

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH

INFORMACÍ

KNIHOVNA

02-0303161

PRAHA 1-72 1993

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

1

ROČNÍK 39 (LXVI)
PRAHA 1993
CS ISSN 0370-663X

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
SLOVENSKÁ AKADEMIA PŮDOHOSPODÁRSKYCH VIED

ROSTLINNÁ VÝROBA

PLANT PRODUCTION

VOLUME 39 (1993)

Redakční rada - Editorial Board

Předseda - Chairman

Doc. ing. Josef Š i m o n , CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně)

Členové - Members

Doc. ing. Pavol B a j č i , CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra)

Ing. Helena D o n á t o v á , CSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha)

Prof. ing. Václav F r i c , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha)

Ing. Jozef H a b o v š t i a k , CSc. (Výskumný ústav lúk a pasienkov, pracovisko Krivá na Orave)

Ing. Alois C h a l u p a , CSc. (Výzkumný ústav technických plodín a luskovin, Šumperk)

Prof. ing. Vladimír K r a j č o v i č (Výskumný ústav lúk a pasienkov, Banská Bystrica)

Prof. ing. Lubomír M i n x , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Brno)

Ing. Timotej M i š t i n a , CSc. (Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany)

Ing. Josef P a ř í z e k (ZEAINVENT, a. s., Tmava)

Ing. Jaromír P r o c h á z k a , CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna)

Prof. ing. Stanislav P r o c h á z k a , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Brno)

Ing. Vlastimil R a s o c h a , CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod)

Prof. ing. Jozef R e p k a , DrSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra)

Doc. ing. Miron S u š k e v i č , DrSc. (Výzkumný ústav ekoagrotechniky, Hrušovany u Brna)

RNDr. Vladimír Š k r d l e t a , CSc. (Mikrobiologický ústav AV ČR, Praha)

Prof. ing. Václav V a n ě k , DrSc. (Vysoká škola zemědělská, Praha)

Ing. Marie V á ň o v á , CSc. (Výzkumný ústav obilnářský, Kroměříž)

Ing. Jaroslav V o š k e r u š a , CSc. (Výzkumná stanice olejnin, Opava)

Doc. ing. František V r k o č , DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně)

Vedoucí redaktorka - Editor-in-Chief

RNDr. Eva S t ř í b r n á

VYUŽITÍ SORPČNĚ-DESORPČNÍCH PŘÍMEK PRO CHARAKTERIZACI FOSFORU V HLAVNÍCH TYPECH PŮD ČR

V. Macháček

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

Je uvedena interpretace a aplikace sorpčně-desorpčních přímek a z nich vypočtených ukazatelů, rovnovážná konstanta (celková, adsorpční, desorpční), rovnovážná fosforová koncentrace (kapacita - RPK), uvolnitelný fosfor (intenzita - P_u) pro charakterizaci osmi hlavních typů půd ČR. Půdy jsou rozděleny

- a) podle převládajících adsorpčně-desorpčních dějů v půdě pomocí rovnovážných konstant;

- b) podle vlivu dávek fosforečného hnojiva na zvýšení RPK a P_u ;

- c) podle schopnosti uvolňovat fosfor (P_u) z půdní zásoby (RPK).

K posuzování zásobenosti půd fosforem by se mělo přihlížet i ke kinetickým ukazatelům, mezi něž patří i sorpčně-desorpční charakteristika půd.

Studium rovnováhy fosforu v půdě kinetickými metodami rozšiřuje poznatky získané o fosforečném režimu půd statickými metodami. Mezi statické metody patří i stanovení přístupného fosforu, z něhož se vychází při určování jednotných dávek fosforečných hnojiv (N e u b e r g et al., 1990). Nebere se vůbec v úvahu půdní stanoviště, které ovlivňuje fosforečný režim.

Studium rovnováhy fosforu jako první popisuje L a r s e n (1967), který vychází z rovnice:

$$P_{\min.} \xrightleftharpoons{K_1} P_{\text{rozt.}} \xrightleftharpoons{K_2} P_{\text{adsorp.}}$$

kde rovnovážná konstanta K_1 je pomalejší než K_2 . Z této základní rovnice vycházeli různí autoři v publikacích k popisu rovnováhy fosforu v půdě (L i et al., 1972; P r o b e r t, L a r s e n, 1972; K u o, L o t s e, 1973; B a r r o w, S h a w, 1975; M a n s e l l et al., 1977; B e e k, 1979; R i e m s d i j k 1979; B e e k, R i e m s d i j k, 1982 aj.). Mnoho prací je publikováno souhrnně knižně (H a g i n, T u c k n e r, 1982; H i m e s, 1988; R i c h t e r, 1988; S p a r k s, 1989; S p o s i t o, 1989; B a r b e r, 1990 aj).

V předcházejících příspěvcích (M a c h á č e k et al., 1985, 1987, 1990, 1991; V o p ě n k a et al., 1986, 1988) a publikacích (M a c h á č e k, 1988, 1990; M a c h á č e k, Š v a r c, 1991) je uváděno využití pohybli-

vého a vodorozpustného fosforu stanoveného statickou katexovou metodou (M a c h á č e k , 1986) ke sledování výživy rostlin fosforem. Pomocí katexové metody nelze studovat rovnováhu fosforu v půdě s ohledem na charakterizaci půd, jestliže v půdě převládají adsorpční nebo desorpční děje, ani jak tyto děje ovlivňují přechod fosforu ze sorpčního komplexu půdy do půdního roztoku. Rovnovážný stav fosforu v půdě lze studovat pomocí různých kinetických metod, z nichž byla pro nás nejvhodnější studie, kterou uveřejnila H a r t i k a i n e n (1982). Tato studie je založena na matematickém zpracování sorpčně-desorpčních izoterem, z kterých lze vypočítat rovnovážnou fosforovou koncentraci a rovnovážnou konstantu. Pro charakterizaci hlavních typů půd ČR, které zahrnují pokusné stanice, byla použita rovnovážná fosforová koncentrace (RPK) a rovnovážná konstanta (K), která byla rozšířena na konstantu adsorpce (K_a) a desorpce (K_d). Byl zaveden navíc nový pojem, a to tzv. uvolnitelný fosfor (P_u).

MATERIÁL A METODA

K řešení uvedené problematiky byla využita část polyfaktoriálního pokusu GS - 130 (lokalita Pohořelice, Hněvčevy, Kostelec nad Orlicí a Střítež) a GS - 140 (lokalita Břilice, Pernolec, Cheb, Humpolec, Vysoké nad Jizerou). Charakteristika půd u jednotlivých lokalit je uvedena v tab. I. Byly sledovány tři varianty ze 14 se stupňovaným hnojením fosforu (0; 40; 80 kg P. ha⁻¹) vždy při konstantní dávce dusíku a draslíku, hnoje a vápnění, která se měnila u jednotlivých plodin v období 1982 až 1987 (B u r d a et al., 1979). Při stanovení adsorpčně-desorpčních izoterem se vycházelo z námi upraveného postupu, který publikovala H a r t i k a i n e n (1982): standardní fosforečné roztoky obsahují 0,010; 0,030; 0,050; 0,100; 0,300; 0,500 a 1,000 mg P v 1000 dm³ a jsou připraveny z KH₂PO₄. K 1,00 g půdy o zrnitosti 2 mm v třepací kyvetě o objemu 100 cm³ se přidá 50 cm³ standardních roztoků, čímž sytíme půdu 0,5; 1,5; 2,5; 5,00; 15; 25 a 50 mg P . kg⁻¹. Směs se třepe 1 h, pak se nechá 23 h stát a před filtrací se 10 min opět protřepe. Adsorbovaný nebo desorbovaný fosfor v roztoku byl stanoven metodou, kterou popsali W a t a n a b e , O l s e n (1965), upravenou postupem pro autoanalyzátor firmy Carlo Erba Flowcamp 1501.

Výpočet ukazatelů

Pomocí regresní analýzy 1. řádu se z rovnice:

$$P_{st} - P_n = K \cdot P_{st} \pm P_u,$$

kde: K - rovnovážná konstanta;

P_{st} - obsah fosforu ve standardním roztoku přidáném k půdě;

P_n - množství stanoveného fosforu v příslušném ekvivalentu P_{st} po třepání;

P_u - množství uvolnitelného fosforu;

vypočtou tři ukazatele:

1. rovnovážná konstanta - celková (K), adsorpční (K_a), desorpční (K_d);
2. uvolnitelný fosfor (P_u) - množství vodorozpuštěného fosforu, které se uvolní z půdy a vyjadřuje se v absolutní hodnotě;
3. rovnovážná fosforová koncentrace (RPK) - množství fosforu v půdě, při kterém dochází k rovnováze mezi adsorpčními a desorpčními ději.

I. Charakteristika sledovaných půd - Characteristics of studied soils

Lokalita ¹	Půdní typ ² , druh ³	Zrnitost ¹³	pH	P ¹	P ¹	P ¹	KVK
				Egner	Olsen	Schacht-schabel	
Pohořelice	černozem ⁴ , illimerizovaná ⁷	hlinitá ¹⁴	7,3	111	40	236	261
Hněvčevy	hnědozem ⁵ , illimerizovaná ⁷	jílovito- hlinitá ¹⁵	6,7	55	30	98	219
Kostelec nad Orlicí	hnědozem ⁵ , slabě oglejená ⁸	hlinitá ¹⁴	5,4	54	36	113	168
Cheb	hnědá půda ⁶ , oglejená ⁹	jílovito- hlinitá ¹⁵	4,6	50	36	169	150
Břilice	hnědá půda ⁶ , oglejená ⁹	hlinitá ¹⁴ , jílovito- hlinitá ¹⁵	5,6	33	34	110	130
Humpolec	hnědá půda ⁶ , kyselá ¹⁰	písčito- hlinitá ¹⁶	4,5	7	20	297	139
Vysoké nad Jizerou	hnědá půda ⁶ , podzolová ¹¹	hlinito- písčitá ¹⁷ , skeletovitá ¹⁸	5,0	17	20	79	205
Střítež	hnědá půda ⁶ , typická ¹²	hlinitá ¹⁴	5,1	41	20	112	173

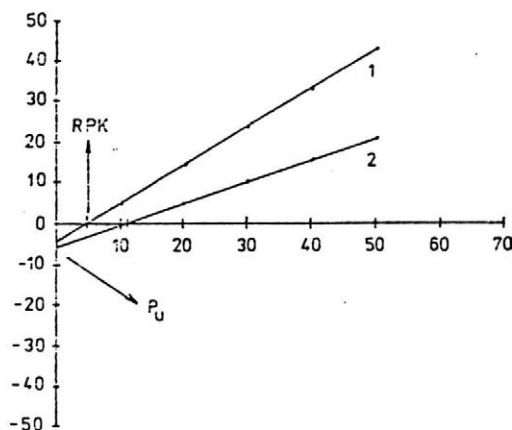
P¹, K¹ - mg.kg⁻¹; KVK - mmolekv.kg⁻¹

¹site, ²great soil type, ³texture, ⁴Chernozem, ⁵Luvisol, ⁶Cambisol, ⁷illimerized, ⁸stagnogleyic, ⁹gleyic, ¹⁰acid, ¹¹podzolic, ¹²typical, ¹³soil texture, ¹⁴loam, ¹⁵clay-loam, ¹⁶sandy-loam, ¹⁷loam-sandy, ¹⁸skeletal

VÝSLEDKY

V tab. II jsou uvedeny průměrné hodnoty ukazatelů získaných z adsorpčně-desorpčních křivek ze šestiletého pozorování v jednotlivých letech 1982 až 1987. Z tab. II vyplývá, že s přidáním fosforu do půdy ve všech případech rovnoměrně klesají hodnoty rovnovážných konstant (K , K_s , K_d) a zvyšují se hodnoty jak uvolnitelného fosforu (P_u), tak i rovnovážné fosforové koncentrace (RPK). Tyto změny jsou v soulase s teoretickou předpovědí, protože přidáním fosforečného hnojiva by se měly snižovat adsorpční děje a měly by převládat desorpční děje (obr. 1, přímka 2). Snížení hodnot rovnovážných konstant po přidání fosforečného hnojiva se dá vysvětlit za zjednodušujícího předpokladu složitosti půdního systému, že rovnovážnou fosforovou koncentraci (RPK) lze teoreticky považovat za tzv. kapacitu a uvolnitelný fosfor (P_u) za tzv. intenzitu. Po přidání fosforečného hnojiva se více zvyšuje kapacita než intenzita, protože fyzikální adsorpci na povrchu nelze zabránit. Tento velmi zjednodušený teorém je potvrzen i tím, že křivky 1 a 2 na obr. 1 nejsou rovnoběžné.

Hodnoty rovnovážné fosforové koncentrace (RPK) a uvolnitelného fosforu (P_u) se zvyšují v závislosti na dávce přidaného fosforu do půdy, a to různě podle půdních vlastností, jak je uvedeno v tab. II a graficky znázorněno na obr. 1. Z vypočtených závislostí stanovených ukazatelů (RPK a P_u) na dávce fosforu bylo zjištěno, že závislost v rozmezí 0 až 40 kg P · ha⁻¹ je převážně lineární a závislost v rozmezí 0 až 80 kg P · ha⁻¹ je kvadratická. Rovnice pro výpočet teoretického zvýšení RPK a P_u na základě sorpčně-desorpčních vlastností půd jsou uvedeny v tab. III. Závislost polynomu 2. řádu pro nedostatek experimentálně získaných bodů byla vypočtena metodou, kterou popsal A k i m a (1970). Z hodnot regresních koeficientů (polynom 1. řádu b ; poly-



1. Grafické znázornění sorpčně-desorpčních přímek půdy z lokality Vysoké nad Jizerou (1982) - Diagram of sorption-desorption soils from the site Vysoké nad Jizerou 1982

1, 2 varianty hnojení P - 1, 2 - variants of fertilizing P

+y - absorpce - absorption

-y - desorpce - desorption

II. Průměrné hodnoty ukazatelů získaných z adsorpčně-desorpčních křivek z let 1982 až 1987 -
 - Average values of indicators obtained from adsorption-desorption curves of the years 1982 to 1987

Lokalita ¹	Varianta ²	Konstanta ³			P (mg.kg ⁻¹)	
		K	K _a	K _d	RPK	P _u
Kostelec nad Orlicí	1	0,28	-	0,28	67,0	18,8
	2	0,24	-	0,24	114,8	25,2
	3	0,25	-	0,25	196,2	43,1
Hněvčeves	1	0,29	-	0,29	88,1	24,6
	2	0,23	-	0,23	101,5	25,0
	3	0,22	-	0,22	168,1	35,5
Břilice	1	0,19	-	0,19	92,8	13,1
	2	0,35	-	0,35	115,2	17,0
	3	0,18	-	0,18	224,6	39,2
Pohořelice	1	0,44	-	0,44	37,8	16,5
	2	0,47	-	0,47	46,7	21,3
	3	0,39	-	0,38	66,8	25,7
Střítež	1	0,39	0,35	0,43	21,5	8,6
	2	0,37	0,36	0,38	40,1	15,7
	3	0,32	0,41	0,31	73,4	20,5
Cheb	1	0,53	0,43	0,52	20,8	10,0
	2	0,45	0,41	0,47	32,8	12,9
	3	0,45	-	0,44	56,9	23,9
Humpolec	1	0,58	0,55	0,71	7,0	4,1
	2	0,48	0,40	0,53	20,0	9,3
	3	0,40	-	0,39	54,5	20,1
Vysoké nad Jizerou	1	0,91	0,91	0,81	2,1	1,6
	2	0,76	0,77	0,75	4,0	3,3
	3	0,64	0,63	0,70	15,1	9,6

¹site, ²variant, ³constant

III. Přehled regresních rovnic pro výpočet RPK a P_u po dávce fosforu v hnojivu - A survey of regression equations for calculation of RPK and P_u after phosphorus rate in fertilizer

Lokalita ¹	RPK				P_u			
	a	b	c	r	a	b	c	r
Kostelec nad Orlicí	63,96	1,228		0,984	17,80	0,165		0,827
	66,06	0,765	0,0111	0,998	18,53	0,016	0,0037	0,998
Hněvčoves	87,20	0,344		0,981	24,59	0,010		0,999
	91,67	-0,549	0,0183	0,969	25,03	-0,109	0,0030	0,989
Bíllice	91,13	0,576		0,973	12,49	0,101		0,821
	97,51	-0,770	0,0293	0,984	13,54	-0,146	0,0057	0,998
Pohořelice	37,52	0,228		0,999	16,26	0,123		0,993
	38,16	0,079	0,0034	0,997	16,19	0,135	-0,0002	0,995
Střítež	19,87	0,478		0,958	8,57	0,182		0,994
	20,93	0,258	0,0050		8,24	0,237	-0,0010	0,992
Cheb	19,86	0,309		0,969	9,78	0,075		0,973
	20,59	0,143	0,0039	0,999	10,41	-0,055	0,0027	0,985
Humpolec	5,86	0,334		0,958	4,02	0,133		0,998
	7,50	-0,002	0,0073	0,996	3,62	0,147	0,0009	0,956
Vysoké nad Jizerou	2,04	0,049		0,999	1,41	0,044		0,919
	2,67	-0,089	0,0029	0,978	1,62	-0,012	0,0014	0,999

polynom 1. řádu pro dávku 0 - 40 kg P.ha⁻¹; polynom 1st degree for dose 0 - 40 kg P.ha⁻¹

polynom 2. řádu pro dávku 0 - 80 kg P.ha⁻¹; polynom 2nd degree for dose 0 - 80 kg P.ha⁻¹
¹ site

nom 2. řádu c) získáme rozdílné klesající pořadí půd, a to jak pro RPK , tak pro P_u . Rozdílné pořadí je jak pro rozmezí 0 až 40 kg P . ha⁻¹, tak pro hodnoty 0 až 80 kg P . ha⁻¹. Tato rozdílnost ve vlastnostech půdy je způsobena různou sorpční a desorpční schopností dané půdy, která se projevuje různě při malých nebo velkých dávkách fosforečného hnojiva.

V tab. IV je uveden přehled regresních rovnic polynomu 1. řádu pro výpočet uvolnitelného fosforu (P_u) z rovnovážné fosforové koncentrace (RPK) a přehled korelačních koeficientů těchto vztahů. Z hodnot korelačních koeficientů je zřejmé, že těsnost těchto vztahů je velmi vysoká. Z klesajícího pořadí regresních koeficientů je vidět shoda s klesající hodnotou rovnovážných konstant, které jsou uvedeny v tab. II. Tato shoda jasně ukazuje experimentálně prokázaným vlivem rovnovážné konstanty (K) na uvolnitelnost fosforu (P_u) ze své zásoby (RPK).

Lokalita ¹	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>
Kostelec nad Orlicí	4,9	0,192	0,993
Hněvčeves	11,3	0,143	0,992
Břilice	-5,7	0,200	0,999
Pohořelice	6,0	0,219	0,970
Střítež	5,1	0,301	0,963
Cheb	1,0	0,395	0,991
Humpolec	2,1	0,332	0,998
Vysoké nad Jizerou	0,6	0,599	0,997

¹ site

DISKUSE

Sorpční a desorpční reakce probíhající v půdním komplexu jsou velmi složité. Tyto děje zahrnují mnoho faktorů, které je ovlivňují. Snaha začlenit různorodé faktory do matematických rovnic ve většině případů vede k neřešitelnosti. Nejschůdnější cesta je vytvořit idealizaci skutečného stavu (S p a r k s , 1989) a z něho odvozovat konečný stav (S p o s i t o , 1989). Konečným stavem ve výživě rostlin fosforem jsou formy půdního fosforu, které jsou přístupné rostlinám, a jejich skutečný obsah. V převážné míře jsou to statické ukazatele, získané za různých podmínek, které jsou agronomicky analyzovány. R i c h t e r (1988) a B a r b e r (1990) vycházejí ve svých studiích z jednoduchého předpokladu, že konečné hodnoty mají být zahrnuty do termodynamického systému, v kterém se ustavuje rovnováha, a z něho mají být odvozovány. Tento názor určuje současný vývoj půdní agrochemie fosforu ve světovém výzkumu. Ve statickém pojetí se nedá očekávat nic nového, jenom rozpracovávat agronomické využití známých faktů.

Hodnot rovnovážných konstant bylo využito ke charakterizaci studovaných půd z hlediska jejich adsorpčně-desorpčních vlastností. Velmi dobré desorpční vlastnosti má černozem z Pohořelice, hnědozem z Hněvčevse a Kostelce nad Orlicí a hnědá půda z Břilice, a to proto, že ze získaných měření bylo možno vypočítat jenom desorpční rovnovážnou konstantu (K_d). Hnědá půda kyselá z lokality Humpolec a hnědá půda oglejená z lokality Cheb na nehněnou variantě (1) mají adsorpční vlastnosti, protože adsorpční rovnovážná konstanta (K_a) je hodnotou blíží celkové rovnovážné konstantě.

Dávkou fosforu $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nastává vyrovnání mezi adsorpčně-desorpčními vlastnostmi půdy a dávkou $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ pravděpodobně po nasycení sorpčního komplexu získávají půdy již desorpční vlastnosti. Hnědá půda podzolová z Vysokého nad Jizerou má u všech variant adsorpční vlastnosti, protože celková rovnovážná konstanta (K) je značně ovlivňována adsorpční rovnovážnou konstantou (K_a). Hnědá půda z lokality Střítež má atypické vlastnosti. U nehnojené (1) a hnojené (2) varianty jsou téměř shodné rozdíly mezi hodnotami všech rovnovážných konstant, z čehož lze vyvodit závěr, že jsou v rovnováze adsorpčně-desorpční děje. U hnojené varianty (3) dávkou fosforu $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ je celková rovnovážná konstanta (K) ovlivňována desorpční konstantou (K_d), což signalizuje převládající desorpční děje.

Rovnovážná fosforová koncentrace (RPK) a uvolnitelný fosfor (P_u) reagují obdobným způsobem na zvyšování obsahu fosforu v půdě po hnojení jako jakékoliv statické metody. RPK se svými hodnotami blíží metodám používaným pro stanovení přístupného fosforu a P_u , vodním výluhům nebo různým extrakčním výluhům získaným extrahovadly o malé koncentraci neutrálních sloučenin. Výhoda před statickými metodami je, že se vychází přímo ze studia rovnováhy mezi adsorpčními a desorpčními ději a nesrovnávají se údaje získané za různých podmínek. Z těchto a dalších nespecifikovaných důvodů bylo získáno rozdílné klesající pořadí půd jak pro RPK , tak i pro P_u z jednotlivých lokalit podle reakce na stupňované dávky fosforu. Pro rozmezí 0 až $40 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ (0 až $91,7 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$), které je z praktického hlediska nejdůležitější, lze závislost RPK , P_u na dávce fosforu vyjádřit polynomem 1. řádu. Podle hodnot regresních koeficientů je pořadí lokalit pro RPK (Kostelec > Břilice > Střítež > Hněvčeves > Humpolec > Cheb > Pohořelice > Vysoké) a pro P_u (Střítež > Kostelec > Humpolec > Pohořelice > Břilice > Cheb > Vysoké > Hněvčeves). Z toho vyplývá důležitý závěr pro hnojení, že nelze očekávat stejné zvýšení obsahu fosforu v půdě po hnojení jednotnou dávkou na různých typech půd a případné relativně stejné zvýšení půdní zásoby fosforu (kapacity) se projeví odlišně na uvolnitelném fosforu (intenzitě). Nejjednodušší vysvětlení vyplývající přímo ze studia je, že zásoba fosforu v půdě (RPK) je řízena rovnováhou mezi adsorpčními a desorpčními ději vyjádřenou rovnovážnými konstantami K_a a K_d , zatímco uvolnitelný fosfor (P_u) je řízen desorpčním dějem vyjádřeným K_d .

Z praktického hlediska je důležité znát, jaké množství fosforu se uvolní z půdní zásoby na dané půdě a jak tato teoreticky vyjádřená uvolnitelnost je ovlivněna rovnovážnými konstantami. Z hodnot regresních koeficientů lze sestavit klesající pořadí jednotlivých půd: Vysoké > Cheb > Humpolec > Střítež > Pohořelice > Břilice > Kostelec > Hněvčeves. Sledované půdy podle schopnosti uvolňovat fosfor ze své zásoby lze rozdělit do tří skupin:

- Největší uvolnitelnost fosforu má hnědá půda podzolová z Vysokého nad Jizerou, hnědá půda oglejená z Chebu a hnědá půda kyselá z Humpolce. Jsou to půdy, u kterých lze vypočítat adsorpční rovnovážnou konstantu (K_a) a adsorpční děje ovlivňují půdní zásobu a ne jeho uvolnitelnost. Tyto půdy budou mít malou pufrací schopnost, jak vyplývá ze závěrů, ke kterým dospěla H a r t i k a i n e n (1982), která studovala vztahy mezi *RPK* a pufracími parametry. Z praktického hlediska to znamená, že tyto půdy budou velmi citlivě reagovat na fosforečné hnojení a jakákoliv změna dávky fosforu je dobře analyticky zaznamenatelná.
- Malou uvolnitelnost fosforu má hnědá půda oglejená z Břilice, černozem illimerizovaná z Pohorelic, hnědozem slabě oglejená z Kostelce nad Orlicí a hnědozem illimerizovaná z Hněvčevse. Toto je skupina půd, u kterých celková rovnovážná konstanta (K) je vyjádřena desorpční konstantou (K_d). Tyto půdy budou mít velkou pufrací schopnost i hodnotu *RPK*. Z praktického hlediska to znamená, že půdy nereagují citlivě na fosforečné hnojení a změna v obsahu fosforu v půdě nemusí být výrazně analyticky zaznamenatelná.
- Svoji atypičnost má hnědá půda ze Stříteže, kterou nelze zařadit do uvedených skupin, a to pro svoje vyrovnané sorpčně desorpční vlastnosti. Tato půda si zaslouží podrobnější kinetické studium, což je mimo rámec této publikace.

Vypočtené rovnovážné ukazatele ze sorpčních a desorpčních přímek umožňují jednoduchým způsobem z analyticky uzavřeného systému charakterizovat fosforečný režim stanovišť a srovnávat je mezi sebou. Ve spojení s dalšími půdními statickými a kinetickými ukazateli mohou tvořit výchozí základ pro modelování přechodu fosforu do uvolnitelných forem.

L i t e r a t u r a

- AKIMA, H.: A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures. J. Assoc. Comp. Mach., 17, 1970, s. 589-602.
- BARBER, S. A.: Soil nutrient bioavailability. Wiley-Intersci. Publ. New York, John Wiley and sons 1990.
- BARROW, N. J. - SHAW, T. C.: The slow reaction between soil and anions. Soil Sci., 119, 1975, s. 167-177.
- BEEK, J.: Phosphate retention by soil in relation to waste disposal. Ph. D. Thesis, Wageningen, Agric. Univ. 1979.
- BEEK, J. - RIEMSDIJK, W.H. van: Interactions of orthophosphate ion with soil. In: BOLT, G. H. (ed.): Soil chemistry, B. Physico-chemical models. Elsevier, Amsterdam, 1982, s. 259-284.
- BURDA, V. et al.: Metodika polyfaktoriálního výživářského pokusu. Praha, VÚRV 1979.

- HAGIN, J. - TUCKNER, B.: Fertilization of dryland and irrigated soils. New York, Spring-Verlag 1982.
- HARTIKAINEN, H.: Relation between phosphorus intensity and capacity parameters in Finnish mineral soils. *J. Sci. agric. Soc. Fin.*, 54, 1982, s. 251-262.
- HIMES, F. L.: Russel's soil conditions and plant growth. New York, John Wiley and sons 1988.
- KUO, S. - LOTSE, E. G.: Kinetics of phosphate adsorption and desorption by hematite and gibbsite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 16, 1973, s. 400-406.
- LARSEN, S.: Soil phosphorus. *Adv. agron.*, 19, 1967, s. 151-210.
- LI, W. C. et al.: Rate and extent of inorganic phosphate exchange to lake sediments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 1972, s. 279-285.
- MACHÁČEK, V.: Způsob stanovení uvolnitelné zásoby fosforu z půdy. Autorské osvědčení 247986, Praha, 1986.
- MACHÁČEK, V.: Programování půdní úrodnosti z hlediska přístupných forem fosforu v půdě. *Agrochémia*, 12, 1988, č. 12, s. 365-368.
- MACHÁČEK, V.: Charakterizace ukazatelů fosforečného režimu černozemě. *Rostl. Výr.*, 36, 1990, č. 2, s. 119-129.
- MACHÁČEK, V. - ŠVARC, J.: Doplnkové metody zpřesnění výživy rostlin fosforem. *Rostl. Výr.*, 37, 1991, č. 5, s. 463-471.
- MACHÁČEK, V. et al.: Hodnocení dalších agrochemických kritérií půd pro výživu rostlin fosforem a draslíkem. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1985.
- MACHÁČEK, V. et al.: Sledování vztahu a dynamiky živin v půdě. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1987.
- MACHÁČEK, V. et al.: Zpřesnění metod stanovení fosforu v půdě. *Agrochémia*, 30, 1990, č. 9, s. 278-281.
- MACHÁČEK, V. et al.: Metody rozšiřující charakteristiku přístupného fosforu a draslíku v půdě. *Agrochémia*, 31, 1991, č. 5, s. 100-103.
- MANSELL, R. S. - SELIM, H. M. et al.: Simulated transformations and transport of phosphorus in soil. *Soil Sci.*, 124, 1977, s. 102-109.
- NEUBERG, J. et al.: Komplexní metodika výživy rostlin. Praha, ÚVTIZ 1990.
- PROBERT, M. E. - LARSEN, S.: The kinetics of heterogenous isotopic exchange. *J. Soil Sci.*, 23, 1972, s. 76-91.
- RIEMSDIJK, W. H. van: Reaction mechanism of phosphate with $Al(OH)_3$ and sandy soil. Ph. D. Thesis. Wageningen, Agric. Univ. 1979.
- RICHTER, J.: The soil as a reactor. Catena Werlog, D-332 Cremlingen, Germany, 1988.
- SPARKS, D. L.: Kinetics of soil chemical processes. San Diego, Acad. Press, Inc. 1989.
- SPOSITO, G.: The chemistry of soils. New York, Oxford, Oxford Univ. Press 1989.
- VOPĚNKA, L. et al.: Vztahy půdních vazeb draslíku a forem fosforu k výživě rostlin. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1986.
- VOPĚNKA, L. et al.: Vypracování agrochemických kritérií pro technologii hnojení (P a K). [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1988.
- WATANABE, F. R. - OLSEN, S. R.: Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 29, 1965, s. 677-678.

Došlo 4. 3. 1992

Sorption-desorption isotherms, as obtained by the method after Hartikainen (1982), were used to study the equilibrium of phosphorus in soil. From linear part of isotherms, by the formula: $P_{st} - P_u = K \cdot P_{st} \pm P_u$ three equilibrium constants (K , K_a , K_d), equilibrium phosphorus concentration (RPK) and releasable phosphorus (P_u) follow. By means of these indicators idealizing an actual state major soil types of the Czech Republic were characterized on the basis of eight experimental stations of the Research Institute.

Tab. II gives average values of indicators from six-year investigations in different years for the period 1982-1987. It follows from Tab. II that after phosphorus added into soil of the falling values K , K_a and K_d while RPK and P_u values are increasing. By using the values RPK and P_u , also RPK can be in view as capacity and P_u as intensity. It was found out that the soil originated from Pohořelice, Hněvčeves and Brilice will be of good desorption properties as K is identical with K_d and K_a cannot be found out. Untreated soil (variant 1) from Humpolec and Cheb has adsorption properties which are equalized with the first rate of phosphorus variant 2 through desorption, and variant 3 is of desorption properties. The soil from Vysoké has adsorption properties, as K is affected with K_a in all variants. The soil from Střítež has atypical properties for its equalized adsorption-sorption properties.

It was found out that after phosphorus fertilizing the difference in increased phosphorus-reserve in soil (capacity) expressed as RPK from which phosphorus is releasing into soil medium, and in increasing water-soluble phosphorus (intensity) expressed as P_u . This will mean from practical aspect that uniform phosphorus rate applied on different soil types will be manifested in different way in increased available phosphorus which is the sum of various forms of soil phosphorus. Eventual relatively identical increase in the soil reserve will be manifested otherwise in releasable phosphorus.

The studied soils according to their capacity to release phosphorus (P_u) from their reserve (RPK) and with respect to the fact that how the constant (K) is affected either by K_a or by K_d can be ranked among three groups:

1) Vysoké, Cheb, Humpolec, 2) Pohořelice, Hněvčeves, Brilice, Kostelec, 3) Střítež. This classification is important also for determination of the changes in phosphorus content in soil after fertilizing studied by statistical methods. Whereas in the first group for the reasons of small buffering capacity of soil the statical methods will record higher changes in the content of available phosphorus, the changes in the content of available phosphorus will be lower due to high buffering capacity of this soil. The Střítež soil has atypical properties, it is only an interlink between the first and the second groups and this deserves more detailed studies.

Equilibrium indicators calculated from sorption-desorption lines enable to characterize in a simple way from analytically closed system a phosphorus regime of sites and to compare them with each other. In connection with other static and kinetic indicators they may form an initial idealized base for modelling of the transfer of phosphorus into releasable forms.

Kontaktní adresa:

RNDr. Václav M a c h á ě k , CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

ZMĚNY UKAZATELŮ FOSFÁTOVÉHO REŽIMU PŘI ZMĚNĚ CHEMISMU HUMUSOVÉHO HORIZONTU HNĚDÉ PŮDY

J. Horáček

Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, České Budějovice

V modelovém laboratorním pokusu byly sledovány změny tzv. intenzitních ukazatelů fosfátového režimu půdy - faktoru intenzity I, faktoru kapacity Q a sorpčního indexu SI v zemině odebrané z humusového horizontu HPa. Pro vyhodnocení bylo použito tři různých matematicko-statistických metod, které více či méně průkazně potvrdily dobrou odezvu všech tří ukazatelů (I, Q, SI) na změny chemismu zeminy vyvolané přidávkou makroživin H, mikroživin S, glukózy G, vápnění V a vybranými kombinacemi těchto agrochemických opatření. V pozitivním smyslu pak u těch opatření a jejich kombinací, které vedly k oživení biologické aktivity půdy a ke zlepšení parametrů půdní organické hmoty. Odtud vyplynulo základní zjištění, že všechny ukazatele fosfátového režimu v půdě jsou závislé na její mikrobiální činnosti a nejsou proto jen funkcí chemismu půdy. Lze však říci, že I, Q a SI reagovaly na změny chemismu HPa lépe ve variantách s celkově vyšší hladinou P, tedy minerálně hnojených. Odtud je pak možno s jistotou aproximací usuzovat na vhodnost použití těchto ukazatelů ke studiu fosfátového režimu antropogenních půd.

Frakcionace půdního P je velmi pracná a pro praxi tedy nepřiliš vhodná a momentálně používané stanovení přístupného P tou či onou metodou vypočítává poměrně málo. Bylo by třeba znát možnosti doplňování tohoto přístupného P, tedy jakou má tento údaj kapacitu, dále jakou rychlostí se doplňuje P z pevné fáze, jaká je pohyblivost fosfátových iontů v půdním roztoku, jaké jsou možnosti desorpce P z pevné fáze (jak silně je P poután půdními částicemi) a eventuálně další údaje více charakterizující dynamiku půdního P.

Za tímto účelem bylo (K o l e k t i v , 1982) navrženo pro P mimo jiné stanovení faktoru kapacity, označovaného většinou Q (který úzce koreluje s hodnotou přístupného P), faktoru intenzity I, vyjadřujícího míru pohyblivosti P v půdním prostředí, faktoru kinetiky R, indikujícího rychlost uvolňování P z pevné půdní fáze do půdního roztoku, sorpčního indexu SI, charakterizujícího fixační schopnost půd pro P, eventuálně stanovení konstanty vazebné energie K či sorpčního maxima b k podobnému účelu. Nejčastěji je používáno pro charakteristiku tzv. fosfátového režimu půd hodnot Q, I, R a SI (P i r k l et al., 1981; V o p l a k a l , D a m a š k a , 1981).

Zajímavou metodu ke stanovení vodorozpuštěného P a stanovení půdní zásoby P katexem navrhl Macháček (1985). Perspektivní se zdá být její další rozpracování, založené na sledování faktoru kapacity (součet uvolňovaného vodorozpuštěného a pohyblivého P) v závislosti na čase, kdy lze určit rychlost uvolňování příslušné formy P. Modifikací metody a matematickými úpravami se obdrží parametry, kterými lze sledovat dynamiku P v půdě (Macháček, Vopěnka, 1986). Progresivní se zdá být i postup, který zavedl Page (1981). Vychází ze sorpční izotermie, resp. ze závislosti sorbovaného množství P na rovnovážné koncentraci.

Uvedené dynamické ukazatele P mají vysokou vypovídací schopnost k vysloveným otázkám, a proto je ke studiu fosfátového režimu půd využívá řada autorů (např. Kolář, 1985; Macháček, Pírk, 1985; Pírk, Voplakal, 1985; Jentsch, 1986; Voplakal, 1986; Božko, 1987; Horáček, 1989 a mnoho dalších). Cílem naší práce bylo prostudovat změny vybraných intenzitních ukazatelů půdního P v závislosti na změnách chemismu zeminy odebrané z humusového horizontu HPa.

MATERIÁL A METODA

Zemina byla odebrána z humusového horizontu 0,05 až 0,15 m z lokality Vranín - Dvorce u Třeboně, na vzduchu usušena, proseta sítím o průměru ok 2 mm a dokonale zhomogenizována. Podle Novákovy stupnice (KPP) jde o půdu písčito-hlinitou (24,2 % I. kategorie a 8,4 % II. kategorie). Další základní vstupní charakteristika je: $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,4$; přístupné živiny dle AZP ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) - P 12,0; K 46,0; Mg 25,0; sorpční kapacita T (Sandhof) = $9,5 \text{ meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Fyzikální vlastnosti: měrná hmotnost (M_z) = $2,49 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; objemová hmotnost redukována (Or) = $1,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; pórovitost celková (P) = 59,0 % obj.; MKK dle Nováka = 40,2 % obj.; maximální vzdušná kapacita (P-RVK) = 18,8 % obj.

Byla zvolena tato agrochemická opatření: přídavek makroživin (H) odpovídající 600 mg N, 375 mg P, 1000 mg K a 465 mg Mg na nádobu ve formě $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4$, přídavek stopových prvků (S) v hnojivu Mikrola ve dvojnásobném množství doporučeném výrobcem, přídavek CaO 560 mg na nádobu (V) vypočítaný z titrační křivky do pH 7,2 + udržovací vápnění a přídavek lehce rozložitelného uhlíkatého zdroje (G) ve formě glukózy v množství 25 g na nádobu.

Na základě výsledků předchozího orientačního modelového laboratorního pokusu (Kolář a kol., 1987), ve kterém byl sledován vliv 16 vzájemných

kombinací agrochemických opatření na různé parametry půdní organické hmoty a fosforu, byly v tomto vlastním inkubačním experimentu zvoleny kombinace i(O), H, G, VG, HSG a HSVG. Po skončení inkubace byla s těmito variantami analyzována i původní neinkubovaná zemina NEi s vědomím, že k určitým změnám ve složení půdního P dochází i při pouhém stání vysušené zeminy v laboratoři.

Pokus byl uskutečněn v 11 polyetylenových lahvích s plněním zeminy 0,5 kg ve čtyřech opakováních každé z variant. Příslušné množství CaO bylo v odpovídajících variantách zhomogenizováno se zeminou za sucha, ostatní přídavky byly rozpuštěny v destilované závlahové vodě dodané v množství 80 % hmotn. předem stanovené maximální kapilární kapacity podle Nováka (MKK).

Lahve byly ponechány čtyři dny v termostatech při 28 °C, poté byly další tři dny umístěny v chladničce při teplotě 5 °C. Provzdušnění bylo prováděno jednou týdně. Celý cyklus byl opakován pravidelně po dobu šesti měsíců s tím, že odpařená voda byla doplňována každé čtyři týdny. Kyslíkové poměry by bylo možno charakterizovat jako mírně anaerobní.

Po půlroční inkubaci byla zemina opět na vzduchu vysušena a byly stanoveny ukazatele fosforečného režimu půdy - faktor intenzity I, faktor kapacity

Q, sorpční index $\frac{x}{\log c}$ podle Bache SI (B a c h e , W i l l i a m s , 1971; K o l e k t i v , 1981) a vybrané charakteristiky půdní organické hmoty.

Faktor kapacity Q byl stanoven jako $P_v + P_k$, tedy součet vodorozpuštěného P (extrakce vodou) a P uvolněného katexem (M a c h á ě k , 1985). Obě tyto položky, stejně jako všechny ostatní ukazatele fosfátového režimu půd byly v koncovce stanoveny jako fosfomolybdenová modř za přítomnosti vinnanu antimonyl draselného po redukci kyselinou askorbovou v prostředí H_2SO_4 . Je to v podstatě modifikace stanovení P (M u r p h y - R i l e y , 1962) uváděného v metodikách (K o l e k t i v , 1982). Faktor intenzity I byl určen podle citované metody (K o l e k t i v , 1982) ve výluhu vzorků půd z inkubací v 0,01M $CaCl_2$. Sorpční index podle Bache byl stanoven jako poměr půdou sorbovaného fosforu x a logaritmu rovnovážné koncentrace P při určité výchozí koncentraci $2,5 \mu mol P \cdot cm^{-3}$ v roztoku před sorpcí (B a c h e , W i l l i a m s , 1971; K o l e k t i v , 1982).

Jako pomocné hodnoty byly stanoveny vybrané charakteristiky půdní organické hmoty - barevný kvocient Q 4/6, koeficient stability humusu K dle Hargitaie, podíl tzv. rozložitelného humusu z celkového C_{ox} a mikrobiální aktivita půdy v úpravě změřením respiračního koeficientu NG/B. Popis použitých metod uvádí H o r á ě k (1989).

Všechna stanovení ukazatelů fosforečného režimu půd byla měřena na přístroji Spekol 11 (Zeiss Jena). Výsledky byly zpracovány na počítači SM 52/11 s použitím programu Společného výpočetního ústavu při AF VŠZ České Budějovice (jednofaktorové analýzy rozptylu) a dále na počítači Hewlett Packard 86B s využitím speciálního programu prof. ing. L. Pavla, DrSc., pro analýzu korespondence.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro možnost společného hodnocení hnojených i nehnojených variant musely být uváženy značné číselné rozdíly ukazatelů v kombinacích pokusu s přidavkem makroživin ($P_{\text{celk}} \pm 1000 \text{ mg.kg}^{-1}$) a v kombinacích nehnojených s celkovou nízkou hladinou P ($P_{\text{celk}} \pm 400 \text{ mg.kg}^{-1}$). Rovněž se ukázalo, že metoda jednofaktorové analýzy rozptylu parametrickým testem podle Dunca na není pro soubor s malým počtem opakování nejvhodnější. V tab. I a II jsou dále uvedeny jen nejnutnější statistické údaje.

Faktor intenzity je závislý na mikrobiální činnosti podpořené úpravou půdní reakce, aktivací enzymatických systémů stopovými prvky a přidavkem lehce přístupného zdroje C - glukózy. Z tab. I vyplývá, že faktor intenzity I ve variantách HSVG je prakticky dvojnásobný vzhledem k variantě HSG, což dokazuje velký význam úpravy půdní reakce, ovšem faktor intenzity je vápněním příznivě ovlivňován jedinečně při dostatku makroživin; z rozdílu variant G a VG je zřejmé, že při nedostatku NPK úprava půdní reakce vápněním působí na hodnotu I nepříznivě, i když je třeba upozornit, že rozdíl výsledků ve variantách G a VG je statisticky neprůkazný. Výše uvedené tvrzení mi umožňuje právě statistická významnost rozdílu variant HSG a HSVG a opak tohoto vztahu ve variantách G a VG.

U dalšího ukazatele fosfátového režimu - faktoru kapacity Q na rozdíl od faktoru intenzity I je vápnění i v přítomnosti vysoké hladiny makroživin nevýznamné (statistická nevýznamnost rozdílu průměrů HSG a HSVG). Ukazuje se určitý kladný vliv kombinace HSG proti samotnému hnojení (H), také G se sama uplatňuje spíše hůře. Snad lze očekávat kladný efekt celé kombinace HSVG, protože samotná glukóza působí na Q spíše záporně, a to se dá s jistotou předpokládat také o samotném přidavku S. Statisticky významné (podle Dunca) jsou však jen rozdíly variant HSG a HSVG proti variantě pouze minerálně hnojené. Z těchto zjištění lze usuzovat na skutečnost, že i faktor kapacity P režimu je závislý na mikrobiální činnosti v půdě, i když pouhá inkubace se projevila nevýznamně, avšak proto, že v neupravené zemině (bez H, S, V, G) jsou nevyhovující podmínky pro rozvoj mikrobiální činnosti.

I. Změny ukazatelů fosfátového režimu půdy při různých agrochemických opatřeních ve vlastním inkubačním experimentu - Changes in indicators of phosphate regime of soil at different agrochemical measures in incubation experiment proper

Varianta ¹	Ukazatele fosfátového režimu půd ²								
	faktor intenzity ³ I (mg.kg ⁻¹)			faktor kapacity ⁴ Q (mg.kg ⁻¹)			sorpční index ⁵ SI (Bache)		
	průměr ⁶	směrodatná odchylka ⁷	variační koeficient ⁸ (%)	průměr	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)	průměr	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
NEi	3,87	0,50	13,02	7,30	0,26	3,62	35,17	0,30	0,87
i	4,87	0,31	6,28	5,77	0,15	2,65	31,53	0,32	1,02
H	214,13	3,89	1,82	186,60	6,67	3,58	14,40	0,36	2,50
G	5,40	0,53	9,80	3,90	0,43	11,18	34,53	0,25	0,73
VG	2,20	0,20	9,09	4,90	0,65	13,38	30,27	0,40	1,34
HSG	223,57	4,04	1,81	213,43	4,38	2,05	13,73	0,12	0,84
HSVG	414,53	11,78	2,84	217,57	3,64	1,68	8,63	0,12	1,34

¹variant, ²indicators of phosphate regime of soils, ³intensity factor, ⁴capacity factor, ⁵sorption index, ⁶average, ⁷standard deviation, ⁸variation coefficient

II. Změny ukazatelů kvality humusových látek a biologické aktivity půdy při různých agrochemických opatřeních v inkubačním experimentu -
Changes in indicators of quality of humus substances and biological activity of soil at different agrochemical measures in incubation experiment

Varianta ¹	Vybrané charakteristiky půdní organické hmoty ²											
	barevný kvocient ³ Q 4/6			koeficient stability humusu ⁴ (Hargitai)			podíl rozložitelného humusu z celkového C _{ox} ⁵ (%)			mikrobiální aktivita v úpravě respiračního koeficientu ⁶ NG:B		
	průměr ⁷	směrodatná odchylka ⁸	variační koeficient ⁹ (%)	průměr	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)	průměr	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)	průměr	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
NEi	7,58	0,06	0,73	0,48	0,05	10,77	17,87	0,15	0,85	2,14	0,03	1,43
i	7,38	0,05	0,64	0,51	0,06	12,86	7,47	0,21	2,79	2,02	0,02	0,75
H	6,89	0,08	1,22	0,72	0,05	6,36	9,43	0,15	1,62	5,54	0,03	0,68
G	7,55	0,21	2,80	0,45	0,04	8,01	8,77	0,40	4,61	2,01	0,01	0,29
VG	7,28	0,32	4,39	0,66	0,05	6,94	10,40	0,20	1,92	2,03	0,02	1,02
HSG	6,78	0,10	1,51	0,78	0,05	6,03	9,73	0,15	1,57	3,82	0,03	0,84
HSVG	6,66	0,08	1,23	0,91	0,03	2,76	10,93	0,06	0,53	5,05	0,03	0,60

¹variant, ²different characteristics of soil organic matter, ³colour coefficient, ⁴coefficient of humus stability, ⁵proportion of decomposable humus from total C_{ox}, ⁶microbial activity in modification of respiratory coefficient, ⁷average, ⁸standard deviation, ⁹variation coefficient

Další ukazatel fosfátového režimu - sorpční index SI podle Bache jen potvrdil již zjištěné výsledky, že je též závislý na mikrobiální činnosti v půdě. U sorpčního indexu jsou tyto závislosti značně markantní; i test Kruskal-Wallis prokázal vysokou statistickou významnost rozdílu průměrů hodnot SI ve variantách NEi - HSG, G - HSVG a statistickou významnost při $\alpha < 0,05$ mezi variantami i - HSVG (nižší u i - HSG), G - HSG (nižší při G - H). Vyplývá z toho zcela jednoznačně příznivý vliv na tento ukazatel fosfátového režimu (SI) už samotné inkubace, ale také vápnění, zvláště v přítomnosti makroživin a stopových prvků. Ukazuje se i příznivý vliv samotného hnojení, ale i v kombinaci s mikroživinami. Protože však opět zcela nejlepší je SI ve variantě HSVG, je zřejmý příznivý vliv celé této kombinace na hodnotu sorpčního indexu půdního P. Je to nepřímý důkaz jeho závislosti na mikrobiální činnosti v půdě.

Vztah fosfátového režimu půd k jejich mikrobiologické aktivitě jsme dokázali už dříve, dokonce i v polních pokusech (K o l á ř a kol., 1986). Pro dokreslení a potvrzení předchozích závěrů byly do tab. II zařazeny vybrané ukazatele kvality půdní organické hmoty, které nejlépe reagovaly pozitivním způsobem na změny chemismu zkoušené HPa a na změny ověřovaných ukazatelů fosfátového režimu půd.

Vysoký transformační efekt kombinace minerálního hnojení s aplikací stopových prvků vzhledem k fulvokyselinám se projevuje také na hodnotách barevného kvocientu humusových látek Q 4/6. Nejnížší hodnoty jsou dosaženy ve variantách HSG a HSVG (částečně také ve variantě H) a jsou proto statisticky průkazné rozdíly v hodnotě Q 4/6, především ve variantách NEi - HSVG, NEi - HSG, i - HSVG, i - HSG, G - HSG, G - HSVG a také VG - HSVG. Dokazuje to, že přes lepší Q 4/6 ve variantě HSVG než ve variantě HSG, má rozhodující význam na hodnotu barevného kvocientu minerálního hnojení se stopovými prvky.

Prakticky shodné výsledky, tj. potvrzení vysoké stabilizace humusu ve variantách HSVG a HSG, částečně i v samotné kombinaci H, prokázalo i sledování koeficientu stability humusu podle Hargitaie. Dokazuje již diskutovaný efekt minerálního hnojení zvláště v kombinaci s aplikací stopových prvků.

Z hodnot koeficientu NG : B vyplývá nejen očekávaný statisticky průkazný rozdíl mezi variantami NEi - i, tedy vliv inkubace, ale také vliv hnojení (varianty i - H), zvláště v kombinaci s aplikací stopových prvků (varianty VG - HSVG). Zcela zřejmý je rozdíl variant i - HSG a NEi - HSVG a hlavně variant i - HSVG, což prokazuje vysoký stupeň transformace primární organické lehce přístupné hmoty a N i v této hnojení a glukózou obohacené variantě. Je to důkaz mimořádné mikrobiální aktivity ve variantě s kombinací HSVG, takže lze potvrdit, že předchozí závěry o závislosti ukazatelů fosfátového režimu na mikrobiální aktivitě půdy mají reálný základ.

Z rozdílu podílu tzv. rozložitelného humusu vyplývá stabilizační účinek vápnění (rozdíly variant G a VG, HSG a HSVG), což je logické, stejně jako statisticky vysoce průkazný vliv inkubace na snížení rozložitelného humusu - správně půdní organické hmoty, protože nejde o skutečný humus. Mírný stabilizační účinek minerálního hnojení je podle Kruskal-Wallise nevýznamný, má zřejmě příčinu ve změně iontové síly, a tím i osmotického tlaku v půdním roztoku a ovlivňuje tedy aktivitu mikrobiální činnosti ve vzorku, jak vyplývá ze shodných výsledků při měření transpiračního kvocientu NG : B.

Zkoumání vzájemného vztahu mezi uvedenými parametry půdní organické hmoty a fosfátového režimu půdy není přímo předmětem tohoto příspěvku, nelze jej však opomenout, neboť i zde byla jednoznačně prokázána vzájemná závislost, podobně jako v práci předešlé (H o r á č e k , 1991).

Z dosažených výsledků plyne i zajímavé zjištění, že na změny ukazatelů fosfátového režimu půd I, Q a SI jako dynamičtějších charakteristik půdního fosforu, než je např. jeho frakční složení, reagují lépe právě ty parametry půdní organické hmoty, které lze rovněž přiřadit k dynamičtějším a výstižnějším pro procesy její transformace v půdě.

Pozoruhodná je i skutečnost, že použité ukazatele fosforečného režimu půd - faktor intenzity, faktor kapacity a zejména sorpční index, měly podstatně lepší odezvu ve variantách s celkově vyšší hladinou P v zkoušené hnědé půdě kyselé - tedy minerálně hnojených, nežli ve variantách s celkovou hladinou P nízkou - bez přídavku makroživin (P). Toto zjištění by mohlo potvrzovat názory řady autorů na vhodnost použití uvedených ukazatelů P (a jim technicky podobných) ke studiu fosfátového režimu antropogenních půd.

ZÁVĚR

Z výsledků a diskuse je patrné, že se změnami chemismu humusového horizontu HPa, vyvolanými čtyřmi různými agrochemickými opatřeními a jejich vybranými kombinacemi, se změnil i ukazatele fosfátového režimu půd - faktor intenzity I, faktor kapacity Q a sorpční index SI. V pozitivním smyslu pak zejména u těch variant pokusu, které vedly k zvýšení mikrobiální činnosti v půdě.

Také lze říci, že změny i odezvy zvolených ukazatelů fosfátového režimu půd byly mnohem výraznější ve variantách s celkově vyšší hladinou P ve zkoumané zemině než ve variantách s celkovou hladinou P nízkou (nehnojených). To by poukazovalo na možnost využití těchto a jim podobných ukazatelů P v půdě ke studiu fosfátového režimu antropogenních půd.

Literatura

BACHE, B. W. - WILLIAMS, E. G.: A phosphate sorption index for soils. J. Soil Sci., 22, 1971, č. 3, s. 289-301.

- BOŽKO, V. G.: Potencialnaja bufernaja sposobnost počv Volgogradskoj oblasti v otnošeniji fosfora. *Agrochimija*, 23, 1987, s. 22.
- HORÁČEK, J.: Studie interakcí půdního fosforu v humusovém horizontu HPa v závislosti na různém hnojení. [Kandidátská disertace.] Praha, 1989. - Vysoká škola zemědělská.
- HORÁČEK, J.: Vztah mezi fosforem a půdní organickou hmotou v hnědé půdě kyselé. *Rostl. Výr.*, 37, 1991, č. 12, s. 973-979.
- JENTSCH, V.: Kapazitäts - Qualitäts - Intensitäts und Kinetikparameter des Phosphors in verschiedenen Böden der DDR. [Disertace.] Berlin, 1986. - Humboldt-University.
- KOLÁŘ, L.: Pohyb a formy N a P v půdně-klimatických podmínkách oblasti Šumava z aspektu ochrany povrchových a spodních vod a lepšího využití živin rostlinami. [Závěrečná zpráva.] České Budějovice, AF VŠZ 1983.
- KOLÁŘ, L.: Transformace organických látek v půdním typu DP ve vztahu k frakcím minerálního organického fosforu. In: Sbor. Agrochemické dny Brno, 1986, s. 153.
- KOLÁŘ, L. a kol.: Dynamika transformace organických látek v HPa ve vztahu k jejímu fosfátovému režimu. [Závěrečná zpráva.] České Budějovice, AF VŠZ 1987.
- KOLEKTIV: Agrochimičeskije metody issledovanija fosfatovo režima počv. In: Sbor. Met. Akad. sel'skochoz. Nauk GDR, Jena, 1982.
- MACHÁČEK, V.: Nová metoda k charakterizaci dynamiky fosforu v půdě, *Agrochémia*, 25, 1985, s. 89.
- MACHÁČEK, V. - PIRKL, J.: Mobilizace půdních fosfátů vápněním a organickým hnojením. *Rost. Výr.*, 31, 1985, č. 6, s. 621-626.
- MACHÁČEK, V. - VOPĚNKA, L.: Bilanční sledování stavu zásobenosti půd fosforem. *Rostl. Výr.*, 32, 1986, č. 1, s. 53-60.
- MURPHY-RILEY: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. chim. Acta*, 27, 1962, s. 31.
- PAGEL, H.: Arch. Acker-Pfl.-Bau Bodenkde, 25, 1981, č. 12, s. 755.
- PIRKL, J. - VOPLAKAL, K.: Výzkum problematiky půdního fosforu a jeho perspektivy v ČSSR. *Agrochémia*, 25, 1985, s. 10.
- PIRKL, J. et al.: Studium fosfátového režimu ve vybraných půdních typech pomocí faktorů intenzity, kapacity a kinetiky. *Rost. Výr.*, 27, 1981, č. 12, s. 1233-1241.
- VOPLAKAL, K.: Fosforečný režim půd v podmínkách polních pokusů. *Rost. Výr.*, 32, 1986, č. 3, s. 239-246.
- VOPLAKAL, K. - DAMAŠKA, J.: Ukazatelé fosforečného režimu půd v závislosti na intenzitě hnojení. *Rost. Výr.*, 27, 1981, č. 5, s. 503-509.

Došlo 20. 2. 1992

HORÁČEK, J. (South Bohemian University, Faculty of Agriculture, České Budějovice):

Changes of indicators of phosphate regime during the change in chemism of humus horizon in Luvisol.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 13-22.

A number of methods is used for evaluation of phosphorus content and forms in soil in respect of plant nutrition. Fractionation of soil phosphorus is laborious, that is

unsuitable for practice, and today most used determination of available phosphorus, the one or the other method, does not mean much for us.

We should know how are the possibilities and how is the rate of supplying this available phosphorus, how is the phosphorus ionic mobility in the soil solution, how strong is phosphorus bound by soil particles and/or by other data more characterizing the dynamics of soil phosphorus.

It seems that these tasks correspond better with the methods based mostly on adsorption isotherms and their different modification or derived methods determining so called indicators of phosphate regime of soils, such as constant of binding energy K , adsorption maximum b and in particular, in the countries of the former COMECON often used factor of intensity I , capacity factor Q and sorption index SI .

This study has been aimed at verifying the changes and watching soil phosphorus by means of three latter indicators (I , Q , SI) in the model laboratory trial in dependence on the changes in chemism of experimental earth caused by different interventions.

The trial has been conducted with earth taken from humus horizon of acid Luvisol as the most wide-spread soil type of interest region in the following variants of agrochemical measures - adding of macronutrients (fertilizing) H , adding of microelements (trace elements) S , adding of glucose G , adding of lime (liming) V and some combinations of these measures VG , HSG and $HSV G$ in comparison with the untreated earth and solely incubated i and with original earth untreated and non-incubated NEi .

Three different mathematical and statistical processings were used for evaluation of the results and dependences, and that, Duncan's test, Kruskal-Wallis test and correspondence analysis.

In all three studied indicators of phosphate regime of soils - intensity factor I , capacity factor Q and sorption index SI - the changes in their values with different agrochemical measures (Tab. I) were recorded. The changes in positive sense, in particular in those variants of the trial which tended to revivification of biological activity in the earth under study, and, as it can be seen in Tab. II, to improvement of indicators of soil organic matter, in particular of their dynamic characteristics.

It follows from this that all indicators of phosphate regime (intensity factor, capacity factor and sorption index) are independent not only on the changes in the soil chemism but also on its microbiological activity. This is also confirmed by a close correlation found among these intensity indicators of phosphate regime and dynamic indicators of soil organic matter, that is, by those well-affecting its transformation in soil.

It can be also said that the changes and responses of different indicators of phosphate regime of soil were more marked in variants with total higher level of phosphorus in the studied earth than in the variants with total low level of phosphorus (unfertilized). This finding should confirm opinions of a number of authors concerning the suitability of exploitation of above-mentioned indicators of phosphorus to study the phosphate regime of antropic soils.

Kontaktní adresa:

Ing. Jan H o r á ě k , CSc., Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, 370 05 České Budějovice

VLIV DLOUHODOBÉHO HNOJENÍ NA KINETICKÉ UKAZATELE VÝMĚNY KATIONTŮ

L. Vopěnka

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

Na půdě dlouhodobě hnojené NPK byl většinou pozorován výrazný pokles hodnot rovnovážných konstant výměny draslíku ve srovnání s půdou hnojenou pouze hnojem nebo s půdou nehnojenou. Zjištěný pokles ukazuje na snížení možnosti vazby dodaného draslíku a na zvýšení možnosti uvolňování draslíku z půdy. Tato změna byla vyvolána především poklesem schopnosti fixace draslíku. Analogické změny rovnovážných konstant výměny hořčíku a vápníku byly menší a nebyly jednoznačné. Větší změny půdních vlastností v důsledku dlouhodobého rozdílného hnojení byly pozorovány u půd černozemních než u hnědé půdy a illimerizované půdy oglejené.

Po dodání kationtů v hnojivech do půdy dochází k výměnným reakcím mezi kationty v půdním roztoku a kationty vázanými půdou. Některé kationty (K^+ , NH_4^+) se však po dodání do půdy fixují, resp. váží se do nevýměnného stavu, přičemž dochází k změnám struktury půdních jílových minerálů (R i c h , L u t z , 1965).

Fyzikálně chemické vlastnosti půdy, které jsou jedním z hlavních faktorů půdní úrodnosti, jsou rozhodujícím způsobem určeny právě strukturou půdních jílových minerálů. Dlouhodobé intenzivní hnojení draselnými hnojivy může tedy mít za následek takové změny vlastností půdy, které určují možnosti vazby živin. U jílových minerálů s typem mřížky 2:1 by šlo o přiblížení jednotlivých trojvrství, a tím snížení sorpčních a fixačních schopností půdy (R o s s et al., 1985; S h a v i v et al., 1985; S h a r p l e y , 1990). Naopak při dlouhodobém odběru draslíku plodinami bez jeho dostatečného dodání v hnojivech by docházelo k dějům opačným, k urychlování zvětrávání mřížek jílových minerálů (T r i b u t h et al., 1987).

Sledování těchto změn rentgenografickou analýzou struktury jílové frakce dané půdy je pro praxi téměř nedostupné. Jednotlivé půdy se však liší kinetikou výměnných reakcí jednotlivých kationtů mezi pevnou fází půdy a roztokem. Tato odlišnost je dána především stavem jílové frakce dané půdy. Rovnovážné konstanty výměny těchto kationtů jsou hodnoty, které komplexně charakterizují půdní stanoviště vzhledem k chování těchto ka-

tiontů v dané půdě (V o p ě n k a , 1991). Cílem práce je nalézt odpověď na otázku, je-li možné využít rovnovážných konstant výměny draslíku, hořčíku a vápníku k sledování půdních změn, které mohou zásadním způsobem ovlivnit ekologii půdního prostředí v podmínkách intenzivního hnojení.

MATERIÁL A METODA

Pro studium vlivu dlouhodobého intenzivního hnojení na změny kinetických ukazatelů výměny kationtů bylo využito dlouhodobých výživářských pokusů VOP, založených v roce 1956 v Pohořelicích, Čáslavi, Ivanovicích (ČMd hlinité na spraších) v Lukavci (HP písčitohlinitá na rule) a v roce 1958 ve Víglaš (IPg jílovitohlinitá na sprašové hlíně).

Půdní vzorky byly odebrány na jaře v roce 1991 z druhého honu na těchto kombinacích hnojení: bez hnojení (1), pouze hnůj (2) a N_2PK (3); (B a i e r , 1963).

V odebraných vzorcích byly stanoveny rovnovážné konstanty výměny draslíku, hořčíku a vápníku při koncentraci daného kationtu v sytícím roztoku $0,005 \text{ mol ekv.l}^{-1}$ (V o p ě n k a , 1991) K_K , K_{Mg} , K_{Ca} .

Kromě toho byly v každém půdním vzorku stanoveny tyto hodnoty: obsah výměnného draslíku K_v , mobilní draselná rezerva $K(MR)$, schopnost mokré fixace draslíku MF (V o p ě n k a , 1989), dále kationtová výměnná kapacita KVK s obsahy výměnných kationtů (M a t u l a , P i r k l , 1988).

Charakteristiky stanovišť a některé půdní vlastnosti důležité pro chování kationtů v půdě uvádějí R o z s y p a l , B a i e r (1989).

VÝSLEDKY

Draslík

V tab. I jsou uvedeny vypočtené hodnoty rovnovážných konstant výměny draslíku. Tyto konstanty se na jednotlivých sledovaných variantách podstatně lišily a byly tak celkovými ukazateli změn půdních vlastností důležitých pro chování draslíku v půdě vlivem dlouhodobého rozdílného hnojení.

Při sledování závislostí rovnovážných konstant a půdních charakteristik bylo zjištěno, že průkazný vztah existuje jak s hodnotou KVK ($r = 0,6097$), tak s hodnotou MF ($r = 0,6919$). Mezi těmito dvěma charakteristikami půdy však závislost neexistuje ($r = 0,0328$). Vyplývá z toho, že kinetika půdního draslíku je určena jednak reakcemi výměnnými, danými kationtovou výměnnou kapacitou, jednak reakcemi nevýmennými, charakterizovanými hodnotou MF .

I. Rovnovážné konstanty výměny kationtů - Equilibrium constants of cation exchange

Lokalita ¹	Varianta ²	K_K	K_{Mg}	K_{Ca}
Pohořelice	1	3,803	2,459	0,294
	2	3,515	2,398	0,294
	3	2,863	2,735	0,289
Čáslav	1	2,845	2,578	0,220
	2	3,718	2,847	0,236
	3	2,157	2,589	0,246
Lukavec	1	1,902	1,748	0,278
	2	1,796	1,609	0,295
	3	1,551	1,646	0,300
Ivanovice	1	3,889	2,944	0,286
	2	3,297	3,108	0,274
	3	2,305	3,040	0,356
Víglaš	1	2,226	1,487	0,330
	2	2,444	2,094	0,316
	3	2,233	2,023	0,328

1 - varianta bez hnojení³

2 - varianta hnojená pouze hnojem⁴

3 - varianta hnojená NPK⁵

¹site, ²variant, ³variant without fertilizing, ⁴variant fertilized solely with manure, ⁵variant fertilized with NPK

Hodnoty MF byly v průměru nejvyšší u varianty nehnojené, nižší u varianty hnojené pouze hnojem a výrazně nejnižší u varianty hnojené NPK, zatímco hodnoty KVK se průměru u jednotlivých variant příliš nelišily. Vyplývá z toho, že dlouhodobé rozdíly v draselném hnojení se odrazí především na schopnosti fixace dané půdy. Změny mezi hodnotami rovnovážných konstant pro draslík na sledovaných variantách hnojení byly v tomto případě způsobeny změnami fixační a ne sorpční schopnosti půdy (tab. II). Srovnáme-li jednotlivá stanoviště, tak zjistíme, že větší rozdíly mezi variantami hnojení byly jak u hodnot MF , tak i u rovnovážných konstant výměny draslíku na půdách z Ivanovic, Čáslavi a Pohořelice, zatímco menší rozdíly byly u půd z Lukavce a Víglaše. Vyplývá z toho, že dlouhodobé rozdílné hnojení draslíkem více ovlivní půdní vlastnosti na půdách černozemních vyznačujících se vysokou sorpční i fixační schopností (tab. III).

II. Průměrné relativní hodnoty půdních charakteristik (varianta 1 = 100 %) - Average relative values of soil characteristics (variant 1 = 100 %)

Varianta ¹	K_K	K_{Mg}	K_{Ca}	KVK	MF	Mg/K
1	100	100	100	100	100	100
2	102	107,5	100,8	101,4	96,4	111,3
3	76,3	107,3	107,4	98,9	71,4	66,7

¹ variant

III. Relativní hodnoty K_V , MF a K_K na jednotlivých variantách hnojení u různých půd (varianty 1 = 100 %) - Relative values K_V , MF and K_K in different variants of fertilizing in different soils (variant 1 = 100 %)

Lokalita ¹	Varianta ²	K_V	MF	K_K
Pohořelice	1	100	100	100
	2	117,2	97	92,4
	3	171,9	76	75,3
Čáslav	1	100	100	100
	2	77,9	114,9	130,7
	3	188,2	76,9	75,8
Lukavec	1	100	100	100
	2	94,4	97,1	94,4
	3	132	87,5	81,5
Ivanovice	1	100	100	100
	2	150	75,7	84,8
	3	260	44,6	59,3
Víglaš	1	100	100	100
	2	72,6	117,5	109,8
	3	109,6	98,7	100,5

¹ site, ² variant

Nejvyšší hodnoty výměnného draslíku byly ve všech případech u varianty hnojené NPK. Srovnáme-li jednotlivé půdy (tab. III), větší rozdíly mezi sledovanými variantami hnojení byly opět u půd černozemních (Ivanovice, Čáslav, Pohořelice) než u půd z Lukavce (hnědá půda) a Víglaše (illimerizo-

vaná půda oglejená). Vztah mezi obsahem výměnného draslíku a rovnovážnou konstantou výměny draslíku byl nevýznamný ($r = -0,1359$). Tendence změn mobilní draselné rezervy vlivem rozdílného hnojení nebyly jednoznačné.

Hořčík

Rovnovážné konstanty výměny hořčíku byly v průměru poněkud nižší než tyto konstanty pro draslík, na rozdíl od draslíku však u hořčíku nebyl rozdíl mezi jejich hodnotami u jednotlivých variant hnojení tak výrazný (tab. I). Rovnovážné konstanty pro výměnu hořčíku byly v průkazném vztahu s hodnotami KVK ($r = 0,6570$), což je poněkud těsnější závislost než u analogického vztahu pro draslík. Mezi rovnovážnými konstantami výměny hořčíku a výměny draslíku byl průkazný vztah ($r = 0,6844$).

Obsahy hořčíku v půdě, stanovené metodou KVK, se u jednotlivých variant příliš nelišily. V průměru byly poněkud vyšší u variant hnojených pouze hnojem. Podstatně se však lišil u sledovaných variant poměr Mg:K. Nejvyšší byl u variant hnojených pouze hnojem, nižší byl u variant nehnojených a nejnižší byl u variant hnojených NPK (tab. II).

Vápník

Stanovené hodnoty rovnovážných konstant výměny vápníku byly podstatně nižší než u draslíku a hořčíku (tab. I). Korelační koeficienty vztahu mezi rovnovážnými konstantami u vápníku a rovnovážnými konstantami u draslíku nebo hořčíku byly dokonce záporné ($r = -0,3131$; $r = -0,2869$). Vztah mezi rovnovážnými konstantami výměny vápníku a hodnotami KVK byl nevýznamný ($r = 0,2390$). Tyto poznatky ukazují na to, že převažující reakce vápníku v půdě jsou jiného typu než převažující reakce draslíku a hořčíku.

DISKUSE

Vypočtené rovnovážné konstanty výměny kationtů ukazují na jejich rozdílné chování v půdě, vztahy těchto konstant s hodnotami charakterizujícími půdní vlastnosti ukazují na to, čím je toto chování kationtů ovlivněno a změny těchto konstant v důsledku rozdílného hnojení upozorňují na možné změny těchto vlastností a v důsledku toho i na změny půdní úrodnosti.

Čím je vypočtená konstanta vyšší, tím více převládá vazba kationtu nad jeho uvolňováním a naopak. Vypočtené konstanty však závisí na koncentraci

dodaného kationtu v sytícím roztoku při postupu jejich stanovení. Daná koncentrace byla zvolena především z důvodů zjednodušení analytických prací, proto nemůžeme hodnotit tyto konstanty jako absolutní hodnoty, ale pouze relativně ze srovnávání jednotlivých půd a jednotlivých kationtů při daném postupu stanovení.

Výrazně nižší konstanty pro vápník upozorňují na převažující uvolňování vápníku před jeho vazbou v půdě. Kinetika reakcí vápníku se natolik liší od kinetiky reakcí draslíku a hořčíku v půdě, že sorpční a výměnné reakce nemůžeme považovat za reakce pro vápník v půdách rozhodující. Je to způsobeno vysokým obsahem vodorozpustného vápníku a možnou převahou postupného rozpouštění karbonátů nad výměnnými reakcemi.

Vyšší hodnoty rovnovážných konstant pro draslík než pro hořčík jsou důsledkem toho, že kromě výměnné vazby je draslík na rozdíl od hořčíku ve větší míře vázán do nevýmenného stavu. Mezi těmito dvěma způsoby vazby však není ostrá hranice, tak charakterizuje rovnovážná konstanta danou půdu vzhledem k oběma způsobům vazby, což potvrzuje průkazný vztah těchto konstant k hodnotám KVK i k hodnotám MF . Protože dlouhodobé rozdílné hnojení vyvolává podstatné změny především u hodnot MF , jsou rozdíly v hodnotách rovnovážných konstant výměny draslíku v tomto případě vyvolány změnami v možnostech nevýmenné vazby.

Při dodání draselných hnojiv do půdy dochází k vazbě části kationtů K^+ do nevýmenného stavu tím, že tyto kationty obsadí volná místa mezi jednotlivými trojvrstevnými půdními jílovými minerály s mřížkou typu 2:1. Tím dochází k vzájemnému přiblížení těchto trojvrstev, což je opačný proces, než je zvětrávání těchto minerálů, a tím uvolňování draslíku do forem přístupných rostlinám.

Podle množství draslíku, který spojuje tato trojvrstev, vytvářejí jílové minerály s mřížkou typu 2:1 spojitou řadu od mřížky typu jílových slíd až k mřížkám typu smectitů, u nichž jsou tato trojvrstev vázána jen velmi volně. Fixace draslíku se týká především minerálů typu jílových slíd a vermikulitů. Dlouhodobé působení draslíku tak může vyvolat zpevnění vazby jednotlivých trojvrstev. Dlouhodobá intenzivní produkce plodin bez hnojení draslíkem naopak vede k odčerpání draslíku z míst mezi trojvrstevy, a tím k přeměně jílových slíd k minerálům se smíšenými strukturami obsahujícími volněji spojená trojvrstev.

Pokles rovnovážných konstant tak signalizuje zmenšení celkové povrchové plochy jílové frakce půdy, snížení sorpční schopnosti půdy pro ionty a vodu a především snížení schopnosti fixace K^+ a NH_4^+ . Zvyšování těchto konstant signalizuje změny opačné.

Rovnovážné konstanty výměny draslíku jsou tedy vhodným ukazatelem změn půdní úrodnosti. Jsou to ukazatele komplexní a výrazné, jejich stanovení je jednoduché. Mohou být též předběžným ukazatelem nebezpečí vyplavování

draslíku průsakovou vodou do hlubších vrstev půdního profilu. Čím jsou tyto konstanty nižší, tím je větší možnost vyplavování draslíku a též kationtů NH_4^+ s analogickými vlastnostmi.

Pokud dochází vlivem hnojení ke změnám kinetiky výměny hořčíku, jsou podstatně menší než v případě draslíku. K podstatnějšímu zhodnocení těchto změn zatím není dostatek podkladů.

Vzhledem k odlišnému chování vápníku v půdě se takto stanovené rovnovážné konstanty výměny vápníku neukazují jako vhodné pro hodnocení změn půdních vlastností vzhledem k vápníku.

L i t e r a t u r a

BAIER, J.: K výzkumu vlivu intenzivních dávek průmyslových hnojiv v ČSSR. Rostl. Výr., 9, 1963, s. 271-286.

MATULA, J. - PIRKL, J.: Vyluhovací roztok pro stanovení draslíku, hořčíku, vápníku, sodíku, manganu a dostupného fosforu v půdě a hodnoty kationtové výměnné kapacity. Autorské osvědčení 272804, Praha, 1988.

RICH, C. I. - LUTZ, J. A.: Mineralogical changes associated with ammonium and potassium in soil clays. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29, 1965, s. 167-170.

ROSS, G. J. - PHILLIPS, P. A. - CULLEY, J. L. R.: Transformation of vermiculite to pedogenic mica by fixation of potassium and ammonium in six-year field manure application experiment. Canad. J. Soil Sci., 65, 1985, s. 509-603.

ROZSYPAL, R. - BAIER, J.: Vliv dlouhodobého diferencovaného hnojení na obsah draslíku v půdě. Rostl. Výr., 35, 1989, č. 6, s. 629-637.

SHARPLEY, A. N.: Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy. Soil Sci., 149, 1990, s. 44-51.

SHAVIV, A. - MOHSIN, M. - PRATT, P. F. - MATTIGOD, S. V.: Potassium fixation characteristics of five southern California soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., 49, 1985, s. 1105-1109.

TRIBUTH, H. - BOGUSLAWSKI, E. - LIERES, A. - STEFFENS, D. - MENGEL, K.: Effect of potassium removal by crops on transformations of illitic clay minerals. Soil Sci., 143, 1987, s. 404-409.

VOPĚNKA, L.: Upřesnění draselného hnojení podle charakteristik nevýmenného draslíku v půdě. Rostl. Výr., 35, 1989, č. 6, s. 595-602.

VOPĚNKA, L.: Kinetické ukazatele výměny kationtů, charakterizující půdní stanoviště. Rostl. Výr., 37, 1991, č. 12, s. 961-966.

Došlo 30. 3. 1992

VOPĚNKA, L. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně):

The effect of long-time fertilizing on kinetic indicators of cation exchange.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 23-30.

In field trials with long-time different fertilizing the changes in soil properties influencing the behaviour of cations in the soil were studied. The following variants

of fertilizing were observed: variant without fertilizing, variant only manured, and the variant of the combination of manure and NPK.

Equilibrium constants of the exchange of potassium, magnesium and calcium (V o p ě n k a , 1991) are the values which characterize in complex way the soil site with respect to the behaviour of these cations in the given soil. The higher the calculated constant the more prevailing cation bound by the soil above its release and vice versa.

In studying the relation of equilibrium constants of exchange of potassium and soil characteristics it was found out that there is a significant relation so with the value of cation exchangeable capacity, as with the value of the ability of wet fixation of potassium. It follows from this that kinetics of soil potassium is given either by exchangeable responses, or by unexchangeable.

On the soil fertilized with NPK for a long time, mostly marked decrease in equilibrium constants of potassium exchange was observed in comparison with an untreated soil or with the soil treated only with manure (Tabs I and II). This change was mainly caused by the change in the ability of potassium fixation. The changes in the values of equilibrium constants of potassium exchange of the given soil thus reflect the changes in the structure of soil clay minerals due to long-time differentiated potassium fertilizing. The drop in the values of equilibrium constants of potassium exchange indicates the approaching of different three-layers of lattice of clay minerals with the type of lattice 2:1, and thus also the reduction of total surface area of clay fraction, whereas their increasing indicates opposite changes. Equilibrium constants of potassium exchange are an appropriate indicator of changes in soil fertility. The lower these values, the higher the possibility of potassium leaching.

Higher changes of equilibrium constants of potassium exchange, content of exchangeable potassium and the possibilities of wet fixation due to different fertilizing were observed in Chernozem soils (Pohořelice, Čáslav, Ivanovice) than in Cambisol (Lukavec) and albic Luvisol (Víglaš) as presented by Tab. III.

Equilibrium constants of magnesium exchange were somewhat lower on average than those for potassium. As a contrast to potassium however, the differences among their in different variants were not so significant (Tab. I). Equilibrium constants of magnesium exchange were also in significant relation with the values of cation exchange capacity. There was a significant relation among the values of equilibrium constants of magnesium and potassium exchanges. The contents of exchangeable magnesium in soil were not much different in studied variants, the ratio M:K was different significantly. The highest was in the variants treated by manure, the lower was in unfertilized variants and the lowest was in the variants treated with NPK (Tab. II).

Significantly lower equilibrium constants of calcium exchange indicate its prevailing portion released from soil. There was an insignificant relation among these constants and the values of cation exchangeable capacity.

Kontaktní adresa:

Luděk V o p ě n k a , CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

POTENCIÁLNÍ ZAPLEVENÍ PŮDY PŘI HNOJENÍ KEJDOU PRASAT

K. Římovský, J. Svěráková

Vysoká škola zemědělská, Brno

Při hnojení kejdou prasat byla sledována její dlouhodobá působnost na potenciální zaplevelení ornice a akutní zaplevelení polních plodin. Po osmiletém období došlo na variantách hnojených kejdou prasat ke snížení potenciálního zaplevelení o průměrných 59,44 %, nejvyšší pokles o 65,73 % byl zaznamenán u varianty IV s každoročním hnojením kejdou prasat. Při srovnání s variantou I (chlévský hnůj) byl pokles potenciálního zaplevelení u variant s kejdou prasat nižší o průměrných 36,26 %, u varianty IV o 46,15 %. Příčinou snížení potenciálního zaplevelení ornice je zvýšená intenzita mikrobiální činnosti po hnojení kejdou prasat s úzkým poměrem N:C, vlivem níž dochází v půdě k destrukci semen. Potvrzuje to i vyšší obsah poškozených plevelných semen zjištěný u variant hnojení kejdou prasat (tab. I). Za další příčinu lze považovat stimulační účinek kejdy na vyklíčení semen plevelů, čímž dochází k dalšímu snížení potenciálního zaplevelení. Při vyšším akutním zaplevelení plodin v podmínkách hnojení kejdou prasat (tab. III) je nutné uplatnit kvalitní ochranu proti zaplevelení a eliminovat tak možnost nové produkce plevelných semen, a tím i vyššího potenciálního zaplevelení ornice.

Využití kejdy prasat ke hnojení plodin přináší do půdního prostředí nové faktory ovlivňující mj. i klíčení semen plevelů a následně pak vzcházení, růst a vývoj plevelných rostlin. Podle údajů, které publikoval Š k a r d a (1980), samotná kejda prasat semena plevelů neobsahuje, což potvrzují i naše vlastní zjištění. Na plevelná semena obsažená v kejdě polygastrických zvířat působí prostředí skladované kejdy agresivně, nastává nekróza semen a ztráta jejich klíčivosti. Pouze tvrdoslupečná semena s dobrou ochranou semen před agresivním prostředím zůstávají klíčivá i po 180 dnech skladování kejdy (L e š t i n a - cit. Š k a r d a, 1982).

Problematikou potenciálního zaplevelení půdy semeny plevelů se zabýval D e y l (1956), který uvádí, že ornice našich zemědělsky využívaných půd obsahuje na ploše 1 ha v průměru několik set milionů plevelných semen. Z výsledků, které uveřejnili K o h o u t, Z i m o v á (1973), vyplývá, že obsah semen a plodů plevelů v půdě je v současné době hlavním zdrojem zaplevelení porostů polních plodin. R o b e r t s (1972) upozorňuje, že

poznatky o množství a druhové skladbě plevelných semen v půdě lze využít k prognóze spektra intenzity budoucího akutního zaplevelení plodin. Tuto možnost nepotvrzují dřívější sledování (K o p e c k á - S v ě r á k o v á , 1970), podle kterých závislost akutního zaplevelení na potenciálním zaplevelení půd nebyla zcela prokázána. Tuto skutečnost autorka zdůvodňuje působením některých faktorů ovlivňujících vyklíčení plevelných semen. Patří k nim zejména vliv klimatických podmínek, působnost inhibičních látek, samočistící schopnost půdy, projevující se mj. i úbytkem klíčivých plevelných semen v půdě aj.

Kejda prasat obsahem růstových látek ze skupiny auxinů stimuluje klíčivost semen a vzcházivost plevelů, následně pak i počáteční růst a tvorbu plevelné biomasy. Mimo tohoto stimulačního vlivu se na intenzivnější tvorbu biomasy podílí i značné množství pohotových živin obsažených v kejdě. Potvrzují to výsledky pokusů řady autorů (L e š t i n a , 1977; K r e j č í , M a r t i n í k , 1978; S a d í l k o v á 1980 a další).

Cílem našich sledování v dlouhodobých polních pokusech bylo objasnění vlivu kejdy prasat na potenciální zaplevelení půdy semeny plevelů a na akutní zaplevelení porostů polních plodin v podmínkách hnojení kejdou prasat.

MATERIÁL A METODA

Vliv kejdy prasat na akutní a potenciální zaplevelení byl zkoumán ve výrobních podmínkách bramborářského výrobního typu, na pozemku ZD Lesonice, okres Třebíč, v průběhu osmi let, u plodin zdvojeného sledu: kukuřice silážní - pšenice ozimá - brambory - ječmen jarní. Půda pokusného pozemku je hlinitá, hluboká hnědozem oglejená (HMg), matečný substrát tvoří sprašový překryv.

Pokusné varianty

- I - hnojeno chlévským hnojem jednou za čtyři roky k výchozí plodině sledu kukuřici silážní + každoroční hnojení NPK průmyslovými hnojivy (varianta srovnávací);
- II - hnojeno kejdou prasat jednou za čtyři roky, dávka $175 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ke kukuřici siláží + dohnojení PK průmyslovými hnojivy;
- III - hnojeno kejdou prasat dvakrát za čtyři roky, dělené dávky $125 + 50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ke kukuřici silážní a bramborám + dohnojení P a K průmyslovými hnojivy;

IV - hnojeno každoročně ke všem plodinám sledu dělenými dávkami $75 + 25 + 50 + 25 \text{ t.ha}^{-1}$ kejdy + dohnojení P a K průmyslovými hnojivy.

Potenciální zaplevelení ornice

Množství plevelných semen v ornici bylo zjišťováno v půdních vzorcích o objemu 750 cm^3 , odebraných z ornice všech pokusných variant, vždy ve čtyřech opakováních a ve třech termínech:

- 1 - před založením pokusu v roce 1977 (výchozí stav);
- 2 - po ukončení čtyřletého pokusného sledu (rok 1980);
- 3 - po ukončení opakovaného čtyřletého pokusného sledu (rok 1984).

Izolace plevelných semen

Po rozmočení půdního vzorku byla zemina vyplavena na síť s otvory $0,25 \text{ mm}$. Zbytek na síť (směs plevelných semen, písku a organických zbytků) byl přefiltrován a vysušen. Po vysušení byla plevelná semena izolována, druhově určena a rozdělena na semena nepoškozená a poškozená.

Akutní zaplevelení

Bylo sledováno každoročně na všech pokusných variantách v porostu pěstované plodiny. Použita byla početní metoda s určením druhu plevelů, vždy na ploše $0,25 \text{ m}^2$, ve čtyřech opakováních. Vzhledem k požadavku sledování vlivu kejdy prasat na akutní zaplevelení polních plodin nebyly v průběhu vedení pokusu použity chemické přípravky na hubení plevelů.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V průběhu let 1977 až 1984 včetně byla v ornici pokusných variant sledována plevelná semena nepoškozená (s předpokladem schopnosti klíčení), dále pak plevelná semena poškozená, která již byla neklíčivá. Hnojení kejdou prasat ovlivnilo potenciální zaplevelení ornice semeny plevelů.

Při hodnocení obsahu nepoškozených plevelných semen v ornici pokusných variant došlo v roce 1980 oproti výchozímu stavu v roce 1977 ke snížení počtu semen nepoškozených. Při srovnání s variantou I činilo snížení počtu nepoškozených plevelných semen v ornici na variantě III 19,32 %, na variantě IV 22,73 %. Opačná tendence byla zjištěna u plevelných semen

I. Potenciální zaplevelení ornice plevelnými semeny (počet plevelných semen . 0,000 750 m⁻³) - Potential weed infestation of topsoil with weed seeds (number of weed seed . 0.000 750 m⁻³)

Pokusné varianty ¹	1977 (VS)				1980				1984			
	SN	index % var. I = 100	SP	index % var. I = 100	SN	index % var. I = 100	SP	index % var. I = 100	SN	index % var. I = 100	SP	index % var. I = 100
I	143	100,00	27	100,00	88	100,00	46	100,00	91	100,00	55	100,00
II	143	100,00	27	100,00	90	102,27	50	108,70	71	78,02	68	123,64
III	143	100,00	27	100,00	71	80,68	85	184,78	54	59,34	68	123,64
IV	143	100,00	27	100,00	68	77,27	89	193,48	49	53,85	69	125,45
$\bar{x}$ variant II - IV	143	100,00	27	100,00	76	86,36	75	163,04	58	63,74	68	124,24

¹experimental variants

poškozených. V procentuálním vyjádření byl u variant hnojených kejdou prasat oproti variantě I hnojené chlěvským hnojem zjištěn vyšší počet poškozených semen v ornici, u varianty II o 8,70 %, u variant III a IV o významných 84,78 a 93,48 %.

Obdobná tendence v poklesu počtu nepoškozených plevelných semen v ornici byla u variant hnojených kejdou prasat zaznamenána i v roce 1984, po osmi letech vedení pokusu. Při srovnání s variantou I (100 %) se snížení jejich počtu na variantách hnojených kejdou prasat významně prohlubovalo a v procentuálním vyjádření činilo u varianty II 21,98 %, u varianty III 40,66 % a u varianty IV 46,15 %. Stejně tak při hodnocení počtu poškozených semen plevelů v ornici bylo opět potvrzeno u variant hnojených kejdou prasat významné zvýšení jejich počtu, které oproti variantě I (100 %) činilo u variant II a III 23,64 % a u varianty IV 25,45 %.

Číselné údaje o obsahu semen plevelů v ornici, zjištěné v rámci pokusných sledování v letech 1977 až 1984 včetně, uvádí tab. I. Statistickou průkaznost zjištěných hodnot dokumentuje tab. II.

II. Hodnoty interakcí (varianta x sled) pro počet semen plevelů v půdě - The values of interactions (variant x crop rotation) for the number of weed seeds in the soil

Variant ¹	Sled plodin ²	Nepoškozená semena ³	Poškozená semena ⁴	Celkem ⁵
I	1976	143 ^d	27 ^a	170 ^c
	1980	88 ^c	46 ^b	134 ^{ab}
	1984	91 ^c	55 ^{bc}	146 ^b
II	1976	143 ^d	27 ^a	170 ^c
	1980	90 ^c	50 ^b	140 ^b
	1984	71 ^b	68 ^c	139 ^{ab}
III	1976	143 ^d	27 ^a	170 ^c
	1980	71 ^b	85 ^d	157 ^{bc}
	1984	54 ^a	68 ^c	122 ^{ab}
IV	1976	143 ^d	27 ^a	170 ^c
	1980	68 ^b	89 ^d	157 ^{bc}
	1984	49 ^a	69 ^c	118 ^a
df (0,05)		10,06	15,09	19,15

Hodnoty označené stejným písmenem se od sebe navzájem významně neliší⁶

¹variant, ²crop rotation, ³undamaged seeds, ⁴damaged seeds, ⁵total, ⁶values designated by the same letter are not different much from each other

Ve zjištěných počtech plevelných semen převládala v ornici pokusných variant semena časně jarního plevelu pohanky svačkovité (*Polygonum convolvulus* L.), z pozdně jarních plevelů semena merlíku bílého (*Chenopodium album* L.), ze skupiny ozimých plevelů semena ptačince žabince (*Stellaria media* L.), rozrazilu perského (*Veronica persica* Poir.) a penízku rolního (*Thlaspi arvense* L.).

V pokusech bylo každoročně sledováno i akutní zaplevelení plodin, které byly pěstovány v opakovaném čtyřletém pokusném sledu v průběhu let 1977 až 1984 včetně. Počet vzešlých plevelů byl významně ovlivněn jak ročníkem (odlišná agrotechnika plodin, průběh počasí spolu s rozdílným obsahem vody v půdě, odlišné izotermické podmínky pro vzházení plevelů aj.), tak i variantami hnojení. Vliv ročníku a variant hnojení na akutní zaplevelení plodin potvrzují údaje v tab. III.

III. Akutní zaplevelení plodin v letech 1979 až 1984 (počet plevelů na 1 m²) - Acute weed infestation of crops in the years 1979 to 1984 (number of weeds per 1 m²)

Pokusné varianty ¹	Plodina ² (rok ³)							
	kukuřice silážní ⁴ (1977)	pšenice ozimá ⁵ (1978)	brambory ⁶ (1979)	ječmen jarní ⁷ (1980)	kukuřice silážní (1981)	pšenice ozimá (1982)	brambory (1983)	ječmen jarní (1984)
Var. I	184	87	92	258	236	89	92	122
$\bar{x}$ var. II - IV	209	167	89	223	296	172	86	102
Index % (var. I =100 %)	113,59	191,95	96,74	86,43	125,42	193,26	93,48	83,61

¹experimental variants, ²crop, ³year, ⁴silage maize, ⁵winter wheat, ⁶potatoes, ⁷spring barley

Na základě těchto údajů lze potvrdit stimulační vliv kejdy prasat na klíčivost plevelných semen a vzháživost plevelů, což odpovídá zjištěním některých autorů (Krejčí, Martiník, 1978; Sadílková, 1980 a další). Zvýšené akutní zaplevelení bylo prokázáno u výchozí plodiny opakovaných osevních sledů kukuřice silážní hnojené kejdou prasat, zejména však u následně seté pšenice ozimé. U kukuřice silážní činilo toto zvýšení při srovnání s variantou I (hnojení chlévským hnojem) v roce 1977 13,59 %, v roce 1981 25,42 %. U následně seté pšenice ozimé činilo toto zvýšení v roce 1978 významných 91,95 %, roce 1982 významných 93,26 %. U třetí

plodiny pokusného sledu brambor nebylo v roce 1979 a 1983 zaznamenáno významné ovlivnění akutního zaplevelení hnojením kejdou prasat. Naopak u poslední plodiny pokusného sledu ječmene jarního byl u variant hnojených kejdou prasat v obou letech jeho pěstování zjištěn pokles akutního zaplevelení v roce 1980 o 13,57 %, v roce 1984 o 16,39 %.

Ve spektru akutního zaplevelení převažoval merlík bílý (*Chenopodium album* L.), mléč bylinný (*Sonchus oleraceus* L.), rozrazil perský (*Veronica persica* Poir.), ptačíne žabinec (*Stellaria media* L.) a penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.). Jde o plevelné druhy, které se také nejvíce podílely na potenciálním zaplevelení ornice semeny plevelů mimo mléče bylinného, jehož anemochorní semena mohla být na pokusné plochy přenesena z jiných lokalit. Potvrzuje to možnost usuzovat na budoucí intenzitu a charakter akutního zaplevelení podle množství a druhů plevelných semen v ornici, což je v souladu s poznatkami, ke kterým dospěl R o b e r t s (1972).

Za nový významný poznatek považujeme zjištění, že po dlouhodobém hnojení kejdou prasat dochází za určitých podmínek ke snížení potenciálního zaplevelení (tab. I). Příčinou tohoto jevu je intenzivní mikrobiální činnost, která se v půdě po hnojení kejdou prasat i několikanásobně zvyšuje (A p f e l t h a l e r, 1975). Intenzivní mikrobiální činnost úzce souvisí s tzv.

I. Vztah mezi aktuálním zaplevelením plodin a potenciálním zaplevelením ornice podle variant hnojení - The relation between actual and potential weed infestation of the topsoil according to the variants of fertilizing

osa x - varianta - x axis - variant

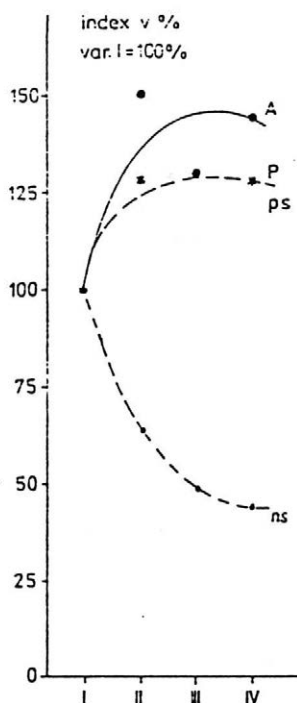
osa y - plevel a semena plevelů - y axis - weeds and weed seeds

A - akutní zaplevelení - acute weed infestation

P - potenciální zaplevelení - potential weed infestation

ps - poškozená semena - damaged seeds

ns - nepoškozená semena - undamaged seeds



samočistící schopností půdy, která mj. způsobuje destrukci plevelných semen v ornici při ztrátě jejich klíčivosti.

Další příčinou sníženého obsahu plevelných semen v půdě v podmínkách hnojení kejdou prasat je její stimulační vliv projevující se větším počtem vyklíčených plevelných semen. O vyklíčená plevelná semena se snižuje jejich zásoba v půdě pouze za předpokladu včasného zničení vzešlých plevelů kvalitně provedenými plevelohubnými zásahy. Zabráníme tím plevelným rostlinám produkovat semena a zvyšovat potenciální zaplevelení ornice. Vzájemný vztah mezi akutním a potenciálním zaplevelením podle variant hnojení znázorňuje obr. 1.

Literatura

- APFELTHALER, R.: Indikace mikrobiálních a biochemických přeměn v půdě při hnojení kejdou prasat. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1975, 48 s.
- DEYL, M.: Plevel polí a zahrad. Praha, ČSAV 1956, 381s.
- KOHOUT, V. - ZIMOVA, D.: Vliv agrotechniky na semena plevelů v půdě. Stud. Inform. ÚVTIZ, 1973, č. 4, 56 s.
- KOPECKÁ-SVĚŘÁKOVÁ, J.: Využití zjištěného obsahu plevelných semen v ornici pro prognózu zaplevelení porostů. [Diplomová práce.] Brno, 1970, 73 s. - Vysoká škola zemědělská.
- KREJČÍ, M. - MARTINÍK, V.: Vliv kejdy prasat na klíčivost plevelů a růst klíčících rostlin. [Vědecká práce.] Brno, 1978, 15 s. - Vysoká škola zemědělská.
- LEŠTINA, J.: Vliv kejdy na zaplevelenost polí. Rostl. Výr., 23, 1974, č. 9, s. 953-958.
- ROBERTS, H. A.: Weed seeds in the soil. Pap. Symp. The efficient use of herbicides. Bull. Scott. Hort. Res. Inst. Assoc., 1972, s. 16-19.
- SADÍLKOVÁ, D.: Vliv různých způsobů hnojení statkovými hnojivy na zaplevelení silážní kukurice. [Diplomová práce.] Brno, 1980, 63 s. - Vysoká škola zemědělská.
- ŠKARDA, M.: Racionální využití kejdy skotu, prasat a drůbeže z velkokapacitních zařízení živočišné výroby v zemědělství s ohledem na ochranu prostředí. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1980, 49 s.
- ŠKARDA, M.: Hospodaření organickými hnojivy. Praha, SZN 1982, 324 s.

Došlo 23. 3. 1992

ŘIMOVSÝ, K. - SVĚŘÁKOVÁ, J. (University of Agriculture, Brno):

Potential weed infestation of the soil at pig manuring.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 31-39.

In the field trials the effects of long-time pig manuring were studied, as affected the potential weed infestation of the topsoil by weed seeds and the acute weed infestation of stands of field crops. After 8-years in comparison with an initial state before the stand establishment, the potential weed infestation of topsoil was reduced in all

studied variants, in the variant I by 36.36 %, in variants treated with pig manure by 59.44 %. The highest drop of potential weed infestation by 65.73 % was recorded in the variant treated each year with split rates of liquid manure. With respect to the variant I treated with manure, the total drop of potential weed infestation of topsoil in the variants treated with liquid manure of pigs was lower by 36.26 % on average, and 46.15 % in the variant IV treated each year with pig liquid manure. The above-mentioned data are present by numerical values in Tab. I.

A stimulation effect of pig liquid manure on emergence rate of weed seeds in the soil was confirmed, thus also as affected the higher number of emerged weeds in the crop stands directly treated with pig liquid manure, in particular in the crops subsequently sown, this corresponding to the results reported by K r e j č í , M a r t í n í k (1978). A higher acute weed infestation of crops treated with pig slurry in comparison with variant I treated with pig slurry in comparison with variant I treated with manure was in the percentage in the silage maize 13.59 % in 1977, 25.42 % in 1981. In winter wheat subsequently sown in the variants treated with pig liquid manure to the forecrop the highest increase in acute weed infestation was found out. In contrast to the variant I this increase was 91.95 % in 1978 and 93.26 % in 1982. The values of acute weed infestation of field crops in the years 1977 to 1984 are present in Tab. III. An increased microbial soil activity after pig liquid manure application, displaying a close correlation N:C, as emphasized by A p f e l t h a l e r (1975), can be given as a reason for reduction of potential weed infestation of the topsoil by weed seeds. By intensive microbial activity, stimulated by pig manure, weed seeds contained in the soil are damaged, this results in subsequent loss of their emergence. This is also confirmed by higher numbers of damaged weed seeds found in the variants treated with pig liquid manure (Tab. I). Another reason of reduced potential weed infestation consists in the verified stimulating effect of pig liquid manure on the emergence of weed seeds, whereby further drop in the content in the topsoil appears.

For the reasons of higher acute weed infestation of crops treated with pig liquid manure, in particular in the crops subsequently sown, it is necessary to give preference to the quality protection against weed infestation. This eliminates the possibility of new production of weed seeds with a preventive restriction to increase the potential weed infestation. In the conditions of pig liquid manuring the knowledge obtained on the effects of pig liquid manure on the potential weed infestation of the topsoil and acute weed infestation of field crops to use purposefully in the system of integrated protection against weed infestation.

Kontaktní adresa:

Prof. ing. Karel Ř í m o v s k ý , DrSc., Vysoká škola zemědělská, 613 00 Brno



**VÝHODNÝ LEASING
STROJŮ A ZAŘÍZENÍ
NEJEN PRO ZAČÍNÁJÍCÍ
PODNIKATELE**

ADEKO a. s. Vám nabízí

- ☐ kapitálovou účast v jiných podnikatelských subjektech
- ☐ společné podnikání
- ☐ poradenskou, konzultační a zprostředkovatelskou činnost v oboru ekologie
- ☐ investorskou a investiční činnost
- ☐ řešení odbytových potíží výrobcům a obchodním organizacím formou leasingového financování

**ADEKO a. s.
Slezská 7
120 56 Praha 2**

**tel.: 258 342
fax: 207 229**



RESPONSE OF MAIZE, BARLEY, WHEAT AND SOYBEAN TO LIMING ON ACID SOILS

V. Kovačević, B. Bertić, D. Grgić

Faculty of Agriculture, University J. J. Strossmayer Osijek, Croatia

Three experimental fields (1 - 3) with liming were conducted on acid soils of the Slavonia province, Croatia, from 1980 to 1986. These researches were finished after the 1990 growing season. Grain yields of maize increased by 11 % (10-year mean of the exp. 1) following 10 t of hydrated lime/ha application and by 7 % (3-year mean of exp. 2) following the 20 t of calcite/ha application. Also, grain yields of soybean and barley increased by 14 % and 9 % (6-year mean of exp. 1 and 3-year mean of exp. 2, respectively). Wheat response to liming was considerably lower. However, the results of the exp. 3 were specific as follows: grain yields of wheat and maize decreased after liming, while grain yield of wheat was nearly higher by 60 % compared to maize (4-year means of exp. 3). Phosphorus uptake by maize increased, while zinc uptake decreased after liming.

Most acid soils may have one or more of the problems as follows: low pH, high exchangeable Al concentration, high Al saturation percentage, high available Mn concentration, low concentration of exchangeable Ca, Mg and K, low base saturation percentage, low available P and high P fixation capacity, low permeability to air, water and roots (high soil strength), slow water infiltration rate etc. (Uexküll, Bosshart, 1989).

Acid soils are widespread in the Slavonia province, Croatia. In general, liming of these soils is a usual recommendation for their improvement. Three experimental fields were conducted from 1980 to 1986 with the purpose of more explanation of this problem under our environmental conditions. These researches were finished after the 1990 growing season. More detailed information with regard to some of these researches were published in the previous studies (Jurić et al., 1986; Kovačević, Galović, 1990; Kovačević, Jurić, 1991; Kovačević et al., 1987; 1988a, b, c; 1990a, b, c, d; 1991; Grgić, 1991; Grgić, Komljenović, 1991).

MATERIAL AND METHOD

Three experimental fields were established in order to investigate the effects of liming on grain yields of maize, barley, wheat and soybean under the conditions of the Slavonia province, Croatia. They were conducted (the year of liming) from 1980 to 1986 as follows: exp. field 1 (Feričanci) 1980; exp. field 2 (Valpovo) 1985; exp. field 3 (Stari Mikanovci) 1986. Acid soil reaction (pH in 1N KCl) was found by the previous testing of experimental fields as follows: 4.00, 3.90 and 4.20 for the exp. field 1, 2 and 3, respectively. These fields are the property of Agricultural Enterprise „Feričanci“ Osilovac (exp. field 1), Agricultural Plant „Djuro Salaj“ Valpovo, economic unit Zelčin (exp. field 2) and Agricultural Plant „Vinkovci“ economic unit „Glavnik“ Stari Mikanovci (exp. field 3). The road distances of the exp. fields from Osijek (the capital of province) are approximately as follows: 80 km toward west (Feričanci), 30 km toward northwest (Valpovo) and 40 toward south (Stari Mikanovci). However, these three locations are similar with regard to the climatic characteristics: the long term mean values from the beginning of April to the end of October are as follows - the precipitation values are from 370 to 400 mm, the air temperature values are from 7.6 to 7.7 °C.

The field trials were conducted in four replications. The areas of the experimental plots of liming were 300 m² (exp. 1), 1310 m² (exp. 2) and 1166 m² (exp. 3). Each lime plot was divided in either 3 or 4 equal plots (rates of P treatments) but response of plants to P application was either very low or without a response. For this reason, only the response of plants to liming was analysed in this study: the annual data of grain yields are mean values of 16 data (four rates of P and four replications of exp. 2 and exp. 3). The responses of plants to P application were analysed in previously cited studies.

Four rates of the hydrated lime (about 90 % CaO) were added to rate of 20 t/ha in the exp. field 1. In this field, three identical trials were conducted in 1980 and analysed to 1986 (maize-soybean-wheat rotation), while only maize trial was analysed from 1987 to 1990. However, the results of the wheat trial are usable from 1983 only. Lime pulver (calcite with 51 % CaO content) was used in four rates (0, 5, 10, 20 and 32 t/ha) on the remaining two fields. Two identical trials were conducted on these fields: maize was grown in rotation either with barley (exp. field 2 from 1986 to 1988) or wheat (exp. field 3 from 1987 to 1990).

Nutritional content of plants was examined by the plant analysis. The aerial part of maize was taken at the eight-leaf stage of the 1985 growing season, while the ear-leaf at the beginning of the silking stage was taken during the 1986, 1988 and 1989 growing seasons (exp. field 1). Mean plant sample

consisted of 25 to 30 leaves of maize. Soil samples were taken by the auger to the depth of 30 cm.

Grain yields were calculated on the 14 % moisture basis. These data were statistically calculated by the analysis of variance.

Plant samples were wet-ashed with selen contained in the sulphuric acid (H o l z , 1971) for P, K, Ca and Mg determinations. Phosphorus was determined by the molybdate-vanadate method, potassium flamephotometrically, while calcium and magnesium were determined by the atomic absorption (V u k a d i n o v i ć , B e r t i ć , 1989). Plant samples for the micro-nutrients determination were dry-ashed and dissolved with 6N nitric acid (I s a a k , J o h n s o n , 1975), and micronutrient contents were determined by the atomic absorption (V u k a d i n o v i ć , B e r t i ć , 1989).

RESULTS AND DISCUSSION

The first report with regard to liming in Croatia appeared more than 200 years ago. R a d i ć (1989) cited the report of an unknown author (A n o n y m o u s , 1789). He recommended fertilization with lime and manure. Lime application should be renovated every six years. These recommendations are also actual today. There is an estimation that pseudogley soils (main type of acid soils) are widespread in Croatia: about 20 % of its arable land including some areas of the Slavonia province (M u š a c , 1975). The use of more concentrated fertilizers (low Ca contents), acid rains, losses of Ca from soil either by yields or migration by rainfall are the main factors of soil acidification. For example, B a š i ć et al. (1987) found that Ca removal by rainfall was about 450 kg Ca/ha/year under conditions of the Western Croatia.

The first serious testing of pseudogley soils of Slavonia began in the 60-ies. It began after the foundation of temporary chemical laboratory of pedological department of Agricultural Faculty and Agricultural Institute in Osijek. The first chief of this department was prof. J a n e k o v i ć and pseudogley soils were his close speciality. By the testing of many soil profiles, he found that pseudogley soils of the Slavonia province usually developed from lessive soils upon a calcareous eolian sediment (J a n e k o v i ć , 1967). Based on his initiative and correspondence (J a n e k o v i ć , 1964 - personal record) with the Agricultural Enterprise Donji Miholjac, experimental field Lacići was conducted. As previous soil testing of this soil (J a n e k o v i ć , 1967, 1971) showed calcareous loess substrate, he suggested the ameliorative ploughing of experimental plot. By this ploughing it is

possible to overcome two problems of pseudogley: acid reaction of surface layer and impermeable horizon. For this reason, field trial with different methods of soil tillage [ploughing to the depths of 25 cm, 40 cm and 100 cm; deep loosening (depth - 100 cm and distance - 100 cm) and fertilization (three rates to the amounts of 240 kg N + 360 kg P₂O₅ + 480 kg K₂O/ha)] was conducted near Donji Mihaljac (locality Lacići) in autumn 1965. The results of these investigations were published in the studies written by M a d j a - r i ć et al. (1971); M u š a c et al. (1974a, b, 1982). These researches have shown that after ameliorative tillage the surface layer was richer in calcium and that its acidity (pH in KCl = 4.5) changes for neutrality (pH = 6.7). Grain yield of maize (three year mean) was increased both by ameliorative ploughing and fertilization to 9.01 t/ha in contrast with 5.36 t/ha on the control plot (ploughing 25 cm and usual fertilization). Today - after more than 25 years - better maize status in the early growth stage, especially during cold and wet spring on the plot of ameliorative ploughing, can be observed. However, a very high price of ploughing was the main reason that it remained only on the level of experiment.

An expansion of soil improvement by channel drainage followed during the 70s and early 80s. But its effect was manifested only in wet years, while the tendency to negative effects was observed in dry years because of water elimination during previous rainfall maximum. In some cases channel drainage was not effective, because chemical improvement of soil was needed. For this reason, three experimental fields with lime and phosphorus application were conducted on acid soils of Slavonia province. Some results of these researches were shown in Tabs I to VII.

Liming of the exp. field 1 increased grain yields of maize by 11 % (10-year mean). This range of grain yield increase was achieved by the application of 10 t of hydrated lime/ha (Tab. I). With the increase of the lime rate to 20 t/ha, grain yield of maize did not increase. The effects of liming were expressed differently in various years of testing. For example, depending on the season, the mean grain yields of maize ranged from 6.52 to 10.29 t/ha (J u r i ć et al., 1986). A response of soybean was also expressed after application of 10 t lime/ha (Tab. I): grain yield was increased by 14 % (6-year mean). Depending on year, mean grain yields of soybean ranged from 2.59 to 4.03 t/ha (K o - v a č e v i ć et al., 1987). However, the wheat grain yields were similar and they were practically independent on the lime application (Tab. I). Depending on year, the mean grain yield of wheat ranged from 5.29 to 6.74 t/ha (K o - v a č e v i ć et al., 1990a, b, c, d).

The exp. field 2 (Valpovo) was investigated in the initial form (maize-barley rotation) for only three years. In this period the calcite application in

the rate of 20 t/ha was the most effective: grain yields increased by 7 and 9 % compared to the unlimed treatment, for maize and barley (3-year means), respectively. The response of maize to liming was expressed mostly in the first year of testing by the increase in the grain yield by 18 %. However, the response of barley was expressed mostly in the second year: grain yields increased by 34 % (Tab. II). The response of maize to liming in the fourth year of testing was analysed by G r g i ć (1991): by application of the highest rate of calcite (32 t/ha) grain yield of maize increased by 1.4 t/ha or

I. Response of maize (1981 - 1990), soybean (1981 - 1986) and wheat (1983 - 1986) to the hydrated lime (about 90 % CaO) application (exp. field 1 - Feričanci)

Crop	Liming in autumn 1980 with hydrated lime (t/ha)					Mean	LSD	
	0	5	10	15	20		5 %	1 %
Grain yield (t/ha)*								
Maize	7.94	8.66	8.84	8.81	8.77	8.60	0.44	0.60
Soybean	3.01	3.34	3.44	3.42	3.43	3.33	0.14	0.18
Wheat	5.88	5.94	5.96	6.02	6.05	5.97	0.17	0.23

*the mean values of three rates of P fertilization, four replicates (12 grain yield data) and 10-year (maize), 6-year (soybean) and 4-year (wheat) data

II. Response of maize and barley to calcite application (exp. field 2 - Valpovo)

Year*	Calcite (50 % CaO) in autumn 1985 (t/ha)					Means	LSD	
	0	5	10	20	32		5 %	1 %
Grain yields of maize (t/ha)*								
1986	6.54	6.62	7.25	7.72	7.39	7.10	0.52	0.73
1987	6.69	6.87	6.91	6.94	6.83	6.85	0.34	0.48
1988	5.48	5.33	5.39	5.36	5.60	5.43	0.30	0.44
Means	6.24	6.27	6.52	6.67	6.61	6.46		
Grain yields of barley (t/ha)*								
1986	5.21	5.20	5.09	5.09	5.15	5.15	0.77	1.08
1987	3.96	4.54	4.90	5.30	5.20	4.78	0.64	0.89
1988	6.33	6.64	6.63	6.50	6.38	6.50	0.42	0.58
Means	5.17	5.46	5.54	5.63	5.58	5.47		

*the mean values of 16 grain yield data (four rates of P application and four replicates)

III. Response of maize and wheat to calcite application (exp. field 3 - Stari Mikanovci)

Year *	Calcite (50 % CaO) in autumn 1986 (t/ha)					Means	LSD	
	0	5	10	20	32		5 %	1 %
Grain yields of maize (t/ha)								
1987	4.49	4.35	4.29	4.26	4.42	4.36	0.11	0.16
1988	3.63	3.42	3.51	3.60	2.86	3.40	0.24	0.34
1989	6.55	6.70	6.32	6.21	6.30	6.42	0.57	0.81
1990	3.47	3.30	3.28	2.99	2.81	3.17	0.44	0.61
Means	4.54	4.44	4.35	4.27	4.10	4.31		
Grain yields of wheat (t/ha)								
1987	7.52	7.61	7.59	7.47	7.40	7.52	0.26	0.37
1988	7.28	7.10	7.01	6.76	6.74	6.98	0.55	0.77
1989	6.97	6.76	6.85	6.71	6.35	6.73	0.71	1.00
1990	6.83	6.33	6.46	6.28	6.33	6.45	0.72	1.01
Means	7.15	6.95	6.98	6.81	6.70	6.92		

*the same remarks as in the Tab. II

21 % compared to the unlimed plot. However, in the second and third years of testing (Tab. III) maize did not respond to liming.

The results of the experimental field 3 (Stari Mikanovci) are surprising. By the application of calcite, the grain yields of maize and wheat slightly decreased, although liming was indicated by the acid soil reaction. Also, grain yield (4-year mean) of wheat was even almost 60 % higher (6.92 t/ha) compared to grain yield of maize (4.34 t/ha), although yield potential of maize is considerably higher under our environmental conditions. For example, 10-year mean grain yield of maize on the state farms of the Eastern Croatia is 7.24 t/ha, while the analogous value for wheat is 5.43 t/ha (Statistical Yearbooks of Croatia 1978 - 1987). The phenomenon of lower grain yields of maize and higher grain yields of wheat we cannot explain by information originating from soil fertility control (usual testing of chemical properties of soil). As previously mentioned, in the liming experiments it was also fertilized with different rates of phosphorus: with the ameliorative P fertilization of exp. 3 with 1350 kg P_2O_5 /ha maize grain yield decreased by 13 %, while the grain yield of wheat increased only in the first year of testing. However, in the second and the third year of testing, maize and wheat did not respond to P fertilization (K o v a - č e v i ć et al., 1990 a, b).

McLean, Brown (1984) reviewed the results of liming experiments. They were conducted in the Middle West of USA in the period from 1962 to 1980. Grain yields of maize (means of 20 trials; comparison was made with three grades of soil pH on unlimed plot) were higher in the extent of 12 %, 6 % and 3 % for pH values 5.0, 5.5 and 6.0, respectively. Analogous values for soybean (means of 10 experiments) were as follows: grain yields increased by 25 %, 11 % and 4 %, respectively. Also, in the cases of particu-

IV. The ear-leaf concentrations (the silking stage) of nutrients as influenced by the liming (exp. field 1 - Feričanci)

Element	Hydrated lime application in autumn 1980 (t/ha)					Means
	0	5	10	15	20	
Ear-leaf at silking stage - percentages in dry matter (3-year means: 1986, 1988, 1989)						
Phosphorus (P)	0.31	0.31	0.32	0.35	0.36	0.33
Potassium (K)	2.72	2.53	2.66	2.60	2.71	2.64
Calcium (Ca)	0.81	0.86	0.92	0.93	0.90	0.88
Magnesium (Mg)	0.40	0.38	0.39	0.41	0.41	0.40

V. Nutrient status of aerial part of maize at eight leaves stage June 11, 1985 (exp. field 1 - Feričanci)

Element	Hydrated lime application in autumn 1980 (t/ha)					Means
	0	5	10	15	20	
Aerial part of maize at eight leaves stage (percentage in dry matter)						
N	4.61	4.45	4.67	4.53	4.56	4.56
P	0.14	0.15	0.20	0.21	0.26	0.19
K	3.10	3.08	3.55	3.42	3.53	3.37
Ca	0.72	0.91	1.04	0.84	0.96	0.89
Mg	0.39	0.45	0.59	0.38	0.31	0.42
(mg/kg in dry matter)						
Zn	55.3	32.7	30.2	31.6	24.2	34.8
Mn	75.2	52.8	67.1	77.3	105.0	75.5
Fe	742	684	934	1084	1345	958
Cu	21.6	23.3	31.1	25.7	29.1	26.2

lar experiments, grain yields of maize and soybean were usually less than 10 %.

In general, ear-leaf P uptake was increased as affected by liming (Tab. IV), as well as by the aerial part of maize in the early growth stage (Tab. V). However, ear-leaf K, Ca and Mg uptakes were less dependent on liming. Zn contents in the aerial part of maize decreased after liming to the level of 24 mg Zn/kg, while Fe contents increased to 1345 mg Fe/kg (Tab. V).

By the hydrated lime application, the ear-leaf (maize at the silking stage) P and Ca contents increased, while K and Mg concentrations were similar (Tab. IV). The contents of the analysed nutrients in maize plants were in adequate range (M e n g e l, K i r k b y, 1987).

G r i ć (1991) tested response of maize to calcite application (exp. field 2, Valpovo) in the third and the fourth years of testing. The ear-leaf (the silking stage) nutrient uptake was as follows (2-year means; percentages on the dry matter basis): 0.300 and 0.325 % P, 2.39 and 2.16 % K, 0.85 and 1.07 % Ca for unlimed plot and the highest rate of lime application (32 t/ha), respectively. These values are in the adequate range of supply (M e n g e l, K i r k b y, 1987).

VI. Soil properties (0 - 30 cm depth) changes as affected by liming (exp. field 1 - Feričanci)

	Hydrated lime (t/ha) application in autumn 1980					Means
	0	5	10	15	20	
Soil acidity (pH in KCl)						
1981	4.03	5.13	5.44	5.94	6.42	5.39
1984	4.26	4.93	5.46	6.02	6.53	5.44
1986	4.23	4.64	5.24	5.75	6.25	5.22
1987	4.26	4.95	5.50	6.04	6.45	5.44
Soil properties status in June 1986*						
Humus (%)	1.91	1.99	1.80	1.91	1.79	1.88
Iron (ppm)	44	24	14	9	5	19
Manganese (ppm)	422	367	305	313	253	332
Zinc (ppm)	16	15	17	19	16	17
Soil properties status in June 1987 (mg/100 g of soil; Al-method)						
P ₂ O ₅	21.5	21.5	27.5	26.8	25.5	24.6
K ₂ O	26.8	26.7	30.9	26.1	25.7	27.2

* iron, manganese and zinc were extracted by the 0.1N HCl

Growth retardation and chlorosis of maize is a common problem of some acid and low permeable soil, especially during a cold and moist spring. For this reason, aerial part of maize at eight leaf-stage was taken in the 1985 growing season (Tab. V): it was found that P, K, Ca, Mn and Fe concentrations increased but the Zn concentrations decreased as influenced by liming. Maize status was visually normal with exception of its status on the plots with the highest rate of liming: the growth retardation and chlorosis were influenced by zinc deficiency. The problem of growth retardation and chlorosis of maize under the conditions of the Eastern Croatia was analysed in detail in the previous studies (K o v a č e v i ć et al., 1988a, b, c). It appeared as a response of maize to either zinc, potassium or phosphorus (aluminium toxicity) deficiency. The first two types of nutritional disorders appeared usually on the alkaline soil, while the third type is characteristics for acid soils.

In general, the change of soil characteristics was more expressed, compared to plant composition, as affected by lime application (Tabs VI and VII). For example, soil reactions increased (exp. fields 1 and 3) or to stay without change (exp. field 2). Extractable iron contents (0.1N HCl-extractable Fe) were drastically reduced (from 44 to 5 mg Fe/kg), manganese contents decreased from 422 to 253 mg Mn/kg, while zinc content was not changed (Tab. VI). Probably, 0.1N HCl-extractable Zn is not a reliable criterion of zinc availability for maize in this soil because zinc uptake by maize was drastically reduced as affected by liming.

Soil pH increase had in the most cases a reliable influence on nutrient content, including increase plant available P contents. This phenomenon is associated with the decrease of aluminium availability (S u m n e r , F a r i n a ,

VII. Some chemical characteristics of soil (0 - 30 cm) after calcite (50% CaO) application

Soil property	Calcite (t/ha)					Means
	0	5	10	20	32	
Experimental field 2: third year of testing (1988)						
pH (1N KCl)	3.86	4.62	4.83	5.79	6.16	5.05
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	19.4	18.6	18.6	19.8	17.9	18.9
K ₂ O (mg/100 g)	23.9	26.8	29.1	31.3	27.7	27.8
Experimental field 3: third year of testing (1989)						
pH (1N KCl)	4.24	4.75	5.53	5.96	7.00	5.50
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	17.7	20.6	20.7	19.9	20.5	19.9
K ₂ O (mg/100 g)	22.0	23.7	26.7	27.0	21.5	24.2

1986). Also, as in our research, Sharifuddin et al. (1989) found the increase of P, Mg and Ca in the maize leaves as affected by limestone (8 t/ha) application on ultisoils of Malaysia, as a result of change of plant available P, Mg and Ca contents in soil.

CONCLUSION

From 1981 to 1990, a response of some arable crops to liming was investigated on acid soils of the Eastern Croatia province. Maize, soybean and barley grain yields increased due to liming by 10 % or less than 10 %, while wheat showed no response to lime application. The effects of liming were differently expressed depending on the soil characteristics and the year of testing. For example, grain yields both of maize and wheat on the soil of exp. field 3 (Stari Mikanovci) decreased after available P and P uptake in plants increased when soil pH increased to the neutral or nearly neutral reaction.

Acknowledgements

The authors dedicate this article in memory of their professor of pedology (Faculty of Agriculture, Osijek) - Gjuro Janeković (Oct. 14, 1912 - May 2, 1989). He introduced us in soil analysis and initiated in us the affection for research of pseudogley soils.

References

- ANONYMOUS: Pridavak od gjubrenja s krescom. U „Ubavištenje od lana i konoplje opravljanja za poljodilce“. Pretiskano slovima Kraljevske mudroskupshtine, Budim 1789, pp. 29-34.
- BAŠIĆ, F. - BUTORAC, A. - VAJNBERGER, A. - MALBAŠIĆ, D.: Komparativno istraživanje efikasnosti različitih vapnenih materijala u kalcifikaciji kiselih tala. Poljopriv. akt. (Zagreb), 1-2, 1987, No. 8, pp. 153-170.
- GRGIĆ, D.: Naknadni efekti kalcizacije i fosfatizacije u proizvodnji kukuruza na pseudoglejnom tlu u području Valpova (magistarski rad). Zagreb, Fak. poljopriv. znan. sveučil. 1991.
- GRGIĆ, D. - KOMLJENOVIC, I.: Naknadni efekti kalcizacije i fosfatizacije u proizvodnji kukuruza i pšenice na pseudoglejnom tlu u području Vinkovaca. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 21, 1991, No. 3-4.
- HOLZ, F.: Die automatische Bestimmung des Stickstoffs als Indophenylgrün in Boden und Pflanzen. Landwirtsch. Forsch., 26, 1971, pp. 177-192.
- ISAAK, A. - JOHNSON, W. C.: Collaborative study of wet and dry ashing techniques for the elemental analysis of plant tissue by AAS. J. AOAC, 58, 1975, pp. 436-440.
- JANEKOVIĆ, GJ.: Neki problemi kontrole plodnosti tla. Savjet. Neki problemi proizvodnje pšenice i kontrole plodnosti tla, Osnova privredna komora Osijek, 25. srpnja 1967.

JANEKOVIĆ, GJ.: Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. In: Zbor. rad. Prvog znanstvenog sabora Slavonije a Baranje, 17-19. svibnja 1970, JAZU Osijek 1971.

JURIĆ, I. - ŽUGEC, I. - KOVAČEVIĆ, V.: Utjecaj kalcizacije i fosfatizacije na prinos kukuruza. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 16, 1986, No. 1-2, pp. 39-52.

KOVAČEVIĆ, V. - BERTIĆ, B. - ŽUGEC, I. - JURIĆ, I.: Die Veränderung der Nährstoffverfügbarkeit nach einer Kalkung. Tagungsberichte (Dtsch. Akad. Landwirtsch.), 1988a, No. 267, pp. 219-224.

KOVAČEVIĆ, V. - GALOVIĆ, S.: Kalcizacija fosfatizacija kao faktori biljne proizvodnje na Kombinat „Duro Salaj“ Valpovo. 1. Kukuruz. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 20, 1990, No. 3-4, pp. 473-497.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I.: Reakcija soje na kalcizaciju i pojačanu gnojidbu fosforom na pseudogleju zaravni središnje Slavonije. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 21, 1991, No. 3-4.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I. - ŽUGEC, I.: Soybean response to lime and phosphorus under the growing conditions of Eastern Croatia. Eurosoya, 6, 1987, pp. 58-61.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I. - ŽUGEC, I.: Agromeliorativne mjere kao faktori prinosa pšenica u uvjetima Slavonije. Savrem. poljopriv., 38, 1990a, No. 5-6, pp. 469-474.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I. - ŽUGEC, I.: Kalcizacija i fosfatizacija kao faktori biljne proizvodnje na pseudogleju PIK-a Vinkovci. 2. Ozima pšenica. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 20, 1990b, No. 3-4, pp. 437-452.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I. - ŽUGEC, I.: Reakcija kukuruza na kalcizaciju i pojačanu gnojidbu fosforom na pseudogleju zaravni središnje Slavonije. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 21, 1991, No. 3-4.

KOVAČEVIĆ, V. - JURIĆ, I. - ŽUGEC, I. - KATUŠIĆ, V.: Kalcizacija i fosfatizacija kao faktori biljne proizvodnje na Kombinat „Duro Salaj“ Valpovo. 2. Ozimi ječam i pšenica. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 20, 1990c, No. 3-4, pp. 453-472.

KOVAČEVIĆ, V. - KOMLJENIĆ, I. - JOSIPOVIĆ, M.: Kalcizacija i fosfatizacija kao faktori biljne proizvodnje na pseudogleju PIK-a Vinkovci. 1. Kukuruz. Znan. prak. poljopriv. tehnol., 20, 1990d, No. 3-4, pp. 499-518.

KOVAČEVIĆ, V. - VUKADINOVIĆ, V. - BERTIĆ, B.: Excessive iron and aluminum uptake and nutritional stress in corn (*Zea mays* L.) plants. J. Pl. Nutr., 11, 1988b, No. 6-11, pp. 1263-1272.

KOVAČEVIĆ, V. - ŽUGEC, I. - BERTIĆ, B. - KATUŠIĆ, V.: Growth retardation and chlorosis in maize due to zinc deficiency under the conditions of Eastern Croatia. Tagungsberichte (Dtsch. Akad. Landwirtsch.), 1988c, No. 267, pp. 379-386.

MADJARIĆ, Z. - MUŠAC, I. - MUNDWEIL, J. - MARTINOVIĆ, B.: Produženo djelovanje duboke obrade lesiviranog smeđeg tla Podravine u interakciji s gnojidbom na prinos kukuruza. Savrem. poljopriv., 19, 1971, No. 1-2, pp. 139-146.

Mc LEAN - BROWN, J. C.: Crop response to lime in the Midwestern United States. In: Soil Acidity and Liming - Agronomy Monograph No. 12 (2nd Edition), ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, 1984, pp. 267-303.

MENGEL, K. - KIRKBY, A. E.: Principles of Plant Nutrition (4th Edition). Bern, Int. Potash Inst. 1987.

MUŠAC, I.: Opravdanost agromelioracija sekundarnog pseudogleja u istočnoj Slavoniji na primjeru lokaliteta Lacići. Informator IPK Osijek o stručnim i naučnim dostignućima u poljoprivrednoj proizvodnji, Osijek, 10, 1975, pp. 11-17.

MUŠAC, I. - JURIĆ, I. - KOVAČEVIĆ, V.: Utjecaj zahvata melioracijske obrade na promjene kemijskih svojstava sekundarnog pseudogleja istočne Slavonije. In: Zbor. rad. Poljopriv. Inst. Osijek, 4, 1974a, No. 1, pp. 101-114.

MUŠAC, I. - JURIĆ, I. - MUNDWEIL, J. - MARTINOVIĆ, B.: Utjecaj melioracijske duboke obrade tla istočne Slavonije na prinose ozime pšenice (lokalitet Lacići). In: Zbor. rad. Poljopriv. Inst. Osijek, 4, 1974b, No. 1, pp. 115-129.

MUŠAC, I. - JURIĆ, I. - KOVAČEVIĆ, V. - ŽUGEČ, I. - MADAR, S.: The productivity of pseudogley soils in Slavonia and the chemical changes which occur in the surface layer after meliorative tillage. In: Proc. ISTRO The ninth Conf. Int. Soil Tillage Res. Organiz. Osijek 21-24. June 1982, pp. 26-32.

RADIĆ, Lj.: Jubilej - 200 godina brošure „Ubavištenje od lana i konoplje za poljodilce“ s prilogom o kalcizaciji. Znan. praksa poljopriv. prehranb. tehnol., 19, 1989, No. 3-4, pp. 260-266.

SHARIFUDDIN, H. A. H. - MOHD JUSOF, M. N. - SHAMSUDIN, J. - NORTHAYATI, M.: Management of soil acidity in Malaysia. In: Management of acid soils in the humid tropics of Asia (CRASWELL, E. T. - PUSPARAJAH, E. Eds) ACIAR Canberra Australia, 1989, pp. 72-79.

SUMNER, M. E. - FARINA, M. P. W.: Phosphorus interaction with other nutrient and lime field cropping systems. In: Adv. Soil Sci., 5, Springer Verlag New York, Inc. 1986, pp. 201-236.

UEXKULL, H. R. - BOSSHART, R. P.: Management of acid upland soils in Asia. In: Management of acid soils in the humid tropics of Asia (CRASWELL, E. T. - PUSPARAJAH, E. Eds) ACIAR Monograph No. 13 (ISBRAM Monograph No. 1), Canberra, A.C.T. Australia, 1989, pp. 2-19.

VUKADINOVIĆ, V. - BERTIĆ, B.: Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Fak. poljopriv. sveučil. Osijek, 1989.

Received on July 12, 1991

KOVAČEVIĆ, V. - BERTIĆ, B. - GRGIĆ, D. (Univerzita J. J. Strossmayer, Osijek):

Reakce kukurice, ječmene, pšenice a soje na vápnění kyselých půd.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 41-52.

Od roku 1980 do roku 1986 byla na kyselých půdách Slovinska (Chorvatska) zřízena tři pokusná pole (1 - 3), která byla vápněna. Výzkumy skončily po uplynutí vegetačního období v roce 1990. Výnosy zrna u kukurice se zvýšily o 11 % (desetiletý průměr z pokusu 1) v důsledku aplikace 10 t hydroxidu vápenatého na 1 ha. Také výnosy zrna soje a ječmene se zvýšily o 14 a o 9 % (šestiletý průměr z pokusu 1 a tříletý průměr z pokusu 2). Reakce pšenice na vápnění byla podstatně nižší. Avšak výsledky pokusu 3 byly specifické, a to: výnosy zrna u pšenice a kukurice se po vápnění snížily, zatímco výnos zrna u pšenice byl vyšší téměř o 60 % v porovnání s kukuricí (čtyřleté průměry z pokusu 3). Příjem fosforu u kukurice se zvýšil, zatímco příjem zinku se po vápnění snížil.

Contact address:

Prof. dr. Vlado K o v a č e v i ć, Faculty of Agriculture, University J. J. Strossmayer, 54000 Osijek, Croatia

ÚČINEK MORFOREGULÁTORŮ PROTI POLÉHÁNÍ U DVOU- A ŠESTIŘADÉHO OZIMÉHO JEČMENE

Z. Ondruch

Výzkumný ústav obilnářský, Kroměříž

V letech 1988 až 1990 byly sledovány v intenzivních podmínkách výrobního typu řepařského a v méně intenzivních podmínkách výrobního typu bramborásko-ovesného morforegulační přípravky proti poléhání ozimého ječmene. V intenzivních podmínkách v průměru pokusných let přípravek Retacel-super v dávce $3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ v DC 31-37 zvyšoval výnos zrna obou rozdílných genotypů ozimého ječmene (výrazněji dvouřadého) vlivem vyššího počtu klasů a vyšší hmotností 1000 zrn při nižším stupni polehnutí. Přípravek snižoval obsah hrubých proteinů v sušině zrna. Retacel-super v dávce $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ v DC 45-50 výnos zrna výrazněji neovlivnil, snižoval obsah hrubých proteinů v sušině zrna. CCC v dávce $3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ v DC 31-37 zvyšoval počet klasů na jednotce plochy u šesti- i dvouřadého genotypu, u kterého nedošlo k redukci počtu zrn v klasu. Obsah hrubých proteinů v sušině zrna nebyl ovlivněn. V méně intenzivních podmínkách Retacel-super v DC 31-37 snížil výnos zrna šestiřadé odrůdy vlivem redukce počtu klasů na jednotce plochy, u dvouřadého genotypu obdobné snížení počtu klasů bylo kompenzováno vyšším počtem zrn v klasu bez ovlivnění výnosu zrna. Retacel-super v DC 45-50 snižoval výnos zrna obou genotypů vlivem redukce klasů na jednotce plochy, obsah hrubých proteinů v sušině zrna byl zvýšen. CCC v DC 31-37 snížil u obou genotypů výnos zrna, a to u šestiřadého genotypu sníženou produktivitou klasu, u dvouřadého genotypu sníženým počtem klasů a nižší hmotností 1000 zrn. CCC snížil u obou genotypů obsah hrubého proteinu v sušině zrna.

Současné genotypy ozimého ječmene dosahují v řadě odrůdových zkušeben ÚKZÚZ a VÚO Kroměříž výnosové úrovně $10,0$ až $11,0 \text{ t} \cdot \text{zrna} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vysoký výnosový potenciál ozimého ječmene se v běžné pěstitelské praxi ČR využíval v letech 1980 až 1985 ze 67,8 %, v období 1986 až 1990 ze 72,4 %.

Realizaci výnosového potenciálu ozimého ječmene nejvýrazněji ovlivňuje průběh povětrnostních podmínek ročníku, který se podílí na výnosu zrna podle výzkumných prací v ČR ze 47,5 % (V r k o č et al., 1990), ve SR pak z 56,8 % (Š p a l d o n , M o l n á r o v á , 1989).

Povětrnostní podmínky ročníku negativně působí v průběhu ontogeneze ozimého ječmene především na vyzimování porostů, na jejich poléhání a tvorbu obilky po anthesi.

Ztráty na výnosu zrna vlivem polehnutí porostů ozimého ječmene jsou nejvyšší v období po metání. Tak např. K r a t z s c h (1979) uvádí pokles výnosu zrna vlivem polehnutí v období metání až kvetení 40 až 50 %, K n i t t e l (1983) krátce po kvetení 28 až 33 %, B r i g g s (1990) v mléčné zralosti 21 % a krátce před sklizní 5 %.

Omezení polehnutí porostů ozimého ječmene lze do značné míry ovlivnit aplikací přípravků na bázi účinné látky mepiquatchloridu, etephonu nebo jeho směsi s chormequatem v optimálním poměru (O n d r u c h , 1986). Aplikaci nutno provádět podle určitých zásad agronomicko-výživářských, půdních a toxikologických (O n d r u c h , 1987; B a u m e r , A i g n e r , 1988; K r á l o v á , 1991).

V Německu používaný přípravek Terpal pro omezení poléhání porostů ozimého ječmene zvýšil výnos zrna šestiřadých genotypů o 5,0 %, dvouřadých o 9,5 % (W a l t h e r , 1984). Retacel-super s obdobným poměrem účinných látek zvýšil výnos zrna u šestiřadé odrůdy Borwina o 4,3 % (O n d r u c h , 1985).

Aplikace přípravku CCC (2 až 3 l.ha⁻¹) v období prodlužování stébla působila na zvýšení počtu klasů i výnos zrna (H e e n i g , 1988), a to u dvou- i šestiřadých genotypů (G r e e n et al., 1987).

MATERIÁL A METODA

Cílem přesných polyfaktoriálních polních pokusů v letech 1988 až 1990 bylo v intenzivních podmínkách výrobního typu řepářského (VÚO Kroměříž) a méně intenzivních podmínkách výrobního typu bramborářsko-ovesného (VÚO, pracoviště Březová) zjistit případnou odlišnou reakci šesti- a dvouřadého genotypu ozimého ječmene na aplikaci přípravků proti poléhání: přípravku Retacel-super v doporučené dávce v DC 31-37, v jeho poloviční dávce v DC 45-50 a přípravku Retacel v DC 31-37, a to vzhledem k výnosu zrna, jeho struktuře, obsahu hrubých proteinů v sušině zrna a jejich produkci z jednotky plochy včetně vybraných morfologických znaků rostliny.

PŮDNÍ A KLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH MÍST

Výrobní typ řepářský (Kroměříž)

Půdní typ (druh) je degradovaná černozem hlinitá, sorpční kapacita střední $T = 20$ mval, nasycenost koloidního komplexu $V = 85,60$. Obsah přístupného fosforu podle Egnera - střední hodnota 70,0 mg.kg⁻¹, draslíku podle Schachtschagela - střední hodnota 120,5 mg.kg⁻¹, pH/KCl = 7,2, obsah hu-

musu (C_{org} 1,724) - střední hodnota 2,0 %. Průměrná roční teplota vzduchu činila 8,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 599 mm.

Výrobní typ bramborářsko-ovesný (Březová, okres Uherské Hradiště)

Půdní typ (druh) je hvědozem hlinito-písčité až šterkovitá, obsah přístupného fosforu - střední hodnota 45,0 mg.kg⁻¹, draslíku - střední hodnota 175,0 mg.kg⁻¹, pH/KCl = 6,0, obsah humusu - střední hodnota 1,80 %. Průměrná roční teplota vzduchu činila 7,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 843 mm.

Sledované varianty byly šestiřadý genotyp Lunet a dvouřadý genotyp nšl. KM-60; jako předplodina byla použita ozimá pšenice, výsevek činil 550 obilí na 1 m² při zahrnutí užitkové hodnoty zrna a HTZ, realizovaný 17. až 20. 9. Meziřádková rozteč byla 125 mm, velikost sklizňových parcel 10 m² čtyřikrát opakovaných metodou náhodných bloků.

Hnojení dusíkem v celkové dávce 120 kg N.ha⁻¹ bylo dělené z 25 % před setím ve formě DAM-390 a 25 % v DC 22 v LVA, 25 % DC 31 ve formě DAM-390 a 25 % v DC 45-50 v LVA. Základní dávky fosforu (32 kg.ha⁻¹ ve formě granulovaného superfosfátu), draslíku (100 kg.ha⁻¹ v draselné soli) byly zaorány před setím. Chemický rozbor zrna: obsah dusíku podle Kjeldahla x 6,25 - hrubý protein.

Charakteristika přípravků, dávka a doba aplikace:

- Retacel-super (250 g.l⁻¹ chlormequat, 200 g.l⁻¹ kyselina chlor-ethylphosphonová) dávka 3,0 l.ha⁻¹/300 l vody v DC 31-37;
 - Retacel-super, dávka 1,5 l.ha⁻¹/300 l vody v DC 45-50;
 - Retacel-CCC (55 g.l⁻¹ chlormequat) dávka 3,0 l.ha⁻¹/300 l vody v DC 31-37.
- Statistické hodnocení výnosu zrna bylo provedeno analýzou rozptylu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výrobní typ řepařský

Vliv přípravku Retacel-super v DC 31-37 na výnos a strukturu sledovaných genotypů ozimého ječmene uvádí tab. I, z níž vyplývá zvýšení výnosu zrna u obou sledovaných genotypů účinkem přípravku oproti neošetřené kontrole.

U šestiřadé odrůdy Lunet byl v průměru sledovaných let účinkem přípravku průkazně zvýšen výnos zrna o 0,20 t.ha⁻¹ (2,5 %) vlivem vyššího počtu klasů na jednotce plochy o 11,0 % a vlivem vyšší hmotnosti 1000 zrn

I. Vliv přípravku Retacel-super na výnos a strukturu ozimého ječmene Lunet a nšl. KM-60 (Kroměříž 1988 - 1990) - The effect of Retacel-super on yield and its components in the Lunet cultivar and KM-60 line of winter barley (Kroměříž 1988 - 1990)

Sledovaná varianta ¹		Výnos zrna ² (t.ha ⁻¹)	Počet klášů ³ (.m ²)	HTZ ⁴ (g)	Počet zrn v klase ⁵	Výška porostu ⁶ (cm)	Poslední internodium ⁷ (cm)	% hrubých proteinů v sušině zrna ⁸	Produkce hrubých proteinů ⁹ (kg.ha ⁻¹)	Poléhavost ¹⁰ (9-1)
Lunet	DC 31-37 neošetřeno ¹¹	7,86	662	39,8	29,5	92,7	28,0	13,2	1037	7,0
	Retacel super	8,06	743	41,7	26,0	87,7	25,0	12,8	1032	8,7
	DC 45-50 neošetřeno	8,82	607	42,0	34,6	99,5	28,5	10,8	953	8,5
	Retacel super	8,81	651	42,4	31,9	92,0	25,0	10,6	934	7,5
KM-60	DC 31-37 neošetřeno	6,70	844	51,4	15,7	94,0	30,0	14,6	978	8,0
	Retacel super	7,04	916	51,7	15,0	89,2	26,0	14,0	986	8,7
	DC 45-50 neošetřeno	7,17	752	54,6	17,5	99,5	32,5	12,7	910	8,5
	Retacel super	7,26	781	55,0	17,4	98,5	29,0	12,6	915	8,7

Lunet Hd 0,05 = 0,19 t.ha⁻¹
0,01 = 0,27 t.ha⁻¹

KM-60 Hd 0,05 = 0,26 t.ha⁻¹
0,01 = 0,38 t.ha⁻¹

¹studied variant, ²grain yield, ³number of spikes, ⁴KTW, ⁵number of grains per spike, ⁶height of stand, ⁷last internode, ⁸% of crude protein in grain dry matter, ⁹crude protein output, ¹⁰lodging, ¹¹untreated

II. Vliv přípravku CCC na výnos a strukturu ozimého ječmene Lunet a nšl. KM-60 (Kroměříž 1988 - 1990) - The effect of CCC on yield and its components in the Lunet cultivar and KM-60 line of winter barley (Kroměříž 1988 - 1990)

Sledovaná varianta ¹		Výnos zrna ² (t.ha ⁻¹)	Počet klasů ³ (.m ²)	HTZ ⁴ (g)	Počet zrn v klase ⁵	Výška porostu ⁶ (cm)	Poslední inter- nodium ⁷ (cm)	% hrubých proteinů v sušině zrna ⁸	Produkce hrubých proteinů ⁹ (kg.ha ⁻¹)	Polé- havost ¹⁰ (9-1)
Lunet	neošetřeno ¹¹	8,31	581	42,2	34,4	99,5	28,5	10,8	897	8,3
	CCC	7,72	682	43,5	28,7	89,5	24,0	10,8	834	8,8
KM-60	neošetřeno	6,70	776	53,7	16,1	102,5	33,0	12,7	850	7,6
	CCC	7,16	837	52,9	16,2	96,5	29,5	12,7	909	8,5

Lunet Hd 0,05 = 0,23 t.ha⁻¹
0,01 = 0,33 t.ha⁻¹

KM-60 Hd 0,05 = 0,26 t.ha⁻¹
0,01 = 0,38 t.ha⁻¹

For 1 - 11 see Tab. I

o 4,6 % při nižším počtu zrn v klase o 11,9 %; u dvouřadého genotypu nšl. KM-60 obdobně výnos zrna stoupl o 0,34 t.ha⁻¹ (4,9 %) vlivem vyššího počtu klasů na jednotce plochy o 7,9 % a hmotnosti 1000 zrn o 0,6 % při téměř shodném počtu zrn v klase. Pozitivní zvýšení výnosu zrna obou rozdílných genotypů nebylo tak výrazné, jak uvádějí např. v dřívějších pracích W a l t h e r (1984) a O n d r u c h (1985). Přípravek zvýšil odolnost porostu k poléhání u odrůdy Lunet o 1,7 stupně, zkrátil délku posledního internodia o 10,8 % a výšku porostu o 5,4 % oproti neošetřené kontrole, obdobně dosažené hodnoty u genotypu nšl. KM-60 činily 0,7 stupně, 13,4 % a 5,2 %. Obsah hrubých proteinů v sušině zrna byl účinkem přípravku snížen u odrůdy Lunet o 0,4 %, u nšl. KM-60 o 0,6 %.

Vliv přípravku Retacel-super v DC 45-50 na výnos a strukturu ozimého ječmene (tab. I) nedosáhl statistické významnosti. U šestiřadé odrůdy Lunet bylo zvýšení počtu klasů o 6,8 % a hmotnost 1000 zrn o 1,0 % oproti neošetřené kontrole negativně kompenzováno nižší počtem zrn v klase o 7,9 % s následným poklesem výnosu o 0,01 t.ha⁻¹ (0,2 %), u dvouřadého genotypu nšl. KM-60 obdobně zvýšení počtu klasů na jednotce plochy o 3,8 % a hmotnosti 1000 zrn o 0,8 % s mírným snížením počtu zrn v klase o 0,6 % vedlo naopak k mírné tendenci zvýšení výnosu zrna o 0,09 t.ha⁻¹ (1,3 %). Obdobně jako v DC 31-37, tak i Retacel-super v DC 45-50 snižoval obsah hrubých proteinů v sušině zrna, zkracoval délku posledního internodia a celkovou výšku porostu.

Vliv CCC v DC 31-37 na výnos a strukturu ozimého ječmene uvádí tab. II, ze které vyplývá rozdílný vliv přípravku na sledované genotypy, zejména na strukturu jejich výnosu.

U šestiřadé odrůdy Lunet CCC vysoce průkazně snížil výnos zrna o 0,59 t.ha⁻¹ (7,1 %) vlivem nižšího počtu zrn v klase o 16,6 % při vyšším počtu klasů na jednotce plochy o 7,5 % a vyšší hmotnosti 1000 zrn o 3,0 % oproti neošetřené kontrole. Dvouřadý genotyp nšl. KM-60 reagoval na CCC vysoce průkazným zvýšením výnosu zrna o 0,46 t.ha⁻¹ (6,5 %), a to zejména vyšším počtem klasů na jednotce plochy o 7,3 % při nižší hmotnosti 1000 zrn o 1,5 %. CCC tedy v období prodlužovacího růstu zvyšoval počet klasů u šesti- i dvouřadých ozimých ječmenů (G r e e n et al., 1987; H e e n i g , 1988), výnos zrna však pouze u dvouřadého genotypu, u kterého nedošlo ke snížení počtu zrn v klase. CCC u obou sledovaných rozdílných genotypů neovlivnil obsah hrubých proteinů v sušině zrna. U odrůdy Lunet zkrátil délku posledního internodia o 15,8 %, výšku porostu o 11,1 % a zvýšil odolnost k poléhání o 0,5 stupně, obdobně u genotypu nšl. KM-60 o 10,7 %, 5,9 % a 0,9 stupně oproti neošetřené kontrole.

Vliv přípravku Retacel-super v DC 31-37 na výnos a strukturu sledovaných genotypů ozimého ječmene uvádí tab. III.

U nepolehlého porostu šestiřadě odrůdy Lunet přípravek vysoce průkazně snížil výnos zrna o $0,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (8,1 %) vlivem nižšího počtu klasů na jednotce plochy o 9,1 % oproti neošetřené kontrole. U dvouřaděho genotypu nšl. KM-60 nebyl výnos zrna přípravkem ovlivněn. Účinkem přípravku snížený počet klasů na jednotce plochy o 4,2 % a hmotnosti 1000 zrn o 0,8 % byl kompenzován vyšším počtem zrn v klase o 5,2 %.

Ve sledovaných méně intenzivních podmínkách se potvrdily dříve dosažené poznatky (Ondruš, 1987; Baumer, Aigner, 1988; Krállová, 1991) o vhodnosti aplikace regulátorů růstu s ohledem na půdní, výživářské a růstové podmínky. Regulátory růstu s inhibičním účinkem je možné aplikovat úspěšně pouze v podmínkách nenarušujících harmonické vztahy růstu, vývoje a tvorby výnosu. Přípravek u obou sledovaných rozdílných genotypů zvyšoval délku posledního internodia a výšku porostu u odrůdy Lunet o 18,6 % a 10,7 %, u genotypu nšl. KM-60 o 14,6 % a 10,0 %.

Retacel-super aplikovaný v DC 45-50 způsobil u obou rozdílných genotypů ozimého ječmene výnosovou depresi, zejména snížením počtu klasů na jednotce plochy (tab. III).

U šestiřadě odrůdy Lunet výrazná tendence nižšího výnosu zrna o $0,22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2,5 %) oproti neošetřené kontrole byla ovlivněna nižším počtem klasů na jednotce plochy o 3,3 %, u dvouřaděho genotypu nšl. KM-60 činil vysoce průkazný pokles výnosu zrna $0,48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (6,8 %) vlivem nižšího počtu klasů na jednotce plochy o 5,2 % a nižší hmotnosti 1000 zrn o 2,1 %. Účinkem přípravku byl u odrůdy Lunet zvýšen obsah hrubých proteinů v sušině zrna o 0,6 %, zkrácena délka posledního internodia o 11,2 % a výška porostu o 5,0 %, obdobné hodnoty byly zjištěny u nšl. KM-60, a to 0,2 %, 10,5 % a 11,8 %.

Vliv CCC v DC 31-37 na výnos a strukturu ozimého ječmene uvádí tab. IV, ze které je zřejmá vlivem přípravku u obou rozdílných genotypů výnosová deprese.

U šestiřadě odrůdy Lunet CCC vysoce průkazně snížil výnos zrna o $0,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (4,9 %) vlivem nižší hmotnosti 1000 zrn o 2,9 % a nižšího počtu zrn v klase o 2,5 % oproti neošetřené kontrole, u dvouřaděho genotypu nšl. KM-60 činila tendence poklesu výnosu zrna $0,09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (1,2 %) vlivem nižšího počtu klasů na jednotce plochy o 8,5 % a hmotnosti 1000 zrn o 1,2 % při vyšším počtu zrn v klase o 8,8 % oproti neošetřené kontrole. Vlivem

III. Vliv přípravku Retacel-super na výnos a strukturu ozimého ječmene Lunet a nšl. KM-60 (Březová 1988 - 1990) - The effect of Retacel-super on yield and its components in the Lunet cultivar and KM-60 line of winter barley (Březová 1988 - 1990)

Sledovaná varianta ¹		Výnos zrna ² (t.ha ⁻¹)	Počet klasů ³ (.m ²)	HTZ ⁴ (g)	Počet zrn v klase ⁵	Výška porostu ⁶ (cm)	Poslední inter- nodium ⁷ (cm)	% hrubých proteinů v sušině zrna ⁸	Produkce hrubých proteinů ⁹ (kg.ha ⁻¹)	Polé- havost ¹⁰ (9-1)
Lunet	DC 31-37 neošetřeno ¹¹	9,16	486	39,4	47,8	94,3	27,0	9,05	829	9,0
	Retacel super	8,42	442	39,6	48,2	84,3	22,0	9,35	787	9,0
	DC 45-50 neošetřeno	9,16	486	39,4	47,8	94,3	27,0	9,10	829	9,0
	Retacel super	8,94	470	39,8	47,8	89,6	24,0	9,70	867	9,0
KM-60	DC 31-37 neošetřeno	7,15	500	54,3	26,3	106,8	31,0	11,0	786	9,0
	Retacel super	7,19	479	53,9	27,8	96,2	26,5	11,3	812	9,0
	DC 45-50 neošetřeno	7,06	502	52,8	26,6	106,2	29,8	11,0	777	9,0
	Retacel super	6,58	476	51,2	27,0	93,7	26,7	11,2	737	9,0

Lunet Hd 0,05 = 0,26 t.ha⁻¹
0,01 = 0,38 t.ha⁻¹

KM-60 Hd 0,05 = 0,19 t.ha⁻¹
0,01 = 0,27 t.ha⁻¹

For 1 - 11 see Tab. I

IV. Vliv přípravku CCC na výnos a strukturu ozimého ječmene Lunet a nšl. KM-60 (Březová 1988 - 1990) - The effect of CCC on yield and its components in the Lunet cultivar and KM-60 line of winter barley (Březová 1988 - 1990)

Sledovaná varianta ¹		Výnos zrna ² (t.ha ⁻¹)	Počet klasů ³ (.m ²)	HTZ ⁴ (g)	Počet zrn v klase ⁵	Výška porostu ⁶ (cm)	Poslední inter- nodium ⁷ (cm)	% hrubých proteinů v sušině zrna ⁸	Produkce hrubých proteinů ⁹ (kg.ha ⁻¹)	Polé- havost ¹⁰ (9-1)
Lunet	neošetřeno ¹¹	8,78	476	41,4	44,5	95,6	27,5	9,9	869	9,0
	CCC	8,35	478	40,2	43,4	93,1	23,0	9,6	802	9,0
KM-60	neošetřeno	7,34	507	51,8	27,9	106,2	31,0	11,9	873	9,0
	CCC	7,25	464	51,2	30,5	96,2	28,5	11,6	841	9,0

Lunet Hd 0,05 = 0,26 t.ha⁻¹
0,01 = 0,38 t.ha⁻¹

KM-60 Hd 0,05 = 0,23 t.ha⁻¹
0,01 = 0,33 t.ha⁻¹

For 1 - 11 see Tab. I

přípravku byl u obou rozdílných genotypů snížen obsah hrubých proteinů v sušině zrna, zkrácena délka posledního internodia a výška porostu u odrůdy Lunet o 16,4 % a 11,8 %, u nšl. KM-60 obdobně o 8,1 % a 5,9 %.

L i t e r a t u r a

BAUMER, M. - AIGNER, A.: Einfluss der Wachstumsregulatoren auf Ertrag und Ertragsstruktur der Wintergerste. Bayer. Landwirtschaft., 36, 1988, č. 65/1, s. 69-87.

BRIGGS, K. G.: Studies of recovery from artificially induced lodging in several six-row barley cultivars. Can. J. Pl. Sci., 70, 1990, č. 1, s. 173-181.

GREEN, C. F. et al.: Modifications to the growth and development of cereals using chlorocholinechloride is the absence lodging. J. agric. Sci. (Cambridge), 104, 1987, č. 2, s. 405-411.

HEENIG, K.: Wachstumsregler ein Klavierspiel für sich. Top Argar, 1988, č. 1, s. 6-7.

KNITTEL, H. et al.: Mitt Landb., 33, 1983, č. 2, s. 44.

KRÁLOVÁ, V.: Perspektivy využitia regulátorov rastu v poľnohospodárstve. Poľnohospodárstvo, 37, 1991, č. 3, s. 288-291.

KRATZSCH, G.: Hinweise zu besserer Einschätzung der Ertragswartungen des reifenden Getreidebestandes. Feldwirtschaft, 20, 1979, č. 6, s. 18.

ONDRUCH, Z.: Použití morforegulatorů u ozimého ječmene Borwina. Agrochémia, 25, 1985, č. 7, s. 218-220.

ONDRUCH, Z.: Vliv různých kombinací ethephonu a chlormequatu na výnos ozimého ječmene. Agrochémia, 26, 1986, č. 3, s. 86-88.

ONDRUCH, Z.: Systém výroby ozimého ječmene. Met. Zavád. Výsled. Výzk. zeměd. Praxe, 1987.

ŠPALDON, E. - MOLNÁROVÁ, J.: Štúdium rozličnej intenzity hnojenia, času sejby a organizácie porastu pri ozimnom jačmeni. Acta fytotechn. (Nitra), 1989, s. 107-134.

VRKOČ, F. et al.: Podíl regulovatelných a neregulovatelných faktorů na výnosech ozimé pšenice a ozimého ječmene. Rostl. Výr. 36, 1990, č. 9, s. 909-917.

WALTHER, U.: Erste Erfahrungen neben der Einfluss des Wachstumsregulators Ethephon auf die Halmlänge, die Standfestigkeit und der Ertrag von Wintergerste in Abhängigkeit der Stickstoffdüngung. Mitt. schweiz. Landwirtschaft. Frauerfeld, 32, 1984, s. 39-46.

Došlo 13. 12. 1991

ONDRUCH, Z. (Cereal Research Institute, Kroměříž):

The effect of morphoregulators against lodging in two- and six-row winter barley.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 53-64.

Losses of the grain yield due to lodging of stands of winter barley are in the period after heading. They can be 40 to 50 % (K r a t z s c h, 1979) during heading to anthesis, short after anthesis 28 to 33 % (K n i t t e l, 1983), in milk ripeness 21 % and short before harvest 5 % of losses (B r i g g s, 1990).

The limitation of lodging of winter barley can be influenced to some degree by an application of preparations based on active ingredients: mepiquatchloride, etephon or its mixture with chlormequate in optimum ratio (Ondruš, 1986). The effectiveness of the application expects keeping of some agronomic and nutritional, soil and toxicological principles (Ondruš, 1987; Braumer, Aigner, 1988; Králová, 1991).

The objective of exact polyfactorial field trials in the years 1988 - 1990 performed in intensive conditions of the beet-growing region (Kroměříž) and less intensive conditions of potato-oats-growing region (Březová) was to found out an eventual different response (Green, 1987; Heenig, 1988) of six- and two-row winter barley to an application of preparations to lodging with respect to the grain yield, its structure, crude protein content comprised in grain dry matter per area unit, including some morphological traits of a plant. In intensive breeding conditions on average of watched years, the preparation Retacel-super at the dose of 3.0 l per 1 ha increased the grain yield in the six-row genotype Lunet by 2.5 % higher number of spikes by 11 % and TKW by 4.6 % at lower number of grains by 11.9 % in comparison with untreated control, in two-row genotype of new breed KM-60 similarly the grain increased by 4.9 % due to higher number of spikes by 7.9 % at almost identical productiveness of spike. The preparation improved the resistance to lodging by 1.7 points in the Lunet genotype, reduced the length of the last internode by 10.8 %, the height of the stand by 5.4 %, in similar way the values obtained in the genotype new breed KM-60 amounted to 0.7 points and 5.5 %. The crude protein content in the grain dry matter was lower due to the preparation applied (Tab. I).

Retacel-super in the dose 1.5 l per 1 ha in DC 45-50 did not affect the grain yield in six- and two-row winter barley due to mutual compensation of yield-forming components, reduced the crude protein content in the grain dry matter (Tab. I).

The preparation CCC applied in the dose 3.0 l per 1 ha in six-row genotype Lunet reduced the grain yield by 7.1 % due to the reduction of grain number per spike by 16.6 %, at higher number of grain number of spikes 7.5 % and higher TKW by 3 % in comparison with untreated control. Two-row genotype of new-breed KM-60 responded to CCC by increased grain-yield by 6.5 % due to higher number of spikes by 7.3 % at lower TKW by 1.5 % (Tab. II). In both different genotypes the preparation CCC had no effect on the crude protein content, in winter barley Lunet reduced the length of the last internode by 15.8 % stand height by 11.1 % and increased the resistance to lodging by 0.5 grades, similarly in the genotype new-breed KM-60 by 10.7 % and by 0.9 grades in comparison with untreated control (Tab. II).

In less intensive conditions the preparation Retacel-super in DC 31-37 reduced the grain yield in unlodged stand in six-row genotype due to the reduction in the number of spikes, in two-row winter barley similar reduction in the number of spikes was compensated by higher number of grains in spikes without influencing the grain yield (Tab. III). The preparation in both genotypes increased the crude protein content in grain dry matter by 0.3 %, reduced the last internode and stand height in the genotype Lunet by 18.6 % and 10.7 %, in new-breed KM-60 by 14.6 % and 10.0 % (Tab. III).

Retacel-super applied in DC 45-50 reduced the grain-yield of both genotypes by reduction in the number of spikes per area unit, the content of crude protein was increased (Tab. II).

CCC preparation applied in DC 31-37 reduced the grain yield in both genotypes, that is in six-row genotype Lunet by lower productiveness of a spike, in two-row new-breed KM-60 by lower number of spikes and TKW (Tab. IV). Owing to the preparation the crude protein content was reduced in both genotypes and markedly reduced the last internode and total height of stand (Tab. IV).

Kontaktní adresa:

Ing. Zdeněk Ondruš, CSc., Výzkumný ústav obilnářský, 767 41 Kroměříž

TVORBA A REDUKCE ODNOŽÍ U TRITIKALE

J. Petr, D. Hradecká

Vysoká škola zemědělská, Praha

V letech 1986 až 1989 bylo v podmínkách úrodné řepařské oblasti sledováno odnožování tritikale, odrůd Grado, Dagro, Largo, Lasko a Korm ve srovnání s ozimou pšenicí Regina (v roce 1986/1987 Viginta a Zdar) a s ozimým žitem Breno. Přitom byl sledován vliv různého dusíkatého hnojení a aplikace regulátorů růstu Retacel (chlormequat), Cultar (paclobutrazol) a Parley C (paclobutrazol a chlormequat). Tritikale se v počáteční intenzitě odnožování blíží žitu, které obvykle nejvíce odnožuje. I autoregulace hustoty porostu se blíží žitu a tato schopnost je vyšší než u pšenice. Redukce počtu odnoží se v průměru tříletých pokusů pohybovala u tritikale v rozmezí 40 až 52 %, u ozimého žita 46 až 62 % a u ozimé pšenice 37 až 42 %. Odrůdové rozdíly v tvorbě i redukci odnoží nebyly u sledovaných polských odrůd tritikale velké. Poněkud více odnožuje odrůda Lasko a Grado. Produktivní odnožování bylo podle let různé a podíl plodných odnoží dosahoval u tritikale v prvním roce 32 %, v druhém 49 % a ve třetím roce 34 %; u žita 29,2; 50,0 a 26,7 %; u pšenice 41,1 %, 50,2 % a 43,6 %. Pro hustší porosty tritikale by mělo být na 1 m² 1500 stébel, pro řídké porosty stačí 900 až 1000 všech stébel. Optimální počet klasů by se měl pohybovat mezi 400 až 480 na 1 m². Jistotu vyšších a stabilnějších výnosů tritikale lze očekávat spíše u porostů středních a řídkých než u porostů hustých. Podzimní a časně jarní aplikace regulátorů růstu průkazně zvyšovala počet odnoží, zejména silných a plodných. Velmi efektivní byla kombinace postřiku regulátorů a dusíkatého hnojení na jaře. Rozdělená jarní dávka dusíkatého hnojení při časném obnovení jarní vegetace příznivě působila na odnožování i na výnos zrna.

Tritikale je novým obilním druhem, který se v posledních letech rychle rozšiřuje ve většině zemí Evropy i na celém světě. Důvodem je v první řadě vysoká výnosnost, a to i v méně příznivých pěstitelských podmínkách, tolerance k horší předplodině a kyselější půdní reakci. Uvádí se též menší náchylnost k chorobám a škůdcům, z čehož vyplývá závěr, že tritikale je plodinou ekologicky výhodnou. Předností je též jeho poměrně vysoká krmná hodnota zrna (P e t r a kol., 1991).

K využití jeho výnosového potenciálu je však třeba poznat zákonitosti tvorby výnosu. První zkušenosti z pěstování tritikale ukazují, že struktura porostu se liší od pšenice a žita a že jsou tedy jiné proporce jednotlivých výno-

sových prvků na konečném hospodářském výnosu (D z i a m b a , 1983). K poznání těchto zákonitostí má přispět i toto studium dynamiky odnožování, která je významnou součástí výnosotvorného procesu. Umožňuje autoregulaci hustoty porostu a dosažení přiměřeného počtu klasů na plošné jednotce. O odnožovací schopnosti tritikale není mnoho údajů ve srovnání s ozimým žitem a ozimou pšenicí (P e t r a kol., 1977, 1984; K ř e n , S o u č e k , 1990a, b aj.).

MATERIÁL A METODA

Průběh odnožování tritikale odrůd Dagro, Grado, Largo a Lasko a naší odrůdy Korm jsme srovnávali s ozimou pšenicí Regina (v roce 1986/1987 Viginta a Zdar) a s ozimým žitem Breno. Ve 14denních intervalech jsme na 10 průměrných rostlinách souboru hodnotili počet silných odnoží (přesahujících polovinu délky hlavního stébla, poději s klasem) a počet slabých odnoží (pod polovinu délky hlavního stébla, později bez klasu). Kromě toho jsme hodnotili průběh odnožování a jeho změny hodnotou odnožovacího potenciálu (OP), což je integrál plochy pod křivkou udávající průběh odnožování v čase.

Sledovali jsme též vliv dělené výživy dusíkem a aplikaci regulátorů růstu na odnožování rostlin. Přehled variant ošetření je uveden v tab. I. Z regulátorů byly použity Retacel (chlormequat 55 %), Cultar (paclobutrazol 250 g v 1 l) a Parley C (50 g paclobutrazolu a 400 g chlormequatu). Charakteristika počasí je uvedena v tab. II.

VÝSLEDKY

V roce 1986 vlivem bohatých srážek v srpnu (200 % dlouhodobého průměru) bylo vzcházení dobré. Ovšem následné suché počasí nebylo pro odnožování příznivé. Tritikale vytvořilo do nástupu zimy 0,5 odnoží na jedné rostlině, žito 1,3 a pšenice 0,4 (obr. 1). Menší odnožení mohlo být způsobeno i vyšší hustotou porostu (360 rostlin na 1 m²).

Na podzim roku 1987 byly porosty řídké (170 až 180 rostlin na 1 m²) vlivem horší kvality osiva. To spolu s příznivými vláhovými poměry a teplotami pozitivně ovlivnilo odnožování na podzim, kdy odrůdy tritikale 17. 11. dosáhly 1,2 odnože, žito 1,0 a pšenice 0,6 odnože. Tritikale 8. 12. mělo 2,2, žito 2,1 a pšenice 2,3 odnože. V zimním období však odnožování pokračovalo a 3. 1. 1988 dosáhlo tritikale 3,8, žito 4,1 a pšenice 4,2 odnože.

Podzim roku 1988 byl výjimečný intenzivním odnožováním již před nástupem zimy a během zimy. Počet odnoží 17. 11. byl u tritikale 3,7, u žita 4,5

1. Počet odnoží na jedné rostlině v roce 1986 - 1987 (průměr variant) - Number of tillers per plant in the year 1986 - 1987 (average for variants)

Vysvětlivky k obr. 1 až 3 - Explanations to Figs 1 to 3

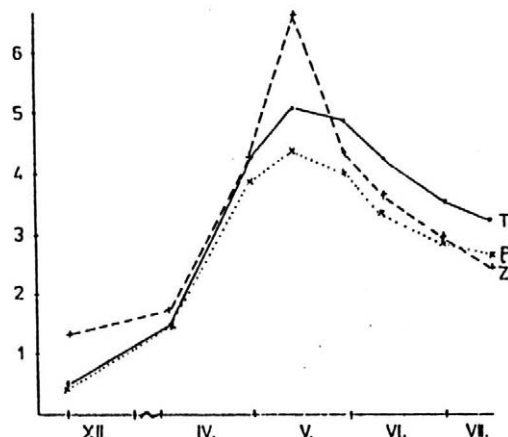
osa x - měsíce - x axis - months

osa y - počet odnoží - y axis - number of tillers

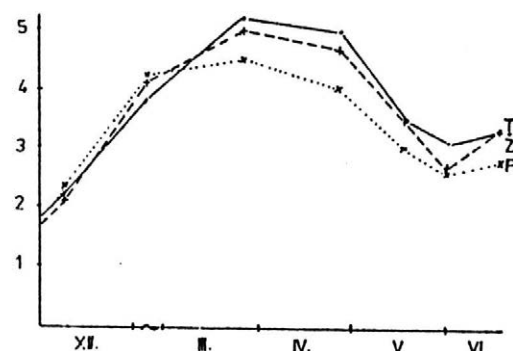
T - tritikale - triticales

P - pšenice - wheat

Ž - žito - rye



2. Počet odnoží na jedné rostlině v roce 1987 - 1988 (průměr variant) - Number of tillers per plant in the year 1987 - 1988 (average for variants)



a u pšenice 2,3. V lednu 1989 dosáhlo tritikale 5,1, žito 4,9 a pšenice 3,4 odnože. Teploty byly kromě prosince nadnormální a srážky většinou podnormální.

V podzimním období většinou více odnožovalo ozimé žito, v některých případech tritikale, které mělo počáteční rychlost odnožování podobnou žitu a převyšovalo pšenici. Odrůdové rozdíly u tritikale se v podzimním období tolik neprojevovaly. Poněkud více odnoží tvořila odrůda Lasko (1987), dále odrůda Grado.

Jarní průběh odnožování byl závislý na době obnovení jarní vegetace. V roce 1987 byl průběh teplot podnormální, takže odnožování probíhalo až v dubnu a vrcholilo téměř v polovině května (12. 5.). Nejvíce odnoží na jedné rostlině vytvořilo žito (7,0), dále tritikale (5,1) a nejméně ozimá pšenice (4,4). U ozimého žita však po dosažení maximálního počtu odnoží nastala jejich silná redukce (obr. 1).

I. Přehled variant pokusů v letech 1986 až 1989 - A survey of variants of trials carried out in the years 1986 to 1989

Variant ¹	Podzimní aplikace ² RR	Regenerační hnojení ³ N		Jarní aplikace ⁴ RR	Produkční hnojení ⁵ N	Druhá aplikace ⁶ RR	Pozdní hnojení ⁷ N
1986 - 1987		R ₁ 9. 4. LAV	R ₂ 28. 4. DAM	Retacel 28. 4.	DAM 15. 5.	CCC 15. 5.	LV 9. 6.
1	nerealizována	60 kg	0	0	30 kg	0	0
2	pro malou	60 kg	0	3 l	30 kg	2 l	30 kg
3	růstovou	30 kg	30 kg	0	30 kg	2 l	30 kg
4	pokročilost	30 kg	30 kg	3 l	30 kg	2 l	30 kg
5	rostlin na podzim ⁸	30 kg	30 kg	3 l	30 kg	0	0
1987 - 1988	17. 11.	14. 4. LAV	-	18. 4.	18. 5. DAM		23. 5. - 3. 6. LV ⁺
1	Cultar 3 l	60 kg	-	0	30 kg	-	0
2	0	60 kg	-	Parley C 3 l	30 kg	-	0
3	0	60 kg	-	Retacel 3 l	30 kg	-	0
4	0	60 kg	-	Retacel 3 l	30 kg	-	30 kg
5	0	60 kg	-	Parley C	30 kg	-	30 kg
1988 - 1989	18. 10.	17. 3. LAV	7. 4. DAM	7. 4.	27. 4. DAM		25. 5. - 9. 6. LV ⁺
1	Parley C 2 l	60 kg	0	0	30 kg		0
2	Retacel 2 l	60 kg	0	0	30 kg		30 kg
3	0	30 kg	30 kg	0	30 kg		30 kg
4	0	30 kg	30 kg	Retacel 3 l	30 kg		30 kg
5	0	30 kg	30 kg	Parley C 3 l	30 kg		0

+ Podle doby metání u jednotlivých druhů⁹RR - růstový regulátor¹⁰¹variant, ²autumn application, ³regeneration fertilizing, ⁴spring application, ⁵production fertilizing, ⁶second application, ⁷late application, ⁸none due to small development of plants in autumn, ⁹according to the time of heading in different species, ¹⁰growth regulator

II. Charakteristika počasí v dlouhodobém průměru 1901 až 1950 a v pokusných letech 1986 až 1989 - Weather characteristics in long-time average in the period 1901 and 1950 and in the experimental years persisting from 1986 to 1989

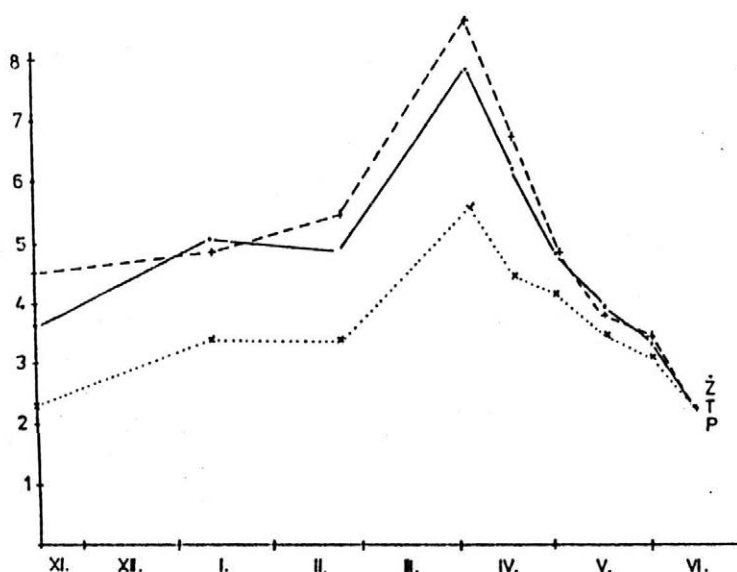
Měsíc ¹	Dlouhodobý průměr ²		Průměrná denní teplota vzduchu ⁵ (°C)				Úhrn srážek ⁶ (mm)			
	teploty ³ (°C)	srážky ⁴ (mm)	1986	1987	1988	1989	1986	1987	1988	1989
1.	-2,7	27,0	1,9	-6,0	-3,1	0,2	23,7	37,3	28,3	13,0
2.	-1,7	26,0	-5,6	-0,2	-2,7	2,4	18,9	38,3	21,6	17,0
3.	2,2	30,0	0,5	0,0	3,2	6,0	21,7	22,3	31,4	26,2
4.	6,6	43,0	1,0	7,1	10,1	8,0	24,3	24,2	7,6	49,3
5.	11,8	60,0	16,9	12,2	16,3	13,0	93,9	69,1	45,1	36,0
6.	14,8	68,0	16,2	16,3	17,1	15,2	22,7	66,9	95,7	47,0
7.	16,5	76,0	19,0	19,4	16,0	17,7	34,3	101,4	94,5	80,2
8.	15,7	68,0	18,5	17,0	15,2	17,2	135,9	82,4	50,9	27,4
9.	12,2	46,0	13,3	16,2	10,5	14,1	15,9	92,0	33,0	55,0
10.	7,0	39,0	10,2	10,1	5,7	9,2	20,9	12,1	15,1	20,6
11.	1,8	34,0	1,2	5,5	2,1	0,6	12,7	22,0	33,0	22,8
12.	1,5	32,0	-1,9	2,4	-0,9	1,3	30,2	35,8	18,4	29,0
Úhrn ⁷ 1. - 12. (průměr ⁸)	6,9	549,0	7,6	8,3	7,4	8,5	455,1	597,3	474,7	423,7
Úhrn 4. - 11. (průměr)	12,9	361,0	13,6	14,0	12,9	14,2	323,6	399,7	334,4	295,1

¹month, ²long-time average, ³temperatures, ⁴precipitation, ⁵average daily temperature of air, ⁶sum of precipitation, ⁷sum, ⁸average

Přesnější charakteristiku odnožování sledovaných druhů a odrůd můžeme vyjádřit tzv. odnožovacím potenciálem (OP), který byl za období 9. 12. 1986 až 2. 4. 1987 nejvyšší u žita (145,2), u tritikale v průměru odrůd 64,3 a u pšenice 89,0; v dubnu dosáhl u žita hodnoty 100,1, u tritikale 70,0 a u pšenice 94,2. V květnu (28. 4. až 28. 5.) dosáhl odnožovací potenciál hodnoty u žita 137,7, u tritikale 124,0 a u pšenice jen 110,6. V dalších obdobích již tritikale převýšilo jak pšenici, tak žito.

Vegetační rok 1987/1988 se vyznačoval intenzivním odnožováním nejen na podzim, ale během zimních a předjarních měsíců (obr. 2), např. od 8. 12. 1987 do 3. 1. 1988 přibýlo u tritikale 1,6 odnože na jedné rostlině, u žita 2,0 odnože, u pšenice 1,9 odnože. V tomto roce vyvrcholilo odnožování 25. 3., což je opravdu výjimečný případ. Tritikale dosáhlo maximálně 5,2 odnoží, žito 5,0 a pšenice 4,5 odnože na jedné průměrné rostlině. V dubnu, který byl mimořádně suchý (napršelo jen 7,6 mm, tj. 17,7 % dlouhodobého průměru), došlo již k redukci počtu odnoží, který se však od poloviny května stabilizoval a udržel do poloviny června.

V roce 1988/1989 byly ještě příznivější podmínky pro podzimní a zimní odnožování (obr. 3). Od 17. 11. 1988 do 12. 1. 1989 přibýlo u odrůd tritikale 1,4 odnože, u žita 6,4, u pšenice 1,1 odnože. Nejintenzivnější odnožování



3. Počet odnoží na jedné rostlině v roce 1988-1989 (průměr variant) - Number of tillers per plant in the year 1988-1989 (average for variants)

bylo v březnu a maximálního počtu odnoží bylo dosaženo již 4. 4. 1989. Při měření 18. 4. bylo již patrné odumírání odnoží, které pokračovalo až do poloviny května. Počet odnoží v polovině června byl nejnižší ze všech pokusných ročníků. Příčinu nemůžeme spatřovat v nedostatku srážek, spíše ve vyšších teplotách, které urychlovaly vývoj, zejména hlavního stébla. V tomto roce se potvrdilo i podle odnožovacího potenciálu, že ozimé žito má rychlejší nástup odnožování. Triticale se mu v tomto směru přibližuje více než pšenici, která má prokazatelně pomalejší průběh odnožování. I v zimních a předjarních podmínkách je žito i triticale schopno tvořit odnože více než ozimá pšenice (než sledované odrůdy). Mezi odrůdami tritikale i v tomto roce vynikla odrůda Lasko, dále Largo, zejména na počátku vegetace. Na jaře více odnožovala odrůda Grado (tab. III).

Sledovali jsme též celkový počet stébel na 1 m^2 (tab. IV), počet silných a slabých odnoží. V období maximální tvorby odnoží 28. 4. až 12. 5. 1987 se při normální hustotě porostu založilo 1980 až 2405 stébel u ozimého žita, 1699 až 1872 u tritikale a 1404 až 1663 u ozimé pšenice. Od této doby odnože odumíraly, takže 15. 6. bylo na 1 m^2 zjištěno 607 vymetaných klasů u tritikale, 702 u ozimého žita a 684 u ozimé pšenice.

Podíl plodných stébel činil u tritikale z maximálního počtu založených stébel 32,4 %, z celkového počtu stébel 10. 6. 39,9 %; u ozimého žita z maximálního počtu založených stébel 29,2 %, z celkového počtu stébel 10. 6. 58,9 %; u ozimé pšenice z maximálního počtu založených stébel 41,1 %, z celkového počtu stébel 10. 6. 61,4 %. Nejméně plodných stébel vytvořilo žito, nejvíce ozimá pšenice.

V dalším pokusném roce, kdy byly porosty řídké, se založilo k 23. 3. 1988 maximálně 968 stébel u tritikale, 940 u ozimého žita a 936 u ozimé pšenice. Počet plodných stébel činil z maximálně založeného počtu 49,0 % u tritikale, 50 % u ozimého žita a 50,2 % u ozimé pšenice. V tomto roce byl jak celkový počet stébel, tak počet plodných stébel poměrně vyrovnaný.

V posledním pokusném roce se u tritikale založilo maximálně 1363 stébel na 1 m^2 , plodných bylo 464, což je 34 %, u ozimého žita se založilo maximálně 1650 stébel, z toho plodných bylo 441, což je jen 26,7 %, u pšenice se založilo 1033 stébel a plodných bylo průměrně ze všech variant 451, což je 43,6 %.

Při posuzování vlivu různého dusíkatého hnojení se prokázalo, že odnožovací potenciál byl vyšší při rozdělené jarní dávce dusíkatých hnojiv než při jednorázové dávce 60 kg.ha^{-1} . Pozitivně působila kombinace dělené dávky dusíku a postřiku přípravkem Retacel. Také podzimní aplikace přípravku Cultar v roce 1987 v dávce 3 l.ha^{-1} působila na zvýšené jarní odnožování u všech druhů a odrůd.

III. Odnožování jednotlivých odrůd tritikale (počet odnoží na jedné průměrné rostlině - průměr všech variant) - Tillering of different triticales varieties (number of tillers per one average plant - average for all variants)

1987 - 1988	8. 12.	3. 1.	25. 3.	27. 4.	17. 5.	1. 6.	16. 6.		
Dagro	1,7	3,2	4,8	5,1	3,0	3,1	3,3		
Grado	2,2	4,4	5,6	4,7	3,5	2,8	3,4		
Largo	2,3	3,5	4,6	4,9	3,6	2,8	3,4		
Lasko	2,7	4,2	6,0	4,6	3,8	2,8	3,2		
1988 - 1989	17. 11.	12. 1.	22. 2.	4. 4.	18. 4.	2. 5.	17. 5.	31. 5.	13. 6.
Dagro	4,0	5,1	5,0	7,1	6,6	4,9	3,8	3,3	2,4
Grado	3,3	5,1	4,65	8,6	6,3	4,9	3,7	3,4	2,2
Largo	4,1	5,1	5,3	5,2	6,2	4,8	4,4	3,3	2,4
Lasko	3,8	5,1	5,0	7,6	6,1	5,1	3,8	3,7	2,4

IV. Počet stébel tritikale, ozimého žita a ozimé pšenice na 1 m² porostu v letech 1986 až 1989 (průměr všech variant a odrůd) - The number of triticale stems, of winter rye and winter wheat per 1 m² of stand in the years 1986 to 1989 (average for all variants and varieties)

1986 - 1987	9. 12.	2. 4.	28. 4.	12. 5.	28. 5.	10. 6.	29. 6.	17. 7.	Počet ⁴ plodných stébel ⁵ (k 15. 6. na 1 m ²)	Podíl ⁷ plodných stébel ⁵ (%)
Tritikale ¹	203	540	1692	1872	1796	1519	1314	1216	607	39,9
Ozimé žito ²	468	792	1980	2405	1584	1192	1242	915	702	58,9
Ozimá pšenice ³	252	630	1404	1663	1476	1113	1054	958	684	61,4
1987 - 1988	17. 11.	8. 12.	3. 1.	23. 3.	27. 4.	17. 5.	1. 6.	16. 6.	Počet ⁴ klasů ⁶ (plodných stébel k 15. 6. na 1 m ²)	Podíl ⁷ plodných stébel ⁵ (%)
Tritikale	216	415	623	908	813	588	467	553	445	80,5
Ozimé žito	188	394	771	940	883	658	507	620	470	75,8
Ozimá pšenice	108	414	936	810	720	540	468	504	470	93,2
1988 - 1989	17. 11.	2. 1.	22. 2.	4. 4.	18. 4.	17. 5.	31. 5			
Tritikale	659	888	865	1363	1095	682	597		464	34,0
Ozimé žito	855	930	1033	1650	1281	694	624		441	26,7
Ozimá pšenice	423	828	820	1033	824	653	588		451	43,6

¹tritikale, ²winter rye, ³winter wheat, ⁴number, ⁵of fertile stems, ⁶of spikes, ⁷rate

V roce 1988/1989 se opět pozitivně projevil podzimní postřik regulátorů růstu (Parley i Retacel) a dělené jarní (regenerační) hnojení dusíkem. Vliv hnojení však nebyl v tomto roce tak velký jako v předcházejících letech. Také jarní aplikace regulátoru růstu v dubnu podpořila odnožování. V celkovém hodnocení se zdá vliv přípravku Retacel větší než přípravku Parley, který nebyl pro obilniny v ČSFR povolen.

Na omezení redukce počtu odnoží mělo dobrý vliv dělené hnojení dusíkem a postřik regulátory na podzim i na jaře (nejlépe obojí postřik). Tím se potvrzuje vliv regulátoru na synchronní odnožování obilnin.

V průběhu vegetace 1986/1987 činil podíl silných odnoží od 55 do téměř 65 %, podíl slabých odnoží 35 až 45 %. Ve druhém pokusném roce, kdy byly porosty řídké, byl do konce dubna u všech druhů a odrůd vysoký podíl silných odnoží (60 až 80 %). Po suchém dubnu došlo k dodatečnému odnožování, a tím stoupl podíl slabých odnoží, který v polovině června přesáhl 50 %. Měřili jsme též asimilační plochu těchto pozdních odnoží (P e t r , H r a d e c k á , 1990), která dosáhla u tritikale 2,5 až 4,2 % z celkové asimilační plochy. U ozimého žita to bylo 3,4 až 7,2 %, u pšenice 2,9 až 3,9 %.

Rozdíly v podílu silných a slabých odnoží nebyly mezi druhy i odrůdami velké, jen u ozimé pšenice byla jistá tendence k vyššímu podílu silných stébel v porostu.

DISKUSE

Průběh odnožování v jednotlivých letech byl v různém stupni ovlivněn počasím a hustotou porostu. Potvrdily se naše dřívější poznatky (P e t r a kol., 1987), že s vyšší teplotou na podzim a časně na jaře se zvyšuje počet odnoží. V zimním období se ukázalo, že rostliny mohou odnožovat při teplotách 3 až 5 °C, pokud již byl založen odnožovací uzel. Předpokládáme ovšem spolupůsobení krátkého dne. Za dlouhého dne a vyšších teplot je odnožování menší, protože není potlačena apikální dominance hlavního stébla (ročník 1989).

Tritikale se v počáteční intenzitě odnožování blíží žitu, které obvykle vytvoří na podzim, ale i v zimě a předjaří nejvíc odnoží. Také v autoregulační schopnosti hustoty porostu se tritikale blíží spíše žitu než ozimé pšenici. To je významná vlastnost, protože, jak jsme zjistili dříve (P e t r a kol., 1984), má ozimé žito největší autoregulační schopnost ze všech ozimých obilnin.

Odrůdové rozdíly v odnožování u sledovaných odrůd Dagro, Grado, Largo, Lasko nebyly velké (ani ve stupni redukce počtu odnoží). To potvrzuje i Ž a j o v á (1989). Zřejmě proto, že jsou si geneticky poměrně blízké (P i e c h , 1988).

Znovu je třeba zdůraznit, že dva pokusné ročníky 1987/1988 a 1988/1989 byly výjimečné, neboť rostliny odnožovaly na podzim, během zimy a v předjaří. Odnožování vrcholilo v uvedených letech podstatně dříve, než jsme např. u žita a pšenice zjistili v předcházejících pokusech (P e t r a kol., 1977, 1984).

Zjištěné hodnoty redukce počtu odnoží jsou podle let různé, ale u ozimého žita i pšenice jsou přibližně ve stejných rozmezích, které jsme zjistili ve výše citovaných pracích. Máme možnost posoudit počty stébel na 1 m² ve vztahu k počtu klasů a výnosu:

		1987	1988	1989
Maximální počet založených stébel na 1 m ²	tritikale	1872	908	1363
	žito	2405	940	1650
	pšenice	1663	936	1033
Počet klasů na 1 m ²	tritikale	607	445	464
	žito	702	470	441
	pšenice	684	470	451
Výnos v t na 1 ha	tritikale	3,50	5,70	4,40
	žito	5,65	6,35	4,82
	pšenice	4,85	5,03	4,88

Podle výsledků tříletých pokusů lze soudit, že hodnocení porostů tritikale by mělo být vedeno na dvou úrovních hustot porostů tak, jak jsme to navrhli u žita (P e t r a kol., 1984): jednak pro porosty hustší, u kterých by měl maximální počet stébel na 1 m² dosahovat 1500 stébel, u řidších porostů by měl být počet stébel 800 až 1000 na 1 m².

Z dosavadních praktických zkušeností se zdá, že větší jistotu vyššího výnosu tritikale lze očekávat u porostů středních až řídkých než u porostů hustých (P i e c h , S t a n k o w s k i , 1986).

Potvrdilo se i u tritikale, že podzimní a časně jarní aplikace regulátorů růstu, zejména Retacelu, podporuje odnožování. Největšího efektu v odnožování bylo dosaženo při současném působení dusíkatého hnojení. Při časném zahájení jarních prací je výhodnější rozdělení jarního regeneračního přihnojení na dvě dávky (P e t r a kol., 1987).

Literatura

- DZIAMBBA, D.: Zmienność plonowania i elementów struktury plonu żyta, pszenicy i pszenżyta pod wpływem struktury wybranych elementów agrotechniki. [Autoref. disertace.] Lublin, VSR 1983, 43 s.
- KŘEN, J. - SOUČEK, A.: Jak posuzovat strukturu porostu pšenice. Úroda. 1990a, č. 1, s. 13-15.
- KŘEN, J. - SOUČEK, A.: Možnosti využití analýz struktury porostu pšenice. Úroda, 1990b, č. 2, s. 57-59.
- PETR, J. - HRADECKÁ, D.: Vývoj a struktura asimilačního aparátu u tritikale. Rostl. Výr., 36, 1990, č. 9, s. 927-936.
- PETR, J. - HRADECKÁ, D. - HODAN, V. - BUBNOVÁ, J.: Tvorba a redukce odnoží a jejich podíl na výnosu u ozimého žita. Rostl. Výr., 30, 1984, č. 6, s. 579-589.
- PETR, J. - PÁTÝ, F. - MYŠÁK, J.: Tvorba a redukce odnoží a jejich podíl na výnosu ozimé pšenice. Rostl. Výr., 23, 1977, č. 10, s. 1081-1092.
- PETR, J. a kol.: Počasí a výnosy. Praha, SZN 1987, 368 s.
- PETR, J. a kol.: Tritikale. Editpress, Praha, VŠZ 1991, 172 s.
- PIECH, M.: Nové odrůdy tritikale a jejich nároky na půdní podmínky a výživu. In: PETR, J. (ed.) Perspektivy pěstování tritikale v ČSR, Sbor. Ref. Konf. ČSVTS Praha, VŠZ 15. 9. 1988, s. 25-29.
- PIECH, M. - STANKOWSKI, S.: The effect of sowing date and N-fertilization on yield and grain quality of two winter triticale cultivars on sandy soils. Grain yield components. Bull. Inst. hodow. Aklimat. Rosl. 1986, č. 159, s. 15-25.
- ŽAJOVÁ, A.: Analýza některých morfologických znaků produktivity novošlechtenců tritikale. Rostl. Výr., 35, 1989, č. 6, s. 883-888.

Došlo 12. 1. 1992

PETR, J. - HRADECKÁ, D. (University of Agriculture, Praha):

Formation and reduction of tillers in triticale.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 65-77.

In the years 1986 to 1989 in the conditions of sugar beet-growing region, tillering in triticale, the varieties Dagro, Grado, Largo, Lasko and Korm were studied in comparison to winter wheat Regina (in the years 1986 to 1987, Viginta and Zdar) and to winter rye Breno. At the same time, the effect of various level of nitrogen fertilizing and application of growth regulators Retacel (chlormequat), Cultar (paclobutrazol) and Parley C (paclobutrazol and chlormequat).

A survey of experiment's variants is shown in Tab. I, characteristics of weather in comparison with long-term average are in Tab. II. In 1986 triticale created 0.5 tillers on average to the beginning of winter in a plant, rye 1.3 tillers, wheat 0.4 tillers (Fig. 1). Lower level of tillering should be caused by a higher stand density.

In autumn of 1987 the stands were rare, however, in winter the tillering was on-going (Tab. III) and in 1988 the growth conditions were exceptional by the fact that the plants achieved 3.7 tillers in triticale, 4.5 tillers in rye and 2.3 tillers in wheat. Spring pattern of 1987 was dependent on the time of restoration of spring vegetation. The most tillers were formed by winter rye, the least by winter wheat. However, after reaching the

maximum in winter rye, there was a strong reduction of tillers (Fig. 1). The growing season 1987 - 1988 was marked by intensive tillering not only in autumn, but also during winter and pre-spring months (Fig. 2). The tillering reached its maximum yet on March 23 what is rare case. From the mid-May the stabilized number of tillers remained to the mid-June. In the vegetation year 1988 - 1989 the conditions for autumn tillering were even more favourable (Fig. 3) and the maximum number of tillers was achieved on April 4, 1980. By the end of the second April decade tillers started to die intensively, this continued to the mid-May. The number of tillers in June was the lowest of all experimental years. This may be caused rather by higher daily temperatures accelerating the development, in particular of main stem. The onset of tillering is faster in rye, triticale is in this case more close than wheat with slower course of tillering. It can be seen from Tab. III that the Grado variety produced most tillers in spring.

Over the three years' period the reduction of tillers ranged in triticale from 40 to 52 %, in rye from 46 to 62 %, and in winter wheat from 37 to 42 %. The productive tillering was varying over the years and the share of fertile tillers in triticale was 32 % in triticale, in the second year 49 % and 34 % in the third year. This was 29.2 %, 50.0 % and 26.7 % in triticale. The share of fertile tillers was in wheat in the first year 41.1 %, in following 50.2 % and 43.6 % in the third year.

For denser triticale stands there should be 1,500 all culms per 1 m² (fertile and sterile as well), for thin stands 900 to 1,000 of all culms is enough. Optimum number of ears should range from 400 to 480 ears per 1 m². More certain higher yields in triticale can be predicted rather in medium and thin stands than in dense stands.

In evaluating nitrogen dressing, the combination of split nitrogen rate, spraying with CCC and autumn application of CCC, applied at rate 3 l per 1 ha, were of positive effects for higher tillering in the spring. In 1989 autumn spraying with growth regulators was also positive. The differences in the proportion of strong and weak tillers among species and varieties were not high, except for wheat where was a tendency for higher number of strong culms represented in the stand.

The pattern of tillering was in the different years affected on the different level by weather and stand densities; with higher temperature in autumn, the number of tillers was increasing. It was manifested that during winter at temperatures about 3 to 5 °C the plants may tiller provided that tillering node is developed too. Tillering is stimulated by a short day suppressing the apical dominance of a main stem. At the beginning of tillering triticale is close to rye and also autoregulatory abilities is rather close to rye than to wheat. Varietal differences were not too apparent but the experimental period was somewhat exceptional for its character of winter, this reflected also in the stand development. As follows from the results obtained over the three-year experiments, the evaluation of triticale should be conducted on two levels of the stand density. Other treatment methods are to be applied in each stand density and fertilizing, as well.

Kontaktní adresa:

Prof. ing. Jiří P e t r , DrSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6-Suchbát

INZERCE

Redakce časopisu nabízí tuzemským i zahraničním firmám možnost inzerce na stránkách časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA. Prostřednictvím inzerátů uveřejňovaných v našem časopise budou o Vašich výrobcích informováni pracovníci z výzkumu a provozu u nás i v zahraničí.

Bližší informace získáte na adrese:

Redakce časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA
k rukám RNDr. E. Stříbné
Ústav zemědělských a potravinářských informací
Slezská 7
120 56 P r a h a 2

ZÁVISLOSŤ CHARAKTERISTÍK VODNÉHO REŽIMU PORASTU SÓJE OD PÔDNEJ VHLKOSTI

M. Vašková

Výskumný ústav závlahového hospodárstva, Bratislava

Pomocou matematického modelu sa posúdil vzťah medzi pôdnou vlhkosťou a charakteristikami vodného režimu (prieduchovou rezistenciou, vodným potenciálom listov, transpiráciou a pomerom medzi aktuálnou a potenciálnou transpiráciou). Cieľom práce bolo spresniť hodnoty pôdnej vlhkosti pre určenie termínu zavlažovania sóje. Hodnota vodného potenciálu listu, pri ktorej si porast vyžaduje dodanie závlahy, je $-0,9$ MPa. Kritická hodnota vodného potenciálu listov, kedy prieduchová rezistencia neohraničene rastie, je $-2,3$ MPa.

Sója pochádza z juhovýchodnej Ázie a u nás je severný okraj jej areálu. Z toho vyplývajú určité špecifiká a ekonomická rizikovosť pri pestovaní sóje v našich agroklimatických podmienkach. Jedným z činiteľov, ktorý významne limituje úrodu sóje v podmienkach ČSFR, je sucho. Doplnková závlaha v suchom vegetačnom období má preto svoje opodstatnenie. Produkcia biomasy je priamo ovplyvnená vnútorným vodným režimom rastliny a len nepriamo charakteristikami prostredia. Pri určení termínu zavlažovania musíme preto vychádzať zo samotnej rastliny. Cieľom práce bolo posúdiť vzťah medzi charakteristikami vodného režimu sóje a pôdnou vlhkosťou.

MATERIÁL A METÓDA

Modelovou plodinou bola sója fazuľová [*Glycine max* (L.) Merr.]. Pokus bol založený na pozemku Výskumnej stanice v Moste pri Bratislave ($48^{\circ} 08'$ z. š., 17° z. d., 130 m n. m.). Pôdnym typom je černozem karbonátová. Ornica je hlinitá s obsahom ílovitých častíc 35 až 40 %. Hladina podzemnej vody je 6 m a hlbšie.

Z meteorologického hľadiska bolo vegetačné obdobie v roku 1986 teplotne normálne, zrážkovo suché až veľmi suché. V roku 1987 z hľadiska teploty vzduchu boli mesiace apríl, jún a júl normálne, máj a august studený. Zrážkovo bolo vegetačné obdobie normálne. V roku 1988 apríl, jún, august a september boli teplotne normálne, máj a júl veľmi teplé. Podľa zrážkových

normálov boli mesiace august a september vlhké, máj veľmi suchý a apríl s júlom mimoriadne suché.

Z charakteristík vodného režimu rastlín sa sledoval vodný potenciál listov (o 8. h SEČ) tlakovou metódou podľa Scholandra, v rovnakom čase sa merala aj prieduchová rezistencia difúznym pórometrom a osmotický potenciál kryoskopicky. Merania sa robili na zavlažovanom a nezavlažovanom poraste sóje. Zavlažovalo sa, keď hodnota vodného potenciálu dosiahla hodnotu $-1,0$ MPa. Pôdna vlhkosť sa merala gravimetricky po 10 cm do hĺbky 80 cm. Meteorologické údaje sa získali zo stanice umiestnenej priamo na výskumnej ploche, ktoré sa uskutočnili v čase merania charakteristík vodného režimu rastlín.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vodný deficit sme vyjadrili štyrmi charakteristikami: (1) vodným potenciálom, (2) prieduchovou rezistenciou, (3) transpiráciou a (4) pomerom medzi aktuálnou a potenciálnou transpiráciou.

Snaha po kvantifikácii zložitých vzťahov v systéme pôda - porast - atmosféra nás priviedla k riešeniu pomocou matematického modelu vodného režimu skúmanej plodiny. Východiskovou bázou bol matematický model transpirácie a fotosyntézy rastlín pri nedostatku vody v pôde (B i c h e l e et al., 1980). Teoretický model pre abstraktnú rastlinu modifikovali H u z u - l á k , M a t e j k a (1989a, b) na model vodného režimu porastu a ten sme potom konkretizovali pre porast sóje.

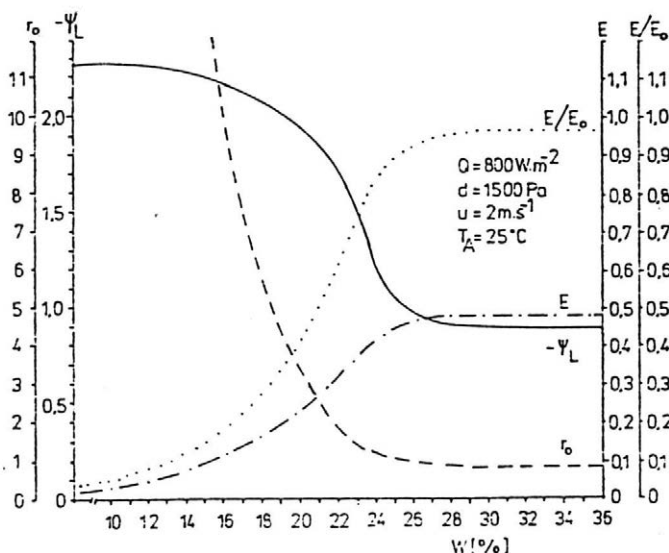
Pri snahe vyjadriť závislosť rezistencie listov sóje od parametrov okolitého prostredia sa ukázalo, že vzťah vyjadrujúci súvis medzi rezistenciou listu a jeho vodným potenciálom túto závislosť nepopisoval s uspokojivou presnosťou. Dôvodom tohto nesúladu bol fakt známy z literatúry, podľa ktorého prieduchová rezistencia listov sóje závisí okrem iných faktorov aj od vlhkosti vzduchu. Táto vlastnosť prieduchového aparátu sa potvrdila aj v našom prípade. Preto vzťah vyjadrujúci súvis medzi rezistenciou listu a jeho vodným potenciálom sme doplnili výrazom, ktorý vyjadruje závislosť od systónného doplnku.

Vlastný model vodného režimu porastu sóje tvorí uzavretý systém troch nelineárnych algebraických rovníc, v ktorom ako neznáme veličiny vystupujú vodný potenciál listu, prieduchová rezistencia a transpirácia. Podrobnejšie konkretizáciu na porast sóje uvádza V a š k o v á (1989). Pri výpočte neznámych veličín sme použili iteračný postup, pretože uvedený systém sa nedá riešiť analyticky. Postupne sme volili rôzne hodnoty vodného potenciálu listov, pre ktoré sme počítali prieduchovú rezistenciu, transpiráciu a vodný

potenciál pôdy. Uvedený cyklus sme opakovali, kým hodnota vodného potenciálu pôdy, vypočítaná z modelu, nebola s vopred zadanou presnosťou v súlade so vstupným údajom o vodnom potenciáli pôdy.

Pri modelovom riešení vplyvu vlhkosti pôdy na charakteristiky vodného režimu sme využili vlastné experimentálne údaje z rokov 1986 až 1988. Vodný režim porastu sme modelovali v meteorologických podmienkach, ktoré zodpovedajú stavu počasia v poludňajších hodinách jasných dní. Konkrétnu situáciu sme charakterizovali typickými hodnotami meteorologických prvkov (M a t e j k a , H u r t a l o v á , 1987) na poludnie jasného letného dňa (globálne žiarenie 800 W.m^{-2} , teplota vzduchu 25°C , sýtnostný doplnok 1500 Pa a rýchlosť vetra $2,0 \text{ m.s}^{-1}$). Vzťah medzi pôdnou vlhkosťou a charakteristikami vodného režimu je graficky zobrazený na obr. 1. Ako dokumentuje graf, pôdna vlhkosť podstatne ovplyvňuje všetky skúmané parametre vodného režimu.

Vodný potenciál listov pri dostatočnej zásobe vody v pôde sa prakticky nemení v širokom intervale pôdných vlhkostí. Mierny vzostup absolútnych hodnôt vodného potenciálu začína približne pri 27 % obj. a s ďalším pokle-



1. Vplyv pôdnej vlhkosti na charakteristiky vodného režimu sóje [Ψ_L - vodný potenciál listov (-MPa), r_c - rezistencia porastu (s.cm^{-1}), E - transpirácia (mm.h^{-1}), E/E_0 - pomer aktuálnej a potenciálnej transpirácie, W - pôdna vlhkosť (% obj.)] - Soybean water regime characteristics as affected by soil humidity [Ψ_L - leaf water potential (-MPa), r_c - canopy resistance (s.cm^{-1}), E - transpiration (mm.h^{-1}), E/E_0 - actual and potential transpiration ratio, W - soil humidity (% vol.)]

som pôdnej vlhkosti dochádza k prudkému vzostupu vodného potenciálu až k hodnote pôdnej vlhkosti 17 % obj. Ďalší pokles pôdnej vlhkosti má za následok len mierne zvýšenie absolútnych hodnôt vodného potenciálu a vplyv vlhkosti pôdy na vodný potenciál sa zmiernuje. Rezistencia listov, resp. porastu sa pri vyšších vlhkostiach udržiava na rovnakej úrovni. Hraničnou hodnotou je pôdna vlhkosť okolo 24 % obj. S ďalším znížením pôdnej vlhkosti rezistencia výrazne stúpa a od kritickej hodnoty vodného potenciálu -2,3 MPa rezistencia neohraničene rastie. S poklesom pôdnej vlhkosti pod 25 % obj. dochádza k značnému zníženiu transpirácie ako aj pomeru aktuálnej a potenciálnej transpirácie E/E_0 . Z analyzovaných charakteristík vodného deficitu najcitlivejšie reagoval na zmeny pôdnej vlhkosti vodný potenciál listov.

Porast si vyžaduje dodanie vody pri takej hodnote vodného potenciálu, resp. k tomu zodpovedajúcej hodnote pôdnej vlhkosti, pri ktorej sa začína zmenšovať pomer medzi aktuálnou a potenciálnou transpiráciou (H u z u - l á k , M a t e j k a , 1989a, b).

Ako vidieť z grafického zobrazenia (obr. 1), pri sóji k takejto situácii dochádza, keď vodný potenciál listov dosiahne hodnotu -0,9 MPa. Toto zistenie korešponduje s výsledkami z literatúry, že úroda semien sóje sa začína znižovať okolo -1,2 MPa vodného potenciálu. Z obr. 1 vyplýva aj skutočnosť, že k výraznému narastaniu prieduchovej rezistencie dochádza od -1,2 MPa vodného potenciálu. K obdobným záverom dospeli aj B r e a d y et al. (1974), T u r n e r et al. (1978) a K o w a l i k , T u r n e r (1983), ktorí uvádzajú hodnoty vodného potenciálu v rozpätí od -1,2 až do -1,6 MPa. V i l l a l o b o s - R o d r i g u e z , S h i b l e s (1985) pozorovali najrýchlejšie zníženie prieduchovej vodivosti medzi -1,2 až -1,4 MPa vodného potenciálu, čo potvrdzujú aj naše výsledky.

L i t e r a t ú r a

- BICHELE, Z. N. - MOLDAU, CH. A. - ROSS, K.: Matematicke modelirovanie transpiracii i fotosinteza rastenij pri nedostatke počvennoj vlagi. Leningrad, Gidrometeoizdat 1980.
- BREADY, R. A. - STONE, L. R. - NICKELL, C. D. - POWERS, W. L.: Water conservation through proper timing of soybean irrigation. J. Soil Consrv., 29, 1974, s. 266.
- HUZULÁK, J. - MATEJKA, F.: Fyziologická indikácia termínu zavlažovania ozimnej pšenice. Rostl. Výr., 35, 1989a, č. 4, s. 347-352.
- HUZULÁK, J. - MATEJKA, F.: Matematický model vodného režimu porastu a možnosti jeho aplikácie. Meliorace, 25, 1989b, č. 2, s. 123-130.
- KOWALIK, P. J. - TURNER, N. C.: Diurnal changes in the water relations and transpiration of a soybean crop simulation during the development of water deficits. Irrig. Sci. 4, 1983, č. 4.
- TURNER, N. C. - BEGG, J. - RAWSON, H. M.: Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. III. Components of leaf water potential, leaf

conductance, CO₂ photosynthesis and adaptation to water deficits. *Austral. J. Pl. Physiol.*, 5, 1978, s. 179-194.

MATEJKA, F. - HURTALOVÁ, T.: Zvláštnosti vertikálnych profilov meteorologických prvkov nad rastlinným porastom. [Správa.] Bratislava, Geofyz. Úst. SAV 1987, s. 56.

VAŠKOVÁ, M.: Vodný režim sóje v závlahových a prirodzených podmienkach. [Kandidátska dizertácia.] Bratislava, 1989, s. 149 - Výskumný ústav závlahového hospodárstva.

VILLALOBOS-RODRIGUEZ, E. - SHIBLES, R.: Response of determinate and indeterminate tropical soybean cultivars to water stress. *Field Crop Res.*, 10, 1985, s. 269-281.

Došlo 20. 10. 1991

VAŠKOVÁ, M. (Research Institute for Irrigation Management, Bratislava):

The dependence of characteristics of water regime of soybean stand on the soil moisture.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 79-84.

Drought is one of the main factors limiting yields of soybean in the agroecological conditions of Czechoslovakia. Supplemental irrigation can therefore be justified as means for achieving economically interesting yields.

The objective of this work was to improve irrigation scheduling for soybean by evaluating the relationship between plant water regime characteristics and soil moisture.

We used a mathematical model formed by a closed system of three nonlinear algebraic equations to evaluate this relationship. There are three unknown variables in this system - leaf water potential, stomatal resistance and transpiration. In modelling the effects of soil moisture level on plant water regime characteristics, we used our experimental data from years 1986 - 1988. Among plant water regime characteristics, leaf water potential was measured, using a pressure chamber method according to Scholander (at 8.00 SEČ - local time). At the same time stomatal resistance was measured by a diffusion porometer and osmotic potential was measured cryoscopically. We used Monteith - Penman equation to calculate transpiration. The measurements were performed on soybean plants (Maple Arrow) from irrigated and nonirrigated treatments. Soil moisture was assessed gravimetrically to the depth of 80 cm at increments of 10 cm. The soil was a carbonated chernozem, a loamy soil with 35 - 40 % content of clay particles.

We modelled water regime for meteorological conditions, that correspond to weather status at midday of a bright summer day. The situation can be characterized by typical values of meteorological parameters (Matejka, Hurtalová, 1987) global radiation 800 W.m⁻², air temperature 25 °C, water vapour pressure deficit 1500 Pa and wind speed 2.0 m.s⁻¹.

The relationship between soil moisture level and plant water regime characteristics is illustrated graphically in Fig. 1. As can be seen from the figure that soil moisture substantially affects all measured characteristics of water regime.

At high soil water contents leaf water potential remains unchanged for a wide range of soil moisture values. A slight increase in absolute values of leaf water potential was observed at 27 % vol., and with further decrease in soil water content leaf water potential rises sharply until soil water content comes to 17 % vol.. Further decrease in soil water content causes only slight increase in absolute values of leaf water potential, and the effect of soil moisture on leaf water potential is less pronounced. Leaf or canopy resistance remains unchanged at high moisture levels. Soil water content of 24 % vol. is a threshold. Further decrease in soil moisture causes a rapid increase of resistance and reaching water potential of -2,3 MPa results in unlimited rise of resistance. If soil water content falls below 25 % vol., transpiration is reduced significantly, as well as the ratio of actual and potential transpiration, E/E_0 . Among the analysed characteristics of plant water deficit, leaf water potential was the most sensitive to changes in soil moisture.

Assuming that crops require water to be added at water potentials and equivalent soil water contents, which cause a decrease in actual to potential transpiration ratios (H u z u l á k , M a t e j k a , 1989), soybean should be irrigated when leaf water potential reaches the values of -0.9 MPa.

Kontaktná adresa:

RNDr. Marta V a š k o v á , CSc., Výskumný ústav závlahového hospodárstva, 825 63 Bratislava

ZMĚNY RŮSTU A OBSAHU NITRÁTŮ VOJTĚŠKY V PODMÍNKÁCH UMĚLÉHO A PŘÍROZENÉHO OSVĚTLENÍ

F. Plhák

Masarykova univerzita, přírodovědecká fakulta, Brno

Výnos nadzemních částí a obsah nitrátů v pletivu klesal během prvních tří sečí vojtěšky pěstované v pokusných nádobách se zemínou v růstové komoře při 16h světelné periodě a $120 \text{ W.m}^{-2} \text{ PAR}$. Po přidání dusíkatých hnojiv ve formě nitrátové či amonné se výnos nadzemních částí mírně zvýšil a výrazně se zvýšil obsah nitrátů u obou pokusných variant. Po přemístění pokusných rostlin do venkovních podmínek výnos nadzemních částí se výrazně zvýšil a obsah nitrátů naopak značně klesal. V obou variantách nebyl prokázán rozdíl v obsahu nitrátů.

Využití klimatizačních zařízení při šlechtění vojtěšky je omezeno odlišnou růstovou reakcí genotypů vojtěšky v umělých a přirozených podmínkách (Chloupek, Plhák, 1983). Rozdílná růstová reakce může být podmíněna rozdíly v intenzitě a kvalitě osvětlení, jakož i rozdíly ve výživných poměrech. Zde může hrát významnou úlohu zejména nedostatečná výživa dusíkem vzhledem k výrazné redukci růstu kořenů v relativně omezeném prostoru kultivačních nádob a s tím související redukce symbiotické fixace N_2 . Je prokázáno, že růst kořenů vojtěšky v přirozených půdních podmínkách je určujícím faktorem růstu nadzemních částí (Chloupek, 1983; Plhák, 1986).

Při studiu dusíkaté výživy vojtěšky jsou uvažovány tři zdroje. Bylo odhadnuto, že ve vhodných půdních podmínkách symbiotická fixace N_2 představuje asi 50 % celkové spotřeby dusíku rostlinou (Heichel et al., 1981). Druhá polovina dusíku je přijímána v minerální formě jako nitrátový či amonný dusík. Všeobecný výskyt a relativně vysoký obsah nitrátů ve vojtěšce ukazuje, že nitrátová forma dusíku je v přirozených podmínkách využívána častěji (Lee, Smith, 1972; Eskew et al., 1973; Vance, Heichel, 1981; Plhák, 1990).

MATERIÁL A METODA

Vojtěška odrůdy Palava byla pěstována v umělohmotových nádobách velikosti 60 x 30 x 8 cm naplněných kompostovou zemínou v množství 10 kg na

nádoby. Do každé nádoby bylo vyseto 100 rostlin ve 20 opakováních. Během prvních pěti sečí probíhajících od ledna do května byly pokusné rostliny umístěny v růstové komoře s umělým osvětlením s intenzitou $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ PAR, světelnou periodou 16/8 h světlo/tma, s teplotním rozdílem $25/18^\circ \text{C}$ a s 50% R/V. Světelné panely sestávaly z 2 ks sodíkových výbojek SHC 400W, 2 ks rtuťových výbojek RVLX 250 W a z 8 ks bílých zářivek 60 W. Výkon fotosynteticky aktivní radiace PAR byl stanoven přepočtem světelných jednotek každého typu zdroje stanovených luxmetrem na radiační jednotky (K u b í n , 1979). Nádoby s pokusnými rostlinami byly pod světelnými panely pravidelně přemísťovány. Vrcholy rostlin tak, jak rostliny rostly, byly stále ve stejné vzdálenosti od světelných zdrojů. Během dalších čtyř sečí uskutečněných během června až září byly pokusné rostliny umístěny venku na přirozeném světle. Bylo provedeno celkem devět sečí v časovém rozmezí cca jednoho měsíce vždy ve fázi časné butonizace.

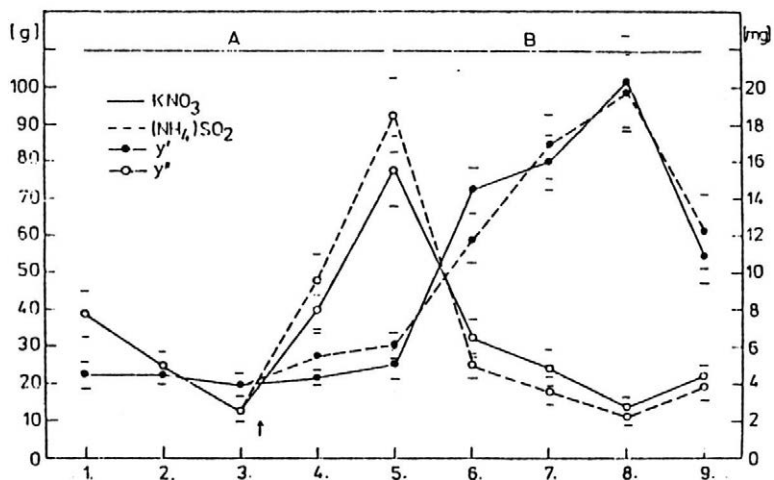
Po třetí seči byly pokusné nádoby rozděleny do dvou stejných částí po 10 nádobách. Dusíkatá hnojiva ve formě KNO_3 či $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ byla odděleně aplikována vždy k jedné z pokusných variant. Obě hnojiva byla přidána v celkovém množství 1000 mg N na nádobu, v prvním a ve třetím týdnu po seči vždy po 500 mg. Přidání hnojiv bylo podobně opakováno ve všech následujících secích s výjimkou poslední, kdy bylo realizováno jen jedno přidání (500 mg).

Výnos sušiny nadzemních částí na nádobu byl stanoven po každé seči. Dále byla stanovena koncentrace nitrátů v sušině nadzemních částí rostlin. Koncentrace nitrátů byla stanovena selektivní nitrátovou kapalnou elektrodou (Š e n k ý ř , P e t r , 1979).

Zemina použitá v pokuse byla směsí kompostu, rašeliny, ornice a písku. Směs obsahovala 5,1 mg celkového redukováného dusíku a 43,9 mg celkového oxidovatelného uhlíku na g sušiny. Celkový obsah fosforu činil 165 mg a draslíku 325 mg na kg zeminy a pH (H_2O) 7,5. Statistické hodnocení výsledků bylo provedeno výpočtem standardní deviace a analýzou variance.

VÝSLEDKY

Růst vojtěšky vyjádřený hmotností sušiny nadzemních částí na nádobu mírně klesal při kultivaci v růstové komoře od první do třetí seče. Mírné zvýšení růstu bylo patrné ve čtvrté a páté seči v obou sériích po přidání dusíkatých hnojiv. Výrazné zvýšení růstu probíhalo po přenesení pokusných rostlin z růstové komory do venkovních podmínek postupně v šesté, sedmé a osmé seči v obou pokusných sériích. V deváté seči provedené v září byl již zaznamenán pokles v produkci sušiny (obr. I).



1. Výnos sušiny nadzemních částí vojtěšky na nádobu (y') a obsah nitrátů v nadzemní části (y'') v devíti sečích během růstu v nádobách se zemínou; rostliny vojtěšky byly umístěny od první do páté seče v růstové komoře s intenzitou osvětlení $120 \text{ W.m}^{-2} \text{ PAR}$ a poté byly přeneseny do venkovních podmínek; každý druhý týden po třetí seči ($\uparrow$) byla přidávána dusíkatá hnojiva v množství 500 mg N na nádobu ve formě KNO_3 či $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; seče probíhaly každý měsíc od ledna do září - Dry matter yield of lucerne shoots per container (y') and nitrate content in shoots (y'') in nine cuts during the growth in containers with soil; lucerne plants were placed from first to fifth cut in growth chamber at $120 \text{ W.m}^{-2} \text{ PAR}$ and afterward transferred into open air conditions; nitrogen fertilizers in the form of KNO_3 or $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ were added in the amount of 500 mg N per container every other week after third cut ($\uparrow$); cuts were performed every month from January to September

osa x - seče - x axis - cuts

osa y' - hmotnost sušiny nadzemní části (g) - y' axis - shoot dry matter weight (g)

osa y'' - obsah nitrátů (mg) - y'' axis - nitrate content (mg)

A - růstová komora - growth chamber

B - venkovní podmínky - outdoor conditions

Obsah nitrátů v pletivech výrazně klesal od první do třetí seče. Naopak rychlý vzestup nastal ve čtvrté a páté seči po přidání obou dusíkatých hnojiv. Ve třech následujících sečích po přenesení rostlin do venkovních podmínek byl stanoven jejich výrazný pokles (obr. 1). Pouze v poslední seči provedené v září, kdy již došlo k snížení růstu rostlin vojtěšky, byl opět zaznamenán mírný vzestup obsahu nitrátů.

Celkový obsah dusíku v nadzemních částech dosahoval během všech sečí cca 4 %. Při nárůstu sušiny ve čtvrté a páté seči v množství 20 až 30 g na nádobu představují 4 % celkově 800 až 1200 mg dusíku. Přidaný dusík v množství 1000 mg na nádobu mohl v těchto případech krýt přibližně plnou či téměř plnou potřebu rostlin. Tato potřeba však byla zřejmě pokryta zčásti

příjmem dusíku z jiných zdrojů (z půdní zásoby či ze symbiotické fixace N_2) a jen zčásti z přidaného dusíku. Zbývající dusík rostliny přijímaly a hromadily ve formě nitrátů v množství 1 až 1,8 %. V dalších sečích, po přenesení rostlin do venkovních podmínek, kdy se produkce sušiny zvýšila na 60 až 100 g na nádobu, byl dodaný dusík téměř plně využit pro tvorbu biomasy, takže obsah NO_3^-N klesl v tkáních až na 0,4 až 0,2 %. Vliv změny světelného režimu a přidavek minerálního dusíku na produkci sušiny a obsah NO_3^-N v pletivech byl vysoce průkazný ($F = 179$ a 111).

Ze změn obsahu NO_3^-N v pletivu rostlin lze soudit, že i v případě aplikace NH_4^+N došlo k jeho rychlé nitrifikaci v zemině a příjmu vytvořeného NO_3^-N rostlinami.

DISKUSE

Výrazný rozdíl mezi růstem vojtěšky v růstové komoře a za venkovních podmínek ukázal, že v růstové komoře se uplatnily faktory limitující růst. Teplotní a vlhkostní podmínky byly v růstové komoře regulovány v optimálních hranicích a byly proto vhodnější pro růst než venkovní podmínky. Intenzita osvětlení $120 \text{ W.m}^{-2} PAR$ se uvádí jako postačující pro saturaci fotosyntézy P_N (W o l f, B l a s e r, 1972) i pro fotosyntetickou tvorbu celkových nestrukturálních sacharidů u vojtěšky (P l h á k, 1981). Při uvedené intenzitě osvětlení po dobu 12 h a spektrální skladbě světelných zdrojů použitých v růstové komoře dosahuje fotosyntetický přírůstek celkových nestrukturálních sacharidů v listech vojtěšky kolem 12 % sušiny stejně jako při expozici na slunci s průměrnou intenzitou radiace 240 W.m^{-2} (P l h á k, 1983).

Z porovnání růstu pokusných rostlin a jejich obsahu nitrátů zřetelně vyplývá závislost využití dusíkatých hnojiv na světelných poměrech. V prvních třech sečích se růst vojtěšky snižoval vlivem vyčerpání dusíku, o čemž svědčil postupný pokles obsahu nitrátů v rostlinách. Po přidání dusíkatých hnojiv došlo k výraznému zvýšení obsahu nitrátů v rostlinách a jen k mírnému zvýšení růstu. To znamená, že v podmínkách růstové komory přidaná dusíkatá hnojiva byla jen málo využita pro růst. Teprve po přenesení pokusných rostlin na přirozené světlo došlo k plnému využití přidaných dusíkatých hnojiv pro tvorbu biomasy. Snížení hladiny ostatních živin nebylo zřejmě tak výrazné, aby uvedenou reakci limitovalo.

Po fotosyntetické redukci CO_2 je redukce NO_3^-N dalším procesem vyžadujícím značnou energii. I když je účast chloroplastu v metabolismu dusíku prokázána, nebyl zatím podán důkaz přímé účasti thylakoidního elektronové-

ho transportu na redukci NO_3^- -N. Takový mechanismus řada autorů na základě svých výsledků předpokládá (Anderson, Done, 1977; Mifflin, 1980). I naše výsledky naznačují, že pro zvýšenou metabolizaci dusíku nestačí limit energie nasycující fotosyntetickou fixaci CO_2 . Určitý vliv rozdílné spektrální skladby světla na růstové a metabolické procesy nelze v našich pokusech rovněž zcela vyloučit.

Mezi pokusnými sériemi s NO_3^- -N a NH_4^+ -N přihnojením nebyl zaznamenán podstatnější rozdíl v obsahu nitrátů. Naše současné výsledky, jakož i výsledky uvedené v další práci (Plhák, 1993) potvrdily rychlou přeměnu redukované formy dusíku na nitráty v zemině a jejich následné čerpání rostlinami.

Literatura

- ANDERSON, J. W. - DONE, J.: Polarographic study of ammonia assimilation by isolated chloroplasts. *Pl. Physiol.*, 60, 1977, s. 504-508.
- ESKEW, D. L. - SCHRADER, L. E. - BINGHAM, E. T.: Seasonal patterns of nitrate reductase activity and nitrate concentration of two alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. *Crop Sci.*, 13, 1973, s. 594-597.
- HEICHEL, G. H. - BARNES, D. K. - VANCE, C. P.: Nitrogen fixation of alfalfa in the seeding year. *Crop Sci.*, 21, 1981, s. 330-335.
- CHLOUPEK, O.: Wurzelsystemgröße und Produktivität der Luzerne. *Z. Acker- Pfl.-Bau*, 149, 1983, s. 676-680.
- CHLOUPEK, O. - PLHÁK, F.: Pícninářská produktivnost vojtěšky v různých prostředích. *Sbor. ÚVTIZ - Genet. a Šlecht.*, 19, 1983, s. 135-140.
- KUBÍN, Š.: Vývojové světelné zdroje národního podniku Tesla Holešovice z hlediska fotosynteticky účinného záření. *Světél. Techn.*, 12, 1979, s. 6-9.
- LEE, C. T. - SMITH, D.: Influence of nitrogen fertilizer on stands, yields of herbage and protein, and nitrogenous fractions of field-grown alfalfa. *Agron. J.*, 64, 1972, s. 527-530.
- MIFLIN, B. J.: Nitrogen metabolism and amino acid biosynthesis in crop plants. In: CARLSON, P. S. (ed.): *The Biology of Crop Productivity*. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco, 1980, s. 255-296.
- PLHÁK, F.: Changes in total nonstructural saccharides content of alfalfa plants during light and dark periods. *Photosynthetica*, 15, 1981, č. 1, s. 122-128.
- PLHÁK, F.: Photosynthetic production, consumption and transport of total nonstructural saccharides in alfalfa shoots. *Photosynthetica*, 17, 1983, č. 4, s. 491-498.
- PLHÁK, F.: Some physiological relations between root and shoot in alfalfa. In: DVOŘÁK, M. - ČERNOHORSKÁ, J. (eds): *Plant and Soil; Dynamics of processes in the soil and plant nutrition*. Proc. Symp. Held Praha, 1986, s. 121-127.
- PLHÁK, F.: Obsah nitrátů ve vojtěšce ve vztahu k růstové a kořenové aktivitě. In: *Zbor. XII. ved. Semin. Pôdne prostredie ako faktor produktivity rastlín*, Smolenice, 15. - 18. 10. 1990, s. 180-183.
- PLHÁK, F.: Podíl půdní nitrifikace na znečišťování podzemních vod nitráty. *Rostl. Výr.*, 39, 1993, (v tisku).

- ŠENKÝŘ, J. - PETR, J.: Nitrátová iontově selektivní elektroda. Chem. Listy, 73, 1979, s. 1097.
- VANCE, C. P. - HEICHEL, G. H.: Nitrate assimilation during vegetative growth of alfalfa. Pl. Physiol., 68, 1981, s. 81-84.
- WOLF, D. D. - BLASER, R. E.: Growth rate and physiology of alfalfa as influenced by canopy and light. Crop Sci., 12, 1972, s. 23-26.

Došlo 19. 7. 1991

PLHÁK, F. (Masaryk University, Faculty of Sciences, Brno):

Changes of growth and nitrate content in lucerne under artificial and natural light conditions.

Rostl. Výr., 39, 1993 (1): 85-91.

Exploitation of growth chambers and glasshouses in lucerne breeding is limited by the fact that growth reactions of lucerne genotypes are not comparable in these equipments with those in the field (Chloupek, Plhák, 1983). Different growth reactions can be conditioned by different light conditions as well as by differences in nutrition connected with root and rhizobial activities limitation. Root growth is proved as determinative factor in lucerne shoot growth (Chloupek, 1983; Plhák, 1986).

Lucerne plants cv. Palava were grown in containers (60 x 36 x 8 cm) filled with soil. Experimental plants were placed during five cuts in growth chamber with artificial light of $120 \text{ W.m}^{-2} \text{ PAR}$ with 16/18 light-dark periods and with 25/18 °C temperature interval. Light panels consist of sodium discharge lamps, mercury discharge lamps and fluorescent tubes. During further four cuts performed from June to September experimental plants were placed in open air conditions. Total nine cuts were performed in the time interval about a month in early bud stage. After the third cut, KNO_3 or $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ were separately applied to one half of 20 experimental containers. The fertilizer in the amount of 1000 mg N per container was added in the first (500 mg) and in the third (500 mg) week in all following cuts. Shoot dry matter yield per container and nitrate content in plants were estimated.

The growth of lucerne shoots in growth chamber decreased moderately from first to third cut. Moderate increase was observed in fourth and fifth cuts in both experimental series after nitrogenous fertilizers application. Remarkable growth increase occurred gradually after the transfer of experimental plants into open air conditions in the sixth, seventh and eighth cuts performed in June, July and August in a very similar way in both experimental series. In the ninth cut performed in September decrease in dry matter production already followed (Fig. 1).

Nitrate content decreased markedly in lucerne plants placed in growth chamber from first to third cut. It was changed in fourth and fifth cut in both experimental series after nitrate and ammonium fertilizers addition when rapid increase of nitrate content occurred. Nitrogen added in the amount of 1000 mg per container was a sufficient dose for the growth of experimental plants and abundant N in the form of nitrate increased

in lucerne shoots up to 1 - 1.8 % of DM. In the following cuts when experimental plants were transferred in open air, the amount of N added represented only 20 - 40 % of their total use which reached 4 % in DM. Nitrate content decreased in these plants up to 0.2 - 0.4 % of DM (Fig. 1). Variability in dry matter yield as well as in nitrate content of lucerne shoots during nine cuts caused by the response of both parameters to light conditions and fertilizing were highly significant; F values reached 179 and 111, respectively. The dependence of nitrate utilization on light conditions followed clearly from the relation of lucerne growth and nitrate content. Radiation intensity of $120 \text{ W.m}^{-2} \text{ PAR}$ was established to be sufficient for P_N saturation (W o l f, B l a s e r, 1972) as well as for photosynthetic total nonstructural saccharides formation in lucerne and comparable in this respect with solar radiation of 240 W.m^{-2} average PAR (P l h á k, 1983). It means that some other photosynthetic processes connected with N-metabolisation were not saturated under light conditions used in growth chamber.

The course of nitrate changes in lucerne plants was very similar in both experimental series. It showed that lucerne plants growing in the soil containing ammonium fertilizer did not suffer from any lack of nitrate. Our present results as well as the results involved in a further paper (P l h á k, 1993) confirmed rapid transformation of reduced N into nitrate N in the soil and its following uptake by plants.

Kontaktní adresa:

Doc. RNDr. František P l h á k, CSc., Masarykova univerzita, přírodovědecká fakulta, 611 37 Brno

ADVERTISEMENT

The Editors of the journal offer to the Czech as well as foreign firms the possibility of advertising on pages of the ROSTLINNÁ VÝROBA (Plant Production) journal. Through your adverts published in our journal, the specialists both from the field of research and production will be informed about your products.

For more detailed information, please contact:

ROSTLINNÁ VÝROBA

attn. RNDr. E. Stříbrná

Ústav zemědělských a potravinářských informací

Slezská 7

120 56 P r a h a 2

REAKTIVNOST GENOTYPŮ TRAV NA DUSÍK V SEMENNÝCH GENERACÍCH

V. Míka¹, M. Tetter², V. Votava¹

¹Šlechtitelská stanice Větrov, Nadějkov

²Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, České Budějovice

Dobrou reaktivností trav na dodaný dusík se rozumí vysoká produkce biomasy nadzemní hmoty a nízká koncentrace nitrátů v ní v době sklizně. Byla hodnocena reaktivnost tří syntetických populací srhy, příslušných hybridů a výchozích klonů. Daný typ reaktivnosti se dobře přenáší na potomstvo. Pro úspěch záměrné selekce je rovněž důležité, že existuje dostatečně široká variabilita znaku a že zatím nebyly zjištěny žádné negativní geneticky podmíněné korelace s jinými cennými agronomickými vlastnostmi.

Selektivní příjem iontů, pochody translokace a utilizace živin v rostlině jsou řízeny geneticky. Postupně i u nás přibývá údajů o tom že druhová a odrůdová reaktivnost trav na dodaný dusík má dostatečnou variační šíři (Míka et al., 1985; Míka, Tetter, 1991). Ta by měla být respektována jak ve šlechtění, tak i v pěšební praxi.

Na příkladu tří syntetických populací trav, záměrně selektovaných na odlišné zhodnocování dodaného dusíku (jinak však odpovídající požadavkům na nové odrůdy), jsme v předložené práci chtěli upozornit na dědivost tohoto znaku a možnosti využití při šlechtění trav.

MATERIÁL A METODA

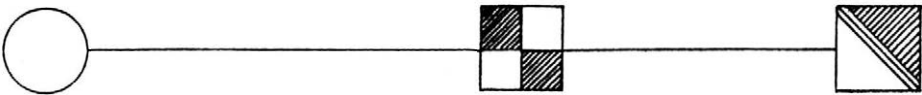
Reaktivnost na dusík byla sledována (obr. 1) u výchozích klonů srhy (1), jejich kříženců z hybridizační školky (2) a u syntetických populací (3). Od každého pokusného členu bylo hodnoceno 60 zakořeněných odnoží.

K testování reaktivnosti bylo použito metody vodních kultur (Míka, Tetter, 1991), umístěných v klimatizované komoře s řízenou teplotou 22 až 24 °C a světelným režimem 12/12 h. Do každé hydroponické vany byl zařazen kontrolní klon, špatně zhodnocující dusík (13/74) a dobře zhodnocující dusík (Milon 87).

Reaktivnost rostlin na dodaný dusík byla hodnocena bodově pětičlennou stupnicí, přičemž 5 = nejlepší reaktivnost, tj. přírůstek biomasy nadzemní

hmoty byl relativně vysoký a koncentrace nitrátů v ní nízká. Bodové hodnocení 1 znamená nejhorší reaktivnost, tj. přírůstek biomasy nadzemní hmoty byl relativně nízký a koncentrace nitrátů v ní vysoká. Hodnocení 4, 3, 2 představují odstupňovaný přechod mezi nimi, vycházející z rozpětí u dvou uvedených kontrolních klonů v kombinaci přírůstků biomasy a koncentrace nitrátů v konkrétní vsádce. Nelze pochopitelně udat kritické absolutní hodnoty pro bodové hodnocení, neboť jak produkce biomasy, tak i koncentrace nitrátů se v absolutních hodnotách v jednotlivých vsádkách u kontrolních klonů liší. Nicméně znaky dobré a špatné reaktivnosti byly u nich vždy typicky vyjádřeny a mohly tedy být použity pro relativní srovnávání. Ke statistickému vyhodnocení bylo použito Spearmanova neparametrického testu (obr. 1).

1. Bodové hodnocení reaktivnosti (5 - 1) klonů, hybridů a z nich vytvořených syntetických populací srhy říznačky - Point evaluation of reactivity (5 - 1) clones, hybrids and synthetic populations of cock's foot arisen from them

		
Klonová školka ¹	Hybridizační školka ²	Syntéza ³
$n \quad \bar{x} \pm s$	$n \quad \bar{y} \pm s$	x označení ⁴
7 $3,1 \pm 1,5$ $r_s = 0,714$ $z = 1,750$	7 $3,4 \pm 1,3$	5 VV 126/81
5 $3,0 \pm 1,2$ $r_s = 0,500$ $z = 1,000$	5 $2,6 \pm 0,9$	2 VV 141/81
8 $3,1 \pm 1,2$ $r_s = 0,881$ $z = 2,331$	8 $2,9 \pm 1,1$	4 VV 1/84

¹clonal nursery, ²hybridization nursery, ³synthesis, ⁴designation

VÝSLEDKY

Průměry bodového hodnocení reaktivnosti u klonů i z nich vzniklých hybridů v rámci tří syntetických populací jsou sice vyrovnané, avšak jednotlivé populace se liší podílem hybridů s dobrou a špatnou reaktivností:

U první populace to bylo 42,9 versus 28,6 % a z nich vzniklá syn 1 (pod šlechtitelským označením VV 126/81) vykazovala velmi dobrou relativnost na dusík.

U druhé populace (VV 141/81) byly pro syntézu použity hybridy převážně se špatnou reaktivností (podíl činil 20 vs 60%). Vytvořená syn 1 pak vykazovala špatnou reaktivnost.

U třetí populace (VV I/84) byl podíl hybridů s dobrou a špatnou reaktivností vyrovnaný (37,5 vs 37,5%) a také syn 1 vykazovala lepší střední reaktivitu.

Na základě porovnání reaktivnosti klonů a z nich vzniklých hybridů u jednotlivých populací pomocí r_s (Spearmanova koeficientu pořadové korelace) je zřejmé, že tento znak vykazuje dobrou dědivost a záměrná selekce podle něj by měla přinést pozitivní výsledek.

Klony se v bodovém hodnocení reaktivnosti nelišily od hybridů, hodnoty z byly u všech tří populací statisticky nevýznamné (obr. 1).

DISKUSE

Dobrou reaktivností na dodaný dusík se u trav rozumí schopnost vytvářet velké množství sušiny nadzemní hmoty při relativně nízké koncentraci nitrátů (Míka, Tetter, 1991), připadající na 1 kg aplikovaného dusíku při optimální dávce.

V polních pokusech se stupňovanými dávkami dusíku (Míka et al., 1985) i při testech v řízených podmínkách (Míka, Tetter, 1991) se ukázalo, že existuje dostatečně široká vnitrodruhová variabilita reaktivnosti. Jak je zřejmé z obr. 1, rovněž i dědivost je dostatečně vysoká k tomu, aby selekce podle tohoto znaku přinesla pozitivní odezvu. Konečně je třeba dodat, že jsme zatím nezjistili případ, že by dobrá reaktivnost negativně korelovala s jinou agronomicky cennou charakteristikou. Výběr na dobrou reaktivnost nebyl provázen geneticky podmíněným posunem v celkové výkonnosti, kvalitě píče či zdravotnímu stavu rostlin. Zde se však ukazuje potřeba dlouhodobějšího sledování podstatně širšího materiálu. Všechny tři jmenované podmínky zaručí selekce na vyšší reaktivnost naznačují reálnost šlechtění podle tohoto kritéria. O jeho účelnosti není pochyb.

Literatura

MÍKA, V. - ROD, J. - PELIKÁN, J. - TETTER, M. - RADEX, J.: Formulace nových postupů ve zkoušení a šlechtění pícnin. Reakce odrůd trav na dusíkaté hnojení. [Závěrečná zpráva.] Troubsko, VŠÚP 1985, 20 s.

MÍKA, V. - TETTER, M. - VOTAVA, V. (Breeding Station, Větrov, Nadějkov; South Bohemian University, Faculty of Agriculture, České Budějovice):

Reactivity of grass genotypes to nitrogen in seed generations.

Rostl. Vyr., 39, 1993 (1): 93-96.

Grass breeding for improved capacity to exploit supplied fertilizers seems to be pressing likewise in field crops. Inter-species variability of reactivity of forage grasses to nitrogen fertilizing, determined in field trials persisting several years (Míka et al., 1985) and in water cultures as well (Míka, Tetter, 1991), is wide enough in order that intentional selection for this ability was not necessarily accompanied by reduced total yield or by worsening of another valuable agronomic properties. The proposed work should like to emphasize heritability of this trait and possibilities of its utilization as a criterion of selection in grass breeding.

A good reactivity of grasses to nitrogen supplied means a high production of biomass of above-ground mass and a low concentration of nitrates in it during harvest, falling to 1 kg of nitrogen applied at optimum rate. The reactivity was assessed in three synthetic populations, in initial clones and hybrids arisen from them (Fig. 1). Testing was conducted through the method of water cultures (Míka, Tetter, 1991), that is by evaluating the reactivity in 60 rooted tillers from each experimental individual placed in air-conditioned chamber with controlled temperature 22 to 24 °C and light pattern 12/12 hours.

Based on the comparisons of reactivity of clones and hybrids arisen from them in different populations (Fig. 1), it is evident that this trait manifests a good heritability. Provided that hybrids of prevalingly above-average reactivity were used for creation of synthetic population, the population showed a very good reactivity to nitrogen (as in the case of VV 126/81). As far as the hybrids with prevalingly bad reactivity for synthesis were used, formed syn 1 showed then a bad reactivity (as in the case of VV 141/81). If the share of hybrids with above-average and below-average reactivities was well-balanced, syn 1 also showed only slight above-average reactivity (as in the case of VV 1/84).

Clones were not much different in point evaluation of reactivity from the hybrids arisen from them (Fig. 1). The heritability according to this trait seems to be sufficiently high that the selection after it should bring a positive result.

In conclusion, it is to be said, that until now we found out no significant genetically conditioned negative relations between reactivity and other valuable agronomic properties of plant. However, there is a need of long-time observations on much wider material.

Kontaktní adresa:

Ing. Václav Míka, DrSc., Šlechtitelský ústav pícninářský, Šlechtitelská stanice Větrov, 398 52 Nadějkov

OBSAH - CONTENTS

M a c h á č e k V.: Využití sorpčně-desorpčních přímek pro charakterizaci fosforu v hlavních typech půd ČR - Utilization of sorption-desorption lines for characterization of phosphorus in major types of soils of the Czech Republic.	1
H o r á č e k J.: Změny ukazatelů fosfátového režimu při změně chemismu humusového horizontu hnědé půdy - Changes of indicators of phosphate regime during the change in chemism of humus horizon in Luvisol.	13
V o p ě n k a L.: Vliv dlouhodobého hnojení na kinetické ukazatele výměny kationtů - The effect of long-time fertilizing on kinetic indicators of cation exchange.	23
Ř í m o v s k ý K., S v ě r á k o v á J.: Potenciální zaplevelení půdy při hnojení kejdou prasat - Potential weed infestation of the soil at pig manuring.	31
K o v a č e v i ć V., B e r t i ć B., G r g i ć D.: Response of maize, barley, wheat and soybean to liming on acid soils - Reakce kukuřice, ječmene, pšenice a sóje na vápnění kyselých půd.	41
O n d r u c h Z.: Účinek morforegulátorů proti poléhání u dvou- a šestiřádkového ozimého ječmene - The effect of morphoregulators against lodging in two- and six-row winter barley.	53
P e t r J., H r a d e c k á D.: Tvorba a redukce odnoží u tritikale - Formation and reduction of tillers in triticales.	65
V a š k o v á M.: Závislost charakteristik vodného režimu porastu sóje od půdní vlhkosti - The dependence of characteristics of water regime of soybean stand on the soil moisture.	79
P l h á k F.: Změny růstu a obsahu nitrátů vojtěšky v podmínkách umělého a přirozeného osvětlení - Changes of growth and nitrate content in lucerne under artificial and natural light conditions.	85
M í k a V., T e t t e r M., V o t a v a V.: Reaktivnost genotypů trav na dusík v semenných generacích - Reactivity of grass genotypes to nitrogen in seed generations. .	93

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA ● Vydává Česká akademie zemědělských věd a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied - Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Vychází měsíčně ● Redaktorka: RNDr. Eva Stříbná ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/257541 ● Sazba: Studio DOMINO - ing. Jakub Černý, Popovice 144, 267 01 Králův Dvůr, tel.: 0311/22959 ● Tisk: OSTRAVSKÉ TISKÁRNY, Novinářská 7, 709 70 Ostrava 1 ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1993

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, doručovatel tisku a Administrace centralizovaného tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6.