

ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

9

VOLUME 43 (LXX)
PRAHA
ZÁŘÍ 1997
CS ISSN 0370-663X

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

Doc. Ing. Josef Šimon, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Členové – Members

Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)

Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Lubomír Miňx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)

Doc. Ing. Jan Moudrý, CSc. (Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, ČR)

Prof. RNDr. Lubomír Nátr, DrSc. (Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Praha, ČR)

Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)

Ing. Jaromír Procházk, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)

Prof. Ing. Stanislav Pfocházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Doc. Ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)

Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)

Doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)

Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)

Prof. Ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Doc. Ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawislak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výkumu a studie z oborů rostlinná výroba, půdoznalství, meliorace a z navazujících disciplín.

Časopis je citován v bibliografickém časopise Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences. Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 43 vychází v roce 1997.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1997 je 672 Kč.

Aims and scope: The journal publishes scientific papers, results of research and studies of the branches plant production, pedology, amelioration and related disciplines.

The journal is cited in the bibliographical journal Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences. Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agricola, Agris, CAB Abstracts, Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 43 appearing in 1997.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: fofo@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1997 is 170 USD (Europe), 177 USD (overseas).

A SIMPLE PRESSURE INFILTRMETER FOR DETERMINATION OF SOIL HYDRAULIC PROPERTIES BY *IN SITU* INFILTRATION MEASUREMENTS

JEDNODUCHÝ TLAKOVÝ INFILTRMETR PRO STANOVENÍ HYDRAULICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮDY POMOCÍ POLNÍCH INFILTRAČNÍCH MĚŘENÍ

S. Matula, H. Kozáková

Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: The design and application of a simple pressure infiltrometer is presented. The infiltrometer consists of a Mariotte bottle, mounted on the top of a single iron infiltration ring of 0.15 m inner diameter, driven to a short distance (0.08 m) into the soil. A wide range of steady water pressures (H) can be applied to the soil surface inside the infiltration ring using a moveable air tube within the Mariotte bottle. The only principle employed is mechanical-hydraulic one. The infiltrometer is fully portable and can be operated by one technician. The maximum infiltration rate which can be supplied is equal to a saturated hydraulic conductivity (K) of $77 \text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$. The apparatus was tested on a typic Hapludoll with multiple measurements taken on each of four plots. Core samples from the area around the infiltration rings were taken for constant head permeameter laboratory tests, and the results were compared with those from the infiltrometer. The theories of Philip (1957) and Elrick, Reynolds (1992) were used for the calculation of sorptivity (S_m) and hydraulic conductivity (K). The results showed that the infiltrometer is a good simple tool for measuring field infiltration. The measured values of the saturated hydraulic conductivity (K) showed less variation compared to K values determined on soil cores taken from the same spot.

pressure infiltrometer; Mariotte bottle; soil hydraulic properties; sorptivity; saturated hydraulic conductivity; infiltration experiments

ABSTRAKT: Je popsána konstrukce a aplikace jednoduchého tlakového infiltrometru. Infiltrometr sestává z Mariottovy láhve, která je umístěna na ocelovém infiltračním válci o vnitřním průměru 0,15 m, zaraženém na krátkou vzdálenost (0,08 m) do půdy. Konstantní tlaková výška (H), která může být aplikována na povrch půdy v infiltračním válci, je měnitelná v širokém rozsahu pomocí posuvně zavzdušňovací trubice Mariottovy láhve. Princip aplikovaný u infiltrometru je pouze mechanicko-hydraulický. Infiltrometr je plně přenosný, pro jeho obsluhu postačuje jedna osoba. Maximální infiltrační množství, které je infiltrometr schopen dodávat, odpovídá nasycené hydraulické vodivosti (K) rovné $77 \text{ m}\cdot\text{den}^{-1}$. Přístroj byl testován na karbonátové černozemi na spraši při opakovaných měřeních, provedených na čtyřech testovaných ploškách. Z nejbližšího okolí infiltračních válců byly odebrány Kopeckého válečky pro laboratorní stanovení nasycené hydraulické vodivosti na propustoměru s konstantním spádem a výsledky byly srovnány s hodnotami získanými z měření v infiltrometru. Rovnice (Philip, 1957; Elrick, Reynolds, 1992) byly užity pro výpočet sorptivity (S_m) a hydraulické vodivosti (K). Výsledky ukazují, že popsaný infiltrometr je dobrým jednoduchým přístrojem pro polní infiltrační testy. Měřené hodnoty nasycené hydraulické vodivosti (K) vykazují menší rozkolísanost při opakovaných měřeních než klasické laboratorní testy na Kopeckého válečkách z téhož místa.

tlakový infiltrometr; Mariottova láhev; hydraulické vlastnosti půdy; sorptivita; nasycená hydraulická vodivost; infiltrační experiment

INTRODUCTION

The hydraulic properties which control flow into an unsaturated soil profile are commonly determined by infiltration experiments. They are important for solving

many agricultural, hydrological and environmental problems related to movement of water through the vadose (unsaturated) zone. Kutilek, Nielsen (1994) grouped the procedures for estimating soil hydraulic properties into three classes:

1. Steady or quasi-steady flow experiments, described by Darcy-Buckingham equations, performed with properly selected boundary conditions.
2. Unsteady water flow experiments performed under restrictive conditions selected to allow the application of analytical, semianalytical or approximate conditions.
3. Unsteady water flow experiments performed without restrictive conditions that are analysed by parameter estimation procedures.

Restrictive unsteady water flow infiltration tests performed with a small positive pressure head at the soil surface are relatively simple to execute and monitor in the field. The transient and steady infiltration of water into unsaturated soil can be used to quantify some of the most important soil hydraulic properties such as field saturated hydraulic conductivity and sorptivity. These properties are measured in the field using permeameters and/or infiltrometers.

In general, three types of device are used for field infiltration tests (Elrick, Reynolds, 1992):

1. Guelph permeameter or constant-head well permeameter (Reynolds et al., 1985)
2. Pressure infiltrometer (Reynolds, Elrick, 1990)
3. Tension infiltrometer (Perroux, White, 1988; Ankeny et al., 1988; Reynolds, Elrick, 1991)

Most infiltrometers are based on the Mariotte bottle principle, which is simple and reliable. It is used to

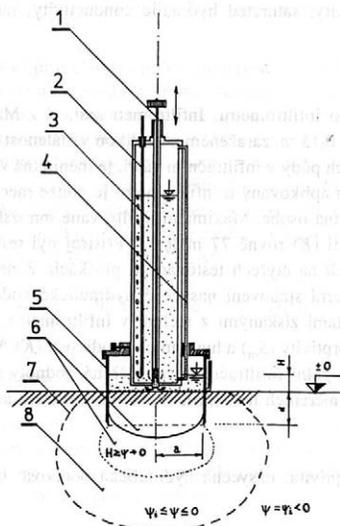
maintain automatically a constant water depth in the infiltrometers (positive pressure head). It is simply a stoppered bottle used as a water reservoir. Two tubes are inserted through the stopper, one for siphoning the water to the infiltrometer and the other for letting air into the bottle. The bottom of the air tube is set at the level at which the water surface in the infiltrometer is to be maintained. The pressure inside the bottle at the level of the end of the bubble air tube is at atmospheric value, this maintains the water surface in the infiltrometer at the same height as the end of the air tube. The constant-head well permeameter (Guelph permeameter) consists of a Mariotte bottle that is lowered into a borehole augered into the soil. The bottle supplies water to a steady depth in the borehole. The pressure infiltrometer is based on a Mariotte bottle and infiltrometer ring pressed into the soil. The bottle provides a wide range of steady positive water pressures to the soil surface within the infiltrometer ring. The pressures are determined by a moveable air tube in the Mariotte bottle. The tension infiltrometer consists of a double Mariotte bottle connected either to a porous disk or membrane inside an infiltrometer ring driven into the soil (Reynolds, Elrick, 1991).

The infiltrometer described in this article is based on a pressure infiltrometer (Matula, Kozáková, 1995), which employs a Mariotte bottle mounted on the top of a single iron infiltrometer ring of 0.15 m inner diameter (see diagram in Fig. 1). The ring is driven to a short distance (0.08 m) into the soil. A wide range of steady water pressures (H) can be applied to the soil surface inside the iron ring by raising and lowering the moveable air tube within the bottle. Pondered infiltration creates a „bulb“ of field-saturated soil. The term „field-saturated“ means that a certain amount of air in the soil pores is trapped or encapsulated during the infiltration process (Constantz et al., 1988; Elrick, Reynolds, 1992). The water potential (ϕ) in a bulb varies between zero and H . The field-saturated bulb is surrounded by an unsaturated wetting zone (Fig. 1), in which ϕ is between zero and ϕ_i , where ϕ_i is the initial water potential in the unsaturated surrounding soil. Flow in an unsaturated soil profile is initially transient, and after a period of time it reaches a steady flow rate. The laboratory constant head permeameter (Childs, 1969) was used to measure saturated hydraulic conductivity on small core samples to compare results from infiltrometer tests.

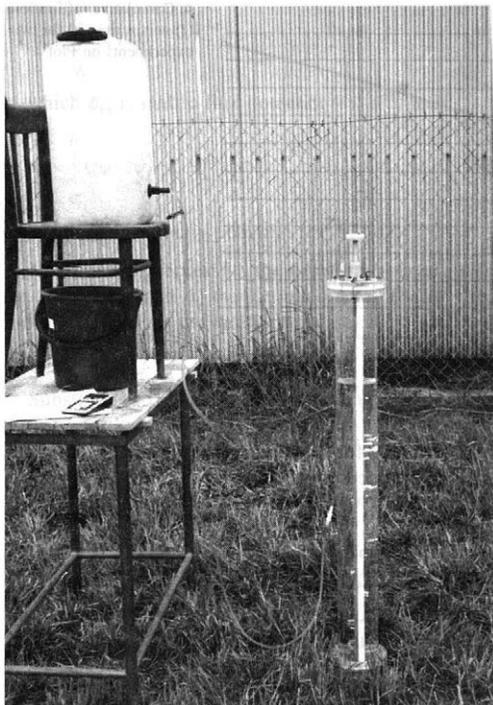
MATERIAL AND METHODS

Pressure infiltrometer device

The major components of the portable pressure infiltrometer (Fig. 2) are a Mariotte bottle made from plexiglass, an inner piston valve made from brass and sealed by rubber O-rings into a PVC tube in the centre of the Mariotte bottle, and a plexiglass tube for reading



1. Schematic diagram of the pressure infiltrometer: 1. piston valve to open/close the water outlet, 2. moveable air tube of Mariotte bottle to set the water level (H) inside the infiltrometer ring, 3. Mariotte bottle, 4. plexiglass tube to indicate the falling water level in the Mariotte bottle, 5. infiltrometer ring, 6. bulb of field saturated soil, 7. wetting front, 8. wetting zone



2. Pressure infiltrometer in use during the field experiment

the volume of infiltrating water. The handle of the piston valve is made from teflon. All materials used should be non-corrodible. The only principle employed is mechanic-hydraulic, no additional source of energy, like electricity, is used. The infiltrometer is fully portable and can be operated by one technician. The maximum infiltration rate which can be supported by the infiltrometer is equal to a saturated hydraulic conductivity (K) of $77 \text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$. The inner diameter of the infiltrometer plexiglass cylinder is 0.1117 m , and the outflow equals to a decrease of 0.01 m in the water level in the infiltrometer is 95.98 cm^3 .

The infiltrometer ring (Fig. 3) has an inner diameter of 0.15 m , and its height is 0.20 m . The ring is made from iron protected from corrosion by paint or other coating and is inserted 0.08 m into the soil. Each ring is equipped with a simple water level indicator (a short glass tube connected to the ring with PVC tubing through a threaded 90° tubular brass fitting (Fig. 3)). This simple device indicates when a constant water level has been reached. Usually only a few seconds after opening the piston valve of the infiltrometer a constant pre-set water level above the soil surface is reached in the infiltrometer ring. This water level can be set at any height between 4 and 12 cm above the soil surface. The technique allows the constant pre-set positive pressure head (H) to be easily controlled. During the period up to reaching a constant water level in



3. Infiltrometer iron ring

the infiltrometer ring two processes occur in parallel: 1. infiltration into the soil, 2. increase of the water level inside the infiltrometer ring. Thereafter only infiltration continues and the water level remains constant, i.e. the positive pressure head (H) is constant with time to the end of experiment.

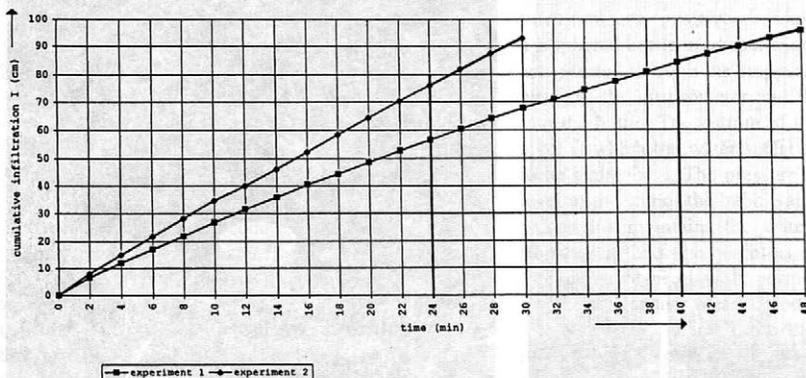
Experimental

The apparatus was tested in experiments on a Haplustoll (family: silt loam, loess, eroded, truncated phase) or Haplic Chernozem (FAO Classification) at the Czech Agricultural University in Prague, Dept. of Soil Science and Geology in 1993 and 1995. Four plots (each $0.65 \times 0.75 \text{ m}$) were selected for the infiltration experiments. An infiltrometer ring (an inner diameter of 0.15 m) was driven into the middle of each plot and multiple measurements were done. The topsoil inside the infiltrometer ring was removed to 0.15 m depth and the ring was driven a further 0.08 m into the soil. The rings were left for two years in these positions.

During each infiltration test the soil surface was covered by an inert sponge to distribute water from the infiltrometer inside the ring and to protect the soil structure against damage by the kinetic energy of water from the infiltrometer outlet. The constant positive pressure head (H) was pre-set to 0.10 m . An electronic stopwatch was used to measure the time of infiltration, as indicated by the falling water level inside the plexiglass tube connected to the plexiglass cylinder. The water level was measured on a scale fixed to the cylinder (Fig. 2). The results of the infiltration experiments are presented as cumulative infiltration (I) versus time (t) in selected timesteps. An example from Plot 4 is shown in Fig. 4.

Four core samples (an inner diameter of 0.052 m , 100 cm^3 in volume) were taken for comparison of the results from the infiltrometer within a circle of radius

Plot 4 - 1995



4. Cumulative infiltration (I) versus time (t) for two experiments on Plot 4

0.275 m around each infiltrometer ring from a depth of 0.19 m below the soil surface. The samples were taken for the classical constant head permeameter laboratory tests. The initial water content was determined by the standard gravimetric method on samples taken just before the start of the experiment adjacent to the infiltrometer ring.

Theory of evaluation of infiltration tests

Flow into unsaturated soil from the pressure infiltrometer occurs in two stages. Initially, the flow goes through an initial transient phase and then approaches the steady state. During the transient period both the field saturated bulb and the surrounding wetting zone increase in size by migrating downwards and outwards from the infiltration surface. After reaching the steady state, the field saturated bulb remains essentially constant in size and shape but the wetting zone continues to increase in size by outward migration of the wetting front. The final size of the steady state field saturated bulb is determined by the positive pressure head H applied by the infiltrometer, the dimensions of the infiltration surface and soil properties, in particular by texture, structure, initial water content and/or initial (background) water potential ψ_i (Elrick, Reynolds, 1992).

Transient flow can be traditionally described by the equation of Philip (1957), who introduced the series solution to describe cumulative infiltration under ponded conditions at time t with $t = 0$ at the beginning of the infiltration process as:

$$I = S \cdot t^{1/2} + A_1 \cdot t + A_2 \cdot t^{3/2} + A_3 \cdot t^2 + \dots \quad (1)$$

where: I – cumulative infiltration (m)
 S – sorptivity ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1/2}$)
 t – time (s)
 A_1, A_2, A_3 – constants depending upon the soil hydraulic properties and boundary conditions

Equation (1) can be truncated after the first two terms because the series converges rapidly for relatively short time. The three-dimensional flow can be

neglected only for short periods at the beginning of the infiltration process and the equation is:

$$I = S \cdot t^{1/2} + A \cdot t \quad (2)$$

where: A – constant (gravity term) ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Talsma (1969) found a linear relationship between the cumulative infiltration I and the square root of time during this early stage (the initial minutes) with sorptivity as the slope of the line:

$$I = S_H \cdot t^{1/2} \quad (3)$$

Equation (2) can be rewritten for the pressure infiltrometer with the applied positive pressure head H as:

$$I = S_H \cdot t^{1/2} + A \cdot t, H > 0, \text{ constant} \quad (4)$$

where: S_H – sorptivity for the ponded conditions ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1/2}$)

Note that the term $A \cdot t$ can be neglected for an early stage of infiltration. Sorptivity in equation (4) incorporates the effects of the positive pressure head H and the capillarity of unsaturated soil.

The empiric relationship between unsaturated hydraulic conductivity k and water potential ψ has been shown by Gardner (1958):

$$k(\psi) = K \cdot \exp^{\alpha\psi}, \psi \leq 0 \quad (5)$$

where: k – unsaturated hydraulic conductivity ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 K – saturated hydraulic conductivity ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 α – alpha parameter, the slope of $\ln(k)$ versus ψ
 ψ – water potential (m)

Gardner (1958) defined the flux potential as an integral of $k(\psi)$ relationship (Kirchhoff transformation):

$$\phi(\psi) = \int_{\psi_i}^{\psi} k(\psi) d\psi, \psi_i \leq \psi \quad (6)$$

where: ϕ – flux potential ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
 ψ_i – initial (or background) water potential (m)
 ψ – water potential as a variable (m)

Several specific values for fixed upper limits of the integration can be defined:

$$\phi_m = \int_{\psi_i}^0 k(\psi) d\psi \quad (7)$$

in which ϕ_m is matric flux potential ($m^2 \cdot s^{-1}$) and:

$$\phi_v = \int_{\psi_i}^H k(\psi) d\psi = K \cdot H \quad (8)$$

in which ϕ_v is velocity potential ($m^2 \cdot s^{-1}$).

Note, that ϕ_m represents the unsaturated area under the $k(\psi)$ curve and ϕ_v the saturated area. The driving flux potential ϕ_d is defined in this case as:

$$\phi_d = \phi_m + \phi_v \quad (9)$$

Substituting (5) into (7) and integrating gives for the pressure infiltrometer:

$$\alpha(\psi) = [K - k_i(\psi)] / \phi_m(\psi) \quad (10)$$

where: α - sorptive number or alpha parameter (Philip, 1985, 1987) (m^{-1})
 $k_i - k(\psi)$ for $\psi = \psi_i$

When k_i is much smaller relative to K (Scott et al., 1982), equation (10) can be simplified to:

$$\alpha(\psi) \approx K / \phi_m = \alpha^*, K \gg k_i \quad (11)$$

The relation between α and α^* depends upon ψ_i . If ψ_i is at or below field capacity value, then $K \gg k_i$ and $\alpha^* = \alpha$. If ψ_i is closed to zero (saturation conditions of the soil), then α^* can be larger than α (Kachanoski et al., 1989).

Elrick, Reynolds (1992), based on Philip (1957), determined from equation (4) the sorptivity S_m for the ponded situation with water potential $\psi = 0$:

$$S_m = S_H / (1 + \alpha^* \cdot H)^{1/2} \quad (12)$$

Raats (1976) described the alpha parameter α^* as the indicator of the relative magnitude of the capillarity and gravitational components of water flow through unsaturated soil. The smaller the value of α^* , the greater the relative contribution of soil capillarity to the flow (Elrick, Reynolds, 1992). Equations (4) and (12) can be used for sorptivity determinations from the pressure infiltrometer field experiments.

The infiltration during steady state flow (for a long period of infiltration) may be described by the equation formulated by Philip (1985), Reynolds, Elrick (1990, 1991), Reynolds et al. (1985) and Elrick, Reynolds (1992):

$$Q = \pi \cdot a^2 \cdot k(\Psi) + G \cdot \phi(\Psi) \quad (13)$$

where: Q - the steady flow rate of water into the soil out of the pressure infiltrometer ($m^3 \cdot s^{-1}$)
 a - the radius of the infiltration ring (m)
 G - a geometry function which accounts for the geometry of the infiltration surface

The first term on the right side of the equation (13) represents the flow due to gravity and the second one the influence of H and capillarity of unsaturated soil.

Using equations (6), (7), (8) and (9) equation (13) can be rewritten for the pressure infiltrometers as:

$$Q = \pi \cdot a^2 \cdot K + (a/G) \cdot (K \cdot H + \phi_m) \quad (14)$$

or

$$Q = \{\pi \cdot a^2 + (a/G) \cdot [H + (1/\alpha^*)]\} \cdot K \quad (15)$$

The geometry function G is a dimensionless shape parameter determined by numerical solution from Richard's equation. Reynolds, Elrick (1990) found that G is essentially independent of H , K and ϕ_m for a constant radius a (m) and depth of insertion d (m) of the infiltrometer ring:

$$G = 0.316 \cdot (d/a) + 0.184 \quad (16)$$

From equation (15), K can be calculated as:

$$K = Q \cdot G / (a \cdot H + a^2 \cdot G \cdot \pi + a / \alpha^*) \quad (17)$$

Equations (17) and (16) were used for the calculation of K from the pressure infiltrometer field experiments using α^* from Elrick et al. (1989) (Tab. III).

RESULTS AND DISCUSSION

Multiple measurements were taken on each plot, the first set in October and November 1993 and the second in June 1995. On each occasion all four plots were measured in a single day. A total of 32 measurements was taken (8 on each plot). The measured infiltration data were then evaluated, as follows.

Sorptivity (S) and gravity term (A)

Equations (4) and (12) were applied only during transient flow from the pressure infiltrometer to estimate sorptivity. A computer program (PHILIP II) for a PC was written in BASIC to find parameters S_H and A from the experimental data $I(t)$. The least squares method was used to calculate these parameters; Tab. I as an example shows the calculated values for Plot 4, using the infiltration versus time data in Fig. 4. Sorptivity is not a constant for any soil but depends upon the soil, upon the initial water content θ_i and upon the boundary condition on the infiltration surface. Sorptivity decreases with increasing θ_i , and for θ_i values close to saturated water content θ_s it is close to zero (Kutilek, Nielsen, 1994). The sorptivity in equation (1) is an estimate of the theoretical value of S for soil with a certain initial water content (θ_i). The truncation error influencing the estimated S in equation (1) (for the details see Kutilek, Nielsen, 1994) is not significant, and so S determined from the early stage of the infiltration test using equations (4) and (12) could be taken as a reasonable estimate of the sorptivity (S_m).

Saturated hydraulic conductivity (K)

To calculate K , equations (17) and (16) and α^* based on Elrick et al. (1989) were applied to the steady

I. Example of calculated sorptivities (S_H and S_m) and the gravity term (A) – Plot 4 for two different pressure heads (H) and initial soil water contents (w) of the soil; K is estimated from A based on Talsma (1969)

Date of experiment	S_H from eq. (4) (cm.min ⁻¹)	Positive pressure head H (cm)	S_m from eq. (12) (cm.min ⁻¹) $\alpha^* = 12$ (m ⁻¹)	A (cm.min ⁻¹)	$K = 0.36 A$		Initial water content by weight w (%)
					(cm.min ⁻¹)	(m.day ⁻¹)	
11. 7. 95	2.89	10	1.95	1.76	0.634	9.13	22.8
26. 7. 95	1.81	5	1.13	2.85	1.026	14.77	27.5

II. Influence of the chosen parameter α^* on the K value calculated from equation (17) for Plot 4; the values K_{min} ($\alpha^* = 1$), K_{max} ($\alpha^* = 36$) and K_{amv} (arithmetic mean value) are compared to K for $\alpha^* = 12.0$ m⁻¹

Experiment	Calculated K (m.day ⁻¹) from equation (17)	α^* (m ⁻¹)	% of K
11. 7. 95	1.305	1	25.47
	5.124	12	100
	6.228	36	122.27
K_{amv}	5.184	12.55	101.17
26. 7. 95	2.557	1	22.32
	11.456	12	100
	14.520	36	126.74
K_{amv}	11.751	13	102.57

state flow rate of water into the soil, when cumulative infiltration (I) is linearly related to time (t) (Fig. 4, for t values greater than 24 or 40 minutes in each experimental run). Fig. 5 and 6 compare measured K values on the core soil samples and calculated values from equation (17) for Plots 3 and 4. The values for the core samples are larger than those calculated.

Gravity term (A) in equation (4) can be related to the saturated hydraulic conductivity (K) by the approximate relation $A = n \cdot K$. The value of parameter n ranges between 0.2 and 0.67 (Philip, 1987), often a value of 0.36 is used for structured soils (Talsma, 1969). Kutilek et al. (1988) showed that the error of the estimate of K derived from A could theoretically reach about 30% in relatively dry homogeneous soil. The

estimation of K by this procedure therefore seems to be unreliable and for this reason has been rejected.

Alpha parameter (α)

Equations (12) and (17) employ parameter α^* , which has to be chosen. White, Sully (1987) suggested setting the value to 10 m⁻¹ for the most soils. Elrick, Reynolds (1992, Tab. 1-1) use soil texture/structure categories for site estimation of α^* (Tab. IV). It ranges from $\alpha^* = 1$ m⁻¹ for compacted, structureless, clayey materials to $\alpha^* = 36$ m⁻¹ for coarse, gravelly sands or soils with large macropores. The influence of chosen value for α^* on the hydraulic conductivity K calculated from equation (17) for Plot 4 as an example (data from Fig. 4) is shown in Tab. II and Fig. 7. Similar results were found for all other experiments. For most soils they recommended a value of $\alpha^* = 12$ m⁻¹ (Elrick, Reynolds, 1992). The values of α^* for the average measured K values (data from Fig. 4 and Tab. II as an example) are $\alpha^* = 12.55$ and 13 m⁻¹, which are very close to the value recommended by Elrick, Reynolds (1992). The value $\alpha^* = 12$ m⁻¹ was therefore chosen as a reasonable estimate of alpha parameter for the present calculations.

CONCLUSIONS

The early field tests of an infiltrometer helped to improve the construction and experimental method. We found that the inner piston valve of the infiltrometer allows a constant pre-set water level to be created in

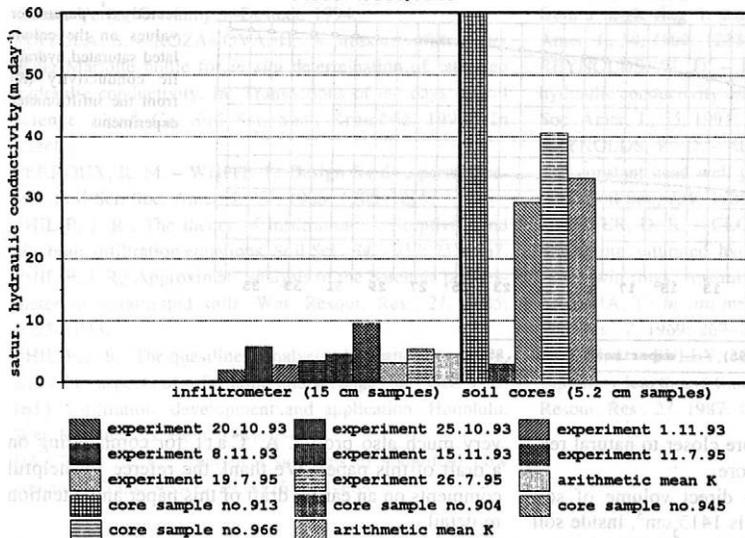
III. Example of the comparison of K results using two methods of calculation and calculation of parameter n as a test

Experiment	K_1 (from Tab. I) (m.day ⁻¹)	K_2 (from Tab. II and $\alpha^* = 12$) (m.day ⁻¹)	A (from Tab. I) (m.day ⁻¹)	$n = K_2 / A$ (-)
11. 7. 95	9.13	5.12	25.344	0.202
26. 7. 95	14.77	11.46	41.04	0.279

IV. Soil texture/structure categories for site-estimation of parameter α^* (Elrick, Reynolds, 1992)

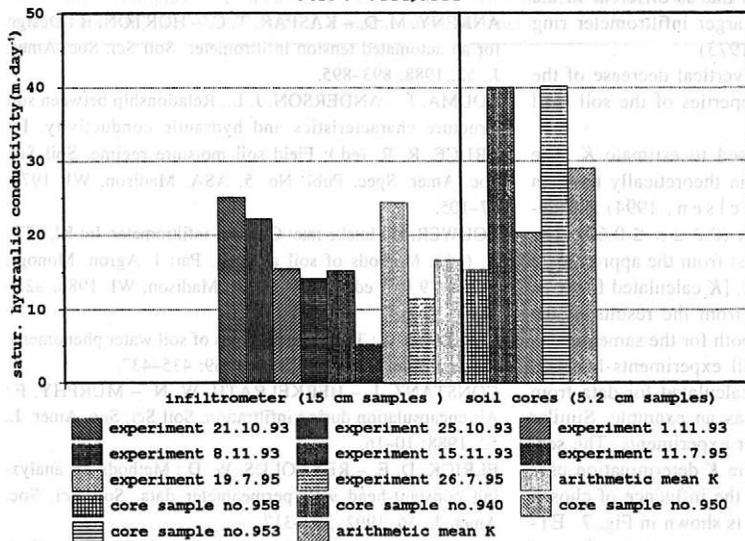
Soil texture/structure category	α^* (m ⁻¹)
Compacted, structureless, clayey materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	1
Soils which are both fine textured (clayey) and unstructured.	4
Most structured soils from clays to loams; also includes unstructured medium and fine sands. The first choice for most soils.	12
Coarse and gravelly sands, may also include some highly structured soils with large cracks and/or macropores.	36

Plot 3 - 1993,1995



5. Saturated hydraulic conductivity (K) calculated from the infiltrometer experiments and determined from the core soil samples for Plot 3

Plot 4 - 1993,1995



6. Saturated hydraulic conductivity (K) calculated from the infiltrometer experiments and determined from the core soil samples for Plot 4

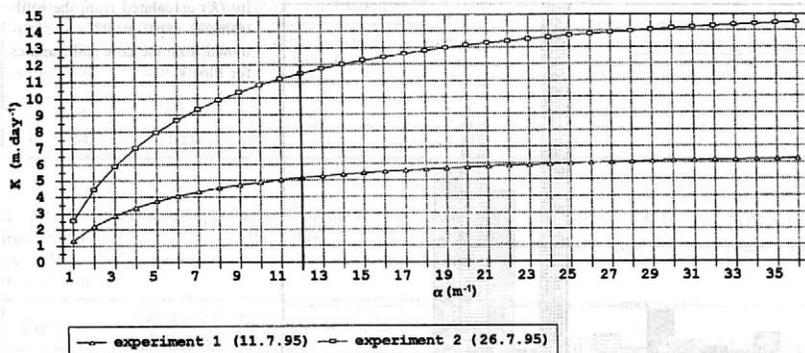
the infiltrometer ring within only a few seconds. The increase in the water level to the constant stage is readily controlled, and the time taken for the water to leave the infiltrometer during this short transient period can easily be registered. Those two important features make the infiltrometer quite suitable for the measurement of the early stage of infiltration process, so sorptivity can be determined based on *in situ* measurement. The pressure infiltrometer was successfully tested and used for the field determination of soil hydraulic properties. Multiple measurements were taken on four plots in 1993 and 1995 at the same localities and the saturated

hydraulic conductivity K calculated from the infiltrometer experiments was compared to K values determined on soil cores (Fig. 5 and 6).

Unfortunately, there is no laboratory or *in situ* method to find values of K which can be considered as accurate. The results for the multiple infiltration measurements indicated a less varying estimation of K by the infiltrometer than using the core samples laboratory tests (Fig. 5 and 6).

This is probably due to the following reasons:

- the influence of direct hydraulic connection and interaction with the subsoil layer for infiltrometer pro-



7. Influence of the selected α^* parameter values on the calculated saturated hydraulic conductivity (K) from the infiltrometer experiments

bably giving values of K more closer to natural reality than those for the soil core

- the large sample volume - direct volume of soil inside the infiltrometer ring is 1413 cm^3 , inside soil core is 100 cm^3 only
- the influence of a possible less permeable layer (Bouwer, 1986)
- the influence of macropores that is different in the small soil core and in the larger infiltrometer ring (Bouma, Anderson, 1973)
- vertical soil variability and vertical decrease of the K value due to physical properties of the soil (soil compaction,...)

Two methods have been used to estimate K . The first, based on equation (4), can theoretically have an error of 30% (Kutilek, Nielsen, 1994) and depends critically on parameter n ($0.2 \leq n \leq 0.67$). The parameters n , calculated as a test from the approximate relation $K = n \cdot A$, so $n = K/A$, [K calculated for $\alpha^* = 12$ from equation (17) and A from the results of the computer program PHILIP II, both for the same experimental data $I(t)$], ranges for all experiments between 0.2 and 0.3. The values of n calculated for data from Fig. 4 are shown in Tab. III as an example. Similar results were found for all other experiments. The second and favoured method of the K determination uses parameter α^* . The example of the influence of chosen parameter α^* for K calculation is shown in Fig. 7. Elrick, Reynolds (1992) recommended values of α^* acceptable for practical use. Tab. IV shows the soil texture/structure categories for the α^* parameter estimation. Parameter $\alpha^* = 12 \text{ m}^{-1}$ from Tab. IV was taken as a reasonable estimate for the present calculations. The broad discussion of a determination of α^* parameter, the variation of K calculated from infiltrometer measurements and those from core samples will be a content of another article.

Acknowledgement

This work was supported by the Czech Grant Agency GA ČR, Project no. 502-93-0216. We thank

very much also prof. J. A. Catt for commenting on a draft of this paper. We thank the referee for helpful comments on an earlier draft of this paper and attention to detail.

REFERENCES

- ANKENY, M. D. - KASPAR, T. C. - HORTON, R.: Design for an automated tension infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 52, 1988: 893-895.
- BOUMA, J. - ANDERSON, J. L.: Relationship between soil structure characteristics and hydraulic conductivity. In: BRUCE, R. R. (ed.): *Field soil moisture regime*. Soil Sci. Soc. Amer. Spec. Publ. No. 5, ASA, Madison, WI, 1973: 77-105.
- BOUWER, H.: Intake rate: Cylinder infiltrometer. In: KLUTE, A. (ed.): *Methods of soil analysis. Part I. Agron. Monogr. Ser. no. 9 (2nd ed.)*, ASA, SSSA, Madison, WI, 1986: 825-844.
- CHILDS, E. C.: *The physical bases of soil water phenomena*. London, John Wiley and Sons 1969: 435-437.
- CONSTANZ, J. - HERKELRATH, W. N. - MURPHY, F.: Air encapsulation during infiltration. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 52, 1988: 10-16.
- ELRICK, D. E. - REYNOLDS, W. D.: Methods for analyzing constant-head well permeameter data. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 56, 1992: 309-312.
- ELRICK, D. E. - REYNOLDS, W. D. - TAN, K. A.: Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. *Grnd Wat. Monit. Rev.*, 9, 1989: 184-193.
- GARDNER, W. R.: Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from water table. *Soil Sci.*, 85, 1958: 228-232.
- KACHANOSKI, R. G. - ELRICK, D. E. - O'NEIL, B.: *Effect of management on soil hydraulic properties: method development*. Ontario, Canada, Dept. Land Resour. Sci., Univ. Guelph, 1989.
- KUTILEK, M. - KREJČA, M. - HAVERKAMP, R. - RENDON, L. P. - PARLANGE, J. Y.: An extrapolation of algebraic infiltration equations. *Soil Technol.*, 1, 1988: 47-61.

- KUTÍLEK, M. – NIELSEN, D. R.: Soil hydrology. Germany, Catena Verlag Cremlingen-Destedt, 1994.
- MATULA, S. – KOZÁKOVÁ, H.: A pressure infiltrometer using Mariotte bottle for *in situ* determination of saturated hydraulic conductivity. In: Transactions of the days of soil science. Conf. Cz. Soil Sci. Soc., Kroměříž, 1995. (In Czech.)
- PERROUX, K. M. – WHITE, I.: Design for disc permeameters. Soil Sci. Soc. Amer. J., 52, 1988: 1205–1215.
- PHILIP, J. R.: The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. Soil Sci., 84, 1957: 257–267.
- PHILIP, J. R.: Approximate analysis of the borehole permeameter in unsaturated soils. Wat. Resour. Res., 21, 1985: 1025–1033.
- PHILIP, J. R.: The quasilinear analysis, the scattering analog, and other aspects of infiltration and seepage. In: FOK, Y. S. (ed.): Infiltration, development and application. Honolulu, Wat. Resour. Res. Cent. 1987: 1–27.
- RAATS, P. A. C.: Analytical solutions of simplified flow equation. Trans. ASAE, 19, 1976: 683–689.
- REYNOLDS, W. D. – ELRICK, D. E.: Ponded infiltration from a single ring: I. analysis of steady flow. Soil Sci. Soc. Amer. J., 54, 1990: 1233–1241.
- REYNOLDS, W. D. – ELRICK, D. E.: Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer. Soil Sci. Soc. Amer. J., 55, 1991: 633–639.
- REYNOLDS, W. D. – ELRICK, D. E. – CLOTHIER, B. E.: The constant head well permeameter: Effect of unsaturated flow. Soil Sci., 139, 1985: 172–180.
- SCOTTER, D. R. – CLOTHIER, B. E. – HARPER, E. R.: Measuring saturated hydraulic conductivity and sorptivity using twin rings. Austral. J. Soil Res., 20, 1982: 295–304.
- TALSMA, T.: *In situ* measurement of sorptivity. Austral. J. Soil Res., 7, 1969: 269–276.
- WHITE, I. – SULLY, M. J.: Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. Wat. Resour. Res., 23, 1987: 1514–1522.

Received on December 13, 1996

Contact Address:

Doc. Ing. Svatopluk Matula, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 46 36, fax: 02/20 92 03 12, e-mail: matula@af.czu.cz

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION
Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic
Fax: (00422) 24 25 39 38

In this institute scientific journals dealing with the problems of agriculture and related sciences are published on behalf of the Czech Academy of Agricultural Sciences. The periodicals are published in the Czech or Slovak languages with long summaries in English or in English language with summaries in Czech or Slovak.

Subscription to these journals should be sent to the above-mentioned address.

Periodical	Number of issues per year
Rostlinná výroba (Plant Production)	12
Živočišná výroba (Animal Production)	12
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12
Lesnictví – Forestry	12
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4
Zahradnictví (Horticultural Science)	4
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6

INTERACTIONS BETWEEN PHOSPHATASE ACTIVITY AND SOIL CHARACTERISTICS FROM SOME LOCATIONS IN THE CZECH REPUBLIC

INTERAKCE MEZI AKTIVITOU FOSFATÁZ A PŮDNÍMI CHARAKTERISTIKAMI VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH ČR

B. Šarapatka, M. Kršková

Palacký University, Faculty of Science, Olomouc, Czech Republic

ABSTRACT: Soil phosphatases play a major role in the mineralization processes of organic phosphorus substrates. Their activity can be influenced by numerous factors and soil properties play a key role among them. This research adds to the growing knowledge on soil phosphatases and their interactions with the specific soil characteristics of nine sites in the Czech Republic with common soil types. The results show correlations and linear equations between phosphatase activity and some soil characteristics. Positive correlations were found between enzymatic activity and organic carbon, and with nitrogen; and between acid phosphatase activity and total phosphorus. Negative correlations were with the quality of humus (humic : fulvic acids ratio) and available phosphorus, and between acid phosphatase activity and clay content and pH.

soil; enzymes; phosphatase activity; soil characteristics

ABSTRAKT: Část půdního fosforu se nachází v organických vazbách. Při jeho zpřístupňování mají velký význam půdní fosfatázy, jejichž aktivita je ovlivňována řadou faktorů, včetně půdních podmínek. Práce se zabývá vztahy mezi fyzikálními a chemickými charakteristikami půd a aktivitou zkoumaných půdních enzymů. Sledování probíhalo v letech 1993 až 1995 na území devíti zemědělských podniků a výzkumných ploch s půdními typy běžnými v ČR. Ve vegetační sezoně byly v rámci každého podniku odebrány vzorky půdy průměrně z osmi ploch (pouze Štěpánov a Olomouc – dvě plochy) z horizontu 0 až 20 cm. Pro zkoumání aktivity půdních fosfatáz byla použita publikovaná metodika (Tabatabai, Bremner, 1969); fyzikální a chemické charakteristiky byly zjišťovány podle metodik běžně používaných v pedologických laboratořích. Výzkumem byly zjištěny korelace na hladinách významnosti 95, resp. 99 % mezi enzymatickou aktivitou a dalšími proměnnými a následně pak závislosti, které jsme vyjádřili lineárními regresními rovnicemi. Z výsledků byly rovněž krokovou analýzou vypočteny vícenásobné lineární rovnice pro aktivitu kyselé a alkalické fosfatázy. Z těchto zjištění je zřejmá kladná závislost mezi aktivitou fosfatáz a obsahem organického uhlíku i celkového dusíku v půdě. Se zvyšujícím se množstvím organických látek vzrůstala i aktivita fosfatáz. U organické hmoty byla stanovována i kvalita humusových látek vyjádřená kvocientem Q4/6. U této veličiny jsme zaznamenali korelaci zápornou, stejně jako mezi enzymatickou aktivitou a obsahem jílnatých částic a mezi aktivitou kyselé fosfatázy a pH půdy. U fosforu nebyly zaznamenány závislosti mezi obsahem organického fosforu a aktivitou fosfatáz, byl však zjištěn kladný vztah mezi aktivitou kyselé fosfatázy a obsahem celkového fosforu a záporný vztah mezi aktivitou fosfatáz a obsahem přijatelného fosforu. Získané výsledky mohou být využity při optimalizaci osevních postupů s cílem posílit půdní úrodnost i biologické a biochemické procesy probíhající v půdním prostředí.

půda; enzymy; aktivita fosfatáz; půdní charakteristiky

INTRODUCTION

The phosphorus cycle in agroecosystems is influenced by man through the mining and processing of phosphates for fertilizing. Known reserves of rock phosphates are very limited and are only a part of the phosphorus found in soils (Stevenson, 1986). The activity of soil enzymes is important in ensuring its availability for plants. Such is the case of phosphorus, in which a portion of this element within the soil is bound organically and soil phosphates play a major

role in the mineralization processes of organic phosphorus substrates. The mineralization of organic fractions is of great agricultural and economic importance.

Enzyme reactions, which take place in the cells of soil organisms, plant roots, and directly in the soil due to enzyme accumulation, form the basis of soil metabolism (Chaziev, 1972). Phosphatase activity can be influenced by numerous factors and soil properties play a key role among them. In some research phosphatase activity has correlated with other physical, chemical and biological soil properties. Relationships between

phosphatase activity and organic carbon have been described by Gehlen, Schröder (1990), Bonmati et al. (1991) and Nahas et al. (1994). The correlation with total nitrogen has been described by Speir (1977), Bonmati et al. (1991); with pH by Chhonkar, Tarafdar (1984), Herbien, Neal (1990). A study of the literature provides information that soil phosphatase activity can also be related to organic and inorganic phosphorus content, clay content, and soil moisture.

The aim of our research was to determine the activity of acid and alkaline phosphatase in the agroecosystem and to increase our understanding of the interactions among soil phosphatases and some specific physical and chemical soil characteristics.

MATERIAL AND METHODS

The research was conducted at experimental locations and farms in the Czech Republic during the years 1993 to 1995. The experimental locations comprised some plots at Uhřetěves near Prague belonging to the Czech Agricultural University (luvisols, 295 m above sea level) and the Agricultural Research Institute in Kroměříž (chernozems, 220 m above sea level). Parallel sampling was carried out on the farms as follows:

Location (District)	Major soil group	Height above sea level (m)
Medlov (Olomouc)	luvisols	260
Staré Město pod Sněžníkem (Šumperk)	cambisols	560
Pitín (Uherské Hradiště)	cambisols	390
Králíky (Ústí nad Orlicí)	cambisols	610
Rovečné (Žďár nad Sázavou)	cambisols	510
Štěpánov a Olomouc (Olomouc)	fluvisols	230

At the nine research sites soil samples were taken in the vegetation period from an average of eight fields at each site, except Štěpánov and Olomouc where two research fields were sampled. Soil samples were taken from the 0 to 20 cm horizon.

Most of the analyses were performed at the Department of Ecology laboratory, Palacký University, Olomouc. The main goal of the study was to determine soil phosphatase activity using the method according to Tabatabai, Bremner (1969). During the analyses, soil was incubated in a solution with p-nitrophenyl phosphate, and the p-nitrophenol formed was determined spectrophotometrically.

Granulometric analyses of the soils were carried out by means of the pipette method. Particle size, used for further trials, was below 0.01 mm and for clay was smaller than 0.002 mm. The soil samples were tested for pH in soil extract 0.01M CaCl₂ solution. Chemical analyses comprised the assessment of organic carbon, humus quality, total nitrogen, available phosphorus, to-

tal phosphorus, inorganic phosphorus and organic phosphorus. Most of the analyses were performed according to the method of Javorský et al. (1987) and Králová et al. (1990). Soil carbon was determined by its oxidation with K₂Cr₂O₇ and titration with diammonium iron(II) bisulfate hexahydrate. Humus quality, expressed as a humic acids : fulvic acids ratio, was determined by means of a colour quotient Q_{4/6}. Soil samples were extracted using an alkaline solution of sodium diphosphate, and the clear extract was measured spectrophotometrically at 465 and 665 nm, respectively. Soil nitrogen was determined after mineralization and distillation into boric acid. Available phosphorus was assessed following soil extraction with a calcium lactate solution. Phosphorus content was determined spectrophotometrically. The determination of total, mineral and organic phosphorus in soils was accomplished using the method of Bowman (1989), which is based on a high efficiency of organic phosphorus being extracted from the soil samples using the heat of the solution created by the addition of water to concentrated H₂SO₄.

Analyses of clay content, organic carbon, total nitrogen, pH and available phosphorus were performed on soil samples from all localities; total phosphorus, inorganic phosphorus and organic phosphorus in samples from Staré Město, Pitín, Medlov, Štěpánov, Olomouc; and the results of the humic : fulvic acids ratio are from Staré Město, Pitín, Medlov, Kroměříž, Štěpánov and Olomouc.

The results obtained were subjected to statistical evaluation. Attention was paid to both correlations and regression models. The statistical evaluations were performed using StatGraphics, HarvardGraphics and SPSS software.

RESULTS

The results of our research show the correlations among acid and alkaline phosphatase activity and numerous soil characteristics. The values of enzymatic activity and soil properties are in Tab. I.

The correlations of enzymatic activity and soil properties are given in Tab. II along with the data calculated to acquire the interactions between different soil characteristics and phosphatase activity at the significance levels of 95 and 99%, respectively.

The associated Figs 1 to 9 are supplemented with linear equations obtained by means of a single linear regression to confirm the above interactions between the variables ($Y = a + b \cdot x$).

The single regression analysis of all values was followed by data estimation using multiple regression analysis where the variations of dependent variables could be explained by using numerous independent ones. The interactions between acid and alkaline phosphatase activity, clay, available phosphorus, organic carbon, total nitrogen contents, and pH/CaCl₂ were in-

I. The values of enzymatic activity and soil characteristics

	Average	Median	Lower quartile	Upper quartile	Minimum	Maximum
Acid phosphatase activity (μmol/kg/hour)	3 168.21	2 992.00	2 156.00	3 740.00	1 430.00	7 260.00
Alkaline phosphatase activity (μmol/kg/hour)	3 049.69	2 893.00	2 200.00	3 740.00	1 210.00	5 940.00
Particles < 0.01 mm (%)	36.79	36.00	25.60	41.46	20.50	74.60
Clay < 0.002 mm (%)	19.78	16.83	9.40	30.29	6.00	53.40
C _{org} (%)	1.46	1.47	1.05	1.71	0.59	2.68
N _{tot} (mg/kg)	1 764.19	1 788.50	1 296	2 056	957.00	3 407.00
Humic : fulvic acids (ratio)	0.55	0.41	0.33	0.76	0.24	0.92
P _{avail} (mg P ₂ O ₅ /kg)	126.88	117.00	99.50	148.50	50.00	263.00
P _{tot} (mg/kg)	922.80	710.00	625.00	1 250.00	520.00	1 775.00
P _{inorg} (mg/kg)	812.00	590.00	530.00	1 120.00	440.00	1 530.00
pH/CaCl ₂	6.43	6.60	5.96	6.79	4.76	7.40

II. Correlations among phosphatase activity and selected soil properties

	Acid phosphatase activity	Alkaline phosphatase activity
Acid phosphatase activity		**
Alkaline phosphatase activity	**	
Particles < 0.01 mm	**	-
Clay < 0.002 mm	**	-
C _{org}	**	**
N _{tot}	**	**
Humic : fulvic acids	**	**
P _{avail}	*	*
P _{tot}	**	-
P _{inorg}	**	-
P _{org}	-	-
pH	**	-

** existing correlations (99%)

* existing correlations (95%)

- no correlations

investigated using the step-by-step analysis with the following results:

- regression equation for acid phosphatase activity:

$$AC. P. = 7447.82 - 36.47 \cdot \text{clay} - 6.34 \cdot P_{\text{avail}} + 984 \cdot C_{\text{org}} - 638.12 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2$$

$$(R^2 = 53.9\%)$$

- regression equation for alkaline phosphatase activity:

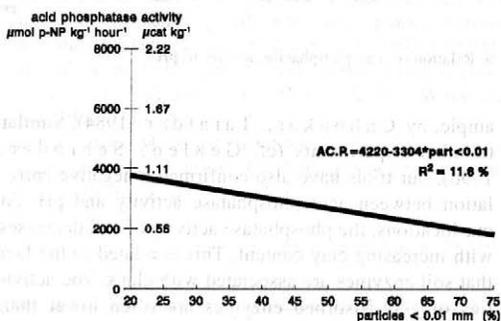
$$AL. P. = -83.26 + 6.70 \cdot P_{\text{avail}} + 0.84 \cdot N_{\text{tot}} + 426.19 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2$$

$$(R^2 = 22.3\%)$$

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The results clearly state that in the soil samples taken from the locations in the Czech Republic positive correlations exist between acid and alkaline phosphatase activity and organic carbon content. This find-

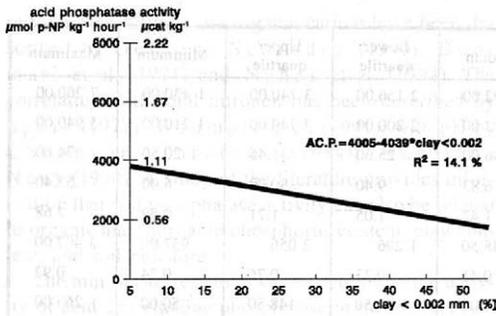
ing is in agreement with the results of other authors, e.g. Nannipieri et al. (1973), Gehlen, Schroder (1990), Nahas et al. (1994). Organic carbon content was found to correlate with total nitrogen content. There was a positive correlation between this element and phosphatase activity, which corresponds with the data reported by Speir (1977), Bonmati et al. (1991), and others. The humus quality was expressed by the humic : fulvic acids ratio. A negative correlation was determined between the above ratio and the activity of acid and alkaline phosphatases. The increasing humic : fulvic acids ratio brought about a decrease in the activity of the enzymes which may be due to the fact that those substances with a lower molecular weight decompose more easily. The negative correlation was also found between the available phosphorus content and both acid and alkaline phosphatase activity. This result agrees with the results published by Haynes, Swift (1988). Our study reveals a positive correlation between acid phosphatase activity and total inorganic phosphorus content, but no correlation with organic phosphorus was found. This has been described previously in the literature, for ex-



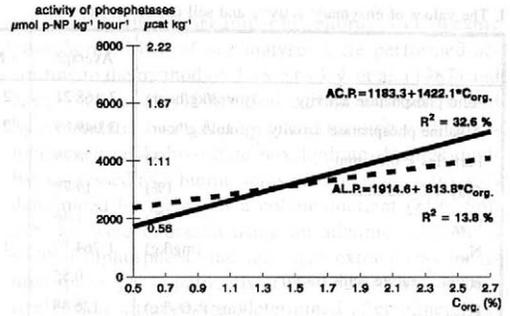
1. Relation of acid phosphatase activity to particles < 0.01 mm

--- acid phosphatase activity (AC. P.)

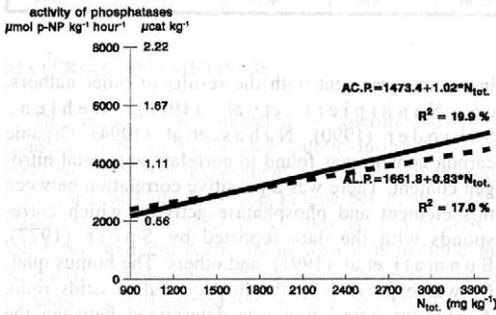
— alkaline phosphatase activity (AL. P.)



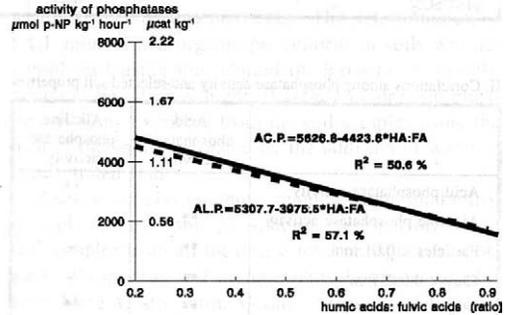
2. Relation of acid phosphatase activity to clay < 0.002 mm



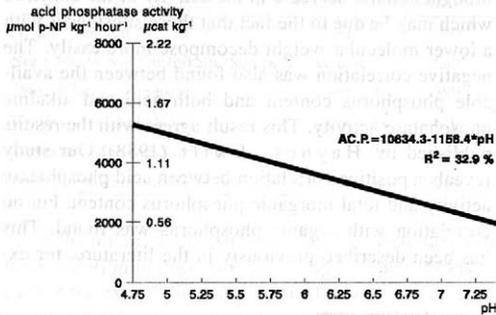
3. Relation of phosphatases activity to C_{org}



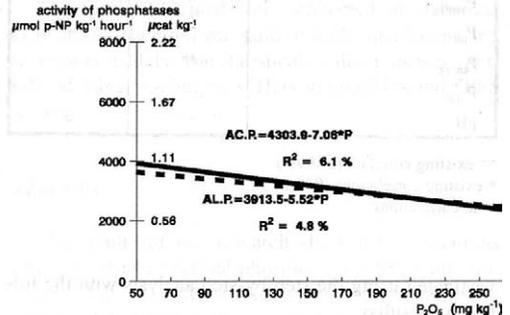
4. Relation of phosphatases activity to N_{tot}



5. Relation of phosphatases activity to humic : fulvic acids ratio



6. Relation of acid phosphatase activity to pH

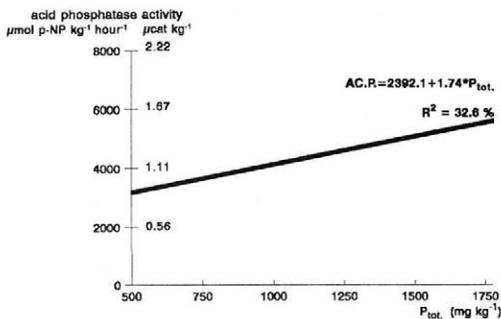


7. Relation of phosphatases activity to P_{avail}

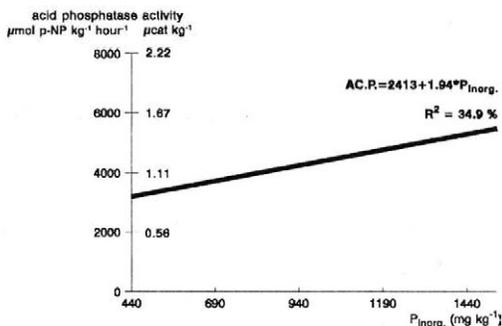
ample, by Chhonkar, Tarafdar (1984). Similar to other experiments (cf. Gehlen, Schroder, 1990), our trials have also confirmed a negative correlation between acid phosphatase activity and pH. At our locations, the phosphatase activity of soil decreases with increasing clay content. This is related to the fact that soil enzymes are associated with clays. The activities of clay-adsorbed enzymes are often lower than those of free enzymes, as previously described by Boyd, Mortland (1990).

In conclusion, soil enzyme activities are believed to be able to discriminate between soil management treatments (Dick, 1993; Anwarzay et al., 1990;

Mäder et al., 1990). The results of both our research and that of other research projects (Nannipieri et al., 1973; Nahas et al., 1994) show that soil enzyme activities are directly dependent on the content of organic substances (carbon, nitrogen forms). It is possible to say that unsuitable farming systems with a low input of organic substances have had a negative effect on the biological activity of soils, including soil phosphatases. The application of soil conservation technologies, low-input farming systems, and a well balanced carbon level could preserve soil fertility in favour of plant production and taken together are desirable factors for increasing the activity of soil enzymes in agroecosystems.



8. Relation of acid phosphatase activity to P_{tot}



9. Relation of acid phosphatase activity to P_{inorg}

Acknowledgement

We are grateful for the assistance of Mrs. S. Šlezarová and Mrs. A. Habigerová.

REFERENCES

- ANWARZAY, M. O. – BLUM, W. E. H. – STRAUSS, P. – KANDELER, E.: Bodenbiochemische Aktivitäten in einem 80jährigen Dauerfeldversuch. Förderungsdienst, 1, 1990: 18–22.
- BONMATI, M. – CECCANTI, B. – NANNIPIERI, P.: Spatial variability of phosphatase, urease, protease, organic carbon and total nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 23, 1991 (4): 391–396.
- BOWMAN, R. A.: A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 53, 1989 (2): 362–366.
- BOYD, S. A. – MORTLAND, M. M.: Enzyme interaction with clays and clay organic matter complexes. In: BOLLAG, J. M. – STOTZKY, G. (eds): *Soil Biochem.*, 6, 1990: 1–28.
- CHAZIEV, F. CH.: Systemo-ekologičeskij analiz fermentativnoj aktivnosti počv. (Ecological analysis of soil fermentative activity.) Moskva, Nauka 1972. 202 p. (In Russian.)
- CHHONKAR, P. K. – TARAFDAR, J. C.: Accumulation of phosphatases in soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 32, 1984 (2): 266–272.
- DICK, R. P.: Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J. M. – COLEMAN, D. C. – BEZDIČEK, D. F. – STEWART, B. A. (eds): *Defining soil quality for a sustainable environment. Spec. Publ. Soil Sci. Amer.*, Madison, WI, 1993.
- GEHLEN, P. – SCHRODER, D.: Bedeutung von pH Wert, Corg. Gehalt, Kultur, Substrat und Jahresinfluss für bodenmikrobiologische Eigenschaften in einheitlich genutzten Ackerboden. *Verb. Dtsch. Landwirtschaft. Unters. u. Forsch.-Anst.*, 30, 1990: 467–472.

- HAYNES, R. J. – SWIFT, R. S.: Effect of lime and phosphate additions on changes in enzyme activities, microbial biomass and levels of extractable nitrogen, sulphur and phosphorus in acid soil. *Biol. Fertil. Soil*, 6, 1988 (2): 153–158.
- HERBIEN, S. A. – NEAL, J. L.: Soil pH and phosphatase activity. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 21, 1990 (5, 6): 439–456.
- JAVORSKÝ, P. (ed.): *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. (Chemical analyses in agricultural laboratories.)* Praha, MZVŽ 1987: 190–276. (In Czech.)
- KRÁLOVÁ, M. (ed.): *Vybrané metody chemické analýzy půd a rostlin. (Methods of chemical analyses of soils and plants.)* Praha, Academia 1990: 17–68. (In Czech.)
- MÄDER, P. – PFIFFNER, L. – JÄGGI, W. – WIEMKEN, A. – NIGGLI, U. – BESSON, J. M.: DOK – Versuch: Vergleichende Langzeituntersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. *Schweiz. Landw. Fo.*, 32, 1990 (4): 509–545.
- NAHAS, E. – CENTURION, J. F. – ASSIS, L. C.: Efeito das características químicas dos solos sobre os microorganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. (Effect of chemical properties of soil on phosphate-solubilizing and phosphatase-producing microorganisms.) *Revta Bras. Cienc. Solo*, 18, 1994 (1): 49–54. (In Spanish.)
- NANNIPIERI, P. – CERVELLI, S. – PERNA, A.: Enzyme activities in some Italian soils. *Agric. Ital. Pisa*, 73, 1973: 367–376.
- SPEIR, T. W.: Studies on a climosequence of soils in tussock grassland 11. Urease, phosphatase and sulphatase activities of topsoils and their relationships with other properties including plant available sulphur. *N. Z. J. Sci.*, 20, 1977: 159–166.
- STEVENSON, F. J.: *Cycles of soil (carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients).* New York, John Wiley and Sons 1986: 231–284.
- TABATABAI, M. A. – BREMNER, J. M.: Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, 1, 1969: 301–307.

Received on January 20, 1997

Contact Address:

Doc. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc., Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, Česká republika, tel.: 068/522 24 51, fax: 068/522 57 37, e-mail: sar@risc.upol.cz

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

Z důvodu rychlejšího a kvalitnějšího zpracování grafických příloh (grafů, schémat apod.) příspěvků zasláných do redakce Vás žádáme o jejich dodání kromě tištěné formy i na disketách.

Týká se to samozřejmě těch grafických příloh, které byly vytvořeny v nějakém programu PC (např. CorelCHART, Quatro Pro, Lotus 1-2-3, MS Excel). Vzhledem k tomu, že nejsme schopni upravit a použít pro tisk všechny typy (formáty) grafických souborů, žádáme Vás, abyste nám také kromě originálních souborů (např. z MS Excel typ *.XLS) zaslali grafické předlohy vyexportované jako bodovou grafiku v jednom z těchto formátů:

Bitmap	*.BMP
Encapsulated Postscript	*.EPS
Graphic Interchange Format	*.GIF
Mac paint	*.MAC
MS Paint	*.MSP
Adobe Photoshop	*.PSD
Scitex	*.SCT
Targa	*.TGA
Tag Image File Format	*.TIF (tento formát je nejkvalitnější)

Redakce časopisu

VLIV ROZPUSTNÉHO FOSFÁTU NA P-SOLUBILIZAČNÍ AKTIVITU BAKTERIÍ

INFLUENCE OF SOLUBLE PHOSPHATE ON P-SOLUBILIZING ACTIVITY OF BACTERIA

O. Mikanová¹, J. Kubát¹, K. Voříšek², T. Šimon¹, D. Randová²

¹Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic

²Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Phosphorus supplied into the soil in the form of mineral phosphorus fertilizers transforms up to 90% into the form hard-accessible to plants (Goldstein, 1986; Domey, 1987). In view of constantly sustainable agriculture, at least a part of phosphorus needed for plants should be compensated from other resources. Ability to transform poorly soluble phosphates into soluble forms has been confirmed in about 20 to 30% of soil microorganisms (Kucey, 1983; Halder, Chakrabarty, 1993; Mikanová, Kubát, 1994). The property to solubilize phosphates can be easily proved *in vitro* conditions. This fact led earlier to the efforts to produce bacterial preparations – biofertilizers containing P-solubilizing microorganisms. These preparations, however, after the application into the soil did not meet the expected results (Mishustin, Naumova, 1962; Brown, 1974). Repression of P-solubilizing activity by soluble mineral phosphates now seems to be one of the probable reasons of low efficiency of preparations in soil. Goldstein, Liu (1987) found that solubilization of phosphates in *Erwinia herbicola* and *Escherichia coli* is induced by a deficiency of available phosphorus and suppressed by raised level of soluble orthophosphates in soil. This study tried to find whether repression of P-solubilizing activity by soluble mineral phosphates is not one of the reasons of different results obtained *in vitro* and results obtained with the same strains in pot trials with soil (Mikanová et al., 1995). Isolates of P-solubilizing rhizospheric microorganisms were acquired from rhizosphere of cereals grown in pot and field trials at the Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně. Their P-solubilizing activity was tested on agar plates with P-agar (Mikanová, Kubát, 1994) at various levels of soluble phosphate (0 to 50 mmol P.ml⁻¹). A soluble phosphate in the form of KH₂PO₄ was added to this agar. Selected isolates were tested also in liquid shaken cultures (Mikanová, Kubát, 1994). Likewise in the previous case, KH₂PO₄ was added in various concentrations (0, 10, 30 and 50 mmol P.ml⁻¹). After incubation in the medium the concentration of phosphorus was determined (Murphy, Riley, 1962) by a modified method (Macháček, Kotek, 1978); 32 isolates were tested on agar plates, 19 of 32 tested isolates showed P-solubilizing activity even under the presence of 10 mmol of soluble P in 1 ml of medium and 10 of them on agar containing 50 mmol P.ml⁻¹ (Tab. I). In liquid shaken cultures four isolates were tested which in tests on agar plates exhibited a high P-solubilizing activity (without the presence of soluble phosphate in medium) and were distinct by the fact whether this activity was (26, 141) or was not (86, 291) repressed by soluble phosphate (Tab. II). When compared repressed (26) and not repressed (86) isolates, it has been confirmed that an activity of not repressed one was higher than that of not repressed isolate at higher concentrations. When another two isolates were compared an inverse ratio was observed. In liquid shaken cultures of different level of soluble phosphate also six strains of the genus *Rhizobium* were tested. The same medium like in the previous case was used and KH₂PO₄ was added in concentrations 0, 10 and 30 mmol P.ml⁻¹. Results are presented in Tab. III. Different P-solubilizing activity follows from comparison of these strains at graduated concentrations of soluble phosphate. Strains D55 and D661, characterized by comparable P-solubilizing activity, preserve the same ability to solubilize only at the level 5 mmol P.ml⁻¹. At the level 10 and 30 mmol P.ml⁻¹ in the strain D661 a distinct inhibition by this higher concentration of phosphorus was exhibited. Results of our studies are in agreement with those obtained by Goldstein, Liu (1987) and confirm the hypothesis that there are microorganisms whose P-solubilizing activity is repressed under the presence of soluble phosphate and those microorganisms in which repression does not occur.

soil phosphorus; solubilization of phosphate; P-solubilizing microorganisms

ABSTRAKT: Na agarových deskách s P-agem při různé úrovni rozpustného fosfátu bylo testováno 32 izolátů s P-solubilizující aktivitou; 19 z 32 testovaných izolátů tuto aktivitu vykazalo i za přítomnosti 10 mmol rozpustného P v 1 ml média a z nich 10 i na agaru obsahujícím 50 mmol P.ml⁻¹. V tekutých třepaných kulturách byly testovány čtyři izoláty, které v testech na agarových deskách vykazovaly vysokou P-solubilizační aktivitu (bez přítomnosti rozpustného fosfátu v médiu) a lišily se v tom, zda tato aktivita byla (26, 141) nebo nebyla (86, 291) reprimována rozpustným fosfátem. Při srovnání reprimovaného (26) a nereprimovaného (86) izolátu se rovněž potvrdilo, že aktivita nereprimovaného izolátu byla vyšší než

aktivita izolátů reprimované při všech koncentracích. Při srovnání dalších dvou izolátů však byl pozorován obrácený poměr. V submerzních kulturách s různou hladinou rozpustného fosfátu bylo testováno také šest kmenů rodu *Rhizobium*, u kterých byla již dříve nalezena P-solubilizační aktivita. Bylo použito stejné médium jako v předchozím případě a byl přidán KH_2PO_4 v koncentracích 0, 10 a 30 mmol P.ml^{-1} . Ze srovnání těchto kmenů vyplývá rozdílná P-solubilizační aktivita při stupňovaných koncentracích rozpustného fosfátu. Při porovnání kmenů D55 a D661, které mají srovnatelnou P-solubilizační aktivitu, je zřejmé, že tyto kmeny si zachovávají stejnou schopnost solubilizace pouze při hladině fosfátu 5 mmol P.ml^{-1} . Hladina 10 a 30 mmol P.ml^{-1} zřetelně inhibovala P-solubilizační aktivitu kmene D661. Výsledky našich prací se shodují s výsledky, které získali Goldstein, Liu (1987), a potvrzují hypotézu, že existují mikroorganismy, jejichž P-solubilizační aktivita je v přítomnosti rozpustného fosfátu reprimována, a mikroorganismy, u nichž k represí nedochází.

půdní fosfor; solubilizace fosfátu; P-solubilizující mikroorganismy

ÚVOD

Solubilizace fosfátů je vedle tradičních metod mobilizace fosfátů velmi perspektivní způsob zpřístupnění fosfátů a zlepšení účinnosti čerpání fosforu rostlinami. Fosfor dodaný do půdy ve formě minerálních fosforečných hnojiv se až z 90 % přeměňuje na formy rostlinám těžko dostupné (Goldstein, 1986; Doney, 1987). Přestože půdy obvykle obsahují dostatečné množství celkového fosforu, množství přístupného fosforu je velmi malé, a může se proto stát limitujícím prvkem růstu rostlin. Z hlediska trvale udržitelného zemědělství je třeba alespoň část fosforu potřebného pro rostliny uhradit z jiných zdrojů. Schopnost transformovat málo rozpustné fosfáty do forem rozpustných byla prokázána asi u 20 až 30 % půdních mikroorganismů (Kucey, 1983; Halder, Chakrabarty, 1993; Mikanová, Kubát, 1994). Schopnost solubilizovat fosfor lze *in vitro* snadno dokázat. Tato skutečnost vedla již dříve ke snahám vyrábět bakteriální preparáty – biohnojiva obsahující P-solubilizující mikroorganismy. Tyto preparáty však po aplikaci do půdy nespínlily očekávané výsledky (Mishustin, Naumova, 1962; Brown, 1974). Represe P-solubilizační aktivity rozpustnými minerálními fosfáty se v současné době ukazuje jako jedna z pravděpodobných příčin malé účinnosti preparátů v půdě. Goldstein, Liu (1987) zjistili, že solubilizace fosfátů u *Erwinia herbicola* a *Escherichia coli* je indukována nedostatkem přístupného fosforu a potlačována zvýšenou hladinou rozpustných ortofosfátů v půdě.

V této práci jsme se snažili zjistit, zda represe P-solubilizační aktivity rozpustnými minerálními fosfáty není jednou z příčin rozdílných výsledků získaných *in vitro* a výsledků získaných s týmiž kmeny v nádobových pokusech se zemínou (Mikanová et al., 1995).

MATERIÁL A METODA

Izoláty P-solubilizujících rizosférických mikroorganismů byly získány z rizosféry obilnin pěstovaných v nádobových a polních pokusech ve VÚRV Praha-Ruzyň. Tyto izoláty jsou uchovávány ve sbírce na Hirtheho agaru. Jejich P-solubilizační aktivita byla testována na agarových deskách s P-agarem při různých úrovních roz-

pustného fosfátu (0 až 50 mmol P.ml^{-1} v agaru). Složení P-agaru: glukóza 10,0 g, asparagin 1,0 g, K_2SO_4 0,2 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,4 g, kvasničný autolyzát 0,2 g, agar 17 g na 1 l destilované vody. Před rozléváním se přidají roztoky Na_3PO_4 7 ml a CaCl_2 3 ml na 200 ml agaru. Roztoky obsahují 10,9 g $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a 22,0 g CaCl_2 a každý je doplněn na 100 ml destilovanou vodou. Přidáním roztoků získá agar mléčný zákal vzniklého fosforečnanu vápenatého, v němž P-solubilizující organismy vytvoří prosvětlené zóny. K tomuto agaru byl po vysrážení přidáván rozpustný fosfor ve formě KH_2PO_4 . Celkem bylo ve třech opakovaných testováních 32 izolátů.

Vybrané izoláty byly testovány v tekutých třepávných kulturách. Kulturační médium (stejně jako pro P-agar, ale bez agaru, CaCl_2 a Na_3PO_4) bylo rozléváno po 100 ml do 250 ml Erlenmayerových baněk a do každé bylo přidáno 0,05 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Jako v předchozím případě byl přidán KH_2PO_4 v různých koncentracích (0, 1, 10, 30 a 50 mmol P.ml^{-1}). Inokulační suspenze byly připraveny z kultur pěstovaných na Hirtheho agaru. Do jednotlivých baněk byly očkovány 2 ml suspenze. Baňky byly inkubovány sedm dní při teplotě 28 °C za stálého třepání. Každá varianta měla tři opakování. Po inkubaci bylo médium odstředeno (10 min při 5 000 otáčkách), supernatant byl filtrován a do filtrátu bylo stanoveno množství fosforu (Murphy, Riley, 1962); metoda byla upravena (Macháček, Kotek, 1987).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Testace P-solubilizujících mikroorganismů na agarových deskách potvrdila jejich větší či menší schopnost uvolňovat fosfor z nerozpustného fosforečnanu vápenatého; 19 z 32 testovaných izolátů tuto aktivitu vykazovalo i za přítomnosti 10 mmol rozpustného P v 1 ml média a z nich 10 i na agaru obsahujícím 50 mmol P.ml^{-1} (tab. I).

V tekutých třepávných kulturách byly testovány čtyři izoláty, které v testech na agarových deskách vykazovaly vysokou P-solubilizační aktivitu (bez přítomnosti rozpustného fosfátu v médiu) a lišily se v tom, zda tato aktivita byla (26, 141) nebo nebyla (86, 291) reprimována rozpustným fosfátem. Byla ověřena vysoká akti-

I. Tvorba zón (mm) v P-agaru při zvyšující se koncentraci rozpustného fosfátu v médiu – Diameter of lysis zone (mm) in P-agar with a soluble phosphate at raising concentration

Číslo izolátu ¹	Koncentrace rozpustného P v P-agaru ² (mmol.ml ⁻¹)		
	0	10	50
86	17,7	5,3	12,8
291	12,3	14,6	8,7
26	12,0	0	0
88	11,2	0	0
44	10,6	0	0
141	9,8	3,6	0
25	9,5	3,3	0
50	8,9	0	0
147	5,9	4,0	3,3
42	5,4	0	0
181	5,1	3,0	2,9
243	5,0	4,5	5,1
290	4,9	2,2	0
33	4,7	2,5	2,9
138	4,6	3,8	2,2
186	4,3	3,9	1,3
244	4,2	4,9	3,9
2	3,4	0	0
3	2,8	4,3	0
38	2,7	3,4	4,2
62	2,0	1,6	0
61	2,0	1,0	0
1	1,9	0,3	0
202	1,7	1,3	0
19	1,6	1,0	0
85	1,3	0	0
152	1,3	0	0
12	1,2	0	0
16	1,2	0	0
4	1,2	0	0
20	1,0	1,0	0
21	1,0	0,5	0

¹number of isolate, ²concentration of soluble P in P-agar

vita všech testovaných izolátů v médiu bez přidavku rozpustného fosfátu (tab. II). Při srovnání reprimovaného (26) a nereprimovaného (86) izolátu bylo rovněž potvrzeno, že aktivita nereprimovaného izolátu 86 byla vyšší než reprimovaného izolátu 26 při všech koncentracích. Při srovnání dalších dvou izolátů však byl pozorován obrácený poměr.

V submerzních kulturách s různou hladinou rozpustného fosfátu bylo testováno také šest kmenů rodu *Rhizobium*, u kterých byla již dříve prokázána P-solubilizační aktivita. Bylo použito stejné médium jako v předchozím případě a byl přidán KH_2PO_4 v koncentracích 0, 10 a 30 mmol P.ml⁻¹. Výsledky jsou uvedeny

II. Testace úrovně P-solubilizující aktivity v tekutých třepaných kulturách při stoupající koncentraci rozpustného fosfátu v médiu – P-solubilizing activity in liquid shaken cultures with a soluble phosphate at raising concentration of soluble phosphate in medium

Číslo izolátu ¹	Koncentrace rozpustného P v médiu ² (mmol P.ml ⁻¹)				
	0	1	10	30	50
	mg P.l ⁻¹				
Kontrola ³	4,0	33,5	345,6	1 239,6	1 941,6
86	53,3	90,9	393,2	1 211,6	1 912,6
26	48,3	83,0	366,4	1 043,6	1 848,0
291	79,5	92,9	396,2	980,0	1 690,0
141	78,3	111,4	477,3	1 005,4	1 756,4

¹number of isolate, ²concentration of soluble P in medium, ³control

III. Testace kmenů rodu *Rhizobium* v submerzních kulturách s různou hladinou rozpustného fosfátu – P-solubilizing activity of *Rhizobium* strains in liquid shaken cultures with a soluble phosphate of different level

Kmen ¹	Koncentrace rozpustného P v médiu ² (mmol P.ml ⁻¹)			
	0	5	10	30
	mg P.l ⁻¹			
Kontrola ³	1,9	150,6	318,0	944,0
D663	65,4	230,9	418,0	1 292,0
D564	45,0	153,3	410,0	1 336,7
D55	37,7	249,2	490,0	1 253,3
D661	34,0	260,2	354,0	1 200,0
D558	21,4	150,2	296,0	960,0
D559	18,4	267,5	621,7	1 486,7

¹strain, ²concentration of soluble P in medium, ³control

v tab. III. Ze srovnání těchto kmenů vyplývá rozdílná P-solubilizační aktivita při stupňovaných koncentracích rozpustného fosfátu. Kmeny D55 a D661, které mají srovnatelnou P-solubilizační aktivitu, si zachovávají stejnou schopnost solubilizace pouze při hladině fosfátu 5 mmol P.ml⁻¹. Při hladině 10 a 30 mmol P.ml⁻¹ se u kmene D661 projevila zřetelná inhibice solubilizační aktivity.

Výsledky našich prací se shodují s výsledky, které získali Goldstein, Liu (1987), a potvrzují hypotézu, že existují mikroorganismy, jejichž P-solubilizační aktivita je v přítomnosti rozpustného fosfátu reprimována, a mikroorganismy, u nichž k represii nedochází.

Výzkum je financován za příspěvní GA ČR, grant č. 502/95/0945.

LITERATURA

BROWN, M. E.: Seed and root bacterization. Ann. Rev. Phytopathol., 12, 1974: 181–197.

ALELOPATICKÉ OVLIVNĚNÍ KLÍČIVOSTI VYBRANÝCH DRUHŮ JETELOVIN A KOSTŘAVY RÁKOSOVITÉ (*FESTUCA ARUNDINACEA* SCHREB.)

ALLELOPATHIC EFFECTS ON GERMINATION PERCENTAGE IN SOME LEGUMINOUS AND TALL FESCUE (*FESTUCA ARUNDINACEA* SCHREB.)

M. Smolíková, L. Bartošová

Research Institute for Fodder Crops, Ltd., Troubsko, Czech Republic

ABSTRACT: The study was performed to examine interactions in seed germination in a mixture of leguminous crops and grasses. In red clover (*Trifolium pratense*), lucerne (*Medicago sativa*), birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) seeds grown in association with tall fescue (*Festuca arundinacea*) germination percentage was evaluated on days one to seven. The experiments involved two treatments of seed geometry and two treatments of seed density. The species grown in monoculture served as control. The effect of released allelopathic substances was most marked in a combination of birdsfoot trefoil and grass resulting in reduced germination percentage of both seeds at the start of culture. The allelopathic effects of substances released from seeds acted inhibitory or stimulating in the first days of germination. To the end of evaluation there were no significant differences in germination percentage among seed mixtures and the controls. Sowing density and seed geometry had no unambiguous and significant effect on germination percentage. Of the leguminous crops studied birdsfoot trefoil exhibited the highest allelopathic potential and also tall fescue was considered as a grass with a high allelopathic potential. The results are in good agreement with the concentrations of phenolic substances given in a follow-up to this study.

allelopathy; germination percentage; leguminous crops; *Festuca arundinacea*

ABSTRAKT: Bylo sledováno vzájemné ovlivnění klíčivosti semen při společné kultivaci vybraných jetelovin a kostřavy rákosovité. U semen jetele lučního (*Trifolium pratense*), vojtěšky seté (*Medicago sativa*), štirovníku růžkatého (*Lotus corniculatus*) v kombinaci s kostřavou rákosovitou (*Festuca arundinacea*) byla první až sedmý den hodnocena klíčivost semen. Pokusy zahrnovaly dvě varianty vzájemného uspořádání semen a dvě varianty hustoty semen, samostatně kultivované druhy byly kontrolní. Vliv uvolňovaných alelopatik se nejvýrazněji projevil v kombinaci štirovníku růžkatého s trávou průkazně sníženou klíčivostí semen obou komponent na počátku kultivace. Alelopatické působení látek uvolněných ze semen se projevilo jak inhibičně, tak stimulačně v prvních dnech klíčení, ke konci hodnocení nebyly stanoveny průkazné rozdíly v klíčivosti mezi kombinacemi semen a kontrolami. Faktory hustoty a uspořádání semen nepůsobily na klíčivost jednoznačně a průkazně. Z pokusných jetelovin vykazoval štirovník růžkatý nejvyšší alelopatický potenciál a rovněž kostřava rákosovitá působila jako tráva s vysokým alelopatickým potenciálem. Výsledky korespondují se stanovenými koncentracemi fenolických látek.

alelopatie; klíčivost; jeteloviny; *Festuca arundinacea*

ÚVOD

Alelopatie je definována jako biochemická interakce mezi různými rostlinnými druhy (včetně půdních mikroorganismů). Alelopatické působení je významné pro vzájemné vztahy mezi rostlinnými druhy jak v přirozených ekosystémech, tak v agrosystémech (Ben-Hammouda et al., 1995; Yamamoto, 1995).

Zakládání a pěstování jetelotravních směsí je spojeno s některými problémy. Při provádění přísevu jetelovin do lučního porostu dochází ke špatnému vzcházení vysévané složky a k jejímu postupnému vyhytnutí.

U jetelotravních porostů na orné půdě je zase problematické udržet v porostu žádoucí poměr jetelové a travní složky. Předpokládá se, že příčinou vzniku těchto nepříznivých jevů je působení alelopatik, čili že v jetelotravním společenstvu dochází k vytváření poměrně silných vazeb s negativním dopadem na jetelovou složku buď ve fázi jejího vzcházení, nebo až u intaktní rostliny (Tiley, Frame, 1988; Kohoutek, 1993).

Alelopatické působení při klíčení pěstovaných druhů je možné posuzovat jako sekundární projev primárních vlivů alelopatik na metabolické procesy (Winter,

1961). Fytotoxický vliv látek uvolněných kořenovými exsudáty, resp. rozkladem zbytků byl testován při klíčení a růstu semenáčků společně pěstovaných druhů. Tyto toxické látky, identifikované většinou jako fenolické sloučeniny, mohou být uvolňovány nebo produkovány z listů, kořenovými výměšky, volatilizací z rostoucích rostlin a rozkladem zbytků mikroorganismy (Rice, 1984).

V předložené práci, která je částí studie alelopatického působení v jetelovinnotravních systémech, byl sledován vliv uvolňovaných alelopatik na energii klíčení a klíčovost semen při společné variantní kultivaci jetelovin a kostřavy rákosovité. Cílem bylo zhodnocení alelopatického potenciálu vybraných jetelovin a kostřavy rákosovité ve fázi klíčení semen.

MATERIÁL A METODA

Všechny pokusy zahrnovaly dvě varianty vzájemného uspořádání semen (jeteloviny a kostřavy rákosovité) a dvě varianty hustoty semen. Samostatně kultivované druhy sloužily jako kontrola. Pro společnou kultivaci semen byly použity druhy: jetel luční (*Trifolium pratense*, cv. Vesna), vojtěška setá (*Medicago sativa*, cv. Zuzana), štirovník růžkatý (*Lotus corniculatus*, cv. Lotar) a kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*, cv. Kora).

Semena byla krátkodobě (5 min) sterilována slabým roztokem $KMnO_4$, opláchnuta destilovanou vodou a rozmístěna do 90mm Petriho misek s navlhčeným filtračním papírem (3 ml H_2O). V průběhu kultivace byl denně přidáván 1 ml destilované vody. Klíčení probíhalo v kultivační místnosti s režimem 16 h světlo, 8 h tma a s teplotou v rozmezí 22 až 27 °C.

Uspořádání pokusů (varianty):

- A – 50 semen jeteloviny + 50 obilek kostřavy rákosovité, řadové uspořádání;
- B – 50 semen jeteloviny + 50 obilek kostřavy rákosovité, šachovnicové uspořádání;
- C – 30 semen jeteloviny + 30 obilek kostřavy rákosovité, řadové uspořádání;
- D – 30 semen jeteloviny + 30 obilek kostřavy rákosovité, šachovnicové uspořádání.

Kontrola:

- K_A – 100 semen jeteloviny;
- K_B – 100 obilek kostřavy rákosovité;
- K_C – 60 semen jeteloviny;
- K_D – 60 obilek kostřavy rákosovité.

Každá varianta měla pět opakování. Výsledky pro jednotlivé dny hodnocení byly zpracovány analýzou variance při použití modelu dvojnásobného třídění a významnost rozdílů byla posouzena Tukeyovým testem. Hodnoty klíčení v procentech byly pro statistické zpracování transformovány na $\arcsin \sqrt{\%}$ (Mudra, 1958).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Klíčení ověřovaných jetelovin bylo možné hodnotit následující den po založení pokusu, tj. první den kultivace. Obilky trav měly počáteční energii klíčení nízkou a klíčivé obilky byly stanoveny třetí až čtvrtý den kultivace.

Při kultivaci jetele lučního s kostřavou rákosovitou (tab. I) byla pozorována nižší energie klíčení jetele lučního v prvních dnech kultivace. Průkazné snížení klíčivosti jetele lučního však bylo potvrzeno jen u varianty s hustým výsevem při uspořádání semen v řadách (A) proti kontrole ve druhém dni kultivace. Klíčivost kostřavy rákosovité byla ve variantě s hustým výsevem a šachovnicovým způsobem uspořádání semen (B) průkazně snížena proti kontrole v počáteční fázi klíčení (třetí a čtvrtý den kultivace). Ve variantě s řídkým výsevem byla inhibice klíčení travních obilek průkazná vzhledem ke kontrole u obou způsobů založení semen (C, D) třetí den hodnocení a čtvrtý den jen u varianty se šachovnicovým způsobem založení semen (D). Ve variantě s řadovým uspořádáním semen (C) byla energie klíčení čtvrtý den průkazně vyšší proti šachovnicovému založení (D).

V tab. II jsou uvedeny výsledky z kultivace vojtěšky seté a kostřavy rákosovité. Inhibiční působení travní komponenty na klíčivost semen vojtěšky seté se ve variantě s hustým výsevem (A, B) projevuje u obou způsobů založení semen v porovnání s kontrolou, avšak hodnoty nejsou průkazné. V případě řídkého výsevu byla zjištěna průkazně vyšší klíčivost vojtěšky seté v prvním dni kultivace proti variantám s hustým výsevem včetně kontroly. Inhibiční vliv travních obilek se u těchto variant (C, D) neprojevilo.

Inhibice klíčení obilek kostřavy rákosovité vojtěškou setou byla pozorována ve všech variantách čtvrtý a pátý den kultivace. Vzhledem ke kontrolám jsou zjištěné hodnoty průkazně nižší. Výjimkou je klíčivost kostřavy rákosovité ve čtvrtém dni u varianty C – procento klíčivosti je neprůkazně nižší proti kontrole, avšak průkazně vyšší proti procentu klíčivosti při šachovnicovém uspořádání semen. Konečná klíčivost obilek kostřavy rákosovité při společné kultivaci s vojtěškou setou, stanovená sedmý den hodnocení, byla neprůkazně nižší než u kontroly.

V pokuse, v němž byl kultivován štirovník růžkatý s kostřavou rákosovitou, se vzájemně inhibiční působení projevilo v prvních dnech klíčení jak u štirovníku růžkatého, tak i u kostřavy rákosovité vzhledem k dané kontrole (tab. III). Snížená klíčivost štirovníku růžkatého o 10 až 20 % proti kontrole byla průkazná ve všech variantách s výjimkou varianty C (řídký výsev, řadové uspořádání semen). Tato varianta měla průkazně vyšší klíčivost proti uspořádání šachovnicovému (varianta D), vzhledem ke kontrole byla daná hodnota neprůkazně nižší.

Výrazná inhibice v prvních dnech klíčení (tj. třetí a čtvrtý den hodnocení) se projevila u kostřavy rákosovité při společné kultivaci se štirovníkem růžkatým

I. Klíčivost semen (%) jetele lučního a kostřavy rákosovité – Germination percentage of seeds of red clover and tall fescue

Kultivační doba ¹ (dny ²)	Varianty ³				Kontrola ⁴	
	A		B		AB	
	jetel ⁶	tráva ⁵	jetel	tráva	jetel	tráva
1	4,4	0	4,4	0	9,8	0
2	55,2	0	67,2	0	77,0**	0
3	84,8	2,0	82,0	0	88,8	2,4*
4	88,4	62,8	86,0	52,0	90,4	64,4*
5	89,2	88,0	88,4	84,8	90,6	88,6
7	89,2	92,4	88,4	90,4	90,6	95,2
	C		D		CD	
1	4,7	0	4,7	0	7,0	0
2	70,0	0	56,7	0	74,3	0
3	86,7	0	85,3	0	90,7	7,3*
4	92,7	69,3**	88,0	53,3	91,0	67,0*
5	92,7	92,7	90,0	86,7	91,0	90,7
7	92,7	95,3	90,0	92,0	91,0	95,3

Vysvětlivky k tab. I až III:

- A – 50 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 50 obilek trávy, řadové uspořádání
 B – 50 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 50 obilek trávy, šachovnicové uspořádání
 C – 30 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 30 obilek trávy, řadové uspořádání
 D – 30 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 30 obilek trávy, šachovnicové uspořádání
 Kontrola AB – 100 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 100 obilek trávy
 Kontrola CD – 60 semen jetele (vojtěšky, štirovníku) + 60 obilek trávy

Explanations to Tabs I to III:

- A – 50 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 50 grass caryopses, row arrangement
 B – 50 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 50 grass caryopses, chessboard arrangement
 C – 30 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 30 grass caryopses, row arrangement
 D – 30 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 30 grass caryopses, chessboard arrangement
 Control AB – 100 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 100 grass caryopses
 Control CD – 60 clover seeds (lucerne, birdsfoot trefoil) + 60 grass caryopses

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

¹cultivation time, ²days, ³variants, ⁴control, ⁵grass, ⁶clover

II. Klíčivost semen (%) vojtěšky seté a kostřavy rákosovité – Germination percentage of seeds of lucerne and tall fescue

Kultivační doba ¹ (dny ²)	Varianty ³				Kontrola ⁴	
	A		B		AB	
	vojtěška ⁶	tráva ⁵	vojtěška	tráva	vojtěška	tráva
1	1,2	0	0	0	2,6	0
2	66,8	0	60,4	0	56,2	0
3	80,8	15,2	80,8	12,4	86,0	24,2
4	83,2	61,6	82,0	50,8	87,2	84,0**
5	83,6	85,2	82,8	84,8	87,8	93,6**
7	83,6	95,2	82,8	94,8	87,8	97,2
	C		D		CD	
1	7,3**	0	8,7**	0	8,7**	0
2	74,0	0	68,7	0	73,3	0
3	84,7	15,3	79,3	17,3	83,0	18,7
4	87,3	73,3**	83,3	59,3	85,7	84,3**
5	87,3	84,7	84,7	73,3	85,7	93,0**
7	87,3	94,7	84,7	90,0	85,7	95,7

** $P < 0,01$

For 1–5 see Tab. I, ⁶lucerne

Kultivační doba ¹ (dny ²)	Varianty ³				Kontrola ⁴	
	A		B		AB	
	štirovník ⁶	tráva ⁵	štirovník	tráva	štirovník	tráva
1	0	0	0	0	2,2**	0
2	54,4	0	49,6	0	69,8**	0
3	71,6	22,4	69,6	33,6**	80,8	61,4**
4	76,4	71,6	76,8	78,0	83,0	93,2**
5	84,0	83,2	80,4	90,4	83,0	93,2*
7	86,8	93,2	84,4	95,2	84,0	95,0
	C		D		CD	
1	0	0	0	0	1,0	0
2	61,3**	0	51,3	0	73,3**	0
3	74,0	16,6	68,0	14,6	79,6	31,6**
4	78,6	66,6	80,0	62,6	83,0	84,3**
5	80,6	88,6	80,0	86,0	83,0	91,6
7	82,0	94,0	80,0	92,0	84,6	95,0

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

For 1–5 see Tab. I, ⁶birdsfoot trefoil

vzhledem ke kontrolám. Ve třetím dni kultivace bylo klíčení průkazně stimulováno vyšší hustotou semen v případě šachovnicového založení proti oběma variantám řídkého výsevu.

Alelopatické vztahy mezi jetelovinovou a travní komponentou byly nejvýraznější v případě štirovníku růžkatého a kostřavy rákosovité. Došlo k průkaznému snížení klíčivosti semen obou komponent v počátcích společné kultivace. S průběhem kultivace se rozdíl snižovaly. Peters et al. (1981) při sledování alelopatických vlivů kostřavy rákosovité na klíčení semen štirovníku růžkatého a jetele lučního zjistili nižší klíčivost semen obou jetelovin i průkaznou inhibici růstu kořenů a nadzemní části rostlin. Tyto jeteloviny jsou v USA často spolu s kostřavou rákosovitou užívány v pastevních směsích. V našem pokuse byla semena jetele lučního inhibována na počátku klíčení pouze ve variantách s hustým výsevem. Jako faktory odpovědné za alelopatický účinek kostřavy rákosovité identifikovali Peters, Luu (1985) osm organických kyselin.

Vojtěška setá obsahuje značné množství alelopatiky aktivních sloučenin, jež uvolňuje do rizosféry. Zejména vysoká je koncentrace biologicky aktivních saponinů v kořenech – 4,2 % suché hmoty (Roshe et al., 1996). Jako růstové inhibitory vylučované do rizosféry vojtěškou a jinými plodinami byly identifikovány estrogenní izoflavonoidy. Chung, Miller (1995) uvádějí, že klíčení vojtěšky bylo sníženo na 64 % extraktem z kostřavy rákosovité vzhledem k 91% klíčivosti kontroly. V našem pokuse se vojtěška setá ukázala jako výraznější inhibitor klíčení semen než kostřava rákosovitá. Na rozdíl od působení jetele lučního a šti-

rovníku růžkatého je inhibiční působení vojtěšky seté časově posunuto do čtvrtého a pátého dne kultivace. I s přihlédnutím k tomuto časovému posunu byla nejvýraznější inhibice klíčení semen zaznamenána ve všech třech pokusech na počátku klíčení jetelovinové nebo travní komponenty. Tomu odpovídají i nejvyšší zjištěné koncentrace alelopatik (zejména fenolických látek) ve vodném výluhu po dobu 24 h společné kultivace semen jetelovin a trav (Kubáň et al., 1996).

Hustota výsevu semen a s tím i předpokládaná koncentrace alelopatik se projevily různě v jednotlivých pokusech, a to jak u jetelovin, tak i kostřavy rákosovité. Oproti předpokladu působila vyšší hustota semen štirovníku růžkatého na klíčení obilek kostřavy rákosovité ve srovnání s řídkým výsevem spíše stimulačně. V ostatních případech není ovlivnění hustotou jednoznačné.

Faktor uspořádání semen byl ještě méně výrazný. Ve většině případů byla klíčivost neprůkazně vyšší při lineárním uspořádání jetelovinových semen i obilek kostřavy rákosovité. Výjimkou byla vyšší průkazná inhibice klíčení obilek kostřavy rákosovité při kultivaci se štirovníkem růžkatým vzhledem k šachovnicovému uspořádání semen.

Klíčení semen a obilek bylo ovlivněno jak stimulačně, tak inhibičně v prvních dnech klíčení, ke konci hodnocení se rozdíl v klíčivosti víceméně vyrovnaly.

Poděkování

Tato práce byla podporována GA ČR (grant č. 503/94/1289).

LITERATURA

- BEN-HAMMOUDA, M. – KREMER, R. J. – MINOR, H. C.: Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings. *Crop Sci.*, 35, 1995: 1652–1656.
- CHUNG, I. M. – MILLER, D. A.: Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. *Agron. J.*, 87, 1995: 767–772.
- KOHOUTEK, A.: Přisevy jetele lučního Kvarta do travního porostu čtyřmi typy bezorebných sečích strojů. In: Půdochraná technologie v pěstování rostlin, Brno, 1993.
- KUBÁŇ, V. – ABSOLINOVÁ, H. – KLEJDUS, B. – SMO-LÍKOVÁ, M. – BARTOŠOVÁ, L.: Allelopathic effects of phenolic compounds on germination in grass ecosystems. I. Separation and identification of phenolic acids by HPLC and CE. 1st Wld Congr. Allelopathy, Cadiz, Spain, 1996. 145 s.
- MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin, 1958.
- PETERS, E. J. – LUU, K. T.: Allelopathy in tall fescue. The chemical of allelopathy: biochemical interactions among plants. Chem. Soc. Washington, DC, 1985: 273–283.
- PETERS, E. J. – MOHAMMED ZAM, A. H. B.: Allelopathic effects of tall fescue genotypes. *Agron. J.*, 75, 1981: 56–58.
- RICE, E. L.: Allelopathy. 2nd ed. Orlando, Florida. Acad. Press 1984. In: RIZVI, S. J. H. – RIZVI, V. (ed.): Allelopathy. London, New York, Melbourne, Madras, Chapman and Hall 1992. 31 s.
- ROSCHE, I. – DIEPENBROCK, W. – WITTMANN, CH.: Allelopathic relationship between succeeding crop species in agroecosystems. 1st Wld Congr. Allelopathy, Cadiz, Spain, 1996. 96 s.
- TILEY, E. G. D. – FRAME, J.: Sward establishment and renovation without ploughing. Proc. 12th Gen. Meet. EGF, Dublin, 1988: 199–203.
- WINTER, A. G.: New physiological and biological aspects in inter-relationships between higher plants. Symp. Soc. Exp. Biol., 15, 1961: 229–244. In: RIZVI, S. J. H. – RIZVI, V. (ed.): Allelopathy. London, New York, Melbourne, Madras, Chapman and Hall 1992. 5 s.
- YAMAMOTO, Y.: Allelopathic potential of *Anthoxanthum odoratum* for invading *Zoysia*-grassland in Japan. *J. Chem. Ecol.*, 21, 1995: 1365–1373.

Došlo 23. 1. 1997

Kontakní adresa:

RNDr. Marta Smolíková, Výzkumný ústav pícninářský, s. r. o., Zahradní 1a, 664 41 Troubsko, Česká republika, tel.: 05/47 22 75 16, fax: 05/47 22 73 85

Ústav zemědělských a potravinářských informací

vydává

ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

Slovník je koncipován jako moderní odborná encyklopedie všech oborů zahradnictví, tj. ovocnářství, zelenářství, květinářství, sadovnictví, školkařství, vinařství, pěstování léčivých a aromatických rostlin, kultivovaných hub, zpracování ovoce a zeleniny. Obsahuje i termíny z oborů tropického a subtropického zahradnictví.

V jednotlivých přehledných a srozumitelných heslech jsou shrnuty současné poznatky nejen z oblasti zahradnictví, ale i z oblastí vědních oborů, které jsou zdrojem pokroku v zahradnictví.

Ve slovníku jsou vysvětleny nejzávažnější pojmy užívané v botanice, fyziologii, genetice a šlechtění, biotechnologii a ochraně rostlin. Tím se slovník stává potřebnou pomůckou každému, kdo pracuje s odbornou nebo vědeckou literaturou. S velkou zodpovědností jsou ve slovníku uvedeny platné vědecké i české názvy rostlin, jejich botanické členění i autoři názvů, což umožňuje napravit časté nepřesnosti uváděné v naší odborné literatuře.

Předpokládaný rozsah slovníku je 5 dílů formátu A4 (každý rok vyjde jeden díl). První díl má 440 stran textu včetně pérovek a černobílých fotografií a 32 barevných tabulí, druhý díl 544 stran a 40 barevných tabulí, třetí díl 560 stran a 40 barevných tabulí.

Cena prvního dílu je 295 Kč (bez poštovného), druhého 345 Kč, třetího 385 Kč. Čtvrtý díl se připravuje pro tisk.

Závazné objednávky zasílejte na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací
Encyklopedická kancelář
Slezská 7
120 56 Praha 2

VPLYV ODRODY A SPÔSOBU VÝSEVU NA TVORBU ÚRODY LUCERNY V PRVEJ KOSBE V TREŤOM ROKU VEGETÁCIE

THE EFFECT OF VARIETY AND TYPE OF UNDERSOWING ON PERFORMANCE OF FIRST LUCERNE CUT YIELD IN THIRD YEAR OF VEGETATION

P. Jamriška

Research Institute of Plant Production, Piešťany, Slovak Republic

ABSTRACT: In field experiments the effect of four lucerne varieties on yield structure of stands from undersowing in three maize hybrids and sowings without cover crop has been studied (Tabs I, II). Height, density and bulk density of stand, root weight average root thickness and length of lucerne tillering zone effects on yield according to lucerne varieties and residue of undersowing have been evaluated by path analysis (Tabs IV, V). The varieties affected number of plants and stems, bulk density of stand, main root thickness, length of tillering zone and dry matter yield. Undersowing residue had effect on length of tillering zone, main root thickness and on dry matter yield. Interaction of variety with undersowing residue was significant in dry matter yield. Only Regia variety in the stand without cover crop had a lower yield than the stand from undersowing in late maize hybrid. Regia in the stands from undersowing in this hybrid produced higher yield than Nitranka and Palava. Generally, the most significant effect on the yield was exerted by height ($r = +0.56$ up to $+0.87^{**}$) and bulk density of stand ($r = +0.43$ up to $+0.81^{**}$). On the other hand, stems number had the lowest effect ($r = +0.23$ up to -0.45). Height and bulk density of stand directly participated in the yield performance. Other analysed parameters had indirect effect and participated in the yield formation through height and stands bulk density. The stands from sowings without cover crop performed yield mainly by means of stand bulk density. On the contrary, the stands from undersowing in maize formed yield more by the stand height than by stand bulk density. The most distinct differences among varieties were between Regia and Nitranka. The Regia created denser stand (higher number of plants and stems per 1 m^2), higher stand bulk density, thinner main root and shorter tillering zone. While Nitranka yield was affected by stand height only, Regia yield was influenced by stand bulk density, stand height and root weight. It is remarkable that after two winter seasons Rod D and Palava varieties had such a number of plants which showed a negative correlation with the yield. From this point of view Regia variety ability to use effectively higher number of plants and stems than Palava and Nitranka for yield formation was outstanding. The Palava variety performed the yield slightly higher by stand height than by stand bulk density, root weight had in this case also a positive effect. Among analysed stand structure parameters, the most stable and relatively strongest was the relationship between the stand height and tillering zone length ($r = -0.52$ up to -0.86^{**}). Relatively strong and stable was also correlation between stand height and root weight ($r = +0.38$ up to $+0.93^{**}$), or relationship between stand bulk density and tillering zone length ($r = -0.31$ up to -0.79^{**}) or between plants number and stand bulk density ($r = -0.30$ up to -0.74^{**}).

lucerne; dry matter yield; structure of stand; effect of variety and undersowing

ABSTRAKT: V poľných pokusoch bola analyzovaná tvorba úrody štyroch odrôd lucerny z podsevu v troch hybridoch kukurice na siláž. Najvýraznejší vplyv na úrodu mala výška porastu ($r = 0,56$ až $0,87$) a objemová hmotnosť porastu ($r = 0,43$ až $0,81$), vždy v priamom účinku. Porasty z podsevu tvorili úrodu viac výškou ako objemovou hmotnosťou, naopak porasty z výsevu bez krycej plodiny tvorili úrodu viac objemovou hmotnosťou. Zo skúmaných odrôd boli najväčšie rozdiely medzi odrodami Regia a Nitranka, Regia mala hustejší porast (väčší počet rastlín i stoniek na 1 m^2) a vyššiu objemovú hmotnosť porastu. Kým na úrodu odrody Nitranka pozitívne pôsobila len výška, na tvorbe úrody odrody Regia sa podieľala okrem výšky viac objemová hmotnosť, pozitívny vplyv tu mala i hmotnosť koreňov. Napriek tomu, že išlo o tretí rok vegetácie, pri odrodách Rod D a Palava pôsobil počet rastlín na úrodu negatívne.

lucerňa; úroda sušiny; štruktúra porastu; vplyv odrody a podsevu

Pri ekonomizácii pestovania lucerny a stabilizácii jej úrod bude narastať význam odrody (Sheard, 1989). V našich podmienkach však v tomto smere prevláda určitá skepsa. Príčinou sú okrem biologických zvláštností tejto plodiny proklamovanie uniformity sortimentu a snád' i absencia náležitých testovania odlišností pri tvorbe úrody jednotlivých odrôd. Cieľom predloženej práce bola analýza tvorby úrody štyroch odrôd lucerny v prvej kosbe tretieho roku vegetácie, ktoré boli v roku sejby podsiate do troch hybridov kukurice na siláž. Podsev do kukurice bol zvolený ako jedna z možností ekologickej racionalizácie v pestovaní kukurice (Bigler et al., 1995) a prvá kosba v treťom roku vegetácie ako obdobie vhodné na testovanie odlišností v tvorbe úrody medzi odrodami. Prezentované výsledky sme získali pri riešení subetapy výskumnej úlohy (Jamriška, 1993).

MATERIÁL A METÓDA

Poľné pokusy sme zakladali trikrát po sebe v kukurickej výrobnnej oblasti na hľinitej degradovanej černoziemi 170 m n. m. Dlhodobý priemer teplôt stanovišťa je 9,1 °C za rok a 15,73 °C za vegetačné obdobie, v priemere za rok tu naprší 625 mm, z toho 352 mm vo vegetačnom období. Do troch hybridov kukurice na siláž: veľmi skorý CE 185, stredne neskorý TO-MV 335 a neskorý TO-MV 460 sa hneď pri sejbe kukurice (27. až 29. 4.) podsevali štyri odrody lucerny: Palava, Nitranka, Rod D a Regia. Kontrolnými variantami boli výsevy bez krycej plodiny. Pokus bol založený metódou pozdĺžnych dielcov, hlavné dielce boli hybridy kukurice, odrody lucerny tvorili poddielce, celkom 16 variantov bolo randomizovaných v štyroch opakovaníach, zberová parcela bola 5 m dlhá a 1,25 m široká. Podrobnejší metodický postup je popísaný v predchádzajúcej práci (Jamriška, 1995). Pokusné roky tretieho roku vegetácie (1988, 1989, 1990) boli teplotou na úrovni normálu (100, 102 a 98 %), zrážkami mierne až zreteľne pod normálom (93, 66 a 91 %).

Prvú kosbu sme zberali na začiatku butonizácie. Úrodu sme zisťovali vážením všetkej hmoty maloparcelkovým zberačom. Výšku porastu sme zisťovali meraním zo vzoriek odoberaných pred kosbou, objemovú hmotnosť porastu sme vypočítali z hodnôt výšky porastu a úrody ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Počet rastlín i hmotnosť koreňov sme zisťovali na jeseň pred vyoraním porastu, vykopaním rastlín i koreňov z hĺbky 250 mm a dĺžky 1 m jedného riadku z troch opakovaní. Po vysušení koreňov sme merali hrúbku hlavných koreňov pod krčikom i 250 mm v pôde a dĺžku zóny odnožovania. Zistené hodnoty štruktúry porastu i koreňov sme spracovali analýzou rozptylu a rozdiely vyhodnotili Tukeyovým testom. Úsekovou analýzou sme stanovili vplyv hodnotených prvkov štruktúry porastu i koreňov na úrodu podľa odrôd lucerny i podľa rezídua podsevu lucerny do hybridov kukurice.

Na výšku porastu nemali vplyv odrody lucerny ani hybridy kukurice (tab. I). Odroda Regia mala viac rastlín na 1 m^2 ako Nitranka i Palava. Odrody lucerny pôsobili preukazne na počet stoniek, Rod D i Regia vytvorili hustejší porast ako Palava alebo Nitranka. Najviac stoniek na jednej rastline (3,1) vytvorila odroda Rod D, najmenej (2,4) odroda Regia. Obe tieto odrody mali vyššiu objemovú hmotnosť porastu ako Nitranka. Porast založený bez krycej plodiny vytvoril významne nižšiu úrodu ako porasty z podsevu v hybridoch CE 185 a TO-MV 460. Z odrôd lucerny poskytla Nitranka nižšiu úrodu ako ostatné tri. Rozdiely medzi odrodami spôsobilo aj rezíduum podsevu do neskorého hybridu TO-MV 460. Odroda Regia v tejto interakcii poskytla vyššiu úrodu ako Nitranka i Palava. Úroda odrody Regia predstavovala pritom jediný prípad vyššej úrody z podsevu oproti porastu z výsevu bez krycej plodiny.

Na hmotnosti sušiny koreňovej hmoty sa nepreukázalo pôsobenie odrôd lucerny a hybridov kukurice (tab. II). Dĺžku odnožovacej zóny ovplyvňovali tak odrody lucerny, ako aj rezíduum podsevu do kukurice. Odroda Nitranka tvorila odnože na dlhšom úseku koreňového krčika ako Regia. Podobne porasty z výsevov bez krycej plodiny mali v priemere dlhšiu odnožovaciu zónu ako porasty z podsevu v stredne neskorom a neskorom hybride kukurice. Odrody lucerny sa líšili aj hrúbkou hlavného koreňa, Palava i Nitranka mali v priemere hrubší koreň ako Regia. Porasty z výsevov bez krycej plodiny mali hrubší koreň ako porasty z podsevu v neskorom hybride TO-MV 460. Priemernú hrúbku hlavného koreňa 250 mm v pôde ovplyvňovali len odrody lucerny, Nitranka mala hrubší koreň ako Regia.

Najväčšiu variabilitu zo skúmaných znakov vykazovali dĺžka odnožovacej zóny a hustota porastu vyjadrená počtom rastlín na 1 m^2 (tab. III). Zatiaľ čo dĺžku odnožovacej zóny okrem ročníka ovplyvňovali tak odrody lucerny, ako aj spôsob založenia porastu, na počet rastlín pôsobili len odrody lucerny. Najmenšiu variabilitu mali naopak objemová hmotnosť a výška porastu. Na objemovú hmotnosť porastu pôsobili pritom odrody lucerny, na výšku porastu však len ročníky.

Z úsekových analýz podľa odrôd lucerny (tab. IV) vyplýva, že výška porastu pôsobila pozitívne na úrody všetkých štyroch odrôd, objemová hmotnosť porastu i hmotnosť sušiny koreňovej hmoty pôsobili pozitívne na úrodu odrôd Palava a Regia. Naopak, počet rastlín bol v negatívnej korelácii s úrodou odrody Palava a Rod D. Výška porastu a jeho objemová hmotnosť sa podieľali na tvorbe úrody priamo, pri odrodách Nitranka i Rod D to dokumentujú aj preukazné hodnoty determinčných koeficientov. Ostatné faktory sa uplatňovali na tvorbe úrody nepriamo. Negatívny účinok počtu rastlín sa uskutočňoval prostredníctvom negatívneho vzťahu najmä s objemovou hmotnosťou, poprípade s výškou porastu pri odrode Palava a prostredníctvom

I. Vplyv založenia porastu a odrody na vybrané ukazovatele prvej kosby lucerney v treťom roku vegetácie – The effect of stand establishment and variety on selected indicators of lucerne first cut in third year of vegetation

Ukazovateľ ¹	Odroda lucerney ²	Hybrid kukurice ³			Bez krycej plodiny ⁴	Priemer ⁵
		CE 185	TO-MV 335	TO-MV 460		
Výška porastu ⁶ (mm)	Palava	790,00	781,67	794,17	805,83	792,02
	Nitranka	792,50	767,50	776,67	784,17	780,21
	Rod D	765,83	781,67	782,50	774,17	776,04
	Regia	794,17	776,67	789,17	769,17	782,29
	\bar{x}	785,63	776,88	785,63	783,34	782,87
Počet rastlín ⁷ (.m ⁻²)	Palava	191	198	226	202	204 b
	Nitranka	205	138	209	202	189 b
	Rod D	195	216	223	212	212 ab
	Regia	258	257	267	238	255 a
	\bar{x}	212	202	231	213	215
<i>Hd</i> ¹¹ odrody lucerney ¹² 44						
Počet stoniek ⁸ (.m ⁻²)	Palava	509	507	518	580	528 b
	Nitranka	549	541	568	545	551 b
	Rod D	684	640	596	685	651 a
	Regia	644	620	621	591	619 a
	\bar{x}	596	577	576	600	587
<i>Hd</i> odrody lucerney 52						
Objemová hmotnosť porastu ⁹ (kg.m ⁻³)	Palava	0,809	0,767	0,752	0,771	0,775 ab
	Nitranka	0,750	0,747	0,751	0,752	0,750 b
	Rod D	0,815	0,802	0,810	0,754	0,795 a
	Regia	0,796	0,794	0,853	0,745	0,797 a
	\bar{x}	0,792	0,777	0,791	0,756	0,779
<i>Hd</i> odrody lucerney 0,038						
Úroda sušiny ¹⁰ (t.ha ⁻¹)	Palava	6,40 ab	6,05 ab	5,97 b	6,19 ab	6,15 a
	Nitranka	5,93 b	5,81 b	5,81 b	5,87 b	5,86 b
	Rod D	6,21 ab	6,26 ab	6,32 ab	5,78 b	6,15 a
	Regia	6,33 ab	6,22 ab	6,71 a	5,76 b	6,26 a
	\bar{x}	6,22 a	6,09 ab	6,20 a	5,90 b	6,10
<i>Hd</i> odrody lucerney 0,28; hybridy kukurice ¹³ 0,28; interakcia ¹⁴ 0,74						

a, b, c – rôzne písmená znamenajú významnú odlišnosť – the different letter means significant difference

¹indicator, ²lucerne variety, ³maize hybrid, ⁴without cover crop, ⁵average, ⁶height of stand, ⁷number of plants, ⁸number of stems, ⁹bulk density of stand, ¹⁰dry matter yield, ¹¹SD, ¹²lucerne variety, ¹³maize hybrids, ¹⁴interaction

negatívneho vzťahu najmä s výškou, popri prípade s objemovou hmotnosťou porastu pri odrode Rod D. Pozitívny účinok koreňovej hmoty sa zase uplatňoval predovšetkým prostredníctvom pozitívnej relácie s výškou porastu pri odrode Palava a prostredníctvom pozitívneho vzťahu s výškou i objemovou hmotnosťou porastu pri odrode Regia.

Zo vzájomných vzťahov medzi skúmanými znakmi bola najsilnejšou negatívna korelácia medzi výškou porastu a dĺžkou odnožovacej zóny. Len pri odrode Nitranka zaostala intenzita tohto vzťahu pod úroveň preukaznosti. Takmer rovnako silným bol aj pozitívny vzťah medzi výškou porastu a hmotnosťou koreňov, ktorý nedosiahol hranicu významnosti opäť len pri odrode Nitranka. Relatívne o niečo slabšiu silu mala negatívna relácia medzi počtom rastlín a objemovou

hmotnosťou porastu s preukaznou úrovňou pri odrode Palava i Regia, podobne ako pozitívny vzťah medzi počtom stoniek a dĺžkou odnožovacej zóny, významný pri odrodách Palava a Rod D. Jednoznačným bol aj negatívny vzťah medzi výškou porastu a počtom stoniek, ktorý však dosiahol preukaznú úroveň len pri odrode Rod D, podobne ako aj záporná korelácia medzi hmotnosťou koreňov a dĺžkou odnožovacej zóny, významnou pri odrode Regia. Náznak rôznorodosti v smere účinku sa vyskytol medzi počtom stoniek a objemovou hmotnosťou porastu s preukazne pozitívnu reláciou pri odrode Rod D, jednoznačnou pozitívnu tendenciou pri odrodách Palava i Regia a náznakom negatívnej tendencie pri odrode Nitranka. Podobný náznak rôznorodosti bol vo vzťahu medzi počtom stoniek a hmotnosťou koreňov s preukazne negatívnu reláciou

II. Vplyv založenia porastu a odrody na vybrané parametre koreňovej hmoty lucerney v treťom roku vegetácie – The effect of stand establishment and variety on selected parameters of lucerne root mass in third year of vegetation

Ukazovateľ ¹	Odroda lucerney ²	Hybrid kukurice ³			Bez krycej plodiny ⁴	Priemer ⁵
		CE 185	TO-MV 335	TO-MV 460		
Hmotnosť sušiny koreňov ¹⁵ (g·m ⁻²)	Palava	1 004,89	1 085,78	1 032,44	1 170,67	1 073,45
	Nitranka	1 039,56	772,00	1 011,11	994,33	954,25
	Rod D	1 009,78	1 000,00	1 072,89	1 171,56	1 063,56
	Regia	1 070,67	1 136,45	1 044,89	1 037,78	1 072,45
	\bar{x}	1 031,23	998,56	1 040,33	1 093,59	1 040,93
Dĺžka odnožovacej zóny ¹⁶ (mm)	Palava	14,07	14,02	13,16	15,90	14,29 ab
	Nitranka	15,39	14,37	13,67	15,88	14,83 a
	Rod D	13,85	11,75	11,64	15,27	13,13 ab
	Regia	12,74	12,39	11,95	14,47	12,89 b
	\bar{x}	14,01 ab	13,13 b	12,61 b	15,38 a	13,79
<i>Hd</i> ¹¹ odrody lucerney ¹² 1,82; hybridy kukurice ¹³ 1,82						
Hrúbka hlavného koreňa pod krčikom ¹⁷ (mm)	Palava	6,01	6,42	5,58	6,90	6,18 a
	Nitranka	5,91	6,31	5,76	6,26	6,06 a
	Rod D	5,63	5,26	5,44	6,19	5,53 ab
	Regia	5,34	5,47	5,10	5,49	5,35 b
	\bar{x}	5,72 ab	5,87 ab	5,47 b	6,21 a	5,81
<i>Hd</i> odrody lucerney 0,60; hybridy kukurice 0,60						
Hrúbka hlavného koreňa 250 mm od krčika ¹⁸	Palava	2,75	2,78	2,46	2,93	2,73 ab
	Nitranka	2,74	3,01	2,57	2,65	2,74 a
	Rod D	2,81	2,53	2,47	2,68	2,62 ab
	Regia	2,49	2,58	2,41	2,39	2,46 b
	\bar{x}	2,70	2,73	2,48	2,66	2,64
<i>Hd</i> odrody lucerney 0,28						

For 1–14 see Tab. I, ¹⁵root dry matter weight, ¹⁶length of tillering zone, ¹⁷root thickness below crown, ¹⁸root thickness 250 mm from crown

pri odrode Rod D, so zreteľne negatívnou tendenciou pri odrodách Nitranka i Palava, a naopak, s náznakom pozitívnej tendencie pri odrode Regia. Zreteľnou rozmanitosťou sa vyznačovali vzťahy medzi objemovou hmotnosťou porastu a hmotnosťou koreňov s preukaznosťou v negatívnej relácii pri odrodách Nitranka a Rod D a s nepreukaznou pozitívnou tendenciou pri odrode Regia, popripade Palava.

V úsekových analýzach podľa hybridov kukurice, resp. spôsobu založenia porastu výška porastu významne pozitívne ovplyvňovala len úrodu podsevov z kukurice, a nie porastov z výsevov bez krycej plodiny (tab. V). Hmotnosť koreňov bola v pozitívnej korelácii s úrodou podsevov vo veľmi skorom i neskorom hybridide kukurice, objemová hmotnosť porastu pozitívne korelovala s úrodou podsevov z TO-MV 335 a z porastov bez krycej plodiny. Naopak, v zápornej korelácii s úrodou bol počet rastlín podsevov z hybridu TO-MV 335 i dĺžka odnožovacej zóny podsevov z CE 185. Výška i objemová hmotnosť porastu sa podieľali na tvorbe úrody priamo. Na podsevoch zo skorého i neskorého hybridu o tom svedčí preukazný determinatívny koeficient B_1 a na porastoch z výsevu bez krycej plodiny koeficient B_4 . Negatívny účinok počtu rastlín

(podsev z TO-MV 335) sa uplatňoval na úrode nepriamo prostredníctvom negatívnej korelácie s objemovou hmotnosťou i výškou porastu. Pozitívny účinok hmotnosti koreňov sa na úrode zas uskutočňoval prostredníctvom významne pozitívnej korelácie s výškou porastu (podsevy z CE 185 a TO-MV 460). Účinok dĺžky odnožovacej zóny sa nepriamo podieľal na tvorbe úrody prostredníctvom negatívnej korelácie s výškou porastu (podsev z CE 185).

Najsilnejším vzťahom medzi skúmanými znakmi bola i tu negatívna relácia medzi výškou porastu a dĺžkou odnožovacej zóny, významnú úroveň nedosiahla len na porastoch vysiatych bez krycej plodiny. Slabšie, avšak stále jednoznačné, boli pozitívny vzťah medzi výškou porastu a hmotnosťou koreňov s preukaznou úrovňou na podsevoch z veľmi skorého i neskorého hybridu a pozitívny vzťah medzi počtom stoniek a objemovou hmotnosťou porastu, preukazný na podsevoch z CE 185 a porastoch založených bez krycej plodiny. Podobne slabšie, ale ešte stále jednoznačné, boli negatívny vzťah medzi hmotnosťou koreňov a dĺžkou odnožovacej zóny s významnou úrovňou na podsevoch z neskorého hybridu i negatívny vzťah medzi výškou porastu a počtom stoniek, významný opäť na podsevoch z TO-MV 460.

III. Základné štatistické údaje vybraných faktorov úrody sušiny prvej kosby lucerny v treťom roku vegetácie – Basic statistical information of selected factors of dry matter yield of lucerne first cut in third year of vegetation

Faktor ¹	Štatistický údaj ²	Hybrid kukurice ³				Odroda lucerny ⁴				Priemer ⁵
		CE 185	TO-MV 335	TO-MV 460	bez krycej plodiny ⁶	Palava	Nitranka	Rod D	Regia	
Výška porastu ⁷ x_1 (mm)	\bar{x}	785,63	776,88	785,63	783,33	792,92	780,21	776,04	782,29	782,87
	s	84,21	103,53	76,12	95,31	92,41	92,34	88,65	87,52	90,47
	v	11	13	10	12	12	12	11	11	12
Počet rastlín ⁸ x_2 (.m ⁻²)	\bar{x}	212	202	231	213	204	189	212	255	215
	s	40,37	71,43	54,13	50,75	53,28	55,31	36,90	54,44	56,27
	v	19	35	23	24	26	29	17	21	26
Počet stoniek ⁹ x_3 (.m ⁻²)	\bar{x}	596	577	576	600	528	551	651	619	587
	s	111,12	165,53	78,42	95,47	80,68	72,78	95,94	75,99	95,77
	v	9	12	9	13	10	8	10	13	11
Objemová hmotnosť porastu ¹⁰ x_4 (kg.m ⁻³)	\bar{x}	0,792	0,777	0,791	0,756	0,775	0,750	0,795	0,797	0,779
	s	0,071	0,090	0,070	0,100	0,787	0,061	0,077	0,108	0,085
	v	9	12	9	13	10	8	10	13	11
Hmotnosť sušiny koreňov ¹¹ x_5 (g.m ⁻²)	\bar{x}	1 031,23	998,56	1 040,33	1 093,00	1 073,45	954,25	1 063,56	1 072,44	1 040,93
	s	213,54	181,88	187,84	154,66	205,72	179,86	179,31	145,84	187,06
	v	21	18	18	15	19	19	17	14	18
Dĺžka odnožovacej zóny ¹² x_6 (mm)	\bar{x}	14,07	13,13	12,61	15,38	14,29	14,83	13,13	12,89	13,79
	s	2,69	4,77	4,50	3,43	4,25	4,04	3,84	3,82	4,07
	v	19	36	36	22	30	28	29	30	30
Úroda sušiny ¹³ y (t.ha ⁻¹)	\bar{x}	6,22	6,09	6,20	5,90	6,15	5,86	6,15	6,26	6,10
	s	0,80	1,20	0,66	0,87	0,951	0,82	0,65	1,12	0,91
	v	13	20	11	15	15	14	11	18	15

\bar{x} – priemer – average, s – smerodajná odchýlka – standard deviation; v – variačný koeficient – variation coefficient

¹factor, ²statistical information, ³maize hybrid, ⁴lucerne variety, ⁵average, ⁶without cover crop, ⁷height of stand, ⁸number of plants, ⁹number of stems, ¹⁰bulk density of stand, ¹¹root dry matter weight, ¹²length of tillering zone, ¹³dry matter yield

IV. Korelačné matice úsekovkej analýzy účinku vybraných faktorov na úrodu sušiny lucerney v prvej kosbe v treťom roku vegetácie podľa odrôd lucerney – Correlation matrices of sectional analysis of the effect of selected factors on lucerne dry matter yield at first cut in third year of vegetation according to lucerne varieties

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Priamy účinok na y^1	Výrazný nepriamy účinok cez ²
Palava	x_1	1						0,636	
	x_2	-0,201	1					-0,025	x_4 -0,465
	x_3	-0,579	-0,264	1				-0,092	
	x_4	0,099	-0,737**	0,528	1			0,630	
	x_5	0,724**	0,123	-0,245	0,086	1		0,078	x_1 0,460
	x_6	-0,654*	-0,443	0,864**	0,437	-0,424	1	0,030	
	y	0,793**	-0,597*	-0,114	0,683*	0,599*	-0,211		
celkový príspevok ³ x_1-x_6 k určeniu ⁴ y : $R = 0,9996^{**}$, $n = 12$									
Nitranka	x_1	1						0,780	
	x_2	-0,260	1					-0,059	
	x_3	-0,564	0,337	1				0,016	
	x_4	0,013	-0,551	-0,064	1			0,560	
	x_5	0,463	0,172	-0,301	-0,620*	1		-0,050	
	x_6	-0,519	-0,266	0,287	0,534	-0,468	1	-0,075	
	y	0,826**	-0,547	-0,496	0,571	0,019	-0,153		
preukazný determinančný koeficient ⁵ $B_1 = 0,6442^*$, celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9996^{**}$, $n = 12$									
Rod D	x_1	1						1,001	x_4 -0,454
	x_2	-0,512	1					0,034	x_1 -0,514 x_4 -0,294
	x_3	-0,692*	-0,107	1				-0,064	x_4 0,692
	x_4	-0,470	-0,304	0,716**	1			0,966	
	x_5	0,612*	0,066	-0,669*	-0,628*	1		0,007	x_1 0,616 x_4 -0,607
	x_6	-0,766**	0,133	0,631*	0,360	-0,363	1	-0,017	x_1 -0,770 x_4 0,348
	y	0,595*	-0,769**	-0,087	0,427	0,067	-0,476		
preukazný determinančný koeficient $B_1 = 0,5978^*$, celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9978^{**}$, $n = 12$									
Regia	x_1	1						0,534	
	x_2	-0,061	1					-0,038	
	x_3	-0,449	-0,049	1				0,015	
	x_4	0,187	-0,603*	0,517	1			0,679	
	x_5	0,643*	0,163	0,033	0,347	1		0,017	
	x_6	-0,821**	-0,332	0,521	0,111	-0,688*	1	-0,073	x_1 -0,438
	y	0,727**	-0,454	0,090	0,808**	0,641*	-0,427		
celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9978^{**}$, $n = 12$									

x_1-x_6 ; y – vid tab. III – see Tab. III

¹direct effect on y , ²marked indirect effect through, ³total contribution, ⁴to determination, ⁵significant determination coefficient

DISKUSIA

Výška porastu mala najvýraznejší a najstálejší vplyv na úrodu (Schmidt, Martin, 1981). V našom prípade je to zvýraznené ešte tým, že ide o prvú kosbu v treťom roku vegetácie. Druhým najvýraznejším faktorom úrody bola objemová hmotnosť porastu. Oba rozhodujúce faktory sa uplatňovali na tvorbe úrody priamo, všetky ostatné nepriamo, práve prostredníctvom výšky a objemovej hmotnosti porastu. Na oba rozhodujúce faktory pôsobili okrem poveternostných podmienok v rozličnom smere a intenzite počet stoniek, počet rastlín, hmotnosť koreňovej hmoty, popri prípade i dĺžka

odnožovacej zóny. Z agronomického hľadiska je dôležité, že objemovú hmotnosť porastu možno ovplyvňovať odrodou.

Z ukazovateľov hustoty porastu sa pri počte rastlín vyskytli prípady depresívneho účinku na úrodu. Naproti tomu počet stoniek ako jediný z hodnotených ukazovateľov nedosiahol preukaznú úroveň vplyvu na úrodu, možno tu konštatovať nanajvyšší náznak depresívneho pôsobenia. Príčinou týchto relácií bola zrejme vyhranená intrašpecifická konkurencia, spôsobená vysokou úrodovou schopnosťou individuálnych rastlín, ktorá bola obmedzovaná vyššou ako optimálnou hustotou rastlín pre úživnú úroveň daného stanovišťa (K e p h a r t et

V. Korelačné matice úsekovkej analýzy účinku vybraných faktorov na úrodu sušiny lucerney v prvej kosbe v treťom roku vegetácie podľa hybridov kukurice – Correlation matrices of sectional analysis of the effect of selected factors on lucerne dry matter yield at first cut in third year of vegetation according to maize hybrids

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	Priamy účinok na y^1	Výrazný nepriamy účinok cez ²
CE 185	x_1	1						0,886	
	x_2	-0,221	1					0,027	
	x_3	-0,490	-0,092	1				-0,018	
	x_4	-0,120	-0,342	0,650*	1			0,687	
	x_5	0,873**	-0,051	-0,395	-0,030	1		-0,042	x_1 0,774
	x_6	-0,726**	-0,122	0,288	0,006	-0,523	1	0,021	x_1 -0,643
	y	0,753**	-0,403	0,014	0,559	0,706*	-0,604*		
preukazný determiničný koeficient ⁵ $B_1 = 0,6677^*$, celkový príspevok ³ x_1-x_6 k určeniu ⁴ y : $R = 0,9980^{**}$, $n = 12$									
TO-MV 335	x_1	1						0,651	
	x_2	-0,423	1					0,007	
	x_3	-0,078	-0,088	1				-0,018	
	x_4	0,394	-0,561	0,535	1			0,560	
	x_5	0,461	0,472	-0,069	0,109	1		-0,019	
	x_6	-0,698*	-0,083	0,270	0,227	-0,438	1	-0,007	x_1 -0,454
	y	0,866**	-0,589*	0,230	0,800**	0,350	-0,331		
celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9996^{**}$, $n = 12$									
TO-MV 460	x_1	1						0,954	
	x_2	0,201	1					0,058	
	x_3	-0,592*	0,459	1				0,004	x_1 -0,565
	x_4	-0,311	-0,358	0,157	1			0,804	
	x_5	0,927**	0,173	-0,530	-0,252	1		0,038	x_1 0,884
	x_6	-0,857**	-0,536	0,166	0,400	-0,785**	1	0,022	x_1 -0,817 x_4 0,322
	y	0,661*	-0,056	-0,388	0,505	0,636*	-0,475		
preukazný determiničný koeficient $B_1 = 0,6305^*$, celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9986^{**}$, $n = 12$									
Bez krycej plodiny ⁶	x_1	1						0,754	
	x_2	-0,285	1					0,012	
	x_3	-0,508	-0,107	1				-0,035	
	x_4	-0,223	-0,421	0,723**	1			0,873	
	x_5	0,380	0,114	0,160	-0,029	1		-0,019	
	x_6	-0,545	-0,510	0,536	0,573	-0,310	1	0,015	x_1 -0,411 x_4 0,500
	y	0,558	-0,577	0,216	0,683*	0,232	0,085		
preukazný determiničný koeficient $B_1 = 0,5961^*$, celkový príspevok x_1-x_6 k určeniu y : $R = 0,9992^{**}$, $n = 12$									

For 1-5 see Tab. IV, ⁶without cover crop

al., 1992). Účinok konkurencie sa prejavil i na počte stoniek a na ich premenlivosti, ktorá bola zreteľne nižšia ako pri počte rastlín. Stonky bývajú v rozličnej miere tak prostriedkom, ako i objektom konkurencie (Campbell et al., 1992).

Hmotnosť koreňov v rozličnej miere pozitívne korelovala s úrodou. Z hodnotených znakov na ňu najvýraznejšie pôsobila výška porastu – pozitívne, v rovnakom smere, ale menej intenzívne, tu pôsobil i počet stoniek. Naopak v negatívnej korelácií s hmotou koreňov boli počet rastlín, dĺžka odnožovacej zóny i objemová hmotnosť porastu. Pozoruhodné je, že na hrúbke hlavného koreňa sa ešte aj v treťom roku vegetácie prejavilo rezíduum podsevu. Rozdiely medzi odrodami v hrúbke koreňa pod kŕčikom i 250 mm v pôde indikujú, že napriek absencii

rozdielov v hmotě koreňov môžu byť medzi odrodami odlišnosti v štruktúre koreňovej hmoty (Bar et al., 1990). V našom prípade možno predpokladať, že na týchto rozdieloch sa podieľal aj počet rastlín.

Dĺžka zóny odnožovania mala síce najväčšiu premenlivosť, avšak po počte stoniek aj najmenší vplyv na úrodu. Tendencia jej negatívneho účinku dosiahla len v jednom prípade preukaznú úroveň. Medzi úrodou a morfológickými znakmi koreňového kŕčika býva obyčajne slabá korelácia (Marquez-Ortiz et al., 1992). Napriek tomu z prezentovaných analýz je zjavné, že dĺžka zóny odnožovania korelovala s výškou i hustotou porastu a s hmotnosťou koreňov. Napriek veľkej premenlivosti tohto znaku vplyv rezídua podsevu tu vytrval až do tretieho roku vegetácie.

Povšimnutia hodné boli odlišnosti v tvorbe úrody porastov z podsevu a z výsevu bez krycej plodiny. Kým porasty z podsevu tvorili úrodu viac prostredníctvom výšky ako objemovou hmotnosťou, na porastoch z výsevu bez krycej plodiny mala väčší vplyv objemová hmotnosť porastu. Rastliny všetkých odrôd lucerny z podsevu mali kratšiu zónu odnožovania. S prihliadnutím na predchádzajúce výsledky s podsevom lucerny do jarného jačmeňa (Jamriška, 1992) môžeme toto skrátenie považovať ako reakciu rastlín lucerny na kryciu plodinu. Vyššiu úrodu porastov z podsevu oproti porastom vysiatym bez krycej plodiny podmienila pravdepodobne tvrdšia konkurencia v podseve s vyselektovaním životaschopnejších jedincov a snád i väčší počet kosieb na porastoch bez krycej plodiny v roku sejby.

Čo sa týka odrôd, boli v tvorbe úrody najväčšie odlišnosti medzi odrodami Nitranka a Regia. Porasty odrody Nitranka tvorili úrodu najmä výškou, tento znak tu ako jediný pôsobil vysokovýznamne. Porasty odrody Regia tvorili úrodu o poznanie viac objemovou hmotnosťou ako výškou. Okrem toho jej úroda závisela od hmotnosti koreňovej hmoty, čo pri odrode Nitranka, poprípade Rod D prakticky absentovalo. V štruktúre porastu sa tieto relácie prejavili vyššou hustotou porastu odrody Regia, ktorá si uchovala zreteľne väčší počet rastlín na rovnakej ploche. Nitranka využívala teda o poznanie horšie priestor daný výškou porastu na tvorbu úrody ako Regia. Aj pri odrode Rod D bola výška rozhodujúcim faktorom úrody, hustota vyjadrená počtom rastlín ju už obmedzovala. Napriek tomu tu bol relatívne najslabší negatívny vzťah medzi počtom rastlín a počtom stoniek na jednej rastline (najvyšší počet stoniek na rastline bol 3,07). Tvorbu úrody odrody Palava ovplyvňovala výška porastu tiež výraznejšie ako objemová hmotnosť, navyše tu pozitívne pôsobila hmotnosť koreňov, počet rastlín bol aj tu obmedzujúcim činiteľom. S prihliadnutím na hodnoty počtu rastlín i stoniek a úrody možno predpokladať, že Palava tvorila stonky s najvyššou a Rod D s najnižšou hmotnosťou (1,16, resp. 0,94 g), čo naznačuje okrem environmentálnej i genetickú podmienenosť tohto ukazovateľa (Volenec et al., 1987).

Dĺžka odnožovacej zóny, resp. jej skrátenie na rastlinách z podsevu svojím spôsobom signalizuje odlišnú toleranciu odrôd alebo ich konkurenčnú schopnosť proti krycej plodine. Pozoruhodnou je interakcia odroda x reziduum podsevu, ktorá sa prejavila len v prvej kosbe, a nie v úrode za tretí rok spolu (Jamriška, 1993). Prvý aspekt spočíva v tom, že táto relácia má začiatok v podseve kukurice, pokračuje v prvej kosbe druhého

roku (Jamriška, 1995) a pretrváva do tretieho roku. Druhou pozoruhodnosťou je, že len na porastoch z podsevu v neskorom hybride (TO-MV 460) boli významné rozdiely v úrodách odrôd lucerny a len odroda Regia mala nižšiu úrodu na porastoch z podsevu tak v neskorom hybride, ako aj na porastoch z výsevu bez krycej plodiny. Naznačuje to špecifickú toleranciu hybridu TO-MV 460 a odrody Regia navzájom a snád i vhodnosť tejto odrody na podsev.

LITERATÚRA

- BIGLER, F. – AMMON, H. U. – HÖGGER, CH. – JÄGGI, W. – SCHUBIGER, F. X. – WALDBURGER, M. – WALTER, U. – WEISSKOPF, P. – FRIED, P. M.: Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993 Ökologie und Ökonomie in den Verfahren – eine Bilanz. *Agrarforschung*, 2, 1995 (9): 389–392.
- BRAR, G. S. – GOMEZ, J. F. – McMICHAEL, B. L. – MATCHES, A. G. – TAYLOR, H. M.: Root development of 12 forage legumes as affected by temperature. *Agron. J.*, 82, 1990 (5): 1024–1026.
- CAMPBELL, B. D. – GRIME, J. P. – MACKEY, J. M. L.: Shoot thrust and its role in plant competition. *J. Ecol.*, 80, 1992: 633–641.
- JAMRIŠKA, P.: Reakcia vybraných odrôd lucerny na spôsob založenia porastu. *Rostl. Výr.*, 38, 1992 (1): 63–72.
- JAMRIŠKA, P.: Výskum využitia kukurice na siláž a zeleno ako krycej plodiny datelinovín. [Záverečná správa.] Piešťany, VÚRV 1993.
- JAMRIŠKA, P.: Účinok hybridu silážnej kukurice na podsev lucerny. *Rostl. Výr.*, 41, 1995 (6): 275–282.
- KEPHART, K. D. – TWIDWELL, E. K. – BORTNEM, R. – BOE, A.: Alfalfa yield component responses to seeding rate several years after establishment. *Agron. J.*, 84, 1992 (5): 827–831.
- MARQUEZ-ORTIZ, J. J. – JOHNSON, L. D. – BARNES, D. F.: Inheritance of crown morphological characteristics in alfalfa. In: Rep. 33th North American alfalfa improvement Conf. Univ. Guelph, Ontario, June 14–18, 1992. 8 p.
- SCHMIDT, L. – MARTIN, B.: Untersuchungen zur Ertragsvorausschätzung bei Luzerne. *Arch. Acker. Pfl.-Bau Bodenkde*, 25, 1981 (8): 499–508.
- SHEARD, R. W.: Factors in maximizing production of alfalfa. *Highlights*, 12, 1989 (4): 12–17.
- VOLENEC, J. J. – CHERNEY, J. H. – JOHNSON, K. D.: Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop Sci.*, 27, 1987: 321–326.

Došlo 13. 1. 1997

Kontaktná adresa:

Ing. Pavel Jamriška, CSc., Výskumný ústav rastlinnej výroby, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, Slovenská republika, tel.: 00421 838/72 23 11, fax: 00421 838/72 63 06

REGULÁCIA BURINOVÝCH DRUHOV HERBICÍDMI V RUDERÁLNO M TRÁVNOM PORASTE

WEED SPECIES CONTROL BY HERBICIDES IN RUDERAL GRASSLANDS

J. Novák, K. Čerňuško, Š. Týr

Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: In the years 1994 to 1996 14 herbicides were tested independently and in combination which were applied on 10 ruderal competitively strong species. They were in different facies of phytocenosis *Rumicetum obtusifolii* (Šmarďa et al., 1963) on ruderal grassland with feeding value $Kh \leq 4$. The site was formed by eutrophized soil which in a 0 to 200 mm depth (Tab. II) contained extremely high values of the total nitrogen (from 3,534 to 4,767 $mg \cdot kg^{-1}$) and potassium (from 533.75 to 641.87 $mg \cdot kg^{-1}$). Secondly synantropic plant community was formed on the original association of *Lolio-Cynosu retum cristati* R. Tx. 1937 by excessive over-fertilizing by cattle excrements during grazing season. By intensive footing, particularly after rains, the sod was completely disturbed and ruderal species were established at skips. The results of the research confirmed that in specific conditions of environment the control of undesirable perennial species was substantiated. Some selective system herbicides were proved to be good. Of them, 71.42% were manifested by their excellent and very good effect after application on the studied competitively strong weed species which prevailed before in the stand. After applied minimum dose of herbicide, they receded to be close to the level of maximum marginal occurrence. Competitively stronger were those weed species which stayed in the stand (Tabs III, IV). It follows from changes in floristic composition that by comparison of the treated stand with the control floristic group of grasses (Tab. III) was marked significantly by increase of its share. Among them it was particularly *Poa trivialis* which by its above-ground shoots filled the skips very fast (14.34 to 60.63%). The herbicides used did not cause damage to those grasses which formed the basis of the grassland. This group participated the most in thickening of the sod cover after receding of controlled species and in most cases their percentage increased. Floristic group of leguminoses was comparatively stable and of herbicides it was protected only by Asulox 40. Floristic group of other herbs was most abundant. Of feeding-valuable species with $Kh \geq 5$ the greatest loss was in eight variants in the species *Taraxacum officinale*. *Achillea millefolium* and *Plantago lanceolata* receded in five variants, *Alchemilla xantochlora*, *Carum carvi* in two, and *Leontodon autumnalis* did not occur in four variants. Among frequently occurring weed species with feeding value $Kh \leq 4$ (Tab. IV) only variant 3 was surface-treated with the species *Rumex obtusifolius* where Asulox 40 was applied (100% effect). Slightly poisonous *Ranunculus repens* receded in seven of 14 tested variants (Tab. I): The problem species seemed to be *Anthriscus sylvestris* on which Starane 250 EC and Banvel 480 had the best effects. The most problem controlled species was *Aegopodium podagraria* which did not recede even after application of herbicides Garlon 4, Duplosan DP and Garlon 4 + Lontrel 300 (93.50% effect). Phytotoxicity caused maximum damage of 40.07% to valuable species in the grassland after application of selective system herbicides (Tab. V). In weed species after control the threshold of noxiousness was recorded. Among selective system herbicides the greatest reduction of diversity was recorded after application of herbicides Duplosan DP (12 species), U 46 M Fluid (11 species), Banvel 480 and Aniten I (10 species).

ruderal grassland; weed species control; herbicide; application; effect

ABSTRAKT: Skúšali sme 14 herbicídov samostatne a v kombinácii, ktoré boli aplikované na 10 ruderálnych, konkurenčne silných druhoch s $Kh \leq 4$. Vyskytovali sa na eutrofizovanom stanovišti v ruderálnom trávnom poraste. Výsledky výskumu potvrdili opodstatnenosť regulácie burinových druhov. Osvedčili sa selektívne systémové herbicídy a z nich 71,42 % sa prejavilo s veľmi dobrým a dobrým účinkom. Problémovým druhom bol *Anthriscus sylvestris* a najproblematickejším *Aegopodium podagraria*, po regulácii ktorého iba dve kombinácie herbicídov spôsobili jeho úbytok. Odstránením burín po regulácii sa vytvorilo vysoké percento prázdnych miest, ktoré v prvom rade zapľňali výbežkaté druhy tráv, najviac zahusťujúce mačinu. Voči floristickej skupine tráv boli herbicídy tolerantné, preto sa po regulácii ich percentuálne zastúpenie ešte zvýšilo. Leguminózy chránili iba Asulox 40. Pri hodnotných druhoch v trávnom poraste sme po aplikácii selektívnych systémových herbicídov zaznamenali maximálne 40,07% fytotoxicitu.

ruderalný trávny porast; regulácia burinových druhov; herbicíd; aplikácia; účinok

Synantropné fácie v trávnych porastoch s prevahou ruderálnych druhov ovplyvnené zoonotropogénnou činnosťou vznikli na Slovensku v posledných desaťročiach extrémnym prehnojením dusíkato-draselnými živinami. Formovali sa prostredníctvom exkrementov hospodárskych zvierat na stanovištiach, kde sa dlhodobo zdržiavali cez noc počas pasienkového obdobia, alebo po nadmernej aplikácii hnojovice. Na eutrofizovaných plochách, kde bola po dažďoch dobytkom rozšľiapaná mačšina, sa pôvodná fytocenóza zmenila na ruderálny trávny porast, najčastejšie asociácie *Rumicetum obtusifolii*. Takéto stanovišťa sa stávajú semeniskom burinových druhov, odkiaľ sa rozširujú do okolia. Ich podiel narastá geometrickým radom a dôsledky pre ekológiu krajiny sú varovné (Novák, 1992). Zaburinenosť je preto priamym dôsledkom chýb pri obhospodarovaní a využívaní trávnych porastov, hlavne na pasienkoch pri tradičnom voľnom pasiení (Lackovič, Glejdúrová, 1989) a v konkrétnych podmienkach závisí od stanovišťa (Černuško et al., 1994). Vplyvom človeka a zvierat sa narušuje homeostáza a vznikajú sekundárne spoločnosti rastlín (Falinský, 1972; Jarolínek, 1986).

Pojem burina sa v minulosti prebral z ornej pôdy na trávne porasty (Munzar, 1930). Dnes tento názov nemá všeobecnú platnosť, avšak slúži na označenie kategórie rastlín, ktoré sú v poľnohospodárskej výrobe nežiaduce. Byliny v trávnom poraste spestrujú trávne spoločenstvo, sú cennou zložkou a tvoria v kŕmnej dávke viaczložkový krm. Je tu ešte stále nezodpovedaná otázka, či je a kedy je bylinný druh burinou (Stählin, 1963; Niggli, Dierauer, 1991). Nová filozofia vylučuje názov burina v trávnom poraste a nahrádza ho termínom sprievodný druh. Vychádza z myšlienky, že žiadna rastlina nie je celkom neužitočná (Spatz, 1991). Pojem burina sa obmedzuje len na neškodné až jedovaté, hrubobylnaté a značne lignifikované druhy. Veľmi nepriaznivo sa prejavujú v produkcii a kvalite nadzemnej fytomasy, majú nízku až veľmi nízku kŕmnu hodnotu a niektoré z nich môžu spôsobovať poranenia zažívacieho traktu (Klapp et al., 1953; Niggli, Dierauer, 1991). Ich výskyt treba po prekročení prahu škodlivosti regulovať (Fischer, Schechterner, 1991; Briemle, Elsäber, 1992).

Neustále sa hľadajú spôsoby regulácie neželaných druhov v takto zmenených spoločenstvách, ktoré nie sú vhodné pre rastlinnú výrobu. Radikálna obnova orbou na ruderalizovaných stanovištiach, ak neberieme do úvahy plytkú ornicu a možnosť erózie, je riskantná. Fragmenty koreňových hlávok, napr. *Rumex obtusifolius*, majú veľmi silnú regeneračnú schopnosť, preto mechanický spôsob regulácie je diskutabilný. Podobné problémy by nastali pri druhoch so silnou regeneračnou schopnosťou koreňových výbežkov (Pino et al., 1994). Doterajšie dlhodobé výsledky výskumu potvrdzujú opodstatnenosť regulácie burinových druhov priamym chemickým zásahom, ktorý musia byť v súla-

de s požiadavkami integrovanej ochrany rastlín a ekológie prostredia. Herbicidy aplikujeme len v takých prípadoch, ak nemáme istotu pri ich regulácii mechanickými prostriedkami. Treba pritom počítať s tým, že môžu byť poškodené alebo zničené aj niektoré hodnotné druhy (Klapp et al., 1953; Krajčovič a kol., 1968; Jeanin, 1971; Wagner, 1972; Lackovič, 1972; Lackovič, Glejdúrová, 1989; Niggli, Dierauer, 1991).

V trávnych porastoch vzhľadom na ochranu životného prostredia predstavujú herbicidy najmenšie nebezpečenstvo pre ľudskú populáciu. V hustej mačinovej vrstve majú značnú disperzitu a v spojení s ilovitými časticami pôdy prostredníctvom pôdnej mikroflóry a pôdneho edafónu sa rýchlejšie inaktivujú na neškodné formy ako na ornej pôde (Nösberger, Opitz von Boberfeld, 1986; Lackovič, Glejdúrová, 1989). Používanie registrovaných prípravkov s prihliadnutím na sociologické a ekotoxikologické aspekty regulácie je bezpečné. Nebezpečenstvo vzniku rakoviny cez rezíduá z pesticídov je asi desaťtisíckrát menšie ako cez chemické substancie, ktoré rastliny obsahujú, resp. syntetizujú pre vlastnú ochranu proti chorobám a škodcom (Pestemer, 1991).

MATERIÁL A METÓDA

Cieľom riešenia problematiky bolo zistiť v priebehu rokov 1994 až 1996 v nadmorskej výške 600 m vplyv aplikácie vybraných herbicídov a ich kombinácií na jednotlivé neželané burinové druhy v trávnom poraste.

Skúmaná plocha sa nachádzala v Strážovských vrchoch (lokalita Chvojnica), na eutrofizovanom stanovišti, kde sa mladý dobytok dlhodobo zdržiaval cez noc počas pasienkového obdobia. Na bodovú aplikáciu zvolených herbicídov na jednotlivé burinové druhy, typické pre fácie ruderálneho trávneho porastu, sme na skúmanom stanovišti vybrali plochy 1 m² v štyroch opakovaniach. Aplikáciu sme robili na jednotlivé buriny po kosbe v stanovenej rastovej fáze (150 až 200 mm vysoké a olistené rastliny pred kvitnutím) na 14 variantoch (tab. I, IV). Minimálne dávky boli stanovené podľa Metodickéj príručky na ochranu rastlín, odporúčané výrobcom. Prípravky boli riedené vodou v celkovom objeme 200 až 400 l.ha⁻¹ (tab. IV). Na postrek za slnečného počasia a teploty do 25 °C bol použitý malý ručný postrekovač. Porasty sa využívali počas vegetácie dvojkosným systémom bez následného hnojenia, pretože v pôde bol dostatočný obsah živín (tab. II).

Floristické zmeny sme sledovali vo fáciách ruderálnej fytocenózy *Rumicetum obtusifolii* projektívnou dominanciou (Braun-Blanquet, 1964). Porovnávami sme floristické zloženie ošetrovaného porastu s neošetrovaným (kontrola). Buriny predstavovali druhy s kŕmnu hodnotou Kh ≤ 4.

Na podrobnejšie hodnotenie účinku herbicídov 10 burinových druhov a fytotoxicity trávneho porastu sme použili medzinárodnú bonitačnú stupnicu EWRS –

I. Varianty pokusu – Variants of the trial

Variant ¹	Herbicid ²	Účinná látka ³	Množstvo ⁴ (g.l ⁻¹)
1.	Lontrel 300	clopyralid	300
2.	Starane 250 EC	fluroxypyr	250
3.	Asulox 40	asulam Na-sol ⁵	400
4.	Banvel 480	dicamba	480
5.	U 46 M Fluid	MCPA	500
6.	Aniten I	dicamba + flurenol + MCPA	25 + 44 + 295
7.	Duplosan DP	dichlorprop-P	600
8.	Garlon 4	triclopyr	480
9.	Glyphogan 480 SL	glyphosate	480
10.	Lontrel 300 + Starane 25 EC	clopyralid + fluroxypyr	300 + 250
11.	Garlon 4 + Lontrel 300	triclopyr + clopyralid	480 + 300
12.	U 46 M Fluid + Lontrel 300	MCPA + clopyralid	500 + 300
13.	U 46 M Fluid + Banvel 480	MCPA + dicamba	500 + 480
14.	U 46 M Fluid + Starane 250 EC	MCPA + fluroxypyr	500 + 250

¹variant, ²herbicide, ³active ingredient, ⁴amount, ⁵salt

II. Agrochemické vlastnosti pôdy – Agrochemical properties of soil

Hĺbka ¹ (mm)	N _t (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	pH v KCl	Humus ² (%)	C _{ox} (%)	C : N
0–100	4 767,12	230,05	641,87	5,74	5,31	3,08	6,46
101–200	3 534,20	159,17	533,75	5,42	4,95	2,87	8,12
201–300	2 394,14	107,45	511,25	5,21	4,48	2,6	10,86
301–400	1 212,23	80,72	498,70	4,56	3,46	2,01	16,58
401–500	626,15	29,38	445,05	4,32	2,76	1,63	25,55
501–600	350,15	22,11	438,75	4,27	1,90	1,12	31,42
601–700	222,80	16,88	438,00	4,25	1,38	0,86	35,91

¹depth, ²humus

European Weed Research Society (K o j i č , J a n j i č , 1996). Po štyroch týždňoch od aplikácie sme účinok vyhodnotili bodmi 1 až 9 a slovne.

Dusík celkový (N_t) bol stanovený podľa Kjeldahla, prístupný fosfor podľa Egnera, prístupný draslík podľa Schachtschabela, pH v KCl, uhlík oxidovateľný (C_{ox}), z C_{ox} a N_t bol vypočítaný pomer C : N.

Vychádzali sme zo štyroch opakovaní, čo umožnilo hodnoverne porovnať rozdiely vypočítaných veličín medzi kontrolou a variantmi po aplikácii určenými herbicídmi tak, aby sa dal zhodnotiť účinok podľa tabuľky EWRS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom experimentu bolo herbicídmi regulovať burinové druhy zo skupiny dvojkľúčolistových (*Dicotyledonae*) s kŕmnu hodnotou Kh ≤ 4 pod neškodnú teoretickú hranicu, prípadne ich odstrániť, a chrániť pritom krmovinársky hodnotné druhy, hlavne jednokľúčolistové (*Monocotyledonae*).

Sekundárne rastlinné spoločenstvo *Rumicetum obtusifolii* (Š m a r d a et al., 1963) sa vytvorilo na pôvodnej asociácii *Lolio-Cynosuretum cristati* R. Tx. 1937 nadmerným prehnojením ekrementami dobytká. Stanovište tvorila na živiny bohatá eutrofizovaná pôda, kde v hĺbke 0 až 200 mm boli hodnoty celkového dusíka od 3 534,00 do 4 767,00 mg.kg⁻¹ a prístupného draslíka od 533,75 do 641,87 mg.kg⁻¹. Obsah živín sa s pribúdajúcou hĺbkou postupne znižoval (tab. II). Intenzívnym rozšľiapaním, hlavne po dažďoch, sa mačička celkom narušila, vznikli prázdné miesta, na ktorých sa udomácnili vzrastné hrubostebelné, značne lignifikované druhy, ktoré okrem *Anthriscus sylvestris* (Kh = 4) zvieratá neprijímali a tvorili pre dobytok bezcennú nadzemnú fytoamasu.

S myšlienkou (S p a t z , 1991), že žiadna rastlina nie je celkom neužitočná, súhlasíme, pretože aj z burín (Kh ≤ 4) sa niektoré využívajú v humánnej medicíne ako liečivé rastliny, napr. koreň *Rumex obtusifolius*, prípadne *Arctium lappa* a koreň a vňat *Chenopodium bonus-henricus*. Z ostatných bylín sa za liečivé rastliny považujú *Achillea millefolium*, *Alchemilla xantochlora*,

III. Floristické zloženie ruderálneho trávneho porastu (v % D) pred a po aplikácii herbicídov – Floristic composition of ruderal grassland

Skupina ¹	Druh ²	Kh	Variant ³												
			1.		2.		3.		4.		5.				
			I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.			
Trávy ⁴	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth	7													
	<i>Bromus mollis</i> L.	3			5,35	5,35									
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	6	12,10	15,70											
	<i>Dactylis glomerata</i>	7					+	+	8,05	10,12	+	+			
	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv.	6													
	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	8													
	<i>Lolium perenne</i> L.	8	2,47	5,12	6,12	6,30			5,45	8,15	15,90	16,00			
	<i>Poa trivialis</i> L.	7	6,39	15,47	18,90	31,55	40,15	61,03	7,24	14,12	14,15	25,00			
			20,96	36,29	30,37	43,20	40,15	61,03	20,74	32,39	30,05	41,00			
Leguminózy ⁵	<i>Trifolium pratense</i> L.	7			3,27	-									
	<i>Trifolium repens</i> L.	8	14,52	8,16	2,07	+	6,10	6,10	4,00	2,00	13,13	9,10			
			14,52	8,16	5,34	-	6,10	6,10	4,00	2,00	13,13	9,10			
Ostatné byliny ⁶	<i>Acetosa pratensis</i> Mill.	1													
	<i>Achillea millefolium</i> L.	5	+	-	1,30	1,30			+	-	1,45	0,84			
	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	3	11,63	11,63					4,13	4,13	3,19	3,19			
	<i>Alchemilla xantochlora</i> Rothm.	5									+	-			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	2	7,16	-	+	-									
	<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	4	4,15	4,15	7,6	-	+	+	13,10	-	1,75	0,97			
	<i>Arctium lappa</i> L.	1					0,45	+	0,45	0,45					
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	1	+	-			+	+				0,43	-		
	<i>Carum carvi</i> L.	5	4,75	4,75								0,32	-		
	<i>Chenopodium bonus-henricus</i> L.	3							13,95	-	5,65	-			
	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2	15,00	-			0,37	+	6,12	-	11,25	-			
	<i>Fragaria vesca</i> L.	2													
	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	2			2,48	-									
	<i>Galium mollugo</i> L.	3			6,30	-			+	-					
	<i>Geranium pratense</i> L.	2							10,12	-	12,00	-			
	<i>Geranium pusillum</i> L.	2			5,20	5,20									
	<i>Glechoma hederacea</i> L.	1													
	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	4													
	<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke	2													
	<i>Leontodon autumnalis</i> L.	5													
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	6										+	-		
	<i>Plantago media</i> L.	2										+	-		
	<i>Polygonum aviculare</i> L.	1	+	-					+	-					
	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	2													
	<i>Ranunculus repens</i> L.	2	+	+	16	14,55			13,22	-	11,10	-			
	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	1			11,60	-	30,04	-	5,20	-					
	<i>Stellaria media</i> (L.) Viv.	3	10,15	-	1,13	+	+	-	0,45		0,58	0,40			
<i>Taraxacum officinale</i> Web.	5	8,12	-	4,50	+	1,00	1,00	5,77	0,40	6,24	-				
<i>Urtica dioica</i> L.	1	0,85	0,85	6,02	-	+	-			+	-				
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	2	1,35	1,35					+	+	1,20	1,20				
			63,16	22,73	72,2	21,05	31,84	1,00	73,51	4,98	55,16	6,60			
Prázdne miesta a machy ⁷			1,36	32,82	2,14	35,75	21,91	31,87	1,75	60,63	2,66	43,30			

I. floristické zloženie v % D pred aplikáciou herbicídov (kontrola) – floristic composition in % of D before application of herbicides (control)

II. floristické zloženie v % D po aplikácii herbicídov – floristic composition in % of D after application of herbicides

Kh – kŕmna hodnota – feeding value (Klapp et al., 1953)

⁴burinové druhy v ruderálnom trávnom poraste – weed species in ruderal grassland

¹group, ²species, ³variant, ⁴grasses, ⁵leguminosae, ⁶other herbs, ⁷weed species in ruderal grassland

(in % of D) before and after application of herbicides

Variant ³																			
6.		7.		8.		9.		10.		11.		12.		13.		14.			
I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.		
				1,42	1,52	1,12	-									3,50	5,95		
										1,45	1,50								
5,25	5,25	5,50	13,67	6,87	7,12			5,33	8,56			20,25	28,15	8,39	10,13	7,77	9,87		
		+	+			4,82	-												
2,32	2,32	0,45	0,62			2,47	+												
11,40	11,40	2,50	7,50	10,5	14,33	+	+	20,1	26,18	15,10	32,00	20,15	27,90	15,10	25,15	5,14	10,35		
16,5	25,25	8,25	18,30	7,85	16,12	10,89	+	7,47	18,20	5,12	25,01			7,33	18,20	8,52	15,30		
35,41	44,22	16,70	40,09	26,66	39,09	19,30	+	32,92	52,94	21,67	58,51	40,40	56,05	30,82	53,48	24,93	41,47		
												6,27	-	5,66	-				
6,00	3,20	3,33	-	8,52	-	3,67	-	6,15	-	5,05	-			4,78	-	10,00	-		
6,00	3,20	3,33	-	8,52	-	3,67	-	6,15	-	5,05	-	6,27	-	10,4	-	10,00	-		
		0,83	-													+	-		
		1,25	0,48	+	-	0,75	+	1,42	-					3,19	-	2,42	+		
		20,00	2,88	6,71	-	13,50	+	17,2	16,3	13,16	+	3,82	1,00	4,55	4,55	6,35	2,12		
		0,42	-													1,73	1,73		
6,55	-																		
5,05	1,50	22,1	1,25			15,05	+			12,30	+	8,15	8,15	5,19	+	10,53	4,37		
				5,00	-					16,17	-								
		+	-			+	+												
5,45	-	5,1	-			2,25	-			1,16	+	2,43	2,43	3,12	-				
+	-	1,40	-	3,10	-	6,15	+	5,63	-	+	-	6,78	-	+	-				
																	2,58	-	
+	-	0,95	0,71																
+	-	0,83	-	0,28	+												3,10	-	
13,50	-			13,1	-							6,37	-	11,8	-	13,05	-		
		2,50	-	+	+	+	13,60	5,05	5,05										
				+	-			1,85	-										
		11	3,94														11,12	-	
		+	+																
				+	-	1,25	-	1,67	-	+	-			+	-				
				+	-			0,77	-	+	-			+	-				
						1,17	-							1,72	-		0,45	0,15	
+	-	0,30	-					0,65	-										
								0,35	-					+	-	1,12	-		
																2,70	2,70	1,07	1,07
15,8	-	3,33	3,33	12,2	10,50	7,17	-	18,70	9,95					12,8	-	7,15	4,10		
		2,15	-	8,35	-	14,00	-			7,35	+	5,12	-						
		+	-	+	-					+	-	2,45	2,45	2,88	-				
10,30	-	3,50	-	7,05	+	7,10	+	4,25	-	8,50	-	11,75	-	9,15	+	4,79	-		
		1,25	0,21	6,15	-	6,15	+												
		+	0,72	0,85	+			2,10	+	3,15	-			+	3,12	1,45	-		
56,60	1,50	77,3	13,52	62,78	10,50	74,54	13,60	59,60	32,72	61,79	-	51,78	14	55,7	10,37	63,37	13,54		
1,99	50,41	2,63	46,39	2,04	50,41	2,49	86,40	1,33	14,34	11,49	41,49	1,55	29,92	3,06	36,15	1,70	44,39		

Capsella-bursa pastoris, *Carum carvi*, *Fragaria vesca*, *Galeopsis tetrahit*, *Glechoma hederacea*, *Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Potentilla erecta*, *Taraxacum officinale* a *Urtica dioica*. Ako uvádza Sc ehovic (1993), väčšina týchto druhov pre vysoký obsah

sekundárných metabolitov pôsobí vo výžive hospodárskych zvierat antinutrične. Index potenciálnej negatívnej aktivity (IANP) sa pri sledovaných druhoch znižuje v poradí: *Geranium* (234), *Alchemilla* (224), *Leontodon* (184), *Taraxacum* (174), *Rumex* (136),

IV. Hodnotenie účinku herbicidov podľa bonitačnej stupnice EWRS – Evaluation of the effect of herbicides by judging scale of EWRS

Burinové druhy* ¹	Rastová fáza ²	Mp ^{xx} (%)	Ošetrovanie herbicidom ³			Účinnosť ⁸		
			druh herbicidu ⁴	dávka ⁵ (l.ha ⁻¹)		%	slovnosť ⁹	hodnota ¹⁰
				herbicid ⁶	voda ⁷			
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	do ¹¹ 20 cm	8	Garlon 4	3	400	97,50	veľmi dobrý ¹⁸	2
			Duplosan DP	4	300	85,60	dostatočný ¹⁹	5
			Glyphogan 480 SL	3	200	97,50	veľmi dobrý	2
			Lontrel 300 + Starane 250 EC	1 + 1,5	300	5,01	veľmi slabý ²⁰	8
			U 46 M Fluid + Starane 250 EC	0,8 + 1	300	66,61	slabý ²¹	7
			U 46 M Fluid + Lontrel 300	1,5 + 1	300	73,82	slabý	7
			Garlon 4 + Lontrel 300	3 + 1	400	97,50	veľmi dobrý	2
<i>Anthemis arvensis</i> L.	pred kvetom ¹²	3	Lontrel 300	0,8	300	100,00	výborný ²²	1
			Aniten I	3,5	300	100,00	výborný	1
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.)	do 20 cm	8	Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Starane 250 EC	1,5	300	100,00	výborný	1
			Aniten I	4	300	70,30	slabý	7
			U 46 M Fluid	2,8	300	45,71	veľmi slabý	8
			Duplosan DP	4	300	94,33	uspokojivý ²³	4
			Glyphogan 480 SL	5	200	97,50	veľmi dobrý	2
			U 46 M Fluid + Starane 250 EC	0,8 + 1	300	58,50	slabý	7
U 46 M Fluid + Banvel 480	1,5 + 1	300	97,11	dobrý	3			
Garlon 4 + Lontrel 300	3 + 1	400	97,50	veľmi dobrý	2			
<i>Arctium lappa</i> L.	listy ¹³	3	Garlon 4	3	400	100,00	výborný	1
			Asulox 40	3	300	66,67	slabý	7
			Garlon 4 + Lontrel 300	3	400	100,00	výborný	1
<i>Chenopodium bonus-henricus</i> L.	pred kvetom	3	Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Aniten I	4	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid	2,8	300	100,00	výborný	1
			Glyphogan 480 SL	5	200	100,00	výborný	1
			Duplosan DP	2	300	100,00	výborný	1
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	od ¹⁴ 15–20 cm	3	Lontrel 300	1	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid	2,8	300	100,00	výborný	1
			Asulox 40	3	300	59,46	veľmi slabý	8
			Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Garlon 4	3	400	100,00	výborný	1
			Duplosan DP	2	300	100,00	výborný	1
			Glyphogan 480 SL	5	200	97,50	veľmi dobrý	2
			Lontrel 300 + Starane 250 EC	1 + 1,5	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid + Lontrel 300	1,5	300	100,00	výborný	1
<i>Geranium pratense</i> L.	pred kvetom	8	Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Aniten I	4	300	100,00	výborný	1
			Garlon 4	3	400	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid	2,8	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid + Lontrel 300	1,5	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid + Banvel 480	1,5	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid + Starane 250 EC	0,8 + 1	300	100,00	výborný	1
<i>Ranunculus repens</i> L.	do kvitnutia ¹⁵	3	Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Aniten I	4	300	100,00	výborný	1
			U 46 M Fluid	2,8	300	100,00	výborný	1
			Starane 250 EC	1,5	300	9,18	veľmi slabý	8
			Garlon 4	3	400	13,72	veľmi slabý	8

Burinové druhy* ¹	Rastová fáza ²	Mp ^{xx} (%)	Ošetrovanie herbicídmi ³			Účinnosť ⁸		
			druh herbicídu ⁴	dávka ⁵ (l.ha ⁻¹)		%	slovné ⁹	hodnota ¹⁰
				herbicíd ⁶	voda ⁷			
<i>Ranunculus repens</i> L.	do kvitnutia ¹⁵	3	Glyphogan 480 SL	5	200	100,00	výborný	1
			Lontrel 300 + Starane 250 EC	1 + 1,5	300	46,79	veľmi slabý	8
			U 46 M Fluid + Starane 250 EC	0,8 + 1	300	42,66	veľmi slabý	8
			U 46 M Fluid + Banvel 480	1,5 + 1	300	100,00	výborný	1
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	ružica listov ¹⁶	3	Banvel 480	4	400	100,00	výborný	1
			Asulox 40	3	300	100,00	výborný	1
			Starane 250 EC	1,5	300	100,00	výborný	1
			Duplosan DP	2	300	100,00	výborný	1
			Garlon 4	3	400	100,00	výborný	1
			Garlon 4 + Lontrel 300	3 + 1	400	97,28	dobry	3
			U 46 M Fluid + Lontrel 300	1,5 + 1	300	96,09	dobry	3
			Glyphogan 480 SL	5	200	100,00	výborný	1
<i>Urtica dioica</i> L.	pred kvetom ¹⁷	5	Starane 250 EC	1,5	300	100,00	výborný	1
			Garlon 4	3	400	100,00	výborný	1
			Duplosan DP	4	300	83,20	nedostatočný ²⁴	6
			Glyphogan 480 SL	5	200	97,50	veľmi dobrý	2

EWRS – European Weed Research Society

* burinové druhy s kŕmnoú hodnotou $K \leq 4$ – weed species with feeding value of $Kh \leq 4$

** Mp – maximálny podiel v poraste (hranica škodlivosti) – maximum share in the stand (threshold of noxiousness)

¹weed species, ²growth stage, ³treatment with herbicide, ⁴type of herbicide, ⁵dose, ⁶herbicide, ⁷water, ⁸effect, ⁹wording, ¹⁰value, ¹¹up, ¹²before anthesis, ¹³leaves, ¹⁴from, ¹⁵to anthesis, ¹⁶rosette of flowers, ¹⁷before anthesis, ¹⁸very good, ¹⁹sufficient, ²⁰very poor, ²¹poor, ²²excellent, ²³favourable, ²⁴insufficient

Plantago (126), *Achillea* (124), *Galium* (104). Ak prešahuje hodnotu 100 až 150, sú tieto druhy málo prijímané dobytkom. Uvedené výsledky sú v rozpore s hodnotami, ktoré uvrejnili K l a p p et al. (1953). Podľa nášho názoru byliny *Alchemilla*, *Leontodon*, *Plantago* a *Taraxacum* s kŕmnoú hodnotou $Kh \geq 5$ patria medzi hodnotné druhy a zvieratá ich na pasienku veľmi radi spásajú.

Jednou z priamych metód regulácie burinových druhov bola aplikácia selektívnych systémových herbicídov a ich kombinácií. Za štyri týždne po aplikácii sa narušili existujúce, relatívne stabilné konkurenčné vzťahy v ruderálnom trávnom poraste. Počítali sme aj s určitým rizikom poškodenia alebo úplného odstránenia hodnotných bylinných druhov a leguminóz.

Výsledky výskumu potvrdili, že v špecifických podmienkach na stanovišti s ruderálnym trávnom porastom bola regulácia neželaných vytrvalých druhov (hemikryptofytov) opodstatnená. Pri zvolenej minimálnej dávke (odskúšali sme viac alternatív jednotlivých herbicídov a ich kombinácií od minimálnej po maximálnu, ktoré nie sú v práci uvedené) bolo dôležité dosiahnuť maximálny účinok, a tým aj ekonomický a zlepšovaci efekt obnovou kvalitatívnych parametrov, ktoré určovali zostávajúce druhy v trávnom poraste. Na jednej strane blokovali rast a vývoj druhov, voči ktorým boli herbicidy fyto toxické, a na druhej strane umožňovali nerušený rast a vývoj druhov k nim tolerantných, v čom sme sa stotožnili s publikovanými údajmi (L a c k o v i č, G l e j d ů r o v á, 1989).

Pri regulácii neželaných, konkurenčne silných burinových druhov sa osvedčili vybrané selektívne systémove herbicidy, z ktorých 71,42 % sa prejavilo výborným až veľmi dobrým účinkom (tab. IV). Prevalu nadobudli konkurenčne silnejšie z tých, ktoré zostali v poraste. Zo zmien vo floristickom zložení vyplýva, že porovnávaním ošetrovaného porastu s kontrolou sa viditeľne prejavovala zvyšovaním svojho podielu floristická skupina tráv (tab. III), najmä *Poa trivialis*. Svojimi nadzemnými výbežkami veľmi rýchlo zaplnila vytvorené prázdné miesta (14,34 až 60,63 %). Najväčší percentuálny nárast tráv bol na variante 3 po aplikácii herbicídu Asulox 40. Z jednoklíčnolistových druhov, po ústupe druhu *Rumex obtusifolius*, dominovala nadzemnými výbežkami *Poa trivialis*. Použité herbicidy boli tolerantné voči trávam, ktoré tvorili základ trávneho porastu. Táto skupina najviac zaplnila prázdné miesta po regulácii a vo väčšine prípadov sa jej percentuálne zastúpenie ešte zvýšilo.

Floristická skupina leguminóz bola labilná, druho vo pomerne slabo zastúpená a z herbicídov ju chránil iba Asulox 40. Floristická skupina ostatných bylín bola naopak druhovo najbohatšia. Najväčšie úbytky percentuálneho podielu druhu v skupine sme zaregistrovali na ôsmich variantoch pri krmovinárskej hodnotnej byline *Taraxacum officinale* s $Kh \geq 5$ (tab. III). K 100% úbytku došlo pri menej zastúpenom druhu *Achillea millefolium* na piatich z 10 skúšaných variantov. Zo širokého spektra herbicídov s rôznymi účinnými látkami, napr. clopyralid, dicamba a triclopyr, spôsobilo ústup druhu

V. Hodnotenie fytotoxicity podľa bonitacej stupnice EWRS – Evaluation of phytotoxicity by judging scale of EWRS

Hodnotné druhy ¹	Mp** (%)	Herbicíd ²	Fytotoxicita ³	
			%	hodnota ⁴
<i>Trifolium pratense</i> L.	20	Starane 250 EC	100,00	9
		U 46 M Fluid + Lontrel 300	100,00	9
		U 46 M Fluid + Banvel 480	100,00	9
<i>Trifolium repens</i> L.	25	Lontrel 300	43,80	7
		Starane 250 EC	92,75	8
		Asulox 40	0	1
		Banvel 480	50,00	7
		U 46 M Fluid	30,53	6
		Aniten I	46,67	7
		Duplosan DP	100,00	9
		Garlon 4	100,00	9
		Glyphogan 480 SL	100,00	9
		Lontrel 300 + Starane 250 EC	100,00	9
		Garlon 4 + Lontrel 300	100,00	9
U 46 M Fluid + Banvel 480	100,00	9		
U 46 M Fluid + Starane 250 EC	100,00	9		
<i>Achillea millefolium</i> L.	10	Starane 250 EC	0	1
		U 46 M Fluid	42,07	7
		Duplosan DP	61,60	7
		Glyphogan 480 SL	80,00	8
		Lontrel 300 + Starane 250 EC	100,00	9
		U 46 M Fluid + Lontrel 300	100,00	9
		U 46 M Fluid + Banvel 480	93,80	8
<i>Alchemilla xantochlora</i> Rothm.	10	Duplosan DP	100,00	9
		U 46 M Fluid + Starane 250 EC	0	1
<i>Carum carvi</i> L.	10	Lontrel 300	0	1
		U 46 M Fluid	53,13	7
		Garlon 4 + Lontrel 300	87,07	8
		U 46 M Fluid + Lontrel 300	0	1
		U 46 M Fluid + Banvel 480	100,00	9
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	10	Glyphogan 480 SL	100,00	9
		Lontrel 300 + Starane 250 EC	100,00	9
<i>Plantago lanceolata</i> L.	15	Lontrel 300 + Starane 250 EC	100,00	9
<i>Taraxacum officinale</i> Web.	15	Lontrel 300	100,00	9
		Starane 250 EC	96,67	8
		Asulox 40	0	1
		Banvel 480	93,07	8
		U 46 M Fluid	100,00	9
		Aniten I	100,00	9
		Duplosan DP	100,00	9
		Garlon 4	97,17	8
		Glyphogan 480 SL	97,18	8
		Lontrel 300 + Starane 250 EC	100,00	9
		Garlon 4 + Lontrel 300	100,00	9
U 46 M Fluid + Lontrel 300	100,00	9		
U 46 M Fluid + Banvel 480	97,82	8		
U 46 M Fluid + Starane 250 EC	100,00	9		

EWRS – European Weed Research Society

¹ hodnotné druhy (okrem tráv) s kŕmnoú hodnotou Kh ≥ 5 – valuable species (except grasses) with feeding value of Kh ≥ 5

² Mp – maximálny podiel v poraste – maximum share in the stand

³ valuable species, ⁴ herbicide, ³ phytotoxicity, ⁴ value

päť prípravkov (tab. I, III). *Alchemilla xantochlora* sa neobjavila po aplikácii dvoch herbicídov s účinnými látkami dichlorprop-P a MCPA, podobne *Carum carvi* na dvoch z piatich variantov s účinnou látkou MCPA. *Leontodon autumnalis* sa nevyskytoval na variantoch 8, 10, 11 a 13 po zaradení herbicídov s účinnými látkami triclopyr, clopyralid, dicamba, MCPA a podobne *Plantago lanceolata* na variantoch 5, 8, 10, 11, 12, kde boli aplikované herbicidy s účinnými látkami MCPA, triclopyr a clopyralid. Bodovým postrekom herbicídmi na variantoch boli chránené krmovínarsky hodnotné byliny.

Z floristickej skupiny ostatných bylín sme venovali pozornosť regulácii často sa vyskytujúcich burinových druhov s $Kh \leq 4$ (tab. IV). Plošne ošetrovaný bol len variant s druhom *Rumex obtusifolius* pre jeho vysoký podiel (30,02 %). Použili sme Asulox 40 s účinnou látkou asulam (100% účinok). Buchgraber, Resch (1991) a Fischer, Schechtner (1991) to potvrdzujú podobnými výsledkami. Na ostatných variantoch s jeho nižšou dominanciou po bodovej aplikácii Starane 250 EC, Banvel 480, Duplosan DP a Garlon 4 s účinnými látkami fluroxypyr, dicamba, dichlorprop-P a triclopyr bol tiež zaznamenaný jeho celkový ústup. Efektívnosť chemickej regulácie potvrdzuje Pino et al. (1994). Vysoká regeneračná schopnosť koreňovej hlávky druhu *Rumex obtusifolius* neumožňuje mechanický spôsob jeho regulácie radikálnou obnovou pomocou orby spojenej s predsejbovou prípravou pôdy.

Za zmienku stojí regulácia obávaného burinového, mierne jedovatého *Ranunculus repens*, ktorý sa na prázdnych miestach veľmi rýchlo rozširoval nadzemnými výbežkami. Zo siedmich skúšaných prípravkov polovica (Banvel 480, Aniten I, U 46 M Fluid a U 46 M Fluid + Banvel 480) s účinnými látkami MCPA a dicamba spôsobila totálne odstránenie tohto druhu. Buchgraber, Resch (1991) pri použití šiestich selektívnych herbicídov zaznamenali slabý účinok po aplikácii Starane 250 EC a Garlon 4 (Garlon L 60 s iným zložením). Problémovým druhom pri regulácii bol *Anthriscus sylvestris*, pri ktorom zo selektívnych systémových herbicídov so 100% účinkom pôsobili len Starane 250 EC a Banvel 480 na báze účinných látok fluroxypyr a dicamba. Buchgraber, Resch (1991) pri použití prípravku Banvel MP (iné zloženie) uvádzajú len 41% účinok. Najproblematickejším zo skupiny bol *Aegopodium podagraria*. Na dvoch variantoch (1, 10) sa svojím podielom ani po ošetrení herbicídmi nedostal pod úroveň prahu škodlivosti. Najlepšie zo selektívnych herbicídov pôsobili Garlon 4, Duplosan DP a Garlon 4 + Lontrel 300 s účinnými látkami triclopyr a dichlorprop-P (93,50 %). Je potrebné spomenúť jedno- až dvojočný terofyt *Geranium pusillum* (13,6 %, rozšírený po aplikácii neselektívneho herbicídu Glyphogan 480 SL) a trváci druh *Veronica chamaedrys*, ktoré sa ako neželané druhy nepriaznivo podieľali na zaplňaní prázdnych miest po vypadnutí burín.

Fytotoxicita (poškodenie krmovínarsky hodnotných druhov v trávnom poraste) bola 45,66 %, z toho po aplikácii selektívnych systémových herbicídov 40,07 % a pri

použití neselektívneho herbicídu Glyphogan 480 SL až 96,16 % (tab. V). Maximálny 8% podiel bol tolerovaný pri *Aegopodium podagraria*, *Anthriscus sylvestris* a *Geranium pratense*, pri ostatných kritická hodnota neprekročila hodnoty 3 až 5 %. Podobné výsledky uvádzajú Nösberger et al. (1986), Galler (1989) a Briemle, Elsäber (1992). Zo selektívnych systémových prípravkov došlo k najväčšiemu poklesu diverzity rastlinných druhov pri herbicídach Duplosan DP (12 druhov), U 46 M Fluid (11 druhov), Banvel 480 a Aniten I (10 druhov). Úbytok druhov po chemickom ošetrení sa môže doplniť prísевom kultúrnych hodnotných druhov (Novák, 1992).

LITERATÚRA

- BRAUN-BLANQUET, J.: Pflanzensoziologie Grundezüge für Vegetationskunde. Wien, New York, Graz, Stuttgart, Springer Verlag 1964. 176 s.
- BRIEMLE, G. – ELSÄBER, M.: Die Grenzen der Grünland extensivierung. Landwirtsch. Jb. Bayern, 69, 1992 (7): 811–817.
- BUCHGRABER, K. – RESCH, R.: Efficiency spectrum of selective herbicides on permanent grassland infested with different weeds. [Rep. EGS-Symp.] Grassland renovation and weed control in Europe, Graz, 1991: 215–217.
- ČERNUŠKO, K.: Buriny a ochrana proti nim. Nitra, ÚVTIP 1994. 102 s.
- FALINSKI, J. J.: Syntropizacja szaty roślinnej – proba okreslenia istoty procesu i glownych kierunkow badań. Phytotoxenos. Warszawa, Bielowieża, 1972 (1): 157–170.
- FISCHER, G. – SCHECHTNER, G.: Efficiency of different herbicides against *Rumex obtusifolius*. [Rep. EGS-Symp.] Grassland renovation and weed control in Europe, Graz, 1991: 207–208.
- GALLER, J.: Grünlandverunkrautung. Graz, Stuttgart, Leopold Stocker Verlag 1989. 176 s.
- JAROLÍMEK, I.: Ruderálne spoločenstvá juhozápadnej časti Malých Karpát. Acta Bot. Slov. Ser. A, Bratislava, Veda 1986 (9): 18–98.
- JEANIN, B.: Anwendung selektiver Unkrautmittel im Dauergrünland. Bayer. Landwirtsch. Jb., 4, 1971: 485–491.
- KOJIĆ, M. – JANJIĆ, V.: Osnovi herbologije. Beograd, Nauka 1994. 492 s.
- KLAPP, E. – BOEKER, P. – KÖMIG, F. – STÄHLIN, A.: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Grünland, 1953 (5): 39–40.
- KRAJČOVIČ, V. a kol.: Krmovínárstvo. Bratislava, SVPL 1968. 561 s.
- LACKOVIČ, A.: Ničenie niektorých nehodnotných druhov pri lúčnych porastoch rastovými herbicídmi. Ved. Práce (Bratislava), 1972 (8): 127–135.
- LACKOVIČ, A. – GLEJDÚROVÁ, E.: Zmeny floristického zloženia a bonitačnej hodnoty trávnych porastov po aplikácii selektívnych herbicídov. Ved. Práce (Bratislava), 1989 (20): 73–82.
- MUNZAR, J.: Lukařství. Praha, Tempo 1930. 204 s.
- NIGGLI, U. – DIERAUER, H. V.: Experiences on the control of grassland weeds without application of herbicides.

[Rep. EGS-Symp.] Grassland renovation and weed control in Europe, Graz, 1991: 79–82.
NOVÁK, J.: Posúdenie stability trávneho ekosystému podľa kvalitatívnych znakov. Poľnohospodárstvo, 38, 1992 (11): 853–862.
NÖSBERGER, J. – OPITZ VON BOBERFELD, W.: Grundfutterproduktion. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey 1986. 128 s.
PESTEMER, W.: Residual and ecotoxicological behaviour of grassland herbicides. [Rep. EGS-Symp.] Grassland renovation and weed control in Europe, Graz, 1991: 85–89.
PINO, J. et al.: Clonal growth and fragment regeneration of *Rumex obtusifolius* L. Weed Res., 35, 1994 (3): 141–148.

SCEHOVIC, J.: Kvalita krmovín z floristicky pestrých lúčnych porastov a problém jej stanovenia. In: Zbor. ved. Konf. Racionálne využívanie pasienkov a intenzifikácia pasienkárstva, Nitra, VŠP 1994: 71–80.
SPATZ, G.: Weed control on mountain pastures [Rep. EGS-Symp.] Grassland renovation and weed control in Europe, Graz, 1991: 71–75.
STÄHLIN, A.: Zur chemischen Bekämpfung von Grünlandpflanzen. Wirtsch.-eig. Futter, 9, 1963 (1): 1–11.
WAGNER, F.: Gedanken zu den Herbizideinsätzen im Dauergrünland. Bayer. Landwirtsch. Jb., 8, 1972: 971–974.

Došlo 20. 1. 1997

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Novák, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 00421 87/601, fax: 00421 87/41 14 51

TVORBA A KOMPENZACE VÝNOSOVÝCH PRVKŮ U VYBRANÝCH ODRŮD JARNÍHO JEČMENE

FORMATION AND COMPENSATION OF YIELD COMPONENTS IN CHOSEN SPRING BARLEY GENOTYPES

M. Flašarová, M. Onderka

Agricultural Research Institute, Ltd., Kroměříž, Czech Republic

ABSTRACT: In 1989, 1990 and 1991, formation, reduction and compensation of yield components in chosen spring barley genotypes (Galan, Akcent, Ladik, Heran) were quantitatively analysed at decisive stages of organogenesis and under different environmental conditions: weather conditions of the year and N-fertilization (60 and 90 kg of pure nutrients per 1 ha). A basic method used for statistical estimation was analysis of variance of two-fold classification with replications. The Tukey test was used to verify differences between individual mean values of variants. The objective of the study was to characterize formation, reduction and compensation of yield components in different spring barley genotypes, and to determine effects of increased N-rates on formation and utilization of yield potential. Data on characteristics of investigated genotypes are given in Tabs I and II. The genotype Galan showed lower tiller formation, however, a high percentage of their fertility. It had both high potential and actual spike productivity. The genotype Akcent developed a high number of tillers, however, intensity of their formation was lower at the earliest growth stages and tillers were considerably reduced. It produced an average number of florets and kernels per spike and reached a low kernel weight. The genotype Ladik exhibited lower intensity of tiller formation and a number of the tillers was less reduced. It produced a high number of florets per spike which was, however, strongly lowered. It was characteristic by a high kernel weight. The genotype Heran showed intensive tillering and developed tillers were considerably reduced. It had a low number of both florets and kernels per spike. A spike weight was higher. These results prove that with regard to breeding for production potential genotypes with both high yield potential and its realization are suitable. Weather conditions of the years influenced the plant growth and development, and associated processes of formation and reduction of yield components (Tabs III and IV). The early growth stages were very important; they influenced a number of tillers and, based on the intensity of their formation, also productive density of the stand. At higher intensity of tiller formation till stage V of organogenesis a spike number per unit area increased. The increase was, however, insignificant. Not only a number of founded florets but as well as their reduction was decisive for a kernel number per spike. There was no relationship between a number of developed florets and a final kernel number per spike. Yield differences were caused by spike productivity, and especially by kernel weight. Effects of nitrogen on formation and reduction of yield components are presented in Tabs V and VI. Under intensive conditions of the sugarbeet growing region, after sugarbeet as a forecrop, an increased N-rate (90 kg·ha⁻¹) improved potential stand productivity (tiller and floret formation), but did not significantly affect its sink. It significantly decreased kernel weight and thus spike productivity and grain yield.

spring barley; yield components; genotype; nitrogen rate

ABSTRAKT: V rozhodujících etapách organogeneze byly v roce 1989, 1990 a 1991 kvantitativně analyzovány rozdílné genotypy jarního ječmene (Galan, Akcent, Ladik, Heran) pěstované po předplodině cukrovce, na dvou úrovních hnojení dusíkem (60 a 90 kg č. ž. na 1 ha). Byla zjištěna specifická dynamika utváření a redukce odnoží i kvítků ve vztahu ke genotypu a podmínkám prostředí. O počtu založených odnoží a kvítků nerozhodovala jen délka období vytváření, ale i rychlost jejich tvorby. Pro jejich konečnou realizaci byl důležitý nejen jejich vytvořený počet, ale i výše jejich redukce. Nebyla zjištěna závislost mezi počtem vytvořených kvítků a konečným počtem obilek v klasu. Zvýšená dávka dusíku podporovala potenciální produktivitu porostu (tvorba odnoží a kvítků), významně však neovlivnila jeho úložnou kapacitu (počet obilek na 1 m²). Průkazně snížila hmotnost obilky, a tím i produktivitu klasu a výnos zrna. Výsledky prokázaly, že z hlediska šlechtění na produkční schopnost jsou vhodné genotypy nejen s vysokým produkčním potenciálem, ale i s jeho vysokou realizací.

jarní ječmen; výnosové prvky; odrůda; dávka dusíku

Vedle empirických poznatků o zlepšení organizace a chemizace rostlinné výroby se stále více uplatňují poznatky o biologických procesech a strukturách podílejících se na tvorbě výnosu zrna.

Výnos je závislý na výkonnosti produkčního potenciálu, ale zároveň i na velikosti orgánů ukládajících asimiláty, tj. na akumulaci kapacitě (Nátr, 1982; Borojevič, 1983; Masle, 1985; Zemánek, 1990). Formování obou složek je vymezeno genotypem a modifikováno vnějšími podmínkami povětrnostními, půdními a navozenými podmínkami prostředí (Vrkoč et al., 1982; Faivre, Masle, 1988; Smoček, 1988; Nátrová, 1989; Hubík, 1990; Hubík, Flašarová, 1992; Zimolka, 1996).

V průběhu vegetačního období se mění hodnoty faktorů vnějšího prostředí a současně i rostliny prodělávají řadu změn během ontogenetického vývoje. Pro systém pěstování je důležité znát, jak všechny faktory spolu vzájemně souvisí a jak účinek změny jedné složky ovlivní produktivní proces tak složité struktury, jakou je porost.

V předložené práci je analyzována tvorba a redukce výnosových prvků u vybraných genotypů jarního ječmene v rozdílných podmínkách prostředí.

MATERIÁL A METODA

Experimentální práce proběhly jako maloparcelkové polní pokusy v Zemědělském výzkumném ústavu Kroměříž, s. r. o., v letech 1989, 1990 a 1991 s genotypy jarního ječmene pěstovanými po předplodině cukrovce. V rozhodujících etapách organogeneze (K u p e r m a n, 1963) byla kvantitativně analyzována tvorba, redukce a kompenzace výnosových prvků u genotypů Galan, Akcent, Ladík a Heran na dvou úrovních hnojení dusíkem (60 a 90 kg č. ž. na 1 ha) ve formě DAM 390, aplikovaného před setím. Hnojení 35 kg P a 100 kg K v č. ž. na 1 ha bylo realizováno před základní orbou ve formě superfosfátu a draselné soli.

Metodou morfologické analýzy vzrostného vrcholu u 40 stébel (ze zapojeného porostu hlavní stébla a odnože I. řádu) byl sledován proces tvorby a vývoje prvků produktivity klasu: etapa organogeneze podle Kupermannové (E. O.); počet založených kvítků (hlavní stéblo v VII. E. O. – prodloužené tyčinky, osiny 1 až 2 mm dlouhé); počet založených obilek (hlavní stéblo v X. E. O. – narůstání obilky). Počet odnoží byl stanoven u 40 rostlin na začátcích III., V. a VII. etapy organogeneze. Za začátek odnožování byl považován termín, kdy byl první úžlabní pupen prodloužen asi na 0,5 až 1,0 cm. Za konec odnožování byl určen termín, kdy se na hlavním stéble vydifferentoval nejhorejší klásek (vytváření 3. kolénka).

V plné zralosti byl odpočtem v porostu zjištěn počet klasů na 1 m² a u produktivních stébel z plochy 0,25 m² byl stanoven průměrný počet a hmotnost obi-

lek v klasu. Přepočtem byla dopočítána hmotnost obilky, úložná kapacita porostu a výnos zrna na 1 m².

Jednotlivé roky byly samostatně statisticky zpracovány. Základní metodou statistického vyhodnocení byla analýza variance dvojného třídění s opakováním. Tukeyovým testem byly ověřeny rozdíly mezi jednotlivými průměrnými hodnotami variant. Úroveň realizace prvků produktivity byla vyjádřena procentuálně.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vliv genotypu

Výnosová úroveň jednotlivých genotypů byla rozdílná a byla vytvářena rozdílnou tvorbou, redukcí a kompenzací výnosových prvků (tab. I, II). Zjištěné rozdíly u sledovaných ukazatelů byly průkazné. Rozdílnost genotypů v tvorbě výnosu uvádějí také Krausko, Bajus (1993) a Švihra, Talapka (1995).

Genotyp Galan se vyznačoval nižším počtem odnoží na rostlinu (4,5) ve srovnání se zbývajících genotypy, avšak s vyšší rychlostí jejich tvorby v nejrannějších vývojových etapách. Dosáhl vysokého procenta jejich realizace (70,8 % proti 47,5 až 59,6 % u ostatních genotypů), a tím obdobného počtu produktivních stébel na 1 m² (883) jako zbývajících hodnocených genotypů. Vytvořil vysokou potenciální (v průměru 38,2 kvítků v klasu) i reálnou produktivitu klasu (počet obilek 22,1; hmotnost obilky 44,51 mg). Ze sledovaných genotypů dosáhl nejvyšší produktivity klasu (0,99 g). Výnos zrna (průměr 875 g.m⁻²) byl srovnatelný s nejnynějším genotypem Ladík.

Ze všech testovaných genotypů vytvářely rostliny genotypu Akcent nejvyšší počet odnoží (5,3), rychlost jejich tvorby v nejrannějších vývojových etapách byla však nižší. Založené odnože byly silně redukovány (47,5 % realizace). Produktivní hustota porostu dosáhla v průměru 937 klasů na 1 m². Tento genotyp vytvořil střední potenciální produktivitu klasu (36,9 kvítků) i jeho úložnou kapacitu (21,2 obilek). Vyznačoval se nízkou hmotností obilky (41,76 mg). Výnosem zrna (830 g.m⁻²) nedosáhl výnosové úrovně genotypů Ladík a Galan.

U genotypu Ladík byla nižší rychlost tvorby odnoží v nejrannějších vývojových etapách. Vytvořený počet odnoží na rostlinu byl významně nižší ve srovnání s nejvíce odnoživým genotypem Akcent, avšak vyšší realizací byl zajištěn obdobný počet produktivních stébel na 1 m² (931 proti 937). Vytvořil nejvyšší počet kvítků v klasu (44,1), který byl silně redukován (21 obilek v klasu). Vyznačoval se vysokou hmotností obilky (45,35 mg), která zabezpečila vysokou produktivitu klasu (0,95 g). Dosažený výnos zrna (v průměru 883 g.m⁻²) byl obdobný jako u genotypu Galan.

Genotyp Heran se vyznačoval vysokým počtem odnoží (5,1), které byly však výrazně redukovány (55,7 % realizace). Produktivní hustota porostu dosáhla 911 klasů na 1 m² a nebyla významně rozdílná proti

I. Vliv genotypu na tvorbu a redukci odnoží – Effects of the genotype on tiller formation and reduction

Rok ¹	Genotyp ²	Počet odnoží ³ (rostlina ⁻¹) ⁴			Počet odnoží (.m ⁻²)	Počet klasů ⁵ (.m ⁻²)	% realizace ⁶
		III. E. O.	V. E. O.	VII. E. O.			
1989	Galan	2,5	3,6	4,6	1 879	871	75,7
	Akcent	2,3	4,3	5,0	2 290	909	40,0
	Ladik	2,5	3,9	4,5	1 899	928	48,9
	Heran	3,1	4,0	5,6	2 337	933	41,1
1990	Galan	3,3	3,7	4,6	1 336	863	65,2
	Akcent	3,0	5,2	5,7	1 878	1 003	54,5
	Ladik	3,0	4,3	4,7	1 626	968	65,1
	Heran	3,5	4,9	5,4	1 728	914	59,2
1991	Galan	3,1	4,2	4,3	1 299	915	71,4
	Akcent	2,9	3,9	5,2	1 876	900	48,1
	Ladik	2,2	3,3	5,1	1 404	897	64,7
	Heran	2,6	4,1	4,2	1 354	886	66,7
\bar{x}	Galan	3,0	3,8	4,5	1 505	883	70,8
	Akcent	2,7	4,5	5,3	2 015	937	47,5
	Ladik	2,6	3,8	4,8	1 643	931	59,6
	Heran	3,1	4,3	5,1	1 806	911	55,7
1989	md 5%	0,3	0,3	0,7	311	–	–
	1%	0,4	0,4	0,9	382	–	–
1990	5%	0,4	0,5	0,5	145	110	–
	1%	0,5	0,6	0,6	178	136	–
1991	5%	0,3	0,6	0,6	177	–	–
	1%	0,4	0,8	0,7	218	–	–

E. O – etapa organogeneze – stage of organogenesis

¹year, ²genotype, ³number of tillers, ⁴(.plant⁻¹), ⁵number of spikes, ⁶% of realization

ostatním genotypům. Ze sledovaných genotypů vytvořil nejnižší počet květů (35,7) i obilek v klasu (20,4). Nízká úložná kapacita klasu byla kompenzována vyšší hmotností obilky (44,28 mg). Výnosově se vyrovnal genotypu Akcent (827 g.m⁻²).

Vliv ročníku

Růst a vývoj rostlin a s nimi související procesy tvorby, redukce a kompenzace prvků produktivity byly ovlivňovány rozdílnými povětrnostními podmínkami jednotlivých ročníků.

Ve sledovaných letech byla délka období odnožování velmi rozdílná (32, 28, 16 dnů), avšak rozdíly v konečném počtu vytvořených odnoží na rostlinu byly menší (4,9, 5,1, 4,7). Pro tvorbu odnoží byla důležitá nejen délka období odnožování, ale i rychlost tvorby odnoží (tab. III). Tyto výsledky se shodují s publikovanými hodnotami (Příkryl et al., 1988; Hubík, Flašarová, 1992). Rozdílná byla i dynamika zakládání odnoží. Nejvyšší počet klasů na 1 m² byl dosažen v roce 1990 (937), kdy bylo založeno v III. i V. E. O. také nejvyšší procento odnoží z jejich konečného počtu (63 a 89 %). Rané vývojové etapy byly velmi významné, měly vliv na počet odnoží a podle rychlosti jejich tvorby i na produktivní hustotu porostu.

Mezi ročníky byly stanoveny významné rozdíly v tvorbě, redukci a kompenzaci prvků produktivity klasu i výnosu zrna (tab. IV). Potenciální produktivitu klasu, vyjádřenou počtem květů, negativně ovlivňovaly nižší teploty (průměrná denní teplota v období tvorby květů byla v roce 1989 10,5 °C, 1990 16,7 °C, 1991 11,5 °C). Zjištěné poznatky potvrzují publikované výsledky (Petřel et al., 1987) o vlivu počasí na tvorbu květů. Rovněž o počtu založených květů nerozhodovala jen délka období jejich vytváření, ale i rychlost tvorby. Za 25 dnů (1989) bylo založeno 37,5 květů, za 10 nebo 12 dnů (1990 a 1991) 38,8 a 37,7 květů v klasu. Významné rozdíly byly zjištěny i v konečném počtu obilek v klasu (20,9 až 21,6). Nebyl zjištěn vztah mezi počtem vytvořených květů a počtem obilek v klasu. Také Nátrová (1987) uvádí, že akumulací kapacita může být utvořena i malou potenciální produktivitou s nízkou redukcí nebo velkou potenciální produktivitou s vysokou redukcí a také naopak.

Vyšší počet obilek v klasu (1991 – 21,6 proti 1989 – 20,9 a 1990 – 21,0) spolu s hmotností obilky (1991 – 47,74 proti 1989 – 41,80 a 1990 – 42,39) pozitivně ovlivnil produktivitu klasu i výnos zrna.

Z hlediska tvorby výnosu bylo kritické období v roce 1989 od fáze počátečního růstu obilky až do fáze jejího dozrávání. Stálé sucho (srážky činily 39 % nor-

II. Vliv genotypu na produktivitu klasu a výnos zrna – Effects of the genotype on spike productivity and grain yield

Rok ¹	Genotyp ²	Počet ³ (.klas ⁻¹) ⁴			% realizace ⁸	Hmotnost obilek ⁹ (.klas ⁻¹) (g)	Hmotnost obilky (mg)	Úložná kapacita ¹⁰ (.m ⁻²)	Výnos zrna ¹¹ (.m ⁻²) (g)
		kvítků ⁵	fertilních kvítků ⁶	obilék ⁷					
1989	Galan	38,6	23,3	21,7	56,5	0,91	42,00	18 909	796
	Akcent	37,1	23,4	20,8	55,7	0,84	40,28	18 888	761
	Ladík	38,7	21,9	20,7	53,5	0,93	44,79	19 220	861
	Heran	35,7	22,3	20,7	59,5	0,85	40,12	19 790	793
1990	Galan	38,1	23,1	21,5	56,5	0,91	42,27	18 554	788
	Akcent	38,0	21,4	21,6	56,7	0,86	38,85	21 525	850
	Ladík	43,2	22,2	20,7	47,8	0,93	44,63	19 944	887
	Heran	36,0	21,2	20,2	56,2	0,89	43,81	18 440	805
1991	Galan	37,9	24,6	23,2	61,1	1,14	49,27	21 194	1 041
	Akcent	35,7	23,3	21,2	59,1	0,97	46,16	19 116	880
	Ladík	41,5	22,5	21,7	52,2	1,00	46,64	19 428	902
	Heran	35,5	23,3	20,3	57,3	0,99	48,90	17 981	882
\bar{x}	Galan	38,2	23,7	22,1	58,0	0,99	44,51	19 552	875
	Akcent	36,9	22,7	21,2	57,2	0,89	41,76	19 843	830
	Ladík	41,1	22,2	21,0	51,2	0,95	45,35	19 531	883
	Heran	35,7	22,3	20,4	57,7	0,91	44,28	18 737	827
1989	md 5%	0,4	0,6	0,7	2,0	0,04	1,24	–	87
	1%	0,5	0,7	0,9	2,4	0,05	1,52	–	107
1990	5%	0,2	0,1	0,3	0,9	0,03	0,77	2 333	–
	1%	0,3	0,2	0,4	1,1	0,04	0,94	2 868	–
1991	5%	0,2	0,3	0,4	1,2	0,02	1,45	1 727	89
	1%	0,3	0,4	0,5	1,5	0,03	1,78	2 133	110

¹year, ²genotype, ³number, ⁴(.spike⁻¹), ⁵florets, ⁶fertile florets, ⁷caryopses, ⁸% of realization, ⁹weight of caryopses, ¹⁰sink capacity, ¹¹grain yield

III. Vliv ročníku na tvorbu a redukci odnoží – Effects of weather conditions of the year on tiller formation and reduction

Rok ¹	Počet dnů odnožování ²	Počet odnoží ³ (.rostlina ⁻¹) ⁴			Počet odnoží (.m ⁻²) VII. E. O.	Počet klasů ⁵ (.m ⁻²)	% realizace ⁶
		III. E. O.	V. E. O.	VII. E. O.			
1989	32	2,6	4,0	4,9	1 617	910	51,4
1990	28	3,2	4,5	5,1	1 642	937	61,0
1991	16	2,7	3,9	4,7	1 483	900	62,7

¹year, ²number of days of tillering, ³number of tillers, ⁴(.plant⁻¹), ⁵number of spikes, ⁶% of realization

IV. Vliv ročníku na produktivitu klasu a výnos zrna – Effects of weather conditions of the year on spike productivity and grain yield

Rok ¹	Počet dnů tvorby kvítků ²	Počet ³ (.klas ⁻¹) ⁴			% realizace ⁸	Hmotnost obilek ⁹ (.klas ⁻¹) (g)	Hmotnost obilky (mg)	Úložná kapacita ¹⁰ (.m ⁻²)	Výnos zrna ¹¹ (.m ⁻²) (g)
		kvítků ⁵	fertilních kvítků ⁶	obilék ⁷					
1989	25	37,5	22,7	20,9	56,3	0,88	41,80	19 019	795
1990	10	38,8	22,0	21,0	54,3	0,90	42,39	19 616	832
1991	12	37,7	23,4	21,6	57,4	1,03	47,74	19 430	928

¹year, ²number of days of floret formation, ³number, ⁴(.spike⁻¹), ⁵florets, ⁶fertile florets, ⁷caryopses, ⁸% of realization, ⁹weight of caryopses, ¹⁰sink capacity, ¹¹grain yield

málu) a od fáze intenzivního růstu hmotnosti obilky až do plné zralosti také extrémně vysoké teploty (průměr denních teplot byl o 6,1 °C vyšší než normál, maximální denní teploty 25,2 až 31,9 °C) způsobily proti zby-

vajícím hodnoceným rokům výrazné snížení počtu obilek v klasu, jejich hmotnosti, a tím i výnosu zrna. V roce 1990 byly hmotnost obilky i počet obilek v klasu negativně ovlivněny poléháním porostu v období

počátečního růstu obilky (stupeň poléhání 5 až 6) a také dalším poléháním ve fázi intenzivního růstu hmotnosti obilky (zvýšení poléhání na stupeň 3 až 4). Nižší produktivita klasu byla částečně kompenzována vyšším počtem klasů na jednotce plochy, výnos zrna nedosáhl úrovně nejvýnosnějšího roku 1991.

Vliv dávky dusíku

Dynamiku odnožování, tvorbu a redukci kvítků, konečnou produktivitu klasu i výnos zrna výrazně ovlivňovaly sledované dávky dusíku (tab. V a VI).

Dávka dusíku 90 kg č. ž. na 1 ha ve srovnání s dávkou 60 kg č. ž. na 1 ha podporovala tvorbu odnoží od počátku odnožování. Průkazné rozdíly byly však zjištěny až na konci odnožování (VII. E. O. – 4,9 proti 4,2 odnožím na rostlině, 1 708 proti 1 453 odnožím na 1 m²). Zjištěna byla i vyšší produktivní hustota porostu, rozdíly v jednotlivých letech byly však neprůkazné (v průměru 905 proti 882 klasům na 1 m²). Významně pozitivně ovlivnila potenciální produktivitu klasu, která však nebyla realizována. Průměrný počet obilek v klasu byl téměř shodný (90 N – 21,5, 60 N – 21,4). Zvýšená dávka dusíku významně snížila hmotnost obilky

V. Vliv dávky dusíku na tvorbu a redukci odnoží – Effects of nitrogen rates on tiller formation and reduction

Rok ¹	Dávka N ² (kg.ha ⁻¹)	Počet odnoží ³ (rostlina ⁻¹) ⁴			Počet odnoží (.m ⁻²) VII. E. O.	Počet klasů ⁵ (.m ⁻²)	% realizace ⁶
		III. E. O.	V. E. O.	VII. E. O.			
1989	60	2,6	3,4	3,5	1 474	875	57,1
	90	2,9	4,1	4,1	1 748	898	51,2
1990	60	3,1	4,6	4,6	1 454	857	58,7
	90	3,5	5,1	5,6	1 771	905	50,0
1991	60	2,7	3,8	4,5	1 431	915	64,4
	90	2,8	4,3	5,1	1 604	911	56,9
\bar{x}	60	2,8	4,1	4,2	1 453	882	60,1
	90	3,1	4,5	4,9	1 708	905	52,7
1989	md 5%	–	–	–	–	–	–
	1%	–	–	–	–	–	–
1990	5%	–	–	0,6	198	–	–
	1%	–	–	0,7	237	–	–
1991	5%	–	–	0,6	177	–	–
	1%	–	–	0,7	218	–	–

¹year, ²N rate, ³number of tillers, ⁴(.plant⁻¹), ⁵number of spikes, ⁶% of realization

VI. Vliv dávky dusíku na produktivitu klasu a výnos zrna – Effects of nitrogen rates on spike productivity and grain yield

Rok ¹	Dávka N ² (kg.ha ⁻¹)	Počet ³ (.klas ⁻¹) ⁴			% realizace ⁸	Hmotnost obilek ⁹ (.klas ⁻¹) (g)	Hmotnost obilky (mg)	Úložná kapacita ¹⁰ (.m ⁻²)	Výnos zrna ¹¹ (.m ⁻²) (g)
		kvítků ⁵	fertilních kvítků ⁶	obilek ⁷					
1989	60	36,4	22,2	20,6	56,7	0,93	45,04	17 993	811
	90	37,5	23,2	21,5	57,3	0,83	38,52	19 263	743
1990	60	38,5	22,4	21,6	56,5	0,99	45,62	18 540	845
	90	39,2	23,0	21,7	55,6	0,96	44,26	19 598	867
1991	60	37,5	23,4	21,9	58,5	1,10	50,00	20 118	1 009
	90	38,0	23,3	21,3	56,1	1,00	46,98	19 442	917
\bar{x}	60	37,5	22,7	21,4	57,2	1,01	46,89	18 884	888
	90	38,2	23,2	21,5	56,2	0,93	43,25	19 434	842
1989	md 5%	0,6	–	0,9	–	0,06	1,66	–	–
	1%	0,7	–	1,1	–	0,07	2,03	–	–
1990	5%	0,2	0,1	–	1,2	–	1,05	–	–
	1%	0,3	0,2	–	1,4	–	1,26	–	–
1991	5%	0,2	–	–	1,1	0,02	1,44	–	89
	1%	0,3	–	–	1,5	0,03	1,78	–	110

¹year, ²N rate, ³number, ⁴(.spike⁻¹), ⁵florets, ⁶fertile florets, ⁷caryopses, ⁸% of realization, ⁹weight of caryopses, ¹⁰sink capacity, ¹¹grain yield

(v průměru 43,25 proti 46,89 mg), a tím i produktivitu klasu a výnos zrna. Sníženou hmotnost obilky lze vysvětlit kompenzačními procesy mezi výnosovými prvky, i když konečný počet klasů i obilek v klasu byl u obou dávek téměř stejný, ale počet obilek na 1 m² byl rozdílný.

Z uvedených výsledků nelze tedy dělat jednoznačný závěr o negativním vlivu zvýšené dávky dusíku (90 N) na tvorbu výnosových prvků a výnos zrna, protože dynamika dusíku nebyla v průběhu vegetace sledována. Pro hodnocení jsou rozhodující konkrétní povětrnostní podmínky daného ročníku, půdní úrodnost a předplodina. Např. O n d e r k a (1995) zjistil, že v intenzivních podmínkách, v interakci s ročníkem, stagnuje výnos zrna jarního ječmene bez ohledu na předplodinu již při dávkách dusíku 30 až 40 kg č. ž. na 1 ha. Tato skutečnost však vyžaduje další sledování.

ZÁVĚR

Byly prokázány významné rozdíly v tvorbě a redukci prvků produktivity u jarního ječmene mezi ročníky, genotypy a dávkou dusíku.

Povětrnostní podmínky jednotlivých ročníků ovlivňovaly růst a vývoj rostlin a s nimi související procesy tvorby, redukce a kompenzace výnosových prvků. Rané vývojové etapy byly velmi významné, měly vliv na počet odnoží a podle rychlosti jejich tvorby i na produktivní hustotu porostu. Při vyšší rychlosti tvorby odnoží do V. E. O. se zvyšoval počet klasů na jednotce plochy. Zvýšení však bylo neprůkazné. O počtu obilek v klasu nerozhodoval jen počet založených kvítků, ale i jejich redukce. Nebyla zjištěna závislost mezi počtem vytvořených kvítků a konečným počtem obilek v klasu. Ve sledovaných ročních obdobích ovlivnila výnosové rozdíly produktivity klasu, především pak hmotnost obilky.

V intenzivních podmínkách řepařského výrobního typu, po předplodině cukrovce, zvýšená dávka dusíku (90 N) podporovala potenciální produktivitu porostu (tvorba odnoží a kvítků), významně však neovlivnila jeho úložnou kapacitu. Průkazně snížila hmotnost obilky, a tím i produktivitu klasu a výnos zrna.

Stanovená charakteristika procesu tvorby a redukce prvků produktivity genotypů Galan, Akcent, Ladík a Heran prokázala, že z hlediska šlechtění na produkční schopnost jsou vhodné genotypy nejen s vysokým produkčním potenciálem, ale i s jeho vysokou realizací.

LITERATURA

- BOROJEVIČ, S.: Genetic changes to increase yield potential in wheat. In: Proc. 6th Int. Wheat Genet. Symp. Agric. Univ. Kyoto, 1983: 953–957.
- FAIVRE, R. – MASLE, J.: Modelling potential growth of tillers in winter wheat. Acta Oecol. Ser. Oecol. Gen., 9, 1988.
- HUBÍK, E.: Vliv počasí na tvorbu výnosových prvků ozimé pšenice. Rostl. Vyr., 36, 1990 (1): 19–31.
- HUBÍK, E. – FLAŠAROVÁ, M.: Rozbor tvorby výnosu obilovin v roce 1992 podle výsledků polních pokusů. Úroda, 40, 1992 (12): 546–548.
- KRAUSKO, A. – BAJUS, S.: Tvorba úrodotočných prvků jarního jačmeňa v letech 1986–1988. In: Acta fytotechn. Univ. agric. Nitry, 48, 1993: 87–95.
- KUPERMAN, F. M.: Morfofiziologičeskaja izmēnčivost rastēnij v ontogeneze. Izd. moskov. Univ. 1963.
- MASLE, J.: Elaboration du nombre de grains potential d'un peuplement de blé d'hiver. C. R. Séanc. Acad. Agric. France, 71, 1985 (8): 857–869.
- NÁTR, L.: Využití fyziologických poznatků ve šlechtění obilnin. In: Cereals 82, Praha, 1982. 13 s.
- NÁTROVÁ, Z.: Závislost počtu obilek na tvorbě a redukci kvítků v klasu u odrůd ozimé pšenice. Rostl. Vyr., 33, 1987 (5): 521–528.
- NÁTROVÁ, Z.: Kvantitativní charakteristika morfogeneze klasu u vybraných odrůd ozimé pšenice. Rostl. Vyr., 35, 1989 (4): 393–408.
- ONDERKA, M.: Pěstební technologie jarního ječmene. In: KŘEN, J. a kol.: Integrované pěstební technologie obilnin pro podmínky ČR s využitím nových prvků z agrárně vyspělých zemí Evropy. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, ZVÚ 1995. 84 s.
- PETR, J. et al.: Vliv počasí na tvorbu výnosu u ozimé pšenice. Rostl. Vyr., 33, 1987 (2): 141–152.
- PŘIKRYL, K. – FLAŠAROVÁ, M. – ONDERKA, M.: Tvorba a redukce výnosových prvků ozimé pšenice. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, VÚO 1988.
- SMOČEK, J.: Ovlivnění úložné kapacity klasu pšenice standardního morfotypu. Rostl. Vyr., 34, 1988 (12): 1261–1268.
- ŠVIHRA, J. – TALAPKA, S.: Rastovo-produkční a akumulací proces vybraných odrůd jarního jačmeňa. Rostl. Vyr., 41, 1995 (6): 249–253.
- VRKOČ, F. a kol.: Fyziologie a ekologie tvorby výnosů pšenice. In: Cereals 82, Praha, 1982. 6 s.
- ZEMÁNEK, M.: Úložná kapacita odrůd ozimé pšenice v modelových podmínkách zásobení vodou. Úroda, 38, 1990 (1): 17–20.
- ZIMOLKA, J.: Organizace porostu jarního ječmene v kukuřičné oblasti. Úroda, 44, 1996 (2): 39.

Došlo 23. 1. 1997

Kontaktní adresa:

Ing. Marie Flašarová, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o., Havlíčkova 2787, 767 41 Kroměříž, Česká republika, tel.: 0634/31 71 54, fax: 0634/227 25

**Nejčerstvější informace o časopiseckých článcích
poskytuje automatizovaný systém**

Current Contents

na disketách

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna odebírá časopis „**Current Contents**“ řadu „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ a řadu „**Life Sciences**“ na disketách. Řada „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ je od roku 1994 k dispozici i s abstrakty. Obě tyto řady vycházejí 52krát ročně a zahrnují všechny významné časopisy a pokračovací sborníky z uvedených oborů.

Uložení informací z **Current Contents** na disketách umožňuje nejrozmanitější referenční služby z prakticky nejčerstvějších literárních pramenů, neboť báze dat je **doplňována každý týden** a neprodleně expedována odběratelům. V systému si lze nejen prohlížet jednotlivá čísla **Current Contents**, ale po přesném nadefinování sledovaného profilu je možné adresně vyhledávat informace, tisknout je nebo kopírovat na disketu s možností dalšího zpracování na vlastním počítači. Systém umožňuje i tisk žádánek o separát apod. Kumulované vyhledávání v šesti číslech **Current Contents** najednou velice urychluje rešeršní práci.

Přístup k informacím Current Contents je umožněn dvojím způsobem:

1) Zakázkový přístup – po vyplnění příslušného zakázkového listu (objednávky) je vhodný především pro mimopražské zájemce.

Finanční podmínky: – použití PC – 15 Kč za každou započatou půlhodinu

- odborná obsluha – 10 Kč za 10 minut práce
- vytištění rešerše – 1 Kč za 1 stranu A4
- žádanky o separát – 1 Kč za 1 kus
- poštovné + režijní poplatek 15 %

2) „Self-service“ – samoobslužná práce na osobním počítači v ÚZLK.

Finanční podmínky jsou obdobné. Vzhledem k tomu, že si uživatel zpracovává rešerši sám, je to maximálně úsporné. (Do kalkulace cen nezapočítáváme cenu programu a databáze **Current Contents**.)

V případě Vašeho zájmu o tyto služby se obraťte na adresu:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna

Dr. Bartošová

Slezská 7

120 56 Praha 2

Tel.: 02/24 25 79 39, l. 520, fax: 02/24 25 39 38

Na této adrese obdržíte bližší informace a získáte formuláře pro objednávku zakázkové služby. V případě „self-servisu“ je vhodné se předem telefonicky objednat. V případě zájmu je možné si objednat i průběžné sledování profilu (cena se podle složitosti zadání pohybuje čtvrtletně kolem 100 až 150 Kč).

ÚSTŘEDNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ KNIHOVNA, PRAHA 2, SLEZSKÁ 7

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna v Praze (dále jen ÚZLK), která je jednou z největších zemědělských knihoven na světě, byla založena v roce 1926. Již od počátku šlo o knihovnu veřejnou. Knihovna v současné době obsahuje více než jeden milion svazků knih, cestovních zpráv, dizertací, literatury FAO, svázaných ročníků časopisů z oblasti zemědělství, lesnictví, veterinární medicíny, ekologie a dalších oborů. Knihovna odebrá 750 titulů domácích a zahraničních časopisů. Informační prameny získané do fondu jsou v ÚZLK zpracovávány do systému katalogů – je budován jmenný katalog a předmětový katalog jako základní katalogy knihovny a dále různé speciální katalogy a kartotéky. Počátkem roku 1994 přistoupila ÚZLK k automatizovanému zpracování knihovního fondu v systému CDS/ISIS.

Pro informaci uživatelů o nových informačních pramenech ve fondech ÚZLK zpracovává a vydává knihovna následující publikace: Přehled novinek ve fondu ÚZLK, Seznam časopisů objednaných ÚZLK, Přehled rešerší a tematických bibliografií z oboru zemědělství, lesnictví a potravinářství, AGROFIRM – zpravodaj o přírůstcích firemní literatury (je distribuován na disketách), AGROVIDEO – katalog videokazet ÚZLK.

V oblasti mezinárodní výměny publikací knihovna spolupracuje s 800 partnery ze 45 zemí světa. Knihovna je členem IAALD – mezinárodní asociace zemědělských knihovníků. Od září 1991 je členem mezinárodní sítě zemědělských knihoven AGLINET a od 1. 1. 1994 je depozitní knihovnou materiálů FAO pro Českou republiku.

Knihovna poskytuje svým uživatelům následující služby:

Výpůjční služby

Výpůjční služby jsou poskytovány všem uživatelům po zaplacení ročního registračního poplatku. Mimopražští uživatelé mohou využít možností meziknihovní výpůjční služby. Vzácné publikace a časopisy se však půjčují pouze prezenčně.

Reprografické služby

Knihovna zabezpečuje pro své uživatele zhotovování kopií obsahů časopisů a následné kopie vybraných článků. Na počkání jsou zhotovovány kopie na přání uživatelů. Pro pražské a mimopražské uživatele jsou zabezpečovány tzv. individuální reproslužby.

Služby z automatizovaného systému firemní literatury

Jsou poskytovány z databáze firemní literatury, která obsahuje téměř 13 000 záznamů 1 700 firem.

Referenční služby

Knihovna poskytuje referenční služby vlastních databází knižních novinek, odebíraných časopisů, rešerší a tematických bibliografií, vědeckotechnických akcí, firemní literatury, videotéky, dále z databází převzatých – Celostátní evidence zahraničních časopisů, bibliografických databází CAB a Current Contents. Cílem je podat informace nejen o informačních pramenech ve fondech ÚZLK, ale i jiné informace zajímavé zemědělskou veřejnost.

Půjčování videokazet

V AGROVIDEU ÚZLK jsou k dispozici videokazety s tematikou zemědělství, ochrany životního prostředí a příbuzných oborů. Videokazety zasílá AGROVIDEO mimopražským zájemcům poštou.

Uživatelům knihovny slouží dvě studovny – všeobecná studovna a studovna časopisů. Obě studovny jsou vybaveny příručkovou literaturou. Čtenáři zde mají volný přístup k novinkám přírůstků knihovního fondu ÚZLK.

Adresa knihovny:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna
Slezská 7
120 56 Praha 2

Výpůjční doba:

pondělí, úterý, čtvrtek:	9.00–16.30
středa	9.00–18.00
pátek	9.00–13.00

Telefonické informace:

vedoucí:	24 25 50 74, e-mail: IHOCH@uzpi.agrec.cz
referenční služby:	24 25 79 39/linka 520
časopisy:	24 25 66 10
výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 415
meziknihovní výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 304
Fax:	24 25 39 38
E-mail:	ÚZLK@uzpi.agrec.cz

POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doplněny krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelům k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratky jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratky nepoužívat.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

Krátký souhrn (Abstrakt) je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

Metoda se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

Výsledky – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatcích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvních autorů. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště v PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including the key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). A PC diskette should be provided with the paper, written in an editor program, preferably T602, and with graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The **title** of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

Abstract is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise base numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

Introduction has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

Discussion contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telefon and fax number or e-mail.

OBSAH – CONTENTS

Matula S., Kozáková H.: A simple pressure infiltrometer for determination of soil hydraulic properties by <i>in situ</i> infiltration measurements – Jednoduchý tlakový infiltrometr pro stanovení hydraulických vlastností půdy pomocí polních infiltračních měření	405
Šarapatka B., Kršková M.: Interactions between phosphatase activity and soil characteristics from some locations in the Czech Republic – Interakce mezi aktivitou fosfatáz a půdními charakteristikami ve vybraných lokalitách ČR	415
Mikanová O., Kubát J., Voříšek K., Šimon T., Randová D.: Vliv rozpustného fosfátu na P-solubilizující aktivitu bakterií – Influence of soluble phosphate on P-solubilizing activity of bacteria	421
Smolíková M., Bartošová L.: Alelopatické ovlivnění klíčivosti vybraných druhů jetelovin a kostřavy rákosovité (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) – Allelopathic effects on germination percentage in some leguminous and tall fescue (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	425
Jamriška P.: Vplyv odrody a spôsobu výsevu na tvorbu úrody lucerny v prvej kosbe v treťom roku vegetácie – The effect of variety and type of undersowing on performance of first lucerne cut yield in third year of vegetation	431
Novák J., Černuško K., Týr Š.: Regulácia burinových druhov herbicidmi v ruderálnom trávnom poraste – Weed species control by herbicides in ruderal grasslands	439
Flašarová M., Onderka M.: Tvorba a kompenzace výnosových prvků u vybraných odrůd jarního ječmene – Formation and compensation of yield components in chosen spring barley genotypes	449