

ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

356508

02/ias 03436
NC 6863

ROSTLINNÁ VÝROBA

NÁRODNÍ KNĚHOVNA



1000697511

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

1

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

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

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

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

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

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

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

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

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

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

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

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

MOŽNOSTI ODHADU KONCENTRACE DRASLÍKU V PŮDNÍM ROZTOKU Z PŮDNÍHO TESTU MEHLICH 2 A KVK-UF

POSSIBILITIES OF POTASSIUM CONCENTRATE ESTIMATE IN SOIL SOLUTION FROM THE SOIL TEST MEHLICH 2 AND KVK-UF

J. Matula, A. Hrozinková, M. Pechová

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

ABSTRACT: Relationships between potassium content in soil determined by two soil tests (Mehlich 2 and KVK-UF) and potassium concentration in simulated soil solution obtained from centrifugation from saturated soil paste by water were studied in a set of 380 soil samples acquired from the topsoil of plots of distinguished agricultural enterprises. Observations were aimed at specification of suitable soil supply with potassium in the Czech Republic where is a great variability and disharmony in soil supply with potassium and magnesium. Information on variability and basic characteristics of nutritive condition of soil of the used set of soils is presented in Tabs I and II. The correlations found between parameters of the soil tests applied and potassium concentration in simulated soil solution are in Tab. III. Point field of relationships under observation and set up functional trends are in Figs 1 to 5. The transformation of determined potassium content in soil into the ratio $K/\sqrt{Ca+Mg}$ or simplified ratio $K/\sqrt{Ca}$ improved the closeness of the relationship between the used soil tests and potassium concentration in soil solution. The most marked improvement of the closeness of relationship was attained in the case of the soil test KVK-UF which includes also determination of characteristics of cation exchange capacity (KVK) when the soil supply with potassium was expressed in the form of percentage of saturation of the KVK value with potassium equivalents. To estimate the potassium concentration in soil supply, the regression relationship can be used as the best one: $Y = 4,115x^{1,1882}$, where Y is potassium concentration in soil solution (mg K/dm³) and x is percentage of saturation of sorptive complex by potassium equivalents set up on the basis of the soil analysis by KVK-UF procedure.

potassium; soil test; soil solution

ABSTRAKT: Na souboru 380 půdních vzorků z ornice významných zemědělských podniků byly studovány vztahy mezi dvěma půdními testy (Mehlich 2 a KVK-UF) a koncentrací draslíku v simulovaném půdním roztoku se záměrem přispět ke specifikaci vhodné zásobenosti půdy draslíkem. Těsnost korelace vzrostla po transformaci stanoveného obsahu draslíku v půdě oběma půdními testy na poměr $K/\sqrt{Ca+Mg}$ nebo zjednodušený poměr $K/\sqrt{Ca}$. Nejtěsnější korelace bylo dosaženo v případě testu KVK-UF, když stanovený obsah draslíku v půdě byl vyjádřen v podobě procenta saturace hodnoty KVK ekvivalenty draslíku. K odhadu koncentrace draslíku v půdním roztoku je nejlépe využitelný regresní vztah: $Y = 4,115x^{1,1882}$; kde Y představuje koncentraci draslíku v půdním roztoku (mg K/dm³) a x je procento nasycení sorpčního komplexu ekvivalenty draslíku, stanovené na základě analýzy půdy postupem KVK-UF.

draslík; půdní test; půdní roztok

ÚVOD

Znalost koncentrace živin v půdním roztoku přispívá k pochopení řady půdních procesů včetně možnosti přesnější specifikace vhodné zásobenosti půd živinami. Získávání půdního roztoku z půdy je však velmi pracné a zdoluhavé. Jednotlivými metodickými postupy izolace půdního roztoku lze dojít i ke značně rozdílným analytickým výsledkům (Dahlgren, 1993; Giesler, Lundström, 1993; Jones, Edwards, 1993). Potřeba přesnější specifikace zásobenosti půd draslíkem je v ČR umocněna běžným nedostatkem hořčíku

v půdě. K tomuto nepříznivému stavu disproporce mezi draslíkem a hořčíkem v půdách ČR značně přispělo jednorázové hnojení vysokými dávkami draselných hnojiv a často i organických hnojiv (keжды), které bylo běžně praktikované v minulých desetiletích. Informace o koncentraci draslíku v půdním roztoku ve spojení s fyzikálními charakteristikami vzdušného a vodního režimu stanoviště je jednou z cest, jak rychleji a přesněji specifikovat vhodnou zásobenost půd draslíkem, a tím i přispět k harmonii výživného stavu rostlin výměnnými kationty (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+}), která je předpokladem náležité kvality minerálního složení pěstova-

ných plodin. Možnost odhadu koncentrace draslíku ze snadno proveditelných běžných rozborů půd může mít proto značný praktický význam.

MATERIÁL A METODA

K výzkumu byla použita kolekce 380 půd z teritoria východních, středních a severních Čech. Půdní vzorky

byly odebrány z ornice běžných provozních ploch významných zemědělských podniků a analyzovány následnými postupy: 1. Extrakce podle Mehlich a (1978) v úpravě podle Trávníka et al. (1988) – metoda Mehlich 2. 2. Extrakce 0,5M octanem amonným s přidávkem 0,015M fluoridu amonného o hodnotě pH 7 (Matula, Pirk, 1988) – metoda KVK-UF. 3. Extrakce půdního roztoku ze saturované půdní pasty vodou: naváží se 25 g jemnozeme do 50ml centrifugační

I. Souhrnné charakteristiky kolekce testovaných půd (n = 380) – Total characteristics of the set of tested soils (n = 380)

Základní charakteristiky ¹	Průměrné hodnoty ²	Minimální hodnoty ³	Maximální hodnoty ⁴	Variační koeficient ⁵ (%)
pH/0,2M KCl	6,4	4,7	7,5	8,7
KVK [mmol(+)/kg]	162,6	91	321	22,5
Draslík ⁶ : metoda stanovení ¹⁰				
Mehlich 2 [mg K/kg]	227,9	88	708	38,1
KVK-UF [mg K/kg]	228,6	86	750	40,7
Půdní roztok ¹¹ [mg K/l]	23,0	5	304,2	102,3
Hořčík ⁷ : metoda stanovení				
Mehlich 2 [mg Mg/kg]	131,8	49	389	41,3
KVK-UF [mg Mg/kg]	92,7	11	304	46,8
Půdní roztok [mg Mg/l]	9,5	2,1	66,7	69,9
Vápník ⁸ : metoda stanovení				
Mehlich 2 [mg Ca/kg]	2 722,9	903	10 000	52,4
KVK-UF [mg Ca/kg]	1 179,3	630	3 080	23,7
Půdní roztok [mg Ca/l]	212,7	27	11 132	281,5
Fosfor ⁹ : metoda stanovení				
Mehlich 2 [mg P/kg]	73,1	21	304	43,6
KVK-UF [mg P/kg]	22,3	2,1	75,2	52,5
Půdní roztok [mg P/l]	0,63	0,13	3,97	68,6

¹basic characteristics, ²average values, ³minimum values, ⁴maximum values, ⁵variation coefficient, ⁶potassium, ⁷magnesium, ⁸calcium, ⁹phosphorus, ¹⁰method of determination, ¹¹soil solution

II. Četnosti výskytu agrochemických hodnot v testovaném souboru půd – Frequencies of occurrence of agrochemical values in the tested set of soil

pH		KVK		K (Mehlich 2)		K (půdní roztok ³)	
Rozmezí hodnot ¹	% četnosti výskytu ²	rozmezí hodnot [mmol(+)/kg]	% četnosti výskytu	rozmezí hodnot [mg K/kg]	% četnosti výskytu	rozmezí hodnot [mg K/l]	% četnosti výskytu
4,50–4,75	0,2	80–100	0,8	80–120	1,1	< 5	0,3
4,75–5,00	1,1	100–120	8,9	120–160	15,3	5–10	15,5
5,00–5,25	2,1	120–140	18,2	160–200	28,9	10–15	18,7
5,25–5,50	5,0	140–160	25,8	200–240	22,6	15–20	22,9
5,50–5,75	4,5	160–180	21,8	240–280	12,9	20–25	17,1
5,75–6,00	12,4	180–200	11,1	280–320	7,4	25–30	10,3
6,00–6,25	12,1	200–220	6,1	320–360	4,7	30–35	4,2
6,25–6,50	20,3	220–240	3,2	360–400	2,1	35–40	3,2
6,50–6,75	12,1	240–260	2,6	400–440	1,1	40–60	3,4
6,75–7,00	17,6	260–280	0,5	440–520	2,9	60–80	2,1
7,00–7,25	9,5	280–300	0,5	520–580	5,3	100–170	1,6
7,25–7,50	3,2	300–340	0,6	580–720	5,3		

¹range of values, ²percentage of frequency of occurrence, ³soil solution

Parametry půdních testů ¹	Korelační koeficienty ²	
	model lineární ³	model mocninový ⁴
Mehlich 2 [mg K/kg]	0,5250	0,5413
Poměr ⁵ $\frac{K}{\sqrt{Ca+Mg}}$ (Mehlich 2)	0,5757	0,5911
Poměr $\frac{K}{\sqrt{Ca}}$ (Mehlich 2)	0,5664	0,5791
KVK-UF [mg K/kg]	0,5778	0,5948
Poměr $\frac{K}{\sqrt{Ca+Mg}}$ (KVK-UF)	0,6192	0,6208
Poměr $\frac{K}{\sqrt{Ca}}$ (KVK-UF)	0,6038	0,6023
% zastoupení ekvivalentů K v hodnotě KVK ⁶	0,7511	0,7676

¹parameters of soil tests, ²correlation coefficients, ³linear model, ⁴power model, ⁵ratio, ⁶percentage of representation of K equivalents in KVK value

kyvety, přidá se 1,5násobek zjištěného objemu vody na vznik nasycené půdní pasty, zamíchá se skleněnou tyčinkou a nechá se stát v exsikátoru nad vodní hladinou přes noc. Druhý den se obsah kyvety v 5min intervalech čtyřikrát důkladně promíchá skleněnou tyčinkou. Poté se centrifuguje do vzniku čirého roztoku nad zeminou, tzn. asi 10 min při otáčkách 6 000.s⁻¹. Po centrifugaci se bezprostředně jemným postupem odsaje čirý roztok, který se dále přímo nebo po ředění analyzuje.

Ke statistickému hodnocení výsledku byl použit počítačový program Statgraphics, verze 7 firmy Manugistics, inc., USA a Microsoft Excel 5,0a.

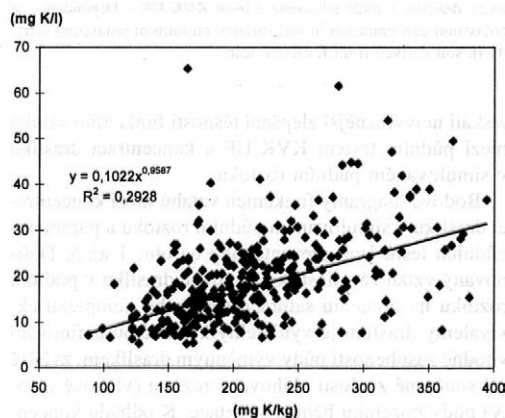
VÝSLEDKY A DISKUSE

Základní informace o agrochemických charakteristikách použitého souboru půd jsou uvedeny v tab. I. Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí 4,7 až 7,5 pH (0,2M KCl); hodnoty kationtové výměnné sorpční kapacity v rozmezí 91 až 321 mmol(+)/kg; obsah draslíku podle metody Mehlich 2 v rozmezí 88 až 708 mg K/kg a koncentrace draslíku ve vodním extraktu z půdní pasty (simulovaný půdní roztok) mezi 5 až 304 mg K/l. Podrobnější informace o souboru půd poskytuje tab. II, kde je uvedeno rozvrstvení četnosti výskytu jednotlivých hodnot. Uvedené výsledky jsou reprezentativním obrazem stavu zásobenosti půd draslíkem v ČR, jeho značné variability a disproporce.

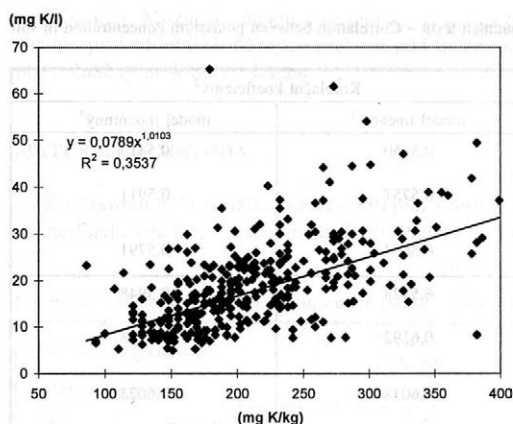
Zjištěné závislosti koncentrace draslíku v půdním roztoku na parametrech použitých půdních testů (Mehlich 2 a KVK-UF) jsou uvedeny v tab. III. Obě metody rovněž umožňují současné stanovení vápníku a hořčíku. Úprava obsahu draslíku v půdě na poměr aktivity draslíku ($K/\sqrt{Ca+Mg}$), jak doporučuje Beckett (1964), znamenala zlepšení těsnosti vztahu. V řadě literárních pramenů, například z posledních významných

syntetických prací (Wild, 1988), je doporučováno použití zjednodušeného poměru aktivity, zahrnující pouze relaci draslíku a vápníku ($K/\sqrt{Ca}$). Rovněž i v naší práci jsme stanovili velmi podobné korelační koeficienty u obou forem poměru aktivity draslíku. Těsnost vztahů však u zjednodušeného poměru aktivity draslíku byla vždy o něco horší než při použití poměru $K/\sqrt{Ca+Mg}$.

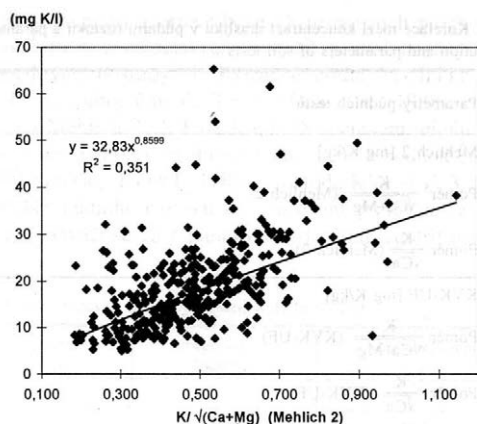
Lze předpokládat, že dominantní postavení v ustalování rovnováhy mezi draslíkem pevné fáze půdy a půdním roztokem bude mít sám sorbent půdy. Důležitou charakteristikou sorbentu je jeho sorpční kapacita. Metoda KVK-UF oproti komplexní metodě Mehlich 2 umožňuje v jednom pracovním postupu rovněž stanovit i charakteristiku kationtové výměnné sorpční kapacity. Přepočtem obsahu draslíku na jeho ekvivalentní zastoupení v hodnotě sorpční kapacity dané půdy jsme



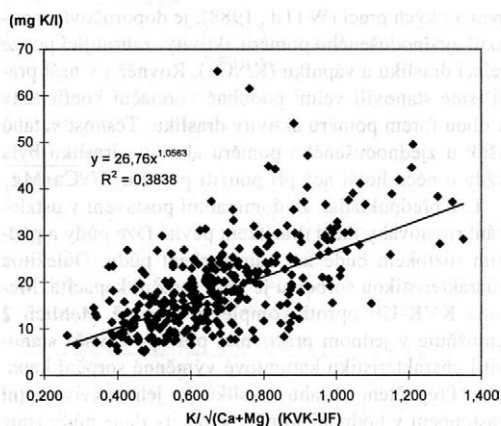
1. Závislost koncentrace draslíku v půdním roztoku na zásobenosti půdy draslíkem stanovené testem Mehlich 2 – Dependence of potassium concentration in soil solution on soil supply with potassium determined by Mehlich 2 test



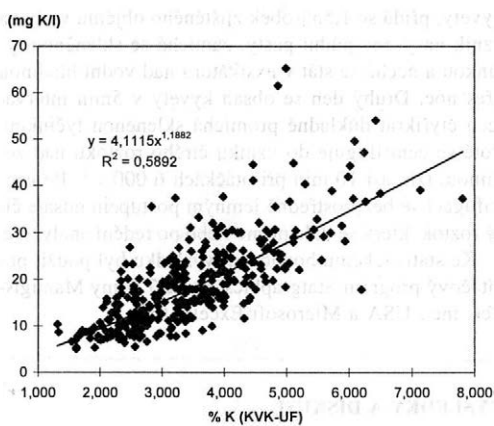
2. Závislost koncentrace draslíku v půdním roztoku na zásobenosti půdy draslíkem stanovené testem KVK-UF – Dependence of potassium concentration in soil solution on soil supply with potassium determined by KVK-UF test



3. Závislost koncentrace draslíku v půdním roztoku na poměru aktivity draslíku v půdě odvozené z testu Mehlich 2 – Dependence of potassium concentration in soil solution on ratio of potassium activity in soil derived from Mehlich 2 test



4. Závislost koncentrace draslíku v půdním roztoku na poměru aktivity draslíku v půdě odvozené z testu KVK-UF – Dependence of potassium concentration in soil solution on ratio of potassium activity in soil derived from KVK-UF test



5. Závislost koncentrace draslíku v půdním roztoku na zastoupení draslíku v sorpčním komplexu odvozeném z testu KVK-UF – Dependence of potassium concentration in soil solution on representation of potassium in sorptive complex derived from KVK-UF test

získali nejvýraznější zlepšení těsnosti funkčního vztahu mezi půdním testem KVK-UF a koncentrací draslíku v simulovaném půdním roztoku.

Bodové diagramy funkčních vztahů mezi koncentrací draslíku v simulovaném půdním roztoku a parametry půdních testů jsou prezentovány na obr. 1 až 5. Definovaný vztah závislosti koncentrace draslíku v půdním roztoku na procentu saturace sorpčního komplexu ekvivalenty draslíku je využitelný k hrubému definování vhodné zásobenosti půdy výměnným draslíkem, zvláště při současné znalosti vláhového režimu (vláhové jistoty) půdy pozemku během vegetace. K odhadu koncentrace draslíku v půdním roztoku je nejlépe využitelný regresní vztah: $Y = 4,115x^{1,1882}$, kde Y představuje koncentraci draslíku v půdním roztoku (mg K/dm^3) a x je procento nasycení sorpčního komplexu ekvivalenty

draslíku, stanovené na základě analýzy půdy postupem KVK-UF. Bodový graf (obr. 5) rovněž prezentuje omezenost přesnosti tohoto přístupu definování vhodné zásobenosti půdy draslíkem z důvodu značného rozptylu stanovených hodnot kolem odvozené regresní funkce. Přesnější specifikaci zásobenosti konkrétní půdy draslíkem lze například realizovat pomocí krátkodobého biologického testu za kontrolovaných podmínek kultivace testovací plodiny, když k hodnocení adekvátnosti příjmu draslíku rostlinou použijeme konceptu indexu účinnosti draslíku (Matula, 1993). Tímto přístupem lze podchytit rozdílnosti v desorpci draslíku z pevné fáze půdy u jednotlivých půd a uspořádat je do kategorií podle dostupnosti draslíku pro rostliny.

Poděkování GA ČR za finanční podporu výzkumu v rámci projektu 503/94/0021.

LITERATURA

BECKETT, P. H. L.: Studies on soil potassium. 1. Confirmation of the ratio law: measurement of potassium potential. *J. Soil Sci.*, 15, 1964: 1-8.

DAHLGREN, R. A.: Comparison of soil solution extraction procedures: Effect on solute chemistry. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 24, 1993 (15-16): 1783-1794.

GIESLER, R. - LUNDSTRÖM, U.: Soil solution chemistry: Effects of bulking soil samples. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 1993: 1283-1288.

JONES, D. L. - EDWARDS, A. C.: Effect of moisture content and preparation technique on the composition of soil solution obtained by centrifugation. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 24, 1993 (1-2): 171-186.

MATULA, J. - PIRKL, J.: Vyluhovací roztok pro stanovení draslíku, hořčíku, vápníku, sodíku, manganu a rostlinám dostupného fosforu v půdě a hodnoty kationtové výměnné kapacity. AO č. 272804. Praha, Úřad pro vynálezy a objevy, 1988.

AO č. 272804. Praha, Úřad pro vynálezy a objevy, 1988.

MATULA, J.: Zásoba draslíku v půdě a jeho příjem ječmenem. *Rostl. Výr.*, 39, 1993 (4): 329-336.

MEHLICH, A.: New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 9, 1978 (6): 477-492. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 1993: 1283-1288.

TRÁVNÍK, K. - STAŇA, J. - HUSÁKOVÁ, A. - ZBÍRAL, J.: Možnosti zavedení metody stanovení přístupných živin v půdě podle Mehlicha do systému agrochemického zkoušení půd. [Závěrečná zpráva.] ÚKZÚZ, 1988.

WILD, A.: Potassium, sodium, calcium, magnesium, sulphur, silicon. In: WILD, A. (ed.): *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*. England, Longman Sci. Techn. 1988: 743-779.

Došlo dne 19. 9. 1996

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jiří Matula, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52,28

XV. BIOCHEMICKÝ SJEZD S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

Mezi významné akce realizované u nás v roce 1996 patří XV. Biochemický sjezd s mezinárodní účastí, který se konal ve dnech 9. až 12. září 1996 v Olomouci. Pořadatelé tohoto významného vědeckého sympozia byly Česká společnost pro biochemii a molekulární biologii, Česká společnost klinické biochemie, Slovenská společnost pro biochemii a molekulární biologii a Univerzita Palackého v Olomouci, v jejíchž teoretických ústavech vědecké sněmování domácích a zahraničních biochemiků probíhalo.

Registrovaných účastníků bylo celkem 324 a byli to většinou pedagogičtí a vědeckí pracovníci z vysokých škol, ústavů AV ČR a resortních výzkumných ústavů. Vedle Slovenska zde byly zastoupeny další státy jako Německo, Švýcarsko, Anglie, Francie, Dánsko, Itálie a USA.

Vědecký program sjezdu probíhal v 11 sekcích:

- A. Biochemie nukleových kyselin a molekulární genetiky
- B. Enzymy
- C. Struktura a funkce biomembrán, receptory
- D. Peptidy a proteiny
- E. Klinická biochemie a patobiochemie
- F. Molekulární biologie v klinické diagnostice a terapii
- G. Biochemie a molekulární biologie rostlin, sekundární metabolismy
- H. Biotechnologie, potravinářská biochemie, ekologie
- I. Bioanalytické metody
- J. Xenobiochemie, cizorodé látky, rezidua
- K. Varia

Na sjezdu bylo vybranými specialisty prezentováno osm plenárních přednášek (z nichž sedm zahraničními univerzitními profesory), 44 ústních sdělení a 190 posterů.

Z plenárních přednášek to byly:

- Mathias Sprinzl (Bayreuth): Structure of elongation factors and mechanism of protein biosynthesis
- Giorgio Bernardi (Paris): The organization of the human genome
- John L. Neumeyer (Natick): Neuroreceptor imaging of the dopamine transporter by single photon emission computed tomography (SPECT) and positron emis-

sion tomography (PET) for the diagnosis of Parkinson's disease

- Ib. Svendsen (Copenhagen-Valby): Structural and functional aspects of defence proteins in barley
- Silvano Riva (Pavia): The role of hnRNP of hnRNP proteins in pre-mRNA metabolism: Conserved features and diversified roles
- Gerald Blunden (Portsmouth, Betaines): Their distribution in the plant (United Kingdom): Functional and potential use as crop protection agents
- Wolfgang Wiegand (Rogensburg): Platinum (II)-complexes of 1,3-diphenyl-propane-1,3-diamines with antitumor activity
- Jan Káš (Praha): Present status and future of bioanalytical methods

V sekci G (Biochemie a molekulární biologie rostlin) byly předneseny tyto přednášky:

- M. Bezděk: Methylation of plant genomes: possibilities of their modification
- J. Fajkus: Plant chromosome ends
- R. Matyášek: Tandemly arrayed repetitive DNA sequences in tobacco
- M. Strnad: Molecular mechanism of cytokinin action in cell division cycle
- M. Zichová: The content and distribution of alkaloids and their precursors in developing poppy seedlings, *Papaver somniferum* L.

Součástí XV. Biochemického sjezdu byla vhodně uspořádaná výstava 32 domácích a zahraničních firem, Round Table Discussion firmy LAMBDA-BIOMED a workshop firmy ALPHA-DIALAB. Zúčastněné firmy po celou dobu sjezdu vystavovaly laboratorní a měřicí přístroje, elektronové počítače nové generace, vzorky preparátů, čistých a užitých chemikálií, reagentů a nejnovější vědecké knižní tituly z oblasti biochemie, molekulární biologie, genetiky, organické a analytické chemie a jiných příbuzných oborů.

Abstrakta všech přednášek i posterů v anglickém znění, včetně seznamu vystavujících firem a náplně výstav jsou uspořádána v obsáhlém sborníku, který vyšel jako monotematické číslo časopisu Chemické listy, 90, 1996 (9).

Doc. RNDr. Ing. Josef Zahradníček, CSc.

SORBENT S INKORPOROVANOU SULFIDICKOU SÍROU PRO IMOBILIZACI KADMIA V ROZTOKU

SORBENT WITH INCORPORATED SULPHIDIC SULPHUR FOR IMMOBILIZATION OF CADMIUM IN SOLUTION

P. Cíglar, S. Kužel, L. Kolář, R. Ledvina

J. V. Jirsík's Secondary School, České Budějovice, Czech Republic

South Bohemian University, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic

ABSTRACT: The new sorbent was prepared on the basis of humic acids of brown coal with an ability to bind cadmium from solution selectively and irreversibly. The selectivity of sorption was found by incorporation of sulphidic groups on surface acidic centres. Abilities of sorbent were tested in the series of sorptive and desorptive experiments with model cadmium solutions and were analyzed by Freundlich's isotherms; the maximum of chemisorption was theoretically determined from Langmuir's adsorptive isotherm. The structure of chemisorptive bonds as the system of chain-like complexes, development by connecting two active centres on the surface of sorbent, was suggested. The theory of ion deformability well explains the selectivity of sorption.

soil; cadmium; sorption; selective chemisorbent; humic acids

ABSTRAKT: Byl připraven nový sorbent na bázi huminových kyselin hnědého uhlí, který má schopnost selektivně a ireverzibilně vázat kadmium z roztoku. Selektivita sorpce byla zajištěna inkorporací sulfidických skupin na povrchová acidická centra. Schopnosti sorbentu byly zkoumány v sériích sorpčně-desorpčních experimentů s modelovými roztoky kadmia a vyhodnoceny pomocí Freundlichových izoterm; maximum chemisorpce bylo teoreticky stanoveno z Langmuirovy adsorpční izotermu. Struktura chemisorpčních vazeb byla navržena jako systém řetězcových komplexů, vznikajících spojením dvou aktivních center na povrchu sorbentu. Selektivitu sorpce dobře zdůvodňuje teorie deformability iontů.

půda; kadmium; sorpce; selektivní chemisorbent; huminové kyseliny

ÚVOD

Pro naše půdy je z hlediska kontaminace kadmii typické difúzní znečištění, které je charakterizováno relativně nízkou koncentrací polutantu a rozlehlostí kontaminovaných ploch. Proto jsou zde čisticí techniky nepoužitelné a jedinou možností je omezení mobility kadmia v půdním roztoku. Známé způsoby (zvýšení pH a iontovýmenné kapacity přirozenými či syntetickými sorbenty) jsou málo účinné. Novější poznatky o kontaminaci půd kadmii a jeho toxicitě uvádějí Alloway, Jackson (1991), dekontaminaci půd zamořených kadmii se zabývají Rulkens et al. (1992). Možnosti fytořediace odstranění kadmia z půdy v poslední době řeší mnoho autorů (Baker et al., 1991; Carillo, Cajuste, 1992; Davies, 1992; Berthelsen et al., 1994; Tichý et al., 1994, 1996). Sorpci kadmia v půdě přehledně shrnuje Christensen (1984, 1985, 1987). Určitou naději dává chemisorpce kadmia z půdního roztoku. Vynvili jsme selektivní sorbent na bázi hnědohumických huminových kyselin s inkorporovanou sulfidickou sírou, dispergovatelný ve slabě alkalických roztocích na koloidní sol,

který se sráží na hrubou disperzi mírným okyselením v půdním prostředí. Chemisorpční vazby bude možno rozrušit přidávkou fyziologicky kyselého hnojiva, např. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Navázali jsme tak na počáteční výzkumy s huminovými kyselinami z předchozích let (Kolář et al., 1995), kdy se vyjasnila otázka primárních zdrojů těchto látek a zčásti také technologické problémy inkorporace sulfidické síry. V posledním z experimentů bylo použito mladé sokolovské hnědé uhlí, které se výborně osvědčilo.

MATERIÁL A METODA

Hnědé sokolovské uhlí bylo vysušeno při laboratorní teplotě, rozdrobeno v porcelánové třecí misce a proseto přes síto o průměru ok 1 mm. Takto upravený vzorek byl použit k extrakci: uhlí bylo suspendováno v poměru 1 : 5 (m/V) v extrakčním roztoku (připraven smíšením 0,1 M NaOH a 0,1 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ v objemovém poměru 1 : 1). Za občasného míchání trvala extrakce 6 dnů. Suspenze byla zcentrifugována (Chirana CH 2, 4 000 ot.min⁻¹, 20 min) a centrifugát okyselen 2 M HCl

až k pH = 3 (Radelkis OP-211/1, elektroda Crytur 01-29). Vzniklá suspenze byla zahřata na 90 °C a po koagulaci huminových kyselin ochlazena na laboratorní teplotu. Následovala centrifugace (6 000 ot.min⁻¹, 20 min) a huminové kyseliny byly rozmíchány ve studené, slabě okyselené demineralizované vodě (dále jen demi-vodě) za účelem pročištění. Poslední rafinační operace byla dvakrát zopakována. Před inkorporací byly huminové kyseliny převedeny do Zn²⁺-cyklu třepáním s 10% ZnSO₄ na rotační třepače (Chirana, TE III) po dobu 2 h. Suspenze nerozpustného humátu zinečnatého pak byla zcentrifugována, centrifugační zbytek rozmíchán ve 20% (NH₄)₂S a směs byla třepána 1 h. Část humátu se ve slabě alkalickém prostředí (NH₄)₂S rozpustila, musela být proto opět vyváznuta malým přídatkem 2 M HCl. Po centrifugaci byl vlhký preparát (13,60 % sušiny) s inkorporovanou sulfidickou sirou uskladněn a použit k sorpčně-desorpčním experimentům.

Do každé ze sedmi 200ml zábrusových baněk bylo odváženo množství sorbentu odpovídající 0,2 g sušiny a odpipetováno po 100 ml výchozích vodných roztoků 3 CdSO₄·8 H₂O o koncentracích 5, 20, 35, 50, 100, 250 a 500 ppm Cd. Po ustanovení rovnováhy (1 h třepání + 3 dny stání při laboratorní teplotě) byly obsahy baněk zcentrifugovány a centrifugáty konzervovány k analýze obsahu kadmia. Sorbent s navázaným kadmím byl použit k desorpčním experimentům. Prvním desorpčním agens byla demi-voda. Ke každému ze vzorků bylo odpipetováno 100 ml demi-vody a po ustanovení rovnováhy (1 h třepání + 6 dnů stání při laboratorní teplotě) byly suspenze zcentrifugovány a centrifugáty konzervovány. Jako druhé desorpční agens byl použit 1 M KCl. Metodický postup se lišil od desorpce demi-vodou pouze v časové délce – suspenze byla třepána 2 h na rotační třepače a poté ihned zcentrifugována. Dvojnásobným zopakováním desorpce s 1 M KCl byly získány další dvě série vzorků.

Ke stanovení kadmia byla použita metoda plamenné atomové absorpční spektrofotometrie (Carl Zeiss Jena, AAS 1N) při vlnové délce 228,8 nm. Ke kalibraci přístroje byly použity dvě kalibrační sady roztoků – jedna ve vodném prostředí, druhá v prostředí 1 M KCl.

VÝSLEDKY

Pomocí metody exponenciální regresní analýzy (program Statgraphics) byly vypočteny koeficienty Freundlichových adsorpčních a desorpčních izoterm $a = Kc^{1/n}$ (tento typ izoterm nejlépe popisoval získané výsledky), kde a je adsorbované množství, c je rovnovážná koncentrace a K , n jsou adsorpční koeficienty (tab. I).

Teoretické chemisorpční maximum bylo stanoveno z Langmuirovy adsorpční izoterm $a = a_{\max} \frac{kc}{1+kc}$, kde $a_{\max}$ je adsorpční maximum a k adsorpční koeficient. Hodnoty koeficientů Langmuirovy izoterm jsou $a_{\max} = 147,9$ mmol Cd/100 g sorbentu a $k = 1\,947,29$ dm³.mol⁻¹ (koeficienty byly vypočteny z rovnice přímky v souřadnicích c/a proti c získané lineární regresní analýzou po rektifikaci izoterm na lineární tvar; počet vzorků 7, korelační koeficient 0,9439, směrodatná odchylka $9,98 \cdot 10^{-4}$, rozptyl 89,10 %).

DISKUSE

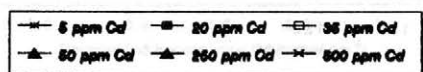
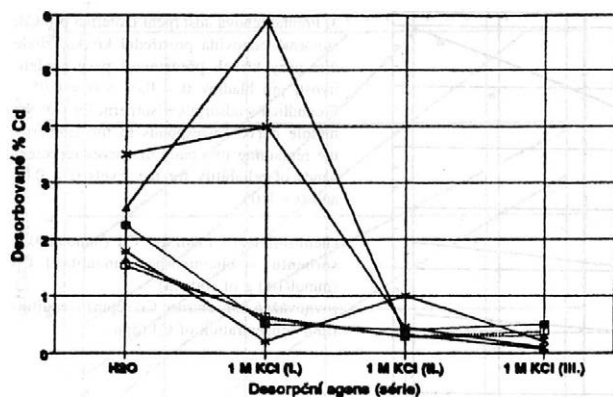
Jedním z klíčových bodů výzkumu bylo zjistit, jaká část kadmia se na sorbent váže mechanicky, iontovýměnně a chemisorpčně. Proto byly provedeny poměrně rozsáhlé desorpční experimenty: jednou s demi-vodou a třikrát s 1 M KCl. Mechanicky vázaná frakce kadmia odpovídala desorpci vodou, iontovýměnné kadmium sumě desorpcí 1 M KCl a chemisorbované kadmium zbytku, navázanému na povrchu sorbentu. Desorpce 1 M KCl byla provedena celkem třikrát, protože jsme očekávali, i při předpokládané stabilitě vazeb, postupné uvolňování kadmia vlivem mnohonásobně vyšší iontové síly činidla. Tato domněnka se nepotvrdila; jako postačující měřítko mohutnosti chemisorpce se ukázala jedna desorpce 1 M KCl.

Při nižších koncentracích (5 až 50 ppm Cd) se většina kadmia (více než 95 % z původního množství) navázala chemisorpčně. To je dobře vidět z obr. 1, kde se v oblasti nižších koncentrací desorbovalo větší procento kadmia vodou než 1 M KCl. Chemisorpce zde pro-

I. Matematicko-statistické charakteristiky Freundlichových izoterm; statistické ukazatele odpovídají exponenciální regresi na hladině $\alpha = 0,05$; počet vzorků 7 – Mathematico-statistical characteristics of Freundlich's isotherms; statistical parameters correspond to exponential regression on the level $\alpha = 0,05$, number of samples 7

Druh izoterm ¹	Prostředí ⁵	K	n	Korelační koeficient ⁶	Směrodatná odchylka ⁷	Rozptyl ⁸ [%]
Adsorpční ²	H ₂ O	18,11	2,09	0,9512	0,4945	90,48
Chemisorpční ³	H ₂ O	17,26	2,14	0,9468	0,5057	89,64
Desorpční ⁴	H ₂ O	20,29	1,22	0,9843	0,2817	96,88
Desorpční	1 M KCl (I.)	30,57	1,93	0,9808	0,3063	96,20
Desorpční	1 M KCl (II.)	91,07	1,02	0,9482	0,5484	89,91
Desorpční	1 M KCl (III.)	241,71	0,90	0,9091	0,7196	82,65

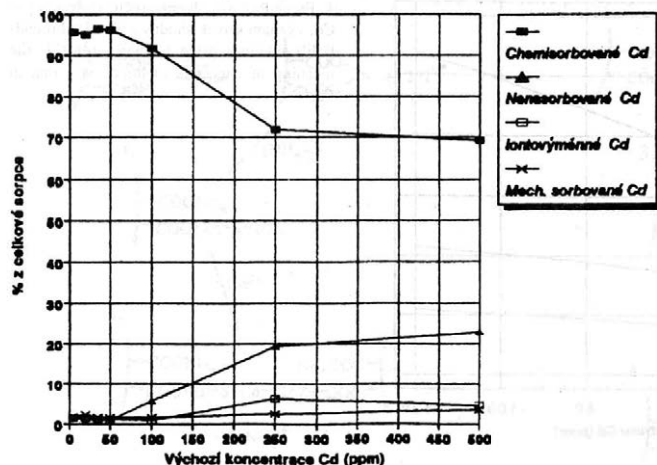
¹type of isotherm, ²adsorptive, ³chemisorptive, ⁴desorptive, ⁵medium, ⁶correlation coefficient, ⁷standard deviation, ⁸variance



1. Závislost desorbovaného procenta Cd na pořadí desorpčních agens pro jednotlivé výchozí koncentrace Cd – Dependence of desorbed percentage of Cd on the sequence of desorptive agents for individual starting Cd concentrations

desorbované procento Cd – desorbed percentage of Cd

desorpční agens (série) – desorptive agents (series)



2. Rozdělení jednotlivých typů sorpčních frakcí v závislosti na výchozí koncentraci Cd – Division of individual types of sorptive fractions in dependence on starting concentration of Cd

chemisorbované Cd – chemisorbed Cd

nenasorbované Cd – insorbed Cd

iontovýmenné Cd – ion-exchangeable Cd

mechanicky sorbované Cd – mechanically sorbed Cd

procento z celkové sorpce – percentage of the total sorption

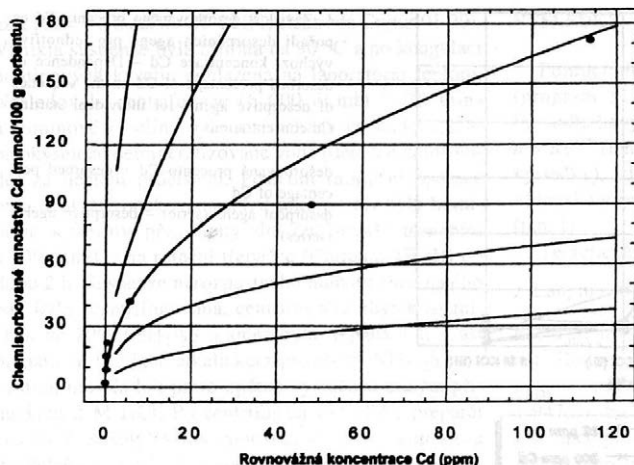
výchozí koncentrace Cd (ppm) – starting concentration of Cd (ppm)

bíhala téměř stechiometricky (rovnovážné koncentrace se pohybovaly o dva řády níže oproti výchozím). Při vyšších koncentracích jsou již selektivní místa zaplněna (obr. 2: procento chemisorpce klesá) a dochází k obsazování iontovýmenných skupin (výrazná maxima na obr. 1 pro koncentrace 250 a 500 ppm odpovídající desorpci iontovýmenného kadmia). Zároveň se zvyšuje množství nenasorbovaného kadmia a snižuje podíl chemisorpce z celkové sorpce (obr. 2). Důležité je uvědomit si, že s takto vysokými koncentracemi se sorbent v praxi nemůže setkat, protože je určen pro remediaci difúzně znečištěných půd s koncentracemi kadmia o řád nižšími.

Sorpční charakteristika sorbentu byla popsána Freundlichovými izotermami pro adsorpci a desorpci, které nejlépe vystihly empirické údaje. Pro srovnání uvádíme dvě adsorpční izoterm (obr. 3 a 4) – pro celkovou adsorpci a pro chemisorpci. Jejich nápadná po-

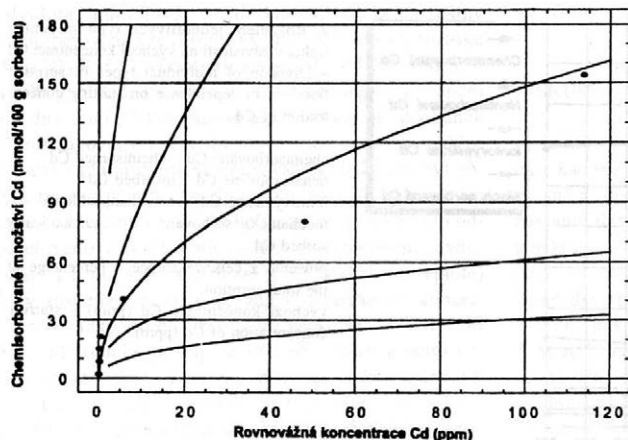
dobnost je způsobena silnou dominancí chemisorpce nad ostatními adsorpčními jevy. Oblast prvních čtyř rovnovážných koncentrací odpovídá stechiometrické sorpci, postupné zaplňování sorpčních míst se projevuje zvětšováním diferencí mezi jednotlivými body grafu při vyšších koncentracích.

U izoterm desorpcí 1 M KCl v tab. I je zajímavé zvyšování koeficientu K , který můžeme interpretovat jako jedno z měřítek afinity sorbátu k sorbentu. Při poslední desorpci, kdy je už všechno kadmium vázáno chemisorpčně, je jeho afinita vysoká a koeficient má téměř osmkrát větší hodnotu než u první desorpcí. Chemisorpční maximum sorbentu bylo vypočteno z Langmuirovy adsorpční izoterm. Vzhledem k netypickému průběhu sorpce však tato teoreticky odvozená rovnice, předpokládající monomolekulární vrstvu sorbátu, nepříliš spolehlivě popisuje získaná data. Z obr. 5 je zřejmé spíše exponenciální tvar křivky, která má



3. Freundlichova adsorpční izoterma pro Cd; izotermě odpovídá prostřední křivka, zbylé dva páry křivek představují pásy spolehlivosti pro hladiny $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$ – Freundlich's adsorptive isotherm for Cd; the middle curve corresponds to the isotherm, the remaining two pairs of curves represent bands of reliability for the levels $\alpha = 0.01$ and $\alpha = 0.05$

chemisorbované množství Cd (mmol/100 g sorbentu) – chemisorbed amount of Cd (mmol/100 g of sorbent)
 rovnovážná koncentrace Cd (ppm) – equilibrium concentration of Cd (ppm)



4. Freundlichova chemisorpční izoterma pro Cd; význam křivek shodný s obr. 3 – Freundlich's chemisorptive isotherm for Cd; the meaning of curves is identical with that in Fig. 3

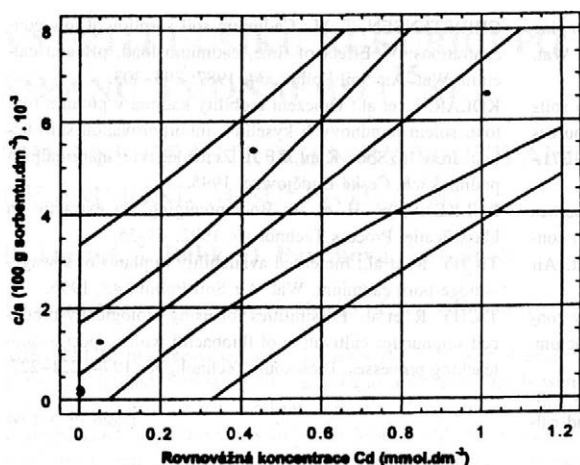
tendenci limitovat. Vypočtené teoretické maximum chemisorpce 16,63 g Cd/100 g sorbentu přesto dobře odpovídá dosaženým výsledkům, protože sorbent naadsorboval při nejvyšší (již extrémní) koncentraci kadmia 17,30 g Cd/100 g. Chyba tedy činila i přes komplikovaný mechanismus sorpce jen 0,67 g Cd/100 g sorbentu, tedy 3,87 % (vztaheno na 17,30 g Cd).

Teoretická část výzkumu byla orientována na objasnění struktury a funkce chemisorpčních vazeb a na zdůvodnění selektivity sorbentu. Zatím existují dvě strukturní hypotézy, založené na experimentálních výsledcích. Základním předpokladem obou teorií je vznik řetězcových komplexů na povrchu sorbentu. První model uvažuje vznik jednoduchých komplexů s volnou aktivní sulfidickou skupinou na nosné karboxylové skupině (obr. 6). Při reakci s kadmíem dojde ke spojení dvou takovýchto aktivních center kadmennatým iontem za tvorby značně stabilní kovalentní vazby typu $-S-Cd-S-$. Druhý model je podobný, vychází z prvního. Hlavním

rozdílem je tvorba řetězcového komplexu již při syntéze (obr. 7, bod 3). Reakci s kadmennatým iontem pak můžeme interpretovat jako aditivní přesmyk dvou blízko ležících řetězců. Z druhého modelu plyne zákonitě možnost regenerace sorbentu. Reakci s kadmennatým iontem vznikají dvě karboxylové skupiny v Zn^{2+} -cyklu, které by bylo možné alespoň jednou (podruhé by byla regenerace neekonomická) regenerovat opětným přidáním $(NH_4)_2S$.

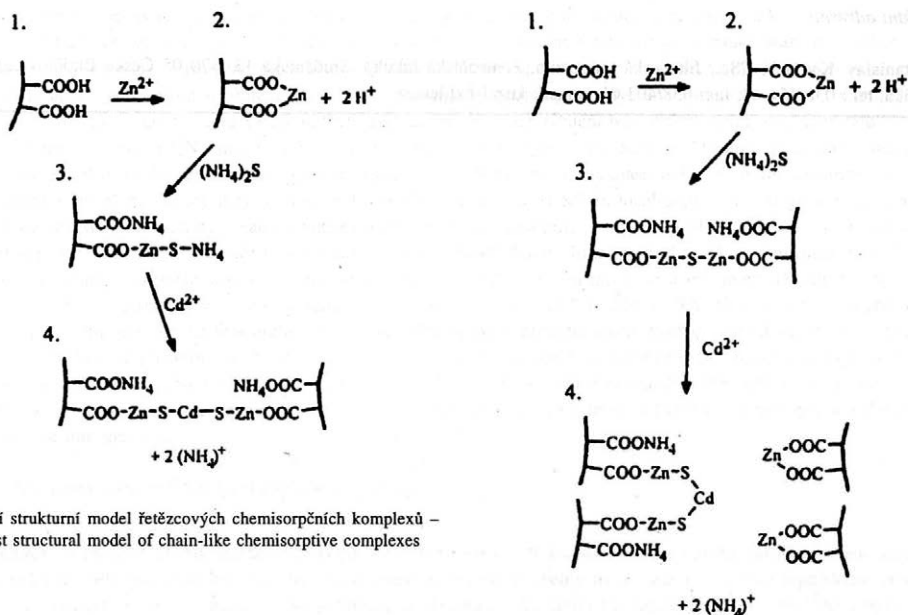
Selektivitu sorpce můžeme zdůvodnit teorií deformability iontů. Sulfidický i kadmennatý iont mají vysoké koeficienty deformability a síra má menší kovalentní poloměr než kadmium. Z toho plyne vysoká stabilita a selektivita vazby (prokázána i praxí), která by však měla kromě kadmia platit patrně i pro ionty Hg^{2+} a Cu^{2+} .

Závěrem můžeme konstatovat, že schopnosti sorbentu se shodují s vytyčeným cílem (selektivita, ireverzibilita vazby a ekologická nezávadnost) a budou pro-



5. Langmuirůva chemisorpční izoterma pro Cd; význam křivek shodný s obr. 3 – Langmuir's chemisorptive isotherm for Cd; the meaning of curves is identical with that in Fig. 3

c/a (100 g sorbentu.dm⁻³). 10⁻³ – c/a (100 g sorbentu.dm⁻³). 10⁻³
 rovnovážná koncentrace Cd (mmol.dm⁻³) – equilibrium concentration of Cd (mmol.dm⁻³)



6. První strukturální model řetězcových chemisorpčních komplexů – The first structural model of chain-like chemisorptive complexes

vedeny experimenty v reálných půdních podmínkách. Při aplikaci využijeme disperze sorbentu v roztoku KOH nebo K₂CO₃. Koloidní roztok, dávkovaný pomocí postřikovačů, se bude srážet přirozenou půdní aciditou v podobě velmi tenké, až oligomolekulární vrstvy na povrchu půdních mikročástic, čímž se značně zvýší účinnost sorpce. Komplikace by mohly nastat u bazických půd, kde by se sorbent nevysrážel a musel by být klasickým způsobem zaoráván.

Poděkování

Práce vznikla jako součást řešení grantu GA ČR č. 0981. Autoři děkují za rady a připomínky Ing. Richardovi Tichému, CSc., z Ústavu krajinné ekologie AV ČR v Českých Budějovicích.

7. Druhý strukturální model řetězcových chemisorpčních komplexů – The second structural model of chain-like chemisorptive complexes

LITERATURA

- ALLOWAY, B. J. – JACKSON, A. P.: The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. *Sci. Tot. Envir.*, 100, 1991: 151–176.
- BAKER, A. J. M. – REEVES, R. D. – McGRATH, S. P.: *In situ* decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants – A feasibility study. In: HINCHEE, R. E. – OFFENBACH, R. F. (eds): *In situ* bioreclamation. Boston, Butterworth-Heinemann 1991: 601–605.

BERTHELSEN, B. O. et al.: Mobility of heavy metals in pine forest soils influenced by experimental acidification. *Wat. Air Soil Pollut.*, 73, 1994: 29–48.

CARILLO, R. G. – CAJUSTE, L. J.: Heavy metals in soils and alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigated with three sources of wastewater. *J. Envir. Sci. Hlth, A* 27, 1992 (7): 1771–1783.

DAVIES, B. E.: Inter-relationship between soil properties and the uptake of cadmium, copper, lead and zinc from contaminated soils by radish (*Raphanus sativus* L.). *Wat. Air Soil Pollut.*, 63, 1992: 331–342.

CHRISTENSEN, T. M.: Cadmium soil sorption at low concentrations: I. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. *Wat. Air Soil Pollut.*, 21, 1984: 105–114.

CHRISTENSEN, T. M.: Cadmium soil sorption at low concentrations: IV. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. *Wat. Air Soil Pollut.*, 26, 1985: 256–274.

CHRISTENSEN, T. M.: Cadmium soil sorption at low concentrations: V. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. *Wat. Air Soil Pollut.*, 34, 1987: 293–303.

KOLÁŘ, L. et al.: Omezení mobility kadmia v půdním rozkladu solem huminových kyselin s inkorporovanou sulfidickou sírou. In: Sbor. Konf. ZF JU Zemědělství v marginálních podmínkách, České Budějovice, 1995.

RULKENS, W. H. et al.: Bodemreniging via extractie en klassificatie. *Process Technol.*, 9, 1992: 43–55.

TICHÝ, R. et al.: Increased availability to plants of sewage-sludge-born cadmium. *Wat. Air Soil Pollut.*, 43, 1996.

TICHÝ, R. et al.: Possibilities for using biologically-produced sulphur for cultivation of thiobacilli with respect to bio-leaching processes. *Bioresour. Technol.*, 48, 1994: 221–227.

Došlo 19. 9. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Stanislav Kužel, CSc., Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: 038/454 48, fax: 038/403 01, e-mail: kuzel@zf.jcu.cz

VYUŽITÍ DUSÍKU KUKUŘICÍ PO LOKÁLNÍ APLIKACI SÍRANU AMONNÉHO (^{15}N)

THE USE OF NITROGEN BY MAIZE AFTER LOCAL APPLICATION OF AMMONIUM SULFATE (^{15}N)

P. Tlustoš, J. Balík, D. Pavlíková, V. Vaněk

University of Agriculture, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: In three-year micro-plot trials the efficiency of local and surface application of ammonium sulfate (^{15}N) in maize was studied. Spring wheat was used as a forecrop. Trials were conducted on fertile site of sugar beet-growing type where Luvisol was a genetic soil representative. Nitrogen dose amounted to 160 kg N/ha (20 atm. % ^{15}N) and was applied as single. Local application was done in a distance 9 cm from plant. Analyses of plants were performed at two dates: 55 days after sowing and during harvest. The above-ground biomass was harvested at 25% dry matter content. Soil analyses were carried out at the same time like plant analyses. Soil samples were taken from a series of plants and from two layers (0 to 25 cm, 25 to 60 cm). In a treatment with local application of ammonium sulfate (SA-L) significantly more intensive increase in above-ground biomass was found when compared with the treatment with surface application (SA). In starting stages of growth the difference was 8.3% and 7.4% during harvest. In the treatment SA-L nitrogen uptake was also higher. At the beginning of the growing season the growth was 18% and 5% during harvest. It was due to the increased production of biomass and also higher nitrogen content at the starting stages. In sampling 55 days after sowing nitrogen content in maize plants was 3.59% in the control and 3.92% in local application. Nitrogen content was almost identical (1.22% and 1.21%) in both treatments. The use of ^{15}N isotope allowed to study the use of nitrogen from fertilizer. In sampling 55 days after sowing 3.5% of applied nitrogen dose was found in the treatment SA in above-ground biomass and 5.7% in the treatment SA-L. The use of nitrogen by plants during harvest was 36.3% in the control and 41.8% in local application. High nitrogen use from fertilizer was caused above all by greater number of individuals per area (after calculation 314 000 plants per 1 ha). In local application plants were better nourished particularly in initial growth stages. In the period of 55 days nitrogen from fertilizer in the total amount of nitrogen was 46.8% in local application and 33.3% in the control treatment. During the harvest the proportion in both treatments was almost identical in both treatments (SA-L 22.6%, SA 22.0%). Soil nitrogen formed a decisive part. Nitrogen uptake was higher by 109 kg N/ha in the control treatment than was the dose of fertilizer and by 124 kg N/ha in local application. High nitrogen uptake by harvest was due to a low content of mineral nitrogen in soil (up to 60 cm). At the end of trials 69 kg of the total applied amount of nitrogen was found in the control (only above-ground part), 79.8 kg in topsoil (0 to 25 cm) and 6.9 kg in subsurface (25 to 60 cm). In total 145.7 kg of nitrogen was determined, that is 91% of nitrogen dose.

maize; ammonium sulfate (^{15}N); local application; nitrogen use

ABSTRAKT: V tříletých mikroparcelkových pokusech byla sledována efektivnost lokální a plošné aplikace síranu amonného (^{15}N) u kukuřice. Předplodinou kukuřice byla jarní pšenice. Pokusy proběhly na úrodném stanovišti řepařského výrobního typu, kde genetickým půdním představitelem je hnědozem. Dávka dusíku činila 160 kg N/ha (20 atm. % ^{15}N) a byla aplikována jednorázově. Lokální aplikace byla provedena do hloubky 9 cm a do vzdálenosti 9 cm od rostliny. Analýzy rostlin proběhly ve dvou termínech: 55 dní od výsevu a při sklizni. Sklizeň nadzemní biomasy byla uskutečněna při obsahu sušiny 25 %. Rozbory půd byly realizovány ve stejných termínech jako rozbory rostlin. Půdní vzorky byly odebrány z řady rostlin a ze dvou vrstev (0 až 25 cm, 25 až 60 cm). U varianty s lokální aplikací síranu amonného (SA-L) byl zjištěn podstatně intenzivnější růst nadzemní biomasy než na variantě s plošnou aplikací (SA). V počátečních fázích růstu činil rozdíl 8,3 % a v době sklizně 7,4 %. U varianty SA-L byl také výrazně vyšší odběr dusíku. Na počátku vegetace činil růst 18 % a v době sklizně 5,6 %. Příčinou byla zvýšená tvorba biomasy a v počátečních fázích i vyšší obsah dusíku. Při odběru 55 dní od výsevu byl stanoven obsah dusíku v rostlinách kukuřice na kontrolní variantě 3,59 % a u lokální aplikace 3,92 %. Při sklizni byl obsah dusíku v obou variantách téměř shodný (1,22 % a 1,21 %). Použití izotopu ^{15}N umožnilo sledovat využití dusíku z hnojiva. Při odběru 55 dní od výsevu bylo z aplikované dávky dusíku nalezeno v nadzemní biomase u varianty SA 3,5 % a u varianty SA-L 5,7 %. Při sklizni činilo využití dusíku rostlinami na kontrole 36,3 % a při lokální aplikaci 41,8 %. Vysoké využití dusíku z hnojiva bylo určeno především velkým počtem jedinců na ploše (po přepočtu 314 000 rostlin/ha). Na konci pokusů bylo u kontroly z aplikovaného množství dusíku nalezeno 69 kg v rostlinách (pouze nadzemní část), 79,8 kg v ornici (0 až 25 cm) a 6,9 kg v podornici (25 až 60 cm). Celkem zde bylo stanoveno 145,7 kg dusíku, což představuje 91 % dávky dusíku.

kukuřice; síran amonný (^{15}N); lokální aplikace; využití dusíku

Z hlediska ochrany životního prostředí i celkové ekonomiky má při používání průmyslových dusíkatých hnojiv prvořadý význam zvýšení přímého využití dusíku z hnojiv rostlinami. Vedle klasického způsobu používání dělených dávek (Vaněk et al., 1989) jsou stále předmětem badatelského zájmu výzkumných pracovišť otázky inhibitorů nitrifikace (Balík, 1985; Růžek, 1993), případně hnojiv s regulovaným uvolňováním dusíku (Tlustoš, 1989; Tlustoš et al., 1994a, b). Současně se znovu studuje problematika lokální aplikace N hnojiv (Kassel, 1991; Sommer et al., 1987). Zde se ukazují perspektivy zejména při pěstování zeleniny (Sommer, 1990) a v polní výrobě u plodin s velkou meziřádkovou vzdáleností, jako je kukuřice (Fox et al., 1986; Howard, Tyler, 1989). V našich pokusech jsme se zaměřili na srovnání účinnosti lokální a plošné aplikace síranu amonného u kukuřice.

MATERIÁL A METODA

Pokusy proběhly ve třech letech na Výzkumné stanici ČZU Praha v Červeném Újezdě (nadmořská výška 405 m) v mikroparcelkových polních pokusech. Stanoviště patří do výrobního typu řepářského, subtypu pšenického. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 549 mm. Průměrná teplota za vegetační období (IV. až IX. měsíc) je 13,9 °C, průměrný vegetační úhrn srážek 361 mm. Genetický půdní představitel je hnědozem. Matečný substrát je spraš (80 až 120 cm). Předplodinou kukuřice byla jarní pšenice. Velikost jedné pokusné mikroparcelky činila 53 x 36 cm (1 908 cm²) a byla do hloubky 25 cm ohraničena plasty.

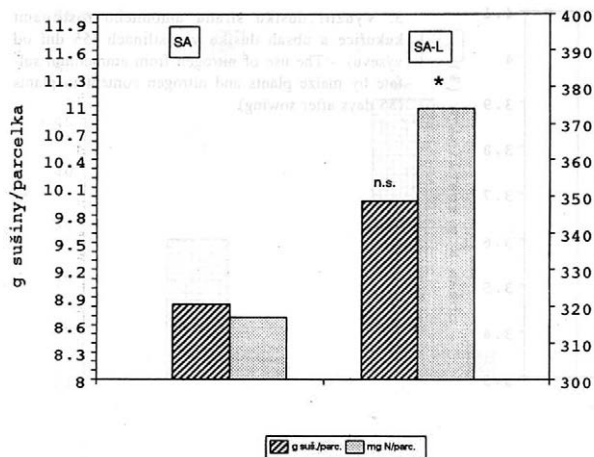
Byly sledovány dva způsoby aplikace síranu amonného. Plošná aplikace je v textu značena SA, lokální SA-L. Každá varianta byla třikrát opakována. Dávka dusíku činila 3,053 g na parcelku, tj. 160 kg N/ha (obohacení ¹⁵N 20 atm. %), a byla aplikována jednorázově. Na parcelce bylo pěstováno osm rostlin (dvě řady rostlin 18 cm vzdálené a mezi rostlinami vzdálenost 11 cm). Na analýzy v průběhu vegetace (55 dní od výsevu) byly použity dvě rostliny. Lokální aplikace byla provedena do meziřádku do hloubky 9 cm a do vzdálenosti 9 cm od rostlin. Odběry půd byly realizovány z řady s rostlinami ze dvou vrstev (0 až 25 cm, 25 až 60 cm). Sklizeň nadzemní biomasy proběhla při obsahu sušiny 25 %. Izotopické analýzy pomocí hmotového spektrometru byly realizovány v Agrikulturchemickém institutu Univerzity v Bonnu. Obsah minerálního dusíku v půdě byl stanoven ve výluhu 0,01 M CaCl₂ (10 g zeminy + 100 ml CaCl₂).

Agrochemická charakteristika půdy: pH/KCl – 6,5, KVK – 148 mval/kg, zásoba P, K, Mg dobrá (metoda Mehlich II), Nt ornice – 0,126 %, Nt podorničí – 0,078 %.

Statistické hodnocení bylo provedeno počítačovým programem Statgraphics analýzou rozptylů (*F*-test). Ve statistickém hodnocení uvedeném v grafech je použito této symboliky: n.s. – statisticky nevýznamné; * – statisticky významné (* = $\alpha_{0,05}$, ** = $\alpha_{0,01}$). Procentuální podíl dusíku z hnojiva v celkovém množství dusíku v rostlině je označen symbolem Nfr a v půdě Nfp. Výsledky analýz po 55 dnech od výsevu jsou přepočteny na šest rostlin (parcelku).

VÝSLEDKY A DISKUSE

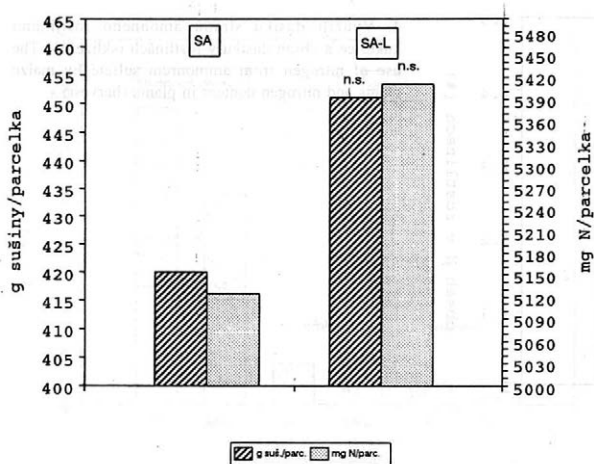
Výnos sušiny a odběr dusíku při velikosti porostu cca 15 cm jsou uvedeny na obr. 1. Jak je zřejmé, došlo u varianty SA-L k nárůstu biomasy o 8,3 %. Při sklizni byl rozdíl mezi variantami SA a SA-L 7,4 % (obr. 2). Tyto výsledky jsou v dobrém souladu s údaji, které uveřejnil Himken (1995), který stanovil průměrné zvýšení (sedm přesných polních pokusů) u kukuřice 5,7 % (síran amonný) a 3,6 % (dusičnan amonný). Citovaný autor zde však použil nižší intenzitu hnojení. Průměrná dávka dusíku byla 75 kg N/ha. Součet množství Nmin v půdě (0 až 90 cm) + dávka dusíku ve hnojivu činil 120 kg N/ha. Obdobně také Welch et al. (1971) a Fox et al. (1986) publikovali nárůst výnosu u kukuřice o 6,7 %, resp. o 4,5 %. V těchto případech však bylo použito NH₄NO₃ a různé doby lokální a plošné aplikace. Nelze proto toto zvýšení hodnotit pouze jako vliv lokální aplikace. Jak je patrné z obr. 1 a 2, byl u varianty SA-L také výrazně vyšší odběr dusíku. Na počátku vegetace zde činil rozdíl 18 % a v době sklizně 5,6 %. Příčinou je zvýšený nárůst biomasy a v počátečních fázích i zvýšený obsah dusíku (obr. 3 a 4). Při odběru 55 dní po výsevu byl obsah dusíku v rostlinách kukuřice u varianty SA-L 3,92 % a na kontrole pouze 3,59 %. Také Himken (1995) uvádí u lokální aplikace výrazně vyšší obsah dusíku v mladých rostlinách ve fázi 8 až 10 listů. Zřetelné zvýšení obsahu dusíku dokumentuje lepší zásobenost rostlin dusíkem při lokální aplikaci. V době sklizně byl v rostlinách téměř stejný obsah dusíku (SA 1,22 %; SA-L 1,21 %). Práce s izotopem ¹⁵N nám umožnila sledovat využití dusíku z hnojiva (obr. 3 a 4). Při odběru 55 dní od výsevu bylo nalezeno z aplikované dávky dusíku v nadzemní biomase 3,5 % u varianty SA a 5,7 % u varianty SA-L. Při sklizni činilo využití dusíku rostlinami na kontrole 36,3 % a při lokální aplikaci 41,8 %. Rozdíl 5,5 % je statisticky významný. Poměrně vysoké využití dusíku z hnojiva je dáno především velkým počtem jedinců na ploše (po přepočtu cca 314 000 rostlin/ha). Také skutečnost, že prostor byl do hloubky 25 cm ohraničen plasty, přispěla k většímu prokořnění a následně ke zvýšenému využití dusíku z hnojiva. Jak je dále zřejmé z analýz půd, také minimální ztráty dusíku vyplavením na stanovišti pozitivně ovlivnily konečný výsledek. Z analýz rostlin odebraných 55 dní od výsevu vyplývá, že z celkového množství dusíku v rostlinách činil dusík z hnojiva (Nfr) u lo-



1. Výnos sušiny a odběr dusíku rostlinami (55 dní od výsevu) – Dry matter yield and nitrogen uptake by plants (55 days after sowing)

Vysvětlivky k obr. 1 až 7 – Explanations to Figs 1 to 7:

sušina – dry matter
parcelka – plot
využití dusíku ze síranu amonného – nitrogen use from ammonium sulfate
obsah dusíku v rostlinách – nitrogen content in plants
dny od výsevu – days after sowing
sklizeň – harvest
ornice – topsoil
podorní – subsurface

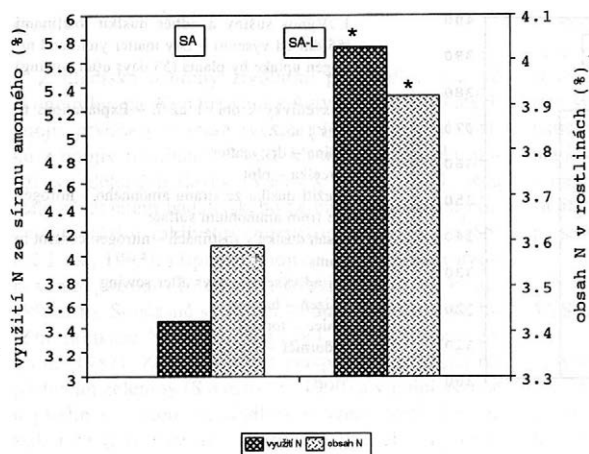


2. Výnos sušiny a odběr dusíku rostlinami (sklizeň) – Dry matter yield and nitrogen uptake by plants (harvest)

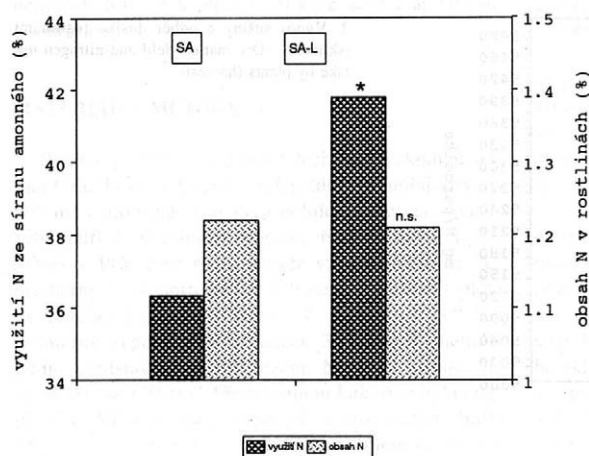
kální aplikace 46,8 % a u kontrolní varianty 33,3 % (obr. 5). Také tyto výsledky zřetelně dokumentují podstatně lepší příjem dusíku kukuřicí při lokální aplikaci v počátečních fázích růstu. Na konci pokusů se podíl dusíku ze síranu amonného v celkovém množství dusíku v rostlině (Nfr) u obou variant téměř nelišil (SA 22 %; SA-L 22,6 %). Zároveň je zde patrné, že rozhodující podíl tvoří dusík půdy, přestože šlo o vysokou intenzitu hnojení dusíkem. Ze všech uvedených analýz rostlin jednoznačně vyplývá, že při lokální aplikaci byly rostliny lépe zásobeny dusíkem, zejména pak v počátečních fázích růstu. Co se týká kvality produkce, byl sledován podíl vytvořených palic. V celkovém množství nadzemní biomasy činily palice u varianty SA 27,2 % a u varianty SA-L 28,3 %. Uvedené rozdíly nebyly statisticky průkazné. Na rozdíl od údajů, které uveřejnil Himken (1995), jsme zaznamenali mírnou tendenci k nárůstu podílu palic. Zvýšená tvorba listů (zvýšený asimilační potenciál) u lokální aplikace ve vegetativní fázi se dále projevil i v generativní fázi větším podílem palic. Nezbytným předpokladem k tomu, aby byl zalo-

žený fotosyntetický potenciál z počátku vegetace dobře využit, byla celkově vysoká intenzita hnojení dusíkem. V pokusech, které realizoval Himken (1995), činila 75 kg N/ha, přičemž zmíněný autor uvádí, že rostliny trpěly ke konci vegetace nedostatkem dusíku, což vedlo k depresi v tvorbě palic.

Výsledky obsahu minerálního dusíku v půdě jsou prezentovány na obr. 6. Přitom je třeba zdůraznit, že vzorky byly odebrány pouze v řadě rostlin a že nejde o průměr ornice či podorní. Z těchto výsledků je zřejmé, že v počátečních fázích měly rostliny k dispozici značné množství minerálního dusíku. Na kontrole bylo 56,8 mg N/kg půdy a u lokální aplikace bylo v místě odběru 40,5 mg N/kg půdy. Při přepočtu na plochu to představuje 213 kg N/ha a 152 kg N/ha. Je zajímavé, že u lokální aplikace jsme zaznamenali vysoký obsah nitrátového dusíku (30,7 mg N/kg), který nebyl statisticky rozdílný od obsahu dusíku kontrolní varianty (34,2 mg N/kg). V souladu s předpokladem byly však významně odlišnosti v obsahu N-NH₄. Na kontrole bylo 22,6 mg N/kg a u SA-L 9,8 mg N/kg. Při rozborech



3. Využití dusíku síranu amonného rostlinami kukuřice a obsah dusíku v rostlinách (55 dní od výsevu) – The use of nitrogen from ammonium sulfate by maize plants and nitrogen content in plants (55 days after sowing)

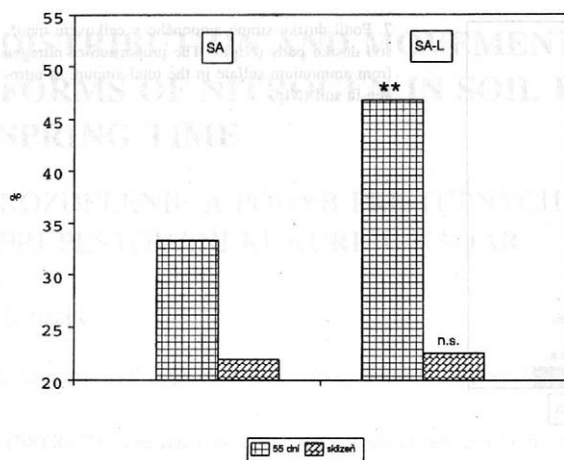


4. Využití dusíku síranu amonného rostlinami kukuřice a obsah dusíku v rostlinách (sklizeň) – The use of nitrogen from ammonium sulfate by maize plants and nitrogen content in plants (harvest)

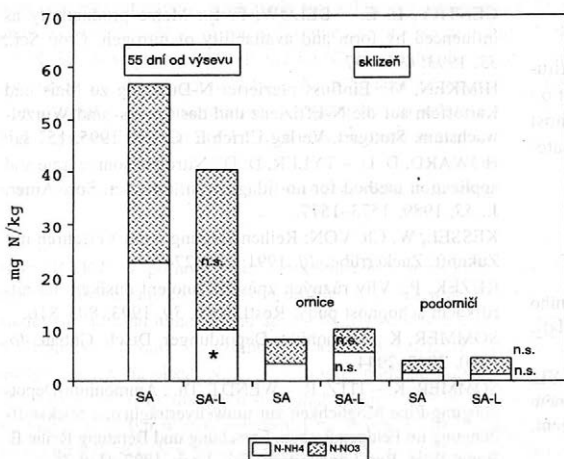
minerálního dusíku však nebyla provedena izotopická sledování a nelze proto odlišit podíl dusíku z hnojiva a z půdy. V době sklizně byl obsah minerálního dusíku v ornici i podorniči nízký a bez statistických rozdílů. Při plošné aplikaci činil obsah N_{min} v ornici 7,9 mg N/kg a v podorniči 3,9 mg N/kg, u lokální aplikace v ornici 9,9 mg N/kg a v podorniči 4,4 mg N/kg. Je zřejmé, že nízké hodnoty N_{min} jsou v dobrém souladu s vysokým odběrem dusíku rostlinami, který činil na kontrolní variantě 269 kg N/ha a u lokální aplikace 284 kg N/ha, tj. o 109 kg N/ha, resp. 124 kg N/ha více, než byla dávka ve hnojivu. Nízké obsahy N_{min} v půdě u obou variant na konci vegetace vysvětlují téměř stejný obsah dusíku v rostlinách v době sklizně, neboť rostliny byly nedostatečně zásobeny dusíkem.

Použití vysokého izotopického obohacení v síranu amonném a kvalitní vybavení Agrikulturchemického institutu Univerzity v Bonnu nám umožnilo poměrně přesně sledovat obsah ^{15}N v půdě (obr. 7). Při odběru v počátku vegetace činil dusík z hnojiva v Nt půdy (Nfp) u varianty SA 2,96 % a u varianty SA-L 1,47 %,

což po přepočtu odpovídá 140 kg N/ha, resp. 69 kg N/ha. Je zřejmé, že do míst odběru půdních vzorků musel být dusík ze zóny vnesení přetransportován. Musela proto být část z NH_4^+ nitrifikována na NO_3^- . Tento závěr podporuje i vysoký obsah NO_3^- v prostoru pod rostlinami. Jestliže u varianty SA-L sečteme množství dusíku v půdě v oblasti pod rostlinami a v rostlinách, dostaneme hodnotu 78 kg N/ha. Za předpokladu minimálních ztrát dusíku denitrifikací a vyplavením bylo v zóně aplikace a v jejím okolí téměř 50 % z dodané dávky. Uvedené hodnoty nejsou v rozporu s údaji z literatury (Himken, 1995). Citovaný autor stanovil v místě vnesení v polních podmínkách po osmi týdnech 30 % z dávky ve formě NH_4^+ . V době sklizně činil Nfp v ornici u kontroly 1,69 % a u lokální aplikace 0,65 %. Ve vrstvě 25 až 60 cm tvořil podíl dusíku z hnojiva v Nt půdy u varianty SA 0,168 % a u varianty SA-L 0,171 %. Nízké obsahy izotopu ^{15}N v podorniči u obou variant dokumentují malý posun dusíku z hnojiva v důsledku vymývání, což velmi dobře koresponduje s nadprůměrným odběrem dusíku rostlinami,



5. Podíl dusíku síranu amonného v celkovém množství dusíku kukurice (Nfr) – The proportion of nitrogen from ammonium sulfate in the total amount of nitrogen in maize (Nfr)

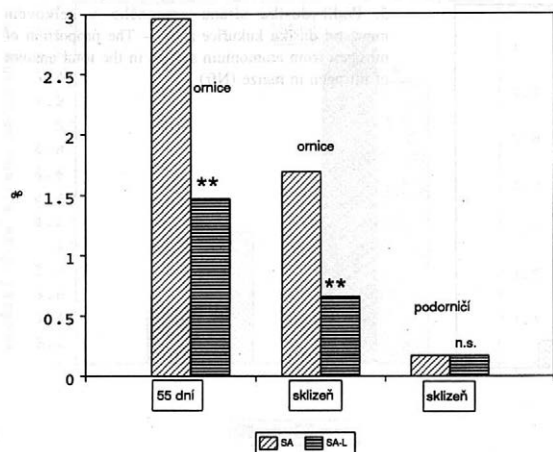


6. Obsah minerálního dusíku v půdě (výluh 0,01 M CaCl_2) – Mineral nitrogen content in soil (extract 0.01 M CaCl_2)

s nízkým množstvím srážek v průběhu vegetace i s výsledky našich lyzimetrických pokusů prováděných na této stanici (Balík et al., 1995). Na konci pokusů bylo u kontrolní varianty z aplikovaného množství nalezeno 69 kg v rostlinách (pouze nadzemní část), 79,8 kg v ornici, 6,9 kg v podomíči. Celkem jsme zde stanovili 145,7 kg N/ha, což představuje 91 % původní dávky. Vzhledem ke způsobu odběru půdních vzorků však nemůžeme provést tuto bilanci u lokální aplikace.

Klíčovým faktorem z hlediska účinnosti lokální aplikace je správná volba hloubky a odstupu od semen rostlin. Důležité je, aby se kořeny rostlin dostaly co nejdříve do styku se zónou vnesení. Z literatury je známo (Drew, Saker, 1975; Edwards, Barber, 1976), že kořeny rostlin jsou schopny výrazně zvýšit intenzitu příjmu živin, jestliže se dostanou do oblastí s vysokou koncentrací. Toto zvýšení je tak výrazné, že potom pouze malá část z kořenového systému je schopna dostatečně zásobovat rostlinu. Proto jsme zaznamenali výrazně pozitivní účinek lokální aplikace v počá-

tečních fázích, i když také na kontrolní variantě byl vysoký obsah minerálního dusíku. Např. v pokusech, které realizoval Burns (1991), stačilo pouze 12 až 15 % kořenů k dostatečné výživě salátu. V našich pokusech, kdy byl aplikován $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, se kromě celkového množství minerálního dusíku projevilo také, že při lokální aplikaci měly rostliny k dispozici více NH_4^+ iontů. Jak ukazují výsledky z literatury (Gentry, Below, 1993), má pozitivní účinek amonný dusík zejména v počátečních stadiích růstu. Kladný vliv lokální aplikace se obecně skládá z celé řady faktorů: zvýšená tvorba kořenů v oblasti vnesení hnojiva, omezení nitrifikačních procesů v půdě, snížení imobilizace v půdě, snížení denitrifikace, snížení ztrát vymýváním, pokles pH v místě aplikace, lepší výživa fosforem a mikroelementy. Z uvedených výsledků je zřejmé, že při správném použití lokální aplikace lze dosáhnout vyššího využití dusíku hnojiv, ale nezbytným předpokladem je další teoretické studium této problematiky.



7. Podíl dusíku síranu amonného v celkovém množství dusíku půdy (Nfp) – The proportion of nitrogen from ammonium sulfate in the total amount of nitrogen in soil (Nfp)

Poděkování

Autoři děkují vedení Agrikulturchemického institutu univerzity v Bonnu prof. Dr. Wilfriedu Werneroovi a prof. Dr. Heinrichu Schererovi za možnost analytických stanovení izotopu ^{15}N v rostlinném materiálu i v půdách.

LITERATURA

- BALÍK, J.: Vliv inhibitorů nitrifikace na změny minerálního dusíku v půdě a na bilanci dusíku močoviny $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Rostl. Vyr., 31, 1985: 913–920.
- BALÍK, J. – VANĚK, V. – PAVLÍKOVÁ, D. – PŘIBYL, A.: Změny obsahu dusíku a uhlíku v půdě při opakovaném pěstování silážní kukuřice a různém dusíkatém hnojení. Rostl. Vyr., 41, 1995: 427–432.
- BURNS, J. G.: Short- and long-term effects of a change in the spatial distribution of nitrate in the root zone on uptake, growth and root development of young lettuce plants. Pl. Cell and Envir., 14, 1991: 21–33.
- DREW, M. C. – SAKER, L. R.: Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. II. Localized, compensatory increases in lateral root growth and rates of nitrate uptake when nitrate supply is restricted to only part of the root system. J. Exp. Bot., 26, 1975: 79–90.
- EDWARDS, J. H. – BARBER, S. A.: Nitrogen flux into corn roots as influenced by shoot requirement. Agron. J., 68, 1976: 471–473.
- FOX, R. H. – KERN, J. M. – PIEKIELEK, W. P.: Nitrogen fertilizer source, and method and time of application effects on no-till corn yields and nitrogen uptakes. Agron. J., 78, 1986: 741–746.

GENTRY, L. E. – BELOW, F. E.: Maize productivity as influenced by form and availability of nitrogen. Crop Sci., 33, 1993: 491–497.

HIMKEN, M.: Einfluss plazierter N-Düngung zu Mais und Kartoffeln auf die N-Effizienz und das Spross- und Wurzelwachstum. Stuttgart, Verlag Ulrich E. Grauer 1995. 157 s.

HOWARD, D. D. – TYLER, D. D.: Nitrogen source, rate and application method for no-tillage corn. Soil Sci. Soc. Amer. J., 53, 1989: 1573–1577.

KESSEL, W. Ch. VON: Reihendüngung – ein Verfahren mit Zukunft. Zuckerrübe, 40, 1991: 268–274.

RŮŽEK, P.: Vliv různých způsobů hnojení dusíkem na nitrifikační schopnost půdy. Rostl. Vyr., 39, 1993: 805–816.

SOMMER, K.: Ammonium-Depotdünger. Dtsch. Gnbau, 46, 1990: 2942–2944.

SOMMER, K. – TITZ, R. – WENDT, Th.: Ammonium-Depotdüngung-Eine Möglichkeit zur umweltverträglichen Stickstoffdüngung im Feldgemüsebau, Forschung und Beratung Reihe B. Bonn, Wiss. Ber. Landwirtschaft. Fak. Univ. 1987. Heft 36.

TLUSTOŠ, P. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Vliv obalu na uvolňování živin z kombinovaných hnojiv. Rostl. Vyr., 40, 1994: 219–229.

TLUSTOŠ, P. – VOSTAL, J. – KROPÁČEK, P.: Vlastnosti obalovaného ledku amonného s rozdílnou rozpustností. Rostl. Vyr., 40, 1994: 231–239.

TLUSTOŠ, P.: Agrochemická charakteristika pozvolna působících hnojiv. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1989. – ČZU.

VANĚK, V. – VOSTAL, J. – ČINKOVÁ, D. – VLKOVÁ, O.: Vliv doby aplikace močoviny na odběr a využití dusíku ozimou pšenicí. Rostl. Vyr., 35, 1989: 681–688.

WELCH, L. F. – MULVANEY, D. L. – OLDHAM, M. G. – BOONE, L. V. – PENDLETON, J. W.: Corn yield with fall, spring, and sidedress nitrogen. Agron. J., 63, 1971: 119–123.

Došlo 12. 8. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Tlustoš, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 34, fax: 02/34 44 18

DISTRIBUTION AND MOVEMENT OF PLANT AVAILABLE FORMS OF NITROGEN IN SOIL FOR MAIZE DURING SPRING TIME

ROZDELENIE A POHYB PRÍSTUPNÝCH FORIEM DUSÍKA V PÔDE PRI PESTOVANÍ KUKURICE NA JAR

J. Bízík

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: The relations among the content of nitrogen forms in the soil profile of Orthic Luvisol, nitrogen uptake by maize and yield of grain were studied in field experiments. The results of nitrogen content in soil before sowing of maize and in May and June were used to determine the limits of N_{min} in 0 to 0.6 m soil layer in yield generation. Further mineralizable nitrogen and nitrate in soil solution were observed. Mineralization of nitrogen was evaluated by means of three analysis of soil: 1. N_{min} in wet soil immediately after sampling, 2. N_{min} in dry soil, 3. N_{min} in soil after incubation of soil – 1% K_2SO_4 suspension for 20 h and 80 °C. For higher levels of grain yields, in May and June the N_{min} content in 0 to 0.6 m soil layer should be 15 to 20 mg $N.kg^{-1}$. The values of N_{min} below 6 mg $N.kg^{-1}$ evidently result in decreased yields. Consequently, the concentration of nitrate in soil solution from 1.5 m (by way of vacuum lysimeters) is reduced to with higher yields. Nitrogen uptake is in close relation to the content of N_{min} in soil during spring time and to the yield.

maize; nitrogen in soil; uptake of nitrogen; yield; lysimeter

ABSTRAKT: V poľnom pokuse s kukuricou v monokultúre založenom v roku 1994 sa sledovali vzťahy medzi obsahom rôznych foriem dusíka v pôdnom profile po vrstvách až do hĺbky 1,0 m, jeho príjmom kukuricou a úrodou zrna. Výsledky sledovania obsahu minerálneho dusíka (N_{min}) vo vrstve 0 až 0,6 m pred sejbou kukurice, v máji a v júni sa použili na určenie ich limitných hodnôt vo vzťahu k úrode zrna. Intenzita mineralizácie organického dusíka bola hodnotená pomocou troch analýz zeminy na obsah N_{min} : 1. v mokrej pôde po odbere vzorky, 2. v suchej pôde po vysušení pri izbovej teplote, 3. po 20h hydrolyze, resp. inkubácii suspenzie zemina – 1% K_2SO_4 pri teplote 80 °C. K dosiahnutiu vyšších úrod by sa obsah N_{min} vo vrstve 0 až 0,6 m mal pohybovať na úrovni 15 až 20 mg $N.kg^{-1}$, hodnoty pod 6 mg $N.kg^{-1}$ významne znižujú úrodu. Koncentrácia NO_3^-N v pôdnom roztoku zachytenom pomocou vákuových lyzimetrov z hĺbky 1,5 m klesá pri vyšších úrodách kukurice. Príjem dusíka je v úzkom vzťahu s obsahom N_{min} v pôde a úrodou.

kukurica; dusík v pôde; príjem dusíka; úroda; lyzimeter

INTRODUCTION

Rapid movement of the nitrate in soil profile seems to be the main problem of the rational input of nitrogen fertilizers in crop production. Nitrate is subject of two of the most important nitrogen losses leaching and denitrification. Most leaching occurs during the time of the year when rainfall exceeds evapotranspiration. Good management practices, including utilization of needed information about soil properties, but mainly of nitrogen content in soil, especially in time before fertilizer application, about nitrogen uptake by growing crop, and some others, should help in decision of better fertilizer management. The broad spectrum of interests includes the distribution and fate of inorganic and organic forms of nitrogen in the soil profile. It is evident from the results of prior investigation (Bielek, 1984;

Bízík, 1989; Follet, 1989 and others), that leaching of nitrate into ground water may increase and assumed to be a major threat to groundwater quality. Lysimeters are needed to measure losses of nitrate (Webster et al., 1993). Crops decrease the leaching of nitrate through nitrogen removal, by decreasing drainage and, possibly, by the action of root mucilage on the microflora (Henin, 1989). The main goal of research in the area of plant nutrition is to determine the optimal combination of all factors which influence the level of yields and the environment.

MATERIAL AND METHODS

In a field experiment on Orthic Luvisol with maize monoculture the relations among forms of nitrogen in

the soil profile, uptake of nitrogen by plants and of yields of maize are studied. In two week intervals (except the winter when the soil is frozen) from five soil layers 0 to 0.2 m, 0.2 to 0.4 m, 0.4 to 0.6 m, 0.6 to 0.8 m and 0.8 to 1.0 m samples were taken. In all fresh soil samples NO_3^- -N and NH_4^+ -N (i.e. $\text{N}_{\min}$) was determined and in part of samples easily hydrolyzable nitrogen adapted method of Øien et al. (1980). The uptake of nitrogen was measured by means of chemical analysis of plants during the growing season of maize. In the paper the results obtained in spring time are presented. The plant samples were taken in the stage of ten leaves and after the end of anthesis. The soil solution was collected by means of suction shallow Timco cup lysimeters, which were installed in the soil profile 1.5 m deep.

The maize was growing on fertilized and unfertilized plots (NPK and 0), where soy-bean was used as a forecrop. The rates of nutrients per 1 ha of fertilized maize were every year as follows: 43 kg P, 125 kg K in the autumn and 100 kg N in the spring. Soil properties: middle content of P and K, pH 5.7, content of humus 2.16%, porosity 45.8% (0 to 50 mm) up to 34.5% (800 to 850 mm), water table 2.5 to 3.0 m.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the quantities of nitrogen moving within the soil including its uptake by plants, especially during spring time, provide guidance in rational fertilizing and in the evaluation of the plant's nutrition status. Tab. I presents the results of the nitrate content in the soil solution which were collected by vacuum lysimeters. Due to their later installation (May 3, 1994) the first usable results were obtained on June 7. Another lysimeter, which was located in the soil profile of the control treatment without fertilization, did not

work, and after the harvest of maize it had to be reinstalled. The nitrate concentration during three years was the highest in the soil profile with NPK treatment in 1994 (on average $118.7 \text{ mg N.l}^{-1}$). The last sampling was made on July 18, the latest date for three years. The sum of rainfall during October 1993 up to May 1994 was 512.7 mm, in 1994/1995 437.9 mm and in 1995/1996 409.9 mm, respectively. The highest sum of rainfall during a crop year corresponds directly to nitrate concentration in the soil solution for the NPK treatment. It was much lower in the following two years due to significantly lower rainfall.

In 1995 the concentration of nitrate in the soil solution of the control treatment was lower, with an average value 14.2 mg N.l^{-1} in 1996 and 16.5 mg N.l^{-1} , respectively. It means that the mineralization process of organic nitrogen is evidently lower in soil untreated with nitrogen.

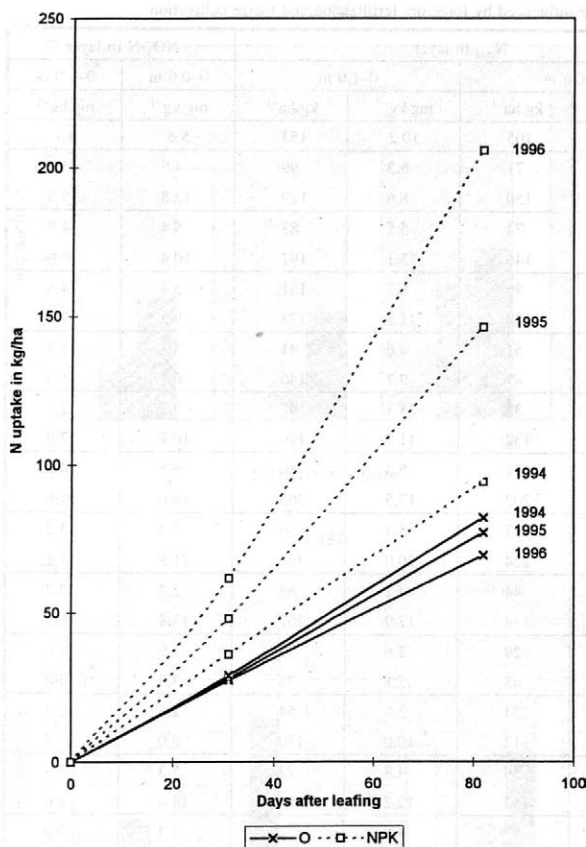
Results in Tab. I show that in 1995 and 1996 the movement of soil solution with nitrate in the soil profile under maize plants was practically stopped in the mid-June, but in 1994, the sample evacuation allowed it up to the mid-July.

A deeper root system of maize makes it possible to utilize and takes up the nutrition located under the arable soil layer. For this reason the nitrogen content is monitored up to 0.6 m deep. Gordon, Ricker (1993) found out that relationships between NO_3^- -N in the upper 0.3 m of soil and nitrogen uptake were poor, while NO_3^- -N at 0 to 0.6 m gave the best relationship between soil test and nitrogen uptake. As it is well known, also nitrogen uptake and the yield of maize are limited with the amount of available forms of nitrogen and the soil water content. This applies when other factors are not limited. Despite higher $\text{N}_{\min}$ content in the soil after legumes, the yield in 1994 was mainly limited by the shortage of rainfall in June and July (29.4 mm and 33.1 mm) what was associated with rela-

I. The NO_3^- -N concentration (mg.l^{-1}) in soil solution isolated by means of vacuum lysimeters at 1.5 m depth

1994			1995			1996		
date	treatment		date	treatment		date	treatment	
	0	NPK		0	NPK		0	NPK
06/07	- *	125.0	02/17	12.2	43.0	04/18	14.6	29.4
06/13	-	128.8	02/23	13.2	44.5	05/09	17.0	33.0
06/15	-	122.5	03/01	13.0	46.1	05/18	16.2	32.0
06/20	-	118.8	03/21	15.5	47.5	05/27	17.4	29.3
06/23	-	126.5	04/07	13.5	39.0	06/03	16.4	31.5
07/04	-	124.0	05/03	12.8		06/10		27.3
07/04	-	115.0	06/14	18.9		06/18		
07/11	-	105.0						
07/14	-	111.3						
07/18	-	111.3						
average	-	118.4	average	14.2	44.0	average	16.5	29.8

* lysimeter not functioning



1. Intensity of nitrogen uptake from leafing to the end of anthesis of maize influenced by fertilization and year

tive high temperatures 18.7 °C and 23.1 °C, respectively, and hence, not by nitrogen.

Also the nitrogen uptake by maize from leafing up to end of anthesis confirms low differences among 0 and NPK treatment (Fig. 1). Under such climatic conditions the content of N_{min} around 10 mg.kg⁻¹ in soil layer 0 to 0.6 m before sowing of maize seems to be sufficient to achieve the grain yield close to 5 t.ha⁻¹.

The intensity of mineralization of organic nitrogen was analyzed in three ways (first, immediately after sampling in wet soil, the second, after drying by room temperature and third, after 20 h of hydrolysis in thermostat by 80 °C in soil – 1% K₂SO₄ suspension) and shows also the positive influence of legumes on the content of available form of nitrogen in soil.

In the spring of 1995, the values of N_{min} (in wet soil) were evidently lower 4 to 7 mg N.kg⁻¹ in the 0 to 0.6 m layer and 3.1 to 5.3 mg N.kg⁻¹ in the 0 to 1.0 m layer. Nitrogen fertilizer used before sowing significantly increased the content of N_{min} in soil. Besides of the amount of nitrogen in fertilizer added and in unfertilized soil mineralized also priming effect was detected in fertilized soil. After Bashkin (1987), Bielek (1984), Kopčanová et al. (1993) and others, nitrogen fertilizers support microorganisms activity change

decomposing soil organic matter and releasing more inorganic nitrogen. From data in Tab. II it can be seen that in 1995 the rate of 100 kg N.ha⁻¹ increased the content of N_{min} in the 0 to 0.6 m soil layer from 45 to 61 kg.ha⁻¹ and in the 0 to 1.0 m layer from 83 kg to 120.5 kg.ha⁻¹. N_{min} is mostly in nitrate form (Tab. II) more of it in soil treated with NPK up to around 90% of N_{min} content.

The yield of grain in 1995 was 5.06 t.ha⁻¹ on the unfertilized and 7.39 t.ha⁻¹ on fertilized plots. The relative high yield of unfertilized maize could be explained by unutilized sources of accumulated nitrogen after soy-bean in 1994. Such effect of legumes on the second crop (maize) in crop rotation was discussed by Bízík (1978). The high value of priming effect in fertilized soil manifested itself in the relative high yield of grain, despite dry summer (in July 0.1 mm of rainfall and in the first ten days of August 0.3 mm with an average temperature in July 22.9 °C). This result shows that if the content of N_{min} in soil layer of 0 to 0.6 m is close to 7 mg.kg⁻¹ and by adequate intensity mineralization of nitrogen from organic material (Fig. 2) in addition to abundant rainfall in May and June in this locality (near Nitra) a yield around 5 t.ha⁻¹ may be achieved.

Year	Date	Treatment	N_{min} in layer				NO_3^-N in layer	
			0–0.6 m		0–1.0 m		0–0.6 m	0–1.0 m
			mg.kg ⁻¹	kg.ha ⁻¹	mg.kg ⁻¹	kg.ha ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
1994	04/22	0	11.7	105	10.2	153	5.6	4.7
	05/31	0	7.9	71	6.3	99	4.6	3.6
		NPK	16.7	150	8.6	129	12.8	9.5
	06/14	0	8.2	74	5.5	83	5.4	4.9
		NPK	16.2	146	13.1	197	10.4	10.6
	06/28	0	10.7	96	8.7	131	5.4	4.8
		NPK	13.7	123	11.5	173	9.3	7.5
1995	04/19	0	5.7	51	4.6	41	3.1	2.4
		NPK	9.7	87	9.7	146	6.1	5.3
	05/05	0	3.9	35	3.1	47	3.2	2.7
		NPK	14.7	132	11.3	170	10.3	7.9
	05/17	0	6.3	57	5.3	80	5.5	4.8
		NPK	22.4	202	17.5	263	18.6	14.6
	05/31	0	7.0	63	5.3	80	3.4	3.2
		NPK	24.9	224	20.0	300	21.8	17.1
	06/14	0	4.9	44	4.2	63	2.2	2.2
		NPK	14.9	134	17.9	267	13.8	16.8
1996	04/26	0	3.2	29	2.6	39	1.9	1.6
		NPK	5.3	48	5.1	77	3.8	4.0
	05/09	0	3.8	34	3.6	54	2.3	2.2
		NPK	12.4	112	10.0	150	8.0	6.8
	05/23	0	6.6	59	4.8	72	5.3	3.9
		NPK	14.7	132	12.2	183	11.4	9.6
	06/06	0	5.9	53	4.8	72	3.3	3.0
		NPK	19.7	177	15.0	225	14.7	11.0

At the beginning of September the yield was estimated to about 3.5 to 4.0 t.ha⁻¹ on unfertilized and around 10 t.ha⁻¹ on fertilized plot. In 1996, the uptake of nitrogen by plants shows that the distance between lines with 0 and NPK treatments (Fig. 2) is the largest during the three years (i.e. the scissors are more opened). It confirms that between the nitrogen uptake by plants and yield is a close relationship. Likewise, nitrogen is a limiting factor of yield when rainfall is optimal (in June 49.9 mm and in July 65.6 mm). In spring time N_{min} values were on the level of 3.2 to 5.9 mg N.ha⁻¹ in the 0 to 0.6 m stratum and 3.2 to 4.8 mg N.kg⁻¹ in the 0 to 1.0 m stratum. Likewise, the intensity of N_{min} release (Fig. 2) in unfertilized soil was relatively slow.

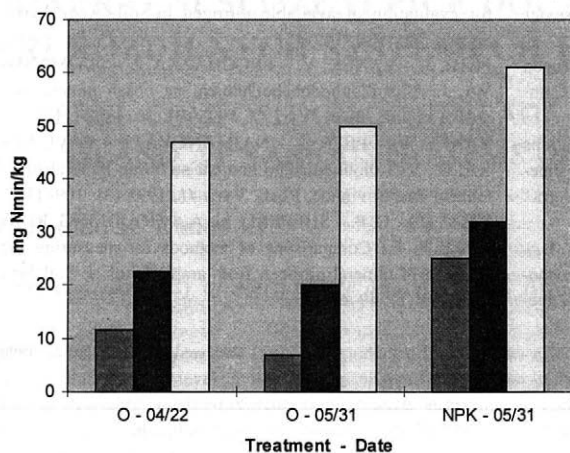
The results also show that maize gives higher yields when in May and June the content of N_{min} in the 0 to 0.6 m soil layer is around 15 to 20 mg N.kg⁻¹ what is in congruency with the results of Binford et al. (1992). The formation of priming effect during spring seems to be limited by the intensities of nitrogen uptake and of mineralization of nitrogen from organic forms.

A more detailed evaluation of mineralizable nitrogen will be the subject of another article. The presented information confirms the results of Vaněk et al. (1995) and Petr et al. (1995) that mineralizable nitrogen together with N_{min} seems to be in close relation with the yield and nitrogen taken up by crops.

REFERENCES

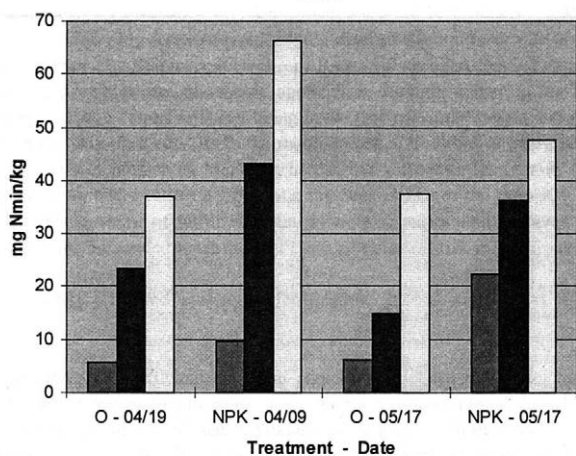
- BASHKIN, V. N.: Agrochimija azota. Puščino, AN SSSR 1987. 270 p.
- BIELEK, P.: Dusík v pôde a jeho premeny. Bratislava, Príroda 1984. 135 p.
- BINFORD, G. D. – BLACMER, A. M. – CERRATO, M. E.: Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring. Agron. J., 84, 1992 (1): 53–59.
- BÍŽIK, J.: Efektívnosť hnojív v závlahových podmienkach Slovenska. [Priebežná správa.] Bratislava, VÚZH 1978.
- BÍŽIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, SAV 1989. 189 p.

1994

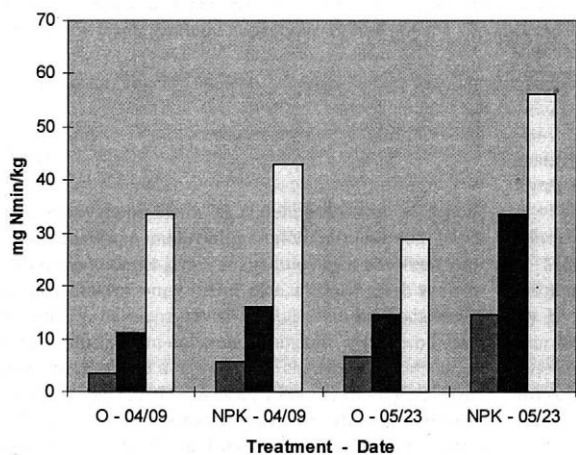


2. Content of N_{min} during spring in soil treated with and without fertilizers by different soil analysis procedures (1994, 1995, 1996)

1995



1996



FOLLET, R. E.: Nitrogen management and groundwater protection. Amsterdam, Oxford, New York, Tokio, Elsevier 1989. 395 p.

GORDON, W. B. – EICKER, D. H.: Tillage and nitrogen effects on growth, nitrogen content, and yield of corn. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 24, 1993 (5–6): 421–441.

HENIN, S.: Problems of nitrate pollution: new interpretations of results obtained between 1931 and 1949 from the lysimeters installed at Versailles by A. Demolon. C. R. Acad. Agric. (France), 75, 1989: 79–85.

KOPČANOVÁ, L. – ŠTEVLÍKOVÁ, T. – BUMBALA, L. – JAVOREKOVÁ, S.: Vplyv alternatívnych systémov hospodárenia na mikrobiologické premeny dusíka v pôde. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1993.

ØIEN, A. – SELMER OLSEN, A. R.: A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. Acta Agric. Scand., 30, 1980: 149–156.

PETR, J. – VANĚK, V. – PROCHÁZKA, J. – NAJMANOVÁ, J.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě. Rostl. Výr., 41, 1995 (3): 103–108.

VANĚK, V. – PETR, J. – NAJMANOVÁ, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah mineralizovatelného dusíku v půdě. Rostl. Výr., 41, 1995 (3): 109–114.

WEBSTER, C. P. – SHEFERD, M. A. – GOUDLING, K. W. – LORD, E.: Comparisons of methods for measuring the leaching of mineral nitrogen from arable lands. J. Soil Sci., 44, 1993 (1): 49–62.

Received on September 27, 1996

Contact Address:

Prof. Ing. Ján Bízík, DrSc., Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/601, fax: 087/41 14 51

MINERÁLNÍ SLOŽENÍ PÍCE DOČASNÉ LOUKY PŘI ROZDÍLNÝCH SYSTÉMECH HNOJENÍ

MINERAL COMPOSITION OF HERBAGE OF TEMPORARY GRASSLAND AT VARIOUS SYSTEMS OF FERTILIZATION

Z. Poulík, K. Římovský

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: Three-year plot trial was conducted to study the effect of organic and mineral fertilization of preliminary grassland at identical level of nutrition on mineral composition of herbage and ratios of main macrobiological nutrients. Organic manuring consisted of cattle liquid manure at average dose of 63 t ha^{-1} , mineral fertilization by ammonium nitrate with limestone, superphosphate and potassium salt. In 1992 doses of nutrients amounted to 262 kg N ha^{-1} , 80 kg P ha^{-1} and 268 kg K ha^{-1} , in 1993 these were as follows: 225 kg N ha^{-1} , 53 kg P ha^{-1} and 165 kg K ha^{-1} and in 1994: 120 kg N ha^{-1} , 54 kg P ha^{-1} and 103 kg K ha^{-1} . Nitrogen in commercial fertilizers was split to individual cuts at a rate 50 : 30 : 20%, PK fertilizers were applied in the spring. Liquid manure was applied in sprayer in first two years in autumn, in the third year in spring before growth recovery. The concentration of N, P, K, Ca and Mg in herbage dry matter and ratios of K : (Ca + Mg), Ca : P and K : Mg were assessed. Liquid manuring led in most cuts to the reduction in phosphorus concentration in herbage and growth of calcium concentration. Intake of nitrogen, potassium and magnesium was different in individual years as depended on the date of manure application. Autumn manuring resulted in reduction of concentration of these nutrients compared with commercial fertilizing in the first cut of the subsequent year and on the contrary, their concentration increased in second and third cuts. As to the requirements of livestock animals, herbage of meadow stand showed a lack of phosphorus and excess of potassium. Manuring had a good impact on the ratio K : (Ca + Mg) in the first two years of the trial, mineral fertilization had a ratio Ca : P, while the dependence of the ratio K : Mg was not unambiguous. Despite positive effect of individual systems of fertilization on relationship of mineral nutrients in some cuts, their absolute values exceeded in most cases a recommended level in most cases of potential risk of occurrence of physiological diseases in livestock.

preliminary grassland; systems of fertilization; mineral composition of herbage; ratios of nutrients

ABSTRAKT: V tříletém exaktním parcelovém pokusu byl studován vliv organického hnojení kejdou skotu ve srovnání s hnojením průmyslovými hnojivy na minerální složení píce dočasného lučního porostu při shodné úrovni výživy. Hnojení kejdou vedlo ve většině sečí k poklesu koncentrace fosforu v píci a nárůstu koncentrace vápníku. Příjem dusíku, draslíku a hořčíku byl v jednotlivých letech rozdílný v závislosti na termínu aplikace kejdy. Píce lučního porostu vykazovala z hlediska požadavků hospodářských zvířat deficit fosforu a nadbytek draslíku. Organické hnojení přiznivě ovlivňovalo poměr K : (Ca + Mg) v prvních dvou letech pokusu, minerální hnojení poměr Ca : P, zatímco závislost poměru K : Mg na systému hnojení nebyla jednoznačná. I přes pozitivní vliv jednotlivých systémů hnojení na relace minerálních živin v některých sečích přesahovaly jejich absolutní hodnoty ve většině případů doporučenou úroveň.

dočasná louka; systémy hnojení; minerální složení píce; poměry živin

ÚVOD

K nejvýznamnějším ukazatelům kvality píce patří obsah dusíku a makrobiogenních minerálních látek. O výživné hodnotě krmiv rozhoduje nejen absolutní koncentrace makroživin v sušině píce, ale také jejich vzájemné poměry, na nichž závisí využití živin hospodářskými zvířaty. Důsledkem deficiencie minerálií v píci jsou často různé metabolické a reprodukční choroby hospodářských zvířat (Stratil, Demela, 1984; Hlásný, 1990).

V píci travních porostů bývají ve vztahu k potřebám hospodářských zvířat (skotu) nejčastěji deficitními

makroprvky fosfor, hořčík a sodík, naopak značný nadbytek bývá velmi často shledáván u draslíku (Míka et al., 1988; Poulík, 1995). Nevyhovující proto mnohdy bývají poměry minerálních živin, v nichž figuruje draslík.

Minerální složení píce lze do značné míry ovlivnit hnojením. Významné jsou v této souvislosti nejen dávky živin a termín aplikace hnojiv, ale také použitý systém hnojení. Cílem práce bylo porovnat dva rozdílné systémy hnojení, založené jednak na aplikaci průmyslových hnojiv, jednak na aplikaci organických hnojiv (kejdové hospodářství), z hlediska vlivu na minerální složení píce u dočasného lučního porostu.

MATERIÁL A METODA

Problematika byla řešena v tříletém exaktním parcelovém pokusu, provedeném v chladnější a vlhčí lokalitě bramborářského výrobního typu v nadmořské výšce 530 m s dlouhodobou průměrnou roční teplotou 6,0 °C (za vegetaci 12,2 °C) a dlouhodobým průměrným ročním úhrnem srážek 736 mm (za vegetaci 440 mm). Povětrnostní podmínky během trvání pokusu uvádí tab. I. Půda na stanovišti pokusu byla glejová fluvizem, jílovitohlinitá, na nekarbonátových nívních sedimentech, s ornici do hloubky 200 mm. Z agrochemického hlediska šlo o půdu extrémně kyselou (pH/KCl 3,81) s obsahem přístupných živin (Mehlich II): 5 mg P.kg⁻¹, 200 mg K.kg⁻¹, 300 mg Mg.kg⁻¹ a 1225 mg Ca.kg⁻¹.

Dočasný luční porost byl založen 12. 8. 1991 bez krycí plodiny v tomto složení: jetel luční Kvarta (8 kg.ha⁻¹), jetel plazivý Pasterec (2 kg.ha⁻¹), meziřodový hybrid Felina (8 kg.ha⁻¹), bojínka luční Větrovský (6 kg.ha⁻¹), jílek vytrvalý Tarpan (4 kg.ha⁻¹), lipnice luční Rožnovská (3 kg.ha⁻¹), kostřava červená Táborská (3 kg.ha⁻¹). Porovnáván byl systém konvenčního hnojení průmyslovými hnojivy (ledek amonný s vápencem – 27 % N, superfosfát – 8,4 % P, draselná sůl – 49,8 % K) se systémem organického hnojení, reprezentovaným kejdou skotu, při shodných dávkách základních živin (NPK), jejichž výše byla stanovena podle kvality použité kejdy při její průměrné dávce 63 t.ha⁻¹ a zředění na obsah sušiny 4,10 %.

Aplikované dávky živin v jednotlivých letech (kg.ha⁻¹): 1992 – 262 N, 80 P, 268 K; 1993 – 225 N, 53 P, 165 K; 1994 – 120 N, 54 P, 103 K.

Dusík v průmyslových hnojivech byl dělen k jednotlivým sečím v poměru 50 : 30 : 20 %, aplikace PK hnojiv proběhla na jaře. Kejda byla aplikována v prv-

ních dvou letech na podzim, ve třetím roce na jaře před obrůstáním porostu, vždy povrchovým postřikem.

Po sklizni jednotlivých sečí, provedené v sečné zralosti, byly odebrány ze všech opakování (4) vzorky píce a následně analyzovány na obsah N, P, K, Ca, Mg běžnými analytickými postupy (Javorský et al., 1987). Předmětem hodnocení byly kromě koncentrací uvedených živin v sušině píce rovněž poměry K : (Ca + Mg), Ca : P a K : Mg. Dosažené výsledky byly vyhodnoceny analýzou variance a Tukeyovým testem.

VÝSLEDKY

Minerální složení píce a poměry živin v roce 1992 uvádí tab. II. V píci z první seče byl zaznamenán průkazný rozdíl mezi systémy hnojení pouze v případě draslíku, jehož koncentrace byla o 0,94 % vyšší po hnojení kejdou. Zvýšený příjem draslíku rostlinami po organickém hnojení se promítl rovněž do rozšíření poměrů K : (Ca + Mg) a zvláště K : Mg, kde dosáhl výsoce průkazné úrovně. Koncentrace živin v píci ze druhé seče se vyznačovala neprůkaznými diferenciemi mezi systémy hnojení, avšak mírný pokles koncentrace fosforu a naopak nárůst koncentrace vápníku po organickém hnojení měl za následek signifikantní rozšíření poměru Ca : P. V píci ze třetí seče byla zjištěna průkazná diference pouze u fosforu, jehož koncentraci snižovala aplikace kejdy, a dále u poměru K : Mg, který byl nepříznivě ovlivněn aplikací průmyslových hnojiv.

Výsledky sledování v roce 1993 uvádí tab. III. Méně příznivé povětrnostní podmínky na počátku roku 1993 se projeví nižším využitím živin z kejdy a následným poklesem koncentrace dusíku, fosforu a draslíku v píci z první seče. Výsoce průkazný pokles koncentrace fos-

I. Průběh povětrnostních podmínek v pokusných letech – The course of weather conditions in experimental years

Měsíc ¹	1992		1993		1994	
	průměrná teplota ² (°C)	úhrn srážek ³ (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)
I.	-1,5	30,4	-1,5	46,6	0,6	42,6
II.	-0,2	25,4	-4,2	28,4	-1,7	10,5
III.	2,2	69,7	-0,4	25,8	4,2	57,2
IV.	6,3	20,2	7,9	30,7	6,9	48,7
V.	12,7	6,3	14,5	47,1	11,8	66,7
VI.	16,4	99,3	14,5	79,2	15,1	14,7
VII.	17,7	63,9	15,0	65,3	19,9	54,5
VIII.	20,3	49,8	15,7	66,8	17,4	116,3
IX.	12,4	26,2	11,4	42,1	13,3	96,4
X.	5,4	57,9	7,5	50,2	5,2	34,6
XI.	2,3	43,1	-1,0	26,5	7,1	39,7
XII.	-2,9	53,1	-0,4	73,3	-0,5	66,9
Průměr ⁴	7,59	–	6,58	–	8,28	–
Suma ⁵	–	545,3	–	582,0	–	648,8

¹ month, ² average temperature, ³ sum of rainfall, ⁴ average, ⁵ sum

II. Minerální složení píce v roce 1992 – Mineral composition of herbage in 1992

Seč ¹	Systém hnojení ²	Koncentrace živin v sušině píce ³ (%)					Poměry živin ⁴		
		N	P	K	Ca	Mg	K : (Ca + Mg)	Ca : P	K : Mg
1.	minerální ⁵	1,62	0,176	2,03	0,65	0,180	2,45	3,69	11,3
	organické ⁶	1,60	0,157	2,97	0,64	0,181	3,62	4,08	16,4
	hladina významnosti ⁷	0,654	0,348	0,016	0,972	0,933	0,200	0,183	0,000
2.	minerální	2,74	0,209	3,63	0,94	0,269	3,00	4,50	13,5
	organické	2,19	0,189	3,41	1,17	0,300	2,32	6,19	11,4
	hladina významnosti	0,412	0,293	0,401	0,510	0,269	0,276	0,024	0,119
3.	minerální	2,82	0,251	3,20	0,77	0,122	3,59	3,07	26,2
	organické	2,74	0,208	2,84	1,01	0,137	2,48	4,86	20,7
	hladina významnosti	0,537	0,027	0,325	0,114	0,285	0,149	0,085	0,000

Hladina významnosti⁷: < 0,01 – difference vysoce průkazné⁸

0,01–0,05 – difference průkazné⁹

> 0,05 – difference neprůkazné¹⁰

¹cut, ²system of fertilization, ³concentration of nutrients in herbage dry matter, ⁴ratios of nutrients, ⁵mineral, ⁶organic, ⁷level of significance, ⁸highly significant differences, ⁹significant differences, ¹⁰insignificant differences

III. Minerální složení píce v roce 1993 – Mineral composition of herbage in 1993

Seč ¹	Systém hnojení ²	Koncentrace živin v sušině píce ³ (%)					Poměry živin ⁴		
		N	P	K	Ca	Mg	K : (Ca + Mg)	Ca : P	K : Mg
1.	minerální ⁵	2,56	0,287	3,73	0,55	0,221	4,84	1,92	16,9
	organické ⁶	2,10	0,205	3,35	0,76	0,256	3,30	3,71	13,1
	hladina významnosti ⁷	0,065	0,001	0,303	0,145	0,150	0,064	0,017	0,034
2.	minerální	1,91	0,216	3,21	0,40	0,198	5,37	1,85	16,2
	organické	2,50	0,223	3,64	0,87	0,282	3,16	3,90	12,9
	hladina významnosti	0,027	0,123	0,278	0,011	0,008	0,032	0,001	0,039
3.	minerální	2,97	0,316	3,28	0,54	0,255	4,13	1,71	12,9
	organické	3,68	0,293	3,81	0,93	0,287	3,13	3,17	13,3
	hladina významnosti	0,090	0,196	0,233	0,002	0,191	0,117	0,020	0,277

For 1–10 see Tab. II

foru se promítl do rozšíření poměru Ca : P, naopak pokles koncentrace draslíku při současném zvýšení příjmu hořčíku do zúžení poměru K : Mg. Ve druhé seči byl zaznamenán opačný trend než v seči předchozí. Protrahovaná účinnost kejdy vedla ke zvýšení příjmu všech živin travním porostem v porovnání s průmyslovými hnojivy a pozitivně ovlivnila také poměry K : (Ca + Mg) a K : Mg. Obdobný trend byl zaznamenán rovněž ve třetí seči.

Výsledky dosažené ve třetím roce sledování (1994) uvádí tab. IV. V tomto roce bylo zaznamenáno opačné působení kejdy než v roce předchozím, které souviselo do značné míry s přesunutím aplikace kejdy na jarní období a také s průběhem povětrnostních podmínek na počátku roku. Aplikace kejdy na jaře vedla k vyššímu využití všech sledovaných živin travním porostem již v první seči. Ve druhé seči však následoval po organickém hnojení pokles příjmu a hromadění všech živin v píce, který měl u dusíku a hořčíku průkazný charakter a vedl také k signifikantnímu rozšíření poměru K : Mg.

Podobné výsledky byly dosaženy i ve třetí seči, i když v ní již veškeré difference mezi systémy hnojení nedosáhly úrovně statistické významnosti.

DISKUSE

Ovlivňování minerálního složení píce travních porostů hnojením je velmi složité, neboť požadavky hospodářských zvířat (skotu) na živiny jsou u některých prvků výrazně nižší (K, N, Fe) a u jiných naopak vyšší (P, Mg, Na), než vyžadují rostliny pro růst a vývoj a produkci dostatečného (ekonomicky optimálního) množství fytomasy. Aktuální je tato problematika zvláště v podnicích a na farmách uplatňujících tzv. organické zemědělství s pravidelnou aplikací kejdy skotu jako dusíkato-draselného hnojiva (Honzo-ová, 1989).

Výsledky provedeného výzkumu potvrdily, že systémy hnojení travních porostů kejdou vede v porovnání

Seč ¹	Systém hnojení ²	Koncentrace živin v sušině píce ³ (%)					Poměry živin ⁴		
		N	P	K	Ca	Mg	K : (Ca + Mg)	Ca : P	K : Mg
1.	minerální ⁵	1,27	0,196	2,04	0,24	0,133	5,47	1,22	15,3
	organické ⁶	2,13	0,238	2,77	0,29	0,157	6,20	1,22	17,6
	hladina významnosti ⁷	0,036	0,074	0,101	0,381	0,267	0,425	0,810	0,098
2.	minerální	3,04	0,236	2,66	0,46	0,291	3,54	1,95	9,1
	organické	2,21	0,181	2,55	0,32	0,204	4,87	1,77	12,5
	hladina významnosti	0,007	0,098	0,423	0,228	0,011	0,290	0,674	0,043
3.	minerální	2,98	0,287	2,70	0,42	0,252	4,02	1,46	10,7
	organické	2,68	0,269	2,63	0,49	0,212	3,75	1,82	12,4
	hladina významnosti	0,165	0,240	0,566	0,562	0,159	0,616	0,343	0,121

For 1–10 see Tab. II

se systémem hnojení průmyslovými hnojivými k poklesu koncentrace fosforu v píce a naopak k nárůstu koncentrace vápníku. Příjem a hromadění dalších živin, zejména dusíku a draslíku, je značně závislý na termínu aplikace kejdy. Je-li hnojení provedeno na podzim, dochází k poklesu koncentrace těchto živin v první seči následujícího roku a naopak k jejímu zvýšení v dalších dvou sečích v porovnání s hnojením průmyslovými hnojivými, zatímco při jarní aplikaci kejdy lze pozorovat tendenci opačnou. Tyto výsledky úzce souvisely se ztrátami, resp. využitím živin z kejdy v závislosti na průběhu povětrnostních podmínek v době aplikace (Kimura, Kurashima, 1985; Sommer, Christensen, 1989). Určitou výjimku z tohoto trendu představovaly výsledky dosažené v prvním roce sledování, kde však mohlo dojít k ovlivnění minerálního složení píce živinami mobilizovanými mineralizací organických forem po předchozí obnově původního travního porostu.

Optimální koncentrace makrobiogenních živin v píce travního porostu z hlediska potřeb skotu, které se pohybují v rozmezích 1,2 až 2,2 % N, 0,35 až 0,42 % P, 0,3 až 1,0 % K, 0,5 až 0,7 % Ca a 0,15 až 0,20 % Mg (Míka, 1980; Reid, Horvath, 1980; Velich, 1989 aj.), byly dosaženy pouze v některých sečích u dusíku, vápníku a hořčíku. Na fosfor byla píce ve všech letech deficitní, naopak draslík byl akumulován vždy v nadbytku. Absolutní obsahová úroveň byla s výjimkou fosforu a vápníku ovlivněna podstatně více ročníkem a sečí než aplikovaným systémem hnojení. Na sníženém příjmu fosforu se výrazně podílela chemickou sorpcí extrémně kyselá půdní reakce.

Vzájemné poměry sledovaných živin byly ověřovány systémy hnojení ovlivněny rozdílně. Tetanický poměr K : (Ca + Mg) vykazoval příznivější hodnoty po organickém hnojení ve většině sečí v prvních dvou letech, poměr K : Mg střídavě kolísal v jednotlivých sečích bez jednoznačné závislosti na způsobu hnojení. Naproti tomu poměr Ca : P dosahoval ve většině sečí příznivějších hodnot po hnojení průmyslovými hnojivými, především v důsledku nižšího využití fosforu rostlinami z kejdy.

Zjištěné hodnoty poměrů minerálních živin přesahovaly ve většině případů doporučenou úroveň, přičemž jejich absolutní výše byla kromě systému hnojení značně závislá také na ročníku. Poměr K : (Ca + Mg) se pohyboval pod požadovanou hranici 3,0 až 3,2 (při vyjádření v mmol chem. ekv. 2,0 až 2,2) pouze v některých sečích v prvních dvou letech experimentu. Na jeho nadlimitních hodnotách se podílel hlavně nadbytek draslíku v píce a ve třetím pokusném roce navíc i značný deficit vápníku a v první seči i hořčíku. Byly tak potvrzeny závěry, podle nichž jsou relace mezi těmito kationty prioritně ovlivňovány draslíkem (Tůma, Matula, 1994). Poměr Ca : P vyhovoval požadovaným hodnotám (max. 1,5 až 2,0) zejména ve třetím roce sledování a dále ve druhém roce po minerálním hnojení. Na jeho nevyhovujících hodnotách v ostatních případech se podílel především deficit fosforu v píce, který souvisel rovněž s jeho velmi nízkou zásobou v půdě.

Hodnoty poměru K : Mg několikanásobně přesahovaly doporučenou hranici 5 až 6 : 1 ve všech sledovaných letech, především v důsledku nadbytku draslíku v píce. Vysoké hodnoty tohoto poměru mohou při silně antagonistickém vztahu uvedených prvků způsobovat problémy s využitím hořčíku zvířaty a být sekundární příčinou hypomagneziemie (Míka et al., 1988).

LITERATURA

- HLÁSNÝ, J.: K hodnocení některých vztahů minerálních a dusíkatých látek v krmivech. *Agrochémia*, 30, 1990: 28–32.
- HONZ, J. – HONZOVÁ, E.: Dosažené provozní poznatky o vztazích v systému Půda – hnojení – pícniny. In: Sbor. Ref. Půda – hnojení – pícniny – skot, Písek, 1989: 8–31.
- JAVORSKÝ, P. et al.: Chemické rozborů v zemědělských laboratořích. České Budějovice, MZVŽ 1987.
- KIMURA, T. – KURASHIMA, K.: Seasonal change of fertilizer nitrogen uptake by orchardgrass. *Bull. Nat. Grassl. Res. Inst. Nishinasuno, Tochigi*, 1985: 34–42.

MÍKA, V.: Obsah minerálních látek v travách. Praha, Academia 1980.

MÍKA, V. et al.: Vztah mezi biogenními prvky v odrůdách a klonech srhvy říznáčky. Rostl. Vyr., 34, 1988: 301–309.

POULÍK, Z.: Vliv dusíkaté výživy na minerální složení píce trav. In: Sbor. Ref. Výživa rostlin a hnojení, Brno, MZLU 1995: 149–152.

REID, R. L. – HORVATH, D. J.: Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. Anim. Feed Sci. Technol., 5, 1980: 95–167.

SOMMER, S. G. – CHRISTENSEN, B. T.: Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. Tidsskr. Pl.-Avtl., 93, 1989: 307–321.

STRATIL, J. – DEMELA, J.: Rozbory rostlin a hnojení luk draslíkem. Agrochémia, 24, 1984: 259–260.

TŮMA, J. – MATULA, J.: Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnos, výživnou hodnotu a minerální složení píce srhvy laločnaté. Rostl. Vyr., 40, 1994: 241–252.

VELICH, J.: Optimalizace hnojení travních porostů draslíkem z hlediska kvality a výnosu píce. In: Sbor. Ref. Půda – hnojení – pícniny – skot, Písek, 1989: 162–172.

Došlo 19. 9. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Zdeněk Poulík, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 31 02, fax: 05/45 21 20 44

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

IV. MEZINÁRODNÍ KONGRES O LNU VE FRANCII

V roce 1989 byla na mezinárodní konferenci o lnu v Poznani založena při FAO skupina odborníků pro len *FAO Flax Group*, jejíž členy sdružuje společný zájem o pšadný a olejný len. V roce 1993 obdržela skupina statut networku v rámci ESCORENA (European System of Co-operative Research Networks in Agriculture) a změnila název na *FAO European Co-operative Research Network on Flax* (zkráceně *FAO Flax Network*). Smyslem a cílem činnosti této skupiny bylo od počátku usnadnit výměnu informací mezi jejími jednotlivými členy, resp. spojit síly při řešení úkolů mezinárodního rozsahu, a tím přispět k dalšímu rozvoji lnářství. Slouží k tomu též pravidelně vydávaný časopis *Euroflax Newsletter* a společná setkání. Letos na svém v pořadí již čtvrtém setkání byla na návrh představitelů FAO oblast zájmu FAO Flax Network rozšířena o další plodiny, využívané jako zdroj přírodních vláken, jako je např. juta, sisal apod. Nový název networku vystihující tuto změnu zní *FAO European Co-operative Research Network on Flax and Other Bast Plants*. Koordináčním centrem je nadále Ústav přírodních vláken (IKWN) Poznaň a prezidentem ředitel ústavu prof. Dr. R. Kozłowski.

Čtvrté setkání (*Fourth European Regional Workshop on Flax*) se konalo pod názvem *Producing for the Market* ve dnech 25. až 28. září 1996 v kongresovém centru Cité de l'Agriculture v Rouen ve Francii. Na organizaci workshopu se podílely organizační výbor FAO Flax Network, Institut Technique du Lin Paříž a Univerzita v Rouen. Setkání se zúčastnilo 221 účastníků z 30 zemí Evropy, Afriky a Severní i Jižní Ameriky.

Na programu setkání bylo pracovní zasedání FAO Flax Network, které proběhlo v pěti pracovních skupinách, do kterých je organizace rozčleněna. V rámci pracovní skupiny 1 – *WG/1 – Breeding and Plant Genetic Resources* je firma AGRITEC, s. r. o., Šumperk pověřena vedením a koordinací mezinárodní databáze lnu (IFDB), která v současné době eviduje 1385 genových zdrojů 13 evropských i zámořských genových bank. Odborná část konference proběhla ve dvou dnech v jedné plenární a pěti odborných sekcích:

Plenární sekce:

Současná situace na trhu

Odborné sekce:

1. Nové směry v pěstování, sklizni a posklizňové úpravě
2. Šlechtění a požadavky trhu
3. Postupy při zpracování a spřádání
4. Netextilní využití lnu
5. Specifikace kvality a pokrok ve studiu vlákna

Celkem bylo předneseno 32 přednášek doprovázených 50 postery, rozdělených tematicky do pěti uvedených sekcí. Bylo konstatováno, že přes pokles ploch ve střední i západní Evropě je len z výzkumného hlediska velmi atraktivní plodinou a znovu se dostává do popředí zájmu v zemích, kde jeho tradice pěstování již zanikla (Bulharsko, USA, Německo, Rakousko, Finsko). Byl podán ucelený přehled o úrovni výzkumu, šlechtění, pěstebních technologiích i zpracování lnu

v jednotlivých zemích. Potěšitelné je, že již od třetího kongresu v roce 1993 v Bonnu roste neustálý zájem o daleko širší uplatnění lnu na trhu, a to nejenom v oblasti textilního využití, ale i v celé řadě dalších oborů, počínaje farmaceutickým průmyslem, přes potravinářský průmysl, humánní medicínu až po výrobu nehořlavých látek apod.

Není možné citovat všechny zajímavé přednášky a poutavá plakátová sdělení. Představu o rozsahu prezentované problematiky lze získat z vydaného sborníku (*Producing for the Market. Proceedings of the 4th European Regional Workshop on Flax, Rouen, France, September 25–28, 1996, 509 pp.*), který je k nahlédnutí u autorů tohoto příspěvku.

Z nejzajímavějších prací uvádíme pouze jako příklad přednášku *How the breeder can reconcile the manufacturers' demand with the constraint of agricultural production?* (G. Fouilloux, INRA Versailles, Francie). Autor, francouzský šlechtitel, v ní shrnul požadavky trhu a možnosti šlechtitelů těchto požadavkům vyhovět. Zdůraznil mimo jiné nutnost zrychlit šlechtitelskou práci a jako účinných nástrojů k tomu využít biotechnologií: haplometod (prašnickovou a mikrosporovou kulturu), nových metod hodnocení, genetických markerů, fúzí protoplastů a transformací.

Jedním ze směrů výzkumu semene olejného i pšadného lnu je nadále změna skladby mastných kyselin a bílkovin pomocí transformací a výzkum protirakovinných, protitrombotických a protisklerotických účinků lnu. Výzkum se dále zaměřuje na studium antinutričních látek v semeni lnu. Je také navrhován směr šlechtění na maximální zvýšení schopnosti rostlin přijímat z půdy těžké kovy: vyvinuté genotypy by se mohly využít na ozdravení půd v průmyslových oblastech (přednáška *Recent progress in linseed utilization in health food and human nutrition*. Kolodziejczyk, P. O. S., Kanada, J. Kozłowska, IKWN, Polsko).

Součástí workshopu byla také exkurze v tირnách a vchlovnách ve Fontaine-Cany, kde se účastníci seznámili s nejmodernější technikou vyvinutou pro zpracování lněného stonku. Tato firma zpracovává rosený stonk prakticky z celé severní Normandie a může se pochlubit novou linkou firmy GD Dehondt, která začíná rozbíráním svinutého roseného stonku a končí do role sbaleným třeným lnem. Manipulace s rolemi v dalším procesu je pak mnohem jednodušší než s dosud používanými balíky ručně skládaných svazků třeného lnu.

Doprovodnou a velmi zdařilou akcí workshopu byla módní přehlídka francouzských a polských modelů oblečení nejruznějšího typu. Bylo vidět, že len a také konopí se mohou uplatnit při nejruznějších příležitostech, při práci, sportu, odpočinku i ve chvílích slavnostních. Zdá se, že lněné tkaniny mají budoucnost v odívání nejen pro své vynikající hygienické a antistatické vlastnosti, ale také pro své široké možnosti uplatnění.

Příští kongres se má uskutečnit v roce 2000 v jednom ze tří navržených států, Litvě, Belgii nebo Brazílii.

RNDr. Eva Tejcklová, Ing. Martin Pavelek, CSc.
AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s. r. o., 787 01 Šumperk, Česká republika

VLIV RŮZNÝCH DRUHŮ DUSÍKATÝCH HNOJIV NA VÝNOS, VÝŽIVNOU HODNOTU A MINERÁLNÍ SLOŽENÍ PÍCE SRHY LALOČNATÉ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.)

THE EFFECT OF VARIOUS KINDS OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE YIELD, NUTRITIVE VALUE AND MINERAL COMPOSITION OF COCK'S FOOT (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) HERBAGE

J. Tůma

University of Education, Faculty of Pedagogy, Hradec Králové, Czech Republic

ABSTRACT: In three-year trial with cock's foot in pure culture the effect of various kinds of N fertilizers was studied in four-cut use as affected the mineral composition of herbage. The trial was established on albic luvisol, medium heavy at an altitude of 470 m above sea level. Detailed meteorological data are in Tabs I and II. The development of agrochemical soil properties is in Tab. III. The trial consisted of four treatments with uniform fertilization with Ca, Mg and P. The treatment I used ammonium nitrate with limestone (LAV – 27.5% N), treatment II contained calcium nitrate (LV – 15% N), treatment III – urea (MO – 46%) and treatment IV – DAM 390 (DAM – 30% N). In all treatments a uniform dose of 50 kg N.ha⁻¹ (i.e. 200 kg N.ha⁻¹ annually) was applied to each cut. The herbage was harvested in the first to third cuts at the stage close to the onset of heading and in the fourth cut at the stage of full shooting. The results of measurements were statistically processed by analysis of variance and subjected to correlation analysis ($n = 12$). In LAV fertilized treatment the highest average dry matter yield of herbage was recorded (by 9% on average). It was manifested significantly particularly in the period with lower level of rainfall and higher level of temperatures (Fig. 1). In LV fertilized treatment significantly lower nitrate content was recorded (by 80% on average), crude protein and nitrogen-energy quotient, particularly in the third year with sufficiency of rainfall and optimal temperatures (Fig. 2). No statistically significant differences were obtained on average for the whole trial in most indicators of nutritive value of the herbage. In fibre significant negative correlation to N content ($r = -0.7863$) was determined. All investigated parameters were affected by meteorological conditions and stage during harvest. In LV fertilized treatment much lower P content in herbage was observed (Fig. 3). This was conditioned obviously by low diffusion of phosphate compared with nitrate. P content was dependent on amount of rainfall ($r = 0.5531$) and hydrothermic coefficient (HTK) ($r = 0.6766$). In the same treatment insignificantly lowest K content in herbage was recorded, and on the contrary, there was significantly highest content of Ca and Na, and increased Mg content. Significant negative correlation between K and Ca ($r = 0.8011$), K and Na ($r = 0.7638$), K and Mg ($r = 0.3257$) was found. Significant differences were particularly in the second and third years when the level of exchangeable K in soil and K concentration in soil solution were reduced (Tůma, Matula, 1993) the ratio of exchangeable K and Mg was balanced. Under these conditions the competitive effect of other cations on K intake could be manifested. K content in herbage was further influenced mainly by rainfall ($r = 0.3947$) and HTK ($r = 0.5263$) as well as by growth stage (ageing of the stand resulted in reduced K content in herbage). As it is evident from Fig. 5, easily available Ca content in LV (20% Ca) significantly was displayed in the growth of its content in herbage (on average by 9%). Highly positive correlation between Ca and Mg content ($r = 0.7143$) was recorded, and between Ca and Na ($r = 0.7021$) in herbage as well. Ca content in herbage was in positive correlation with average temperature ($r = 0.6474$) and in negative correlation with HTK ($r = 0.4374$). Differences in Mg content were insignificant on average (Fig. 6). Mg content was much affected by temperature ($r = 0.7852$), therefore usually first cuts showed lowest Mg content. Na content in herbage in LV fertilized treatment exceeded highly significantly (by 57% on average) other treatments (Fig. 7). Negative correlation was found between Na content and amount of rainfall ($r = 0.3904$) and HTK ($r = -0.3616$). It was confirmed that ageing of herbage resulted in reduction of Na content ($r = -0.3048$ to the number of days of growth recovery). Interaction between cations reflected in the values of ratio of equivalents K/Ca + Mg + Na (Fig. 8), Ca/P (Fig. 9) as well as N/K + Ca + Mg + Na (Fig. 10).

cock's foot; N fertilization; mineral substances; nutritive value; yield

ABSTRAKT: V mikroparcelkovém pokusu se srhou laločnatou na hlinité, ilimerizované půdě v nadmořské výšce 470 m byl zkoumán účinek různých druhů N hnojiv. Pokus měl čtyři varianty. První varianta byla hnojena ledkem amonným s vápencem, druhá ledkem vápenatým, třetí močovinou a čtvrtá DAM 390. U všech hnojiv byla použita stejná dávka 50 kg N.ha⁻¹ ke každé seči (ročně 200 kg N.ha⁻¹). Mezi jednotlivými variantami nebyly ve většině ukazatelů zjištěny významné rozdíly.

U varianty hnojené ledkem amonným s vápencem byl zaznamenán nejvyšší výnos sušiny (v průměru o 9 %), průkazně vyšší výnos sušiny byl však pozorován pouze v období s nižšími srážkami a vyššími teplotami. U varianty hnojené ledkem vápenatým byl stanoven signifikantně vyšší obsah nitrátů (v průměru o 80 %), dusíkatých látek a dusíkatoenergetického kvocientu. Obsah Na v píce u varianty hnojené ledkem vápenatým rovněž vysoce průkazně převyšoval ostatní varianty (v průměru o 57 %). Lehce přijatelný Ca obsažený v tomto hnojivu se promítl v nárůstu jeho obsahu v píce (v průměru o 9 %). Celkový obsah prvků v píce byl ovlivněn i růstovou fází při sklizni a meteorologickými podmínkami. Srážky zvyšovaly především obsah P a K, zatímco na obsah Na působily negativně. Obsah Ca a Mg souvisel především s teplotou. Uvedené závislosti se promítly do hodnot poměru K/Ca + Mg + Na. Průkazně nejnižší byl tento poměr u varianty hnojené ledkem vápenatým ve druhém a třetím roce, kdy došlo k poklesu obsahu K v píce, který korespondoval se snížením obsahu K v půdě.

srha laločnatá; N hnojení; minerální látky; výživná hodnota; výnos

ÚVOD

V našich předchozích pracích jsme se zabývali ovlivněním výnosových a kvalitativních parametrů u srhy laločnaté, a to systémem hnojení P, K, Mg a Ca (Tůma, 1992; Tůma, Matula, 1993), stupňovanými dávkami N (Tůma, Matula, 1994) a hnojením Na (Tůma, Matula, 1995). Výnosové a kvalitativní ukazatele ovlivňuje i druh použitého N hnojiva (Míka, 1980; Královce, 1985; Velich, 1986; Regal et al., 1987; Rataj, 1987; Fryček et al., 1988 aj.). Citované práce se zabývají především výnosovými hledisky a popřípadě botanickým složením porostů. Podstatně méně byla řešena problematika vlivu N hnojiv na kvalitu píce z hlediska její výživné hodnoty a minerálního složení.

Minerální složení píce je významným kritériem její kvality. Udržení požadovaných parametrů obsahu minerálních látek je důležité zejména při pastevním odchovu zvířat. Disproporce v obsahu některých prvků v píce mohou způsobit snížení užitkovosti, plodnosti, ale jsou známy i případy těžkého poškození zdraví zvířat (Anonym, 1982; Jagoš, 1985 aj.). Cílem práce bylo zjistit, jak ovlivňují jednotlivé druhy N hnojiv výnos, výživnou hodnotu a minerální složení píce, a to v modelových podmínkách na srze laločnaté v čisté kultuře.

MATERIÁL A METODA

Účinek různých forem N hnojiv byl zkoumán v mikroparcelkovém pokusu (rozměr parcelky 2 x 2 m), který byl založen v nadmořské výšce 470 m v katastru obce Chlum (okres Kutná Hora). Půdní druh představovala

hlinitá půda, půdní typ ilimerizovaná půda, hloubka ornice byla 0,18 m, hmotnost ornice 1,55 t.m⁻³. Půdní substrát tvořily svahoviny – těžké hlíny s drobnějším skeletem. Základní meteorologické údaje jsou uvedeny v tab. I a II. Vývoj zásobenosti půd živinami udává tab. III.

Pokus měl čtyři varianty, každá varianta čtyři opakování. U jednotlivých variant byla použita jednotná dávka 622 kg Ca.ha⁻¹, 331 kg Mg.ha⁻¹ (v dolomitickém vápenci jednorázově před založením porostu) a 158 kg P.ha⁻¹. Celková dávka P byla rozdělena na dvě stejné dílčí dávky. První byla aplikována před založením porostu, druhá pak druhý rok sledování na jaře.

U všech variant byla ke každé seči aplikována jednotná dávka 50 kg N.ha⁻¹ (tj. ročně 200 kg N.ha⁻¹). U první varianty byl použit ledek amonný s vápencem (LAV – 27,5 % N), druhá byla hnojena ledkem vápenatým (LV – 15 % N), třetí močovinou (MO – 46 % N) a čtvrtá DAM 390 (DAM – 30 % N).

Za pokusnou plodinu byla vybrána srha laločnatá (odrůda Rožnovská) v čisté kultuře se čtyřsečným využitím. Píce byla sklizena u první až třetí seče ve fázi těsně před začátkem metání a ve čtvrté seči ve fázi plného sloupkování. Z každé pokusné parcelky a z každé seče byl odebrán průměrný vzorek píce a určen výnos. V rozborech píce byly stanoveny základní ukazatele výživné hodnoty – sušina, dusíkaté látky, dusíkatoenergetický koeficient, vláknina a popel (S, NL, NEK, VL a POP), NO₃⁻, P, K, Mg, Ca a Na podle publikovaných metod (Javorský et al., 1987). Všechny hodnoty jsou uvedeny v absolutní sušině.

Výsledky měření byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu a spolu s meteorologickými údaji a vegetačními charakteristikami (tab. I) byly podrobeny i korelační analýze ($n = 12$).

I. Průměrné meteorologické údaje – Average meteorological data

Rok ¹	Úhrn srážek ² (mm)		Průměrné teploty ³ (°C)	
	za rok ⁵	za vegetaci ⁶	za rok	za vegetaci
Dlouhodobý průměr ⁴	615	389	7,4	13,6
1.	873	581	7,2	13,8
2.	712	354	8,6	14,7
3.	581	418	9,1	14,3

¹year, ²sum of rainfall, ³average temperatures, ⁴long-time average, ⁵per year, ⁶per growing season

II. Podrobné meteorologické údaje k jednotlivým sečím – Detailed meteorological data on individual cuts

Rok ¹	Seč ²	Počet dní obrustání ³	Suma srážek ⁴ (mm)	Suma průměrných denních teplot ⁵ (°C)	Průměrná denní teplota ⁶ (°C)	Hydrotermický koeficient ⁷
1.	1.	49	115,7	468,9	9,57	2,47
	2.	50	213,8	728,7	14,57	2,93
	3.	51	141,2	841,1	16,43	1,68
	4.	40	115,4	548,4	13,71	2,10
2.	1.	54	24,2	609,8	11,29	0,40
	2.	43	89,7	693,4	16,13	1,29
	3.	41	108,4	768,5	18,74	1,41
	4.	49	132,0	662,3	13,52	1,99
3.	1.	45	97,4	433,0	9,62	2,25
	2.	44	115,1	646,7	14,70	1,78
	3.	44	77,7	753,7	17,13	1,03
	4.	55	133,7	825,0	15,00	1,62

¹year, ²cut, ³number of days of regrowth, ⁴sum of rainfall, ⁵sum of average daily temperatures, ⁶average daily temperature, ⁷hydrothermic coefficient

III. Vývoj zásobenosti půd živinami – Development of supply of soils with nutrients

	pH/KCl	Mehlich 2 (mg.kg ⁻¹)			
		P	K	Mg	Ca
Východí stav ¹	5,20	58	378	113	1 504
1. rok ² *	5,42	63	282	155	1 564
3. rok **	5,16	33	129	152	1 699

* průměr po prvních výživářských opatřeních – average after first nutritional measures

** průměr po ukončení pokusu – average after end of the trial

¹starting situation, ²year

VÝSLEDKY A DISKUSE

Největšího průměrného výnosu píce bylo dosaženo u varianty hnojené LAV, ale statisticky významně se to projevilo pouze ve druhém roce – v období s nejnižší úrovní srážek a naproti tomu vyšší úrovní teplot (obr. 1). Nejnižší průměrný výnos byl zaznamenán u varianty hnojené LV, a to hlavně v období s vyššími srážkami. Zde došlo zřejmě k vyplavení nitrátů z LV do spodních vrstev půdního profilu. U všech variant a ve všech letech se projevila velmi nízká produkční účinnost dávky N aplikované ke čtvrté seči.

Nejvyšší průměrný obsah nitrátů byl zjištěn u variant hnojených LV a nejnižší u varianty hnojené MO, což je v souladu s údaji z literatury (Míka, 1980; Regal et al., 1987). Vyplývá to i z fyziologie příjmu a chování jednotlivých forem N v půdě (Mengel, 1984). V obsahu nitrátů byl zaznamenán poměrně velký rozptyl, proto průkazné byly pouze hodnoty výrazně převyšující ostatní (hlavně ve třetím roce), jak je patrné z obr. 2. Na obsah nitrátů měly samozřejmě vliv i meteorologické podmínky a u čtvrté seče i růstová fáze při sklizni, protože zde byla píce sklizena ve fázi plné

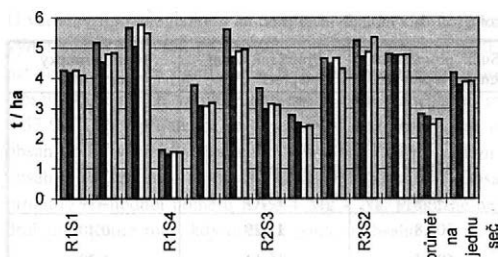
ho sloupkování, zatímco u ostatních sečí těsně před začátkem metání. S obsahem nitrátů těsně korelovaly i hodnoty obsahu dusíkatých látek a hodnoty dusíkato-energetického koeficientu.

Rovněž i v obsahu sušiny, popelovin a vlákniny nebyly zjištěny mezi variantami významné rozdíly. Ukázaly se pouze některé korelační závislosti. Obsah sušiny byl v záporné korelaci zejména k hodnotám hydrotermického koeficientu (HTK, $r = -0,7765$) a sumě srážek ($r = -0,5032$) a v kladné korelaci s průměrnou teplotou. Obsah popelovin koreloval především se sumou srážek ($r = 0,5100$) a HTK ($r = 0,3697$). V obsahu vlákniny byla dominantní fáze při sklizni a byla pozorována vysoce průkazná záporná korelace k obsahu dusíkatých látek ($r = -0,7863$).

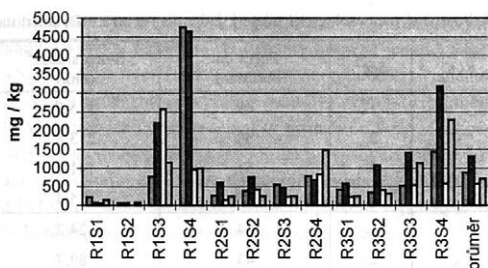
U varianty hnojené LV se významně projevil nižší obsah P v píce (obr. 3), a to ve všech letech a sečích (mimo první a druhou seč v prvním roce). Tento jev souvisel zřejmě s tzv. zředěvacím efektem, kdy vlivem rychlého příjmu nitrátů a jeho utilizace dochází k intenzivnímu nárůstu nadzemní části rostlin, růst kořenové hmoty zaostává a rostliny se nestačí zásobovat P. Je to podmíněno i nízkou difuzí fosfátu v půdě. Jak se domnívá Barber (1976), může nitrát vytvořit v jednotce času až 50x delší difuzní cestu než fosfát. U ostatních druhů N hnojiv se obsah P v píce významně neodlišoval.

Obsah P pak závisel především na množství srážek ($r = 0,5531$) a HTK ($r = 0,6766$). V sušším období (obr. 3), zejména ve druhém roce (první a druhá seč), se jeho obsah významně snížil, což souvisí s již zmíněnou nízkou difuzí fosfátu. Difuze iontů v půdě je právě ovlivněna hlavně vlhkostními poměry. Ve fázi sloupkování, kdy se sklízela čtvrtá seč, pak srha vykazovala vyšší obsah P než ve fázi metání, což odpovídá údajům, které uveřejnil Míka (1980).

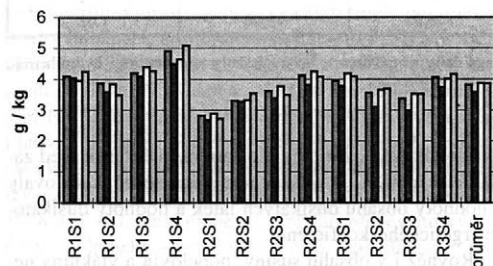
U varianty hnojené LV byl v píce v průměru zaznamenán neprůkazně nejnižší obsah K (obr. 4). Zřejmě



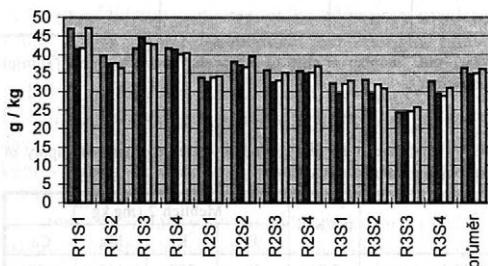
1. Vliv různých druhů N hnojiv na výnos sušiny píce – The effect of various kinds of N fertilizers on the herbage dry matter yield



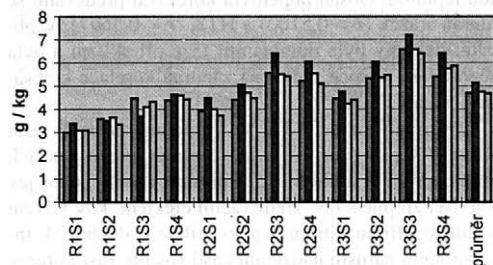
2. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah nitrátů – The effect of various kinds of N fertilizers on nitrate content



3. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah P v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on P content in herbage dry matter



4. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah K v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on K content in herbage dry matter



5. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah Ca v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on Ca content in herbage dry matter

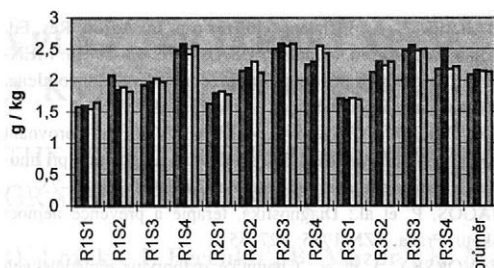
osa x: R = rok; S = seč – x axis: R = year; S = cut
průměr – average



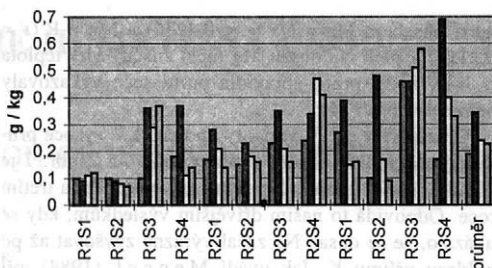
by to mohlo souviset s antagonismem mezi kationty, které jsou na rozdíl od aniontů přijímány převážně pasivně. U varianty hnojené LV byl naopak zaznamenán významně nejvyšší obsah zejména Ca a Na a nevýznamně nejvyšší obsah Mg. Byla zjištěna významná negativní korelace mezi obsahem K a Ca ($r = -0,8011$), K a Na ($r = -0,7638$), K a Mg ($r = -0,3257$). Výrazné rozdíly se projeví zejména ve druhém a třetím roce, kdy poklesla koncentrace K v půdním roztoku a obsah K v půdě (Tůma, Matula, 1993) a došlo k vyrovnání poměru výměnného K a Mg a zvýšení koncentra-

ce Ca a Na v půdním roztoku. Mohl se tak více projevit konkurenční vliv Ca, Mg a Na na uhrazování negativních potenciálů kořenových buněk. Naše dřívější výsledky a literární prameny uvádějí, že K zejména ve vyšších koncentracích v půdě je při příjmu zvýhodněn několika možnými cestami a inhibuje příjem ostatních kationtů. Konkurenční vliv ostatních kationtů na příjem K se tak může projevit pouze při nižších koncentracích K v půdním roztoku.

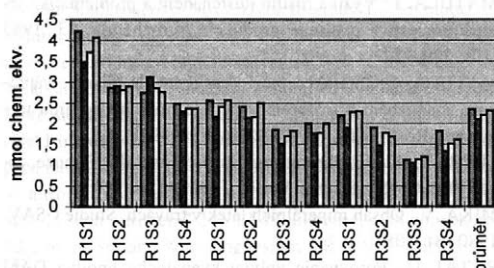
Na obsah K v píci měly vliv hlavně srážky ($r = 0,3947$) a HTK ($r = 0,5263$), ale i růstová fáze, kdy



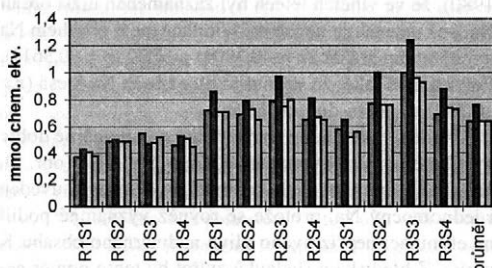
6. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah Mg v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on Mg content in herbage dry matter



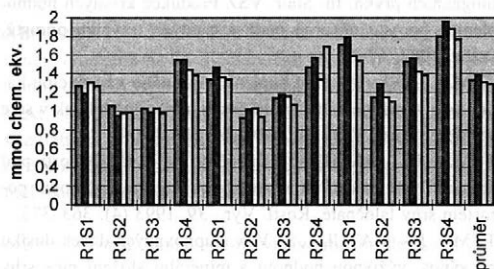
7. Vliv různých druhů N hnojiv na obsah Na v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on Na content in herbage dry matter



8. Vliv různých druhů N hnojiv na poměr K/Ca + Mg + Na v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on K/Ca + Mg + Na ratio in herbage dry matter

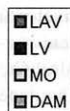


9. Vliv různých druhů N hnojiv na poměr Ca/P v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on Ca/P ratio in herbage dry matter



10. Vliv různých druhů N hnojiv na poměr N/K + Ca + Mg + Na v sušině píce – The effect of various kinds of N fertilizers on N/K + Ca + Mg + Na ratio in herbage dry matter

osa x: R = rok; S = seč – x axis: R = year; S = cut
průměr – average



stárnutím porostu se obsah K v píci snižoval, a hlavně pak korespondoval s obsahem K v půdě.

Lehce přijatelný Ca obsažený v LV (20 % Ca) se významně projevil v jeho vyšším obsahu v píci, a to zejména ve druhém a třetím roce, kdy byl zaznamenán pokles koncentrace K v půdním roztoku i pokles zásoby K v půdě, což je v souladu s našimi dřívějšími výsledky (obr. 5). Lehce přijatelný Ca zde zřejmě přispěl i k nepatrnému snížení obsahu K v píci. Rozdíly v obsahu Ca u ostatních použitých hnojiv nebyly významné. Byla zaznamenána vysoce pozitivní korelace mezi

obsahem Ca a Mg ($r = 0,7143$), což odpovídá publikovaným výsledkům (Matula, 1992) a dále i mezi Ca a Na ($r = 0,7021$) v píci.

Obsah Ca v píci byl v kladné korelaci s průměrnou teplotou ($r = 0,6474$) a v negativní s HTK ($r = -0,4374$), což odpovídá údajům z literatury (Míka, 1980), kdy ve vlhkých letech (první rok) bývá v píci nižší obsah Ca.

Rozdíly v obsahu Mg v píci byly v průměru nevýznamné (obr. 6). Mimo již zmíněnou negativní korelaci mezi obsahem Mg a K byla zjištěna pozitivní korelace

mezi obsahem Mg a Na ($r = 0,4236$) a Mg a P ($r = 0,2111$) v píci. Na obsah Mg měla značný vliv teplota ($r = 0,7852$), proto zpravidla první seče vykazovaly nejmenší obsah Mg.

Obsah Na v píci u varianty hnojené LV vysoce průkazně převyšoval ostatní varianty (obr. 7). Z obr. 7 je zřetelný nárůst obsahu Na zejména ve druhém a třetím roce. Odpovídá to našim dřívějším výsledkům, kdy se ukázalo, že se obsah Na začal výrazně zvyšovat až po poklesu příjmu K. Jak uvádí Mengel (1984), při nedostatku K může přebírat Na některé jeho funkce. Navíc zvyšující se obsah Na v píci příznivě působí na chutnost píce (Míka, 1980), což má význam zejména při pastevním odchovu.

Potvrdily se rovněž publikované závěry (Míka, 1980), že ve vlhkých letech byl zaznamenán nižší obsah Na, což naznačuje negativní korelace mezi obsahem Na a množstvím srážek ($r = -0,3904$) a HTK ($r = -0,3616$). Potvrdilo se také, že stárnutím píce obsah Na klesá ($r = -0,3048$ k počtu dnů obrůstání).

Uvedené interakce mezi kationty pak poměrně dobře vystihuje poměr ekvivalentů K/Ca + Mg + Na (obr. 8). Na straně dvojmocných kationtů je zde navíc uveden i jednomocný Na, protože se rovněž významně podílí na eliminaci nepříznivého vlivu nadměrného obsahu K v píci. Z hlediska požadavků zvířat by tento poměr neměl překročit hodnotu 2,0. Signifikantně nejnížší hodnoty byly zaznamenány u varianty hnojené LV, což se projevovalo opět nejvíce ve druhém a třetím roce.

Z hlediska výživy zvířat je důležitý i poměr Ca/P, který se doporučuje 1,0 až 1,2 (Míka, 1980) a byl až na výjimku u varianty LV ve R3S3 dodržen (obr. 9). U této varianty byl v důsledku již popsanych závislostí tento poměr významně nejvyšší.

Do hodnocení byl zařazen ještě poměr ekvivalentů N/K + Ca + Mg + Na, a to z důvodu hodnocení různých druhů N hnojiv. Tento poměr byl opět od druhého a třetího roku významně nejvyšší u varianty hnojené LV (obr. 10). Nitrátový N, který je v tomto hnojivu v porovnání s ostatními použitými hnojivy nejvíce zastoupen, zřejmě podstatně přispěl k příjmu ostatních kationtů a ke zvýšení jejich obsahu v píci. Tento jev se vysvětluje potřebou acidobazické regulace syntézy organických kyselin alkalickými kationty, protože při redukci nitrátu vzniklý alkalický ekvivalent OH^- stimuluje syntézu organických kyselin, jako je kyselina jablečná, citronová apod. (Mengel, 1984).

LITERATURA

ANONYM: Minerální výživa a reprodukce přežvýkavců. Agrochémia, 22, 1982 (4): 121–123.

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Tůma, CSc., Vysoká škola pedagogická, Pedagogická fakulta, Víta Nejedlého 573, 500 03 Hradec Králové, Česká republika, tel.: 049/506 12 78, fax: 049/271 27, e-mail: jiri.tuma@vsp.cz

BARBER, S. A.: Efficient fertilizer use. In: Agron. Res. Fd. Amer. Soc. Agron. (Madison USA), 1976: 13–29. In: MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag 1984: 195–196.

FRYČEK, A. – BALÁŠ, J. – KRÁLOVEC, J.: Porovnání kapalného hnojiva DAM 390 s ledkem a močovinou při hnojení travních porostů. Agrochémia, 28, 1988 (3): 70–73.

JAGOŠ, P. et al.: Diagnostika, terapie a prevence nemocí skotu. Praha, SZN 1985: 427–451.

JAVORSKÝ, J. et al.: Chemické rozborů v zemědělských laboratořích. 1. díl. České Budějovice, MZVZ ČSR, Výstav. Zeměd. Výž. 1987: 397 s.

KRÁLOVEC, J.: Uplatnění kapalného hnojiva DAM 390 na travním porostu. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1985. 45 s.

MATULA, J.: Výživa rostlin dusičnanem a problematika jeho kumulace v rostlinné produkci. Agrochémia, 23, 1983 (10): 279–282.

MATULA, J.: Interakce mezi draslíkem, hořčíkem, vápníkem, manganem a fosforem v půdě a při jejich příjmu ječmenem. Rostl. Výr., 38, 1992 (11): 919–928.

MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag 1984. 431 s.

MÍKA, V.: Obsah minerálních látek v trávách. Studie ČSAV, 1980 (8): 105.

RATAJ, D.: Porovnání vplyvu kvapalného hnojiva DAM 390 a LAV na úrody trvalého travného porostu. Agrochémia, 27, 1987 (9): 260–262.

REGAL, V. – VESELÁ, M. – FOGL, J.: Vliv různých dob dusíkatého hnojení a různé doby sklizně na produkční schopnost srhy říznáčky (*Dactylis glomerata* L.) a obsah hlavních biogenních prvků. In: Sbor. VŠZ Produkce krmných hodnot pícních porostů na orné půdě a trvalých travních porostů, Praha, 1987: 69–82.

TŮMA, J.: Vliv systému hnojení založeného na principu kationtové výměnné kapacity na obsah minerálních látek v srze říznáče. Rostl. Výr., 38, 1992 (6): 503–510.

TŮMA, J. – MATULA, J.: Změny pH a zásobenosti půd živinami v závislosti na systému hnojení pod dočasným porostem srhy laločnaté. Rostl. Výr., 39, 1993 (4): 363–373.

TŮMA, J. – MATULA, J.: Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnos, výživnou hodnotu a minerální složení píce srhy laločnaté. Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 241–252.

TŮMA, J. – MATULA, J.: Vliv hnojení sodíkem na výnos, kvalitu a minerální složení píce srhy laločnaté (*Dactylis glomerata* L.). Rostl. Výr., 41, 1995 (3): 115–121.

VELICH, J.: Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lučních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠZ 1986. 159 s.

Došlo 28. 3. 1996

VPLYV FOLIÁRNEJ APLIKÁCIE HUMÁTU NA ÚRODU A KVALITU ZRNA PŠENICE

THE EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF HUMATE ON WHEAT GRAIN YIELD AND QUALITY

O. Ložek¹, J. Fecenko¹, B. Mazur², K. Mazur²

¹University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

²Akademia Rolnicza, Kraków, Polish Republic

ABSTRACT: Three-year small-plot trial (1993/1994 to 1995/1996) was carried out on loam chernozem at the Breeding Station Sládkovičovo-Nový Dvôr to study in the model crop, winter wheat, the stimulative effect of foliar application of sodium humate together with the fertilizer DAM 390 during production and qualitative fertilization. Experimental site is characterized by average temperature 10.6 °C and annual sum of precipitation 495 mm. The soil on the experimental site has an alkaline reaction, medium content of available phosphorus, good content of potassium and high content of magnesium. More significant yield effect was obtained at common application of sodium humate with DAM 390 on production dressing (yield increase by 7.7%) compared with the use for qualitative dressing (yield increase by 4.0%). Stimulation effect on the production was positively manifested in economic evaluation of the crop, that is in increase of economic and natural efficiency of nitrogen nutrition. The use of sodium humate had a good impact also on the uptake of macronutrients by wheat grain, namely with nitrogen 7.2 to 13.4% increase, with phosphorus 7.7 to 13.9% increase, with potassium 4.2 to 5.6%, with calcium 12.2 to 26.3% and with magnesium 5.0 to 9.1% increase. Stimulative yield effect of humates is explained by greater usage of nutrients from applied fertilizers or from soil supply, respectively. The use of sodium humate had a good impact on an increase of the crude protein content (by 2.8 to 4.9%) and wet gluten content (by 1.3 to 2.8%). 1000-kernel weight (TKW), bulk density of grain and proportion of first grade was not affected by sodium humate.

winter wheat; sodium humate; plant nutrition; nitrogen

ABSTRAKT: V trojročnom maloparcelovom pokuse realizovanom v rokoch 1993/1994 až 1995/1996 na hlinitej degradovanej černoze na ŠS Sládkovičovo-Nový Dvôr sme sledovali stimulačný účinok foliárnej aplikácie humátu sodného spolu s hnojivom DAM 390 pri produkčnom a kvalitatívnom dusíkatom hnojení ozimnej pšenice (odroda Hana). Výraznejší úrodový efekt sa dosiahol pri aplikovaní humátu sodného na produkčné prihnojovanie (zvýšenie úrody o 7,7 %), ako pri použití na kvalitatívne prihnojovanie (zvýšenie úrody o 4,0 %). Spoločná aplikácia humátu sodného s DAM 390 sa pozitívne prejavila tiež v zvýšení odberu makroživín zrnou pšenice (o 4,2 až 26,3 %), obsahu hrubého proteínu (o 2,8 až 4,9 %) a obsahu mokrého lepku (o 1,3 až 2,8 %).

ozimná pšenica; humát sodný; výživa rastlín; dusík

ÚVOD

Využitie stimulačných účinkov humátov vo výžive rastlín sa venuje vo výskume a v poľnohospodárskej praxi značná pozornosť. Humusové látky pozitívne ovplyvňujú fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy, vodný a vzdušný režim, pufrovaciu schopnosť pôd, viazanie živín do prístupných foriem, ako aj mikrobiologickú činnosť pôd. Humáty sú z toxikologického hľadiska neškodné, svojím chemickým zložením neohrozujú životné prostredie a nemajú škodlivé účinky na ľudské zdravie. Vykazujú stimulačné, adsorpčné a ochranné vlastnosti a možno ich aplikovať s vhodnou výživou a ochranou rastlín. Účinnou zložkou humusových preparátov sú koloidné aktívne vodorozpustné humáty, ktoré do pôdneho roztoku vnášajú značné množstvo povrchovej

energie, vplyvom ktorej sa zlepšujú podmienky výživy rastlín na úrovni iónových a molekulárnych procesov. Dôsledok týchto vplyvov je regulovaný príjem živín rastlinami s konečným pozitívnym dopadom na úrodu a kvalitu rastlinnej produkcie (Flaig, Beutelspacher, 1954; Kudrna, 1985; Ložek et al., 1993). Mechanizmus priaznivého pôsobenia humátu na rastliny vysvetľujú niektorí autori stimuláciou fotosyntézy, resp. intenzívnejšou tvorbou chlorofylu (Flaig, Riemer, 1971).

MATERIÁL A METÓDA

Maloparcelové poľné pokusy sme zakladali v prvej dekáde októbra v rokoch 1993 až 1995 na šľachtiteľ-

skej stanici Sládkovičovo-Nový Dvůr s odrodou ozimnej pšenice Hana. Pokusy sa realizovali na hlinitej degradovanej černoze. Použila sa bloková metóda s veľkosťou pokusných parciel 10 m² v štyroch opakovaníach. Výševok tvoril 4,5 mil. klíčivých zŕn na 1 ha a seba sa uskutočnila o šírke riadkov 0,125 m. Predplodinou bol hrach na zrno. Agrochemická charakteristika pôdy pred založením pokusov je uvedená v tab. I.

Stanovisko je charakteristické priemernou ročnou teplotou 10,6 °C a ročným úhrnom atmosférických zrážok 495 mm. Prehľad poveternostných podmienok v jednotlivých pokusných rokoch a 35ročný normál uvádzame v tab. II.

V maloparcelovom pokuse sme sledovali agronomickú účinnosť humátu sodného použitého na produkčné, resp. kvalitatívne prihnojovanie ozimnej pšenice spolu s dusíkatou výživou aplikovanou vo forme DAM 390. Varianty výživy sú uvedené v tab. III. Fosforom a draslíkom sa nehnajilo vzhľadom na ich dostatočnú zásobu v pôde.

Porasty ozimnej pšenice boli ošetrované proti burinám prípravkom Satis v dávke 200 g.ha⁻¹ a proti živočíšnym škodcom prípravkom Decis v dávke 0,3 l.ha⁻¹. Zber pokusov sa robil maloparcelovým kombajnom Wintersteiger (Rakúsko). Dosiahnutá úroda zrna sa vyhodnotila štatisticky metódou analýzy rozptylu.

Charakteristika použitého humátu sodného:

Obsah vody	17–20	hmotn. %
Obsah sušiny	80–83	hmotn. %
Obsah popola	20,8–21,6	hmotn. %
Obsah organických látok	59,2–61,4	hmotn. %
Z toho HK v sušine	60,0–62,5	hmotn. %
Obsah funkčných skupín (-COOH a -OH)	5,8	mmol.g ⁻¹
Pomer HK : FK	15 : 1	
Obsah Na v sušine	8,0	hmotn. %
Obsah Fe ₂ O ₃	3,9	hmotn. %
Obsah K ₂ O	0,8	hmotn. %
Obsah P ₂ O ₅	0,14	hmotn. %
Obsah MgO	1,23	hmotn. %
Obsah N	1,1	hmotn. %

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozdielne poveternostné podmienky štatisticky vysokopreukazne ovplyvnili úrodu zrna ozimnej pšenice v jednotlivých pokusných rokoch. Najvyššia úroda sa dosiahla v pokusnom roku 1993/1994 (priemer za všetky varianty bol 8,21 t.ha⁻¹), kedy bolo priaznivé rozloženie zrážok v mesiacoch marec až máj (o 50 mm viac ako 35ročný normál) s výrazne vysokým teplotným priemerom za mesiac marec (9,6 °C) oproti dlhodobému normálu, čo priaznivo ovplyvnilo produkčný proces (tab. II). Rok 1994/1995 bol teplotne i zrážkovo na úrovni 35ročného normálu a dosiahnutá priemerná úroda tvorila 7,10 t.ha⁻¹. Výrazný úrodový pokles nastal v pokusnom roku 1995/1996 (priemerná úroda bola 6,13 t.ha⁻¹), kedy jarná vegetácia sa značne oneskorila z dôvodu nízkych teplôt (február -3,6 °C, marec -2,3 °C), čo malo negatívny vplyv na výslednú produkciu zrna (tab. IV).

Aplikovaná foliárna výživa na každom variante (variant 2 až 5) spôsobila štatisticky významné zvýšenie úrody zrna ozimnej pšenice oproti nehnajenej kontrole (tab. IV). Použitím 30 kg N.ha⁻¹ pri produkčnom hnojení (variant 2) sa zvýšila úroda zrna o 7,8 %. Spoločnou aplikáciou 30 kg N.ha⁻¹ a 2 kg humátu sodného na produkčné hnojenie (variant 3) sa dosiahol najvyšší prírastok úrody zrna 1,07 t.ha⁻¹, t.j. zvýšenie o 16,1 %.

Použitie dusíka, resp. spoločná aplikácia dusíka s humátom sodným na kvalitatívne prihnojovanie pšenice spôsobila už nižšie prírastky úrod ako ich aplikovanie na produkčné hnojenie. Dávka 10 kg N.ha⁻¹ (variant 4) zvýšila úrodu o 5,3 % a dávka 10 kg N.ha⁻¹ + 2 kg humátu sodného (variant 5) spôsobila prírastok úrody o 9,5 %. Z uvedeného vyplýva, že prídavok humátu sodného k dusíkatej výžive štatisticky významne ovplyvnil produkčný proces formovania úrody ozimnej pšenice pri produkčnom aj kvalitatívnom prihnojení, avšak úrodový efekt bol vyšší pri aplikácii na konci odnožovania pšenice (zvýšenie o 7,7 %) ako po vyklásení (zvýšenie o 4,0 %) v porovnaní so samotnou adekvátnou dávkou dusíka (30, resp. 10 kg N.ha⁻¹). Tento stimulačný efekt humátu sodného sa pozitívne

I. Agrochemická charakteristika pôdy pred založením pokusov (Sládkovičovo, 1993 až 1995) – Agrochemical characteristics of soil before trial establishment (Sládkovičovo, 1993 to 1995)

Druh rozboru pôdy ¹	Analytický údaj ²		
	1993/1994	1994/1995	1995/1996
pH/KCl	7,20	7,58	7,55
N-NH ₄ (mg.kg ⁻¹)	15,0	8,75	10,5
N-NO ₃ (mg.kg ⁻¹)	12,2	6,20	7,0
N _{min} (mg.kg ⁻¹)	27,2	14,95	17,5
P – Egner (mg.kg ⁻¹)	49,0	58,0	48,0
K – Schachtschabel (mg.kg ⁻¹)	295,0	226,0	195,0
Mg – Schachtschabel (mg.kg ⁻¹)	170,0	150,0	160,0
Humus ³ – Tjurin (%)	3,58	3,14	3,04

¹type of soil analysis, ²analytical data, ³humus

II. Poveternostné podmienky v pokusných rokoch – Weather conditions in experimental years

Rok ¹	Mesiac ²	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	III.-V.
Dlhodobý priemer ³ 1961-1995	teploty ⁴	-1,2	1,1	5,5	11,1	16,1	19,4	21,5	20,7	16,3	10,7	4,6	0,3	10,9
	zrážky ⁵	26,5	27,6	25,4	31,6	49,3	66,6	57,5	56,6	37,1	34,9	48,6	35,5	106,3
1993	teploty	0,2	-2,6	3,5	11,1	17,5	20,5	21,7	20,5	16,9	13,3	4,0	5,3	-
	zrážky	26,7	19,8	5,0	12,7	39,9	33,4	79,1	67,9	22,6	84,6	51,1	56,5	-
1994	teploty	5,0	1,6	9,6	12,3	17,2	21,0	24,7	23,1	18,9	7,1	4,4	-1,4	13,0
	zrážky	37,0	9,4	18,2	69,6	68,7	31,1	32,4	31,2	72,6	100,8	26,4	22,3	156,5
1995	teploty	-3,0	4,9	3,9	11,8	17,3	21,4	29,1	24,7	19,1	15,1	5,0	0,3	11,0
	zrážky	26,5	27,6	25,4	31,6	49,3	66,6	57,5	56,6	37,1	34,9	48,6	35,5	106,3
1996	teploty	-3,3	-3,6	2,3	13,8	16,6	20,7	20,3	-	-	-	-	-	10,9
	zrážky	50,5	23,6	11,9	93,5	108,0	76,6	51,9	-	-	-	-	-	213,4

¹year, ²month, ³long-time average, ⁴temperatures, ⁵precipitation

III. Schéma variantov výživy ozimnej pšenice – Scheme of treatments of winter wheat nutrition

Varianty výživy ¹	Produkčné prihnojenie ²		Kvalitatívne prihnojenie ³	
	N (kg.ha ⁻¹)	HS (kg.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	HS (kg.ha ⁻¹)
1 – kontrola ⁴	–	–	–	–
2 – 30 N	30	–	–	–
3 – 30 N + HS	30	2	–	–
4 – 10 N	–	–	10	–
5 – 10 N + HS	–	–	10	2

HS = humát sodný⁵

¹treatments of nutrition, ²production dressing, ³qualitative dressing, ⁴control, ⁵sodium humate

IV. Vplyv dusíka a humátu sodného na úrodu zrna ozimnej pšenice, odroda Hana (Sládkovičovo, 1994 až 1996) – The effect of nitrogen and sodium humate on the grain yield of winter wheat, Hana variety (Sládkovičovo, 1994 to 1996)

Varianty výživy ¹	Úroda zrna ² (t.ha ⁻¹)				Relatívne vyjadrenie ³ (%)		
	1994	1995	1996	3ročný priemer ⁴	1 = 100	2 = 100	4 = 100
1	7,85	6,25	5,80	6,63	100	–	–
2	8,00	7,25	6,21	7,15	107,8	100	–
3	8,80	7,85	6,45	7,70	116,1	107,7	–
4	8,00	6,90	6,05	6,98	105,3	–	100
5	8,38	7,25	6,15	7,26	109,5	–	104,0
DT varianty ⁵	0,05			0,24 ⁺			
	0,01			0,29 ⁺⁺			
Priemer ⁶	8,21	7,10	6,13				
DT roky ⁷	0,05		0,16 t ⁺				
	0,01		0,20 t ⁺⁺				

¹treatments of nutrition, ²grain² yield, ³relative expression, ⁴3-year average, ⁵treatments, ⁶average, ⁷years

V. Vplyv dusíka a humátu sodného na odber živín zrnom ozimnej pšenice, odroda Hana (Sládkovičovo, priemer 1994 až 1996) – The effect of nitrogen and sodium humate on the nutrient intake by grain of winter wheat, Hana variety (Sládkovičovo, average for 1994 to 1996)

Variant výživy ¹	Odber živín zrnom pšenice ² (kg.ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
1 – kontrola ⁴	133,5	18,9	19,4	3,7	7,4
2 – 30 N	154,5	20,2	21,6	3,8	8,0
3 – 30 N + HS	175,2	23,0	22,5	4,8	8,4
4 – 10 N	155,0	20,7	19,7	4,1	7,7
5 – 10 N + HS	166,2	22,3	20,8	4,6	8,4
	Relatívne vyjadrenie ³ (%)				
1 – kontrola	100	100	100	100	100
2 – 30 N	115,7	106,9	111,3	102,7	108,1
3 – 30 N + HS	131,2	121,7	116,0	129,7	113,5
4 – 10 N	116,1	109,5	101,5	110,8	104,1
5 – 10 N + HS	124,5	118,0	107,2	124,3	113,5
2 – 30 N	100	100	100	100	100
3 – 30 N + HS	113,4	113,9	104,2	126,3	105,0
4 – 10 N	100	100	100	100	100
5 – 10 N + HS	107,2	107,7	105,6	112,2	109,1

¹treatment of nutrition, ²intake of grain of winter wheat, ³relative expression, ⁴control

VI. Vplyv dusíka a humátu sodného na niektoré kvalitatívne parametre zrna ozimnej pšenice, odroda Hana (Sládkovičovo, priemer 1994 až 1996) – The effect of nitrogen and sodium humate on some qualitative parameters of grain of winter wheat, Hana variety (Sládkovičovo, average for 1994 to 1996)

Variant výživy ¹	Hrubý proteín ² (%)	Mokrý lepok ³ (g)	HTZ ⁴ (g)	Objemová hmotnosť ⁵ (g.l ⁻¹)	Podiel prvej triedy ⁶ (%)
1 – kontrola ⁸	13,2	27,9	42,4	789,8	91,7
2 – 30 N	14,2	28,8	41,6	790,3	90,5
3 – 30 N + HS	14,9	29,6	41,8	791,7	90,4
4 – 10 N	14,5	30,0	42,8	803,3	91,5
5 – 10 N + HS	14,9	30,4	42,5	800,7	91,2
Relatívne vyjadrenie ⁷ (%)					
1 – kontrola	100	100	100	100	100
2 – 30 N	107,6	103,2	98,1	100,1	98,7
3 – 30 N + HS	112,9	106,1	98,6	100,2	98,6
4 – 10 N	109,8	107,5	100,9	101,7	99,8
5 – 10 N + HS	112,9	109,0	100,2	101,4	99,5
2 – 30 N	100	100	100	100	100
3 – 30 N + HS	104,9	102,8	100,5	100,2	99,9
4 – 10 N	100	100	100	100	100
5 – 10 N + HS	102,8	101,3	99,3	99,7	99,7

¹treatment of nutrition, ²crude protein, ³wet gluten, ⁴TKW, ⁵bulk density, ⁶proportion of first grade, ⁷relative expression, ⁸control

prejavil vo zvýšení ekonomickej aj prírodnej efektívnosti dusíkovej výživy.

Stimulačný efekt humátov na tvorbu úrody poľnohospodárskych plodín zdôvodňujú viacerí autori vyššou využiteľnosťou živín z priemyselných a organických hnojív, resp. z pôdnej zásoby (Tichý, 1980; Vrba, 1987; Fecenko, Ložek, 1990).

Tento názor potvrdzujú aj naše analýzy o zvýšenom odbere živín zrnou ozimnej pšenice, ako to dokumentujú výsledky uvedené v tab. V. Vplyvom použitia humátu sodného k dusíkovej výžive na variantoch 3 a 5 v porovnaní s analogickou dávkou dusíka na variantoch 2 a 4 sa zvýšil ober dusíka o 7,2 až 13,4 %, ober fosforu o 7,7 až 13,9 %, ober draslíka o 4,2 až 5,6 %, ober vápnika o 12,2 až 26,3 % a ober horčíka o 5,0 až 9,1 %.

Aplikácia humátu sodného na produkčné a kvalitatívne hnojenie mierne zlepšila niektoré sledované kvalitatívne parametre zrna pšenice, a to obsah hrubého proteínu o 2,8 až 4,9 % a obsah mokrého lepku o 1,3 až 2,8 % (tab. VI). Podiel zrna prvej triedy, objemová hmotnosť zrna a hmotnosť 1000 zrn nebola použitím humátu sodného ovplyvnená.

LITERATÚRA

- FECENKO, J. – LOŽEK, O.: Overovanie agrochemickej účinnosti novovyvíjaných priemyselných hnojív a chemických prípravkov z aspektov agronomických a ekologických. [Výročná správa.] Nitra, 1990. 152 s.
- FLAIG, W. – BEUTELSPACHER, H.: Physikalische Chemie der Huminsäuren. Landbouwk., 66, 1954: 306.
- FLAIG, W. – RIEMER, H.: Contribution to the mechanism of the influences of substances from soil organic matter on plant growth. Int. Symp. Humus et Planta V, Praha, 1971: 519–526.
- KUDRNA, K.: Zemědělské soustavy. Praha, SZN 1985.
- LOŽEK, O. – FECENKO, J. – BÍŽIK, J.: Testovanie agrochemickej účinnosti humátov vo výžive rastlín. [Výročná správa.] Nitra, 1993. 110 s.
- TICHÝ, V.: Mineral nutrition of plants as related to the soil organic matter. II. Uptake, distribution and utilization of phosphorus by maize seedlings. Scr. Fac. Sci. Nat. UJEP (Brno), 10, 1980 (6).
- VRBA, V.: Vliv humusového koncentráty na růst rostlin v počátečním období vegetace. Rostl. Vyr., 33, 1987 (11): 1197–1206.

Došlo 8. 10. 1996

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Otto Ložek, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/51 30 97, fax: 087/41 35 12

Ústav zemědělských a potravinářských informací

vydává

ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

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

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

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

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

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

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

RESORPCIA MAKROŽIVÍN A KADMIA V ZÁVISLOSTI OD APLIKÁCIE HUMÁTU SODNÉHO

RESORPTION OF MACRONUTRIENTS AND CADMIUM IN DEPENDENCE ON APPLICATION OF SODIUM HUMATE

J. Fecenko¹, O. Ložek¹, B. Mazur², K. Mazur²

¹University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

²Akademia Rolnicza, Kraków, Polish Republic

ABSTRACT: In conditions of three-years lasting pot trial the effect of sodium humate in integrity with liquid nitrogen fertilizer DAM 390 as exerted on resorption of macronutrients and cadmium. It was found that sodium humate (treatment 3) affected significantly uptake of macronutrients. Barley grain withdrew more nitrogen by 38.9%. Uptake of other nutrients was higher by 30% on average compared with treatment 2 (NPK). Difference of high significance was attained in all investigated nutrients. Slight, statistically insignificant reduction in nutrient concentration in grain in connection with humate application is conditioned by higher grain yield by 39.5%. Significant increase of the yield indicates that sodium humate stimulates intake of nutrients and their utilization for yield formation. Analogous results were determined also in uptake of nutrients by roots of spring barley. Sodium humate affected significantly the content of cadmium in grain and straw. Owing to its retardation action one fifth of cadmium in grain and one half in straw in treatment 3 compared with the control treatment 2. Cadmium application in treatments 4 and 5 resulted in highly significant increase of cadmium uptake in all organs of plants (grain, straw, roots). Good results of sodium humate action start to be used in production of liquid commercial fertilizers.

sodium humate; spring barley; resorption of nutrients; cadmium

ABSTRAKT: V podmienkach exaktného, tri roky trvajúceho nádobového pokusu sme študovali pôsobenie humátu sodného v integrite s kvapalným dusíkatým hnojivom DAM 390 na resorpciu makroživín a kadmia. Zistili sme, že humát sodný (variant 3) významne ovplyvnil odber makroživín. Zrnom jačmeňa sa odobralo o 38,9 % viac dusíka. Odber ostatných živín bol v priemere o 30 % vyšší v porovnaní s variantom 2 (NPK). Diferencia vysokej preukaznosti sa dosiahla pri všetkých sledovaných živinách. Mierny, štatisticky nevýznamný pokles koncentrácie živín v zrne v spojitosti s aplikáciou humátu je determinovaný vyššou úrodou zrna o 39,5 %. Významné zvýšenie úrody dokumentuje, že humát sodný stimuluje príjem živín a ich využitie pre tvorbu úrody. Analogické výsledky boli stanovené aj v odbere živín koreňmi jarného jačmeňa. Humát sodný signifikantne ovplyvnil obsah kadmia v zrne a slame. V dôsledku jeho retardačného pôsobenia sa v zrne kumulovalo cca len 1/5 a v slame 1/2 kadmia na variante 3 v porovnaní s kontrolným variantom 2. Aplikáciou kadmia na variante 4 a 5 sa podstatne, štatisticky vysokopreukazne zvýšil i odber kadmia vo všetkých orgánoch rastlín (zrno, slama, korene). Priaznivé výsledky pôsobenia humátu sodného sa začínajú využívať pri výrobe kvapalných priemyselných hnojív.

humát sodný; jarný jačmeň; resorpcia živín; kadmium

ÚVOD

Humusové látky majú podstatný vplyv pre príjem živín a ich využitie na tvorbu úrody. Chaminade (1958) uvádza, že v prítomnosti humusových látok využívajú rastliny dusík z takých nízkych pôdnych koncentrácií, ktoré za normálnych podmienok nevyvolávajú žiadny úrodnotvorný efekt. Čatský (1958) pracoval s oxihumolitmi vo výžive rastlín a zistil, že ich prídavok do pôdy zvýšil príjem draslíka, železa, sodíka a horčíka rastlinami, zatiaľ čo príjem vápnika bol potlačený. Naproti tomu Visser (1988) uvádza, že vplyvom humusových látok prijímajú rastliny viac váp-

nika a tiež fosforu, draslíka a horčíka. Kovář, Dolejšková (1974) zistili lepší príjem fosforu rastlinami po aplikácii humusového preparátu do pôdy.

Nepriamo pôsobenie humusových látok spočíva v ich vplyve na prostredie rastu rastlín tým, že zlepšujú štruktúru pôdy, podporujú agregáciu pôdnych koloidov, zlepšujú poróznosť pôdy a aktivujú niektoré pôdne mikroorganizmy, predovšetkým zo skupiny fixujúcich baktérií.

Cieľom pokusu bolo zistiť, ako humát sodný ovplyvňuje príjem niektorých makrobiogénnych prvkov a kadmia a ich lokalizáciu v jednotlivých orgánoch rastlín jarného jačmeňa (zrno, slama, korene).

MATERIÁL A METÓDA

Problematicku príjmu a odberu makrobiogénnych prvkov a kadmia v spojitosti s aplikáciou humátu sodného v integrite s kvapalným dusíkatým hnojivom DAM 390 sme študovali v podmienkach nádobových pokusov, ktoré boli lokalizované vo vegetačnej kľietke VŠP v Nitre.

K pokusu sa použili 30kg Mitscherlichove nádoby, do ktorých sa navážila hlinitá hnedozem zmiešaná s kremičitým pieskom v pomere 2 : 1. Agrochemické vlastnosti zeminy uvádzame v tab. I.

I. Agrochemické parametre hnedozeme orničného horizontu použitej k pokusu – Agrochemical parameters of luvisol of topsoil horizon used in experiments

Rok ¹	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N _{min}	N _t	P	K	Mg	Cd	C _{ox} (%)	pH/KCl
	mg.kg ⁻¹									
1991	8,50	9,62	18,12	1 296,1	102,5	300	160	0,201	1,27	5,99
1992	6,75	8,00	14,75	1 358,0	79,0	266	160	0,200	1,28	5,30
1993	7,15	7,90	15,05	1 390,2	89,2	290	147	0,200	1,30	5,75

¹year

II. Varianty nádobového pokusu – Treatments of pot trial

Variant ¹	N	P	K	Humát ⁴	Cd
Číslo ²	označenie ³	(g.nádoba ⁻¹) ⁵			
1	0	–	–	–	–
2	NPK	4	2	4	–
3	NPK + H	4	2	4	15
4	NPK + Cd + H	4	2	4	15
5	NPK + Cd	4	2	4	–

¹treatment, ²number, ³marking, ⁴humate, ⁵(g.pot⁻¹)

Pokus mal päť variantov a každý variant bol päťnásobne opakovaný. Varianty pokusu, dávky jednotlivých živín, kadmia a humátu sodného aplikovaných do pôdy uvádza tab. II. Modelovou plodinou bol jarný jačmeň, odroda Rubín. Výsledky sú priemerom troch rokov a piatich opakovaní v každom roku. Pre chemickú analýzu pôdy a rastlín boli použité uzančné metódy.

Humát sodný (výrobok Severočeského hnedouhoľného revíru v Bíline) sa získava alkalickou extrakciou z nízkokalorického podpovrchového uhlia nazývaného kapucín alebo oxihumolit. Obsahuje 62,0 hmotn. % humusových kyselín. Obsah funkčných skupín (–COOH a –OH) činil 5,8 mmol.g⁻¹ humusových kyselín, pomer HK : FK = 15 : 1. Obsah biogénnych prvkov je z hľadiska výživy rastlín zanedbateľný.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vplyvom aplikácie humátu sodného (variant 3) došlo k miernemu poklesu obsahu dusíka, fosforu,

draslíka, vápnika a horčíka a k zvýšeniu obsahu sodíka v zrne jarného jačmeňa (tab. III). Pokles obsahu uvedených živín súvisí s tvorbou úrody zrna. Na uvedenom variante bola úroda zrna o 39,5 % vyššia a v dôsledku toho i odber živín (tab. IV) sa podstatne zvýšil, napr. dusíka o 38,9 % a ostatných živín v priemere o 30 %. Diferencia vysokej preukaznosti sa dosiahla vo všetkých sledovaných živinách. Analogické výsledky sa stanovili aj v odbere živín koreňmi jarného jačmeňa.

Na variante 3 (tab. IV) sa výrazne zvýšil odber dusíka (o 41,6 %) a odber ostatných živín v priemere od 20,6 do 222,2 %. Vyšší odber koreňmi rastlín jarného

jačmeňa je vyvolaný väčšou hmotnosťou koreňov (o 41 %) v porovnaní s variantom NPK hnojenia.

Fecenko, L ožek (1993) uvádzajú, že po aplikácii Prefosu (superfosfát) s obsahom 3 % humátu sodného sa zvýšil odber zrnom pri dusíku o 16 %, fosfore o 25 %, horčíku o 19 % a draslíku o 5 % v porovnaní s kontrolným variantom hnojeným superfosfátom bez humátu sodného. Zvýšený odber živín sa neprejavil na koncentrácii živín, ale na výške úrody jarného jačmeňa.

Mališ (1995) uvádza, že humusové látky vo vzťahu k minerálnej výžive ovplyvňujú biologické procesy v rastline, čím disponujú rastlinu k vyššiemu príjmu jednotlivých živín a zároveň k lepšiemu využitiu prijatých živín na tvorbu a kvalitu úrody.

V slame sme nezistili významnejšie rozdiely v obsahu a odbere živín vyvolané aplikáciou humátu sodného. Ani v úrode slamy na jednotlivých variantoch hnojenia neboli podstatnejšie diferencie. Na variantoch aplikácie humátu sodného 3 a 4 došlo v zrne, koreňoch a slame k výraznému zvýšeniu obsahu, ale aj odboru sodíka. Vysoká kumulácia sodíka súvisí s jeho relatívne vysokým zastúpením v humáte sodnom. Humát sodný významne ovplyvnil sorpciu kadmia. V dôsledku jeho inhibičného pôsobenia (variant 3) sa v zrne kumulovalo cca len 1/5 a v slame 1/2 kadmia v porovnaní s kontrolným variantom.

Najvyššia koncentrácia kadmia sa stanovila v koreňoch, najmä na variantoch aplikácie kadmia (variant 4, 5), menej v slame a najmenej v generatívnych orgánoch v zrne jarného jačmeňa. Najväčší odber v µg na nádobu bol stanovený slamou, menej sa odobralo koreňmi a najmenej zrnom jarného jačmeňa (tab. V).

Vzťah závislosti hmotnosti zrna, slamy a koreňov od množstva dusíka, fosforu, draslíka a kadmia stanov-

III. Obsah živín v jarnom jačmeni (mg.kg⁻¹); priemer z rokov 1991 až 1993 (nádobový pokus) – The content of nutrients in spring barley (mg.kg⁻¹); average for the years 1991 to 1993 (pot trial)

Časť rastliny ¹	Variant ²	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %
Zrno ³	1	16 316	65,0	4 569	84,1	5 525	97,4	937	100,0	1 265	87,8	100	82,5
	2	25 097	100,0	5 434	100,0	5 675	100,0	937	100,0	1 437	100,0	121	100,0
	3	24 738	98,6	5 136	94,5	5 225	92,1	875	93,3	1 362	94,8	152	125,8
	4	25 896	103,2	5 245	96,5	5 750	101,3	843	90,0	1 325	92,2	200	164,9
	5	25 084	99,9	5 875	89,7	5 425	95,6	843	90,0	1 287	89,6	118	97,9
Slama ⁴	1	8 551	69,6	2 972	102,0	21 100	76,9	6 187	71,5	2 512	120,0	1 425	78,6
	2	12 284	100,0	2 912	100,0	27 450	100,0	8 656	100,0	2 094	100,0	1 812	100,0
	3	13 281	108,1	2 628	90,2	26 600	96,9	7 812	90,3	1 806	86,3	4 292	236,9
	4	12 757	103,9	2 900	99,6	25 900	94,4	8 219	94,9	1 825	87,2	4 362	240,7
	5	11 578	94,3	2 138	73,4	27 825	101,4	8 406	97,1	1 931	92,2	1 925	106,2
Korene ⁵	1	10 962	61,0	1 884	62,5	3 350	76,1	3 906	37,4	1 075	79,6	537	44,8
	2	17 957	100,0	2 950	100,0	4 400	100,0	10 437	100,0	1 350	100,0	1 200	100,0
	3	18 079	100,7	2 875	97,4	3 800	86,4	12 912	123,7	1 437	106,5	1 900	158,3
	4	17 246	96,0	3 031	102,8	3 900	88,6	12 000	115,0	1 337	99,1	1 912	159,4
	5	16 921	94,2	2 437	82,6	4 150	94,3	11 944	114,4	1 462	108,3	1 562	130,2

¹part of plant, ²treatment, ³grain, ⁴straw, ⁵roots

IV. Odber živín jarným jačmeňom (mg.nádob⁻¹) – Uptake of nutrients by spring barley (mg.pot⁻¹)

Časť rastliny ¹	Variant ²	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %	$\bar{x}$	rel. %
Zrno ³	1	281	22,9	80	29,2	94	34,4	16	34,0	22	30,5	2	33,3
	2	1 225	100,0	275	100,0	274	100,0	47	100,0	72	100,0	6	100,0
	3	1 700	138,9	353	128,4	359	130,9	60	127,6	94	130,5	10	166,6
	4	1 439	117,5	301	109,5	321	116,9	48	102,1	75	104,2	11	183,3
	5	1 243	101,5	252	91,5	265	96,7	43	91,5	66	91,6	6	100,0
Slama ⁴	1	228	19,6	78	29,0	553	21,6	165	20,4	67	33,3	38	21,3
	2	1 166	100,0	269	100,0	2 556	100,0	809	100,0	201	100,0	178	100,0
	3	1 329	114,0	261	97,0	2 550	99,8	762	94,2	179	89,1	447	251,1
	4	1 403	120,3	311	115,6	2 698	105,6	864	106,8	196	97,5	506	284,3
	5	1 231	105,6	226	84,0	2 840	111,1	869	107,4	205	102,0	209	117,4
Korene ⁵	1	37	27,0	6	26,1	12	35,3	14	17,5	4	40,0	2	22,2
	2	137	100,0	23	100,0	34	100,0	80	100,0	10	100,0	9	100,0
	3	194	141,6	32	139,1	41	120,6	138	172,5	16	160,0	20	222,2
	4	161	117,5	29	126,1	37	108,8	112	140,0	13	130,0	18	200,0
	5	129	94,2	19	82,6	32	94,1	91	113,8	11	110,0	12	133,3
Odber živín zrnom ⁶		N		P		K		Ca		Mg		Na	
Preukazné rozdiely pre varianty ⁴	<i>Sdt</i> ₁	143,731 ⁺		40,687 ⁺		30,673 ⁺		6,304 ⁺		9,923 ⁺		1,747 ⁺	
	<i>Sdt</i> ₂	193,755 ⁺⁺		54,847 ⁺⁺		41,349 ⁺⁺		8,497 ⁺⁺		13,376 ⁺⁺		2,356 ⁺⁺	

¹part of plant, ²treatment, ³grain, ⁴straw, ⁵roots, ⁶uptake of nutrients by grain, ⁷significant differences for treatments

nom v týchto častiach rastlín sa hodnotil pomocou regresnej analýzy. Ako vyplýva z výsledkov uvedených v tab. VI, na úrodu zrna jarného jačmeňa výraznejšie pôsobil obsah dusíka, u ktorého sa zistila preukazná závislosť za celé obdobie. Analogicky úzky vzťah medzi

výživou jačmeňa dusíkom a tvorbou úrody zistil aj Bízík (1989) a ďalší.

U fosforu sa len v roku 1991 zistila priama závislosť, ale v priemere za celé pokusné obdobie je výsledok nepreukazný. Obsah draslíka v rastlinách neov-

V. Obsah a odber kadmia – The content and uptake of cadmium

Časť rastliny ¹	Variant ²	Obsah ³ (mg.kg ⁻¹)	Odber ⁴ (mg.nádob ⁻¹) ⁵
Zrno ⁶	1	0,227	3,86
	2	0,084	4,31
	3	0,017	1,22
	4	1,464	63,59
	5	1,227	59,75
Slama ⁷	1	1,725	48
	2	1,340	137,65
	3	0,609	65,65
	4	8,987	1 586,21
	5	8,199	1 081,02
Korene ⁸	1	20,33	69,40
	2	5,534	40,99
	3	5,484	55,52
	4	23,770	181,13
	5	14,790	137,97
Varianty ⁹	zrno ⁶	slama ⁷	korene ⁸
<i>Sdt</i> ⁺	0,5145	2,1868	2,6661
<i>Sdt</i> ⁺⁺	0,6936	2,9479	3,59398

¹part of plant, ²treatment, ³content, ⁴uptake, ⁵(mg.pot⁻¹), ⁶grain, ⁷straw, ⁸roots, ⁹treatments

plyvnil tvorbu úrody zrna. Na základe výsledkov našich pokusov v súlade s mnohými autormi (Vlamiš, Williams, 1985; Mullins, Sommers, 1986; Erp, Lune, 1989) možno konštatovať, že kadmium negatívne ovplyvnilo úrodu zrna, ale na obidvoch variantoch aplikácie kadmia (variant 4, 5) sa zistil mierny nárast hmotnosti slamy. Túto miernu stimuláciu vysvetľujú viacerí autori (Wallace, Berry, 1989) určitou selekciou kvality a kvantity iónového podielu vo voľnom priestore (free apparent space). Obdobne ako v úrode zrna, aj v úrode slamy v spojitosti s obsahom dusíka je vysokopreukazná korelačná závislosť. Fosfor sa ako dominantný prvok pri tvorbe úrody slamy neuplatnil. Korelačný koeficient ($r = -0,125$) potvrdzuje slabú nepriamu závislosť.

Slabá korelačná závislosť sa zistila tiež medzi obsahom draslíka a hmotnosťou slamy. Analogická hodnota sa zistila aj pri kadmii, z čoho možno usudzovať, že kadmium zanedbateľne ovplyvňuje tvorbu úrody slamy jarného jačmeňa.

Na formovaní biomasy koreňov sa ako dominantné prvky uplatňujú dusík a fosfor, pri ktorých sú hodnoty korelačných koeficientov štatisticky významné (0,683⁺, resp. 0,701⁺). Pre draslík je závislosť malá.

Zo získaných výsledkov vyplýva, že humát sodný pozitívne pôsobí na príjem makroživín a hlavne na využitie prijatých živín pre tvorbu úrody. Flaig, Rimer (1971) vyšší príjem minerálnych živín zdôvodňujú tým, že humusové kyseliny zvyšujú priepustnosť bunčných membrán, a tým uľahčujú a urýchľujú absorpciu a transport živín do buniek.

VI. Hodnoty korelačných koeficientov pre vzťahy medzi hodnotami obsahov prvkov (N, P, K, Cd) a hmotnosťou zrna, slamy a koreňov – Values of correlation coefficients for relationships between the values of contents of elements (N, P, K, Cd) and the weight of grain, straw and roots

Vzťah ¹		1991–1993
Hmotnosť ²	obsah ³	
Zrno ⁴	N	0,656 ⁺
	P	0,589
	K	-0,356
	Cd	-0,167
Slama ⁵	N	0,879 ⁺⁺
	P	-0,125
	K	0,501
	Cd	0,449
Korene ⁶	N	0,683 ⁺
	P	0,701
	K	0,403
	Cd	-0,575
<i>r</i>		0,74 ⁺⁺
		0,60 ⁺

¹relationship, ²weight, ³content, ⁴grain, ⁵straw, ⁶roots

Pre kadmium, ako vyplýva z tab. VI, je vypočítaný záporný korelačný koeficient ($r = -0,575$), ktorý charakterizuje nepriamu korelačnú závislosť. Erp, Lune (1989) uvádzajú, že príjem kadmia koreňmi rastlín je v lineárnej závislosti na koncentrácii voľného iónu Cd²⁺ v živnom prostredí. Pohyb ku koreňom sa deje difúziou, hromadným pôdnym tokom. V bezprostrednej blízkosti dochádza k chelatacii kovu organickými kyselinami vylučovanými rastlinou, zvyšuje sa difúzny gradient a urýchľuje sa príjem prvku (Mullins, Sommers, 1986).

Využitie rôznych druhov humátu sodného, draselného alebo amónneho v poľnohospodárskej výrobe je užitočné a perspektívne. Z hľadiska výživárskej praxe je dôležité, že humáty zvyšujú účinnosť minerálneho hnojenia a že toto pôsobenie je založené na ekologických princípoch. Rastlina ovplyvnená humusovými látkami sa nielen lepšie vyrovná s nepriaznivými vplyvmi prostredia, ale dokáže tiež lepšie využiť priaznivé podmienky. Toto vedie k úspore priemyselných hnojív a k praktickému riešeniu ekologických systémov výživy rastlín.

ZÁVER

Zo získaných exaktných výsledkov nádobových pokusov vyplýva, že humitan sodný v integrite s kvapalným dusíkatým hnojivom DAM 390 stimuluje príjem makroživín a využitie prijatých živín na tvorbu úrody. Na základe predmetných zistení a ďalších poznatkov

ponúka sa možnosť výroby kvapalných hnojív na báze humátov. Ich aplikácia by prispela k lepšiemu využitiu živín v pôde a aplikovaných hnojív s pozitívnym vplyvom na životné prostredie.

LITERATÚRA

BÍŽIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, Veda 1989. 192 s.
ČATSKÝ, J.: Vliv oxihumolitů na minerální výživu rostlin. Čs. Biol. 2, 1958: 12–18.
ERP, P. J. – LUNE, P.: A new method for determining the relation between soil and plant – cadmium. Pl. and Soil, 116, 1989: 119–122.
FECENKO, J. – LOŽEK, O.: Projekt výroby organo-minerálních kvapalných hnojív na báze huminových kyselín. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1993. 33 s.
FLAIG, W. – RIEMER, H.: Contribution to the mechanism of the influences of substances from soil organic matter on plant growth. Int. Symp. Humus et Planta V, Praha, 1971: 519–526.

CHAMINADE, R.: Influence de la matière organique sur l'efficacité de l'azot. Ann. Agron., 9, 1958: 59–65.
KOVÁŘ, J. – DOLEJŠKOVÁ, J.: Vliv stupňovaných dávek humátů amonného na odběr a využití fosforu rostlinami. In: Sbor. AF VŠZ Praha, 1974: 3–11.
MALIS, L.: Využitie humátů sodného pre tvorbu úrody a inhibíciu príjmu kadmia rastlinami jarného jačmeňa. [Kandidátska dizertácia.] Nitra, 1995: 119–123. – VŠP.
MULLINS, G. L. – SOMMERS, L. E.: Characterization cadmium and zinc in four soils treated with sewage sludge. I. Envir. Qual., 15, 1986 (4): 382–387.
VLAMIS, J. – VILLIAMS, D. E. – COREY, J. E. – PAGE, A. L. – GANJE, T. J.: Zinc and cadmium uptake by barley in field plants fertilized seven years with urban and suburban sewage. Soil Sci., 139, 1985 (1): 81–87.
VISSER, S. A.: Absorption of humic substances by plant cells and their transport within plant tissues. Proc. Humus et Planta IX, Ústí nad Labem, DT ČSVTS 1988: 232.
WALLACE, A. – BERRY, W. L.: Cobalt interactions with zinc, cadmium and nickel in lettuce seedling tests. Soil Sci., 147, 1989 (6): 411–412.

Došlo 8. 10. 1996

Kontaktná adresa:

Prof. Ing. Ján Fecenko, DrSc., Vysoká škola poľnohospodárska, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/41 12 10, fax: 087/41 14 51

V roce 1997 vyjde
rozšířené a modernizované vydání stejnojmenné
publikace z roku 1988

PŘIROZENÉ ŠKODLIVÉ LÁTKY V ROSTLINNÝCH KRMIVECH

P. Kalač – V. Míka

Zdravotní stav a užitkovost hospodářských zvířat jsou nepříznivě ovlivňovány škodlivými látkami, které si rostliny vytvářejí pro svou ochranu jako tzv. přirozené pesticidy. Jedná se např. o glukosinoláty a další glykosidy, fytoestrogeny, alkaloidy, saponiny, toxické aminokyseliny a bílkoviny, třísloviny a řadu dalších látek. Kniha shrnuje soudobé poznatky o jejich chemické podstatě, výskytu, faktorech ovlivňujících obsah, účincích na hospodářská zvířata a o možnostech omezení jejich nepříznivých vlivů.

Publikace je určena šlechtitelům, agronomům, zootechnikům, veterinárním lékařům, pracovníkům zemědělského výzkumu a státní správy a rovněž učitelům a studentům zemědělských škol.

Rozsah asi 400 stran, předpokládaná cena 160 až 190 Kč.

Objednávky zasílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací

Referát odbytu

Slezská 7

120 56 Praha 2

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

POKYNY PRO AUTORY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH – CONTENTS

Matula J., Hrozinková A., Pechová M.: Možnosti odhadu koncentrace draslíku v půdním roztoku z půdního testu Mehlich 2 A KVK-UF – Possibilities of potassium concentrate estimate in soil solution from the soil test Mehlich 2 and KVK-UF.....	1
Cígler P., Kužel S., Kolář L., Ledvina R.: Sorbent s inkorporovanou sulfidickou sírou pro imobilizaci kadmia v roztoku – Sorbent with incorporated sulphidic sulphur for immobilization of cadmium in solution	7
Tlustoš P., Balík J., Pavlíková D., Vaněk V.: Využití dusíku kukuřicí po lokální aplikaci síranu amonného (^{15}N) – The use of nitrogen by maize after local application of ammonium sulfate (^{15}N).....	13
Bízík J.: Distribution and movement of plant available forms of nitrogen in soil for maize during spring time – Rozdelenie a pohyb prístupných foriem dusíka v pôde pri pestovaní kukurice na jar	19
Poulík Z., Římovský K.: Minerální složení píce dočasné louky při rozdílných systémech hnojení – Mineral composition of herbage of temporary grassland at various systems of fertilization	25
Tůma J.: Vliv různých druhů dusíkatých hnojiv na výnos, výživnou hodnotu a minerální složení píce srhy laločnaté (<i>Dactylis glomerata</i> L.) – The effect of various kinds of nitrogen fertilizers on the yield, nutritive value and mineral composition of cock's foot (<i>Dactylis glomerata</i> L.) herbage	31
Ložek O., Fecenko J., Mazur B., Mazur K.: Vplyv foliárnej aplikácie humátu na úrodu a kvalitu zrna pšenice – The effect of foliar application of humate on wheat grain yield and quality	37
Fecenko J., Ložek O., Mazur B., Mazur K.: Resorpcia makroživín a kadmia v závislosti od aplikácie humátu sodného – Resorption of macronutrients and cadmium in dependence on application of sodium humate	43
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Zahradníček J.: XV. Biochemický sjezd s mezinárodní účastí.....	6
Tejcklová E., Pavelek M.: IV. Mezinárodní kongres o lnu ve Francii	30