

Journal of
FOREST SCIENCE

Volume 46, No. 3, March 2000

PRAGUE 2000
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

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

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

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno
Ing. Josef Běle, CSc., Praha
Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha
Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno
Prof. Ing. Jan Koubá, CSc., Praha
Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha
Ing. Václav Lochman, CSc., Praha
Ing. František Šach, CSc., Opočno
RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.
Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway
Prof. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic
Prof. Dr. Andrzej Jaworski, Krakow, Poland
Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany
Prof. Dr. Franz Schmithüsen, Zurich, Switzerland
Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Sloboda, Göttingen, Germany
Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada
Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden
Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia
Dr. Sven de Vries, Wageningen, Netherlands

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

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

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

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

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

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

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

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

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

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zasílány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 816 Kč.

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

FROM YIELD TABLES TO SIMULATION MODELS FOR PURE AND MIXED STANDS

OD RASTOVÝCH TABULIEK K SIMULAČNÝM MODELOM ROVNORODÝCH A ZMIEŠANÝCH PORASTOV

H. Pretzsch

Technische Universität München, Forstwissenschaftliche Fakultät, Am Hochanger 13, D-85354 Freising

ABSTRACT: The objective of the article is a short and instructive introduction to model approaches for pure and mixed forest stands from yield tables to eco-physiological process models. For a deeper understanding of the introduced model types the literature list offers the most important references. A model's objective and the existing knowledge of the observed system determine how complex the model approach has to be. Single tree models, eco-physiological based gap models and hybrid models are of particular interest for forest management as they are suitable for pure and mixed stands and a broad range of climatic zones. Version 2.2 of the SILVA model, developed for pure and mixed stands, belongs to the promising category of hybrid models and is used to explain the functional principles underlying this model approach. The SILVA stand simulator provides quantitative growth and yield information as a decision support for forest management.

yield table; mixed stands; single tree simulator; structure generator; decision support

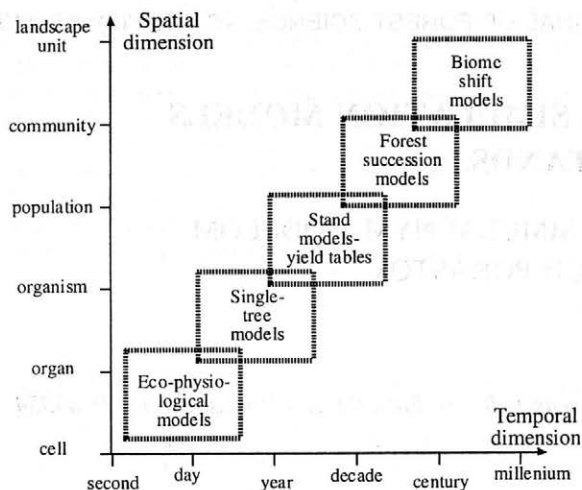
ABSTRAKT: Cieľom príspevku je krátky prehľad princípov modelovania rastu rovnorodých a zmiešaných porastov, a to od rastových tabuliek až po ekofyziologické procesné modely. Pre hlbšie pochopenie uvedených druhov modelov sú v príspevku uvádzané aj najvýznamnejšie citácie. V závislosti od cieľa modelovania a existujúcej úrovne poznania skúmaného systému je stanovený stupeň komplexnosti úrovne modelovania. Jednotlivo-stromové modely, na ekofyziologických základoch postavené „gap“-modely a tzv. hybridné modely sú pre lesné hospodárstvo zvlášť zaujímavé, pretože sú vhodné nielen pre rovnorodé, ale aj pre zmiešané a nerovnovážne porasty, a to v širokom spektre klimatických podmienok. Rastový simulátor SILVA 2.2 patrí do skupiny perspektívnych hybridných modelov a je v tejto práci použitý na objasnenie funkčných princípov tejto kategórie rastových modelov. Jednotlivo-stromový simulátor SILVA poskytuje užívateľovi kvantitatívne rastovo-produkčné informácie, podporujúce rozhodovací proces v riadení lesného hospodárstva.

rastové tabuľky; zmiešané porasty; jednotlivo-stromový simulátor; generátor štruktúry porastu; podpora rozhodovania

INTRODUCTION

Forest growth models consolidate the knowledge of single processes of forest growth to the notion of a comprehensive system. Forest ecosystems may be modeled with varying degrees of temporal and spatial resolution. The time scale may range from seconds to millennia while the spatial scale may encompass anything from cells and mineral surfaces to continents (Fig. 1). The slow processes on a large spatial scale fix the boundary to quicker processes on smaller scales. The other way round, the quick and spatially bounded processes determine the processes on higher levels. Model approaches that take into consideration these feedback loops between the different system levels can deliver an important contribution to system understanding as well as to

management decision support. The model's objective and the existing knowledge of the observed system determine how complex the model approach will need to be. At the present state of system knowledge single tree and stand models, which model the processes on a temporal scale from year to century and on a spatial scale from tree to stand level fulfill the demands of forest management in the best way. They model the stand dynamic on the basis of the classical growth and yield variables like diameter, height, crown length etc. Process models have a higher spatial and temporal resolution and come to the classical variables by up-scaling. But the behaviour of the whole system can be more than the sum of the underlying processes. Forest succession and biome shift models become an important tool for global change research in forest ecosystems.



1. Spatial and temporal dimensions of process in forest ecosystems and models with increasing aggregation from eco-physiological models to biome shift models

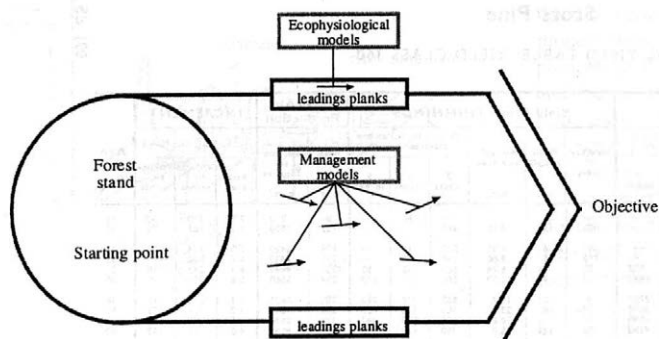
The history of forest growth models is not simply characterized by the development of continuously improved models replacing the former, inferior ones. Instead, different model types with diverse objectives and conceptions were developed simultaneously. Objectives and structure of a model reflect the state of the art of the respective research area at its time and document the contemporary approach to forest growth prediction. The history of growth modeling also documents the extended knowledge in the science of forest growth. Beginning with yield tables for large regions as a basis for taxation and planning – such as the tables by Schwappach (1893) and Wiedemann (1932, 1939a,b, 1942) – model development led to regional yield tables and site-specific yield tables and culminates in the construction of growth simulators for the evaluation of stand development under different management schemes. Vancley (1994) strives for an overview of growth and yield management models and their application to mixed tropical forests. The 1980s brought a new trend towards development of eco-physiological models which give insight into the complex causal relationships in forest growth and predict growth processes under various ecological conditions. The emphasis in model research shifts towards eco-physiological models and away from models which aim only at providing growth and yield information for forest management. These models strive to simulate forest growth on the basis of fundamental eco-physiological processes. The scientific value of eco-physiological models cannot be overrated; however, they will not be applied in forest management for the next few years as they are not yet sufficiently validated in many ways. Also, input and output variables do not yet meet the demand of forest management practice.

A major change has taken place in model conception, i.e. the understanding of forest growth on which the model is based: the tables by Weise (1880),

Schwappach and Wiedemann still result from a purely descriptive analysis of sample area data in form of total and mean values about the observed processes of stand development. These descriptions were later combined with theoretical model concepts which also considered natural growth relationships and causal relations as far as they were known at the time. Yield tables for mixed stands of pine and beech created by Bonnemann (1939) for example characterise growth of beech in the middle and lower storey by mean values. The FOREST-model by Ek and Monserud (1974) controls increment behaviour of lower-storey trees by geometrical competition indices, and the eco-physiological growth models by Bossel (1994), Mäkelä, Hari (1986) and Mohren (1987) derive increment behaviour of lower-storey trees from light availability and performance in terms of photosynthesis.

The change of model objectives and conceptions is closely related to a change of quality in the information generated. Pure management models aim at reliable prediction of forest yield values applicable to planning and controlling in forest management, e.g. height and diameter increment and associated economic value of the assortment. Eco-physiological models aim at biomass development, nutrient input and loss etc. Variables relevant to forest management are ancillary information in those models. For future planning in modern forestry, models meeting the information demands of ecology as well as of economy will gain in importance.

On the way from a starting point of a forest stand to an objective stage eco-physiological models and management models can give a specific decision support (Fig. 2). Ecological and socio-economic frame conditions define the leading planks and thus the corridor for management decisions. Eco-physiological models can support the ecological elements of the leading planks, e.g. the effect of site conditions, species mixture and thinning variants on critical loads, water quality or



2. Stand management models and eco-physiological models for decision support in forest ecosystem management

acidification. Stand treatments of interest can be judged in this way as ecologically acceptable or unacceptable. Management models help to optimize the path from starting point to the objective stand through the given corridor, they support e. g. the decision between different thinning and pruning strategies.

With the shift from tree and stand management models with low resolution to more complex eco-physiological models, different source data are needed for model construction and for the determination of model parameters: standard data sets derived from research sample plots (diameter, height etc.) were used for the development of stand growth models for applied forestry. For the construction of single-tree oriented models, additional data is required (crown dimension, tree position etc.). The transition to eco-physiological models requires an additional data base which can only be provided by broadened experiment concepts and co-operation with neighbouring disciplines.

Models are always an abstraction of reality. They are greatly influenced by the model developer's knowledge and his perception of nature. This applies to the construction of yield tables as well as to building eco-physiological models.

STAND GROWTH MODELS BASED ON MEAN STAND VARIABLES

With a history of over 250 years yield tables for pure stands may be considered the oldest models in forestry science and forest management. They are representations of stand growth within defined rotation periods and are based on a series of measurements of diameter, height, biomass etc. reaching far back into the past. From the late 18th to the middle of the 19th century German scientists such as Paulsen (1795), von Cotta (1821), Hartig R. (1868), Hartig Th. (1847), Hartig G. L. (1795), Heyer (1852), Hündeshagen (1825) and Judeich (1871) created the first generation of yield tables based on a limited data set. These original yield tables soon revealed great gaps in scientific knowledge. A series of longterm data collection campaigns on experimental areas was therefore started. That was the birth period of a unique network

of long term experimental plots in Europe which has been under survey and permanently has grown until present.

The second generation of yield tables, tackled towards the end of the 19th century and continued into the 1950s, follows uniform construction principles proposed by the Association of Forestry Research Stations, the predecessor organization of IUFRO, in 1874 and 1888 and has a solid empirical data basis. The list of protagonists involved in this work includes names such as Weise (1880), von Guttenberg (1915), Zimmerle (1952), Vanselow (1951), Krenn (1946), Grundner (1913) and, in particular, Schwappach (1893), Wiedemann (1932) and Schober (1967), who designed yield tables that were conceptually related and are still being used to today. A brilliant example of their work are the yield tables for European beech. In the 1930s and 1940s first models of mixed stands were constructed under the direction of Wiedemann. Data material from some 200 experimental areas established by the Prussian Research Station led to the widely used yield tables for even-aged mixed stands of pine and beech (Bonnemann, 1939), spruce and beech (Wiedemann, 1942), pine and spruce (Christmann, 1939), and oak and beech (Wiedemann, 1939a). World War II prevented Wiedemann from bringing the development of yield tables for uneven-aged pure and mixed stands to an end, but his studies initiated systematic research on mixed stands. Yield tables for mixed stands of this generation were never consistently used in forestry practice as they were restricted to specific site conditions, intermingling patterns and age structures.

Yield tables developed by Gehhardt (1909, 1923) affected a transition from purely empirical models to models based on theoretical principles and biometric formulas and led to the third generation of yield tables. The core of these models designed by, inter alia, Assmann, Franz (1963), Hamilton, Christie (1973, 1974), Vuokila (1966), Schmidt (1971), Lembecke et al. (1975) is a flexible system of functional equations. These functional equations are based as far as possible on natural growth relationships and are generally parameterized by means of statistical

Age	MAIN CROP After Thinning							Yield From THINNINGS						TOTAL Production		INCREMENT			Age	
	Number of trees	Top height feet	Mean BHQG ins.	Basal area sq. ft. q. g.	Volume (h. ft.) to top diameter o.b. of			Number of trees	Mean BHQG ins.	Av. vol. per tree h. ft.	Volume (h. ft.) to top diameter o.b. of			Basal area sq. ft. q. g.	Volume to 3 inches h. ft.	C.A.I. Basal area	M.A.I.			
					3 inches	7 inches	9 inches				3 inches	7 inches	9 inches				Volume to 3 inches	Volume to 3 inches		Volume to 3 inches
15	1650	27½	2½	86	750	—	—	—	—	—	—	—	86	750	7.3	130	50	15		
20	765	36	3½	65	1020	—	—	885	3	0.80	480	—	—	122	1500	7.2	168	75	20	
25	478	44	4½	71	1380	120	—	287	4	1.95	560	10	—	158	2420	7.0	194	97	25	
30	323	51	5½	60	1830	610	95	145	5	3.86	560	80	—	192	3430	6.7	208	114	30	
35	250	57½	7½	76	2330	1590	580	83	6½	6.74	560	240	50	224	4490	6.3	213	138	35	
40	199	63½	8½	100	2840	2350	1420	51	7½	11.00	560	385	170	254	5560	5.8	214	139	40	
45	166	69	9½	110	3350	3015	2270	33	8½	16.7	560	470	290	282	6630	5.3	210	147	45	
50	142	74½	11	119	3820	3590	3020	24	10	23.0	560	510	400	308	7660	4.9	201	153	50	
55	125	79	12½	128	4255	4095	3650	17	11½	30.6	535	500	440	331	8630	4.5	189	157	55	
60	112	83½	13½	135	4685	4540	4290	13	12½	38.0	490	470	430	352	9550	4.0	177	159	60	
65	102	87	14½	143	5085	4950	4650	10	13½	46.2	450	435	410	371	10400	3.6	163	160	65	
70	94	90½	15	147	5455	5310	5050	8	14½	54.3	410	395	375	388	11180	3.2	149	160	70	
75	88	93½	15½	152	5790	5650	5390	6	15½	62.4	370	360	340	403	11885	2.8	134	159	75	
80	83	96	16½	156	6095	5970	5700	5	16	70.0	330	320	310	416	12520	2.4	120	157	80	
85	79	98	17	159	6365	6240	5980	4	16½	77.2	295	290	275	427	13085	2.1	106	154	85	
90	76	100	17½	162	6600	6480	6220	3	17	83.6	260	255	240	437	13580	1.8	92	151	90	
95	73	101½	18	165	6805	6680	6410	3	17½	88.6	225	220	210	446	14010	1.5	79	147	95	
100	71	103	18½	167	6970	6850	6580	2	18	94.5	195	190	180	453	14370	1.3	68	144	100	

3. Normal yield table of Scots pine from Bradley et al. (1966) in extracts. Normal yield tables model the development of fully-stocked stands on the basis of mean stand variables e.g. number of trees per acre, mean diameter at breast height or basal area per acre

methods. The biometric models are usually transferred into computer programmes and predict expected stand development for different spectra of yield and site classes. A wealth of data was available for the construction of these models and they were processed by modern statistical methods.

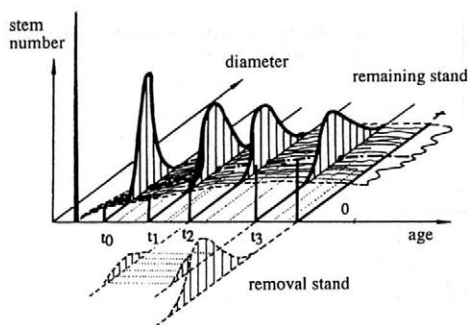
Since the 1960s the fourth generation of yield table models has been created, i.e. the stand growth simulators by Franz (1968), Hoyer (1975), Hradetzky (1972), Bruce et al. (1977), Curtis et al. (1981, 1982) and Wenk (1994) which simulate expected stand development under given growth conditions for different stem numbers at stand establishment and for different tending regimes. Expected stand development under given growth conditions is simulated by means of computer programs and controlled by systems of suitable functions forming the core of the growth simulator. All information available on forest growth is synthesised into a complex biometric model which simulates stand development for a wide range of possible management alternatives and summarizes the results in tabular form similar to yield tables. Thus created yield tables reflect the stand dynamic for a wide range of imaginable management scenarios. While table and model were identical for yield tables of earlier generations, simulator-created yield tables now describe just one of many potentially computable stand development courses.

Despite a number of drawbacks yield tables still form the back-bone of sustainable forest management planning. When computing capacities and available data for model construction increased and with the rising demand for information in forestry, mean value and sum-oriented growth models and yield tables were increas-

ingly replaced by stand-oriented growth models predicting stem number frequencies and by single-tree growth models. Prodan (1965, p. 605) commented on the significance of yield tables in the context of silviculture and forest sciences as follows: „Undoubtedly, yield tables are still the most colossal positive advance achieved in forest science research. The realization that yield tables may no longer be used in the future except for more or less comparative purposes in no way detracts from this achievement.“

STAND-ORIENTED MANAGEMENT MODELS PREDICTING STEM NUMBER FREQUENCY

With the transition towards new intensive treatment concepts, the demand for information in forestry has changed in emphasis from mean stand values towards single-tree dimensions of selected parts of a stand. This changed demand for information resulted in the 1960s in the creation of the first growth models enabling prediction of mean stand values as well as frequencies of single-tree dimensions. Until then, a stand served as the usual information unit on which all predictions were based; these predictions were now strengthened by statements about stem number frequencies in diameter classes (Fig. 4) which are for example needed for precise prediction of assortment yield and value of a stand. Depending on their concept and construction, stand-oriented growth models predicting stem number frequency are classified into differential equation models, distribution prediction models and stochastic evolution models.



4. Principle of management models predicting the shift of the diameter or height distribution along the x-axis (according to Sloboda, 1976)

Many natural processes in various disciplines of the natural sciences can be described by differential equations. An example is differential equations formulating changes of yield descriptors for diameter classes of a stand – i.e. change of stem number, basal area and growing stock – depending on current yield state values. Stand development of the yield descriptors then results from numerical solution of the differential equation systems. In the 1960s and 1970s, Buckman (1962), Clutter (1963), Leary (1970), Moser (1972, 1974) and Pienaar, Turnbull (1973) developed stand-oriented growth models based on differential equation systems.

In the mid 1960s, Clutter, Bennett (1965) came to a completely new approach to stand development modeling. They characterized the condition of a tree population by its diameter and height distribution and described stand development by extrapolation of these frequency distributions. The precision of such models is decisively determined by the flexibility of the distribution type on which it is based. The suitability of different distribution types – e.g. BETA-, GAMMA-, LOGNORMAL-, WEIBULL- or JOHNSON-distribution – has to be assessed individually. In these models otherwise than in those reviewed earlier, stand development is not controlled by the age function of the individual yield descriptors, but by the parameters of the underlying frequency distribution. Models of this type were initially constructed by Clutter and Bennett for North American spruce stands and further developed by McGee, Della-Bianca (1967), Burkhart, Strub (1974), Bailey (1973) and by Feduccia et al. (1979).

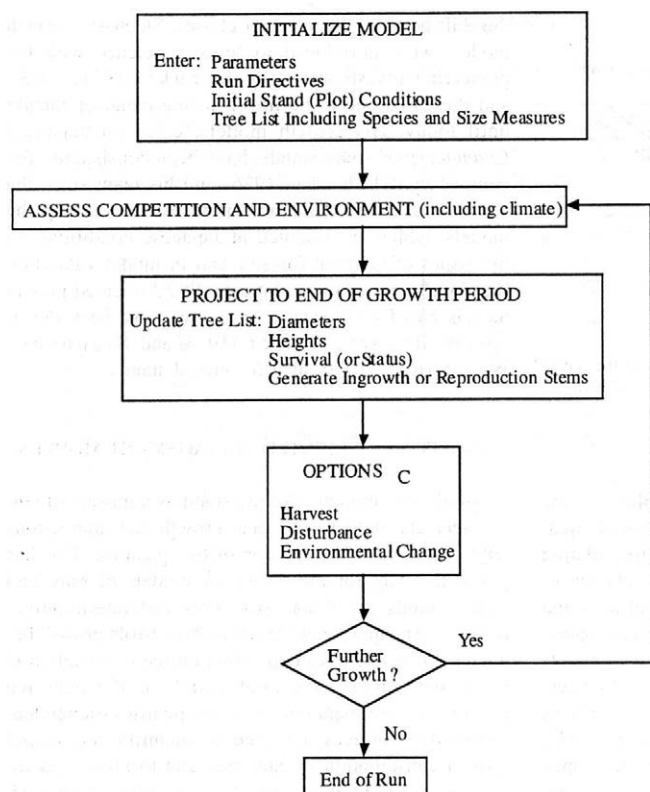
The term „evolution models“ for stochastic growth models is derived from the fact that in these models stand development evolves from an initial frequency distribution, e.g. from a diameter distribution known from forest inventory. Thus, these models – similar to distribution prediction models – predict frequencies of single-stem dimensions (Fig. 4). The mechanism accounting for the extrapolation, however, is based on a Markov-process, giving the transition probability for

the shift between the diameter classes. Stochastic growth models were introduced to forestry science with the pioneering investigations by Suzuki (1971, 1983), and they continue to be linked to the name of Suzuki until today. His growth models, e. g. for Japanese *Chamaecyparis* pure stands, have been consistently developed by Sloboda (1976) and his team since the mid 1970s; they are mainly interested in adapting the models, which are oriented at Japanese conditions, to the issues of German forestry and in model validation based on permanent test plot data. Stand-oriented growth models based on stochastic processes have been developed by Bruner, Moser (1973) and Stephens, Waggoner (1970) also for mixed stands.

SINGLE-TREE ORIENTED MANAGEMENT MODELS

Single-tree models take the stand as a mosaic of single trees and model individual growth and interactions with or without consideration of tree position. This has paved the way for the design of models of pure and mixed stands of all age structures and intermingling patterns. An equation system which controls growth behaviour of single trees depending on their constellation within the stand is the central module of all single-tree models. Position-independent or position-dependent competition indices are used to quantify the spatial growth constellation of each tree and to predict its increment of height, diameter etc. in the following period. Compared to stand-oriented growth models based on mean stand descriptors and those predicting stem number frequencies, single-tree models work on higher resolution. The information unit in single-tree models is the individual tree. However, results of lower resolution models, e.g. mean tree development or diameter frequency distributions, can also be derived from single-tree model results by integration. Information about stand growth then results from summarising and aggregating changes. All single-tree models that are transferred into computer programs are simulating, i.e. reproducing by computer, stand dynamics based on single-tree development for a given growth period. Recent single-tree models are programmed in order to enable the user to interactively influence a simulation run. They allow to follow stand development step by step during the simulation at the computer and to specify e.g. thinning or influences of disturbance factors at any time during the simulation processes, thus influencing or diverting the current course of stand development.

After parameters for the control of the single-tree model have been set, tree characteristics at the beginning of the prediction phase for the test area to be investigated are fed into the computer as initial values for the simulation (Fig. 5). This tree list can contain data on tree species, stem dimensions, crown morphology, stem position and other data about the stand individuals. These data usually originate from single-tree based inventories of indicator plots. Starting with these initial



values, a change (e.g. mortality or development of diameter, height or crowns) for all stand members depending on individual growth conditions is predicted using an appropriate control function; this is done for the first growth period of e.g. five years. Once the tree list has been processed, a change of growth conditions – for example due to thinning or disturbing influences – can be specified prior to continuing to the next increment period. This will now influence single tree growth in the following period. The refined state values of all trees resulting at the end of the first growth period represent also the initial values for the second growth period. These values are repeatedly extrapolated in every simulation cycle and interim results are given. The simulation continues until the envisaged prediction period has been worked off step by step. In most models, time steps are five years, sometimes only one or two years. By removing single trees during a simulation run, the growth constellation and growth behaviour of the remaining individuals change in the next growth period. Growth reaction of the stand is thus explained by the reactions of all single trees to this intervention. By relating stand development back to growth behaviour of single trees and by modeling single-tree dynamics depending on growth constellation within the stand, single-tree models, after being initialized accordingly, enable to evaluate a wide range of treatment programs.

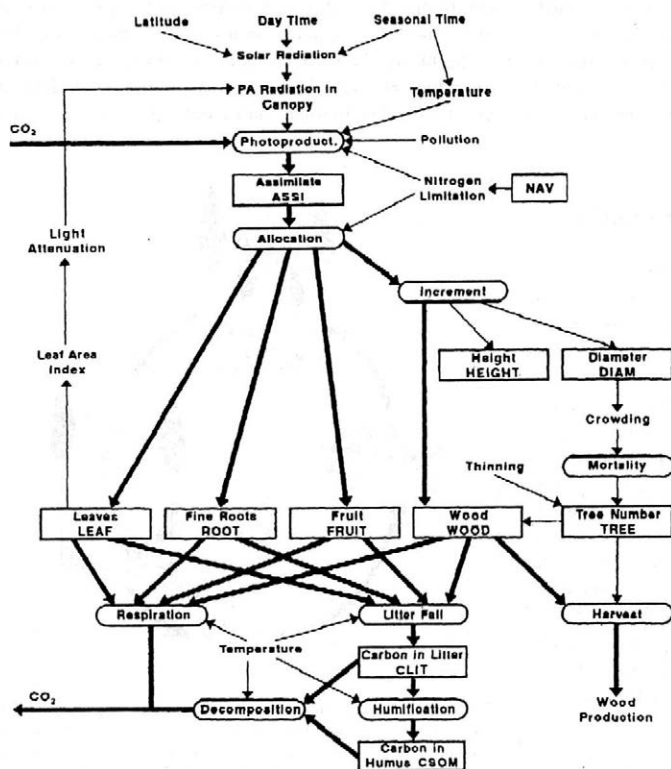
The first single-tree model was developed for pure douglas fir stands by Newnham (1964). It was followed by the development of models for pure stands by Arney (1972), Bella (1970), Mitchell (1969, 1975) and others. In the mid 1970s, Ek and Monserud applied the construction principles for single-tree oriented growth models for pure stands to uneven-aged pure and mixed stands (Ek, Monserud, 1974; Monserud, 1975). We can distinguish distance-dependent and distance-independent single-tree models; the former being able to refer to data about stem position and stem distance for the control of single-tree growth. The worldwide bibliography of single-tree growth models compiled by Ek, Dudek (1980) lists more than 40 different single-tree models which group into about 20 distance-dependent and distance-independent models each. Single-tree models developed since the 1980s – among others by van Deusen, Biging (1985), Hasenauer (1994), Nagel (1996), Pretzsch (1992, 1998, 1999), Sterba et al. (1995), Wensel, Koehler (1985) and Wykoff et al. (1982) – refer to the methodological bases of their predecessors in many parts; however, owing to the rapidly improving user interfaces of modern computers they are far more user-friendly than older single-tree models.

All models mentioned above rely on growth and yield data from long-term observation plots and hence have the advantage of being empirically verifiable. However, there is a drawback to historically deduced data inasmuch as growth conditions undergo changes and reaction patterns from the past cannot – without further ado – be projected into the future. In the 1970s model research was pointed in a new direction with the creation of high-resolution, so called eco-physiological process models which account for metabolism, organ formation, assimilation and respiration as well as biochemical and soil chemistry reactions. Pioneers of the eco-physiological process model concept for forest stands are Bossel (1994), Mäkelä, Hari (1986) and Mohren (1987). The term process model is slightly misleading in the sense that of course all forest growth models describe processes. Merely the temporal and spatial scale of modeled processes becomes more detailed in the transition from yield table models via single-tree management models and succession models to growth models based on eco-physiological data (Fig. 1).

The development of modern process models begins with a system analysis and the selection of characteristic system components. Results of this description can be transferred into a system diagram (Fig. 6). The system

description breaks the system down into system components which are characteristic of all biological systems. By system parameters we understand parameters remaining constant during the lifetime of the system. Exogenous parameters are variables which control the system but cannot be influenced by the system, e.g. stress by air pollutants. State variables are the actual output value of the model; their current values reflect the system's state. Important state variables in stand models are accumulated carbon quantities in needles, branches, stem and roots. The initial values of the state variables give the starting values of a system and thus decisively influence its further development. In a growth model for example, stem number and initial stand structure have to be specified as initial values. The change rate of the state variables controls the change, i.e. input and output of state variables. Examples are mortality rates or respiration rates which control the change of the carbon quantities accumulated in the different compartments. Intermediary variables change simultaneously with the state variables and feed back into the system. The system components are indicated in the system diagram with differing graphical symbols and their interrelations are identified by lines and arrows.

The model thus outlined is transferred into a mathematical model and subsequently into a computer program. For this purpose, the system components and links are described by mathematical or logical relations.



6. Carbon flow (heavy arrows) in the TREEDYN3 forest simulation model with the most important state variables, processes and flows, indicated by boxes, ovals and arrows resp. (according to Bossel, 1994)

ships. Once the complete model is constructed, the causal relations implemented are parameterized. The system behaviour can be simulated by the developed computer programs. All information known about the system is therefore consolidated in the system components and the system structure. The process of system analysis and model development concludes with the validation of the final model. For validation, i.e. for testing if the causal relations assumed in the model realistically reflect the growth of stands or single trees, empirical yield data can be used among other data. If necessary, individual model assumptions are corrected or model parts revised.

A vastly improved understanding of eco-physiological processes in forest eco-systems paved the way towards this model approach and it was the actual modeling of these processes which provided an idea of the functioning of the overall system. Another impetus to process model development was the need to understand and predict the reactions of forest eco-systems to an increasing number of adverse effects such as industrial immissions, rise in atmospheric CO₂ and climate change. In the context of environmental instability high-resolution and detailed process models are certainly the ideal approach towards understanding and predicting forest eco-system behaviour. However, there are definite constraints in developing and applying process models due to considerable gaps in the knowledge of sub-processes in assimilation organs and in the soil. Also, the up-scaling of sub-processes to the behaviour of the overall system is still largely unresolved. Moreover, the introduction of process models still requires intensive research and extremely high-powered computers that are only rarely available in practice. To date process models are, therefore, primarily research instruments rather than forest management planning tools.

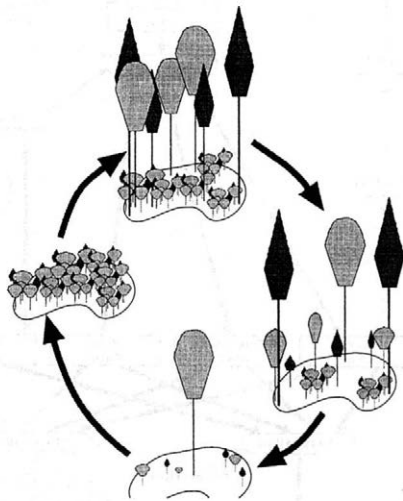
GAP MODELS AND BIOME SHIFT MODELS

In view of modern theoretical ecology, a spatially extensive system is composed of mosaic-like sub-units and can be studied by analysing these sub-units. Watt (1947), Bormann, Likens (1979) and others transferred this view of extensive ecosystems to the study and model representation of growth dynamics of pure and mixed stands. This laid the foundations for the concept of gap models suitable to predict succession. According to this conception, a forest stand is an aggregation of gaps. The size of these gaps corresponds to the extent of a potential crown area of a dominant tree or tree group (areas of 0.04 to 0.08 ha). The actual information unit is the tree group in the gap; stand development results as the sum of the total spectrum of contributing gaps. Gap models imply that forest development in a gap occurs in a fixed cycle: a gap results from exploitation or death of a dominant tree. Thus, growth conditions of so far under-storey trees and natural regeneration improve. Growing trees successively close the gap and a new upper storey develops. The

cycle is repeated with further losses of dominant trees (Fig. 7). Growth models with this approach were predominantly used for investigations of competition and succession in semi-natural stands.

Gap models such as designed by Shugart (1984), Pastor, Post (1985), Aber, Melillo (1982), Leemans, Prentice (1989) are primarily aimed at mixed stands. While in the models described above increment-determining factors have effects on stands or individuals respectively, gap models describe tree growth depending on growth conditions in the individual gap. Gap models simulate growth dynamics for single trees or tree classes in a gap; it is therefore possible to generate information about the development of diameter, height and volume of single trees as well as stands. However, regarding input and output variables they are less fixed on information available from or required by forestry practice; rather, they aim at predicting long-term succession in natural forest stands and the effects of altered growth conditions. However the FORMIX2 model (Bossel, Krieger, 1994) for virgin and managed Malaysian lowland dipterocarp forests is an example for an eco-physiologically based gap model with output variables, useful as a decision support in forest management.

Biome shift models developed by researchers such as Box, Meentemeyer (1991) and Prentice et al. (1992) establish statistic relationships between regional climate and vegetation type. Based on relevant climatic conditions the nature of potential biomes, i.e. communities, may be predicted on a regional and even global scale. Of all the models under discussion these are the ones that provide the highest aggregation of data on vegetation development and forest growth. They have



7. Gap models imply that stand dynamic occurs in a characteristic cycle: A gap results from exploitation or death of a dominant tree. Growth conditions in the gap improve. Young trees close the gap and form a new upper layer (according to Shugart, 1984)

therefore gained increasing importance in global change research.

HYBRID MODELS FOR FOREST MANAGEMENT

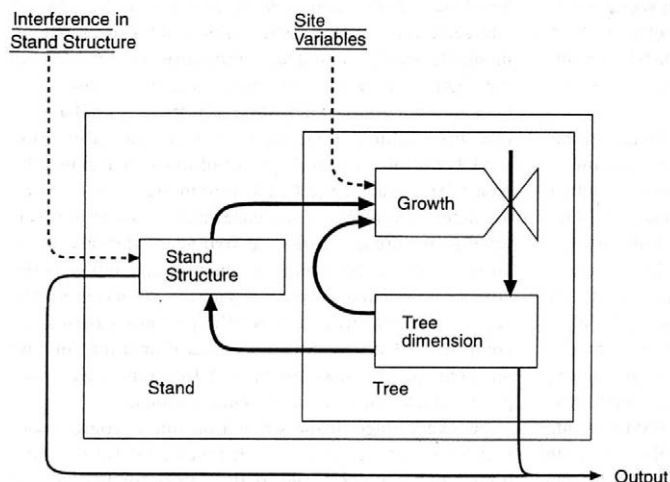
The transfer of specific components of eco-physiological models – based on the solid process knowledge – into stand or single-tree management models – based on long-term experimental plots and increment series – leads to what Kimmins called hybrid growth models. Models of this type were constructed, inter alia, by Botkin et al. (1972) and Kimmins (1993). Their objective is to make the best possible use of newly acquired knowledge of eco-physiological processes combined with historical increment observations to assist in forest planning and management. On account of the implemented relationship between site conditions and species specific growth they can be used for pure and mixed stands. In the past 100 years mixed stands have gradually become the focus of forest research, in particular on account of studies by Gayer (1886), Wiedemann (1939b) and Assmann (1961), but until today growth models for mixed stands are missing as a quantitative planning tool. In Europe none of the above model concepts is of any practical relevance as tools to be used in the management of mixed stands.

Only very recently have models created by Kolström (1993), Nagel (1996), Pretzsch (1992), Pukkala (1987) and Sterba et al. (1995) found use in forestry practice for planning work in pure and mixed stands. These are more or less site-sensitive single tree models constructed from a broad basis of eco-physiological and growth and yield data. Version 2.2 of the SILVA model, developed in Germany for pure and mixed stands, belongs to this category of hybrid models (Pretzsch, 1992; Pretzsch, Kahn, 1996; Kahn, Pretzsch, 1997) and may be used as an ex-

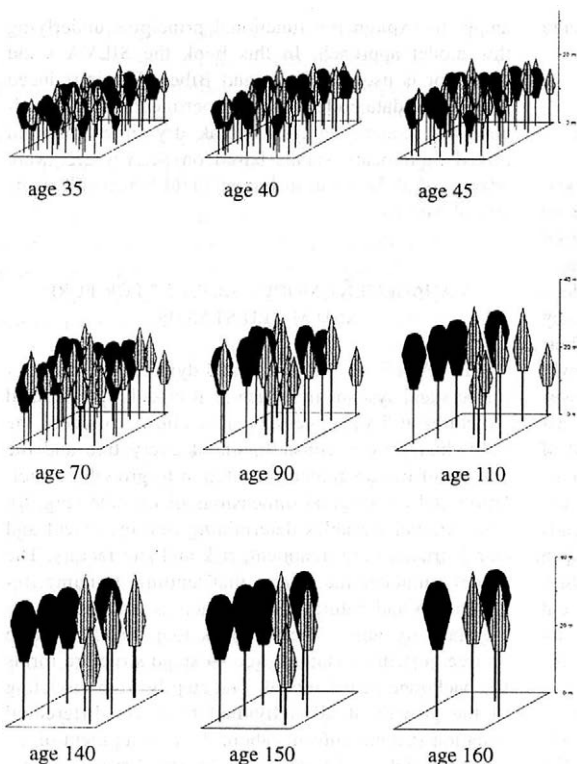
ample to explain the functional principles underlying this model approach. In this book the SILVA stand simulator is used by Kahn and Biber. The introduced methods of data collection on experimental plots, modeling and scenario analysis in teak, dry dipterocarp and mixed dipterocarp stands based on SILVA 2.2, were developed at the Chair of Forest Yield Science, University of Munich.

MANAGEMENT MODEL SILVA 2.2 FOR PURE AND MIXED STANDS

SILVA reflects the spatial and dynamic character of mixed stand systems inasmuch as it models spatial stand structures at 5 year intervals. This allows to record the individual growth constellation of every tree and the control of tree increment in relation to growth constellation and the original dimensions of the tree (Fig. 8). The external variables determining tree increment and stand structure are treatment, risk and site factors. The model simulates the effects that tending, thinning, regeneration and natural hazards such as storms have on the stand dynamic. The feedback loop stand structure → tree growth → state of tree → stand structure forms the backbone of the model. The step by step modeling of the growth of all individual trees via differential equation systems informs about the development of assortment yield and financial yield, stand structure, stability and diversity of the stand by means of the data, required in yield calculations, on height, dbh, number of stems etc. Input and output data used in the model correspond to the data available from or required in forestry practice. Only site variables available on a large scale are considered. With models of this type a weighting between yield-related, socio-economic and ecological effects and the timber production and financial yield in pure and mixed stands becomes possible.



8. Simplified system diagram of the growth model SILVA 2.2 with the levels stand and tree, the external variables interference in stand structure and site conditions and the feedback loop stand structure → growth → tree dimension → stand structure



9. SILVA 2.2 breaks down forest stands into a mosaic of individual trees and reproduces their interactions as a space-time system. Excerpt of a simulation run for a mixed stand with two species (slight thinning from below)

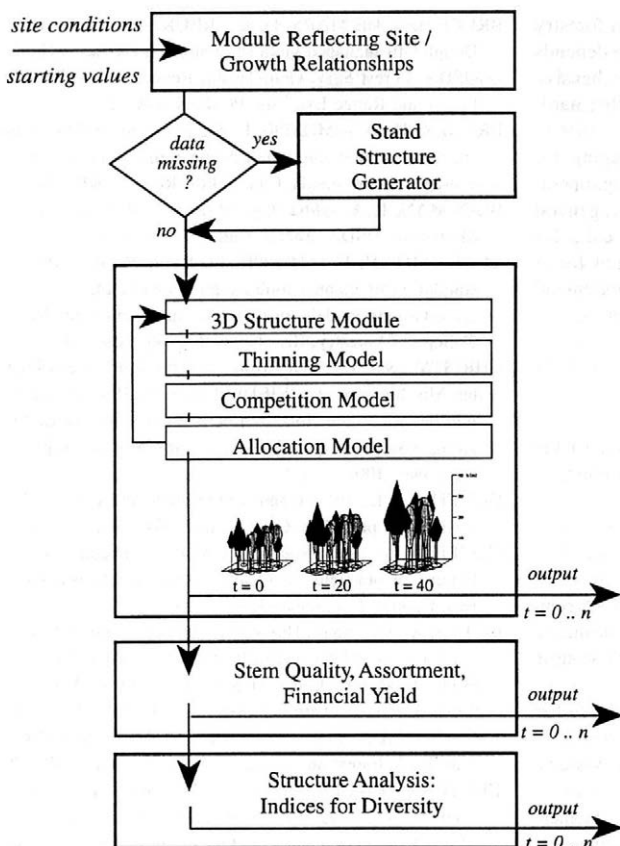
Parametrization relies on yield and site characteristics of pure and mixed stands that have been under observation for up to hundred years.

The position-dependent individual tree model SILVA 2.2 breaks down forest stands into a mosaic of individual trees and reproduces their interactions as a space-time system (Fig. 9). It can therefore be used for pure and mixed stands of all age combinations. Primarily it is designed to assist in the decision making processes in forest management. Based on scenario calculations SILVA 2.2 is able to predict the effects of site conditions, silvicultural treatment and stand structure on stand development, and therefore also serves as a research instrument.

The first model element reflects the relationship between site conditions and growth potential and aims at adapting the increment functions in the model to actual, observed site conditions (Fig. 10). With the aid of nine site factors reflecting nutritional, water and temperature conditions the parameters of the growth functions are determined in a two-stage process (Kahn, 1994). The stand structure generator STRUGEN facilitates the large-scale use of position-dependent individual tree growth models. The generator converts verbal characterizations as commonly used in forestry practice (e.g. mixture in small clusters, single tree mixture, row mixture) into a concrete initial stand structure with which the growth model can subsequently commence its forecasting run

(Pretzsch, 1997). The three-dimensional structure model uses tree attributes such as stem position, tree height, diameter, crown length, crown diameter and species-related crown form models to construct a three-dimensional stand structure. The thinning model is also an individual tree based one and can model a wide spectrum of treatment programs (Kahn, 1995). The core of the thinning model is a fuzzy logic controller. In the simulation studies described below the thinning model simulates various thinning methods (thinning from below and selective thinning) and thinning intensities (slight, moderate and heavy). The competition model employs the light-cone method (Pretzsch, 1992) and calculates a competition index for every tree on the basis of the three-dimensional stand model. The allocation model controls the development of individual stand elements. Tree diameter at height 1.30 m, tree height, crown diameter, height of crown base, crown shape and survival status are controlled, at five year intervals, in relation to site conditions, interspecific and intraspecific competition. Finally classical yield information on the stand and single tree level for the prognosis period are compiled in listings and graphs. Additional information on stem quality, assortment and financial yield complete the growth and yield characteristics.

At every stage of the simulation run a program routine for structural analysis calculates a vector of structural indices which serve as indicators for habitat and



10. Essential elements of the SILVA 2.2 simulator for pure and mixed stands

species diversity and form a link to the ecological assessment of forest stands.

The algorithmic sequence for predicting forest development comprises the following steps (Fig. 10): the first step is the input of data on the initial structure and site conditions of the monitored stand. Secondly, the parameters of the growth functions are adapted to actual site conditions. Once the starting values for the prognostic run are complete, monitoring can begin. If there are no initial values, e.g. stem positions are unknown, the missing data can be realistically complemented with the help of the stand structure generator. Once the spatial model has been constructed (step 4), the silvicultural treatment program is specified in the fifth step. The competition index calculated for each tree in step 6 is used in step 7 to control individual tree development. Steps 4 to 7 are repeated until the entire prognostication has been run through in 5-year steps.

To date, model research has had little success in substituting yield tables for pure stands by an improved information system for pure and mixed stands. This can in no way be attributed to a deficit in methodological principles, data or technical equipment. The causes rather lie in the fact that new models are not properly adapted to practical requirements. The recent introduc-

tion of the growth model SILVA 2.2 in practical usage, instruction and research furnishes a distinct profile of practical demands to be considered in management models that will be used in decision-making processes at stand and forest enterprise levels. 1. The natural management of forests is currently making great headway. In the long run only those growth models will therefore find approval that are capable of simulating the growth of pure and mixed stands of all age compositions and structural patterns. 2. Models need to be operable at stand and forest enterprise levels and able to simulate growth behaviour under different thinning regimes and different processes of artificial and natural regeneration. 3. Flexibility of the model is essential so as to permit simulation of growth reactions to site alterations and interference factors on a large regional scale. 4. Apart from tree and stand characteristics such as volume production, assortment yield, wood quality and financial yield it should also include structural parameters determining the recreational and protective functions of forests as well as indicators showing the impact of hazards or ecological instability. 5. Forestry practice is interested, first and foremost, in calculating scenarios at stand and forest enterprise levels. This can only be achieved if input and output data of the model consider what infor-

mation is available and what data are needed in forestry practice. Furthermore, achieving this goal also depends on whether the model forms part of a comprehensive forestry information system and, finally, whether hardware specifications are acceptable in practice.

For decades forestry practice has been hoping for improved growth models to assist with planning, operations and control in forest management. The general acceptance of new models by practitioners calls for a close cooperation between forest science and forest practice, from the design and development of the model to its actual introduction in forest management.

Acknowledgements

I thank Dr. Ján Ďurský for the translation to the Slovakian language, for review and helpful comments.

References

- ABER, J. D. – MELILLO, J. M., 1982. FORTNITE: A computer model of organic matter and nitrogen dynamics in forest ecosystems. Coll. Agric. Life Sci., Univ. Wisconsin, Madison, Wisconsin, Res. Bull. R 3130.
- ARNEY, J. D., 1972. Computer simulation of Douglas-fir tree and stand growth. [Ph. D. thesis.] Oregon State Univ.: 79.
- ASSMANN, E., 1961. Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München-Bonn-Wien: 490.
- ASSMANN, E. – FRANZ, F., 1963. Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt, München: 104.
- BELLA, I. E., 1970. Simulation of growth, yield and management of aspen. [Ph. D. thesis.] Fac. Forest. Univ. B. C.: 190.
- BAILEY, R. L., 1973. Development of unthinned stands of *Pinus radiata* in New Zealand. [Ph. D. thesis.] Univ. Georgia: 67.
- BONNEMANN, A., 1939. Der gleichaltrige Mischbestand von Kiefer und Buche. Mitt. a. Forstwirtschaft. u. Forstwiss., 10. Jg., H. 4: 45.
- BORMANN, F. H. – LIKENS, G. E., 1979. Pattern and process in forested ecosystems. Springer Verlag, New York: 253.
- BOSSEL, H., 1994. Treedyn 3 Forest simulation model, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. Reihe B, Bd. 35: 118.
- BOSSEL, H. – KRIEGER, H., 1994. Simulation of multi-species tropical forest dynamics using a vertically and horizontally structured model. For. Ecol. Mgmt, 69: 123–144.
- BOTKIN, D. B. – JANAK, J. F. – WALLIS, J. R., 1972. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. J. Ecol., 60: 849–872.
- BOX, E. O. – MEENTEMEYER, V., 1991. Geographic modeling and modern ecology. In: ESSER, G. – OVERDIECK, D. (eds.), Modern Ecology. Basic and applied aspects. Elsevier: 773–804.
- BRADLEY, R. T. – CHRISTIE, J. M. – JOHNSTON, D. R., 1966. Forest management tables. Forestry Commission Booklet, No. 16, Her Majesty's stationery office, London: 219.
- BRUCE, D. – DE MARS, D. J. – REUKEMA, D. C., 1977. Douglas-fir managed yield simulator: DFIT User's Guide. USDA, Forest Serv. Gen. Techn. Report PNW-57, PNW Forest and Range Exp. Sta. Portland, OR.: 26.
- BRUNER, H. D. – MOSER, J. W., 1973. A Markov chain approach to the prediction of diameter distributions in uneven-aged forest stands. Can. J. For. Res., 3: 409–417.
- BUCKMAN, R. E., 1962. Growth and yield of red pine in Minnesota. USDA, Techn. Bull., No. 1272: 50.
- BURKHART, H. E. – STRUB, M. R., 1974. A model for simulation of planted loblolly pine stands. In: FRIES, J. (ed.), Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Res. Notes, No. 30: 128–135.
- CHRISTMANN, J., 1939. Ertragstafel für den Kiefern-Fichten-Mischbestand. In: WIEDEMANN, E., 1949. Ertragstafeln der wichtigen Holzarten bei verschiedener Durchforstung sowie einiger Mischbestandsformen. Schaper, Hannover: 100.
- CLUTTER, J. L., 1963. Compatible growth and yield models for loblolly pine. For. Chronical, 9: 354–371.
- CLUTTER, J. L. – BENNETT, F. A., 1965. Diameter distributions in old-field slash pine plantations. Georgia For. Res. Council Rep., No. 13: 9.
- COTTA, H., von, 1821. Hülftafeln für Forstwirte und Forsttaxatoren. Arnoldische Buchhandlung, Dresden: 80.
- CURTIS, R. O. – CLENDENEN, G. W. – DE MARS, D. J., 1981. A new stand simulator for coast Douglas-fir: User's Guide. USDA, Forest Serv. Gen. Techn. Report PNW-128, PNW Forest and Range Exp. Sta. Portland, OR.: 79.
- CURTIS, R. O. – CLENDENEN, G. W. – REUKEMA, D. C. – DE MARS, D. J., 1982. Yield tables for managed stands of coast Douglas-fir. USDA, Forest Serv. Gen. Techn. Report PNW-135, PNW Forest and Range Exp. Sta. Portland, OR.: 182.
- DEUSEN, P. C., van – BIGING, J., 1985. STAG A Stand generator for mixed species stands. Version 2.0. North. Calif. Forest Yield Cooper., Dep. of For. and Res. Mgt., Univ. of California, Res. Note, No. 11: 25.
- EK, A. R. – DUDEK, A., 1980. Development of individual tree based stand growth simulators: progress and applications. Univ. of Minnesota, College of Forestry, Dep. of Resources Staff Paper, No. 20: 25.
- EK, A. R. – MONSERUD, R. A., 1974. Trials with program FOREST: Growth and reproduction simulation for mixed species even- or uneven-aged forest stands. In: FRIES, J. (Hrsg.), Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Research Notes, Nr. 30: 56–73.
- FEDUCCIA, D. P. – DELL, T. R. – MANN, W. F. – POLMER, B. H., 1979. Yields of unthinned loblolly pine plantations on cutover sites in the West Gulf region. USDA, Res. Paper, SO-148.
- FRANZ, F., 1968. Das EDV-Programm STAOET – zur Herleitung mehrgliedriger Standort-Leistungstafeln. [Manuskriptdruck, München unveröff.]
- GAYER, K., 1886. Der gemischte Wald. Paul Parey, Berlin: 168.
- GEHRHARDT, E., 1909. Über Bestandes-Wachstumsgesetze und ihre Anwendung zur Aufstellung von Ertragstafeln. Allg. Forst- Jagdztg., 85: 117–128.

- GEHRHARDT, E., 1923. Ertragstabeln für Eiche, Buche, Tanne Fichte und Kiefer. Verlag Julius Springer, Berlin: 46.
- GRUNDNER, F., 1913. Normalertragstabeln für Fichtenbestände. Springer Verlag, Berlin: 24.
- GUTTENBERG, A., von, 1915. Wachstum und Ertrag der Fichte im Hochgebirge. Wien, Leipzig: 153.
- HAMILTON, G. J. – CHRISTIE, J. M., 1973. Construction and application of stand yield tables. British For. Com. Res. and Developm. Paper, No. 96: 14.
- HAMILTON, G. J. – CHRISTIE, J. M., 1974. Construction and application of stand yield models. In: FRIES, J. (Hrsg.), Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Research Notes, No. 30: 222–239.
- HARTIG, G. L., 1795. Anweisung zu Taxation der Forsten oder zur Bestimmung des Holzertrages der Wälder. Heyer Verlag, Gießen: 166.
- HARTIG, R., 1868. Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harze und im Wesergebirge. Cotta Verlag, Stuttgart: 199.
- HARTIG, TH., 1847. Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rotbuche. Förstner Verlag, Berlin: 148.
- HASENAUER, H., 1994. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe, Univ. f. Bodenkultur, Wien, Bd. 8: 152.
- HEYER, G., 1852. Über die Ermittlung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände. Verlag Katz, Dessau: 150.
- HOYER, G. E., 1975. Measuring and interpreting Douglas-fir management practices. Wash. State Dept. of Nat. Resources Rep., No. 26, Olympia, Wash.: 80.
- HRADECKÝ, J., 1972. Modell eines integrierten Ertragstafel-Systems in modularer Form. [Ph. D. thesis.] Univ. Freiburg i. Br.: 172.
- HUNDESHAGEN, J. C., 1825. Beiträge zur gesamten Forstwirtschaft. Tübingen, Verlag Laupp.
- JUDEICH, F., 1871. Die Forsteinrichtung. Schönfeld Verlag, Dresden: 388.
- KAHN, M., 1994. Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort. Forstl. Forschungsber. München, 141: 221.
- KAHN, M., 1995. Die Fuzzy Logik basierte Modellierung von Durchforstungseingriffen. AFJZ, 166: 169–176.
- KAHN, M. – PRETZSCH, H., 1997. Das Wachstumsmodell SILVA – Parametrisierung für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. AFJZ, 168: 115–123.
- KIMMINS, J. P., 1993. Scientific foundations for the simulation of ecosystem function and management in FORCYTE-11. Information Report NOR-X-328, Forestry Canada, Northwest Region Northern Forestry Centre: 88.
- KOLSTRÖM, T., 1993. Modelling the development of uneven-aged stand of *Picea abies*. Scand. J. For. Res., 8: 373–383.
- KRENN, K., 1946. Ertragstabeln für Fichte. Schriftenr. d. Bad. Forstl. Vers.-anst., Freiburg i. Br., H. 3.
- LEARY, R. A., 1970. System identification principles in studies of forest dynamics. USDA, North Central For. Exp. Station, Res. Pap. NC-45: 38.
- LEEMANS, R. – PRENTICE, I. C., 1989. FORSKA, a general forest succession model. Inst. Ecol. Bot., Univ. Uppsala, Meddelanden från Växtbiologiska Institutionen, Vol. 2.
- LEMBCKE, G. – KNAPP, E. – DITTMAR, O., 1975. Die neue DDR-Kiefern-ertragstafel 1975. Beiträge f. d. Forstwirtschaft., 15. Jg., H. 2: 55–64.
- MÄKELÄ, A. – HARI, P., 1986. Stand growth model based on carbon uptake and allocation in individual trees. Ecol. Model., 33: 205–229.
- Mc GEE, C. E. – DELLA-BIANCA, L., 1967. Diameter distributions in natural yellow-poplar stands. USDA, South East Forest Exp. Sta., Res. Pap. SE-25: 7.
- MITCHELL, K. J., 1969. Simulation of the growth of even-aged stands of white spruce. Yale University, School of Forestry, Bulletin No. 75: 48.
- MITCHELL, K. J., 1975. Dynamics and simulated yield of Douglas-fir. Forest Sci. Monogr., 17: 39.
- MOHREN, G. M. J., 1987. Simulation of forest growth, applied to Douglas fir stands in the Netherlands. [Ph. D. thesis.] Agricultural University, Wageningen: 183.
- MONSERUD, R. A., 1975. Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. [Ph. D. thesis.] Univ. Wisconsin-Madison: 156.
- MOSER, J. W., 1972. Dynamics of an uneven-aged forest stand. Forest Sci., 18: 184–191.
- MOSER, J. W., 1974. A system of equations for the components of forest growth. In: FRIES, J. (Hrsg.), Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Research Notes, No. 30: 260–287.
- NAGEL, J., 1996. Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. Forst u. Holz, 51: 76–78.
- NEWMHAM, R. M., 1964. The development of a stand model for Douglas-fir. [Ph. D. thesis.] Fac. of Forestry, Univ. B. C., Vancouver: 201.
- PASTOR, J. – POST, W. M., 1985. Development of a linked forest productivity – soil process model. Oak Ridge Natl. Lab., Environ. Sci. Div., Oak Ridge, Tennessee.
- PAULSEN, J. C., 1975. Kurze praktische Anleitung zum Forstwesen. Verfaßt von einem Forstmanne, Detmold, Hrsg. von Kammerrat G. F. Führer: 152.
- PIENAAR, L. V. – TURNBULL, K. J., 1973. The Chapman-Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. Forest Sci., 19: 2–22.
- PRENTICE, I. C. – CRAMER, W. – HARRISON, S. P. – LEEMANS, R. – MONSERUD, R. A. – SOLOMON, A. M., 1992. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. J. Biogeography: 117–134.
- PRETZSCH, H., 1992. Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, Band 115: 358.
- PRETZSCH, H. – KAHN, M., 1996. Wachstumsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb, Anwendungsbeispiel: Variantenstudie Fichtenreinbestand versus Fichten/Buchen-Mischbestand. AFZ, 51: 1414–1419.

- PRETZSCH, H., 1997. Analysis and modeling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony. *For. Ecol. Mgmt.*, 72: 237–253.
- PRETZSCH, H., 1998. Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry*, 44: 429–439.
- PRETZSCH, H., 1999. Modelling growth in pure and mixed stands: a historical overview. In: OLSTHOORN, A. F. M. – BARTELINK, H. H. – GARDINER, J. J. – PRETZSCH, H. – HEKHUIS, H. J. – FRANC, A. (eds.), *Management of mixed-species forest: silviculture and economics*. IBN Scientific Contributions, 15: 102–107.
- PRODAN, M., 1965. *Holzmesslehre*. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: 644.
- PUKKALA, T., 1987. Simulation model for natural regeneration of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens*. *Silva fenn.*, 21: 37–53.
- SCHMIDT, A., 1971. Wachstum und Ertrag der Kiefer auf wirtschaftlich wichtigen Standorteinheiten der Oberpfalz. *Forst. Forschungsber.*, München, Bd. 1: 178.
- SCHÖBER, R., 1967. Buchen-Ertragstafel für mäßige und starke Durchforstung. In: *Die Rotbuche*, 1971, J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: 333.
- SCHWAPPACH, A., 1893. Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. Verlag Julius Springer, Berlin: 104.
- SHUGART, H. H., 1984. A Theory of Forest Dynamics. The Ecological Implications of Forest Succession Models. Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 278.
- SLOBODA, B., 1976. Mathematische und stochastische Modelle zur Beschreibung der Statik und Dynamik von Bäumen und Beständen – insbesondere das bestandsspezifische Wachstum als stochastischer Prozess. [Habil.-Schrift.] Univ. Freiburg: 310.
- STEPHENS, G. R. – WAGGONER, P. E., 1970. The forests anticipated from 40 years of natural transitions in mixed hardwoods. *Conn. Agr. Exp. Sta.*, New Haven, Conn. Bull., No. 707: 58.
- STERBA, H., – MOSER, M. – MONSERUD, R., 1995. Prognaus – Ein Waldwachstumssimulator für Rein- und Mischbestände. *Österr. Forstz.*, H. 5: 1–2.
- SUZUKI, T., 1971. Forest transition as a stochastic process. *Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien*, 91. H.: 137–150.
- SUZUKI, T., 1983. Übergang des Waldbestandes als ein stochastischer Prozess. In: *Beiträge zur biometrischen Modellbildung in der Forstwirtschaft*, Schriften a. d. Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. d. Nieders. Forstl. Versuchsanst., Vol. 76: 23–58.
- VANCLAY, J. K., 1994. *Modelling Forest Growth and Yield. Applications to mixed tropical forests*. CAB International: 312.
- VANSELOW, K., 1951. Fichtenertragstafel für Südbayern. *Forstwiss. Cbl.*, 70: 409–445.
- VUOKILA, Y., 1966. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. *Commun. Inst. for. fenn.*, 60: 86.
- WATT, A. S., 1947. Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.*, 35: 1–22.
- WEISE, W., 1880. *Ertragstafeln für die Kiefer*. Verlag Springer, Berlin: 156.
- WENK, G., 1994. A yield prediction model for pure and mixed stands. *For. Ecol. Mgmt.*, 69: 259–268.
- WENSEL, L. C. – KOEHLER, J. R., 1985. A tree growth projection system for Northern California coniferous forests. *North. Calif. Forest Yield Cooper.*, Dep. of For. and Res. Mgt., Univ. of California, Res. Note, No. 12: 30.
- WIEDEMANN, E., 1932. Die Rotbuche 1931. *Mitt. Forstwirtschaft u. Forstwiss.*, 3: 189.
- WIEDEMANN, E., 1939a. Untersuchungen der Preußischen Versuchsanstalt über Ertragstafelfragen. *Mitt. Forstwirtschaft u. Forstwiss.*, 10: 40.
- WIEDEMANN, E., 1939b. Ertragskundliche Fragen des gleichaltrigen Mischbestandes aus der Preußischen Versuchsanstalt. *Dtsch. Forstwirt.*, Nr. 51: 6.
- WIEDEMANN, E., 1942. Der gleichaltrige Fichten-Buchen-Mischbestand. *Mitt. Forstwirtschaft u. Forstwiss.*, 13: 88.
- WYKOFF, W. R. – CROOKSTON, N. L. – STAGE, A. R., 1982. User's Guide to the Stand Prognosis Model. U. S. For. Serv., Gen. Techn. Rep. INT-133: 112.
- ZIMMERLE, H., 1952. *Ertragszahlen für Grüne Douglasie, Japaner Lärche und Roteiche in Baden-Württemberg*. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Received 31 August 1999

OD RASTOVÝCH TABULIEK K SIMULAČNÝM MODELOM ROVNORODÝCH A ZMIEŠANÝCH PORASTOV

H. Pretzsch

Technická univerzita Mnichov, Lesnícká fakulta, Am Hochanger 13, 85354 Freising

Modelovanie lesných ekosystémov je možné na rozdielnych časových a priestorových úrovniach. V závislosti od cieľa modelovania môže siahť časová škála od niekoľkých sekúnd až po tisícročia a priestorová škála od bunkovej veľkosti až po kontinenty. Cieľ modelovania a úroveň poznatkov o modelovanom systéme určuje

nutný, resp. možný stupeň komplexnosti úrovne modelovania.

S viac ako 250-ročnou históriou sú rastové tabuľky pre rovnovéke porasty najstaršími modelmi v lesníckej vede a praxi. Tieto zachytávajú rast lesných porastov za obdobie dlhšie ako ich rubná doba a opierajú sa o dlho-

dobé sledovania na výskumných plochách. Od konca 18. až do polovice 19. storočia vypracovali o.i. Paulsen (1795), von Cotta (1821), R. Hartig (1868), Th. Hartig (1847), G. L. Hartig (1795), Heyer (1852), Hundeshagen (1825) a Judeich (1871) na pomerne malej empirickej základni prvú generáciu rastových tabuliek, ktorá je ešte poznačená zbieraním skúseností. Tieto prvé tabuľky ale zodpovedali na široké spektrum vedeckých problémov a odštartovali etapu intenzívneho zakladania trvalých výskumných plôch.

Druhá generácia rastových tabuliek je možné datovať od konca 19. do polovice 20. storočia a charakterizovať orientáciou na jednotné princípy konštrukcie, ktoré v roku 1874 a 1888 odporučil Zväz nemeckých lešníckych výskumných organizácií. Zároveň je možné povedať, že tieto tabuľky už boli postavené na solídnej empirickej úrovni. K protagonistom tejto generácie rastových tabuliek patria Weise (1880), von Guttenberg (1915), Zimmerle (1952), Vanselow (1951), Krenn (1946), Grundner (1913), ale predovšetkým Schwappach (1893), Wiedemann (1932) a Schober (1967), ktorých tabuľky na seba koncepcie nadväzujú a používajú sa aj v súčasnosti (napr. hore citované tabuľky pre drevinu buk). V tridsiatych a štyridsiatych rokoch vznikli pod vedením Wiedemanna prvé rastové tabuľky pre zmiešané porasty. Na základe empirického materiálu z viac ako 200 výskumných plôch Pruského výskumného ústavu boli konštruované známe rastové tabuľky pre rovnoveké, ale aj zmiešané porasty borovice a buka (Bonnemann, 1939), smreka a buka (Wiedemann, 1942) a duba a buka (Wiedemann, 1939a). Ďalšie výskumné aktivity v tejto oblasti bol však Wiedemann kvôli druhej svetovej vojne nútený prerušiť. Tieto práce už ale predstavujú začiatok systematického výskumu v zmiešaných porastoch. Rastové tabuľky zmiešaných porastov tejto generácie však pre obmedzenie platnosti len na definované stanovišťa, typ a charakter zmiešania nenašli v lešníckej praxi žiadne uplatnenie.

Rastové tabuľky od Gerhardtta (1909, 1923) z dvadsiatych rokov 20. storočia uvádzajú tretiu generáciu rastových tabuliek, ktorých modely nemajú len empirický charakter, ale sú aj teoreticky odôvodnené a biometricky formulované. Jadrom týchto modelov – napr. Assmann, Franz (1963), Hamilton, Christie (1973, 1974), Vuokila (1966), Schmidt (1971), Lembecke et al. (1975) – je flexibilný systém rovníc, ktorý (pokiaľ je možné) sa opiera o osvedčené rastové zákonitosti a funguje aj ako počítačový program.

Vznikom porastových simulátorov – Franz (1968), Hoyer (1975), Hradetzky (1972), Bruce et al. (1977), Curtis et al. (1981, 1982) a Wenk (1994) – na konci šesťdesiatych rokov možno datovať začiatok štvrtej generácie rastových modelov. Tie umožňujú pre zvolené rastové podmienky, východiskový počet stromov v poraste a pestovný režim prognózovať vývoj lešných porastov.

Aj napriek všetkým nedostatkom predstavujú rastové tabuľky až dodnes základ na princípoch vytrvalosti za-

loženého plánovania v lešníctve. K postaveniu rastových tabuliek v kontexte Náuky o raste lesa a lešníctva Prodan (1965, s. 605) poznamenáva: „Je nepochybné, že konštrukcia rastových tabuliek bola doposiaľ najvýraznejším a najpozitívnejším výkonom lešníckej vedy. Táto skutočnosť neznižuje ani poznatok, že rastové tabuľky budú v budúcnosti slúžiť len na účely porovnávania.“

Na konštrukciu rastových tabuliek, podnietenú predovšetkým v nemecky hovoriacich krajinách, nadväzuje od šesťdesiatych rokov modelovanie rastu lesa na princípoch prognózovania rozdelenia početností stromov alebo na základe jednotlivito-stromových modelov. Autori Moser (1972, 1974), Clutter (1963), Clutter, Bennett (1965), ale aj Sloboda (1976) a Suzuki (1971) konštruujú modely na princípoch rozdelenia početností, ktoré vývoj porastu popisujú prostredníctvom diferenciálnych rovníc alebo funkcií rozdelenia početností, resp. zohľadňujú stochastické procesy. Jednotlivo-stromové modely, ktoré zaviedli Arney (1972), Bella (1970), Ek, Monserud (1974), Mitschell (1969, 1975), Monserud (1975), Newnham (1964) a Wykoff et al. (1982), idú v časovej a priestorovej úrovni modelovania ešte o jeden krok ďalej. Tu je považovaný porast ako mozaika jednotlivých stromov, v ktorom je rast a interakcia každého jednotlivého stromu prognózovaná so zohľadnením alebo bez zohľadnenia pozície stromov v poraste. Tým sa otvára cesta pre modelovanie rovnorodých, ale aj zmiešaných porastov rôznej vekovej štruktúry a typu zmiešania.

Modely na základe rozdelenia početností stromov a jednotlivo-stromové modely boli vyvíjané prevažne v anglo-amerických krajinách, kde aj našli uplatnenie v lešníckej praxi. V strednej Európe však na uplatnenie ešte len čakajú. Všetky doteraz spomenuté generácie modelov sa opierajú o dlhodobé sledovania prírastku na výskumných plochách a empiricky sú dobre fundované. Toto možno považovať za ich prednosť. Na druhej strane je to ale aj nevýhoda, pretože pri zmene rastových podmienok nie je možné rastové reakcie z minulosti použiť na prognózovanie rastu do budúcnosti.

S vývojom na vysokej časovej a priestorovej úrovni koncipovaných – tzv. procesných – modelov, ktoré zohľadňujú podľa stupňa komplexnosti látkovú výmenu, tvorbu orgánov, asimiláciu a respiráciu, biochemické alebo pôdno-chemické reakcie, vznikol v sedemdesiatych rokoch nový smer. Podporené to bolo rastom poznania o čiastkových procesoch v lešných ekosystémoch, ktoré bolo prostredníctvom modelovania obohatené aj o predstavu správania sa celého systému. Rastom ovplyvňovania ekosystémov rušivými faktormi ako imisie, rast koncentrácie CO₂ v ovzduší, zmena klímy, ale aj rastúcim záujmom o porozumenie reakcií lešných ekosystémov s možnosťou vedieť ich aj prognózovať dostal tento smer výraznú podporu. Označenie procesné modely nie je ale pre tento druh modelov najvýstižnejšie, pretože každý rastový model popisuje procesy. Od evolučných alebo sukcesných modelov cez rastové tabuľky

až po modely spočívajúce na biochemických reakciách sa mení len časová a priestorová škála modelovaných procesov. Za pionierske práce v oblasti procesného modelovania možno označiť modely, ktoré publikovali Bos sel (1994), Mäkelä, Hari (1986) a Mohren (1987).

Vysoko detailné procesné modely predstavujú pre pochopenie a prognózu správania sa lesných ekosystémov v meniacom sa životnom prostredí ideálnu úroveň modelovania. Vývoj, ale aj využitie týchto modelov je však úzko ohraničené, pretože existujú ešte značné nevedomosti o čiastkových procesoch v asimilačných orgánoch a pôde a taktiež nevyriešený ostáva tzv. up-scaling čiastkových procesov vo vzťahu k správaniu sa celého. Okrem toho procesné modely vyžadujú rozsiahle stanovištné a klimatické informácie pre vlastnú inicializáciu a extrémne výkonné počítače, čo ich praktické využitie v súčasnosti obmedzuje len na exemplárne prípady. Preto sú v súčasnosti procesné modely viac výskumným, ako manažérskym plánovacím nástrojom.

Prepojením špeciálnych komponentov procesných modelov s porastovými alebo jednotlivito-stromovými modelmi, ktoré spočívajú na dlhodobých sledovaniach prírastku, vznikli tzv. hybridné modely. Modely tohto typu, ktoré publikovali napr. Botkin et al. (1972) a Kimmins (1993), sú už využiteľné v lesníckej praxi, a to nielen v rovnorodých, ale aj v zmiešaných porastoch. Využívajú pritom nové poznatky o ekofyziologických procesoch a časové rady prírastkov z trvalých výskumných plôch.

Sukcesné modely, ktoré vyvíjajú predovšetkým Shu gart (1984), Pastor, Post (1985), Aber, Melill (1982), ale aj Leemans, Prentice (1989), sú zamerané predovšetkým na zmiešané porasty. Podobne ako hybridné modely, aj tieto hľadajú strednú cestu, a to medzi porastovými a procesnými modelmi. Svojimi vstupnými, ale aj výstupnými charakteristikami sú však pre praktické potreby lesného hospodárstva málo prispôbené. Viac sú zamerané na dlhodobé predpovede sukcesných procesov neobhospodarovateľných porastov a na zachytenie efektu zmenených rastových podmienok. Sukcesné modely však podnietili ďalší vývoj hybridných modelov.

Biomové modely, ktoré sú spojené s menami Box, Meentemeyer (1991) a Prentice et al. (1992), sú postavené na štatistických vzťahoch medzi regionálnou klímou a vegetačnými typmi. Na základe vstupných klimatických podmienok je možné podľa týchto modelov na regionálnej až globálnej úrovni predpovedať výskyt biot, tj. životných spoločenstiev. Z doteraz spomenutých modelov sú prognózy týchto modelov z pohľadu vývoja vegetácie a rastu lesa najvyššie agregované. Modely tohto charakteru získali na význame predovšetkým v rámci výskumu globálnych zmien.

V Európe nedosiahol ani jeden zo spomenutých nových druhov modelov praktické uplatnenie ako manažérsky nástroj pre zmiešané porasty. Zmiešané porasty sa tu však za posledných 100 rokov hlavne pričinením Gayera (1886), Wiedemanna (1939b) a Ass-

manna (1961) začali stále viac dostávať do stredobodu lesníckeho výskumu, ale až dodnes chýbajú pre tieto porasty plánovacie nástroje, postavené na kvantitatívnych základoch. Len v poslednom období Kolström (1993), Nagel (1996), Pretzsch (1992), Pukkala (1987), Hasenauer (1994) a Sterba et al. (1995) vyvinuli modely, ktoré už vo väčšej miere boli využité v plánovacom procese lesného hospodárstva, a to nielen v rovnorodých, ale aj v zmiešaných porastoch. Tieto modely sa vyznačujú stanovištnou citlivosťou, sú konštruované ako jednotlivito-stromové modely a opierajú sa o širokú empirickú bázu. Na príklade rastového modelu SILVA, ktorého verziu 2.2 možno zaradiť k hybridným modelom (Pretzsch, 1992; Pretzsch, Kahn, 1996; Kahn, Pretzsch, 1997), ktorý bol vyvíjaný v SRN pre rovnorodé a zmiešané porasty, bude v ďalších častiach objasnený ich funkčný princíp.

Priestorový a dynamický systémový charakter zmiešaných porastov zohľadňuje rastový model SILVA tým, že modeluje v päťročných časových intervaloch priestorovú štruktúru porastu, v ktorej je kvantifikovaná rastová konštelácia každého stromu. Prírastok stromov je potom stanovený na základe spomenutej rastovej konštelácie (konkurencie) a východiskových dimenzií (obr. 1). Ako ďalšie externé premenné, podmieňujúce rast a štruktúru porastu, vstupujú: spôsob obhospodarovania porastu, riziko a stanovištné podmienky. So všetkými dôsledkami pre dynamiku vývoja porastu je možné modelovať vplyv cielených zásahov do štruktúry porastu cez výchovné opatrenia (čistky, prebierky) a obnovné zásahy, ale aj vplyv nežiadúcich faktorov (kalamity) a prirodzenej mortality stromov. Spätná väzba medzi štruktúrou porastu – prírastkom stromov – novo dosiahnutým stavom a štruktúrou porastu tvorí kostru modelu. Systém navzájom previazaných rovníc umožňuje prognózovať nielen vývoj jednotlivých stromov a z nich odvodených dendrometrických porastových charakteristík (napr. počet stromov, zásoba, stredná hrúbka), ale aj sortimentnú štruktúru a celý rad ekonomických ukazovateľov, ako sú napr. výnosy a náklady. S prognózami charakteristík prírodnej a ekonomickej povahy sú ďalej spojené prognózy charakteristík štruktúry porastu (rôzne indexy), stability porastu a diverzity. Prognózovanie výnosových, socio-ekonomických a ekologických charakteristík modelmi tohto typu dáva potom možnosť posudzovať produkciu rovnovekých a zmiešaných porastov multikriteriálne na kvantitatívnom základe. Rastový model SILVA je orientovaný svojimi vstupnými a výstupnými charakteristikami na informačný potenciál a informačnú potrebu lesníckej praxe. Model napr. využíva len tie stanovištné charakteristiky, ktoré sú bežne zisťované v rámci celoplošného stanovištného prieskumu. Na jeho parametrizáciu boli k dispozícii produkčné a stanovištné charakteristiky veľkého počtu rovnorodých a zmiešaných porastov, z ktorých najstaršie sú sledované a merané viac ako 100 rokov.

Výskumu v oblasti modelovania rastu lesa sa v Európe zatiaľ nepodarilo nahradiť rastové tabuľky rovnorodých

porastov lepším informačným systémom pre rovnomeré a zmiešané porasty. To nevyplýva z deficitu metodických základov, malého rozsahu dát pre parametrizáciu alebo špatného technického vybavenia. Dôvodom je viacmenej nedostatočné prispôsobenie na požiadavky lesníckej praxe. Skúsenosti zo zavádzania rastového modelu SILVA 2.2 do lesníckej praxe v SRN priniesli jasný profil požiadaviek praxe na manažérske modely pre podporu rozhodovania na porastovej a podnikovej úrovni. Sú to predovšetkým tieto požiadavky:

- Prírode blízke obhospodarovanie lesa sa stáva viac ako samozrejmosťou. Preto sa v dlhodobom meradle presadia len také modely, ktoré dokážu prognózovať rast rovnomerých a zmiešaných porastov rôzneho veku a štruktúry.
- Možnosť nasadenia modelov na porastovej, ale aj podnikovej úrovni pri zohľadnení rôzneho spôsobu založenia a výchovy porastov.
- Model by mal byť tak flexibilný, že dokáže reagovať na regionálnej úrovni na vyskytujúce sa rastové reakcie spôsobené zmenou stanovišťa a rušivými faktormi.

– Vedľa typických stromových a porastových charakteristík – ako je napr. stromová produkcia, sortimentná štruktúra, kvalitatívna štruktúra a hodnotová produkcia – by mali modely podávať informácie aj o štruktúrnych charakteristikách kvantifikujúcich mimoprodukčné funkcie lesa a o indikátoroch ekologickej stability.

– Modely by mali umožňovať v prvom rade tzv. variantné štúdie na porastovej, ale aj podnikovej úrovni, a to s vstupnými informáciami, ktoré sú prístupné v bežnej lesníckej praxi. Výstup by mal byť prispôbený informačným potrebám praxe. Modely by mali byť implementovateľné do lesníckych informačných systémov, pričom hardverová náročnosť a časový aspekt simulácií by mal zodpovedať stanoveným cieľom.

Lesnícka prax čaká už desaťročia na lepšie rastové modely pre plánovanie, prevádzku a kontrolu v lesnom podniku. Širšia akceptancia nových modelov zo strany praxe predpokladá spoluprácu praxe a výskumu od tvorby koncepcií modelov cez vývoj až po ich zavádzanie.

Contact Address:

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Technical University of Munich, Faculty of Forest Science, Am Hochanger 13, D-85354 Freising, Germany

K BIONOMII A POLYMORFISMU HÁLEK BEJLOMORKY BUKOVÉ (*MIKIOLA FAGI* HTG.) (*DIPTERA*, *CECIDOMYIIDAE*)

BIONOMY AND POLYMORPHISM OF GALLS OF THE BEECH LEAF GALL MIDGE (*MIKIOLA FAGI* HTG.) (*DIPTERA*, *CECIDOMYIIDAE*)

J. Urban

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

ABSTRACT: The paper deals with the presence, development and polymorphism of galls of the beech leaf gall midge (*Mikiola fagi* Htg.) with mass outbreak in Polníčka forest district (Dr. R. Kinsky's Forest Administration at Žďár n. S.) in 1997 and 1998. 97% of beech leaf gall midges are wintering in the stage of mature larvae and 3% in the pupal stage. They produce galls on adaxial sides of leaves, 40.4% of them are located along the main veins, 58.8% along lateral veins and 0.8% take up other positions on the leaf. Only about 10% of imagoes emerge from the galls as a result of high mortality (90%) caused by insect parasitoids. There are large differences in size, appearance and growth dynamics between galls induced by male and female larvae and parasitized galls. The average dimensions of mature male galls are 6.7 mm in height, 4.2 mm in width, wall thickness is 1.0 mm (at mid-height). The dimensions of female galls are 9.0 mm in height, 5.8 mm in width, wall thickness is 1.4 mm. The initial growth of male galls is much slower than that of female galls, not terminating as early as at the end of July (as it does in female galls), but in October. The growth of male larvae is faster than that of female larvae until mid-August, then the female larvae equate their growth in late August, and they outgrow the male larvae in September. Mature male larvae are 3.5–4.5 mm in length and 1.0–1.4 mm in width. Mature female larvae are 4.5–5.5 mm in length and 1.3–1.8 mm in width. Galls with insect ectoparasitoids have larger size (7.1 x 4.6 mm) than galls with endoparasitoids (5.8 x 3.2 mm) or galls with larvae that died as a result of defensive reactions of host tissues (4.3 x 2.8 mm).

Cecidomyiidae; Mikiola fagi; bionomy; gall polymorphism

ABSTRAKT: Práce pojednává o výskytu, vývoji a polymorfismu hálek bejломorky bukové (*Mikiola fagi* Htg.), která se v letech 1997 a 1998 přemnožila na plesí Polníčka (Správa lesního hospodářství Dr. R. Kinského ve Žďaru n. S.). Bejloomorka tam zimuje v 97 % jako dorostlá larva a ve 3 % jako kukla. Vytváří na adaxiální straně listů háčky, lokalizované ze 40,4 % při hlavních žilkách, z 58,8 % při vedlejších žilkách a z 0,8 % mimo žilky. V důsledku vysoké (90%) mortality, zapříčiněné hlavně hmyzími parazitoidy, se z hálek líhne jen kolem 10 % imag. Ve velikosti, vzhledu a dynamice růstu hálek indukovaných samičkami a samičkami larvami a hálek parazitovaných existují značné rozdíly. Dorostlé samčí háčky jsou průměrně 6,7 mm vysoké, 4,2 mm široké a 1,0 mm silné (v polovině výšky). Samiččí háčky jsou 9,0 mm vysoké, 5,8 mm široké se stěnami silnými 1,4 mm. Samčí háčky rostou zpočátku mnohem pomaleji než samiččí a jejich růst neustává již koncem července (jak je tomu u hálek samiččích), ale až v říjnu. Samčí larvy rostou až do poloviny srpna rychleji než samiččí, koncem srpna je však samiččí larvy dorůstají a v září předrůstají. Dorostlé samčí larvy jsou 3,5 až 4,5 mm dlouhé a 1,0 až 1,4 mm široké. Dorostlé samiččí larvy jsou 4,5 až 5,5 mm dlouhé a 1,3 až 1,8 mm široké. Háčky s hmyzími ektoparazitoidy jsou rozměrově větší (7,1 x 4,6 mm) než háčky s endoparazitoidy (5,8 x 3,2 mm) či háčky s larvami uhynulými vlivem obranných reakcí hostitelských pletí (4,3 x 2,8 mm).

Cecidomyiidae; Mikiola fagi; bionomie; polymorfismus hálek

ÚVOD

Bejloomorka buková (*Mikiola fagi* Hartig, 1839) (syn. *Cecidomyia*, *Oligotrophus*, *Hormomyia fagi* Hartig) náleží taxonomicky do druhově velmi početné čeledě bej-

loomorkovitých (*Cecidomyiidae*), zastoupené na území bývalé Československé republiky asi 550 (a na území České republiky 485) druhy (Skuhřavá, 1987). Většina z nich se vyvíjí monofágně na rostlinách v histologicky diferencovaných novotvarech (cecidíích), obec-

ně označovaných jako háčky. Asi 90 domácích háčkovitých druhů bejlomorky žije na lesních dřevinách, kde se některé z nich (včetně bejlomorky bukové) občas přemnožují, a pak působí i nezanedbatelné hospodářské škody. Determinace dospělců bejlomorky je značně obtížná a u háčkovitých druhů je usnadňována charakteristickými háčky, vytvářenými na určitých rostlinných orgánech (pupenech, výhoncích, listech, květech, semenech a plodech). Proto byla výskytu, biologii a škodlivosti četných háčkovitých druhů bejlomorky věnována mnohem větší pozornost než volně žijícím dravým, saprofágním a mykofágním druhům. O povznesení úrovně poznání této dosud celkem málo známé, přitom ale morfologicky a biologicky zajímavé a hospodářsky významné hmyzí čeledě se značně zasloužili světově uznávaní čeští dipterologové Dr. M. Skuhrová a Dr. V. Skuhrový.

Bejlomorka buková je naší nejhojnější a nejvýznamnější bejlomorkou na listech buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Vytváří velmi nápadné a všeobecně známé háčky na adaxiální straně listů buku. Její výskyt je těsně spjat s evropskými bukovými lesy, jejichž areál se rozkládá od severního Španělska, Itálie a Řecka až do jižní Skandinávie a od jižní Anglie až na Ukrajinu a Kavkaz. V jižní Evropě (v Bulharsku) se hojně vyskytuje i na buku východním (*Fagus orientalis* Lipsky). Zatímco ve střední Evropě se bučiny vyskytují hlavně ve středohorách, v jižní Evropě hlavně v horách, v severní Evropě (např. v Dánsku) jsou v nížinách. U nás se s bejlomorkou bukovou můžeme nejčastěji setkat v oblastech přirozeného rozšíření buku v nadmořských výškách kolem 800 m. S bukem vystupuje až k jeho horní hranici výskytu v nadmořské výšce kolem 1 100 až 1 200 m a často jej doprovází i v nížinách (např. na ozdobných odrůdách buku pěstovaných v parcích).

O morfologii, systematické, výskytu, bionomii a hospodářském významu bejlomorky bukové pojednávají četné entomologické a lesnicko-ochranné práce. Nejrůznější údaje o ní můžeme nalézt v souborných publikacích (např. Darboux, Houard, 1901; Salač, 1924; Burkert, 1927; Escherich, 1942; Gäbler, 1955; Štákelberg, 1955; Skuhrová, Skuhrový, 1960; Buhr, 1964; Skuhrová, 1977; Postner, 1982; Sedlag, 1986; Uhlířová et al., 1996; Álvarez, 1998, aj.).

O rozšíření, případně i o vývoji a škodlivosti bejlomorky přinesli vlastní poznatky např. Baudyš (1954, 1956), Skrzypczyńska (1969, 1983), Wahlgren (1960), Schnaider (1974), Džanokmen (1978), Kostjukov (1978), Nikolskaja, Zerova (1978), Trjapicyn (1978), Segebade, Schaefer (1979), Cwiklinski, Koziol (1987), Stallev (1989, 1991), Schmidt (1991), Skuhrová, Skuhrový (1974), Skuhrový, Skuhrová (1988, 1991, 1993) aj. Vznikem háček a bionomií bejlomorky bukové se podrobně zabýval již Büsgen (1895) a morfologií, anatomií a histologií háček např. Küster (1911, 1925, 1930) a Ross (1932). Cenné poznatky o indukci a řízení háčkovitého procesu uvádějí Boysen-Jensen (1948, 1952) a Weidner

(1957). Celkem málo prací se zabývá fyziologií háček a látkovou výměnou mezi háčkami a hostitelskými rostlinami (např. Küster, 1911, a především Kirst, 1974; Kirst, Rapp, 1974; Rapp, Kirst, 1974, a Brewer, Skuhrový, 1989). Dimorfismu, resp. polymorfismu háček vyvolaných larvami samčího a samičího pohlaví a modifikovaných parazitoidními chalcidkami si všiml Coutin, Riom (1967) a Skuhrová, Skuhrový (pisemné sdělení, 1998).

Velmi hojný výskyt bejlomorky bukové na území České republiky byl v letech 1997 a 1998 zjištěn např. v Moravskoslezských Beskydách a na Českomoravské vrchovině. K jejímu přemnožení došlo např. v pětiletých až desetiletých bukových kulturách a na nízko zavětvených starších soliterních či okrajových bucích na poli Polnička (Správa lesního hospodářství Dr. R. Kinského ve Žďaru nad Sázavou). Této gradace bylo mj. využito ke sledování vývoje larev v háčkách a k podrobnému vyšetření vlivu larev obojího pohlaví včetně hmyzích parazitoidů a obranné činnosti rostlinných pletiv na velikost a celkový vzhled háček.

MATERIÁL A METODY

Hlavní šetření bylo uskutečněno v roce 1998 na háčkách z porostu 208 E na poli Polnička (SLH Žďár nad Sázavou). Poleší se nachází v CHKO Žďárské vrchy v nadmořské výšce 640 až 660 m (jedlobukový lesní vegetační stupeň). Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu tam činí kolem 5,8 °C (z toho v dubnu až září kolem 12 °C), roční srážky kolem 740 mm (z toho v dubnu až září kolem 450 mm) a vegetační doba trvá kolem 135 dnů.

Z asi 30letých nízko zavětvených okrajových buků byly během vegetační sezony systematicky odebrány ve 14denních intervalech soubory 400 až 700 listů k následnému laboratornímu vyšetření a laboratornímu chovu. V laboratoriu byl u každého souboru nejdříve zaznamenán počet háček, velikost (délka a šířka) listů a lokalizace háček při hlavních a vedlejších listových žilkách. V období končícího a ukončeného růstu háček (od konce srpna do konce října) byla evidována velikost háček (tj. jejich výška a šířka) ve vztahu k umístění při hlavních a vedlejších listových žilkách.

V jednotlivých kontrolních termínech bylo podrobně analyzováno vždy 100 náhodně vybraných háček. Řezem vedeným zúženým krčkem háčky na její bázi nebo pouhým tlakem byly háčky z listů nejdříve odstraněny. Pod mikroskopem byla pak každá háčka skalpelem opatrně podélně rozřezána tak, aby nebyli poškozeni její obyvatelé (larva, případně kukla bejlomorky a vajíčka, larvy či kukly parazitoidů). Na podélném řezu byla mikrometricky změřena výška a šířka háčky a tloušťka háčkové stěny (v polovině výšky háčky). Stejným způsobem byla dále zjišťována velikost (délka a šířka) larev bejlomorky a preimaginálních vývojových stadií jejich parazitoidů. Byly registrovány životní projevy a úmrtnost bejlomorky (včetně parazitoidů) vlivem hmyzích oponentů a obranné činnosti rostlinných pletiv.

Pozornost byla věnována také průběhu líhnutí a době života samčích a samičích dospělců bejломorky bukové a jejich hmyzích parazitoidů. Za tímto účelem byly hálky odebrané z přírody koncem vegetačního období umísťovány jednotlivě nebo skupinovitě (podle stejné velikosti a tvaru) do skleněných zkumavek o velikosti 50 x 8 mm. Po projití zimním obdobím chladu ve venkovních podmínkách byly hálky uloženy do laboratorních podmínek a denně kontrolovány. Výsledky získané tímto šetřením dosud nebyly vyhodnoceny.

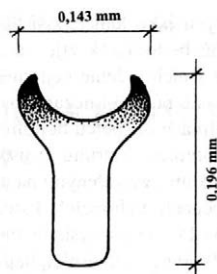
VÝSLEDKY A DISKUSE

POZNÁMKY K MORFOLOGII JEDNOTLIVÝCH VÝVOJOVÝCH STADIÍ

Dospělci bejломorky bukové patří k poměrně velkým (4 až 5 mm dlouhým) druhům bejlomorek. Jejich jemná blanitá křídla jsou poloprůhledná, jemně obvrněná a vyztužená pouze čtyřmi podélnými žilkami. V utváření tykadél se projevuje výrazný pohlavní dimorfismus, neboť u samečků jsou tykadla složena z dlouze distálně protažených (u samiček z přisedlých) článků, které jsou dlouze přeslenovitě ochlupené. Podle stopkaté prodloužených tykadlových článků samečků byla v minulosti tato bejlomorka v češtině pojmenována jako dlouhostopečnatka buková (Wimmer, 1931). Dospělci mají ústní ústrojí včetně kusadel zakrnělé. Z čelistí mají zachována jen čtyřčláneká makadla a spodní pysk, tvořící nezřetelný sosák. Hrud' dospělců je černohnědá s dlouhými, stíhlými nohama. Zadeček je dozadu vřetenovitě zúžený a zřetelně devítičlánekový. U samečků je žlutohnědý, zakončený nápadným hypopygiem, u samiček červený a ukončený vysunutelným kladélkem.

Vajíčka jsou 0,44 mm dlouhá a 0,14 mm široká, červeně zbarvená.

Larvy bejloomorky bukové jsou červovitě protáhlé, na obou koncích zúžené a mírně dorzoventrálně zploštělé. Nemají ani nohy, ani oči a jsou zbarveny bíle (nikoliv červenavě, jak uvádí např. Escherich, 1942; Buhr, 1964; Sedláč, 1986, a mnozí jiní). Hlavu mají drobnou, prognátní a dopředu zúženou s velmi krátkými dvoučlánekovými tykadly. Tracheální soustava je peripneustického typu. Na břišní straně středohrudí je hnědý až hnědočerný bodce neboli lopatka (*spatula sternalis*), jejíž vidlicovitě laločnatá přední část je od pokožky oddělena a volně poněkud vyčnívá dopředu. Tento silně sklerotizovaný orgán pokožkového původu je nejlépe patrný u dorůstajících a dorostlých larev. U samičích larev dosahuje celkové délky kolem 0,171 mm (u samičích kolem 0,196 mm) a šířky (v přední vidličnaté části) kolem 0,125 mm (u samičích kolem 0,143 mm). Zadní stopkatá část spatuly je poměrně krátká a široká (obr. 1). Velikosti a tvaru spatuly lze vhodně využít při determinaci larev bejloomorky bukové a k jejich snadnému odlišení od larev naší druhé, na buku nejhojnější listové hálkotvorné bejloomorky bučínové (*Hartigiola annulipes* Htg.), u níž spatula zcela schází. Mikrometrickým měřením byly zjištěny velké rozdíly ve veli-



1. *Spatula sternalis* dorostlých samičích larev bejloomorky bukové (*Mikiola fagi* Htg.). *Spatula* dorostlých samičích larev je poněkud menší (0,171 x 0,125 mm). Originál Urban – *Spatula sternalis* of mature female larvae of the beech leaf gall midge *Mikiola fagi* Htg. The spatula of mature male larvae is a little smaller (0,171 x 0,125 mm). Original by Urban

kosti samčích a samičích larev bejloomorky bukové s ukončeným vývojem. Zatímco dorostlé samčí larvy jsou 3,5 až 4,5 mm dlouhé a 1,0 až 1,4 mm široké, dorostlé samičí larvy jsou 4,5 až 5,5 mm dlouhé a 1,3 až 1,8 mm široké. V literatuře dosud přesnější údaje o velikosti larev kupodivu buď scházejí, nebo se omezují pouze na délku těla, která podle většiny autorů činí 3 až 4 mm.

Kukly bejloomorky bukové jsou mumiové. Celkovým vzhledem (tj. celkovým tvarem těla, složeným očima, základy křídel, tykadél a nohou) naznačují obrysy budoucího imaga. Tykadlové pochvy jsou nezřetelně článkované a přiložené k přednímu okraji základů křídel. Báze tykadél jsou opatřeny vždy jedním dopředu směřujícím silně sklerotizovaným hrotem. Oba tyto trnovité výběžky, označované jako tzv. cervikální armatura, pomáhají kukle při zhotovování výletového otvoru pro imago. Pochvy křídel jsou poměrně krátké a úzké. Svými předními okraji zčásti kryjí pochvy nohou, jejichž poslední pár dosahuje asi do dvou třetin délky těla. V zadní části hlavy je pár dlouhých a tenkých štětín. Na dorzolaterálních stranách předohrudí je po jedné dýchací trubičce ukončené stigmatem. Zpočátku jsou kukly celé bílé, později tmavnou.

ZPŮSOB ŽIVOTA

Bejloomorka buková je obligatorně univoltinní druh, který nepříznivé zimní období přechází v hálkách opadlých na zem, a to ve stadiu dorostlé larvy, řídceji kukly. Bylo zjištěno, že v přírodních podmínkách na polesí Polníčka zimuje kolem 97 % populace bejloomorky jako larva a kolem 3 % populace jako nevybarvená kukla. Podíl kukel v zimujících populacích bejloomorky závisí především na teplotním režimu během vegetačního sezony (tj. na průběhu počasí, nadmořské výšce, zeměpisné šířce a expozici). Vyšší procento přezimujících kukel je proto možné předpokládat v klimaticky nadprůměrně teplých sezónách v nížinných oblastech, kde je buk dost často kultivován např. pro okrasné účely.

Brzy na jaře se larvy v hálkách kuklí. Doba trvání kuklového stadia je dva až tři týdny. Před vylíhnutím dospělce si kukla hroty cervikální armatury prorazí otvor ve spředním víčku, kterým si dorostlá larva na podzim uzavřela kanálek v zúženém krčku na bázi háčky, a svou přídí se vysune do takto vzniklého otvoru. Líhnoucí se imago napíná křídla a po krátké době zpevňování a vybarvování tělního povrchu háčku definitivně opouští. V přírodních podmínkách ČR se dospělci líhnou a poletují obvykle v dubnu.

Brzy po výletu se dospělci páří a oplodněné samičky vyhledávají vhodná místa ke kladení vajíček, jimiž jsou ještě nevyrašené listové pupeny mladých buků nebo listové pupeny převážně přízemních větví starších soliterních nebo okrajových buků. Velmi často vajíčka umísťují na tytéž dřeviny, na kterých se vyvíjely háčky, z nichž samy pocházejí. Přednostní kladení vajíček na mladé dřeviny, případně přízemní části korun starších dřevin, nepochybně souvisí s malými letovými schopnostmi tohoto subtilního myzu s jemnými a žilkami slabě vyztuženými křídly. Proto spíše než aktivním letem, který se koná jen na krátké vzdálenosti, se dospělci do vzdálenějšího okolí šíří pasivně pomocí vzdušných proudů, jimiž se často nechávají unášet.

Samičky kladou vajíčka jednotlivě nebo v malých skupinách na pupeny. Během krátkého období života, trvajícího jen několik málo dnů, vykladou kolem 330 vajíček. Dospělci pravděpodobně nepřijímají žádnou potravu (pouze sají vodu) a po skončení rozmnožování brzy hynou. Z vajíček se během několika dnů líhnou larvy, které ihned zalézají mezi pupenové šupiny k základům listů a přední částí těla se usazují v listovém parenchy-

mu těsně vedle hlavních nebo bočních listových žilek. V nevyrašeném pupenu jsou tyto žilky uspořádány rovnoběžně těsně vedle sebe a jejich hřbety jsou chráněny hustými a silnými chloupky. Listové pletivo mezi žilkami je v takových pupenech zrašené v hlubokých záhybech a pro mladé larvy bejlomorky je (s výjimkou bezprostředního okolí žilek) většinou nepřístupné. Proto se háčky bejlomorky bukové v dřívě většině případů vytvářejí těsně při hlavních a bočních listových žilkách a jen ojediněle zcela mimo žilky.

Vylučováním hálkotvorné látky, obsažené pravděpodobně v sekretu slinných žláz (Boysen-Jensen, 1948, 1952), sající larva podněcuje mladá meristematická pletiva rašících pupenů k rychlému růstu (hypertrofii) a dělení (hyperplazii) buněk umístěných ve vzdálenosti 15 až 20 buněk od místa výskytu larvy (Skuhřavá, Skuhřavý, 1960). Zpočátku nenápadná oboustranná háčka, podobající se drobným, někdy načervenalým hrboleům, se později zvětšuje jen jednostranně na adaxiální straně listové čepelí. Koncem jara a začátkem léta (tj. v červnu a začátkem července) háčky rychle rostou a začátkem podzimu jejich růst ustává. Háčky s živou larvou bejlomorky jsou zpočátku většinou bledozelené, později často žluté nebo načervenalé (hlavně z osluněné strany). Zralé háčky s dorostlou larvou bejlomorky jsou vejčité, na konci zašpičatělé, 5 až 12 mm vysoké a 3 až 6,5 mm široké, hladké a často lesklé (obr. 2 a 3). Podélnou osou bývají orientovány víceméně kolmo k listové čepeli, s níž souvisejí kratičkým krčkem. Na abaxiální straně čepelí jsou patrné jen jako drobný (asi 1 mm vysoký) bradavičnatý hrbolek.



2. Háčky bejlomorky bukové (*M. fagi*) při hlavní listové žilce. Polníčka, 25. 9. 1998 – Galls of *M. fagi* on the main leaf vein. Polníčka, 25th September 1998



3. Háčky bejlomorky bukové (*M. fagi*) při vedlejších listových žilkách. Polníčka, 25. 9. 1998 – Galls of *M. fagi* on the secondary leaf veins. Polníčka, 25th September 1998

Mladé hálky jsou tvořeny měkkými nederencovanými pletivy. V první polovině června se pletiva intenzivně diferencují a od poloviny června začínají hálky dřevnatět. Již v červenci jsou stěny hálek složeny ze tří od sebe dobře odlišitelných pletiv (epidermis, tvrdé vrstvy a vyživovací vrstvy). Mezi tvrdou vrstvou, tvořenou tlustostěnnými polyedrickými buňkami se zdřevnatělými stěnami, a vyživovací vrstvou složenou z tenkostěnných parenchymatických buněk je kolaterální svazek cévní. Uvnitř hálky je prostorná dutina, v níž je přítomna vždy jen jedna larva bejломorky, která je hlavovou částí orientována k bázi hálky. Larva se v průběhu vegetační sezony v hálce třikrát svléká a během září, případně začátkem října dorůstá. Po celou dobu vývoje nevyklučuje žádné ekrementy. Ty se postupně hromadí v jejím zadním střevě a z těla jsou jednorázově odstraňovány až před kuklením v podobě tekutého výměšku zvaného meconium. Dorostlé larvy si ještě před opadem hálek z listů (který začíná obvykle začátkem října) uzavřou budoucí výletový otvor v kanákovitém krčku hálky tenkým bílým víčkem a ve vývoji zpravidla pokračují až na jaře příštího roku. Kuklová exuvie, vysunutá do výletového otvoru, pak po určité době, než dojde k jejímu odstranění, signalizuje, že hálku opustil dospělý bejломorky.

V hálkách bejломorky bukové se vyvíjejí četní parazitoidi z nadčeledi chalcidek (*Chalcidoidea*), kteří často velmi významně decimují její larvy, případně kukly. Podle Büsgena (1895) se z celkového počtu hálek v důsledku parazitismu vylihně sotva 20 % dospělých bejloomorek. Nejúplnější druhové spektrum parazitoidů uvádějí Skuhřavá, Skuhřavý (1960), kteří z hálek získaných na území bývalého Československa vychovali tyto druhy chalcidek: *Torymus cultiventris* Ratz., *T. fagi* Hoffm., *T. fulgens* F., *T. hederæ* Walk. (= *speciosus* Boh.) (čeleď *Torymidae*), *Eumacropus saxenii* Ratz. (čeleď *Pteromalidae*) a *Aprostocetus* (= *Hyperteles*) *elongatus* Först. (čeleď *Eulophidae*) (det. Dr.

Z. Bouček, Londýn). Za nejvýznamnějšího endoparazitoida bejloomorky bukové v jižním Polsku považují Cwiklinski, Koziol (1987) chalcidku *Omphale* (= *Secodes*) *lugens* Nees = *coactus* Ratz. (čeleď *Eulophidae*). V hálkách této bejloomorky se zřejmě vyvíjí i chalcidka *Torymus fagineus*, kterou teprve nedávno popsali Graham, Graham (1994).

Ve sledovaném porostu na poleší Polnička zahubili hmyzí parazitoidi v roce 1998 celkem 85 až 92 % larev, případně kukel bejloomorky bukové. Na této mortalitě se ze 36 až 45 % podíleli ektoparazitoidi a z 26 až 42 % endoparazitoidi. Výsledkům probíhajícího studia přirozených nepřátel dotyčné bejloomorky bude věnováno samostatné sdělení.

Poměrně malá část (na poleší Polnička necelých 10 %) larev hyne v důsledku obranné činnosti rostlinných pletiv. Podle některých autorů bývají hálky dost často vyžobávány hmyzožravými ptáky. O hojném vyžobávání hálek se zmiňuje např. Turček (1951 in Skuhřavá, Skuhřavý, 1960) a Skuhřavá, Skuhřavý (1960). Ve vyšetřovaném porostu na poleší Polnička však podíl hálek vyžobaných ptáky nebo vyžraných hmyzími predátory činil pouze 1,5 % (tab. I). Podle názoru Stalova (1991) bejloomorky nejvíce hubí nízké zimní teploty pod -20 °C.

Na rozdíl od hálek s dorostlými larvami bejloomorek hálky obsazené ektoparazitoidy na listech obvykle pevně drží, a to i po opadu listů na zem. Nepříznivé zimní období přecházejí ektoparazitoidi vesměs v hálkách ve stadiu larev různých vývojových stupňů a svůj vývoj ukončují na jaře příštího roku. Protože hálky s ektoparazitoidy z listů neopadávají, zůstávají po celou dobu vývoje ektoparazitoidů uzavřené a dospělci chalcidek se z nich navenek prokusují drobnými kruhovitě oválnými otvory. Naproti tomu hálky obsazené endoparazitoidní chalcidkou *O. lugens* nedrží na listech zdaleka tak pevně a dokonce menší část jich opadáva z listů ještě před vlastním opadem listů. Opadem vzniklý otvor

I. Celkový zdravotní stav bejloomorky bukové (*Mikiola fagi*). Polnička, 1998 – The general health state of the beech leaf gall midge (*Mikiola fagi*). Polnička, 1998

Datum ¹	Vitální larvy bejloomorky ²		Kukly bejloomorky ³	Ektoparazitoidi ⁴	Endoparazitoidi ⁵	Larvy uhynulé neparazitované ⁶	Larvy vyžrané a vyžobané ⁷	Celkem ⁸
	samčí ⁹	samičky ¹⁰						
18. 7.	20	34	0	22	22	–	2	100
3. 8.	11	14	0	23	42	10	–	100
14. 8.	14	20	0	26	34	5	1	100
28. 8.	12	19	0	17	47	5	–	100
11. 9.	14	25	0	26	25	7	3	100
25. 9.	13	32	0	17	23	10	5	100
9. 10.	3	14	4	46	26	7	–	100
24. 10.	2	4	0	36	42	14	2	100
Celkem ⁸	89	162	4	213	261	58	13	800
Procent ¹¹	11,1	20,3	0,5	26,6	32,6	7,3	1,6	100,0

¹date, ²vital larvae of beech leaf gall midge, ³beech leaf gall midge pupae, ⁴ectoparasitoids, ⁵endoparasitoids, ⁶nonparasitized dead larvae, ⁷preyed and pecked larvae, ⁸total, ⁹males, ¹⁰females, ¹¹per cent

v bázi háčky pak zůstává přes zimu otevřený. *O. lugens* zimuje zhruba z 50 % jako dorostlá larva a z 50 % jako kukla uvnitř vyžrané larvy bejlomorky, která je břišní stranou dost pevně přilepena na obvodovou stěnu háčky. V případě opadu (a tím i otevření) háčky je chalcidka do jisté míry chráněna před vnějšími nepříznivými vlivy ztvrdlými integumenty mrtvého hostitele.

LOKALIZACE HÁČEK NA LISTECH

Háčky bejlomorky bukové se vyskytují jednotlivě nebo skupinovitě na listech všech velikostních kategorií. Přitom průměrná velikost listů (tj. délka a šířka listové čepěle) se vzrůstajícím počtem háček nejdříve (do

pěti háček na listu) stoupá a později (od šesti háček na listu) klesá (tab. II). Ze šetření uskutečněného na 1 557 dorostlých listech z Polničky je mj. zřejmé, že velikost listové čepěle je podstatně snižována při více než pěti háčkách na jednom listu.

Vyšetřením lokalizace 2 079 háček na dorostlých listech různé velikosti bylo zjištěno, že průměrně 40,4 % háček se vyskytuje při hlavních listových žilkách, 58,8 % háček při vedlejších listových žilkách a 0,8 % háček zcela mimo žilky. Skoro zanedbatelný podíl háček umístěných na listové čepeli zcela mimo žilky souvisí se zmíněným uspořádáním listových základů v ještě nevyrašeném listovém pupenu. Zajímavé je relativně vysoké početní zastoupení háček při vedlejších žilkách na

II. Frekvence výskytu háček bejlomorky bukové (*M. fagi*) na listech včetně průměrné velikosti listů (v cm). Polnička, 1998 – The frequency of occurrence of galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) on leaves including the average size of leaves (in cm). Polnička, 1998

Počet háček na listu ¹	3. 8. 1998			25. 9. 1998			9. 10. 1998			Celkem ²		
	počet listů ³	délka ⁴	šířka ⁵	počet listů ³	délka ⁴	šířka ⁵	počet listů ³	délka ⁴	šířka ⁵	počet listů ³	délka ⁴	šířka ⁵
0	290	6,0	4,0	209	6,3	3,7	200	5,9	4,2	699	6,1	4,0
1 a 2	224	6,9	4,5	172	6,8	4,0	162	6,2	4,3	558	6,7	4,3
3 a 4	94	7,1	4,8	33	7,2	4,2	68	6,6	4,6	195	6,9	4,6
5 a 6	26	7,5	4,8	21	6,9	4,3	20	7,0	4,8	67	7,2	4,6
7 a 8	12	6,5	4,2	16	6,9	4,0	2	6,0	4,0	30	6,7	4,1
9 a více	4	6,5	4,3	3	6,7	4,0	1	5,0	3,0	8	6,4	4,0
Celkem ²	650	–	–	454	–	–	453	–	–	1 557	–	–
Průměrně ⁶	–	6,5	4,3	–	6,6	3,9	–	6,2	4,4	–	6,4	4,2

¹number of galls per leaf, ²total, ³leaf number, ⁴length, ⁵width, ⁶average

III. Umístění háček bejlomorky bukové (*M. fagi*) na listové čepeli různé délky. Polnička, 1998 – Positions of galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) on leaf blades of various length. Polnička, 1998

Délka listů ¹ (cm)	3. 8. 1998			25. 9. 1998			9. 10. 1998			Celkem ²			Procent ⁶		
	žilky hlavní ³	boční ⁴	mimo žilky ⁵	žilky hlavní ³	boční ⁴	mimo žilky ⁵	žilky hlavní ³	boční ⁴	mimo žilky ⁵	žilky hlavní ³	boční ⁴	mimo žilky ⁵	žilky hlavní ³	boční ⁴	mimo žilky ⁵
do 3	4	12	0	2	2	0	3	18	0	9	32	0	0,5	1,5	0
3–4	6	39	0	6	17	0	9	52	0	21	108	0	1,0	5,2	0
4–5	26	80	0	18	49	0	20	71	0	64	200	0	3,1	9,6	0
5–6	38	90	0	37	70	0	17	82	0	92	242	0	4,4	11,6	0
6–7	78	96	2	83	84	0	34	66	0	195	246	2	9,4	11,8	0,1
7–8	127	119	4	61	65	1	88	64	3	276	248	8	13,3	11,9	0,4
8–9	78	56	2	41	43	3	27	27	1	146	126	6	7,0	6,1	0,3
9–10	27	18	0	2	2	0	6	0	0	35	20	0	1,7	1,0	0
nad 10	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0,1	0
Celkem ²	384	510	8	250	332	4	205	382	4	839	1 224	16	–	–	–
Celkem ²	902			586			591			2 079			–		
Procent ⁶	42,6	56,5	0,9	42,7	56,6	0,7	34,7	64,6	0,7	40,4	58,8	0,8	40,4	58,8	0,8
Procent ⁶	100,0			100,0			100,0			100,0			100,0		

¹leaf length, ²total, ³main veins, ⁴lateral veins, ⁵other spots of the leaf, ⁶per cent

IV. Celkový a průměrný počet hálek bejломorky bukové (*M. fagi*) na listech různé délky včetně jejich lokalizace na listové čepeli. Polníčka, 9. 10. 1998 – Total and average number of galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) on leaves of various length including their localization along the leaf blade. Polníčka, 9th October 1998

Délka listů ¹ (cm)	Hálky na ²				Počet listů ³	Průměrný počet hálek na jednom listu na ⁴			
	hlavních žilkách ⁵	vedlejších žilkách ⁶	mimo žilky ⁷	celkem ⁸		hlavních žilkách ⁵	vedlejších žilkách ⁶	mimo žilky ⁷	celkem ⁸
do 3	3	18	0	21	13	0,2	1,4	0	1,6
3 až 5	29	123	0	152	70	0,4	1,8	0	2,2
5 až 7	51	148	0	199	87	0,6	1,7	0	2,3
7 až 9	115	91	4	210	78	1,5	1,2	0,05	2,7
nad 9	7	2	0	9	5	1,4	0,4	0	1,8
Celkem ⁸	205	382	4	591	253	0,8	1,5	0,02	2,3
Procent ⁹	34,7	64,6	0,7	100,0	–	34,7	64,6	0,7	100,0

¹leaf length, ²galls, ³leaf number, ⁴average number of galls per leaf, ⁵along main veins, ⁶along lateral veins, ⁷at other positions of the leaf, ⁸total, ⁹per cent

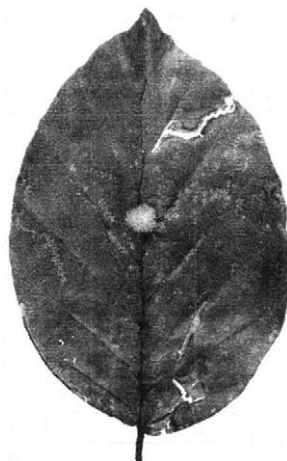
listech menších délkových kategorií (tab. III). Se vzrůstající délkou listové čepule vysoce průkazně vzrůstá také průměrný počet hálek při hlavních žilkách a celkem zřetelně klesá průměrný počet hálek při vedlejších žilkách (tab. IV). Pro tuto skutečnost zatím schází bližší vysvětlení. V kontrole provedené 9. 10. 1998 bylo při průměrném počtu 2,3 hálek na jednom listu jen 0,8 hálek při hlavních žilkách, 1,5 hálek při vedlejších žilkách a 0,02 hálek mimo žilky. Průměrný počet hálek při hlavních žilkách na nejmenších listech (o délce do 3 cm) činil pouhých 0,2 ks a na největších listech (o délce nad 9 cm) 1,4 ks, tj. 7x více. Naproti tomu při vedlejších žilkách nejmenších listů bylo průměrně 1,4 hálek a při vedlejších žilkách největších listů jen 0,4 hálek, tj. 3,5x méně. Tyto rozdíly v průměrném počtu hálek (bez ohledu na jejich lokalizaci) na listech různé délky se pak do značné míry střádají (tab. IV).

POLYMORFISMUS HÁLEK

Hálky bejlomorky bukové jsou vývojově velmi dokonalé jednokomůrkové novotvary na adaxiální straně listů buku, s nimiž jsou spojeny krátkým zúženým krčkem. Podle široce vřetenovitého, na konci obvykle zašpičatělého tvaru a hladkého povrchu je můžeme snadno rozeznat od u nás dost hojných hálek bejlomorky bučínové (*Hartigiola annulipes* Htg.), které jsou maximálně 4 mm vysoké, tupě válcovité až zvonovité a většinou nápadně hustě bílé (nebo rezavohnědé) ochlupené (obr. 4). Tyto hálky na rozdíl od bejlomorky bukové nedřevnatějí a jejich 1 až 1,5 mm dlouhé chlupy zůstávají ohebné. Jen zřídka jsou lysé a štíhle zaobleně válcovité o výšce až 5 (6) mm a šířce 1,5 (1,7) mm. Tyto zpočátku bledozelené, později hnědé hálky s pevnými stěnami, usazené obvykle v paždí hlavních listových žilek, byly popsány jako samostatný druh *Phegobia tornatella* Bremi et Wolff. Zcela odlišný typ hálky v podobě luskovitě (taštičkovitě) zduřelé čepule listů buku mezi dvěma postranními žilkami vytváří nehojná bejlomorka *Phegomyia fagicola* Kieff.

I přes celkem velmi charakteristický vzhled nejsou hálky bejlomorky bukové zdaleka uniformní. Tento polymorfismus (anebo přinejmenším dimorfismus) hálek téměř vůbec nesouvisí s umístěním a počtem hálek na listové čepeli, neboť je determinován hlavně pohlavím larev, které svými specifickými sekrety podněcují dělivá pletiva listů k patologickému růstu a dělení buněk. Sekundárně je vzhled hálek ve značné míře ovlivňován také vnějšími a vnitřními činiteli podílejícími se na hybnosti larev bejlomorky v hálkách. Na tyto skutečnosti poprvé upozornili ve Francii Coutin, Riom (1967) a v ČR si jich všiml Skuhřavý, Skuhřavá (písemné sdělení, 1998).

Výsledky mikrometrického měření výšky a šířky hálek a tloušťky hálkové stěny (v polovině výšky hálek)



4. Hálka bejlomorky bučínové (*Hartigiola annulipes* Htg.) při hlavní listové žilce. Utěchov u Brna, 20. 9. 1998 – Galls of the beech gall midge *Hartigiola annulipes* Htg. on the main leaf vein. Utěchov near Brno, 20th September 1998

V. Průměrná velikost hálek bejlomorky bukové (*M. fagi*) s neporušeným a porušeným vývojem (v mm). Polníčka, 1998 – Average size of galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) with unparasitized and parasitized development (in mm). Polníčka, 1998

Datum ¹	Hálky ²									
	samčí ³		samič ⁴		s vnějším parazitoidem ⁵		s vnitřním parazitoidem ⁶		s uhynulou bejlomorkou ⁷	
	výška ⁸	šířka ⁹	výška ⁸	šířka ⁹	výška ⁸	šířka ⁹	výška ⁸	šířka ⁹	výška ⁸	šířka ⁹
18. 7.	5,8	3,1	8,7	5,6	7,6	4,7	5,5	3,3	–	–
3. 8.	5,8	3,1	8,8	5,6	6,8	3,9	6,2	3,3	3,0	1,5
14. 8.	5,7	3,2	9,0	5,7	7,2	4,5	5,8	3,2	3,5	1,6
28. 8.	5,7	3,4	9,1	5,7	7,2	4,5	5,8	3,3	3,8	1,9
11. 9.	6,0	3,6	9,2	5,7	7,3	4,5	5,8	3,3	3,9	2,0
25. 9.	6,6	4,1	8,8	5,8	7,8	4,6	5,8	3,1	3,8	2,0
9. 10.	7,1	4,5	9,7	5,8	7,5	4,7	6,2	3,2	5,3	3,0
24. 10.	(6,2)	(5,0)	(7,9)	(5,8)	(6,2)	(4,2)	(5,0)	(3,0)	(4,2)	(3,0)

¹date, ²galls, ³male, ⁴female, ⁵with ectoparasitoid, ⁶with endoparasitoid, ⁷with dead beech leaf gall midge, ⁸height, ⁹width

VI. Průměrná tloušťka stěny hálek bejlomorky bukové (*M. fagi*) v polovině jejich výšky (v mm). Polníčka, 1998 – Average wall thickness in galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) at their mid-height (in mm). Polníčka, 1998

Datum ¹	Hálky ²				
	samčí ³	samič ⁴	s vnějším parazitoidem ⁵	s vnitřním parazitoidem ⁶	s uhynulou bejlomorkou ⁷
18. 7.	0,7	1,4	1,2	0,8	?
3. 8.	0,7	1,4	1,0	0,7	0,2
14. 8.	0,7	1,4	1,2	0,7	0,3
28. 8.	0,8	1,4	1,2	0,7	0,4
11. 9.	0,8	1,3	1,1	0,7	0,4
25. 9.	0,9	1,4	1,1	0,6	0,4
9. 10.	1,0	1,4	1,2	0,6	0,6
24. 10.	(1,0)	(1,2)	(0,9)	(0,6)	(0,6)

For. 1–7 see Table V

uvedené v tab. V a VI a zobecněné na obr. 5 dokládají, že samčí hálky s neporušeným vývojem dosahují v průměru podstatně menší velikosti (i tloušťky stěny v polovině jejich výšky) než hálky samičí. Samčí hálky dosahovaly po ukončení růstu průměrné výšky 6,7 mm, šířky 4,2 mm a tloušťky stěny kolem 1,0 mm. Průměr jejich centrálního kanálku ve zkráceném krčku hálky činil 0,9 až 1,6 mm. Samičí hálky s ukončeným růstem byly průměrně 9,0 mm vysoké, 5,8 mm široké a 1,4 mm silné. Centrální otvor v krčku na bázi hálky měl průměr 1,3 až 2,2 mm. Zjednodušeně je možné konstatovat, že všechny hálky o délce nad 8 mm a šířce nad 5 mm byly indukované larvami samičího pohlaví.

Kromě metrických znaků se samčí a samičí hálky bejlomorky s ukončeným vývojem od sebe často nápadně liší také tvarem a zbarvením. Samčí hálky bývají oproti hálkám samičím většinou štihlejší a nejširší ve spodní třetině, kdežto samičí hálky bývají břichatější a nejširší zhruba v polovině výšky hálky. Zatímco samčí hálky mají obvykle nenápadné bledozelené zbarvení, hálky samičí jsou koncem vegetačního období zpravidla nažloutlé nebo červenavé.

Značné rozdíly byly zjištěny rovněž v dynamice růstu samčích a samičích hálek. Samčí hálky rostou hlavně zpočátku mnohem pomaleji než samičí, zato ale jejich růst (hlavně zvětšování šířky a tloušťky hálkové stěny)

v podstatě neustává již koncem července, jak je tomu u samičích hálek, ale až v říjnu (tab. V a VI). Růst samčích larev je však oproti samičím larvám zpočátku mnohem rychlejší. Zatímco samčí larvy dosahují koncem července a začátkem srpna kolem 48 % délky a 67 % šířky dorostlých larev, samičí larvy dosahují v tomto období pouze 30 % délky a 34 % šířky dorostlých larev. Naopak ve druhé polovině vegetačního období rostou mnohem rychleji larvy samičí, které již koncem srpna dosahují velikosti larev samčích a v průběhu září a začátkem října je co do délky a především šířky předrůstají (tab. VII).

Velikost, tvar a zbarvení dorostlých hálek bejlomorky bukové obsazených hmyzími parazitoidy i tloušťka jejich stěny jsou velmi rozdílné. Na jejich utváření se přímo podílejí pouze živé (a to hlavně mladé) larvy bejlomorky. Po úhynu bejlomorky hálkotvorný proces v podstatě ustává a hálka zůstává na takovém stupni vývoje, v jakém byla v době úhynu larvy (Godan, 1955). Je tomu tak zřejmě proto, že po úhynu larvy produkce hálkotvorného sekretu končí (Nolte, 1954) a samotné larvy parazitoidů a inkvilinů tuto schopnost tvorby růstových metabolitů zcela postrádají. Protože u parazitovaných hálek často nelze zjistit pohlaví hostitelských larev bejlomorky, jsou dále uváděny průměrné velikosti těchto hálek (včetně tloušťky hálkových stěn)

vztahy na obojí pohlaví (tab. V a VI). Háčky indukované samčím a samičím larvami bejlomorky, které byly zahubeny v různých fázích růstu vnějšími parazitoidy, dosahovaly průměrné délky 7,1 mm a šířky 4,6 mm. Průměrná tloušťka stěny háček s ektoparazitoidy (a velmi častými superparazitoidy či hyperparazitoidy) činila 1,15 mm a po převážnou část vegetační doby se příliš neměnila. Co do velikosti háček a tloušťky háčkové stěny byly tyto háčky o něco málo rozměrnější než samčí háčky s neporušeným vývojem a tvarově se podobaly

buď háčkům samčím, nebo samičím (v závislosti na pohlaví a stupni vývoje uhynulé larvy bejlomorky).

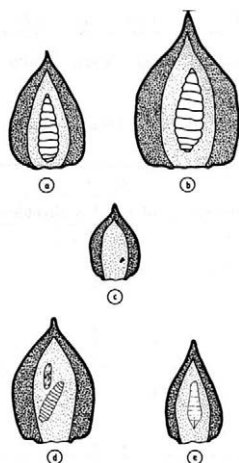
Odlišnou velikostí a tloušťkou háčkové stěny se vyznačují háčky s larvami bejlomorky parazitovanými vnitřními parazitoidy. Endoparazitoidní chalcidka *O. lugens* zahubí larvu bejlomorky v době, kdy její délka dosahuje 2,5 až 3,4 (průměrně 2,8) mm a šířka kolem 1,0 mm. Přitom dorostlé samčí larvy dosahují průměrné délky 4,2 (samičí 4,9) mm a šířky 1,2 (samičí 1,6) mm (tab. VII). Z toho vyplývá, že samčí larvy dosahují v době úhynu kolem 67 (samičí kolem 57) % průměrné délky dorostlých larev. V důsledku poměrně časného úhynu larev bejlomorky jsou háčky s endoparazitoidem drobné (jen 5,8 mm vysoké a 3,2 mm široké), štíhlé, s velmi malými (průměrně jen 0,6 mm) tloušťkami stěn (tab. V a VI).

Daleko nejmenší průměrné velikosti i tloušťky stěny dosahují háčky, v nichž larvy bejlomorky uhynuly vlivem obranných reakcí rostlinných pletiv (obr. 6). Průměrná výška háček této kategorie činila koncem vegetační doby jen 4,3 mm a šířka 2,8 mm. Tloušťka jejich háčkové stěny byla průměrně 0,6 mm, tj. stejná jako u háček s endoparazitoidem. Nárůst rozměrů háček a tloušťky háčkové stěny v průběhu druhé poloviny vegetačního období (tab. V a VI) byl způsoben úhynem larev bejlomorky ve vyšších vývojových stupních.

V početním zastoupení háček „velkých“ (nad 7 x 4 mm) a háček „malých“ (pod 7 x 4 mm) na listech při žilkách hlavních a vedlejších nebo mimo žilky nebyly shledány žádné podstatné rozdíly. Při celkem vyrovnaném počtu háček při hlavních a vedlejších žilkách se při hlavních žilkách vyskytovalo o 6,1 % více „velkých“ háček a při vedlejších žilkách o 7,8 % více „malých“ háček (tab. VIII).

HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM

Bejlomorka buková (*M. fagi*) je naší nejhojnější hátkotvornou bejlomorkou na listech buku. S jejími úhled-



5. Podélný řez háčkami bejlomorky bukové (*M. fagi*): a) háčka se samčí larvou bejlomorky, b) háčka se samičí larvou bejlomorky, c) háčka s larvou bejlomorky uhynulou v raném stupni vývoje, d) háčka s ektoparazitoidem, e) háčka s endoparazitoidem. Zvětšeno. Polníčka, říjen 1998 – Galls of *M. fagi* in section: a) gall with a male larva of the gall midge, b) gall with a female larva of the gall midge, c) gall with a gall midge larva that died at an early developmental stage, d) gall with ectoparasite, e) gall with endoparasite. Enlarged. Polníčka, October 1998

VII. Početní a procentuální zastoupení a velikost těla živých larev bejlomorky bukové (*M. fagi*) podle pohlaví a celkem (v mm). V každé kontrole bylo analyzováno 100 háček bejlomorky. Polníčka, 1998 – The number and percentage and body size of vital larvae of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) with respect to their sex and in total (in mm). A hundred galls of the beech leaf gall midge were analyzed at each check. Polníčka, 1998

Datum ¹	Samčí larvy ²			Samičí larvy ³			Larvy celkem ⁴		
	počet ⁵ (%)	délka ⁶	šířka ⁷	počet ⁵ (%)	délka ⁶	šířka ⁷	počet ⁵ (%)	délka ⁶	šířka ⁷
18. 7.	20	2,0	0,8	34	1,5	0,5	54	1,7	0,6
3. 8.	11	2,0	0,8	14	1,6	0,6	25	1,6	0,7
14. 8.	14	2,1	0,9	20	2,1	0,9	34	2,1	0,9
28. 8.	12	2,6	1,0	19	2,6	1,2	31	2,6	1,1
11. 9.	14	2,9	1,1	25	3,6	1,4	39	3,3	1,3
25. 9.	13	3,1	1,2	32	4,3	1,6	45	4,0	1,5
9. 10.	3	4,2	1,2	14	5,0	1,6	17	4,8	1,5
24. 10.	2	4,1	1,2	4	4,8	1,6	6	4,6	1,5
Celkem ⁸	89	–	–	162	–	–	251	–	–

¹ date, ² male larvae, ³ female larvae, ⁴ larvae in total, ⁵ number, ⁶ length, ⁷ width, ⁸ total

VIII. Umístění velkých hálek (nad 7 x 4 mm) a malých hálek (pod 7 x 4 mm) bejломorky bukové (*M. fagi*) na listech. Polníčka, 25. 9. 1998 – Positions of big galls (more than 7 x 4 mm) and small galls (less than 7 x 4 mm) of the beech leaf gall midge (*M. fagi*) on leaves. Polníčka, 25th September 1998

Hálky ¹	Při hlavních žilkách ²		Při vedlejších žilkách ³		Mimo žilky ⁴		Celkem ⁵	
	počet ⁶	(%)	počet ⁶	(%)	počet ⁶	(%)	počet ⁶	(%)
Velké ⁷	306	27,3	241	21,5	3	0,3	550	49,1
Malé ⁸	237	21,2	328	29,3	5	0,4	570	50,9
Celkem ⁹	543	48,5	569	50,8	8	0,7	1 120	100,0

¹galls, ²along main veins, ³along lateral veins, ⁴other positions, ⁵total, ⁶number, ⁷big, ⁸small, ⁹total



6. Hálky bejломorky bukové (*M. fagi*). Vpravo (v kroužku) je hálka s uhynulou larvou bejlomorky vlivem obranné činnosti rostlinných pletiv. Polníčka, 25. 9. 1998. Foto 2–4, 6 J. Říčný – Galls of the beech leaf gall midge (*M. fagi*). Right (encircled): gall with a dead larva of the gall midge that died as a result of the defensive activity of plant tissues. Polníčka, 25th September 1998. Photo 2–4, 6 by J. Říčný

nými a všeobecně známými větvenovitými hálkami se můžeme setkat po celé republice všude tam, kde roste buk. Nejčastěji napadá mladé dřeviny ve věku do 15 let a přízemní části korun středně starých a starších soliterních nebo okrajových dřevin. Přitom mladé buky jsou bejlomorkou napadeny vždy relativně silněji než buky starší (Skuhravý, Skuhravá, 1996). Podle šetření Staleva (1991) bejlomorka v Bulharsku jasně preferuje okrajové části porostů buku východního s jižním a jihovýchodním sklonem.

Při přemnožení se na jednom listu může vyskytovat až 27 (a výjimečně až 30) hálek (Skuhravý, Skuhravá, 1991, 1993, 1996).

Ještě daleko vyšší počet hálek na jedné čepeli (údajně přes 40 ks) uvádí Baudyš (1954). Pokud se hálky vyskytují na listech jednotlivě, pak jsou pro dřeviny vcelku indiferentní. Větší počet hálek na listech však

vede k deformaci, krnění a případně až k předčasnému odumírání listů. Pod váhou velkého množství hálek se větve často ohýbají a přírůst dřevin se snižuje (Gäbler, 1955). Büsgen (1895) zjistil srovnáním váhy na vzduchu vyschlých hálek a bukových listů, že každé tři hálky absorbují materiál asimilační plochy jednoho listu. Skuhravý, Skuhravá (1993) uvádějí, že v případě výskytu více než 10 hálek na jednom listu je sušina listů menší než sušina hálek. Při početném napadení tak postižené dřeviny vynakládají značnou část živin na tvorbu hálek; tím je negativně ovlivňována asimilační činnost dřevin i jejich růst.

V posledních desetiletích byl vícekrát zaznamenán masový výskyt bejlomorky bukové v podhorských a hlavně horských oblastech v nadmořských výškách nad 700 m a často až při horní hranici přirozeného rozšíření buku (Paclt, 1973; Skrzypczyńska, 1983; Cwiklinski, Koziol, 1987; Skuhravý, Skuhravá, 1988, 1991, 1993, aj.). V horských polohách buky dost často trpí imisním zatížením, a proto se Skuhravý, Skuhravá (1991, 1993) domnívají, že bejlomorku lze v kalamitním množství považovat za jednoho z možných indikátorů chemicky znečištěného ovzduší.

Obecně však je bejlomorka buková považována za lesnicky méně významného škůdce. Její škody na starších dřevinách bývají z hospodářského hlediska obvykle zanedbatelné. Závažné ztráty na přírůstu (podle Cecconio, 1924, a Gäblera, 1955, dokonce i hynutí) může působit na mladých dřevinách (např. v lesních školkách) (Skuhravý, 1977; Postner, 1982, aj.). Také proto je třeba tomuto škůdci věnovat zvýšenou pozornost.

Poděkování

Za finanční podporu poskytnutou na studium tohoto fytofágního škůdce děkuji Ministerstvu zemědělství ČR, zastoupenému Ing. Miroslavem Sloupem. Za podnětné připomínky k rukopisu děkuji doc. Ing. Vladislavu Martinkovi, CSc. (Dobruška).

Literatura

ÁLVAREZ, A. J., 1998. XXVI. Orden *Diptera*. In: VICENTE, C. L. et al., *Entomologia agroforestal*. Madrid, Ediciones Agrotécnicas, S. L.: 889–936.

- BAUDYŠ, E., 1954. Zooecidie z oblasti Slezska a přilehlých částí Moravy. Praha, SPN: 288.
- BAUDYŠ, E., 1956. Pátý příspěvek k rozšíření hálek na Slovensku. Bratislava, Vyd. SAV: 39.
- BOYSEN-JENSEN, P., 1948. Formation of galls by *Mikiola fagi*. Physiol. Plant., 1: 95–108.
- BOYSEN-JENSEN, P., 1952. Untersuchungen über die Bildung der Galle von *Mikiola fagi*. Dansk Biol. Medd., 18: 1–19.
- BREWER, J. W. – SKUHRAVÝ, V., 1989. Survey of major foliar chemicals in insect-induced galls. Cecidologia Intern., 10: 65–74.
- BUHR, H., 1964. Bestimmungstabellen der Gallen (Zoo- und Phytoecidien) an Pflanzen Mittel- und Nordeuropas. Bd. I. Jena, G. Fischer Verlag: 761.
- BURKERT, M., 1927. Ochrana lesů. Praha, Nákl. České grafické unie, a. s.: 353.
- BÜSGEN, M., 1895. Zur Biologie der Buchengalle *Hormomyia fagi*. Forstl. Nat. Z., 4: 10.
- CECCONI, G., 1924. Manuale di Entomologia forestale. Padova: 473.
- COUTIN, R. – RIOM, J., 1967. The dimorphism of galls induced by *Mikiola fagi* on *Fagus sylvatica*: galls made by males and females (orig. in French). C. R. Acad. Sci. (Paris), 14: 975–978.
- CWIKLINSKI, L. – KOZIOL, M., 1987. Garnusznica bukowa (*Mikiola fagi* Hartig) – mało znany szkodnik buka. Łas Polski, 21: 8–9.
- DARBOUX, G. – HOUARD, C., 1901. Catalogue systématique des zoocécidies de l'Europe et du bassin méditerranéen. Labor. d' évolution des êtres organisés. Bull. sci. France et Belg., 34: 544.
- DŽANOKMEN, K. A., 1978. 5. Sem. *Pteromalidae* – pteromalidy. In: MEDVEDEV, G. S. et al., Opredelitel nasekomych evropejskoj časti SSSR. Tom III. Perepončatokrylyje. Vtoraja časť. Leningrad, Izdat. Nauka: 57–228.
- ESCHERICH, K., 1942. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Fünfter Bd. Berlin, Verlag P. Parey: 746.
- GÄBLER, H., 1955. Forstschutz gegen Tiere. Radebeul, Berlin, Neumann Verlag: 368.
- GODAN, D., 1955. Beitrag zur stofflichen Beeinflussung des Gallengewebes durch Gallmücken-larven. Mitt. Dtsch. ent. Gesell., 14: 8–11.
- GRAHAM, M. W. R. – GRAHAM, M. W. R., 1994. New European species of *Torymus* Dalman (Hym., Chalcidoidea). Ent. Month. Mag., 130: 1556–1559.
- KIRST, G. O., 1974. Zur Physiologie der Galle von *Mikiola fagi* Htg. auf Blättern von *Fagus sylvatica* L. 3. Teil. Biochem. u. Physiol. Pfl., 165: 457–466.
- KIRST, G. O. – RAPP, H., 1974. Zur Physiologie der Galle von *Mikiola fagi* Htg. auf Blättern von *Fagus sylvatica*. 2. Teil. Biochem. u. Physiol. Pfl., 165: 445–455.
- KOSTJUKOV, V. V., 1978. Podsem. 5. *Tetrastichinae*. In: MEDVEDEV, G. S. et al., Opredelitel nasekomych evropejskoj časti SSSR. Tom III. Perepončatokrylyje. Vtoraja časť. Leningrad, Izdat. Nauka: 430–467.
- KÜSTER, E., 1911. Die Gallen der Pflanzen. Leipzig, Hirzel: 437.
- KÜSTER, E., 1925. Pathologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. Jena, Fischer: 558.
- KÜSTER, E., 1930. Anatomie der Gallen. In: LINSBAUER, K. et al., Handbuch der Pflanzenanatomie. Bd. 5. Berlin, Borntraeger: 197.
- NIKOLSKAJA, M. N. – ZEROVA, M. D., 1978. 9. Sem. *Torymidae* (*Calliomidae*) – torymidy. In: MEDVEDEV, G. S. et al., Opredelitel nasekomych evropejskoj časti SSSR. Tom III. Perepončatokrylyje. Vtoraja časť. Leningrad, Izdat. Nauka: 358–374.
- NOLTE, H. W., 1954. Zur Frage der stoffischen Beeinflussung der Pflanzen bei Befall durch Schadinsekten. Dtsch. Ent. tag. in Hamburg: 139–146.
- PACLT, J., 1973. Erste Untersuchungen über die Anfälligkeit der Buche gegen die Gallenerzeuger. Cbl. ges. Forstwes., 90: 186–192.
- POSTNER, M., 1982. Familienreihe *Mycetophiliformia*. In: SCHWENKE, W. et al., Die Forstschädlinge Europas. IV. Bd. Hautflügler und Zweiflügler. Hamburg, Berlin, Verlag P. Parey: 291–357.
- RAPP, H. – KIRST, G. O., 1974. Zur Physiologie der Galle von *Mikiola fagi* Htg. auf Blättern von *Fagus sylvatica* L. Teil I. Biochem. u. Physiol. Pfl., 165: 437–444.
- ROSS H., 1932. Praktikum der Gallenkunde (Cecidologie). In: SCHOENICHEN, W., Biol. Studienbücher, Berlin, 12: 312.
- SALAČ, F., 1924. Ochrana lesa I. Pisek, J. Borovička: 275.
- SEDLAG, U., 1986. Insekten Mitteleuropas. Leipzig, Radebeul, Neumann Verlag: 408.
- SEGEBADE, R. – SCHAEFER, M., 1979. Zur Ökologie der Arthropodenfauna einer Stadtlandschaft und ihrer Umgebung. II. Pflanzengallen und Pflanzenminen. Anz. Schäd.-Kde Pfl.-Umweltschutz, 52: 117–121.
- SCHMIDT, O., 1991. Insekten an Buchen- Beobachtungen in den letzten Jahren aus Bayern. Forst u. Holz, 46: 309–311.
- SCHNAIDER, Z., 1974. Szkodniki drzew i krzewów liściastych zarejestrowane w Górnoślaskim Okręgu Przemysłowym w latach 1965–1971. Prace IBL, 463–467: 61–95.
- SKRZYPCZYŃSKA, M., 1969. Materiały do znajomości zoocécidii Łasku Wolskiego pod Krakowem. Acta zool. cracov., 15: 375–391.
- SKRZYPCZYŃSKA, M., 1983. Wstępne badania gęstości populacji gatunków wywołujących wyrośla i miny na liściach buka pospolitego – *Fagus sylvatica* L. w Polsce. Pol. Pis. ent., 53: 425–429.
- SKUHRAVÁ, M., 1977. 21. čeled – Bejloimorkovití: *Cecidomyiidae*. In: DOSKOČIL, J. et al., Klíč zvířeny ČSSR. Díl V. Praha, ČSAV: 116–143.
- SKUHRAVÁ, M., 1987. *Cecidomyiidae*. In: JEŽEK, J. et al., Check-list of Czechoslovak Insects. Acta faun. ent. Mus. Nat. Pragae, 18: 69–81.
- SKUHRAVÁ, M. – SKUHRAVÝ, V., 1960. Bejloimorky. Praha, SZN: 271.
- SKUHRAVÁ, M. – SKUHRAVÝ, V., 1974. Bejloimorky lesních dřevin východního Slovenska (*Diptera, Cecidomyiidae*). Lesnictví, 43: 159–165.
- SKUHRAVÝ, V. – SKUHRAVÁ, M., 1988. Bejloimorky lesních dřevin. Lesn. Práce, 67: 81–85.
- SKUHRAVÝ, V. – SKUHRAVÁ, M., 1991. Bejloimorka buková indikátorem znečištěného ovzduší? Chránené územia Slovenska, 17: 49–50.

- SKUHRÁVÝ, V. – SKUHRÁVÁ, M., 1993. Zur Verbreitung und Schädlichkeit der Gallmücken (*Cecidomyiidae*, *Diptera*) an Waldbäumen in Mitteleuropa. Anz. Schädl.-Kde Pfl.- Umweltschutz, 66: 134–140.
- SKUHRÁVÝ, V. – SKUHRÁVÁ, M., 1996. Betrachtung der Gallmücken (*Diptera*, *Cecidomyiidae*) an dominanten Forstgehölzen Eurasiens nach ihrem Schädlichkeitsgrad mit einigen besonderen taxonomischen Problemen. Anz. Schädl.-Kde Pfl.- Umweltschutz, 69: 56–58.
- STALEV, Z., 1989. Galoobrazuvažči vrediteli po listata na iztočnija buk. Gorsko Stop., 45: 22–23.
- STALEV, Z., 1991. Pltnost na galoobrazuvažčite vrediteli po listata na iztočnija buk (*Fagus orientalis* Lipsky). Nauka za Gorata, 28: 43–48.
- ŠTAKELBERG, A. A., 1955. 3. Sem. *Cecidomyiidae* (= *Itonididae*) – gallicy. In: PAVLOVSKIJ, E. N. et al., Vrediteli lesa, I. Moskva, Leningrad, Izd. AN SSSR: 384–421.
- TRJAPICYN, V. A., 1978. Podsem. 4. *Entedontinae*. In: MEDVEDEV, G. S. et al., Opredelitel nasekomych evropejskoj časti SSSR. Tom III. Perepončatokyrylyje. Vtoraja časť. Leningrad, Izdat. Nauka: 404–430.
- UHLÍŘOVÁ, H. et al., 1996. Symptomy poškození lesních dřevin. Jiloviště-Strnady, MZe ČR a VÚLHM: 244.
- WAHLGREN, E., 1960. Cecidiologiska anteckningar. XII. Ent. tidskr., 81: 11–21.
- WEIDNER, H., 1957. Neuere Anschauungen über die Entstehung der Gallen durch die Einwirkung von Insecten. Z. Pfl.-Krankh., 64: 287–309.
- WIMMER, A., 1931. Muši rody v Československé republice. Praha, Höfer, Klouček: 379.

Došlo 28. 12. 1998

BIONOMY AND POLYMORPHISM OF GALLS OF THE BEECH LEAF GALL MIDGE (*MIKIOLA FAGI* HTG.) (*DIPTERA*, *CECIDOMYIIDAE*)

J. Urban

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

Mass outbreak of the beech leaf gall midge (*Mikiola fagi* Htg.) occurred in Polníčka forest district (Dr. R. Kinsky's Forest Administration at Žďár n. S.) in 1997 and 1998. This outbreak was made use of to study larval development in galls and to investigate the effect of male and female larvae and their parasitoids and defensive reactions of plant tissues on the size and appearance of galls. Results of these observations are as follows:

1. 97% of beech leaf gall midges are wintering in the stage of mature larvae and 3% in the pupal stage, in galls dropped onto the ground, under the natural conditions of the area concerned (at about 650 m height above sea level, with average annual air temperature of 5.8 °C and average annual precipitation of 740 mm).
2. Imagoes emerge from galls next April, and after copulation they lay eggs to leaf buds that have not burst yet. Emerged larvae creep between the bud scales toward leaf bases settling their fore parts of the body in leaf parenchyma near the main or lateral veins. Gall-producing secretion causes young meristematic tissues to form galls on both sides of the leaf, at first un conspicuous, which undergo fast development only on the adaxial part of leaves from the end of May to the beginning of July. Gall tissues are intensely differentiated in the first half of June and their lignification starts since mid-June. In June the galls have easily discernible epidermis, hard layer and nutritive layer.
3. Galls with live larvae finish their growth during September or in early October, and before leaf shedding starts usually at the beginning of October, the

larvae close an aperture in the tubular neck of the gall with white spun closure. Mature gall midges get out through an aperture in this closure (made by the pupa) to the open nature.

4. About 10% imagoes only emerged in the Polníčka forest district as a result of the unusually high mortality rate of larvae or pupae that was caused mainly by chalcid flies. Ectoparasitoids contributed to mortality by 36–45% and endoparasitoids by 26–42%. A relatively small part of larvae (less than 10%) died due to defensive reactions of plant tissues, and a tiny part (about 1.5%) was pecked by birds or preyed by insect predators.
5. Out of the total number of galls, 40.4% of galls were localized along the main veins of the leaf, 58.8% along lateral veins and 0.8% at other positions on the leaf.
6. Large differences were found to exist between galls induced by male larvae and by female larvae in their size, appearance and growth dynamics. Mature male galls had on average 6.7 mm in height, 4.2 mm in width and the wall width of 1.0 mm (at their mid-height). Mature female galls had on average 9.0 mm in height, 5.8 mm in width and the wall width of 1.4 mm. Male galls are mostly slim, and widest at the lower third. Female galls are round, and widest at the mid-height. While the male galls are light green in color, the mature female galls are mostly yellowish or reddish.
7. The initial growth of male galls is much slower than that of female galls, and their growth does not basi-

- cally terminate as early as at the end of July (like in female galls) but in October. On the contrary, the growth of male larvae is faster by mid-August than that of female larvae. But female larvae equate their growth at the end of August to overgrow the male ones during September and at the beginning of October. Mature male larvae are 3.5–4.5 mm in length and 1.0–1.4 mm in width. The respective measures of female larvae are 4.5–5.5 mm and 1.3–1.8 mm.
8. Gall formation is indirectly influenced by insect parasitoids including defensive reactions of plant tissues. After the beech leaf gall midge larva dies, the gall-producing process terminates. The galls with ectoparasitoids were on average 7.1 mm in height, 4.6 mm in width, with wall thickness of 1.15 mm. The galls with endoparasitoids are on average only 5.8 mm in height and 3.2 mm in width, the wall thickness being only 0.6 mm, as a result of relatively early mortality of the host larvae of the beech leaf gall midge. The smallest size (4.3 x 2.8 mm) and gall wall thickness were determined in galls with the beech leaf gall midge larvae that died due to defensive reactions of plant tissues.
 9. There were no substantial differences in the number of big galls (more than 7 x 4 mm) and small galls (less than 7 x 4 mm) along the main and lateral veins of the leaf.
 10. The size of assimilation area, and consequently increments of young trees, decrease if there are five galls and more per leaf. It is necessary to carefully monitor the presence of the beech leaf gall midge due to its considerable harmfulness and likely ability to be an indicator of areas with heavy air pollution.

Kontaktní adresa:

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

REAKCE PUPENŮ BŘÍZY NA MRÁZ

RESPONSES OF BIRCH BUDS TO FROST

E. Kula

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

ABSTRACT: Resistance of birch *Betula pendula* Roth. buds that terminated endogenous dormancy to temperatures of -4°C and -11°C was studied in laboratory conditions. Buds with cumulative effective temperatures (CET) 31.3°C started flushing identically as control buds after 10 and 20 hour exposure to -11°C (94%) and after 40 hours (57%). Buds with CET 57°C were susceptible to a temperature of -11°C but they tolerated a long-term stress of -4°C . Fourteen and 10 days when maximum temperatures dropped by $10\text{--}14^{\circ}\text{C}$ by night were recorded in the winter seasons in 1997 and 1998. In 1997, when the birch stands did not start flushing on a large area, this difference was largest (from 8.1°C to -4.1°C) while CET was 2.7°C only. Temperature drops from 12.3°C to -1.8°C and from 5°C to -6.7°C at CET 57°C were registered in 1998, when no birches failing to flush were observed. The sole temperature could not cause the failure of budding in 1997.

frost; buds; birch; *Betula pendula* Roth.

ABSTRAKT: Odolnost pupenů břízy *Betula pendula* Roth. uvolněných z endogenní dormance k teplotám -4°C a -11°C byla sledována v laboratorních podmínkách. Pupeny se sumou efektivních teplot (SET) $31,3^{\circ}\text{C}$ rašily po 10hodinové a 20hodinové expozici při teplotě -11°C stejně jako kontrolní (94 %) a po 40 hodinách (57 %). Pupeny se SET 57°C byly citlivé k teplotě -11°C , ale snášely dlouhodobé působení teploty -4°C . V letech 1997 a 1998 v zimním období bylo zaznamenáno 14 a 10 dní, kdy během noci poklesly maximální teploty o $10\text{--}14^{\circ}\text{C}$. V r. 1997, kdy porosty břízy velkoplošně nevyrašily, byl tento rozdíl nejvýraznější (z $8,1^{\circ}\text{C}$ na $-4,1^{\circ}\text{C}$), přičemž SET dosahovala pouze $2,7^{\circ}\text{C}$. V r. 1998, kdy se problém nerašících bříz nevyskytoval, byl zaznamenán pokles teploty z $12,3^{\circ}\text{C}$ na $-1,8^{\circ}\text{C}$ a z 5°C na $-6,7^{\circ}\text{C}$ při SET 57°C . Pouhá teplota nemohla způsobit nevyrašení v r. 1997.

mráz; pupeny; bříza; *Betula pendula* Roth.

ÚVOD

Lesní dřeviny jsou vystaveny ve spektru klimatických činitelů zimním, časným a pozdním mrazům. Míra poškození závisí na odolnosti dřeviny, hloubce mrazu, době jeho výskytu, délce trvání, rozdílu maximální a minimální teploty a rychlosti poklesu. Časné mrazy se projevují v horách a vedou k poškození ne zcela vyzrálých letorostů po studeném a vlhkém létě a také výhonů regenerujících po žiru hmyzu (např. báblivce vrbového – *Lochmaea capreae* L. – Kula, 1988). Při silných zimních mrazech nastává poškození u dřevin, které nejsou přizpůsobené k nízkým teplotám (Polanský, 1931); zvláště škodlivé je rychlé střídání vysokých a nízkých teplot. Při zamrzlé půdě může dojít zvláště u jehličnanů k narušení transpirace a ke ztrátě vody v plazmě buněk, k ireverzibilní změně struktury protoplazmy a k odumí-

rání větví, lýka a kůry (Svoboda, 1957). Pozdními mrazy jsou zpravidla již při teplotě -3 až -5°C poškozeny rašící listy a výhony u jehličnanů. Mezi dřevinami odolné k pozdním mrazům se kromě habru, jeřábu, olše a vrb řadí také všechny druhy bříz (Pfeffer, 1961). Na význam meteorologických podmínek v souvislosti s poškozením břízy upozornil Šrámek (1998).

Cílem příspěvku je zhodnotit reakci pupenů břízy *Betula pendula* Roth. k nízkým teplotám v období, kdy pupeny jsou již uvolněny z endogenní dormance a začíná fáze prorůstání vzrostného vrcholu.

METODIKA

Koncové části primárních větví $0,5\text{ m}$ dlouhé, odebrané ze střední části koruny tří zdravých bříz *B. pendula* ve stáří 25 let v Brně (245 m n. m., 2. 3. 1998) a v Mě-

Práce vychází z řešení grantového úkolu Grantové agentury ČR 526/98/0537, který získal také finanční podporu Ministerstva zemědělství ČR, Lesů České republiky, s. p., Hradec Králové a regionálních institucí, akciových společností a firem: Obalex, s. r. o., v Jílovém, Netex, s. r. o., a Aluisse, s. r. o., v Děčíně, Městský a Okresní úřad v Děčíně, Setuza, a. s., Teplárna, a. s., Komerční banka, a. s., Pyrus, s. r. o., SCES, s. r. o., v Ústí nad Labem, Chemopetrol, a. s., Litvínov, ČEZ, a. s., Elektrárna Počeradý a Elektrárna Ledvice, Čížkovická cementárna, a. s., v Čížkovicích, Severočeské doly, a. s., Chomutov, Dieter Bussmann, s. r. o., v Ústí nad Labem.

děnci (Krušné hory, 830 m n. m., 15. 3. a 20. 4. 1998), byly drženy v chladu a v průběhu 24 hodin ukládány do mrazničky s teplotou $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po dobu vystavení nízkým teplotám nebyl do větví zajištěn přísun vody ani živin. Po každé expozici a před vyjmutím do laboratorních podmínek byly větve aklimatizovány v teplotě $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stav prorůstání pupenů byl stanoven metodou radiálního řezu 50 pupenů z každého vzorku (Němec et al., 1962). Rašení pupenů kontrolních i mrazem stresovaných větví probíhalo v laboratorních podmínkách při $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 16 dní. Na každé větvi bylo hodnoceno 100 pupenů v souladu s touto stupnicí:

- 0 – pupeny s neporušenými šupinami,
- A – pupen s neporušenými šupinami a prosvítající zelenou barvou,
- B – apikální část pupenu se zelenou špičkou,
- C – narašený vrchol pupenu delší než 1 mm,
- D – rozvíjející se nebo rozvinuté listy.

Suma efektivních teplot byla odvozena z průměrných denních teplot nad $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Saras, 1972) z meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu Ústí nad Labem-Kočkov situovaných do míst s kontrolními stromy.

VÝSLEDKY

Při rašení kontrolního vzorku z Brna (2. 3., SET $68,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) v laboratorních podmínkách bylo po třech až pěti dnech 75 % pupenů podle zevních znaků s uzavřenými šupinami a prosvítající zelenou barvou (A), sedmý den již 9 % pupenů rašilo a do 16. dne se rozvinulo 98 % pupenů. Ve vzorku z Měděnce (15. 3., SET $31,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) byly všechny pupeny podle zevních znaků s uzavřenými šupinami v kategorii A. Již šestý den v teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

bylo klasifikováno v kategorii B 85 % pupenů a 16. den vyrašilo 81 % pupenů. Ve vzorku z Měděnce (20. 4., SET $57\text{ }^{\circ}\text{C}$) byl postup rašení v laboratoři rychlý (šestý den mělo vytvořené listy 93 % pupenů), neboť v přírodních podmínkách bylo již 75 % pupenů v kategorii B.

Pupeny z větví odebraných v Brně na kontrolním vzorku měly vysokou energii rašení, pouze 5 % pupenů jsme klasifikovali jako mrtvé a nerašící. Po jednorázové 15hodinové expozici v $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ s pětihodinovou a deseti hodinovou aklimatizací dosáhla mortalita v průměru 15 % a 72 % pupenů vytvářelo listy (kategorie C + D); zbývající pupeny byly živé, ale nerašily. Jestliže byla opakována mrazová expozice a vzorek neprošel aklimatizací, zvýšila se mortalita na 57 % a pouze 29 % pupenů tvořilo listy. Vzorky, které byly opakovane vystaveny mrazu s aklimatizací ve $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ – s výjimkou jednoho vzorku s 61 % mortalitou –, rašily (59–70 %) (kategorie C + D). Tři dny stresované větve lišící se celkovou délkou působícího mrazu (26 až 40 hodin) vykazovaly shodnou 50–55 % tvorbu listů. Při pravidelném aklimatizačním přerušování 54hodinové mrazové expozice ($-11\text{ }^{\circ}\text{C}$) bylo zaznamenáno vyrašení 71 % pupenů. Naproti tomu při 31hodinovém mrazovém stresu se projevil vysoká mortalita (69 %). Po pětidenním působení chladu a mrazu byly pupeny zcela zničeny.

Kontrola u vzorku odebraného ze stromu v lokalitě Měděnec (15. 3.) vykazovala pouze 8 % nevyrašených pupenů a z 90 % pupenů vznikly funkční listy. Po expozici $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 hodin) byla zjištěna velmi nízká mortalita pupenů (3 %) a průměrná hladina rašení dosáhla 86 %. Stres u expozic nad 40 hodin v $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ se projevil zvýšeným poškozením pupenů a omezeným rašením (0–41 %). Neexistovala těsná závislost mezi počtem hodin stresu a mírou rašení. Dokonce při úhrnné expo-

I. Charakteristika stavu pupenů břízy *B. pendula* v době jejich odběru – Characterization of birch *B. pendula* buds at the time of their sampling

Lokalita ¹	Datum odběru ²	SET ³	Délka pupenu ⁴	Šířka pupenu ⁵	Prorůstání ⁶	Klasifikace pupenů podle zevních znaků ⁷ (%)				
		($^{\circ}\text{C}$)	(mm)	(mm)	(%)	0	A	B	C	D
Brno	2. 3. 1998	68,3	6,3	4,3	70	20	75	5		
Měděnec	15. 3. 1998	31,3	5,1	2,0	19,4		100			
Měděnec	20. 4. 1998	57,0			90		21	76	3	

¹locality, ²date of sampling, ³CET, ⁴bud length, ⁵bud width, ⁶vegetative apex growth, ⁷bud classification according to external traits

II. Mortalita pupenů břízy (%) po expozici v teplotě $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ při SET $31,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (odběr: Měděnec, 15. 3. 1998) – Mortality of birch buds (%) after exposure to a temperature of $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ at CET $31,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sampling: Měděnec, 15th March 1998)

Klasifikace rašení ¹	Kontrola ²	Expozice ³ (h)									
		10	20	32	37	43	48	55	48	79	60
0	8	4	2	15	40	74	62	65	69	52	96
A	1	2	0	26	0	3	0	0	0	0	4
B	1	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0
C	9	0	5	11	0	3	2	4	0	7	0
D	81	94	93	47	57	20	34	31	21	41	0

¹flush classification, ²control, ³exposure

III. Mortalita pupenů břízy (%) po expozici v teplotě -4°C a -11°C při SET 57°C (odběr: Měděnec, 20. 4. 1998) (teplota $^{\circ}\text{C}$ /expozice – počet hodin) – Mortality of birch buds (%) after exposure to temperatures of -4°C and -11°C at SET 57°C (sampling: Měděnec, 20th April 1998) (temperature $^{\circ}\text{C}$ /exposure – number of hours)

Klasifikace rašení ¹	Kontrola ²	-11/5	-11/10	-11/15	-11/25	-4/10	-4/20	-4/30	-4/30	-4/12 -11/5	-4/12 -11/10	-4/20 -11/5	-4/12 -11/10	-4/12 -11/25	-4/20 -11/5
0	3	38	0	0	13	2	0	12	3	0	0	55	8	0	85
A	0	5	0	0	0	8	0	0	0	0	0	13	0	0	12
B	0	3	87	100	87	8	12	1	0	91	94	0	92	100	0
C	3	5	2	0	0	0	5	3	2	0	0	4	0	0	0
D	94	49	11	0	0	82	83	84	95	9	6	27	0	0	3

For 1–2 see Table II

zici 79 hodin v -11°C šestkrát přerušené aklimatizací byla mortalita a počet rašících pupenů ve shodném zastoupení (tab. II).

Kontrola pupenů z Měděnce (20. 4., SET 57°C) potvrdila nenarušený stav rozvinutím listů v průběhu šesti dní a vyrašením 97 % pupenů. Vzhledem k pokročilému stavu vývoje pupenů (90% prorůstání) a termínu odběru, kdy v přírodním prostředí nenastává tak výrazný pokles teplot pod bodem mrazu, byly zvoleny varianty s teplotní expozicí -4°C a -11°C a aklimatizací ve 2°C .

Pupeny, které byly pouze pod vlivem teploty -4°C (5–30 hodin) s aklimatizací, dosahovaly průměrného rašení 88 %. Pupeny ze stresu s teplotou -11°C rašily z 50 % po 10hodinové expozici, jinak hynuly stejně jako pupeny z prostředí kombinovaného stresu (-4°C a -11°C) (tab. III).

DISKUSE

Pupeny, jejichž procento prorůstání bylo vysoké (70 %) a schopnost rašení 93%, reagovaly na působení mrazu s dílčími odchylkami. Samotná délka stresu byla důležitá, ale neprojevovala se přímá závislost výše poškození na teplotní expozici. Aklimatizační faktor byl významný, náhlá změna teploty z -11°C do $+20^{\circ}\text{C}$ vyvolala vysokou mortalitu. V přírodních podmínkách nelze očekávat takové teplotní šoky. Vysokou toleranci k mrazu potvrdila bříza 65% rašením po 54hodinové expozici v teplotě -11°C při opakovaném přerušení uložením v teplotě 2°C . Další kombinace rovněž ukázaly, že až na výjimky v prvních třech dnech stresu si bříza zachovávala v průměru 65% schopnost rašit. Pětidenní stres mrazem i přes aklimatizační přestávky vedl k úplné mortalitě pupenů. Na rozdíl od brněnského vzorku s vysokou mírou prorůstání byly pupeny z Měděnce (15. 3.) na začátku své aktivity (prorůstání 20 %) a v přírodním prostředí procházely obdobím mrazivých teplot, které ovšem (jak doložila kontrola) zdravotní stav pupenů neovlivnily. V laboratorních podmínkách 20hodinový stres mrazem rašení většinou neovlivnil. K výraznějšímu snížení vitality pupenů docházelo po 20–40hodinové expozici v -11°C a další prohloubení stupně poškození pupenů nastalo při prodloužení teplot-

IV. Nejvýznamnější teplotní rozdíly mezi maximální teplotou (nad 5°C) a minimální teplotou pod bodem mrazu (1997 a 1998) (CHMÚ, stanice Měděnec, 830 m n. m.) – The most important temperature gaps between maximum temperature (above 5°C) and minimum temperature below zero (1997 and 1998) (CHMI, Měděnec station, 830 m a.s.l.)

Datum ¹	Maximum ²	Minimum ³	Pokles ⁴	SET ⁵
1997	(°C)			
11. 2.	6,3	-1,8	8,1	0
12. 2.	7,6	-2	9,6	0
13. 2.	6,2	-1,6	7,8	0
23. 2.	9,1	-0,7	9,8	0,8
28. 2.	8,1	-4,1	12,2	2,7
3. 3.	10,3	-0,9	11,2	8,9
4. 3.	7,4	-0,8	8,2	8,9
7. 3.	8	-2	10	8,9
8. 3.	11	-2,3	13,3	9,1
9. 3.	10,6	-0,1	10,7	9,4
10. 3.	11,9	-0,8	12,7	9,6
16. 3.	6	-2,2	8,2	12,8
26. 3.	6,5	-3,7	10,2	12,8
28. 3.	7,6	-1,8	9,4	15
1998				
9. 2.	6,8	1,9	8,7	2
17. 2.	6,4	-3	9,4	21,8
18. 2.	9	-2,5	11,5	21,8
20. 2.	10,8	-0,2	11	21,8
21. 2.	9,8	-1,7	11,5	21,8
28. 2.	5,9	-2,8	8,7	23,9
5. 3.	12,3	-1,8	14,1	28,9
8. 3.	10,4	-1,9	12,3	28,9
26. 3.	5	-6,7	11,7	28,9
27. 3.	6,6	-2,8	9,4	28,9
30. 3.	11,4	-0,6	12	32,8

¹date, ²maximum, ³minimum, ⁴drop, ⁵CET

ního stresu. Zajímavé bylo ale zjištění, že i po 79 hodinách setrvání v mrazu (-11°C) bylo 48 % pupenů schopných vyrašit.

Bříza v jarním období již s vysokou SET (57 °C) a s pupeny připravenými rašit snášela bez poškození teplotu -4 °C. Teploty -11 °C samostatně působící nebo v kombinaci s teplotou -4 °C vyvolaly poškození pupenů, u nichž předtím proběhla první fáze rašení. Tento případ by mohl charakterizovat formu nevyrašení v r. 1997. V tomto roce, ale po dosažení prahové hodnoty (SET), neklesla teplota pod -2 °C. Bez projevu poškození zůstala bříza v r. 1990 a 1993 při výskytu vysoké hladiny SET a následných mrazů v délce 16–20 dní (Kula et al., 1998). Pokud připustíme, že pupeny byly poškozené mrazem, zjištěné skutečnosti podporují již vyslovenou hypotézu (Kula, Rybář, 1998), že muselo předcházet fyziologické narušení pupenů v době jejich vývoje nebo v období přechodu do dormance ap.

V r. 1998 byl v krušnohorském regionu zaznamenán pozdní mráz 24. 5. a z vyrašených stromů byl poškozen buk, smrk ztepilý a smrk pichlavý, zatímco bříza, olše a jeřáb zasaženy nebyly. Bříza nejčastěji trpí časnými mrazy, které přicházejí do poloh nad 600 m n. m. před vyžráním letorostů. Zpožděné vyžrávání výhonů nastává po defoliaci způsobené hmyzem, ale rovněž silným napadením rzí *Discula betulina* (Kula et al., 1998). Tyto porosty jsou zpravidla postiženy opakovaně, protože silnější ztráta asimilační plochy stromu nahrazují jánskými výhony v pozdním létě, které jsou citlivé nejen k časným, ale i k zimním mrazům. Jestliže je bříza opakovaně vysoce závislá na asimilační ploše náhradních výhonů, její vitalita se celkově snižuje. Ve všech případech se však jedná o negativní důsledek mrazu jako sekundárního faktoru působícího na primárně oslabenou břízu.

Stupeň defoliace a období jejího vzniku, které může nastat jako forma jarního nebo letního holožiru, poškození polutanty kdykoliv ve vegetačním období, stresem ze sucha ap. je předmětem dalšího studia. V r. 1997 bylo zaznamenáno 14 dní s výrazným poklesem teploty pod bod mrazu v průběhu noci a v r. 1998 10 dní (tab. IV). K nejvýznamnějšímu poklesu došlo 28. 2. 1997 (z 8,1 °C na -4,1 °C) a 26. 3. 1998 (ze 6,5 °C na -3,7 °C). V oblasti, kde v r. 1997 bříza nevyrašila, se vyskytly teplotní rozdíly až 14 °C, ale při nízké SET, zatímco v r. 1998, kdy fenomén nevyrašení nenastal, se podobné rozdíly projeví při výrazně vyšší SET. Z tohoto hlediska nejsou noční poklesy teplot v letech 1997 a 1998 tak závažné, aby ovlivnily zdravotní stav pupenů břízy.

ZÁVĚR

Bříza *B. pendula* s pupeny v aktivní fázi vývoje s 20% a 70% prorůstáním vzrostného vrcholu vystavená teplotě -11 °C dosáhla 65–95% rašení a prokázala svou odolnost. Pupy pod vlivem SET 57 °C a ve fázi otevírajících se pupenových vrcholů (fáze B) snášely i dlouhodobé působení teploty -4 °C. Potvrzuje to odolnost břízy k pozdním mrazům. U pupenů v této fázi prorůstání po expozici v teplotě -11 °C se zastavil další vývoj a nastal úhyn. Podobný charakter měly poškozené pupeny v r. 1997, kdy ovšem po dosažení SET 31 °C vyšší mrazy nepůsobily. Uvedené potvrzuje hypotézu (Kula, Rybář, 1998), že pokud byly pupeny poškozeny v zimním období mrazem, musela být jejich fyziologie narušena pravděpodobně v době, kdy se dokončoval jejich vývoj a vstupovaly do dormance, neboť holožir hmyzu se v r. 1996 nevyskytoval.

Literatura

- KULA, E., 1988. Hledisko ochrany v náhradních porostech břízy. Lesn. Práce, 67: 362–367.
- KULA, E. – RYBÁŘ, V., 1998. Proč odumírá bříza v Krušných horách. Lesn. Práce, 77: 18–19.
- KULA, E. – BEDNÁŘOVÁ, E. – FIŠEROVÁ, H. – HADAŠ, P. – KAWULOK, T. – KLEMŠ, M. – RYBÁŘ, V. – STIEBER, I. – ZABECKA, J., 1998. Aktuální zdravotní stav porostů břízy a jeho změny pod vlivem biotických škodlivých činitelů ve východním Krušnohoří. [Výzkumná zpráva MZe ČR 9902.] Brno, MZLU: 61.
- NĚMEC, B. et al., 1962. Botanická mikrotechnika. Praha, ČSAV: 482.
- PFEFFER, A., 1961. Ochrana lesů. Praha, SZN: 839.
- POLANSKÝ, B., 1931. Druhotné účinky tuhé zimy v roce 1928–29 na lesní dřeviny. Sb. výzk. Úst. zeměd. ČSR, sv. 74, č. 5: 1–98.
- SARVAS, S., 1972. Investigation on the annual cycle of development of forest trees. Active period. Commun. Inst. for. fenn., 76: 1–110.
- SVOBODA, P., 1957. Lesní dřeviny a jejich porosty. Část III. Praha, SZN: 457.
- ŠRÁMEK, V., 1998. Význam meteorologických faktorů při poškození břízy v Krušných horách v r. 1997. Lesn. Práce, 77: 132–134.

Došlo 2. 4. 1999

RESPONSES OF BIRCH BUDS TO FROST

E. Kula

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

Forest tree species are exposed to winter, early and late frosts if the spectrum of climatic factors is taken

into account. The extent of damage depends on tree species resistance, frost intensity, date of frost incidence,

frost duration, difference between maximum and minimum temperature and temperature gradient.

The objective of the paper is to evaluate resistance of birch *Betula pendula* Roth. buds to low temperatures in the period when endogenous dormancy of buds terminated and the stage of vegetative apex growth has started.

Terminal parts of primary branches 0.5 m in length that were taken from the middle parts of crowns of three healthy trees of birch *B. pendula* aged 25 years at Brno locality (245 m above sea level, 2nd March 1998) and at Měděnec locality (Krušné hory Mts., 830 m a.s.l., 15th March and 20th April 1998) were kept in a cool room and placed into a freezing box with temperatures -4°C and -11°C within 24 hours. The branches were not supplied with either water or nutrients during their exposure to low temperatures. The branches were acclimated at $+2^{\circ}\text{C}$ following every exposure step and before their transfer to laboratory conditions. The stage of bud growth was determined in radial sections of 50 buds from each sample (Němec et al., 1962). Bud flush on control branches and on frost-stressed branches took place under laboratory conditions at 20°C for 16 days. A total of 100 buds were evaluated on each branch in accordance with the following scale:

0 – buds with intact scales,

A – bud with intact scales and translucent green color,

B – apical part of bud with green tip,

C – burst bud apex longer than 1 mm,

D – unfolding or unfolded leaves.

Cumulative effective temperatures (CET) were calculated from average daily temperatures above 5°C (Sarvas, 1972) as registered by meteorological stations of the Czech Hydrometeorological Institute at Ústí n. L.-Kočkov, situated at localities with control trees.

It was confirmed by the flushing of birch control samples (90–98%) that buds in the natural environment were not damaged, and the reduced flushing energy reflected a low temperatures stress induced in laboratory conditions.

The acclimation of birch buds from Brno locality with CET 68.3°C resulted in average mortality of 15% after interrupted 15-hour exposure to -11°C (5 and 10 hours) while 72% of buds produced leaves (categories C + D) and the remaining buds were live but did not start flushing. If a frost stress was repeated and the sample did not undergo acclimation, mortality increased to 57% and only 29% of buds produced leaves. Samples exposed to a repeated frost stress and acclimation at $+2^{\circ}\text{C}$ started flushing (59–70%) (category C + D) except one sample with 61% mortality. The identical 50–55% production of leaves was determined in branches exposed to a frost stress of different cumulative duration (26 to 40 hours) for three days. Seventy-one per cent of buds were flushing after regular acclimation interruption of 54-hour frost stress (-11°C). On the other hand, high mortality was observed after 31-hour frost stress (69%). Buds were completely destroyed after a five-day exposure to cold and frost.

Only 8% of buds did not start flushing and 90% of buds produced functional leaves in a control sample taken from a tree at Měděnec locality (15th March). Very low bud mortality (3%) was determined after a frost stress of -11°C (10 hours), and the average flush rate amounted to 86%. A 40-hour frost stress of -11°C caused higher damage to buds and flush rate was limited to 0–41%. There was no relation between the number of stress hours and flush rate. Mortality and the number of flushing buds were at identical proportions after cumulative 79-hour stress of -11°C with six times interrupted acclimation (Table II).

An intact state manifested by leaf unfolding within six days and by the flush of 97% buds was confirmed by checks of Měděnec buds (20th April, CET 57°C). As buds were at an advanced stage of development and a late sampling date was chosen (90% apex growth) when no such large temperature drops below zero occur in the natural environment, variants with a stress at temperatures of -4°C and -11°C and acclimation at 2°C were used.

Buds exposed to a temperature of -4°C only (5–30 hours) with acclimation showed an average flush rate of 88%. The flush rate of buds stressed at a temperature of -11°C for 10 hours was 50%, otherwise they were destroyed similarly like the buds exposed to a combined stress (-4°C and -11°C) (Table III).

High frost tolerance was confirmed in birch by 65% flush rate after a 54-hour exposure to a temperature of -11°C with repeated interruption when branches were acclimated at a temperature of 2°C . Other variants also demonstrated that the birch maintained its flushing capacity at an average rate of 65% except the first three days of stress.

If Šrámek's (1998) opinion is accepted that buds were damaged by frost in 1997, the above findings support a hypothesis (Kula, Rybář, 1998) that physiological impairment of buds must have preceded in this case in the stage of their development or in the period of transition to dormancy, etc. A late frost on 24th May was recorded in the Krušné hory Mts. region in 1998 that damaged beech, Norway spruce, blue spruce trees while birch, alder and European mountain ash trees did not suffer any damage among the flushing trees. Birch-trees are most frequently damaged by early frosts occurring at altitudes above 600 m a.s.l. before maturation of annual shoots. Delayed maturation of shoots can be influenced by insect defoliation as well as by severe infection with the rust *Discula betulina* (Kula et al., 1998). If birch trees are recurrently highly dependent on the assimilating area of substitute shoots, their overall vitality will decrease. In all cases these are negative impacts of frost as a secondary factor influencing birch trees that have suffered primary debilitation. Fourteen days with massive drops in temperature below zero by night were recorded in 1997 while in 1998 it was 10 days (Table IV). Sudden drops were registered on 28th Feb. 1997 (from 8.1°C to -4.1°C) and on 26th March 1998 (from 6.5°C to -3.7°C). In the region where birch-trees

failed to flush in 1997, a temperature gap of 14 °C was recorded at low CET while in 1998, when the failure of flushing was not observed, analogical gaps occurred at expressly higher CET. Hence the night drops in temperature do not appear so serious to influence the health state of birch buds (Table IV).

The bud flush rate 65–95% was determined in the birch *B. pendula* with buds at an active developmental stage with 20% and 70% growth of vegetative apex exposed to a temperature of –11 °C, so the birch demonstrated its frost hardiness. Buds at CET 57 °C and at the stage of unfolding bud tips (phase B) tolerated

a long-term stress of –4 °C. It confirms birch resistance to late frosts. Buds at this stage of growth stopped development after an exposure to –11 °C, and their mortality followed. A similar trend was observed in damaged buds in 1997 when there were no impacts of harder frosts after CET 31 °C was achieved. So a hypothesis (Kula, Rybář, 1998) is confirmed that if the buds were damaged by frost in the winter season, their physiology must have been impaired when they terminated their development and were entering dormancy because no defoliation by insects was recorded in 1996.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Emanuel Kula, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

RECENZE

OBCHODOVÁNÍ S DŘÍVÍM

Jiří Bartuněk, Hana Kelblová

Matice lesnická, s. r. o., Písek, 1999, 168 s.

V době, kdy se tržní vztahy opět prosazují v rozdělování produkce lesního hospodářství i ve veškeré činnosti provozních jednotek, pocítujeme se zvláště silnou naléhavostí potřeby teoretického rozpracování hospodářských zásad tržní ekonomiky a pravidel i námětů na jejich aplikaci v hospodářské praxi.

Oba tyto požadavky splňuje s nevšední úplností nová publikace brněnských vysokoškolských pedagogů prof. Ing. Jiřího Bartuněka, DrSc., a JUDr. Hany Kelblové. Vyváženost publikace o obchodování s dřívím je její velkou předností.

V teoretické části se autoři zabývají výkladem základních pojmů, souvisejících s fungováním trhu a tržních vztahů, se zdůrazněním obou nejvýznamnějších funkcí – funkce nabídky a funkce poptávky. Na vysoké odborné i věcné úrovni jsou zpracovány kapitoly o cenách.

Nejen učitele a studenty vysokých škol, ale i provozní pracovníky bezesporu upoutá kapitola o právních základech obchodování. Toto téma je zpracováno podle současných legislativních podkladů, přičemž nebude obtížná jeho aktualizace v návaznosti na nepřetržitě probíhající změny v dané oblasti. Jednoduchost a srozumitelnost textu není na úkor přesnosti obsahu náročné látky.

Jádrum publikace jsou ovšem především kapitoly o obchodování. Zdůrazňují se tu specifika dříví jako předmětu obchodování včetně nutnosti zvláštních přístupů k tvorbě cen jednotlivých sortimentů. S uspokojením musíme konstatovat, že autoři neopomenuli čtenáře seznámit s mimořádně aktuální a náročnou problematikou certifikace, která může dřevařský obchod v nejbližším období silně ovlivnit.

Významné a autorsky obtížné jsou analytické statí, v nichž se autoři věnují všestrannému rozboru současné situace na tuzemském

i zahraničním dřevařském trhu. Rozbory vcelku logicky vyúsťují do prognózy dalšího vývoje. Prognóza je založena na posouzení produkčních možností lesů a na výhledových předpokladech vývoje poptávky po dřevařských komoditách. Na prognózy dřevařského trhu navazuje formulace názorů autorů publikace na budoucí vývoj cen surového dříví, což je jedna z nejobtížnějších částí lesnického prognózování.

Závěrečná část výkladu je orientována na ekonomické souvislosti obchodování s dřívím. Zejména lesnický odborník, který není profesně přímo zaměřen na ekonomickou problematiku, zde má možnost seznámit se s finanční politikou lesních závodů, s postupy finančního plánování a finanční analýzy. Z hlediska uzavření celého tematického okruhu obchodování s dřívím považují zařazení kapitoly o finančních aspektech obchodování za velmi šťastné.

Praktickou použitelnost publikace zvyšuje celý soubor faktografických, normativních materiálů a vzorů. Autoři je v hojně míře zařadili přímo do textu i do příloh. Při výběru prakticky použitelných informací prokázali dobrý smysl pro potřeby čtenářů z řad studentů i provozních pracovníků.

Čtenářům našeho vědeckého časopisu mohou publikaci o obchodování s dřívím bezvýhradně doporučit. Dobře jim poslouží bez ohledu na tematickou oblast lesnické teorie či praxe, kterou se zabývají.

Závěrem ale nezbyvá než upozornit na jednu svízel, která je s obstaráním publikace spojená. Je totiž dost obtížné najít knihkupec, který ji prodává. Doporučuji proto obrátit se přímo na vydavatele tohoto cenného titulu, a sice na Matici lesnickou, s. r. o., v Písku.

Doc. Ing. Zdeněk Bludovský, DrSc.,

Lesy města Rokycan, s. r. o.

VÝSKUM PREBIEROK V INTENZÍVNÝCH PORASTOCH AGÁTA BIELEHO (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) V PODMIENKACH PODUNAJSKEJ NÍŽINY

RESEARCH ON THINNINGS IN INTENSIVE STANDS OF FALSE ACACIA (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) IN THE CONDITIONS OF PODUNAJSKÁ NÍŽINA

Š. Kohán

Lesnícký výskumný ústav, Výskumná stanica, Čárskeho 3, 040 01 Košice

ABSTRACT: The paper presents results of evaluation of thinnings carried out in a 15-year intensive plantation of false acacia on a series of research plots at Dunajský Klatov; it is situated on medium-heavy or light noninundated alluvia of the Malý Dunaj river and typologically is included in the forest type group *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*, a spacing of 2.5 x 1.0 m was used for its establishment. Heavy thinning was carried out on subplot I, moderate thinning on subplot II, and subplot III was a control. Results of evaluation indicate that thinnings had positive effects on the height and diameter growth of this tree species. Total volume production, as well as current and average volume increment were highest on a subplot with moderate thinning while they were almost balanced on a subplot with heavy thinning and on control plot. Taking into account rationalization of thinning measures, it is reasonable to establish false acacia plantations at wider spacings, 3.0 x 2.0 and/or 2.5 x 2.0 m. Our results are considered as preliminary due to the relatively young age of this plantation; further investigations will make it possible to acquire new data specifying the results.

false acacia; intensive plantations; thinnings; growth and volume production; Podunajská nížina

ABSTRAKT: V práci sa uvádzajú výsledky hodnotenia prebierok v 15-ročnej intenzívnej kultúre agáta bieleho na sérii výskumných plôch Dunajský Klatov, na stredne ťažkých až ťažších nezaplavovaných alúviách Malého Dunaja, ktorá typologicky patrí do skupiny lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* a bola založená v sponke 2,5 x 1,0 m. Na čiastkovej ploche I sa vykonal silný, na čiastkovej ploche II mierny prebierkový zásah, kým čiastková plocha III bola kontrolná. Z rozboru hodnotenia vyplýva, že prebierky priaznivo vplývali tak na výškový, ako aj na hrúbkový rast tejto dreviny. Celková objemová produkcia ako aj bežný a priemerný objemový prírastok boli najväčšie na čiastkovej ploche s miernym zásahom, kým na čiastkovej ploche so silným zásahom a na kontrolnej ploche boli takmer vyrovnané. S ohľadom na racionalizáciu prebierok je odôvodnené zakladať intenzívne agátové kultúry v širších sponoch, a to 3,0 x 2,0, resp. 2,5 x 2,0 m. So zreteľom na pomerne mladý vek hodnotenej kultúry naše výsledky považujeme za predbežné, ktoré ďalším sledovaním bude potrebné doplniť a upresniť.

agát biely; intenzívne kultúry; prebierkové zásahy; rast a objemová produkcia; Podunajská nížina

ÚVOD

Agát biely bol prvou cudzokrajnou drevinou, ktorú v roku 1601 doviezli zo severnej Ameriky do Európy, konkrétne do Francúzska. Od tej doby sa rozšíril nielen v Európe, ale aj v mnohých krajinách sveta. Skúsenosti totiž ukázali, že okrem rýchleho rastu a vysokej produkcie dreva je vhodný aj na zalesnenie viatych pieskov ako aj spustnutých a devastovaných plôch.

Problematika zakladania a výchovy agátových porastov sa už dávnejšie rieši vo viacerých európskych

krajinách, najmä v SRN, vo Francúzsku, Bulharsku, Rumunsku, Českej republike a inde. V SNR sa už dávnejšie využíva na zalesnenie devastovaných pozemkov po ťažbe rúd a hnedého uhlia, ktorých výmera dosahuje 6 000 ha. Vo Francúzsku sa pestuje najmä na získanie hrubých, cenných sortimentov. V Bulharsku sa agátové porasty zakladajú prevažne v hustejších sponoch pri skrátenej 15–20-ročnej rubnej dobe a pri výchove sa v nich aplikujú dva silné prebierkové zásahy, kým v Rumunsku pri aplikácii širších začiatkových sponov sa uskutočňujú mierne kombinované prebierky. V Mol-

davsku, v južnej časti Ukrajiny a v severnom Kaukaze je v súčasnosti najrozšírenejšou drevinou (Fleischmann, 1934; Blümke, 1950; Schröck, 1953; Kantor, 1975; Vyskot et al., 1978; Keresztesi et al., 1984a, a iní).

Otázka pestovania agátových porastov sa veľká pozornosť venuje už dávnejšie najmä v Maďarsku, kde celková výmera agátových porastov je najväčšia v Európe a dosahuje 280 000 ha, čiže nie menej ako 18,27 % lesnej plochy. Pri riešení problematiky pestovania agáta bieleho pozoruhodné výsledky dosiahli aj v minulosti tak pracovníci lesníckej praxe, ako aj pracovníci lesníckej vedy a lesníckeho výskumu. Vo svojich prácach autori podrobne rozoberajú okrem šľachtenia a ochrany aj otázky obnovy, zakladania a výchovy agátových porastov, a to nielen v hospodárskych, ale aj v účelových výsadbách. Pri tradičnom spôsobe pestovania aplikujú hustejšie spony napr. 2,0 x 1,0 m, kým pri intenzívnom pestovaní širšie spony v rozpätí od 2,5 x 2,0 m do 3,0 x 2,0 m. V tradične pestovaných agátových porastoch sa vykonávajú prevažne selektívne prebierky, kým v intenzívnych kultúrach najmä schematické zásahy. V súčasnosti majú k dispozícii 10 uznaných a 11 perspektívnych klonov agáta bieleho, ktoré majú nielen produkčný, ale aj veľký celospoločenský význam. Na základe dlhoročných skúseností získaných v ekologických podmienkach nížinných lesov Maďarska na zdravotný stav agátových porastov negatívne vplyva najmä poškodenie neskorými mrazmi. Okrem produkcie dreva sa mnohé klony vyznačujú aj vysokou produkciou medu a sú aj esteticky veľmi pôsobivé (Róth, 1955; Tusó, 1956; Fekete, 1960; Keresztesi et al., 1965; Kapusi, 1981; Halupa, 1981, a iní).

Prvé správy o dovezení agáta na Slovensko sa datujú z roku 1750, kedy bol vysadený okolo vojenskej pevnosti v Komárne. Na začiatku sa pestoval najmä ako parkový strom a neskôr, keď sa zistili jeho priaznivé vlastnosti, sa používal na zakladanie rozsiahlejších porastov. V 19. storočí sa potom pristúpilo k pestovaniu agáta vo väčšom rozsahu – najmä na viazanie viatych pieskov, výmoľov a strží. Otázky šľachtenia, zakladania a výchovy agáta sa riešili aj vo výskume (Cífra et al., 1988; Kohán, 1986, 1993, a iní).

Z uvedeného vyplýva, že výskum zakladania a výchovy, najmä vykonania prebierkových zásahov a ich vplyvu na rast a objemovú produkciu intenzívnych agátových kultúr, je dôležitým predpokladom úspešného pestovania agáta aj u nás. Cieľom príspevku je objasniť tieto otázky v podmienkach Podunajskej nížiny.

MATERIÁL A METODIKA

Problematica sa riešila na sérii výskumných plôch Dunajský Klatov v oblasti Podunajskej nížiny. Uvedená séria výskumných plôch sa založila na celoplošne mechanicky pripravenej pôde v sponě 2,5 x 1,0 m s počtom stromov 4 000 kusov na 1 ha a s rastovou plochou

2,5 m² na 1 strom. Na založenie kultúry sa použili jednorôčné sadenice agáta bieleho miestnej proveniencie klonu Klatov. Na sérii výskumných plôch sa v prvých troch rokoch pestovala kukurica, kým v ďalších troch rokoch – čiže do zapojenia kultúry – sa vykonala celoplošná mechanická kultivácia pôdy. Okrem toho sa uskutočnila aj úprava korún vybraných jedincov. Prirodzeným úbytkom a vykonaním prečistky sa počet jedincov do konca šiesteho roku redukoval na 2 400 stromov na 1 ha, teda cca o 40 %. Prebierkový zásah sa uskutočnil na konci ôsmeho roku, kým posledné meranie a zároveň aj hodnotenie výsledkov výskumu sa vykonalo v 15. roku.

Túto sériu výskumných plôch tvoria tri čiastkové plochy, ktoré sa označili číslami I, II a III. Jednotlivé čiastkové plochy majú výmeru 0,10 ha a sú od seba oddelené 10 m širokým izolačným pásom. Na čiastkových plochách sa prebierky robili podľa týchto zásad:

Na čiastkovej ploche I sa vykonal silný zásah s charakterom pozitívneho výberu tak, aby koruny stromov boli voľné. Pri zásahu sa vybralo 44 % z počtu jedincov. Počet stromov sa takto znížil na 1 350 na 1 ha, začiatkový spon 2,5 x 1,0 m sa zväčšil na 2,5 x 2,8 m, kým rastová plocha, ktorá pôvodne predstavovala 2,5 m² na jeden strom, sa rozšírila na 7,05 m².

Na čiastkovej ploche II sa aplikoval mierny zásah s charakterom negatívneho výberu tak, aby sa zápoj trvale neprerušil. Pri tomto zásahu sa vyťažilo 25 % z počtu jedincov. Počet stromov sa znížil na 1 790 na 1 ha, pôvodný spon sa zväčšil na 2,5 x 2,2 m, kým rastová plocha sa rozšírila na 5,58 m² na 1 strom.

Čiastková plocha III bola kontrolná, na ktorej sa úmyselný prebierkový zásah neuskutočnil. Z nej sa odstránili iba odumierajúce a vyschnuté jedince. Takto sa počet jedincov znížil na 2 230 na 1 ha, spon sa zväčšil na 2,5 x 1,8 m, kým rastová plocha sa rozšírila na 4,48 m² na 1 strom.

Biometrické meranie stromov sa uskutočnilo na všetkých jedincoch. Výšky sa merali s presnosťou na 0,5 m, hrúbky na 0,5 cm, a to po ukončení vegetačného obdobia. Spracovaním materiálu sa zisťovali predovšetkým hlavné taxačné veličiny, ďalej zásoba, objem prebierok, celková objemová produkcia ako aj bežné a priemerné prírastky. Objem hrubiny sme vypočítali podľa objemových tabuliek Halaja (1963).

Pre charakteristiku klimatických pomerov sa uvádza priemerná teplota vzduchu, úhrn zrážok, počet letných dní, dĺžka slnečného svitu, snehová pokrývka a ročný výpar z pôdy. Teplota vzduchu a úhrn zrážok sa uvádza jednak v ročnom priemere, jednak vo vegetačnom období. Pre charakteristiku a hodnotenie pôdných pomerov sa zisťoval pôdny predstaviteľ, druh pôdy a reakcia pôdy. Uvedené údaje sa získali v rámci pôdneho prieskumu ako aj na základe výsledkov laboratórneho rozboru mechanických a chemických vlastností pôdy. Pre typologickú charakteristiku sa zisťoval hospodársky súbor lesných typov, skupina lesných typov aj lesný typ. Charakteristika a hodnotenie ekologických pomerov umožní posúdiť ďalšie možnosti na úspešné pestovanie

agáta bieleho v podmienkach Podunajskej nížiny, resp. ostatných nížinných oblastí na Slovensku.

EKOLOGICKÉ POMERY V OBLASTI VÝSKUMNÉHO OBJEKTU

Hodnotená séria výskumných plôch Dunajský Klátov leží na nezaplavovaných alúviach Malého Dunaja v okrese Dunajská Streda na Podunajskej nížine. Na základe klimatických pomerov môžeme túto oblasť charakterizovať ako teplú, suchú, s miernou zimou a dlhým slnečným žiarením. Priemerná ročná teplota vzduchu, ktorá sa zistila na meteorologickej stanici v Gabčíkove, dosahuje 9,5 °C, vo vegetačnom období 16,4 °C. Najteplejším mesiacom je júl, kedy teplota vzduchu je 20,2 °C, najchladnejším je január s priemernou teplotou vzduchu -2,3 °C. Priemerný počet letných dní, kedy maximálna denná teplota je nad 25 °C, dosahuje 71,2 dní, kým priemerný počet dní so snehovou pokrývkou je 35-40. Dĺžka slnečného svitu trvá ročne priemerne 2 118 hodín, kým vo vegetačnom období predstavuje 1 545 hodín.

Priemerný počet ročných zrážok dosahuje 579 mm, z čoho na vegetačné obdobie pripadá 320 mm. Letné zrážky sú však často búrkového pôvodu, kedy ich vegetácia len málo využíva. Ročný výpar z pôdy činí 550-600 mm. Výpar je najintenzívnejší v mesiacoch máj až august, kedy môže dosiahnuť až 450 mm, kým atmosférické zrážky v tom istom období sa pohybujú iba okolo 250 mm. Negatívne následky výparu z pôdy na vývoj mladých agátových kultúr možno zmierniť najmä celoplošným ošetrovaním pôdy v rámci intenzívneho spôsobu pestovania. Na základe uvedeného stručného hodnotenia klimatických pomerov môžeme konštatovať, že v oblasti série výskumných plôch sú vhodné podmienky na pestovanie agáta bieleho.

Pôdnym predstaviteľom je tu hnedastá vápnitá paternia. Zrntostne je pôda stredne ťažká hlinitá, v hlbších vrstvách ľahká piesočnatá, stredne humózná, a takto vykazuje pomerne priaznivé fyzikálne vlastnosti. So zreteľom na požiadavky agáta bieleho na živiny môžeme konštatovať, že sa pôda vyznačuje dostatočným obsahom prístupných živín, najmä pokiaľ sa týka CaO, P₂O₅ a K₂O. Reakcia pôdy je slabó alkalická. Hladina podzemnej vody sa vo vegetačnom období pohybuje v hĺbke 2,5-3,0 m.

Typologicky bola táto séria výskumných plôch zaradená do hospodárskeho súboru lesných typov hrabových lužných jaseňín (tvrdých luhov). Tento hospodársky súbor lesných typov tu reprezentuje skupina lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* (UFrc). Lesným typom je suchá brestová jaseňina s hrabom (č. 954).

Tieto stanovištia sa prevažne vyznačujú stredne ťažkou hlinitou, v hlbších vrstvách ľahšou piesočnatou pôdou a vykazujú slabó alkalickú reakciu. Keďže sú pri tom stredne humózne a sú primerane zásobované potrebnými živinami, môžeme ich charakterizovať ako vhodné na pestovanie agáta bieleho. Význam týchto stanovišť

je v súčasnosti najmä v tom, že sa ich rozloha – v dôsledku vykonania rozsiahlych vodo hospodárskych zásahov a rozličných technických opatrení a nie v poslednom rade aj vybudovaním a prevádzkovaním vodného diela Gabčíkovo – podstatne rozšírila. Úspešné pestovanie rýchlorastúcich mäkkých listnatých drevín, najmä šľachtených topoľov na takýchto relatívne suchších stanovištiach nie je ani biologicky, ani ekonomicky odôvodnené. Súčasne treba zdôrazniť, že na úspešné pestovanie agáta bieleho pozitívne vplyva v týchto podmienkach aplikácia intenzívnych pestovných technológií.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prehľad o rastových údajoch a objemovej produkcii agáta bieleho na hodnotenej sérii výskumných plôch uvádzame v príslušných tabuľkách. Pri hodnotení dôležitejších veličín nájdeme v týchto tabuľkách okrem absolútnych hodnôt aj percentuálne porovnanie údajov jednotlivých čiastkových plôch. Pri porovnávaní sa za 100 % pokladá vždy príslušná hodnota na kontrolnej ploche (III). Hodnotenie údajov sa uskutočňuje ku koncu 15. roka.

Prehľad o strednej výške a strednej hrúbke, o bežnom a priemernom výškovom a hrúbkovom prírastku ako aj o kruhovej základni a o prírastkoch na nej podáva tab. I. Z nej vyplýva, že tak silný, ako aj mierny prebiekový zásah mali v daných podmienkach pozitívny vplyv na výškový rast agáta bieleho. Na čiastkovej ploche I je totiž stredná výška 14,8 m, čo je o 8,8 % väčšia než na kontrolnej ploche III. Na čiastkovej ploche II dosahuje agát biely strednú výšku 14,4 m; táto je o 5,9 % väčšia než na kontrolnej ploche, kde stredná výška predstavuje iba 13,6 m. Z porovnania strednej výšky zároveň vidieť, že samotná intenzita zásahov nemala podstatný vplyv na výškový rast agáta bieleho, keďže rozdiel medzi čiastkovými plochami I a II dosahuje v danom veku iba 0,4 m. Podobné výsledky ako pri hodnotení strednej výšky sme dostali aj z hodnotenia bežného a priemerného ročného výškového prírastku. Z výsledkov výskumu je ďalej evidentné, že bežný výškový prírastok je na každej čiastkovej výskumnej ploche menší než prírastok priemerný. Táto skutočnosť svedčí o kulminácii výškového rastu v relatívne mladšom veku.

Podstatne výraznejšie sa prejavoval vplyv prebiekových zásahov na hrúbkový rast agáta bieleho. Hodnotenie hrúbkového rastu totiž jednoznačne ukazuje, že zväčšenie strednej hrúbky ako aj bežného a priemerného hrúbkového prírastku zodpovedá do určitej miery intenzite zásahu. Stredná hrúbka se najviac zväčšovala na čiastkovej ploche I, kde dosiahla 13,3 cm, čo v porovnaní s kontrolnou plochou znamená zväčšenie o 2,2 cm, resp. o 19,8 %. Na čiastkovej ploche II bola stredná hrúbka 12,4 cm, teda v porovnaní s kontrolnou plochou to znamená zväčšenie o 1,3 cm, resp. o 11,7 %. Táto skutočnosť dokazuje, že agát biely je náročný na slnečnú insoláciu, čo sa v konkrétnych podmienkach najlep-

I. Prehľad rastových údajov agáta bieleho vo veku 15 rokov – Data on the growth of false acacia at the age of 15 years

Čiastková plocha ¹	I	II	III
Počet stromov ² (ks.ha ⁻¹)	1 350	1 790	2 230
Spon ³ (m)	2,5 x 2,8	2,5 x 2,2	2,5 x 1,8
Rastová plocha na 1 strom ⁴ (m ²)	7,04	5,58	4,48
Stredná výška ⁵ (m)	14,8	14,4	13,6
(%)	108,8	105,9	100,0
Bežný výškový prírastok ⁶ (m)	0,8	0,7	0,6
Priemerný výškový prírastok ⁷ (m)	1,0	1,0	0,9
Stredná hrúbka ⁸ (cm)	13,3	12,4	11,1
(%)	119,8	111,7	100,0
Bežný hrúbkový prírastok ⁹ (cm)	0,8	0,7	0,5
Priemerný hrúbkový prírastok ¹⁰ (cm)	0,9	0,8	0,7
Kruhovú základňu ¹¹ (m ² .ha ⁻¹)	18,850	19,580	19,170
(%)	98,30	102,10	100,00
Bežný prírastok na kruhovej základni ¹² (m ² .ha ⁻¹)	1,394	1,661	1,491
Priemerný prírastok na kruhovej základni ¹³ (m ² .ha ⁻¹)	1,257	1,305	1,278
Kruhovú základňu stredného kmeňa ¹⁴ (m ²)	0,014	0,011	0,009

¹subplot, ²tree number, ³spacing, ⁴growth area per 1 tree, ⁵mean height, ⁶current height increment, ⁷average height increment, ⁸mean diameter, ⁹current diameter increment, ¹⁰average diameter increment, ¹¹basal area, ¹²basal area current increment, ¹³basal area average increment, ¹⁴mean stem basal area

II. Prehľad objemovej produkcie agáta bieleho vo veku 15 rokov – Volume production of false acacia at the age of 15 years

Čiastková plocha ¹	I	II	III
Počet stromov ² (ks.ha ⁻¹)	1 350	1 790	2 230
Spon ³ (m)	2,5 x 2,8	2,5 x 2,2	2,5 x 1,8
Rastová plocha na 1 strom ⁴ (m ²)	7,04	5,58	4,48
Zásoba ⁵ (m ³ .ha ⁻¹)	129,0	149,5	146,1
(%)	88,3	102,3	100,0
Objem prebierok ⁶ (m ³ .ha ⁻¹)	14,2	5,9	–
Celková objemová produkcia ⁷ (m ³ .ha ⁻¹)	143,2	155,4	146,1
(%)	98,0	106,2	100,0
Bežný objemový prírastok ⁸ (m ³ .ha ⁻¹)	13,6	15,7	14,5
(%)	97,6	105,9	100,0
Celkový priemerný objemový prírastok ⁹ (m ³ .ha ⁻¹)	9,5	10,4	9,7
(%)	97,9	107,2	100,0
Objem stredného kmeňa ¹⁰ (m ³)	0,096	0,083	0,065
(%)	147,7	127,7	100,0

For 1–4 see Table I, ⁵standing volume, ⁶volume of thinnings, ⁷total volume production, ⁸current volume increment, ⁹total average volume increment, ¹⁰mean stem volume

šie zabezpečiť prebierkovými zásahmi. V podstate podobné rozdiely sme zistili aj medzi hodnotami bežného a priemerného hrúbkového prírastku na čiastkových plochách. Bežný ročný hrúbkový prírastok bol v každom prípade menší ako prírastok priemerný.

Kruhovú základňu na 1 hektár bola najmenšia na čiastkovej ploche I, kde predstavuje 98,3 % kruhovej základne na kontrolnej ploche, čo je spôsobené predovšetkým nízkym počtom jedincov (1 350 ks na 1 ha). So zreteľom na vyšší počet jedincov na čiastkovej ploche II (1 790 ks na 1 ha) bola aj kruhovú základňa

vyššia než na čiastkovej ploche I a dosiahla 102,1 % kruhovej základne kontrolnej plochy. Bežný a priemerný prírastok boli tiež najväčšie na čiastkovej ploche II. Z hodnotenia je zjavné, že bežný prírastok na kruhovej základni bol na všetkých čiastkových plochách väčší než prírastok priemerný, čo svedčí o tom, že kulminácia priemerného prírastku na kruhovej základni doteraz nenastala. Napriek tomu pri hrúbkovom prírastku je tomu naopak, keďže kulminácia priemerného hrúbkového prírastku už nastala. Tento protiklad dokazuje, že pre hodnotenie rastového efektu stromov nemá hrúbkový

prírastok dostatočnú overovaciu schopnosť a dôležitý je prírastok na kruhovej základni. Naproti tomu kruhová základňa stredného kmeňa bola najväčšia na čiastkovej ploche I, kým najmenšia na kontrolnej ploche.

Prehľad o zásobe, objeme prebierok, celkovej objemovej produkcii, objemových prírastkoch ako aj o objeme stredného kmeňa podáva tab. II. Z tabuľky vyplýva, že najvyššiu zásobu v danom veku vykazuje čiastková plocha II, a to 149,5 m³ na 1 ha, kým najmenšiu čiastková plocha I, kde dosahuje 129,0 m³ na 1 ha. Na kontrolnej ploche sa zistila zásoba 146,1 m³ na 1 ha, teda len nepatrne menšia než na čiastkovej ploche II. V porovnaní s kontrolnou plochou zásoba na čiastkovej ploche I predstavuje 88,3 %, kým na čiastkovej ploche II dosahuje 102,3 %. Iné výsledky dostaneme z porovnania a hodnotenia celkovej objemovej produkcie, avšak medzi čiastkovými plochami I a II nie sú v tomto ohľade veľké rozdiely. Na čiastkovej ploche I dosahuje totiž celková objemová produkcia 143,2 m³ na 1 ha, kým na čiastkovej ploche II 155,4 m³ na 1 ha, pritom na kontrolnej ploche je to 146,1 m³ na 1 ha. Ak hodnotu celkovej objemovej produkcie pokladáme na kontrolnej ploche za 100 %, potom na čiastkovej ploche I to bude 98,0 %, kým na čiastkovej ploche II 106,2 %. Relatívne nižšia celková objemová produkcia na kontrolnej ploche sa zistila aj napriek vyššiemu počtu jedincov preto, lebo stromy na tejto ploche mali podstatne menšie hrúbky ako na čiastkových plochách, kde sa uskutočnili prebierkové zásahy. Podobné výsledky sme dostali aj z hodnotenia bežného a priemerného ročného objemového prírastku. Hodnota bežného objemového prírastku sa pohybuje v rozpätí od 13,6 m³ (na čiastkovej ploche I) do 15,7 m³ (na čiastkovej ploche II) na 1 ha, čo v percentuálnom vyjadrení znamená 97,6 %, resp. 105,9 % zo 100% hodnoty na kontrolnej ploche, kde sa dosiahlo 14,5 m³ na 1 ha. Priemerný ročný objemový prírastok však bol podstatne menší a predstavoval hodnotu v rozpätí od 9,5 m³ (na čiastkovej ploche I) do 10,4 m³ (na čiastkovej ploche II) a na kontrolnej ploche bol 9,7 m³.

Podobne ako stredná hrúbka aj objem stredného kmeňa bol najväčší na čiastkovej ploche I, a to v porovnaní s kontrolnou plochou o 47,7 %, kým na čiastkovej ploche II o 27,7 %.

Na základe porovnania dosiahnutých výsledkov pri výchove intenzívnej kultúry agáta bieleho v zahraničí – najmä v Maďarsku – a u nás vyplýva, že naše výsledky sú v tomto smere pozoruhodné. Pri aplikácii mierneho prebierkového zásahu dosiahli v Maďarsku na podobných stanovištiach zásob 148,5 m³ na 1 ha (Keresztes i et al., 1984b), kým na našej hodnotenej čiastkovej ploche bola zásoba 149,5 m³ na 1 ha, teda v podstate rovnaká. S ohľadom na lepšie klimatické podmienky v Maďarsku môžeme naše výsledky pokladať za veľmi priaznivé.

ZÁVER

V práci sa hodnotí rast a objemová produkcia 15-ročnej intenzívnej kultúry agáta bieleho v závislosti na pre-

bierkových zásahoch, ktorá leží na nezaplavovaných alúviách Malého Dunaja v skupine lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* a bola založená v spone 2,5 x 1,0 m.

Z hodnotenia výskumov vyplýva, že prebierkové zásahy so silou 25 %, resp. 44 % pozitívne vplývali tak na výškový, ako aj na hrúbkový rast agáta bieleho. S ohľadom na výškový a hrúbkový rast sa najlepšie hodnoty dosiahli na čiastkovej ploche so silným zásahom (I), najslabšie na kontrolnej ploche (III). Celková objemová produkcia ako aj bežný a priemerný objemový prírastok boli najväčšie na čiastkovej ploche s miernym zásahom (II), kým na čiastkovej ploche so silným zásahom a na kontrolnej ploche boli takmer vyrovnané.

Z ekonomických dôvodov navrhujeme pri zakladaní intenzívnych agátových kultúr aplikovať širší počiatkový spon, a to 2,5 x 2,0 m, resp. 3 x 2 m, čo by umožnilo racionalizovať prebierkové zásahy. S ohľadom na pomerne mladý vek hodnotenej agátovej kultúry a kratšie obdobie výskumu naše výsledky považujeme za predbežné, ktoré ďalším sledovaním bude potrebné doplniť a upresniť.

Literatúra

- BLÜMKE, S., 1950. Die Robinie in Deutschland. Forst u. Holzwirt, 5: 31–32.
- CIFRA, J. et al., 1988. Možnosti pestovania a využitia agáta na Slovensku. Zvolen, VÚLH: 66.
- FEKETE, Z., 1960. Az akácok újrafelvetelének eredményei. Erdészeti Kutatások, 56: 3–44.
- FLEISCHMANN, R., 1934. Beiträge zur Robinienzüchtung. Züchtung, 4: 65–72.
- HALAJ, J., 1963. Tabuľka na určovanie hmoty a prírastku porastov. Bratislava, SVPL: 327.
- HALUPA, L., 1981. Erdőnevelési modellek. In: Alföldi akácartermesztési rendszér. Budapest-Szolnok, OEF: 67–72.
- KAPUSI, L., 1981. Akácok sarjzatátása. Az Erdő, 30: 549–552.
- KANTOR, J., 1975. Zakládání lesů a šlechtění lesních dřevin. Praha, SZN: 526.
- KERESZTESI, B. et al., 1965. Akácartermesztés Magyarországon. Budapest, Akadémiai Kiadó: 665.
- KERESZTESI, B. et al., 1984a. Az akác. Budapest, Akadémiai Kiadó: 161.
- KERESZTESI, B. et al., 1984b. Az akác termesztése és hasznosítása. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó: 170.
- KOHÁN, S., 1986. Význam agáta pri zakladaní porastov. Včelár, 60: 124.
- KOHÁN, S., 1993. Obhospodarovanie intenzívnych porastov mäkkých listnatých drevín a agáta. [Výskumná správa.] Zvolen, LVÚ: 52.
- RÓTH, G., 1955. Az akácfa helye a magyar erdőgazdaságban. Az Erdő, 4: 48–52.
- SCHRÖCK, O., 1953. Beitrag zur Züchtung der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.). Züchter, 22: 66–72.
- TUSKÓ, F., 1956. Adatok az akácművelés elvi kérdéseiről. In: Erdőmérnöki Főiskola Közleményei, Sopron, EF: 21–52.
- VYSKOT, M. et al., 1978. Pěstění lesů. Praha, SZN: 448.

RESEARCH ON THINNINGS IN INTENSIVE STANDS OF FALSE ACACIA (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) IN THE CONDITIONS OF PODUNAJSKÁ NÍŽINA

Š. Kohán

Forest Research Institute, Research Station, Čárskeho 3, 040 01 Košice

Height and diameter growth, and volume production are evaluated in a 15-year intensive plantation of false acacia in relation to thinnings carried out on a series of research plots at Dunajský Klatov. The research plot is situated on noninundated alluvia of the Malý Dunaj river in the lowland Podunajská nížina. Typologically it is included in the forest type group *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. The soil type is brown calcareous soil, with the texture of medium-heavy loamy soil or light sandy soil, showing a weak alkaline reaction. The groundwater level in the growing season is at about 2.5–3.0 m below the surface.

Our research was focused on an evaluation of height and diameter growth, and of volume production of false acacia on three research subplots I, II and III. Plantations on these plots were established at a spacing of 2.5 x 1.0 m on soil after its full-area preparation. After subplot establishment, corn was grown on these plots for three years while full-area cultivation of soil was carried out in the next three years. The initial number of plants amounting to 4,000 plants per 1 ha was reduced to 2,400 individuals per 1 ha as a result of natural mortality and cleanings. Thinnings were carried out at the end of the eighth year under this scheme: heavy thinning with positive selection on subplot I, 44% of the trees were removed; moderate thinning with negative selection on subplot II, 25% of the trees were removed; subplot III was a control plot without any intentional thinning measures, only dying-back and withered trees were removed.

Data on the growth and volume production of false acacia on the research subplots are shown in tables. Besides their absolute values, important mensurational variables were expressed as percentages, and data for the separate research subplots were also processed. When the percentage values are shown, the values from control plot (III) are taken as 100%. Data acquired by measurements at the end of the 15th year were processed for the purposes of this evaluation.

Table I shows data on mean height, mean diameter, basal area per 1 ha, and current and average increments of height, diameter and basal area. Data processing indicates that thinnings had positive effects on the height and diameter growth of false acacia under the given

conditions. Mean height on subplot I was larger by 8.8% than on control plot (III) while on subplot II it was larger by 5.9% in comparison with the same plot. Evaluation of current and average height increments yielded similar results to those of the mean height. Current height increment was lower on each subplot than average height increment. Evaluation of diameter growth clearly indicates that mean diameter increment as well as current and average diameter increments were proportional to the intensity of thinning. Mean diameter increment was highest on subplot I in comparison with control plot, by 19.8%. Mean diameter increment on subplot II increased by 11.7% against control plot (III). Similar differences were determined between the values of current and average diameter increments. Similarly like mean diameter, the basal area of mean stem was largest on subplot I while it was smallest on control plot.

Table II shows data on standing volume, volume of thinnings, total volume production, volume increments, and mean stem volume. Tabular data document that the highest standing volume, maximum total volume production, and the highest current and average volume increments were recorded on subplot II. Standing volume on subplot II increased by 2.3% against the control while total volume production increased by 6.2%. Taking into account total volume production, there were not any substantial differences between subplot I and control plot when the total volume production on subplot I was lower by 2% only than on control plot (III). Similar results were obtained by evaluation of current and average volume increments. Mean stem volume was highest on subplot I, it was higher by 47.7% than on control plot.

Research evaluation also indicated that intensive plantations of false acacia should be established at wider spacings, 2.5 x 2.0 m to 3.0 x 2.0 m, from biological and economic aspects; it would reduce afforestation costs and rationalization of thinning measures would be feasible. It is to state in conclusion that the results of these evaluations are to be taken as preliminary due the relatively young age of research plots; it will be necessary to make further investigations to complement and specify all the data.

Kontaktná adresa:

Ing. Štefan Kohán, CSc., Lesnícký výskumný ústav, Výskumná stanica, Čárskeho 3, 040 01 Košice, Slovenská republika

DISKUSE

JE MOŽNÉ RACIONALIZOVAT UMĚLOU OBNOVU LESNÍCH POROSTŮ A ZALESŇOVÁNÍ ÚPRAVOU HUSTOTY KULTUR?

CAN ARTIFICIAL REGENERATION OF FOREST STANDS AND AFFORESTATION BE RATIONALIZED BY ADJUSTMENT OF STAND DENSITY?

J. Šindelář

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

ABSTRACT: A reduction in the number of plants used for artificial regeneration of forest stands and afforestation is one of the possible ways of rationalization in the process of forest stand establishment. It is a procedure that may be efficient in terms of cost savings. It implies savings in planting stock cost, and further savings due to a smaller extent of operations including planting, treatment and protection of stands. Present regulations effective in the Czech Republic are reviewed, information on spacing experiments is summarized, and European general trends of plant numbers set out per unit area are described. It is concluded that rationalization measures consisting in a reduction of plant number set out per unit area in the CR are not currently feasible. The measures are limited by high losses in plantations (caused by the game) and by a high level of failures of stand establishment at present.

forest stands; density adjustment at stand establishment; ways of rationalization

ABSTRAKT: Snížení počtu sazenic při umělé obnově lesních porostů a zalesňování se považuje za jednu z možných cest racionalizace při zakládání lesních porostů. Jde o postup, který může být co do úspor nákladů efektivní. Je spojen jednak s úsporou na zalesňovacím materiálu, jednak dochází k dalším úsporám vyplývajícím z menšího rozsahu prací na vlastní výsadbu a následné ošetřování a ochranu kultur. V článku se zaujímá stanovisko k současným ustanovením v České republice, text shrnuje informace o sponových pokusech a naznačuje obecné evropské tendence v počtech sazenic vysazovaných na jednotku plochy. V závěru je konstatuje, že v současnosti je racionalizační opatření případnou redukcí počtu sazenic vysazovaných na jednotku plochy v ČR nerealizovatelné. Možnosti omezují mj. vysoké ztráty na kulturách, zejména škody působené zvěří a vysoký podíl nezdarů kultur.

lesní kultury; úprava hustoty při zakládání; možnosti racionalizace

ÚVOD A CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU

Snížení počtu sazenic při umělé obnově lesních porostů a zalesňování je považováno za jednu z významných možných cest racionalizace (Hofmann et al., 1992; Johann, 1994; Otto, 1985, aj.). Jde o postup, který může být úsporou nákladů velmi efektivní. Je spojen jednak s úsporami na zalesňovacím materiálu (sazenicích), což může být položka nákladově velmi významná. Navíc při výsadbách menšího počtu sazenic na jednotku plochy dochází k dalším úsporám, vyplý-

vajícím z menšího rozsahu prací na vlastní výsadbu a následné ošetřování a ochranu kultur. Přitom může být zakládání kultur v širších sponech zvláště u některých dřevin významné tím, že se vytvářejí předpoklady pro žádoucí rozvoj korun a kořenových systémů, pro vytváření vhodného habitu stromů, což může být významným opatřením zvláště u smrku ztepilého, ale i u některých dalších dřevin. Může přispívat k zabezpečení žádoucí stability lesních ekosystémů – zejména proti škodlivým abiotickým vlivům ve stadiu mlazin, tyčkovin i v dalších stádiích vývoje. S těmito skutečnostmi může být

spojena i problematika časového postupu a frekvence prvních výchovných zásahů v porostech, které jsou nákladné a nejsou vyváženy příjmy za vytěženou dřevní surovinu buď vůbec, nebo jen zčásti. Tedy i z důvodů výchovy porostů může být zakládání s nižší hustotou výhodné z hlediska nákladového, a lze je proto považovat za jednu z cest racionalizace v lesním hospodářství.

Je ovšem nutné uvážit, že úpravy hustoty základních lesních porostů je možné realizovat jen do té míry, aby nebyly ohroženy základní produkční i mimoprodukční funkce lesního hospodářství. Je třeba zakládat porosty v takové hustotě, která by ještě zajišťovala zapojení porostů v době z hlediska dalšího vývoje porostů žádoucí a umožnila v dalších fázích vývoje vhodná selekční opatření, která by zabezpečovala žádoucí druhovou skladbu, prostorovou výstavbu a zejména vhodný vývoj porostů z hlediska objemové a hodnotové produkce.

Z těchto hledisek je možné posuzovat současnou situaci v České republice a je třeba uvážit, zda současný stav může připustit některá opatření racionalizačního charakteru.

STANOVISKO K SOUČASNÝM USTANOVENÍM VE SMYSLU VYHLÁŠKY Č. 82/1996 SB. MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ ČR

Pro realizaci umělé obnovy lesních porostů a zalesňování platí jako současné opatření vyhláška č. 82 Ministerstva zemědělství ČR ze dne 19. dubna 1996 o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin. Minimální hektarové počty prostokořenného sadebního materiálu v tisících kusů jsou uvedeny v příloze č. 8 této vyhlášky.

Údaje ve vyhlášce jsou až na výjimky pro hlavní dřeviny totožné s minimálními počty semenáčků a sazenic, které byly uvedeny v dřívější vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 248/1993 Sb. o zakládání a obnově lesních porostů. V nové vyhlášce jsou minimální hektarové počty prostokořenných sazenic diferencovány podle toho, zda jde o hlavní dřevinu či dřevinu přimíšenou. Pro přimíšené dřeviny jsou ještě uváděny počty sazenic pro poloodrostky. Navíc se v poznámce uvádí, že při použití krytokořenného materiálu lze uvedené minimální počty sazenic snížit o 20 %.

Diferenciace minimálních hektarových počtů sazenic podle toho, zda se jedná o dřevinu hlavní či přimíšenou, může být předmětem diskusí. Zřejmě se vychází z předpokladu, že hlavní dřevina v porostu má být základním nositelem objemové a hodnotové produkce, a proto se počítá s výsadbou většího počtu sazenic na jednotku plochy tak, aby byly dány předpoklady pro vzrůst a vývoj jedinců v dostatečné kvalitě a podmínky pro nutnou selekci. Je však třeba zdůraznit, že některé přimíšené dřeviny, které zastoupením mohou představovat pouze menší část stromů ve smíšeném porostu, mohou být z hlediska hodnotové produkce velmi významné, někdy

dokonce významnější než ostatní základní porostní složky. Může jít např. o smíšené porosty buku a dubu nebo buku a cenných listnáčů, kde přimíšený dub a ostatní listnáče mohou představovat s ohledem na produkci cenných sortimentů velmi významnou část hodnotové produkce. Podobný případ může nastat např. v bukových porostech s příměsí modřínu. U jehličnatých dřevin nejsou ve vyhlášce č. 82/1996 Sb. mezi minimálními počty sazenic pro dřevinu hlavní a přimíšenou výrazné rozdíly. Značné difference jsou však u listnáčů – v průměru asi 50 %. Tyto skutečnosti vyžadují analýzu a případné úpravy zejména proto, že pojem dřeviny hlavní a dřeviny přimíšené není ve vyhlášce, resp. v její příloze konkrétně definován. Podobné difference se vyskytují i v některých rámcových údajích v zahraničí, zejména ve Spolkové republice Německo (K o c h , 1992). U snížených počtů sazenic na hektar proti základní dřevině je však většinou uvedeno, že se v tomto případě má jednat nikoli o dřevinu přimíšenou, ale o dřevinu, která má tvořit vedlejší nebo podružný porost. Event. úprava vyhlášky v tomto smyslu, tedy že snížené počty sazenic na jednotku plochy platí nikoli pro dřeviny přimíšené, ale pro dřeviny, které mají tvořit vedlejší nebo podružný porost, by proto byla možná a žádoucí.

Předmětem diskuse může být i ustanovení, že při použití krytokořenného sadebního materiálu lze minimální hektarové počty sazenic snížit o 20 %. Krytokořenné sazenice mohou být různého typu a nemusí vždy zajišťovat lepší ujmavost a lepší růst v počátečních fázích vývoje než kvalitní prostokořenné sazenice. Tendence snížit počty krytokořenných sazenic je pochopitelná a vedle předpokládaného většího úspěchu při výsadbě je významným impulsem pro omezení počtu i relativně vysoká cena sazenic a tendence úspor. Zkušenosti však naznačují, že ujmavost a růst krytokořenných sazenic v počátečních fázích vývoje nemusí být vždy ve srovnání s prostokořennými sazenicemi úspěšnější – mj. často z toho důvodu, že výsadba krytokořenných sazenic se dost často uskutečňuje pozdě na jaře a ve vegetační době. Navíc manipulace a zejména uskladnění krytokořenných sazenic před výsadbou bývá někdy riskantní a může být spojeno s menším či větším snížením životaschopnosti sazenic. Významným požadavkem a kritériem pro volbu počtu sazenic vysazovaných na jednotku plochy je i minimální hustota kultury po zapojení. Má zabezpečovat žádoucí produkci – především kvalitní u druhů dřevin, které inklinují k rozpínivosti a košatění, mají-li k dispozici dostatek prostoru (borovice). Podobné projevy v růstu a vývoji mohou vznikat i u dřevin listnatých se sympodiálním větvením (např. duby).

Snížení počtu sazenic dubu, kde je pro kyselá stanoviště předepisováno 8 000 kusů na hektar, u krytokořenných o dalších 20 %, tj. na 6 400 kusů na ha, je tak výrazné, že by mohlo ohrozit základy pro vznik a pozitivní vývoj kvalitních porostů. Totéž může platit i pro borovici lesní. Méně citelně se může na základě zkušeností projevit snížení o 20 % u buku, kde byla prokázána možnost založení kvalitních porostů i při počtu 5 000 kusů sazenic vysazovaných na hektar ze předpokladu 90–100 %

ujímavosti a dokonalé ochrany před buřením a zejména před zvěří oplocením.

S ohledem na uvedené skutečnosti je žádoucí ustanovení o snížení počtu krytokořenných sazenic o 20 % ve srovnání se základní normou znovu uvážit a event. upravit, a to se zvláštním zřetelem k borovici a dubům. Výsledné počty kolem 6 000 kusů krytokořenných sazenic na hektar by nemusely zabezpečit žádoucí vznik a vývoj kvalitních porostů.

Zcela nové je ustanovení o výsadbách poloodrostků pro přimíšené dřeviny. S možností výsadby poloodrostků, které nejsou ve vyhlášce definovány, se uvažuje u jehličnanů pro jedli bělokorou, jedli obrovskou a douglasku tisolistou, u listnáčů pro všechny druhy dřevin včetně dubů. Počet odrostků se pohybuje v mezích 1 000–2 000 na hektar, což představuje rozstup, uvažovali se čtvercový spon, 3,16 x 3,16 m až 2,24 x 2,24 m.

HISTORICKÝ VÝVOJ A SPONOVÉ POKUSY

Počet sazenic vysazovaných na jednotku plochy se v posledních desetiletích postupně zmenšoval. Jsou známé vysoké počty sazenic, které se obvykle vysazovaly v Německu, zejména v oblasti Severoněmecké nížiny – až 20 tisíc sazenic borovice lesní na hektar, někdy dokonce i více. Volil se zpravidla řadový spon 1,4 x 0,3 až 0,5 m a štěrbinová sadba jednoletých borových semenáčků do předem připravených naoráných brázd. Rovněž počty sazenic u ostatních dřevin byly ve srovnání se současným stavem většinou vysoké zejména u dubů, kde obvyklý počet dosahoval 15 až 20 tisíc také většinou jednoletých semenáčků na hektar zalesňované plochy.

I v podmínkách ČR byly zvláště ve vzdálenější minulosti obvyklé relativně vysoké počty sazenic při obnově lesních porostů a zalesňování. V době před první světovou válkou a dokonce i v poválečném období se někdy používaly i pro smrk velmi husté spony, často až 1 x 1 m, tj. výsadba 10 tisíc sazenic na hektar. Pro borovici byly obvyklé spony 10 až 15 tisíc sazenic na hektar. Osvědčily se rozstupy 1,4 x 0,7 až 1,0 x 0,7 m.

Ve smrkových porostech zakládáných v hustých sponech bylo nutné poměrně časně – v tyčkovinách kolem 20 let – realizovat výchovné zásahy. Možnosti těchto prací byly tehdy v mnohých oblastech reálné s ohledem na dostatek až přebytek pracovních sil (zejména v zimním období) z oblasti zemědělství a některých řemesel a velmi nízké mzdy doplňované často materiálními požitky, jako byla klest po těžbě a někdy i zadání pařezů k těžbě. Ze slabých dimenzí zejména ve smrkových porostech se vyráběly sortimenty, někdy i polotovary až výrobky v lese, které měly v zemědělství a částečně ve stavebnictví i v řemeslné výrobě dobrý obbyt. Šlo zejména o tyče, přířezy (rýgle) k plotům, tyčky-plotovky, někdy i kůly k ovocným stromům a tzv. mostnice nebo stropnice pro zpevňování cest na vlhkých až bažinatých místech nebo pro krytí stropů v zemědělských objektech.

Problematika počtu sazenic vysazovaných na hektar a sponů, tj. způsobu výsadby sazenic, byla v minulosti

předmětem pozornosti i v lesnickém výzkumu. Tuto skutečnost dokumentují četné tzv. sponové pokusy, které byly zakládány nejen v zahraničí, zejména v Německu, Polsku i jinde, ale i na území České republiky (např. Mrázek, 1980; Páv, 1985, aj.). Výzkumné plochy byly zakládány prakticky pro všechny hospodářsky významné druhy dřevin, zejména smrk, borovice, douglasku, z listnáčů pro duby a buk. Výsledky výzkumu na těchto plochách, kde byly zkoumány různé varianty počtů sazenic na jednotku plochy a různé spony počínaje čtvercovým nebo trojúhelníkovým po různé varianty sponů řadových, nebyly většinou jednoznačné. Na plochách se většinou sledoval výškový a tloušťkový růst, období, kdy docházelo k zapojování kultur, zkoumala se tloušťka větví, v pozdějších fázích ve smrkových a borových porostech i stabilita, zejména s ohledem na možné škody sněhovými tlaky, námrazou aj.

Je pochopitelné, že výsledky nemohly být zcela jednoznačné, a to ani v reakci jedné dřeviny s ohledem na různorodé poměry stanovištní, především půdní a klimatické, ale i cíle hospodaření, které mohou být v určitých mezích variabilní. Většinou se zjistilo, že logicky v hustěji založených kulturách dochází k dřívějšímu zapojení porostu. Objemová produkce v hustě založených porostech ve srovnání s porosty s nižším počtem jedinců na jednotku plochy je poněkud vyšší, výchovné zásahy v hustých porostech jsou však nutné poměrně brzy, a má-li být zabezpečena dostatečná stabilita porostu, je nutné je poměrně v krátkých intervalech opakovat. Při výchovných zásazích napadají vesměs slabé sortimenty, které lze v současnosti obtížně uplatňovat na dřevařském trhu, zvláště tehdy, jde-li o dřeviny listnaté, i když zájem o vlákninu a ceny tohoto sortimentu se zvyšují. Výchovné zásahy jsou proto v hustých porostech nákladnější a někdy – se zřetelem na ceny vytěženého dříví – ztrátové. V porostech založených v řidších sponech dochází k tvorbě silnějších větví, k pozdnímu zapojení porostů a k větší sukatosti kmenů. Tím se vytvářejí předpoklady pro vznik méně hodnotné kulatiny a v případě, že má být dosaženo tvorby hladkých, do značné míry „bezsuchých“ sortimentů, bývá nutné umělé vyvívání. Tyto skutečnosti platí zejména pro porosty douglasky tisolisté, jsou-li zakládány v řídkých sponech, ale i pro smrk ztepilý a ve specifických případech, např. na půdách výrazně ovlivňovaných podzemní vodou, i pro borovici lesní. Výsledky výzkumu na tzv. sponových plochách však prokázaly, že použití extrémně hustých sponů pro borovici lesní a listnaté dřeviny (zejména duby a buk) není nezbytné pro vypěstování kvalitativně hodnotných porostů a že pro dosažení tohoto cíle lze vystačit i s relativně menšími počty sazenic na jednotku plochy.

OBECNÉ EVROPSKÉ TENDENCE V POČTECH SAZENIC

Naznačené výsledky výzkumu výrazně přispěly k tomu, že se obecně v lesním hospodářství střední, západ-

I. Porovnání počtu sazenic vysazovaných na 1 ha podle dřevin v České republice a některých zemích Spolkové republiky Německo (v tisících ks) – Comparison of the number of plants set out per 1 ha with respect to tree species in the Czech Republic and in some lands of the Federal Republic of Germany (in thousand plants)

Dřevina ¹	Česká republika ²	SRN – východní země ³	Bavorsko ⁴	Hesensko ⁵	Dolní Sasko ⁶
Smrk ⁷	3–4	2–4,5	2–4	1,7–2,2	1,8–3
Borovice ⁸	8–9	10,2–12,5	10–12	10	10–12
Douglaska ⁹	3	4	2,5–3	1,7	1,6–3
Jedle ¹⁰	5	5	2,5		
Modřín ¹¹	3	3	1,1–2,5	1,7 + 2,5	bk 2–2,5
Buk ¹²	8–9	10–15	8–10	10	7–10 + příměs
Duby ¹³	8–10	12–15	8–10	6 + příměs	7–9 + příměs
Cenné listnáče ¹⁴	6	6,7	3–6	4	3–7
Olše ¹⁵	4	3–4,5	4–6	3,3	3–4

¹tree species, ²Czech Republic, ³FRG – Eastern lands, ⁴Bavaria, ⁵Hesse, ⁶Lower Saxony, ⁷spruce, ⁸pine, ⁹Douglas fir, ¹⁰fir, ¹¹larch, ¹²beech, ¹³oaks, ¹⁴valuable broadleaved trees, ¹⁵alder

ní, ale i severní Evropy v současnosti pracuje (ve srovnání s minulostí) při výsadbách lesních dřevin s výrazně menšími počty sazenic na jednotku plochy. Významným impulsem pro tento postup je mj. snaha racionalizovat práci i při umělé obnově lesních porostů.

Současné zásady zakládání lesních porostů sadbou, tak jak jsou vyjádřeny ve vyhlášce č. 82/1996 Sb. Ministerstva zemědělství ČR, resp. v příloze č. 8 této vyhlášky, jsou do značné míry výsledkem racionalizačních úvah, vyplývajících mj. i z výsledků uvedených sponových pokusů a praktických zkušeností. Jako orientační pomůcka pro posouzení ustanovení vyhlášky – a to i z hlediska racionalizace prací v umělé obnově lesních porostů a zalesňování – může sloužit tab. I, kde jsou údaje vyhlášky konfrontovány se zvyklostmi nebo zásadami, které se uplatňují v některých zemích Spolkové republiky Německo (Koch, 1992). Konfrontaci lze považovat za korektní s ohledem na to, že přírodní poměry (zejména klimatické) jsou v těchto zemích do značné míry srovnatelné s podmínkami v ČR. Stejně tak i základní cíle hospodaření, do značné míry v současnosti orientované zejména na produkci silnějších, hospodářsky hodnotných (cenných) sortimentů, lze považovat za analogické.

Pokud jde o východní spolkové země, jsou údaje obházené ve směrnících *Doporučení pro ekologicky orientované pěstování lesů v zemích Meklenbursko, Přední Pomořansko, Braniborsko, Sasko-Anhaltsko, Durynsko a Sasko* (1986). V Bavorsku se postupuje podle zásad vyhlášených Bavorským státním ministerstvem pro výživu, zemědělství a lesy *Počty sazenic v provozních výsadbách* (1987). V Hesensku platí *Zásady pro pěstování lesů v hesenských státních lesích* (1989), v Dolním Sasku pak *Počty sazenic při umělé zakládání lesních porostů v dolnosaských zemských lesích* (1984) – Koch (1992).

Z tabulky je patrné, že počty sazenic, které se mají vysazovat na jednotku plochy, jsou ve zmíněných německých spolkových zemích poměrně málo variabilní až na výjimky, které představuje např. podstatně nižší počet sazenic pro smrk ztepilý v Hesensku. Nízké počty

se uvažují v některých spolkových zemích (Hesensko, Dolní Sasko) i pro duby, počítá se však s tím, že se navíc na plochu bude vysazovat příměs pomocných dřevin, jako je buk, lípa nebo habr.

Porovnáme-li zásady platné v České republice s postupy aplikovanými v uvedených spolkových zemích Německa, je úroveň počtu vysazovaných sazenic v průměru výrazněji odlišná jen v některých případech. Počty sazenic platné pro ČR pro smrk ztepilý jsou srovnatelné se zásadami platnými v Bavorsku a ve východních spolkových zemích, zatímco v ostatních zemích je počet vysazovaných sazenic na jednotku plochy v průměru ještě nižší.

Pro další tři hospodářsky významné dřeviny, jako je borovice lesní, buk a duby, jsou počty sazenic vysazovaných na jednotku plochy v ČR vesměs výrazně menší, než se uvažuje ve spolkových zemích. Rozdíly jsou výrazné zejména u borovice lesní. V některých zemích SRN se relativně nižší počet sazenic vysazovaných na jednotku plochy u buku a dubů kompenzuje další výsadbou pomocných dřevin, zejména zápojních.

Počty sazenic jedle, tj. 5 000 kusů na hektar, platné pro ČR, jsou shodné s množstvím doporučeným pro jedli v Bavorsku, tj. v podmínkách, které jsou do značné míry srovnatelné s poměry v ČR. Podobně je tomu i pro modřín, zatímco v ostatních spolkových zemích se doporučuje pro tuto dřevinu výsadba menšího počtu sazenic než 3 000 kusů na hektar.

Početní úroveň sazenic pro tzv. cenné listnáče, olši a douglasku tisolistou jsou srovnatelné se zásadami platnými v uvedených spolkových zemích.

Na základě orientačního porovnání lze celkově konstatovat, že úroveň počtů sazenic vysazovaných na jednotku plochy se v celkové koncepci řádově přibližuje doporučením, která jsou platná pro některé země SRN, srovnatelné ekologickými a hospodářskými poměry s podmínkami ČR. U některých hospodářsky významných dřevin, jako je borovice, buk a duby, jsou směrné normy platné v ČR spíše o něco nižší, než je tomu v porovnávaných spolkových zemích.

Lze předpokládat, že počty sazenic pro výsadbu, stanovené pro ČR vyhláškou č. 82/1996 Sb., zajišťují hos-

podáří cíl zakládat takové lesní kultury, které mohou být základem pro vypěstování produktivních, kvalitních, stabilních, hospodářsky hodnotných porostů. Počty stanovené pro borovici, duby a buk je nutné považovat za vysloveně dolní hranici, kterou by nebylo vhodné snižovat se zřetelem na dosažení žádoucích hospodářských cílů, a to ani používáním sazenic v obalech. Obecným předpokladem pro vhodnost a použitelnost stanovených počtů sazenic pro výsadby na jednotku plochy je ovšem přiměřená jakost sazenic, minimální ztráty na kulturách po výsadbě a dostatečné ošetřování a ochrana, která by zabránila nejen ztrátám, ale i výraznému snižování životaschopnosti, případně jakosti sazenic (okus).

POLOODROSTKY

Vyhláška č. 82/1996 Sb. v příloze č. 8 stanoví minimální hektarové počty prostokořenného sadebního materiálu i pro přimíšené dřeviny vysazované ve formě poloodrostků. Uvažuje se o možnosti pěstovat a využívat poloodrostky pro všechny listnaté dřeviny, pro jehličnany pak pro jedlí bělokorou, jedlí obrovskou a douglasku tisolistou. Ve vyhlášce není pojem poloodrostků definován. V Lesnickém naučném slovníku II (1995) definuje Lokvenec poloodrostek jako sazenici, výjimečně semenáček o výšce nadzemní části 50–120 cm. Toto kritérium (jsou formulována i některá další kritéria) může být předmětem diskusí. Výšky 50 cm i větší dosahují často sazenice listnatých dřevin ve věku dvou let (i neškolkované). Nově vydaná česká technická norma ČSN 48 2115 (1998 – *Sadební materiál lesních dřevin*) definuje poloodrostky jako rostliny, vypěstované zpravidla dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů nebo přesazením do obalu, případně kombinací těchto opatření, s nadzemní částí o výšce od 51 cm do 120 cm, případně i s tvarovanou korunou. Odrostky jsou pak charakterizovány takto: Rostliny vypěstované minimálně dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů nebo přesazováním do obalů, případně kombinací těchto opatření, s nadzemní částí o výšce od 121 cm do 250 cm s tvarovanou korunou.

Koncepce poloodrostků je v současnosti v ČR do značné míry ovlivněna podmíněna nedostatkem vhodného sadebního materiálu hlavně pro buk a potřebou racionalizovat ochranu před škodami zvěří. V praxi se navrhuje často jednotlivá příměs buku, případně i některých dalších listnáčů (javory, jasany aj.) s tím, že v rámci výchovy se budou tyto dřeviny podporovat natolik, aby v mýtním věku bylo docíleno žádoucího, relativně značného podílu těchto dřevin v druhové skladbě lesních porostů. Počítá se s individuální ochranou sazenic proti škodám zvěří. Předmětem diskuse může být používání odrostků pro duby s ohledem na to, že ani výsadba poloodrostků ve sponu přibližně 2 x 2 m nemusí zabezpečovat žádoucí průběžný výškový růst sazenic a jemné ovětvění. Tento postup lze považovat za reálný a vhodný spíše v těch případech, kdy je možné počítat se dřevinami zápojnými na ploše, které se dostavily buď

přirozeně, či náletem, nebo byly buď v předstihu, nebo současně vysázeny na plochu. Totéž může platit i pro případy, kdy se mají ve sponu asi 3 x 3 m vysazovat sazenice jedlí a douglasky ve formě poloodrostků. Pokud jde o douglasku tisolistou, je podle zkušeností nutné řídké až velmi řídké spony při výsadbě vždy spojit s následným umělým vyvětvováním.

Při důsledné realizaci a soustavné péstební péči může vhodné používání poloodrostků postupy, které jsou naznačeny ve vyhlášce, vést k pozitivním výsledkům. Pokud by se měly poloodrostky vysazovat formou jednotlivě příměsí, zvláště pokud jde o dub, buk, ale i další dřeviny, může existovat zvýšené riziko možných ztrát v důsledku působení náhodných vlivů, konkurencí jedinců základní dřeviny nebo proměškáním výchovy, ke kterému může během desetiletí dojít. Navíc není dána (pokud jde o jednotlivě přimíšenou dřevinu, byť ve formě poloodrostků) jakákoli možnost pěstební selekce pro případ, že jedinci nebudou po růstové, zdravotní a jakostní stránce vyhovovat. Zpevňující funkce relativně malého počtu jedinců jednotlivě přimíšených nebo vtroušených listnáčů je nejistá zvláště v mladším a středním věku. Jako varianta řešení přichází v úvahu možnost sdružovat vyspělé sazenice, poloodrostky, na ploše do hloučků, např. ve třech až pěti kusech v přiměřených rozstupech podle toho, v jakém podílu má být dřevina v druhové skladbě porostu zastoupena. Tato varianta může usnadnit přehled při péči o kultury a odrůstající porosty, vytváří předpoklady pro určitou selekci. Může usnadnit výchovu v porostech, která je při jednotlivých směsích velmi náročná z hlediska přehlednosti a techniky provedení.

PRAKTICKÉ KONSEKVENCE VYPLÝVAJÍCÍ Z ANALÝZY

Minimální hektarové počty prostokořenného sadebního materiálu vysazovaného na jednotku plochy, stanovené vyhláškou č. 82/1996 Sb. Ministerstva zemědělství ČR o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin, odpovídají pro hlavní dřeviny celkovou koncepcí řádově počtům, doporučeným a užívaným v některých ostatních středoevropských zemích, ekologicky a hospodářsky srovnatelných s podmínkami ČR. U některých druhů dřevin, jako je borovice lesní, duby a buk, představují počty, stanovené ve vyhlášce jako minimální, patrně dolní ještě přijatelnou hranici, která může zabezpečovat žádoucí cíle hospodaření, tedy objemovou, kvalitativní a hodnotovou produkci lesních porostů a jejich stabilitu.

S ohledem na tyto skutečnosti jsou možnosti racionalizace zalesňovaných prací případným dalším snižováním počtu sazenic vysazovaných na jednotku plochy omezené a v současnosti prakticky nereálné. Možnosti omezují mj. i vysoké ztráty na kulturách, zejména škody působené zvěří a celkově dnes již sotva únosný podíl nezdarů kultur, který se podle dostupné statistiky v minulých letech blížil 40 %.

Diskusí jsou sniženy minimální počty prostokořenného sadebního materiálu pro přimíšené dřeviny. Některé dřeviny, rostoucí jako příměs v lesních porostech, mohou mít značný hospodářský význam, zejména hodnotovou produkci, a je proto žádoucí založením porostu vytvářet vhodné předpoklady pro jejich pozitivní vývoj. Doporučuje se proto ustanovení přílohy č. 8 k vyhlášce přezkoumat a označení „přimíšená“ dřevina upravit na dřevinu „pomocnou“, která má v porostním systému tvořit vedlejší nebo podružnou složku.

Doporučuje se uvážit a event. upravit ustanovení o možném snížení minimálního počtu sazenic vysazovaných na jednotku plochy v případě, že se bude pro výsadbu využívat krytokořenných sazenic. Použití krytokořenných sazenic samo o sobě nemusí vždy představovat vyšší ujmavost a lepší vzrůst vysazených sazenic. Navíc snížení limitního počtu o 20 % u takových druhů dřevin, jako je borovice lesní a duby, do určité míry i buk, může ohrozit předpoklady pro vznik kvalitních, hospodářsky hodnotných porostů.

Minimální počty sazenic stanovené pro poloodrostky lze považovat za přiměřené a případné snižování počtů se z racionalizačních důvodů nepovažuje za vhodné. Pro listnaté dřeviny se doporučuje výsadba v hloučcích nebo malých skupinách, přiměřeně rozmístěných po ploše porostu. O důvodech pro tento postup jsme se zmínili (možnosti pěstební selekce, vhodnější podmínky pro vývoj, zejména kvalitativní, snazší evidence, jednodušší výchova).

- HOFFMANN, J. – HENKEL, W. – CHMARA, I., 1992. Enge oder weite Pflanzenverbände? Allg. Forstz., 45: 829–894.
- JOHANN, K., 1994. Ja zu mehr Holz bei den Kulturen. Aber welche Pflanzenverbände? Österr. Forstz., 103: 6–9.
- KOCH, H., 1992. Pflanzenzahlen und Pflanzenverbände am Beispiel von Kiefer, Eiche und Buche. Allg. Forstz., 45: 245–247.
- MRÁČEK, Z., 1980. Kvalitní vývoj juvenilních smrčín pocházejících z kultur založených v různé hustotě. Práce VÚLHM Jíloviště-Strnady, 57: 25–53.
- OTTO, H. J., 1985. Pflanzenzahlen bei der künstlichen Bestandesbegründung. Forst- u. Holzwirt, 40: 51–64.
- PÁV, B., 1985. Optimální spon – nejdůležitější výchovné opatření. Zpr. lesn. výzk., 4: 17–19.
- Česká technická norma ČSN 48 2116, 1998. Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut: 17.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 248/1993 Sb. o zakládání a obnovování lesních porostů. Sbírka zákonů 2, částka 62: 1295–1297.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 82/1996 Sb. o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a o evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin. Praha, Agrospoj, 12: 30–44.

Došlo 20. 5. 1998

Kontaktní adresa:

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

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

Text

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

Tables

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

Figures

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

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

POKYNY PRO AUTORY

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

Úprava textu

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

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytné 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. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

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

Obrázky

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

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

CONTENTS

Pretzsch H.: From yield tables to simulation models for pure and mixed stands	97
Urban J.: Bionomy and polymorphism of galls of the beech leaf gall midge (<i>Mikiola fagi</i> Htg.) (Diptera, Cecidomyiidae)	114
Kula E.: Responses of birch buds to frost	127
Kohán Š.: Research on thinnings in intensive stands of false acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) in the conditions of Podunajská nížina	133
DISCUSSION	
Šindelář J.: Can artificial regeneration of forest stands and afforestation be rationalized by adjustment of stand density?	139

OBSAH

Pretzsch H.: Od rastových tabuliek k simulačným modelom rovnorodých a zmiešaných porastov	97
Urban J.: K bionomii a polymorfizmu hálek bejlomorky bukové (<i>Mikiola fagi</i> Htg.) (Diptera, Cecidomyiidae)	114
Kula E.: Reakce pupenů břízy na mraz	127
Kohán Š.: Výskum prebierok v intenzívnych porastoch agáta bieleho (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) v podmienkach Podunajskej nížiny	133
DISKUSE	
Šindelář J.: Je možné racionalizovat umělou obnovu lesních porostů a zalesňování úpravou hustoty kultur?	139