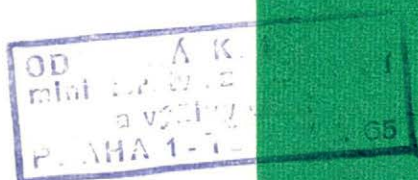




ROSTLINNÁ VÝROBA

PŮDOZNALSTVÍ



6

ROČNÍK 32 (LIX)
PRAHA
ČERVEN 1986
CENA 18 Kčs
ROVYAM 32 (6)
561-672
CS ISSN 0370-663X

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Řídí redakční rada

Prof. ing. František Hron, DrSc. (předseda), ing. Jiří Apltauer, CSc., ing. Jan Baier, DrSc., ing. Ivo Bareš, DrSc., dr. ing. Zbyněk Facek, CSc., ing. Rudolf Findejs, CSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Josef Hlaváček, CSc., doc. ing. Jozef Húska, CSc., ing. Josef Kopřiva, CSc., ing. František Mráz, CSc., doc. ing. Jaroslav Prugar, DrSc., prof. ing. Václav Rybáček, CSc., ing. Luboš Schmidt, CSc., ing. Josef Slepíčka, CSc., ing. Miron Suškevič, CSc., prof. ing. Ján Švihra, DrSc., ing. Juraj Uhliar, CSc., doc. ing. František Vlček, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc., ing. Ludmila Zeniščeva, DrSc.

Za vedení časopisu odpovídá prof. ing. František Hron, DrSc.

Redaktorka ing. Marie Michálková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1986

■
Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu z oboru rostlinné výroby. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7. Telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 216,—.

■
Научный журнал ROSTLINNÁ VÝROBA публикует обзоры, анализы и научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области растениеводства. Издает Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■
The scientific journal ROSTLINNÁ VÝROBA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research projects in the line of the plant production. Published by the Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Prague 2, Slezská 7.

■
Die wissenschaftliche Zeitschrift ROSTLINNÁ VÝROBA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der pflanzlichen Produktion. Herausgegeben von Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Praha 2, Slezská 7.

PŮDOZNALSTVÍ A JEHO SOUČASNÝ VÝVOJ

Hodnotitelem dosažené úrovně a stupně rozvoje půdoznalecké vědy v ČSSR za uplynulé 5leté období byla VI. Půdoznalecká konference s mezinárodní účastí, která se konala ve dnech 2.—6. září 1985 v Nitře. Tematicky byla zaměřena na oblast funkce půdy ve vztahu k produkci fyto-masy a tvorbě krajiny. Byla zde prezentována celá řada pozoruhodných prací diskutujících nejen tuto, ale i příbuznou problematiku z různých aspektů a naznačujících výraznější směřování výzkumu podle vytčeného poslání jednotlivých institucí.

V zpracovaných prognózách do roku 2005, se předpokládá určitý odklon od dosavadního dílčího „prvkového“ posunu vpřed, který pro různou úroveň řešení problematik a interpretací získaných poznatků nedovoluje vždy sladění do vzájemných syntéz, s hlubším objasněním příčin jevů a změn v půdním systému.

Počínaje studiem vlivu „ročníků“, který stále velmi výrazně rozhoduje o produkci plodin, musí se výzkum odvíjet a opírat o monitoring s automatizovaným sběrem dat v návaznosti na počítačové systémy jejich zpracování. Matematické modelování půdních procesů, koloběhu látek v krajině, půdní úrodnosti a tvorby výnosů se stává rozhodující progresivní cestou dalšího vývoje.

V souboru předložených příspěvků jsou speciální práce metodologického významu, které znamenají správnou orientaci a zvýšení efektivnosti a exaktnosti dosažených výsledků. Dále to jsou poznatky o vlivu některých živin a půdních režimů na výnosy polních plodin. Hlavní podíl připadá na dynamiku půdního humusu a dusíku v návaznosti na biologickou složku půdy, která má být také hlavním výzkumným programem nově konstituovaného ústavu ČSAV — půdní biologie — v Českých Budějovicích. Nastoupená cesta energeticky a materiálově nenáročné biologizace procesů a technologií, má všechny předpoklady stát se důležitou složkou i v ochraně a zvelebování zemědělského půdního fondu, ale především v procesu narůstajícího negativního vlivu civilizačních faktorů na půdu a životní prostředí.

Dr. ing. Zbyněk F a c e k, CSc.,

Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha

KVANTITATIVNÍ NUMERICKÉ VYHODNOCOVÁNÍ SPEKTROGRAMŮ PŮD, HORNIN A JINÝCH MATERIÁLŮ POČÍTAČEM

L. Pavel, S. Křišťoufková

PAVEL, L. — KŘIŠTOUFKOVÁ, S. (Vysoká škola zemědělská, Praha - Suchdol): *Kvantitativní numerické vyhodnocování spektrogramů půd, hornin a jiných materiálů počítačem*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6): 563—570.

Je popsán nový princip rychlého numerického kvantitativního vyhodnocování zčernání linií prvků na spektrogramech přírodních materiálů. Program byl vypracován pro stolní počítač HP-85. Předkřivka zčernání a kalibrační křivka emulze se vyhodnocují z S_{100} a S_{50} linií Fe. Rozptýl mikrodensitometrických měření se vyrovnává metodou nejmenších čtverců a pěti-
cemi bodů se postupně (klouzavě) prokládají polynomy třetího řádu. Úpravou vah bodů je zajištěno plynulé navazování polynomů. Zčernání linií prvků v řadě standardů se převádí na intenzity emitovaného záření prvků polynodem odpovídajícího úseku kalibrační křivky. Vypočtenými body ($\log I$, $\log C$) se metodou nejmenších čtverců prokládá přímka kromě prvního (podexpozice), od něhož do druhého se prokládá opět polynom třetího řádu navazující na přímku. Všechny křivky se kontrolně zobrazují na displeji počítače. Koeficienty analytické křivky pro daný prvek a matrici se trvale zaznamenávají na disk. Při analýzách se popsaným postupem kalibruje emulze fotografické desky a z disku se do počítače přečtou koeficienty analytické křivky. Zčernání linií prvků a interního standardu ve vzorcích se převedou na intenzity sadou koeficientů polynomu odpovídajícího úseku kalibrační křivky a z nich se počítají koncentrace prvků příslušnými koeficienty analytické křivky; výsledek vytiskne vestavěná tiskárna. Program umožňuje stanovení všech důležitých prvků v různých maticích a práci buď s korekcemi na pozadí nebo bez nich a libovolný počet opakování. Jsou uvedeny příklady popsaných křivek. Použití tohoto postupu výrazně usnadňuje, urychluje a upřesňuje kvantitativní vyhodnocení oproti klasickým grafickým nebo transformačním metodám a rozšiřuje použitelný koncentrační rozsah.

spektrografie; stopové prvky; numerické metody interpolace; užití stolního počítače; analýza přírodních materiálů

Spektrografická analýza troškových a stopových prvků, hojně používaná při analýzách hornin, půd, hnojiv, biologických a jiných materiálů, s sebou nese řadu problémů, jako jsou:

- nestabilita excitačních zdrojů,
- nerovnoměrnost hoření elektrického oblouku,
- interference a samoabsorpce spektrálních čar,
- maticové efekty a další.

Hlavní výhody metody spočívají v možnosti analýzy bez převedení vzorku do roztoku, ve vysoké citlivosti pro většinu prvků, v poměrně nízké pořizovací ceně a dlouhé životnosti používaného zařízení.

Při kvantitativní spektrografické analýze se užívá nejčastěji:

- metody přímého měření intenzity záření prvku (bez fotografické desky) fotonásobičem s časovou integrací (kvantometri),

- metody s doprovodnými standardy, jejichž spektra se zaznamenávají na fotografickou desku vždy spolu se spektry zkoumaných vzorků,
- metody s proměnným vnitřním standardem (Fe), vůči němuž se provádí kalibrace ostatních prvků, a jenž se ve vzorku stanoví jinou metodou,
- metody bez doprovodných standardů, založené na převodu zčernání linií na fotografické emulzi na odpovídající intenzity emitovaného záření prvků.

Metody přímého měření intenzity prvků jsou rychlejší v provedení analýzy a vyhodnocení je automatické. Kvantometry jsou však nákladná zařízení se značnými nároky na kalibraci a údržbu elektronické části. Záznam spekter na emulzi fotografické desky je pracnější a zdoluhavější postup, náročný na způsob vyhodnocení, avšak zařízení samo je poměrně nenáročné, snižují se vlivy časového kolísání intenzity jako důsledek nerovnoměrného hoření elektrod a vypařování prvku a zaznamenává se značně široký úsek spektra.

Nevýhody záznamu spekter na desku pramení se značně komplikované závislosti zčernání spektrálních linií prvků na intenzitě emitovaného záření, proměnlivé navíc podle vlnové délky. Kvantitativní vyhodnocení s doprovodnými standardy je časově náročné a spotřebuje se značné množství standardů připravených z drahých spektrálně čistých chemikálií. Metoda s proměnným vnitřním standardem (Mitchell, 1964) se velmi dobře osvědčila při analýzách stopových prvků v přírodních materiálech, ale vyžaduje navíc pracný a zdoluhavý rozklad a rozpuštění vzorku pro analýzu prvku proměnného interního standardu jinou metodou.

Spektrografická analýza s přidáním vnitřním porovnávacím prvkem je rychlá a poměrně jednoduchá v provedení, ale náročná a pracná při vlastním vyhodnocení — převodu zčernání linií analyzovaných prvků na jejich koncentraci ve vzorku. K vyhodnocení spekter se užívá nejčastěji grafické metody (eventuálně s grafickými pomůckami k urychlení a usnadnění práce) nebo řady metod transformačních (Török a Zimmer, 1972; Zimmer, 1962), kterými se nelineární závislost zčernání na intenzitě záření početně linearizuje.

Grafické hodnocení je zdoluhavé a málo přesné, zatížené subjektivní chybou při prokládání křivek body. Nevýhodou transformačních metod je nejistota v určení počátku odklonu křivky od přímkové části a možnost hypertransformace. Rozšíření počítačů nabízí možnost využití numerických interpolačních metod se značným zvýšením přesnosti, rychlosti a snadnosti vyhodnocení spektrogramů při kvantitativní analýze prvků. Frigieri a Rossi (1979) použili k tomuto účelu počítače IBM typu 370/125 a interpolační metody kubického splinu. Vedle zmíněných předností měla metoda ještě další — rozšířil se použitelný koncentrační rozsah prvků, a to od velmi silné podexpozice až do silného přeexponování linie analyzovaného prvku ve spektru. Nevýhodou kubického splinu je jeho „kmitání“ od bodu k bodu. Oscilace lze sice utlumit (vyhladit) koeficientem dy (při jehož vysoké hodnotě se prokládá až přímka), který je však arbitrárně volený.

Pavel a Křišťoufková (1982) ověřili možnosti jiných interpolačních metod pro kvantitativní vyhodnocování spektrogramů troškových a stopových prvků při analýzách hornin a půd, a to metody postupného prokládání parabol podle du Chateau et al. (1972) v několika modifikacích (4-, 5-, 6bodové), a dále oddělené aproximace zakřivené části předkřivek zčernání a kalibračních křivek emulze vhodnou analytickou funkcí a lineární části přímkou. Nejlépe se osvědčilo postupné prokládání parabol čtveřicemi bodů („klouzavá parabola“, „*sliding parabola*“) s vhodně zvolenými a proměnnými vahami bodů.

V další práci (Pavel a Křišťoufková, 1983) byly ověřeny možnosti dalších dvou interpolačních metod, a to metody Akimy (1970) a metody oskulační (Ackland, 1915). Počet analyzovaných prvků byl rozšířen ze čtyř na deset. K výpočtům bylo užito stolního

počítače HP-85, pro něž byly vypracovány příslušné programy. Obě metody poskytovaly téměř shodné výsledky jako čtyřbodová verze klouzavé paraboly, výpočet byl však rychlejší. Všechny se ale lišily v oboru nejnižších koncentrací od doporučených hodnot pro ověřovací mezinárodní silikátové standardy.

Proto byla vypracována na základě získaných zkušeností konečná verze metody numerického kvantitativního vyhodnocování spektrografických analýz, jež je předmětem tohoto sdělení.

MATERIÁL A METODY

Sada sedmi standardů pro kalibraci analytických křivek byla připravena ze standardního vzorku VS-N (C. R. P. G., Nancy, Francie) postupným ředěním silikátovou osnou (Mitchell, 1964) sintrovanou ze spektrálně čistých chemikálií (Johnson a Matthey, U. K.). Koncentrační řada byla 1, 3,16, 10, 31,6, 100, 316 a 1000 M. E. mg. kg⁻¹ (až na V — 1100 mg. kg⁻¹). K ověření analýz bylo jako vzorků užito tři standardních žul (C. R. P. G., Nancy, Francie a Z. G. I., NDR), dvou čedičů (C. R. P. G. a Z. G. I.), dioritu (C. R. P. G.) a tří půd (Ú. E. F. Irkutské státní univerzity a Půdní ústav Vashnil, SSSR): kurské černozemě, drnopodzolové půdy z moskevské oblasti a přikaspické svahové kaštanové půdy. U všech vzorků jsou atestovány doporučené koncentrace prvků.

Analýzy byly provedeny mřížkovým autokolimačním spektrografem PGS 2 s jednoduchým průchodem, s generátorem UBI 2 (VEB C. Zeiss, NDR). Použitý spektrální rozsah byl 210–390 nm, trojčočkové zobrazení s meziobrazem, meziclonu 3,2, štěrba 0,015 mm, vzdálenost elektrod SU 304 a SU 202 (Elektrokarbon Topolčany) byla 4 mm.

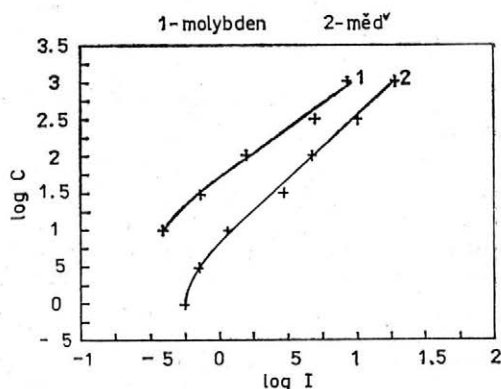
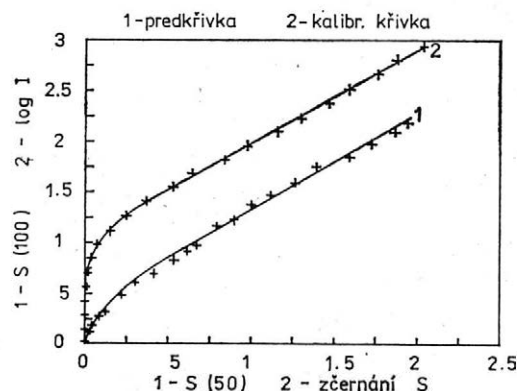
Standardy a vzorky byly ředěny 1 : 1 ředidlem C + Li₂CO₃ (6 : 1) s obsahem 0,1 % Ge a Pd. K buzení bylo užito stejnosměrného oblouku 220 V/10 A s anodickou polarizací nosné elektrody. Expozice byla 90 sec. na desky ORWO WU 3, vyvolávání desek 5 minut při 20 °C ve vývojce ORWO R 09, ředění 1 : 20. K zeslabení linií Fe pro kalibraci bylo užito filtru s konstantou $\Delta Y_m = 0,272$ (270 nm), resp. $\Delta Y_m = 0,281$ (310 nm). Všechny analýzy byly vykonány v trojím opakování. Zčernání linií se měřilo mikrodenzitometrem MD-100.

K výpočtům bylo užito stolního počítače HEWLET-PACKARD HP-85 s dvojdiskovou jednotkou, s plotterem a s potřebnými ROMy (Matrix, Plotter-Printer, Advanced Programming, Mass Storage), s RAM 32 kilobytů. Program byl napsán v jazyku HP EXTENDED BASIC.

Pro kontrolu byly všechny analýzy vyhodnoceny též graficky (obr. 1, 2) a λ — transformací.

POPIS NOVÉ METODY A PROGRAMU

Východí data pro kalibraci emulze fotografické desky jsou denzitometrická měření zčernání linií Fe v příslušné oblasti spektra S₁₀₀ a týchž linií zeslabených neutrálním filtrem s 50% propustností S₅₀. Po vnesení do počítače jsou data seřazena vzestupně a na začátek řady se doplní bod



1. Kalibrace emulze — 310 nm (1 — předkřivka, 2 — kalibrační křivka) — Emulsion calibration at 310 nm (1 — preliminary, 2 — calibration curve)

2. Analytické křivky Mo a Cu (1 — molybden, 2 — měď) — Analytical curves for Mo and Cu (1 — molybdenum, 2 — copper)

(0,0). Pro postupné prokládání kubik byly zvoleny skupiny pěti bodů; čtyři body nezaručují plynulé navazování kubik a šest bodů výslednou křivku zplošťuje v oblasti největšího zakřivení (malých zčernání).

Celkový počet bodů (S_{50} , S_{100}) je n . Celý rozsah od S_{50}^1 do S_{50}^n se rozdělí na dva úseky. Druhý úsek je od m -tého do n -tého bodu, přičemž v m -tém bodu S_{50} dosáhne nebo překročí pokusně zvolenou hodnotu 0,6 (podle druhu emulze může být i vyšší, ale S_{50}^{n-2}). Body v úseku od m do n se metodou nejmenších čtverců proloží přímkou. Z jejích koeficientů se vypočítá nová hodnota S_{100}^m , aby přímkový úsek plynule navazoval na první úsek křivky.

Prvním úsekem křivky od S_{50}^1 do S_{50}^m se klouzavě prokládají pěticemi bodů kubiky takto: Celkový počet bodů v úseku je m , počet intervalů h mezi nimi je $m - 1$. Index h je rozdělen na dvě části: $h = j + i$, kde index i (0 až 4) označuje pět následných bodů ve skupině a j polohu krajního levého bodu skupiny. Index j nabývá postupně hodnot od 1 do $m - 4$, čímž se stává prostředkem posunu pětice bodů celým rozsahem prvního úseku křivky. Při prokládání kubik metodou nejmenších čtverců dostávají body různou váhu podle polohy skupiny na úseku. Tím si zajistí plynulost výsledné křivky a její připojení k 0 na jedné straně a k přímce druhého úseku na druhé straně.

Osvědčené hodnoty váhových faktorů v pro intervaly k uvádí tabulka I.

I. Osvědčené hodnoty váhových faktorů v pro intervaly k — Tested values of weighing factors v for intervals k

i	$j = 1$	$j = 2$	$2 < j < m - 3$	$j = m - 3$	$j = m - 4$
0	3	2	1	1	1
1	2	3	2	1	1
2	2	2	3	2	2
3	1	1	2	3	2
4	1	1	1	2	3

Koeficienty kubik se získávají řešením čtveřic rovnic:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=0}^4 v_{ki} (y_{j+i} - a_k - b_k x_{j+i} - c_k x_{j+i}^2 - d_k x_{j+i}^3) &= 0 \\ \sum_{i=0}^4 v_{ki} x_{j+i} (y_{j+i} - a_k - b_k x_{j+i} - c_k x_{j+i}^2 - d_k x_{j+i}^3) &= 0 \\ \sum_{i=0}^4 v_{ki} x_{j+i}^2 (y_{j+i} - a_k - b_k x_{j+i} - c_k x_{j+i}^2 - d_k x_{j+i}^3) &= 0 \\ \sum_{i=0}^4 v_{ki} x_{j+i}^3 (y_{j+i} - a_k - b_k x_{j+i} - c_k x_{j+i}^2 - d_k x_{j+i}^3) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

v nichž x a y jsou zčernání S_{50} a S_{100} . Pro každý interval k s pětici bodů $j + i$ se získá jiná sada koeficientů a_k , b_k , c_k , d_k a při jejich použití v obecné rovnici:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (2)$$

je tak určena funkce v daném intervalu.

Předkřivka zčernání je tedy popsána v úseku od x_1 (0,0) do x_m $m-4$ sadami koeficientů rovnice (2) a v úseku od x_m výše koeficienty přímky, což umožňuje extrapolaci k ještě větším hodnotám zčernání. Grafický podprogram zobrazí vypočtenou předkřivku pro kontrolu na displeji počítače. Křivka 1 v diagramu je ukázkou předkřivky pro spektrální obor kolem 310 nm; jednotlivé body jsou měřené (S_{50} , S_{100}).

Z předkřivky zčernání se programem počítá kalibrační křivka, závislost intenzity ($\log I$) na zčernání (S). Začne se s velmi malou hodnotou S ($\leq 0,001$), které se přiřadí $\log I = 0$. Dále se postupně vypočítá deset bodů kalibrační křivky tak, že vypočtené S_{100} se stává S_{50} pro výpočet nového S_{100} . Vypočteným deseti hodnotám S se přiřadí deset hodnot $\log I$ získaných postupným přičítáním konstanty filtru ΔY_m pro danou spektrální oblast. Body (S , $\log I$) se vnesou do lichých míst číselného pole. První interval se rozpůlí a počínaje od jeho středu se stejným postupem jako výše vypočte dalších jedenáct bodů, které se uloží do sudých míst číselného pole. Pro výpočet kalibrační křivky je tedy k dispozici celkem 22 bodů, což je dostatečný počet. Příklad kalibrační křivky je na diagramu 1 (křivka 2).

Body se proloží kalibrační křivka stejným způsobem jako předkřivka zčernání, jejíž koeficienty se novými přepíše. Dále se program větví buď pro kalibrování standardy nebo pro výpočet koncentrace prvku ve vzorku, přičemž po ukončení první větve je možný návrat k větvi druhé a naopak.

V prvním případě se počítají koeficienty analytické křivky pro zvolený prvek a danou matici (27 prvků a 9 různých matic, což lze snadno rozšířit). Standardy lze vnášet ve zvoleném počtu opakování a po provedení výpočtů se hodnoty průměrují. Lze pracovat buď bez korekce na zčernání pozadí linie nebo s korekcí. Nejprve se vnesou do počítače všechny koncentrace C prvku v N standardech, potom zčernání S analytické čáry prvku a S linie vnitřního porovnávacího prvku (V. P. P.) ve všech standardech ve zvoleném počtu opakování. Koncentrace se logaritmují a zčernání se přepočtou s použitím koeficientů kalibrační křivky na intenzity, které se pro příslušný počet opakování zpřůměrují. Intenzity V. P. P. se odečtou od intenzit kalibrovaného prvku. Tím se získá N bodů ($\log I$, $\log C$) analytické křivky.

První bod odpovídající nejnižší koncentraci a silné podexpozici, bývá zpravidla odchýlen od přímkového rozložení ostatních bodů. Proto se přímka prokládá metodou nejmenších čtverců druhým až N -tým bodem. Druhý a třetí bod se zamění vypočítaným z koeficientů přímky, aby se zajistila návaznost přímkové a zakřivené části. Dále se vypočítá bod ležící na přímce uprostřed mezi druhým a třetím bodem. Čtveřicí bodů (jedna, dva, dva a půl, tři) se proloží kubická křivka, která představuje zakřivenou část analytické křivky mezi prvním a druhým bodem. V obr. 2 jsou uvedeny příklady analytických křivek pro molybden a pro měď. Pro kontrolu se zobrazují též na displeji počítače. V matici dimenzované (2, 4) jsou uloženy čtyři koeficienty kubiky, hodnota $\log I$ druhého bodu a dva koeficienty přímky. Podle hodnoty $\log I$ (druhého bodu) se rozhoduje, zda nový hledaný bod leží před nebo za druhým bodem a podle toho se volí výpočet $\log C$. Obsah matice s koeficienty se trvale zaznamenává na disk pro pozdější výpočty koncentrace prvku ve vzorcích. Stejný postup se opakuje pro všechny prvky a všechny matrice, čímž je kalibrace jednou provždy skončena.

Při analýzách vzorku se nejprve kalibruje emulze fotografické desky postupem shora popsaným, potom se zvolí stanovovaný prvek a charakter matrice; následuje přečtení koeficientů analytické křivky z diskového paměťového média do počítače. Dále se vnese počet opakování a postupně naměřená zčernání S prvku a V. P. P. Ta se převedou podle kalibrační křivky emulze na intenzity ($\log I$), jež se zpřůměrují pro zvolený počet opakování; odečtou se $\log I$ V. P. P. od $\log I$ prvku a z analytické křivky se $\log C$ vypočítá. Tiskárna počítače vytiskne koncentrace C s vyznačením a typu matrice.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Popsaná metoda byla jako celek realizována v programu „KUB 5“ včetně podprogramů pro grafické zobrazování všech křivek na displeji. Program je plně interaktivní — uživatel je jím stále veden — a probíhá velmi rychle.

Byl ověřen při analýzách deseti prvků (B, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, V, Zn a Mn) v devíti standardních vzorcích hornin a půd, popsaných v předešlé kapitole. Shoda výsledků získaných touto metodou a jinými metodami (grafickou, λ -transformací, klouzaovou parabolou, metodou Akimy a oskulační) je velmi těsná.

Větší odchylky jsou mezi analyticky stanovenými a doporučenými koncentracemi. Pramení zřejmě z matic značně proměnlivého chemického složení (kyselé a bazické vyvřeliny, půdy) i z nespolehlivosti doporučených hodnot. Takové odchylky však jsou při spektrální analýze běžné.

Průměrná hodnota všech doporučených koncentrací byla $\bar{x} = 50,54$ se směrodatnou odchylkou $s_x = 620,06$. Pro analytické koncentrace byly odpovídající hodnoty $\bar{y} = 46,0$ a $s_y = 669,86$.

II. Výsledky analýzy jednotlivých prvků párovým t -testem — Results of the analysis of the elements by the paired t -test

Prvek	t	$t^*_{0,05}$	Prvek	t	$t^*_{0,05}$
B	3,812	2,776	Pb	6,807	2,306
Co	0,408	2,365	Sn	0,812	2,365
Cr	1,883	2,365	V	1,753	2,365
Cu	0,012	2,365	Zn	1,933	2,571
Ni	0,794	2,447	Mn	0,637	2,365

Jde o dva závislé soubory dat a lze u nich statisticky zhodnotit významnost rozdílů doporučených a analytických koncentrací. Vzhledem k lognormálnímu rozdělení hodnoty byly k testům užity $\log C$. Analýzy jednotlivých prvků testované párovým t -testem jsou uvedeny v tabulce II.

Jen v případě B a Pb je $t > t^*_{0,05}$.

U ostatních prvků je $t < t^*$ a rozdíl doporučených a analytických koncentrací je statisticky nevýznamný.

Dále byla testována významnost rozdílu obou celých datových souborů. F -testem bylo ověřeno, že oba základní soubory mají shodné rozptyly:

$$F = 0,93 < F_{0,05}^* = 1,46$$

a významnost rozdílů průměrných hodnot doporučených a analytických lze testovat t -testem při neznámých rozptylech. Výsledek testu je:

$$t = 0,053 < t_{0,05}^* = 1,97.$$

Hodnota t leží mimo kritický obor a mezi průměry není tedy statisticky významný rozdíl.

S ohledem na podobné a lognormální rozdělení hodnot v obou souborech bylo možno vypočítat i korelaci mezi $\log C_d$ a $\log C_a$ ($d \dots$ doporučené, $a \dots$ analytické koncentrace). Korelační koeficient $r = 0,9178$. Jeho spolehlivost byla testována t -testem: $t = 19,75$ ($f = 74$). Vypočtený interval spolehlivosti je 100 %. Statistické testy a výpočty byly vykonány metodami popsányi Kábou a Nešetřilovou (1978).

Závěrem lze konstatovat, že vyhodnocování spektrografických analýz prvků popsanou numerickou metodou počítačem je nejen rychlé a snadné, ale i spolehlivé. Autoři jsou ochotni poskytnout zájemcům výpis programu.

Literatura

- ACKLAND, T. G.: An osculatory interpolation, where the given values of the functions are at unequal intervals. J. Inst. Actuar., 49, 1915 (cit. podle H. Akimy).
 AKIMA, H.: A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures. Journ. Ass. Comp. Machin., 17, 1970, s. 589-602.
 DU CHATEAU, P. C. — NOFZIGER, D. L. — AHUJA, L. R. — SCHWARTZEN-DRUBER, D.: Experimental curves and rates of change from piecewise parabolic fits. Agron. J., 64, 1972, s. 538-542.
 FRIGIERI, P. F. — ROSSI, F. B.: Calibration of photographic emulsion by cubic spline functions and applications in spectrochemical analysis. Anal. Chem., 51, 1979, s. 54-57.
 KÁBA, B. — NEŠETŘILOVÁ, H.: Matematická statistika I. Praha, SPN 1978, 203 s. (Skriptum VŠZ.)

MITCHELL, R. L.: The spectrochemical analysis of soils, plants and related materials. Comm. Agric. Bureaux, 3. vyd. 1964, 225 s.
PAVEL, L. — KRISTOUFKOVÁ, S.: Nové numerické metody hodnocení spektrofotometrie — transformation. Akad. Kiadó, Budapest, 1972, 39 s.
PAVEL, L. — KRISTOUFKOVÁ, S.: Numerické metody hodnocení spektrografických analýz půd a hornin. [Záv. zpráva.] Praha, VŠZ 1983, 73 s.
TÖRÖK, T. — ZIMMER, K.: Quantitative evaluation of spectrograms by means of 1 — transformation. Akad. Kiadó, Budapest, 1972, 39 s.
ZIMMER, K.: Entwicklung, Theorie und heutiger Stand der Schwärzungstransformationsverfahren. Rozprawy N. T. M., Praha 1962, s. 42-91.

Došlo dne 10. 1. 1986

ПАВЕЛ, Л. — КРИШТОУФКОВА, С. (Сельскохозяйственный институт, Прага-Сухдол): Количественная обработка данных спектрограмм почв, горных пород и других материалов счетной машиной. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 563-570.

Предлагается новый принцип скорой численной обработки почернения линий элементов на спектрограммах естественных материалов. Программа была разработана для счетной машины HP-85. Предварительная кривая почернения и калибровочная кривая эмульсии обрабатываются по почернению S_{100} и S_{50} линий железа. Рассеяние микроденситометрических измерений выравнивается методом наименьших квадратов и пятичленными группами пунктов постепенно (скольжением) прокладываются полиномы третьего порядка. Преобразованием значений пунктов обеспечивается плавный переход полиномов. Почернение линий элементов в серии стандартов преобразуется на интенсивности излучения элементов полиномом соответствующего сектора калибровочной кривой.

Вычисленными пунктами ($\log I$, $\log C$) прокладывается методом наименьших квадратов прямая за исключением первого пункта (подэкспозиция), от которого до второго пункта прокладывается опять полином третьего порядка, надвдвигающийся на прямую. Все кривые контрольно изображаются на экране счетной машины. Коэффициенты аналитической кривой для данного элемента и матрица сохраняются на диске.

Показанным процессом калибруется в течении анализов эмульсии фотопластины, и из диска избираются в счетную машину коэффициенты аналитической кривой. Почернение линий элементов и внутреннего стандарта в образцах переводится на интенсивность набором коэффициентов полинома соответствующего сектора калибровочной кривой, из этих интенсивностей рассчитываются концентрации элементов соответствующими коэффициентами аналитической кривой; результаты печатаются печатной составной частью счетной машины.

Программа позволяет определение всех основных элементов в различных матрицах и работу или с поправками на фон или без них и произвольное количество повторений.

В работе показаны примеры определенных кривых. Использование этого метода значительно облегчает, ускоряет и уточняет количественную обработку по сравнению с классическими графическими или трансформационными методами и расширяет применимые концентрационные диапазоны.

спектрография; микроэлементы; численные методы интерполяции; использование счетной машины; анализ естественных материалов

PAVEL, L. — KRISTOUFKOVÁ, S. (University of Agriculture, Praha-Suchdol): Quantitative Numerical Evaluation of Spectrograms of Soils, Rocks and Other Materials by means of a Computer. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 563-570.

A new principle of fast numerical evaluation of the blackening of analytical lines of elements on the spectrograms of natural materials is described in this paper. The program was written for the HP-85 desk-top computer. The preliminary and calibration curves of the photographic emulsion are computed from the S_{100} and S_{50} blackenings of the Fe lines in the given spectral range. Densitometric measurement dispersion is eliminated by means of the least-squares method and a sliding cubic function is fitted to 5-point groups. A smooth transition from one interval to another is assured by properly selected weighing factors. The line blackening of every element in the series of standard samples is transformed into radiation intensity by means of a polynomial valid for every particular interval. A straight line is fitted to the points of the linear portion of the curves. The analytical curve is

constructed from the computed points ($\log I$, $\log C$). The least-squares method is used to fit a straight line to all points but the first one (subexposure). A cubic function describes the portion between the first and the second points. All the curves are displayed on the CRT of the computer. The coefficients of the analytical line for every element and every matrix are stored on a floppy disc. Analyses of unknown samples are carried out in a similar manner. The new plate is calibrated in the above-described manner and coefficients of the analytical line are read from the disc. The blackenings of the lines of the element and of the internal-standard element are transformed into intensities which are averaged (for repetition) and subtracted. From the resulting $\log I$, the $\log C$ value is calculated; the concentration of the element is printed by the internal printer. Determination of all important elements in various matrices either with or without background corrections is possible with any reasonable number of repetitions. Examples of the described curves are shown in the paper. The method makes the evaluation of spectrograms easier, faster, more accurate, and broadens the usable concentration range, as compared with the graphic or transformation methods.

spectrography; trace elements; numerical interpolation; desk-top computer application; analysis of natural materials

PAVEL, L. — KRIŠTOUFKOVÁ, S. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha-Suchdol): *Quantitative numerische Auswertung von Spektrogrammen von Böden, Gesteinen und anderen Materialien mittels Computer*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 563-570.

Es wird ein neues Prinzip einer raschen numerischen quantitativen Auswertung der Schwärzung von Linien der Elemente auf Spektrogrammen natürlicher Materialien beschrieben. Das Programm wurde für die Tischrechenanlage HP-85 aufgestellt. Die Vorkurve der Schwärzung und die Kalibrationskurve der Emulsion werden aus den S_{100} - und S_{50} -Linien für Fe ausgewertet. Die Streuung der mikrodensitometrischen Messungen wird mit Hilfe der Methode kleinster Quadrate ausgeglichen und 5-Punkte-Gruppen werden schrittweise (gleitend) durch Polynome dritten Grads angepaßt. Durch Regelung der Wägungsfaktoren der Punkte ist eine kontinuierliche Anknüpfung der Polynome gewährleistet. Die Schwärzung der Linien von Elementen in der Standardreihe wird auf Intensität emittierter Elementestrahlung durch das Polynom des entsprechenden Abschnitts der Kalibrationskurve umgeformt. Den errechneten Punkten ($\log I$, $\log C$) wird mittels Methode kleinster Quadrate eine Gerade angepaßt, mit Ausnahme des ersten (Unterexposition), von dem zum zweiten wiederum ein auf die Gerade anknüpfendes Polynom dritten Grades angepaßt wird. Zur Kontrolle werden sämtliche Kurven auf der optischen Anzeige dargestellt. Koeffizienten der analytischen Kurve für das betreffende Element und die Matrix werden dauerhaft auf die Scheibe geschrieben. Bei den Analysen wird mit Hilfe des angeführten Verfahrens die Emulsion der fotografischen Platte kalibriert und aus der Scheibe werden die Koeffizienten der analytischen Kurve in den Rechner abgelesen. Die Schwärzungen der Elementelinien und des internen Standards in den Proben werden mittels eines Satzes von Koeffizienten des dem Abschnitt der Kalibrationskurve entsprechenden Polynoms zu Intensitäten umgeformt, aufgrund deren die Konzentrationen der Elemente durch entsprechende Koeffizienten der analytischen Kurve errechnet werden; das Resultat wird durch die eingebaute Druckanlage gedruckt. Das Programm ermöglicht eine Bestimmung aller wichtigen Elemente in verschiedenen Matrizen sowie eine Arbeit entweder mit oder ohne Hintergrundkorrekturen und eine beliebige Zahl von Wiederholungen. Es werden Beispiele der beschriebenen Kurven dargestellt. Die Anwendung dieses Verfahrens vereinfacht, beschleunigt und präzisiert wesentlich die quantitative Auswertung im Vergleich mit klassischen graphischen oder Transformationsmethoden und erweitert auch den anwendbaren Bereich der Konzentrationen.

Spektrographie; Spurenelemente; numerische Interpolationsmethoden; Einsatz von Tischrechenanlagen; Analyse natürlicher Materialien

Adresa autorů:

Prof. dr. ing. Lubomír Pavel, DrSc., ing. Světa Křištofuková, katedra půdoznalství AF, Vysoká škola zemědělská, 165 00 Praha 6 - Suchdol

CHARAKTERISTIKA DYNAMIKY FORIEM DUSÍKA V PREPARÁTOCH HUMÍNOVÝCH KYSELÍN HNEDOZEME PRI POUŽITÍ ZELENÉHO HNOJIVA

S. Sotáková, A. Zaujec

SOTÁKOVÁ, S. — ZAUJEC, A. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Charakteristika dynamiky foriem dusíka v preparátoch humínových kyselín hnedozeme pri použití zeleného hnojiva*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 571-578.

V podmienkach modelového laboratórneho pokusu s optimálnou teplotou a vlhkosťou, pri použití zeminy z humusového horizontu hnedozeme, sme sledovali vplyv zeleného hnojiva na dynamiku celkového a hydrolyzovateľného dusíka v preparátoch humínových kyselín. Zistili sme zreteľný rozdiel v dynamike distribúcie foriem organického dusíka v hydrolyzáte humínových kyselín. Matematickou analýzou vypočítané hodnoty trendov charakterizujú rýchlosť a tendenciu zmien, stabilizované hodnoty a doba stabilizácie charakterizujú parametre rovnovážneho stavu. Aplikácia zeleného hnojiva sa prejavila trendmi zníženia obsahu celkového a hydrolyzovateľného dusíka, pričom dusík biomasy sa viaže výrazne vo forme N-NH₃. Súčasné pôsobenie NPK, Ca priemyselných hnojív a zeleného hnojiva sa prejavilo znížením stupňa hydrolyzovateľnosti humínových kyselín, zvýšením obsahu celkového a hydrolyzovateľného dusíka, pričom dusík z priemyselného hnojiva sa prednostne viazal vo forme N-NH₂. hnedozem; humínové kyseliny; hydrolyzovateľný dusík; formy organického dusíka

Charakter humusových látok je značne rozdielny a závisí od pôdno-ekologických podmienok. Rozdielnosť je významná hlavne v obsahu a formách dusíka. Podstatná časť pôdneho dusíka (70—90 %) je viazaná v makromolekulách humusových látok, zvyšok v nešpecifických organických zlúčeninách. Vo forme anorganických solí sa nachádza priemerne 1 % z celkového pôdneho dusíka (Orlov, Grišina, 1981). Vychádzajúc z uvedeného je zrejmé, že obsah dusíka, jeho celková zásoba a rozdelenie v pôdnom profile je zákonite spojené so sústavou procesov, počnúc jeho viazaním, transformáciou a prerozdelením v organických látkach nachádzajúcich sa v pôde a končiac jeho uvoľnením. Rýchlosť mineralizácie organických látok obsahujúcich dusík závisí od foriem ich viazania a stability, ako aj od intenzity biochemických procesov. Formy zlúčenín dusíka sú rôznorodé, od aminokyselín cez aminocukry, amidické formy, polypeptidy až po heterocyklické zlúčeniny.

Z publikovaných prác (Bremner, 1955; Flaig, 1967; Flaig et al., 1975; Orlov, 1974) vyplýva, že 30 až 50 % dusíka humínových kyselín sa nachádza vo forme nehydrolyzovateľných zlúčenín, predstavujúcich zrejme heterocykly. V hydrolyzáte 6M HCl môže byť 50—70 %

celkového dusíka, z toho vo forme aminokyselín 20—40 %, N-NH_3 10 až 25 % a len 1—5 % N-aminocukrov.

Otvoreným a dosiaľ nevyriešeným problémom zostáva objasnenie procesov humifikácie rastlinných zvyškov, zabudovávanie dusíka a jeho transformácia do jednotlivých foriem v humusových látkach, najmä v humínových kyselinách.

Súčasnú matematickú metódu umožňujú vyjadriť charakter dynamiky transformácie dusíka viazaného v organických formách v definovanom prostredí. Umožňujú stanoviť podiel foriem dusíka vnášaného do pôdy, tak organického, ako aj minerálneho pôvodu (Zalabai, Halabrin, 1985).

MATERIÁL A METÓDY

Pre stanovenie modelu u miešanky viky a ovsa (zelené hnojivo) sme zvolili metódu modelového laboratórneho pokusu (Sotáková, 1985). Materiál sme inkubovali v špeciálne upravenom klimatizovanom priestore pri teplote ovzdušia 23—25 °C, relatívnej vlhkosti 80 % a pri vlhkosti pokusných hmôt 60 % PVK.

Použitá hmota: 1. miešanka viky a ovsa (pomer vika : ovos = 1 : 12,8; nadzemná časť : korene = 10,7 : 1) s obsahom 34,11 % C_{ox} , 1,668 % N_t , 1,85 % vodorozpustných cukrov, 12,56 % hemicelulózy, 15,11 % celulózy, 10,76 % proteínov, 21,58 % lignínu. 2. Hnedozem hlinité na spraši z oblasti Žitavskej sprašovej pahorkatiny, lokalita Horná Malanta, humusový horizont z hĺbky 50—200 mm, s obsahom 1,19 % C_{ox} , 0,120 % N_t , 62,2 % humusových látok z C_{ox} pri zastúpení humínových kyselín 26,6 % a fulvokyselín 35,6 %, $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,03$. Varianty pokusu — 1. HM (skúmanou zeminou bola ornica, odobraná z humusového horizontu hnedozeme, 3 kg na nádobu = 2,66 kg sušiny na nádobu s 0,032 kg C_{ox}), 2. ZH (zelená hmota miešanky viky a ovsa, 1,5 kg na nádobu = 0,29 kg sušiny a 0,099 kg C_{ox}), 3. HM + ZH (2,6 kg suchej hmoty zeminy + 0,17 kg suchej hmoty miešanky s obsahom 0,092 kg C_{ox} , čo predstavuje prídavok uhlíka na úrovni 2,25 % C_{ox} na nádobu), 4. HM + ZH + NPK Ca (2,6 kg suchej hmoty zeminy + 0,17 kg suchej hmoty miešanky + 1200 mg dusíka vo forme močoviny + 850 mg fosforu vo forme dvojitého superfosfátu a superfosfátu + 1200 mg draslíka vo forme 50 % draselnej soli + 600 mg vápnika vo forme mletého vápenca na nádobu). Pokus bol založený v štyroch opakovaniach pre sedem termínov odberu vzoriek — počiatočný stav, po 7., 14., 30., 120., 180., 360. a 720. dňoch inkubácie. Preparáty humínových kyselín boli izolované metódou uvedenou Orlovom a Grišinovou (1981), čistené dialýzou a sušené lyofilizáciou. Sledované ukazovatele — celkový obsah dusíka humínových kyselín bol stanovený automatickým analyzátorom CHN-1, po hydrolýze 6M HCl jednotlivé formy organického dusíka — celkový obsah hydrolyzovateľného dusíka, obsah aminokyselinového dusíka N-NH_2 , obsah N-NH_3 a N-aminocukrovej formy dusíka v hydrolyzáte metódou Bremnera (1965), nehydrolyzovateľný zvyšok humínových kyselín sme stanovili po dôkladnom premytí zvyšku po hydrolýze destilovanou vodou do odstránenia Cl^- iónov a vysušení do konštantnej hmotnosti pri 40—50 °C vázkove. Výsledky sme spracovali tabuľkárne a metódou lineárnych odhadov využívajúc originálne riešenie autorov Zalabai, Halabrin (1985) sme vypočítali hodnoty stabilizácie, doby stabilizácie a trendy.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z výsledkov nášho modelového experimentu (tab. I, obr. 1, 2) sú zrejme výrazné rozdiely v dynamike zmien stavby a zloženia humínových kyselín, vyjadrené ich odolnosťou oproti hydrolýze 6M HCl, hmotnostným pomerom hydrolyzovanej a nehydrolyzovanej časti, obsahom celkového i hydrolyzovateľného dusíka a jeho foriem. V „zrelých“ humínových kyselinách hnedozeme pomerne výrazne kolísala obsah celkového dusíka v rozpätí 62,00—47,48 mg $\cdot$ g⁻¹ pri rýchlosti a tendencii zmien vyjadrenej

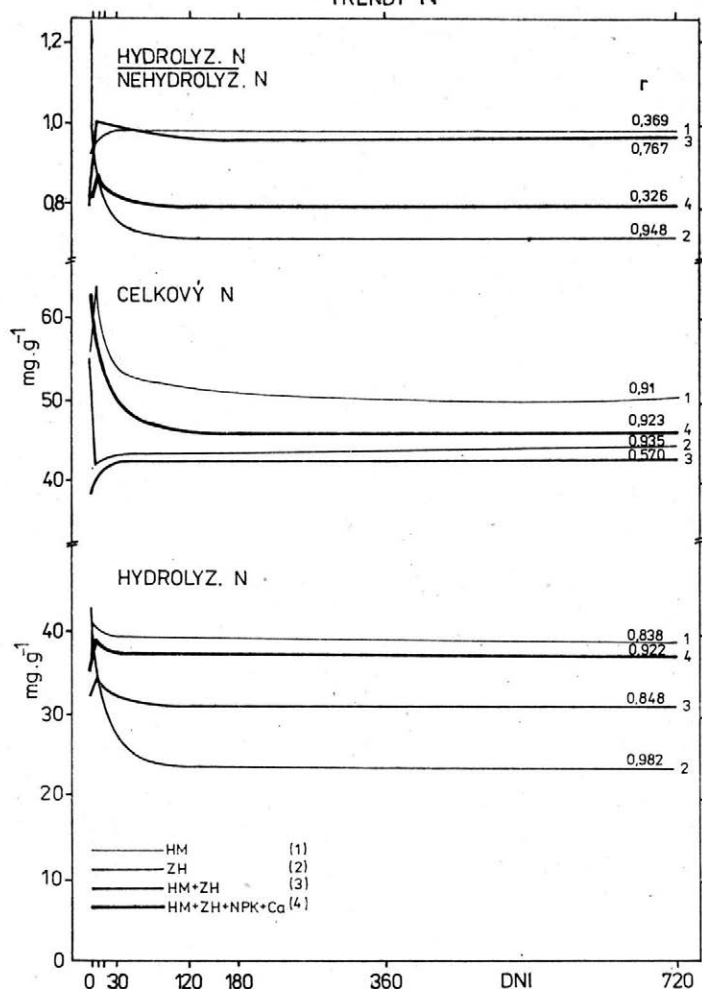
I. Dynamika dusíka a jeho foriem v humínových kyselinách — aproximované hodnoty počiatočného stavu (PS), stabilizované hodnoty (SH) v mg.g⁻¹ a doba stabilizácie (DS) v dňoch — The changes of nitrogen and its forms in humic acids — approximated values of the original state (PS), stabilized values (SH) in mg.g⁻¹ and stabilization time (DS) in days

Parametre		Varianty			
		HM	ZH	HM + ZH	HM + ZH + + NPK Ca
celkový dusík	PS	56,61	54,86	37,94	62,69
	SH	47,45	41,98	37,92	41,39
	DS	147,70	2614	230,70	83,69
	r	0,449	0,021	0,241	0,875
hydrolyzovateľný dusík	PS	35,96	43,39	33,25	35,89
	SH	35,94	21,70	30,53	34,17
	DS	377,70	133,70	155,60	126,30
	r	0,154	0,500	0,427	0,440
N - NH ₂	PS	18,89	25,19	20,00	18,19
	SH	18,17	8,69	15,78	17,48
	DS	312,60	578,40	98,39	286,50
	r	0,178	0,099	0,607	0,183
N - NH ₃	PS	10,50	13,57	11,72	10,50
	SH	10,48	7,76	10,08	10,48
	DS	249,50	79,87	197,80	228,80
	r	0,255	0,887	0,303	0,301
N-aminocukrov	PS	1,70	1,70	0,45	1,05
	SH	0,69	1,04	0,44	0,79
	DS	174,40	186,60	727,30	173,80
	r	0,410	0,396	0,153	0,614
N - nedefinovaný	PS	4,86	2,96	1,08	6,15
	SH	1,43	1,23	0,94	1,14
	DS	167,50	257,80	302,10	87,66
	r	0,403	0,231	0,431	0,814

trendom (obr. 1). Hmotnostný pomer hydrolyzovanej a nehydrolyzovanej časti sa menil v rozsahu 0,9—1,05 a mal vzostupný trend. V obsahu hydrolyzovateľného dusíka sme zaznamenali zmeny v medziach 41,21 až 35,96 mg.g⁻¹, s rýchlosťou a tendenciou zmien charakterizovaných trendom poklesu.

„Novovytvorené“ humínové kyseliny vznikajúce pri inkubácii miešanky viky s ovsom sa vyznačujú výraznými zmenami v obsahu celkového dusíka [54,86—42,39 mg.g⁻¹], hmotnostného pomeru hydrolyzova-

TRENDY N



1. Trendy hmotnostného pomeru hydrolyzovanej a nehydrolyzovanej časti, celkového a hydrolyzovateľného dusíka humínových kyselín — The trends of the weight ratio of hydrolyzable and non-hydrolyzable parts, total and hydrolyzable nitrogen of humic acids

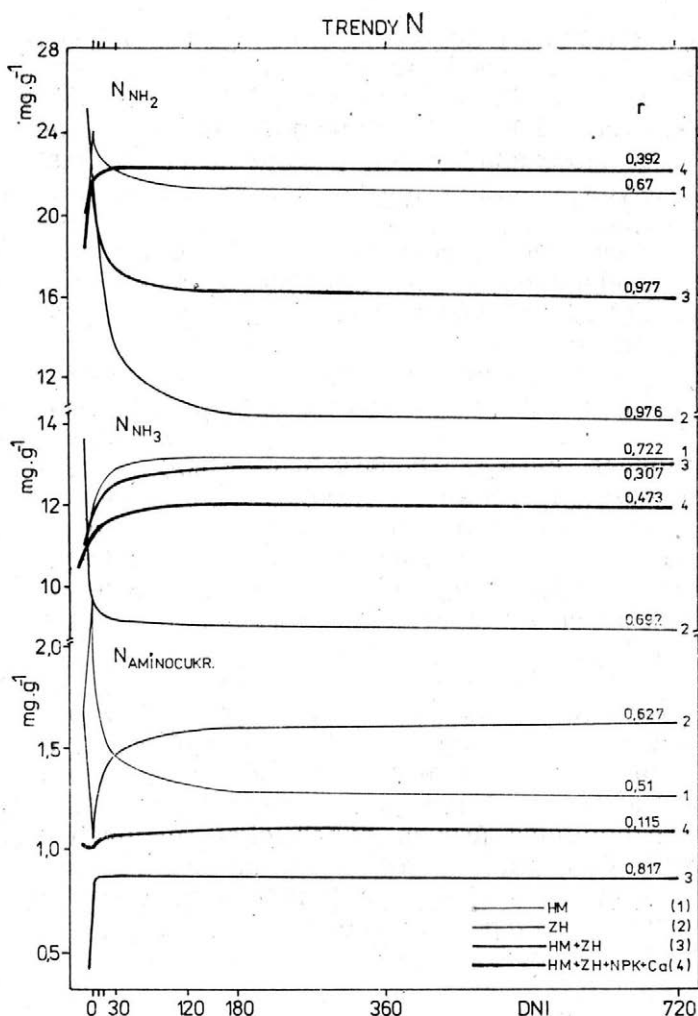
nej a nehydrolyzovanej časti (1,27—0,61) a obsahu hydrolyzovateľného dusíka (43,40—21,72 mg.g⁻¹).

Zapravením zelenej hmoty miešanky do pôdy sa zmenil charakter pôdnych humínových kyselín. Celkove sa v nich znížil obsah dusíka (47,31—37,95 mg.g⁻¹) a hmotnostný pomer hydrolyzovanej a nehydrolyzovanej časti kolísal v širšom rozpätí ako u pôdnych humínových kyselín (0,80—1,08), na nižšej úrovni sa pohyboval aj obsah hydrolyzovateľného dusíka (36,00—30,55 mg.g⁻¹).

Pri obohatení pôdy o zelené hnojivo a NPK, Ca, sme v humínových kyselinách zistili výrazné zmeny v obsahu dusíka (62,69—41,41 mg.g⁻¹) a menej významné zmeny v hmotnostnom pomere hydrolyzovanej a nehydrolyzovanej časti (0,89—0,70). Vyšší obsah hydrolyzovateľného dusíka bol spôsobený pridaním dusíkatých, fosforečných, draselných a vápenatých hnojív (42,80—34,20 mg.g⁻¹) s tendenciou poklesu v priebehu inkubácie.

Najintenzívnejšie zmeny vo všetkých variantoch pokusu a sledovaných parametroch humínových kyselín prebiehali do 30. až 120. dňa inkubácie, ako to vyplýva aj z trendov (obr. 1, 2). Matematická analýza

2. Trendy N-NH₂, N-NH₃ a N-aminocukrov —
The trends of N-NH₂, N-NH₃ and N amino
sugars



kvantitatívnych ukazovateľov nám síce poskytla zaujímavé údaje o stabilizovaných hodnotách a o dobe stabilizácie, ale zväčša s nízkymi hodnotami korelačných koeficientov (tab. I).

Pri rozboře hydrolyzátu, stanovením jednotlivých foriem hydrolyzovateľného dusíka, sme zistili, že vo všetkých preparátoch humínových kyselín bola najvyšším podielom zastúpená forma N-aminokyselín, menším N-NH₃ a najmenším podielom forma N-aminocukrov, ako uvádzajú aj Flaig (1967) a Orlov (1974). Zvýšenie obsahu hydrolyzovateľného dusíka v humínových kyselinách hnedozeme bolo spôsobené výraznejším nárastom obsahu N-NH₂ formy na začiatku a na konci inkubácie, kým v období od 120. do 360. dňa pribúdanie frakcie N-NH₃. Humínové kyseliny vznikajúce humifikáciou zelenej hmoty sa vyznačujú nižším obsahom hydrolyzovateľného dusíka zásluhou zníženia obsahu N-NH₂ v období od 30. do 720. dňa inkubácie. Obdobný trend sme zistili aj po zapravení zeleného hnojiva uvedenej miešanky do pôdy s tým rozdielom, že sa zvýšil obsah N-NH₃.

Pridanie priemyselných hnojív k inkubovanej zemine obohatenej o zelené hnojivo sa neprejavilo výrazne v náraste N-NH₃. Táto forma

sa stabilizovala na nižšej úrovni než v prípade bez použitia priemyselných hnojív, avšak súčasne sa významne zvýšil podiel a stabilizácia N-NH₂ (až okolo 50 % k obsahu celkového dusíka).

Obsah frakcie N-aminocukrov sa všeobecne pohyboval v rozpätí 1 až 5 % z celkového dusíka, pričom najvyššie zastúpenie sme zistili u humínových kyselín z miešanky viky a ovsu a najnižšie po jej zapravení do pôdy.

V súčasnosti prevláda názor, že proteíny, alebo zlúčeniny obsahujúce dusík odvodené od proteínov, sú rozpustené počas extrakcie humínových kyselín alkalickými, alebo neutrálnymi činidlami. Vlastnosti a zloženie humínových kyselín silne závisia od použitej metódy izolácie a od ich čistenia. Je možná aj separácia humínových kyselín na dve frakcie s výrazne odlišným obsahom celkového a hydrolyzovateľného dusíka a ďalších vlastností. Porovnanie týchto dvoch frakcií tzv. „hnedých humínových kyselín“ bohatých na dusík, s nízkym obsahom popolovín a s vysokým obsahom hydrolyzovateľného dusíka i dusíka v aminokyselínovej frakcii oproti tzv. „šedým humínovým kyselinám“ s opačným charakterom, je v prácach autorov Flaig et al. (1975) a Orlov (1974). Naše výsledky nás viedli k záveru, že v nami analyzovaných humínových kyselinách silne prevládali práve tzv. „hnedé humínové kyseliny“.

Humínové kyseliny hnedozeme sa pri použití priemyselných dusíkatých hnojív a zeleného hnojiva menia vo svojej podstate, o čom svedčí preskupovanie v jeho formách. Zároveň však treba konštatovať, že nárast zdroja dusíka v pôde nemusí viesť k jeho zvýšeniu v humínových kyselinách. Pre zastúpenie a transformáciu dusíka v humínových kyselinách je rozhodujúca úroveň dynamickej rovnováhy obsahu humusu v pôde, ktorá závisí od pomeru medzi mineralizáciou a humifikáciou pôdných i do pôdy dodaných organických látok a od využitia dusíka mikroorganizmami pri týchto procesoch.

Literatúra

- BREMNER, J. M.: Nitrogen distribution and amino-acid composition of fraction of humic acid from chernozem soil. Z. Pfl.-Ernähr. Düng. Bodenkd., 71, 1955, č. 1.
- BREMNER, J. M.: Organic forms of nitrogen. In: Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin 1965. (Ed.: Black, C. A.) part. 2.
- FLAIG, W.: Chemical composition and physical properties of humic substances. Studies about Humus. Transact. Internat. Symp. Humus et Planta IV, Prague 1967, s. 81-112.
- FLAIG, W. — BEUTELSPACHER, H. — RIETZ, E.: Chemical composition and physical properties of humic substances. In: Soil Components, Vol. I — Organic components. (Ed. Gieseking, J. E.) Springer Verlag New York 1975, s. 1-211.
- ORLOV, D. S.: Gumusovyje kisloty počv. Moskva, MGU 1974, 334 s.
- ORLOV, D. S. — GRIŠINA, L. A.: Praktikum po chimiji gumusa. Moskva, MGU, 1981, 272 s.
- SOTÁKOVÁ, S.: Dynamika chemizmu a organickej hmoty vo vzťahu k úrodnosti pôdy pri intenzívnom hnojení. [Záv. správa.] Nitra, VŠP 1985, 84 s.
- ZALABAI, Z. — HALABRÍN, M.: Výber relevantných matematických modelov produkčného systému poľných kultúr. [Záv. správa.] Nitra, VŠP, 1985, 50 s.

Došlo dňa 10. 1. 1986

СОТАКОВА, С. — ЗАВЕЦ, А. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): **Характеристика динамики азотных форм в препаратах гуминовых кислот бурозема при использовании зеленого удобрения.** Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 571-578.

В условиях модельного лабораторного опыта с оптимальными температурой и влажностью, с использованием грунта гумусного горизонта бурозема, определяли влияние зеленого удобрения на динамику всего и гидролизованного азота в препаратах гуминовых кислот. Отмечены явные различия динамики распределения форм орг. азота в гидролизате гуминовых кислот. С помощью математического анализа величин трендов охарактеризованы скорость и направление изменений, а стабилизированные величины и срок стабилизации характеризуют параметры равновесного положения. Внесение зеленого удобрения проявляет себя в тенденции к понижению содержания всего и гидролизованного азота, причем азот биомассы заметно связывается в форме $N-NH_3$. Одновременное действие NPK и Ca в промышл. удобрениях и зеленого удобрения понижает степень гидролиземости гуминовых кислот, повышает содержание всего и гидролизованного азота, причем азот в промышл. удобрениях в опережающем порядке увязывается в форме $N-NH_2$.

бурозем; гуминовые кислоты; гидролизуемый азот; формы органического азота

SOTÁKOVÁ, S. — ZAUJEC, A. (University of Agriculture, Nitra): *Characteristics of the Changes of Nitrogen Forms in the Preparations of Humic Acids of Green-Manured Grey-Brown Podzolic Soil.* Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 571-578.

A model laboratory trial with the humus horizon of gray-brown podzolic soil at an optimum temperature and moisture content was conducted to study the effect of green manure on the changes in total and hydrolyzable nitrogen in the preparations of humic acids. A marked difference was found in the distribution of different forms of organic nitrogen in the hydrolyzate of humic acids. The values of the trends calculated by mathematical analysis characterize the rate and tendency of changes; the stabilized values and the stabilization time characterize the parameters of steady state. The application of green manure decreased the content of total and hydrolyzable nitrogen, biomass nitrogen being bound largely in the form of $N-NH_3$. The joint action of the NPK and Ca of commercial fertilizers and the green manure reduced the hydrolyzability of humic acids and increased the content of total and hydrolyzable nitrogen, the N of the commercial fertilizer being bound mainly in the form of $N-NH_2$.

gray-brown podzolic soil; humic acids; hydrolyzable nitrogen; forms of organic nitrogen

SOTÁKOVÁ, S. — ZAUJEC, A. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Charakteristik der Dynamik von Stickstoffformen in Präparaten von Braunerdehuminsäuren bei Anwendung von Gründüngung.* Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 571-578.

In Bedingungen eines Modell-Laborversuchs, mit optimaler Temperatur und Feuchtigkeit, unter Anwendung von Substrat aus dem Humushorizont von Braunerde, untersuchten wir die Einwirkung der Gründüngung auf die Dynamik des Gesamt- und des hydrolysierbaren Stickstoffs in Präparaten der Huminsäuren. Wir stellten einen markanten Unterschied in der Distributionsdynamik von Formen des organischen Stickstoffs im Hydrolysat der Huminsäuren fest. Mit Hilfe mathematischer Analyse errechnete Werte der Trends charakterisieren die Schnelligkeit und die Tendenz der Veränderungen, stabilisierte Werte und die Stabilisationszeit charakterisieren die Parameter der Gleichgewichtslage. Eine Applikation von Gründüngung kam durch Trends einer Herabsetzung des Gehalts an Gesamt- und hydrolysierbarem Stickstoff zum Ausdruck, wobei sich der Stickstoff der Biomasse ausgeprägt in Form von $N-NH_3$ bindet. Die gleichzeitige Wirkung von NPK Ca der

Mineraldüngemittel und von Gründüngung äußerte sich durch einen Trend des Rückgangs des Hydrolysierbarkeitsgrads der Huminsäuren, der Erhöhung des Gehalts an Gesamt- und hydrolysierbarem Stickstoff, wobei sich der Mineraldünger-Stickstoff vorrangig in Form von $N-NH_2$ gebunden hat.

Braunerde; Huminsäuren; hydrolysierbarer Stickstoff; organische Stickstoffformen

Adresa autorov:

Prof. ing. Soňa Sotáková, CSc., ing. Anton Zaujec, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 1, 949 76 Nitra

J. Baier

BAIER, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Zásoba draslíku v půdě*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 579-585.

Údaje získané z 213 provozních ploch cukrovky na středně těžkých půdách v pěti ročnících byly využity ke studiu vztahů mezi zásobou přístupného draslíku (podle Schachtschabela) v půdě a dosažitelnými výnosy kořene cukrovky. Hraniční křivka maximálně dosažitelných výnosů měla v závislosti na obsahu přístupného draslíku (do hloubky ornice 20 cm) průběh vyznačený rovnicí $\hat{Y} = 12,30 + 0,51x - 0,00154x^2$. Jako horní hraniční linie bodového pole potvrzuje, že výnosy jsou na zásobě draslíku v půdě závislé jen v oblasti relativního minima. Výnosy, které se nacházely v oblasti pod vymezenou hraniční křivkou, byly limitovány jinými vegetačními činiteli, popřípadě abiotickými faktory. Hraniční křivka maximálně dosažitelných výnosů při různé zásobě přístupného draslíku v půdě je vhodným východiskem pro vymezení parametrů nezbytných pro projekty biologické maximalizace výnosů i výchozím kritériem pro stanovení dosycovacích hladin draslíku.

přístupný draslík; výnosy kořene cukrovky; hraniční křivka maximálně dosažitelných výnosů; projektování výnosů; dosycování půd; redukovaný výnos kořene

Základním předpokladem pro dosahování vysokých výnosů polních plodin je vysoká půdní úrodnost, jejímž znakem je mj. i vysoký obsah přístupných živin v půdě. Dobře zásobené půdy se stávají jedním z rozhodujících faktorů výkonnosti celé rostlinné výroby (Mengel, 1968; Czuba, 1974; Pannikov, Minějev, 1977; Baier, 1974 aj.). Keller (1982) uvádí, že základní podmínkou úspěšného rozvoje rostlinné výroby je vhodný systém péče o půdní úrodnost, zahrnující i optimalizaci živinného režimu půdy. Cooke (1981) zdůrazňuje, že v projektech maximalizace výnosů je nutno klást důraz na takovou úroveň půdní úrodnosti, která je schopna poskytovat rostlinám dostatek živin. V našich projektech patří dostatečná zásoba přístupných živin v půdě k důležitému nenahraditelnému předpokladu maximalizace výnosů (Baier, 1982).

V progresivní soustavě hnojení (Baier, 1979) pečujeme o dosažení optimálního obsahu přístupných živin v půdě tzv. dosycovacím hnojením. Na půdách dosycených všemi živinami se může v širokém rozsahu uplatnit selektivní příjem živin (Nilovskaja, 1981), který při vzájemné vyváženosti přijatých živin umožňuje jejich intenzivní využití pro tvorbu výnosu (Baier, 1979).

Rozmanitý obsah přístupného draslíku v našich orných půdách a ekonomické aspekty maximalizace výnosů vyžadují vymezit optimální

hladiny draslíku ve vztahu k výnosu jednotlivých plodin a ekologickým podmínkám stanoviště. V této práci jsme se zaměřili na studium optimálních hladin přístupného draslíku v půdě pro cukrovku, a to nejen pro význam draslíku při tvorbě výnosu kořene a jeho kvality, ale i pro vhodné podmínky k dosycení tzv. řepařských půd touto živinou.

MATERIÁL A METODY

Ke studiu optimálních obsahů přístupného draslíku v půdě (tzv. dosycovacích hladin) jsme zvolili metodu horní hraniční linie (Smetánková, 1982), která vymezuje dominantní závislost hodnoty „y“ výnosu kořene cukrovky na hodnotě „x“ zásoby přístupného draslíku v oblasti maximálních hodnot celého souboru. Bodové pole uvedených hodnot představuje kromě sledované nezávisle proměnné veličiny i působení dalších faktorů. Na hodnotách ležících pod horní hraniční linií spolupůsobil vedle sledované závislosti další faktor nebo skupina faktorů, které její účinek snížily.

Experimentální údaje v této práci (y = výnosy hospodářského produktu — kořene cukrovky vyjádřené v $t \cdot ha^{-1}$ a α = obsah přístupného draslíku stanoveného podle Schachtschabela v mg na 1 kg půdy do hloubky ornice 20 cm) byly získány ze sledování prováděného na provozních plochách. Z rozmanitých stanovištních podmínek na půdách středně těžkého zrnitostního složení 82 zemědělských podniků 11 okresů CSR v letech 1972—1977 pochází 213 shromážděných údajů. Vzhledem k tomu, že na sledovaných pozemcích byla pod cukrovku aplikována draselná hnojiva, byla propočtena redukce výnosu odpovídající předpokládanému účinku draselného hnojení. Uvažován byl střední přírůstek 20 kg kořene na 1 kg draslíku, vypočtený z výsledků našich exaktních pokusů a literárních údajů. Draslík z hnoje jsme nebrali pro redukci v úvahu, protože organické hnojení cukrovky

I. Přehled souboru redukováných výnosů kořene cukrovky a výživných poměrů s draslíkem u 213 sledovaných provozních honů — A survey of the set of reduced root yields of sugar-beet and the potassium nutrition conditions in 213 production plots under study

Okres	Počet pří- padů	Průměrný redukováný výnos kořene $t \cdot ha^{-1}$	Průměrná zásoba přístupného K $mg \cdot kg^{-1}$	Průměrná dávka K $kg \cdot ha^{-1}$ v průmyslo- vých hnojivech	Průměrná dávka N $kg \cdot ha^{-1}$ v průmyslo- vých hnojivech	Podíl výnosu kořene v kg na 1 mg K kg^{-1} půdy
Hradec Králové	26	33,8	147	169	140	230
Jičín	22	27,9	122	136	170	229
Chrudim	14	21,7	112	158	145	194
Pardubice	25	22,8	141	123	161	162
Ústí n. Orlicí	43	31,3	122	225	147	257
Litoměřice	22	31,6	217	144	142	146
Louny	8	12,8	210	164	141	61
Praha - východ	16	33,0	140	169	130	236
Prostějov	8	42,0	152	145	128	276
Olomouc	6	41,2	158	131	102	261
Hodonín	23	36,3	179	124	150	203
Zvážený průměr celkem	213	30,4	149	163	146	204

dávkami kolem 40 t hnoje na 1 hektar je v našich podmínkách základním hnojařským opatřením. Výnos kořene je tudíž v celé práci vztahován k zásobě přístupného draslíku v půdě organicky pod cukrovku vyhnojené.

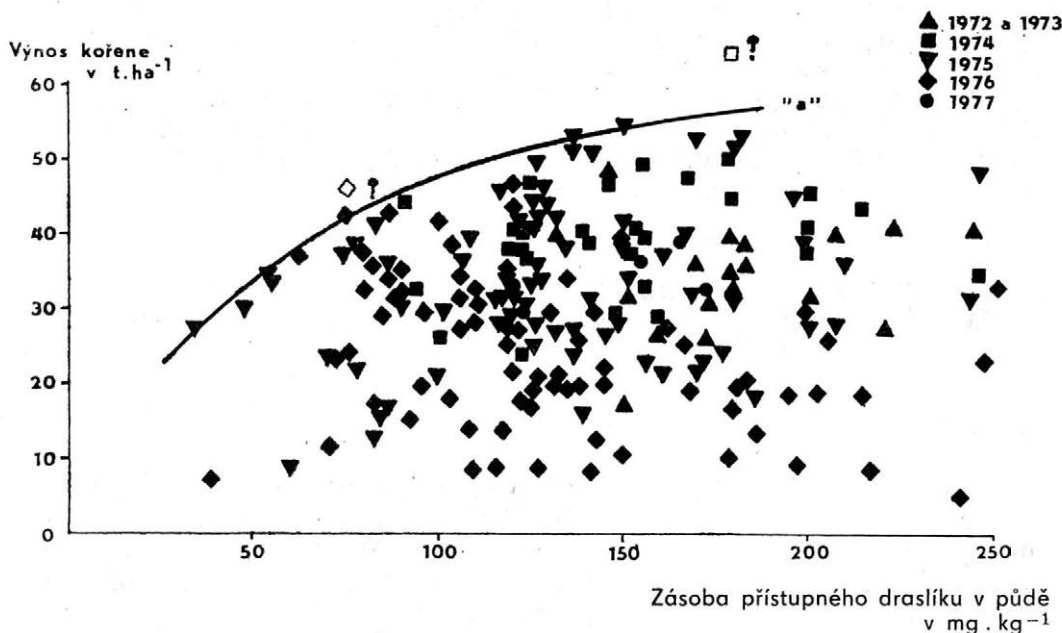
Z přehledu analyzovaného souboru (tab. I) vyplývají následující statistické údaje ($n = 213$):

- a) průměrný redukovaný výnos činil 30,4 t bulev na hektar a interval okresních průměrů činil 12,8–42,0 t. ha⁻¹,
- b) průměrná zásoba přístupného draslíku v půdě činila 149 mg.kg⁻¹ půdy a v okresních průměrech kolísala v rozmezí od 112 (Chrudim) do 217 (Lito-měřice),
- c) průměrná dávka draslíku aplikovaného v průmyslových hnojivech činila 163 kg draslíku na ha. V okresních průměrech kolísala v dosti širokém rozmezí od 123 do 225 kg. ha⁻¹,
- d) průměrná dávka dusíku dodaného v průmyslových hnojivech činila 146 kg. ha⁻¹ a u většiny okresních průměrů se kolem této hodnoty pohybovala,
- e) podíl výnosu kořene, který připadá na 1 mg draslíku na kilogram v půdě činil v průměru 204 kg. Pohyboval se však v širokém rozmezí. Nejnižší okresní průměr byl 61 a nejvyšší 276 kg bulev.

VÝSLEDKY

Grafické znázornění vztahů redukovaných výnosů kořene cukrovky (y) k zásobě přístupného draslíku v půdě (x) u 213členného souboru vytváří bodové pole uvedené na obr. 1.

Bodové pole vykazuje velmi pestrý rozptyl průsečíkových hodnot. Nízké výnosy jsou dosahovány při malé i dobré zásobě přístupného draslíku.



1. Vztah redukovaných výnosů kořene cukrovky (y) k zásobě přístupného draslíku v půdě (x) a vymezená horní hraniční křivka tohoto vztahu (a) u souboru 213 provozních ploch 11 okresů ČSR (1972–1977) — The relation of reduced sugar-beet root yields (y) to the soil store of available potassium (x) and the delimited upper boundary line of this relation (a) in a set of 213 productive areas of 11 districts in the Czech Socialist Republic (1972–1977)

Z grafického znázornění však vyplývá jednoznačný závěr v tom smyslu, že při malé zásobě přístupného draslíku (stanoveného podle metody Schachtschabela) nebyly dosahovány vysoké výnosy. Na druhé straně dokumentuje vyznačené bodové pole, že vysoké výnosy byly dosaženy jen na půdách draslíkem dobře zásobených.

Proložením křivky horními průsečíky bodového pole jsme obdrželi horní hraniční křivku „a“, která probíhá oblastí nejvyšších výnosů k danému stupni zásobenosti půd přístupných draslíkem.

Nad vymezenou horní hraniční křivkou leží pouze dva případy, u nichž bylo vzhledem k relativně nízké zásobě přístupného draslíku dosaženo vyšších výnosů. Ostatních 99 % případů leží na horní hraniční křivce, a nebo pod ní.

Velký počet případů, kdy výnosy kořene cukrovky nedosahují s ohledem na zásobu přístupného draslíku v půdě maximálně dosažitelné výše, vyznačené horní hraniční křivkou závislosti, nasvědčuje tomu, že výnosy kořene cukrovky byly v daných provozních podmínkách velmi často i velmi silně limitovány ještě jinými faktory, než je zásoba přístupného draslíku v půdě, popřípadě, že docházelo ke snižování výnosu chorobami, či vyššími sklizňovými ztrátami.

V celém sledovaném souboru činil průměrný redukováný výnos kořene cukrovky na půdách s obsahem přístupného draslíku do 100 mg na kg půdy 30,1 t . ha⁻¹, od 100 do 150 mg draslíku na kg půdy 31,1 t . ha⁻¹, od 150 do 200 mg draslíku na kg půdy 30,5 t . ha⁻¹ a nad 200 mg draslíku na kg půdy 29,4 t . ha⁻¹.

Uvedené potvrzuje, že bez eliminace všech faktorů, které působí negativně na realizaci výnosového potenciálu nelze vymezit optimální hladiny přístupných živin v půdě. Jejich determinace pomocí horních hraničních křivek ukazuje schůdnou cestu řešení.

Matematické vyjádření této hraniční křivky maximálně dosažitelných výnosů kořenů cukrovky při různé úrovni přístupného draslíku v půdě vhodné pro pěstování cukrovky odpovídá ve sledovaném rozsahu parabole II. řádu vymezené rovnicí:

$$\hat{Y} = 12,30 + 0,51x - 0,00154x^2,$$

kde: $\hat{Y}$ = výnos kořene cukrovky v t . ha⁻¹,

x = zásoba přístupného draslíku (podle Schachtschabela) v mg draslíku na kg půdy.

DISKUSE

Bodové pole vyjadřující v dané práci vztah výnosu kořene cukrovky k zásobě přístupného draslíku v půdě je dokladem toho, že při studiu v přirozených ekologických podmínkách, kdy nelze v celém rozsahu postihnout působení dalších faktorů kromě sledované nezávisle proměnné veličiny, není vhodné používat regresní analýzu dat. Za takovýchto podmínek je vhodnější využívat k hodnocení sledované závislosti metodu hraničních linií (Smetánková, 1982). Hraniční linie jsou křivky ohraničující bodová pole hodnot vyjadřujících vztah závisle a nezávisle proměnných veličin.

Horní hraniční křivka bodového pole 213 výnosů kořene cukrovky vztažená k obsahu přístupného draslíku v půdě potvrzuje, že při rela-

tivním nedostatku draslíku vůči ostatním živinám a vegetačním faktorům tento determinuje výnos. Horní hraniční křivka vymezuje tedy oblast maximálně dosažitelných výnosů při různém stupni zásobenosti půd středně těžkého zrnitostního složení přístupným draslíkem. Současně lze z bodového pole odvodit, že tvorba výnosů, které se nacházejí v oblasti pod horní hraniční křivkou, byly limitovány jinými biotickými, popř. i abiotickými činiteli.

Z uvedeného vyplývá, že snahy o vymezení vztahů mezi zásobou přístupných živin v půdě a výnosy pěstovaných plodin matematickou regresní závislostí celého souboru mohou být úspěšné pouze za předpokladu, že ostatní nesledované faktory tvorbu výnosu nelimitují. V ostatních případech lze pouze potvrdit zjištění N é m e t h a a F o r s t e r a (1976), že je těžké nalézt vztah mezi výnosem a rozbořem půd na obsah výměnného draslíku. Dokazuje to i neprůkazná regresní závislost nalezená v této práci. Projektování výnosů na základě principů biologické maximalizace výnosů (B a i e r, 1982; C o o k e, 1982) však vyžaduje co nejpresnější určení dosycovacích hladin živin v půdě, při nichž je možno dosáhnout příslušného výnosu.

Rada autorů se proto zabývala stanovením hraničních hodnot pro potřebnou zásobu živin v půdě (S c h l a g e r, 1966; M e n g e l, 1968; C z u b a, 1974; M i n ě j e v, 1977; G a s c h o n, 1976 a jiní, z domácích pak především P e t e r k a, B y s t r á, 1972). Většinou se však nejednalo o kontinuální parametry pro vzestupnou řadu výnosů.

Porovnání námi získaných hodnot potřebné hladiny přístupného draslíku v půdě s literárními údaji je obtížné z toho důvodu, že cizí údaje nejsou specifikovány pro plodiny, výši výnosu nebo půdní druh, popř. že uvažují odlišné metody stanovení přístupných živin z půd. Zatímco B u c h n e r a S t u r m (1971) za půdy středního zrnitostního složení považují za dosycené od 165 do 210 mg draslíku na kg, udává F l e i s c h e l (1970) za cílové hodnoty 120 až 250 mg, zatímco R i e t z e l (1971) 210 až 250 mg draslíku na 1 kg. Z domácích autorů uvádí P r ů š a a T ů m o v á (1977) 170 až 200 mg.

Při transformaci získaných výsledků do praxe je nutno vzít v úvahu vývozy M e n g e l a (1976), že při podoptimální půdní vlhkosti klesá mobilita draslíku, jeho pohyb, a tím i přijatelnost je jednoznačně blokována. V dobrých vlhkostních podmínkách proto stačí k dosažení maximálních výnosů menší obsah přístupných živin v půdě, než v podmínkách, kde je pohyblivost živin brzděna.

Z uvedeného vyplývá, že námi stanovené hraniční hodnoty platí pro optimální vlhkostní, ale i teplotní poměry v půdě (D a m a š k a, 1970; J u r č o v á, P o l á č e k, 1976; B e n k o, 1978), a že proto v ostatních případech je potřebná hladina přístupného draslíku v půdě vyšší. Podle M e n g e l a (1976) může tento rozdíl činit až ca 60 %.

Literatura

- BAIER, J.: Principy základních vztahů minerální výživy rostlin. [Doktorská disertační práce.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1974.
BAIER, J.: Soustava hnojení polních plodin. Praha, SZN 1979.
BAIER, J.: Dynamické řízení výživy rostlin. Věstník ČSAZ, Praha, 9, 1982.
BAIER, J.: Maximalizace výnosů — potřeba a možnost. Hospodářský zpravodaj, 19, 1982, č. 19, s. 18-19.

- BENKO, V.: Vplyv nových fosforečných hnojív na premenu fosforu v pôde a jeho príjem kukuricou. *Agrochémia*, 18, 1978, č. 3, s. 67-69.
- BUCHNER, A. — STURM, H.: Die Düngung im Intensivbetrieb. DLG — Verlag, Frankfurt/Main, 1971.
- COOKE, G. W.: Value of Blueprints in Research and Advisory Work. Proc. 16th Coll. Int. Potash Inst., 1981.
- COOKE, G. W.: Fertilizing for Maximum Yield. Granada, London Toronto Sydney New York, 1982, 465 s.
- CZUBA, R.: Trzeba poprawić zasobność gleb. *Agrochémia*, 12, 1974, s. 8.
- DAMAŠKA, J.: Zjištění dynamiky živin s ohledem na způsoby hnojení. [Záv. zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1970.
- FLEISCHEL, H.: Düngung und Tiergesundheit. G. Rautenberg-Verlag, Leer 1970.
- GASCHON, L.: Teoretické základy hnojení půd. VII. světový kongres o průmyslových hnojivech. Moskva, překlad ÚVTIZ, Praha 1976.
- JURČOVÁ, O. — POLÁČEK, M.: Dynamika přijatelných živin v půdě ve vztahu k vlhkosti a teplotě půdy. *Agrochémia*, 16, 1976, č. 10-11, s. 306-308.
- KELLER, E. B. — BAUMGARTNER, M.: Beeinflussung von Qualitätseigenschaften durch Genotyp und Umwelt, dargestellt am Beispiel der Kartoffel. Der Kartoffelbau, 1, 1982, s. 12-15.
- MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB G. Fischer Verlag, Jena, 1968, s. 436.
- MINĚJEV, V. G.: Vědecké základy používání hnojiv v Sovětském svazu. Referát na slavnostním zasedání „125 let trvání zemědělské stanice Lipsko — Möckern“. Institut für Düngungsforschung, Lipsko 1977.
- NÉMETH, K. — FORSTER, H.: Beziehungen zwischen Ertrag und K-Entzug von Ackerbohnen (*Vicia faba*) sowie verschiedener K-Fraktion von Böden. Bodenkultur, 27, 1976, č. 2, s. 111-119.
- NILOVSKAJA, N. T.: Potenciální produktivita rostlin a možnosti jejího řešení. *Agrochémia*, 22, 1981, č. 11, s. 301-304. (překlad).
- PANNIKOV, V. D. — MINĚJEV, V. G.: Počva, klimat, udobrenije i urožaj. Moskva, Kolos 1977, 416 s.
- PETERKA, V. — BYSTRÁ, L.: Vliv zvýšené intenzity hnojení na zásobu přístupných živin v půdě na různých půdních typech. Archiv VÚRV Praha-Ruzyně, 1972.
- PRŮŠA, V. — TŮMOVÁ, E.: Možnosti řešení nedostatku hořčíku v našich půdách. XIV. celostátní konference o průmyslových hnojivech, Ústí nad Labem 1977.
- RIETZEL, P.: Düngung zu Zuckerrüben. Phosphorsäure, 2/1972.
- SCHLAGER, H.: Die Bedeutung der Bodenuntersuchung für die österreichische Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Kaliphosphatdüngung. Phosphorsäure, 26, 1966, s. 156.
- SMETÁNKOVÁ, M.: Metoda vymezení horních a dolních hraničních linií závislosti dvou veličin. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 6, s. 665-672.

Došlo dne 6. 5. 1985

БАЙЕР, Я. (НИИ растениеводства, Прага - Рузыне): Запас калия в почве и урожаи сахарной свеклы. Ростл. Выр., 32, 1986 (6) : 579-585.

Данные, полученные с 213 участков под сах. свеклой на среднетяжелых почвах в течение 5 лет, послужили для определения соотношения между запасом доступного калия (по Шахтшабелю) в почве и реальными урожаями корней свеклы. Ход предельной кривой макс. реальных урожаев имеет вид след. уравнения (в зависимости от доступного К на глубине пах. слоя до 20 см): $\hat{Y} = 12,30 + 0,51x - 0,00154x^2$. В качестве верхней предельной линии баллового поля подтверждается, что урожаи зависят от этого запаса лишь в области относительного минимума. Урожаи же, не достигающие верхней предельной кривой, лимитируются другими вегетативными факторами (и небиотическими). Предельная кривая макс. достижимых урожаев при разном запасе дост. К в почве — подходящий исходный пункт для обособления параметров, необходимых для проектирования биологической максимализации урожаев, а также исходный критерий для установления досыщающих уровней калия.

доступный калий; урожай корня сахарной свеклы; предельная кривая максимально достижимых урожаев; проектирование урожаев; досыщение почв; редуцированный урожай корней

BAIER, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Potassium Store in the Soil and the Yields of Sugar-Beet*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 579-585.

The data obtained in 213 production fields of sugar-beet on medium-heavy soils in five years were used for the study of the relations between the content of available potassium (after Schachtschabel) in the soil and the attainable yields of sugar-beet roots. The course of the boundary curve of the maximally attainable yields, depending on the content of available potassium (to a depth of 20 cm of topsoil), could be expressed by the equation $\hat{Y} = 12.30 + 0.51x - 0.00154x^2$. This curve as the upper boundary line of the point field confirms that the yields depend on the potassium store in the soil only in the range of relative minimum. The yields below the upper boundary line were limited by other factors of vegetation or factors of abiotic nature. The boundary curve of the yields maximally attainable at different stores of available potassium in the soil is a suitable basis for the identification of parameters needed for the projects of the biological maximization of yields and a suitable initial criterion for the determination of the doses of potassium replenishment.

available potassium; sugar-beet root yields; boundary line of the maximally attainable yields; yield projecting; soil nutrient replenishment; reduced root yield

BAIER, J. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Kalium-vorrat im Boden und der Zuckerrüben-ertrag*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 579-585.

Die aus 213 Produktionsschlägen mit Zuckerrübe auf mittelschweren Böden in fünf Jahrgängen gewonnenen Angaben dienten zum Studium der Beziehungen zwischen dem Vorrat an verfügbarem Kalium im Boden (laut Schachtschabel) und den zu erreichenden Erträgen an Zuckerrübenwurzeln. Der Verlauf der Grenzkurve der höchsterreichbaren Erträge war in Abhängigkeit vom Gehalt an verfügbarem Kalium (in der Ackerkrume bis 20 cm Tiefe) definiert durch die Gleichung $\hat{Y} = 12,30 + 0,51x - 0,00154x^2$; als obere Grenzlinie des Punkt-Felds bestätigt diese, daß die Erträge vom Kaliumvorrat im Boden nur im Gebiet des relativen Minimums abhängig sind. Erträge, die sich im Gebiet unterhalb der oberen Grenzkurve befanden, waren durch andere Vegetationsfaktoren, bzw. durch abiotische Faktoren, bestimmt. Die Grenzkurve der maximal erreichbaren Erträge unter unterschiedlichem Vorrat an verfügbarem Kalium im Boden ist ein geeigneter Ausgangspunkt für eine Abgrenzung von Parametern, die für Projekte der biologischen Maximierung der Erträge unumgänglich sind, sowie ein Ausgangskriterium für die Bestimmung der Kaliumnachsättigungsspiegel.

verfügbares Kalium; Zuckerrübenwurzelerträge; Grenzkurve maximal erreichbarer Erträge; Projektierung der Erträge; Nachsättigung von Böden; reduzierter Ertrag an Wurzel

Adresa autora:

Ing. Jan Baier, DrSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

EKOLOGIA TRÁVNEHO PORASTU II

Gáborčík, N. (ed.)

Sborník z konference Výzkumného ústavu luk a pastvín, Banská Bystrica 1985, 272 s.

Sborník zahrnuje 28 referátů, přednesených na druhé stejnojmenné konferenci, která se konala ve dnech 10. a 11. 12. 1985 v Banské Bystrici. Autory jsou přední pracovníci z teoretického a aplikovaného výzkumu v ČSSR a tři zahraniční hosté (MLR, Rakousko, Japonsko). Na rozdíl od první konference (1979), tato pokrývala širší pole (systém-půda-porost-zvíře). Dominovaly referáty z výzkumných programů našich dvou vůdčích pracovišť, tj. pratologického oddělení ÚEF ČSAV v Brně (vedeného RNDr. M. Rychnovskou, DrSc.) a kolektivu ekologie travního porostu na VÚLP v Banské Bystrici (vedeného prof. ing. V. Krajčovičem, DrSc.).

V souhlase s tradičním „středoevropským“ náhledem na travní porosty (kosné využívání) byl přednesen jeden referát, týkající se článku „zvíře“. Na druhé straně je třeba ocenit přínos nejnovějších informací z oblastí metodicky náročnějších, jakými jsou např. půdní subsystém či u nadzemní hmoty otázky demografie, vodního provozu, modelování. Z průřezu referátů vyplývá, že dnešní dva poměrně vyhraněné směry studia ekologie travních porostů (tj. základní výzkum trvalých travních porostů bez větších antropogenních vlivů, resp. aplikovaný výzkum, v němž zásahy člověka odrážejí soudobé trendy zemědělské výroby) se už i u nás pokoušejí o sblížení, případně v některých ohledech o propojení. Příkladů o užitečnosti takových komplexních programů lze najít v zahraničí mnoho.

Řada referátů má velmi dobrou úroveň. Proto lze sborník doporučit k zevrubnému prostudování všem výzkumným pracovníkům z oblasti ekologie travních porostů, pratotechniky a dalším zájemcům.

Ing. Václav Míka, CSc.,

Oseva — VŠÚP, Šlechtitelská stanice, Větrov/Nadějkov

Vliv teploty a koncentrace amonných iontů na nitrifikaci v půdě

M. Králová, K. Dražďák, J. Kubát, R. Svátková

KRÁLOVÁ, M. — DRAŽĎÁK, K. — KUBÁT, J. — SVÁTKOVÁ, R. (Ústav experimentální botaniky ČSAV, Praha; Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Vliv teploty a koncentrace amonných iontů na nitrifikaci v půdě*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 587-592.

Množství vznikajících nitrátů v půdě ovlivňuje nejen teplota, ale i koncentrace amonných iontů. V systémech s přirozenou koncentrací amonných iontů nebo nepatrně zvýšenou (max. o jednu třetinu) podléhají amonné ionty vedle imobilizace též nitrifikaci. Stoupne-li koncentrace amonných iontů nad tuto hranici, jsou přítomné amonné ionty preferentně nitrifikovány. Teplota ovlivňuje rychlost nitrifikace.

nitrifikace; koncentrace amonných iontů; teplota

Tvorba nitrátů v půdě a jejich utilizace rostlinou byly vždy předmětem studia zemědělského výzkumu. Intenzita těchto procesů je ovlivňována různými faktory, jakými jsou např. teplota, pH, koncentrace amonných iontů v systému, enzymatický aparát rostliny apod.

Studiu nitrifikačních procesů byla (Prjanišnikov, 1945; Kořínek, 1948; Káš, 1951; Duchoň a Hampl, 1959; Klečka, 1952) a je věnována velká pozornost z hlediska mikrobiologů, agronomů a agrochemiků (Seifert, 1972; Novák, 1978; Kubát et al., 1981). Předmětem studia je sledování nitrifikačních procesů v půdě za proměnných ekologických podmínek, pozorování s nimi spojených transformačních reakcí půdního dusíku, možnost ovlivnění těchto procesů lidským faktorem z hlediska zajištění vysokých sklizní při zachování vysoké čistoty životního prostředí.

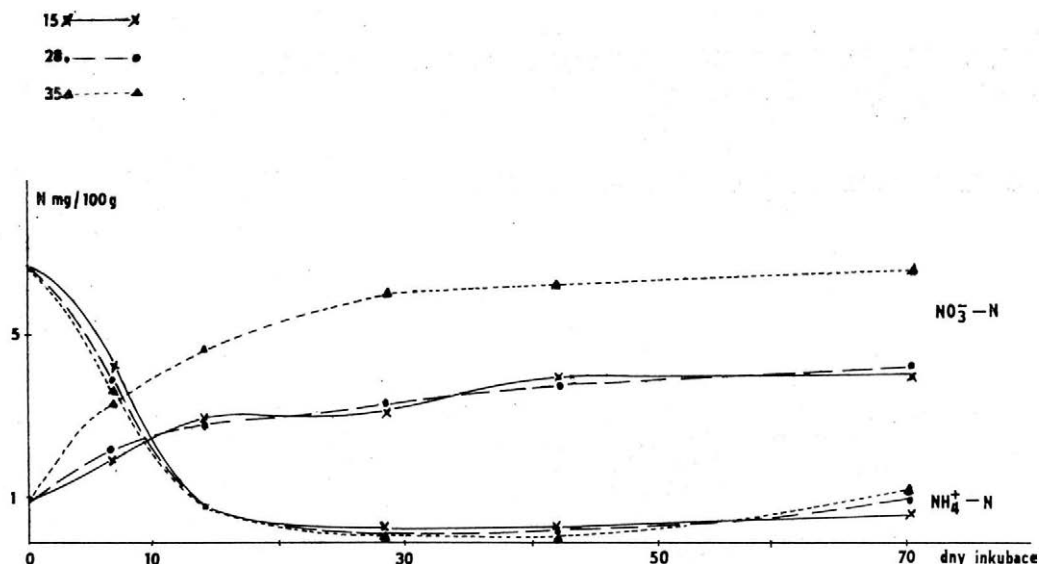
Cílem předložené práce bylo sledovat změny v nitrifikaci v půdě při různých teplotách a různých koncentracích amonného iontu.

MATERIÁL A METODY

Modelovou zeminou byla ruzyňská hnědozem (dříve definovaná jako degradovaná černozem), jejíž charakteristika je uvedena v práci Králové et al. (1980).

Modelové pokusy byly provedeny ve variantách s měnicími se inkubačními teplotami (15 °C, 28 °C a 35 °C) a měnicími se koncentracemi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (0, 10 mg N a 50 mg N ve 100 g zeminy). Byl aplikován $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ s obohacením 50,5 at % ^{15}N . Doba trvání pokusu byla celkem 70 dnů a odběry byly provedeny po 7, 14, 28, 42 a 70 dnech inkubace.

Analyticky byl ve sledovaných vzorcích stanoven výměnný NH_4^+ (Dražďák et al., 1981), nitrátový dusík (Králová et al., 1978), sušina, pH (7,8 až 6) a koncentrace ^{15}N v jednotlivých frakcích dusíku (Králová, 1967).



1. Nitrifikace v modelovém půdním systému (ruzyňská hnědozem) s přirozeným obsahem NH_4^+ při inkubačních teplotách 15, 28 a 35 °C — Nitrification in the soil system (brown soil) containing the native amount of NH_4^+ and influenced by different temperatures (15, 28 and 35 °C)

VÝSLEDKY A DISKUSE

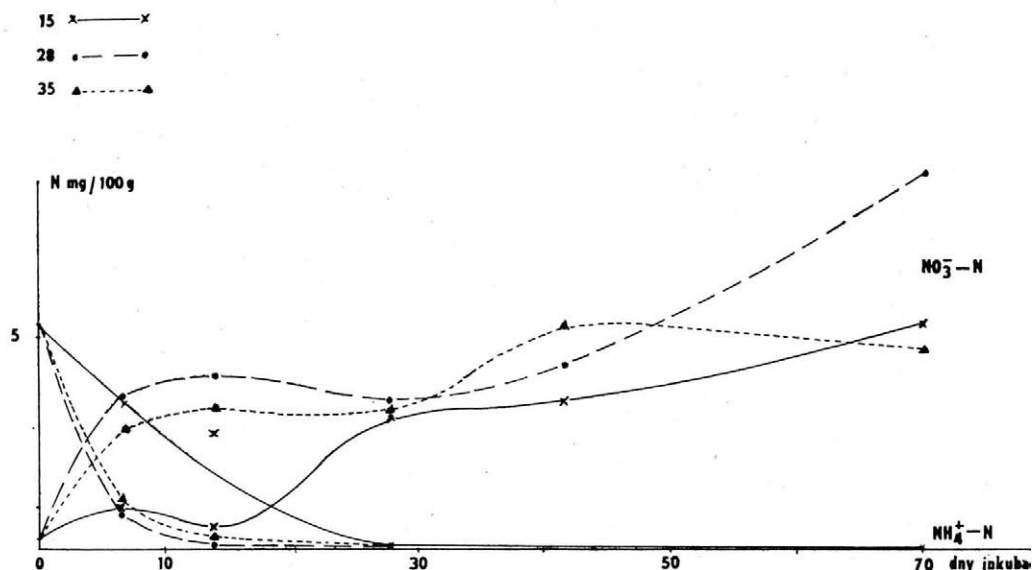
Na obr. 1 je znázorněn průběh nitrifikačního procesu ve vzorku sledované zeminy s přirozenou koncentrací amonného iontu [6,56 mg NH_4^+ -N ve 100 g zeminy]. V prvním časovém období (14 dní) probíhají vedle nitrifikačních procesů i imobilizační pochody. Křivka úbytku amonných iontů z půdního systému má strmější pokles než odpovídá nárůstu nitrátového dusíku.

Za předpokladu, že v tomto krátkém časovém úseku nepřevládají remineralizační pochody půdní biomasy [Králková et al., 1980], můžeme odhadnout, že přibližně ca 40 % amonných iontů podlehl nitrifikaci, zatímco ca 50 % jich bylo imobilizováno. Vliv teploty na tyto pochody v rozmezí 15–28 °C byl podobný. Po 42 dnech inkubace dochází při těchto teplotách opět k nárůstu NH_4^+ -N v systému [0,5–2 %], což lze vyhodnotit jako začínající remineralizaci půdní biomasy. Ve sledovaném časovém období (70 dnů) bylo stále přítomno v půdním systému dostatečné množství amonných iontů (20 %).

Průběh nitrifikace při inkubační teplotě 35 °C je rychlejší. Po 14 dnech bylo nitrifikováno ca 60 % amonných iontů v půdním systému a po skončení 70denní periody bylo nitrifikováno 98,7 %. V půdním systému však bylo stále k dispozici ca 20 % amonných iontů, ale 18 % pocházelo již z remineralizačních pochodů.

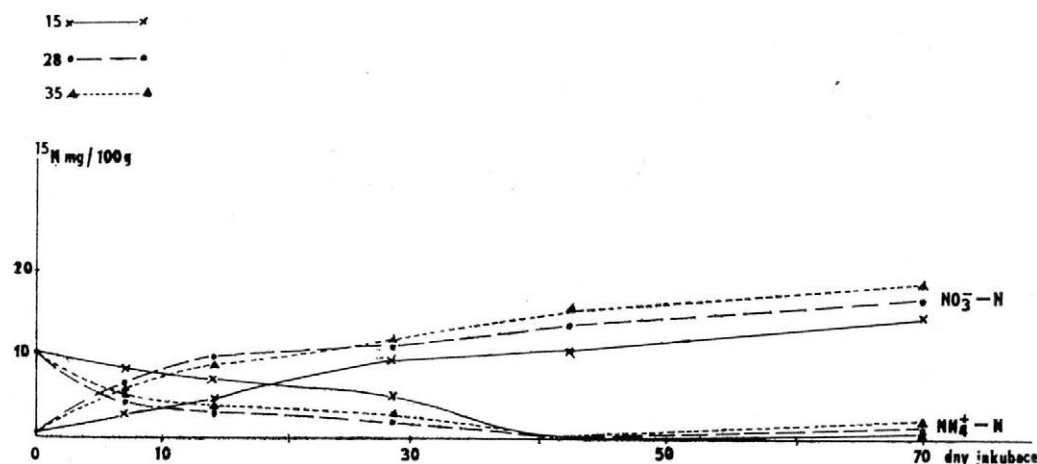
Zvýšili se koncentrace amonných solí v systému asi o jednu třetinu, dojde k výraznějším změnám (obr. 2). Rychlost nitrifikačního procesu se zvýší, nitrifikaci podlehnou nejen dodané amonné soli, ale i remineralizací vzniklé NH_4^+ . Oba dva tyto procesy ovlivňuje stoupající teplota.

Při inkubačních teplotách 15 °C je nitrifikováno ca 60 % a ca 35 % z dodaného $^{15}\text{NH}_4^+$ podlehl imobilizaci do 28 dnů inkubace (obr. 3).

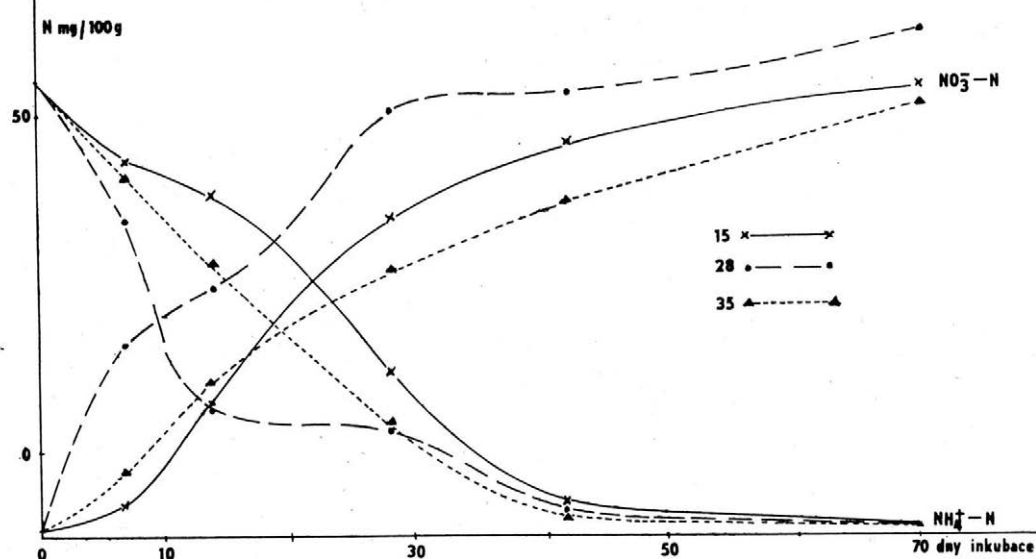


2. Nitrifikace v modelovém půdním systému (ruzyňská hnědozem) obohaceném NH₄⁺ (10 mg N ve 100 g zeminy) při inkubačních teplotách 15, 28 a 35 °C — Nitrification in the soil system (brown soil) enriched with NH₄⁺ (10 mg N in 100 g of soil) and influenced by increasing temperatures (15, 28 and 35 °C)

Po této době je nitrifikován i NH₄⁺-N vzniklý remineralizací půdní organické hmoty. Z celkových 41 % NH₄⁺-N vzniklých remineralizací pocházejí ca 4 % z remineralizace půdní biomasy syntetizované „de novo“, tj. obohacené ¹⁵N. Množství vzniklých nitrátů převyšuje tedy množství dodaných amonných solí do systému. Čím vyšší je teplota (15 °C, 28 °C, 35 °C), tím více vznikne nitrátů v půdním systému na úkor remineralizované půdní biomasy (41 %, 66 %, 82 %). Při teplotě 35 °C dojde ještě pravděpodobně i k asimilaci nitrátů (pokles obohacení ¹⁵N z 5,3 na 4,9 mg ¹⁵N ve 100 g zeminy po 70 dnech).

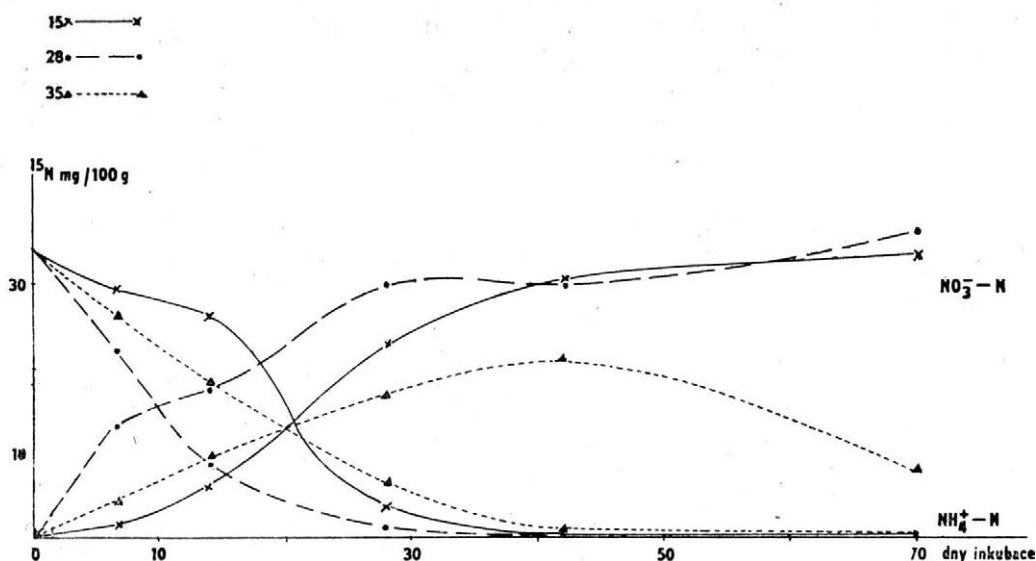


3. Vznik „de novo“ NO₃⁻ během nitrifikačního procesu v půdním systému (ruzyňská hnědozem) obohaceném ¹⁵NH₄⁺ (10 mg N ve 100 g zeminy s obohacením 5,3 at‰ ¹⁵N) — Origin of NO₃⁻ synthesized „de novo“ in the nitrification process in the soil system (brown soil) enriched with ¹⁵NH₄⁺ (10 mg N in 100 g soil with an enrichment of 5.3 at‰ ¹⁵N)



4. Nitrifikace v modelovém půdním systému (ruzyňská hnědozem) obohaceném NH_4^+ (50 mg N ve 100 g zeminy) při inkubačních teplotách 15, 28 a 35 °C — Nitrification in the soil system (brown soil) enriched with NH_4^+ (50 mg N in 100 g soil) and influenced by increasing temperatures (15, 28 and 35 °C)

Jestliže mnohonásobně stoupne koncentrace amonných solí (v našem případě 7,7krát) v půdním systému, nitrifikační pochody produkují větší množství nitrátů, ale jen na úkor dodaných amonných solí (obr. 4). Na počátku inkubačního pokusu (14 dnů) zůstává stále větší podíl (73 %) amonných iontů ve výměnné formě a menší část (37 %) podlehe nitrifikaci. Po 28 dnech se zvýší množství nitrátů v půdním systému až na



5. Vznik „de novo“ NO_3^- během nitrifikačního procesu v půdním systému (ruzyňská hnědozem) obohaceném $^{15}\text{NH}_4^+$ (50 mg N ve 100 g zeminy s izotopickým obohacením 34,28 at% ^{15}N) — Origin of NO_3^- synthesized „de novo“ in the nitrification process in the soil system (brown soil) enriched with $^{15}\text{NH}_4^+$ (50 mg N in 100 g of soil with an enrichment of 34,28 at% ^{15}N)

64 %, zbytek dusíku je stále ve výměnné amonné formě. Po 42 dnech inkubace se již nezvyšuje množství nitrátových iontů tak progresivně. Na konci 70denní periody zůstalo ve výměnné formě od 8 % (15 °C), 6 % (28 °C) do 3 % (35 °C) amonných iontů.

Izotopická analýza (obr. 5) potvrdila, že z dodaného $^{15}\text{NH}_4^+$ (v systému, kde koncentrace amonných iontů sedminásobně převyšuje přirozenou koncentraci) zůstalo po 14 dnech inkubace ve výměnné formě dvě třetiny a jedna třetina podlehlá nitrifikaci. Po 28 dnech se snížilo množství $^{15}\text{NH}_4^+$ ve výměnné formě, a to na úkor vznikajících nitrátů. Po 42 dnech inkubace pokračuje inkorporace ^{15}N do nitrátové formy dusíku, ale ne tak progresivně jako na počátku inkubace. Ve výměnné formě však zůstává po 70denní inkubaci velmi málo $^{15}\text{NH}_4^+$ (při 15 °C — 0,01 %, při 28 °C — 0,006 %, při 35 °C — 0,1 %). V nitrátové formě se objevilo 100 % ^{15}N při 15 °C a 28 °C. Při vyšší inkubační teplotě (35 °C) prudce kleslo množství ^{15}N v nitrátové formě (0,79 mg NO_3^- — ^{15}N ve 100 g zeminy) po 70 dnech inkubace. Pravděpodobně došlo k imobilizaci nitrátů.

ZÁVĚR

Množství vznikajících nitrátů v půdě ovlivňuje nejen teplota, ale i množství přítomných amonných iontů. V půdním systému, ve kterém koncentrace amonných iontů mnohonásobně stoupne nad přirozenou koncentraci, probíhá nitrifikace pouze na úkor přítomných amonných iontů a nedochází k imobilizaci amonného iontu. K imobilizaci nitrátového iontu může dojít jedině v případě vysokých teplot, a to ojedinelé.

V systémech s přirozenou koncentrací amonných iontů (v našem případě 6,6 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/100 g) nebo s nepatrně zvýšeným obsahem amonných iontů (maximálně o jednu třetinu) přítomný amonný iont ve výměnné vazbě půdního systému je nejen zdrojem nitrátového dusíku, ale dochází i k jeho imobilizaci, k jeho postupné remineralizaci a k opětové nitrifikaci. Tyto pochody jsou pro půdní systém velmi přirozené a teplotní výkyvy ovlivňují rychlost opakování transformačních cyklů.

Literatura

- DRAŽDÁK, K. — KRÁLOVÁ, M. — KUBÁT, J.: Srovnání extrakční metody s 1 N KCl s Conwayovou metodou pro stanovení $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v půdě. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 9, s. 923-928.
- DUCHOŇ, F. — HAMPL, J.: Agrochemie. Praha, ČSAZ, 1959.
- KAŠ, V.: Výtah z přednášek zemědělské mikrobiologie. Skripta VŠZ, Brno 1951.
- KLEČKA, A.: Boj o půdu. Za socialistické zemědělství, Praha, XXVI, 1952, č. 1.
- KOŘÍNEK, J.: Mikrobiologie. Praha, Universum, 1948.
- KRÁLOVÁ, M.: Stanovení ^{15}N v rostlinném materiálu. Hmotově spektrometrická analýza. Rostl. Výr., 13, 1967, č. 4, s. 427-430.
- KRÁLOVÁ, M. — DRAŽDÁK, K. — STRÁNSKÝ, P. — KUBÁT, J.: An evaluation of methods for determining nitrate and nitrite in soil extracts. Scientia agric. bohemoslovaca, 10, 1978, č. 3, s. 155-160.
- KRÁLOVÁ, M. — KUBÁT, J. — DRAŽDÁK, K. — NOVÁK, B.: Nitrogen transformation in soil with special reference to immobilization, mineralization and remineralization in the presence of added glucose. Scientia agric. bohemoslovaca, 12, 1980, č. 1, s. 1-6.
- KUBÁT, J. — NOVÁK, B. — KRÁLOVÁ, M.: Immobilization of nitrates in soil. V. Intern. Soil Sci. Conf., Praha, 1981, s. 152-156.
- NOVÁK, B.: Prevention of water resources pollution with nitrate by the nitrogen mineralization/immobilization control. XIIth Congr. Microbiol. (Symposium 16), München 1978.

NOVÁK, B.: The results of the mineral fertilizer utilization in the Czechoslovak agriculture during the last 39 years. *Agrochemija (CSSR)*, 18, 1978, s. 159-163.
SEIFERT, J.: Příčiny zvyšování obsahu nitrátů v Želivce. *Rostl. Výr.*, 12, 1972, č. 12, s. 1249-1259.

Došlo dne 5. 7. 1985

КРАЛОВА, М. — ДРАЖДЯК, К. — КУБАТ, Я. — СВАТКОВА, Р. (Институт экспериментальной ботаники АН ЧССР, Прага; НИИ растениеводства, Прага-Ружыне): **Влияние температуры и концентрации аммиачных ионов на нитрификацию в почве.** *Rostl. Výr.*, 32, 1986 (6) : 587-592.

Температура и концентрация аммиачных ионов влияют на количество возникающих в почве нитратов. В системах с естественной концентрацией этих ионов или же несколько повышенной (макс. на 1/3) они подвергаются как иммобилизации, так и нитрификации. Если их концентрация превышает данную границу то присутствующие аммиачные ионы преферентно нитрифицируются. Температура влияние и на скорость нитрификации.

нитрификация; концентрация аммиачных ионов; температура

KRÁLOVÁ, M. — DRAŽDÁK, K. — KUBÁT, J. — SVÁTKOVÁ, R. (Institute of Experimental Botany, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha; Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Influence of Temperature and Ammonium Concentration on Soil Nitrification.* *Rostl. Výr.*, 32, 1986 (6) : 587-592.

The amount of nitrates originating in soil is influenced by temperatures as well as by ammonium concentration. In the soil systems where the ammonium concentration is at a native level or a little above (max. 1/3), ammonium ions are immobilized as well as nitrified. When the ammonium concentration increases very much (above the third of the native NO_3^- amount), ammonium ions are nitrified rather than immobilized. The rate of nitrification is influenced by increasing temperatures.

nitrification; ammonium concentration; temperatures

KRÁLOVÁ, M. — DRAŽDÁK, K. — KUBÁT, J. — SVÁTKOVÁ, R. (Institut für experimentelle Botanik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praha; Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Auswirkung von Temperatur und Ammoniumionenkonzentration auf die Nitrifikation im Boden.* *Rostl. Výr.*, 32, 1986 (6) : 587-592.

Das Quantum der im Boden entstehenden Nitrate ist nicht nur von der Temperatur, sondern auch durch die Konzentration der Ammoniumionen beeinflusst. In Systemen mit einer natürlichen Ammoniumionenkonzentration oder einer nur mäßig erhöhten (maximal um ein Drittel) unterliegen die Ammoniumionen neben einer Immobilisation auch der Nitrifizierung. Falls die Konzentration der Ammoniumionen über diese Grenze hinweg steigt, werden die vorhandenen Ammoniumionen vorrangig nitrifiziert. Auch die Temperatur wirkt auf die Schnelligkeit der Nitrifikation.

Nitrifikation; Ammoniumionenkonzentration; Temperatur

Adresy autorů:

Ing. Marie Králová, DrSc., RNDr. Karel Dražďák, CSc., ing. Romana Svátková, Ústav experimentální botaniky ČSAV, Ke dvoru 16, 166 30 Praha 6
Ing. Jaromír Kubát, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

NUMERICKÁ TAXONOMIE, INTERAKCE A DETERMINACE REŽIMU PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ

P. Dostál, R. Vaculík

DOSTÁL, P. — VACULÍK, R. (Vysoká škola zemědělská, Brno): *Numerická taxonomie, interakce a determinace režimu přístupných mikroelementů*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 593-602.

Zhodnocením 5000 analytických výsledků výzkumu půdních systémů Znojemska metodami numerické taxonomie, faktorové a regresní analýzy 22 půdních představitelů vytvořených na různých substrátech (8) bylo zjištěno, že 50 analytických znaků a parametrů diferencuje s dostatečnou přesností zkoumané půdy do půdně-geneticky odlišných skupin. Třídění půdních forem na základě agrochemických vlastností tvoří pouze základní rámec taxace půd podle současného stavu mikroelementního složení. Zjištění potenciální a efektivní zásoby mikroelementů prokázalo, že existují značné rozdíly mezi „strategickou rezervou“ a zásobeností bezprostředně využitelnou, což může být ukazatelem rozdílné produkční schopnosti půdních forem. Výsledky B, Mo, Mn, Zn, Cu v ornících a substrátech jsou zpracovány metodou bodového ocenění do tabelárního přehledu, což spolu s využitím navržených kritérií slouží k doplnění a zpřesnění agrochemického hodnocení a vymezení produkční schopnosti půd.

numerická taxonomie; interakce; determinace; půdní vlastnosti; mikroelementy; kategorizace; bodové ocenění; produkční schopnost půd

Výsledky dosavadních výzkumů prokázaly, že působení pedogenetických a geografických podmínek a procesů se bezprostředně odrážejí v současném stavu půdních vlastností, obsahu a zásobách mikroelementů [dále MiE], a tím i v úrovni produkční schopnosti našich půd (Facek, 1974; Kudrna, 1974; Němeček, 1981) a další.

Poznatky, které vyplynuly z charakteristiky agrochemických vlastností půd CSR (Damaška, 1980) jsou základním zdrojem teoretické inspirace i praktické aplikace poznatků při oceňování produkčního potenciálu zemědělského půdního fondu (Čumakov, 1975; Neuberger, 1978).

MATERIÁL A METODY

K vypracování agrochemické charakteristiky a režimu mikroelementů bylo použito materiálu získaného při průzkumu půdních systémů okresu Znojmo v letech 1981–1985. Bylo zpracováno 5000 analytických údajů, reprezentujících 22 půdních forem vytvořených na 8 různých půdotvorných substrátech (tab. I).

Názvy půdních forem a jejich označení příslušnými symboly byly upraveny v souladu s klasifikací (Šály, 1978) a stávající klasifikací (Němeček, 1975).

Bylo využito analytických výsledků, které jsou samostatně zpracovány v závěrečných zprávách výzkumu (Dostál, 1985; Pádková, Kostelanská, 1985; Šibíl, 1985). Jedná se o mechanické složení, fyzikální, fyzikálně-chemické vlastnosti a současný stav půdního humusu.

Ke stanovení MiE bylo použito tří skupinových vyluhovadel: potenciální forma byla stanovena extrakcí 20% HCl, přístupná forma extrakcí 1N HCl a mobilní forma extrakcí 1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH = 4,8. Ostatní vlastnosti a znaky byly zjištěny běžně používanými metodami (Sirový et al., 1967). K hodnocení přístupných MiE

Číslo pedonu, ornice, substrátu	Označení půdní formy	Lokalita	Ornice	Substrát
			(indexy diagnost. horizontů)	
Černozemní oblast:				
1.	VAg (P)	Dyjákovice	Ap	Cg
2.	VAm (P)	Hevlín	Ap	Cg
3.	ČMck (Q)	Hevlín	Apca	Cgca
4.	SMm (S)	Strachotice	Ap	Cca
5.	ČAm (P)	Jaroslavice	Apca	Cgca
6.	VAm (P)	Jaroslavice	Ap	C
7.	ČMm (G)	Kašenec	Ap	Cca
8.	ČMr ($\overline{G}/B$)	Dolenice	Ap	D
9.	ČMc (P)	Dyjákovice	Ap	C
10.	HPr (B)	Lechovice	Ap	C
11.	ČMk (G)	Jiřice	Ap	Cca
12.	ČMk (G)	Jezeřany	Apca	Cca
Nečernozemní oblast:				
13.	HMm (G)	Rešice	Ap	CCa
14.	HMg' (J)	Vysočany	Ap	Cg'
15.	HMg (J)	Uherčice	Apg'	IIC
16.	HMg' (H)	Lančov	Ap	Cg'
17.	IPg (J/b)	Štítary	Ap	Bt/Cg
18.	IPg (J)	Mešovice	Ap	Bt/Cg'
19.	PGm (J/c)	Nový Petřín	Apg	Gm
20.	HPa (b)	Zálesí	Ap	IIBv/C
21.	HPm (b)	Vranov n/Dyjí	Ap	IIBv/C
22.	HPmu (h)	Jamolice	Ap	Bv/C

bylo použito kritérií podle Neubergera (1978) v ornících, v půdotvorných substrátech kategorizace podle Čumakova (1975). Bodové hodnocení bylo provedeno podle Damašky (1980). Souhrnné zpracování umožnilo zhodnocení vyrovnanosti fyziologicky důležitých MiE: bóru, molybdenu, manganu, zinku a mědi.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Metodami numerické taxonomie byly zhodnoceny výsledky 50 vlastností a znaků 22 půdních představitelů Znojemska. Bylo zjištěno, že tento obsáhlý soubor je vhodné zpracovat metodami, které umožňují třídění půdních jednotek do skupin, či sekvencí na základě současného stavu charakteristických půdních vlastností, případně parametrů z nich odvozených. Bylo prokázáno, že agrochemické vlastnosti je nutné považovat a hodnotit, jak uvádí Damaška (1980), jako důležité ukazatele

II. Determinace režimu přístupných mikroelementů (B, Mo, Mn, Zn, Cu) komplexem agrochemických vlastností — Determination of the regime of available microelements (B, Mo, Mn, Zn, Cu) by the complex of agrochemical characteristics

MiE	Půdy okresu Znojmo			Ornice okresu Znojmo			Substráty okresu Znojmo		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
	determinace v %			determinace v %			determinace v %		
B	46	59	49	54	78	78	49	20	14
Mo	1	34	1	7	55	23	11	12	46
Mn	30	31	46	10	23	78	34	67	77
Zn	28	36	34	18	45	75	34	47	75
Cu	54	54	60	30	53	57	78	79	93

Legenda: a — celý soubor, b — podsoubor černozemní oblasti, c — podsoubor nečernozemní oblasti

charakteru a intenzity půdotvorných procesů, zejména v povrchových vrstvách půd. Dá se předpokládat, že tvoří reálný základ půdní úrodnosti a umožňují kvantitativní i kvalitativní rozlišení produkční schopnosti půd. Třídění půdních forem uvedenými metodami diferencuje zkoumaný soubor do specifických skupin charakteristických z hlediska půdně-genetického (Dostál, 1985). Tím byl splněn předpoklad logické manipulace s danými objekty na podkladě konkrétních hodnot a vyhodnocování podílu skupin vlastností ve směru taxonomického třídění, jakožto základu jakékoliv vědecké klasifikace půdních vlastností, MiE a půd jako celku. Bylo využito poznatků a zkušeností (Pospíšil, 1980) a (Němeček, 1981) v oblasti numerické taxonomie. V další etapě byl výzkum zaměřen na ornice a substráty. Posléze bylo zpracováno všech 86 diagnostických horizontů. Byly vykresleny taxonomické dendrogramy a orientační schemata „podobnosti“ či „nepodobnosti“ zkoumaných objektů. Tento postup byl proveden u celého souboru 50 hodnocených znaků a znaků v jednotlivých skupinách, což umožnilo vyhodnocení podílu uvedených skupin na třídění. Bylo zjištěno, že současný stav složení MiE podle devíti charakteristik nedostačuje ke třídění, které by s dostatečnou přesností odpovídalo základní klasifikaci půd (Dostál, Jandák, 1985). Z toho vyplynulo, že třídění MiE nelze přímo vysvětlit procesy pedogenetickými, nýbrž zprostředkovaně prostřednictvím formování agrochemických vlastností. Byla zjištěna podobnost s tříděním skupin půdních vlastností. Třídění MiE v ornících je podobné třídění podle současného stavu humusu, v substrátech naopak třídění podle zrnitostního složení. Faktorová analýza prokázala, že MiE se na třídění v rámci všech půdních vlastností podílí pouze 4 %. V ornících, substrátech i všech diagnostických horizontech se projevila značná korelovatelnost MiE s převážnou většinou hodnocených půdních vlastností, což je příčinou jejich nízkého vlivu na třídění. Nejvíce se na taxaci podílí zrnitostní frakce pod 0,01 mm, obsah humusu a jeho kvalita. Určujícím znakem je stupeň vazeb huminových kyselin s bázemi. Společně činí 25 %. Druhým faktorem v pořadí je frakce zrnitosti pod 0,001 mm a půdní reakce aktivní a výměnná. Zbývající vlastnosti a znaky jsou sdruženy do faktorů, které

III. Agronomická kritéria hodnocení mikroelementů v orných půdách (výluh 20% HCl — forma potenciální) — Agronomic criteria of the evaluation of microelements in arable land (20% HCl extract potential form)

MiE	pH	Druh půdy	Obsah v půdě (mg. kg ⁻¹)				
			1. velmi nízký	2. nízký	3. střední	4. vysoký	5. velmi vysoký
Mn	do 5,0	lehká	do 350	351—450	451—700	701—1000	nad 1000
	5,0—6,0		do 400	401—550	551—800	801—1200	nad 1200
	nad 6,0		do 500	501—650	651—950	951—1350	nad 1350
	do 5,0	střední	do 475	476—570	571—825	826—1175	nad 1175
	5,0—6,0		do 570	571—665	666—985	986—1350	nad 1350
	nad 6,0		do 635	636—790	791—1200	1201—1585	nad 1585
	do 5,0	těžká	do 570	571—750	751—1015	1016—1350	nad 1350
	5,0—6,0		do 665	666—855	856—1150	1151—1585	nad 1585
	nad 6,0		do 730	731—985	986—1350	1351—1850	nad 1850
Zn	—	lehká	do 62,0	62,1—69,0	69,1—93,0	93,1—126,0	nad 126,0
	—	střední	do 67,0	67,1—79,0	79,1—112,0	112,1—140,0	nad 140,0
	—	těžká	do 74,0	74,1—88,0	88,1—121,0	121,1—164,0	nad 164,0
Cu	—	lehká	do 17,0	17,1—20,0	20,1—29,4	29,5—41,0	nad 41,0
	—	střední	do 18,0	18,1—22,0	22,1—38,4	38,5—53,0	nad 53,0
	—	těžká	do 20,5	20,6—26,4	26,5—47,0	47,1—65,0	nad 65,0

mají při třídění „váhu“ nižší než 10 %. Z práce vyplynulo, že je účelná konfrontace základních vlastností, které jsou vnějšími faktory ovlivňujícími dynamiku mikroelementů v procesech vzájemných přeměn MiE z forem potenciálních v přístupné a mobilní. Za základ „kontrolu“ byly zvoleny faktografické údaje, tj. podrobná statistická charakteristika a dendrogramy komplexu půdních vlastností (zrnitostní frakce pod 0,01 mm, pH_{KCl}, pH_{H₂O}, obsah humusu a „T“) na straně jedné a režim MiE: bóru, molybdenu, manganu, zinku, mědi na straně druhé. Dá se předpokládat, že jejich vzájemná podobnost či odlišnost vyjadřuje rozdílný primární a sekundární vliv vlastností na dynamiku MiE. Zkoumané půdy se vyznačují nepřítomností ostrých minim a maxim MiE, proto rozhodují o produkční schopnosti půd půdní makrokomponenty. Vyhodnocení vlivu agrochemických vlastností je definován procentickou determinací v jednotlivých souborech půd z hlediska vertikální zonality a půdně-geografického. Výsledky jsou uvedeny v tabulce I.

Podrobný rozbor numerické taxonomie odlišného vlivu geografických a půdně-genetických podmínek v konfrontaci komplexu agrochemických vlastností a režimu MiE půdního fondu okresu Znojmo je uveden v práci Dostála a Vaculíka (1986).

Zjištěné interakce v půdních systémech prokázaly, že půdy těžšího zrnitostního složení, neutrální až alkalické s vyšším obsahem kva-

IV. Agronomická kritéria hodnocení mikroelementů v orných půdách (výluh $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH = 4,8 — forma mobilní) — Agronomic criteria of the evaluation of microelements in arable land (extract of $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH = 4.8 — mobile form)

MiE	pH	Druh půdy	Obsah v půdě (mg.kg ⁻¹)				
			1. velmi nízký	2. nízký	3. střední	4. vysoký	5. velmi vysoký
Mn	do 5,0	lehká	do 8,0	8,1–12,0	12,1–23,0	23,1–37,0	nad 37,0
	5,0–6,0		do 11,0	11,1–16,0	16,1–27,0	27,1–45,0	nad 45,0
	nad 6,0		do 15,0	15,1–20,0	20,1–34,0	34,1–52,0	nad 52,0
	do 5,0	střední	do 14,0	14,1–18,0	18,1–29,0	29,1–44,0	nad 44,0
	5,0–6,0		do 18,0	18,1–22,0	22,1–35,0	35,1–52,0	nad 52,0
	nad 6,0		do 24,0	24,1–27,0	27,1–45,0	45,1–62,0	nad 62,0
	do 5,0	těžká	do 18,0	18,1–26,0	26,1–37,0	37,1–52,0	nad 52,0
	5,0–6,0		do 22,0	22,1–30,0	30,1–42,0	42,1–62,0	nad 62,0
	nad 6,0		do 25,0	25,1–35,0	35,1–52,0	52,1–72,0	nad 72,0
Zn	—	lehká	do 0,50	0,51–0,75	0,76–1,50	1,51–2,60	nad 2,60
	—	střední	do 0,70	0,71–1,05	1,06–2,10	2,11–3,00	nad 3,00
	—	těžká	do 0,90	0,91–1,35	1,36–2,50	2,51–3,80	nad 3,80
Cu	nelze vymezit pro neprůkaznost rovnice						

litního humusu omezují příjem MiE rostlinami. V těchto půdách se u většiny MiE zvyšuje jejich imobilizace, což znemožňuje přímé hnojení půd a upozorňuje na nutnost mimokořenné výživy MiE. Z vlastní podrobné analýzy kvality humusu vyplynulo, že pro přímé hnojení jsou vhodné všechny půdní formy nečernozemní oblasti s výjimkou HPm a HPmu. Mimokořenová výživa je nutná u všech černozemí a černic.

Potvrdila se oprávněnost kategorizace MiE s přihlédnutím k půdnímu druhu a reakci půd. Na základě vysoce průkazných regresních rovnic vzájemného ovlivnění obsahu MiE byly vypočteny hraniční hodnoty pro následující agronomická kritéria potenciální (tab. III) a mobilní formy MiE (tab. IV).

Výpočetem strategické, přístupné a mobilní zásoby MiE v půdních profilech do hloubky 1 m a v ornících bylo zjištěno, že existují značné rozdíly mezi jednotlivými půdními představiteli. Zásoba přístupných MiE je dána následujícími sestupnými řadami:

V půdních profilech:

V ornících:

Mn: ČA > PG > ČM > VA > IP > HM > HP PG > VA > HM > ČM > IP > ČA
 Zn: ČA > PG > VA > HP > HM > IP > ČM VA > PG > HM > HP > ČA > IP
 Cu: ČA > ČM > VA > PG > HP > IP > HM VA > PG > ČA > HM > ČM > IP

Bylo provedeno vyhodnocení ukazatelů zásob MiE v půdách (tab. V).

Zhodnocení poměrů MiE (parametrů) slouží k vyhodnocení relativního uvolňování MiE prostřednictvím rozdílné extrakční schopnosti po-

V. Vyhodnocení ukazatelů zásob mikroelementů v půdách — Evaluation of the parameters of microelement levels in soils

V profilech do hloubky 1 m						V ornících					
ukazatel I			ukazatel II			ukazatel I			ukazatel II		
číslo	typ	%	číslo	typ	%	číslo	typ	%	číslo	typ	%
mangan											
1.	ČM	30,9	1.	VA	25,5	1.	IP	27,0	1.	ČM	25,3
2.	ČA	19,3	2.	IP	21,0	2.	HM	24,0	2.	HM	24,0
3.	IP	18,0	3.	PG	20,7	3.	HP	22,6	3.	VA	21,0
4.	HP	17,1	4.	HM	16,0	4.	PG	14,2	4.	IP	20,9
5.	HM	16,4	5.	ČM	16,3	5.	VA	14,1	5.	PG	20,8
6.	VA	12,3	6.	ČA	14,5	6.	ČM	14,0	6.	HP	14,0
7.	PG	10,7	7.	HP	11,4	7.	ČA	8,0	7.	ČA+	10,0
zinek											
1.	ČA	12,7	1.	IP	20,5	1.	HP	15,0	1.	HP	25,3
2.	HM	9,4	2.	HP	18,7	2.	HM	12,5	2.	IP	23,0
3.	ČM	8,8	3.	ČM	18,5	3.	IP	10,0	3.	HM	18,5
4.	HP	8,1	4.	ČA	13,5	4.	ČM	9,7	4.	ČM	17,5
5.	VA	6,7	5.	PG	12,3	5.	ČA	9,0	5.	PG	16,0
6.	IP	5,9	6.	HM	10,8	6.	PG	8,0	6.	VA	14,7
7.	PG	4,7	7.	VA	9,8	7.	VA	5,7	ČP - nestanoveno		
měď											
1.	ČA	27,3	1.	IP	24,4	1.	IP	29,0	1.	ČA	16,0
2.	ČM	20,3	2.	PG	15,3	2.	HM	27,5	2.	VA	10,0
3.	HP	19,6	3.	ČM	12,7	3.	HP	27,3	3.	PG	9,0
4.	HM	19,5	4.0	HP	12,3	4.	ČM	22,3	4.	ČM	7,3
5.	VA	18,5	5.	HM	10,1	5.	PG	20,0	5.	IP	7,0
6.	IP	16,6	6.	ČA	9,7	6.	VA	17,7	6.	HM	6,8
7.	PG	12,0	7.	VA	9,5	7.	ČA	9,0	7.	HP	5,3

Legenda: ukazatel I: procentický podíl přístupné zásoby ze zásoby strategické
 ukazatel II: procentický podíl mobilní zásoby ze zásoby přístupné
 č. = pořadí číslo

užitých vyluhovadel. Podává přehled o současném stavu a pevnosti vazeb MiE a zprostředkuje v souhlase s termodynamickými principy rovnovážnost v procesech jejich mobilizaci a imobilizaci.

Míra informační funkce vztahu — vlastnosti: parametry MiE ukázala směr a intenzitu přeměn v půdním systému: potenciální — přístupný — mobilní podíl MiE.

Zvýšenou mobilizaci přístupného podílu MiE způsobují:

VI. Kategorizace, bodové ocenění a vyrovnanost přístupných mikroelementů v ornicích — Categorization, score rating and balance of available microelements in topsoils

Ornice číslo	Index diag. horiz.	Genet. typ	Hodnocení MiE v bodech					
			Mo	B	Mn	Zn	Cu	suma bodů
1.	Ap	VAg	1	1	2	2	3	9
2.	Ap	VAm	1	1	3	1	3	9
3.	Apca	ČMck ⁺	1	4	2	2	2	11
4.	Ap	SMm	2	2	3	1	3	11
5.	Apca	ČAm	2	5	3	3	4	17
6.	Ap	VAm	2	2	3	2	3	12
7.	Ap	ČMm	3	3	3	1	3	13
8.	Ap	ČMr	1	2	2	2	2	9
9.	Ap	ČMc	2	2	3	1	2	10
10.	Ap	HPr	1	1	3	1	2	8
11.	Ap	ČMk	3	3	2	1	3	12
12.	Apca	ČMk	3	4	4	3	3	17
13.	Ap	HMm	1	2	3	2	3	11
14.	Ap	HMg'	2	2	3	3	3	16
15.	Ap _g '	HMg	2	2	3	3	3	13
16.	Ap	HMg	1	1	4	2	3	11
17.	Ap	IPg	2	2	3	1	1	9
18.	Ap	IPg	3	2	3	3	4	15
19.	Ap _g	PGm	2	2	5	4	4	17
20.	Ap	HPa	3	2	3	3	1	12
21.	Ap	HPm	3	3	4	3	3	16
22.	Ap	HPmu	2	3	5	3	3	16

Mn — vázané huminové kyseliny a vyšší poměr HK : FK,

Zn — stupeň nasycení sorpčního komplexu,

Cu — výměnný vodík.

Intenzivní mobilizaci lehce rozpustného, výměnného a vodorozpustného podílu MiE (mobilního) ovlivňují: Mn — výměnný vodík, Zn — volné fulvokyseliny a huminové kyseliny, Cu — vázané huminové kyseliny.

Naopak intenzivní imobilizaci přístupného podílu způsobují zejména: Mn — E_{redox} a volné fulvokyseliny, Zn — E_{redox} , Cu — vázané huminové kyseliny.

Vysokou imobilizaci podílu lehce rozpustných, výměnných a vodorozpustných MiE z MiE přístupných ovlivňují: Mn — stupeň vazeb huminových kyselin s bazickými a kovovými ionty, Zn — obsah půdního jílu, zásoby humusu, nasycení sorpčního komplexu, bázemi a především maximální sorpční kapacita, Cu — výměnný vodík.

Byla prokázána výrazná protichůdnost ovlivnění mobilizace či imobilizace podílů přístupných MiE z jejich množství potenciálního a mo-

VII. Kategorizace, bodové ocenění a vyrovnanost přístupných mikroelementů v substrátech — Categorization, score rating and balance of available microelements in substrates

Substrát číslo	Označení substrátu	Index diag. horiz.	Genet. půdní typ	Hodnocení MiE v bodech					
				Mo	B	Mn	Zn	Cu	suma bodů
1.	P	Cg	VAg	1	1	2	2	3	9
2.	P	Cg'	VAm	1	1	2	2	3	9
3.	Q	Cgca	ČMck	1	2	1	1	1	6
4.	S	Cca	SMm	2	3	1	1	2	9
5.	P	Cgca	ČAm	2	2	1	1	1	7
6.	G	Č	VAm	2	2	2	2	3	11
7.	P	Cca	ČMm	2	2	2	1	1	8
8.	G/B	D	ČMr	2	1	1	1	1	6
9.	P	C	ČMc	1	1	1	1	1	5
10.	B	C	HPr	1	1	1	1	1	5
11.	G	Cca	ČMk	3	3	3	2	2	13
12.	G	Cca	ČMk	1	2	3	1	1	8
13.	G	Cca	HMm	2	1	2	2	3	10
14.	J	Cg'	MHg'	2	2	1	2	2	9
15.	J	IIC	HMg	1	1	1	1	1	5
16.	H	Cg'	HMg'	2	1	2	3	2	10
17.	J/b	Bt/Cg	IPg	1	1	1	1	1	5
18.	J	Bt/Cg'	IPg	1	1	1	2	2	7
19.	J/c	Gm	PGm	1	1	1	1	2	6
20.	b	IIBv/C	HPa	1	1	1	1	1	5
21.	b	IIBv/C	HPm	1	1	1	1	1	5
22.	h	Bv/C	HPmu	1	2	3	2	3	11

bilního MiE z jejich množství přístupného, což souhlasí se závěry Dostála (1981) i z jiných geografických podmínek Moravy. V tomto vidíme zásadní význam, který se projevuje jednak ve výsledcích numerické taxonomie, podává konkrétní podněty k hodnocení extrakčních poměrů, umožňuje konkretizaci kategorizace forem MiE a rozhoduje v rozdílném ocenění produkční schopnosti půd, substrátů a především orníc.

Z aplikačního hlediska jsou nejdůležitější přístupné MiE. Kategorizace, bodové ocenění a přehled vyrovnanosti režimu přístupných MiE podávají tab. VI (ornice), tab. VII (půdotvorné substráty), tab. VII.

Po zhodnocení výsledků vyplynula sestupná řada kvality orníc podle obsahu MiE a jejich vyrovnanost v půdní zásobenosti: 5-12-19-21-22-14-18-15-7-6-11-20-13-4-14-16-9-8-1-2-17-10. Kvalita substrátů se snižuje v pořadí: h > P > G + H > S > b > J > Q > B.

Výsledky výzkumu doplňují poznatky agrochemické charakteristiky našich půd. Poukazují na odlišnost složení v MiE a režimu přístupných

MiE jako důsledku rozdílného uplatnění biochemických procesů a vlivu intenzifikace zemědělství. Konkretizují a doplňují současná kritéria oceňování kulturního stavu půd.

Jsou využitelná v prognostické činnosti, při rozhodování o optimálním využití zemědělského půdního fondu a návrhu ekologicky a ekonomicky nejvhodnějších soustav hospodaření.

Literatura

- ČUMAKOV, A.: Výskum mikroelementov v pôdotvorných substrátoch Slovenska. Ved. práce VÚP a VR Bratislava 1975.
- DAMAŠKA, J.: Agrochemická charakteristika zemědělských půd ČSR. Rostl. Výr., 26, 1980, č. 3, s. 225-237.
- DOSTÁL, P.: Changes in microelements content in soil of holocene alluvia of the Morava river. In: Sb. Vth International soil science conference, Vol. I, Prague Czechoslovakia, 1981.
- DOSTÁL, P.: Evaluation of soil systems in south Moravia. In: Sb. Transactions of the Vith Czechoslovak Soil Science Conference, 1985, Vol. 2, s. 499-506.
- DOSTÁL, P.: Studium mikroelementů v půdních typech. [Záv. zpráva.] Brno, VŠZ 1985, 32 s.
- DOSTÁL, P. — JANDÁK, J.: Characterisation of microelements in soil of south Moravia. In: Sb. Transactions of the Vith Czechoslovak Soil Science Conference, 1985, Vol. 2, s. 417-425.
- DOSTÁL, P. — VACULÍK, R.: Numerická taxonomie zonality půd Znojemska. Acta Univ. agric. fac. agron., Brno, 1986 (v tisku).
- FACEK, Z.: Skeletovitost půd ČSR. [Záv. zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV, 22 s.
- KUDRNA, K.: Termodynamický charakter vlivu klimatických faktorů na utváření výnosů polních plodin. Rostl. Výr., 6, 1967, č. 6, s. 637-655.
- NEUBERG, J. a kol.: Stopové prvky v rostlinné výrobě ČSR. Praha, SEN 1978.
- NĚMEČEK, J.: Klasifikace, diagnostika a geografie půd ČSR. [Doktorská dis. práce.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1975.
- NĚMEČEK, J.: Základní diagnostické znaky a klasifikace půd ČSR. Studie ČSAV, Academia, Praha, 1981, č. 8, 110 s.
- POSPÍŠIL, F.: Obsah a složení humusu v půdách v českých zemích. Studie ČSAV, Academia, Praha, 1980, č. 14, 92 s.
- PRÁDKOVÁ, E. — KOSTELANSKÁ, J.: Chemismus půd v rámci vertikální zonality. [Záv. zpráva.] Brno, VŠZ 1985, 45 s.
- SIROVÝ, V. a kol.: Metodika laboratorních rozborů a principy jejich hodnocení. [Metodika KPP II.] Praha, MZVŽ 1967.
- ŠÁLY, R.: Půda základ lesnej produkcie. Bratislava, Příroda 1978.
- ŠÍBL, V.: Změny fyzikálních vlastností půd v závislosti na jejich vertikální zonalitě. [Záv. zpráva.] Brno, VŠZ 1985, 54 s.

Došlo dne 10. 1. 1986

ДОСТАЛ, П. — ВАЦУЛИК, Р. (Сельскохозяйственный институт, кафедра почвоведения и микробиологии, Брно): Таксономия, взаимодействия и оценка режима микроэлементов. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 593-602.

На основе результатов комплексного педологического обследования почвенных систем области Зноймо проведена численная таксономия 22 почвенных представителей, образовавшихся на разных (8) субстратах. Исползованная совокупность 50 аналитических характеристик и параметров разделяет с достаточной точностью почвенные формы на группы, отличающиеся друг от друга с точки зрения почвенно-генетических процессов. Установлено, что численная таксономия почв на основе оценки Mn, Zn, Cu в трех формах и трех параметрах или же доступных B, Mo, Mn, Zn, Cu не дает вполне однозначных результатов, которые находились бы в непосредственной связи с почвенно-генетической и почвенно-географической принадлежностями. Почвенно-генетическая характеристика образует только основные рамки в направлении воздействий на состояние микроэлементов в почвах. Объяснять дифференции возможно посредством информационной функции воздействия комплекса основных почвенных свойств на режим доступных микроэлементов. Из определения современного состояния потенциального и эффективного запаса физиологически важных микроэлементов вытекает, что существуют заметные дифференции между «стратегическим резервом»

и их запасом, который в ближайшее время можно использовать для выращиваемых растений, что может быть основой различной продукционной способности почвенных форм. Для суммарной оценки результатов определены критерии категоризации. Оценка обработана при помощи шкалы по очкам, которой оцениваются содержание и выравнивание; результаты указаны в таблицах.

таксономия; категоризация; определение; почвенные свойства и признаки; микроэлементы B, Mo, Mn, Zn, Cu; почвенный резерв; подвижной запас микроэлементов; продукционная способность почв

DOSTÁL, P. — VACULÍK, R. (University of Agriculture, Brno): *The Taxonomy, Interactions and Evaluation of Microelement Cycling*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 593-602.

Based on the results of a complex pedological study of pedological systems in the Znojmo district, numeric-taxonomy classification was performed in 22 representative soil types developed on eight different parent materials. The set of 50 analytical characteristics and parameters enables sufficiently accurate classification into individual groups differing from one another from the pedological point of view. It was found out that the numeric taxonomy of soils on the basis of Mn, Zn and Cu in three forms and three parameters, and/or of available B, Mo, Mn, Zn and Cu, failed to give explicit results which would have a direct relationship to the pedogenetical and pedological data. The pedogenetical characteristics form only a framework of changes in the microelement content in soils. The differences can only be explained by means of an information function expressing the effect of basic soil properties upon the cycling of available microelements. The estimation of the present status of potential and effective reserves of physiologically important microelements has revealed that there are considerable differences between the strategic reserve and the reserve available for crops within certain time period; this may be a basis for different production capacity of individual soil types. Criteria of categorization were elaborated for a summarization of results. The data are tabulated. numeric taxonomy; interactions; determination; soil properties; microelements; categorization; score evaluation; soil capability

DOSTÁL, P. — VACULÍK, R. (Landwirtschaftliche Hochschule Brno, Lehrstuhl für Pedologie und Mikrobiologie): *Taxonomie, Interaktionen und Bewertung des Mikroelementhaushalts*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 593-602.

Aufgrund der Ergebnisse einer umfassenden bodenkundlichen Studie über die Bodensysteme des Kreises Znojmo wurde eine numerische Taxonomie von 22 Bodenvertretern durchgeführt, die sich auf verschiedenen (8) Substraten herausgebildet haben. Die Gesamtheit von 50 analytischen Charakteristiken und Parametern differenziert die Bodenformen mit ausreichender Genauigkeit und ordnet sie aus der Sicht der bodengenetischen Prozesse in unterschiedliche Gruppen ein. Es wurde festgestellt, daß die numerische Bodentaxonomie aufgrund einer Bewertung von Mn, Zn, Cu in drei Formen und drei Parametern bzw. von verfügbaren B, Mo, Mn, Cu, Zn keine ganz eindeutig Ergebnisse erbrachte, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der bodengenetischen und bodengeographischen Zugehörigkeit stünden. Die bodengenetische Charakteristik stellt lediglich einen Grundrahmen der Beeinflussung des Mikroelementstandes der Böden dar. Die Unterschiede sind nur mit Hilfe der Informationsfunktion der Beeinflussung des Haushalts der zugänglichen Mikroelemente durch die Gesamtheit der grundlegenden Bodeneigenschaften zu erklären. Aus der Feststellung des gegenwärtigen Zustandes des potentiellen und effektiven Vorrats an physiologisch wichtigen Mikroelementen geht hervor, daß es beträchtliche Unterschiede gibt zwischen deren „strategischer Reserve“ und deren Vorrat, der in absehbarer Zeit von den Kulturpflanzen verwertet werden könnte, was wiederum die Grundlage einer unterschiedlichen Produktionsfähigkeit der Bodenformen werden kann. Für die zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse wurden Kategorisierungskriterien ausgearbeitet. Die Bewertung von Gehalt und Ausgeglichenheit erfolgt aufgrund eines Punktsystems und wird in Form einer tabellarischen Übersicht veranschaulicht.

numerische Taxonomie; Interaktion; Determination; Bodeneigenschaften; Mikroelemente; Kategorisierung; Punktwertungssystem; Produktionsfähigkeit der Böden

Adresa autorů:

Doc. ing. Pavel Dostál, CSc., prof. ing. Rudolf Vaculík, DrSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 613 00 Brno

V. Kuráž, M. Šír, J. Fara

KURÁŽ, V. — ŠÍR, M. — FARA, J. (České vysoké učení technické, Praha; Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha): *Vstupní parametry pro numerické řešení infiltrace*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6): 603—610.

Byl testován vliv rozptylu v průběhu retenčních čar a hydraulické vodivosti na numerickou simulaci infiltrace. Výsledky numerické simulace byly porovnány s experimentálně určenými vlhkostními profily. Bylo dosaženo dobré shody mezi průběhem skutečného děje — infiltrací do písčitého materiálu — a průběhem téhož děje simulovaného numerickým řešením kapacitního tvaru Fokker-Planckovy rovnice. Pokud jsou u retenční křivky jednoznačně stanoveny hodnoty reziduální a nasycené vlhkosti a pokud je dobře určen tvar retenční čáry v těsném okolí nasycené vlhkosti, nemá průběh retenční křivky mimo takto vymezenou oblast podstatný vliv na stanovení závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti pomocí kapilárního modelu. Zrovna tak neovlivňuje v podstatě numericky simulovaný průběh infiltrace ze srážky. Výrazný vliv na vypočtený průběh infiltrace má hodnota nasycené hydraulické vodivosti. Je-li rozptyl jejich hodnot větší než polovina řádu, dochází ke značnému ovlivnění jak postupu čela zvlhčení, tak i tvaru vlhkostních profilů. Závěry byly prověřeny na písčitém materiálu, lze je tedy rozšířit i na zrnitostně lehké půdy.

infiltrace; numerická simulace; hydraulická vodivost; retenční čára

Rozvoj výpočetní techniky umožňuje širší použití numerických metod při řešení stavu a pohybu vody v nenasyčené zóně. Naši snahou proto je přecházet od *black-box* modelů nenasyčené půdní zóny k exaktnějším řešením, i když jistý stupeň zjednodušení stále musíme používat. Problémem stále ještě zůstávají vstupní data do modelů. Jedná se hlavně o retenční čáru (závislost sacího tlaku na vlhkosti) a nenasyčenou a nasycenou hydraulickou vodivost (závislost hydraulické vodivosti na vlhkosti).

V literatuře zatím nacházíme pouze ojedinělé práce, které se uvedeným problémem zabývají. Vlivem plošné variability hydrofyzikálních vlastností půdy na podpovrchovou hydrologii se zabýval Peck et al. (1977) a Sharma a Luxmoore (1979). Vliv rozptylu hydraulické vodivosti a retenční čáry na výsledky numerického řešení pohybu vody v půdě zkoumali Lascarno a van Bavel (1982). Z jejich výsledků plyne, že můžeme připustit rozptyl hodnot nasycené hydraulické vodivosti v rozmezí řádu a retenční čáry v rozmezí 2% objemové vlhkosti.

MATERIÁL A METODY

TEORETICKÁ ČÁST

Pro numerické řešení pohybu vody v nenasyčené i nasycené zóně byla použita Fokker-Planckova rovnice v kapacitním tvaru.

$$C[h(z, t), z] \frac{\partial h(z, t)}{\partial t} = \text{div} \{K[h(z, t), z] [\text{grad } h(z, t) + \text{grad } z]\} \quad (1)$$

V rovnici (1) značí „t“ čas, „z“ je svislá pořadnice kladně orientovaná směrem dolů, K je hydraulická vodivost, „h“ ... sací tlak v případě nenasyčeného proudění, příp. hydrostatický tlak při proudění nasyceném, C ... hydraulická kapacita. Hydraulická kapacita C je odvozena z retenční čáry podle vztahu (2). Při nasyceném proudění má nulovou hodnotu.

$$C(h) = \frac{d\Theta(h)}{dH} \quad (2)$$

Pro analytické vyjádření retenční čáry byl použit vztah navržený van Genuchtenem (1978a) a upravený Šírem et al. (1985a).

$$\bar{\Theta}_e = \frac{1}{[1 + (ah)^n]^m}; \quad a > 0, n > 1, h \geq 0 \quad m = 1 - 1/n \quad (3)$$

V tomto vztahu vystupuje sací tlak „h“ s kladným znaménkem, i když z hlediska rovnice (1) se jedná o veličinu se znaménkem záporným. $\bar{\Theta}_e \times$ značí pomocnou efektivní vlhkost zavedenou vztahem (4).

$$\bar{\Theta}_e = \frac{\Theta - \Theta_a}{\Theta_m - \Theta_a}; \quad \Theta_a \leq \Theta \leq \Theta_m \quad (4)$$

Běžně používaná efektivní vlhkost je zavedena vztahem (5).

$$\Theta_e = \frac{\Theta - \Theta_r}{\Theta_s - \Theta_r}; \quad \Theta_r \leq \Theta \leq \Theta_s \quad (5)$$

Vzájemný přepočtení pomocné efektivní vlhkosti Θ_e a efektivní vlhkosti Θ je dán rovnicí (6).

$$\bar{\Theta}_e = \frac{\Theta_r - \Theta_a}{\Theta_m - \Theta_a} + \frac{\Theta_s - \Theta_r}{\Theta_m - \Theta_a} \cdot \Theta_e \quad (6)$$

Ve vztazích (5) a (6) značí Θ_r reziduální vlhkost a Θ_s nasycenou vlhkost. Veličiny a , n , Θ_a a Θ_m v analytickém vyjádření retenční křivky pomocí vztahu (3) jsou optimalizovanými parametry bez fyzikálního významu. Jejich hodnoty se stanoví nelineární aproximací naměřených bodů retenční čáry. Požaduje se, aby optimalizované parametry Θ_a a Θ_m splňovaly nerovnosti (7) vůči hodnotám měřené reziduální a nasycené vlhkosti.

$$\Theta_a \leq \Theta_r; \quad \Theta_m \geq \Theta_s \quad (7)$$

Vztahy (3) až (7) slouží k vyjádření retenční čáry jako hydrofyzikálního parametru vyjadřujícího na základě měřených hodnot nasycené vlhkosti, reziduální vlhkosti a bodů retenční čáry vztah mezi sacím tlakem a vlhkostí daného pórovitého materiálu.

Závislost nenasyčené hydraulické vodivosti na vlhkosti se vyjadřuje na základě kapilárního modelu pórovitého materiálu metodou podle Mualema (1978). Při aproximaci retenční čáry vztahem (3) dostáváme pro kapilární model Mualema výraz (8).

$$K_r(\Theta_e) = \Theta_e^b \left[\frac{d - (1 - \Theta_e^{1/m})^m}{d - (1 - \Theta_e^{1/m})^m} \right]_{\Theta_e=1} \quad (8)$$

$$d = (1 - \Theta_e^{1/m})^m; \quad m = 1 - c/n \quad (9)$$

V tomto vztahu nabývají empirické parametry hodnot $a = 2$, $b = 0,5$ a $c = 1$ podle Mualemova návrhu. Hodnota parametru „n“ se získá aproximací retenční čáry funkcí (3). K_r značí relativní vodivost vztahenou k hodnotě nasycené hydraulické vodivosti K_s . Závislost hydraulické vodivosti na vlhkosti se tedy získá podle vzorce (9).

$$K(\Theta) = K_r(\Theta) \cdot K_s \quad (9)$$

Vztahy (8) a (9) tedy slouží k vyjádření závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti pro daný pórovitý materiál, pokud je známa experimentálně určená hodnota nasycené hydraulické vodivosti K_s a hodnota parametru „n“ získaného aproximací retenční čáry vztahem (3).

Pro numerické řešení Fokker-Planckovy rovnice (1) byla použita metoda konečných diferencí. Výpočetní program publikovaný van Genuchtenem (1978) byl upraven a byla zkoumány stabilita numerického řešení. Navržený algoritmus numerického řešení se ukázal jako stabilní a dostatečně přesný, takže další vývoje učiněné na základě numerického řešení, nejsou ovlivněny použitou numerickou metodou pro řešení rovnice (1).

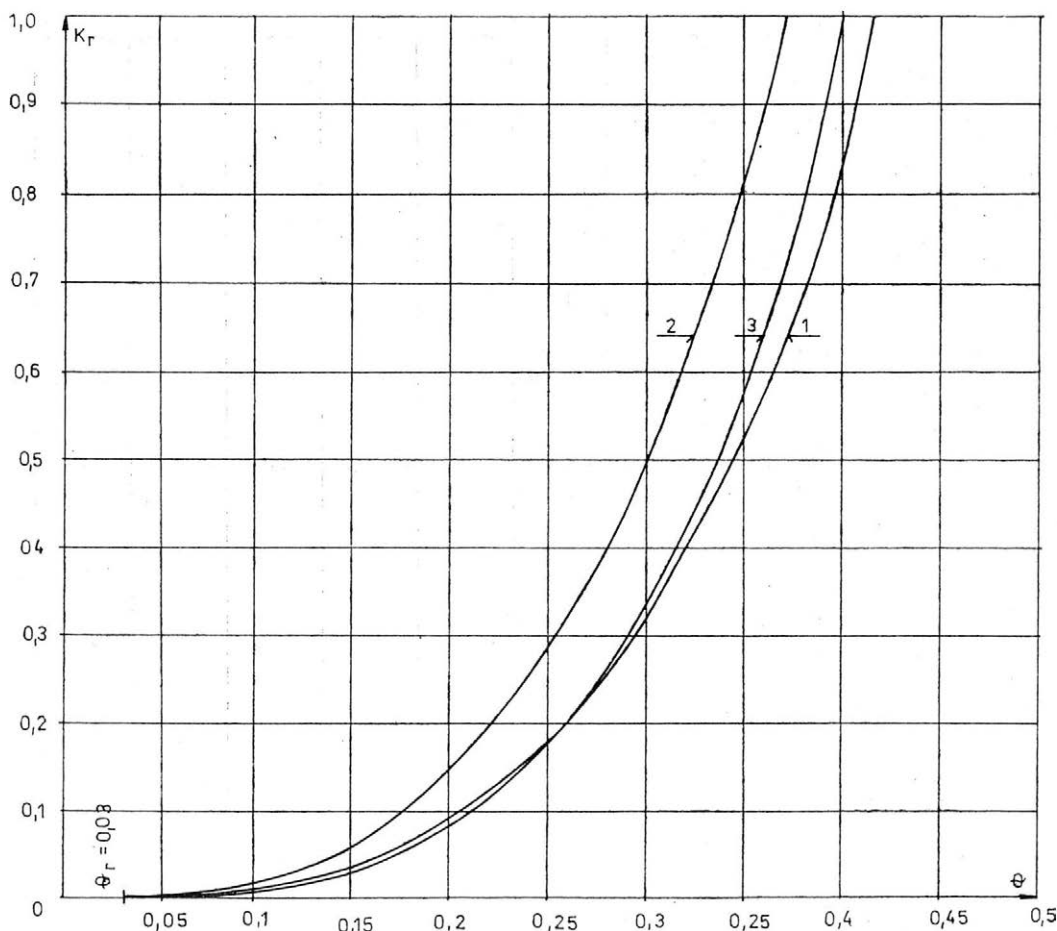
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Jako modelový materiál byl použit třebošický písek tohoto zrnitostního složení: zrna 0,01 mm — obsah 1,2 %, zrna 0,01–0,05 mm — obsah 0,7 %, zrna 0,05–0,1 — obsah 6,8 %, zrna 0,1–1,0 mm — obsah 91,3 %.

Odvodňovací i zvlhčovací větve retenční čáry byla stanovena na válečcích objemu 100 cm³ pomocí pískového tanku pro nižší tlaky a pomocí přetlakového přístroje pro tlaky vyšší. Průběh zvlhčovací větve retenční čáry byl ověřen na homogenním sloupci syčeném z hladiny vody.

Výsledky numerické simulace byly ověřovány v laboratorních podmínkách na svislém homogenním sloupci třebošického písku. Byla modelována infiltrace ze srážky o konstantní intenzitě v čase. Před zahájením experimentu bylo gamaskopickou metodou kontrolováno rozdělení objemové hmotnosti po výšce sloupce. Rozptýl objemové hmotnosti byl menší než 0,05 g.cm⁻³. Průměrná objemová hmotnost činila 1,45 g.cm⁻³. Okrajová podmínka — infiltrace s konstantním tokem na horním okraji — byla zajištěna peristaltickým čerpadlem. Průběh experimentu nebyl ovlivněn dolní krajovou podmínkou, sloupec se z hlediska modelovaného jevu jevil jako polonekonečný. Počáteční podmínkou byla vlhkost 1 % po celé výšce sloupce. Rozdělení vlhkosti po výšce sloupce během experimentu bylo měřeno rovněž gamaskopickou metodou. Jako zdroj záření byl použit izotop Am²⁴¹. Experimentální zařízení uvádí Kuráž (1978).

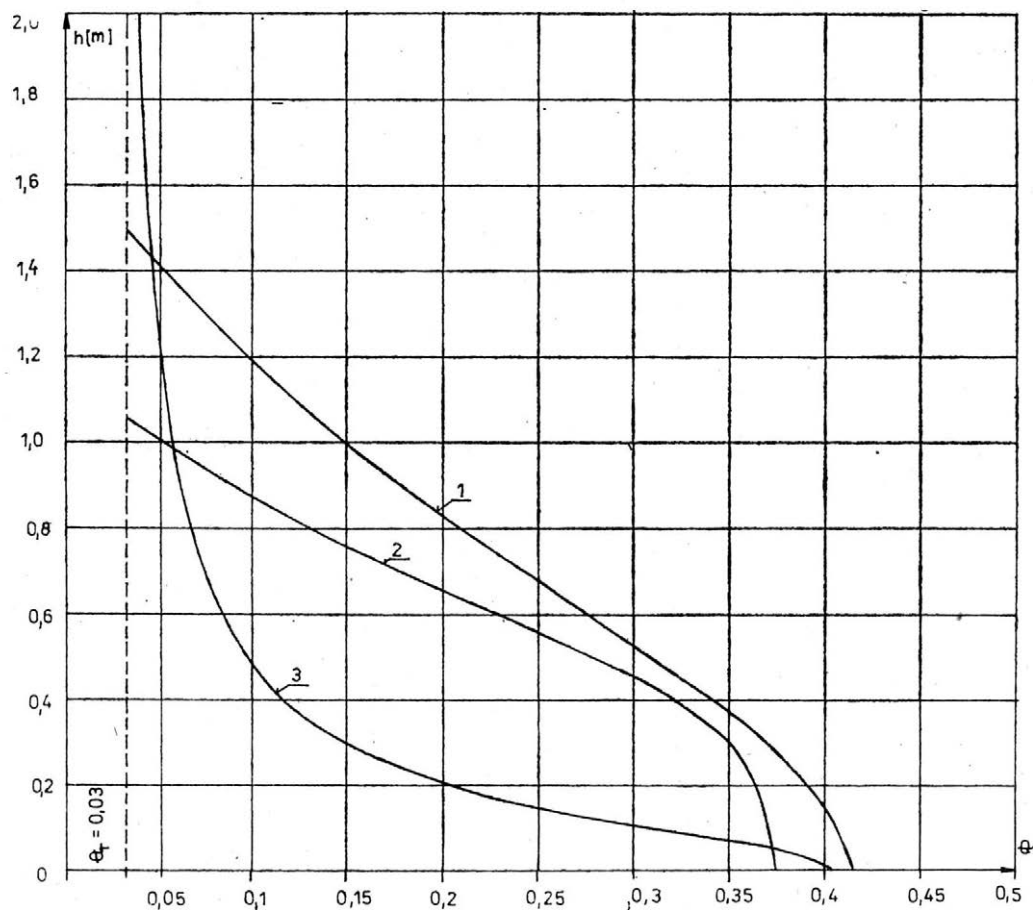
Po ukončení experimentu byly vlhkosti získané gamaskopickou metodou ověřovány pomocí gravimetrického stanovení vlhkosti. Pokusy byly provedeny pro dva různé toky (infiltrační rychlosti), každý z nich byl třikrát opakován. Namísto ověřovacího měření vlhkosti gravimetrickou metodou bylo vždy u jednoho opakování provedeno stanovení nasycené hydraulické vodivosti metodou s konstantním spádem.



1. Obalové čáry experimentálně stanovených retenčních čar — The envelope lines of experimentally constructed retention curves

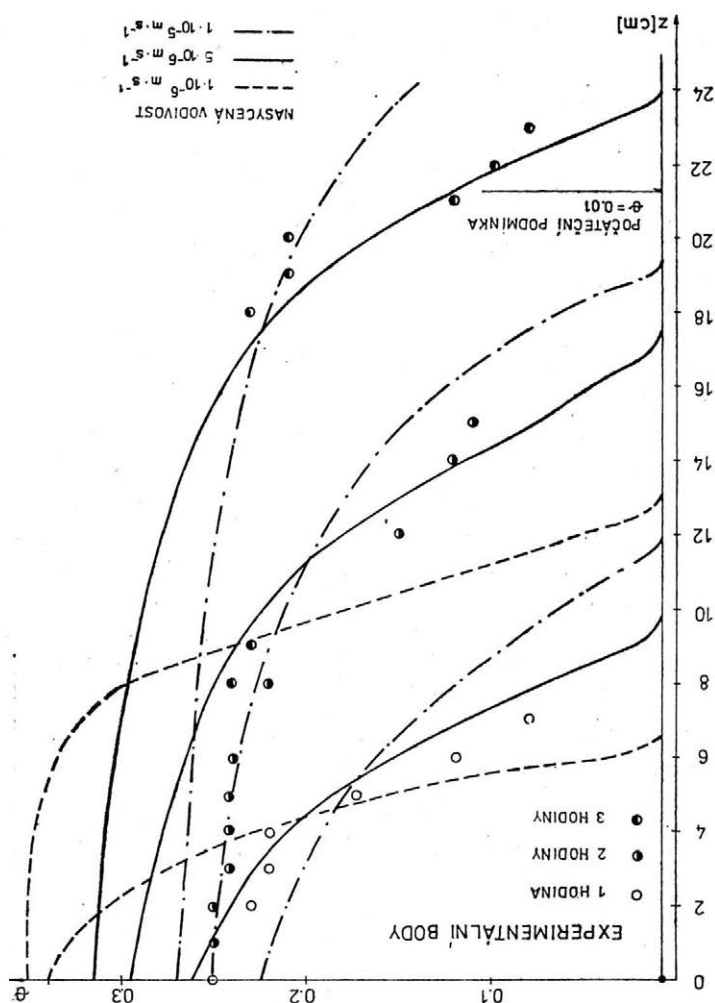
Hydrofyzikálními vstupními parametry do numerického řešení infiltrace jsou závislost sacího tlaku na vlhkosti (retenční čára) a závislost hydraulické vodivosti na vlhkosti pro daný pórovitý materiál. Z rozboru vlivu průběhu retenční čáry na numerické řešení infiltrace do písčitého materiálu, jak uvádí Šír a Kuráž (1985), plyne, že v případě, je-li jednoznačně stanovena reziduální vlhkost, nasycená vlhkost a jim příslušející hodnoty sacích tlaků, jsou odchylky v průběhu závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti stanovené pomocí kapilárního modelu, vyvolané tvarovými změnami retenční čáry, dosti malé. Rovněž tak odchylky v numericky simulovaných průbězích infiltrace ze srážky jsou z praktického hlediska zanedbatelné. Podobný závěr však zatím nelze učinit pro jiný typ pórovitého materiálu než pro písek, příp. z hlediska zrnitostního lehkou půdu.

Na obr. 1 jsou uvedeny obalové čáry experimentálně stanovených retenčních čar, a to s uvážením hystereze. Čára 1 charakterizuje odvodňovací větev, čára 3 zvlhčovací větev. Čára 2 byla stanovena zvlhčováním sloupce písku z hladiny vody. Z průběhu závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti (obr. 2) plyne, že zachováme-li podmínku, tzn. reziduální vlhkost je pro všechny větve retenční čáry shodná, je rozptyl odpovídající



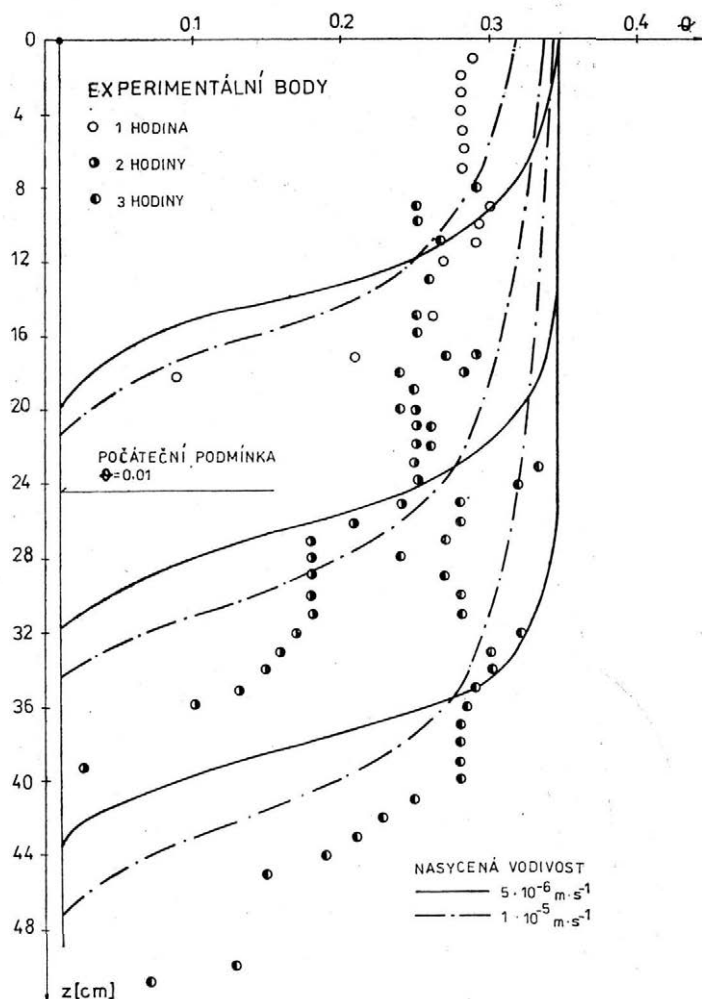
2. Průběh závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti — The course of the dependences of hydraulic conductivity on moisture content

3. Vlhkostní profily pro intenzitu postřiku $4,12 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ — The moisture profiles for the spraying rate of $4,12 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti poměrně malý. Zvláště dobrou shodu vykazují průběhy 1 a 3. I když hysterezní smyčka na retenční čáře je velmi výrazná, hodnoty nasycené vlhkosti se pro obě větve liší velmi málo. Je tedy možno konstatovat, že pro výpočet závislosti hydraulické vodivosti na vlhkosti kapilárním modelem jsou nejdůležitější hodnoty reziduální a nasycené vlhkosti a tvar retenční křivky v těsném okolí nasycené vlhkosti. Průběh retenční čáry mezi reziduální vlhkostí a vlhkostí o něco menší než nasycenou není tedy pro výpočet vodivosti podstatný.

Na obr. 3 jsou uvedeny vlhkostní profily vypočtené numerickým řešením rovnice (1) pro intenzitu postřiku (tok na horním okraji) $4,12 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ po jedné, dvou a třech hodinách trvání infiltrace. V obrázku jsou vyneseny i experimentální body. Na obr. 4 je znázorněno totéž pro intenzitu postřiku $10,9 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Výpočty byly provedeny pro retenční čáru č. 1 z tabulky III uvedené v práci Šíra a Kuráže (1985). Tato retenční čára má parametry $\alpha = 1,81$, $n = 4,95$, $\theta_a = -0,046$, $\theta_m = 0,358$, $\theta_r = 0,01$ a $\theta_s = 0,347$. Tato retenční čára se téměř shoduje s čarou 2 na obr. 1. Pro numerickou simulaci byly použity variantní hodnoty nasycené hydraulické vodivosti. Při nezměněných ostatních parametrech je možno z rozdílu v průběhu vypočtených vlhkostních profilů usuzovat na vliv nasycené hydraulické vodivosti na průběh simulo-



4. Vlhkostní profily pro intenzitu postřiku $10,9 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ — The moisture profiles for the spraying rate of $10,9 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

vané infiltrace. Z obr. 3 a obr. 4 plyne, že nejlepší shoda experimentálních výsledků s numerickou simulací nastává pro nasycenou hydraulickou vodivost $K_s = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, a to pro obě intenzity postřiku i pro všechny tři doby trvání infiltrace. Experimentální hodnota K_s se od této hodnoty poněkud liší, je to $K_s = 7,17 \cdot 10^{-6}$ až $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Objektivní stanovení nasycené hydraulické vodivosti použitého materiálu je obtížné vzhledem k tomu, že v průběhu nasyceného proudění dochází k vyplavování jemných prachových částic, čímž se hodnota K_s zvyšuje. Naopak, je-li zabráněno tomuto vyplavování, dochází ke kolmataci spodní části sloupce, a tím také ke snížení hodnoty K_s .

Porovnáme-li průběh simulované infiltrace pro různé hodnoty K_s , zjišťujeme, že liší-li se K_s o méně než polovinu řádu, je shoda vlhkostních profilů poměrně dobrá, jejich rozdíl leží v mezích experimentálních chyb, kterými je zatíženo měření vlhkostních profilů. V případě rozptýlu hodnoty K_s o jeden řád dostáváme již značné odchylky jak ve tvaru vlhkostních profilů, tak i v postupu čela zvlhčení směrem do hloubky.

Hodnotu nasycené hydraulické vodivosti $K_s = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ můžeme považovat za materiálovou charakteristiku trebušického písku, i když nebyla získána přímým měřením, vzhledem k tomu, že dobře vyhovuje naměřeným průběhům vlhkostních profilů při obou intenzitách postřiku ve všech třech časových úrovních.

- GENUCHTEN, M. Th. van: Numerical solutions of the one-dimensional saturated flow equation. Water Resources Program. Department of Civil Engineering. Princeton University 1978.
- GENUCHTEN, R. van: Calculating the unsaturated hydraulic conductivity with a new closed-form analytical model. Water Resources Program. Department of Civil Engineering. Princeton University 1978a.
- KURÁŽ, V.: Laboratorní měřicí technika pro odvodňovací výzkum. [Dílčí výzk. zpráva VÚ C11-329-100/01.] ČVUT FSv Praha 1978.
- LASCARNO, R. J. — BAVEL, C. H. M. van: Spatial variability of soil hydraulic and remotely sensed soil parameters. Soil Sci. Soc. Am. J., 46, 1982, č. 2, s. 223-228.
- MUALEM, Y.: A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Wat. Res. Res., 12, 1978, s. 513-522.
- PECK, A. J. — LUXMOORE, R. J. — STOLZY, J. L.: Effect of spatial variability of soil hydraulic properties in water budget modelling. Wat. Res. Res., 13, 1977, s. 348-354.
- SHARMA, M. L. — LUXMOORE, R. J.: Soil spatial variability and its consequences on simulated water balance. Wat. Res. Res., 15, 1979, s. 1567-1573.
- ŠÍR, M. — KURÁŽ, V.: The influence of the variability of retention curves on the numerical solutions of the infiltration. Trans. of the 6th Czech. Soil Sci. Conf. Nitra, 1985, s. 116-127.
- ŠÍR, M. — VOGEL, T. — CISLEROVÁ, M.: Analytické vyjádření retenční křivky a hydraulické vodivosti. Vodohosp. čas., 33, 1985, č. 1, s. 74-85.

Došlo dne 10. 1. 1986

КУРАЖ, В. — ШИР, М. — ФАРА, Й. (Чешский политехнический институт, Прага; НИИ плодородия почв, Прага): **Входные параметры для численного решения инфильтрации.** Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 603-610.

Оценивали влияние дисперсии в ходе задерживающих линий и гидропроводности на численное моделирование инфильтрации. Результаты этой инфильтрации сравнивали с водными профилями, определенными в экспериментальном порядке. Добились удовлетворительной схожести между ходом фактического процесса — инфильтрацией в песчаный материал — и ходом того же процесса, смоделированного посредством численного решения емкостной формы Гоккер-Планкова уравнения. Если у задерживающей кривой однозначно даны значения остаточной и насыщенной влажности, то ход задерживающей кривой помимо ограниченной таким образом области не влияет существенно на определение зависимости гидропроводности от влажности с помощью капиллярной модели. Аналогично и численно смоделированный ход инфильтрации с осадков не подвергается этому влиянию. Заметное влияние на ход инфильтрации оказывает величина насыщенной гидропроводности. Если дисперсия их величин превышает половину ряда, то значительному влиянию подвергаются как ход фронта увлажнения, так и форма водных профилей. Выводы испытаны на песчаном материале; следовательно, их можно распространить и на легкие по гранулометрическому составу почвы.

инфильтрация; численная симуляция; гидравлическая проводимость; кривая задержания

KURÁŽ, V. — ŠÍR, M. — FARA, J. (Czech Technical University, Praha; Research Institute for Land Improvement, Praha): *The Input Parameters for the Numeric Calculation of Infiltration.* Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 603-610.

Trials were performed to test the effect of the variance in the course of retention lines and hydraulic conductivity upon the numeric simulation of infiltration. The results of the numeric simulation were compared with the experimentally determined moisture profiles. A good congruence was obtained between the course of the actual process — infiltration into the sandy material — and the course of the same process simulated by the numerical calculation of the capacity form of the Fokker-Planck equation. If the values of residual and saturated moisture are clearly

determined in the retention curve and if the form of retention line in the close proximity of saturated moisture is well-defined, the course of retention line outside the zone delimited in this way has no greater influence on determining the dependence of hydraulic conductivity on moisture content by means of the capillary model. Similarly, neither has it any significant influence on the numerically simulated course of infiltration from precipitation. A marked influence on the calculated course of infiltration is exerted by the value of saturated hydraulic conductivity. If the variance of its values is greater than a half of the order, a considerable influence is exerted on the advance of moisture front and on the form of moisture profiles. The conclusions were verified on sandy material and can be therefore extended to cover light-textured materials.

infiltration; numeric simulation; hydraulic conductivity; retention curve

KURÁŽ, V. — ŠÍR, M. — FARA, J. (Tschechische technische Hochschule, Praha; Forschungsinstitut für Bodenfruchtbarkeit, Praha): *Eingabeparameter für numerische Lösungen der Infiltration*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6): 603-610.

Man testete die Einwirkung der Streuung im Verlauf der Retentionslinien und hydraulischen Leitfähigkeit auf die numerische Simulation der Infiltration. Ergebnisse der numerischen Simulation wurden mit experimentell ermittelten Feuchtigkeitsprofilen verglichen. Es wurde eine gute Übereinstimmung zwischen dem Verlauf des realen Prozesses — der Infiltration in sandiges Material — und dem Verlauf desselben, aufgrund numerischer Lösung der Kapazitätsform der Fokker-Planck-Gleichung simulierten Prozesses, erreicht. Sofern bei der Retentionskurve die Residualwerte und Werte der gesättigten Feuchtigkeit eindeutig bestimmt sind und sofern die Form der Retentionslinie im unmittelbaren Umkreis der gesättigten Feuchtigkeit korrekt gegeben ist, hat der Verlauf der Retentionskurve außerhalb des auf diese Weise abgegrenzten Bereiches keinen wesentlichen Einfluß auf die, mit Hilfe eines Kapillarmodells vorgenommene Bestimmung der Abhängigkeit der hydraulischen Leitfähigkeit von der Feuchtigkeit. Im wesentlichen ist dadurch auch der numerisch simulierte Verlauf der Infiltration aus dem Niederschlag nicht beeinflusst. Einen markanten Einfluß auf den errechneten Verlauf der Infiltration hat der Wert der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit. Falls die Streuung deren Werte größer ist als eine halbe Größenordnung, kommt es zu einer wesentlichen Beeinflussung sowohl des Fortgangs der Stirnfläche der Anfeuchtung als auch der Form der Feuchtigkeitsprofile. Die Schlußfolgerungen wurden auf sandigem Material überprüft, sie können daher auch auf von der Körnung her leichte Böden erweitert werden.

Infiltration; numerische Simulation; hydraulische Leitfähigkeit; Retentionskurve

Adresy autorů:

Ing. Václav Kuráž, CSc., J. A. Fara, České vysoké učení technické, katedra hydromeliorací, Thakurova 7, 166 29 Praha 6

Ing. Miloslav Šír, Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Žabovřeská 250, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

VLIV NASYCENÍ PŮDY K, Mg A Ca NA VÝNOSY A OBSAH K, Mg A Ca V JÍLKU VYTRVALÉM

O. Hudcová, V. Sirový

HUDCOVÁ, O. — SIROVÝ, V. (Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha): *Vliv nasycení půdy K, Mg a Ca na výnosy a obsah K, Mg a Ca v jílku vytrvalém*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 611-622.

Na bázi nádobových vegetačních pokusů byl studován vliv různého stupně nasycení půdního materiálu draslíkem (5, 10 %) a hořčíkem (10, 20 %) při současné úpravě reakce vápněním na příjem draslíku, hořčíku a vápníku plodinou (jílek vytrvalý) a vliv na její fyto masu. Po celé vegetační období vyšší hladina vápnění zvyšovala příjem vápníku plodinou. Příjem draslíku se rovněž zvyšoval úměrně dávkou aplikovaného draslíku (a to i při společné aplikaci s hořčíkem), aplikace samotného hořčíku příjem draslíku zřetelně neovlivnila. Relativní nadbytek hořčíku omezoval příjem vápníku. Z hlediska dynamiky odběru živin v průběhu všech sečí příjem draslíku byl nejvyšší v první seči, pak nastal prudký pokles (při K₂ do třetí seče, u ostatních variant hnojení do druhé seče), naopak příjem hořčíku a vápníku stoupal až do třetí seče a dále většinou klesal. Vysoký výnosový efekt draselného hnojení je stupňován hořečnatým hnojením (časově prodlužuje působení draselných hnojiv), přičemž vyšší dávka hořčíku, zvláště v kombinaci s vyšší hladinou vápnění, byla již málo účinná. Nejefektivnější dávka draselného a hořečnatého hnojení odpovídala stupni nasycení zeminy draslíkem — 5 % a hořčíkem — 10 %. Při vyšších dávkách klesal výnosový efekt jedné nebo druhé živiny, i když výnosy dále stoupaly.

draslík; hořčík; vápník; stupeň nasycení zeminy K, Mg; příjem živin; výnosy

V současné době se často diskutuje efektivnost průmyslových hnojiv a jejich vliv na dosahované výnosy, případně jejich stabilitu. Při dobré efektivnosti fosforečných i dusíkatých hnojiv je možno všeobecně konstatovat, že efektivnost draselných hnojiv je nízká. Na základě nejnovějších výsledků výzkumu u nás i v zahraničí je žádoucí přehodnotit používané dávky draslíku (a to s ohledem na půdní zásoby přijatelného draslíku) a stanovit jejich optimální poměr k ostatním průmyslovým hnojivům, zejména hořečnatým a vápenatým.

Přesné výživářské pokusy ÚKZÚZ a ÚKSÚP (Birčák, Vojáček, 1982) ověřující vliv stupňovaných dávek draselných hnojiv na výnosy pšenice ozimé, kukuřice na siláž, brambor a ječmene jarního ukázaly, že všechny pokusné plodiny reagovaly pozitivně na hnojení dusíkem a fosforem (s výjimkou pšenice) a též na stupňované hnojení draslíkem. Z hlediska půdní zásoby přijatelného draslíku byly aplikované dávky při malé a střední zásobě přínosem, naopak u půd dobře zásobených nebyla nejvyšší dávka účelná. Podobně z výsledků stacionárních pokusů ÚKSÚP vyplývá zvýšení výnosů v daném ročníku v průměru o 3—5 %

při hnojení draselnými hnojivy. Milčeva (1976) uvádí u půd nehnojených draslíkem po aplikaci draselných hnojiv zvýšení výnosů plodin o 35—100 %. Jankovič a Németh (1979) rovněž zjistili při dlouhodobém stupňovaném hnojení draslíkem a fosforem zvýšení výnosů pšenice a kukuřice na hnědozemi a pseudoglejové půdě. Výnosové křivky získané v reakci na draselné hnojení (Loué, 1979) prozradily progresivní závislosti výnosu na obohacování půd draslíkem. Loué (1977) definoval pro půdy s vysokou fixační schopností optimální dávky draslíku a zjištěné výnosové reakce na hnojení draslíkem jako funkci vlastností plodiny a zásoby draslíku v půdě.

Zárukou pro efektivnější využívání hnojiv je respektování výměnné sorpční kapacity půd a vzájemného zastoupení výměnných kationtů v půdě (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+}), což vytváří předpoklady pro vyvážený příjem živin rostlinou a pro zajištění jejich obsahu v kvalitní rostlinné produkci. Sorpční kationtovou výměnnou kapacitu lze nasycovat plánovitě na určité hladiny jednotlivými kationty (zejména K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) tak, aby docházelo k ustalování vhodných koncentrací kationtů v půdním roztoku. Matula (1984) uvádí na základě literárních pramenů vhodné nasycení půd pro K v rozmezí 2—7 %, Ca 60—80 %, Mg 10—20 %, Na by nemělo přesahovat 5 %, Al při pěstování citlivých plodin by hodnota nasycení neměla překročit 10 % KVK.

Cílem naší práce bylo studium vlivu nasycení půdního materiálu (z modelové okresu Ústí nad Orlicí) draslíkem a hořčíkem při současné úpravě reakce vápněním na příjem K, Mg a Ca plodinami (jílek vytrvalý) a jejich výnos v podmínkách nádobových vegetačních pokusů.

MATERIÁL A METODY

Pro nádobový vegetační pokus byla použita zemina z ornice oglejené půdy na sprašové hlíně, středně těžké, hlinité (Dolní Lipka, okres Ústí nad Orlicí). Základní charakteristiky jsou uvedeny v tabulce I.

Nádobový vegetační pokus byl založen podle jednotného schématu stanoveného v rámci VTS států RVHP pro řešení zadání „Výzkum režimu draslíku, hořčíku a vápníku v půdách a rozpracování vědeckých základů použití draselných a hořečnatých hnojiv a vápnění půd“.

Schéma variant hnojení:

Nehnojená kontrola

Ca_1NP	Ca_2NP
Ca_1NPK_1	Ca_2NPK_1
Ca_1NPMg_1	Ca_2NPMg_1
$\text{Ca}_1\text{NPK}_1\text{Mg}_1$	$\text{Ca}_2\text{NPK}_1\text{Mg}_1$
$\text{Ca}_1\text{NPK}_1\text{Mg}_2$	$\text{Ca}_2\text{NPK}_1\text{Mg}_2$
$\text{Ca}_1\text{NPK}_2\text{Mg}_1$	$\text{Ca}_2\text{NPK}_2\text{Mg}_1$

Každá varianta hnojení byla založena ve čtyřech opakováních s plodinou a jednou bez plodiny.

V pokuse byly použity dvě dávky vápnění a následující dávky živin:

- Ca_1 — množství CaCO_3 (srážený) potřebné k neutralizaci výměnné kyselosti,
- Ca_2 — množství CaCO_3 potřebné k neutralizaci hydrolytické kyselosti (titrační hodnota $\times 1,75$),
- N — 2 g na nádobu ve formě dusičnanu amonného. Po první a druhé seči bylo přihnojeno 1 g N, po třetí seči 0,5 g N,
- P — 1 g ve formě $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ na nádobu,
- K_1 — množství K ve formě KCl potřebné k dosažení V_K 5 %,
- K_2 — množství K ve formě KCl potřebné k dosažení V_K 10 %,

I. Základní charakteristika ornice oglejené půdy na sprašové hlíně (Dolní Lipka)
 — Basic characteristics of the topsoil of pseudogley soil on loess loam (Dolní Lipka)

Zrnitostní složení frakce %	≥ 0,25 6,7	0,25–0,05 22,4	0,05–0,01 36,9	0,01 34,1	0,001 7,8
Obsah humusu %	3,59				
pH/KCl	3,85				
Výměnná kyselost mval. 100 g ⁻¹		H + Al 1,79	H 0,17	Al 1,62	
Hydrolyt. kyselost mval. 100 g ⁻¹		9,1			
Výměnné kationty mval. 100 g ⁻¹		Ca 4,97	Mg 0,85	K 0,23	Na 0,03
Sorpční kapacita mval. 100 g ⁻¹		15,18			
Stupeň nasycení %		V 40	V _{Ca} 33	V _{Mg} 5,5	V _K 1,5
Draslík mg.kg ⁻¹	přijatelný 65,0 uvolnitelný 111,0				
Hořčík mg.kg ⁻¹	97,1 10,6				

Mg₁ — množství Mg ve formě MgSO₄ · 7 H₂O potřebné k dosažení stupně nasycení hořčíkem V_{Mg} 10 %.

Mg₂ — množství Mg potřebné k dosažení V_{Mg} 20 %.

Do zeminy o hmotnosti 5,5 kg (uložené na vrstvě promytého hrubšího písku a kotouči filtračního papíru) ovlhčované na 60 % MKVK byla po třech dnech vyseta plodina — jilek vytrvalý (*Lolium perenne* L.). Během trvání pokusu byla zemina v nádobě udržována zhruba na 60 % vodní kapacity zaléváním destilovanou (demineralizovanou) vodou.

Sklizeny byly čtyři seče plodiny, stanoveno množství sušiny sklizené hmoty (a to zvláště pro každou seč, hnojení a opakování) a v sušině stanoven obsah K, Mg a Ca.

LABORATORNÍ STANOVENÍ

— uvolnitelný hořčík v zemině byl stanovován podle Schlichtinga, Blumeho (1966) extrakcí 2 M HCl,

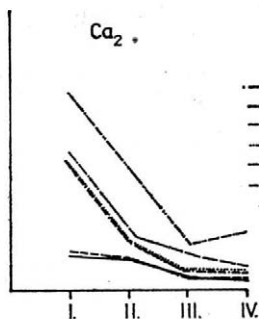
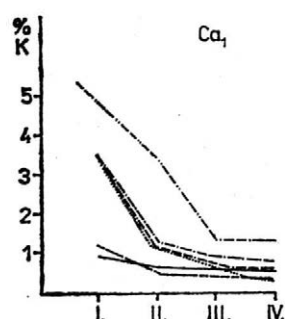
— uvolnitelný draslík v zemině zjišťován podle Schachtschabela (1961) extrakcí M HCl při 50 °C.

Ve vzorcích rostlin byly K, Mg a Ca zjišťovány metodou podle Koppové, Pirkla a Kaliny.

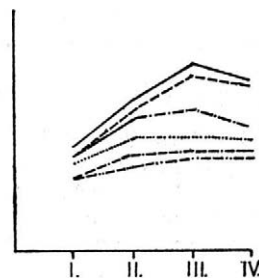
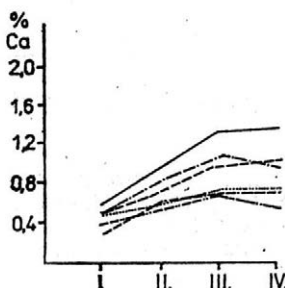
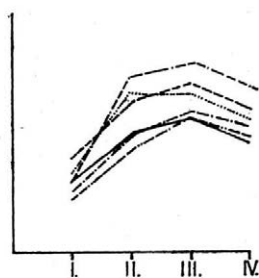
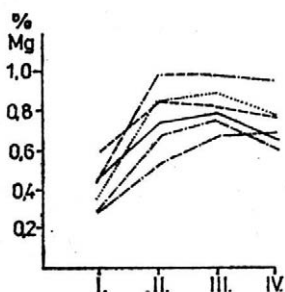
VÝSLEDKY

PŘÍJEM K, Mg a Ca TRAVNÍM POROSTEM

Na obr. 1 jsou uvedeny obsahy K, Mg a Ca v sušině nadzemní hmoty jílku vytrvalého zjištěné v jednotlivých sečích, které dovolují posoudit průběh příjmu těchto iontů během vegetace. Příjem draslíku byl nejvyšší v první seči a po celou vegetaci při obou hladinách vápnění (vyšší úroveň snižuje příjem) v případě aplikace dávky K₂, nižší při K₁. Aplikace



1. Obsah K, Mg, Ca v sušině nadzemní hmoty jílku vytrvalého z jednotlivých sečí — K, Mg, Ca contents in the above-ground dry matter of perennial ryegrass in the sequence of cuts



hořčíku při dávce K_1 mírně snižuje příjem K (ve srovnání se samotnou dávkou K_1). V kombinacích NP a $NPMg_1$ byl zjištěn nejnižší obsah draslíku. Příjem draslíku prudce klesá do třetí seče, bez významnějších rozdílů zůstává do čtvrté seče, přičemž ovlivnění příjmu různými způsoby hnojení zůstává prakticky totéž jako u první seče.

Příjem hořčíku i vápníku, na rozdíl od draslíku, stoupá až do třetí seče, dále většinou mírně klesá. Příjem hořčíku je prakticky ve všech sečích nižší u kombinací s vyšší úrovní vápnění. Působení draslíku na snížení příjmu hořčíku se projevuje v první seči u variant K_2Mg_1 a K_1 , přičemž u varianty K_1 je výraznější vzestup příjmu až do třetí seče. I když u varianty K_1Mg_2 je v první seči příjem hořčíku nižší než u Mg_1 , resp. K_1Mg_1 (odpovídá variantě NP), po odčerpání přebytku draslíku ve druhé seči již prudce stoupá a toto postavení si udržuje až do konce pokusu. Nejvyšší odběr hořčíku v první seči byl pak u varianty Mg_1 , která se v druhé seči sblíží s variantou K_1Mg_1 .

Odběr vápníku se zvyšuje s dávkou vápnění, hnojení draslíkem a hořčíkem jej snižuje po celou dobu vegetace, nejvíce u variant K_2Mg_1 a K_1Mg_2 (kde podobně jako u varianty K_1Mg_1 relativně vyrovnaný příjem Ca po celé vegetační období), nejméně u varianty K_1 v kombinaci s Ca_1

II. Výnos sušiny nadzemní hmoty za vegetační období — The yield of above-ground dry matter for the growing season

Varianta hnojení	g na nádobu	a	b	c
		%		
Kontrola	15,01	100,0	30,9	24,8
Ca ₁ NP	48,55	323,4	100,0	80,1
Ca ₁ NPK ₁	71,30	475,0	146,8	117,6
Ca ₁ NPMg ₁	49,46	329,5	101,9	81,6
Ca ₁ NPK ₁ Mg ₁	82,84	551,9	170,6	136,7
Ca ₁ NPK ₁ Mg ₂	86,10	573,6	177,3	142,0
Ca ₁ NPK ₂ Mg ₁	103,31	688,3	212,8	170,4
Ca ₂ NP	60,61	403,8	124,8	100,0
Ca ₂ NPK ₁	82,24	547,9	169,4	135,7
Ca ₂ NPMg ₁	60,58	403,6	124,8	99,9
Ca ₂ NPK ₁ Mg ₁	91,18	607,5	187,8	150,4
Ca ₂ NPK ₁ Mg ₂	92,85	618,6	191,2	153,2
Ca ₂ NPK ₂ Mg ₁	112,79	751,4	232,3	186,1

a — vztaženo na výnos kontroly

b — vztaženo na výnos ve variantě Ca₁NP

c — vztaženo na výnos ve variantě Ca₂NP

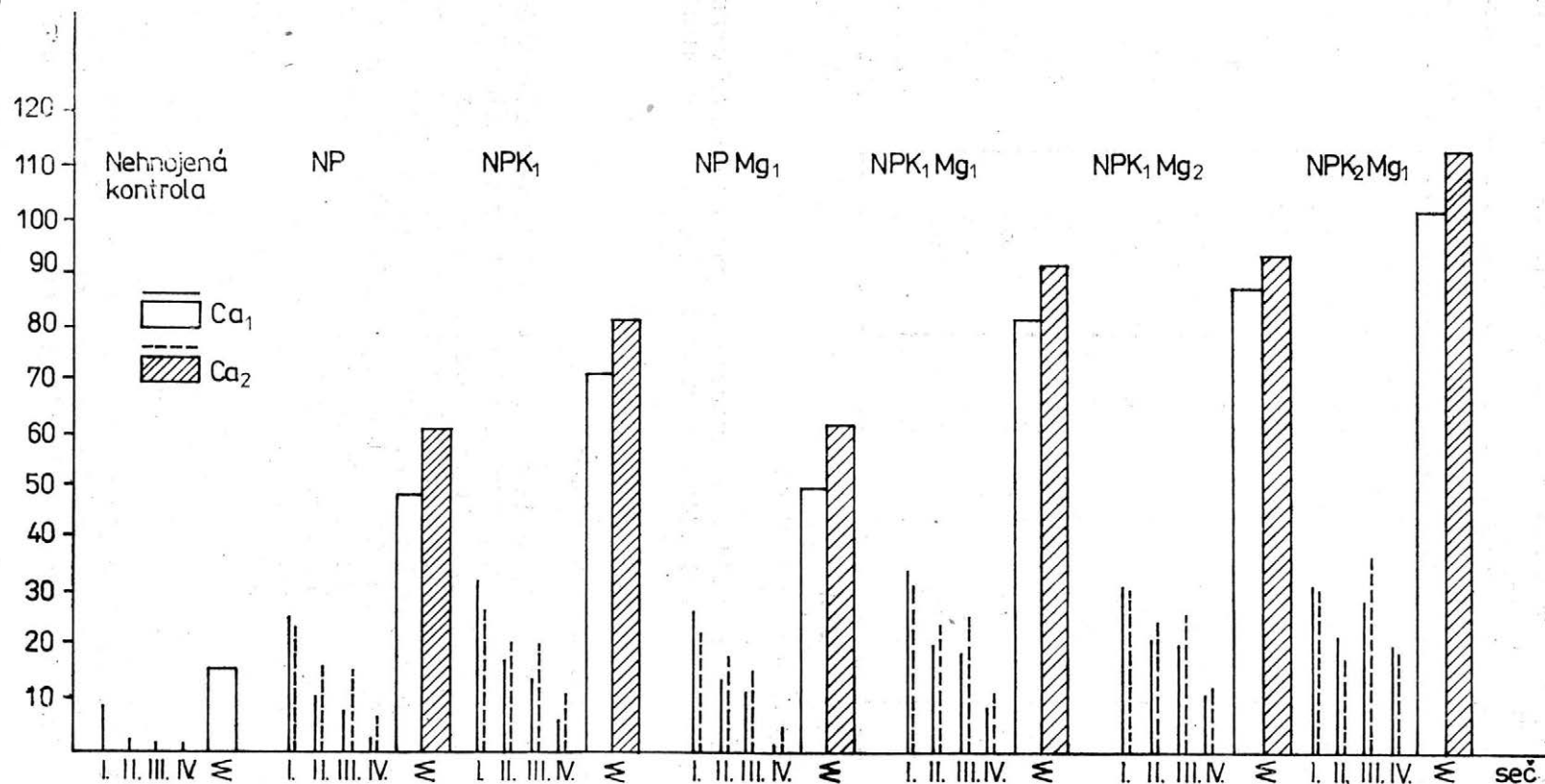
a Mg₁ v kombinaci s Ca₂. Svědčí to o omezení příjmu vápníku relativním nadbytkem hořčíku (poměr Ca : Mg u varianty Ca₁Mg₁ je 6,7 — u varianty Ca₂Mg₁ 14,6).

VLIV HNOJENÍ A VÁPŇENÍ NA VÝNOSY

Údaje o výnosech suché nadzemní hmoty za celé vegetační období a jejich relativní vyjádření v procentech jsou uvedeny v tabulce II, výnosy v jednotlivých sečích a jejich sumy jsou znázorněny na obr. 2.

Z těchto údajů vyplývá vysoký výnosový efekt NP-hnojiv spolu s vápněním (u Ca₁ zvýšení ve srovnání s kontrolou o 223 %, u Ca₂ o 304 %), který je dále stupňován draselným a hořečnatým hnojením. Vysoký efekt draselného hnojení (při K₁ zhruba relativně stejný v obou variantách vápnění, tj. 46 %) je stupňován hořečnatým hnojením, přičemž vyšší dávka Mg je zvláště v kombinaci Ca₂ již málo účinná. Samotné hnojení hořčíkem bylo prakticky bez účinku na výnos. Jak je zřejmé z obr. 2, hořečnaté hnojení zřejmě časově prodlužuje efekt draselných hnojiv, který se jinak výrazně snižuje v kombinacích hnojených pouze draslíkem s počtem sečí. Při současné aplikaci Mg je pokles výnosu do třetí seče mírnější.

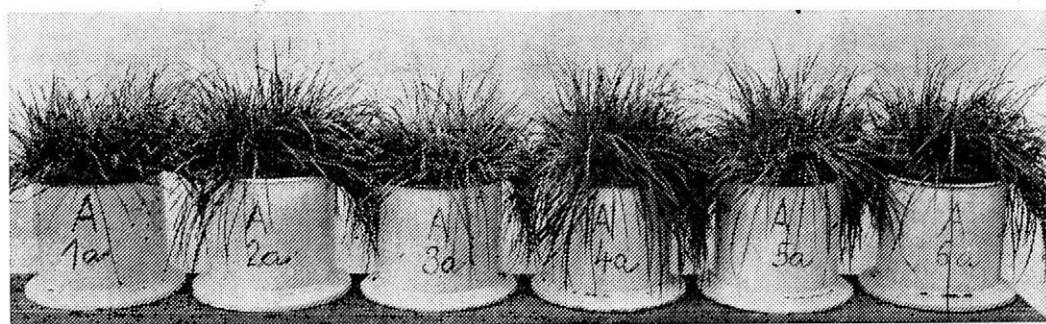
Efekt aplikovaného K a Mg na výnosy nejlépe vynikne při jeho vyjádření účinkem 1 mg živiny aplikované na 1 kg zeminy, jak je zřejmé z tabulky III. Ukazuje se, že při vyšší hladině vápnění se zvyšuje abso-



2. Výnosy jílku vytrvalého v jednotlivých sečích a za celou dobu vegetace — The yields of perennial ryegrass at each cut and for the whole growing season

III. Výnosový efekt sušiny sklizené hmoty jílku vytrvalého (v mg) při aplikaci 1 mg živiny na 1 kg zeminy — The yield effect of the harvested dry matter of perennial ryegrass (mg) at the application rate of 1 mg of nutrient per 1 g of soil

Varianta hnojení	K _a	Mg _a	Varianta hnojení	K _a	Mg _a	K _b	Mg _b
CaNPK ₁	97	—	Ca ₂ NPK ₁	92	—	143	—
Ca ₁ NPMg ₁	—	8	Ca ₂ NPMg ₁	—	0	—	105
Ca ₁ NPK ₁ Mg ₁	146	300	Ca ₂ NPK ₁ Mg ₁	130	267	177	364
Ca ₁ NPK ₁ Mg ₂	160	120	Ca ₂ NPK ₁ Mg ₂	137	103	188	141
Ca ₁ NPK ₂ Mg ₁	99	479	Ca ₂ NPK ₂ Mg ₁	95	456	116	562

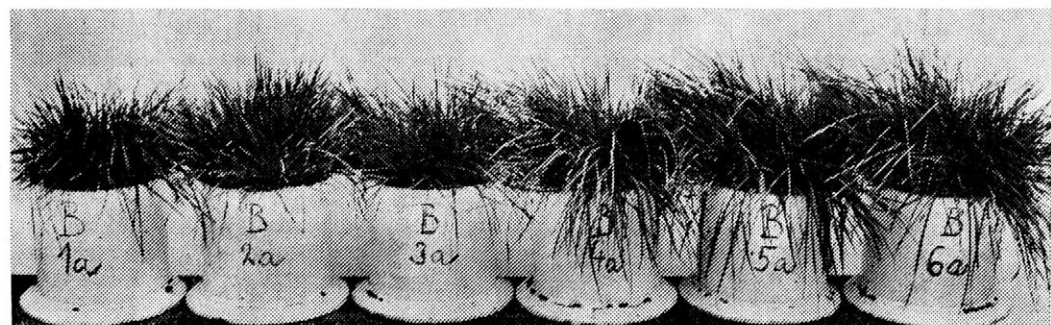
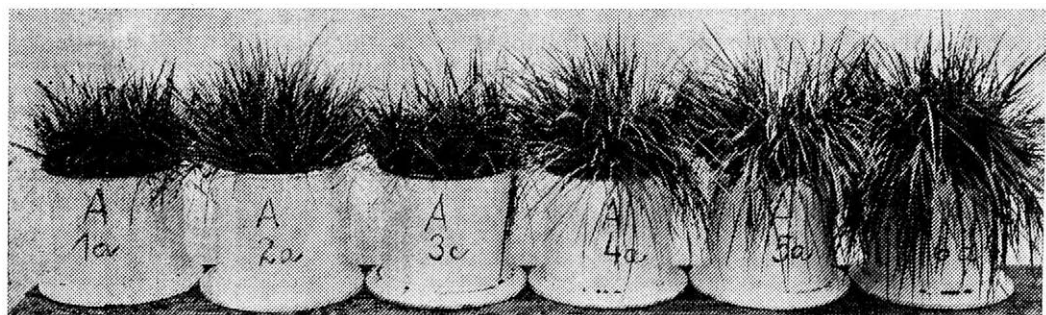


Porost před druhou sečí — Stand before second cut

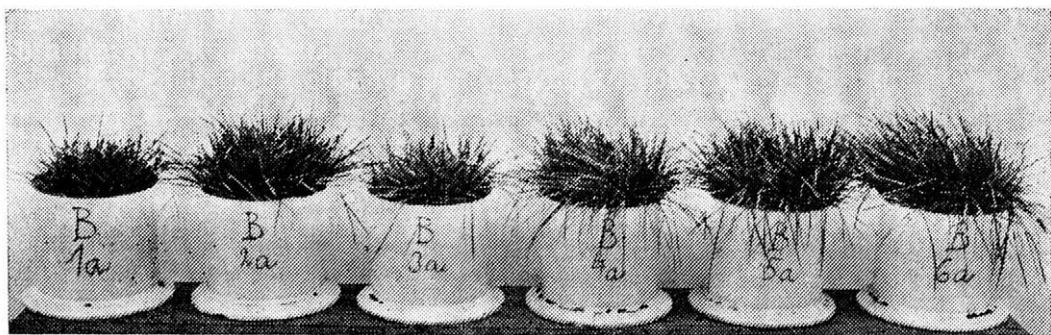
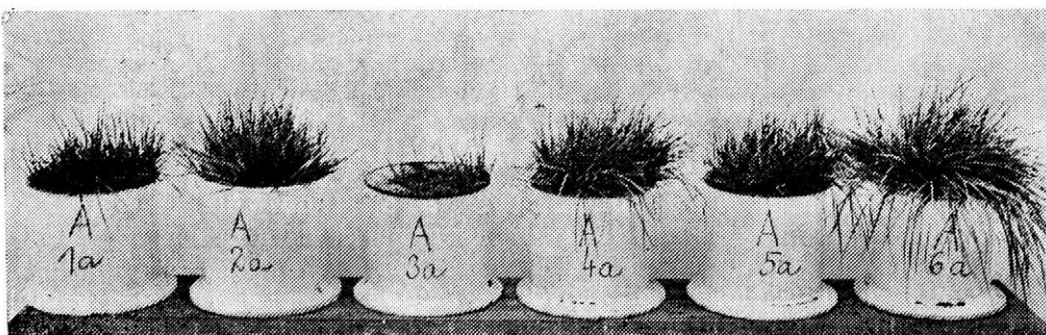
3. Vizuální hodnocení nádob s nadzemní fytoomasou jílku vytrvalého při různých variantách hnojení (1a—6a) a vápnění (A, B) — Visual evaluation of the pots with the above-ground phytomass of perennial ryegrass at different variants of fertilization (1a—6a) and liming (A, B)

Varianty hnojení — Variants of fertilization:

1a — NP, 2a — NPK₁, 3a — NPMg₁, 4a — NPK₁Mg₁, 5a — NPK₁Mg₂, 6a — NPK₂Mg₁
A — nižší hladina vápnění (Ca₁), B — vyšší hladina vápnění (Ca₂)
A — lower level of liming (Ca₁), B — higher level of liming (Ca₂)



Porost před třetí sečí — Stand before third cut



Porost před čtvrtou sečí — Stand before fourth cut

lutní výnosový efekt aplikovaných živin (vztaženo na nižší hladinu vápnění), zatímco relativní efekt (tj. vztaženo na hladinu vápnění Ca_2) se snižuje při srovnání s efektem při hladině Ca_1 . Z uvedeného vyplývá, že nejpříznivější relativní účinnost obou živin, tj. K a Mg, je při dávce K odpovídající nasycení draslíkem V_K 5 % a dávce Mg odpovídající V_{Mg} 10 %. Při dávce K₂ odpovídající V_K 10 % je její účinnost zhruba stejná jako při dávce K₁ (i když je dosaženo absolutně nejvyšších výnosů). Naopak zvýšení dávky Mg snižuje podstatně účinnost hořečnatého hnojení při relativně malém zvýšení účinnosti K, která je poněkud vyšší pouze u varianty Ca_1 .

Vizuální hodnocení nádob s porostem jílku vytrvalého před druhou, třetí a čtvrtou sečí na fotografiích zřetelně dokumentuje potřebu draselného hnojení, příp. i vyšší hladiny vápnění, zejména při aplikaci hořečnatých hnojiv (samotných i společně s draselnými hnojivy), pro tvorbu fytomasy. Na fotografiích znázorňujících vegetaci před čtvrtou sečí je možno pozorovat u variant bez aplikace K (1a, 3a v řadě A i B) výrazně nízké a velmi řídké porosty. Při vyšší hladině vápnění (B) i před čtvrtou sečí porosty na variantách se společnou aplikací K a Mg (4a, 5a, 6a) jsou nejlepší ze všech variant hnojení před uvedenou sečí.

DISKUSE

Ukazuje se, že zabezpečení kvalitativní stránky produkce trvalých travních porostů je otázka nepoměrně složitější než řešení její kvantity. Kvalita komponentů travních porostů je často výrazně determinována genetickým potenciálem jednotlivých druhů než změnami bioenergetického potenciálu (Turek, Klimeš, 1984). Při zvyšování produkce dochází ke změnám v chemickém složení píce a úkolem vědecky řízené výživy rostlin je docílit optimálního složení, umožňující živočišné výrobě přeměnu na živočišné produkty přijatelné pro spotřebu člověka.

Změny v kationtovém složení travní biomasy, ovlivněné hnojením je třeba proto posuzovat v širších souvislostech a interpretovat v návaznosti zejména na biologickou hodnotu nadzemní biomasy.

K objasnění některých základních vztahů mezi příjmem živin a tvorbou výnosu přispěly v posledních letech i československé práce (Stratil et al., 1984; Lichner, Mašaryk, 1979). Anorganické rozboru rostlin využitě ke studiu těchto vztahů umožnily vymezit střední poměr živin u některých plodin (Baier, Smetánková, 1979). Studium uvedených výživných poměrů u plodin může významně přispět ke zvýšení výnosových jistot, které zejména u píce, jsou dosud neuspokojivé.

Stratil et al. (1984) uvádí pro optimální růst rostlin hranice zastoupení živin v absolutní sušině píce (v %) pro:

K 2–2,5,
Ca 0,6–1,0,
Mg 0,25–0,40,
Na 0,15–0,20,
P 0,25–0,35.

Draslík — je nezastupitelným prvkem ve výživě rostlin, ale jeho stále vysoké zastoupení v půdě a píci je příčinou zhoršené reprodukce, zdravotního stavu (tetanie), má antagonistický vliv na příjem Ca, Mg

a Na rostlinami, má vliv na jeho luxusní příjem bez úměrného zvýšení výnosu. Naproti tomu nedostatek K má za následek nižší fotosyntézu, tzn. pomalý růst a nižší množství biomasy.

Z uvedeného vyplývá, že při jeho obsahu nad 2,5 % v absolutní sušině je možno jeho aplikaci na několik roků vynechat. S a a r e l a (1983) uvádí pro maximální výnosy píce (bojínek luční) na humózních půdách dávky 60—80 kg draslíku na ha a na ostatních pouze 20 kg/ha. Podobně jako v našem vegetačním pokuse pozoroval zvyšování obsahu draslíku a snižování obsahu Ca a Mg v rostlinách při zvyšujících se dávkách draselného hnojení.

Přes nesporný význam vápníku pro luční porosty i výživu zvířat a skutečnost, že jeho vyplavování z půdního profilu je poměrně velmi vysoké, neposuzuje se potřeba vápnění luk a pastvin zcela jednoznačně. Rozdílné výsledky i názory vyplývají z komplexního působení Ca (které nemusí být vždy pozitivní) jako regulátoru půdní reakce, fyzikálních vlastností a současně i živiny. Podobně i přímý vliv vápnění na obsah Ca v píci nebývá vždy jednoznačně prokázán (H a k e n, 1981) i když v našich pokusech se zvyšoval s dávkou vápnění. Podle S o n g i n a (1982) dusíkaté hnojení v dávce 120—180 kg N na ha zapříčiňuje širší poměr mezi N : Ca, K : Ca a zužuje poměr Ca : P u pícnin. L i c h n e r, M a s a r y k (1979) zjistili, že obsah Ca v sušině travních porostů byl v průkazně pozitivní korelaci tvaru paraboly s pH/KCl, obsahem výměnných kationtů a v negativní korelaci s výměnným H^+ půd.

Další ze sledovaných kationtů v píci — hořčík — při nízkém obsahu ovlivňuje travní tetanii a metabolický nesoulad u hospodářských zvířat. C u r r i e r et al. (1981) upozorňuje na pastviny v humidních oblastech se špatným vodním režimem, podmačených, kde je znemožňováno přijímání kationtů porostem a jejich obsah bývá pak podprůměrný (0,23 až 0,25 % u srhy říznačky).

S m i t h et al. (1982) doporučuje u půd deficitních na sodík nahradit hnojení draselnou solí aplikací NaCl, poněvadž hnojení KCl u těchto půd výrazně snižuje koncentraci Na v píci. Nutno ale upozornit, že zvýšená koncentrace Na v píci má příznivý vliv na růst mladého skotu, ale u dojnic se zvýšený příjem Na projevuje nepříznivě v koncentraci Mg v krevním séru.

Závěrem je možno říci, že kromě výše výnosů má nemalý význam i kvalita produkce, která je závislá na harmonickém poměru přístupných živin, v nichž kationty mají nezastupitelné místo.

Literatura

- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M.: Výživa a hnojení jetele lučního. SI, 4, Rostl. Výr., 1979.
- BIRČÁK, J. — VOJÁČEK, A.: Zhodnotenie efektívnosti výživy rastlín draslíkom. Úroda, 5, 1982, s. 235-236.
- CURRIER, C. G. — HAALAND, R. L. — HOVELAND, C. S. — ELKINS, C. B. — ODOM, J. W.: Breeding for higher magnesium content in orchard grass (*Dactylis glomerata* L.). Proc. of the XIV. Internat. Grassland Congress held at Lexington, Kentucky, USA, Boulder Colorado Westview Press, 1983, s. 127-129.
- HAKEN, D.: Trvalé travní porosty a půdní reakce. In: Zborník referátov z II. celošt. konf. „Optimalizácia pôdnej reakcie“, 1981, s. 157-168.

- JANKOVIĆ, M. — NÉMETH, K.: Einfluss langjährig gesteigerter K- und P-Düngung auf die K- und P-dynamik im Boden sowie auf den Ertrag. *Landwirtsch. Forsch.*, 32, 1979, č. 3, s. 283-291.
- LICHNER, S. — MASARYK, Š.: Vztah mezi agrochemickými vlastnostmi půd s travním porostem, úrovní hnojení a obsahem vápníku v sušině. In: *Sborník AF VŠZ Praha k 80. naroč. akad. A. Klečky*, 1979.
- LOUÉ, A.: La fertilisation potassique de sols a fort pouvoir fixateur. *Au service de l'agriculture*, 1, CSPA, 1977, s. 1-24.
- LOUÉ, A.: Réponse à la fumure potassique en fonction de la nature de la culture et du niveau potassique des sols, dans les essais permanents. *C. R. Séanc. Acad. Agric. France*, 65, 1979, č. 8, s. 660-677.
- MATULA, J.: Kationtová výměnná kapacita půdy a její využití ke hnojení. *Agrochémia*, 24, 1984, č. 11, s. 333-337.
- MILČEVA, M. M.: Nekotorye tendencii balansa kalija počv Bolgarii v uslovijach intenzivnoj chimizacii. *Meždunar. kongres po mineralnom udobrenijam. Doklady zarubežnych učastnikov*, Moskva, 1976, s. 37-44.
- SAARELA, I.: Response of timothy to increasing rates of potassium. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.*, 55, 1983, č. 2, s. 163-178.
- SCHACHTSCHABEL, P.: Fixierung und Nachlieferung von Kalium und Ammonium-Ionen Beurteilung und Bestimmung des Kalium-Versorgungsgrades von Boden. *Landw. Forsch.*, 15, 1961, s. 29-47.
- SCHLICHTING, E. — BLUME, H. P.: *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey Hamburg Berlin 1966.
- SMITH, G. S. — YOUNG, P. W. — O'CONNOR, M. B.: Some effects of top dressing pasture with sodium chloride on plant and animal nutrition. *Proc. of the New Zealand Grassland Association*, 44, Marlborough 82, 44 Conf. Blenheim, 1983, s. 179-185.
- SONGIN, W.: Wplyw nawożenia azotem na zawartość azotu, fosforu, potasu i wapnia w suchej masie żyta i rzepaku uprawianych w poplonie ozimych. *Zeszyty naukowe*, 92, Rolnictwo, 27, Szczecin AR, 1982, s. 259-260.
- STRATIL, J. — DEMELA, J.: Rozbory rostlin a hnojení luk draslíkem. *Agrochémia*, 24, 1984, č. 9, s. 259-260.
- TUREK, F. — KLIMEŠ, F.: Vliv bioenergetického a genetického potenciálu na kvalitu dvouděložných druhů lučních porostů. In: *Sborník AF VŠZ Praha, k 85. naroč. akad. A. Klečky*, 1984, s. 77-87.

Došlo dne 23. 1. 1985

ГУДЦОВА, О. — СИРОВЫ, В. (НИИ плодородия почв, Прага): Влияние насыщения почвы К, Mg и Ca на урожаи и содержание К, Mg и Ca в райграсе многолетнем. *Rostl. Výr.*, 32, 1986 (6): 611-622.

На базе вегетационных опытов в сосудах определяли влияние разной степени насыщения почвенного материала калием (5, 10 %) и магнием (10, 20 %) при одновременном упорядочении pH на усвоение К, Mg и Ca райграсом и влияние на его биомассу. На протяжении всего вегетативного периода повышенный уровень известкования усиливал усвоение Ca культурой и наоборот, понижал усвоение К и Mg. Калий больше усваивался также соразмерно с нормой вносимого К (даже совместно с Mg), тогда как при внесении одного лишь Mg заметного усвоения К не отмечено. Относительный избыток Mg ограничивал усвоение Ca. С точки зр. динамики усвоения питательных веществ в ходе всех укосов К усваивался больше всего на первом укосе, после чего резко убывал (при K₂ — начиная с 3-го укоса, а по остальным вариантам удобрения — до второго). Магний же и кальций усваивались в повышенной мере до 3-го укоса, а позднее, как правило, меньше. Высокая отдача калийного удобрения усиливается магниевым удобрением (который продляет действие калийных удобрений), причем повышенная норма Mg, в частности в комбинации с повышенной нормой известкования, уже мало действенна. Наиболее эффективная норма калийного и магниевых удобрений отвечает степени насыщения грунта калием — 5 % и магнием — 10 %. При более высоких нормах продуктивный эффект одного или иного пит. вещ. понижается, даже если урожаи растут.

калий; магний; кальций; степень насыщения грунта К, Mg; усвоение; урожаи

HUDCOVÁ, O. — SIROVÝ, V. (Research Institute for Land Improvement, Praha): *The Effect of the K, Mg and Ca Saturation of the Soil on the Yields and K, Mg and Ca Contents in Perennial Ryegrass*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 611-622.

Vegetation pot trials were conducted to study the effect of different saturation of the soil profile with potassium (5, 10 %) and magnesium (10, 20 %), combined with pH adjustment by liming, as exerted upon the uptake of K, Mg and Ca by the crop (perennial ryegrass) and upon the crop phytomass. Throughout the growing season, the higher rate of liming increased the uptake of Ca by the crop and reduced the uptake of K and Mg. The K uptake also increased proportionately to the K application rate (even though K was applied together with Mg); the application of Mg alone had no greater influence on the uptake of K. A relative excess of Mg reduced the Ca uptake. Considering the nutrient uptake in the course of all cuts, the K uptake was the highest at the first cut, followed by a marked drop (K uptake remained low up to the third cut in the K₂ variant and until the second cut in the others). On the other hand, the uptake of Mg and Ca grew until the third cut and then it usually decreased. The high yield effect of potassium fertilization is escalated by magnesium fertilization (the time of action of potassium fertilizers is prolonged), but higher Mg application rates, particularly in combination with higher rates of liming, had a low effect. The most effective rate of potassium and magnesium fertilization corresponded to the saturation of the soil with potassium (5 %) and magnesium (10 %). Higher application rates reduced the yield effect of one or the other nutrient though the yields further grew.

potassium; magnesium; calcium; K, Mg saturation in the soil; uptake; yields

HUDCOVÁ, O. — SIROVÝ, V. (Forschungsinstitut für Bodenfruchtbarkeit, Praha): *Auswirkung der Sättigung von Böden mit K, Mg und Ca auf die Erträge und auf den K-, Mg- und Ca-Gehalt im Deutschen Weidelgras*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 611-622.

Auf der Grundlage von Vegetations-Gefäßversuchen studierten wir die Wirkung eines unterschiedlichen Grads der Sättigung von Substratmaterial mit Kalium (5, 10 %) und Magnesium (10, 20 %), unter gleichzeitiger Regelung der Reaktion durch Kalkung, auf die Aufnahme von K, Mg und Ca durch die Pflanze (Deutsches Weidelgras) und den Einfluß auf ihre Phytomasse. Während der ganzen Vegetationszeit steigerte ein höheres Niveau der Kalkung die Ca-Aufnahme durch die Pflanze und demgegenüber verminderte es die Aufnahme von K und Mg. Die K-Aufnahme stieg ebenfalls proportional der applizierten K-Dosis (und dies auch bei gemeinsamer Applikation mit Mg); eine Applikation von alleinigem Mg hatte keinen markanten Einfluß auf die K-Aufnahme. Ein relativer Mg-Überschuß schränkte die Ca-Aufnahme ein. Vom Gesichtspunkt der Dynamik der Nährstoffentnahme im Verlauf aller Schnitte, wurde die höchste K-Aufnahme beim ersten Schnitt verzeichnet, um dann stark herabzufallen (bei K₂ bis zum dritten Schnitt, bei den weiteren Düngungsvarianten bis zum zweiten Schnitt), die Mg- und Ca-Aufnahme dagegen stieg bis zum dritten Schnitt, um meistens erst danach zu sinken. Der hohe Ertragseffekt der Kaliumdüngung wird durch Magnesiumdüngung gesteigert (diese verlängert die Wirkung der Kaliumdüngemittel), wobei eine höhere Mg-Gabe, insbesondere in Kombination mit einem höheren Kalkungsniveau, bereits wenig wirksam war. Die effektivste Dosis der Kalium- und Magnesiumdüngung entsprach dem Sättigungsgrad des Bodens von 5 % für Kalium und 10 % für Magnesium. Bei höheren Gaben sank der Ertragseffekt des einen oder anderen Nährstoffs, obwohl die Erträge auch weiterhin stiegen.

Kalium; Magnesium; Kalzium; Sättigungsgrad des Bodens mit K und Mg; Aufnahme; Erträge

Adresa autorů:

Ing. Olga Hudcová, CSc., ing. Vladimír Sirový, CSc., Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Žabovřeská 250, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

V. Zuska, J. Němeček

ZUSKA, V. — NĚMEČEK, J. (Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha): *Odvození faktoru erodovatelnosti půd ČSSR*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 623-634.

Bylo provedeno upřesnění hodnot faktoru erodovatelnosti půd „K“ pro použití v projekční praxi. Faktor „K“ byl odvozen pro 60 půdních jednotek (hlavních půdních forem) pomocí nomogramu Wishmeiera a Smithe ze středních hodnot zrnitosti a obsahu humusu, získaných vyhodnocením souboru ca 2500 půdních profilů výběrových sond komplexního průzkumu půd ČSSR. Při řešení se přihlíželo též ke strukturnímu stavu a propustnosti pro vodu jednotlivých profilů. Výsledné údaje se podávají pro ornici a podorniční horizont, diferencované pro půdy ČSR a SSR, a to ve třech variantách: 1. jako hodnoty odvozené pouze z údajů o obsahu humusu a zrnitosti, 2. jako hodnoty korigované o vyhodnocení struktury a propustnosti, 3. jako takto korigované hodnoty převedené na metrickou soustavu měr. Faktor „K“ byl přiřazen k půdním taxonům, zobrazeným na mapách komplexního průzkumu půd a na ekologicko-půdních (bonitačních) mapách. Tento přístup k řešení umožňuje vyčíst příslušné hodnoty přímo z těchto map, které jsou v praxi k dispozici.

faktor erodovatelnosti půd; faktor „K“; vodní eroze; smyv půdy

Za základ hodnocení intenzity vodní eroze zemědělských půd byla převzata tzv. univerzální rovnice pro výpočet smyvu půdy podle Wishmeiera a Smithe (P a s á k et al., 1974). Jedna z komponent této rovnice je vedle hodnoty dešťového faktoru „R“, faktoru délky a sklonu svahu „L. S“, faktoru ochranného vlivu vegetace „C“ i faktor erodovatelnosti půdy „K“. Jeho odvození prostřednictvím příslušného nomogramu vyžaduje získání několika údajů z popisných a analytických materiálů komplexního průzkumu půd a několik hodnot zobecněných výzkumem. Tento postup se ukazuje být pro praktické využití jen málo expeditivní, projekční praxe žádá totiž odvození faktoru erodovatelnosti půdy přímo z mapových elaborátů půdoznaleckého (KPP) eventuálně ekologicko-půdního (bonitačního) průzkumu. Výsledky uvedené v předložené studii tento nejméně pracovní náročný postup umožňují.

Erodovatelnost půdy představuje půdě vlastní náchylnost k účinkům vodní eroze vlivem dopadu dešťových kapek na povrch půdy a vlivem povrchového odtoku na svahu. Představuje půdní kvalitu, tvořící se jako výslednice složité interakce fyzikálních a chemických půdních vlastností. Podle přístupu Musgraveho (A n d e r s o n, 1969) je erodovatelnost půdy výslednicí hodnocení tříd zrnitosti, struktury povrchového horizontu, hloubky půdy a propustnosti profilu. T o m á š e k (1980) odvozuje náchylnost půdy k vodní erozi ze zrnitostního složení, humóznosti,

hloubky půdy a vláhových poměrů, ke kterým přičleňuje vlivy vnější (klimatické podmínky a reliéf terénu). Další uspokojivý přístup předložili O č a d l í k a U r b a n (1980), kteří posuzují náchylnost k účinkům vodní eroze na základě komplexního hodnocení půdních vlastností v rámci GAS (geneticko-agronomického seskupení) a APS (agronomicko-půdní skupiny), daných metodikou KPP (D a m a š k a et al., 1967).

MATERIÁL A METODY

K odvození faktoru erodovatelnosti půdy „K“ jsme použili popisné a analytické materiály výběrových sond komplexního průzkumu půd, publikované v okresních zprávách o výsledcích průzkumu v České i Slovenské socialistické republice (KPP ČSR 1960—1972, KPP SSR 1961—1970). Celkem se jednalo o údaje z 2476 půdních profilů (1793 z ČSR a 683 ze SSR).

Při řešení se vycházelo z vyhodnocení údajů o zrnitostním složení, obsahu humusu, struktury a propustnosti půdních profilů, řazených do rámce jednotek používané půdní klasifikace. Z dílčích dat z ornice a podorničního horizontu jednotlivých sond byl vypočten průměr ($\bar{x}$) a standardní odchylka ($\pm s$), souhrnně charakterizující jednotlivé půdní jednotky (hlavní půdní formy). U zrnitostních údajů se použila suma frakcí jemného a hrubého prachu včetně práškového písku (0,001—0,25 mm) a hodnota frakce písku (0,25—2,00 mm).

K odvození faktoru „K“ se použil nomogram Wishmeiera a Smithe, uváděný S t e w a r d e m et al. (1975). Korekce na rozdíl použitých zrnitostních frakcí v ČSSR a USA (v originálním nomogramu je nutné pracovat s frakcemi 0,002—0,1 mm a 0,1—2,0 mm) byly provedeny jednak na základě porovnání výsledků zrnitostních rozborů získaných Kopeckého plavicím přístrojem a pipetovací metodou ze speciálních sond KPP, jednak podle postupu uváděného P a s á k e m et al. (1974). Údaje o struktuře a propustnosti půdy byly odvozeny z morfologických popisů půdních profilů.

Hodnoty faktoru „K“ pro jednotlivé půdní jednotky uvádíme v tab. I. Pro ornici a podorniční horizont každé jednotky udáváme tři průměrné hodnoty faktoru:

- hodnota odvozená pouze z údajů o zrnitosti a obsahu humusu (a),
- hodnota korigovaná o vyhodnocení struktury a propustnosti půdního profilu (b),
- takto korigovaná hodnota přepočtená na metrickou soustavu měr (výsledná hodnota faktoru „K“ násobená koeficientem 1,29) (c).

Pro možnost přímého odvození faktoru „K“ z map KPP nebo z bonitačních map jsme do práce zařadili i převodní tabulku II s příslušnými symboly a zkratkami.

VÝSLEDKY

Ve srovnání s předchozím přibližným odvozením faktoru erodovatelnosti půdy „K“ (N ě m e č e k, T o m á š e k, 1981), které bylo převzato do metodiky protierozních opatření (P a s á k et al. 1983), vyhodnotili ve druhé etapě řešení N ě m e č e k, Z u s k a (1983) bohatý soubor 60 půdních taxonů v ornici i podorničním horizontu, diferencovaně pro půdy ČSR a SSR. Dosažené výsledky jsou tedy úplnější a přesnější, neboť dřívější hodnocení zahrnovalo pouze 24 nejdůležitějších půdních forem a 10 substrátů jen z ČSR při zjednodušeném odvození (bez hodnocení struktury a propustnosti) a bez respektování variability údajů z jednotlivých půdních profilů.

Z výsledků řešení, uvedených v tab. I vyplývá, že hodnoty faktoru „K“ ovlivňuje v negativním smyslu velikost zastoupení prachovitých frakcí zrnitostního spektra a pozitivně vyšší obsah hrubších písčitých

I. Faktor „K“ erodovatelnosti půdy odvozený z údajů výběrových a speciálních sond KPP — The “K” factor of soil erodibility derived from the data of selective and special pits within the complex soil survey

Horizont Půda	Místo	a				b		c		N
		1		2		1	2	1	2	
		$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	
a) půdy ze spraší, prachovic a polygenetických hlín s eolickou příměsí (G, H, I)										
ČMk G	Č	0,33	0,04	0,33	0,03	0,30	0,32	0,39	0,42	16
	S	0,35	0,06	0,36	0,04	0,32	0,32	0,42	0,42	19
ČMm G	Č	0,35	0,04	0,36	0,03	0,32	0,35	0,42	0,46	44
	S	0,34	0,03	0,36	0,03	0,31	0,35	0,40	0,46	17
ČMi G	Č	0,38	0,03	0,37	0,03	0,35	0,37	0,46	0,48	57
	S	0,38	0,03	0,38	0,05	0,35	0,38	0,46	0,49	15
ŠMm G	Č	0,44	0,04	0,47	0,05	0,41	0,41	0,53	0,53	30
HMč G	S	0,39	0,02	0,39	0,04	0,38	0,35	0,49	0,46	12
HMm G	Č	0,40	0,03	0,39	0,04	0,40	0,38	0,52	0,49	78
	S	0,43	0,03	0,41	0,04	0,43	0,38	0,56	0,49	31
HMm H	Č	0,42	0,04	0,41	0,05	0,42	0,41	0,55	0,53	67
	S	0,43	0,03	0,41	0,04	0,43	0,38	0,56	0,49	18
HMm I	Č	0,34	0,07	0,34	0,08	0,37	0,37	0,48	0,48	36
	S	0,38	0,04	0,35	0,05	0,38	0,34	0,49	0,44	12
HMg' H	Č	0,42	0,03	0,41	0,03	0,42	0,41	0,55	0,53	38
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HMg H	Č	0,39	0,04	0,44	0,03	0,40	0,46	0,52	0,60	14
	S	0,41	0,05	0,40	0,07	0,44	0,45	0,57	0,59	13
IPm H	Č	0,46	0,03	0,49	0,03	0,51	0,54	0,66	0,70	124
	S	0,47	0,04	0,50	0,05	0,50	0,55	0,65	0,72	34
IPm I	Č	0,40	0,06	0,45	0,06	0,46	0,51	0,60	0,66	70
	S	0,44	0,05	0,46	0,04	0,50	0,54	0,65	0,70	19
IPmg H	Č	0,43	0,05	0,47	0,04	0,47	0,54	0,61	0,70	70
	S	0,46	0,06	0,50	0,03	0,50	0,59	0,65	0,77	13
IPag H	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	0,49	0,03	0,51	0,03	0,52	0,60	0,68	0,78	13
IPmg I	Č	0,38	0,07	0,44	0,06	0,42	0,52	0,55	0,68	85
	S	0,41	0,04	0,46	0,03	0,43	0,53	0,56	0,69	10

Horizont Půda	Místo	a				b		c		N
		1		2		1	2	1	2	
		$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	
PGm H	Č	0,39	0,04	0,48	0,03	0,44	0,55	0,57	0,72	31
	S	0,45	0,02	0,46	0,03	0,51	0,54	0,66	0,70	16
PGm I-J	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	0,43	0,03	0,43	0,04	0,49	0,53	0,64	0,69	10
PGa I-J	Č	0,33	0,05	0,39	0,08	0,38	0,50	0,49	0,65	53
	S	0,40	0,05	0,43	0,05	0,46	0,52	0,60	0,68	11
b) arenické subtypy půd nižších poloh a písčitých substrátů (B, D, E, F, k)										
ČMr D	Č	0,19	0,07	0,18	0,07	0,13	0,12	0,17	0,16	26
	S	0,29	0,06	0,31	0,05	0,26	0,26	0,34	0,34	8
ČMr E	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	0,28	0,07	0,27	0,09	0,23	0,20	0,30	0,26	6
IPr E	Č	0,24	0,07	0,26	0,09	0,22	0,30	0,29	0,39	14
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPr B, E, F, k RGr E, F	Č	0,17	0,07	0,13	0,07	0,15	0,12	0,20	0,16	58
	S	0,15	0,06	0,14	0,06	0,13	0,12	0,16	0,16	19
c) pelické subtypy půd nižších poloh z jílu a slínů (T, R, S)										
SMm S	Č	0,17	0,06	0,12	0,06	0,22	0,16	0,29	0,21	11
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ČMp S	Č	0,18	0,06	0,17	0,07	0,23	0,22	0,30	0,29	36
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HMP T	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	0,42	0,04	0,38	0,07	0,48	0,47	0,62	0,61	12
HMpg R, T	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	0,36	0,06	0,31	0,08	0,42	0,36	0,55	0,47	21
PSm R, S	Č	0,22	0,06	0,19	0,07	0,26	0,27	0,34	0,35	49
	S	0,32	0,07	0,20	0,02	0,40	0,32	0,52	0,42	8
PSmg R, S	Č	0,24	0,08	0,22	0,10	0,28	0,33	0,36	0,43	57
	S	0,32	0,07	0,26	0,08	0,40	0,37	0,52	0,48	19
PGp R	Č	0,25	0,06	0,20	0,08	0,32	0,32	0,42	0,42	26
	S	0,32	0,09	0,30	0,12	0,38	0,42	0,49	0,55	10

Horizont Půda	Místo	a				b		c		N	
		1		2		1	2	1	2		
		$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$		
PGp	S	Č	0,24	0,09	0,22	0,10	0,32	0,33	0,42	0,43	13
	S	S	0,30	0,16	0,23	0,06	0,37	0,34	0,48	0,44	4
d) půdy ze svahovin vyvřelých, sedimentárních a metamorfovaných hornin (a, b, c, g, k, n, m, o, q, r)											
HPmu	g	Č	0,33	0,06	0,40	0,07	0,32	0,40	0,42	0,52	35
	S	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPmu	g	Č	0,21	0,07	0,25	0,07	0,21	0,31	0,27	0,40	21
	S	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPm	g	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	S	0,33	0,08	0,40	0,09	0,30	0,34	0,39	0,44	32
HPam	g	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	S	0,33	0,10	0,41	0,08	0,30	0,38	0,39	0,49	13
HPm	o	Č	0,23	0,07	0,25	0,07	0,20	0,26	0,26	0,34	27
	S	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPm	r, k	Č	0,21	0,06	0,19	0,07	0,17	0,15	0,22	0,20	47
	S	S	0,26	0,07	0,27	0,09	0,22	0,25	0,29	0,33	18
HPam	r	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	S	0,33	0,05	0,36	0,10	0,34	0,34	0,44	0,44	8
HPao	r, k	Č	0,20	0,06	0,21	0,06	0,16	0,17	0,21	0,22	19
	S	S	0,29	0,07	0,30	0,10	0,26	0,27	0,34	0,35	11
HPmt	q	Č	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	S	S	0,32	0,04	0,37	0,06	0,32	0,33	0,42	0,43	10
HPm	n, o, q	Č	0,36	0,08	0,39	0,10	0,38	0,40	0,49	0,52	40
	S	S	0,36	0,07	0,39	0,08	0,35	0,38	0,46	0,49	34
HPm	m	Č	0,39	0,06	0,46	0,08	0,42	0,45	0,55	0,59	91
	S	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPam	q, m	Č	0,37	0,04	0,45	0,05	0,40	0,44	0,49	0,57	27
	S	S	0,37	0,06	0,41	0,08	0,37	0,41	0,48	0,53	9
HPao	q	ČS	0,35	0,05	0,43	0,05	0,34	0,45	0,44	0,59	15
RZm	q	ČS	0,29	0,08	0,39	0,07	0,27	0,36	0,35	0,47	9

Pokračování tab. I

Horizont Půda	Místo	a				b		c		N
		1		2		1	2	1	2	
		$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\pm S$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	
HPm <u>q</u>	ČS	0,33	0,06	0,37	0,07	0,36	0,43	0,47	0,56	10
HPao <u>q</u>	ČS	0,36	0,03	0,40	0,04	0,36	0,43	0,47	0,56	8
HPmg <u>q</u>	ČS	0,41	0,04	0,40	0,06	0,40	0,43	0,52	0,56	13
HPmg <u>q</u>	ČS	0,35	0,08	0,38	0,07	0,38	0,45	0,49	0,59	16
HPpg <u>[q]</u>	ČS	0,35	0,05	0,31	0,07	0,40	0,42	0,52	0,55	22
HPamg <u>q</u>	ČS	0,40	0,05	0,43	0,04	0,40	0,49	0,52	0,64	16
HPaog <u>q</u>	ČS	0,33	0,05	0,38	0,09	0,33	0,43	0,43	0,56	15
HPm a	Č	0,27	0,06	0,28	0,07	0,25	0,26	0,33	0,34	51
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPm b	Č	0,28	0,05	0,31	0,07	0,26	0,31	0,34	0,40	50
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPam a	Č	0,23	0,04	0,26	0,09	0,21	0,24	0,27	0,31	49
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPam b	Č	0,27	0,06	0,31	0,07	0,25	0,31	0,33	0,40	45
	S	—	—	g—	—	—	—	—	—	—
HPao a	Č	0,22	0,03	0,26	0,07	0,20	0,24	0,26	0,31	64
	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HPao b	Č	0,25	0,04	0,31	0,06	0,23	0,31	0,30	0,40	74
	S	0,28	0,08	0,33	0,09	0,26	0,33	0,34	0,43	12
RZm a, b	Č	0,23	0,05	0,27	0,08	0,20	0,25	0,26	0,33	50
	S	0,20	0,03	0,25	0,07	0,20	0,23	0,26	0,30	10
RZm c	Č	0,28	0,04	0,37	0,06	0,26	0,37	0,34	0,48	20
	S	0,29	0,06	0,35	0,10	0,30	0,35	0,39	0,46	6
PZ a, b, c	Č	0,21	0,05	0,28	0,06	0,19	0,26	0,25	0,34	20
	S	0,18	0,04	0,21	0,04	0,15	0,18	0,20	0,23	9

Vysvětlivky: Č — Česká socialistická republika

S — Slovenská socialistická republika

ČS — Československá socialistická republika

a — hodnoty faktoru "K", odvozené jen ze zrnitostního složení a obsahu humusu

b — hodnoty faktoru "K" zjištěné s přihlédnutím i k struktuře a propustnosti půdy

c — hodnoty faktoru "K" z korekcí pro převod na metrickou soustavu měr

1 — ornice

2 — podorničí

II. Srovnání používaného označování půd a substrátů pro možnost přímého odvození faktoru „K“ z map KPP a z bonitačních map — Comparison of the common designation of soils and substrates for a direct derivation of factor “K” from complex soil-survey maps and soil evaluation maps

Němeček (1978)		Jednotky KPP (1967)		HPJ bonitace (1974, 1976)	
				ČSR	SSR
ČMk	G	ČMk	24, 25	01	37
ČMm	G	ČM	24, 25	01	39
ČMi	G	ČMd	24	02	39
ŠMm	G	ČMi	24	09	—
HMč	G	HMč	24	10	44
HMm	G	HM	24	10	44
HMm	H	HM	57, 58	11	45
HMm	I	HM	63	12	48
HMg'	H	HM(g)	57, 58	11	45
HMg	H	HMg	57, 58	42	50
IPm	H	HMi, IP	57, 58	14	56 (44)
IPm	I	HMi, IP	63	15	56 (48)
IPmg	H	IPg	57, 58	43	56
IPag	H	IPg	57, 58	—	56
IPmg	I	IPg	63	46	50
PGm	H	OG	57, 58	44	57
PGm	I-J	OG	63, 64 hlubší delu-	—	57
PGa	I-J	OG	63, 64 via hornin	47, 48, 50, 51, 52	57
ČMr	D	ČM	24b, 24/59	05	40
ČMr	E	ČM	15, 19a, 26	04	40
IPr	B, k	IP	15, 59	16	—
HPr,	B, E, F	HP, DA	19b, 49, 501, 59, 60	21, 22	—
RGr	B, E, F	DA	26, 72	—	59
SMm	S	ČMsm	52	07	—
ČMp	S	ČM	16, 18, 21, 24t, 54	06	—
HMp	R	HM	51, 52	—	46, 49
HMpg	R, T	HMg	51, 52	—	51
PSm	R, S	RA, RAh, HP	16, 17, 18, 51, 52	20	64, 65, (93)
PSmg	S	RAhg, HPg	16, 17, 18, 51, 52, 56	49, 54	70, 71
PGp	R	OG	51, 49—51	49, 53	57
PGp	S	OG	16, 59—16, 18, 24/16	54	57
HPmu	g	HPt	6, 8	28	—
HPmu	g	HPt	6, 8	28	—
HPm	g	HP	30, 32	—	61
HPam	g	HPa	30, 32	—	61

Němeček (1978)		Jednotky KPP (1967)		HPJ bonitace (1974, 1976)	
				ČSR	SSR
HPm	$\bar{o}$	HP	47, 1	31	—
HPm	r, k	HP	55, 71	27, 31	—
HPam	r	HPa	55	27	—
HPao	r, k	HPa	55, 71	36	—
HPmt	q	HPt	53, 54	—	73
HPm	n, o, q	HP	14, 47t, 53, 54	24, 25, 30	63, 65
HPm	m	HP	43, 44b, 45, 46	26, 27	—
HPam	q, m	HPa	43, 44b, 45, 46, 53, 54	24, 26, 27	66, 68
HPao	q	HPa	53, 54	35	66
RZm	q	HPp	53, 54	35	66
HPm	$\underline{q}$	HP	53, 54	24	64
HPao	$\underline{q}$	HPa	53, 54	35	67
HPmg	q	HPg	53, 54	48	69
HPmg	$\underline{q}$	HPg	53, 54	49	70
HPpg	$\underline{\underline{q}}$	HPg	56	49	70
HPamg	$\underline{q}$	HPag	53, 54	49	70
HPaog	$\underline{q}$	HPag	53, 54	49	70
HPm	a	HP	37, 38	32	60
HPm	b	HP	39, 40, 41	29	60
HPam	a	HPa	37, 38	32	60
HPam	b	HPa	39, 40, 41	29	60
HPao	a	HPa	37, 38	34	60
HPao	b	HPa	39, 40, 41	34	60
RZm	a, b, c	HPp	37, 38, 39, 40, 41, 42	34	60
PZm	a, b, c	PZ	37, 38, 39, 40, 41, 42	34	86

částic a humusu, dobrá strukturnost a vnitřní drenáž půdy. Je možné říci, že se stoupajícím obsahem prachových částic se hodnota faktoru „K“ zvětšuje a naopak vyšší zastoupení písku, humusu, příznivá struktura a konzistence půdy se podílí na zmenšování hodnot a tedy kladně ve smyslu zvyšování odolnosti půdy proti účinkům vodní eroze.

Proto také půdy ze spraší a prachovic vykazují zvyšování hodnot faktoru „K“ jednak v sekvenci černozem — šedoze, výrazněji však v řadě hnědozem — illimerizovaná půda, kde narůstá i kontrast mezi orníci a níže ležící vrstvou. Nejvyšší hodnoty faktoru „K“ vůbec (bez korekce na strukturu a propustnost profilu) zjišťujeme u illimerizovaných půd na Slovensku (0,47—0,51). Korigované hodnoty (0,55—0,60) zdůrazňují vliv nepříznivé struktury a propustnosti těchto půd. Zajímavé je zjištění, že u pseudoglejů jsou hodnoty ve srovnání s IP nižší.

Nejnižší hodnoty faktoru „K“ (0,10—0,20) nalézáme u půd vytvořených na lehkých substrátech a u půd těžkých s „černozemním“ mollikovým horizontem. Těžké půdy s nižší kvalitou humusových látek mají faktor „K“ v rozmezí od 0,25 do 0,35, vyšší hodnoty svědčí o výraznější příměsi prachu, zejména na území SSR.

V řadě hnědých půd je faktor erodovatelnosti půdy odstupňován takto: půdy na lehkých zvětralinách křídlových, flyšových a permských pískovců ČSR < horské hnědé půdy oligobazické ze svahovin žul < hnědé půdy na rulách a svorech, půdy na žulách nižších poloh Slovenska i hnědé půdy z pískovců < hnědé půdy z bazických substrátů < hnědé půdy ze svahovin břidlic. Vyjádřeno číselně kolísají hodnoty faktoru „K“ u tohoto půdního typu od 0,17 do 0,42.

Půdní jednotky, u nichž uvádíme průměry hodnot faktoru „K“ jsou v tabulce I seřazeny do skupin podle příslušnosti k půdotvorným substrátům. První skupina zahrnuje půdy vytvořené na eolických a jim podobných substrátech, druhá skupina lehké půdy z písků a štěrkopísků, třetí skupina těžké půdy z jílu a slínů a konečně čtvrtá skupina půdy vytvořené na přemístěných zvětralinách a jejich svahovinách vyvěřelých, metamorfovaných a sedimentárních hornin. Aby mohl být splněn hlavní záměr řešení, tj. aby získané údaje mohly být rychle využity při projekčních pracích na úseku protierozních opatření, bylo nutné námi používané označení půdních jednotek převést do formy uplatňované na mapových elaborátech půdoznaleckého a bonitačního průzkumu. K tomu slouží tabulka II, kde uvádíme symboliku, použitou v pracích Němečka (1978), na mapách KPP (Němeček et al. 1967) a v metodice bonitačního průzkumu ČSR (Mašát et al. 1974) a SSR (Džatko et al. 1976).

Označení půdotvorných substrátů (podle Němečka, 1978)

B	terasové písky a štěrkopísky
D	písky s eolickou příměsí zahliněné
E	písky bezkarbonátové
F	písky karbonátové
G	spraše
H	prachovice
I	polygenetické hlíny s eolickou příměsí
J	mocnější pokryvy svahovin
P	nivní bezkarbonátové sedimenty
Q	nivní karbonátové sedimenty
R	jíly
S	slíny
T	„smíšený“ terciér
a	kyselá a neutrální intruziva
b	ruly a granulity
c	svory a fylity
g	bázická efuziva
k	nevápnité pískovce křídové
m	břidlice a droby
n	opuky
o	permokarbonské sedimenty
q	břidlice Karpat
r	pískovce Karpat

Q/B Příklad vrstevnatosti substrátu

q, o, c, [q] gradace zrnitosti střední střední, střední lehčí, střední těžší, velmi těžká

Malými písmeny uvedené substráty představují svahoviny z přemístěných zvětralin příslušných hornin.

Označení půdních jednotek

N ě m e ě k (1978)

ČM	černozem
ŠM	šedozem
HM	hnědozem
IP	illimerizovaná půda
PG	pseudoglej
SM	smonice
PS	pelosol
HP	hnědá půda
RZ	rezivá půda
PZ	podzol
RG	regosol
ČA	černice

m	modální
k	karbonátová
č	černozevní
i	illimerizovaná
a	kyselá
am	kyselá mezobázická
ao	kyselá oligobázická
g	oglejená
mt	tmavá
r	arenická
p	pelická
mu	eutrofní

KPP (1967)

ČM	černozem
ČMi	černozem illimerizovaná
HM	hnědozem
IP	illimerizovaná půda
OG	oglejená půda
ČMsm	černozem-smonica
RA	rendzina-slinovatka
HP	hnědá půda
HPp	hnědá půda podzolovaná
PZ	podzolová půda
DA	drnová půda
LP	lužní půda

t	typická
k	karbonátová
č	černozevní
i	illimerizovaná, degradovaná
a	kyselá
a	kyselá
a	kyselá
g	oglejená
t	tmavá

t	eutrofní
---	----------

Označení půdotvorných substrátů na mapách KPP

- 6 bazické vyvřeliny
- 8 tufy a tufity bazických vyvřelin
- 14 křídové opuky a tvrdé slínovce
- 15 křídové vápnité pískovce
- 16 křídové slíny
- 17 mesozoické slíny a slínité horniny
- 18 převážně jílovité sedimenty
- 19 převážně písčité sedimenty
- 21 slínité horniny
- 24 spraše
- 25 spraše a soliflukční sedimenty
- 26 vápnité naváté písky
- 30 andesity a příbuzné horniny
- 32 andesitové tufy a tufity
- 37 kyselé horniny ze skupiny žul
- 38 neutrální horniny skupiny žul
- 39 ortoruly
- 40 granulity
- 41 pararuly
- 42 svory a fylity
- 43 algonkické břidlice a droby
- 44 převážně břidličná souvrství
- 45 převážně drobová a pískovcová souvrství
- 46 mesozoické břidlice
- 47 permokarbon
- 49 převážně písčité horniny a zeminy limnického terciéru
- 50 neogenní terasové šterkopísky
- 51 převážně jílovité horniny a zeminy limnického terciéru
- 52 limnický terciér vápnitý
- 53 slabě vápnité horniny karpatského flyše
- 54 výrazně vápnité horniny karpatského flyše
- 55 flyšové pískovce slabě vápnité až nevápnité
- 56 jílovité horniny a zeminy flyše
- 57 sprašové hlíny

- 58 eolické a soliflukční hlíny
- 59 terasy z převážně kyselého materiálu
- 60 glaciofluviální šterky
- 63 svahoviny
 - a — z převážně karbonátového
 - b — bazického
 - c — kyselého materiálu
- 64 svahoviny s bloky
- 71 křemité a kaolinické kvádrové pískovce
- 72 naváté písky

Členění podle zrnitosti:

- l — lehké
- t — těžké

Literatura

- ANDERSON, D. A.: Guidelines for computing quantified soil erosion hazard and on-site erosion. USDA Forest Service, Southwestern Region, 25 s.
- DAMÁŠKA, J. — NĚMEČEK, J. et al.: Průzkum zemědělských půd ČSSR. Metodika, 2. díl, Praha, MZVŽ 1967.
- DŽATKO, M. et al.: Charakteristika bonitovaných půdnoekologických jednotek SSR. Bratislava, MPVŽ 1976.
- MAŠÁT, K. et al.: Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně-ekologických jednotek. Praha, ÚZPP, 1974.
- NĚMEČEK, J. et al.: Průzkum zemědělských půd ČSSR. Metodika, Praha, MZVŽ 1967, 1. díl.
- NĚMEČEK, J.: Hlavní půdně-ekologické formy ČSSR. Praha-Ruzyně, VÚRV 1978.
- NĚMEČEK, J. — TOMÁŠEK, M.: Odvození faktoru erodovatelnosti půd ČR a jeho využití prostřednictvím půdních a ekologicko-půdních map. [Záv. zpráva.] Praha, VÚZPP 1981.
- NĚMEČEK, J. — ZUSKA, V.: Srovnání hlavních znaků nejrozšířenějších půd ČSSR. [Záv. zpráva.] Praha, VÚZPP 1983, část 2.
- OČADLÍK, J. — URBAN, J.: Hodnocení erozní ohroženosti půd při zpřísněné ochraně půdního fondu. Rostl. Výr., 26, 1980, č. 3, s. 383-394.
- PASÁK, V. — ŠABATA, M. — DÝROVÁ, E. — MACOUN, S.: Ochrana zemědělské půdy proti erozi. Metodiky pro Zavád. Výsl. Praxe, ČSAZ, ÚVTI, 1974, s. 15-16.
- PASÁK, V. et al.: Ochrana zemědělské půdy proti erozi. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, Praha, ÚVTI, 1983.
- STEWART, B. A. et al.: Control of Water Pollution from Croplands. Vol. I, Manual for guideline development USEPA Washington D. C. 1975.
- TOMÁŠEK, M.: Bodové hodnocení erodovatelnosti půd. In: FACEK, Z.: Omezování negativního působení civilizačních faktorů v zemědělství a potravinářství. [Záv. zpráva.] Praha, VÚZPP 1980.
- KOMPLEXNÍ PRŮZKUM PŮD ČSSR. Průvodní zprávy okresů ČR, 1960—1972, Praha-Suchbát, ÚZPP.
- KOMPLEXNÝ PRIEŠKUM PŮD ČSSR, Spríevodné správy okresov SSR, 1961—1970, Bratislava VÚPVR.

Došlo dne 4. 2. 1984

ЗУСКА, В. — НЕМЕЧЕК, Я. (НИИ плодородия почв, Прага): Выведение факторов эрозивности почв в ЧССР. Ростл. Выр., 32, 1986 (6) : 623-634.

Фактор эродированности почв. «К» для целей проектирования уточняли и выводили для 60 почвенных единиц (главных почвенных форм) с помощью номограммы Вишмайера и Смита на базе средних величин гранулометрического состава и содержания гумуса, полученных в результате итога совокупности из приблизительно 2500 почвенных профилей отборных sond в рамках комплексного обследования почв ЧССР. В ходе разработок учитывали также структурное состояние и водопроницаемость профилей. Суммарные данные приводятся по пахотному слою и подпахотному горизонту, в отдельности для ЧСР и ССР в 3 вариантах: 1. в качестве величины, выведенной лишь из

данных по содержанию гумуса и гранулометрического состава, 2. в качестве величины, скорректированной за счет оценки структуры и водопроницаемости, 3. в качестве скорректированных таким образом величин, переведенных на метрическую систему измерений. Фактор «К» приравнен к почвенным таксонам, изображенным на картах комплексного обследования почв и на экологическо-почвенных (бонитировочных) картах. Такой подход позволяет рассчитать соответствующие значения непосредственно из тех карт, которые имеются в распоряжении на практике.

фактор эродированности почв; фактор «К»; водная эрозия; смыл почвы

ZUSKA, V. — NĚMEČEK, J. (Research Institute for Land Improvement, Praha): *Derivation of the Erodibility Factor for the Soils of Czechoslovakia*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 623-634.

The values of the "K" erodibility factor were revised for use in projection practice. Using the Wishmeier-Smith nomogram, the "K" factor was derived for 60 soil units (main soil forms) from the mean values of granularity and humus content obtained by evaluating a set of about 2500 soil profiles of selective pits within the complex soil survey of the Czechoslovak Socialist Republic. The structural state and water-permeability of each profile were also taken into account when the solution was sought. The resultant data apply to the topsoil and subsoil horizons of the soils in the Czech Socialist Republic and the Slovak Socialist Republic, and all data have three variants: 1) as values derived only from the data on humus content and granularity, 2) as values corrected with respect to the evaluation of structure and permeability, 3) as the corrected values converted to the metric unit system. The "K" factor was added to the soil taxons represented in the complex soil survey maps and the ecological and soil maps (soil evaluation maps). This approach enables to read the data directly from the maps which are available in practice.

soil erodibility factor "K"; water erosion; soil outwash

ZUSKA, V. — NĚMEČEK, J. (Forschungsinstitut für Bodenfruchtbarkeit, Praha): *Ableitung des Erodierbarkeitsfaktors für Böden in der ČSSR*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 623-634.

Es wurde eine Präzisierung der Werte des Faktors „K“ der Erodierbarkeit von Böden für Anwendung in der Projektierungspraxis vorgenommen. Der Faktor „K“ wurde für 60 Bodeneinheiten (Bodenhauptformen) abgeleitet u. zw. mit Hilfe des Wishmeier-Smith-Nomogramms, aufgrund der durch Auswertung einer Gesamtheit von ca. 2500 Bodenprofilen aus Stichprobensonden der Komplex-Bodenerkundung in der ČSSR gewonnenen Mittelwerte der Körnung und des Humusgehalts. Bei der Lösung wurden ebenfalls der Bodenstrukturzustand und die Wasserdurchlässigkeit berücksichtigt. Die resultierenden Angaben werden sowohl für die Ackerkrume als auch für den Horizont unterhalb der Ackerkrume und getrennt für Böden in der ČSR und in der SSR angeführt u. zw. in drei Varianten: 1) als ausschließlich aus Angaben über den Humusgehalt und die Körnung abgeleitete Werte; 2) als durch die Struktur- und Durchlässigkeitsauswertung korrigierte Werte; 3) als auf diese Weise korrigierte, in das metrische Maßsystem umgesetzte Werte. Der Faktor „K“ wurde zu den auf Karten der Komplex-Bodenerkundung und auf bodenökologischen (Bonitäts-) Karten dargestellten Bodentaxa zugereiht. Diese Lösung ermöglicht die entsprechenden Werte aus diesen Karten, die in der Praxis zur Verfügung sind, direkt abzulesen.

Erodierbarkeitsfaktor der Böden; Faktor „K“; Bodenerosion durch Wasser; Abtragen des Bodens durch Wasser

Adresa autorů:

Ing. Václav Zuska, CSc., RNDr. Jan Němeček, DrSc., Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Žabovřeská 250, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

HETEROGENITA AGROCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮD A TESTOVÁNÍ ÚČINNOSTI AGROMELIORAČNÍCH OPATŘENÍ

J. Damaška

DAMAŠKA, J. (Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha): *Heterogenita agrochemických vlastností půd a testování účinnosti agromelioračních opatření*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 635-642.

Na vybraných, půdně-ekologicky reprezentativních kontrolních stanovištích okresu Ústí nad Orlicí, byla experimentálně charakterizována plošná a profilová heterogenita výměnného pH a přijatelných forem P, K, Ca a Mg. Výsledky, dokumentované statistickými ukazateli ($\bar{x}$, C_v , n) prokázaly poměrně vysokou míru variability přijatelného P a K, v menší míře i mobilních forem Ca a Mg, a naopak — relativně vysoký stupeň homogenity půdní reakce (pH vým.). Hodnoty koeficientu variace (C_v) kolísaly — podle půdních znaků — v rozsahu od 2 do 90 % a počet vzorků (n) nezbytný pro korektní sledování změn agrochemických ukazatelů se pohyboval od 2 (pH) do 1050 (P, K). Pomocí t -testu byly prokázány významné rozdíly mezi jednotlivými soubory, odpovídající proměnlivosti podmínek heterogenity agrochemických vlastností během dvouletého období (1982—1984), které dokumentují omezené možnosti objektivního testování agrochemické účinnosti zúrodnovacích opatření.

heterogenita půd; agrochemické vlastnosti; půdní reakce; přijatelné živiny; testování zúrodnovacích opatření

Základním problémem testování agrochemické účinnosti zúrodnovacích opatření je docílení maximální spolehlivosti údajů, dokumentujících charakter a rozsah ovlivnění půdních vlastností příslušnými melioračními zásahy. O věrohodnosti středních hodnot, kterými lze danou vlastnost na sledovaném pozemku spolehlivě charakterizovat, rozhoduje totiž tzv. heterogenita půd, vyjadřující plošnou či prostorovou variabilitu jednotlivých znaků. Určení míry heterogenity je proto rozhodujícím ukazatelem, bez něhož nelze usuzovat na vhodnost výběru pokusných ploch, ani stanovit rozsah odběru půdních vzorků nezbytný pro korektní sledování tendencí ve vývoji půdní úrodnosti.

Příčiny heterogenity půdních vlastností mají nejrozličnější původ — od specifického uplatnění půdotvorných faktorů a procesů (Fridland, 1972; Prochorova a Sorokina, 1976) až po odlišné způsoby a intenzitu využívání a obhospodařování půd v minulosti i současnosti (Rode, 1971; Fedorovskij, 1979 aj.). K hodnocení variability půdních znaků jsou používány statistické charakteristiky určitého souboru půdních vzorků (měření) podle sledovaných vlastností. Základní vztah, kterým je určen n — počet vzorků pro reprezentativní soubor má tvar:

$$n = \left(\frac{C_v \cdot z_\alpha}{\delta} \right)^2, \text{ kde } n \text{ je počet vzorků který naznačuje, že při zvolené}$$

spolehlivosti (z_α) bude při dané heterogenitě souboru vyjádřené koeficientem variace (C_v) možno odhadnout střední hodnotu souboru ($\bar{x}$) se zvolenou relativní chybou (δ). Z uvedeného vyplývá, že čím vyšší je heterogenita souboru a čím vyšší je požadovaná míra spolehlivosti a přesnosti, tím větší musí být i počet pozorování (vzorků). Velikost koeficientu variace závisí na dvou veličinách — střední hodnotě a směrodatné odchylce pozorovaného znaku ($C_v = \frac{s}{\bar{x}}$); čím vyšší bude $\bar{x}$

a čím menší s , tím menší bude hodnota C_v a to znamená, že při stejné hladině spolehlivosti a požadované přesnosti bude stačit menší počet (n) pozorování reprezentujících zkoumaný soubor. Logickým závěrem je pak konstatování, že paušální stanovení počtu odebraných vzorků na určité ploše — v exaktních polních pokusech i v rámci agrochemického zkoušení půd — může být významným zdrojem nepřesností a neprůkazností prováděného testování.

Na závislost počtu odběru půdních vzorků na laterální variabilitě agrochemických vlastností a přesnosti, s jakou lze postihnout střední hodnotu jednotlivých znaků poukazoval již Duchoň (1948), který mezi nejvariabilnější vlastnosti řadil pH, humus a karbonáty, pro jejichž charakteristiku ($\bar{x}$) stanovil minimální odběr 20–50 vzorků z plochy 1 ha. Šlevková (1981) stanovila optimální rozsah odběru půdních vzorků — pro Cox (drnopodzolových — illimerizovaných půd) na 20–50 a pro karbonáty (u nivních půd) na 10–125 vzorků; jako jednu z možností objektivního hodnocení půdních vlastností navrhla zvětšení hmotnosti odebíraných vzorků na minimální 500 g. Baškin a Alifanov (1981), v podmínkách šedých lesních půd, prokázali poměrně rozdílnou variabilitu (C_v) u pH výměnného (11 %), hydrolytické acidity (44 %), výměnného Ca (29 %) — Mg (50 %) a u humusu (19 %). Nezbytnost sledování heterogenity půd v souvislosti s procesy zhutňování podorníčí, resp. profilové migrace živin (u zavlažovaných půd) zdůrazňovali Jemeljanov a Maslov (1981). Na zásadní význam stanovení heterogenity půd pro poznání příčin nestejně úrodnosti a produkční schopnosti půd poukázal Fedorovskij (1979) — zejména s ohledem na vymezení optimálních parametrů zúrodnovacích opatření v konkrétních půdně-ekologických podmínkách. V tomto směru zdůrazňuje pozitivní účinek především zpracování půdy, které „homogenizuje“ orniční vrstvu, zatímco hnojení a zejména hloubkové kypření zvyšují heterogenitu faktorů půdní úrodnosti. Naše výsledky, dosažené v podmínkách stacionárního 17letého výživářského pokusu na typické hnědozemí (Jungrová a Damaška, 1985) naopak prokázaly příznivý dopad systematického hnojení průmyslovými i organickými hnojivy na zvýšení homogenity agrochemických vlastností (snížení C_v o 29–45 %) a snížení n — počtu vzorků nezbytných pro charakteristiku jejich střední hodnoty (ze 40–59 na 7–8).

MATERIÁL A METODY

Vlastní sledování plošné a prostorové variability některých agrochemických vlastností půd se uskutečnilo v roce 1982 a opakovaně v roce 1984 na vybraném souboru osmi půdních představitelů, charakterizujících půdně-ekologické podmínky okresu Ústí nad Orlicí (Damaška, 1983), jmenovitě:

$\frac{HM}{24}$	(Dž) hnědozem hlinitá na spraši (Džbánov),
$\frac{HMG}{57}$	(Po) hnědozem oglejená, hlinitá, na sprašové hlíně (Podlesí),
$\frac{IPg}{57}$	(Ži) illimerizovaná půda oglejená, hlinitá, na sprašové hlíně (Žichlínek),
$\frac{OG}{58}$	(DL) oglejená půda, hlinitá, na sprašové (soliflukční) hlíně (Dolní Lipka),
$\frac{HPi}{15}$	(ČT) hnědá půda illimerizovaná, písčito-hlinitá, na slinitém pískovci se sprašovým překryvem (Česká Třebová),
$\frac{HPm}{14}$	(Ka) hnědá půda modální, jílovito-hlinitá, na opuce (Kameničná),
$\frac{HPm}{47}$	(Pí) hnědá půda modální, písčito-hlinitá, na permokarbonu (Písečná),
$\frac{RZ}{39}$	(Ja) rezivá (podzolová) půda, hlinitopísčitá, na rule (Jamné nad Orlicí).

K experimentálním účelům byly v rámci vybraných honů vytýčeny a v situačních plánech zafixovány tzv. kontrolní parcely o velikosti 100 × 100 m, dále rozčleněné na 36 samostatných plošek, které posloužily k odběru průměrných ca 2 kg půdních vzorků (průměrný vzorek = 5 dílčích vzorků); z každé kontrolní parcely bylo pomocí velkoobjemové sondy odebráno 36 průměrných vzorků z ornice a 36 vzorků z podorníci, podle jednotného plánu, vždy v posklizňovém období (rok 1982 — obilovina, rok 1984 — okopanina, s běžnou úrovní agrotechniky a hnojení). Ve vysušených a upravených vzorcích (jemnozerní I) byly stanoveny hodnoty pH výměnného (KCl) a obsahu P, K, Ca a Mg (metodou podle Mehlich, 1980). Statistika variability zkoumaných vzorků je reprezentována jen základními charakteristikami, jmenovitě: $\bar{x}$, C_v a n , doplněné o t -testy významnosti rozdílů mezi jednotlivými soubory dat z roku 1982 a 1984, přičemž údaje z roku 1984 jsou vyjádřeny změnami ($=\Delta$) oproti iniciálním výsledkům z roku 1982.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Matematicko-statistické vyhodnocení souboru agrochemických ukazatelů na kontrolních parcelách umožnilo srovnatelné ocenění počátečního stavu plošné a prostorové variability hlavních typů zemědělských půd okresu Ústí nad Orlicí (rok 1982) a její proměnlivosti v čase (rok 1984). Z dosažených výsledků, uvedených v tab. I (orňiční vrstvy) a II (podorníční vrstvy), vyplývá, že nejnižší variabilitu u všech půd vykazují změny půdní reakce (pH výměnné), s nízkými hodnotami C_v (2 až 12 %) v orňičních i podorníčních horizontech a s minimálními rozdíly za sledované období. Pro testování změn pH výměnného se ukazuje jako postačující poměrně malý počet vzorků ($n = 2-27$), s nízkou relativní chybou stanovení. Lze proto předpokládat, že sledování rozsahu ovlivnění půdní reakce není — v rozsahu daného souboru — podmíněno rozdílnou heterogenitou půd a že zjištěné rozdíly mezi půdními představiteli odpovídají zpravidla dosažené úrovni optimalizace pH v důsledku vápnění.

Obsah přijatelných (mobilních) živin se naproti tomu vyznačuje vysokou variabilitou hodnot a značnou nevyrovnaností pozemků. Pro přijatelný fosfor je charakteristická především jeho výrazná profilová diferenciací (2–7× nižší obsah P v podorníční vrstvě), která je evidentním

I. Charakteristiky heterogenity agrochemických vlastností orničních horizontů ze-
 proti roku 1982) — Characteristics of the heterogeneity of the agrochemical pro-
 — increase — decrease of the values in 1984 as compared with 1982)

Půda (lokal.)	Rok	Fosfor (P)				Draslík (K)			
		$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t
HM (Dž)	82	19,8	29,5	144	< 1	146	22,9	86	*** 5,24
	Δ	0,6	9,6	107		— 35	— 2,7	— 18	
HMg (Po)	82	24,4	22,3	82	*** 11,0	189	24,0	95	*** 8,94
	Δ	30,0	6,1	51		128	— 1,0	— 8	
IPg (Ži)	82	33,7	18,3	55	*** 9,4	275	23,7	93	** 3,06
	Δ	55,4	20,8	196		57	3,2	27	
OG (DL)	82	17,5	25,4	106	*** 12,9	198	17,0	48	1,46
	Δ	16,6	— 6,9	— 49		10	— 4,9	— 24	
HPi (ČT)	82	25,5	25,6	108	*** 6,8	149	35,7	210	*** 3,64
	Δ	20,2	10,9	112		45	— 9,5	— 97	
HPm (Ka)	82	32,5	20,5	70	*** 6,8	129	26,7	118	*** 6,16
	Δ	31,6	21,4	220		63	— 0,4	— 4	
HPm (Pi)	82	27,5	25,7	109	*** 9,4	176	27,1	121	(*) 1,96
	Δ	24,4	0,9	8		31	12,1	133	
RZ (Ja)	82	44,0	29,3	141	*** 9,4	284	32,2	170	*** 7,82
	Δ	95,8	13,8	164		— 130	— 6,1	— 57	

důsledkem nízké pohyblivosti fosforu v půdním prostředí. Iniciální va-
 riabilita P v orničních horizontech je poměrně vysoká ($C_v = 18-29\%$),
 avšak podstatně nižší než v podorniči ($C_v = 36-89\%$). Odpovídají tomu
 i vysoké nároky na celkový (n) — počet individuálních vzorků nezbyt-
 ných pro spolehlivé hodnocení středních charakteristik P (55—220 vzor-
 ků z ornice, resp. 215—300, ale i 1300 z podorniči). Během dvouletého
 období došlo k poměrně výraznému ovlivnění ukazatelů heterogenity
 fosforu. Střední hodnoty ($\bar{x}$) v orničních horizontech se ve všech pří-
 padech významně zvýšily, zatímco v podorniči zůstaly vyrovnanější. Pod-
 statný nárůst zaznamenaly i charakteristiky variability (zvýšení C_v
 až o 21 %) a zejména nároky na (n) — počet vzorků (300—1050), ne-
 zbytných pro spolehlivé hodnocení průměrných údajů ($\bar{x}$).

V případech přijatelného draslíku jsou rozdíly mezi orničními a pod-

mědělských půd okresu Ústí nad Orlicí (Δ = zvýšení — snížení hodnot v roce 1984)
 perties of the topsoil horizons of farm soils in the Ústí nad Orlicí district (Δ =

Vápník (Ca)				Hořčík (Mg)				Reakce (pH)			
$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$	C_v %	n	t
1234	17,3	50	< 1	55,4	13,7	21	(*) 1,94	5,81	10,1	17	*** 7,18
— 2	— 2,2	— 13		— 3,6	2,2	11		— 0,90	— 1,8	— 6	
1851	11,0	20	< 1	38,3	12,9	27	** 3,13	6,89	2,3	1	*** 4,30
47	5,1	23		3,0	— 5,7	— 19		0,12	— 1,0	0	
1318	15,5	40	1,31	54,8	16,7	46	< 1	6,21	6,0	6	1,25
— 57	— 2,6	— 13		— 1,0	— 4,4	— 21		— 0,12	1,3	3	
1127	18,5	56	1,61	54,5	15,8	41	< 1	5,23	9,0	13	** 3,02
72	— 4,0	— 22		— 1,1	— 1,6	— 8		0,30	— 2,1	— 5	
1026	22,1	81	< 1	89,8	32,7	176	** 2,80	6,17	7,2	9	< 1
13	— 1,1	— 9		— 14,9	— 14,1	— 119		— 0,02	— 0,6	— 2	
1022	19,0	60	< 1	59,8	48,1	381	* 2,05	5,71	7,8	10	< 1
— 33	— 0,2	— 2		— 11,0	— 18,3	— 234		0,05	0,8	2	
977	10,3	17	1,70	41,5	23,2	88	< 1	6,10	3,7	2	1,23
50	4,0	17		— 1,2	— 9,9	— 59		0,08	1,4	2	
2023	24,1	96	1,70	121	48,1	381	1,45	6,46	7,9	10	< 1
214	1,6	13		— 18,0	— 3,0	— 46		— 0,02	— 1,0	— 2	

orničními horizonty podstatně nižší (maximálně dvojnásobné snížení obsahu K v podorničí) — především u skupiny hnědých a rezivých půd, s větší filtrační schopností. Zjištěná počáteční variabilita K v ornících je prakticky stejná jako u P (C_v = 17—36 %), v podorničí pak poněkud nižší (C_v = 27—58 %). Kontrolní testy heterogenity K v roce 1984 prokázaly v naprosté většině případů průkazné zvýšení obsahu K, při současném snížení koeficientu variace (až o 25 %). Podstatně se snížily i nároky na počet individuálních vzorků — z původních 48—210 vzorků z ornice, resp. 128—567 z podorničí, na 24—130 (ornice), resp. na 79—231. V obou případech testovaných živin (P a K) byla relativní chyba stanovení při daném počtu vzorků (n = 36) vyšší, než přípustná (6—30 %). Vyplývá z toho, že vysoká míra plošné i profilové variability přijatelných forem P a K neumožňuje v daných půdně-ekologických podmínkách —

II. Charakteristiky heterogenity agrochemických vlastností podorníčních horizontů 1984 oproti roku 1982) — Characteristics of the heterogeneity of the agrochemical = increase — decrease of the values in 1984 as compared with 1982)

Půda (lokal.)	Rok	Fosfor (P)				Draslík (K)			
		$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t
HM (Dž)	82	5,2	65,6	663	1,63	98,8	27,8	128	< 1
	Δ	1,7	11,6	318		3,3	— 1,2	— 12	
HMg (Po)	82	7,0	56,3	523	< 1	93,6	35,2	202	*** 3,67
	Δ	0,2	3,9	70		31,2	— 4,0	— 42	
IPg (Ži)	82	24,4	36,1	215	1,13	186	28,7	136	*** 5,42
	Δ	3,3	18,3	272		— 56,7	— 3,3	— 29	
OG (DL)	82	3,4	48,0	379	1,07	97,5	34,6	193	*** 4,29
	Δ	— 0,3	13,9	252		31,5	— 12,7	— 119	
HPi (ČT)	82	10,4	43,3	308	*** 5,77	95,2	58,7	567	< 1
	Δ	— 5,2	15,6	265		9,5	— 25,7	— 387	
HPm (Ka)	82	15,5	51,0	428	< 1	96,1	34,8	199	*** 5,25
	Δ	— 0,8	— 3,4	— 54		45,7	— 6,5	— 67	
HPm (Pi)	82	16,0	63,1	657	(*) 1,99	147	33,8	188	< 1
	Δ	— 4,0	— 6,6	— 132		— 0,8	1,4	16	
RZ (Ja)	82	6,2	89,0	1305	*** 4,14	170	57,1	538	1,27
	Δ	9,3	— 9,3	— 259		26,7	— 16,6	— 267	

při běžném způsobu odběru půdních vzorků — objektivní zjištění středních hodnot a nelze proto spolehlivě postihnout ani jejich změny vyvolané hnojením, či jinými zúrodnovacími zásahy.

Mobilní formy vápníku a hořčíku vykazují v porovnání s P a K celkově nižší variabilitu — zejména u půd na sprašovitých substrátech, kde $C_v = 9-27\%$ [Ca], resp. $12-26\%$ [Mg] oproti hnědým a rezivým půdám, kde $C_v = 10-50\%$ [Ca], resp. $20-58\%$ [Mg]; vyšší hodnoty C_v odpovídají zpravidla podorníčním horizontům. Pro hnědé a rezivé půdy jsou pak charakteristické jak vyšší hodnoty (n) — počtu vzorků, tak i vyšší hodnoty relativní chyby stanovení. Kontrolní testy heterogenity Ca a Mg v roce 1984 prokázaly ve většině případů jen menší, nevýznamné změny (převážně mírné zvýšení obsahu Ca a snížení obsahu Mg), které v podstatě neovlivnily statistické charakteristiky jejich hete-

zemědělských půd okresu Ústí nad Orlicí (Δ = zvýšení — snížení hodnot v roce
properties of the subsoil horizons of farm soils in the Ústí nad Orlicí district (Δ =

Vápník (Ca)				Hořčík				Reakce (pH)			
$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$ mg/kg	C_v %	n	t	$\bar{x}$	C_v %	n	t
1252	15,6	40	1,13	64,3	23,0	87	< 1	5,62	6,9	8	1,40
54	0,5	3		— 1,4	0,2	2		— 0,14	1,7	4	
1356	11,0	20	* 2,27	41,3	25,9	111	* 2,35	6,57	6,4	7	* 2,38
83	0,1	1		5,3	— 8,0	— 58		0,19	— 3,4	— 5	
1161	9,1	14	** 2,96	57,5	24,2	97	*** 5,67	5,90	6,0	6	* 2,18
87	2,2	7		21,9	— 0,9	— 7		— 0,24	3,4	9	
674	27,0	120	1,22	49,4	23,6	92	< 1	4,01	9,2	14	1,19
— 41	— 13,4	— 90		1,3	0,1	1		0,08	— 5,6	— 12	
841	50,6	422	< 1	73,0	30,8	157	* 2,32	5,66	8,6	12	< 1
— 22 ^a	— 35,3	— 383		— 10	— 10,5	— 89		— 0,03	0,9	2	
588	29,5	143	< 1	52,9	55,0	499	< 1	4,90	12,7	27	< 1
16	— 2,4	— 22		3,3	0,3	5		0,14	0,3	1	
823	20,8	66	< 1	38,8	20,1	72	< 1	6,06	4,4	3	< 1
— 19	— 6,0	— 30		— 1,5	— 0,3	— 8		0,04	— 0,2	0	
919	23,3	90	1,77	77,9	58,1	557	< 1	5,28	9,6	15	** 2,82
119	9,6	89		7,3	— 2,4	— 54		0,35	0,2	1	

rogenity. Na základě dosažených výsledků je možno předpokládat, že stanovení mobilních (výměnných) forem Ca může u sorpčně nenasycených, kyselých půd vyhovovat požadavkům na testování účinnosti vápnění, resp. hodnocení ztrát Ca vymýváním; v případě mobilního Mg je však spolehlivost indikace změn — zejména u hnědých půd značně problematická.

Významnost rozdílů mezi jednotlivými soubory dat z prvního (1982) a druhého (1984) odběru půdních vzorků hodnocená pomocí t-testu naznačuje, že variabilita v obsahu přijatelných živin (především P a K) může v jednotlivých letech výrazně kolísat, takže sledování krátkodobých změn těchto agrochemických ukazatelů nemusí být vždy dostatečně spolehlivé a jednoznačné. Naproti tomu hodnoty pH a do jisté míry i Ca a Mg lze u všech zkoumaných půd charakterizovat jako dostatečně

homogenní. V každém případě je však předběžná charakteristika heterogenity sledovaných znaků na daném pozemku nezbytným předpokladem objektivního hodnocení výsledků, dokumentujících agrochemickou účinnost zúrodňovacích opatření.

Literatura

- BAŠKIN, V. N. — ALIFANOV, V. M.: Variirovanije agrochimičeskich pokazatělej v seroj lesnoj počvě. Počvověděnije, 1981, č. 10, s. 125-134.
- DAMAŠKA, J.: Agrochemické testy hodnocení půdní úrodnosti a heterogenita agrochemických a fyzikálních vlastností půd okresu Ústí n. Orlicí. [Záv. zpráva.] Praha-Zbraslav, VÚZP 1983.
- DUCHOŇ, F.: Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. Velká encyklopedie zemědělská, Praha, ČSAZ 1948.
- FEDOROVSKIJ, D. V.: Mikroraspredělenije pitatělnych vėščestv v počvach. Moskva, Nauka 1979.
- FRIDLAND, V. M.: Struktura počvěnnogo pokrova. Moskva, Mysl 1972.
- JEMELJANOV, V. A. — MASLOV, V. P.: O variirovanii plotnosti počv na orošajenom pole. Počvověděnije, 1981, č. 11, s. 83-87.
- JUNGROVÁ, D. — DAMAŠKA, J.: Vliv systematického hnojení na vývoj plošné heterogenity půdních forem fosforu a draslíku. In: Transact. of the 6th Czechosl. Soil Sci. Confer., Nitra, 2, 1985, s. 335-340.
- MEHLICH, A.: Determination of Ca, Mg, Mn, P, K and Na by Mehlich N° 2 Extractant. In: Handbook on Reference Methods for Soil Testing. University of Georgia, USA, 1980, s. 112-121.
- PROCHOROVA, Z. A. — SOROKINA, N. P.: Struktura počvěnnogo pokrova v voprosach metodiki počvěnno-agrochimičeskich issledovanij. In: Tězisi dokl. 3. sověšč. po strukture počvěnnogo pokrova, Moskva, 1976, s. 164-169.
- RODE, A. A.: Sistěma matodov issledovanija v počvověděniji. Novosibirsk, Nauka 1971.
- ŠLEVKOVA, E. M.: Prostranstvėnnoje variirovanije svojstv soloncovyh počv i opredělenije objomov issledujemyh vyborok. Počvověděnije, 1981, č. 10, s. 90-95.

Došlo dne 10. 1. 1986

DAMAŠKA, J. (Research Institute for Land Improvement, Praha): *The Heterogeneity of the Agrochemical Properties of Soils and Testing the Effectiveness of Land-Improvement Practices*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 635-642.

The areal and profile heterogeneity of exchangeable pH and of the available forms of P, K, Ca and Mg was experimentally characterized at selected control sites, representative in view of soil and ecology, in the Ústí nad Orlicí district. The results documented by the statistical characteristics $\bar{x}$, C_v , n suggested that there was a comparatively high variability of available P and K and, to a lesser extent, of the mobile forms of Ca and Mg, and on the other hand a comparatively high degree of homogeneity in soil reaction (exchangeable soil pH). The values of variation coefficient (C_v) varied with the soil characteristics, ranging from 2 to 90 %. The number of samples (n) needed for a correct monitoring of the changes in agrochemical characteristics ranged from 2 (pH) to 1050 (P, K). Significant differences between the sets were demonstrated by means of the t -test; these differences correspond with the variability of environmental conditions (1982-1984) and document the limited possibilities of objective testing of the agrochemical effectiveness of important practices.

soil heterogeneity; agrochemical properties; soil pH; available nutrients; testing the soil-improvement practices

Adresa autora:

Ing. Jaromír D a m a š k a, CSc., Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Žabovřeská 250, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

DALŠÍ MOŽNOSTI STANOVENÍ ROZLOŽITELNÉ ČÁSTI HUMUSU V RŮZNÝCH PŮDÁCH

J. Kubát, L. Veselý

KUBÁT, J. — VESELÝ, L. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně): *Další možnosti stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6): 643—648.

Stanovení obsahu těžko rozložitelné a labilní části humusu je jedním ze základních podkladů pro určení optimální hladiny humusu v daných půdních, klimatických a výrobních podmínkách. Na 11 půdních vzorcích z různých půdních a klimatických podmínek ČSR byly proto ověřeny další dvě metody stanovení této významné charakteristiky: biologická, (respirační) a fyzikálně-chemická (srovnání obsahu humusu a podílu jemných částic). Výsledky ukázaly, že metoda stanovení rozložitelného humusu porovnáním celkového obsahu humusu a jemného podílu je velmi perspektivní pro využití v praxi.

půdní humus; respirace půdy; stabilita půdní organické hmoty; zrnitostní složení půdy

V sdělení Kubáta a Vrzákové (1984) jsme se snažili vysvětlit význam stanovení rozložitelné části humusu. Zdůraznili jsme, že celkový obsah humusu v půdě je příliš hrubé měřítko, že některé jeho frakce jsou biologicky a chemicky velmi aktivní, zatímco jiné jsou téměř inertní. Zastoupení těchto aktivních a málo aktivních částí se v různých půdách velmi liší, takže pro udržování vyrovnané bilance půdní organické hmoty a pro kalkulaci množství rostlinných živin, které se při mineralizaci půdního humusu uvolní, je důležité znát pro každou půdu specifické množství rozložitelné organické hmoty. Popsali jsme výsledky stanovení rozložitelnosti humusu v půdních vzorcích z různých půdně-klimatických oblastí ČSR dvěma metodami: chemickou extrakční a biochemickou respirační. V této práci bychom rádi prezentovali výsledky dalších dvou metod stanovení této významné charakteristiky stejných půdních vzorků.

MATERIÁL A METODY

Půdní vzorky byly odebrány z orniční vrstvy (0—20 cm) nulových parcel v pokusných stanicích odboru výživy rostlin nacházejících se v různých výrobních oblastech ČSR. Byly vysušeny při laboratorní teplotě a prosáty 2mm sítím. Některé jejich vlastnosti jsou uvedeny v předchozím sdělení (Kubát a Vrzáková, 1984).

Obsah uhlíku byl stanoven oxidimetricky spalováním v roztoku $K_2Cr_2O_7$ (Pokorná et al., 1980). Měrná hmotnost a zrnitostní složení půdních vzorků byly stanoveny metodami, které popisují Valla et al. (1978). Půdní vzorky byly preparovány v roztoku hexametafosfátu mechanickou metodou s vařením a roztíráním. Vlastní stanovení zrnitostního složení bylo provedeno areometrickou metodou podle Cassagrande.

Respirační aktivita půdních vzorků byla měřena tak, že 80 g jemnozeme bylo na sítku respiračních nádob ovlhčeno 20 ml destilované vody, uzavřeno do nádob a inkubováno při 28 °C zhruba 14 dní. Během této doby byla na interferometru měřena produkce CO_2 . Objem nádob byl ca 900 ml, měření byla v počátku inkubace častější, takže koncentrace CO_2 v inkubační nádobě nepřesáhla 2 % objemová. Po každém měření byly inkubační nádoby promyty vzduchem zbaveným CO_2 a syčeným vodními parami. Každý vzorek byl inkubován ve třech paralelách.

I. Obsah uhlíku, obsah jemných částic pod $6,3 \mu\text{m}$ a podíly „inertního“ a „rozložitelného“ humusu podle K ö r s c h e n s e (1980) u použitých půdních vzorků — Carbon content, content of fine particles smaller than $6,3 \mu\text{m}$ and the proportions of “inert” and “decomposable” humus after K ö r s c h e n s (1980) in the soil samples

Vzorek	Půdní typ	Obsah C_{ox} %	Jemný podíl %	C_i %	Rozložitelná část %
1 Tachov	HP	1,25	14	0,86	0,39
2 Cheb	OG	1,49	28	1,42	0,07
3 Třeboň	HP(g)	0,82	7	0,58	0,24
4 Kroměříž	ČM(d)	2,53	27	1,08	1,45
5 Strachovice	HP	1,68	15	0,90	0,78
6 Kostelec	HMg	1,25	17	0,98	0,27
7 Hněvčeves	HMi	1,26	25	1,30	—0,04
8 Humpolec	HPa	1,95	27	1,38	0,57
9 Pohorelice	ČM	1,81	39	1,86	—0,05
10 Ruzyně	ČMd	2,18	43	2,02	0,16
11 Mysletín	HPa	2,33	24	1,26	1,07
12 Vysoké	HPp	3,00	28	1,42	1,58

VÝSLEDKY A DISKUSE

Další metodou, kterou jsme pro stanovení rozložitelné frakce použili (tab. I) byla metoda srovnání celkového obsahu humusu a jemného podílu, tj. částic menších než $6,3 \mu\text{m}$ (jílovité částice a jemný prach). Tuto metodu podrobně rozpracoval K ö r s c h e n s (1980) a ověřil ji na mnoha půdách a trvalých polních pokusech v NDR. Vychází z předpokladu, že humus je složen z velkého množství frakcí od snadno rozložitelných až po prakticky inertní. Podíl těžko rozložitelných až inertních frakcí je závislý na adsorpční kapacitě minerálních částic, a tedy poněkud zjednodušeně na zrnitostním složení dané půdy. Čím větší mají půdy podíl jemných částic, tím větší množství půdního humusu bude pevně poutáno v organicko minerálním komplexu a tedy těžko rozložitelné půdní mikroflórou. Tato závislost byla pozorována už dříve několika autory, K ö r s c h e n s (1980) ji však přesně definoval jako lineární závislost a v širokém měřítku ověřil:

$$C_{i(\text{mezni})} = 0,04 \times \text{FA}\% + 0,3$$

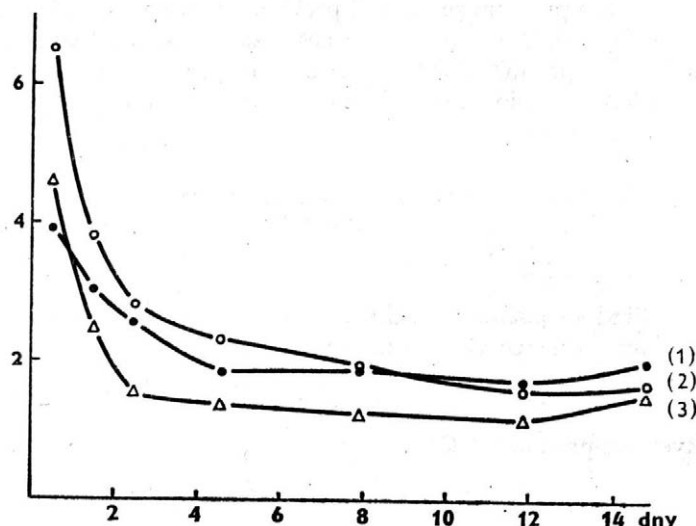
kde: $C_{i(\text{mezni})}$ — obsah uhlíku půdní organické hmoty, který lze považovat za inertní (nerozložitelný),

FA% — procentický podíl jemných částic pod $6,3 \mu\text{m}$.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce I.

Podíl rozložitelné a inertní částice humusu se u jednotlivých vzorků značně liší, rozložitelná část humusu se pohybuje od nuly (záporné hodnoty nemají logický smysl) do 1,58 % stanoveného C_{ox} , což představuje více než polovinu uhlíku. Získané výsledky ukazují, že větší množství rozložitelného humusu je ve vzorcích z méně příznivých klimatických podmínek (s výjimkou Kroměříže). Největší množství rozložitelného humusu vůbec bylo

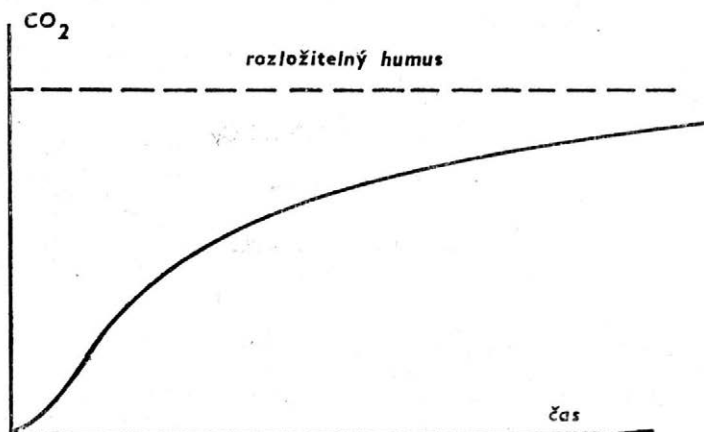
1. Rychlost respirace
půdních vzorků z Ta-
chova (1), Chebu (2) a
Třeboně po vysušení a
opětném ovlhčení —
Respiration rate of soil
samples from Tachov
(1), Cheb (2) and Tře-
boň after oven-drying
and re-moistening



v podzolu z Vysokého, z horské oblasti, kde v důsledku nízkých teplot probíhá humifi-
kační proces velmi pomalu a hromadí se značné množství surového humusu.

Metoda stanovení rozložitelného humusu podle celkového obsahu humusu a podílu
jemných částí je velmi expeditivní a s určitou aproximací by bylo možné využít výsledky
komplexního průzkumu půd, během něhož bylo stanoveno jak celkové množství humusu,
tak zrnitostní složení.

Výsledky získané metodou Körschense (1980) jsme porovnávali jednak s výsledky
metod popsaných v předcházejícím sdělení, jednak s výsledky inkubačních experimentů.
Inkubační metody mají výhodu v tom, že vycházejí z definice: rozložitelný humus je
ten, který se rozloží a mineralizuje. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že jsou dlouhodobé
a pracovně náročné. Pro ilustraci je na obr. 1 uvedena rychlost respirace prvních třech
vzorků (Tachov, Cheb, Třeboně) během 16 dnů inkubace při 28 °C. Nejvyšší rychlost
respirace byla naměřena během prvních 3–4 dní inkubace po ovlhčení, kdy se minerali-
zovala část biomasy, která při vysoušení odumřela. Po odeznění tohoto reaktivního
vrcholu předpokládáme, že se rozkládaly labilní frakce půdního humusu. Kdybychom
od počátku inkubace vynášeli kumulativně množství produkovaného CO₂, dostali
bychom přibližně křivku znázorněnou na obr. 2, která by se zvolna, v nekonečném čase,
přibližovala k hranici rozložitelného a inertního humusu. Takový experiment je ovšem
prakticky neproveditelný.



2. Idealizovaná kumula-
tivní křivka produkce
CO₂ půdním vzorkem
po vysušení a opětném
ovlhčení — Idealized
cumulative curve of
CO₂ production by the
soil sample after oven-
drying and re-moisten-
ing

Tento problém se pokusil překlenout Franko (1981) takto:

Není pochyb o tom, že proces rozkladu organických látek v půdě a vznik CO_2 jako konečného produktu rozkladu je mikrobiální proces a souvisí s růstem mikrobiální populace v půdě. Růst biomasy je exponenciální a tedy i spotřeba substrátu je exponenciální, (Franko, 1981).

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-k_m t}$$

kde: $C(t)$... rozložitelný uhlíkatý substrát v čase t ,
 C_0 ... rozložitelný uhlíkatý substrát v čase $t = 0$,
 t ... čas,
 k_m ... mineralizační konstanta.

Předpokládáme, že existuje přímý vztah mezi spotřebou substrátu a produkcí CO_2 , že tedy produkce CO_2 je mírou spotřeby substrátu. Pro produkci CO_2 (C_v) platí, že:

$$C_v = C_0 - C(t) = C_0 (1 - e^{-k_m t}). \quad (2)$$

Rychlost produkce CO_2 ($\dot{C}_v$) vyjadřuje rychlost mineralizace substrátu ($\dot{C}(t)$):

$$\dot{C}_v = -\dot{C}(t), \quad (3)$$

a protože za předpokladu, že rozklad humusu probíhá podle kinetiky 1. řádku, je rychlost rozkladu úměrná koncentraci substrátu (humusu),

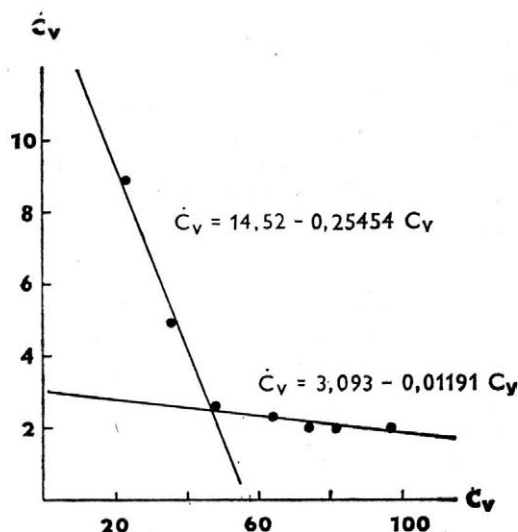
$$\dot{C}(t) = -k_m \cdot C(t), \quad (4)$$

platí pro rychlost produkce CO_2 :

$$\dot{C}_v = k_m C_0 \cdot e^{-k_m t}, \quad (5)$$

Z rovnic (2) a (5) lze algebraickými úpravami odvodit lineární závislost mezi produkovaným CO_2 a rychlostí respirace:

$$\dot{C}_v = k_m C_0 - k_m C_v \quad (6)$$



3. Vztah rychlosti produkce CO_2 a sumy produkovaného CO_2 (Strachonice) — The relation between CO_2 production rate and the sum of produced CO_2 (Strachonice)

Jestliže je správný předpoklad exponenciálního růstu půdní mikroflory a kinetiky 1. řádu pro rozklad půdního humusu — a ve většině prací se za správný považuje — musí tedy platit lineární závislost mezi množstvím mineralizovaného substrátu a rychlostí jeho mineralizace. V okamžiku, kdy extrapolovaná přímka protne osu znázorňující množství substrátu, indikuje jednak nulovou rychlost respirace, jednak množství rozložitelného substrátu.

Pro ilustraci je na obr. 3 uveden výsledek zpracování hodnot naměřených u vzorku ze Strachovic. Získanými body nelze vést jednu přímku ale alespoň dvě. Ta první přísluší mineralizaci biomasy odumřelé při vysoušení, druhá pak snadno rozložitelným frakcím humusu. Z výsledků vyplývá, že problém je v tom, že půdní organická hmota sestává z velkého množství různých rozložitelných frakcí, z nichž každá má určitou mineralizační konstantu. Minera-

lizační konstanta určuje sklon regresní přímky a silně ovlivňuje výsledek extrapolace.

Výsledky stanovení rozložitelného humusu touto inkubační metodou jsou uvedeny v tabulce II. Sloupce označené R jsou korelační koeficienty regresních přímek. Pro srovnání obsahuje tabulka II sloupec, v němž jsou uvedeny hodnoty získané metodou podle Körschense (1980) a sloupec počátečních rychlostí respirace půdních vzorků (během 24 hodin po ovlhčení).

Absolutní hodnoty obsahu rozložitelného humusu stanovené těmito dvěma metodami se značně liší. Rozdíly mezi jednotlivými půdními vzorky zjištěné inkubační metodou jsou podstatně menší než u Körschensovy metody. Přitom, zejména u půdního vzorku z Vysokého je zřejmé, že skutečnosti odpovídá spíše výsledek Körschensovy metody. Je zřejmé, že během relativně krátkodobé inkubace se mineralizovaly pouze nejlabilnější součásti půdního humusu (především odumřelá biomasa půdních mikroorganismů). Méně labilní frakce surového humusu z podzolu z Vysokého se nemohly uplatnit v plné míře.

Zajímavá však je nejenom absolutní shoda nebo neshoda výsledků obou metod, ale také jejich vzájemný vztah. Všemi použitými metodami měla být stanovena jedna hodnota, tj. množství rozložitelné půdní organické hmoty. Mezi získanými hodnotami by tedy měl platit lineární vztah. Tabulka 3 uvádí korelační koeficienty lineární regrese mezi výsledky jednotlivých metod.

Nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů jsou v prvním řádku tabulky, kde se srovnávají výsledky Körschensovy metody s výsledky ostatních metod. Přitom, jak uvádí Körschens (1980), lineární vztah mezi množstvím „inertního“ humusu a množstvím jemných částic platí plně u půd písčitých, do 15 % jemných částic. Ve středně těžkých a těžkých půdách se od přímky mírně odchyluje.

II. Obsah „biomasy“ a „rozložitelného humusu“ vypočtený z inkubačních experimentů podle Franko (1981) a srovnání s počáteční respirační rychlostí a výsledky stanovení rozložitelného humusu podle Körschense (1980) — The content of „biomass“ and „decomposable humus“ calculated from incubation experiments after Franko (1981), and a comparison with the initial respiration rate; the results of determination of decomposable humus

Vzorek	Biomasa		Humus		Poč. rychlost respirace mg CO ₂ /100 g 10 hod.	Rozložitelný humus z tab. I mg C/100 g
	mg C 100 g	R	mg C 100 g	R		
Tachov	16,59	0,99	96,45	0,63	3,91	390
Cheb	14,30	0,98	55,74	0,97	6,51	70
Třeboň	8,41	0,99	52,12	0,99	4,56	240
Kroměříž	17,94	1,00	72,37	0,93	6,37	1450
Strachovice	19,45	0,99	88,53	0,89	8,90	780
Kostelec	25,17	0,99	58,12	0,89	6,01	270
Hněvčeves	13,66	0,95	39,99	0,89	5,07	40
Humpolec	23,12	0,98	52,74	0,84	9,80	570
Pohořelice	14,51	0,95	50,66	0,72	4,51	50
Ruzyně	15,64	0,86	27,26	0,95	4,75	160
Mysletín	24,66	0,96	46,16	0,87	7,62	1070
Vysoké	36,13	0,95	62,63	0,94	10,50	1580

III. Korelační koeficienty lineární regrese výsledků získaných jednotlivými metodami — Correlation coefficients of linear regression of the results obtained by various methods

Metody	Alkalický výluh	NG/B	Počáteční respirační rychlost	Humus	Biomasa
Jemný podíl	0,75	-0,13	0,66	0,36	0,69
Biomasa	0,64	-0,39	0,61	0,13	
Humus	0,03	-0,23	0,14		
Poč. resp. rychlost	-0,67	-0,41			
NG/B	0,25				

Lze tedy učinit následující závěr. Metoda stanovení rozložitelné části humusu porovnáním celkového obsahu humusu a podílu jemných částic poskytuje relativně velmi dobré výsledky a vzhledem k tomu, že pro její využití v praxi již existují alespoň přibližné podklady, je nutno ji považovat za velmi perspektivní. Stanovení obsahu těžko rozložitelné frakce humusu v půdě je jedním ze základních podkladů stanovení optimální hladiny humusu v daných půdních, klimatických a ekonomických podmínkách.

Literatura

- FRANKO, U.: Entwicklung und Erprobung einer Messapparatur zur Bestimmung der CO₂-Exhalation des Bodens unter Feldbedingungen sowie einige Modellvorstellungen zur Umsatzdynamik der organischen Bodensubstanz. (Promotionsarbeit.) FZB Müncheberg, Bereich Bad Lauchstädt, 1981.
- KÖRSCHENS, M.: Die Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz von Standortfaktoren und acker- und pflanzenbaulichen Massnahmen, ihre Beziehung zu Bodeneigenschaften und Ertrag sowie Gehalt des Bodens an organischer Substanz. (Promotionsarbeit.) Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, NDR 1980.
- KUBÁT, J. — VRŽÁKOVÁ, E.: Stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách ČSR. Rostl. Výr., 30, 1984, č. 11, s. 1145-1149.
- NOVÁK, B.: Využití biochemických testů v půdní mikrobiologii. [Docentská habil. práce.] Praha, VŠZ 1965.
- POKORNÁ, J. a kol.: Pracovní postupy biochemických a mikrobiologických testů. Praha-Ruzyně, VÚRV 1980.
- VALLA, M. — KOZÁK, J. — DRBAL, J.: Cvičení z půdoznalství II. Praha, SPN 1978.

Došlo dne 8. 2. 1985

KUBÁT, J. — VESELÝ, L. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): Possibilities of the Determination of the Decomposable Part of Humus in Different Soils of the Czech Socialist Republic. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 643-648.

Determination of the decomposable and indecomposable part of humus is one of the most important features for the determination of the proper level of humus in the respective soil, climatic and economic conditions. In 11 soil samples taken under different soil and climatic conditions of the Czech Socialist Republic, two new methods of determining this important value have been tested. The first is biological, in fact respiratory, and the other is physico-chemical (comparison of total humus and the content of small particles). The second method seems to be perspective for the practical application.

soil humus; soil respiration; stability of soil organic matter; texture

Adresa autorů:

Ing. Jaromír Kubát, CSc., ing. Ladislav Veselý, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

HODNOCENÍ INTOXIKACE PŮD V SEVEROČESKÉ HNĚDOUHELNÉ PÁNVI

Z. Facek

FACEK, Z. (Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Praha): *Hodnocení intoxikace půd v Severočeské hnědouhelné pánvi*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 649-654.

V exponovaných oblastech Severočeské hnědouhelné pánve jsou nejvíce půdy zatíženy kadmíem (hranice přípustnosti překročena u 25 % stanovišť), mangánem a zinkem. V obsahu olova nebyla překročena. Zvýšené zatížení niklem a chromem bylo zjištěno v oblasti Ústecka. Na Bilinsku a Mostecku vystupuje větší znečištění fluórem. Největší kontaminaci rostlin způsobilo olovo, výrazněji však fluór. S ohledem na nižší hodnoty v půdách (oproti ostravské aglomeraci) a vyšší v rostlinách lze soudit na větší přímé znečištění rostlin exhaláty. Po překrytí výsypky ornici, byly rostliny méně kontaminovány kadmíem. Vyšší obsah humusu u rostlých půd byl spojen s vyšší akumulací těžkých kovů v půdách i rostlinách. Na rostlých půdách neobdělávaných byly rostliny (trávy) více kontaminovány, než na půdách obdělávaných. Vliv různé zrnitostní skladby nebyl prokázán. U antropogenních půd různého stáří nelze časově hodnotit změny v důsledku různé doby expozice a původu materiálu. Stanovení obsahu fluóru v rostlinách při použití selektivní elektrody je méně spolehlivé.

těžké kovy; znečištění půd a rostlin; mezní hodnoty; rostlé půdy; výsypky

Severočeská hnědouhelná pánev v důsledku intenzivní důlní a průmyslové činnosti patří v současné době k nejvíce znečišťovaným oblastem atmosférickou depozicí. Ve srovnání s exponovanými oblastmi ostravské aglomerace, kdy byl na základě stupně znečištění a časového odstupu vypracován klasifikátor zatíženosti (Facek, 1985) některými prvky, jsme se pokusili o konfrontaci koncentrací některých z nich v půdě a rostlině.

Stanovení limitu přípustnosti znečišťujících látek pro půdy ve vztahu k stupni kontaminace rostlin je velmi obtížné v důsledku změn interakce v čase a prostoru při jejich různých formách, koncentracích a vzájemném působení v přímém atmosférickém prostředí rostlin a současně v půdním systému. Vedle nejkomplexnější práce Scheffera — Schachtschabela (1984) a Bowena (1979), bylo velmi podnětných příspěvků předneseno na konferenci „Zemědělství a životní prostředí“ v Pulawách (PLR 28.—30. 5. 1985) a celostátní konferenci „Působení imisí v biosféře“ konané 6. 6. 1985 v Praze. Pokud jde o těžké kovy, kterým je především v naší práci věnovaná pozornost, jsou v půdě málo pohyblivé a jen necelé 1 % je slabě rozpustné. V dešťové vodě je však většina kovů v rozpustné formě (Pb, Cd, Cu, Co, Mn, Sr, Ni, Zn). U půd je pufrční schopnost (pro Ni, Zn, Cd, Cu, Pb) především odvislá od sorpční schopnosti, obsahu organických látek a jílových minerálů. Procesu difúze se přikládá obecně rozhodující význam při vstupu těžkých

kovů do organominerálního sorpčního komplexu. V řadě prací se však jednoznačnost předpokladů a dosažených výsledků nezřídka rozchází, a proto také celostátní kontrola cizorodých látek v půdě, krmivech a poživatinách, která u nás vešla v platnost od roku 1984, nemá dosud pro zemědělskou půdu stanovené mezní hodnoty. Předložená práce dovoluje rozšířit poznání některých vzájemných hodnot v typické a značně exponované oblasti.

MATERIÁL A METODY

V daném území je nejvíce zatíženo Ústecko — až $100 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \text{SO}_2$, jinak patří do II. i I. zóny zatíženosti.

Vymezené lokality:

Ústecko — oblast v okolí plynárny Úžín:

1 — hnědá půda hlinitá; 2 — táž — TTP;

3 — výsypka (dolu A. Zápotocký), stáří 20 let, šedý jíl, převrstvena jílovitohlinitou ornici;

4 — táž bez převrstvení.

Bílinsko — oblast v okolí elektrárny Ledvice:

5 — hnědá půda hlinitá; 6 — táž — TTP;

7 — výsypka (dolu Jiřina), stáří 20–25 let, převrstvena ornici těžší povahy; 8 — táž — šedý jíl bez převrstvení.

Mostecko — oblast v okolí chemických závodů Záluží:

9 — lužní černozem jílovitohlinitá; 10 — táž — TTP;

11 — výsypka (Pařidla) stáří 20 let, převrstvena jílovitohlinitou ornici;

12 — výsypka (Hornojířetinská), stáří 15 let, šedý jíl bez převrstvení.

Vzorky půd byly odebrány z hloubky 5–10 cm a 25–30 cm, vzorky rostlin před a při sklizni v roce 1984 a v lednu 1985 vrstva povrchového sněhu.

V půdě byl stanoven obsah Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr v 1M HCl, F a SO_4 ve vodním výluhu a též C_{ox} . V rostlinách stanoveno Pb, Cd, Cr a Ni rozkladem na mokré cestě (H_2SO_4 — H_2O_2) — Javorský et al. (1984). Těžké kovy stanoveny AAS.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Nejvíce půd (tab. I) je zatíženo kadmíem (limit $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) — hranice překročena u 25 % stanovišť, dále Mn (600 mg) a Zn (60 mg). Obsah mědi je nízký a síra nepřesahuje limitní hodnoty (60 mg), tak jako olovo (60 mg), kde na žádném stanovišti nebyla mez překročena. V oblasti Ústecka byl ale zjištěn zvýšený obsah niklu (limit 36 mg) a chromu (15 mg). Na Bílinsku a Mostecku naopak podstatně vyšší obsah fluóru (limit 9 mg vodorozpustný), který byl také zaznamenán v odebraném vzorku sněhu.

V rostlinách se obsah olova nevymyká (obr. 1) přirozenému obsahu,

1. Obsah prvků v rostlinách jednotlivých lokalit — Element contents in plants from various localities

1 = ječmen jarní — mléčná zralost; zrno

2 = plev. travní porost

3 = směska ozimá — žito po vymetání

4 = směska ozimá — žito po vymetání

5 = směska jarní — oves

6 = plev. travní porost

7 = směska jarní — oves

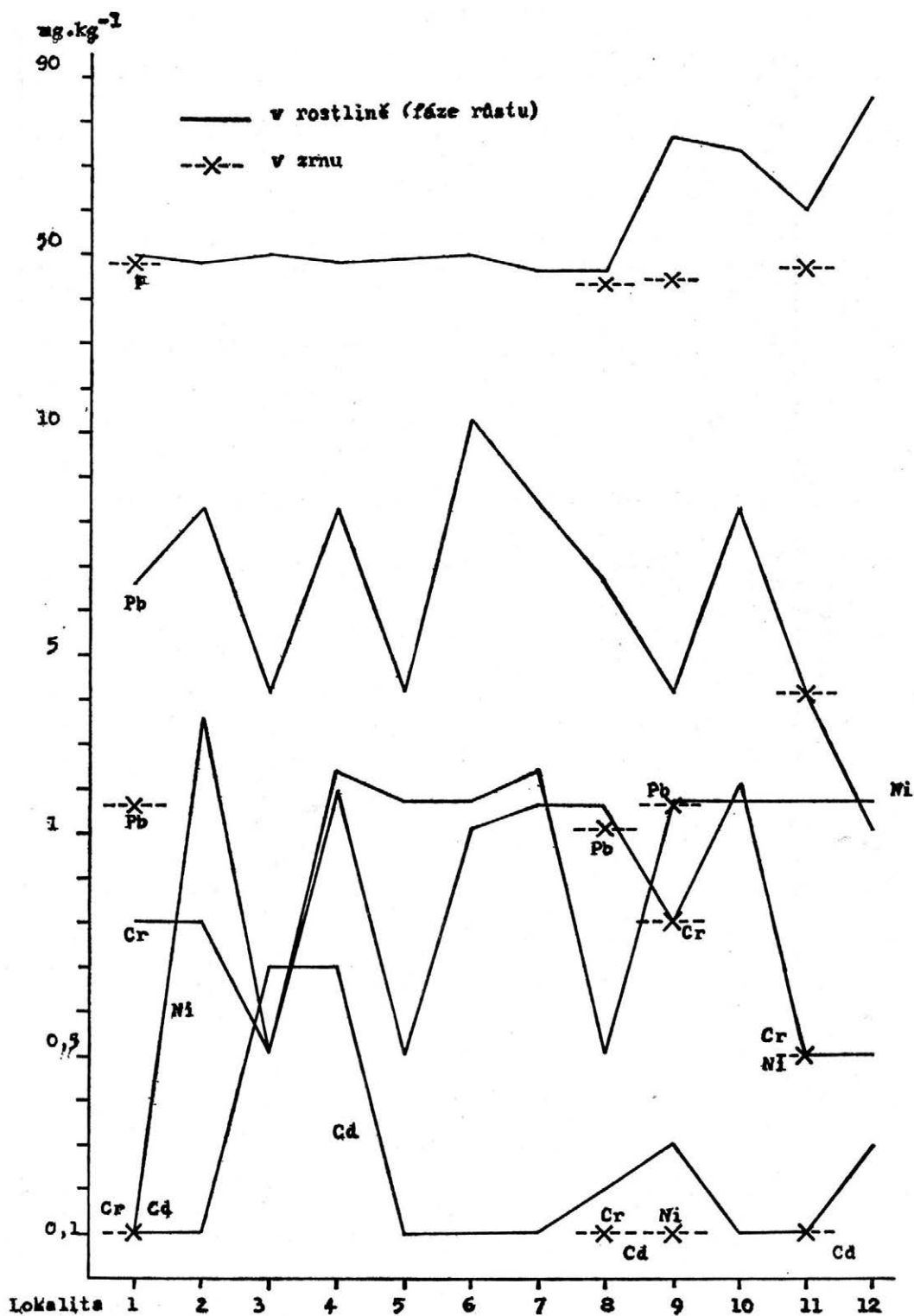
8 = pšenice ozimá — mléčná zralost; zrno

9 = pšenice ozimá — mléčná zralost; zrno

10 = plev. travní porost

11 = oves — mléčná zralost; zrno

12 = jetelotráva počátek květu



I. Výsledky rozboru půd a sněhu — Results of analyses of soils and snow

Číslo vzorku	Lokalita	Odběr												
		půda 1984 mg.kg ⁻¹										sníh 1985 mg.l ⁻¹		
		% C _{ox}	F	SO ₄	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Zn	Mn	pH	F	SO ₄
Ústí														
1 a	roslá orná	2,2	8	95	11	1,0	7	15	14	23	550			
b		1,7	8	95	13	0,7	7	13	12	19	415			
2 a	roslá neobděl.	3,6	9	115	31	1,5	12	36	20	68	900			
b		1,7	8	155	13	1,2	16	39	18	29	750			
3 a	s ornici	3,3	9	75	13	0,8	2	8	9	20	370			
b		1,4	8	95	14	0,8	1	8	9	19	360			
4 a	bez ornice	2,8	8	105	10	0,7	2	19	10	34	285	4,6	1,3	55
b		2,0	6	280	9	0,4	1	21	12	36	330			
Bílina														
5 a	roslá orná	2,1	9	85	19	0,9	2	9	10	27	315	4,6	2,1	45
b		1,9	9	115	14	0,9	2	7	10	30	295			
6 a	roslá neobděl.	3,1	13	85	23	1,7	2	7	10	81	315			
b		2,4	12	55	19	1,7	2	7	10	63	300			
7 a	s ornici	2,2	14	200	13	0,9	2	7	8	22	275			
b		1,8	12	135	15	1,0	2	7	8	23	275			
8 a	bez ornice	1,4	14	35	8	0,3	7	9	6	19	285			
b		1,2	14	635	7	0,4	7	9	5	20	265			
Most														
9 a	roslá orná	3,0	14	35	21	1,2	3	8	13	19	260			
b		2,4	14	85	17	1,2	2	9	13	19	315	5,7	2,1	55
10 a	roslá neobděl.	2,7	18	115	19	0,9	2	8	14	24	315			
b		2,8	19	135	18	0,9	2	8	13	20	200			
11 a	s ornici	2,6	10	105	6	0,9	2	9	14	28	425			
b		2,3	9	240	17	0,8	2	9	15	28	405			
12 a	bez ornice	2,7	9	210	7	0,5	5	15	10	31	950	4,6	2,0	30
b		2,1	9	125	8	0,7	6	16	10	30	950			

a = hloubka odběru 5–10 cm

b = hloubka odběru 25–30 cm

ale opět u travního porostu (lokalita 6) při obsahu 23 mg v půdě byla přirozená mez překročena (12,4 mg). Také v zrne byla potravinová norma (1 mg) překročena při relativně nízkém obsahu olova v půdě (do 21 mg). Kletečka a Niklasová (1985) uvádějí, že na olovo jsou citlivější trávy než obilniny a že jednonásobně se zvýší obsah v rostlině při koncentraci o řád vyšší, než byla námi zjištěna v půdě.

V ozimém žitu (lokalita 3, 4) byl obsah kadmia až o řád vyšší než činí přirozený obsah v rostlinách. V zrne se nedá pro danou citlivost analýzy jeho množství spolehlivěji posoudit.

Obsah chrómu v rostlinách převyšoval jak přirozený obsah, tak potravinovou normu (zrno), a to i při nízké koncentraci v půdě.

U niklu nebyla zaznamenána zvýšená koncentrace, ale obsah v rostlině důsledněji kopíroval jeho zastoupení v půdě.

Množství fluóru převyšovalo přirozený obsah v rostlině a rovněž potravinovou normu (zrno). Stanovení fluóru v rostlině selektivní elektrodou však se nám zdá méně spolehlivé, ale dovoluje posoudit relaci hodnot.

Uvedené anomálie u rostlin bude nutno přičíst též přímému vstupu znečišťujících látek z atmosférické depozice, její analýzu se nepodařilo zajistit.

U výsypky překryté ornici byly rostliny méně kontaminovány kadmíem než bez ornice. U rostlých půd byl vyšší obsah humusu spojen s větší koncentrací těžkých kovů (v půdě i v rostlině). Travní porost na rostlé půdě neobděláné měl podstatně vyšší obsah těžkých kovů než porost na půdě obděláné. Vliv zrnitostní skladby hlinité — jílovitohlinitá — jíl nedovoluje posouzení.

Literatura

BOWEN, H. J. A.: Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London 1979.

FACEK, Z.: Hodnocení znečištění půd v ostravské aglomeraci. Rostl. Výr., 31, 1985, č. 11, s. 1187-1196.

JAVORSKÝ, P. a kol.: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. MZVŽ ČSR, 1984, s. 121.

KLETEČKA, J. — NIKLASOVÁ, Z.: Zhodnocení vlivu olova v půdě na některé druhy rostlin z čeledi lipnicovitých a vikvovitých. Rostl. Výr., (v tisku).

SCHEFFER, F. — SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. neubearbeitete Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1984.

Došlo dne 10. 1. 1986

ФАЦЕК, З. (НИИ плодородия почв, Прага): Оценка интоксикации почв в Северочешском бурогольном бассейне. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 649-654.

В стоящих под угрозой областях бассейна почвы больше всего загружены кадмием (пределы допустимости превышены в 25 % участков), марганцем и цинком. Что касается свинца, пределы не превышены. Повышенная загрузка никелем и хромом отмечена в районе Усти, а фтором — в Билинской и Мостецкой областях. Наиболее контаминирует растения свинец, в меньшей мере кадмий и хром, а фтор несколько сильнее. С учетом меньших значений элементов в почвах (по сравн. с остравской агломерацией) и повышенных в растениях, можно судить о значительно непосредственном загрязнении растений выбросами. После переслаивания отвалов пахотными слоями растения уже менее контаминируются кадмием. Повышенное содержание гумуса в естественном грунте связано с повышенным скоплением тяжелых металлов в почвах и растениях. На необрабатываемых естественных грунтах растения (травостой) контаминируются в большей мере, чем на обрабатываемых. Влияния грану-

лометрического состава не отмечено. На антропогенных разновозрастных почвах нельзя устанавливать изменения в хронологическом порядке из-за разного срока подвергания выбросам и происхождения материала. Содержание фтора в растениях с помощью селективного электрода не очень надежно.

тяжелые металлы; загрязнение почв и растений; предельные значения; естественный грунт; отвалы

FACEK, Z. (Research Institute for Soil Improvement, Praha): *Evaluation of Soil Intoxication in the North-Bohemian Lignite Basin*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 649-654.

In the areas of the North-Bohemian Lignite Basin exposed to industrial pollution, the soils are contaminated most seriously with cadmium (tolerance limit exceeded in 25 % of sites), manganese and zinc. The limit was not exceeded in the case of lead content. Increased levels of nickel and chromium were recorded in the area around Ústí nad Labem. Fluorine contamination prevails in the Bílina and Most regions. As to plants, the greatest contamination was caused by lead; the cadmium and chromium contamination levels were lower but fluorine contamination was high. Unlike in the Ostrava agglomeration, the levels of elements are lower in the soil than in plants in northern Bohemia; this suggests that there is a higher direct contamination of plants with air-borne emissions. When topsoil was spread over the surface of a dump, the plants were less contaminated with cadmium. The higher content of humus in natural soils was associated with a higher accumulation of heavy metals in soils and plants. In uncultivated natural soils the plants (grasses) were more contaminated than in cultivated soils. The different mechanical condition was not found to have any influence. In anthropogenic soils of various age it is impossible to evaluate the changes with time owing to different exposure time and origin of material. The determination of fluorine content in plants with the use of a selective electrode is less reliable.

heavy metals; soils and plant contamination; limit values; natural soils; dumps

FACEK, Z. (Forschungsinstitut für Bodenfruchtbarkeit, Praha): *Auswertung der Intoxikation von Böden im Nordböhmischem Braunkohlenbecken*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 649-654.

In den exponierten Gebieten des Nordböhmischem Braunkohlenbeckens sind die Böden am stärksten durch Kadmium (die Zulässigkeitsgrenze ist bei 25 % der Standorte überschritten), Mangan und Zink belastet. In bezug auf den Bleigehalt waren die Grenzwerte nicht überschritten. Eine erhöhte Belastung durch Nickel und Chrom wurde in der Umgebung von Ústí n. Lab. festgestellt. Um Bílina und Most herum äußert sich eine höhere Verunreinigung durch Fluor. Die höchste Kontamination von Pflanzen verursachte Blei, etwas weniger Kadmium und Chrom, markanter jedoch Fluor. Im Hinblick auf niedrigere Werte der Elemente in den Böden (im Vergleich mit der Industrieagglomeration von Ostrava) und höhere Werte in Pflanzen ist auf eine höhere direkte Verunreinigung von Pflanzen durch Exhale zu schließen. Nach einer Überdeckung der Abraumkippen durch ackerfähigen Boden waren die Pflanzen durch das Kadmium weniger kontaminiert. Ein höherer Humusgehalt in Naturböden war mit einer höheren Akkumulation von Schwermetallen sowohl in Böden als auch in Pflanzen verbunden. Auf unbestellten Naturböden waren die Pflanzen (Gräser) massiver kontaminiert als auf bestellten Böden. Ein Einfluß unterschiedlicher Körnungsbestandteile konnte nicht nachgewiesen werden. Bei anthropogenen Böden verschiedenen Alters können die Veränderungen infolge unterschiedlicher Expositionszeiten und diversen Ursprungs des Materials zeitlich nicht bewertet werden. Eine Bestimmung des Fluorgehalts in Pflanzen unter Anwendung von Selektivelektroden ist nur bedingt verlässlich.

Schwermetalle; Verunreinigung von Böden und Pflanzen; Grenzwerte; Naturböden; Abraumkippen

Adresa autora:

Dr. ing. Zbyněk Facek, CSc., Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, Žabovřeská 250, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

HUMUS HLINITÉ ČERNOZEMĚ PO DLOUHODOBÉ ZÁVLAZE PŘI RŮZNÝCH AGROTECHNICKÝCH OPATŘENÍCH

J. Juřenčák

JUŘENČÁK, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Humus hlinité černozemě po dlouhodobé závlaze při různých agrotechnických opatřeních*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 655-664.

U osmi parcel (2 osevní sledy — A, B, každý se dvěma variantami hnojení v kombinacích se závlahou a bez závlahy), vybraných ze stacionárního pokusu, bylo při kontrole humusu po 14 letech sledování zjištěno: Při závlaze s každoročním minerálním hnojením byla nápadně snížena zásoba celkového humusu, hlavně v osevním sledu A (čtyři roky po sobě kukuřice, pak střídavě 2—1 rok ozimá pšenice a kukuřice) oproti jeho hladině u kontrolních dílců bez závlahy. Dosti značně poklesl i obsah humusových látek, huminových kyselin i jejich frakce vázané na Ca, jakož i podíl reziduálního uhlíku v půdě, i ve vztahu k C_{ox} . V orniční vrstvě 0—30 cm se evidentně snížil obsah fulvokyselin, ovšem při jejich téměř ekvivalentním zvýšení v hloubce 30—45 cm. V podorničních vrstvách převažovaly pak fulvokyseliny nad kyselinami huminovými, a to i v osevním sledu B, ve kterém na rozdíl od A, byla po 12 a 13 letech místo kukuřice zařazena vojtěška, s předchozím přívápněním mletým vápencem (2 t.ha⁻¹). Velmi markantní bylo též okyselení půdy, hlavně u povrchové vrstvy 0—15 cm v osevním sledu A. Negativní vliv závlahy na půdní reakci, celkový obsah humusu i jeho kvalitu se však neprojevil u varianty hnojení i chlévským hnojem po 4., 7. a 12. roce pokusu (30 t.ha⁻¹). Vojtěška přispěla k zvýšení množství i kvality humusu, relativně intenzivněji v podorničních vrstvách 30—60 cm.

humus a jeho frakce; půdní kyselost; závlaha; minerální hnojení; hnojení chlévským hnojem; osevní sled

S ekologicky pozitivní funkcí závlahy, která je důležitým antropogenním činitelem při intenzifikaci a stabilizaci zemědělské výroby, vystupuje v současné době u nás i v zahraničí do popředí otázka jejího vlivu na půdní prostředí. Zjišťuje se totiž, že působením závlahy vývoj půdních vlastností a procesů neprobíhá vždy pozitivním směrem. Tak např. Taškuzijev — Aslanov (1971) konstatovali při zavlažování půd nejdříve snížení obsahu jejich celkového humusu, ale později uvádějí jeho obsah vyšší. U humusových látek Pratt (1957) po 28leté závlaze seznává při běžné agrotechnice neměnný stav. Ke stejnému závěru po 13 letech závlahy na jílovitohlinité půdě dochází i Vittum et al. (1968). Ambrožová et al. (1966) zjistili však u zavlažovaných půd zvýšení humusu, ale při řazení též vytrvalých píceň do osevního sledu. Mnoho prací dokumentuje u zavlažovaných půd různě intenzivní zhoršování základních fyzikálních vlastností (Facek, 1964; Haslbach — Kláška, 1971; Gusak, 1961, a jiní). Někteří zjistili,

že nepříznivé vlivy závlahy jsou výrazně omezovány střídáním plodin v osevním postupu, organickým hnojením, zpracováním půdy apod.

V tomto sdělení se uvádějí poznatky z kontroly humusu a jeho komponent u černozemě v kukuřičné oblasti po 14leté závlaze v interakci s některými agrotechnickými vlivy ve srovnání se stavem humusu u parcel nezavlažovaných.

Získané výsledky mohou přispět hlavně k udržení, případně i terapii půdní úrodnosti při rostlinné výrobě s dlouhodobou závlahou. Tato problematika je zvláště významná pro svou aktuálnost s ohledem na značný rozsah plánované závlahy, která má v příštích letech do naší soustavy hospodaření na půdě vstoupit jako trvalý intenzifikační činitel, a ne pouze jako prostředek pro zabezpečování rostlinné produkce v obdobích sucha.

MATERIÁL A METODY

Kontrola humusu byla konána u pokračujícího stacionárního hnojařského pokusu se závlahou, založeném v roce 1970 v kukuřičné výrobní oblasti na pozemcích VÚZA v Hrušovanech u Brna (katastrální území Pohorelice - Velký Dvůr).

Průměrná roční teplota oblasti je 8,8 °C a průměrný úhrn ročních srážek 556 mm. Půda na pokusných pozemcích je hlinitá černozem na spraši se střední zásobou přijatelných živin a sorpčně nasycena. Zrnitostní spektrum po hloubce profilu černozemě je uvedeno v tabulce I.

I. Průměrné procentické zrnitostní složení černozemě — The average percent granularity structure of chernozem

Hloubka cm	Zrnitostní frakce v mm						
	2,00	0,25	0,05	0,01	< 0,001	< 0,05	< 0,01
	— 0,25	— 0,05	— 0,01	— 0,001			
0—30	4,4	13,8	43,0	20,3	18,5	81,8	38,8
30—45	3,8	13,7	43,1	20,8	18,6	82,5	39,4
45—60	2,4	13,6	46,3	21,1	16,5	83,9	37,6

V roce 1970 byla celá pokusná plocha oseta vyrovnávací plodinou jarní směskou na zeleno. Po její sklizni následovala kukuřice na siláž, ke které bylo hnojeno chlévským hnojem 90 t. ha⁻¹. V pokuse byly praktikovány oba osevní sledy A a B při rozdílných variantách zpracování půdy.

Sled A: 1971—1973 kukuřice na zrno, 1974 — kukuřice na siláž, 1975 až 1976 — ozimá pšenice, 1977 — kukuřice na zrno, 1978 až 1979 — ozimá pšenice, 1980 — kukuřice na zrno, 1981 — ozimá pšenice, 1982 až 1983 kukuřice na zrno, 1984 — ozimá pšenice (pšenice 'Vala', kukuřice 'CE-268').

Sled B se od sledu A lišil zařazením vojtěšky v letech 1982 a 1983.

Pro kontrolu humusu bylo v roce 1984 vybráno ze stacionárního pokusu osm parcel (výměra pokusné parcely 9 X 6 m), které byly zpracovávány v průběhu pokusu orbou na 30 cm. Čtyři parcely byly s osevním sledem A, další čtyři se sledem B. Polovina parcel u obou osevních sledů byla pod doplňkovou závlahou (Z — parcely zavlažované, K — parcely kontrolní bez závlahy). Průměrná roční intenzita závlahy byla 180 mm. Zavlažováno bylo na úroveň polní kapacity, když zásoba půdní vody poklesla na 60 % využitelné vodní kapacity. Kontrola půdní vlhkosti byla prováděna gravimetricky.

II. Průměrné experimentální hodnoty celkového humusu, jeho frakcí a půdní kyselosti — The average experimental values of total humus, humus fractions, and soil acidity

Osevní sled	Závlahy	Hnojení	Hloubka odběru	C _{ox}	C _{HL}	C _{HK}	C _{PK}	C _{HK}		pH	
								váz. s Ca	vol. a váz. s R ₂ O ₃	(H ₂ O)	(KCl)
				% v půdě							
A	K	h ₀	1	1,47	0,573	0,346	0,227	0,242	0,104	7,9	7,3
			2	1,32	0,454	0,298	0,156	0,250	0,048	8,3	7,6
			3	1,24	0,454	0,287	0,167	0,245	0,042	8,4	7,7
		h ₂	1	1,73	0,561	0,334	0,227	0,247	0,087	8,3	7,6
			2	1,41	0,430	0,251	0,179	0,204	0,047	8,2	7,5
			3	1,17	0,370	0,251	0,119	0,222	0,029	7,4	7,0
	Z	h ₀	1	0,88	0,263	0,132	0,131	0,110	0,022	5,9	5,5
			2	1,39	0,466	0,227	0,239	0,168	0,059	7,4	6,5
			3	0,59	0,191	0,048	0,143	0,036	0,022	7,7	6,8
		h ₂	1	1,66	0,513	0,322	0,191	0,262	0,060	7,7	7,1
			2	1,57	0,430	0,251	0,179	0,200	0,051	8,0	7,2
			3	0,79	0,227	0,096	0,131	0,073	0,023	8,3	7,5
B	K	h ₀	1	1,27	0,466	0,263	0,203	0,213	0,050	8,3	7,5
			2	1,31	0,466	0,263	0,203	0,219	0,044	8,3	7,3
			3	1,11	0,418	0,263	0,155	0,239	0,024	8,5	7,8
		h ₂	1	1,64	0,513	0,298	0,215	0,254	0,044	8,3	7,5
			2	1,28	0,466	0,287	0,179	0,247	0,040	8,4	7,6
			3	1,02	0,334	0,155	0,179	0,133	0,022	8,4	7,6
	Z	h ₀	1	1,59	0,442	0,251	0,191	0,211	0,040	7,7	6,1
			2	1,17	0,346	0,143	0,203	0,119	0,024	7,2	6,4
			3	0,70	0,179	0,084	0,095	0,065	0,019	8,1	7,2
		h ₂	1	1,79	0,537	0,310	0,227	0,257	0,053	8,3	7,0
			2	1,38	0,454	0,275	0,179	0,239	0,036	7,9	7,2
			3	1,07	0,334	0,191	0,143	0,170	0,021	8,0	7,1

Osevní sled: A — bez vojtěšky; B — s vojtěškou

Závlaha: K — bez závlahy; Z — se závlahou

Hnojení: h₀ — minerální hnojení; h₂ — minerální hnojení + periodicky chlévský hnůj

Hloubka odběru: 1 = 0–30 cm; 2 = 30–45 cm; 3 = 45–60 cm;

[pro pH(H₂O) i pH(HCl: 1 = 0–15 cm; 2 = 15–30 cm; 3 = 45–60 cm]

III. Výsledky analýzy rozptylu. Průměrné čtvercové odchylky z experimentálních hodnot viz tab. II — The results of the analysis of variance. The average square deviations from the experimental values cf. Tab. II

Zdroj proměnlivosti	Stupeň volnosti	Uhlík humusu a jeho frakcí v půdě							$\frac{C_{HK}}{C_{FK}}$	pH (H ₂ O)
		C _{ox}	C _{HL}	C _{HK}	C _{FK}	C _{HKCa}	C _{HKR₂O₃}	C zbytek		
A — osevní postup	1	0,0005	0,00002	0,00015	0,00029	0,00057	0,00130 ⁺	0,00032	0,0360	0,63
B — závlaha	1	0,0805	0,05255 ⁺	0,03888 ⁺	0,00103	0,02768 ⁺	0,00095 ⁺	0,00297	1,0542	1,74 ⁺
C — hnojení	1	0,2542	0,00848	0,00721	0,00005	0,00670	0,00001	0,16985 ⁺	0,2147	0,48
D — hloubka	2	1,2556 ⁺⁺	0,06227 ⁺	0,02560	0,00808 ⁺	0,01322	0,00209 ⁺⁺	0,29469 ⁺⁺	0,0662	0,18
A × B	1	0,0975	0,00605	0,00721	0,00005	0,00446	0,00033	0,05501	0,3775	0,01
A × C	1	0,0070	0,00152	0,00028	0,00050	0,00019	0,00001	0,01505	0,0084	0,04
A × D	2	0,0766	0,00031	0,00016	0,00010	0,00016	0,00010	0,03182	0,0053	0,26
B × C	1	0,0828	0,02428	0,02066	0,00016	0,01515	0,00042	0,01733	0,5075	1,02
B × D	2	0,1700	0,00864	0,00435	0,00174	0,00530	0,00035	0,04097	0,2471	0,24
C × D	2	0,1161	0,00496	0,00213	0,00116	0,00153	0,00005	0,02909	0,0141	0,28
A × B × C	1	0,0051	0,00002	0,00000	0,00005	0,00001	0,00001	0,00586	0,0003	0,19
A × B × D	2	0,1273	0,00802	0,00186	0,00193	0,00201	0,00068	0,02655	0,1855	0,32
A × C × D	2	0,0244	0,00246	0,00231	0,00086	0,00189	0,00004	0,00544	0,1840	0,03
B × C × D	2	0,0127	0,00244	0,00452	0,00102	0,00061	0,00015	0,00346	0,0215	0,01
Tech. chyba	2	0,0617	0,00463	0,00436	0,00050	0,00251	0,00011	0,01160	0,1529	0,18

+ $P \geq 0,1$ ++ $P \geq 0,05$

Zavlažované i nezavlažované varianty u každého osevního sledu byly kombinovány s dvěmi variantami hnojení — varianta hnojení h₂: v roce 1974, 1977 a 1982 hnojena chlévským hnojem 30 t. ha⁻¹ a každoročně i průmyslovými hnojivy v dávce 130 kg dusíku, 35,2 kg fosforu a 100 kg draslíku na ha. Varianta h₃ po základním hnojení chlévským hnojem v roce 1970 byla každoročně hnojena jen minerálně ve stejné vysokých dávkách jako varianta h₂. Parcely v osevním sledu B byly v roce 1981 po sklizni ozimé pšenice vápněny mletým vápencem (2 t. ha⁻¹).

Pro kontrolu humusu byly půdní vzorky odebrány 23. 10. 1984 ze strniště po ozimé pšenici z hloubek půdy 0–30 cm, 30–45 cm a 45–60 cm. K analýze celkového humusu bylo použito metody podle Tjurina a k rozboru jeho frakčního složení zjednodušené metody podle Kononové-Bělčikové (Hraško et al., 1962). Zrnitostní složení půdy bylo zjištěno pipetováním. Aktivní a výměnná kyselost byly stanoveny potenciometricky.

VÝSLEDKY

Experimentální hodnoty získané kontrolou celkového obsahu humusu a jeho frakčního složení jsou uvedeny v tabulce II. Účinek sledovaných faktorů na variabilitu humusu i jeho jednotlivé komponenty byl vyhodnocen metodou analýzy rozptylu s pevnými efekty (tab. III, IV). Významnost kontrastů byla ověřena *T*-metodou.

IV. Výsledky analýzy rozptylu. Průměrné čtvercové odchylky procentického zastoupení humusových frakcí v relaci C_{ox} — The results of the analysis of variance. The average square deviations of the percent proportions of humic fractions in the C_{ox} relation

Zdroj proměnlivosti	Stupeň volnosti	Uhlík frakcí humusu					
		C _{HL}	C _{HK}	C _{FK}	C _{HK}		C zbytek
					vázaný s Ca	volný a vázaný s R ₂ O ₃	
A — osev. postup	1	0,001	0,02	0,02	7,48	6,83 ⁺⁺	0,001
B — závlaha	1	125,6 ⁺⁺	180,4 ⁺	5,32	143,1 ⁺⁺	2,28	125,6 ⁺⁺
C — hnojení	1	21,47	0,54	28,82 ⁺	3,38	1,13	21,47
D — hloubka	2	0,44	8,93	6,71	3,01	2,42	0,44
A × B	1	5,70	10,14	30,87 ⁺	7,93	0,11	5,70
A × C	1	27,52 ⁺	3,08	11,44	1,60	0,28	27,52 ⁺
A × D	2	7,59	2,95	5,12	1,30	0,32	7,59
B × C	1	31,51 ⁺	74,91	9,45	60,8 ⁺	0,81	31,51 ⁺
B × D	2	2,16	12,27	11,84	23,9	2,21	2,16
C × D	2	0,28	1,29	0,32	0,84	0,07	0,28
A × B × C	1	8,05	0,88	4,25	1,40	0,04	8,05
A × B × D	2	1,77	10,31	15,02	11,9	1,72	1,77
A × C × D	2	4,32	3,88	7,96	12,9	0,07	4,32
B × C × D	2	7,69	3,35	1,78	6,20	1,02	7,69
Tech. chyba	2	2,64	15,92	3,57	5,44	0,293	2,64

+ *P* ≤ 0,1 ++ *P* ≤ 0,05

Podle výsledků analýzy variance u celkové zásoby humusu vynikly jeho difference po půdním profilu, za průkazného úbytku do hloubky. Vyšší průměrné úrovně, téměř na 90% hladině průkaznosti, dosáhl obsah humusu u varianty hnojené minerálně a periodicky i chlévským hnojem oproti variantě hnojené jen průmyslovými hnojivy. Podle základní hypotézy se zásoba humusu snížila též závlahou skoro až k hranici významnosti $P = 0,1 \%$, ovšem v interakci závlaha $\times$ osevní sled je zřejmé, že tomu tak bylo jen v osevním sledu bez vojtěšky. Zařazením této vytrvalé pícniny došlo tedy u zavlažovaných parcel oproti zavlažovaným parcelám v osevním sledu bez vojtěšky k určité tendenci v obohacení půdy humusem, nápadněji u parcel hnojených i chlévským hnojem.

Závlaha zásahla poněkud radikálněji i v obsahu humusových látek. Účinkem závlahy se snížil jejich obsah oproti zastoupení u parcel nezavlažovaných, a to na úrovni průkaznosti $P = 0,1 \%$ při zvýrazněném kontrastu i ve vztahu k C_{ox} . U variant v osevním sledu s vojtěškou a periodicky hnojených i chlévským hnojem, vykazoval obsah humusových látek slabší vzestupnou tendenci. Jejich úroveň ve sledovaných vrstvách do hloubky půdního profilu téměř průkazně klesala. Jinak byl dosti těsný vztah mezi obsahem C_{HL} a C_{ox} z hlediska všech sledovaných faktorů, včetně jejich vzájemných interakcí ($r_s = 0,854$, při $n = 24$).

Huminové kyseliny doznaly v podstatě tutéž variabilitu a na téže hladině významnosti, jakou měly humusové látky. Vyplývá to i z těsného vzájemného vztahu jejich obsahu ($r_s = 0,905$). Podle základní hypotézy o vlivu závlahy došlo tedy k redukci huminových kyselin za sestupné tendence jejich obsahu do hloubky půdního profilu, a to i v relaci k C_{ox} . Varianty hnojené chlévským hnojem se oproti hnojeným jen minerálně vyznačovaly poněkud vyšší hladinou huminových kyselin při prakticky shodné úrovni u obou osevních sledů.

Fulvokyseliny, jako nízkomolekulární látky rozpustné i ve vodě, prokázaly poněkud nápadnější rozdíly ve svém zastoupení v půdě jen po hloubce 30—45 cm s absolutním maximem u parcel v osevním sledu bez vojtěšky. Ve vztahu k C_{ox} byla zjevná jejich vzestupná tendence u zavlažovaných parcel. Ovšem v interakci osevní sled $\times$ závlaha byl dosti evidentní relativní pokles fulvokyselin vůči C_{ox} u varianty v osevním sledu s vojtěškou při závlaze. To svědčí o určitém relativním zkvalitnění humusu oproti zavlažovaným variantám v osevním sledu bez této vytrvalé pícniny. Zastoupení fulvokyselin ve vztahu k C_{ox} se zvlášť nápadněji zvýšilo u parcel hnojených jen minerálně, za mírné gradace do hloubky profilu, především u osevního sledu bez vojtěšky se závlahou.

Při vyjádření kvality humusu poměrem $CHK : CFK$ v půdě, byla zjevná tendence negativního vlivu závlahy v podorničních vrstvách, zejména při pouhém minerálním hnojení, neboť obsah fulvokyselin již značně převládl nad kyselinami huminovými, hlavně v hloubce 45—60 cm v osevním sledu bez vojtěšky. Přitom se též snížily i hodnoty pH aktivní a výměnné kyselosti, potvrzující za těchto podmínek i souběžné okyselení půdy, jež bylo nejintenzivnější v povrchové vrstvě 0—15 cm. U variant hnojených i chlévským hnojem a zařazením vojtěšky do osevního sledu, byl tento ekologicky nežádoucí jev prakticky zcela eliminován.

V hierarchii vlivu sledovaných faktorů na podíl huminových kyselin, vázaných na vápník a hořčík, především jako humát vápenatý a hořečnatý, vystoupila do popředí opět závlaha, ale s negativním účinkem na procentické zastoupení této agronomicky nejcennější frakce, zejména

v hloubce 45—60 cm při minerálním hnojení. Tento negativní vliv závlahy zesílil ještě u jejich obsahu ve vztahu k C_{ox} , ale bez průkazných diferencí u sledovaných vrstev půdního profilu.

U parcel se závlahou bylo zaznamenáno nápadné snížení procenticky málo zastoupených huminových kyselin volných i vázaných na R_2O_3 , s kontrastem na 90% hladině průkaznosti, a to i v poměru k celkovému humusu. Obdobný pokles této frakce byl zjištěn i v osevním sledu s vojtěškou, který se zvláště signifikantně projevil rovněž v relaci k C_{ox} . Jejich rozdělení po profilu se do hloubky významně snižovalo, avšak s neprůkaznou intenzitou s ohledem na jejich zastoupení v C_{ox} .

Poměrně vysoký obsah zbytku uhlíku, tedy hlavně huminů, vázaných na minerální podíl půdy, dominoval hlavně zvýšeným množstvím s maximem v ornici u parcel hnojených i chlévským hnojem, bez ovlivnění jeho úrovně osevním sledem nebo závlahou. Ovšem režimem vlhkosti zavlažovaných variant se významně zvýšil jeho podíl v relaci k C_{ox} , současně za značně vzestupné tendence při hnojení chlévským hnojem.

DISKUSE

I když charakter humusu z hlediska jeho množství, kvality i distribuce po půdním profilu byl v základě determinován půdním typem, přesto jeho celková bilance podle sledovaných variant svědčí o specifiku humifikace i mineralizace podle pokusných zásahů. Ochuzování půdy humusem u parcel při závlaze a pouhém minerálním hnojení, tedy bez současného vnášení organické hmoty, bylo zřejmě výsledkem intenzivnější humifikace, která rychleji přecházela v mineralizaci, tedy narušením harmonického poměru mezi přímou humifikací ústrojné hmoty a její přeměnou v kvalitní humus. Tím došlo nejen k zvýšené ztrátě humusu, ale i zhoršení jeho kvality, neboť chemické i biochemické procesy směřovaly k poklesu huminových kyselin i jejich agronomicky velmi významného podílu, vázaného zejména ve formě Ca Mg-humátů, které jsou velmi stálé a odolné proti rozkladu a funkčně velmi důležité pro vytváření tmelících látek a tedy tvorbu i udržení kvalitní půdní struktury a dalších vlastností půdy. Silnou mineralizací organických látek v zavlažovaných půdách konstatovala též Kononová (1955), Ryžov — Zijamuchmedov (1971) a jiní. Pokles obsahu humusových látek i huminových kyselin potvrdili při 18leté závlaze též Varanovskaja — Azovcev (1974) aj., kteří změny připisují vymývání humusových složek do spodin půdního profilu.

Negativním jevem při zavlažování parcel, hnojených jen minerálně, byl i úbytek huminových kyselin, vázaných na R_2O_3 , jejichž vazby, zprostředkovány kysličníky, jsou však poněkud slabší.

Podle vysokého podílu fulvokyselin u zavlažovaných parcel s maximem v hloubce 30—45 cm, nebo zúženého poměru HK : FK, který svým poklesem kulminoval v hloubce 45—60 cm u kombinace závlahy s pouhým minerálním hnojením, se dá usuzovat, že při rozpustnosti fulvokyselin ve vodě i jejich pohyblivosti v půdním profilu, za relativně zvýšené vlhkosti půdy závlahou, se pak tyto látky postupně koncentrovaly v hlubších vrstvách a obohacovaly především podorničí. Na vymývání fulvokyselin do spodin půdního profilu na základě významných změn v poměru HK : FK, při zvýšené humiditě půdního prostředí u černozemě závlahou,

upozorňují i Baranovskaja — Azovcev, (1978). Vyšší podíl FK v humusových látkách za poklesu HK a pak i převaha FK na HK při závlaze u parcel s pouhým minerálním hnojením, působily negativně i přes vysokou přirozenou ústojčivost černozemě na hodnoty pH, a tedy na zvýšení aktivní i výměnné kyselosti. Při hodnotě výměnné kyselosti < 6 , jako tomu bylo v ornici, nesporně pak poklesl i stupeň sorpčního nasycení (Sirový — Fack, 1967). Vittum et al. (1968) ve své studii uvádějí u zavlažovaných variant, hnojených jen minerálně, rovněž průkazné snížení těchto hodnot pH. K obdobným poznatkům ze svých prací došli též Haselbach — Klačka (1975).

Z množství a kvality humusu u sledovaných parcel je možno též soudit, že periodickou aplikací chlévského hnoje u zavlažovaných parcel dochází oproti parcelám hnojeným pouze minerálně k relativně retardaci humifikace i mineralizace, za určitého zesílení při zařazení vojtěšky do osevního sledu. Jelikož tyto procesy pak probíhaly prakticky na úrovni parcel organicky hnojených a nezavlažovaných, to znamená, že periodickým hnojením chlévským hnojem se zcela eliminoval negativní vliv závlahy na humifikaci. Vliv vojtěšky se v tomto procesu uplatňoval při závlaze a minerálním hnojení hlavně v ornici, a při hnojení chlévským hnojem částečně i v podorniči. Pozitivní ekologickou účinnost vojtěšky na zkvalitnění humusu v podorničních vrstvách při závlaze, dokumentuje zejména relativně zvýšený podíl huminových kyselin v půdě a pak i vyšší relace HK : FK v osevním sledu s touto vytrvalou pícninou. Kutílek (1978) upozorňuje, že víceleté pícniny, vojtěška, jetel, rozmnožením kořenové hmoty přispívají k obohacení půdy humusem. Současně připomíná, že je nutné dbát i na dostatečné rozmnožování kvalitního humusu hnojením čerstvými organickými hmotami, neboť humusové polární látky jsou neaktivnější ve stavu zrodu, a tehdy vytvářejí i nejpevnější vazby. Nyíri (1973) kladě důraz i na vápnění, kterým se velmi rychle mění vlastnosti půd, zejména hodnoty pH a tím i kvalita humusu.

Z dosavadních výsledků kontroly humusu a jeho složek po 14leté závlaze ve stacionárním pokusu bylo možno dosud konstatovat: v kukuřičné oblasti jižní Moravy, má-li být závlaha při minerálním hnojení intenzifikačním a stabilizačním faktorem v rostlinné výrobě, je nutno v osevních sledech rozmělnit její negativní vlivy na úrodnost černozemě z hlediska humusových poměrů a půdní reakce. Efektivním opatřením v péči o zabezpečování dostatečného obsahu humusu a jeho kvality bylo hnojení chlévským hnojem během tří a pěti let v dávce 30 t. ha^{-1} , ovšem po základním hnojení 90 t hnoje na ha při založení pokusu. Pozitivním prvkem ve zlepšování půdní úrodnosti se v podmínkách závlahy při minerálním hnojení osvědčilo řazení vojtěšky do osevního sledu s předcházejícím melioračním přivápněním mletým vápencem v dávce 2 t. ha^{-1} , kterým se pak radikálně upravila značně snížená aktivní i výměnná kyselost. Vojtěška přispěla i k zvýšení množství a kvality humusu nejen v ornici, ale relativně intenzivněji i v podorniči.

Literatura

- AMBROŽOVÁ, M. — BAŇOCH, Z. — HÁJEK, L. — TALAFANTOVÁ, A.: Vliv víceleté závlahy zadesňováním na některé faktory produkční schopnosti půdy. Rostl. Vyr., 11, 1965, č. 5, s. 549-562.
- BARANOVSKAJA, V. A. — AZOVCEV, V. I.: Plodородије орошajemych počv niž-neho Povolžja. In: Sborník z mezinárodního symposia „Zúrodnování půd a jílové minerály“. Praha, 1978, s. 204-210.
- BARANOVSKAJA, V. A. — AZOVCEV, V. I.: Vlijanije oроšeníja na sovremennyj počvoobrazovatelnyj process. In: Trudy X. meždunarod. kongressa počvovedov, Moskva, X., 1974, s. 132.
- FACEK, Z.: Studie „Über Beziehungen einiger Eigenschaften in der Bodendynamik“. Rostl. Vyr., 10, 1964, č. 10, s. 585-600.
- GUSAK, G. V.: Opyt primenenija huminovyh i polymernych preparatov na serozemach v celjah ulučeníja ich struktury i borby s erzijej. Počvovédénije, 1961, č. 8, s. 956.
- HASLBACH, J. — KLAŠKA, F.: Vliv různých systémů rostlinné výroby na pedologické vlastnosti zavlažovaných půd. [Záv. zpráva.] Brno, VŠZ 1975.
- HASLBACH, J. — KLAŠKA, F.: Změny fyzikálně mechanických vlastností půdy při závlaze. In: Sb. věd. konf. „Řešení problematiky vlivu závlah na tvorbu výnosu polních plodin a její vliv na kvalitu“, 1971, s. 1-13.
- HRAŠKO, J. a kol.: Rozbory pôd. Bratislava, SVPL 1962.
- KONONOVA, M. M.: Pregnoj počvy i jeje plodorodija. Priroda 1955, s. 328.
- KUTÍLEK, M.: Vodohospodářská pedologie. Bratislava, SNTL 1978.
- NYIRI, L.: A talajjavítás, talajművelés komplehatása barna erdőtalajokra. Magy. tudom. Akad. Agrártud. Osztály Közlem., 32, 1973, č. 1-2, s. 185-197.
- PRATT, P. F.: Effect of fertilizers and organic materials on the cation-exchange capacity of an irrigated soil. Soil Science, 83, 1957, č. 2.
- RÝŽOV, S. N. — ZIJAMUCHAMEDOV, I. A.: Izměněníja soďěržanija i sostava humusa serozemov i takyrnyh počv pri oроšeníji. Počvovédénije, 1971, č. 7, s. 13.
- SIROVÝ, V. — FACEK, Z.: Průzkum zemědělských půd ČSSR. MZVŽ Praha, MZVŽ 1967, 3. díl.
- TAŠKUZIJEV, M. M. — ASLANOV, N. N.: Izměněníja chimičeskovo sostava humusa tipičnovovo serozema v zavisimosti ot davnosti oроšeníja. In: Dokl. Vses. AK N. im V. I. Lenina, 1971, č. 6, s. 20.
- VITTUM, M. T. — LATHWELL, D. J. — GIBBS, G. M.: Cumulative effect of irrigation and fertilizer on soil fertility. Agron. J., 60, 1968, s. 563.

Došlo dne 9. 10. 1985

ЮРЖЕНЧАК, Я. (НИИ растениеводства, Прага-Рузыне): Гумус глинистого чернозема после длительного орошения в рамках разных агротехнических мероприятий. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 655-664.

Na 8 участках (2 севооборота — А, В, каждый с двумя вариантами удобрения с вариантами с орошением и без него), выбранных в рамках стационарного опыта, на контроле гумуса, спустя 14 лет установили: При орошении с ежегодным минеральным удобрением заметно понизился запас гумуса, главное, в севообороте А (4 года подряд, кукуруза, а потом по-очередно 2—1 год оз. пшеница и кукуруза), по сравнению с его уровнем на контрольных неорошаемых участках. Значительно сократилось и содержание гумусных веществ, гуминовых кислоты их фракции в увязке с Са, как и доля остаточного углерода в почве, и в увязке с Сох. В пахотном слое на глубине 0—30 см заметно понизилось содержание фульвокислот, но в то же время оно эквивалентно возросло на глубине 30—45 см. В подпахотных слоях фульвокислоты преобладали над гуминовыми, причем и в рамках севооборота В, где — в отличие от А — в течение 12 и 13 лет вместо кукурузы высаживали люцерну после известкования молотым кальцитом (2 т. га⁻¹). Заметным было и окисление почв, главное, на поверхностном слое в 0—15 см в севообороте А. Однако орошение не проявило себя отрицательно у рН, общего содержания гумуса и его качества на том варианте, который унавоживали на 4-м, 7-м и 12-м годах опыта (30 т. га⁻¹). Люцерна стимулировала продукцию и качество гумуса относительно сильнее на глубине 30—60 см.

гумус и его фракции; почвенная кислотность; орошение; минеральное удобрение; унавоживание; севооборот

JURENČÁK, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *The Humus of Loamy Chernozem after Long-Continued Irrigation Combined with Different Cultural Practices*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 655-664.

Eight plots (two crop rotations /A, B/, each with two variants of fertilization in combination with irrigation and without irrigation), selected from a stationary trial, were subjected to a humus check-up after 14 years and the following findings were obtained: irrigation combined with every-year mineral fertilization led to a considerable decrease in the total humus content, particularly in rotation A (maize for four years in succession followed by the alternation of 2—1 years with winter wheat and maize), as compared with the total humus store in the control plots without irrigation. A marked reduction was also recorded in the content of humic substances, humic acids and their Ca-bound fraction, as well as in the residual carbon proportion in the soil and in the C_{ox} relation. The content of fulvic acids evidently decreased in the 0—30cm topsoil layer but this decrease was almost out-balanced by an increase in the 30—45cm horizon. Fulvic acids prevailed over humic acids in the subsoil layers; this even applies to rotation B where, as distinct from rotation A, lucerne was grown instead of maize after 12 and 13 years, the plot having been limed with ground limestone at a rate of 2 t per ha. Soil acidification was also remarkable, particularly in the surface layer of 0—15 cm in rotation A. However, no adverse effect of irrigation on soil pH, total humus content and humus quality was recorded in the variant where the soil was manured with dung at a rate of 30 t per ha, in addition to mineral fertilization, after the 4th, 7th and 12th year of the trial. Lucerne contributed to an increase in the amount of humus and improvement of its quality; this effect was comparatively more intensive in the subsoil layers of 30—60 cm.

humus and its fractions; soil acidity; irrigation; mineral fertilization; dung manuring; crop rotation

JURENČÁK, J. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Humus lehmiger Schwarzerde nach langfristiger Bewässerung bei unterschiedlichen agrotechnischen Maßnahmen*. Rostl. Vyr., 32, 1986 (6) : 655-664.

Auf acht Parzellen (2 Fruchtfolgen A, B, jede mit zwei Düngungsvarianten in Kombination mit und ohne Bewässerung), die aus einem Stationärversuch ausgewählt wurden, wurde bei der Humuskontrolle nach 14 Jahren Experimentieren folgendes festgestellt: bei Beregnung mit alljährlicher Mineraldüngung war der Gesamthumusvorrat gegenüber dem Humusspiegel in den Kontrollschlägen ohne Beregnung markant herabgesetzt, insbesondere in der Fruchtfolge A (vier Jahre nacheinander Mais, dann abwechselnd 2—1 Jahr Winterweizen und Mais). Ziemlich wesentlich war auch der Gehalt an Huminstoffen, Huminsäuren und deren auf Ca gebundenen Fraktionen sowie der Anteil des Residualkohlenstoffs im Boden, auch in der Beziehung C_{ox} , zurückgegangen. In der Ackerkrumenschicht 0—30 cm verminderte sich sichtlich der Gehalt an Fulvosäuren, allerdings bei deren nahezu äquivalenter Zunahme in der Tiefe von 30—45 cm. In den Unterbodenschichten herrschten die Fulvosäuren gegenüber den Huminsäuren vor und dies auch in der Fruchtfolge B, wo zum Unterschied von A nach 12 und 13 Jahren Luzerne anstatt Mais angebaut wurde u. zw. nach vorhergehender Kalkung mit gemahlenem Kalkspat (2 t. ha⁻¹). Sehr markant war auch die Bodenversäuerung, insbesondere in der Oberflächenschicht von 0—15 cm in der Fruchtfolge A. Die negative Auswirkung der Beregnung auf die Bodenreaktion, auf den Gesamthumusgehalt sowie dessen Qualität kam in der nach dem 4., 7. und 12. Versuchsjahr zusätzlich auch mit Stalldung gedüngten Variante jedoch nicht zum Ausdruck. Die Luzerne trug zu einer Erhöhung sowohl der Menge als auch der Qualität des Humus bei, relativ intensiver in den Unterbodenschichten von 30—60 cm.

Humus und seine Fraktionen; Bodenversäuerung; Bewässerung; Mineraldüngung; Stallmistdüngung; Fruchtfolge

Adresa autora:

Ing. Jan Jurenčák, Výzkumný ústav rostlinné výroby — odbor základní agrotechniky, 664 62 Hrušovany u Brna

TEPLOTNÝ REŽIM PŮDY A PESTOVANIE POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PLODÍN

Z. Bedrna, J. Gašparovič

BEDRNA, Z. — GAŠPAROVIČ, J. (Výskumný ústav pôdozvedectva a výživy rastlín, Bratislava; Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, Bratislava): *Teplotný režim pôdy a pestovanie poľnohospodárskych plodín*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 665-672.

Pre hodnotenie teplotného režimu pôd ČSSR používame vlastnú klasifikáciu, kde je každý typ charakterizovaný sumou priemernej dennej teploty v hĺbke 0,2 m za obdobie v roku, keď je táto vyššia ako 0 °C, počtom dní s teplotou vyššou ako +5 °C, +10 °C a +15 °C a priemernou ročnou teplotou pôdy. Stanovili sme minimálne, optimálne a maximálne teploty pôdy pre jednotlivé rastové fázy neskorých zemiakov, jarného jačmeňa a kukurice na zrnó. Porovnaním nárokov rastlín na teplotu pôdy a skutočných hodnôt v jednotlivých typoch teplotného režimu hodnotíme zabezpečenosť tohoto faktora pre tvorbu úrody. Nedostatok tepla v pôde pre tvorbu úrody kukurice na zrnó navrhujeme riešiť mulčovaním povrchu pôdy čiernou fóliou. V maloparcelkovom presnom pokuse činil prírastok úrody zrna kukurice v prospech fólie 2 t. ha⁻¹, a to tak v teplom, ako aj v chladnom roku. Pokus bol založený na tmavej lužnej pôde v najteplejšom type teplotného režimu pôdy ČSSR.

teplota pôdy; vlhkosť pôdy; zemiaky; jačmeň; kukurica; mulčovanie fóliou

Z ekologických podmienok rastu rastlín má nezanedbateľný, ale často zaznávaný význam teplota pôdy. V období od klíčenia semien do tvorby prvých lístkov rozhoduje o raste a vývoji rastlín viac teplota pôdy ako teplota vzduchu. Rozhodujúci význam má najmä minimálna teplota, potrebná pre klíčenie semien a hľúz (Bedrna, 1979). V neskorších fázach teplota pôdy vplýva na rozvoj koreňovej sústavy a výživu rastlín. Korene rastlín mierneho klimatického pásma rastú najlepšie pri teplote pôdy +10 °C až +25 °C. Zemiakové hľuzy sa najlepšie tvoria pri teplote pôdy +12 °C až +18 °C. Teplota vyššia ako +25 °C pôsobí na zemiaky degradačne (Dimo, 1972). Optimálna teplota pre korene tráv je +10 °C až +15 °C. Pre vysoké úrody tráv nie je u nás ani v horských podmienkach teplota pôdy limitujúcim faktorom (Lichner, Šmajstrala, 1974). Kukurica má oveľa väčšie nároky na teplotu pôdy ako ďatelina (Ravikovič, Navrot, 1972). Walker (1969) sledoval rast kukurice pri teplote pôdy +12 °C až +35 °C, pričom najväčšia produkcia nadzemnej hmoty aj koreňa bola pri teplote +26 °C. Preto sa v miernom klimatickom pásme začína pestovať kukurica na poliach s pôdou prikrytou fóliou (Verbická, 1984). Tým sa zvyšuje teplota pôdy, znižuje sa výpar vody z pôdy, kukurica dozrieva skôr a poskytuje vyššiu úrodu. Podobne sa vypláca zvyšovať teplotu pôdy pri pestovaní papriky, melónov a iných plodín.

I. Typy teplotného režimu pôdy podľa sumy priemernej dennej teploty za obdobie s teplotami $> 0^{\circ}\text{C}$ v hĺbke 0,2 m (Σt) — Types of temperature regime of soil according to the sum of average daily temperatures for the period with temperatures above 0°C at a depth of 0.2 m (Σt)

Číslo typu	Σt	$\bar{t}$ ročný	t vzduchu $> 10^{\circ}\text{C}$	Počet dní s teplotami		
				$> + 5^{\circ}\text{C}$	$> + 10^{\circ}\text{C}$	$> + 15^{\circ}\text{C}$
1	> 4000	$> 11,0$	> 3000	255–270	196–200	140–145
2	3750–4000	10,4–11,0	2800–3000	244–252	189–195	132–139
3	3500–3750	9,6–10,3	2600–2800	235–243	180–188	125–132
4	3250–3500	8,9–9,5	2400–2600	225–234	169–179	111–124
5	3000–3250	8,5–8,8	2200–2400	215–224	160–168	97–110
6	2750–3000	7,9–8,4	2000–2200	205–214	149–159	76–96
7	2500–2750	7,0–7,8	1800–2000	190–204	138–148	55–75
8	2000–2500	5,6–6,9	1400–1800	175–189	117–137	21–54
9	< 2000	$< 5,5$	< 1400	150–174	90–116	0–20

MATERIÁL A METÓDY

Použili sme triedenie typov teplotného režimu pôd (tab. I) podľa zostavovaných máp typov teplotného režimu pôd ČSSR (Bedrna, Gašparovič, 1985). Podľa údajov z literatúry (Dimo, 1972; Duda, Střelec, 1983; Kabrt, 1977; Špaldon, 1982; Šulgin, 1972; Walker, 1969 a ďalší) sme zostavili nároky rastlín na minimálne, optimálne a maximálne teploty pôdy pre jednotlivé mesiace vegetačného obdobia. Pri tejto práci sme zohľadnili súčinnosť teplotného a vlhkostného režimu pôdy a teda nároky rastlín nielen na teplo, ale aj na vodu. Porovnaním nárokov na teplotu pôdy a skutočných hodnôt v jednotlivých typoch teplotného režimu hodnotíme zabezpečenosť tohoto faktora pre tvorbu úrody jarného jačmeňa, neskorých zemiakov a kukurice na zrno. Nedostatok teploty pôdy pre kukuricu sme riešili aj mulčovaním povrchu pôdy čiernou fóliou. Presný maloparcelkový pokus bol založený v obci Trnávka (okres Dunajská Streda) v rokoch 1983 a 1985. Pôda: hlinitá, lužná karbonátová, vyvinutá na aluviálnych náplavoch. Priemerná ročná teplota vzduchu $9,5^{\circ}\text{C}$, priemerné atmosférické zrážky 574 mm, priemerná ročná teplota pôdy v hĺbke 0,2 m $9,3^{\circ}\text{C}$. Veľkosť parceliek 25 m^2 , počet jedincov kukurice 100–108. Úroda bola jednotne prepočítaná na 40 000 jedincov na 1 ha. Sušinu sme zisťovali vo vysúšачkách z priemerných vzoriek pri 10-násobnom opakovaní. Predplodinou bola cukrová repa. Agrotechnika prípravy pôdy a ošetrovania porastu bola bežná pre pestovanú plodinu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Poľnohospodárske plodiny mierneho pásma (zemiaky, jačmeň, ľan, ďatelina a pod.) potrebujú k rastu minimálnu teplotu pôdy $+5^{\circ}\text{C}$, prípadne $+10^{\circ}\text{C}$. Ich vegetačné obdobie trvá od 80 do 160 dní. Poskytnú preto úrodu na pôdach s akýmkoľvek typom teplotného režimu pôdy. Požiadavky na optimálnu teplotu pôdy sa však pohybujú v rozpätí $+10^{\circ}\text{C}$ až $+20^{\circ}\text{C}$. Podľa tab. II vidíme, že pre zemiaky sú najoptimálnejšie podmienky v oblastiach so 4., 5. a 6. typom teplotného režimu pôdy. V teplých oblastiach ČSSR pôsobia letné teploty pôdy degradačne na zemiakové hľuzy. V horských oblastiach pozorujeme nedostatok tepla

II. Suma teploty pôdy potrebná k vegetácii neskorých zemiakov — The sum of soil temperatures needed for the vegetation of late potatoes

Typ teplot. režimu pôdy	Stanica	Vegetačná doba	Tep- lota pôdy	Mesiace						Vegetačné obdobie
				IV	V	VI	VII	VIII	IX	
		140—160 dni	min.	5	5— 8	8—10	10	10	10	1000—1400
			opt.	8	8—10	15—18	18	18	15	2100—2400
			max.	10	10—15	15—25	25	25	20	2800—3600
1	Hurbanovo	1. 4.— 1. 9.	skut.	11,4	16,4	19,8	21,2	20,1	—	2724
2	Nitra	14. 4.—10. 9.	skut.	10,8	16,1	19,6	21,1	20,1	16,0	2697
3	Praha	20. 4.—16. 9.	skut.	9,5	14,4	18,6	20,4	19,1	16,5	2587
4	Chrudim	24. 4.—19. 9.	skut.	8,5	14,1	17,9	19,7	17,6	15,4	2475
5	Havl. Brod	26. 4.—22. 9.	skut.	8,5	13,6	17,2	18,9	16,4	14,1	2376
6	Brezno	20. 4.—22. 9.	skut.	6,9	11,9	16,2	17,4	16,5	13,1	2263
7	Kašp. Hory	27. 4.—25. 9.	skut.	5,6	10,2	13,4	15,3	15,2	12,8	2000
8	Švermovo	1. 5.—1. 10.	skut.	—	9,8	14,0	15,6	14,5	11,4	2000

III. Suma teploty pôdy potrebná k vegetácii jačmeňa jarného — The sum of soil temperature needed for the vegetation of spring barley

Typ teplot. režimu pôdy	Stanica	Vegetačná doba	Tep- lota pôdy	Mesiace						Vegetačné obdobie
				III	IV	V	VI	VII	VIII	
		120—140 dni	min.	3	3— 5	5—10	10—15	15	15	1000—1200
			opt.	5	5—10	10—15	15—20	20	20	1700—1900
			max.	15	15—20	20	20—25	25	25	2400—2600
1	Hurbanovo	13. 3.— 8. 7.	skut.	6,4	11,4	16,4	19,8	21,2	—	1729
2	Nitra	17. 3.—14. 7.	skut.	4,6	10,8	16,1	19,6	21,1	—	1770
3	Praha	26. 3.—27. 7.	skut.	3,0	9,5	14,4	18,6	20,4	—	1852
4	Chrudim	30. 3.— 1. 8.	skut.	2,7	8,5	14,1	17,9	19,7	—	1843
5	Havl. Brod	7. 4.—31. 7.	skut.	—	8,5	13,6	17,2	18,9	—	1719
6	Brezno	11. 4.— 8. 8.	skut.	—	6,9	11,9	16,2	17,4	16,5	1664
7	Kašp. Hory	16. 4.—19. 8.	skut.	—	5,6	10,2	13,4	15,3	15,2	1565
8	Švermovo	28. 4.—26. 8.	skut.	—	3,9	9,8	14,0	15,6	14,5	1597

IV. Suma teploty pôdy potrebná k vegetácii kukurice na zrno — The sum of soil temperatures needed for the vegetation of grain maize

Typ teplot. režimu pôdy	Stanica	Vegetačná doba	Tep- lota pôdy	Mesiace						Vegetačné obdobie
				IV	V	VI	VII	VIII	IX	
		130–150 dni	min.	10	15	15	20	20	15	2500–2600
			opt.	15	20	25	25	25	25	3400–3500
			max.	20	25	30	35	35	30	4500–4600
1	Hurbanovo	12. 4.–15. 9.	skut.	11,4	16,4	19,8	21,2	20,1	16,1	2828
2	Nitra	12. 4.–15. 9.	skut.	10,8	16,1	19,6	21,1	20,1	16,0	2798
2	Praha	22. 4.–20. 9.	skut.	9,5	14,4	18,6	20,4	20,1	16,0	2624
4	Chrudim	27. 4.–26. 9.	skut.	8,5	14,1	17,9	19,7	18,0	15,4	2522
5	Havl. Brod	29. 4.–23. 9.	skut.	8,5	13,6	17,2	18,9	16,4	14,1	2373
6	Brezno	1. 5.–23. 9.	skut.	6,9	11,9	16,2	17,4	16,5	13,1	2207

v pôde pre tvorbu vysokých úrod zemiakov. Trochu odlišné je hodnotenie požiadaviek na teplotu pôdy a jej skutočného priebehu pri jarnom jačmeni (tab. III). V oblastiach s typom teplotného režimu pôdy 1–5 sú požiadavky jačmeňa jarného plne zabezpečené. V horských oblastiach pozorujeme nedostatok tepla v pôde pre túto plodinu. Pri teplomilnej plodine kukurici (tab. IV) je nedostatok tepla v pôde evidentný aj pre najteplejšie oblasti ČSSR. Už Tarábek (1962) na základe podrobného hodnotenia klimatických podmienok Slovenska zdôrazňoval nedostatok tepla pre túto plodinu v našich horských a podhorských oblastiach. Nakoľko v chladnejších podmienkach zrno kukurice nedozrieva, pestuje sa iba kukurica na siláž, t. j. na tvorbu zelenej hmoty. Zabezpečenosť kukurice pokiaľ ide o teplotu pôdy je v najteplejšej oblasti len na 80 %. Preto sme pri pestovaní kukurice na zrno vyskúšali účinok čiernej polyetylénovej fólie, ktorá bola rozprestretá na povrchu pôdy počas celej vegetácie.

Rok 1983 bol pre pestovanie kukurice na zrno teplotne normálny a vlhkostne podnormálny. Priemerná teplota pôdy v hĺbke 0,2 m bola za obdobie vegetácie o 3,2 °C vyššia (19,9 °C) ako dlhodobý priemer (16,7 °C). Čierna fólia zvyšovala priemernú dennú teplotu pôdy v hĺbke 0,2 m v rozsahu 1,3–1,7 °C. V jarných mesiacoch bola vlhkosť pôdy vyššia o 3–9 % hmotnostných pod fóliou ako na variante bez fólie. V období sucha (júl, august, september) sa vysušovala pôda pod fóliou viac ako nemulčovaná pôda. Celková úroda zelenej hmoty kukurice s fóliou bola o 6,25 % vyššia a úroda klasov o 17,21 % vyššia ako na variante bez fólie (tab. V). Údaje boli nepreukazné pre značné rozdiely v úrodách na jednotlivých parcelách.

Rok 1985 bol teplotne podnormálny a vlhkostne nadnormálny. Pôda pod fóliou v hĺbke 0,2 m bola o 1,5–2,5 °C teplejšia ako pôda bez fólie. Vlhkosť pôdy pod fóliou a bez fólie nevykazovala veľké rozdiely. Pri-

V. Úroda kukurice (t . ha⁻¹) v rokoch 1983 a 1985 (čerstvá hmota) — Maize yield (t per ha) in 1983 and 1985 (fresh matter)

Opakovanie	1983				1985			
	rastliny		klasy		rastliny		klasy	
	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie
1	28,00	24,00	10,92	9,63	38,83	33,39	13,20	12,40
2	20,00	24,00	12,04	11,11	42,31	31,61	15,96	10,97
3	24,00	16,00	11,67	9,26	35,38	32,33	13,08	11,67
4	24,00	26,00	10,92	10,74	35,38	33,28	13,08	11,76
5	—	—	—	—	40,75	—	14,58	—
6	—	—	—	—	37,64	—	14,51	—
7	—	—	—	—	35,38	—	13,46	—
8	—	—	—	—	38,46	—	14,61	—
$\bar{x}$	24,0 ± 3,27	22,5 ± 4,43	11,39 ± 0,55	9,43 ± 1,22	38,01 ± 2,21	32,65 ± 0,84	14,06 ± 1,02	11,70 ± 0,58
	t = 0,2727		t = 1,4668		t = 2,27		t = 2,02	

VI. Úroda kukurice ($t \cdot ha^{-1}$) v rokoch 1983 a 1985 (sušina — Maize yield (t per ha) in 1983 and 1985 (dry matter)

Opakovanie	1983				1985			
	rastliny		klasy		rastliny		klasy (zrno)	
	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie	fólia	bez fólie
1	16,35	12,13	8,22	6,84	13,99	11,40	7,81 (6,70)	6,22 (5,30)
2	11,67	12,13	9,07	7,90	15,17	10,60	8,82 (7,80)	5,50 (4,50)
3	14,01	8,09	8,79	6,58	12,34	10,54	6,96 (5,67)	5,54 (4,45)
4	14,01	13,14	8,22	7,63	12,63	11,21	7,25 (6,01)	5,90 (4,96)
5	—	—	—	—	14,73	—	8,42 (7,27)	—
6	—	—	—	—	13,85	—	7,99 (6,87)	—
7	—	—	—	—	13,20	—	7,92 (6,69)	—
8	—	—	—	—	14,68	—	8,93 (7,33)	—
$\bar{x}$	$14,01 \pm 1,96$	$11,37 \pm 2,22$	$8,57 \pm 0,41$	$7,24 \pm 0,62$	$13,82 \pm 1,03$	$10,94 \pm 0,43$	$8,01 \pm 0,70$ ($6,79 \pm 0,70$)	$5,76 \pm 0,36$ ($4,80 \pm 0,40$)
	$t = 0,89$		$t = 1,80$		$t = 2,59^+$		$t = 2,85^+ (2,48)^+$	

rastok úrody zelenej hmoty bol 5,4 t.ha⁻¹ (14,1 %), pričom rozdiely medzi variantmi sú skoro preukazné. Úroda zrna (sušina) na variante s fóliou bola o 2 t.ha⁻¹ vyššia ako na variante bez fólie (o 16,8 % vyššia úroda). Výsledky v sušine boli jednoznačne preukazné (tab. VI). Kľasy kukurice pestovanej s fóliou boli viac vyzreté a obsahovali menej vody ako na nemulčovanom variante. Mulčovanie pôdy čiernou fóliou zvyšovalo úrody kukurice nielen v chladných, ale aj v teplých rokoch. Plne postačovalo prikrývanie pôdy fóliou na jar v priebehu 2—3 mesiacov. V letných mesiacoch porast zatienil pôdu a rozdiely v teplote pôdy medzi variantmi boli minimálne. Použitie fólie sa ukazuje aj ako stabilizačný faktor tvorby úrod kukurice na zrno, nakoľko tieto jednoznačne koreľujú s teplotnými podmienkami a s priebehom počasia v jednotlivých rokoch.

Literatúra

- BEDRNA, Z.: Charakteristika pôdných režimov vo vzťahu k úrodám plodín. In: Zborník ČSVTS Dom techniky, Košice, 1979, s. 54-60.
- BEDRNA, Z. — GAŠPAROVIČ, J.: Typy teplotného režimu pôdy v Československej socialistickej republike. Geogr. Čas., 1986, č. 1.
- DIMO, V. N.: Teplový režim počv SSSR. Moskva, Kolos 1972.
- DUDA, M. — STŘELEČ, V.: Vplyv rôznej teploty koreňovej sústavy na tvorbu biomasy mladých rastlín zeleninovej papriky. Ved. Práce Výsk. a šľacht. ústavu zeleniny a špec. plodín, Hurbanovo, 1983, č. 3, s. 9-14.
- KABRT, B.: Teplotné podmienky a úroda pšenice ozimnej. Rostl. Výr., 23, 1977, č. 8, s. 812-821.
- LICHNER, J. — ŠMAJSTRALA, V.: Príspevok k štúdiu faktorov tepla na vývoj úrod trvalých trávnych porastov. Acta fytotechn. Univ. Agric. Nitra, 28, 1974, s. 101-114.
- RAKOVITICH, S. — NAVROT, J.: The effect of soil temperature plants grown in saline soil. Soil Science, 113, 1972, č. 6, s. 431-439.
- ŠPALDON, E. a kol.: Rastlinná výroba. Bratislava, Príroda 1982.
- ŠULGIN, A. M.: Klimat počvy i jeho regulirovanije. Leningrad, Gidrometeoizdat 1972.
- TARÁBEK, K.: Klimatické podmienky pre agrotechnické termíny siatia silážnej kukurice na Slovensku. Geogr. Čas., 14, 1962, č. 3, s. 205-212.
- VERBICKAJA, N. M.: Promyšlennye tehnologii rozdelyvaniya kukuruzy. Seľskoje chozjajstvo za rubežom, 1984, č. 6, s. 2-6.
- WALKER, J. M.: One-Degree Increments in Soil Temperatures Affect Maize Seedlings Behavior. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33, 1969, s. 729-736.

Došlo dňa 20. 1. 1986

БЕДРНА, З. — ГАШПАРОВИЧ, Й. (НИИ почвоведения и питания растений, Братислава; ЦКИСХИ, Братислава): Температурный режим почв и выращивание сельскохозяйственных культур. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 665-672.

Для оценки температурного режима почв ЧССР служит собственная классификация, в которой каждый тип охарактеризован суммой среднесуточных температур на глубине 0,2 м за период в тот год, когда она превышает 0 °С, числом дней с более, чем +5 °С, +10 °С и +15 °С с среднегодовой температурой почвы. Мы определяли минимальные, оптимальные и максимальные температуры почвы по фазам роста позднего картофеля, ячменя и кукурузы на зерно. Посредством сравнения требований растений на почвенную температуру и фактических значений по типам температурного режима оценивается наличие этого фактора в образовании урожая. Недостаток температуры почвы для образования урожая кукурузы на зерно рекомендуется решать мульчированием почвы черной фольгой. В ходе пунктирного опыта на делянках прироста урожая кукурузы составили 2 т.га⁻¹ в пользу фольги, при-

чем как в теплый, так и холодный годы. Опыт проходил на темной пойменной почве в самом теплом типе температурного режима почв в ЧССР.

температура почвы; влажность почвы; картофель; ячмень; кукуруза; мульчирование фольгой

BEDRNA, Z. — GAŠPAROVIČ, J. (Research Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Bratislava; Central-Control and Testing Institute for Agriculture, Bratislava): *The Temperature Regime of Soil and the Cultivation of Farm Crops*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 665-672.

Our own classification system is used for an evaluation of the temperature regime of the soils in Czechoslovakia. Each type is characterized by the sum of average daily temperatures at a depth of 0.2 m within the year period of temperatures above 0 °C, by the number of days at a temperature above +5 °C, +10 °C and +15 °C, and by the average annual soil temperature. The minimum, optimum and maximum temperatures of soil were determined for different stages of the growth of late potatoes, spring barley and grain maize. The availability of the soil-temperature factor for the yield formation is evaluated by a comparison of plant requirements for soil temperature with the actual values in different types of temperature regime of soil. A lack of soil temperature for the formation of grain maize yield is proposed to be alleviated by mulching the soil surface with a black plastic sheet. In a small-plot exact trial, the yield increment of maize grain was 2 t per ha in favour of the sheet in both warm and cold years. The trial was conducted on dark alluvial soil in the warmest type of temperature regime of soil in Czechoslovakia.

soil temperature; soil moisture; potatoes; barley; maize; mulching with plastic sheet

BEDRNA, Z. — GAŠPAROVIČ, J. (Forschungsinstitut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bratislava; Zentrales Kontroll- und Prüfungsinstitut der Landwirtschaft, Bratislava): *Wärmehaushalt des Bodens und der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen*. Rostl. Výr., 32, 1986 (6) : 665-672.

Für die Beurteilung des Wärmehaushalts im Boden wird in der ČSSR eine eigene Klassifikation angewandt, wo jeder Typ durch die Summe der mittleren Tagestemperaturen in 0,2 m Tiefe für jene Jahresperioden, wo diese höher als 0 °C liegen, ferner durch die Anzahl von Tagen mit Temperaturen über +5 °C, +10 °C und +15 °C sowie durch die mittlere Jahrestemperatur des Bodens, charakterisiert ist. Wir bestimmten die minimalen, maximalen und optimalen Bodentemperaturen für die einzelnen Entwicklungsphasen bei Spätkartoffeln, Sommergerste und Körnermais. Durch Vergleichung der Ansprüche der Pflanzen auf die Bodentemperatur und der Ist-Werte in den einzelnen Typen des Wärmehaushalts beurteilen wir den Grad der Sicherstellung dieses Faktors bei der Ertragsbildung. Zum Ausgleich des Wärmemangels im Boden bei der Ertragsbildung von Körnermais schlagen wir eine Art Mulchen der Bodenoberfläche mit schwarzer Folie vor. In einem genauen Kleinparzellenversuch betrug die Ertragssteigerung beim Körnermais zugunsten des Folieneinsatzes 2 t·ha⁻¹ u. zw. sowohl in einem warmen als auch kühlen Jahr. Der Versuch war auf dunklem Auenboden im wärmsten Typ des Wärmehaushalts des Bodens in der ČSSR angelegt.

Bodentemperatur; Bodenfeuchte; Kartoffeln; Gerste; Mais; Mulchen mittels Folie

Adresy autorov:

Ing. Zoltán Bedrna, DrSc., Výskumný ústav pôdoznanectva a výživy rastlín, Rožňavská 23, 823 69 Bratislava

Ing. Jozef Gašparovič, Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, Matúškova 21, 833 16 Bratislava

Rukopisy odevzdány k tisku 21. 2. 1986, podepsáno k tisku 16. 5. 1986

Facek Z.: Půdoznalství a jeho současný vývoj	561
Pavel L., Křišťoufková S.: Kvantitativní numerické vyhodnocování spektrogramů půd, hornin a jiných materiálů počítačem	563
Sotáková S., Zaujec A.: Charakteristika dynamiky forem dusíka v preparátech huminových kyselin hnedozeme při použití zeleného hnojiva	571
Baier J.: Zásoba draslíku v půdě a výnosy cukrovky	579
Králová M., Dražďák K., Kubát J., Svátková R.: Vliv teploty a koncentrace amonných iontů na nitrifikaci v půdě	587
Dostál P., Vaculík R.: Numerická taxonomie, interakce a determinace režimu přístupných mikroelementů	593
Kuráž V., Šír M., Fara J.: Vstupní parametry pro numerické řešení infiltrace	603
Hudcová O., Šírový V.: Vliv nasycení půdy K, Mg a Ca na výnosy a obsah K, Mg a Ca v jílku vytrvalém	611
Zuska V., Němeček J.: Odvození faktoru erodovatelnosti půd ČSSR	623
Damaška J.: Heterogenita agrochemických vlastností půd a testování účinnosti agromelioračních opatření	635
Kubát J.: Další možnosti stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách	643
Facek Z.: Hodnocení intoxikace půd v Severočeské hnědouhelné pánvi	649
Juřenčák J.: Humus hlinité černozemě po dlouhodobé závlaze při různých agrotechnických opatřeních	655
Bedrna Z., Gašparovič J.: Teplotný režim půdy a pestování polnohospodářských plodin	665

RECENZE

Míka V.: Ekologie travního porostu II	586
---------------------------------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ — Почвоведение

Павел Л., Кристоуфкова С.: Количественная обработка данных спектрограмм почв, горных пород и других материалов счетной машиной	569
Сотакова С., Зауец А.: Характеристика динамики азотных форм в препаратах гуминовых кислот бурозема при использовании зеленого удобрения	577
Байер Я.: Запас калия в почве и урожаи сахарной свеклы	584
Кралова М., Драждяк К., Сваткова Р., Кубат Я.: Влияние температуры и концентрации аммиачных ионов на нитрификацию в почве	592
Достал П., Вацулик Р.: Таксономия, взаимодействия и оценка режима микроэлементов	601
Кураж В., Шир М., Фара Й.: Входные параметры для численного решения инфильтрации	609
Сировы В., Гудцова О.: Влияние насыщения почвы К, Mg и Са на урожаи и содержание К, Mg и Са в райграсе многолетнем	621
Зуска В., Немечек Я.: Выведение факторов эрозивности почв в ЧССР	633
Дамашка Я.: Гетерогенность агрохимических свойств почв и тестирование воздействия агромелиорационных мероприятий	(A) 642
Кубат Я.: Дальнейшие возможности определения разложимых частей гумуса в разных почвах ЧСР	(A) 648
Фацек З.: Оценка интоксикации почв в Северочешском бурогольном бассейне	653
Юренчак Я.: Гумус глинистого чернозема после длительного орошения в рамках разных агротехнических мероприятий	663
Бедрна З., Гаспарович Й.: Температурный режим почв и выращивание сельскохозяйственных культур	671

CONTENTS — Soil science

Pavel L., Křišťoufková S.: Quantitative Numerical Evaluation of Spectrograms of Soils, Rocks and Other Materials by means of a Computer	569
Sotáková S., Zaujec A.: Characteristics of the Changes of Nitrogen Forms in the Preparations of Humic Acids of Green-Manured Grey-Brown Podzolic Soil	577

Baier J.: Potassium Store in the Soil and the Yields of Sugar-Beet	585
Králová M., Dražďák K., Kubát J., Svátková R.: Influence of Temperature and Ammonium Concentration on Soil Nitrification	592
Dostál P., Vaculík R.: The Taxonomy, Interactions and Evaluation of Microelement Cycling	602
Kuráž V., Šír M., Fara J.: The Input Parameters for the Numeric Calculation of Infiltration	609
Hudcová O., Sirový V.: The Effect of the K, Mg and Ca Saturation of the Soil on the Yields and K, Mg and Ca Contents in Perennial Ryegrass	622
Zuska V., Němeček J.: Derivation of the Erodibility Factor for the Soils of Czechoslovakia	634
Damaška J.: The Heterogeneity of the Agrochemical Properties of Soils and Testing the Effectiveness of Land-Improvement Practices	642
Kubát J.: Possibilities of the Determination of the Decomposable Part of Humus in Different Soils of the Czech Socialist Republic	648
Facek Z.: Evaluation of Soil Intoxication in the North-Bohemian Lignite Basin	654
Juřenčák J.: The Humus of Loamy Chernozem after Long-Continued Irrigation Combined with Different Cultural Practices	664
Bedrna Z., Gašparovič J.: The Temperature Regime of Soil and the Cultivation of Farm Crops	672

INHALT — Bodenkunde

Pavel L., Křišťoufková S.: Quantitative numerische Auswertung von Spektrogrammen von Böden, Gesteinen und anderen Materialien mittels Computer	570
Sotáková S., Zaujec A.: Charakteristik der Dynamik von Stickstoffformen in Präparaten von Braunerdehuminsäuren bei Anwendung von Gründüngung	577
Baier J.: Kaliumvorrat im Boden und der Zuckerrübenenertrag	585
Králová M., Dražďák K., Kubát J., Svátková R.: Auswirkung von Temperatur und Ammoniumionenkonzentration auf die Nitrifikation im Boden	592
Dostál P., Vaculík R.: Interaktionen und Bewertung des Mikroelementhaushalts	602
Kuráž V., Šír M., Fara J.: Eingabeparameter für numerische Lösungen der Infiltration	610
Hudcová O., Sirový V.: Auswirkung der Sättigung von Böden mit K, Mg und Ca auf die Erträge und auf den K-, Mg- und Ca-Gehalt im Deutschen Weidelgras	622
Zuska V., Němeček J.: Ableitung des Erodierbarkeitsfaktors für Böden in der ČSSR	634
Damaška J.: Heterogenität agrochemischer Eigenschaften von Böden und Testung der Wirksamkeit von Agromeliorationsmaßnahmen	(E) 642
Kubát J.: Weitere Möglichkeiten der Bestimmung des zerlegbaren Anteils von Humus in verschiedenen Böden der ČSR	(E) 648
Facek Z.: Auswertung der Intoxikation von Böden im Nordböhmischem Braunkohlenbecken	654
Juřenčák J.: Humus lehmiger Schwarzerde nach langfristiger Bewässerung bei unterschiedlichen agrotechnischen Maßnahmen	664
Bedrna Z., Gašparovič J.: Wärmehaushalt des Bodens und der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen	672

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, závod 01 — AOT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Kubánská 1539, 708 72 Ostrava-Poruba. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01, administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milic 22, 120 00 Praha 2.