako 2,0. Prijímame alternatívnu hypotézu, lebo vypočítaná  $F$  – štatistika ( $F$ -ratio) má väčšiu hodnotu,

t. zn., že priemerné hodnoty merných rezných síl sú významne rozdielne,

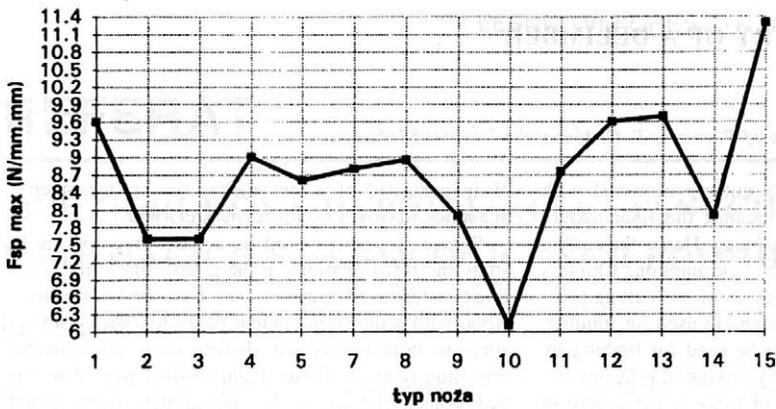
- tento záver potvrdzuje aj hodnota Sig. level (0,0461). Platí, že alternatívnu hypotézu o významnosti rozdielov medzi priemermi skupín prijímame vtedy, keď Sig. level je číslo menšie ako zvolená hladina významnosti, v danom prípade 0,05.

V tabuľke priemerných hodnôt (grafický monitor) v prvom stĺpci máme číslo nožov, v druhom stĺpci počet nameraných hodnôt, vo štvrtom a piatom stĺpci štandardné chyby a v šiestom a siedmom stĺpci dolné a horné hranice intervalov spoľahlivosti pre priemery podľa zvoleného druhu testu (Range test = Conf. Int.) a zadanej spoľahlivosti (Confidence level = 95 %).

Po prezretí tabuľky bol z ponuky vybraný graf Means plots (graf intervalov spoľahlivosti) – obr. 8. Na grafe sú vykreslené 95% intervaly spoľahlivosti maximálnych merných rezných síl  $F_{spMAX}$  pre jednotlivé nože č. 1 až 15. Z grafu je zrejme, že nôž s najlepšou



8. Maximálne merné rezné sily pre nože č. 1–15 – Maximum specific cutting forces for tools no. 1–15



9. Maximálna rezná sila  $F_{sp}^{spMAX}$  v závislosti na type noža pri hrúbke vetiev 30 mm – Maximum cutting  $F_{sp}^{spMAX}$  as depending upon the type of tool at branch diameter of 30 mm

geometriou je č. 10, ktorý má nasledovné parametre:  $\delta = 20^\circ$ ,  $\alpha = 4^\circ$ ,  $h = 2$  mm,  $s = 15$  mm,  $\rho = 0,02$  mm.

Využitie programového systému STATGRAPHICS umožnilo ďalšie grafické spracovanie nameraných údajov. Graf na obr. 9 vyjadruje závislosť maximálnych merných rezných síl  $F_{sp}^{spMAX}$  na type noža pri hrúbke vetiev 30 mm. Je možné konštatovať, a graf to potvrdzuje, že nôž č. 10 má optimálnu geometriu.

## ZÁVER

Odvetvovanie klinovým nožom bez tvorenia triesky je sprevádzané značnou deformáciou dreva v rovne rezania, t. j. v mieste kontaktu s čelom noža ako aj v zóne, ktorá susedí s touto rovinou. Z teórie beztrieskového rezania je známe, že hlavnou zložkou odporu pri vnikaní noža do dreva je predovšetkým odpor vlákien voči deformácii. Pritom trecia sila (zložka odporu) na plochách noža je funkciou sily odporu deformácii, jej veľkosť je závislá od veľkosti koeficientu trenia.

Veľičina reznej sily, ktorá pôsobí v smere vektora rýchlosti, je výslednicou všetkých zložiek síl odporu, ktoré pôsobia na rozličné časti noža tvoriace jeho rezný profil (čelo, chrbát, ostrie – fazetka).

Zvláštnosťou nožov určených pre zrezávanie vetiev silovou metódou je nevyhnutné spojenie efektívneho rezania s kopřovacou schopnosťou nožov v procese premiestňovania po povrchu obrábaného kmeňa. Veľkosť energetických strát je významným faktorom pri výbere optimálnej hodnoty uhla na chrbtovej strane noža, ale nemôže sa považovať za rozhodujúci v konštrukcii odvetvovacích strojov. Ako ukázali výskumy, záporný uhol chrbta  $\alpha$  zväčšuje deformáciu vlákien dreva, nachádzajúcich sa pod reznou rovinou, a tým následne rastie rezná sila a energetická náročnosť. Preto doporučujeme uhol  $\alpha_{max} = 4^\circ$ , pokiaľ sa ešte tento vplyv výrazne neprejavuje.

Experimenty ukázali a vyhodnotenie potvrdilo, že najvhodnejšia geometria sa javí u noža č. 10 –  $\alpha = 4^\circ$ ,  $\delta = 20^\circ$ ,  $h = 2$  mm,  $s = 15$  mm,  $\rho = 0,02$  mm, preto výrobcom odvetvovacích strojov doporučujeme použiť danú geometriu nástroja.

## Literatúra

- GOLOD, J. G., 1987. Eksperimentálne issledovanija sumamnoj vnešnej nagruzki na protaskivajuščij mechanizm sučko-reznych mašin. In: Voprosy mehanizacii lesosečnych rabot. Chimki, Trudy CNIIME: 38–45.
- MACDONALD, A. J., 1993. Review of mechanical delimiters in Western Canada. FERIC, Technical Report No TR-93, Vancouver: 27.
- PRELOVSKIJ, B. N., 1974. Eksperimentálne issledovanije procesa srezanija sučjev. Chimki, Trudy CNIIME, 140: 54–61.
- RADOCHA, M. – MANDALÍK, J. – LUBEK, J., 1986. Biotechnické charakteristiky stromov a matematické modelovanie parametrov zariadení na ich spracovanie. [Výskumná správa.] Zvolen, VÚLH: 54.
- SOKOLOV, V. N. – LEONOV, A. L., 1987. Kačestvo mašinnoj obrezki sučjev. In: Voprosy mehanizacii lesosečnych rabot. Chimki, Trudy CNIIME: 46–51.
- ŠIPIILIN, A. N., 1967. Eksperimentálne issledovanije procesa srezanija sučjev pri silovom rezaniji. Chimki, Trudy CNIIME, 79: 60–77.
- VORONICYN, K. J. – GUGEL'EV, S. M., 1989. Mašinnaja obrezka sučjev na lesoseke. Moskva, Lesnaja promyšlennost': 272.
- VOSKRESENSKIJ, S. A., 1955. Rezanije drevesiny. Moskva, Goslesbumizdat: 200.
- ZACHARENKOV, F. E., 1963. Analitičeskij sposob rasčeta maksimal'nogo soprotivlenija rezanija pri silovom metode obrezki sučjev. Les. Ž.: 68–76.

Došlo 24. 2. 1995

## STUDY OF GEOMETRY OF A DELIMBER

M. Mikleš

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

In the course of chipless cutting of wood with a wedge tool in a direction against the fiber texture large cutting forces come into being. Hence the cutting process requires great energy consumption. Chipless limbing is one of the specific cases of this cutting process. Tools of complicated design are used for limbing. A specific feature of tools to be used for limbing by the static method is a necessary linking of efficient cutting with the feeling ability of tools in the course of their movement on the surface of the stem treated.

Limbing with a wedge tool as a chipless operation is accompanied by a large deformation of wood in the cutting plane, i. e. at the spot of contact with the tool face as well as in the zone adjacent to this plane. The theory of chipless cutting says that the resistance of wood fibers to deformation is particularly the main component of resistance to the tool penetration into wood. The friction component (resistance component) on the tool surfaces is a function describing resistance to fiber deformation, its magnitude depending upon the value of friction coefficient. The magnitude of cutting force acting in a direction of the velocity vector is a resultant of all resistance component acting on the particular parts of the tool which make up the cutting profile (face, back edge, cutting edge). In the present paper force analysis is presented for the operation of a delimeter.

A special equipment was assembled for experimental tests making it possible to study a limbing process in laboratory conditions and to measure cutting forces, which shows up the high energy requirement of the cutting operation. A framework stand was used, the cutting tool – a delimeter was driven by a straight hydraulic motor. The tool is replaceable, it moves in the guide against the fixed specimen, an unlimbed block of wood. The drive and change in the hydraulic engine speed are provided by a hydraulic unit. The measuring

chain consisted of a tensometric sensor, tensometric apparatus M-1000, oscilloscope OPD-600.

Spruce wood was used as a basic tree species to study the force relations in the course of cutting. Cutting resistances of branches were measured in fresh-cut wood with a moisture content of 40 to 70%. With respect to branch diversity, before each experimental operation (cutting) these characteristics were determined: branch diameter in the cutting plane (outside and inside bark), angle between the branch axis and the normal to the cutting speed vector, and the branch setting was described if irregular. Fifteen tools of different geometry, characterized in the paper, were tested in the course of cutting. The goal was to determine optimum geometry of the tool. The magnitude of maximum cutting force (or specific cutting force) was calculated under identical cutting conditions.

As part of research, we investigated the effect of the angle of tool cutting edge on the magnitude of maximum cutting force, the effect of the back edge angle and cutting angle of the cutting tool on the magnitude of maximum cutting force. Statistical processing of recorded values (cutting forces) for the different tools tested was also done applying the program system STATGRAPHICS on a personal computer. The use of this program with a graphic output has indicated that the tool with the most appropriate geometry has the following parameters: cutting angle  $\delta = 20^\circ$ , back edge angle =  $4^\circ$ , edge height  $h = 2$  mm, edge radius = 0.02 mm at tool thickness  $s = 15$  mm.

The objective of these experimental tests was to minimize energy requirement for limbing through determination of optimum geometry of delimeters while providing for the good quality of limbing.

forest harvest; delimeter; delimiting tool; tool geometry

---

### Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Milan Mikleš, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

---

# REFERÁT

## MEDZIDRUHOVÁ HYBRIDIZÁCIA LESNÝCH DREVÍN V MENIACICH SA EKOLOGICKÝCH PODMIENKACH

L. Greguss

*Lesnícky výskumný ústav, Výskumná stanica, 969 23 Banská Štiavnica*

Práca sa zaoberá úvahami o možnostiach použitia medzidruhovej hybridizácie lesných drevín ako nástroja za zmiernenie negatívneho dopadu súčasných drastických zmien prírodného prostredia na lesné ekosystémy. Deštruktívne antropogénne zásahy do biosféry a do prírodného prostredia nadobúdajú v poslednom období v globálnom meradle takých hrozivých rozmerov, že ich negatívne účinky hrozia kolapsom vyšších foriem rastlinného života na našej planéte. Deštrukcia lesných ekosystémov prebieha takou rýchlosťou, na ktorú rastliny nie sú schopné v rámci svojich prirodzených evolučných možností adekvátne reagovať. Zastavenie alebo prinajmenšom spomalenie deštrukcie je možné iba za predpokladu aktívneho zásahu do evolučných procesov. Hybridizácia – predovšetkým medzidruhovú – je v súčasnosti relatívne najprístupnejším a metodicky najrozpracovanejším postupom vedúcim k rozšíreniu genetickej diverzity potomstiev. Tieto disponujú v porovnaní s východiskovými druhmi zvýšenou flexibilitou a adaptačnou schopnosťou k zmeneným ekologickým podmienkam.

hybridizácia; šľachtiteľské metódy; premenlivosť; odolnosť; evolúcia; adaptácia; diverzita

### ÚVOD

Medzidruhovú hybridizáciu je jednou zo šľachtiteľských metód, ktorá môže byť použitá buď samostatne, alebo (najčastejšie) v spojení s inými šľachtiteľskými metódami. Okrem toho sa hybridizácia často používa aj k iným účelom, ako je napr. šľachtenie lesných drevín. Je to užitočný nástroj pre taxonomický výskum, pretože fylogenetické affinity sa môžu odrážať v produkcii semien a v životnosti a zdatnosti potomstiev (Critchfield, 1967, 1988; Hawley, De Hayes, 1965; Kormuňák, 1984, 1985; Wright, 1955).

Ak je hybridizácia zaradená do šľachtiteľského programu, môže poskytnúť príležitosť k výhodnej kombinácii vlastností, aká sa u čistých druhov nevyskytuje, ako je napr. tolerancia a odolnosť voči abiotickému a biotickému ohrozeniu spolu s aspoň priemerným rastom.

V iných prípadoch sa od hybridizácie očakáva heterózy rast.

Medzidruhovú hybridizáciu ako šľachtiteľskú metódu v mnohých ohľadoch vyvoláva medzi šľachtiteľmi lesných drevín sny o pozoruhodných úspechoch. Zdá sa to opodstatnené, keď uvážime napr. rozsah genetickej premenlivosti, ktorá je v rodoch *Pinus* a *Populus*. Okrem toho nové techniky slúžiace na prekonanie bariér nekrížiteľnosti medzi druhmi umožňujú ľahší prístup k fantastickému množstvu génových kombinácií.

Napriek takémuto zrejmému potenciálu na pretvorenie našich hospodárskych drevín sa medzidruhovú hybridizáciu iba zriedka uplatňuje v šľachtiteľských programoch. Podľa Fowlera (1978) je viac dôvodov, pre ktoré hybridizácia neplní predpokladané ciele. Najdôležitejší z nich je, že máme aj lepšie alebo ekonomickejšie spôsoby vedúce k dosiahnutiu tých istých cieľov. Heteróza alebo hybridná zdatnosť medzidruhových alebo medziprovenienčných hybridov je skôr výnimkou ako pravidlom. Genetická diferenciacia medzi druhmi ako aj medzi oddelenými populáciami jedného druhu vzniká obyčajne evolučnou adaptáciou k lokálnym podmienkam (Falconer, 1975). Kríženie týchto druhov alebo populácií narušuje vysoko vyvinuté, avšak rozdielne adaptívne systémy a tak sú často výsledkom hybridov, ktoré sú menej spôsobilé ako oba rodičovské druhy. Táto redukovaná fitness sa často prejavuje v zníženej semenovitosti, vo zvýšenej frekvencii abnormálnych alebo podradnejších semenáčikov a v zníženej vitalite.

Ďalší argument proti hybridizácii ako alternatíve k iným šľachtiteľským prístupom je väčšia komplexnosť hybridizačných šľachtiteľských stratégií (Shelborne, 1969) a nižšia možnosť predvídať výsledky ako dôsledok nedostatku overenej genetickej teórie týkajúcej sa medzidruhových hybridov (Stuber, 1970).

### ZÁKLADNÉ PREDPOKLADY

Lester (1973) sa pokúsil o ucelený prehľad teoretických poznatkov hodnotiacich výsledky medzidruhovej hybridizácie. Konštatuje, že výsledky kríženia je

ťažko predpovedať a priori. Poznatky vzorcov dedičnosti a genetickej premenlivosti získané z vnútrodruhového šľachtienia sú často málo platné, keď vznikajú nezvyklé nové génové kombinácie. Okrem toho súbor genotypov  $F_1$  získaných šľachtiteľom môže byť redukovaný gametickou alebo genotypickou selekciou voči určitej kombinácii génov. Redukcia tvorby semien pri medzidruhovom krížení je iste bežná, ale uvedený autor nemohol uviesť príklad výskumu lesných drevín, ktorý by pojednával o tom, či skutočný súbor životaschopných genotypov je náhodným alebo posunutým vzorom potenciálneho súboru. Grant (1967) vyslovil hypotézu, že je základná väzba medzi génmi ovládajúcimi morfológiu rastlín a génmi zodpovednými za rast a vitalitu. Možno že väčší záujem zo strany šľachtiteľov o detaily morfolologickej premenlivosti  $F_1$  hybridov by prispel k jasnejšiemu obrazu, aké genetické kombinácie skúšame.

V schémach viacgeneračného šľachtienia vo vzťahu k veľkosti potomstva  $F_1$  je dôležitá otázka výberu.  $F_1$  sa tradične považuje za relatívne geneticky uniformnú. Zatiaľ čo tento predpoklad platí pre silne homozygotné poľné plodiny, všeobecne predpokladáme, že lesné drevíny sú heterozygotné a že znaky, ktoré nás zaujímajú, sa dedia polygénne, pričom mnohé lokusy sa pravdepodobne rekombinujú v rámci väzbových skupín. Preto u lesných drevín od každého rodiča môžu pochádzať početné geneticky rozdielne gamety a tak je možný veľký počet hybridných genotypov. Za týchto okolností pre adekvátnu vzorku genotypov  $F_1$  sa budú pravdepodobne požadovať oveľa väčšie potomstvá  $F_1$  ako navrhuje Wright (1964). Publikované údaje dokazujú rozsiahlu premenlivosť medzidruhových hybridných potomstiev  $F_1$  *Picea omorika* x *jezoensis* (Langner, 1970), *Populus deltoides* x *alba* (Knox et al., 1972), *Ulmus rubra* x *pumila* (Lester, Smalley, 1972) a *Abies* sp. (Greguss, 1988, 1992, 1994). Pokusy zamerané na odhad komponentov variance medzi potomstvami a v rámci potomstiev  $F_1$  by umožnili upresniť výber počtu rodičov a voľbu veľkosti potomstiev potrebných pre medzidruhové šľachtiteľské hybridizačné programy.

## $F_1$ HYBRIDY

Keď sa pozeráme na hybridy  $F_1$  predovšetkým ako na produkty šľachtienia pre hospodárske využitie v lesníctve, môžeme konštatovať, že počet medzidruhových kombinácií považovaných za cenné pre bezprostredné zlepšenie je nápadne malý. Možno že šľachtitelia príliš zdôrazňujú jednostranné hodnotenie hybridov. Heteróza potomstva, presahujúca výkonnosť oboch vnútrodruhových potomstiev, nebýva bežným výsledkom medzidruhovej hybridizácie. Hoci genetická diverzita medzi rodičmi je predpokladom pre heterózu, predpoveď heterózneho prejavu ostáva prinajlepšom vysoko špekulatívna. V niektorých prípadoch hybridný prejav môže byť dokonca horší ako prejav vnútrodruhového potomstva, ako to ilustruje vzťah k *Hypoxylon pruina-*

*tum* (Klotzsch) Cke. u potomstiev *Populus tremuloides* x *grandidentata* (Lester, 1973).

Keď sa uvažuje s viacerými vlastnosťami, vtedy sa častá intermediarita  $F_1$  hybridov javí v odlišnej perspektíve. Ideálne by bolo, keby v hybridoch dominovali najžiadúcejšie vlastnosti každého rodičovského druhu. Dokonca pri intermediarite všetkých znakov ich súhrn môže vyústiť do vynikajúceho zlepšenia. Klasickým príkladom sú kórejské skúsenosti s *Pinus* x *rigida*, u ktorej intermediarita rýchlosti rastu, tvaru kmeňa a mrazuvzdornosti predstavuje veľkú prednosť v kvalite porastu (Hyun, 1972). Naproti tomu intermediarita dekoratívnych znakov a odolnosti brestových hybridov dáva potomstvá bez praktického hospodárskeho významu (Lester, Smalley, 1972).

## VIACGENERAČNÉ ŠĽACHTENIE

Keď posudzujeme výhľady medzidruhovej hybridizácie v ďalších generáciách, tie sú ovplyvnené genetikou štruktúrou rodičov. Klasická predstava formulovaná Mendelom je, že počas meiózy  $F_1$  hybridov sa gény rekombinujú a miešajú nezávisle a v generácii  $F_2$  dávajú širokú škálu genotypov. Teoreticky by sa v prímerné veľkej generácii  $F_2$  mali objaviť všetky možné génové kombinácie, hoci umiestnenie adekvátnej  $F_2$  populácie dostatočne diverzných rodičov môže vyžadovať väčšiu plochu, ako je k dispozícii na povrchu zemskej. Klasický obraz voľnej kombinovateľnosti je prakticky modifikovaný väzbou a pôsobením génov. Mechanizmus meiózy znižuje rekombináciu génov na zlomok množstva predpokladaného pre náhodnú kombinovateľnosť každého lokusu. Výsledkom je nenáhodné rozdelenie genotypov, čo bolo popísané ako rekombináčne vreteno (recombination spindle) vo viacrozmerom priestore potenciálnych génových kombinácií.

Ako modelový prípad predpokladajme, že sa dva druhy odlišujú v 100 génoch. Potom  $F_2$  populácia z  $F_1$  medzidruhových hybridov by obsahovala iba tri rozdielne genotypy, ak sa vyskytuje iba jedna nekombinujúca väzbová skupina a  $3^{100}$  ( $= 5,154 \cdot 10^{47}$ ) genotypov, ak každý rozdielny gén bol na rozdielnom chromozóme. Iný pohľad na mechanické obmedzenie genetikých rekombinácií predstavuje kalkulácia s haploidným počtom chromozómov 12 a priemerným počtom chiazmat na chromozóm dve až tri (predpoklad celkom zhodný s disponibilnými informáciami o ihličnanoch). Súdržná tendencia viacfaktorovej väzby so 100 génovými rozdielmi medzi druhmi zníži rekombinácie na menej ako 1/500 000 množstva potenciálnych voľných kombinácií ( $= 1,0308 \cdot 10^{42}$ ) (Anderson, 1949). (Wright porovnával u smrekov 32 rozdielnych znakov:  $3^{32} = 1,853 \cdot 10^{15}$ , resp. 3 706 040 378.)

Pleiotropia – alebo vplyv jedného génu na viac znakov – môže tiež komplikovať tvorbu požadovaných kombinácií znakov. Predpoklady testov, ktoré by umožnili rozlíšiť väzbu a pleiotropiu pre väčšinu génov u lesných drevín, by boli ťažké, ak nie nemožné.

Nenáhodná eliminácia gamet alebo genotypov je ďalší obmedzujúci faktor. Inkompatibilita alebo genetická nerovnováha zahrňujúca chromozómy, gény, cytoplazmu, plastidy a vzťahy medzi embryom a endospermom u  $F_1$  hybridov môžu blokovať realizáciu niektorých génových kombinácií. Asi 50 % jedincov získaných kríženním napr. *Populus deltoides* x *alba* boli popísané ako nanizmy alebo málo vitálne (Knox et al., 1972). Aj medzi nanizmami sa môžu vyskytovať užitočné kombinácie génov, ale asi by bolo ťažké ich rozoznať.

Hoci je sterilita  $F_1$  hybridov prekážkou ďalšieho šľachtenia, môže byť užitočným výsledkom, ak je cieľom šľachtenia  $F_1$ . Našťastie nebýva väzba medzi sterilitou a zníženou životnosťou alebo vegetatívnym rastom. Tento jav môže byť zvlášť dôležitý, ak je potenciálnym problémom genetická kontaminácia susedných porastov alebo kultúr.

Výpadok hybridov  $F_2$  môže ďalej obmedziť prístup k žiadaným kombináciám génov. Nedostok hybridov môže byť opäť výsledkom vegetatívnej slabosti alebo sterility. Výskyt genetickej nerovnováhy v nasledujúcich generáciách viedol k početným genetickým interpretáciám. Tieto interpretácie umožňujú sumarizovať predstavy o stavbe dedičnej hmoty a načrtnúť obrysy dôsledkov pre medzidruhovú hybridizáciu drevín. Treba uvažovať s tromi úrovňami organizácie: génovou, chromozomálnou a genomickou. Vrátiac sa najprv k princípu voľnej kombinovateľnosti, hovoríme, že nezdar  $F_2$  je výrazom alebo disharmonickej interakcie medzi génni v nových kombináciách vzniknutých pri meióze, alebo medzi génni a cytoplazmou  $F_1$  hybridov. Táto interpretácia kladie dôraz na gény a môže zahrňovať špecifické lokusy spôsobujúce nezdar  $F_2$ . V iných prípadoch nezdaru  $F_2$  párenie nehomologických chromozómov je dôsledkom druhových rozdielov v usporiadaní chromozómov a zdôrazňuje sa chromozomálna úroveň organizácie. Tretia úroveň interpretácie, ktorej sa venuje v hybridizačných štúdiách najmenšia pozornosť, je predstava, že u väčšiny druhov je genóm silne integrovaný koadaptívnymi génovými komplexami. Neživotnosť hybridov je potom dôsledkom narušenia životne dôležitých génových komplexov.

K ilustrácii potenciálneho významu koadaptívnych génových komplexov predpokladáme, že dva druhy sa líšia alelicky v piatich neviazaných génoch zodpovedných za prežitie na daných stanovištiach. Ak sú alely koadaptované na tvorbu súdržných génových komplexov, predpokladá sa, že 97 % segregantov  $F_2$  bude geneticky nevyrovnaných a iba 3 % budú mať zachované kombinácie rodičovské alebo  $F_1$ , potrebné pre primeraný vývoj na hybridnom stanovišti alebo na oboch rodičovských stanovištiach (Grant, 1971). Väzba a oslabená súdržnosť medzi génovými komplexami bude znižovať stratu  $F_2$ , zatiaľ čo zvýšené počty génových rozdielov zvýšia stratu  $F_2$ . Výsledky medzidruhovej hybridizácie veľkého množstva rastlín boli interpretované ako dôkaz pre koadaptované génové komplexy (Clausen, Hiesie, 1960; Nielson, Smith, 1968; Grant,

1967). Bohatstvo údajov o ekotypickej premenlivosti naznačuje možnosť, že adaptívne génové komplexy sa vyskytujú u väčšiny lesných drevín, ale  $F_2$  populácie, ktoré by to potvrdili, sú málo prístupné.

Genetické dôsledky obmedzení súborov génových kombinácií možno zhrnúť v zmysle zmien rozdelenia početností predpokladaných v generácii  $F_2$ . Obyčajne predpokladáme relatívne uniformnú generáciu  $F_1$  a veľkú diverzitu v  $F_2$  a nasledujúcich generáciách. Pri voľnej kombinovateľnosti je objavenie sa rodičovských typov v  $F_2$  možné, hoci nepravdepodobné, iba ak by bol počet rozdielnych génov malý alebo populácia veľmi veľká. Väzba a pleiotropia znižujú ostrosť rozdelenia početností a dávajú transgresívne rozdelenie. Nenáhodná eliminácia gamet alebo genotypov má menej predpovedateľné efekty, hoci pri nenáhodnom rozdelení zahrňujúcom génové, chromozomálne alebo genómové úrovne organizácie možno predpokladať zvýšenie frekvencie genotypov, ktoré sa vernejšie podobajú rodičovským druhom. Možno, že zvýšený stupeň výpadku hybridov sa prejaví najprv v plochom (platykurtic) rozdelení početností, potom v bimodálnom rozdelení, až v extrémnom prípade sa môžu objavovať iba typy (Lester, 1973).

## ŠĽACHTITEĽSKÉ METÓDY

Pre lesné dreviny je málo publikovaných detailných štúdií, z ktorých sa dá usudzovať na možnosti rôznych metód šľachtenia v ďalších generáciách. Teoreticky predpokladáme veľkú premenlivosť v  $F_2$  populácii, určité zníženie heterózy, ak sa heteróza vyskytla v  $F_1$ , a nenáhodné súbory genotypov v prípade genetickej nerovnováhy. Neočakáva sa, že by  $F_2$  populácie mohli byť príliš užitočné pre lesné hospodárstvo, hoci negenetické dôvody – ako náklady na produkciu semena  $F_1$  hybridov – môžu zvýšiť príťažlivosť zberu semena  $F_2$  z hybridných porastov. Príkladom na aktuálne využitie  $F_2$  je málo. Pre *Pinus x rigitaeda* v Kórey relatívna výkonnosť rodičovských druhov,  $F_1$  hybridov, spätných krížencov a populácií  $F_2$  je tesne viazaná ku klíme stanovišťa. Heteróza sa spomína v  $F_2$  populáciách iba v južnej Kórey, kde mierne podnebie pravdepodobne dovoľuje rozvoj segregantov podobnejších *Pinus taeda*, citlivejších k mrazom (Hyun, 1972). Takže prostredie, v ktorom majú byť hybridy použité, môže diktovať stratégiu hybridizácie.

Ak je potenciálne možné vegetatívne rozmnožovanie, viacgeneračné kríženie sa stáva bezprostredne atraktívnejším. Vývoj a využitie požadovaných génových kombinácií je potom limitované iba obmedzeniami genotypových súborov, ktoré má šľachtiteľ k dispozícii. Pri hybridných kombináciách vhodných pre vegetatívne množenie môže byť jednou z možností šľachtenie pre transgresívnu segregáciu.

Iná metóda viacgeneračného šľachtenia, azda použiteľná v šľachtení lesných drevín, je prenos génov spätným krížením. Metóda je najúčinnnejšia vtedy, keď

znak, ktorý má byť prenesený, má vysokú heritabilitu. Ako to ilustruje úspech prvých spätných krížení *Pinus x rigitaeda* s *P. rigida*, netreba požadovať rozsiahle spätné kríženia (H y u n, 1972). Naopak – prvé spätné kríženia *Castanea* sp., u ktorých je odolnosť voči chorobe znakom, ktorý mal byť prenesený, nedali hospodársky využiteľné potomstvá, hoci sa našli sľubné jedince (C l a p p e r, 1952). Tu je znovu zjavná užitočnosť vegetatívneho množenia ako prostriedku využitia hodnotných kombinácií génov z prechodných stupňov hybridizácie.

Možno by nám detailné štúdium introgresívnej hybridizácie pomohlo prezradiť niečo z potenciálu pre spätné kríženie. Žiaľ, je málo údajov o detailnom sledovaní smeru toku génov v prirodzených hybridných útvaroch. Analýzou borovic na jednom mieste v Louisiane N a m k o o n g (1963) zistil, že obmedzením poškodzovania stanovišťa (obmedzenie pastvy a zlepšenie ochrany pred požiarmi) sa znížilo zastúpenie medzidruhových hybridov a že tok génov prebiehal od hybridov k obom rodičovským druhom.

K a ň á k (1983, 1984) prisudzuje vznik náhorneho ekotypu borovice lesnej v pohoríach strednej a južnej Európy („stožeká lokálna populácia“) (H l a d i l i n, 1982) introgresívnej hybridizácii *Pinus sylvestris* s taxónmi komplexu *Pinus mugo*. Divergenciu variability pripisuje dlhodobej stabilizácii následkom introgresie oboch druhov edaficky podmienenou disruptívnou selekciou. Udržanie nápadne širokej škály genotypov z medzidruhovej hybridizácie bolo zaznamenané pre duby v strednej Kalifornii, hoci nie ako dôsledok zreteľnej adaptácie (B e n s o n et al., 1967). V danom prípade zachovanie širokej škály genotypov bolo podmienené vysokou variabilitou prírodných podmienok, prístupných v relatívne malých vzdialenostiach, ktoré zrejme poskytli vhodné stanovište pre väčšinu genotypov. Pre medzidruhové hybridy červeného a čierneho smreka bolo zaznamenané viacgeneračné prirodzené kríženie, ale snáď s menším tokom génov smerom k rodičovským druhom ako v prípade dubov a borovic (M a n l e y, 1972).

Z uvedeného je zjavné, že akákoľvek paušálna interpretácia výsledkov hodnotenia tej alebo onej hybridnej kombinácie bez prihliadnutia ku konkrétnym podmienkam prostredia, v ktorých sa overuje, by bola hrubou chybou a mohla by viesť k nesprávnym záverom.

#### KVANTITATÍVNA GENETIKA V MEDZIDRUHOVEJ HYBRIDIZÁCI

Doteraz sa venovalo málo pozornosti teórii, odhadu alebo prospešnosti parametrov kvantitatívnej genetiky v medzidruhovej hybridizácii. Základnou praktickou otázkou je stanovenie celkovej genetickej variácie a jej rozdelenia medzi aditívne a neaditívne typy. Doteraz chýbajú štúdie medzidruhovej hybridizácie, v ktorých by boli publikované podobné odhady. Krížence proveniencií škandinávskych a stredo európskych

smrekov mali špecifickú kombinačnú schopnosť od vysokej pre hmotnosť rastlín po nulovú pre zakladanie púčikov (N i l s s o n, A n d e r s s o n, 1970). Správy o výkone  $F_1$  hybridov z provenienčných a medzidruhových krížení u lesných drevín všeobecne naznačujú intermediaritu pre väčšinu znakov. Ibaže termín intermediarita nie je nevyhnutne synonymom pre termín rodičovský priemer. Publikované diagramy priemerých hodnôt napr. pre rodičovské druhy a  $F_1$  eukalyptov (M e r g e n et al., 1966) a borovic (M e r g e n, F u r n i v a l, 1960) poukazujú na prevážne intermediárne hybridné prejavy, avšak pre značný počet vlastností aj mnohé odchýlky od rodičovského priemeru. Priemery z takýchto štúdií nemožno interpretovať v zmysle parametrov genetickej variácie a tak ostávajú bez odhadov variácie.

Prospešnosť odhadov genetickej premenlivosti sa týka voľby šľachtiteľských metód. Keď je šľachtiteľským cieľom produkcia hybridov  $F_1$ , pre predpovedanie pokroku každej z opakujúcich sa selekčných schém sa požadujú odhady aditívnej variácie v rámci každej rodičovskej populácie. Pre takéto šľachtiteľské prístupy je k dispozícii rozsiahla literatúra o rôznych rysoch ekonomického záujmu u mnohých lesných drevín. Pre selekciu v rámci  $F_1$  sa dajú odvodiť odhady aditívnej variácie, ale tie môžu byť silne odklonené uzavrenou dominantnou variáciou (S t u b e r, 1970). Lester (1973) usudzuje, že odhady potenciálneho selekčného pokroku medzidruhových hybridov  $F_1$  neboli dosiaľ robené. Údaje o tom, čo môžu šľachtitelia očakávať od aditívnej genetickej variácie alebo realizovaných genetických ziskov v hybridizačných programoch, by boli užitočné ako vodítko k hodnoteniu alternatívnych šľachtiteľských prístupov.

#### HYBRIDY A PROSTREDIE

Po úspešnom objasnení potenciálnych problémov reprodukčnej biológie medzidruhovej hybridizácie sa šľachtiteľ môže zamerať na úvahu o prostredí, v ktorom by mohli byť hybridy užitočné. Väčšina názorov na tento problém pochádza z predstavy, že hybridy vyžadujú hybridné prostredie. Z hľadiska odpovede na prirodzenú selekciu pre vlastnosti fitness je hypotéza hybridného prostredia plne opodstatnená. Ďalšie dve hľadiská môžu modifikovať použitie hybridov vo vzťahu k prostrediu, v ktorom sa majú použiť. Za prvé: v mnohých prípadoch, v ktorých sa odporúča medzidruhová hybridizácia, môže byť prevládajúcim zámerom pre hybridizáciu genetická ochrana proti jednému všeobecne rozšírenému činiteľovi. Ak je škodca alebo klimatický faktor nebezpečný, možno je obetovanie iných znakov oprávnené. Za druhé: môžu vzniknúť situácie, v ktorých sú kultúrnymi zásahmi eliminované podstatné zložky prírodného selekčného tlaku, takže sa hybridy môžu dobre uplatniť v novom, ale nie nevyhnutne hybridnom prostredí. Hybridy medzi druhmi rôznej schopnosti tolerovať napr. konkurujúcu vegetá-

ciu môžu byť veľmi úspešné tam, kde bola odstránená pôvodná vegetačná kompetícia. Ako príklad možno uviesť niektoré smrekovce. Podobne hybridná zdatnosť *Pinus monticola* x *strobis*, ktorá sa uvádza ako istá v Placerville (California) a Spokane (Washington), sa pokladala za neistú v kultúrach v centrálnom Wisconsin a v severnom Idahu (Bingham et al., 1956). To môže odrážať neprítomnosť určitých klimatických obmedzení na lokalitách ďalekého západu. Zimný úhyn ihlič vo Wisconsin a škody snehom v severnom Idahu boli vážnymi problémami pre hybridy. Naopak tlaky hybridného stanovišťa sa môžu lepšie využiť tam, kde genetické diferencie medzi druhmi dovoľujú adaptáciu k hlavným rozdielom v klimatických a pôdnych činiteľoch, ktoré sa vôbec nedajú ovplyvniť pestovnými opatreniami. Experimentálne dôkazy v tejto otázke by boli zvlášť užitočné, pretože rozumieme tak málo z toho, aké stanovištné činitele vyvolávajú silné selekčné tlaky na druhy a hybridy.

### ŠLACHTITELSKÉ STRATÉGIE

Brown (1972) zdôrazňuje potrebu udržiavať geneticky diverzné východiskové populácie, i keď táto potreba u všetkých druhov nemusí byť vždy zrejmalá. Odolnosť voči chorobe môže byť dosiahnutá jediným kríženním, čo zväzda užívať produkty jedného alebo mála takýchto krížení pre tvorbu následných generácií, zvlášť keď nie sú problémy s hromadným vegetatívnym množením selektovaných jedincov (napr. topoľov). Takýto prístup môže byť uspokojivý, ak je cieľom vegetatívna heteróza a ak chorobu alebo iné prídavné stanovištné činitele možno bezpečne zanedbať. Z dvoch dôvodov však treba k takýmto programom pristupovať opatrne:

1. U mnohých rodov je postavenie škodcov dynamické a riziko prenosu patogénov a hmyzu medzi pôvodne izolovanými oblasťami sa bude zvyšovať s rastom dopravy a obchodu.
  2. Hoci predpoklad, že choroba prekoná odolnosť, je pri polygénne založených rezistentných systémoch, ktoré (zdá sa) že prevládajú u lesných drevín, nepatrný, predsa treba počítať aj s touto možnosťou.
- Hoci je možná ochrana proti niektorým hmyzím škodcom biologickými metódami a proti niektorým patogénom ekonomicky a ekologicky prijateľnými chemickými prostriedkami, nádej na efektívnu prevenciu chorôb sa v mnohých prípadoch vkladá do lesníckej genetiky (Zobel in Heybroek, 1982).

Zvolená šľachtiteľská stratégia musí preto poskytnúť adekvátnu genetickú rezervu a byť dostatočne flexibilná na to, aby zdolala nové problémy, ktoré sa môžu vyskytnúť možno skôr, ako boli dosiahnuté pôvodné ciele. Pri medzidruhovej hybridizácii preto zvolená stratégia musí vyústiť do geneticky diverzného konečného produktu.

Užitočnosť hybridných stromov pre priemyselné využitie závisí od vlastností dreva ako aj od zdravotného

stavu a vzrastavosti. Našťastie vlastnosti dreva hybridov sú obvyčajne intermediárne voči rodičovským druhom, navyše môžu vykazovať väčšie diferencie vo svojom rozsahu, ako sú medzi priemerami oboch rodičov. Neistota, ktorá je častá vo vzťahu k iným vlastnostiam hybridov, sa v tomto ohľade nevyskytuje.

### ALTERNATÍVY HYBRIDIZÁCIE

Brown (1972) vidí hlavnú alternatívu medzidruhovej hybridizácie lesných drevín vo výskume a využití vnútroduhovej premenlivosti. Uvádza, že zatiaľ čo existencia diferencií medzi provenienciami je v lesníctve dávno známa, vnútroduhovej premenlivosti sa v plnom rozsahu začala venovať pozornosť oveľa neskôr. Tvrdí, že zisky, ktoré sa kedysi pokladali za dosiahnuteľné iba hybridizáciou, dajú sa často dosiahnuť selekciou vnútri čistých druhov. V rámci *Populus deltoides* bola zistená vysoká vitalita a rezistencia k *Melampsora medusae*, čo poskytlo alternatívu hybridizácii *P. deltoides* s inými topoľmi (napr. *P. nigra*). K podobným záverom dospel Fowler (1978).

### REALIZÁCIA HYBRIDIZAČNÉHO ŠLACHTITELSKÉHO PROGRAMU

Wright (1964) rozoznáva v procese zavedenia úspešných hybridov  $F_1$  do užívania štyri štádiá:

1. stanovenie krížiteľnosti,
  2. produkcia a testovanie niekoľkých vzoriek z každej kombinácie,
  3. vývoj metód masovej produkcie sadbového materiálu,
  4. stanovenie, ktoré stromy sú najvhodnejšie za rodičov.
1. Krížiteľnosť bola v rámci niektorých rodov rozsiahle skúmaná. Počiatkový neúspech pri získavaní kľúčových semien nie je spoľahlivým dôkazom nekrížiteľnosti. Veľká variabilita v účinnosti izolačných mechanizmov na úrovni jednotlivých stromov je častá (Wright, 1964), zatiaľ čo v niektorých prípadoch boli zistené veľké rozdiely medzi provenienciami a varietami (Brown, 1972).
  2. Ak je požadovaná kombinácia vlastností zriedkavá, môže byť dôležité získanie a testovanie vzoriek každej hybridnej kombinácie.
  3. Veľké pokroky sa dosiahli v riešení problému masového množenia vyšľachteného materiálu rezkovaním a explantátovými kultúrami. Zároveň však sa konštatujú pri oboch spôsoboch množenia značné rozdiely v genetickej dispozícii jednotlivých hybridov k rizogéneze (Kobliha, Pokorný, 1990; Kraňáková, Greguss, 1992). Hybridné smrekovce sa získavajú spontánnou medzidruhovou hybridizáciou. Hoci ľahkosť vegetatívneho množenia topoľov by poskytovala ideálnu možnosť pre použi-

tie selektovaných heterózných jedincov, zraniteľnosť uniformných porastov je taká vysoká, že pracovníci sa vracajú k použitiu semien z výsadiieb, založených k tomuto účelu, alebo zo semenných sádov. Treba spomenúť masové použitie kontrolovaného opeľovania, ako bolo praktizované v Kórey (H y u n , 1974). Pomerne vysoké náklady na získanie semena touto metódou sa viac ako vynahradiť hodnotou výslednej vyšfachtenej produkcie. Je nepochybné, že lepšie techniky vegetatívneho množenia a lepšie pochopenie a možnosť usmernenia sexuálnej reprodukcie môžu podstatne zlepšiť výhľady rozsiahleho využitia hybridov. Pokroky v týchto oblastiach sú podľa názoru B r o w n a (1972) významnejšie pre hybridizačné programy ako pre programy využívajúce vnútrodrohovú premenlivosť.

4. Mnohé z hybridov, ktoré boli doteraz použité, pochádzali z neselektovaných rodičovských stromov. Hoci tento postup môže byť dostatočný, ak sa hybridizácia využíva k taxonomickým alebo fylogenetickým štúdiám, je nevhodný, ak sa kríženie robí za účelom dosiahnutia zlepšenia v lesnom hospodárstve. Zdržanie zavinené skúškami predchádzajúcimi hybridizácii, ako sú provenienčné testy, bude spravidla viac ako nahradené lepšími výsledkami nasledujúcej intenzívnej a nákladnej práce. Použitie programu ako je recipročná rekurentná selekcia by v dlhodobej perspektíve zabezpečilo zlepšenie východiskového materiálu pre hybridizáciu (B r o w n , 1972).

#### EKONOMICKÉ HLADISKÁ

Význačným rysom hybridizačných programov je ich dlhodobosť. Hybridné topole je možné získať a dať k dispozícii pre komerčné využitie už v priebehu šiestich rokov, ale častejšie sa považuje za minimum 10–15 rokov, pre borovice sa počíta s 20–40 rokmi (B r o w n , 1972). L e s t e r o v (1973) program pre bresty počíta s 12 rokmi. Hoci obohatenie poznatkov môže viesť ku skráteniu trvania realizácie šľachtiteľských programov, problém ostáva vážny. Nielen príjmy z úžitkov plynúcich zo šľachtiteľskej práce sa oneskorujú, ale rastú aj riziká spojené s dlhodobosťou programov. Vysoká neistota spojená so všetkými šľachtiteľskými programami je zvlášť výrazná v hybridizačnej práci a preto treba cieľ zamerať na minimum vlastností, o ktorých sa dá predpokladať, že sa nestanú zbytočnými. Zvýšenie podielu celulózy a odolnosť sa pokladajú za spoľahlivé ciele.

Keď je cieľom heteróza, môže byť vhodné analyzovať náklady a výnosy pre odhad, aký veľký prírastok je potrebný na vyváženú nákladov šľachtenia. Analýzy rentability vnútrodrohových šľachtiteľských programov všeobecne ukázali, že malé až mierne zlepšenie rastu nahradí náklady šľachtenia (C a r l i s l e , T e i c h , 1970). Podľa L e s t e r a (1973) je pravdepodobné, že mierny rast zisku zo semenného sadu pre voľne opelené

hybridné semeno by podobne nahradil náklady. Možno by bolo rentabilné dokonca založenie semenného sadu z neselektovaných rodičov. Neistejšia je možnosť rentability pri komplexnejších šľachtiteľských programoch zahŕňujúcich opakovanú selekciu. Hoci pre mnohé druhy a pre všetky komplexnejšie selekčné schémy chýbajú údaje, z ktorých sa dá odhadnúť úžitok, odhad predpokladaných nákladov by umožnil stanoviť približnú hodnotu požadovaného zlepšenia. Niektoré šľachtiteľské programy môžu byť vysoko rentabilné. Van der M e i d e n (in B r o w n , 1972) predpokladá, že šľachtenie topofov v Holandsku, ktoré stojí ročne 100 000 guldenov, poskytne materiál, z ktorého sa získa ročná hodnota prídavného úžitku 5,5 miliónov guldenov.

Podľa B r o w n a (1972) by sa k programu hybridizácie malo pristúpiť vtedy, keď výhľady dosiahnuť požadované ciele pestovnými opatreniami alebo využitím vnútrodrohovej premenlivosti boli vyskúšané a sklimali. Iba vtedy môže byť úspešná možná interakcia žiadúcich zmien genetických vlastností a stanovištných činiteľov.

#### EVOLUČNÉ HLADISKÁ

Doterajšie úvahy o uplatnení medzidruhovej hybridizácie boli založené na ekonomických špekuláciách platných za predpokladu nenarušenej ekologickej rovnováhy alebo aspoň rovnováhy narušenej iba v nepatrnej miere, alebo lokálne.

Evolúcia lesných drevín prebiehala až donedávna výlučne pod vplyvom prírodných evolučných faktorov. Domestikačné faktory vplývali na evolúciu domácich zvierat, úžitkových a pleveľných rastlín a samotného človeka. Prípadné antropogénne tlaky na zloženie populácií lesných drevín však mávali iba dočasný alebo lokálny vplyv, takže evolúciu lesných drevín podstatne neovplyvňovali.

S rozvojom železničnej dopravy dochádza k rastu domestikovaných tlakov aj na lesné dreviny a antropogénny vplyv sa postupne stáva – hlavne v negatívnom zmysle – evolučným faktorom.

Prvý varovný signál o neúnosnosti tohoto vplyvu vyšiel v r. 1919 z Tylburgu v Holandsku, odkiaľ sa začala šíriť dovtedy neznáma choroba, grafióza brestov, spôsobená parazitickou hubou *Ophiostoma ulmi* (B u s i s m .) N a n n f ., ktorá sa tam objavila za doteraz nie úplne objasnených okolností. Nezávisle na tom, či bola choroba dovlečená z Ázie, ako predpokladá H e y b r o e k (1966), alebo vznikla mutáciou dovtedy neškodnej huby (H o l m e s , 1965), alebo dokonca hybridizáciou (K ä r i k , 1960), faktom ostáva, že prvú voľnú ekologickú niku pre svoje kalamitné pre množenie našla v porastoch brestov oslabených vojnovými udalosťami.

Odtiaľto sa epifytícia prehnila najprv celou Európou až do strednej Ázie priemernou rýchlosťou 240 km za rok (H e y b r o e k , 1966). Vyhubila pri tom najviac bresty rastúce v povodiach väčších riek, ktoré boli už predtým oslabené zmenami vodného režimu zapríčiene-

nými reguláciami vodných tokov. Neskôr bola choroba zavlečená do Severnej Ameriky, odkiaľ sa do Európy vrátil virulentnejší kmeň patogéna, ktorý zasiahol zbytky brestov, ktoré prežili prvú vlnu epifytácie. Môžeme konštatovať, že grafióza brestov spôsobila prvú interkontinentálnu ekologickú katastrofu takého rozsahu, že bresty sa stali najohrozenejším rodom drevín mierneho pásma severnej pologule.

Heybroek et al. (1982) odhadujú, že prirodzenou evolúciou by mohli vzniknúť odolné bresty v Európe a Severnej Amerike najskôr za 10 000 rokov. „Tento prirodzený proces sa dá drasticky skrátiť umelou selekciou a šľachtením a dlhodobou je toto jediná reálna odpoveď na problém grafiózy brestov.“

Po rode *Ulmus* nasledoval rod *Castanea*, ktorý zasiahla podobná epifytácia, spôsobená hubou *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr.

Rôzne negatívne vplyvy sa v druhej polovici nášho storočia stupňovali do tej miery, že sme v súčasnosti svedkami najrozsiahljšieho masového vyhladzovania druhov v biologickej histórii našej planéty. Knoll odhadol, že v priebehu posledných 400 miliónov rokov sa vyskytlo asi 10 až 15 miliónov druhov cievnatých rastlín. Z nich asi 98 % vyhynulo. To znamená priemernú stratu jedného druhu za 40 rokov. V nasledujúcich 30 až 40 rokoch hrozí vyhynutie 60 000 rastlinným druhom, to znamená asi 1 700 druhov ročne. To je 68 000-krát rýchlejšie ako kedykoľvek predtým (Leiva, 1989). Takáto prudká akcelerácia deštrukcie je predzvesťou kolapsu vyšších foriem života na našej planéte, ktorý môže nastať v dohľadnej dobe. Táto katastrofa postihuje najviac pásmo tropických lesov, ale je evidentné, že zasahuje aj do mierneho pásma. Práve tu, obzvlášť v Európe, kde je biodiverzita dokonca v porovnaní s inými vegetačnými oblasťami mierneho pásma najchudobnejšia, je nebezpečie kolapsu lesných ekosystémov mimoriadne akútne.

Na Slovensku ekosystémy 1. až 3. vegetačného lesného stupňa (vls) po ich predchádzajúcom oslabení následkom skoro úplného vyhynutia bresta poľného stoja na pokraji kolapsu spôsobeného oslabením ich edifikátorov – dubov. Od 8. vls nadol sa zase zvierajú kliešte odumierania lesov zavineného kontinentálnym znečistením ovzdušia a globálnymi klimatickými zmenami. Poškodenie zasahuje až do bučín, už predtým ochudobnených chronickým oslabením jedle a akútnym ústupom bresta horského. Bukové porasty sú tu v poslednej dobe zasiahnuté rozsiahlou kalamitou rakoviny spôsobenej hubou *Nectria ditissima* Tul. (Surovec, osobné oznámenie). Hrozbu znásobuje skutočnosť, že takýmto spôsobom sú postihnuté porasty všetkých vekových tried. Pritom fyziologickému kolapsu predchádza reprodukčný kolaps. Navyše enormné prezverenie – popri iných závažných škodách – podstatne sťažuje akúkoľvek obnovu lesa vrátane umelej. K tomu prístupujú ešte lokálne zamorené územia, na ktorých deštrukcia ekosystémov prebieha bez ohľadu na vls. Synergizmus nepriaznivých faktorov – vrátane predchádzajúceho oslabenia lesných ekosystémov následkom štyri desať-

ročia trvajúceho uplatňovania exploatačných princípov v lesnom hospodárstve (K o n o p k a, 1992) – spôsobuje neustálu akceleráciu deštrukcie lesných ekosystémov. Ignorovanie latentného narušenia stability lesných ekosystémov v minulosti má za následok, že súčasné tempo ich deštrukcie predstihuje všetky skoršie prognózy. Za danej situácie na veľkej časti územia sa stáva iluzórnym hospodárenie podľa decenálnych lesných hospodárskych plánov.

Na takto atakovaných územiach aj pričinením doterajších spôsobov hospodárenia, ale najmä v dôsledku prezverenia, vznikajú vegetačné formácie pripomínajúce savany, buše, v extrémnych prípadoch polopúšte až púšte. Na lesnom pôdnom fonde dochádza k eróznym javom charakteristickým pre bezlesie ako krasovatenie, zosuvy pôdy, soliflukcia, lavíny a iné.

Je evidentné, ako to už bolo ilustrované na príklade brestov, že spontánna evolúcia za daných pomerov nestačí držať krok s tempom deštrukčných procesov vyvolaných človekom. Preto sa nedá predpokladať adaptácia súčasnej dendroflóry na také podmienky prostredia, aké sa počas ich doterajšej evolúcie vôbec nikdy nevyskytli. Človek sa preto stáva priamo zodpovedným za zastavenie alebo prinajmenšom zmiernenie tempa deštrukcie. To znamená aktívne pozitívne zasahovať do evolučných procesov lesných drevín.

Aké prostriedky na pozitívne ovplyvnenie evolúcie lesných drevín máme k dispozícii?

Konzervácia *in situ* je prvým krokom, ktorý je účinný spravidla iba po určitú hranicu deštrukčných vplyvov.

Konzervácia *ex situ* je spojená s rizikom, že evolučné procesy v náhradných podmienkach budú prebiehať iným smerom ako na pôvodnom stanovišti, čo následne spôsobí problémy pri retrodukcii.

Vo využití vnútrodruhovej premenlivosti smerovanou selekciou v oblasti pôsobenia stresového faktoru boli zaznamenané pozoruhodné výsledky (Kaňák, 1988a,b). Otvoreným problémom ostávajú riziká spojené so znížením genetickej diverzity.

Introdukciami sa prekonávajú migračné bariéry brániace zvýšeniu biodiverzity. Využitie introdukcie je perspektívne v prípade použitia dostatočne flexibilného materiálu, ktorého evolúcia prebiehala v podmienkach analogických zmeneným podmienkam nového stanovišťa (Kaňák, 1988c). Introdukcia je spojená s rizikom dovlečenia chorôb, ktoré môžu ohroziť aj autochtónne druhy. Na druhej strane introdukovaná drevina môže byť vážne ohrozená chorobou alebo škodcom, ktoré pre domáce dreveny neznamenajú podstatnejšie nebezpečie.

V hierarchii nasleduje hybridizácia, o ktorej budeme informovať na záver.

Mutačné šľachtenie prebieha v troch úrovniach. Z nich iba bodové – génové mutácie obohacujú genetickú informáciu. U lesných drevín, ktorých znaky sú prevážne polygénne založené, budú mať asi obmedzené využitie. Chromozómové mutácie majú spravidla negatívne dôsledky. Okrem toho aj v prípade, že by mutanty boli životaschopné, tieto bývajú neplodné, pretože pri

párování nehomologických chromozómov dochádza k poruchám meiózy. Genómové mutácie vedú u lesných drevín k pozoruhodným výsledkom, zvlášť pri triploidizácii. Triploidy však možno množiť výlučne vegetatívne, pretože pri meióze dochádza k nepravidelnej segregácii chromozómov.

Génové manipulácie hypoteticky otvárajú nevídané perspektívy, a to transferom génov zvyšujúcich odolnosť voči chorobám a pesticídom alebo znižujúcich atraktivitu pre škodlivých živočíchov počnúc hmyzom až po poľovnú zver.

Fúzia protoplastov alebo somatická hybridizácia hypoteticky umožňuje nepredstaviteľné rekombinácie vlastností. Doteraz sa však iba výnimočne podarilo prekonať pomocou somatickej hybridizácie sexuálnu inkompatibilitu (Grosser et al., 1990). Pokusy o získanie medzidruhových somatických krížencov ihličnatých lesných drevín doteraz skončili neúspechom (von Kristen et al., 1986). Zapojenie somatických hybridov do sexuálnej reprodukcie a tým do evolučných procesov predpokladá ich prechádzajúcu autopolyploidizáciu.

Medzidruhová hybridizácia síce neobohacuje genetickú informáciu, ale umožňuje zvýšenie flexibility potomstiev tým, že prekonaním reprodukčných bariér brániacich toku génov umožňuje vzniknúť novým kombináciám vlastností, ktorých nositelia sú adaptabilnejší k náhlym zmenám podmienok prostredia ako východiskové druhy, adaptované v priebehu evolúcie k podmienkam, ktoré boli činnosťou človeka často nenávratne zmenené. Realizácia hybridizácie je založená na technologicky relatívne nenáročných postupoch a je preto v širokom rozsahu aplikovateľná.

Končím parafrazou: R. Geschwind vo svojej práci *Hybridation der Forstgehölze* v roku 1864 napísal: „Preto k činu, veď čas plynie a oči sveta sa na nás upierajú s očakávaním...“ V jeho časoch išlo o české lesníctva a o zvýšenie jeho spoločenského ocenenia prostredníctvom zvýšenia výnosovosti lesného hospodárstva. Dnes ide o viac: nesieme zodpovednosť za zachovanie lesov a tým aj za budúcnosť celého ľudstva.

## Literatúra

ANDERSON, E., 1949. Introgressive hybridization. New York, Wiley & Sons: 42–43.  
 BENSON, L. – PHILIPS, E. A. – WILDER, P. A. et al., 1967. Evolutionary sorting of characters in a hybrid swarm. I. Direction of slope. *Am. J. Bot.* 54: 1017–1026.  
 BINGHAM, R. T. – SQUILACE, A. E. – PATTON, R. F., 1956. Vigor, disease resistance and field performance in juvenile progenies of the hybrid *Pinus monticola* Dougl. x *Pinus strobus* L. *Z. Forstgen.*, 5: 104–112.  
 BROWN, A. G., 1972. The role of the hybrid in forest tree breeding. *Proc. IUFRO-SABRAO Jt. Symp. Gov. Forest Exp. Stn. Jap. C-1(I)*: 12.  
 CARLISLE, A. – TEICH, A. H., 1970. The costs and benefits of tree improvement programs. *Can For. Serv. Inf. Rep. PS-X-20*: 28.

CLAPPER, R. B., 1952. Relative blight resistance of some chestnut species and hybrids. *J. For.*, 50: 453–455.  
 CLAUSEN, J. – HIESIE, W. M., 1960. The balance between coherence and variation in evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 45: 494–506.  
 CRITCHFIELD, W. B., 1967. Crossability and relationships of the closed-cone pines. *Silvae Genet.*, 16: 89–97.  
 CRITCHFIELD, W. B., 1988. Hybridization of the California firs. *For. Sci.*, 34: 139–151.  
 FALCONER, D. S., 1975. Introduction to quantitative genetics. London, Longman: 365.  
 FOWLER, D. P., 1978. Population improvement and hybridization. *Unasylva*, FAO, 30, 119–120: 21–20.  
 GRANT, V., 1967. Lineage between morphology and viability in plant species. *Am. Nat.*, 101: 125–139.  
 GRANT, V., 1971. Plant speciation. Columbia Univ. Press. New York: 435.  
 GREGUSS, L., 1988. Medzidruhová hybridizácia – náhrada za ustupujúcu jedľu bielu. *Lesníctví*, 34: 787–808.  
 GREGUSS, L., 1992. Hodnotenie začiatočného rastu medzidruhových jedľových hybridov na príklade trvalej výskumnej plochy Drieňová. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 38: 223–238.  
 GREGUSS, L., 1994. Šľachtiteľský program hybridizácie jedlí (Prehľad). *Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia*. Zvolen, LVÚ: 13–21.  
 GROSSER, J. W. – GMITTER, F. G. – TUSSA, N. – CHANDLER, J. L., 1990. Somatic hybrid plants from sexually incompatible woody species: *Citrus reticulata* and *Citropsis gilletiana*. *Plant Cell Reports*, 8: 656–659.  
 HAWLEY, G. J. – DE HAYES, D. H., 1965. Hybridization among several North American firs. *Crossability*. *Can. J. For. Res.*, 15: 42–49.  
 HEYBROEK, H. M., 1966. Dutch elm disease abroad. *American Forests*: 7.  
 HEYBROEK, H. M. – ELGERSMA, D. M. – SCHEFFER, R. J., 1982. Dutch elm disease: an ecological accident. *Outlook on Agriculture*, Pergamon Press, 11: 1–9.  
 HLADILIN, V., 1982. Borovice lesnf SV časti Šumavy a její pěstování. *České Budějovice, ČSVTS Lesprojekt*.  
 HOLMES, F. W., 1965. Virulence in *Ceratocystis ulmi*. *Neth. J. Plant Path.*, 71: 97–112.  
 HYUN, S. K., 1972. The possibility of F<sub>2</sub> utilization in pine hybridization. *Proc. IUFRO Genet.-SABRAO Jt. Symp. Gov. Forest Exp. Stn. Jap., C-4(I)*: 10.  
 HYUN, S. K., 1974. The expression of heterosis of improved hybrid poplars in Korea being influenced by site and the cultural method. *Proc. Joint IUFRO Meeting, S.02.04.1-3 Stockholm*: 167–196.  
 KAŇÁK, K., 1983. Relations between local populations of the Scots and mountain pine. *Com. Inst. Forest. Českoslov.*, 13: 265–286.  
 KAŇÁK, K., 1984. Příklady z fyto geografie a hybridizace některých druhů rodu *Pinus*. *Hybridizácia a premenlivosť lesných drevín*. Zvolen: 153–158.  
 KAŇÁK, K., 1988a. Několik připomínek k rekonstrukci lesa v imisních oblastech. *Lesn. Práce*, 67: 409–415.  
 KAŇÁK, K., 1988b. Contribution to maintaining continuity of the Norway spruce in the Ore Mountains. *Folia Musei*

Rerum Naturalium Bohemiae Occidentalis Botanica, Plzeň, 27: 62.

KAŇÁK, K., 1988c. Práce arboreta Sofronka v péči o genofond některých lesních dřevin. Zpravodaj botanických zahrad ČSSR, 32: 12–22.

KÄÄRIK, A., 1960. Growth and sporulation of *Ophiostoma* and some other blueing fungi on synthetic media. Symb. Bot. Upsalensi, 16: 1–168.

KNOX, R. B. – WILLING, R. R. – PRYOR, L. D., 1972. Interspecific hybridization in poplars using recognition pollen. *Silvae Genet.*, 21: 65–69.

KOBLIHA, J. – POKORNÝ, P., 1990. Výsledky autovegetativního množení různých hybridů v rámci rodu *Abies*. Lesnictví, 66: 617–624.

KONÓPKA, J., 1992. Vývoj a současný stav lesov a lesného hospodárstva v Slovenskej republike. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 38: 59–76.

KORMUŤÁK, A., 1984. Some cytological and biochemical aspects of interspecific incompatibility in pines (*Pinus* sp.). Acta Dendrobiologica. Bratislava, Veda: 92.

KORMUŤÁK, A., 1985. Study on species hybridization within the genus *Abies*. Acta Dendrobiologica. Bratislava, Veda: 127.

KRAJŇÁKOVÁ, J. – GREGUSS, L., 1992. Micropropagation of resistant elm cultivars using the organ cultures. Acta Inst. for. zvolen., 8: 9–20.

KRISTEN, U. VON – JACOB, H. E. – TESCHE, M. – KLUUGE, S., 1986. Isolierung und elektrofusion von Koniferenprotoplasten. *Silvae Genet.*, 35: 186–190.

LANGNER, W., 1970. Some cases of inbreeding and hybrid weakness. Second World Consult. Forest Tree Breed. FAO, 2: 65–69.

LEIVA, A., 1989. Conservation in Latin America. IABG Proc. 10th General Meeting and Conference, Palmengarten Frankfurt am M.: 138–140.

LESTER, D. T., 1973. The role of interspecific hybridization in forest tree breeding. Proc. 14th Meet. Can. Tree Improv. Assoc. Part. 2, Fredericton, N. B.: 85–93.

LESTER, D. T. – SMALLEY, E. B., 1972. Variation in ornamental traits and disease resistance among crosses of *Ulmus pumila*, *U. rubra* and putative natural hybrids. *Silvae Genet.*, 21: 193–197.

MANLEY, S. A. M., 1972. The occurrence of hybrid swarms of red and black spruces in central New Brunswick. Can. J. Forest. Res., 2: 381–391.

MERGEN, F. – FURNIVAL, G. M., 1960. Discriminant analysis of *Pinus thunbergii* x *Pinus densiflora* hybrids. Proc. Soc. Am. For.: 36–40.

MERGEN, F. – LESTER, D. T. – FURNIVAL, G. M. – BURLEY, J., 1966. Discriminant analysis of *Eucalyptus cinerea* x *Eucalyptus maculosa* hybrids. *Silvae Genet.*, 15: 148–154.

NAMKOONG, G., 1963. Comparative analysis of introgression in two pine species. Ph. D. Diss. 63-7308. Univ. Microfilms Inc., Ann Arbor, Mich.: 76.

NIELSON, E. L. – SMITH, D. C., 1968. Cytology and reproductive characteristics of grasses. Forsk. Fors., 19: 295–311.

NILSSON, B. – ANDERSSON, E., 1970. Spruce and pine racial hybrid variations in Northern Europe. Papers at 2nd Meeting of Working Group on Quantitative Genetics, Sect. 22, IUFRO, South Forest Exp. Stn., USDA: 113–117.

SHELBORNE, C. J. A., 1969. Tree breeding methods. Forest Research Institute, N. Z. For. Serv. Tech. Pap. 55: 43.

STUBER, C. W., 1970. Theory and use of hybrid population statistics. 2nd Meeting Working Group on Quantitative Genetics, Sect. 22, IUFRO, Raleigh, N. C. Publ. USDA For. Serv.: 100–112.

WRIGHT, J. W., 1955. Species crossability in spruce in relation to distribution and taxonomy. Forest. Sci., 1: 319–349.

WRIGHT, J. W., 1964. Hybridization between species and races. *Unasylva*, 18: 30–39.

ZOBEL, B. J., 1982. The world's need for pest-resistant forest trees. In: HEYBROEK, H. M. et al. (eds.). Resistance to diseases and pests in forest trees. Wageningen: 1–8.

Došlo 24. 1. 1995

## HYBRIDIZATION OF FOREST TREES UNDER THE CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

L. Greguss

Forest Research Institute, Research Station, 969 23 Banská Štiavnica

The paper is dealing with application of interspecific hybridization of forest trees as a tool capable to mitigate the negative impact of ongoing drastic changes of natural environment on forest ecosystems.

Hybridization is one of the techniques which may be used alone or in association with other methods for forest tree improvement. Besides this, hybridization may be carried out for purposes other than tree breeding. It is, for example, a useful tool for taxonomic investigations, as the phylogenetic affinities may be re-

flected by the viable seed yield, viability and vigour of hybrid progeny.

A survey of theoretical knowledge about interspecific hybridization, focused on problems linked with reproduction biology, is presented. The author evaluates applicability of F<sub>1</sub>-hybrids and advanced-generation crossing in the breeding programs.

Having successfully negotiated the potential problems of reproductive biology in interspecific hybridization, the tree breeder may turn to consideration of envi-

ronments in which the hybrids are useful. Much of the outlook on this point derives from the idea that hybrids require a hybrid environment. Two thoughts occur yet that might modify the utility of hybrids in relation to environments available for planting. First, in many cases where interspecific hybridization is proposed, the predominant purpose for hybridizing may be genetic protection against a single ubiquitously distributed factor. If a pest or climatic factor is severe, perhaps some sacrifice in other traits is justified. Second, there may be situations in which major elements of natural-selection pressure are eliminated by cultural practices so that hybrids can perform well in a new but not necessarily hybrid environment. As an example, hybrids between the species of differing ability to tolerate competing vegetation might be successful where early vegetational competition is removed.

The breeding strategy selected must provide an adequate genetic reserve and be sufficiently flexible to cope with new problems which might arise, possibly before the initial objective is attained. In interspecific hybridization work the strategy chosen must result in a genetically diverse final product.

The utility of hybrid trees for industrial purposes depends upon their wood characteristics as well as health and vigour. Fortunately, the wood properties of hybrids are normally intermediate to those of the parental species, which moreover may exhibit greater differences within their range than those between the species means. The uncertainty which is frequently present

in regard to other attributes of hybrids is therefore largely absent in this respect.

A salient feature of programs involving hybrids is their great time scale. A hybrid breeding program should be undertaken only when the prospects of achieving the desired objectives by cultural methods or by the exploitation of intraspecific variation have been examined and found unpromising. Even then, the possible interaction of the hoped-for changes in genetic characteristics and environmental factors should be fully appraised.

When considering the present applicability of the hybridisation breeding, it should be taken into account that the recent destructive human intervention to biosphere and natural habitat has assumed a global dimension. The destruction of forest ecosystems is assuming so wide dimensions that the natural evolutionary struggle of plants with this enormous new selection pressure cannot be successful. The only promising tool to prevent this threatening mass plant extinction seems to be the active intervention into the evolution process. At the present time the hybridization, mainly interspecific, is relatively easiest and to the largest extent developed breeding method providing an opportunity to release progenies with increasing genetic diversity. These progenies usually express higher flexibility and adaptability to changed environmental conditions in comparison with their parent species.

hybridization; breeding methods; variability; resistance; evolution; adaptability; diversity

---

*Kontaktná adresa:*

Ing. Ladislav Greguss, CSc., Lesnícky výskumný ústav, Výskumná stanica, 969 23 Banská Štiavnica, Slovenská republika

---

## I. F. J. EHRENWERTH (1740-1834)

V 18. století vznikaly první odborné lesnické školy pod vlivem zvyšování významu lesnictví na velkých soukromých a církevních velkostatech. Toto první, staré a německo-české období lesnického školství v českých zemích ohraničené léty 1773 a 1850 inicioval obecný pokrok přírodních věd, prosazování systemizace lesů, příklad vyspělých okolních zemí a zásah státu v podobě pomalu se prosazujícího a osvojovaného lesního patentu císařovny Marie Terezie z r. 1754 s pozdějšími novelami o zkouškách a způsobilosti lesního personálu. Zcela první lesnická škola vznikla v českých zemích a shodou okolností i v Rakousku, jednoletá, soukromá, nesborová, ovšem v pravém slova smyslu průkopnický a novátorský kurs okolo mistra ve venkovském sídle velkostátu. Mistrem, tzn. pokrokovým lesmistrem, byl v tomto případě I. F. J. Ehrenwerth, jehož 255. výročí narození si letos připomínáme, a sídlem jeho školy se stalo zřejmě od roku 1773 Blatno u Chomutova na velkostátu Červený Hrádek hraběte Rottenhanna. Jeho úspěch nebyl pouze dočasný a místní, ale znamenal další šíření pokroku v lesním hospodářství prostřednictvím jeho žáků z českých zemí a ze zahraničí. Vychoval první generaci školsky vzdělaných lesníků, z nichž někteří rovněž zakládali učiliště. Ehrenwerth se za dobu služby na velkostátu Červený Hrádek vypracoval nejen ve vyhlášeného pedagoga, ale i erudovaného praktika v měření, taxaci a oceňování lesů, tj. v jednu z nejvýznamnějších postav lesnictví na přelomu 18. a 19. století.

Ignaz Franz Johann (Hynek František Jan) Ehrenwerth se narodil dne 1. srpna 1740 ve Výšovicích u Přerova (Weischowitz bei Prerau) na statku pavlánského kláštera ve Vranově u Brna v rodině místního lesmistra.<sup>1)</sup> Dne 7. 10. 1761 ho po dvou letech učení prohlásili myslivcem v hájovně císařského velkostátu Hodonín na Moravě. Do konce r. 1769 působil na c. k. lesním úřadě v Hodoníně jako písař a revírní správce a je symbolické, že právě v této době dokončili tamní lesníci první lesní elaborát. Potom Ehrenwerth přijal místo polesného či pojednohého obory (Gehegbereiter), od 1. 5. 1771 pak místo nadlového (Oberjäger) na velkostátu Červený Hrádek (Rottenhaus či Rothenhaus) při saské hranici v Krušných horách. Hrabě Alexandr Rottenhann (Rothenhann), nejvyšší Hofmistr knížete – biskupa v Bamberku, ho nedávno získal (v r. 1771) koupí za asi milion zlatých od říšského knížete Johanna Adama von Auersperga.<sup>2)</sup>

Po smrti červenohrádeckého lesmistra Habranka (Havráněk ?) jmenoval hrabě Ehrenwertha dne 1. 5. 1772 lesmistrem s těmito ročními požitky: 1 336 zlatých konvenční mince, deputát v podobě 23 sudů a 2 věder piva, půl vědra (asi 28,3 l) patoků (Potocken) z každé várky piva v pivovaru Seufershaus, dále 8 měřic (asi 492 l) pšenice, 69 měřic (asi 4 242 l) žita, po 6 měřících (asi 369 l) ječmene a hrachu, 476 měřic (asi 29 265 l) ovsu, 224 libry (asi 125,5 kg) másla, 100 liber (asi 56 kg) sýra, 252 žejdlíky (asi 89 l) soli, 44 sáhy měkkého dříví, 4 telata, 2 skopce, 60 slepic či kuřat, 4 kopy (240) vajec, dva buky na výrobu loučů a 444 centy sena. K tomu náležela ještě akcidence (akcidenční paušál) 800 zlatých.<sup>3)</sup> Jeho sídlem se stala malá horská obec na jižním svahu Krušných hor Blatno (Platten) u Chomutova. Výše požitků nasvědčovala úloze a významu, který hrabě přikládal vlastnímu lesnímu hospodářství a samotnému Ehrenwerthovi.

Již v r. 1773 se Ehrenwerth stal lesnickým examinatorem žateckého kraje a v r. 1774 řádným oprávněným lesníkem v rámci předchůdkyně Vlastenecko-hospodářské společnosti, totiž Gesellschaft des Ackerbaues und der freien Künste v Praze. Od r. 1786 působil v hlavní komisi pro regulaci daní

jako lesnický expert pro superrevize lesní části josefinského katastru. Od r. 1787, stále jako červenohrádecký lesmistr, převzal i funkci revizora lesů velkostátu Tloskov a od r. 1790 statku Lešná hraběte Pachtý a konečně v r. 1789 ho zvolila Vlastenecko-hospodářská společnost v Čechách svým korespondujícím a v r. 1791 řádným členem. Dne 1. 7. 1791 složil u zemské vlády za předsednictví hraběte Heinricha Rottenhanna přísahu pro místo komorního lesmistra v administraci státních statků.<sup>4)</sup> Odešel tedy po 20 letech z privilegované služby do služby státní, když se ujal funkce bývalého nejvyššího královského nadlového, aby pak několik desítek let zasvětil vrchní správě státních lesů v Čechách. Pokrokové formy hospodaření v lesích státních, komorních, zrušeného jezuitského řádu, klášterů apod., uplatňované za jeho představenství, se staly vzorem pro soukromé vlastníky lesů a nedá se říci, že by byly typické pro objekty v nucené a přechodné správě.

Ehrenwerth patně sloužil lesnictví skoro 71 let svého čínorodého života. V r. 1827, v souvislosti s nedávným odchodem do výslužby na základě jeho žádosti ze dne 28. 12. 1826, obdržel středně čestnou zlatou medaili s ouškem a páskou (mit Ohr und Band). Byl starý mládenec a posledních 20 let se o něj starala neteř Schotulová. Zemřel v Praze 25. 11. 1834 a 28. 11. byl pochován na Olšanských hřbitovech.

Na červenohrádeckém velkostátu světil hrabě Ehrenwerthovi více než 18 000 jiter lesů, tj. asi 10 358,5 ha.<sup>5)</sup> Měl provést jejich odhad, inventarizaci, vypracovat a realizovat návrhy na jejich zvelebení, systemizaci a účelnou správní organizaci. Ehrenwerth hraběte nezklamal – brzy měl pověst a věhlas vzorného lesního hospodáře.

Zdá se, že dosud není uzavřena otázka, zda byl Ehrenwerth žákem Hanse Dietricha von Zanthiera v jeho soukromé lesnické mistrovské škole v Ilseburgu v hrabství Wernigerode (Stollberg) v sousedním německém Harzu. Christoph Liebich, pozoruhodný a nedoceněný český lesník a vydavatel mj. Allgemeines Forst- und Jagd-Journal, nejprve soudil na tuto docházku<sup>6)</sup>, po dvou letech ji však popřel.<sup>7)</sup> O studiu v Ilseburgu psal znovu liechtensteinský lesní rada a autor několika schematických knížekého pozemkové vlastnictví a jeho personálu Franz Kraetzl,<sup>8)</sup> ale popřel ji profesor vyššího lesnického učiliště v Bělé pod Bezdězem Ferdinand Mocker, protože mj. vycházel z Ch. Liebicha,<sup>9)</sup> a znovu i A. Nechleba.

Podle Nechleby byl Ehrenwerth autodidakt, pracující a vyučující souběžně, ale nezávisle na Zanthierovi. Naopak v prvních šesti letech působení na Červeném Hrádku měl tento pozoruhodný muž po odhadě lesů velkostátu zorganizovat jejich správu tak, že ji zasvěcení vykladači pokládali za nejlepší a nejkrokovější v celých Čechách. Podle dopisu hospodářského ředitele Stumpfa na Lánech vlastníkovi a svému zaměstnavateli knížeti Karlu Fürstenbergovi z r. 1775 se o Ehrenwerthovi dozvídáme, že „změřil a mapoval během 6 roků veškeré lesy, rozdělil je v revíry a paseky, takže nikdy nemůže nastati nedostatek dříví... hospodář se tam s největší přesností.“ Dále chválil lesmistra za „ušetření paseky“, sběr šišek, vysévání semene, za zavádění vejmutovky z anglického semene a zakončil větou: „Na lesní kulturu věnuje se každoročně 900 zl. a jakmile byl kus lesa zspasečen, oseje se tato plocha bez odkladu.“<sup>10)</sup>

Podle Josefa Nožičky poslal Ehrenwertha majitel panství v říjnu 1775 do Zanthierova učiliště, aby „se zúčastnil cvičení v geometrii, chemii a pěstování lesů i práce v ústavních

školkách. Zároveň tu se Zanthierem probral zásady příští úpravy lesního hospodaření na Červenohrádecku. Po návratu z Isenburku dále pracoval na hospodářské úpravě červenohrádeckých lesů a vyučoval ve své škole četné žáky...<sup>11)</sup> Totéž opakoval Nožička i o několik let později.<sup>12)</sup> Na jiném místě uvádí, že Ehrenwerth „záhy po svém nastoupení na panství Červený Hrádek v Chomutova začal připravovat hospodářskou úpravu tamějších lesů, jež byly ve velmi špatném stavu. Proto když zbavil lesy vadného dříví, začal v zimě r. 1775 uvažovat o novém rozdělení revírů a jejich taxaci. Podkladem k tomu mělo být zjištění kvality i kvantity dříví v jednotlivých lesích podle výsledků geometrického vyměření lesů. První návrh těžby si vypočítal ... z celkové výměry červenohrádeckých lesů (4 500 strychů listnatých a 15 500 strychů jehličnatých)<sup>13)</sup> tím způsobem, že u lesů listnatých dělil plochu na 50 a u jehličnatých na 80 dílů. Protože na 1 strychu (jen necelých 0,3 ha – G. N.) listnatého lesa očekával výnos 50 sáhů tvrdého dříví a u lesů jehličnatých 60 sáhů měkkého, vycházela mu roční těžba 4 500 sáhů dříví tvrdého a 11 625 sáhů dříví měkkého ... což odpovídalo roční spotřebě dříví. Při zakládání pasek, které neměly být širší než 312 m, přihlížel ke směru větru. Když Ehrenwerth předložil své plány tehdejšímu majiteli, ... poslal jej tento v říjnu r. 1775 k Zanthierovi. Tomu vložil měry v červenohrádeckých lesích i své plány na jejich hospodářskou úpravu a zúčastnil se cvičení v geometrii, chemii a pěstování lesů... Zároveň si Ehrenwerth prohlédl lesy, které spravoval Zanthier a v nichž se po 30 let hospodařilo podle jeho zásad. Zanthier nadiktoval za třídenního pobytu Ehrenwerthovi obširné pojednání, v němž vykládá své zásady v souvislosti s plánem na hospodářskou úpravu červenohrádeckých lesů. Pro jehličnaté lesy se spokojoval s obmětnou dobou 50–60letou v mírnějším klimatu a v chladnějším s 90letou. Tam však, kde bylo třeba vypěstovat kmeny na řezivo a vůbec silnější stromy, doporučoval v mírnějším podobě obmětnou dobu 90–100letou a v drsnějším 120–130letou, kdežto listnaté porosty, určené na stavební dříví, se měly rozdělit na 150 dílů.<sup>14)</sup>

J. Nožička v líčení taxačních snah pokračuje: „V další části Zanthierova výkladu jsou vysvětleny pěstební zásady se zřetelem k porostním poměrům v jednotlivých revírech, jejich výměře a bonitě půdy, komunikačním poměrům, zařízením k plavbě dříví, výrobní kapacitě pil a k odbytovým možnostem. V závěru uvedl Zanthier návrhy těžby i zalesňování. Když se Ehrenwerth vrátil domů a Zanthierovy směrnice pro hospodářskou úpravu červenohrádeckých lesů byly schváleny, pustil se do organizace přípravných prací, t. j. změnění a zmapování všech lesů, rozdělení na hlavní oddělení a těch na paseky, jež byly označeny čísly. Těžbu se snažil upravit podle spotřeby a hlavně chtěl omezením pastvy zlepšit přirozenou obnovu lesů. O tom napsal Ehrenwerth obširnou zprávu, kde líčí všechny své přípravy, pobyt v Isenburku a další obtíže při uskutečňování směrnic Zanthierových. Stěžuje si tu, jak nesnadné bylo správné zakládání pasek, protože dřevaři chtěli pracovat blízko svých obydlí. Tím se stalo, že krásné rostoucí porosty byly káceny, zatím co staré již se kácící stromy zůstávaly nedotčeny. O dalším provádění zařizovacích prací na Červenohrádecku jsme informováni jen z Ehrenwerthovy závěrečné zprávy z 15. srpna 1789 ... pozřízení taxačních elaborátů trvalo celých 11 let (1777–1788). Podle nového vyměření lesů celkový rozsah skutečné lesní půdy činil 27 241 strychů (tzn. asi 7 837,23 ha – G. N.). Revíry byly v elaborátech rozděleny do 2–5 hlavních oddílů a ty opět na roční paseky podle řídicí přímky, probíhající od severovýchodu k jihozápadu. V polohově nižších revírech byla pro listnaté stanovena 40letá a pro jehličnany 70letá obmětná doba, jež u obou druhů byla v horských polohách zvýšena o dalších 10 let. Při rozdělování lesů byl vždy vybrán jeden hlavní oddíl, v němž se ponechávaly porosty pro pěstování užitkového dříví až do 120 let.“ Generální taxační

odhad zjistil ve všech revírech skoro 1,2 milionu sáhů dříví. „V červenohrádeckých lesích se podle tohoto plánu, sestaveného podle zásad úměrné soustavy lánové, hospodařilo jen do r. 1794, kdy tu nastala hmyzí kalamita.“<sup>15)</sup> Předtím, již od roku 1776, zakládal Ehrenwerth na velkostatku lesní školyky.

Pro úplnost dodávám, že S. Juklík dokonce napsal, že „Ehrenwerth ... vstoupil po dosažení mistrovství a ukončení svého dalšího na škole isenburkské do správní služby v Hodoníně“ a že „vychoval své žáky metodou přinesenou z Isenburku...“<sup>16)</sup> Našel tak společný tón s Emilem Hoškem, který soudil, že Zanthier otevřel školu v Isenburgu již kolem r. 1750 a měl na ní studovat někdy do r. 1771 i Ehrenwerth.<sup>17)</sup> Bohumil Walter vyřešil otázku docházky Ehrenwertha do Zanthierova učiliště skutečně salomounsky, když napsal: „Jsou tedy obě tvrzení oprávněná, poněvadž Ehrenwerth sice navštěvoval školu, ale nebyl jejím žákem.“<sup>18)</sup> J. Šafránek soudil, že Ehrenwerth „si své zkušenosti konfrontoval v říjnu r. 1775 krátkodobou návštěvou Zanthierovy lesnické školy v Isenburku. To měl již dvouleté pedagogické zkušenosti s vlastním učebním plánem a vlastní metodou výuky. Byl to samouk ... vyučen u mistra a nenavštěvoval Zanthierovu školu.“<sup>19)</sup>

Jak je z dosavadní rekapitulace vidět, nelze jednou provždy vyřešit otázku přesného data narození, docházky do školy v Harzu, zahájení měřičských a taxačních prací v červenohrádeckých lesích, ani nelze zjistit rok povýšení Ehrenwertha do ryfářského stavu („z Vyšovic“). Pomocí by bylo objevení Ehrenwerthova vysvědčení z r. 1761 s jeho životopisem, pečlivé studium akt císařského velkostatku Hodonín ve vídeňských archívech a jeho autobiografie. Nejdůležitější je skutečnost, že založil ve starém loveckém záměčku v Blatné v r. 1773 první lesnickou mistrovskou školu (Meisterschule) jak v českých zemích, tak i v Rakousku. Barokní záměček postavil po r. 1707 tehdejší majitel Blatna kníže Jáchym Ondřej Liechtenstein na místě hradu a zámku vypáleného za třicetileté války. Měl v něm bydlit i vrchní lovcí červenohrádeckého velkostatku. Půdorys budovy tvořil písmeno L; v delším křídle byly obytné místnosti, menší sál a kaple, kratší křídlo sloužilo hospodářským účelům. Celý objekt s prostorným nádvořím obepínal starý hradební příkop. Studenti našli ubytování v prvním poschodí zámku, v přímém měl Ehrenwerth byt.<sup>20)</sup>

Představujeme si, že dopoledne probíhala teoretická a odpoledne praktická část výuky. Škola vychovávala ročně 20 až 30 adeptů lesnictví, často i z Německa a odjinud.<sup>21)</sup> Celkem tedy mohla vychovat od r. 1773, kdy s největší pravděpodobností vznikla,<sup>22)</sup> do r. 1791, kdy zanikla Ehrenwerthovým odchodem do státní služby, za 19 let 380 až 570 žáků.

Na podzim r. 1779, zřejmě po 23. září, navštívil sídlo velkostatku a blatenskou školu císař Josef II. s doprovodem. Nechal si předložit Ehrenwerthovy výpočty a taxační operáty a vyjádřil obdiv a velkou spokojenost. Obdaroval ho 100 dukáty a přikázal, aby dva mladí muži z c. k. lesního úřadu ve Vídni studovali na jeho škole v Blatné.<sup>23)</sup>

Ehrenwerth měl vzácnou možnost poznat na základě výsledků josefinského katastru skutečnost, že nedostatek dříví v lesích na území Čech nebyl tak hrozivý, jak se líčilo v různých dobových memorandech, ale lesní hospodářství přece jen potřebovalo naléhavou reformu. Dojmy a zkušenosti z dvouletého projíždění českými lesy a z vlastního hospodaření na červenohrádeckém velkostatku, pak kontroly příznání a výsledky josefinského katastru dovolovaly právě jemu zdůraznit v memorandu z 28. 10. 1789 skutečnost, že přestože se pro účely příznání pro josefinský katastr lesy vyměřovaly a odhadovala se roční těžba, skutečné těžby byly většinou daleko vyšší – v duchu zásady, že s lesy mohl každý vlastník nakládat libovolně. S tím se ovšem Ehrenwerth nechtěl smířit a psal, že stát má pustošení lesů zabraňovat a všemožně podporovat jejich zvelebování. Mělo se v nich ročně těžít pouze tolik hmoty, kolik jí přirostlo. Trpění nebo nařizování nad-

měrných těžeb mnohými majiteli bez péče o řádné zalesňování vedly jak k pustošení lesů, tak k poklesu celkové těžby dříví a ke zvestupu jeho cen. Dále Ehrenwerth viděl nápravu v zaměštnávání odborně vzdělaného lesního personálu. Měl se nejprve vyučit u zkušených lesníků, jak bylo dosud zvykem, a dále absolvovat tříměsíční kurs, během něho prokázat potřebné teoretické a praktické vědomosti a na závěr se nechat vyzkoušet od zvlášť ustanoveného lesnického kolegia. Nedostatků a prohrěšků vůči řádnému lesnímu hospodaření a patentu lesů a dříví Marie Terezie z r. 1754 měla odhalovat pětice určených státních lesníků, tzn. v každé čtvrti země po jednom a jeden vedoucí. V rámci dozoru nad všemi lesy měl každý z lesníků prohlédnout „každoročně z jara i na podzim“ lesy ve svém veleokrsku, naříditi potřebná těžební a pěstební opatření a postarat se o odstranění všech závad. Měl mít přehled o tom, zda produkce dříví postačuje krytí potřebu, zda jsou ponechávány výstavky, a měl kontrolovat i vývoz dříví do ciziny. Ehrenwerth dále doporučoval zakládání pasek jehličnatých porostů od severovýchodu k jihozápadu, odsuzoval hrabání lesního steliva a pastvu ovcí, zdůrazňoval řádnou péči o obnovu porostů, zajištění dostatečného množství dobrých lesních semen vhodných pro jednotlivé stanoviště a vyzkazování pastvy mimo mlaziny.<sup>24</sup> V memorandu z r. 1789 Ehrenwerth popsal jak způsob uchování semen i zkoušení jejich kvality tzv. vodní zkouškou, při které nevyhovující semena vyplavala na hladinu, tak luštrfrenské zařízení („bubertu“ či „pupertu“), které sám sestrojil koncem osmdesátých let 18. století.<sup>25</sup>

V r. 1790 zařizoval Ehrenwerth lesy na velkostatku Čeminy (bývalý kraj Plzeň). Tento vzorný elaborát mj. podrobně popsal zařizovací práce: zjišťování přesných hranic lesa, určování stanoviště lesních dřevin, stanovení rozdělovací sítě i obmýtní doby pro každé oddělení, vyměření a vyznačení jednotlivých tratí, prosekávání řídicích přímků, rozdělení lesů na stejné paseky a jejich vykolčování, odhad zásob, stanovení doby mýcení, zhotovení výkazů o výsledcích taxace a mapových snímků. Návod měl v příloze ukázky z hospodářské úpravy čemínských lesů na rozloze asi 15 413 jiter (asi 8 869 ha), rozdělených do pěti hlavních oddílů. Výkaz A o geometrickém vyměření čemínských lesů soustředil výměru, stáří porostů, zkušební výpočet hmoty i přírůstek na jitra a celkový odhad hmoty v lese, popis půdy, zastoupení dřevin; výkaz B pak údaje o výměře každé paseky, stáří porostu, roku smýcení, odhadu ročního přírůstu, očekávané výtěži v sázích. Elaborát neopomněl ani opisy rejstříku prodeje dříví a přehledné výkazy o výsledcích taxace. Tyto výsledky sumarizovaly pojmenování paseky, druh a stáří dřeviny, odhad hmoty, rok kácení, předpokládanou a skutečnou těžbu, předpis těžby pro příští rok a pokyny pro lesní meliorace a zalesňování. Nejdůležitější ovšem byl generální výkaz soustřeďující stav zásob dříví pro každý rok, předepsanou a skutečnou těžbu, předpis těžby pro příští rok a výsadbu kultur.<sup>26</sup>

Ehrenwerth však zařizoval lesy i jiných velkostatků – např. Prášíly na Šumavě (1796) a města Kašperské Hory.<sup>27</sup> Dále kontroloval a opomněl předloženo operáty mj. schwarzenberských lesních kondominii. Povolávali ho jako úředního poradce, odborníka a experta k řešení důležitých lesnických otázek a jeho dobrozdání také mívalo rozhodující vliv. Z literární činnosti jmenujme alespoň jeho příspěvky do kalendářů Vlastenecko-hospodářské společnosti z let 1796 a 1808 až 1811. Předpokládáme, že se zasloužil o sepsání velmi cenného spisu a učebnice *První základy umění polesného pro začátečníky v hospodářství lesním* od Františka Duška (12. 1. 1769 – 20. 5. 1827). Vyšel v Praze nákladem Císařsko-královské společnosti hospodářské v Království Českém roku 1800.<sup>28</sup> Nemáme však tušení, jaký měl Ehrenwerth postoj k rozprojeji státních, komorních, církevních a nadačních lesů v Čechách, který probíhal od r. 1800. Pokud by existovaly nějaké jeho zápisky a dobrozdání, umožnily by jistě uzavřít tento badatelský problém.<sup>29</sup>

Od Ehrenwerthových současníků víme, že byl mužem spravedlivým, shovívavým, jemným a vzdělaným. Spolupracovníci ho obdivovali. Byl to poctivý erudovaný praktik a výkonný, neupltný, v nelepším slova smyslu věci a státu oddaný byrokrat, který službě státu věnoval i svůj osobní život a štěstí. Svými vlastnostmi může lesmistr Ehrenwerth posloužit jako příklad dnešním státním úředníkům, spravujícím a rozhodujícím o osudech nemovitostí a přírodních bohatství v hodnotě mnoha desítek milionů, často vytvořených nebo udržovaných s největší námahou našimi předchůdci.

## Poznámky

1) Matrika zemědělných prý uvádí, že k r. 1834 byl Ehrenwerth starý 97 let, takže se musel narodit r. 1737. Ch. Liebich píše (*Allgemeines Forst- und Jagd-Journal* 4, 1834, s. 200 – Todesanzeige): „... schied von uns Ignatz von Ehrenwerth ... im 97. Jahre seines steters heitern Lebens.“ Srov. J. Šafránek, Jan Hynek Ehrenwerth a jeho lesnická škola v Blatné, Praha, MZe ČR 1991, s. 18. Totéž u J. Nožičky, Přehled vývoje národních lesů, Praha, SZN 1957, s. 224. Podle E. Hoška (Ke sto paděsatému výročí založení první lesnické školy na Moravě, in: Jižní Morava 1971, sv. 7, s. 148) měl být synem řezníka. Podle jiného zdroje (J. Frič a kol., Velké vzory našeho lesnictví, Praha, ČSAZV–SZN 1958, s. 23) měl být Čech po matce rozené Tomanové a Výšovice se měly nacházet na liechtenštejnském velkostatku Plumlov na Moravě.

2) Alexander Rottenhann pocházel ze starého franského šlechtického rodu. Hrabě získal v Čechách velkostatky Rottenhaus, Eidlitz, Platten, Neusablitz a Bielenz. Neobyčejně věhlas získal jeho syn Heinrich Franz. Srov. C. von Wurzbach, *Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich*... 27, 1874, s. 162–163.

3) Srov. Ch. Liebich, *Aus Böhmen. I. Nekrolog des jubilanten*, am 25. November 1834 verstorbenen ersten k. k. Cameral-Forstmeisters Herrn Ignaz Johann Ehrenwerth, *Allgemeines Forst- und Jagd-Journal* 6, 1836, I, s. 1–3. Soupis požitků dále uvádí F. Mocker, *Die erste Forstschule des Kaiserthums Oesterreich zu Platten bei Komotau*, *Forst- und Jagd-Zeitung* 16, 1898, č. 828/45 z pátku 11. 11. 1898, s. 357–358; J. Frič a kol., *Velké vzory*, s. 25, a nejnověji J. Šafránek, Jan Hynek Ehrenwerth, s. 13–14. V textu jsou přepočty na dolnorakouské jednotky. Podle J. Šafránka (c. d., s. 18) by se jednalo asi o 5 646 l piva, 115 kg másla, 51,4 kg syra, 123 l soli a 227 m<sup>3</sup> měkkého dříví ročně. Např. v r. 1740 přišel korec (asi 93,6 l) žita na 2 zlaté 3 krejčary, pšenice 3 zlaté, slepice na 6 krejčarů, kuře 3 krejčary, husa 24 krejčary a kachna na 7 krejčarů; v r. 1756 stála kopa vajec 20 krejčarů, libra masa 4 krejčary, měřice pšenice 135 krejčarů, žita 75 krejčarů, hrachu 120 krejčarů, 16 preclků krejčar, v r. 1781 stála kráva 10 až 15 zlatých, v r. 1800 stěvíce 5 zlatých a husa 26 krejčarů. Srov. J. E. Chadt, *Dějiny lesů a lesnictví (Hospodářství lesního a hospodářského lesního zřízení či úpravy lesa – soustav) v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*, Písek, nákl. vl. 1913, s. 802 a J. Sejbala, *Dějiny peněz na Moravě, Brno, Blok 1979*, s. 179–199.

4) Heinrich Franz Rottenhann (14. 10. 1737 Bamberg – 14. 2. 1809 Vídeň), vynikající císařský úředník. V r. 1776 se stal guberniálním radou v Čechách a císař Josef II. ho v r. 1782 jmenoval dvorním radou české dvorské kanceláře ve Vídni. V r. 1786 se stal vládním prezidentem a vedlejšího zemského práva, v r. 1791 nejvyšším purkrabím a guberniálním prezidentem v Čechách, v r. 1792 kancléřem dvorského úřadu ve Vídni. Dále působil jako prezident dvorských komisí pro justiční (od 7. 9. 1801) a politické (od 2. 3. 1808) záležitosti. Byl oblíbencem císařského dvora a knížete Karla Egona Fürstenberga, nadšeným kameralistou a fyzikokratem, zakladatelem průmyslových podniků na svých velkostatcích; spoluorganizátor zemské průmyslové výstavy v pražském Klementinu v r. 1791, nositel velkého kříže Řádu sv. Štěpána. Srov. C. Wurzbach, *Biographisches Lexikon*, tamtéž, a J. Nožička, *Proměny lesů a vývoj lesního hospodaření v Krušnohoří do r. 1848*, *Rozpravy ČSAV (řada matematických a přírodních věd, ročn. 72, seš. 3)*, Praha, Nakladatelství ČSAV 1962, s. 66.

- 5) J. Šafránek (c. d., s. 7) uvádí 40 000 pruských jiter, tzn. asi 10 213 ha, zároveň však (c. d., s. 17) i 27 241 strychů, tzn. asi 7 837,2 ha k r. 1780. Rozdíl je tedy značný.
- 6) Srov. Ch. Liebich in Allgemeines Forst- und Jagd-Journal 4, 1834, s. 166.
- 7) Srov. Ch. Liebich, Aus Böhmen, s. 2.
- 8) Srov. A. Bernhardt, Geschichte des Waldeigentums, der Waldwirtschaft und Forstwissenschaft in Deutschland, 2, Berlin, J. Springer 1874, s. 166; R. Hess, Ehrenwerth: Ignaz Franz E., Allgemeine deutsche Biographie 12, Leipzig, Duncker a Humblot 1877, s. 712–713 a R. Hess, Lebensbilder hervorragender Forstmänner und um das Forstwesen verdienter Mathematiker, Naturforscher und Nationalökonom, 2, Berlin, P. Parey 1885, s. 76.
- 9) Srov. F. Mocker, Die erste Forstschule, s. 358.
- 10) Srov. A. Nечhleba, Počátky lesní kultury na Křivoklátsku. Příspevek k dějinám lesnictví v Čechách, in: Sborník Československé akademie zemědělské 3, 1928, s. 765–766. Velkostatek Červený Hrádek považuje Nечhleba „za kolébku upraveného lesního hospodářství v Čechách.“ O J. G. Stumpfovi srov. V. Černý, Hospodářské instrukce, Praha, ČSAZ 1930 (rejistřik) a L. Skála, Malý slovník biografii, 3 (P – Š), Sborník ČSAZ č. 138, Praha, ČSAZ 1990, s. 225.
- 11) Srov. J. Nožička, Přehled, s. 224, a týž, Přehled vývoje hospodářské úpravy našich lesů, in: V. Korf, Taxace lesů, 2., Hospodářská úprava lesů, Praha, SZN 1955, s. 19–21.
- 12) Srov. J. Nožička, Z historie našeho lesnického školství, in: Sborník lesnické fakulty Vysoké školy zemědělské v Praze 5, 1962, s. 162–163.
- 13) Asi 1 295 ha (22,5 %) a 4 459 ha (77,5 %), celkem tedy jen asi 5 754 ha (koef. 0,2877). Srov. pozn. 5.
- 14) Srov. J. Nožička, Přehled, s. 280–281.
- 15) Tamtéž, s. 281–282. Totéž takřka doslova u J. Nožičky, Přehled vývoje hospodářské úpravy, s. 19–21. Nožička měl vycházet z archivu bývalého panství Červený Hrádek, v jeho době uloženého v Zemědělsko-lesnickém archivu Libochovice, a z vylíčení historie hospodářské úpravy červenohrádeckých lesů ve Spolkovém časopisu České lesnické jednoty (Vereinschrift für Forst-, Jagd- und Naturkunde) 1860, s. 77–78. V Přehledu vývoje našich lesů uvádí dále na s. 281 obr. č. 33 Zanthierův podpis na jeho návrhu úpravy hospodaření v červenohrádeckých lesích (ze 23. 10. 1775). Další poznatky o lesmistru Ehrenwerthovi srov. u J. Nožičky, Proměny, s. 67–69, 71–72, 74–75, 78–80, 95–96 aj.
- 16) Srov. S. Juklík, Nástin vývoje lesnického školství a vyučování lesnictví vůbec na území našeho státu v údobí předpřevratovém, Lesnická práce 12, 1933, s. 39.
- 17) Srov. E. Hošek, Ke sto padesátému výročí, s. 142 a 148.
- 18) Srov. J. Frič a kol., Velké vzory, s. 23.
- 19) Srov. J. Šafránek, Jan Hynek Ehrenwerth, s. 3.
- 20) Tamtéž, s. 19–20.
- 21) Srov. K. Schindler, Schematismus und Statistik der Staatsforste, der forstlichen Lehranstalten und Vereine des österreichischen Kaiserthums, Wien, W. Braumüller 1864, s. 157; Naučný slovník lesnický, Výběr lesnický důležitých hesel zpracovaných odborníky, vyd. J. Konšel, II (M–Ž), Písek, Matice lesnická 1940, s. 1709; F. Zuman, Počátky lesnické školy v Bělé, in: Od Ještěda k Troskám. Vlastivědný sborník českého severu 6, 1927, s. 82; S. Juklík, Nástin, s. 39–40; F. Stamm, Verhältnisse der Volks-, Land- und Forstwirtschaft in Böhmen, Prag, F. Rohlíček 1856, s. 292–293; F. von Löffelholz-Colberg, Forstliche Chrestomatie, 2, Berlin 1966, s. 317–318; Der aufmerksame Forstmann oder das Neueste und Bemerkenswerthe aus dem Forst- und Jagdfache, 1828 (časopis vydávaný Ch. Liebichem v Praze); H. Reuss, Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestandes der mähr.-schles. höheren Forstlehranstalt Aussee – Eulenburg – Mähr.-Weisskirchen, Brünn, Mähr.-schles. Forstschulverein 1902, s. 81–82; H. Gröschl, Galerie významných osobností Chomutovska. Jan Ignác Ehrenwerth a první lesnická škola v Blatně u Chomutova, Památky, příroda, život 1963, s. 59–63; L. Skála, Malý slovník biografii, 4 (T – Ž), dodatky, Sborník ČSAZ č. 140, Praha, ČSAZ 1990, s. 195–196 aj.
- 22) V medailonu o Ehrenwerthovi (J. Frič a kol., Velké vzory, s. 25) se uvádí rok založení – např. 1763, 1764, 1767, 1770 a 1772. Podle F. Mockera se jednalo o rok 1770 (!).
- 23) Srov. Ch. Liebich, Aus Böhmen, s. 2, a F. Mocker, Die erste Forstschule, s. 358.
- 24) Ehrenwerth napsal ještě další známá vyjádření. Srov. J. Nožička, Přehled vývoje našich lesů, s. 201–202 a 303. Ehrenwerth považoval lesy za velký poklad každé země a soudil, že nejlepší učitelkou lesníků je sama příroda.
- 25) Tamtéž, s. 258.
- 26) Tamtéž, s. 294 a 296.
- 27) Srov. J. Frič a kol., Velké vzory, s. 25 a E. Janoušek, Nárt vývoje lesního hospodářství na panství prášilském na Šumavě, Lesnická práce 17, 1938, s. 128–155.
- 28) Srov. J. Nožička, Přehled, s. 215–216.
- 29) Srov. G. Novotný, Vlastnické a uživatelské vztahy k lesní půdě a lesu v českých zemích v letech 1620–1918, Lesnictví-Forestry, 38, 1992, č. 9–10, s. 893–905.

PhDr. Gustav Novotný, CSc., Historický ústav AV ČR, Brno

## Pokyny pro autory

### Obecné pokyny

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

### Úprava textu

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

Každý článek by měl obsahovat abstrakt, který nemá mít více než 120 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 používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

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

### Tabulky

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

### Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současně uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis. S e p a r á t y . Z každého článku obdrží autor 40 separátů zdarma.

## Instructions to Authors

### General

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to forest ecosystems of Central Europe. An article submitted to Lesnictví-Forestry must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. 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. Each paper must begin with an Abstract of no more than 120 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

### Tables

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

### Figures

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

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

## UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

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

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:

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

## **LESNICTVÍ – FORESTRY 1995, No. 12, uveřejní tyto příspěvky:**

Kaněčka P.: Parasitoids of false spruce webworm [*Cephalcia abietis* (L.)] – findings obtained during larvae dissection – Parazitoidi ploskohřbetky smrkové [*Cephalcia abietis* (L.)] – poznatky z pitvy housenic

Chlebek A., Jařabáč M., Tolasz R.: Měření srážek pro bilanci vody v lesnatých výzkumných povodích – Precipitation measurements for water balance in forested research watersheds

Kohán Š.: Výskum intenzívneho pestovania topoľov v špeciálnych kultúrach s krátkou rubnou dobou v ekologických podmienkach Východoslovenskej nížiny – Research into intensive tending of poplars in special cultures with a short rotation period in ecological conditions of the East Slovakian Lowland

Linderová R.: Ekonomické zhodnotenie hospodárenia v Tatranskom národnom parku pri zohľadnení požiadaviek štátnej ochrany prírody – Economic evaluation of management in the Tatras National Park including the requirements of State-controlled environment conservation

Ulrich R., Schlaghamerský A.: Aplikace lanového systému při integrovaném kácení – Application of cable system during integrated felling

Křišťůfek V.: Interakce mezi mikroorganismy a bezobratlými živočichy v půdě (Literární studie) – Interactions between microorganisms and invertebrate fauna in soils (Review)

---

Vědecký časopis LESNICTVÍ - FORESTRY ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Vychází měsíčně ● Redaktorka: Mgr. Radka Chlebečková ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41, fax: 02/25 70 90 ● Sazba: Studio DOMINO – ing. Jakub Černý, Bří Nejedlých 245, 266 01 Beroun, tel.: 0311/22 959 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1995

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