

VĚDECKÝ ČASOPIS



ROSTLINNÁ VÝROBA

VÝŽIVA ROSTLIN

5

ROČNÍK 37
PRAHA
KVĚTEN 1991
ROVYAM 37 (5)
385-480

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

Rídí redakční rada: Ing. Josef Šimon, CSc. (předseda), doc. ing. Pavol Bajči, CSc., ing. Helena Donátová, CSc., prof. ing. Václav Fric, CSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Alois Chalupa, CSc., prof. ing. Vladimír Krajčovič, prof. ing. Lubomír Minx, DrSc., ing. Timotej Miština, CSc., doc. RNDr. Jan Novák, DrSc., ing. Jozef Pařízek, ing. Jaromír Procházka, CSc., prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc., ing. Vlastimil Rasocha, CSc., prof. ing. Jozef Repka, DrSc., ing. Miron Suškevič, DrSc., RNDr. Vladimír Škrdleta, CSc., doc. ing. Václav Vaněk, CSc., ing. Marie Váňová, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc., doc. ing. František Vrkoč, DrSc.

Vedoucí redaktorka: RNDr. Eva Stříbrná

OBSAH — Výživa rostlin

Baier J.: Úvodník	385
Baier J., Baierová V.: Model optimálních výživných stavů jarního ječmene	387
Dvořák M., Černohorská J., Smetánková M., Pácalt J.: Využití matematické analýzy rozborů rostlin k posouzení výživného stavu	393
Strnad P., Javůrek M.: Závislost tvorby výnosu a jakosti cukrovky na příjmu živin	405
Míča B., Vokál B., Cepl J., Novotný J.: Vliv dusíku na hromadění dusičnanů v rostlinách bramboru během vegetace	413
Zeniščeva L., Špunarová M.: Účinnost minerálních živin u různých genotypů jarního ječmene na půdách s neutrální a kyselou reakcí	421
Královec J., Rais I.: Kvalita pastevní píce při stoupajících dávkách dusíku	427
Scherer H. W., Werner W.: Význam nevýměnného $\text{NH}_4\text{—N}$ v dynamice dusíku v půdě a ve výživě rostlin dusíkem	435
Ložek O., Bízik J., Fecenko J.: Dynamika anorganického dusíka v půdě a její vplyv na úrodu a kvalitu jarního jačmeňa	441
Kubicová Z.: Vplyv hnojenia na rozmiestnenie anorganického dusíka v půdě	453
Macháček V., Švarc J.: Doplnkové metody zpřesnění výživy rostlin fosforem	463
Hudcová O.: Vliv hnojení na režimové faktory půdního draslíku	473

RECENZE

Kalina M.: G. Schilling a kol.: Pflanzenernährung und Düngung, Teil 1 Pflanzenernährung	452
Kalina M.: Organische und mineralische Düngung	462

JUBILEUM

Fábry A.: K životnímu jubileu prof. ing. Jiřího Petra, DrSc.	472
--	-----

CONTENTS — Plant nutrition

Baier J., Baierová V.: Model of optimal nutritional conditions of spring barley	387
Dvořák M., Černohorská J., Smetánková M., Pácalt J.: Using the mathematic analysis to analyse plants for evaluating the nutritive conditions	393
Strnad P., Javůrek M.: Dependence of yield formation and sugar beet quality on nutrient intake	405

V době, kdy si svět připomíná 150. výročí prvního vydání spisu Justuse Liebiga „Organická chemie a její použití v zemědělství a fyziologii“ (1840), prožívá naše zemědělství útlum v používání minerálních hnojiv, jímž právě zmíněný autor otevřel cestu na pole a louky tehdejších velkých i malých zemědělských podniků.

Tímto vzestupem agrochemické vědy do praxe, zejména minerální teorií, se tento věhlasný vědec, působící ponejvíce na Univerzitě v Giesseu, zasloužil o rozvoj minerální výživy, výrobu minerálních hnojiv a jejich použití. To mělo nesmírný vliv na mnohonásobné zvýšení výnosů, a tím i obživu pro narůstající populaci naší zeměkoule.

J. Liebig byl vědec, který měl schopnost vidět daleko do budoucnosti, a proto jeho doporučení dodnes ukazují lidstvu schůdnou cestu v boji proti hladu.

U příležitosti stoletého jubilea hodnotil přednost Ústavu pro výživu rostlin Výzkumných ústavů zemědělských v Praze prof. dr. ing. F. Duchoň, DrSc., (1897—1975) Liebigovo dílo slovy: „Byl to čin, který posunul vývoj lidské mysli o milové boty kupředu a současně vytvořil základ úžasného rozvoje zemědělství v posledních sto letech. Minerální teorie byla příčinou mohutného rozvoje zemědělských výzkumných stanic a nauce o fyziologii rostlin je nyní věnována rozsáhlá pozornost“.

Svou přednášku ukončil prof. dr. ing. F. Duchoň, DrSc., slovy: „Jestliže české zemědělství vypracovalo se do řady vyspělých na kontinentě, pak bylo to i nemalou zásluhou minerální teorie a jejího autora.“

Uplynulo padesát dalších let a my se můžeme a musíme právem hlásit k odkazu těch, kteří otevřeli brány vědeckého poznání dokořán. Není toho málo, co čeští a slovenští vědečtí pracovníci v oboru výživy rostlin a agrochemie vyzkoumali a předali k využití v praxi.

Vzpomeňme jen u příležitosti zmíněného jubilea Liebigova učeného spisu, že v Československu umožnily anorganické rozborby rostlin detailně studovat základní vztahy mezi minerálními živinami v prostředí, rostlině a výnosem a že z tohoto studia vyplynul poznatek, že plnou platnost Liebigova zákona minima nacházíme mezi živinami přijatými rostlinami a vytvořeným výnosem (Baier, 1984). Bylo z počátku téměř neuvěřitelné, že přímo úměrně příjmu živiny v minimu stoupá výnos a že tzv. klasická výnosová křivka nemohla Liebigovu formulaci potvrdit pro velmi rozmanité ekologické a fyziologické vlivy na příjem živin.

Neúnavná práce na realizaci představy dr. ing. J. Kolářika (1898—1970) o harmonickém poměru živin a možnosti využití rozborů rostlin k precizaci hnojení se splnila a právě v současné době potřebujeme myšlenky a poznatky J. Liebiga a jeho následníků rozvíjet, neboť: a) harmonický příjem živin umožňuje plně využít živin na tvorbu výnosu a snižuje tak spotřebu živin bez negativních důsledků na výnos; b) harmonicky vyživované rostliny dosahují lepší jakosti svých produktů; deficity živin mají za následek sníženou tvorbu látek určujících kvalitu finálních produktů, ale i snížený výnosový potenciál projevující se již na nižší klíčivé energii osiv; c) disproporce v příjmu živin činí rostliny méně odolné proti chorobám i škůdcům; d) nedostatečné nebo jednostranné hnojení snižuje půdní úrodnost, což ve svých konečných důsledcích vede k hospodářskému úpadku zemědělských podniků.

V této souvislosti stojí za pozornost oživit některá slova ze 150 let starého agrochemického díla J. Liebiga: „Výnos pole závisí od sumy podmínek úrodnosti výše výnosů, v budoucnosti závisí od udržení této sumy . . . Úkolem zemědělství není docílit dočasných nejvyšších výnosů, ale udržet je navěky . . . Prodej plodin značí současně vývoz rostlinných živin . . . které nutno nahrazovat hnojením . . . Základním principem hospodářským je, aby půda dostala zpět všechno, co jí bylo odňato . . .“

Jestliže z důvodů ekonomických, ale i ekologických dochází v současné době k určitému útlumu ve spotřebě minerálních hnojiv, pak je nutné, abychom při snížené spotřebě hnojiv především vyrovnali disproporce v příjmu živin, tzn. využít diagnostické metody k poznání a určení těchto živin, které jsou rostlinou přijímány v minimu, a vhodnými hnojivy je doplnit. Hnojení musíme omezit především tam, kde je živin nakumulováno v půdě nadměrné množství, nebo tam, kde ekologické či jiné bariéry limitují tvorbu výnosu. Na úkor prosperity pěstování plodin musíme hnojení omezit bohužel také tam, kde nemáme vhodná hnojiva, rozmetadla či možnosti živiny rostlinám dodat bez obavy z jejich nepříznivého dopadu na kvalitu potravinových produktů a na životní prostředí.

Nejde tedy jen o opatření, která lze na základě dosavadních poznatků zavést, vylepšit nebo od nich upustit, ale i o rozsáhlý novodobý program vědy a výzkumu.

Výzkum výživy rostlin a hnojení se při omezeném objemu materiálních vstupů musí intenzivně zabývat vývojem diagnostických metod, technologií aplikace listových hnojiv a vývojem nových ekologicky příznivých minerálních hnojiv. Týká se to i kombinovaných hnojiv, jejichž dosavadní relace živin často již nevyhovují. Měli bychom intenzivně zkoumat, jakými opatřeními lze účelně tlumit výkyvy v příjmu živin, vyvolané variabilními ekologickými vlivy. Zde jsou velké mezery v realizaci výnosového potenciálu.

Věda musí podrobně studovat a zhodnotit bilance živin u různých plodin a v různých agroekologických podmínkách a využívat je k usměrňování přívodu, ale i ke snížení ztrát živin.

Předpokladem vysoké půdní úrodnosti je jakostní půdně-organická hmota. Jakým způsobem je možno její vývoj ovlivňovat hnojením, je důležitým úkolem našeho výzkumu. S tím souvisí i otázka, jak podpořit pozitivní dopady hnojení na půdní prostředí a jak omezit negativní dopady. Významným úsekem se musí stát i výzkum interakcí mezi rhizosférní mikrofórou a kořeny rostlin ve vztahu k ekologii půdního prostředí.

Přes řadu bádání v oblasti mikroelementů i regulátorů růstu v zahraničí a doma zůstává mnohé neobjasněno a výzkum se musí zabývat v současné době především otázkami využití těchto fenoménů k tvorbě kvalitní produkce i z hlediska hygieny půdního prostředí.

Mnohé zůstal výzkum v minulosti dlužen hnojení pícnin. Nové vědecké přístupy k optimalizaci výživy jednoletých, víceletých i trvalých pícnin je nutné zařadit do současné se tvořících projektů.

Ochrana životního prostředí vyžaduje, aby se výzkum zabýval také interakcemi vztahy mezi hnojením a dalšími regulovatelnými faktory a jejich optimalizací za účelem minimalizace obsahu nežádoucích látek v půdním prostředí a ve sklizených produktech.

Výzkum by měl také v nejbližší době shromáždit podklady k zákonu o hnojivech a hnojení, aby byl chráněn člověk, půda a životní prostředí před možnými důsledky nevhodné aplikace nevhodných forem hnojiv.

Věda musí snést další doklady, že minerální hnojiva jsou pro naši zemědělskou výrobu, která se stará o téměř sto procentní krytí potravinových potřeb obyvatelstva, nezbytná, že však nelze připustit jejich neodborné a živelné používání tak, jako ho např. medicína nepřipouští u léků.

Veliké úkoly stojí před výzkumem vhodných soustav hnojení. Nepůjde jen o takové specifčnosti, jakými jsou soustavy hnojení pro devastované půdy, ale půjde i o soustavy hnojení při různých způsobech alternativního zemědělství nebo při různých formách využívání půdního fondu při konvenčním nebo integrovaném pěstování plodin.

I když je dnes už dost velká kapacita soustředěna ve výzkumu na tzv. režim dusíku v rostlinách, nemáme ani v tomto oboru dostatečně propracovány vhodné diagnostické metody.

Není bez zajímavosti, že právě na diagnostické metody ve výživě je obrácena pozornost téměř všech evropských vědeckých pracovišť na úseku výživy rostlin. Důvodem je rozpor mezi fondem vědeckých poznatků v oblasti fyziologie a ekologie výživy rostlin a jejím malým odrazem v soustavách hnojení. To svědčí o tom, že chybí vhodné expeeditivní diagnostické metody, které by umožňovaly pomocí mikroelektroniky a s využitím moderních aplikačních strojů dodat rostlinám přesně to, co potřebují, tzn. co dovedou plně využít ve fotosyntetickém procesu pro výnos i kvalitu svých produktů.

I toto monotematické číslo svými nesporně zajímavými a hodnotnými příspěvky naznačuje, že by bylo ku škodě naší i budoucí vědy, aby dočasný pokles zájmu o výživu rostlin a často nepodložená tvrzení o škodlivosti minerálních hnojiv pro člověka i životní prostředí odvedly pozornost vědeckých pracovníků od hlubšího studia zákonitostí výživy rostlin a jejího neškodného používání. Vytvořené vakuum by se i po jen krátkodobém útlumu obtížně naplňovalo.

Protože bez minerálních hnojiv nemůžeme dnes ani v budoucnu zajistit obyvatelstvu potřebné potraviny z domácích zdrojů, musíme se ve výzkumu intenzivně zabývat jejich účinným, resp. nevhodným používáním.

Hnojivy musíme pěstovaným plodinám poskytovat chybějící minerální živiny v takové formě a takovým způsobem, aby nebylo poškozováno zdraví spotřebitele, přírodní zdroje ani funkce životního prostředí.

Ing. Jan Baier, DrSc.

Jan Baier, Věra Baierová

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Studium vývoje výživného stavu jarního ječmene v průběhu vegetace na základě koncentrace živin v sušině nadzemní biomasy o hmotnosti od 0,2 do 3,0 g sušiny na jednu rostlinu umožnilo vytvořit modelové křivky koncentrací N, P, K, Ca a Mg pro výnosy zrna od 4,0 do 7,0 t.ha⁻¹. Do systému modelových koncentračních křivek, které charakterizují průběh výživného stavu pro různou výši výnosového potenciálu, bylo možno zavést i kritérium pro prognózu sladařské kvality zrna jarního ječmene. Z diagramu vyplývá, že hodnoty koncentrace dusíku v sušině nadzemní části rostlin v průběhu vegetace, ležící nad horní hraniční linií, signalizují pravděpodobnost, že nebude dosažena vyhovující sladařská kvalita. Experimentální základnu tvořily analýzy rostlin z delší časové řady kontrolních stanovišť, rozmístěných na 133 rozmanitých lokalitách. Modely jsou využitelné v oblasti diagnostiky výživy rostlin a prognózy výnosového potenciálu i jakosti, jakož i k potřebným korekcím správně cílených výživářských zásahů.

Ekologická a ekonomická hlediska se stala nezbytnými kritérii prosperujícího zemědělství, vyrábějícího žádané, zdravotně nezávadné potravinové suroviny. To klade značné nároky na optimalizaci výživy rostlin, aby nedocházelo k narušování biologických zákonitostí při příjmu živin a jejich využití pro tvorbu výnosu. Do popředí tím vystupuje respektování zákona harmonie vegetačních faktorů (Baier, 1974), v prvé řadě živinných, které můžeme dnes na základě moderních metod hnojení ve značné míře usměrňovat.

Zásahu na tom mají diagnostické metody, které umožňují vědecky zdůvodněným usměrňovaným objemem a kvalitou živinných vstupů dosáhnout:

- vyššího zhodnocení živin přijatých z přírodního prostředí a hnojiv (kde ekologické podmínky zaručují zintenzívnění biologických procesů, a tím dosažení vyšší nebo kvalitnější finální produkce);
- úspory hnojiv (kde limitující faktory nelze odstranit, takže hnojivý účinek je silně omezen nebo zcela potlačen, popř. i doprovázen negativním vlivem na jakost produktů a životní prostředí).

Obdobně jako u ozimé pšenice (Baier, Baierová, 1987) bylo cílem této práce vypracovat modely optimálního výživného stavu jarního ječmene pro rozmezí výnosů zrna od 4,0 do 7,0 t.ha⁻¹. Vycházeli jsme přitom z poznatků o vztazích tzv. koncentračních křivek k hmotnosti rostlin, které podrobně popsala Smetánková (1982). Bez eliminace vlivu nárůstu sušiny na procentuální hodnoty živin v sušině rostlin je diagnostické využívání rostlinných analýz, jak na to poukávají např. Greenwood et al. (1987), značně komplikováno. Princip eliminace vlivu hmotnosti sušiny rostlin na koncentrační hodnoty jed-

notlivých rostlinných živin uplatnil u jarního ječmene a později u ozimé pšenice při své metodě diagnózy, terapie a prognózy výnosu a kvality Møller-Nielsen (1973, 1989). Tato metoda se stala u nás východiskem pro tzv. průběžnou diagnostiku výživného stavu rostlin a vedla v první (dnes již překonané) fázi k vypracování tzv. ideogramů stavu výživy u ozimých pšenic. Tyto umožnily orientační posouzení kategorie zásobenosti rostlin během vegetace, vyjma raných a pozdních fází (Baier, 1981; Baier et al., 1984).

Propracování metody tzv. hraničních linií, které vymezovaly bodová pole závislosti koncentrací živin na hmotnosti sušiny rostlin, a detailní studium průběhu hraničních koncentračních křivek vedlo k sestavení diagramu modelových křivek pro ozimou pšenici (Baier, Baierová, 1987; Baier et al., 1988). Tento model umožňuje posoudit (manuálně nebo mikroelektronicky) výši výnosového potenciálu ozimé pšenice v daných agroekologických podmínkách a rozhodnout o nutnosti a možnosti, popř. účelnosti korekce aktuálního výživného stavu.

Naše dosavadní práce, zaměřené na studium diagnostických principů ve výživě jarního ječmene, vedly nejdříve k zjištění dobré shody tzv. korekčních modelů, vypracovaných v Dánsku pro jarní ječmen Emír, s modely, které byly odvozeny z výsledků československých pokusů (VOP) u jarního ječmene odrůdy Diamant (Baier, Smetánková, 1976).

Pro odrůdu jarního ječmene Ametyst byly na základě obdobných pokusů vymezeny limitní hraniční křivky pro nejnižší hodnoty koncentrací N, P, K. Tyto byly na všech sledovaných stanovištích získány z variant, na nichž byly vynechány všechny nebo jedna živina.

Obdobně byly vytyčeny dolní a horní hraniční křivky pro optimální koncentrace živin při výnosovém rozmezí od 4,5 do 5,2 t sušiny zrna na 1 ha (Baier, 1986).

Hraniční křivky koncentračních hodnot vymezené v nádobových pokusech s jarním ječmenem odrůdy Favorit měly širší rozpětí než křivky vymezené v polních pokusech a na kontrolních stanovištích, jejich průběh a tvar však byl srovnatelný (Smetánková, 1986). Bodová pole pro jarní ječmen odrůdy Ametyst, Favorit a Rapid, která byla získána na základě analýz z kontrolních stanovišť v Bohuslavicích nad Metují (Smetánková, Pácalt, 1986a,b), ležela uvnitř plochy vymezené hraničními liniemi z nádobových a polních pokusů, které charakterizovaly extrémnější podmínky výživy ječmene.

MATERIÁL A METODA

K vytvoření modelů koncentračních křivek N, P, K, Ca a Mg v sušině nadzemních částí jarního ječmene byly použity experimentální výsledky získané anorganickými rozborů vzorků rostlin, odebíraných na kontrolních stanovištích (KS) v letech 1980, 1982 až 1988 (Archív ODVR-VÚRV Praha-Ruzyně).

Z kontrolních stanovišť, jejichž metodiku podrobněji uvádějí Baier et al. (1988), byly vzorky rostlin odebírány k analýzám na obsah N, P, K, Ca a Mg v sušině a zjišťována jejich hmotnost sušiny v týdenních až čtrnáctidenních intervalech.

Celkový počet kontrolních stanovišť s jarním ječmenem činil ve sledovaném období 133. Kontrolní stanoviště byla rozmístěna v nejrozličnějších agroekologických podmínkách České republiky. Největší podíl (60 %) byl zjištěn v řepářském výrobním typu.

VÝSLEDKY

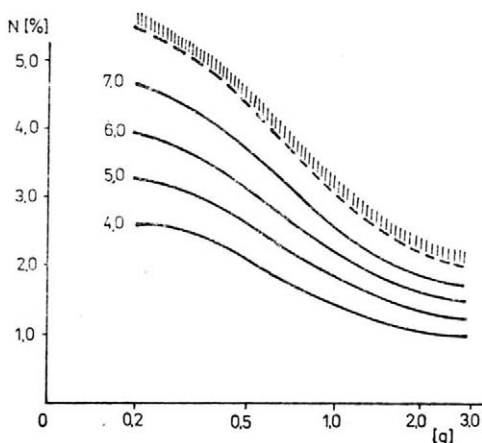
Modelování hraničních koncentračních křivek pro prognózu výnosů

Model koncentračních křivek dusíku (obr. 1) zahrnuje koncentrační křivky a jejich hodnoty vyjádřené v procentu dusíku v sušině nadzemní biomasy pro výnosy 4,0; 5,0; 6,0 a 7,0 t · ha⁻¹ v intervalu od 0,2 do 3,0 g sušiny nadzemní biomasy na jednu rostlinu. Hodnoty koncentrací živin jsou vyjádřeny v lineárním a hodnoty sušiny jedné rostliny v logaritmickém měřítku (obr. 1).

Princip konstrukce modelových křivek koncentrací jednotlivých živin v sušině rostlin pro různé výnosové hladiny vychází z hraničních křivek bodových polí, tvořených průsečíky hmotnosti sušiny rostlin a koncentrace jednotlivých živin v sušině.

Modelové křivky hraničních koncentrací pro zbývající živiny jsou uvedeny pro P na obr. 2, pro K na obr. 3, pro Ca na obr. 4 a pro Mg na obr. 5.

S ohledem na urychlující se nárůst sušiny během vegetace jsme zvolili pro grafické znázornění průběhu modelových křivek logaritmické měřítko, pro hmotnost sušiny jedné rostliny v rozmezí od 0,2 do 3,0 g. Od vymezení modelových křivek pro rostliny o vyšší nebo nižší hmotnosti sušiny jsme upustili, neboť u malých rostlin dochází snadno k nepřesnosti ve stanovení hmotnosti (u rostliny 5 cm vysoké znamená jen uštknutí při odběru o 1 cm výše nebo níže zhruba 20% hmotnostní di-



Vysvětlivky k obr. 1 až 5:

osa x — g sušiny na jednu rostlinu (v logaritmickém měřítku)

osa y — % N (P, K, Ca, Mg) v sušině nadzemní biomasy

hodnoty uvedené u jednotlivých křivek představují výnosy zrna (t · ha⁻¹)

šrafovaná část (obr. 1) je oblast nevyhovující sladařské kvalitě

Explanations to Figs 1 to 5:

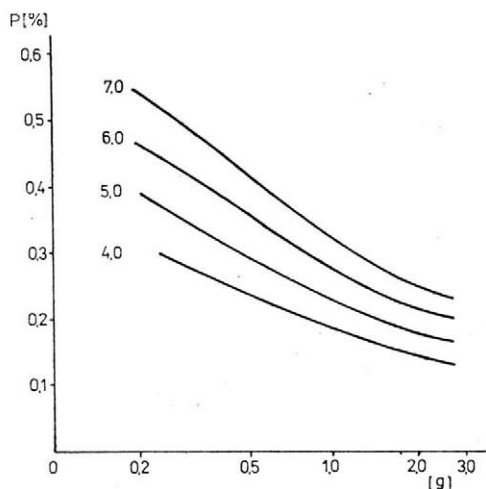
x axis — g of dry matter per plant (logarithmic measuring)

y axis — % of N (P, K, Ca, Mg) in above-ground biomass dry matter

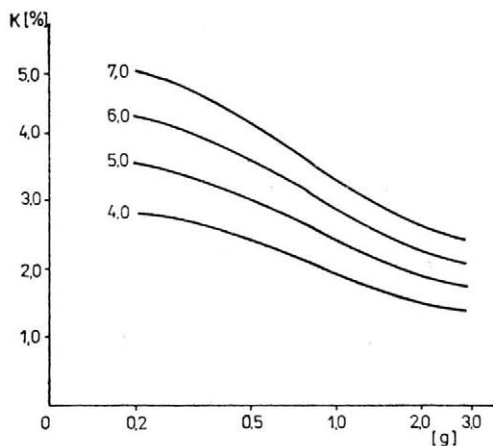
values given in individual curves represent grain yields (t per ha)

hatched part (Fig. 1) is an area of unsuitable malting quality

1. Modelové koncentrační křivky dusíku pro různé hladiny výnosového potenciálu zrna jarního ječmene a sladařské kvality — Model concentration curves of nitrogen for different levels of yield potential of spring barley grain and malting quality



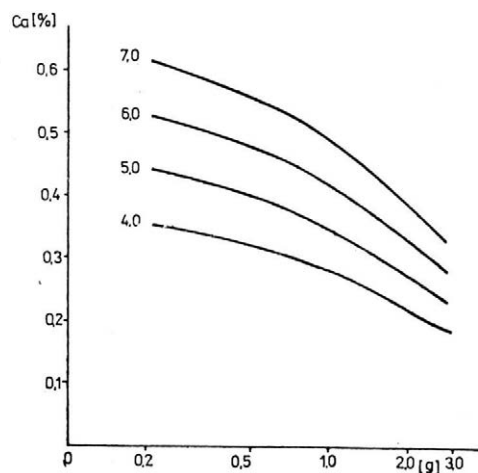
2. Modelové koncentrační křivky fosforu pro různé hladiny výnosového potenciálu zrna jarního ječmene — Model concentration curves of phosphorus for different levels of yield potential of spring barley grain



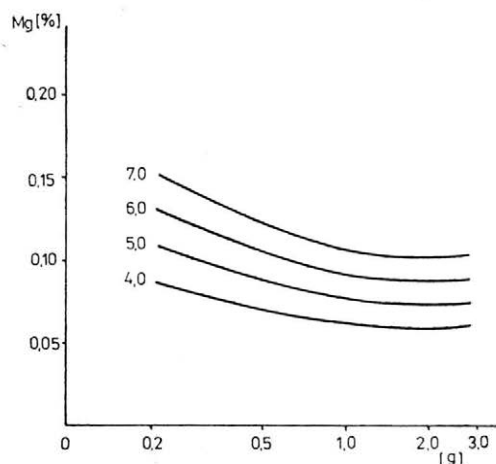
3. Modelové koncentrační křivky draslíku pro různé hladiny výnosového potenciálu zrna jarního ječmene — Model concentration curves of potassium for different levels of yield potential of spring barley grain

ference). Vymezení modelových křivek pro vyšší hmotnosti rostlin obilnin nad 3,0 g na rostlinu naráží na nepřesnosti ve stanovení počtu rostlin ze vzorku takto odrostlého porostu.

Sklon modelových křivek je ovlivněn rozměry měřítka koncentrací živin na ose y , avšak tvar průběhu křivek, který má převážně sigmoidní charakter, se liší v závislosti na dynamice příjmu jednotlivých živin.



4. Modelové koncentrační křivky vápníku pro různé hladiny výnosového potenciálu zrna jarního ječmene — Model concentration curves of calcium for different levels of yield potential of spring barley grain



5. Modelové koncentrační křivky hořčíku pro různé hladiny výnosového potenciálu zrna jarního ječmene — Model concentration curves of magnesium for different levels of yield potential of spring barley grain

Soubor hraničních koncentrací pro N, P, K, Ca a Mg v sušině nadzemní hmoty jarního ječmene byl hodnocen též z hlediska sladařské kvality zrna. Šlo o studium možnosti stanovit již v průběhu vegetace metodou hraničních koncentračních křivek budoucí kvalitu zrna.

Sledování ukázalo, že lze graficky vymezit oblast koncentrací dusíku v sušině nadzemní hmoty, které signalizují nevyhovující sladařskou kvalitu, tzn. obsah dusíku ve sklizeném zrne nad 11 %. Jak je patrné z obr. 1, leží tato oblast nad hodnotami hraniční koncentrace dusíku pro výnos zrna 7 t. ha^{-1} ; je vyznačena přerušovanou hraniční modelovou koncentrační křivkou a šrafováním (které leží nad touto křivkou). Prakticky to znamená, že procentuální hodnoty obsahu N v sušině nadzemní hmoty, které leží během vegetace (ontogeneze) nad čárkovanou křivkou, signalizují pravděpodobnost, že nebude dosažena vyhovující sladařská hodnota.

DISKUSE

Hraniční koncentrace (procentuální obsahy) živin v sušině nadzemní hmoty rostlin během vegetace při definované hmotnosti rostlin jsou důležitým diagnostickým kritériem, vymezujícím v průběhu ontogeneze jednak minimální hladinu živin pro normální existenci rostlin a jednak hranici pro tvorbu různě vysokých výnosů hospodářského produktu.

Postupně klesající hraniční koncentrace živin v průběhu ontogeneze jarního ječmene byly porovnány s odpovídajícími výnosy zrna. Obdobně jako dříve u ozimé pšenice (Baier, Baierová, 1987) bylo možno i u jarního ječmene vymezit modelové hraniční křivky využitelné pro prognózu výnosu i jakosti. Při prognóze kvality se vycházelo z hraničních křivek koncentrace N. Potvrdilo se, že tvorba vysokých výnosů není na překážku kvalitě, naopak ji dosti silně podmiňuje (Brouwer, 1972; Baier, 1989). V oblasti nejvyšších výnosů však již předimenzování organismu dusíkem kvalitu zhoršuje.

Převažující shoda průběhu hraničních křivek živin, vymezených z experimentálně zjištěných hodnot, s hodnotami modelu koncentračních křivek živin svědčí o tom, že je možno sestavené modely koncentračních křivek považovat za velmi blízké reálným průběhům koncentračních křivek.

Poděkování

Autoři tohoto příspěvku děkují kolektivu spolupracovníků za získání rozsáhlého experimentálního materiálu z kontrolních stanovišť.

Literatura

- BAIER, J.: Principy základních vztahů minerální výživy rostlin. [Doktorská disertace.] Praha - Ruzyně, 1974, 283 s. Výzk. Úst. rostl. Vyr.
BAIER, J.: Limitní koncentrační křivky živin během vegetace u živin. Rostl. Vyr., 27, 1981, č. 9, s. 981-990.

- BAIER, J.: Concentration curves of N, P and K for the nutrition diagnosis of springs barley. Praha - Ruzyně, Ann. Res. Inst. Crop Prod. 24, 1986, s. 69-84.
- BAIER, J.: Optimalizovat výživu jarního ječmene na výnos i jakost. Agrochémia, 10, 1989, s. 257-259.
- BAIER, J. — BAIEROVÁ, V.: Model vývoje výživného stavu pšenice pro různé výnosy. Rostl. Výr., 33, 1987, č. 4, s. 367-372.
- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M.: The Danish method of assessing plant analyses and its use in Czechoslovakia — correction models for spring barley. Rostl. Výr., 22, 1976, č. 8, s. 811-826.
- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M. — BAIEROVÁ, V.: Diagnostika výživy rostlin. Praha, Inst. Vých. Vzděl. MZVŽ-ČSR 1988, 284 s.
- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M. — CHOJNACKI, A. — NEUBERT, P.: Wyznaczenie krzywych granicznych procentowej zawartości N, P, K, Ca i Mg dla pszenicy ozimej z pól kontrolnych. Pamięt puław. Prace IUNG, 82, 1984, s. 131-144.
- BROUWER, W.: Die Gerste. Handbuch des speziellen Pflanzenbaues. Berlin-Hamburg, P. Parey 1972, s. 271-385.
- GREENWOOD, D. J. et al.: Response of winter wheat to N-fertiliser: quantitative relations for components of growth. Fertil. Res., 12, 1987, s. 119-137.
- MØLER-NIELSEN, J.: Kornplanters ernaeringstilstand vurderet og reguleret ud fra planternes kemiske sammensætning. København, DSR Forlag 1973, 247 s.
- MØLLER-NIELSEN, J.: Optimization of nitrogen fertilization. In: Proc. VIth Int. Colloq. Optimization of plant nutrition, Montpellier 2-8/9, 1989, č. 2, s. 411-418.
- SMETÁNKOVÁ, M.: Metoda vymezení horních a dolních hraničních linií závislosti dvou veličin. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 6, s. 665-672.
- SMETÁNKOVÁ, M.: Hraniční linie procenta dusíku u jarního ječmene jako základ průběžné diagnostiky výživy. Rostl. Výr., 32, 1986, č. 4, s. 373-379.
- SMETÁNKOVÁ, M. — PÁCALT, J.: Charakteristika příjmu dusíku a fosforu u ječmene, kukuřice a bobu. Rostl. Výr., 32, 1986a, č. 12, s. 1243-1254.
- SMETÁNKOVÁ, M. — PÁCALT, J.: Potassium, calcium and magnesium uptake by barley, maize and horse bean in field conditions. Praha - Ruzyně, Ann. Res. Inst. Crop. Prod. 24, 1986b, s. 295-307.

Došlo 7. 11. 1990

J. BAIER, V. BAIEROVÁ (Research Institute of Crop Production, Praha - Ruzyně):

Model of optimal nutritional conditions of spring barley.

Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 387-392.

Studying the development of nutritional conditions of spring barley in the growing season based on nutrient concentration in the above-ground biomass dry matter weighing from 0.2 to 3.0 g of dry matter per plant enabled to develop model curves of N, P, K, Ca and Mg concentrations for grain yields of 4.0 to 7.0 t per ha. A criterion of predicting the malting quality of spring barley grain should be introduced into the system of model concentration curves characterizing the pattern of nutritional conditions for different value of the yield potential. It follows from the diagram that nitrogen concentrations in above-ground plant biomass in the growing season above the upper boundary line signalling the probability that malting quality of suitable level was not obtained. Experiments were based on plant analyses from control sites of 133 different localities performed for longer period of time. Models may be used in the diagnostics of plant nutrition and predicting the yield potential and quality as well as for necessary corrections of accurately aimed nutritional patterns.

VYUŽITÍ MATEMATICKÉ ANALÝZY ROZBORŮ ROSTLIN K POSOUZENÍ VÝZIVNÉHO STAVU

Miroslav Dvořák, Jana Černohorská, Milena Smetánková, Jaroslav Pácalt

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 128 44 Praha 2

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

Zemědělské družstvo, 549 06 Bohuslavice nad Metují

Na dvou rozdílných stanovištích byly sledovány dvě odrůdy ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) Iris a Vala. Byly provedeny analýzy nárůstu sušiny nadzemní části a obsahu N, P, K, Ca, Mg. Data z těchto pokusů byla zpracována regresní analýzou, jejíž metodická koncepce je podrobněji rozebrána. Význam aplikace této metody spočívá v rozšíření poznatků o dynamice rozvoje porostu a některých výnosových prvků. Výsledky hodnocení ukázaly, že regresní analýza umožnila hlubší poznání vlivu ekologických podmínek na uvedené odrůdy.

Klasická růstová analýza byla první významnou kvalifikací procesů spojených s růstem rostlin, která přinesla závažné teoretické i praktické informace o ekologických podmínkách produktivity rostlin, zvláště s ohledem na fotosyntézu a vodní režim (Šesták, Čatský, 1966). Předkládaná práce se zabývá dalšími kvantifikačními metodami, umožněnými současnou výpočetní technikou, které zohledňují především funkci makrobiogenních prvků při tvorbě rostlinné produkce.

Metodická koncepce aplikace matematiky na analýzu růstu a produkce rostliny vychází z fotoautotrofní aktivity rostliny: růst je podmíněn již vytvořenou biomasou (hmotností, objemem, povrchem) rostliny. Vlastní dynamika změn této biomasy závisí na fotosyntéze, na dostupnosti minerálních složek, na teplotě, vodním režimu a dalších podmínkách.

Závislost růstu na vstupní hmotnosti popisuje vztah:

$$\frac{W}{t} = \frac{dW}{dt} = W_0 \cdot \text{konst.}, \quad [1]$$

kde parametr hmotnosti = W ; čas t (0..1); je-li přírůstek v čase $W = W(t) - W(0)$ pro použitý časový interval, pak je změna hmotnosti přímo závislá na výchozí hodnotě $W(0)$. Převedením vztahu [1] získáme $dW/W(0) = \text{konst.} dt$ (kde W je funkcí času). Z toho integrací

$$\int_0^W \frac{dW}{W_0} = \text{konst.} \int_0^t dt. \quad [2]$$

Řešením je vztah

$$W_t = W_0 \cdot e^{rt} \quad [3]$$

kde W odpovídá hmotnosti v libovolném čase a r = relativní rychlostní konstanta růstu.

Tato úvaha vede k jednoduché exponenciální závislosti růstu na jeho relativní rychlosti (r , RGR) a vychází jen ze vstupního parametru W_0 . Ten by mohl probíhat jen v případě existence nekonečného množství nutných látek a energie (pro růst). Není

uvážována možnost prostorové či biologické inhibice, např. změna prostorových transportních podmínek či tvorba inhibitorů v čase růstu.

Takovýto model může odpovídat situaci počátečního (exponenciálního) růstu rostliny a podmínkám výrazně rozvinuté fotoautotrofie. I zde je zpravidla nutno dosadit součtový člen, korigující počáteční podmínky (vertikálně posunuje funkci podle veličiny W):

$$W_t = W_o \cdot e^{rt} + q. \quad [4]$$

V reálných podmínkách růstu rostlinných organismů i celých porostů tento základní model neobstojí. Prvním důvodem je již fakt, že trofické podmínky odpovídají víceméně uzavřenému systému: limitována je dostupnost energie záření, vody, živin. Mění se prostorový systém rostliny (prodlužování stébla), a tím i rychlost transportu rostlinou aj. Proto vedle vnějších podmínek musíme vzít v úvahu i podmínky vnitřní — strukturní, metabolické i vývojové.

Tomuto souboru vlivů lépe odpovídá jednoduchý model pro uzavřený systém; základní rovnice vychází z teze, že

$$W(t) + S(t) = \text{konst.}$$

To znamená, že součet hmotnosti biomasy (W) a ekvivalentní hodnoty substrátu (S) jsou v každém čase konstantní a maximální nárůst biomasy ($W_{\max}$) odpovídá počáteční hodnotě substrátu S_o .

Řešením této prosté aproximace je vztah:

$$W_t = \frac{W_{\max}}{1 + E \cdot e^{ct}} \quad [5]$$

Je to tzv. logistická funkce sigmoidálního tvaru (Thornley, 1976). Poloha inflexního bodu, kdy rychlost reakce dosahuje maxima, je dána pro čas $T(i) = -\ln(B)/c$; pro hmotnost $W(i) = W_{\max}/2$. Pak $W_o = W_{\max}/(B + 1)$. Potom maximální rychlost růstu je možno graficky vyjádřit funkcí:

$$v(\max) = -W_{\max} \cdot c/4.$$

Výhodou použití této funkce pro regresní analýzu je, že nenabývá nekonečných hodnot W : zdola je limitována hodnotou $W = 0$, shora tečnou $W = W_{\max}$ v celém oboru času. Všechny hodnoty W jsou kladné a v reálném čase i menší než $W_{\max}$.

Nevýhody spočívají v tom, že vnější prostředí rostliny přece jen není zcela uzavřený systém, řada faktorů omezujících růst se v čase mění. Dynamika růstu je ovlivňována i jinými než trofickými faktory. Logistická funkce je bodově symetrická podle inflexního bodu, a tedy jedinečná; nevyhovuje vždy obecným nerovnostem ve vývoji rostliny. Její logický základ neodpovídá úplně reálným podmínkám.

Již dříve byla navržena řada dalších obecnějších sigmoidálních funkcí. Z nejznámějších je snad Richardsova (Richards, 1959) a Gompertzova (Gompertz, 1825).

Richards (1959) vyšel ze dvou diferenciálních rovnic, jež charakterizují vzeštnou a brzdnou část děje. Řešením může být vztah:

$$W_t = \frac{W_{\max}}{(1 + B \cdot e^{ct})^n}. \quad [6]$$

Zavedení 4. parametru (n) umožňuje, že si konvexní a konkávní část křivky nejsou tvarově podobné — pokud není $n = 1$, kdy se stane funkcí logistickou. Inflexní bod $T(i) = -\ln(b \cdot n)/c$.

Nejstarší formu řešení obdobných rovnic asi předložil Gompertz (1825, cit. Richards, 1969; Thornley, 1976). Je formulována v několika verzích, uvedme aspoň nejjednodušší 3-parametrickou formu:

$$W_t = W_0 \cdot e^{b(1-e^{ct})}, \quad [7]$$

kde $b > 0$ a $c < 0$.

Svrchní limita funkce $W_{\max} = W(0) \cdot \exp(b)$; inflexní bod $T(i) = -\ln(b)/c$. Tato funkce je a priori nesymetrická, a tudíž zvláště vhodná pro analýzu růstu dřevin a podobných objektů.

Tyto funkce projevují větší plasticitu. Nicméně postulát logického modelu, jenž by vycházel z reálných podmínek, regulujících růst, tím splněn není. Respektují jen požadavek na průběh v oboru kladných hodnot, který se zpočátku zrychluje a posléze přes víceméně linearizovatelnou část přechází do fáze brzděné.

Všechny uvedené funkce tedy formálně vyhovují typu Sachsovy velké periody růstu. Blackmann (1919) rozložil Sachsovu křivku pro aplikaci matematické analýzy do tří částí:

1. juvenilní exponenciální rozvoj;
2. lineární část, která protíná inflexní bod;
3. exponenciální fázi útlumovou.

Toto řešení se pak stalo základem klasické růstové analýzy (Květ et al., 1971). Moderní výpočetní technika však dokáže snadno řešit i spojité sigmoidální funkce, pokud to analýza dějů růstu vyžaduje (Dvořák et al., 1986).

Pro fotoautotrofa je energie záření jednou složkou substrátu ('S' ve funkci [4]) a přijímá ji povrchem nadzemní části svého těla: někdy jde především o listy (jejich povrch — L , A , LA ..), jindy o všechny aktivní (zelené) povrchy rostliny.

Obecně platí, že veškerá sušina je produktem fotosyntézy. Mezi sušinou a čistou fotosyntézou (P_n) rostliny možno psát vztah:

$$W_t = \int_0^t P_n \cdot dt = \int_0^t (E \cdot A) \cdot dt. \quad [8]$$

Potom čistý výkon fotosyntézy (E , NAR) možno popsat:

$$E = \frac{dW}{dt} \cdot \frac{1}{A}, \quad [9]$$

kde A odpovídá asimilačnímu povrchu. Tedy $dW/dt = E \cdot A = P_n$.

Pro interval $(0..t)$ je pak integrací možno stanovit průměrnou hodnotu E podle vztahu:

$$W_t = E \int_0^t A \cdot dt, \quad E = W_t / As_b, \quad As = \int_0^t A \cdot dt, \quad [10]$$

kde $As = \int_0^t A \cdot dt (= LAD = \text{trvání (účinné) asimilační plochy } A)$.

Dochází tak ke dvěma možnostem vyjádření hodnoty E : aktuální (typ [9]) nebo průměrnou [10] pro libovolně zvolený interval.

Máme-li vyjádřit střední hodnotu NAR v delším úseku vegetace, možno k tomu

využít vhodných spojitých funkcí, které příslušný děj charakterizují. Protože pak pracujeme s jinou matematickou výbavou než klasická forma růstové analýzy (např. s neurčitým integrálem), zavedme analogické pojmy účinnosti (a) či střední účinnosti ($\bar{a}$) asimilační plochy. Potom:

$$\bar{a} = \frac{W_t}{A_s}, \quad a = \frac{dW}{A \cdot dt}, \quad [11]$$

kde funkce a odpovídá v podstatě hodnotě E , NAR . Základní numerická odlišnost vzniká tím, že jsou zde využity hodnoty vyrovnané použitým modelem.

Obě formy analýzy (podle [11]) umožní analyzovat změny fotosyntetické účinnosti asimilačního povrchu rostliny v daných ekologických podmínkách (dynamika rozvoje porostu, zásobenost živinami, vodou). Pro porost zavedla růstová analýza pojem pokryvnost listoví, $LAI = A/P$, kde A = suma asimilačního povrchu všech jedinců na ploše P ; je to bezrozměrný koeficient, protože obě veličiny mají stejný rozměr (m^2). Pro hodnocení výkonnosti porostu (podle [9..11]) možno LAI použít místo A .

Ostatní metody matematické kvantifikace růstu uvádějí např. Richards (1969), Květ et al. (1971), Thornley (1976) aj.

Sigmoidy patří mezi typy funkcí monotoních (podobně i přímka) — stále stoupavé či klesající, ale limitované v kladném oboru. Řada měřených dat vyžaduje však funkce pro hodnoty > 0 , ale s výrazným maximem, zhruba blízká Gaussově normále; podobá se derivaci sigmoidální funkce (např. olistěnost v čase, velikost asimilačního povrchu rostliny, obsahu živin v sušině apod.).

Protože výpočet pomocí Gaussovy normály — podobně i pomocí derivací sigmoid — je velmi zdoluhavý a žádná z těchto funkcí přitom nepředstavuje logický základ pro vyjádření distribuce těchto hodnot, využili jsme místo toho inverzní hodnotu hyperboly kosinu:

$$y = \frac{2A}{e^{c(x+b)} + e^{-c(x+b)}}, \quad [12]$$

symetrická funkce, kde A = maximální výška funkce, b = poloha maxima na ose x , $c > 0$.

Z téže verze možno odvodit i asymetrickou formu:

$$y = \frac{2A}{e^{c(x+b)} + e^{-d(x+b)}}, \quad [13]$$

kde $c, d > 0$. Zde je poněkud složitější výpočet parametrů maxima: $X_{\max} = b - \ln(c/d)/(c+d)$; $Y_{\max}$ získáme dosazením hodnoty $X_{\max}$ do funkce [13].

Funkce tohoto typu jsou použitelné pro některé přímé výpočty, nemají však svůj integrál. Nicméně, i tuto funkci možno numericky integrovat Simpsonovým integrálem a dále dořešit některou sigmoidální funkcí.

Podobně, sigmoidální funkce všech použitých typů možno derivovat numericky Simpsonovou metodou a k výpočtu derivovaného tvaru použít funkce typu [12] či [13].

MATERIÁL A METODA

Pro výpočty byla použita data získaná na dvou kontrolních stanovištích ozimé pšenice, založených a sledovaných v roce 1988 podle jednotné metodiky (Baier et al., 1988) na provozních honech smluvního pracoviště Výzkumného ústavu rostlinné vý-

Hon ¹	573	582
Odrůda ²	Iris	Vala
Předplodina ³	jetel ¹⁴	cukrovka ¹⁵
Datum výsevu ⁴	26. 9. 1987	8. 11. 1987
Nadmořská výška ⁵	314 m	310 m
Oblast výrobní ⁶	řepařská ¹⁶	řepařská ¹⁶
Ø teplota za vegetaci ⁷		13,8 °C
Suma srážek ⁸		331,3 mm
Srážkový deficit ročníku ⁹ 1988		17 %
Oblast klimatická ¹⁰	mírně teplá ¹⁷ , mírně vlhká ¹⁸ , mírná zima ¹⁹	
Půdní typ ¹¹	hnědozem glejová ²⁰	
Druh půdy ¹²	střední ²¹	těžká ²²
pH/KCl	6,9	7,0
P (Egner) (mg. kg ⁻¹)	111 (velmi dobrá zásoba ²³)	94 (velmi dobrá zásoba ²³)
K (Schachtschabel) (mg. kg ⁻¹)	155 (střední ²¹)	270 (dobrá ²⁴)
Mg (Schachtschabel) (mg. kg ⁻¹)	75 (dobrá ²⁴)	89 (střední ²¹)
Hnojení ¹³ (kg. ha ⁻¹)		
N	180 (Synferta, LAV, DAM)	155 (LAV, DAM)
P	15 (Synferta)	—
K	36 (Synferta)	—
Mg	38 (Kieserit, dolomiti-tický vápenec ²⁵)	33 (Kieserit)

¹strip, ²variety, ³forecrop, ⁴sowing date, ⁵altitude above sea level, ⁶production region, ⁷average temperature for the growing season, ⁸sum of precipitation, ⁹precipitation deficit for the year, ¹⁰climatic region, ¹¹great soil group, ¹²texture, ¹³fertilizing, ¹⁴clover, ¹⁵sugar beet, ¹⁶beet-growing, ¹⁷slightly warm, ¹⁸slightly moisture, ¹⁹temperate winter, ²⁰gleyey Udalf soil, ²¹medium, ²²heavy-textured, ²³very good reserve, ²⁴good, ²⁵limestone

roby Praha-Ruzyně v ZD Bohuslavice nad Metují (Pácalt, 1988). Na honu 573 byla sledována odrůda Iris, na honu 582 odrůda Vala. Údaje o půdně-klimatických podmínkách a agrotechnických opatřeních uvádí tab. I. Průběh změn obsahu minerálního N v ornici a podílu nitrátového N uvádí tab. II.

Z tab. I je zřejmé, že na obou honech byly půdy středně až dobře zásobeny P, K a Mg; rovněž zásoba N se pohybovala v oblasti velmi dobré až dobré. Hnojení bylo aplikováno s ohledem na půdní zásobu na obou honech diferencovaně, tzn. ve větších dávkách na honu 573.

Agrochemický rozbor půd a stanovení N_{min} provedla laboratoř Agrochemického podniku Žamberk standardními metodami (Javorský, 1983).

Během vegetačního období pšenice bylo provedeno celkem 15 odběrů vzorků nadzemních částí rostlin. První odběr proběhl 11. 4. (11. den), poslední odběr 18. 7. (109. den). Odpovídající fáze vývoje podle Feekesovy stupnice pro srovnávané odrůdy uvádí tab. III.

II. Zásoba půdního N ($N_{min} = N-NO_3 + N-NH_4$) v ornici sledovaných honů v průběhu vegetačního období — Reserve of soil N ($N_{min} = N-NO_3 + N-NH_4$) in the topsoil of strips under study in the growing season

Datum ¹	573		582	
	N_{min}	% N-NO ₃	N_{min}	% N-NO ₃
3. 5.	8,8	43,2	99,0	29,3
16. 5.	33,2	51,5	96,7	48,1
30. 5.	39,0	59,0	91,6	69,5
6. 6.	32,9	59,3	41,2	70,6
13. 6.	51,6	65,1	60,8	86,8
27. 6.	27,0	63,0	134,6	73,9
11. 7.	14,8	86,3	31,0	93,5

¹date

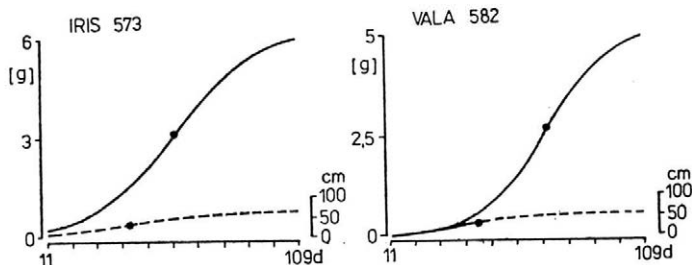
III. Data odběrů rostlin a vývojové fáze (počet dnů uveden od 1. 4.) — The data on plant sampling and developmental stages (number of days given from April 1)

Datum ¹	Počet dnů ²	Fáze podle Feekese ³	
		Iris	Vala
11. 4.	11	4	3
18. 4.	18	5	3
25. 4.	25	5	4
2. 5.	32	6	4
10. 5.	40	7	6
15. 5.	45	8	6
23. 5.	53	10	6
30. 5.	60	10.5	10.3
6. 6.	67	10.5.1	10.5.1
13. 6.	74	10.5.4	10.5.4
20. 6.	81	10.5.4	10.5.4
27. 6.	88	11.1	11.1
4. 7.	95	12.2	12.2
11. 7.	102	12.2	12.2
18. 7.	109	12.2	12.2

¹date, ²number of days, ³stage after Feekes

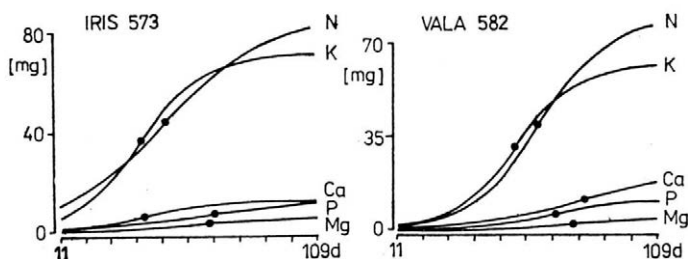
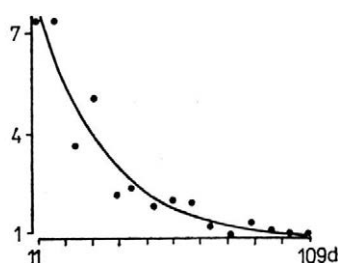
VÝSLEDKY A DISKUSE

Z obr. 1 je zřejmé, že při ± téže výšce rostlin byla dynamika nárůstu sušiny u srovnávaných odrůd na dvou kontrolních stanovištích odlišná: odrůda Iris na honu 573



1. Porovnání dynamiky růstu nadzemní části (sušina — plná čára, stéblo — čárkovaně) odrůd Iris (hon 573) a Vala (hon 582); [všechny regrese jsou spočítány z 15 dat v časovém rozmezí od 11. 4. do 18. 7. 1988; osa x = čas, dny, osa y (vlevo) = g/l rostlina, osa y (vpravo) = cm] — A comparison of the growth dynamics of the above-ground part (dry matter — full line, culm — hatched) of the Iris (the 573 strip) and Vala (the 582 strip) varieties; [all regressions are summed from 15 data collected from April 11 to July 18, 1988; x axis = time, days, y axis (left) = g per plant, y axis (right) = cm]

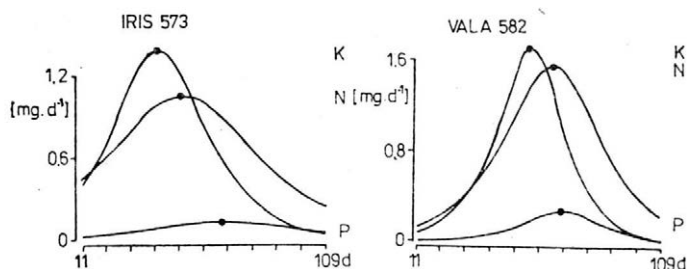
2. Relativní porovnání produkce sušiny dvou odrůd (Iris a Vala) během vegetace [osa x = čas, dny, osa y = index poměru produkcí sušiny nadzemní části odrůd Iris/Vala] — A relative comparison of dry matter output of two varieties (Iris and Vala) in the growing season [x axis = time, days, y axis = index of output ratios of aboveground dry matter of two varieties Iris/Vala]



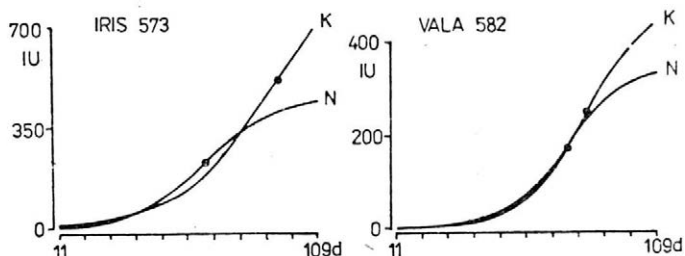
3. Porovnání dynamiky odběru živin; prvky označeny u křivek [ostatní jako na obr. 1] osa x = čas, dny, osa y = mg prvku/g sušiny 1 rostliny] — A comparison of the dynamics of nutrients sampled; components marked in curves [other as in the Fig. 1; x axis = time, y axis = mg of element per g of dry matter per plant]

zvyšovala na začátku vegetace svoji hmotnost rychleji, avšak v závěru sledování byla postupně dostižena odrůdou Vala. Z obr. 2 je tato tendence patrná ještě výrazněji.

Obdobný rozdíl je zřejmý při porovnávání křivek průběhu odběrů živin: i zde byla jasná tendence k vyšším hodnotám v počátečním období růstu odrůdy Iris (obr. 3). Nejvýrazněji charakterizují zmíněné rozdíly grafy na obr. 4, na nichž je zřejmé, že u odrůdy Iris došlo k dosažení maximální výše denního přírůstku odběru N i K dříve než u odrůdy Vala. Po maximu, odpovídajícím přibližně stejné fázi podle Feekese ($K = 6$; $P = 10,3$ až $10,5$; $N = 7$ až 8), nastává u obou odrůd na obou honech pokles



4. Porovnání rychlosti odběru živin (N, P, K); prvky popsány u maxim křivek [ostatní jako na obr. 1; osa x = čas, dny, osa y = rychlost odběru živin (mg sušiny/mg prvku).den⁻¹] — A comparison of nutrients sampling (N, P, K); elements described in curve maximum [others as in Fig. 1; x axis = time, days, y axis = rate of nutrients sampling (mg of dry matter per mg of element) per day]



5. Porovnání dynamiky IU (N) a IU (K); prvky označeny u křivek [ostatní jako na obr. 1; osa x = čas, dny, osa y = index účinnosti živin, mg sušiny/mg prvku] — A comparison of the IU (N) dynamics and IU (K); elements marked in curves [others as in Fig. 1; x axis = time, days, y axis = index of nutrient efficiency, mg of dry matter per mg of element]

IV. Produkce sušiny a výnosové charakteristiky ozimé pšenice na sledovaných honech (Bohuslavice, 1988) — Dry matter output and yield characteristics of winter wheat in the strips under study (Bohuslavice, 1988)

	573 (Iris)		582 (Vala)	
Výnos zrna ¹ (g.m ⁻²)	811	127,1 %	638	100 %
Výnos slámy ² (g.m ⁻²)	839	135,5 %	619	100 %
Celkový výnos sušiny nadzemní části ³	1650	131,3 %	1257	100 %
Podíl zrna z celkového výnosu ⁴ (%)	49,2		50,7	
Počet odnoží ⁵ (.m ²)	551	83,7 %	658	100 %
Počet klasů ⁶ (.m ⁻²)	533	83,3 %	640	100 %
Hmotnost 1000 zrn ⁷ (g)	48	102,1 %	47	100 %
Hmotnost zrn v klasu ⁸ (g)	1,47	147,0 %	1,0	100 %
Počet zrn v klasu ⁹	30,6	145,7 %	21,0	100 %
Biologický výnos zrna (klasů .m ⁻² × zrn na klas) ¹⁰	783		640	

¹grain yield, ²straw yield, ³total yield of above-ground dry matter, ⁴proportion of grain in total yield, ⁵number of tillers, ⁶number of spikes, ⁷1000-kernel weight, ⁸kernel weight per spike, ⁹kernel number per spike, ¹⁰biological kernel yield (number of spikes per m² × number of kernels per spike)

Charakteristika ¹	Iris	Vala
Křížení ²	Siette Ceros × Kavkaz	Moisson × Mironovská 808
Klas ³	větší ¹² , středně hustý ¹³	střední až krátký ²⁰
Hmotnost 1000 zrn ⁴	střední ¹⁴ ($\varnothing$ 41,5)	střední ¹⁴
Vzrůst ⁵	střední ¹⁴	střední ¹⁴
Ranost ⁶	raná ¹⁵	středně raná ²¹
Výnosy ⁷	vysoké v intenzivních podmínkách ¹⁶	vysoké ve všech oblastech ²²
Předplodina vhodná ⁸	jeteloviny ¹⁷	jeteloviny ¹⁷
nevhodná ⁹	—	pozdě sklizené okopaniny ²³
Setba ¹⁰	včasná ¹⁸	včasná ¹⁸
Citlivost na ¹¹	méně úrodné půdy ¹⁹	těžké půdy ²⁴

¹characteristics, ²crossing, ³spike, ⁴1000-kernel weight, ⁵growth, ⁶earliness, ⁷yields, ⁸suitable forecrop, ⁹unsuitable, ¹⁰sowing, ¹¹sensitivity to, ¹²higher, ¹³medium thick, ¹⁴medium, ¹⁵early, ¹⁶high in intensive conditions, ¹⁷clover crops, ¹⁸early, ¹⁹less fertile soils, ²⁰medium to short, ²¹medium early, ²²high in all areas, ²³late harvested root crops, ²⁴heavy-textured soils

výše denních přírůstků (tab. III), který byl však u odrůdy Iris povlovnější. Maximální hodnoty denních přírůstků K byly u odrůdy Iris 1,42 mg/den, Vala 1,7 mg/den, přírůstků N u Iris 1,08 a u Vala 1,55 mg/den.

Interpretace uvedených rozdílů v příjmu živin a dynamice růstu vychází z porovnání se stavem půdní zásoby živin. Z tab. I je patrné, že ornice honu 573 s odrůdou Iris byla zásobena N a K hůře, než tomu bylo na honu 582 s odrůdou Vala, což se promítlo do rozdílné výše aplikovaných dávek N a K, ale současně i P a Mg. Zvýšení hladiny pohotových živin mohlo být příčinou intenzivnějšího příjmu začátkem vegetace, který však vedl k dřívějšímu dosažení maxima, následně stagnaci a poklesu intenzity celkového odběru. Vyšší půdní zásoba K a zejména N na honu 582 (Vala) se promítla do pozdějšího intenzivního příjmu zejména N, což mohlo souviset se zvýšenou intenzitou odnožování a rozvojem produktivních odnoží. Dostatečný nárůst hmotnosti obilí, jejichž počet byl oproti odrůdě Iris výrazně nižší, však již zajištěn nebyl. Výsledkem byly poměrně výrazné výnosové rozdíly, zjištěné v době zralosti zrna (tab. IV).

Jak vyplývá z tab. IV, souvisela vyšší produkce zrna, patrná u odrůdy Iris na honu 573, s tvorbou většího počtu zrn v klasu, která spolu s vyšší hmotností zrn vykompenzovala menší intenzitu odnožování.

Určitá souvislost rozdílné hladiny produkce na srovnávaných honech s podmínkami a stavem výživy rostlin byla diskutována výše. Do jaké míry podpořily dané podmínky přirozenou produkční schopnost a vlastnosti srovnávaných odrůd, lze do určité míry odvodit z porovnání s obecnou charakteristikou odrůd na základě odrůdových zkoušek (ÚKSÚP 1980, ÚKZÚZ 1983). Z porovnání dosažených výsledků s údaji v tab. V je zřejmé, že u odrůdy Iris se potvrdila tendence k většímu klasu a ranosti a u odrůdy Vala tendence ke střednímu až krátkému klasu spolu se střední raností. I při nižší zásobě živin v půdě měla pro využití svých vlastností lepší podmínky odrůda Iris (včasný výsev

VI. Některé charakteristiky regresních funkcí k obr. 1 až 5 (symboly funkcí: I = logistická funkce, H = inverzní hyperbolický cosinus, R = koeficient determinace nelineární regrese) — Some characteristics of regression functions for Figs. 1 to 5 (symbols of functions: I = logistic function, H = inverse hyperbolic cosinus, R = determination coefficient on non-linear regression)

Vztah ¹	573					582				
	inflexní bod ²			maximální rychlosti odběru prvku ³		inflexní bod			maximální rychlosti odběru prvku	
	funkce ⁴	dny ⁵	reálné datum ⁶	dny ⁵	reálné datum ⁶	funkce	dny	reálné datum	dny	reálné datum
Sušina/čas ⁷	I	61,7	1. 6.			I	71,6	11. 6.		
	$R = 0,989$		++(*)			$R = 0,998$		++		
Růst stébla ⁸	I	43,5	13. 5.			I	43,9	14. 5.		
	$R = 0,992$		++			$R = 0,995$		++		
Odběr ⁹ N	I	52,3	22. 5.	52,2	22. 5. H	I	64,8	4. 6.	64,8	4. 6. H
	$R = 0,972$		++			$R = 0,993$		++		
Odběr P	I	70,6	10. 6.	68,3	7. 6. H	I	71,4	10. 6.	69,9	9. 6. H
	$R = 0,985$		++			$R = 0,982$		++		
Odběr K	I	42,9	13. 5.	42,7	13. 5. H	I	56,2	26. 5.	56,1	26. 5. H
	$R = 0,936$		+			$R = 0,973$		++		
Odběr Ca	I	43,7	14. 5.			I	82,4	21. 6.		
	$R = 0,987$		++			$R = 0,954$		++		
Odběr Mg	I	68,8	8. 6.			I	77,7	17. 6.		
	$R = 0,979$		++			$R = 0,985$		++		
IU(N)	I	67,6	7. 6.			I	75,3	14. 6.		
	$R = 0,983$		++			$R = 0,999$		++		
IU(K)	I	94,7	4. 7.			I	82,3	21. 6.		
	$R = 0,983$		++			$R = 0,979$		++		

(*) pravděpodobnost shody dat se zvolenou funkcí podle F -testu¹⁰: ++ $P = 0,05$ ++ $P = 0,01$

¹correlation, ²inflexion point, ³maximum rate of element sampling, ⁴function, ⁵days, ⁶real date, ⁷dry matter per time, ⁸culm growth, ⁹sampling,

¹⁰probability of consistency of data with chosen function after F -test

po jetelovinách), což se také promítlo do vyšší výnosové úrovně, než odrůda Vala (pozdní výsev po méně vhodné předplodině na těžké půdě). Tendence ke krátkému klasu byla u odrůdy Vala podpořena pozdním uvolňováním N, podporujícím pozdní odnožení a nadměrnou hustotu porostu, snižující hmotnost zrn v klasu. Příkrý pokles denních přírůstků příjmu živin po dosažení maxima mohl souviset s nedostatkem vláhy na ulehavé těžké půdě, na níž je Vala citlivá.

Také indexy účinnosti IU (Matula, 1986) pro N a K (obr. 5) naznačují, že využití přijatých živin bylo podstatně vyšší u odrůdy Iris než u odrůdy Vala.

ZÁVĚR

Z hodnocení ozimé pšenice odrůd Iris a Vala na dvou kontrolních stanovištích umístěných na provozních honech Bohuslavic u Náchoda regresní analýzou růstu a příjmu živin N, P, K, Ca a Mg vyplynulo, že pravděpodobnou příčinou vyšší výnosové hladiny dosažené na honu s odrůdou Iris byly lepší podmínky pro realizaci přirozených vlastností a výnosového potenciálu této odrůdy.

Práce prověřila, že funkce použité u regresní analýzy odpovídaly charakteru sledovaných procesů a umožnily jejich interpretaci v konkrétních produkčních podmínkách. Současně dokumentovaly některé genotypové rozdíly a jejich reakce na agroekologické podmínky srovnávaných stanovišť.

Literatura

- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M. — BAIEROVÁ, V.: Diagnostika výživy rostlin. Inst. Vých. Vzděl. MZVŽ Praha, 1988.
- BLACKMAN, V. H.: The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.*, 33, 1919, s. 353-360.
- DVOŘÁK, M. — NOVÁK, V. — ČERNOHORSKÁ, J. — FIŠEROVÁ, J.: Analýza funkce některých živin v průběhu vývoje porostu rostlin. II. Index účinnosti N, P, K. *Rostl. Vyr.*, 32, 1986, č. 4, s. 381-388.
- GOMPERTZ, B.: On the nature of the function expressive of the law of human mortality. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 36, 1825, s. 513-585.
- JAVORSKÝ, P.: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. Praha, MZVŽ 1983.
- KVĚT, J. — NEČAS, J. — ONDOK, J. P.: Metody růstové analýzy. *Stud. Inform. ÚVTI, Zákl. Vědy Zeměd.*, 1971, č. 1.
- MATULA, J.: Využití kritéria účinnosti dusíku k posouzení vhodnosti hnojení a výživného stavu rostlin. *Rostl. Vyr.*, 32, 1986, č. 10, s. 1089-1094.
- PÁCALT, J.: Faktory snižující spotřebu živin na jednotku produktu v provozních a pokusných podmínkách. [Časová zpráva.] Bohuslavice nad Metují, 1988. (Archív VÚRV Praha-Ruzyně).
- RICHARDS, F. J.: A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.*, 10, 1959, s. 290-300.
- RICHARDS, F. J.: The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F. C. (ed): *Plant physiology*, V. A. New York, Acad. Press 1969, s. 3-76.
- ŠESTÁK, Z. — ČATSKÝ, J.: Metody studia fotosyntetické produkce rostlin: In: ŠESTÁK, Z. — ČATSKÝ, J. (eds): *Metodické příručky experimentální botaniky*, sv. 2, Praha, Academia 1986.
- THORNLEY, J. H. M.: *Mathematical models in plant physiology*. London, New York, San Francisco, Acad. Press 1976.
- ÚKSÚP Bratislava: Listina povolených odrůd (kultivarů) platná od r. 1980. Bratislava, Příroda 1980.
- ÚKZÚZ Praha: Listina povolených odrůd, platná od r. 1983. Praha, MZVŽ 1983.

Došlo 7. 11. 1990

M. DVORÁK, J. ČERNOHORSKÁ, M. SMETÁNKOVÁ, J. PÁCALT (Charles University, Faculty of Natural Sciences, Praha; Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně; Agricultural Co-operative, Bohuslavice nad Metují):

Using the mathematic analysis to analyse plants for evaluating the nutritive conditions.
Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 393-404.

Two varieties (Iris and Vala) of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) have been studied at two different sites. Above-ground dry matter and N, P, K, Ca, Mg contents increase have been analysed. Data of these trials were processed by the regression analysis, the methodical conception of which is discussed in detail in the paper. The importance of this method applied consists in spreading the knowledge relating the dynamics of the stand development and some yield-forming elements. The results of the evaluation have shown that regression analysis enabled more deeper knowledge in the effects of ecological conditions on the given varieties.

Přemysl Strnad, Miloslav Javůrek

Výzkumná stanice rostlinné výroby, 286 01 Čáslav

V polním stacionárním osevním postupu na degradované černozemi v Čáslavi byla čtyři roky sledována cukrovka, odrůda Domona. Byla prokázána diferencovaná potřeba výživy pro tvorbu maximálního výnosu bulev oproti vysoké cukernatosti. Stupňovanými dávkami dusíku se zvyšovala nejen koncentrace dusíku u bulev a chrástu, ale současně i koncentrace draslíku. Byla stanovena vysoce průkazná negativní korelační závislost mezi koncentrací dusíku a draslíku a cukernatostí bulev. Negativně na cukernatost působil i schodek fosforu. Maximální výnos bulev byl dosažen při aplikaci dávky dusíku $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pro nejvyšší cukernatost, výtěžnost a výnos rafinády v daných podmínkách postačovalo hnojení hnojem a fosforečno-draselné hnojení. Odběr dusíku cukrovkou (bulva + chrást) na této variantě činil $165 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při maximálním výnosu bulev odběr dusíku dosáhl $287 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Úspěšné a ekonomicky výhodné pěstování cukrovky v řepářských oblastech není v současnosti již možné bez zvládnutí moderních technologií. S tím souvisí i optimální výživa cukrovky, která umožňuje nejen využití jejího vysokého výnosového potenciálu, ale ovlivňuje i jakost. Právě v optimalizaci výživy cukrovky lze spatřovat jeden z významných regulovatelných faktorů, který může výrazně přispět ke stabilizaci výnosů a zlepšení špatné jakosti cukrovky.

Účinnost fosforečných i draselných hnojiv odpovídá zásobě těchto živin v půdě, a proto dochází k tak rozdílnému hodnocení použitých hnojiv (Burba, 1980; Mengel, 1982).

Mimořádná pozornost je věnována dusíku, jehož příjem cukrovkou se pohybuje v optimálních podmínkách v intervalu 250 až $270 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Beiss, Winner, 1975; Beiss, 1977). Při stanovení optimální dávky dusíku k cukrovce se dusíkatými hnojivy doplňuje rozdíl mezi potřebou a zásobou dostupného dusíku v půdě v předjaří a mineralizaci během vegetace.

V předložené práci je v definovatelných stanovištních podmínkách analyzováno působení diferencované výživy cukrovky na kvantitativní a kvalitativní ukazatele.

MATERIÁL A METODA

Cukrovka byla zařazována v letech 1984 až 1987 ve stacionárních výživářských osevních postupech v Čáslavi po ozimém ječmenu, jehož předplodinou byl bob na zeleno.

Do pokusu bylo zařazeno 16 variant hnojení ve čtyřech opakováních. Velikost pokusných parcel byla $9 \times 9 \text{ m}$, sklizňových $5 \times 5 \text{ m}$. Byla vysé-

vána geneticky jednoklíčková odrůda Domona do řádků 45 cm. Jednocení bylo ruční. Tab. I uvádí přehled hnojení.

Fosforečná, draselná a hořečnatá hnojiva (superfosfát, draselná sůl a kieserit) byla současně s hnojem zaorána střední orbou, potom na podzim následovala hluboká přeorávka. Vápenec byl rozmetán před hlubokou orbou na podzim nebo během zimy na hrubou brázdou.

Z dusíkatých hnojiv byl aplikován v předseťové přípravě síran amonný (80 až 160 kg N . ha⁻¹), zbytek byl dodán ve formě ledku amonného s vápencem po vyjednání.

Za 60 dní po zasetí bylo hnojeno bórem v roztoku Soluboru a molybdenem v roztoku molybdenanu sodného.

Technologická hodnota bulev byla stanovena ve VŠÚŘ Semčice na automatické lince VENEMA ve dvou opakováních. Anorganické rozboru bulev i chrástu na živiny provedl Agrokombinát Tachov, ZOL Stříbro.

Charakteristika stanovištních podmínek:

Místo	Čáslav
Půdní typ	degradovaná černozem
Půdní druh (ornice)	hlinitá
Výrobní typ	řepařský
Výrobní subtyp	řepařsko-ječný
Průměrný roční úhrn srážek	600 mm
Průměrná roční teplota vzduchu	8,7 °C
Nadmořská výška	260 m

Agrochemické půdní vlastnosti v době založení stacionárního pokusu (1957):

pH	6,47
P (Egner)	30 mg . kg ⁻¹
K (Schachtschabel)	108 mg . kg ⁻¹

VÝSLEDKY

Vliv hnojení na výnos bulev a koncentraci živin v rostlině při sklizni

Koncentrace živin při sklizni u bulev i chrástu (tab. II a III) byla závislá na obsahu živin v půdě, organickém hnojení a aplikaci průmyslových hnojiv. Relativně nejnižší koncentrace všech živin byla na variantě 11 bez organominerálního hnojení a zvyšovala se při organickém hnojení a aplikaci průmyslových hnojiv.

Výrazný vliv na změnu koncentrace dusíku a draslíku mělo dusíkaté hnojení. Vliv stupňovaných dávek dusíku na koncentraci fosforu nebyl zcela jednoznačný.

Příjem živin podstatně ovlivnil výnos bulev (tab. IV). Bez organominerálního hnojení při schodku fosforu a draslíku (varianta 11) dosáhl výnos v průměru pouze 36,42 t . ha⁻¹. Přírůstek výnosu bulev aplikací chlévského hnoje v dávce 40 t . ha⁻¹ (varianta 1) dosáhl 5,67 t . ha⁻¹ a je vysoce průkazně zajištěn. Odpovídá vyššímu příjmu živin z organických hnojiv. I v jednotlivých letech byly přírůstky výnosu bulev zcela jednoznačné a pohybovaly se v intervalu 3,33 až 8,04 t . ha⁻¹.

Vliv samotného hnojení PK (varianta 2) oproti variantě 1 hnojené pouze chlévským hnojem byl v průměru opět velmi výrazný a činil

I. Schéma hnojení k cukrovce — Diagram of fertilizing sugar beet

Kombinace hnojení ¹	Hnůj ² (t.ha ⁻¹)	Vápenec ³ (t.ha ⁻¹)	Průmyslová hnojiva ⁴ (kg.ha ⁻¹)				Stopové prvky ⁵ (kg.ha ⁻¹)	
			N	P	K	Mg	B	Mo
1 pouze hnůj ⁶	40	2	—	—	—	—	—	—
2 PK	40	2	—	176	332	—	—	—
3 N ₁ PK	40	2	80	176	332	—	—	—
4 N ₂ PK	40	2	160	176	332	—	—	—
5 N ₃ PK	40	2	240	176	332	—	—	—
6 N ₃ PKMo	40	2	240	176	332	—	—	0,06
7 N ₃ PKB	40	2	240	176	332	—	0,05	—
8 N ₃ PKMg	40	2	240	176	332	120	—	—
9 N ₃ PKMgMo	40	2	240	176	332	120	—	0,06
10 N ₃ PKMgB	40	2	240	176	332	120	0,05	—
11 O — bez hnojení ⁷	—	2	—	—	—	—	—	—
12 N ₂ P ₂ K ₂	40	2	160	352	664	—	—	—
13 N ₁	40	2	80	—	—	—	—	—
14 N ₂	40	2	160	—	—	—	—	—
15 N ₂ P	40	2	160	176	—	—	—	—
16 N ₂ K	40	2	160	—	332	—	—	—

¹combination of fertilizing, ²manure, ³limestone, ⁴fertilizers, ⁵trace elements, ⁶manure only, ⁷no fertilizing

3,24 t.ha⁻¹. Po aplikaci PK se podstatně zvýšila koncentrace draslíku v rostlině, zatímco u koncentrace fosforu nebyl vzestup zaznamenán. Výnosový rozdíl je statisticky vysoce průkazný.

Dusíkatým hnojením v dávce 80 kg N.ha⁻¹ + PK (varianta 3) oproti samotnému hnojení PK dosáhl přírůstek výnosu bulev ve čtyřletém průměru 3,52 t.ha⁻¹ a je statisticky významný.

Zvýšení dávky dusíku o dalších 80 kg N.ha⁻¹ (varianta 4) působilo pozitivně a výnos bulev se v průměru zvýšil oproti variantě 3 o dalších 1,67 t.ha⁻¹. Tento přírůstek však již není statisticky významný. Další zvýšení dávky dusíku o 80 kg N.ha⁻¹ (varianta 5) oproti variantě 4 již přírůstek bulev průměru pozitivně neovlivnilo.

Při stejné dávce dusíku a současně aplikaci hořčíku ve formě kieseritu (varianta 8 oproti variantě 5) však jeho přídavek působil na přírůstek výnosu pozitivně, dosáhl 1,97 t.ha⁻¹. Aplikace molybdenu a bóru (varianty 6, 9, 7 a 10) výnos bulev prakticky neovlivnila.

Předzásobní hnojení PK k cukrovce na podzim při orbě (varianta 12) působilo oproti variantě 4 na výnos bulev sice pozitivně, ale rozdíl 0,91 t.ha⁻¹ není průkazně zajištěn.

Dlouhodobě vynechání hnojení PK při jednostranném hnojení dusíkem (varianty 13 a 14) působilo na výnos depresivně. Při dávce 80 kg N.ha⁻¹ (varianta 13 oproti variantě 3) se výnos bulev snížil vysoce průkazně o 5,13 t.ha⁻¹, při dávce 160 kg N.ha⁻¹ (varianta 14 oproti variantě 4) o 7,28 t.ha⁻¹.

II. Koncentrace živin při sklizni v procentech (bulva, průměr 1984—1987) — Nutrient concentration at the harvest in percent (root, average for 1984—1987)

Prvek ¹	Varianta ²															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N	0,73	0,65	0,70	1,00	1,03	0,90	1,03	0,97	1,11	1,07	0,68	0,89	0,77	1,07	0,99	0,91
P	0,16	0,15	0,16	0,18	0,19	0,17	0,14	0,19	0,14	0,14	0,12	0,16	0,13	0,15	0,18	0,15
K	0,72	0,81	0,87	1,05	1,18	0,99	1,16	1,13	1,14	1,05	0,65	1,05	0,74	0,86	0,77	0,97
Na	0,08	0,08	0,07	0,12	0,13	0,09	0,12	0,11	0,11	0,10	0,06	0,05	0,07	0,11	0,08	0,10
Ca	0,16	0,14	0,12	0,13	0,13	0,10	0,11	0,09	0,07	0,08	0,13	0,11	0,11	0,10	0,14	0,09
Mg	0,16	0,14	0,14	0,17	0,15	0,17	0,16	0,15	0,18	0,17	0,12	0,14	0,15	0,17	0,16	0,15

¹element, ²treatment

III. Koncentrace živin při sklizni v procentech (chrást, průměr 1984—1987) — Nutrient concentration at the harvest in percent (trash, average for 1984—1987)

Prvek ¹	Varianta ²															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N	2,19	1,99	2,26	2,41	2,63	2,67	2,74	2,49	2,75	2,77	2,34	2,38	2,48	2,48	2,61	2,59
P	0,31	0,26	0,28	0,26	0,28	0,28	0,27	0,32	0,27	0,32	0,24	0,30	0,25	0,25	0,28	0,27
K	3,36	3,56	3,46	3,51	3,52	2,91	3,19	3,24	3,24	3,40	2,87	3,37	2,90	2,91	2,33	3,08
Na	0,72	0,67	0,73	0,75	0,77	0,70	0,69	0,75	0,72	0,73	0,70	0,72	0,68	0,69	0,69	0,72
Ca	1,10	1,42	1,34	1,11	1,18	1,18	1,18	0,93	0,99	1,07	1,41	1,14	1,27	1,17	1,18	1,18
Mg	0,41	0,45	0,48	0,44	0,49	0,51	0,49	0,47	0,52	0,49	0,51	0,44	0,50	0,51	0,49	0,51

For 1—2 see Tab. II

IV. Výnos a kvalita bulev (průměr 1984–1987) — Root quality and yield (average for 1984–1987)

Varianta ¹	Výnos bulev ² (t.ha ⁻¹)	Cukernatost ³ (%)	Výtěžnost ⁴ (%)	Výnos rafinády ⁵ (t.ha ⁻¹)
1	42,09	18,34	15,78	6,70
2	45,33	19,05	16,31	7,47
3	48,85	18,08	14,94	7,37
4	50,52	17,25	14,93	7,07
5	49,88	16,55	13,03	6,57
6	49,77	16,79	13,23	6,64
7	48,87	16,79	13,14	6,48
8	51,85	16,41	12,63	6,57
9	50,56	16,53	12,66	6,46
10	51,99	16,40	12,63	6,61
11	36,42	18,08	15,40	5,68
12	51,43	17,25	13,82	7,16
13	43,62	17,51	14,65	6,48
14	43,24	16,92	13,97	6,09
15	44,81	17,20	14,19	6,33
16	48,68	17,05	13,72	6,69
Průkaznost rozdílů při P 0,05	1,95	0,28	0,60	0,48
P 0,01	2,61	0,38	0,81	0,64

¹treatment, ²root yield, ³sugar content, ⁴yield, ⁵refined sugar yield, ⁶significance of differences

Podle anorganického rozboru bulev a chrástu při sklizni se bez hnojení PK snížila koncentrace fosforu a draslíku. Při dlouhodobém vynechání K (varianta 15) se oproti variantě 4 výnos bulev snížil v průměru vysoce průkazně o 5,71 t.ha⁻¹ a rozdíl byl zcela jednoznačný ve všech letech. Při dlouhodobém vynechání P (varianta 16) se výnos bulev snížil v průměru o 1,84 t.ha⁻¹, tento rozdíl však není statisticky průkazný.

Vliv koncentrace živin na kvalitu bulev cukrovky

Cukernatost (tab. IV) kolísala v závislosti na koncentraci živin při sklizni, přičemž koncentrace, při které byl dosažen vysoký výnos bulev, nekoresponduje s optimální koncentrací pro vysokou cukernatost. Příznivě na koncentraci živin u bulev i cukernatost působil hnůj. Nejvyšší průměrná cukernatost 19,05 % na variantě 2 hnojené pouze PK odpovídala relativně vyšší koncentraci draslíku u chrástu cukrovky a relativně nízké koncentraci dusíku v celé rostlině.

Stupňovanými dávkami dusíku se zvyšovala koncentrace dusíku jak u bulev, tak i u chrástu. Současně se zvyšovala i koncentrace draslíku. Se stoupajícím příjmem dusíku a draslíku se cukernatost snižovala. Byla prokázána negativní korelační závislost mezi koncentrací dusíku a cu-

Prvek ¹	Varianta ²						
	1	2	3	4	5	6	7
N	177,12	165,39	204,92	286,75	296,30	289,74	309,00
P	25,35	26,74	33,44	39,23	40,35	38,59	34,75
K	182,69	233,35	288,91	363,96	377,27	333,11	361,19
Na	31,72	36,87	49,90	67,26	68,80	59,84	63,15
Ca	64,79	73,65	89,82	93,78	93,98	95,26	119,34
Mg	28,43	34,08	42,65	49,74	50,67	54,77	52,52

For 1–2 see Tab. II

kernatostí bulev. Se zvyšující se koncentrací dusíku u chrástu i bulev se cukernatost bulev snižovala ($r = 0,91^{++}$ a $0,97^{++}$). Negativní korelační závislost byla prokázána i mezi koncentrací draslíku v bulvách a cukernatostí ($r = 0,70^{++}$). Průkazná korelační závislost byla stanovena i ve vztahu poměru N:K u chrástu cukrovky při sklizni k cukernatosti ($r = 0,61^{++}$). S vyšší cukernatostí korespondoval i široký poměr N:K.

Negativně na cukernatost působil i schodek fosforu. Pokles cukernatosti byl však méně ovlivněn schodkem fosforu nebo draslíku než vysokým (luxusním) příjmem dusíku a draslíku. Při aplikaci molybdenu a bóru (varianty 6 a 7) se v průměru cukernatost mírně zvýšila, přičemž se snížila koncentrace draslíku a sodíku. Při současném hnojení hořčíkem (varianty 9 a 10) však již účinek stopových prvků nebyl tak zřetelný. Při aplikaci předzásobního hnojení (varianta 12) se při nezměněné průměrné cukernatosti (oproti variantě 4) podstatněji nezměnila ani koncentrace živin při sklizni.

Obdobně na diferencovaný příjem živin reagovala cukrovka i výtěžkem cukru (tab. IV). Výnos rafinády (tab. IV) byl nejvýrazněji negativně ovlivněn schodkem dusíku (varianta 11), dále i draslíku a fosforu (varianty 13, 14, 15 a 16). Velmi nepříznivě na výnos rafinády působila vysoká koncentrace dusíku, což se projevilo u všech variant, kde byl aplikován dusík v průmyslových hnojivech.

Odběr živin

Odběr živin (tab. V) se výrazně diferencoval podle jednotlivých variant. Celkový odběr dusíku na variantě 11 bez organominerálního hnojení dosáhl ve čtyřletém průměru 170 kg.ha⁻¹. Podstatněji se nelišil ani odběr dusíku při samotném hnojení hnojem (varianta 1) a při aplikaci PK (varianta 2).

Dusíkatým hnojením v průmyslových hnojivech se odběr dusíku výrazně zvyšoval až do dávky 160 kg.ha⁻¹ (varianta 4). Další stupňování dávek dusíku již jeho odběr podstatněji neovlivnilo. Při samotném hnojení dusíkem na variantách 13 a 14 i na variantách 15 a 16 dosahoval odběr dusíku přibližně stejné úrovně jako při plném hnojení všemi živinami.

Varianta²

8	9	10	11	12	13	14	15	16
291,46	305,49	326,01	170,00	269,24	218,47	271,03	284,07	293,75
44,92	35,31	39,69	19,99	39,58	27,28	31,71	36,60	36,11
360,25	359,30	363,03	158,95	336,22	238,58	279,75	243,49	334,93
67,23	63,31	64,52	31,49	58,20	45,43	57,40	58,11	65,32
82,15	76,38	87,73	63,70	91,27	84,11	88,26	95,76	96,20
50,17	56,27	54,68	31,57	47,23	46,43	51,00	49,87	53,34

V průběhu pokusu při půdní zásobě fosforu do hloubky 20 cm 32 až 45 mg . kg⁻¹ a draslíku 80 až 107 mg . kg⁻¹ docházelo při hnojení chlévským hnojem a samotným dusíkatým hnojením při absenci fosforečného a draselného hnojení k výraznému snížení odběru fosforu a draslíku.

Odběr fosforu i draslíku se zvyšoval při plném hnojení všemi živinami stupňovanými dávkami dusíku. Zvyšování odběru sodíku, vápníku i hořčíku bylo výrazné zejména při aplikaci dávek dusíku 80 až 160 kg . ha⁻¹.

Při aplikaci předzásobního hnojení (varianta 12) odběr jednotlivých živin nepřesáhl úroveň varianty 4. Při maximálním výnosu bulev odběr dusíku dosáhl 287 kg . ha⁻¹, nejvyšší kvalita cukrovky však byla dosažena při odběru dusíku 165 kg . ha⁻¹.

DISKUSE

Potvrdilo se, že nejen kvantitativní, ale i kvalitativní ukazatele cukrovky jsou výrazně ovlivňovány organominerální výživou. Zvýšení tvorby biomasy cukrovky zejména dusíkatým hnojením bylo doprovázeno sníženou cukernatostí bulev.

Kladné působení chlévského hnoje na výnos a cukernatost bulev oproti variantě bez organominerálního hnojení odpovídá nejen zlepšené výživě, ale i příznivému vlivu oxidu uhlíku uvolňovaného při rozkladu organické hmoty a jeho uplatnění při fotosyntéze.

Hluboký jednoznačný depresivní vliv dusíkatého hnojení na cukernatost lze zdůvodnit dostatečným příjmem dusíku již z půdní zásoby při vyvážení strukturní plodiny v osevním postupu a pravidelném hnojení organickou hmotou.

Při snižování cukernatosti hnojením se i přes pozitivní vliv dusíku na výnos bulev výnos rafinády snižoval a maximální výnos cukru byl dosažen bez dusíkatého hnojení, což odpovídá i výsledkům z literatury (Buzás, 1975; Müller, 1978; Chochola, 1978).

Odběr dusíku cukrovkou, zahrnující bulvu i chrást, který dosahuje 250 až 270 kg N . ha⁻¹ (Beiss, Winner, 1975; Beiss, 1982), v podstatě souhlasí s našimi hodnotami pro maximální výnos bulev. Pro do-

sažení vysoké cukernatosti a vysokého výnosu rafinády je však rozhodující podle našich poznatků nižší odběr dusíku v intervalu 165 až 200 kg N . ha⁻¹. Při pěstování cukrovky ve vyváženém osevním postupu se zastoupením motýlokvetých plodin na degradované černozemi a pravidelném organickém hnojení byl tento odběr zabezpečen i bez aplikace dusíkatých průmyslových hnojiv. Při stanovení obsahu dostupného dusíku, které se dnes běžně provádí v síti monitorovacích stanic s následným doporučením dusíkatého hnojení, bude třeba zohlednit takový odběr, který odpovídá maximální cukernatosti a výnosu rafinády.

Koncentrace draslíku v bulvách cukrovky byla sice v negativní korelační závislosti s cukernatostí, ale zvyšování koncentrace draslíku bylo determinováno synergickým vlivem dusíku v závislosti na jeho dávkách. To neodpovídá údajům, které publikoval Královič (1984), který spojuje snižování cukernatosti pouze se zvýšeným příjmem draslíku.

Literatura

- BEISS, W.: Zur Kalkulation des Stickstoffbedarfs der Zuckerrübe. Zucker, 30, 1977, č. 12, s. 643-648.
 BEISS, U. — WINNER, C.: Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme und Nährstoffentzug der Zuckerrübe. Zucker, 28, 1975, č. 9, s. 461-471.
 BURBA, M.: Kalium und Natrium in Stoffwechsel der Zuckerrübe. Zuckerrübe, 29, 1980, č. 5, s. 16-19.
 BUZÁS, I.: Účinek výživy na kvalitu cukrovky. Budapest, Agroinform 1978.
 CHOCHOLA, J.: Vliv termínu hnojení dusíkem na výnos a kvalitu cukrovky. Rostl. Vyr., 24, 1978, č. 4, s. 389-398.
 KRÁLOVIČ, J.: Vplyv obsahu draslíka v pôdach na tvorbu a kvalitu úrody. Úroda, 32, 1984, č. 8, s. 375-376.
 MENGEL, K.: Faktoren und Vorgänge, die den Kaliumbedarf der Kulturpflanzen bedingen. Kali-Briefe (Büntenhof), 16, 1982, č. 9.
 MÜLLER, H. J.: Ertrag sowie Stickstoffertragewirkung bei Zuckerrüben in Abhängigkeit von Niederschlägen und Bodenbedingungen. Zuckerindustrie, 103, 1978, č. 6, s. 488-493.

Došlo 7. 11. 1990

P. STRNAD, M. JAVŮREK (Research Station of Crop Production, Čáslav):
Dependence of yield formation and sugar beet quality on nutrient intake.
 Rostl. Vyr., 37, 1991 (5) : 405-412.

Sugar beet, the Domona variety, has been studied for four years in Čáslav in the field stationary crop rotation. Differentiated demand of nutrition was confirmed for maximum yield formation of roots in contrast to high sugar content. Gradated nitrogen application rates increased not only nitrogen concentration in roots and leaves but at the same time also potassium concentration. Highly significant correlation was determined between nitrogen and potassium concentration and root sugar content. A deficit in phosphorus negatively affected also sugar content. The maximum root yield was obtained when nitrogen was applied at a rate of 160 kg per ha. Manuring and phosphorous-potassium fertilizing was sufficient for the highest sugar content, yield, and refined sugar yield in the given conditions. Nitrogen withdrawal by sugar beet (root + leaves) was 165 kg per ha in this variant. Nitrogen withdrawal was 287 kg per ha at the maximum root yield.

VLIV DUSÍKU NA HROMADĚNÍ DUSIČNANŮ V ROSTLINÁCH BRAMBORU BĚHEM VEGETACE

Bohumil Miča, Bohumil Vokál, Jaroslav Čepl, Josef Novotný

Výzkumný ústav bramborářský, 580 03 Havlíčkův Brod

V tříletých pokusech s odrůdou Radka byl při různých variantách dusíkatého, fosforečného a draselného hnojení a ve spojení s inhibitorem nitrifikace u nejvyšší dávky dusíku sledován pohyb dusičnanů v nati, kořenech a hlízách v různých fázích vegetace. Bylo zjištěno, že o obsahu dusičnanů v nati, kořenech a hlízách rozhodoval především ročník a termín odběru, teprve potom výše dusíkatého (fosforečného a draselného hnojení) s tendencí vyššího obsahu při dávce dusíku v čistých živinách $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Inhibitor nitrifikace nepůsobil jednoznačně. V průběhu vegetace docházelo vlivem jak dusíkatého, tak i fosforečného a draselného hnojení ke změnám, ke konci vegetace však se rozdíly mezi jednotlivými variantami snižovaly. Z porovnání jednotlivých vegetačních orgánů vyplývá, že nejvyšší obsah dusičnanů byl zjištěn v nati, a to v průměru všech variant u třetího odběru $2718,1 \text{ mg}$, u kořenů $1485,8 \text{ mg}$ a u hlíz $201,7 \text{ mg}$. Z toho vyplývá, že největší podíl dusičnanů ($61,7 \%$) má nat, kořeny mají 33% podíl a zhruba 5% podíl mají hlízy. Je tedy nutné hodnotit vliv hnojení na pohyb dusičnanů v nati a v kořenech.

Nejvýznamnější základní živinou brambor je dusík. Působením dusíku se vytváří velká asimilační plocha, což je předpokladem pro dobrý vývoj hlíz a vysokou produkci škrobu (Gunaseena, 1969). Dusík ovlivňuje rovněž chemické složení hlíz. K tomu, aby mohla rostlina ke své činnosti využít dusík, je nezbytně nutné vhodné prostředí. Takovým prostředím je půda. Vztah mezi rostlinou a půdou je dán schopností rostliny přijímat kořenovým systémem četné dusíkaté látky, především amonné a dusičnanové ionty. O formě příjmu dusíku, jakož i intenzitě a efektivnosti využití jednotlivých zdrojů dusíku rostlinou rozhoduje řada faktorů (Klusák, 1984), jako jsou koncentrace sacharidů, růstová fáze, klimatické podmínky apod.

Rostliny přijímají a postupně využívají obě formy dusíku k tvorbě složitých organických dusíkatých látek. Ion NO_3^- musí být na rozdíl od NH_4^+ v rostlině nejprve redukován na amoniak. Tato redukce probíhá ihned po vstupu NO_3^- do rostliny, především v tenkých kořínkách. Jestliže kořeny neobsahují dostatek redukcujících látek, přechází dusičnanový dusík do nadzemních orgánů rostliny. Při nadbytku dusičnanů se jen 30 až 50 % redukuje v kořenech a zbytek přechází do stonků a listů. Neprobíhá-li ani zde redukce, hromadí se dusičnany a kontaminují rostlinu (Viets, 1965). Nejdůležitějším činitelem, který ovlivňuje hromadění dusičnanů v rostlinných produktech, je v současných podmínkách hnojení (Prugar, 1982). Hromadění dusičnanů v rostlině a v jejích částech je výsledkem disproporce mezi příjmem dusíku a jeho využitím

v metabolismu rostliny. Přehlednou práci v tomto úseku publikovali Míča, Vokál (1990). Vztah mezi příjmem dusíku a kumulací dusičnanů v jednotlivých orgánech rostliny však dosud v celém komplexu studován nebyl. Této problematice byla věnována předložená práce.

MATERIÁL A METODA

V letech 1987 až 1989 byly založeny na Šlechtitelské stanici Valečov přesné polní pokusy s odrůdou Radka. Pokusy byly uspořádány ve třech opakováních v úplných blocích s náhodným rozmístěním variant. Přehled pokusných variant je uveden v tab. I.

Při jednotné podzimní dávce hnoje ($35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byl dusík zapraven v granulované močovině při jarní přípravě půdy před sázením, fosfor v superfosfátu a draslík v draselné soli na podzim. Jako inhibitor nitrifikace byl použit N-Serve v dávce $2,1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pokusné místo se nachází v nadmořské výšce 460 m, ve výrobním typu bramborářsko-žitném na hnědé, slabě oglejené (Hpg) půdě.

Nať, kořeny a hlízy byly odebírány z každého opakování vždy po čtyřech trsech: 1. na začátku tvorby poupat; 2. na začátku květu; 3. za 21 dnů po začátku květu. Vzorek tvořilo 12 trsů (4×3 opakování). V každém vzorku byl stanoven obsah dusičnanů ion-selektivní elektrodou (Davídek, 1977).

Odběry kořenů byly prováděny tak, že celé trsy byly vykopány, získal se hlavní kořenový systém, následovalo oprání a oddělení kořenů od nadzemní části, pak zjištění hmotnosti v čerstvém stavu a pak usušení. Jednotlivé části rostliny, tj. nať a kořeny, byly usušeny a roze-mlety, hlízy byly homogenizovány v původním stavu.

Obsah sušiny se u natě a kořenů stanovil po usušení vzorku při 110°C do konstantní hmotnosti, u hlíz po předsušení po dobu 5 h při 55°C a dosušení 3 h při 110°C .

I. Přehled pokusných variant — A survey of experimental treatments

Varianta ¹	Dávka ²	Průmyslová hnojiva ³ ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	
	N	P	K
1	—	52,3	132,8
2	120	52,3	132,8
3	80	52,3	132,8
4	160	52,3	132,8
5	120	78,5	132,8
6	120	52,3	199,2
7	120	78,5	199,2
8	160 + inhibitor ⁴	52,3	132,8

¹treatment, ²rate, ³commercial fertilizers, ⁴inhibitor

Obsah dusičnanů byl vyjádřen v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ původní hmoty ve všech orgánech rostliny (tab. II až V), protože údaje u hlíz jsou v důsledku hygienické normy vyjádřeny rovněž v této hodnotě. Obsah sušiny se v nati i v kořenech lišil mezi variantami velmi málo. Obě hodnoty se pohybovaly v průměru okolo 10 %. Obsah sušiny v hlízách byl v průměru okolo 20 %. (Tyto údaje jsou uváděny pouze pro ilustraci vzájemných poměrů.)

Vliv dusíkatého hnojení na obsah dusičnanů v jednotlivých orgánech rostliny lze vyjádřit z porovnání variant s odstupňovanou dávkou dusíku (tj. variant 1 až 4). Obsah dusičnanů v nati se u všech variant s odstupňovanou dávkou dusíku během vegetace snižoval. V období začátku tvorby poupatek se projevila závislost na výši dávky dusíku až do dávky $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U nejvyšší dávky (varianta 4) došlo k mírnému poklesu, přesto však nalezená hodnota převyšovala obsah dusičnanů zjištěný u varianty s dávkou dusíku $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ve fázi začátku květu se projevila vliv odstupňovaných dávek dusíku na zvýšení obsahu dusičnanů v nati s výjimkou varianty 2. V období třetího odběru (začátek žloutnutí natě) se jednoznačně projevila účinek odstupňovaných dávek dusíku na obsah dusičnanů v nati. I když se projevily určité odchylky (v souvislosti s přímým vlivem odstupňovaných dávek dusíku, a to zejména u prvního a druhého odběru u varianty se $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), mělo každé hnojení dusíkem podíl na významném zvýšení obsahu dusičnanů v nati oproti nehnojené variantě.

Vliv zvýšení dávky fosforu lze porovnávat mezi hodnotami varianty 5 a 2 (hnojení stejnou dávkou dusíku, avšak zvýšená dávka fosforu). Ve fázi prvního odběru byl u varianty se zvýšeným fosforem nalezen výrazně nižší obsah dusičnanů. V dalším průběhu vegetace tomu však bylo opačně. Ke konci vegetace se rozdíl mezi oběma variantami výrazně snížily.

Působení zvýšených dávek draslíku je patrné z porovnání variant 6 a 2. Vyšší dávka draslíku v první fázi vegetace podpořila, podobně jako fosfor, snížení obsahu dusičnanů v nati, ve fázi druhého odběru došlo u varianty 6 oproti variantě 2 ke zvýšení obsahu dusičnanů, v konečné fázi vegetace však bylo nalezeno výrazné snížení obsahu dusičnanů u varianty s vyšší dávkou draslíku. Působení zvýšených dávek draslíku a fosforu (varianta 7) se projevilo v první fázi snížením obsahu dusičnanů. Ke konci vegetace došlo rovněž u varianty se zvýšenými dávkami draslíku a fosforu ke snížení obsahu dusičnanů v nati.

Vliv inhibitoru nitrifikace lze posuzovat z porovnání varianty 8 (s inhibitorem) a varianty 4 (bez inhibitoru). Inhibitor nitrifikace v průměru snížil obsah dusičnanů v nati při prvním a třetím odběru. Nárůst obsahu dusičnanů zjištěný při druhém odběru souvisel především se zjištěním roku 1987.

Obsah dusičnanů v kořenech je uveden v tab. III. Ke konci vegetace dochází ke snížení obsahu dusičnanů v kořenech. Záleželo pak na variantě, zda toto snížení probíhalo již od počátku vegetace nebo až od fáze druhého odběru. Vliv stupňovaných dávek dusíkatého hnojení na obsah dusičnanů v kořenech se jednoznačně projevila na počátku a konci vegetace. Ve fázi druhého odběru vybočila z této závislosti pouze va-

II. Obsah NaNO_3 v mg na 1 kg původní hmoty (nat') — NaNO_3 content in mg per 1 kg of original mass (tops)

Varianta ¹	I.				II.				III.			
	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø
1	732,0	4371,0	6456,0	3853,0	1249,0	2560,0	690,1	1500,0	1470,0	2538,0	367,0	1017,0
2	2256,0	6440,0	8942,0	5879,0	1205,0	6747,0	1955,0	3302,0	1761,0	5969,0	1915,0	3215,0
3	1077,0	6560,0	9216,0	5618,0	1780,0	5572,0	2650,0	3334,0	3221,0	5268,0	1943,0	2511,0
4	981,0	7555,0	8787,0	5774,0	2457,0	6231,0	4278,0	4322,0	555,0	5782,0	3864,0	3400,0
5	1782,0	6032,0	7760,0	5191,0	3617,0	7311,0	3756,0	4895,0	727,0	5927,0	3396,0	3350,0
6	1779,0	6131,0	9110,0	5673,0	2578,0	5252,0	3771,0	3867,0	653,0	4696,0	1829,0	2393,0
7	1436,0	5884,0	9022,0	5447,0	2407,0	5697,0	2037,0	3380,0	6770,0	5929,0	2602,0	3069,0
8	2186,0	5015,0	7009,0	4737,0	6290,0	4865,0	4652,0	5269,0	275,0	5075,0	3021,0	2790,0

¹treatmentIII. Obsah NaNO_3 v mg na 1 kg původní hmoty (kořeny) — NaNO_3 content in mg per 1 kg of original mass (roots)

Varianta ¹	I.				II.				III.			
	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø
1	480,0	1523,0	2471,0	1491,0	366,0	729,0	1050,0	715,0	95,0	1030,0	509,0	545,0
2	1334,0	3589,0	4461,0	3128,0	1135,0	2711,0	2406,0	2084,0	980,0	2424,0	967,0	1457,0
3	680,0	2871,0	3906,0	2486,0	1234,0	4593,0	2850,0	2892,0	205,0	2029,0	1412,0	1215,0
4	936,0	3824,0	4642,0	3134,0	1331,0	4161,0	2621,0	2704,0	463,0	2638,0	2731,0	1944,0
5	992,0	3298,0	3855,0	2715,0	1542,0	3904,0	2822,0	2756,0	704,0	3119,0	2150,0	1991,0
6	1569,0	3382,0	4690,0	3214,0	1970,0	3450,0	2787,0	2736,0	488,0	2483,0	1781,0	1584,0
7	1216,0	3498,0	4357,0	3024,0	2066,0	3878,0	2162,0	2702,0	359,0	2302,0	2503,0	1721,0
8	1300,0	3232,0	4072,0	2868,0	2114,0	4388,0	2580,0	3027,0	261,0	1345,0	2680,0	1429,0

¹treatment

IV. Obsah NaNO_3 v mg na 1 kg původní hmoty (hlízy) — NaNO_3 content in mg per 1 kg of original mass (tubers)

Varianta ¹	I.				II.				III.			
	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø
1	138,4	280,9	260,0	226,4	131,1	264,9	207,3	201,1	105,0	299,1	194,3	199,5
2	176,7	260,3	342,0	271,8	142,0	278,6	207,7	209,4	119,7	310,5	182,7	204,3
3	222,9	280,9	342,0	288,5	172,2	283,1	198,7	218,0	98,7	312,8	185,0	203,6
4	208,7	301,4	329,0	292,0	201,0	285,4	198,3	228,2	99,6	315,1	189,3	202,4
5	224,2	328,8	329,0	297,6	190,9	274,0	216,7	227,2	106,9	315,1	175,7	206,3
6	224,7	328,8	370,0	299,4	169,0	269,4	237,7	225,4	114,6	315,1	173,3	206,6
7	246,6	315,1	384,0	294,7	171,3	267,2	214,7	217,7	116,0	285,4	168,7	196,7
8	198,7	328,8	329,0	285,5	169,9	274,0	214,7	219,5	107,8	290,0	185,0	194,3

¹treatment

V. Obsah NaNO_3 v mg na 1 kg původní hmoty (hlízy jednoho trsu) — NaNO_3 content in mg per 1 kg of original mass (tubers per one hill)

Varianta ¹	I.				II.				III.			
	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø	1987	1988	1989	Ø
1	17,0	11,9	6,1	11,7	28,0	51,8	72,4	50,7	65,8	145,8	136,5	116,0
2	28,6	9,8	6,8	15,1	46,6	55,7	75,6	59,3	101,3	196,1	145,1	147,5
3	37,7	12,9	8,0	19,5	56,4	59,5	69,5	61,8	90,2	168,4	140,9	133,2
4	31,7	14,3	8,5	18,2	78,2	64,9	70,4	71,2	79,6	178,3	145,1	134,3
5	36,8	17,3	9,0	21,0	40,9	56,6	72,1	56,5	88,5	179,1	131,5	133,0
6	46,8	15,1	9,3	23,7	63,1	62,2	94,1	73,1	85,6	208,5	131,0	141,7
7	109,5	14,4	9,0	44,3	75,7	52,1	83,0	70,3	91,8	168,4	123,2	127,8
8	36,8	13,4	9,0	19,7	69,1	31,5	73,5	58,0	77,6	166,5	138,1	127,4

¹treatment

rianta 3, ve které byla zjištěna nejvyšší průměrná hodnota ze všech variant. Z porovnání variant s dusíkem a bez dusíku je zřejmé, že jakékoliv dávky dusíku výrazně zvýšily nárůst obsahu dusičnanů v kořenech bramborové rostliny.

Zvýšení dávky fosforu se v pozdějších fázích vegetace neprojevilo příznivě, došlo ke zvýšení obsahu dusičnanů v kořenech bramborové rostliny. Rovněž tak zvýšená hladina draslíku podpořila i zvýšení dusičnanů v kořenech. Zvýšení dávky fosforu a draslíku (varianta 7) mělo odezvu podobnou dřívějším zjištěním, že ke konci vegetace se projevil nárůst obsahu dusičnanů v kořenech oproti variantě 2 (s nižší dávkou fosforu i draslíku).

Přídavek inhibitoru nitrifikace snížil výrazně v konečné fázi vegetace obsah dusičnanů v kořenech bramborové rostliny. Obsah dusičnanů v hlízách je uveden v tab. IV. U všech variant pokusu se obsah dusičnanů v hlízách v průběhu vegetace snižoval. Každé hnojení dusíkem mělo za následek zvýšení obsahu dusičnanů v hlízách. Je však zajímavé, že nelze vyvodit zcela jednoznačnou závislost výše obsahu dusičnanů na výši dávky dusíku. Pokud byly zjištěny rozdíly průměrných hodnot během vegetace, pak v závěru vegetace se prakticky rozdíly mezi variantami hnojenými dusíkem neobjevily, v porovnání s nehnojenou variantou však došlo vždy ke zvýšení obsahu dusičnanů.

Zvýšené hnojení fosforem a draslíkem mělo za následek zvýšení obsahu dusičnanů v hlízách ve všech fázích vegetace. Zvýšená dávka jak fosforu, tak i draslíku však v konečné fázi vegetace podpořila snížení obsahu dusičnanů v hlízách. Inhibitor nitrifikace se však ve všech fázích vegetace projevil snížením obsahu dusičnanů v hlízách brambor.

V tab. V je uvedeno množství v hlízách jednoho trsu. Údaje jsou ovlivněny průběžným nárůstem hmotnosti hlíz. Množství dusičnanů v hlízách jednoho trsu se v průběhu vegetace u všech variant zvyšuje. Tento trend je v převážné míře ovlivněn nárůstem hmotnosti hlíz jednoho trsu. Z porovnání variant s odstupňovanými dávkami dusíku nevyplyvá jednoznačná závislost na výši dávky dusíkatého hnojiva. Lze však konstatovat, že každé dusíkaté hnojení zvýšilo množství dusičnanů v hlízách jednoho trsu.

Zvýšená dávka fosforu ke konci vegetace snížila množství dusičnanů v hlízách jednoho trsu. Rovněž tak zvýšená dávka draslíku a zvýšená dávka fosforu i draslíku snížily ve fázi třetího odběru množství dusičnanů v hlízách jednoho trsu. Zvýšená dávka fosforu ke konci vegetace snížila množství dusičnanů v hlízách jednoho trsu. Rovněž tak zvýšená dávka draslíku a zvýšená dávka fosforu i draslíku snížily ve fázi třetího odběru množství dusičnanů odebraných hlízami jednoho trsu.

Působení inhibitoru nitrifikace se projevilo především ve druhém a třetím odběru, přičemž ve druhém odběru snížil inhibitor nitrifikace množství dusičnanů o 13,2 mg, tj. o 18,5 %, a ve fázi třetího odběru o 6,9 mg, tj. o 5,1 %.

Z dosažených výsledků je zřejmé, že obsah NaNO_3 v jednotlivých orgánech bramborové rostliny se silně měnil zejména v závislosti na charakteru ročníku. Změny průměrných hodnot v závislosti na průběhu vegetace byly poměrně minimální s mírným snižováním obsahu. V roce 1989 byla zaznamenána mimořádně vysoká výchozí hodnota obsahu (v průměru $8288 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) s poklesem hodnot k druhému a třetímu

odběru s tím, že snížení obsahu v období mezi začátkem tvorby poupat a začátkem květu bylo výjimečné (z výchozích 8288 na 2974 mg . kg⁻¹). Rok 1987 byl typický nízkými hodnotami při zvýšení obsahu v době začátku květu. Nízké hodnoty odpovídají i nízkým hodnotám obsahu N_{an} v půdě.

U kořenů byl obsah rovněž výrazně ovlivněn ročníkem s řadou podobných tendencí jako u natě. Z porovnání natě a kořenů je zřejmé, že obsah dusičnanů na 1 kg původní hmoty v kořenech je výrazně nižší než u nadzemní hmoty (v průměru všech hodnot o 45,3 %). Výrazně nejnížší hodnoty obsahu byly zaznamenány u hlíz. I v jejich případě byl však zřejmý vliv ročníku při relativně nízkých hodnotách roku 1987.

Co se týká hodnocených variant, výrazněji nižším obsahem se odlišovala pouze varianta 1 bez průmyslových hnojiv. Je však zajímavé, že nízké hodnoty byly zaznamenány především u natě a kořenů, u hlíz nebyl rozdíl zvlášť výrazný. Z výsledků je tedy zřejmé, že o obsahu dusičnanů v nati, kořenech a hlízách brambor rozhodoval především ročník a termín odběru. Teprve potom výše dusíkatého (fosforečného a draselného) hnojení s tendencí vyššího obsahu až při dávce dusíku 160 kg . ha⁻¹. Inhibitor nitrifikace nepůsobil jednoznačně. Z porovnání průměru všech variant je zřejmé, že největší podíl dusičnanů z celé rostliny obsahuje nat (67,7 %), pak kořeny (33 %) a zbytek (5,3 %) teprve hlízy.

Literatura

- DAVÍDEK, J. a kol.: Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha, SNTL 1977.
- GUNASENA, H. D. M.: Studies on the growth of the potato with the particular preference to the efficient use of nitrogen and potassium. PhD. Thesis Reding University 1969.
- KLUSÁK, H.: Současné poznatky o dusíkatém metabolismu jarního ječmene ve vztahu k technologii pěstování a šlechtění. Zprav. OSEVY, 2, 1984, č. 5-6.
- MÍČA, B. — VOKÁL, B.: Dynamika dusíku a ostatních živin v půdě a obsah dusičnanů v hlízách. [Závěrečná zpráva.] Havlíčkův Brod, VŠÚB 1990.
- PRUGAR, J.: Nitráty, nitrity a nitrosaminy v potravinách. STI—potravin. Prům. Praha, 1982.
- VIETS, F. G.: Soil nitrogen. Madison, Wisconsin, 508, 1965.

Došlo 7. 11. 1990

B. MÍČA, B. VOKÁL, J. ČEPL, J. NOVOTNÝ (Potato Research Institute, Havlíčkův Brod):

Nitrogen effect of nitrate accumulation in potato plants in the growing season. Rostl. Vyr., 37, 1991 (5) : 413-419.

In three-year trials with the Radka variety, nitrate movement was studied in tops, roots and tubers at different stages of the growing season and at different treatments of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizing and in connection with nitrification inhibitor at the highest nitrogen application rate. It was found out that the year and the date of sampling play a decisive role in nitrate contents in tops, roots and tubers. Only after that the rate of nitrogen (phosphorus and potassium) fertilizing followed with the tendency of higher content at the nitrogen application rate of 160 kg per ha in pure nutrients. Nitrification inhibitor did not act in consensus. Owing to nitrogen as well as to phosphorus and potassium fertilizing some changes occurred in the growing season, however, towards the end of the growing season the differences among individual treatments were decreasing. It follows from the comparison of different vegetative organs

that the highest nitrate contents have been found out in tops that is on an average for all treatments in the third sampling 2,718.1 mg, 1,485.8 mg in roots and 201.7 mg in tubers. It follows from this that the tops contained the highest level of nitrates (61.7 %), followed by roots (33 %) and tubers (about 5 %). Therefore, it is necessary to evaluate the effects of fertilizing on nitrogen movement in tops and roots.

ÚČINNOST MINERÁLNÍCH ŽIVIN U RŮZNÝCH GENOTYPŮ JARNÍHO JEČMENE NA PŮDÁCH S NEUTRÁLNÍ A KYSELOU REAKCÍ

Ludmila Zeniščeva, Marie Špunarová

Výzkumný ústav obilnářský, 767 41 Kroměříž

V modelových nádobových pokusech byla sledována v letech 1985 až 1987 reakce jarního ječmene krátkostébelného (Rubín) a zakrslého (KM 341) typu na aplikaci minerálních hnojiv v podmínkách neutrální (6,8) a silně kyselé (4,0) pH/KCl půdy. Mobilizující účinek NPK-hnojiv na růstové procesy byl prokázán pouze při optimálním pH/KCl půdy a vyšším obsahu přístupných živin v půdě. V těchto podmínkách byl u obou genotypů pozorován významný pozitivní vliv superoptimálních dávek minerálních živin na počet adventivních kořenů a odnoživost rostliny. Velmi nízká účinnost živin v kyselém prostředí byla způsobena sníženou schopností tvorby kořenového systému jako rozhodujícího faktoru adaptace rostliny. Depresivní působení nízkého pH půdy na tvorbu adventivních kořenů, vývin, růst a vyrovnanost odnoží a výkonnost genotypů nebylo možno eliminovat dodáním průmyslových hnojiv. V kyselém prostředí při vysoké hladině minerálních živin (zejména dusíkatých) dochází k prohloubení toxického účinku. Efektivnost dusíku na tvorbu výnosu zrna byla u stejných genotypů na kyselé půdě téměř osmkrát nižší.

Významný nárůst průměrných výnosů obilnin v ČSFR byl docílen v posledních 20 letech za cenu vysoké spotřeby surovin a energie. Např. používání průmyslových dusíkatých hnojiv se za uvedené období zvýšilo téměř pětinasobně. Přitom výroba 1 kg dusíku v čistých živinách vyžaduje 80 MJ energie, což představuje 1,5 l nafty (Černý, 1985). Podle dosavadních údajů jsou průmyslová hnojiva využívána na tvorbu hospodářského výnosu cca ze 75 %. Efektivnost využití hnojiv závisí na působení řady ekologických a biologických faktorů. Za dominantní jsou považovány světlo, teplota, vzdušnost, vlhkost a pH půdy, aktivita a mohutnost kořenového systému, odrůdově specifická reakce atd. (Zeniščeva et al., 1977; Sarič, 1982; Clark, 1983; Haynes, Swift, 1987 aj.).

V poslední době je zvláště zdůrazňováno negativní působení nízkého pH půdy na růst a vývoj většiny kulturních plodin (Klimaševský, 1983; Zeniščeva, Špunarová, 1989; Baier et al., 1990 aj.). Kyselá půdní reakce ovlivňuje nepříznivě výživu rostlin, zejména jarního ječmene tím, že snižuje příjem živin a narušuje jejich vyváženost. Tím dochází k hladovění rostlin, které se projevuje omezením tvorby organických látek.

Za hlavní příčinu zvyšující se kyselosti je označována vysoká intenzita hnojení dusíkatými hnojivy, často v nevhodné formě, dále emise a přirozený úbytek vápníku vyplavováním a odčerpáváním při sklizni.

Výsledky analýz půdní reakce ukázaly, že v současné době činí v ČR podíl orné půdy s nepříznivou kyselou reakcí 25 %, což představuje 1 024 424 ha. V posledním desetiletí se pěstování jarního ječmene přesouvá z tradičních ječmenářských oblastí do horší bramborářské, podhorské a horské oblasti, kde je procento kyselých půd podstatně vyšší. Nepříznivý růst a vývoj rostlin se v zemědělské praxi obvykle řeší aplikací vysokých dávek dusíkatých hnojiv. Přitom je známo, že síran amonný a amofos se vyznačují

zvláště vysokým okyselujícím účinkem. To vše vyvolává poklesy výkonnosti jarního ječmene a vede k omezování jeho osevních ploch.

Doposud u nás existuje velmi málo exaktních experimentálních prací, zaměřených na hodnocení účinnosti průmyslových hnojiv (zejména dusíkatých) na půdách vyznačujících se kyselou reakcí (pH 4,0 až 5,0). Hlavním cílem předložené práce bylo stanovit vliv vysokých dávek NPK na růst a vývoj kořenového systému, odnoživost, příjem dusíku a výkonnost jarního ječmene různého morfotypu v závislosti na pH půdy.

MATERIÁL A METODA

Hodnocení reakce krátkostébelného (Rubín) a zakrslého (KM 341) genotypu na minerální výživu v interakci s různým pH půdy proběhlo v modelových pokusech ve skleníku v letech 1985 až 1987. Vliv vysokých (superoptimálních) koncentrací makroživin na růst kořenového systému, tvorbu odnoží, hromadění sušiny a výnos byl sledován při neutrálním (6,8) a silně kyselém (4,0) pH/KCl půdy. Rostliny byly pěstovány v polyetylenových sáčcích velikosti $25 \times 10 \times 3$ cm. Půdní substrát (1,20 kg na sáček) představoval směs půdy a písku v poměru 2 : 1. Hnojiva NPK byla dodána před setím při přípravě substrátu v poměru 1 : 0,72 : 0,73.

Dávky hnojiv na jednotlivých variantách v g na sáček:

- 1 — $N_0P_1K_1$ — 0,31 g superfosfátu a 0,24 g draselné soli, při pH 6,8 a pH 4,0;
- 2 — $N_1P_1K_1$ — 0,98 g síranu amonného, 0,31 g superfosfátu, 0,24 g draselné soli;
- 3 — $N_3P_3K_3$ — 2,85 g síranu amonného, 0,93 g superfosfátu a 0,72 draselné soli, při pH 6,8 a pH 4,0.

Obsah přijatelných živin v půdě použité v substrátu v mg čistých živin na 1 kg půdy: 6,85 N— NO_3^- , 0,58 N— NH_4^+ , 60 P, 108 K, 111 Mg, 0,3—1 % $CaCO_3$. Reakce půdy byla 6,76 pH/KCl.

Stanovený limit půdní kyselosti (4,0 pH/KCl) byl upraven chloridem hlinitým a kyselinou sírovou při přípravě substrátu před setím na variantách 1 a 3. V průběhu vegetace byl udržován optimální vodní režim půdy.

Odběry rostlin k analýzám byly provedeny v 4., 6., 11. a 12. fázi podle Feekese. Hodnoty pro průměrný vzorek byly stanoveny od každé varianty z 15 rostlin. Dusík byl stanoven podle Kjeldahla.

V tomto příspěvku jsme ke studiu účinnosti průmyslových hnojiv na výkonnost jarního ječmene zvolili extrémní varianty hnojení dusíkem (N_0 a N_3) na půdách s neutrální a kyselou reakcí.

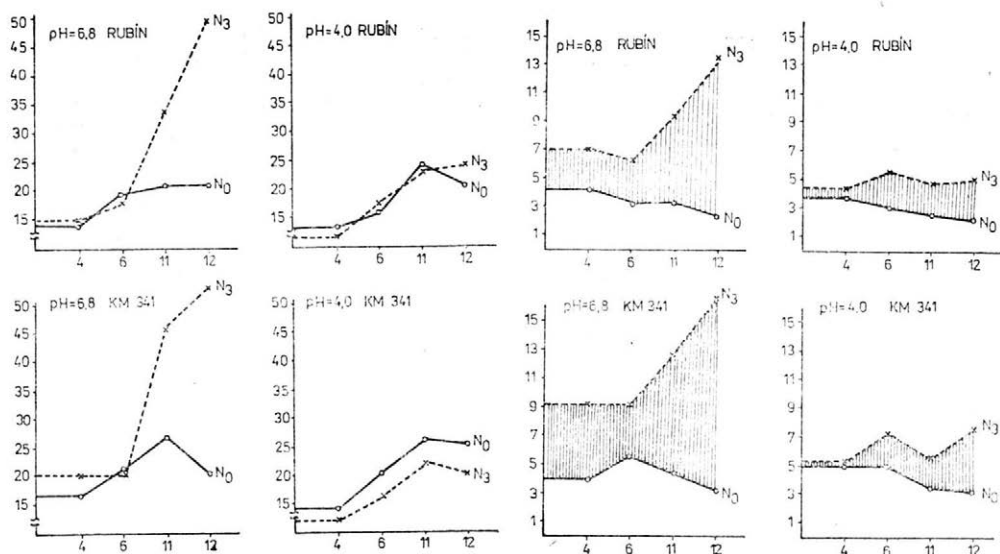
Účinnost dusíkatého hnojení ($\bar{U}_N$) byla hodnocena podle hmotnosti zrna vyprodukovaného rostlinným organismem na jednotku dodaného dusíku v živném substrátě:

$$\bar{U}_N = \frac{\text{výnos (g/rostlina) na variantě } N_3 - \text{výnos (g/rostlina) na variantě } N_0}{\text{dávka N (g) na sáček}}$$

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vliv nízkých a superoptimálních koncentrací dodaných minerálních živin na růst adventivních kořenů, tvorbu odnoží a příjem (procentuální koncentraci) dusíku nadzemní částí rostliny v kyselém a neutrálním prostředí je znázorněn na obr. 1 až 3.

Z výsledků vyplývá, že v podmínkách optimálního pH půdy (6,8) reagovaly sledované genotypy na hnojení NPK shodně zvýšením počtu adventivních kořenů, zvláště



1. Vliv dusíkatého hnojení v interakci s pH půdy na růst a vývoj kořenového systému — Effects of nitrogen fertilization in interaction with the soil pH on the growth and the development of the root system

osa x — fáze Feekese

osa y — počet kořenů na rostlinu

x axis — stage after Feekes

y axis — number of roots per plant

2. Vliv dusíkatého hnojení v interakci s pH půdy na tvorbu a vývin odnoží — Effects of nitrogen fertilizing in interaction with soil pH and the development of tillers

osa x — fáze Feekese

osa y — počet odnoží na rostlinu

x axis — stage after Feekes

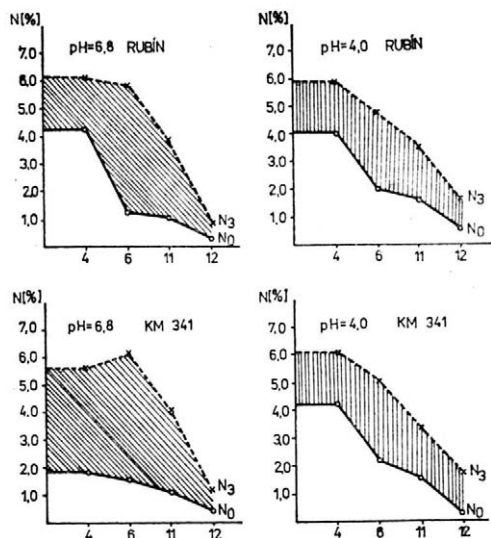
y axis — number of tillers per plant

počínaje sloupkováním (obr. 1). Toto období bylo spojeno s nadměrnou tvorbou odnoží (obr. 2). Byla pravděpodobně spojena s adaptací rostlinného organismu na podmínky vyšší koncentrace iontů v živném prostředí. Tuto schopnost adaptace rostlin na vysokou hladinu minerální výživy v procesu růstu pozorovali rovněž Bedrna a kol. (1989), Beathgen, Alley (1989).

Podmínky minerální výživy zde vystupovaly jako rozhodující faktor regulace celkového růstu rostliny, hromadění sušiny a vývoje výnosových složek (obr. 1 a 2, tab. I). Rostliny obou genotypů reagovaly na podmínky výživy specifickou akumulací iontů. Koncentrace dusíku v nadzemní části rostliny byla během ontogeneze v přímé závislosti na koncentraci dusíku v použitém substrátu. Přitom v kyselém prostředí byla koncentrace dusíku v rostlině neprůkazně vyšší (obr. 3).

Mobilizující účinek přijatých živin na růstové procesy byl prokázán pouze při optimálním pH/KCl půdy a vyšším obsahu přístupných živin v půdě. Velmi nízká účinnost minerálních živin v kyselém prostředí byla vyvolána sníženou schopností tvorby kořenového systému jako rozhodujícího faktoru adaptace rostliny. Tento jev se negativně odrazil i na tvorbě odnoží (obr. 1 a 2). Přitom depresivní působení nízkého pH půdy na vývin, růst a vyrovnanost odnoží nebylo možno eliminovat dodáním NPK-hnojiva. Dokonce na vysoké hladině vyhnojení se prohluboval negativní vliv nízkého pH půdy na vývoj kořenového systému, patrný zejména u zakrslého genotypu KM 341.

Analýza tvorby výnosových složek, syntézy biomasy a výnosu zrna ukázala, že při nízkém obsahu dostupných živin v půdě a dusíkatém hladovění (varianta $N_0P_1K_1$) je rostlinný organismus schopen zabezpečit minimum produkce. Pozoruhodná je přitom skutečnost, že v těchto podmínkách nemá půdní reakce prokazatelný vliv na výši vý-



3. Koncentrace dusíku v nadzemní části rostliny různých genotypů jarního ječmene v závislosti na dusíkatém hnojení a pH půdy — Nitrogen concentration in above-ground part of the plant of different genotypes of spring barley in dependence on nitrogen fertilizing and soil pH
 osa x — fáze Feekese
 osa y — koncentrace dusíku (%)
 x axis — stage after Feekes
 y axis — nitrogen concentration (%)

nosu. Jak ukazují dosažené výsledky, byla na obou variantách pH docílena velmi nízká hmotnost zrna z rostliny, umožňující pouze zachování reprodukce (tab. I). Vyšší výnosy vyžadovaly vyšší obsah přístupného dusíku, fosforu a draslíku. Vysoká hladina minerálních živin (varianta $N_3P_3K_3$) v interakci s příznivou půdní reakcí působila vysoce pozitivně na počet produktivních odnoží a počet zrn v klase. Výnos biomasy a zrna byl na této variantě téměř devítinásobně vyšší ve srovnání s variantou $N_0P_1K_1$.

Vliv vysoké půdní zásoby živin jako podmiňujícího faktoru tvorby vysokých výnosů byl negativně ovlivněn nízkým pH půdy. Index účinnosti dodaného dusíku v čistých živinách na tvorbu výnosu zrna byl v kyselém prostředí mnohonásobně nižší než při optimálním pH půdy. Dick (1985) uvádí, že pH půdy je dominantním faktorem, určujícím příjem živin a jejich obsah v rostlině. Baier a kol. udávají, že výnosy nad $7,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ vyžadují hodnoty pH/KCl nad 6,4. V kyselém prostředí při vysoké hladině dostupných živin dochází k prohloubení toxického účinku, změně poměru živin a porušení celkového metabolismu rostliny (Klímaševský, 1983).

V našich pokusech se vliv nízkého pH půdy negativně projevil v celkové hmotnosti rostliny a v rozdílné akumulaci sušiny v jednotlivých orgánech. Diference mezi hodnotami znaků dosažených na vysoké hladině živin při optimální a kyselé reakci půdy činila v průměru: 6,7 produktivních klasů na rostlinu (222 %), 4,2 obilky v klase (126 %) a 10,2 g HTS (133 %). Účinnost dodaného dusíkatého hnojení byla na variantě $N_3P_3K_3$, při pH = 6,8 a v průměru genotypů tato:

$$\text{ÚN} = \frac{10,32 \text{ g} - 1,13 \text{ g}}{0,6 \text{ g}} = 15,3 \text{ g zrna na 1 g N.}$$

Účinnost dusíkatého hnojení na stejné hladině živin, ale při pH = 4,0 dosáhla:

$$\text{ÚN} = \frac{2,77 \text{ g} - 1,60 \text{ g}}{0,6 \text{ g}} = 1,95 \text{ g zrna na 1 g N.}$$

Efektivnost dusíkatých hnojiv na tvorbu výnosu zrna byla tedy u stejných genotypů na kyselé půdě 7,8krát nižší (tab. I).

Negativní působení půdní kyselosti na vývin a tvorbu výnosových složek bylo zapříčiněno především významnou redukcí kořenového systému již na počátku vegetace.

I. Vliv superoptimální dávky NPK na tvorbu výnosu jarního ječmene krátkostébelného (Rubín) a zakrslého (KM 341) genotypu při neutrální a kyselé pH/KCl půdy — Effects of superoptimum NPK application rate on the yield formation of short-stemmed spring barley (the Rubín variety) and dwarfed genotype (KM 341) at neutral and acid soil pH/KCl

Genotyp ¹	Reakce půdy ² pH/KCl	N ₀ P ₁ K ₁					N ₃ P ₃ K ₃				
		počet klasů na rostlinu ³	počet zrn na klas ⁴	HTS ⁵ (g)	výnos ⁶ (g/rostlina)		počet klasů na rostlinu	počet zrn na klas	HTS (g)	výnos (g/rostlina)	
					biomasy ⁷	zrna ⁸				biomasy	zrna
Rubín	6,8	1,5	16,2	46,3	2,95	1,13	11,0	20,6	45,4	18,50	10,32
KM 341		2,5	12,1	39,2	2,88	1,19	13,5	20,4	36,3	18,62	10,01
Ø varianty ⁹		2,0	14,2	42,7	2,91	1,16	12,2	20,5	40,8	18,56	10,16
Rubín	4,0	2,3	16,8	40,8	3,06	1,60	4,0	17,2	35,8	5,44	2,46
KM 341		2,8	14,5	38,9	3,09	1,60	7,0	15,5	25,5	5,91	2,77
Ø varianty		2,5	15,6	39,8	3,07	1,60	5,5	16,3	30,6	5,67	2,61
Diference ¹⁰ (±)		+0,5	+1,4	-2,9 ⁺	+0,16	+0,44	-6,7 ⁺⁺	-4,2 ⁺⁺	-10,2 ⁺⁺	-12,89 ⁺⁺	-7,55 ⁺⁺

+, ++ průkaznost difference mezi variantami s různou pH půdy¹¹ při $P = 0,01$ a $P = 0,05$

¹genotype, ²soil reaction, ³number of spikes per plant, ⁴number of kernels per spike, ⁵1000-kernel weight, ⁶yield, ⁷biomasses, ⁸grains, ⁹treatments,

¹⁰difference, ¹¹significance of difference among variants of different soil pH value

Při nízkém pH/KCl půdy v interakci s vysokou dávkou dusíku byl snížen počet kořenů na konci odnožování o 41 % a v sloupkování dvojnásobně. Výsledky z modelových pokusů ukazují, že nepříznivý vliv půdní kyselosti na výnos jarního ječmene nelze vykompenzovat ani vyššími dávkami průmyslových hnojiv, zvláště dusíkatých.

Literatura

- BAETHGEN, W. E. — ALLEY, M. M.: Optimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. *Agron. J.*, 81, 1989, č. 1, s. 116–123.
- BAIER, J. — SMETÁNKOVÁ, M. — BAIEROVÁ, V. — BARTOŠOVÁ, Z.: Analýza faktorů výživy jarního ječmene. *Rostl. Vyr.*, 36, 1990, č. 2, s. 173–183.
- BEDRNA, Z. a kol.: Půdne režimy. Režim živin v půdě. Bratislava, Veda, SAV 1989, s. 155–179.
- CLARK, R. B.: Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *P. and Soil*, 72, 1983, s. 175–196.
- ČERNÝ, J.: Bakterie místo chemie. *Květy*, 46, 1985, s. 22–23.
- DICK, A.: Relationship of soil chemical properties to composition of five barley cultivars and relationship between constituents of whole plants and grain. *Pl. and Soil*, 88, 1985, s. 23–29.
- HAYNES, R. J. — SWIFT, R. S.: Effects of trickle fertilization, with three of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth. *Pl. and Soil*, 102, 1987, s. 211–221.
- KLIMAŠEVSKÝ, E. L.: Počvennaja kislotoť, genotyp, zadači selekcii. *Vest. sel'.-choz. Nauki*, 9, 1983, s. 16–25.
- SARIĆ, M. R.: Theoretical and practical approaches to the genetic specificity of mineral nutrition of plant. In: *Sbor. Genetic specificity of mineral nutrition of plants*, Beograd, 1982, s. 11–19.
- ZENIŠČEVA, L. — BEZDĚK, V. — ŠPUNAR, J.: Specifika sortovej otzovčivosti rastěnj jačmenja na uroven azotnogo pitanija. *Agrochimija*, 7, 1977, s. 14.
- ZENIŠČEVA, L. — ŠPUNAROVÁ, M.: Citlivost genotypů jarního ječmene na stresové podmínky prostředí. *Rostl. Vyr.*, 35, 1989, č. 8, s. 841–850.

Došlo 27. 4. 1990

L. ZENIŠČEVA, M. ŠPUNAROVÁ (Cereal Research Institute, Kroměříž):

Efficiency of mineral nutrients in different genotypes of spring barley on the soils with neutral and acid reaction.

Rostl. Vyr., 37, 1991 (5) : 421–426.

In 1985–1987 model pot trials were performed to study the reaction of short-stemmed spring barley (the Rubin variety) and of the dwarfed type (KM 341) when mineral fertilizers were applied under the conditions of neutral (6.8) and strongly acid (4.0) soil (pH/KCl). Mobilizing effect of NPK fertilizing on growth process was confirmed only at an optimum soil pH/KCl and at a higher contents of available nutrients in the soil. Under these conditions the significant positive influence in both genotypes was observed in connection with superoptimum mineral nutrient rates on the number of adventitious roots and tillering capacity of the plant. Very low efficiency of nutrients in acid medium was caused by decreased capability to form the root system as a decisive factor of plant adaptation. A depressive acting of low soil pH on the formation of adventitious roots, development, growth and uniformity of tillers and efficiency of genotypes could not be eliminated when commercial fertilizers were applied. The toxic effect is higher in acid medium at high level of mineral nutrients (especially nitrogeous nutrients). Nitrogen efficiency on the grain yield formation was almost eight times lower in identical genotypes grown on acid soil.

Josef Královec, Ivan Rais

Lukařskopastvinářská stanice Závěšín, 353 21 Mariánské Lázně

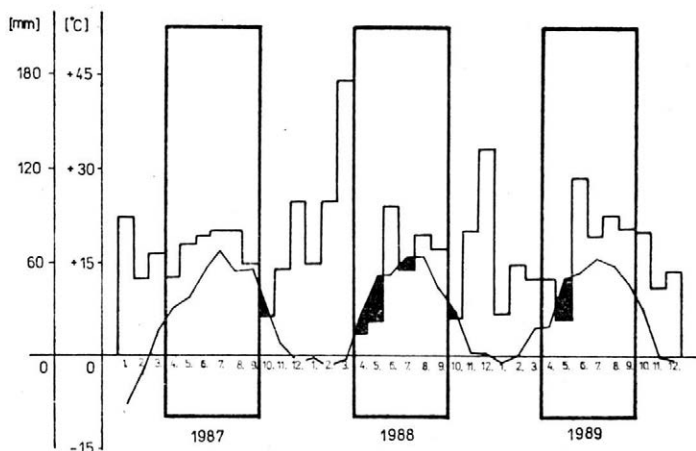
V nadmořské výšce 750 m se od roku 1986 sleduje průměrný pastevní porost v systému pastvy v rychlé rotaci. V původním porostu bylo 40 % jílku vytrvalého a 5 % jetele plazivého. Pastva byla simulována sklizněmi motorovou žací lištou vždy, když výška porostu dosáhla 13 cm, což bylo přibližně ve čtrnáctidenních intervalech. Vzhledem k dobré zásobě přístupných živin v půdě se zatím hnojilo jen dusíkem (0, 100 a 200 kg · ha⁻¹), aplikovaným ve čtyřech dávkách po 25, resp. 50 kg · ha⁻¹ během vegetace. Výnosy pastevní píce stoupaly s úrovní dusíkatého hnojení, zvýšení produkce mezi 100 a 200 kg · ha⁻¹ již bylo neefektivní, protože podíl jetele plazivého v porostu stoupl nad 20 %. Z tohoto důvodu se pak při zvoleném způsobu využívání jeví jako optimální hladina dusíku 100 kg · ha⁻¹. Obsah dusíku, ale i fosforu a draslíku trvale překračoval hodnoty, považované pro správnou výživu hospodářských zvířat za hraniční. Přesto nedošlo u zvířat pasených na sousedních pozemcích při jinak shodných podmínkách k žádným zdravotním poruchám, které by souvisely s kvalitou píce.

Dusíkaté hnojení představuje bezesporu nejúčinnější prostředek pro zvyšování produkce objemné píce, samozřejmě za předpokladu, že hnojiva jsou aplikována k dostatečně výkonnému porostu, který je schopen dodané živiny efektivně využít, a že jsou splněny i další podmínky, jako je dostatek vláhy, přiměřená velikost dávky, vhodný termín aplikace apod. Dále je známo, že spolu s vyšší výnosu je dusíkatým hnojením výrazně ovlivňována i kvalita píce. Naším cílem je poukázat na změny, k nimž dochází v kvalitě píce pod vlivem dusíkatého hnojení v systému simulované pastvy v rychlé rotaci.

MATERIÁL A METODA

Uvádíme výsledky přesného pokusu, který probíhá od roku 1986 na Lukařskopastvinářské stanici v Závěšíně u Mariánských Lázní v nadmořské výšce 750 m. Je zde hnědá půda kyselá na amfibolitu. Jde o středně těžkou, písčitohlinitou půdu s kyselou půdní reakcí (pH/KCl 5,0), nenasyčeným sorpčním komplexem, středním obsahem málo kvalitního humusu (C_{ox} 1,73) a nízkým poutáním živin. Klimatické poměry jsou charakterizovány průměrnou roční teplotou 6,4 °C [za vegetaci 12,4 °C) a průměrným ročním úhrnem srážek, přesahujícím 700 mm (z toho za vegetaci přes 400 mm), ovšem se značnými výkyvy v jednotlivých letech (obr. 1).

Do průměrného pastevního porostu, v němž převládá jílek vytrvalý (40 %) a v němž jetel plazivý zaujímal necelých 5 %, byla přiseta směs kostřavy červené a lipnice luční, a to jednak samostatně, jednak spolu



1. Průběh teplot a srážek v Závišíně — Pattern of temperatures and precipitation at Závišín

■ suché období — dry period

□ měsíční úhny srážek — sum precipitation for month
— průměrné měsíční teploty — average month temperatures

osa x — měsíce

x axis — months

s jetelem plazivým. K přisevu jsme použili jednak domácí odrůdu Ovčák, jednak dovezenou odrůdu Huia.

Vzhledem k poměrně dobrému obsahu přístupných živin v půdě (20 mg P, 212 mg K a 83 Mg na 1 kg půdy) se zatím hnojilo pouze dusíkem (0, 100 a 200 kg $\cdot$ ha⁻¹), který byl aplikován ve čtyřech shodných dávkách po 25, resp. 50 kg $\cdot$ ha⁻¹ během pastevního období. První dávka se uplatňovala podle konkrétního průběhu počasí a stavu porostu v dubnu či květnu, další následovaly od června do srpna přibližně v měsíčních odstupech. Výše ani dělení dusíku nebyly v tomto pokusu předmětem výzkumu.

Sklizně byly organizovány jako simulovaná pastva v rychlé rotaci, což znamená, že ke sklizni (motorovou žací lištou) docházelo vždy, když porost dosáhl výšky 13 cm. Doposud to bylo přibližně ve čtrnáctidenních intervalech. Ve všech sklizních všech čtyř porostů (původní porost, porost s přisevem trav a porosty s přisevem trav ve směsi s jetelem plazivým Ovčák nebo Huia) se zjišťoval podíl trav, jetelovin a ostatních bylin v hmotnostních procentech. Kvalita píce se posuzovala od druhého užitého roku (1987) anorganickými rozborů rostlin.

Souběžně s tímto pokusem probíhá na sousedních pozemcích sledování shodných variant v poloprodučních podmínkách za přítomnosti zvířat. V obou pokusech se pokračuje.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Přisev trav ani jetelovin se v hodnoceném pokusu neprojevil ani zvýšením výnosu ani změnou botanického složení porostu. Stále udržovaná nízká výška drnu totiž podpořila rozvoj jetele plazivého natolik, že se rozšířil i v nepřisetém porostu. Vzhledem k tomu, že není možné rozlišit přisetý jetel od původního, a vzhledem k tomu, že se jeho podíl

I. Výnos zelené píce (simulovaná pastva, průměr čtyř porostů, Závišín 1987–1989) — The yield of green herbage (simulated pasture, average for four stands, Závišín 1987–1989)

N(kg. ha ⁻¹)	0			100			200		
Rok ¹	1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989
Seč ²	výnos zelené píce ⁴ v t. ha ⁻¹								
1	8,69	3,62	3,50	10,86	4,70	4,63	12,10	3,77	6,10
2	7,22	4,39	5,92	6,82	4,63	6,66	6,93	4,46	6,82
3	7,69	4,32	2,85	7,31	4,62	3,08	7,59	5,27	3,47
4	7,18	2,84	3,13	6,35	2,80	3,56	5,83	3,07	4,24
5	3,58	4,94	3,71	4,36	6,24	3,87	5,04	7,31	4,12
6	3,37	6,14	4,02	4,15	6,90	4,22	4,85	7,71	4,49
7	1,19	4,53	2,08	1,42	4,29	2,34	1,99	4,32	2,79
8	6,24	4,70	6,98	7,99	6,16	8,48	9,73	6,84	9,27
9	7,70	—	1,67	7,35		3,60	8,74		3,79
Celkem ³	52,86	35,48	33,80	56,60	40,34	40,44	62,80	42,75	45,09

¹year, ²cut, ³total, ⁴yield of green herbage

měnil téměř shodně na všech pokusných parcelách jen v závislosti na dusíkatém hnojení bez jakéhokoliv vlivu přísevu, lze tvrdit, že pokus probíhá na průměrném pastevním porostu.

V tab. I jsou uvedeny výnosy zelené píce, jichž se dosáhlo v hodnocených letech při osmi až devíti sklizních. Produkce byla do značné míry ovlivněna srážkami, a to nejen jejich úhrnem, ale také jejich rozdělením v průběhu vegetace. Zatímco v roce 1987 bylo srážek dostatek, byl rok 1988 výrazně sušší s úhrnem srážek za vegetaci jen 332 mm (83 % dlouhodobého průměru). Zvláště suchý byl začátek vegetace, kdy v dubnu a květnu spadla jen třetina obvyklého množství. Suchý květen výrazně ovlivnil i produkci roku 1989. Při zvoleném způsobu sklizní, kdy jsme se snažili jejich rytmus co nejvíce přizpůsobit provozním podmínkám, lze dusíkaté hnojení považovat za efektivní prakticky jen při 100 kg. ha⁻¹. Vyšší hladina dusíku sice vykazala vyšší výnos, ale v průběhu pastevního období a zejména na jeho konci byly rozdíly mezi oběma srovnávanými úrovněmi dusíkatého hnojení tak nevýrazné, že lze zvýšený přívod dusíku považovat za plýtvání. Pro zajištění výše produkce se ukázalo jako dostatečné hnojení 100 kg. ha⁻¹.

Zajistit požadovanou rovnoměrnost nárůstu pastevního porostu není jednoduché ani v podmínkách exaktního pokusu. Výška totiž sama o sobě nevystihuje další charakteristiky porostu, jako je např. hustota drnu, takže výnosy během pastevního období kolísaly i při dodržování metodikou předepsané sklizňové výšky porostu 9 až 13 cm. Výkyvům v produktivitě nebylo možné zabránit ani pomocí usměrněného dusíkatého hnojení, a to zejména vzhledem k nepravidelnému rozložení srážek v průběhu pastevního období, které nelze předvídat. Děleným hnojením během vegetace lze do jisté míry podpořit obrůstání a vyrovnat tak

II. Podíl jetele plazivého v porostu (simulovaná pastva, průměr čtyř porostů, Závišín 1987–1989)
 – The proportion of white clover in the stand (simulated pasture, average for four stands, Závišín 1987–1989)

N(kg . ha ⁻¹)	0			100			200		
Rok ¹	1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989
Seč ²	podíl jetele ⁴ v % hmotn.								
1	31	12	18	15	9	8	7	7	6
2	21	18	16	12	16	8	5	8	6
3	35	26	19	24	20	10	14	13	6
4	43	34	41	25	25	21	18	17	14
5	45	35	39	34	21	26	22	14	16
6	41	49	40	26	30	22	18	18	15
7	33	53	40	19	36	23	13	25	15
8	46	56	41	23	32	19	10	20	15
9	49		31	22		19	12		14
Vážený průměr ³	38	37	32	22	24	16	12	16	12

¹year, ²cut, ³weighted average, ⁴proportion of clover

částečně pokles produkce ve druhé polovině pastevní sezóny, ale zajistit dostatek píce na jejím konci pouhým hnojením již možné není (Rais, Královce, 1981).

Nižší produkční účinnost dusíkatého hnojení při 200 kg . ha⁻¹ může souviset s ústupem jetele plazivého, jehož podíl při této úrovni hnojení činil v průměru tři let jen 13 % proti více než 20 % při hnojení 100 kg . ha⁻¹ a více než 35 % na dusíkem nehnojené kontrole (tab. II). Otevřenou zůstává otázka, zda postupný pokles podílu jetele plazivého se zvyšující se úrovní dusíkatého hnojení lze vysvětlit jen podporou růstu travní složky nebo zda dusíkaté hnojení působí na ústup jetelovin přímo. Velich (1986) a další autoři se domnívají, že dusíkatým hnojením se narušují symbiotické vztahy jetelovin s hlízkovými baktériemi. Dusíkaté hnojení totiž snižuje přívod asimilátů z nadzemních orgánů do kořenů, čímž se zmenšuje i přívod energie, potřebné pro fixaci atmosférického dusíku heterotrofními hlízkovými baktériemi. Naše výsledky ukazují, že ústupem jetele nebyl snížený přívod symbiotického dusíku zvýšením úrovně hnojení na 200 kg . ha⁻¹ vyrovnán.

Zastoupení jetele plazivého kolísá i v průběhu vegetačního období. Z našich pozorování, uvedených v tab. II, by bylo možné dospět k závěru, že podíl jetele se zvyšuje ve druhé polovině vegetace, což může souviset s průběhem počasí. Proměnlivé zastoupení jetele plazivého má však jistě i další příčiny, jako je vedle dosud ne zcela prozkoumaného vývojového rytmu jetele plazivého např. dostatečná zásoba přijatelných živin v půdě, zejména fosforu, vápníku a případně také draslíku. Celá problematika vyžaduje delší sledování.

Kvalitu píce jsme posuzovali na základě stanovení obsahu dusíku a minerálních živin (anorganickými rozborů rostlin) ve vzorcích píce

ze všech variant a sklizní počínaje druhým užitkovým rokem (1987). Pomocí výsledků těchto rozborů je možné hodnotit změny v chemickém složení píce, k nimž došlo v důsledku našich zásahů, i když jsme si vědomi, že o skutečné kvalitě píce vypovídají pravděpodobně jen málo. Pro zvířata, jimž je píce určena, musí být porost natolik chutný, aby jej přijala co nejvíce. Vedle botanického složení se na chutnosti píce podílí např. olistění či stáří porostu. Grant, King (1983) dokazují, že po vytvoření čtvrtého listu trav porost rychle stárne. Zvyšováním podílu odumřelé organické hmoty se přirozeně zhoršuje chutnost a stravitelnost píce. Vzhledem k tomu, že dosud neexistuje takový objektivní komplexní ukazatel kvality píce, který by přihlížel ke všem těmto hlediskům, je nutné se spokojit s chemickými rozborů.

Výsledky tab. III a IV umožňují porovnat výsledky chemických rozborů s požadavky zvířat a s hodnotami obsahu živin pro pastevní porost podle státní normy ČSN 46 7007. Z hodnocení jsme vyloučili hořčík, jehož obsah se pohyboval mezi 0,19 až 0,27 % v sušině, což je v souladu s požadavky zdárného vývoje porostu i správné výživy zvířat. Vzhledem k vysoké zásobě této živiny v půdě a k jejímu postupnému uvolňování z matečného substrátu měly porosty hořčíku dostatek, takže nedocházelo k žádným podstatným výkyvům.

Během let byl zaznamenán (v průměru všech sklizní) zřetelný pokles obsahu dusíku a draslíku a nevýznamné kolísání obsahu fosforu a vápníku. Tyto vztahy je pravděpodobně možné dát do souvislosti s jednostranným dusíkatým hnojením bez přísunu dalších živin. Celkově je možné konstatovat, že obsahy živin vysoce překračovaly požadavky zvířat a s výjimkou vápníku i tabulkové hodnoty podle ČSN 46 7007.

S ohledem na výživu zvířat je však důležitější skutečný obsah živin v píce v průběhu celého pastevního období než v ročním průměru sklizní. Dosavadní výsledky dovolují konstatovat, že obsah sledovaných živin byl během pastevního období nejvíce ovlivněn dobou sklizně, tedy vývojovým stadiem porostu. Vliv dusíkatého hnojení byl naproti tomu podstatně menší.

Vysoký obsah dusíku v pastevní píce lze přisoudit sklizním v rané vývojové fázi a bohatému olistění nízkého porostu. Bez vlivu zřejmě není ani poměrně malý obsah sušiny. Hodnota obsahu dusíku podle ČSN 46 7007 byla přepočtena z údaje pro pastevní porost zakvétající s 20% sušinou — tato sušina je totiž uvedena v tabulce obsahu minerálních živin pro pastevní píci (bez bližší specifikace). Mladý pastevní porost se 17,5 % sušiny vykazuje podle citované ČSN 46 7007 již 3,40 % dusíku. Pohybovala-li se sušina u našich vzorků kolem 14 %, byl přirozeně vyšší i obsah dusíku. Stupňovaným hnojením dusíkem sice jeho obsah v píce vykazoval (podle průměrných hodnot) vzestupnou tendenci, ale v průběhu vegetace byly mezi úrovněmi dusíkatého hnojení zjištěny jen velmi malé rozdíly, a to většinou jen bezprostředně po aplikaci hnojiv. I tyto skutečnosti svědčí o neefektivnosti vyšší úrovně dusíkatého hnojení.

Také obsah draslíku se zdá nadměrný. Za fyziologické optimum pro rostliny se považují 2 % draslíku v sušině (K l a p p et al., 1971), v domácí literatuře se tato hodnota uvádí jako limitující vzhledem k přebytku draslíku v krmné dávce (např. R e g a l, 1982 a další). Příčinu námi zjištěných vysokých obsahů draslíku lze hledat především ve vývojovém

III. Obsah dusíku a draslíku v píce v průběhu pastevního období (simulovaná pastva, průměr čtyř stanovení, Závišín 1987–1989) — Nitrogen and potassium contents in herbage in the pasture season (simulated pasture, average for four determinations, Závišín 1987–1989)

Obsah ¹	N v % sušiny				K v % sušiny			
Rok ²	1987	1988	1989	průměr	1987	1988	1989	průměr
Seč ³	0 kg N.ha ⁻¹							
1	3,90	3,64	3,75	3,76	3,95	2,72	2,74	3,14
2	4,22	3,34	3,06	3,54	3,71	2,82	2,81	3,11
3	3,94	3,64	3,26	3,61	4,12	3,32	2,84	3,43
4	4,28	4,12	3,28	3,89	4,42	3,18	3,27	3,62
5	4,38	3,83	3,56	3,92	4,09	3,46	3,06	3,54
6	4,58	4,06	3,86	4,17	3,74	3,13	3,16	3,34
7	4,56	4,24	4,26	4,35	3,56	3,16	3,33	3,35
8	4,62	3,83	4,09	4,18	3,97	3,52	3,04	3,51
9	3,91		4,52	4,21	3,54		3,08	3,31
Průměr ⁴	4,27	3,84	3,74	3,95	3,90	3,16	3,04	3,37
	100 kg N.ha ⁻¹							
1	3,84	3,64	3,44	3,64	4,10	2,77	2,28	3,05
2	4,10	3,46	3,20	3,59	3,78	2,92	3,09	3,26
3	3,78	3,82	3,79	3,80	4,16	3,48	2,92	3,52
4	4,39	4,64	3,20	4,08	4,53	3,36	3,14	3,68
5	4,42	3,91	3,59	3,97	4,22	3,63	3,07	3,64
6	4,60	4,08	3,83	4,17	3,82	3,36	3,12	3,43
7	4,69	3,82	4,00	4,17	3,69	3,12	3,17	3,33
8	4,74	3,90	3,90	4,18	4,10	3,29	3,23	3,54
9	3,72		4,08	3,90	3,49		3,02	3,25
Průměr	4,25	3,91	3,67	3,94	3,99	3,24	3,00	3,41
	200 kg N.ha ⁻¹							
1	4,02	3,34	3,87	3,74	4,19	2,51	2,61	3,10
2	4,22	3,65	3,06	3,64	3,94	2,94	2,90	3,26
3	3,72	4,13	3,83	3,89	4,23	3,75	2,80	3,59
4	4,42	4,17	3,34	3,98	4,30	3,38	3,06	3,58
5	4,42	4,05	3,48	3,98	4,44	3,68	3,15	3,76
6	4,78	4,13	4,08	4,38	4,02	3,28	3,14	3,48
7	4,90	4,10	4,14	4,38	3,98	3,10	3,17	3,42
8	4,23	3,98	4,05	4,29	4,21	3,39	2,96	3,52
9	3,75		4,20	3,97	3,51		2,93	3,22
Průměr	4,34	3,94	3,78	4,02	4,09	3,25	2,97	3,44
Požadavky hospodářských zvířat ⁵ (podle různých pramenů)								
1,20—2,40					0,20—1,60			
Tabulkový obsah v pastevní píce ⁶ (podle ČSN 46 7007)								
2,56					2,40			

¹content, ²year, ³cut, ⁴average, ⁵requirements of livestock, ⁶tabular content in pasture herbage

IV. Obsah fosforu a vápníku v píce v průběhu pastevního období (simulovaná pastva, průměr čtyř stanovení, Závišín 1987–1989) — Phosphorus and calcium content in herbage in the pasture season (simulated pasture, average for four determinations, Závišín 1987–1989)

Obsah ¹	P v % sušiny				Ca v % sušiny			
Rok ²	1987	1988	1989	průměr	1987	1988	1989	průměr
Seč ³	0 kg N.ha ⁻¹							
1	0,43	0,32	0,58	0,44	0,75	0,53	0,63	0,64
2	0,58	0,37	0,56	0,50	0,70	0,52	0,53	0,58
3	0,56	0,43	0,48	0,49	0,90	0,55	0,60	0,68
4	0,58	0,45	0,41	0,48	0,96	0,73	0,77	0,82
5	0,58	0,48	0,47	0,51	0,96	0,72	0,92	0,87
6	0,57	0,46	0,48	0,50	0,99	0,84	0,96	0,93
7	0,50	0,55	0,51	0,52	0,78	0,93	0,94	0,88
8	0,55	0,46	0,48	0,50	0,80	0,68	0,99	0,82
9	0,47		0,48	0,47	0,66		0,81	0,73
Průměr ⁴	0,54	0,44	0,49	0,49	0,83	0,69	0,79	0,77
	100 kg N.ha ⁻¹							
1	0,42	0,32	0,54	0,43	0,67	0,52	0,58	0,59
2	0,59	0,38	0,56	0,51	0,65	0,53	0,51	0,56
3	0,56	0,44	0,49	0,50	0,82	0,56	0,56	0,65
4	0,58	0,46	0,41	0,48	1,06	0,72	0,68	0,82
5	0,56	0,43	0,47	0,49	0,95	0,76	0,83	0,85
6	0,56	0,44	0,45	0,48	1,04	0,78	0,84	0,89
7	0,49	0,51	0,48	0,53	0,80	0,87	0,79	0,82
8	0,54	0,46	0,45	0,48	0,76	0,64	0,84	0,75
9	0,47		0,48	0,47	0,68		0,77	0,72
Průměr	0,53	0,43	0,48	0,48	0,83	0,67	0,71	0,74
	200 kg N.ha ⁻¹							
1	0,43	0,30	0,68	0,47	0,67	0,51	0,50	0,59
2	0,60	0,36	0,56	0,51	0,66	0,54	0,50	0,57
3	0,55	0,44	0,44	0,48	0,76	0,54	0,56	0,62
4	0,56	0,45	0,40	0,47	1,05	0,70	0,69	0,81
5	0,53	0,43	0,46	0,47	0,94	0,72	0,72	0,79
6	0,52	0,42	0,43	0,46	0,98	0,77	0,80	0,85
7	0,47	0,48	0,45	0,47	0,77	0,82	0,71	0,77
8	0,50	0,46	0,41	0,46	0,78	0,69	0,80	0,76
9	0,46		0,44	0,45	0,66		0,75	0,70
Průměr	0,51	0,42	0,47	0,47	0,81	0,66	0,68	0,72
Požadavky hospodářských zvířat ⁵ (podle různých pramenů)								
0,28–0,42					0,52–1,00			
Tabulkový obsah v pastevní píce ⁶ (podle ČSN 46 7007)								
0,30					0,75			

stadiu porostů. Vývojově mladší píce neustále sesekávaných porostů obsahuje více draslíku, což souvisí s jeho funkcí při transportu vody a s jeho hromaděním v dělivých meristémech (Ivaníček et al., 1979). Podobně lze pravděpodobně vysvětlit i poměrně vysoký obsah fosforu v píci.

Dosažené výsledky ukazují, že absence draselného a fosforečného hnojení nevedla zatím k žádoucímu poklesu obsahu těchto živin v píci, ale spíše ke snížení jejich půdní zásoby a možná ovlivnila i výši produkce. Celá problematika vyžaduje další sledování.

Zjištěné obsahy dusíku a draslíku v pastevní píci lze celkově hodnotit jako příliš vysoké a neodpovídající dosavadním představám o správné výživě zvířat. Přesto nedošlo na sousedních pozemcích při jinak shodných podmínkách u pasených zvířat k žádným zdravotním poruchám, které by bylo možné přisoudit špatné výživě.

Literatura

- GRANT, S. A. — KING, J.: Grazing management and pasture production — the importance of sward morphological adaptations and canopy photosynthesis. [Biennial Report.] The Hill Farming Research Organisation, 1982—1983, s. 119-129.
- IVANIČ, J. — HAVELKA, B. — KNOP, K.: Výživa rastlín a hnojenie. Bratislava. Príroda; Praha, SZN 1979.
- KLAPP, E. et. al.: Wiesen und Wieden. Hamburg, Berlín, Paul Parey 1971.
- RAIS, I. — KRÁLOVEC, J.: Produkce nerostů v pastevních cyklech. Rostl. Vyr., 27, 1981, č. 12, s. 1219-1225.
- REGAL, V.: Přebytek draslíku v krmných dávkách. Zemědělec, 32, 1982, č. 49.
- VELICH, J.: Studium vlivu produkční schopnosti trvalých lučních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠZ 1986.
- ČSN 46 7007. Výživná hodnota krmiv. Praha 1968.

Došlo 7. 11. 1990

J. KRÁLOVEC, I. RAIS (Grassland Research Station Závišín, Mariánské Lázně):
Quality of pasture forage at the graduated nitrogen application rates.
Rostl. Vyr., 37, 1991 (5) : 427-434.

In 1986 an average pasture stand (at the altitude of 750 m above sea level) has been studied in the pasture system in short rotation. The original stand was composed of 40 % of perennial ryegrass and 5 % of white clover. The pasture was simulated by harvests by motored swather always when the stand height was 13 cm, usually in 14-day intervals. Owing to the good reserve of available nutrients in the soil only nitrogen fertilizing was applied (0, 100 and 200 kg per ha) at four application rates of 25 or 50 kg per ha in the growing season. The yields of pasture forage increased with the rates of nitrogen fertilizing, the yield increase ranging from 100 to 200 per ha was no more effective, as the proportion of white clover increased to 20 %. For this reason, an optimum application rate is 100 kg of N per ha at the chosen practices. Nitrogen content (as well as phosphorus and potassium contents) continuously exceeded the values considered as the limit for suitable nutrition of livestock. In spite of it, no health problems occurred in animals pastured in the neighbouring fields under otherwise identical conditions caused by the forage quality.

THE SIGNIFICANCE OF THE NONEXCHANGEABLE $\text{NH}_4\text{-N}$ IN THE NITROGEN DYNAMICS OF THE SOIL AND FOR THE NITROGEN NUTRITION OF THE PLANTS

Heinrich Wilhelm Scherer, Wilfried Werner

Institute for Agricultural Chemistry, University of Bonn, Meckenheimer Allee 176, D 5300 Bonn 1

Loess soils contain about 1800 kg and alluvial soils up to 3300 kg nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ ha^{-1} in the soil layer from 0 to 90 cm, while soils derived from basaltic parent material contain less than 1000 kg. The content of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ is influenced by the clay content, the type of clay minerals and the K saturation of the interlayers. In soils with expandable clay minerals, part of the ammonium added with slurry may be fixed in the nonexchangeable form. The mobilization of the nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ is influenced by plant growth, the K content and the water content of the soil.

It is well known that different soils are able to bind added ammonium in such a manner that it cannot be replaced readily by other cations. This process of ammonium fixation has been defined by the American Society of Agronomy "as the adsorption or absorption of NH_4 ions by the mineral or organic fraction of the soil in such a manner that they are relatively unexchangeable by usual methods of cation exchange". According to recent publications the nonexchangeable NH_4^+ — this term will be used instead of fixed NH_4^+ — is not a static fraction but may be released in appreciable amounts and contribute to the N nutrition of the plants.

Contents of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ of the soil

According to Scherer, Mengel (1981) soils derived from loess contain about 1800 kg nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ ha^{-1} in the soil layer from 0 to 90 cm and alluvial soils more than 3000 kg, while soils derived from basaltic material contain less than 1000 kg. As expected the content of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ is influenced by the clay content, the kind of clay minerals and further by the saturation of the clay minerals with potassium.

Tab. I shows the contents of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ and exchangeable K of soils derived from different parent material. The alluvial soils which are rich in nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ have low contents of exchangeable K, while the reverse holds true for the soils derived from basaltic parent material. The loess soils are ranging in between. K and NH_4 ions are competing for the same binding sites resulting in low contents of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ in soils with high K contents.

I. Contents of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha) and exchangeable K (kg/ha) in the soil layer from 0 to 90 cm in soils derived from different parent material (Scherer, 1982)

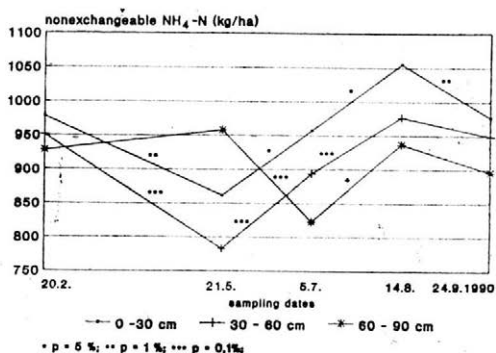
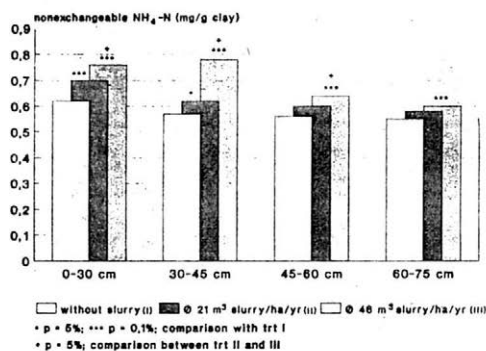
Parent material	Nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$	Exchangeable K
Alluvial	2171	353
Alluvial	3346	765
Basalt	524	2100
Basalt	937	1534
Loess	1721	1059
Loess	1763	1144

In a survey the influence of longterm slurry application on the contents of none changeable $\text{NH}_4\text{-N}$ in the rooting zone of gleyic cambisols and luvisols was investigated. The contents increased with increasing amounts of slurry supplied as well as with the length of the period of time of slurry application in the whole rooting zone. Fig. 1 demonstrates the influence of the amount of slurry on the behaviour of this N fraction gleyic cambisols. As compared with the control the application of $\text{Ø } 21 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ and year^{-1} resulted in significantly higher contents in the soil layers 0 to 30 cm and 30 to 45 cm, and $\text{Ø } 46 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ and year^{-1} increased the contents in the whole investigated depth. Further, the comparison between treatments II and III shows that the higher dose ($\text{Ø } 46 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ and year^{-1}) of slurry resulted in significantly higher contents as compared with the lower dose ($\text{Ø } 21 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ and year^{-1}) down to 60 cm soil depth.

Dynamics of the nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$

Several investigations (Scherer, 1980; Kudenyarov, 1981; Mengel, Scherer, 1981) have shown that nonexchangeable NH_4^+ is released in considerable amounts. Mengel, Scherer (1981) determined the nonexchangeable NH_4^+ throughout the vegetation period at certain intervals in soils derived from different parent material. Fig. 2 demonstrates the dynamics of this N fraction in an alluvial soil. In the upper two soil layers a highly significant amount of nonexchangeable NH_4^+ was released from February until May. However, the highest depletion was observed about two month later in the deepest soil layer which is in accordance with the development of the roots of spring oat which was grown on this soil. In the following months the contents increased owing to a refixation and reached almost the same levels as early in spring. Interestingly, the changes in the contents of nonexchangeable NH_4^+ were negligible on the same soil sites during the winter month. From these results it can be concluded that the NH_4 ions are no longer prone to nitrification after penetrating the interlayers of the clay minerals, that means, they are not accessible to microbial oxidation. However, during the vegetation period substantial amounts may be released under growing plants.

In investigations under field conditions the influence of the plants on the mobilization of nonexchangeable NH_4^+ was investigated. For this

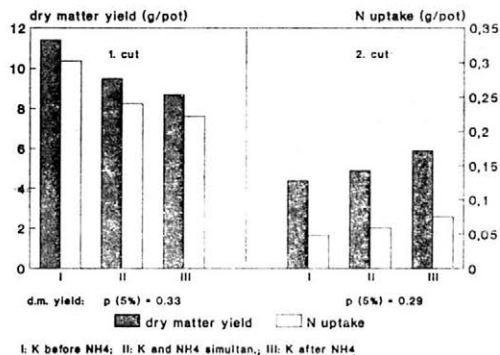
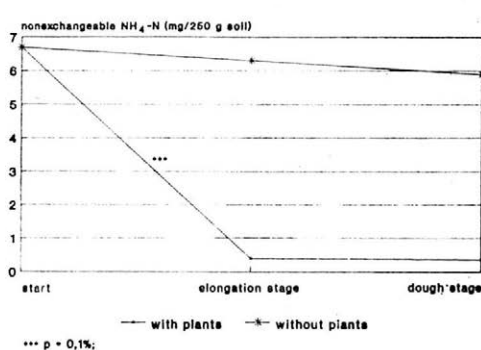


1. Influence of the dose of slurry on the content of nonexchangeable NH₄-N of gleyic cambisols (Scherer et al., 1988)

2. Content of nonexchangeable NH₄-N during the growing season under spring oats (Mengel, Scherer, 1981)

purpose soil samples were taken in the field and treated in the laboratory with ¹⁵NH₄-N (for more details see Mengel, Scherer, 1981). The labelled soil samples were placed into small soil holders containing 250 g soil. One part of the soil holders were placed in the field under oats in the depth of about 25 cm and the other part on fallow plots. At elongation stage and dough stage of spring oats several soil holders were removed and the soil of each holder analyzed for total and labelled nonexchangeable NH₄-N, respectively. In the planted plots a highly significant decrease of the nonexchangeable ¹⁵NH₄-N occurred until the elongation stage, where 97 % of the labelled NH₄-N were already released (Fig. 3). However, in the fallow plots the release was negligible during the whole growing period. A release of nonexchangeable NH₄⁺ only takes place when the NH₄ concentration — as well as the K concentration — of the soil solution is reduced by the uptake by plants.

Similar results were obtained in a pot experiment (Scherer, 1984), where up to 72 % of the labelled NH₄-N was released in the soil planted with ryegrass while the amount which was released in the unplanted pots was not significant. In a pot experiment the influence of the time of K application on the fixation of added NH₄-N and the availability of the nonexchangeable NH₄-N was investigated. The increase of the content of the nonexchangeable NH₄-N was highest when K was added after NH₄ and lowest when K was added before NH₄ (Tab. II). The treatment where both were added simultaneously was ranging between the two other treatments. Afterwards the soil was planted with ryegrass which was cut two times. Dry matter yield and N uptake of the first cut was highest in the K treatment before NH₄ and lowest in the K treatment after NH₄ (Fig. 4). However, the reverse was true of the second cut where yield and N uptake were highest in the K treatment after NH₄. Caused by the K uptake of the plants, the K concentration of the soil solution was decreased and also K ions located at the edge positions of the clay minerals were removed, so that the diffusion of NH₄ ions out of the interlayers was facilitated, resulting in a higher yield in the K treatment after NH₄ at the second cut.



3. Behaviour of the nonexchangeable $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ on plots planted with spring oats and fallow plots (Scherer, 1987)

4. Influence of the time of NH_4 and K application on dry matter yield and N uptake of ryegrass (Scherer, 1989)

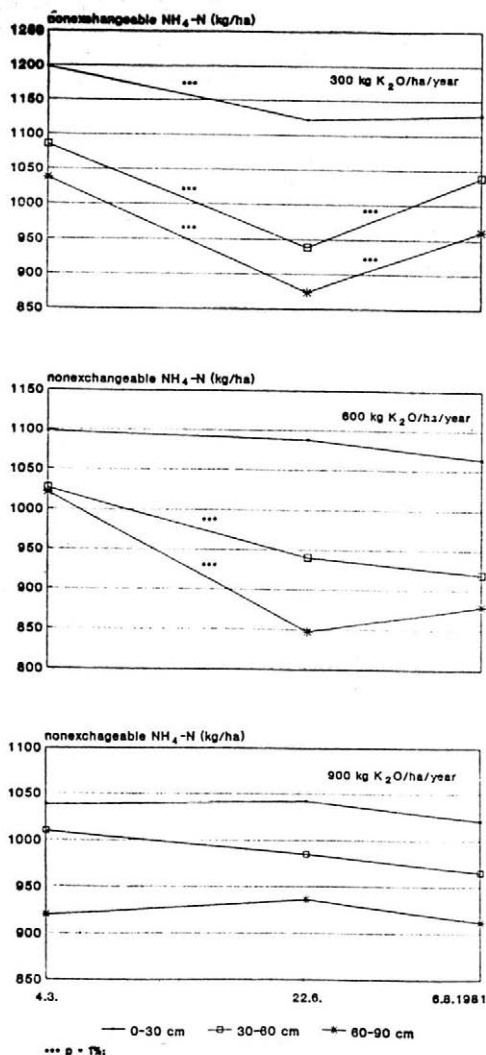
In long-term field experiments the influence of the amount of K fertilizer on the dynamics of the nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ was investigated. 300, 600 and 900 kg K_2O ha⁻¹ and year⁻¹, respectively, were applied. In the treatment with the low K dose the content of nonexchangeable NH_4 in the whole rooting zone was significantly lower in June as compared with March, while in the treatment with 600 kg K_2O nonexchangeable NH_4^+ was only released in the soil layers 30 to 60 cm and 60 to 90 cm (Fig. 5). Interestingly, in the treatment with the high K dose no significant changes were observed. The results further demonstrate that the dose of K fertilizer has not only an impact on the availability of the nonexchangeable NH_4^+ but also on the contents of this N fraction, being highest in the treatment with the low K application rate and lowest in the treatment with the high applications rate. K and NH_4 ions are competing for the same binding sites in the interlayers of the 2:1 clay minerals, resulting in lower contents of nonexchangeable NH_4^+ when the binding sites are already occupied by K^+ .

Further, the availability of the nonexchangeable NH_4^+ is influenced by the water content of the soil. Scherer, Mengel (1981) demonstrated in a pot experiment with different water regimes that the amounts of NH_4^+ which were released increased with increasing soil humidity. Based on an area of one hectare in the treatment with the highest water content (-10 kPa) 126 kg nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ was released under corn in a growing period of 13 weeks, while in the treat-

II. Influence of the time of K application on the content of nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-H}$ (mg/kg soil) and CAL-extractable K (mg/kg soil); (Scherer, 1985)

Treatment	Nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$	CAL-K
K before NH_4	231	142
K and NH_4 simultan	246	204
K after NH_4	252	214

5. Influence of the dose of K fertilizer on the dynamics of the nonexchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ (Scherer, 1985)



ment with -25 kPa only 85 kg and with -63 kPa 69 kg was mobilized. The moisture content influences the degree of expansion of the clay minerals, thus also the diffusion of the NH_4 ions out of the interlayers.

References

- KUDEYAROV, V. N.: Mobility of fixed ammonium in soil. In: CLARK, F. E. — ROSSWALL, T. (eds): Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), 1981, pp. 281-290.
- MENGEL, K. — SCHERER, H. W.: Release of nonexchangeable (fixed) soil ammonium under field conditions during the growing season. Soil Sci., 131, 1981, pp. 226-232.
- SCHERER, H. W.: Dynamik und Pflanzenverfügbarkeit von nicht austauschbarem NH_4^+ im Boden. Landwirtsch. Forsch., 37, 1980, pp. 217-225.
- SCHERER, H. W.: Fixed $\text{NH}_4\text{-N}$ in relation EUF-extractable K. Pl. and Soil, 64, 1982, pp. 67-71.

SCHERER, H. W.: Beziehung zwischen dem Stickstoff-Entzug der Pflanzen und der Abnahme von spezifisch gebundenem $\text{NH}_4\text{-N}$ im Boden. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 147, 1984, pp. 29-36.

SCHERER, H. W.: Wechselwirkungen zwischen NH_4^+ und K^+ bei der spezifischen Bindung und der Mobilisierung im Boden. Kali-Briefe (Büntenhof), 17, 1985, pp. 431-440.

SCHERER, H. W. — MENGEL, K.: Einfluß der Bodenfeuchte auf die Freisetzung von nicht austauschbarem NH_4^+ und dessen Aufnahme durch die Pflanze. Mitt. Dtsch. bodenk. Gesell., 32, 1981, pp. 429-438.

SCHERER, H. W. — BUSCH, R. — WERNER, W.: Einfluß von Güllemenge und Begülldauer auf die Gehalte an spezifisch gebundenem Ammonium von Parabraunerden und Pseudogley-Braunerden. VDLUFA-Schriftenreihe, 28, 1988, pp. 481-489.

Received November 7, 1990

H. W. SCHERER, W. WERNER (Ústav agrochemie, Univerzita v Bonnu):

Význam nevýměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ v dynamice dusíku v půdě a ve výživě rostlin dusíkem.

Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 435-440.

Sprašové půdy obsahují kolem 1800 kg a aluviální až 3300 kg nevýměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ na 1 ha v půdní vrstvě od 0 do 90 cm, kdežto půdy odvozené od čedičové matečné horniny obsahují méně než 1000 kg. Obsah nevýměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ je ovlivněn obsahem jílu, typem jílových minerálů a nasycením mezivrstev draslíkem. V půdách s roztažitelnými jílovými minerály se část amonia, dodaného s kejdou, může fixovat do nevýměnné formy. Mobilizace nevýměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ závisí na růstu rostliny, obsahu draslíku a vody v půdě.

DYNAMIKA ANORGANICKÉHO DUSÍKA V PÔDE A JEJ VPLYV NA ÚRODU A KVALITU JARNÉHO JAČMEŇA

Otto Ložek, Ján Bízik, Ján Fecenko

Vysoká škola poľnohospodárska, 949 76 Nitra

V štvorročnom poľnom pokuse (1986 až 1989), založenom na nivnej pôde glejovej, sa sledovala dynamika N_{an} v pôde pri rozdielnych dávkach dusíka v sírane amónnom, ktoré sa určili na základe obsahu N_{an} v pôde pred sejbou jačmeňa vo vrstvách 0 až 0,6 m, resp. 0 až 1,0 m a zohľadnením využiteľnosti dusíka z pôdy na 60 %, resp. 100 %. Zistila sa bezprostredná závislosť medzi obsahom N_{an} v pôde a úrodou a kvalitou jačmenného zrna. Stanovili sa hladiny N_{an} v pôde vo vrstve 0 až 0,3 m a 0 až 0,6 m počas vegetácie jačmeňa, ktoré zabezpečili požadovanú kvalitu zrna a úrodu 6 t. ha⁻¹.

Produkcia úrody a kvality zrna jarného jačmeňa bezprostredne súvisí s obsahom prístupného dusíka v pôde. Tento vzťah je výrazne ovplyvňovaný pôdno-klimatickými podmienkami (Lekeš a kol., 1985; Frančáková, Muchová, 1987; Baier, 1989; Bízik, 1989; Fecenko et al., 1990 a iní). Pri vyššej ponuke dusíka vzniká predpoklad intenzívnejšej biosyntézy dusíkatých látok v zrne, čo môže mať negatívny dopad na sladovnícku kvalitu zrna. Tá sa u nás v poslednom desaťročí značne znížila (Voňka et al., 1987). Preto problematika optimalizácie dusíkatej výživy jarného jačmeňa je veľmi aktuálna a zaoberá sa ňou mnoho autorov (Krausko, 1983; Kulík, 1985; Kandra, 1988; Pešík, Kopecký, 1988; Richter, 1988 a iní).

Obsah N_{an} v pôde ako kritérium pohotovosti zásoby dusíka je veličina značne premenlivá, ovplyvnená procesmi, ako sú mineralizácia, imobilizácia, nitrifikácia, denitrifikácia, ovplyvnená zmenami hydrotermických pomerov, dávkami a formami hnojív a rôznymi druhmi strát dusíka z pôdy a ďalšími faktormi. Napriek tomu, že táto hodnota je veľmi dynamická a syntetizujúca v sebe jednotlivé faktory, je obsah N_{an} v pôde považovaný mnohými autormi (Bábek et al., 1983; Michalík et al., 1986; Ivanič et al., 1990 a iní) za jednu zo základných informácií pre optimalizovanie dávok dusíka pred sejbou i počas vegetácie rôznych poľnohospodárskych plodín.

MATERIÁL A METÓDA

Predmetnú problematiku sme riešili v rokoch 1986 až 1989 formou stacionárneho poľného pokusu na nivnej pôde glejovej (fluvizem glejová) s agrochemickými vlastnosťami uvedenými v tab. I. Pokus bol za-

I. Výsledky analýzy pôdy pred založením pokusov na fluvizemi glejovej za roky 1986 až 1989 —
Results of soil analysis before establishing the trials on gleyey fluvisol for the years 1986 to 1989

Druh rozboru ¹	Hĺbka ² v m	Roky ⁴			
		1986	1987	1988	1989
N _{an} v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	15,9	15,3	14,6	14,0
	0,3—0,6	12,3	19,7	12,2	10,2
	0,6—1,0	13,0	11,8	8,8	8,6
N—NO ₃ ⁻ v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	7,4	11,7	6,7	6,5
	0,3—0,6	4,9	15,3	7,4	3,8
	0,6—1,0	5,5	9,3	5,0	2,2
N—NH ₄ ⁺ v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	8,5	3,6	7,9	7,5
	0,3—0,6	7,4	4,4	4,8	6,4
	0,6—1,0	7,5	2,5	3,8	6,4
N _{tot} v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	2334	1392	2047	1477
N _{UH} v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	138	113	115	154
P-Egner v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	24	30	29	27
K-Schachtschabel v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	160	129	158	142
Mg-Schachtschabel v mg.kg ⁻¹	0 —0,3	472	347	322	397
Humus-Tjurin v %	0 —0,3	3,2	3,0	4,0	3,1
pH/KCl	0 —0,3	6,1	6,3	5,0	6,2

¹type of analysis, ²depth, ³years

ložený blokovou metódou so šachovnicovým usporiadaním jednotlivých parciel, ktorých veľkosť činila 49,5 m² (4,5×11 m), pri štyroch opakovaníach. (Zberová plocha bola 25 m².)

Modelovou plodinou bol jarný jačmeň (odroda Rubín), ktorý bol zaradený v oševnom postupe po cukrovej repe hnojenej maštalným hnojom v dávke 40 t.ha⁻¹. Výsevok činil 4 mil. klíčivých zŕn na 1 ha.

Dávky fosforu a draslíka boli určené na základe obsahu prístupného P a K v pôde a požiadaviek jačmeňa na úrodu zrna 7 t.ha⁻¹. Dávky dusíka na variantoch 3 a 4 boli stabilné a nezávislé od obsahu N_{an} v pôde. Na variantoch 5, 6, 7 sa vypočítali na základe obsahu N_{an} v pôde vo vrstve 0 až 0,6 m a jeho predpokladanej využiteľnosti na 100 % (variant 6) alebo 60% využiteľnosti (variant 7), alebo z obsahu N_{an} vo vrstve 0 až 1,0 m a predpokladanej 100% využiteľnosti takto zisteného N_{an} (variant 5). Pri výpočte sa zohľadňoval odber dusíka 7 t úrodou zrna. Priemerné dávky čistých živín za štyri roky na jednotlivých variantoch hnojenia sú uvedené v tab. II. Dusík sa aplikoval vo forme síranu amónneho, fosfor v trojitom superfosfáte a draslík v 60% draselnej soli. Fosforečné a draselné hnojivá boli zapravené orbou v jeseni a dusíkaté na jar pri predsejbovej príprave pôdy.

Počas vegetácie sa uskutočnilo päť odberov pôdnych vzoriek z kaž-

II. Dávky čistých živín k jarnému ječmeňu (odroda Rubín) v kg. ha⁻¹ v priemere za roky 1986 až 1989 — Rates of pure nutrients for spring barley (the Rubín variety) in kg per ha on an average for the years 1986 to 1989

Variant výživy ¹	Dávka čistých živín ² v kg. ha ⁻¹			
	N	P	K	Mg
1	0	0	0	0
5	0	47,6	129,3	0
3	60	47,6	129,3	0
4	60	47,6	129,3	20
5	52,6	47,6	129,3	0
6	37,5	47,6	129,3	0
7	88,3	47,6	129,3	0

Variant 1 — nehnojená kontrola³

Variant 2 — PK-hnojenie⁴

Variant 3 — stabilná dávka N⁵ 60 kg. ha⁻¹

Variant 4 — stabilná dávka N 60 kg. ha⁻¹ + Mg-hnojenie⁶

Variant 5 — dávka N vypočítaná z obsahu N_{an} do 1 m za predpokladu 60% využiteľnosti N⁷

Variant 6 — dávka N vypočítaná z obsahu N_{an} do 0,6 m za predpokladu 100% využiteľnosti N

Variant 7 — dávka N vypočítaná z obsahu N_{an} do 0,6 m za predpokladu 60% využiteľnosti N

¹variant of nutrition, ²pure nutrient rates, ³unfertilized control, ⁴PK-fertilizing, ⁵stable N rate, ⁶Mg-fertilizing, ⁷N rate calculated from N_{an}-content to 1 m (0.6) of depth provided, that there is 60 % (100 %) of N availability

dého variantu a opakovania z hĺbok 0 až 0,3 m a 0,3 až 0,6 m sondovacou tyčou. Odbery vzoriek sa konali v týchto rastových fázach jačmeňa:

- I. začiatok odnožovania (2. fáza podľa Fee);
- II. predlžovanie listových pošiev (4. fáza podľa Fee);
- III. kvitnutie (10.5.2. fáza podľa Fee);
- IV. mliečna zrelosť (11. 1. fáza podľa Fee);
- V. plná zrelosť (11. 3. fáza podľa Fee).

V pôdnych vzorkách po ich odbere do 24 h (po vysušení pri izbovej teplote a zhomogenizovaní) sa stanovil obsah N_{an} vo výluhu 1% K₂SO₄. Dusičnanový dusík sme stanovili kolorimetricky kyselinou fenol 2,4-disulfónovou a amoniakálny dusík tiež kolorimetricky pomocou Nesslerovho činidla.

V zrne jačmeňa sa vypočítal obsah dusíkatých látok stanovením dusíka podľa Kjeldahla a vynásobením faktorom 6,25. Analytické výsledky obsahu N_{an} v pôde, dusíkatých látok v zrne a úrody zrna po prepočítaní na 14% vlhkosť sme vyhodnotili analýzou rozptylu (tab. III až VIII) a niektoré vzájomné vzťahy sme vyjadrili lineárnou regresnou analýzou (tab. IX).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

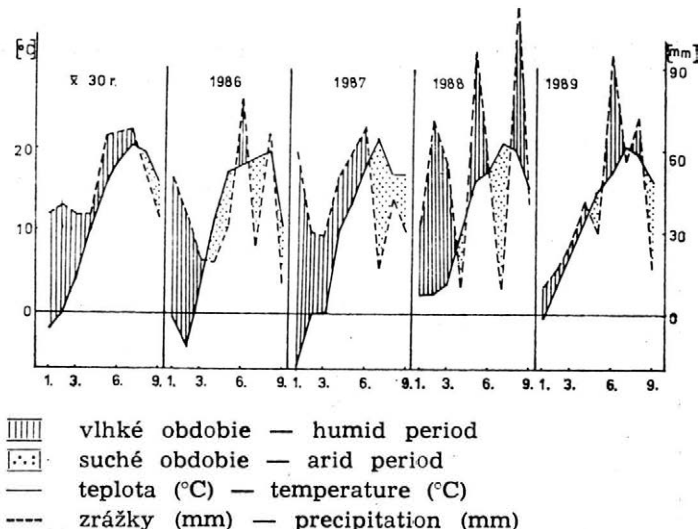
Z matematicko-štatistického vyhodnotenia obsahu N_{an} a jeho zložiek N—NH₄⁺ a N—NO₃⁻ v pôde (tab. III) vyplýva, že vysokopreukazne

III. Výsledky analýzy rozptylu pre anorganický dusík v pôde — Results of analysis of dispersion for inorganic soil nitrogen

Zdroj premenlivosti ¹	N	F-vypočítané ⁷						F-tabuľkové ⁸	
		N _{an}		N-NO ₃ ⁻		N-NH ₄ ⁺			
		0-0,3	0-0,6	0-0,3	0-0,6	0-0,3	0-0,6	P = 0,05	P = 0,01
Varianty ²	6	13,5 ⁺⁺	12,3 ⁺⁺	7,6 ⁺⁺	8,0 ⁺⁺	10,1 ⁺⁺	9,6 ⁺⁺	2,2	3,0
Roky ³	3	30,3 ⁺⁺	63,4 ⁺⁺	7,1 ⁺⁺	29,6 ⁺⁺	45,1 ⁺⁺	71,7 ⁺⁺	2,7	4,0
Odbery ⁴	4	12,9 ⁺⁺	15,5 ⁺⁺	119,8 ⁺⁺	280,9 ⁺⁺	1,1	2,1	2,5	3,5
Varianty × roky	18	1,7	1,6	0,9	1,5	1,7	1,4	1,8	2,2
Odbery × roky	12	9,8 ⁺⁺	16,3 ⁺⁺	13,3 ⁺⁺	26,2 ⁺⁺	11,1 ⁺⁺	17,0 ⁺⁺	1,9	2,4
Nekontrolovaný faktor ⁵	96								
Celkom ⁶	139								

¹source of variability, ²variants, ³years, ⁴samplings, ⁵uncontrolled factor, ⁶total, ⁷F-calculated, ⁸F-labelled

1. Walterov klimato-gram (Nitra 1986 až 1989) — Walter climatogramme (Nitra 1986-1989)



bol ich obsah ovplyvnený ročníkom, výživou a interakciou odbery X roky. Dusičnanový dusík vykazoval signifikantné zmeny aj v dôsledku rôznej doby odboru vzoriek počas vegetácie, zatiaľ čo pri amoniakálnom dusíku boli tieto rozdiely štatisticky nevýznamné.

Najväčší podiel na celkovej variabilite obsahu N_{an} v pôde mali poveternostné podmienky pokusných rokov a činili 53,4 %, resp. 69,5 %.

IV. Vplyv poveternostných podmienok v pokusných rokoch na zmeny v obsahu N_{an} v pôde — Effects of weather conditions in test years on the changes in the soil N_{an} content

Rok ¹	N_{an} v mg. kg ⁻¹	$N-NO_3^-$ v mg. kg ⁻¹	$N-NH_4^+$ v mg. kg ⁻¹
Hĺbka ² 0–0,3 m			
1986	14,60	3,64	10,96
1987	13,02	3,97	9,05
1988	10,11	4,48	5,63
1989	8,86	3,36	5,50
$P = 0,05$	$d_1 = 1,33^+$	$d_1 = 0,51^+$	$d_1 = 1,11^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 1,77^{++}$	$d_2 = 0,68^{++}$	$d_2 = 1,48^{++}$
Hĺbka 0–0,6 m			
1986	12,90	2,93	9,97
1987	12,37	3,96	8,41
1988	7,60	3,46	4,14
1989	7,00	2,51	4,49
$P = 0,05$	$d_1 = 1,09^+$	$d_1 = 0,32^+$	$d_1 = 0,96^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 1,45^{++}$	$d_2 = 0,43^{++}$	$d_2 = 1,28^{++}$

¹year, ²depth

V. Vplyv rôznej doby odberu pôdných vzoriek na zmeny v obsahu N_{an} v pôde — Effects of different time of soil samplings on the changes in soil N_{an} content

Odber vzoriek ¹	N_{an} v mg.kg ⁻¹	$N-NO_3^-$ v mg.kg ⁻¹	$N-NH_4^+$ v mg.kg ⁻¹
Hĺbka ² 0–0,3 m			
I.	14,48	7,35	7,13
II.	12,43	4,34	8,09
III.	11,51	3,55	7,96
IV.	9,76	1,43	8,33
V.	10,05	2,63	7,42
$P = 0,05$	$d_1 = 1,49^+$	$d_1 = 0,57^+$	$d_1 = 1,25^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 1,99^{++}$	$d_2 = 0,76^{++}$	$d_2 = 1,66^{++}$
Hĺbka 0–0,6 m			
I.	12,74	6,80	5,94
II.	10,19	3,33	6,86
III.	9,70	2,82	6,88
IV.	8,33	1,11	7,22
V.	8,88	2,00	6,88
$P = 0,05$	$d_1 = 1,22^+$	$d_1 = 0,36^+$	$d_1 = 1,07^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 1,62^{++}$	$d_2 = 0,48^{++}$	$d_2 = 1,43^{++}$

¹sampling, ²depth

Minerálna výživa sa podieľala 23,8 %, resp. 13,5 % a doba odberu vzoriek 22,8 %, resp. 17,0 % (prvé číslo udáva variabilitu pre vrstvu 0 až 0,3 m a druhé pre vrstvu 0 až 0,6 m). Jednotlivé frakcie N_{an} ($N-NO_3^-$ a $N-NH_4^+$) boli týmito zdrojmi premenlivosti ovplyvňované odlišne. Variabilita obsahu dusičnanového dusíka bola najvýraznejšie ovplyvnená dobou odberu vzoriek, a to na 89,0 %, resp. 88,2 % a najmenej minerálnou výživou 5,7 %, resp. 2,5 %. Podiel ročníka predstavoval 5,3 %, resp. 9,3 %. Pri amoniakálnom dusíku najvyššiu variabilitu spôsobili poveternostné podmienky ročníkov (80,1 %, resp. 86,0 %). Podiel minerálnej výživy činil 17,9 %, resp. 11,5 % a najnižšia variabilita zmien obsahu $N-NH_4^+$ v pôde pripadla na rôzne doby odberu vzoriek (2,0 %, resp. 2,5 %). Uvedené hodnotenie variability frakcie N_{an} v pôde potvrdzuje známy poznatok o pomerne vyrovnanej hladine $N-NH_4^+$ a veľmi rozkolísanom obsahu $N-NO_3^-$ počas vegetácie jarného jačmeňa.

Priebeh poveternostných podmienok v jednotlivých pokusných rokoch (obr. 1) mal štatisticky významný účinok na zmenu obsahu N_{an} v pôde. V relatívne suchom vegetačnom období roka 1986 bol najvyšší obsah N_{an} v pôde, na čom sa podieľala hlavne frakcia amoniakálneho dusíka. V zrážkovo priaznivejších ročníkoch (1987, 1988 a 1989) sa hodnoty N_{an} postupne znižovali. Táto tendencia bola výraznejšia pri $N-$

VI. Vplyv variantov výživy na zmeny v obsahu N_{an} v pôde — Effects of different nutrition on the changes in the soil N_{an} content

Varianty výživy ¹	N_{an} v mg.kg ⁻¹	N—NO ₃ ⁻ v mg.kg ⁻¹	N—NH ₄ ⁻ v mg.kg ⁻¹
Hĺbka ² 0—0,3 m			
1	8,79	3,28	5,51
2	8,62	2,86	5,76
3	12,41	4,24	8,17
4	13,51	4,45	9,06
5	13,04	4,02	9,02
6	10,69	3,48	7,21
7	14,47	4,68	9,79
$P = 0,05$	$d_1 = 1,77^+$	$d_1 = 0,67^+$	$d_1 = 1,48^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 2,35^{++}$	$d_2 = 0,90^{++}$	$d_2 = 1,96^{++}$
Hĺbka 0—0,6 m			
1	7,66	2,81	4,85
2	7,58	2,55	5,03
3	10,65	3,54	7,11
4	11,06	3,55	7,51
5	11,44	3,29	8,15
6	9,32	3,02	6,30
7	12,06	3,74	6,32
$P = 0,05$	$d_1 = 1,44^+$	$d_1 = 0,43^+$	$d_1 = 1,27^+$
$P = 0,01$	$d_2 = 1,91^{++}$	$d_2 = 0,57^{++}$	$d_2 = 1,69^{++}$

¹variants of nutrition, ²depth

—NH₄⁺ ako pri N—NO₃⁻ a prejavovala sa v oboch analyzovaných vrstvách 0 až 0,3 m aj 0 až 0,6 m. Vplyv poveternostných podmienok na zmeny obsahu N_{an} a jeho frakcií dokumentujeme priemernými hodnotami v tab. IV.

Rôzna doba odberu pôdnych vzoriek sa prejavila vo výraznom poklese obsahu N_{an} a N—NO₃⁻ od začiatku vegetácie až do fázy mliečnej zrelosti, zatiaľ čo zmeny v obsahu N—NH₄⁺ boli nepreukazné ako medzi jednotlivými odbermi, tak aj v priebehu celého vegetačného obdobia. Štatisticky najvýznamnejší pokles bol pri dusičnanovom dusíku, kedy medzi každým odberom vznikol signifikantný rozdiel. Toto konštatovanie sa vzťahuje na obe hĺbky odberu pôdnych vzoriek. Priemerné hodnoty jednotlivých frakcií dusíka počas vegetácie sú uvedené v tab. V.

Vplyvom diferencovaného dusíkatého hnojenia (variant 3 až 7) nastalo výrazné odlišenie obsahu N_{an} a jeho frakcií v pôde od nehnojených variantov dusíkom (variant 1 a 2) do hĺbky 0,3 m aj do 0,6 m (tab. VI). Optimálny variant výživy (variant 6), na ktorom sa dosiahla úroda zrna

VII. Úroda zrna jarného jačmeňa (odroda Rubín) v t.ha⁻¹ v období rokov 1986 až 1989 — The grain yield of spring barley (the Rubín variety) in t per ha for the period of 1986—1989

Variant ¹	Úroda zrna ² v t.ha ⁻¹					Relatívne %
	1986	1987	1988	1989	$\bar{x}$	
1	4,27	5,90	4,80	6,52	5,37	100,0
2	4,29	5,97	4,92	6,55	5,43	101,1
3	5,27	6,75	5,90	7,64	6,39	119,0
4	5,05	6,93	5,75	7,52	6,31	117,5
5	5,07	7,19	5,90	7,72	6,47	120,5
6	5,18	5,97	5,86	7,64	6,16	114,7
7	5,29	6,81	5,87	7,78	6,44	119,9
Priemer ³	4,92	6,50	5,57	7,34	6,08	113,2
Preukazný rozdiel pre varianty ⁴ $d^+ = 0,310$ $d^{++} = 0,367$						
Preukazný rozdiel pre roky ⁵ $d^+ = 0,204$ $d^{++} = 0,244$						

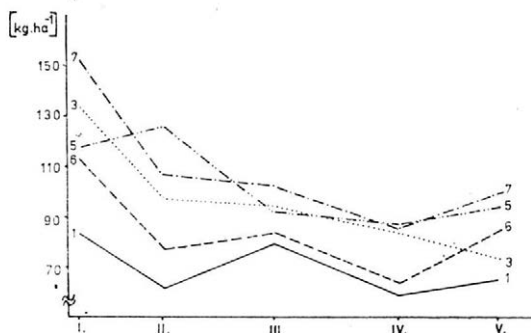
¹variant, ²grain yield, ³average, ⁴significant difference for variants, ⁵significant difference for years

VIII. Obsah dusíkatých látok (NL) v sušine zrna jarného jačmeňa (odroda Rubín) v % v pokusných rokoch 1986 až 1989 — Nitrogenous substances (NL) in spring barley grain dry matter (the Rubín variety) in percent for the period of test years 1986—1989

Variant ¹	Obsah NL ² v %					Relatívne %
	1986	1987	1988	1989	$\bar{x}$	
1	11,6	10,5	9,5	9,1	10,18	100,0
2	11,2	10,2	8,7	9,0	9,78	96,1
3	11,7	12,4	11,4	9,4	11,22	110,2
4	12,4	12,9	10,9	10,3	11,62	114,1
5	11,5	12,0	11,4	10,0	11,22	110,2
6	12,3	10,2	11,0	9,4	10,72	105,3
7	13,1	12,4	12,5	9,6	11,90	116,9
Priemer ³	12,0	11,5	10,8	9,5	10,95	107,6
Preukazný rozdiel pre varianty ⁴ $d^+ = 0,419$ $d^{++} = 0,485$						
Preukazný rozdiel pre roky ⁵ $d^+ = 0,275$ $d^{++} = 0,336$						

¹variant, ²NL content, ³average, ⁴significant difference for variants, ⁵significant difference for years

2. Vplyv rozdielnych dávok dusíka na dynamiku N_{an} v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ počas vegetácie jarného jačmeňa v hĺbke 0 až 0,6 m — The effect of different nitrogen application rates on the N_{an} dynamics in per ha in the growing season of spring season of spring barley at a depth ranging from 0 to 0.6 m



osa x — odbery vzoriek — x axis —
— samplings; varianty — variants: 1 —
— 0,0; 3 — 60,0; 5 — 62,7; 6 — 37,5; 7 —
— 88,2 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$

6,16 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. VII) s priaznivým obsahom dusíkatých látok 10,7 % (tab. VIII), bol v priemere štyroch rokov hnojený dávkou dusíka 37,5 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tento variant mal v porovnaní s variantami bez dusíkatej výživy (variant 1 a 2) preukazne vyšší obsah N_{an} v pôde, avšak oproti variantom hnojeným dávkami dusíka od 52,7 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 88,2 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (variant 4, 5, 7) vykazoval preukazne až vysoko preukazne nižší obsah N_{an} v pôde v oboch hĺbkach. Na variantoch s relatívne vyššími dávkami dusíka (variant 4, 5, 7) sa síce dosiahla úroda čiastočne vyššia (tab. VII), ale vyprodukované zrno jačmeňa už malo obsah dusíkatých látok nad požadovaných 11 % (11,2 až 11,9 %), ako uvádza tab. VIII.

Z grafického vyjadrenia vplyvu rozdielnych dávok dusíka na dynamiku N_{an} v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ počas vegetácie jarného jačmeňa (obr. 2) je vidieť adekvátne hladiny N_{an} v pôde, korešpondujúce s aplikovanou dávkou dusíka pri predsejbovej príprave pôdy.

Na optimálnom variante výživy (variant 6) vo vrstve 0 až 0,6 m sa obsah N_{an} na začiatku odnožovania pohyboval na úrovni 110 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a v ďalšom priebehu vegetácie na úrovni 80 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vo vrstve 0 až 0,3 m sú tieto absolútne hodnoty pochopiteľne nižšie. Vo fáze odnožovania bol obsah N_{an} približne 65 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a v ďalších rastových fázach bol na úrovni 45 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Experimentálne zistené hladiny N_{an} vo vrstve 0 až 0,6 m by mohli slúžiť v podobných pôdno-klimatických pestovateľských podmienkach ako orientačné kritériá na hodnotenie a kontrolu obsahu dusíka v pôde počas vegetácie pre dopestovanie kvalitného sladovníckeho jačmeňa a súčasne primeranej produkcie zrna z jednotky plochy.

Vzťahy medzi dávkou dusíka pred sejbou jačmeňa a obsahom N_{an} a jeho frakcií v pôde počas vegetácie vyhodnotené lineárnou regresnou analýzou (tab. IX) poukazujú, že existuje silná pozitívna korelačná závislosť medzi zvyšujúcou sa dávkou dusíka a stanovenými obsahmi N_{an} , N-NO_3^- a N-NH_4^+ v pôde. Podstatnejšie rozdiely v sile tejto závislosti medzi jednotlivými zložkami N_{an} neboli zistené. Taktiež hĺbka odberu vzoriek výraznejšie neovplyvnila silu týchto vzťahov napriek tomu, že obsah sledovaných frakcií dusíka v pôde sa smerom dolu znižuje. Tento pokles činil napr. pri N_{an} vo vrstve 0,3 až 0,6 m oproti vrstve 0 až 0,3 m v priemere za celý pokus 28,8 %. Uvedené výsledky sú v súlade s názorom viacerých autorov (Wehrmann, Scharph, 1979; Fecen-

Vzťah medzi parametrami ¹			Hodnota <i>r</i>
Dávka N ² v kg.ha ⁻¹	obsah ⁴ N _{an} do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,9877++
		v 4. fáze podľa Fee	0,8226+
		v 10.5.2. fáze podľa Fee	0,9543++
		v 11.1. fáze podľa Fee	0,8361+
		v 11.3. fáze podľa Fee	0,8525+
		Ø 1.—5. odber	0,9680++
	obsah N—NH ₄ ⁺ do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,9784++
		Ø 1.—5. odber ⁵	0,9458++
	obsah N—NO ₃ ⁻ do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,9430++
Úroda zrna ³ v t.ha ⁻¹		Ø 1.—5. odber	0,9642++
	obsah N _{an} do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,9029++
		v 4. fáze podľa Fee	0,8946++
		v 10.5.2. fáze podľa Fee	0,8675++
		v 11.1. fáze podľa Fee	0,8310+
		v 11.3. fáze podľa Fee	0,8488+
		Ø 1.—5. odber	0,9511++
	obsah N—NH ₄ ⁺ do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,8678+
		Ø 1.—5. odber	0,9499++
	obsah N—NO ₃ ⁻ do 0,6 m	v 2. fáze podľa Fee	0,9237++
		Ø 1.—5. odber	0,8811++

Kritické hodnoty korelačného koeficientu (*r*) pre *N* = 5 pri hladine pravdepodobnosti⁶:

P = 0,05 = 0,75+

P = 0,01 = 0,87++

¹correlation between parameters, ²N rate, ³grain yield, ⁴content, ⁵sampling, ⁶critical values of correlation coefficient (*r*) for *N* = 5 at the level of probability

ko et al., 1985; Růčka, Tomkuljaková, 1986 a iní), že k optimalizácii dusíkatého hnojenia je vhodné využívať informácie o obsahu N_{an} i z hlbšieho profilu ako je orníčná vrstva.

Podobné pozitívne korelačné závislosti, ako boli vyššie uvedené, sa tiež potvrdili aj medzi obsahom jednotlivých frakcií dusíka v pôde a výslednou úrodou zrna (tab. IX).

Na základe týchto výsledkov je možné konštatovať, že produkcia zrna bezprostredne súvisí s obsahom prístupných foriem dusíka v pôde. Avšak na dosiahnutie priaznivej sladovníckej kvality zrna jačmeňa je potrebné dávky dusíkatých hnojív upravovať na základe obsahu N_{an} v pôde pred sejbou jačmeňa (Fecenko et al., 1989), prípadne korigovať podľa obsahu N_{an} v pôde počas vegetácie.

Literatúra

- BÁBEK, R. — BAJČI, P. — BÍZIK, J. — ČUMAKOV, A. — LOPATNÍK, J.: Metodika hnojenia cukrovej repy dusíkom. Met. Min. Poľnohosp. Výž. SR, Bratislava, 1983, 15 s.
- BAIER, J.: Optimalizovať výživu jarného ječmene na výnos i jakosť. Agrochémia, 29, 1989, č. 10, s. 257-259.
- BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie rastlín dusíkom. Bratislava, Veda, SAV 1989.
- FECENKO, J. — BÍZIK, J. — LOŽEK, O.: Vzťahy medzi dusíkom v pôde, hnojením, úrodou a kvalitou sladovníckeho jačmeňa. Rostl. Výr., 31, 1985, č. 9, s. 975-981.
- FECENKO, J. — BÍZIK, J. — LOŽEK, O.: Hnojenie jarného jačmeňa podľa obsahu anorganického dusíka v pôde. Rostl. Výr., 35, 1989, č. 8, s. 825-834.
- FECENKO, J. — BÍZIK, J. — LOŽEK, O. — KOVÁČIK, P.: Hnojenie dusíkom na základe jeho obsahu v pôde. In: Zbor. Ref. XII. slov. Semin. O racionálnom používaní priemyselných hnojív, Michalovce, 1990, s. 161-172.
- FRANČÁKOVÁ, H. — MUCHOVÁ, Z.: Vplyv výživy na kvalitatívne ukazovatele sladovníckeho jačmeňa. Poľnohospodárstvo, 28, 1982, č. 5, s. 1-8.
- IVANIČ, J. — BENKO, V. — VNUK, L.: Optimalizácia dusíkatej výživy ozimnej pšenice z hľadiska kvality a kvantity produkcie. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1990, 55 s.
- KANDERA, M.: Vplyv stupňovaných dávok dusíka vo forme močoviny na úrody zrna a jeho kvalitu pri jarnom jačmeni. [Kandidátska dizertácia.] Piešťany, 1988.
- KRAUSKO, A.: Štúdium tvorby úrody a kvality jarného jačmeňa po rôznych predplodinách, zvyšujúcich sa dávkach priemyselných hnojív a rozličnom výsevu. In: Zbor. Ref. Cesty skvalitnenia surovinových zdrojov pre racionálnu výživu, Bratislava, Príroda 1983, s. 61-80.
- KULÍK, D.: Hnojenie jarného jačmeňa vo vzťahu k úrode zrna. In: Zbor. Vys. Šk. poľnohosp. Agrobiologické aspekty racionalizácie rastlinnej výroby II, Nitra, 1985, s. 173-180.
- LEKEŠ, J. a kol.: Ječmen. Praha, SZN 1985.
- MICHALÍK, I. — BÍZIK, J. — LOŽEK, O.: Využitie rozborov pôdy a rastlín na obsah dusíka pri racionalizácii hnojenia v procese intenzifikácie. In: Zbor. Ref. Kroměřížské obilnářské dny I, Kroměříž, ČSVTS 1986, s. 117-124.
- PEŠÍK, J. — KOPECKÝ, M.: Hnojení dusíkem podle jeho obsahu v půdě. Úroda, 36, 1988, č. 1, s. 27-28.
- RICHTER, R.: Dávky dusíku a jejich vztah ke koncentraci živin v průběhu ontogeneze u jarního ječmene. In: Zbor. XI. slov. Semin. O racionálnom využívaní priemyselných hnojív, Duslo, Šafa, 1988, s. 340-349.
- RÚČKA, M. — TOMKULJAKOVÁ, E.: Optimalizácia výživy cukrovej repy dusíkom pomocou diagnostiky pôdy. In: Optimalizácia výživy rastlín pri intenzívnom hospodárení na pôde, Košice, DT ČSVTS 1986, s. 12-19.
- VOŇKA, Z. — KOPECKÝ, M. — MENČL, J.: Vliv stupňovaných dávek N na výnos a jakosť jarního ječmene v bramborářském a kukuřičném výrobním typu. Rostl. Výr., 33, 1987, č. 4, s. 381-388.
- WEHRMANN, J. — SCHARPH, H. C.: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als masstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N_{min} methode). Pl. and Soil, 52, 1979, s. 109-126.

Došlo 7. 11. 1990

O. LOŽEK, J. BÍZIK, J. FECENKO (University of Agriculture, Nitra):
Dynamics of inorganic nitrogen in the soil and its influence on the yield and quality of spring barley.

Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 441-451.

Four-year field trial (1986-1989) established on the gleyey soil studied the N_{an} dynamics in the soil at different nitrogen application rates in ammonium sulfate determined on the basis of N_{an} content in the soil before spring barley was sown in layers 0 to 0.6 m or 0 to 0.1 m and taking into account the nitrogen availability from the soil for 60 % or 100 %, respectively. It was found out the direct dependence between the soil N_{an} content in the soil and the yield and quality of barley grain. N_{an} levels in the soil were determined in the layer of 0 to 0.3 m in the growing season of barley and these brought the required grain quality and its yield of 6 t per ha.

PFLANZENERNÄHRUNG UND DÜNGUNG, TEIL 1 PFLANZENERNÄHRUNG

G. Schilling a kol.

Dtsch. Landwirtsch.-Verl. Reinhardstr. 14, 0-1040 Berlin, 3. přeprac. vyd. 1990, cena brožovaného výtisku 21,— DEM

Kniha čtyřčlenného autorského kolektivu, vedeného prof. dr. Güntherem Schillingem, je určena především studentům vysokých škol zemědělských, ale může přinést nové poznatky také biologům a praktikům ve výživě rostlin a hnojení. Kniha je členěna do dvou dílů. První svazek je věnován výživě rostlin a druhý, který vyjde později, se zabývá hnojením.

Třetí vydání této učebnice je rozděleno do čtyř kapitol. Nejobsáhlejší z nich je věnována tvorbě výnosu a funkci jednotlivých živin. Další pak osvětlují vztahy mezi rostlinou a půdou a kvantitativní vztahy mezi růstovými faktory a výnosem. Text třetího vydání byl důkladně přepracován a v případě nutnosti doplněn např. informacemi o jednotlivých minerálních látkách (živiny i toxické prvky) a o příznacích poruch ve výživě rostlin. Pozornost je také věnována tzv. novodobým poškozením lesů. Čtvrtá kapitola knihy představuje podrobně přepracovaný díl o analýzách půdy i rostlin a zejména o agrochemickém zkoušení a poradenské službě na základě nových poznatků.

Ing. Miroslav Kalina, CSc.

VPLYV HNOJENIA NA ROZMIESTNENIE ANORGANICKÉHO DUSÍKA V PÔDE

Zdena Kubicová

Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 823 75 Bratislava

Cieľom práce bolo posúdiť vplyv pôdno-ekologického stanovišta na zabezpečenie jarného jačmeňa dusíkom v rámci osevného postupu a posúdiť vplyv intenzity hnojenia na obsah anorganického dusíka v hĺbkach 0—0,3, 0,3—0,6 a 0,6—1,0 m a jeho pohyb v profile a následne na tvorbu úrod. K riešeniu problematiky sa využili poľné stacionárne pokusy založené na čiernici černo- zemnej karbonátovej, čiernici černo-zemnej a černo-zemí. Na každom pôd- nom predstaviteľovi sa sledovali tri varianty s rôznou intezitou hnojenia du- síkom (52, 90 a 180 kg .ha⁻¹ čistej živiny) a v rôznych kombináciách N : P : : K. Z výsledkov nehnojeného variantu vyplynulo, že sledované pôdy mali v hĺbke 0—0,3 m v jarnom období pred sejbou dobrú zásobu anorganického dusíka, to znamená, že tieto pôdy si z vlastných zdrojov zabezpečili dosta- točné uvoľňovanie a sprístupňovanie dusíkatých živín. Vplyvom stupňova- ných dávok dusíkatého hnojiva sa obsah ďalej zvyšoval, najmä v spodných horizontoch. Zvyšovanie prebiehalo najmä na účet dusičnanového dusíka (preukazné a vysokopreukazné rozdiely oproti kontrole), kde teda hrozí aj nebezpečie strát vyplavením, nakoľko ide o pôdy s mineralogicky ľahkým podloží. Pôdny profil v hĺbke 0,8—1,0 m prechádza do piesku, takže du- sičnanový dusík v tejto hĺbke možno považovať za potenciálny zdroj zne- čistenia. Z výsledkov ďalej vyplýva, že kvalitné a úrodné pôdy v záujme dosiahnutia vysokej efektívnosti a súčasne aj ekologickej nezávadnosti treba hnojiť úspornejšie. V prospech uvedeného svedčia nepreukazné rozdiely v do- siahnutých úrodách na dusíkom hnojených variantoch a nehnojenej kontrole ako aj dobrá zásoba anorganického dusíka v pôdach po zbere úrody.

Čím vyššie sú nároky na úrody, tým viac živín, teda i dusíka sa z pôdy exportuje, preto treba prirodzený cyklus dusíka obohatiť zdrojmi dodávanými zvonku, teda hnojením. Treba však správne pochopiť a určiť tok dusíka cez pôdu do rastlinnej produkcie, aby ho mohol porast v ma- ximálnej možnej miere využiť na zdravotne nezávadnú produkciu pri minimálnych stratách z pôdneho prostredia.

Často neodôvodnená vysoká intenzita hnojenia podmieňuje väčší po- hyb zlúčenín dusíka v prostredí, zvyšuje ich obsah v pôdnom roztoku, v spodnej i povrchovej vode. Prevažná väčšina odborníkov sa zjednocuje v tom, že dusíkatým hnojením sa zvyšuje zastúpenie dusičnanov v pôd- nom minerálnom dusíku (Bielek, 1984; Bízik, 1989). Vyššími dávka- mi priemyselných hnojív sa koncentruje pôdny roztok (Bízík, 1970) a vzniká tak potenciálne riziko zvýšeného pohybu rozpustených solí. Dusičnanový dusík nakumulovaný pod koreňovou zónou je pri vyššej hladine spodnej vody tak potenciálnym zdrojom jej znečistenia, ako uvádza Füleky (1987).

V predjarnom období, keď prevládajú zrážky nad evapotranspirá- ciou, sa migrácia dusičnanov v pôde urýchljuje, ako to dokumentujú

Hofman et al. (1987). Často sa určuje aj tzv. kritická dávka dusíka, ktorá by sa nemala prekročiť. Facek (1977) uvádza, že po prekročení dávky $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ani jej rozdelenie na viac dielov nemusí obmedziť vyplavovanie dusičnanov. Dávku dusíka $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ považujú aj Kudličková, Bielek (1980) za hraničnú na humózne čiernici karbonátovej.

Cieľom tejto práce bolo posúdiť vplyv pôdno-ekologického stano-
višťa na zabezpečenie jarného jačmeňa dusíkom a posúdiť vplyv inten-
zity hnojenia dusíkom na pohyb minerálneho dusíka v profile pôdy
a následne na tvorbu úrod.

MATERIÁL A METÓDA

Problematica pôdneho anorganického dusíka (N_{an}) sa riešila v poľ-
ných stacionárnych pokusoch v rámci osevného postupu pod jarným
jačmeňom počas troch rokov po predplodine ozimná pšenica, v troch
pôdno-ekologických podmienkach. Stacionárne pokusy (schéma podľa
Cochrana) boli založené na čiernici černozej karbonátovej ($\check{C}A_c^c$)
v Macove, okres Dunajská Streda, na čiernici černozej ($\check{C}A_c$) v Kra-
vanoch a na černoze ($\check{C}M$) v Búči, okres Komárno. Základný osevný
postup bol: lucerna, lucerna, ozimná pšenica, kukurica na zrno, ozimná
pšenica, jarný jačmeň, cukrová repa, jarný jačmeň, lucerna, lucerna,
prícom sa tento postup striedal na štyroch honoch.

Zo základnej schémy pokusu sa pre sledovanie anorganického du-
síka v pôde zvolili tri hladiny hnojenia dusíkom v rôznych kombináciách
 $N : P : K$:

Relatívna úroveň hnojenia	Dávky čistých živín ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)		
	N	P	K
— 2	0	0	0
— 1	51,9	56,9	71,1
0	90,0	40,0	50,0
+ 2	180,0	40,0	50,0

Z uvedených variantov sa odoberali pôdne vzorky do hĺbky 0—0,3;
0,3—0,6 a 0,6—1,0 m na jar pred sejbou a po zbere úrody. Jednu vzorku
tvorili tri dielčie po rozdrobení a dokonalom premiešaní. Na detekciu
anorganického dusíka v pôde po extrakcii 1% roztokom K_2SO_4 sme po-
užili kolorimetrické metódy, pre detekciu $N-NO_3^-$ fenol 2,4-disulfó-
novú kyselinu a pro $N-NH_4^+$ Nesslerovo činidlo. Hodnoty oboch foriem
ako i anorganického dusíka sú uvádzané v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy v prepočte na
absolútnu sušinu. Údaje o úrodách sú prevzaté zo spoluriešenia výskum-
nej úlohy (Lopatník, 1987). Pre štatistické zhodnotenie výsledkov
sa zistila preukaznosť rozdielu medzi dvoma štatistickými súbormi.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Jedným z rozhodujúcich predpokladov možností dusíkatej výživy
rastlín, a tým aj dosahovaných úrod je schopnosť pôdy z vlastných
zdrojov zabezpečovať uvoľňovanie, a tým aj sprístupňovanie dusíkatých
živín. I keď je v poľných podmienkach problematické určiť, aké množ-

I. Obsah anorganického dusíka (mg.kg⁻¹ pôdy) pod jarným jačmeňom na ČA₂C Macov — Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) under spring barley at ČA₂C Macov

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Jarný odber ³			t (N—NO ₃ ⁻)
		N—NO ₃ ⁻	N—NH ₄ ⁺	N _{an}	
N ₀ P ₀ K ₀	0—0,3	4,07	19,43	23,50	
	0,3—0,6	6,40	21,31	27,71	
	0,6—1,0	14,62	19,73	34,35	
	$\bar{x}$ 0—1,0	8,36	20,16	28,52	
N _{51,9} P _{56,9} K _{71,1}	0—0,3	4,27	22,26	26,53	0,58
	0,3—0,6	8,05	19,34	27,39	3,012 ⁺
	0,6—1,0	17,88	21,38	39,26	2,417 ⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	10,07	20,99	31,06	
N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	4,60	23,40	28,00	1,167
	0,3—0,6	10,08	20,28	30,36	5,867 ⁺⁺
	0,6—1,0	31,00	21,59	52,59	6,283 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	15,22	21,76	36,98	
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	9,17	23,38	32,55	6,802 ⁺⁺
	0,3—0,6	14,77	20,80	35,57	13,345 ⁺⁺
	0,6—1,0	21,85	24,94	46,79	9,362 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	15,26	23,04	38,30	

t pri P_{0,05} 2,23⁺

t pri P_{0,01} 3,17⁺⁺

¹treatment, ²depth of sampling, ³spring sampling

stvo dusíka sa v pôde uvoľní mineralizáciou, pretože je ovplyvňovaný procesmi imobilizácie a denitrifikácie, možno predsa získať aspoň orientačné relatívne údaje z podmienok presných pokusov bilancovaním obsahu anorganického dusíka na nehnojených variantoch za predpokladu, že tento je adekvátny obsahu mineralizovaného dusíka z pôdnej zásoby.

Z výsledkov nehnojeného variantu nášho pokusu vyplýva, že všetky sledované pôdy mali v predjarnom období do hĺbky 0—0,3 m dobrú zásobu anorganického dusíka (tab. I až III). To znamená, že pôdy si z vlastných zdrojov zabezpečili pomerne dostatočné uvoľňovanie a sprístupňovanie dusíkatých živín. Pri tomto hodnotení zásobenosti pôd sme vychádzali z kritérií hodnotenia obsahu anorganického dusíka (L a h k ý, 1983; L o p a t n í k et al., 1989) v hĺbke 0—0,3 m takto:

Obsah N_{an} (mg.kg⁻¹ pôdy)

Hodnotenie zásoby

do 5,0
5,1—10,0
10,1—20,0
20,1—40,0
nad 40,0

veľmi malá
malá
stredná
dobrá
vysoká

II. Obsah anorganického dusíka ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy) pod jarným jačmeňom na ČA_c Kravany –
Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) under spring barley at ČA_c Macov

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Jarný odber ³			t (N–NO ₃ ⁻)
		N–NO ₃ ⁻	N–NH ₄ ⁻	N _{an}	
N ₀ P ₀ K ₀	0–0,3	3,09	20,06	23,15	
	0,3–0,6	4,15	22,57	26,72	
	0,6–1,0	5,24	20,98	26,22	
	$\bar{x}$ 0–1,0	3,13	21,20	25,36	
N _{51,9} P _{56,9} K _{71,1}	0–0,3	5,91	19,77	25,68	5,287 ⁺⁺
	0,3–0,6	6,89	22,98	29,87	4,4729 ⁺⁺
	0,6–1,0	6,97	21,13	28,10	6,629 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0–1,0	6,59	21,29	27,88	
N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀	0–0,3	5,60	21,10	26,70	4,767 ⁺⁺
	0,3–0,6	16,98	21,11	38,09	10,338 ⁺⁺
	0,6–1,0	20,15	21,16	41,31	13,769 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0–1,0	14,24	21,13	35,37	
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0–0,3	8,17	25,98	34,15	10,193 ⁺⁺
	0,3–0,6	18,64	19,52	38,16	12,010 ⁺⁺
	0,6–1,0	33,92	21,20	55,12	38,811 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0–1,0	20,24	22,23	42,47	

For 1–3 see Tab. I

Vplyvom hnojenia sa obsah anorganického dusíka v tejto hĺbke postupne zvyšoval, pričom najvyšší obsah bol zaznamenaný vo variante s najvyššou dávkou dusíka. Intenzita zvyšovania závisela od pôdneho typu, v priemere za všetky pôdne typy to bolo o $7,85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy v porovnaní s nehnojenou kontrolou, pričom tieto zvýšené obsahy spadali ešte do rozsahu dobrej zásoby.

Hodnotením obsahu minerálneho dusíka v profile 0,3–0,6 a 0,6–1,0 m sa umožňuje posúdenie prípadného posunu do hlbších vrstiev pôdy. V prípade nehnojenej kontroly nie sú výrazné rozdiely, prípadne stabilná závislosť do hĺbky (okrem ČA_c^c), pri hnojených variantoch dochádza k hromadeniu anorganického dusíka v spodnejších horizontoch. Zvlášť zreteľne sa to prejavilo vo variante s najvyššou aplikovanou dávkou dusíkatého hnojiva, kde obsahy z hľadiska zásobenosti sú vysoké. V hĺbke 0,6–1,0 m sa zvýšil obsah oproti nehnojenéj kontrole o $12,44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na ČA_c^c, o $28,90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na ČA_c a na ČM to bolo o $17,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy.

Zvýšenie obsahu anorganického dusíka v spodnejších horizontoch ide najmä na účet dusičnanového dusíka (preukazné a vysoko preukazné rozdiely medzi hnojenými variantami a nehnojenou kontrolou), ako uvádzajú tab. I až III, kde teda hrozí aj nebezpečenie strát vyplavením. V podmienkach ČA_c a ČM pôdny profil v hĺbke 0,8–1,0 m prechádza do

III. Obsah anorganického dusíka (mg. kg⁻¹ pôdy) pod jarným jačmeňom na ČM Búč — Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) under spring barley at ČM Búč

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Jarný odber ³			Σ (N—NO ₃ ⁻)
		N—NO ₃ ⁻	N—NH ₄ ⁺	N _{an}	
N ₀ P ₀ K ₀	0—0,3	5,34	21,12	26,46	
	0,3—0,6	5,03	20,86	25,09	
	0,6—1,0	3,11	20,41	23,52	
	$\bar{x}$ 0—1,0	4,49	20,53	25,02	
N _{51,9} P _{56,9} K _{71,1}	0—0,3	8,02	21,80	29,82	11,40 ⁺⁺
	0,3—0,6	5,81	20,19	26,00	3,118 ⁺
	0,6—1,0	3,78	20,51	24,29	4,528 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	5,87	20,83	26,70	
N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	9,68	23,22	32,90	17,58 ⁺⁺
	0,3—0,6	19,94	23,74	43,68	24,133 ⁺⁺
	0,6—1,0	15,41	19,96	35,37	20,695 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	15,01	22,30	37,31	
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	8,80	21,15	29,95	17,169 ⁺⁺
	0,3—0,6	18,95	23,25	42,20	11,508 ⁺⁺
	0,6—1,0	16,74	23,90	40,64	26,053 ⁺⁺
	$\bar{x}$ 0—1,0	14,83	22,76	37,59	

For 1—3 see Tab. I

piesku, takže dusičnanový dusík v tejto hĺbke už možno pokladať za potenciálny zdroj znečistenia pôdneho či vodného prostredia. Podobne Zacharov, Kovalenko (1987) zistili veľkú závislosť nahromadenia N—NO₃⁻ v metrovej hĺbke v závislosti od dávok dusíkatého hnojiva, kým závislosť obsahu N—NH₄⁺ bola nepatrná.

Vzhľadom na dobrú až veľmi dobrú zásobu anorganického dusíka v jarnom období na nehnanej kontrole je hnojenie variantov N₉₀P₄₀K₅₀ a N₁₈₀P₄₀K₅₀ po hnojení predplodine na sledovaných pôdach nie celkom opodstatnené, a tak vysoké dávky hnojiva sú zbytočné, ba priamo neefektívne. Kandra (1989) doporučuje na pôdach s dobrou prirodzenou úrodnosťou použiť plné dávky dusíka 30 až 60 kg. ha⁻¹ jednorazove pred sejbou, čomu by zodpovedala dávka vo variante N_{51,9}P_{56,9}K_{71,1}. V pokusoch, ktoré urobili Balšán, Moravčík (1977), sa uvádza, že na úrodných, živinami dostatočne zásobených pôdach je dávka 30 kg. ha⁻¹ dostatočná na získanie uspokojivej úrody a kvality zrna. Podľa údajov, ktoré publikovali Prugar (1981), Prugar, Strnad (1981), sa úrodové optimum sladovníckeho jačmeňa dosiahlo prakticky už pri najnižšej dávke dusíka (20 kg. ha⁻¹). V prospech uvedeného o vysokých dávkach dusíkatého hnojiva svedčia dosiahnuté úrody jarného jačmeňa. Vplyvom stupňovaných dávok hnojiva sa úrody síce zvyšovali, ale bez preukazného rozdielu medzi nehnouanou kontrolou a hnojenými va-

IV. Obsah anorganického dusíka (mg.kg⁻¹ pôdy) a dosiahnuté úrody jarného jačmeňa na ČS₆^c Macov — Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) and the yields of spring barley obtained at ČA₆^c Macov

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Po zbere úrody ³			t (N-NO ₃ ⁻)	Úroda zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)	t (úroda ⁵)
		N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _{an}			
N ₀ P ₀ K ₀	0—0,3	2,29	19,05	21,34		5,41	
	0,3—0,6	1,58	18,61	20,19			
	0,6—1,0	0,85	21,35	22,20			
	$\bar{x}$ 0—1,0	1,57	19,67	21,24			
N _{51,9} P _{50,9} K _{71,1}	0—0,3	3,35	19,60	22,95	5,999 ⁺⁺	5,42	0,026
	0,3—0,6	2,32	20,81	23,13	4,422 ⁺⁺		
	0,6—1,0	1,80	22,56	24,36	9,1798 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	2,49	20,99	23,48			
N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	5,97	20,65	26,62	6,491 ⁺⁺	5,83	1,095
	0,3—0,6	2,62	21,05	23,67	7,526 ⁺⁺		
	0,6—1,0	12,85	20,82	33,67	15,309 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	7,14	20,84	27,98			
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	5,69	22,02	27,71	13,816 ⁺⁺	5,62	1,180
	0,3—0,6	3,72	21,89	25,61	13,036 ⁺⁺		
	0,6—1,0	14,22	22,38	36,60	20,793 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	7,88	22,09	29,97			

t pri P_{0,05} 2,23

t pri P_{0,01} 3,17

¹treatment, ²depth of sampling, ³after the harvest, ⁴grain yield, ⁵yield

riantami na všetkých pôdach. Pri porovnaní jednotlivých pôdnych typov sa najvyššie úrody dosiahli na čiernici černozeovej karbonátovej (tab. IV až VI).

Ďalej je to obsah anorganického a najmä dusičnanového dusíka v pôdach po zbere úrody. V literatúre sa uvádza (napr. Müller et al., 1984), že jačmeň využíva dostatočne a zavčasu dusík z hĺbky 0—0,6 m, ktorý významne prispieva k tvorbe úrody. Anorganický dusík nachádzajúci sa v hĺbke 0,6—1,0 m môže byť využitý až neskôr, ale na kvantite úrody sa uplatní zriedkavo, čo potvrdujú aj naše výsledky. Za povšimnutie stojí obsah N-NO₃⁻ v hĺbkach 0,6—1,0 m pri variantoch N₉₀ a N₁₈₀ v porovnaní s obsahom na nehnostenej kontrole. Z preukazných rozdielov je jasné, že pri použití vysokých dávok dusíkatých hnojív mohlo dôjsť na sledovaných pôdach k posunu dusičnanového dusíka z hnojiva do tejto hĺbky, z ktorej sa v tomto prípade málo podieľal na tvorbe úrody. Treba poznamenať, že sledované pôdy sa nachádzajú na území Žitného ostrova ako dôležitého zdroja pitnej vody, preto je otázka uvažovania používania dusíkatých hnojív v týchto lokalitách vzhľadom na ochranu životného prostredia nanajvýš aktuálna.

V. Obsah anorganického dusíka (mg.kg⁻¹ pôdy) a dosiahnuté úrody jarného jačmeňa na ČA₆ Kravany — Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) and the yields of spring barley obtained at ČA₆ Kravany

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Po zbere úrody ³			t (N-NO ₃ ⁻)	Úroda zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)	t (úroda ⁵)
		N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _{an}			
N ₀ P ₀ K ₀	0-0,3	0,93	16,42	17,35			
	0,3-0,6	0,80	18,34	19,14		4,20	
	0,6-1,0	1,25	17,95	19,20			
	$\bar{x}$ 0-1,0	0,99	17,57	18,56			
N _{51,9} P _{56,9} K _{71,1}	0-0,3	0,98	17,19	18,14	1,170		
	0,3-0,6	2,87	19,38	22,25	4,369 ⁺⁺	4,47	0,624
	0,6-1,0	5,23	16,52	21,75	6,455 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0-1,0	3,02	17,69	20,71			
N ₉₀ P ₄₀ K ₅₀	0-0,3	1,54	18,28	19,82	4,077 ⁺⁺		
	0,3-0,6	1,58	19,76	21,34	12,025 ⁺⁺	4,75	1,431
	0,6-1,0	6,27	18,92	25,19	19,038 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0-1,0	3,13	18,99	22,12			
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0-0,3	1,03	20,54	21,57	1,853		
	0,3-0,6	2,13	18,51	20,64	9,854 ⁺⁺	4,89	1,565
	0,6-1,0	8,81	14,79	23,60	11,608 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0-1,0	3,99	17,95	21,94			

For 1-5 see Tab. IV

Literatúra

- BALŠAN, J. — MORAVČÍK, V.: Vplyv dusíkatej výživy na výšku a kvalitu úrody niektorých odrôd sladovníkeho jačmeňa. Poľnohospodárstvo, 23, 1977, č. 2, s. 151-159.
- BIELEK, P.: Dusík v pôde a jeho premeny. Bratislava, Príroda 1984, 135 s.
- BÍŽIK, J.: A study of changes in the osmotic pressure of the soil solution as a result of the influence of heavy doses of fertilizers. Acta fytotechn., 29, 1970, s. 149-160.
- BÍŽIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, Veda, Série A, 1989, 129 s.
- FACEK, Z.: Intenzita hnojení a migrácie nitrátů půdou. Rostl. Vyr., 25, 1979, č. 3, s. 271-275.
- FÜLEKY, G.: Nitrate movement in a brown forest soil as affected by nitrogen fertilization. In: Proc. Protection of water quality. 5th Int. Symp. CIEC, Balatonfüred, 2, 1987, s. 57-64.
- HOFMANN, G. — DEMYTTENAERE, P. — OSSEMERCT, C. — IDE, G. — RUYMBEKE, M. van.: Nitrate nitrogen losses by leaching in a region of intensive cultivation of vegetables. In: Proc. Protection of water quality. 5th Int. Symp. CIEC, Balatonfüred, 2, 1987, s. 110-115.
- KANDERA, J.: Hnojenie jarného jačmeňa dusíkom. Úroda, 1989, č. 2, s. 63-64.
- KUDLIČKOVÁ, J. — BIELEK, P.: Hnojenie minerálnymi formami dusíka v laboratórnych lyzimetroch. [Záverečná správa.] Bratislava, VÚPVR 1980, 45 s.

VI. Obsah anorganického dusíka (mg.kg⁻¹ pôdy) a dosiahnuté úrody jarného jačmeňa na ČM Búč
— Inorganic nitrogen content (mg per kg of soil) and the yields of spring barley obtained at ČM Búč

Variant ¹	Hĺbka odberu ² (m)	Po zbere úrody ³			t (N—NO ₃ ⁻)	Úroda zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)	t (úroda ⁵)
		N—NO ₃ ⁻	N—NH ₄ ⁺	N _{an}			
N ₀ P ₀ K ₀	0—0,3	1,57	13,01	14,58			
	0,3—0,6	1,00	13,77	14,77		3,84	
	0,6—1,0	0,68	14,16	14,84			
	$\bar{x}$ 0—1,0	1,08	13,65	14,73			
N _{51,9} P _{56,9} K _{71,1}	0—0,3	3,12	16,94	20,06	8,179 ⁺⁺		
	0,3—0,6	1,39	15,54	16,93	3,987 ⁺⁺	4,25	1,849
	0,6—1,0	0,97	17,56	18,53	2,767 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	1,83	16,68	18,51			
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	0—0,3	1,79	18,28	20,07	1,113		
	0,3—0,6	1,55	17,09	18,64	5,050 ⁺⁺	4,17	1,526
	0,6—1,0	10,38	18,53	28,91	22,196 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	4,57	17,97	22,54			
N ₁₈₀ P ₄₀ K ₅₀	0—0,3	2,31	18,56	19,87	6,689 ⁺⁺		
	0,3—0,6	1,79	16,30	18,09	4,386 ⁺⁺	4,52	1,989
	0,6—1,0	17,22	18,67	35,89	27,272 ⁺⁺		
	$\bar{x}$ 0—1,0	7,11	17,84	24,95			

For 1—5 see Tab. IV

LAHKÝ, J.: Sledovanie obsahu minerálneho dusíka v pôde a koncentrácie základných živín v sušine nadzemnej hmoty ozimnej pšenice, ozimného jačmeňa, ozimnej repky v predjarnom období r. 1983 [Informačná správa.] Zvolen, ÚKSÚP 1983, s. 1-11.

LOPATNÍK, J.: Možnosti zvýšenia efektívnosti využitia živín v niektorých agro-ekologických podmienkach ČSSR (SSR). [Záverečná správa.] Bratislava, VCPÚ—ÚPVR 1987.

LOPATNÍK, J. a kol.: Metodika monitorovania výživného stavu poľnohospodárskych plodín. Bratislava, 1989, 23 s.

MÜLLER, S. — WICKE, J. — FUCHS, W. — MORITZ, D.: Parameter für die N-Düngung der Braugerste in Abhängigkeit vom anorganischen Stickstoff (N_{an}) im Boden. *Gereidewirtschaft*, 1984, č. 12, s. 272-273.

PRUGAR, J.: Hnojenie plodín a kvalita poľnohospodárskych produktov. In: *Ochrana pôdy a zvyšovanie jej produkčnej schopnosti*, Bratislava, VÚPVR 1981, s. 277-294.

PRUGAR, J. — STRNAD, P.: Einfluss der N-Düngung auf Ertrag und Qualität der Sommergerste. *Vorträge der Braugerstetagung '80 in Halle*. Martin-Luther-Universität Halle, 1981, s. 211-218.

ZACHAROV, V. N. — KOVALENKO, A. A.: Vlijanije vozrastajuščich doz udobrenij na naklopenije i dinamiku mineralnych form azota v metrovom sloje legkosuglinistoj počvy. *Agrochimija*, 3, 1987, s. 3-13.

Došlo 7. 11. 1990

Z. KUBICOVÁ (Research Institute of Soil Fertility, Bratislava):
Effects of fertilizing on the distribution of inorganic nitrogen in the soil.
Rostl. Vyr., 37, 1991 (5) : 453-461.

The effect of soil-ecological site was evaluated on providing the spring barley with nitrogen within the crop rotation and the effect of fertilizing intensity was assessed on inorganic nitrogen in the soil at the depths of 0—0.3, 0.3—0.6 and 0.6—1.0 m and its movement in the profile and consequently on the yield formation. To solve these problems, field stationary trials were established chernitsa carbonate Ustoll, chernitsa Ustoll and Ustoll. Three treatments of different nitrogen fertilizing intensity (52, 90 and 180 kg per ha of pure nutrient) and in different N : P : K combinations were studied. It follows from the results of untreated control that the soils under study had a good reserve of inorganic nitrogen in spring before sowing; it means that these soils provided sufficient release and availability of nitrogen nutrients from their own source. Their content further increased owing to the graduated nitrogen application rates, especially in lower horizons. The increase took place especially for the benefit of nitrate nitrogen (significant and highly significant differences in comparison with the control), where no damages may occur by leaching as far as these are the soils with mineralogically light subgrade. The soil profile passes into sand at a depth of 0.8 to 1.0 m, so nitrate nitrogen may be considered as a potential source of pollution at this depth. Furthermore, it follows from the results that quality and fertile soils should be fertilized more economically in order to obtain high efficiency and at the same time ecological safeness. Insignificant differences in the yields obtained testify the advantage of the treatments fertilized by nitrogen fertilizers and in the untreated control along with a good reserve of inorganic nitrogen in the soil after the harvest.

ORGANISCHE UND MINERALISCHE DÜNGUNG

Dtsch. Landwirtsch.-Verl. Reinhardstr. 14, 0-1040 Berlin, 1. vyd., 1990, cena vázaného výtisku 56,— DEM

Kniha *Organické a minerální hnojení* je významným dílem početného kolektivu autorů vedených prof. dr. Karlheinzem Berem, prof. dr. Heinrichem Koriathem a prof. dr. Wolfgangem Podlesakem. Cílem publikace je poskytnout v deseti kapitolách na 576 stranách textu důležité základy a praktické pokyny pro organické a minerální hnojení.

Z obsahu lze uvést jen nejdůležitější a nejobsáhlejší kapitoly, týkající se živin a jejich významu pro úrodnost půdy a tvorbu výnosu, organických hnojiv, minerálních hnojiv a vápenatých hmot, hnojení plodin a kultur, postupů aplikace organických hnojiv a technologií minerálního hnojení, ekonomiky hnojení, agrochemického zkoušení a poradenství. Závěr tvoří informace o vztahu hnojení a životního prostředí.

Kniha může být vhodnou příručkou pro učitele a studenty na vysokých a odborných školách, pro praktiky v zemědělských podnicích i pro pracovníky výzkumu a správy, kteří se zabývají otázkami hnojení, jakož i pomůckou pro výrobce průmyslových hnojiv, zemědělské techniky a organických hnojiv a také pro pracovníky v lesním hospodářství, zahradnictví a krajinářství.

Ing. Miroslav Kalina, CSc.

Václav Macháček, Ján Švarc

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

Ústřední kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky, 961 09 Zvolen

Na základě výsledků z šesti stacionárních pokusů se stupňovanými dávkami fosforu je ověřena vhodnost využití doplňkových metod (metoda s katexem a extrakce 0,01M CaCl_2) k výživě rostlin fosforem. Bylo zjištěno, že pouze ve dvou případech ze šesti sledovaných lokalit splňuje Egnerova metoda požadavky na metody ke stanovení přístupného fosforu. K dosažení stejného obsahu vodorozpustného fosforu (Pv) je zapotřebí vždy odlišnou výchozí hladinu pohyblivého fosforu (Pk), kapacity. Jsou uvedeny dávky P_2O_5 na 1 ha, které je nutno použít, aby se příslušný ukazatel zvýšil o jednotku, a dále i kategorie zásobenosti půd fosforem pro doplňující ukazatele pro půdy, kde Egnerova metoda neplní svoji funkci.

Chování fosforu v půdě je ovlivňováno chemickými, fyzikálními, fyzikálně-chemickými a biochemickými procesy, které určují důležité agrochemické vlastnosti půd. Tyto agrochemické vlastnosti půd jsou základní součástí genetické charakteristiky jednotlivých půdních představitelů, vytvořených z různých matečných substrátů, a ovlivňují také chování fosforu. Proto jsme nuceni studovat formy fosforu v půdě a jejich dynamiku (Vopěnka et al., 1986, 1988; Macháček et al., 1987). Nevystačíme však s jedním ukazatelem, tzv. obsahem přístupného fosforu v půdě (Gancheva, Najmova, 1982; Sharpley et al., 1983). Čím dále více jsme nuceni studovat chování fosforu v půdě dalšími metodami a prostřednictvím nich přímo určovat kritéria úrodnosti půd s ohledem na výživu rostlin fosforem (Jones, 1980) anebo nepřímo je používat ke změně kritérií vyjádřených obsahem přístupného fosforu v půdě (Macháček, 1990). V obou případech nám uvedené metody slouží k určování dávek hnojiv, ke stanovení potřeby melioračních opatření. Pomocí nich lze posuzovat i negativní účinky zemědělské a průmyslové činnosti na úrodnost půdy a na životní prostředí apod.

Stále více se při výživě rostlin prosazuje více ukazatelů (Pirkel et al., 1983) a v úvahu se berou složky přístupného fosforu, a to pohyblivého a vodorozpustného. Minerální sloučeniny fosforu (o-fosforečnany) je možno teoreticky rozdělit na dvě skupiny:

1. Sloučeniny fosforu nacházející se na povrchu pevné fáze půdy, schopné přejít v půdní roztok. Tato část pak charakterizuje zásobu pohyblivého fosforu Pk, která se nazývá kapacita.

2. Sloučeniny fosforu přímo dostupné rostlinám, nacházející se v půdním roztoku. Tato část pak charakterizuje zásobu vodorozpustného Pv a patří i mezi ukazatele intenzity.

Účelem je tyto ukazatele stanovit, což musí být jednoduché a finančně nenákladné, aby mohly být využívány zemědělskými laboratoři. Z mnoha ověřených metod je nejvhodnější nepřímé stanovení fosforu pomocí katexu a intenzity extrakcí CaCl_2 (Macháček et al., 1985).

MATERIÁL A METODA

Byly zpracovány výsledky z průběžného stacionárního pokusu založeného v těchto lokalitách:

Bodorová — TEAS 014, BPEJ 77101, hnědá půda oglejená na svahových hlínách, středně těžká až těžká, pH 7,1–7,4, přístupný draslík (Schachtschabel) 179 mg . kg⁻¹.

Víglaš — TEAS 013, BPEJ 55601, illimerizovaná půda oglejená na sprašových hlínách, středně těžká, pH 5,2–5,5, přístupný draslík 122 mg . kg⁻¹.

Jakubovany — TEAS 010, BPEJ 76301, hnědá půda na flyšovém sedimentu, středně těžká, pH 6,0–6,9, přístupný draslík 222 mg . kg⁻¹.

Haniska — TEAS 009, BPEJ 54801, hnědozem na sprašových hlínách, středně těžká, pH 6,3–7,1, přístupný draslík 170 mg . kg⁻¹.

Velké Ripňavy — TEAS 007, BPEJ 14401, hnědozem na spraši, středně těžká, pH 5,6–6,9, přístupný draslík 204 mg . kg⁻¹.

Báhoň — TEAS 006b, BPEJ 03901, černozem na spraši, středně těžká, pH 6,9–7,3, přístupný draslík 189 mg . kg⁻¹.

Stanice Bodorová, Víglaš a Jakubovany jsou v humidní oblasti a zbylé stanice v aridní oblasti. Hodnocen byl rok 1988, kdy byla pěstována kukuřice na siláž.

Z celkového počtu 12 variant na každé lokalitě byly hodnoceny varianty se stupňovanou dávkou P_2O_5 na 1 ha (0; 55; 82 a 110 kg . ha⁻¹) při konstantní dávce celkového dusíku a draslíku (N 210 kg . ha⁻¹ a K₂O 98 kg . ha⁻¹).

Analýzu půd a rostlin provedla agrochemická laboratoř ÚKSÚP Zvolen a fosfátový režim byl sledován pomocí těchto metod:

1. Přístupný fosfor — Egnerova metoda (Javorský et al., 1987);
2. Intenzita (Int) — stupeň přístupnosti fosforu stanovený extrakcí 0,01M CaCl_2 (Aslyng, 1954);
3. Ukazatele forem půdního fosforu — stanovují se pomocí katexové metody, kdy se současně stanovuje přístupný a vodorozpustný fosfor (Pk+Pv; Pv) a z rozdílu se vypočte pohyblivý fosfor (Pk); (Macháček, 1986).
4. Analýza rostlin — mineralizace na mokré cestě a fosfor stanoven jako fosfomolybdenová kyselina při 420 nm.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Přehled výsledků sledovaných ukazatelů fosforečného režimu půd z jednotlivých stanic je uveden v tab. I. (V případě vyjádření BPEJ jsou uvedeny pouze první tři čísla, protože z dosavadních nepublikovaných

I. Přehled výsledků z jednotlivých pokusných stanic — A survey of results for different experimental stations

Stanice ¹ BPEJ	P ₂ O ₅	Pk+Pv	Pv	Pk	Egner	Int	Výnos ²	Odběr ³
	kg . ha ⁻¹	mg . kg ⁻¹				μmol . dm ⁻³	t . ha ⁻¹	kg . ha ⁻¹
Bodorová 771	0	24	8	16	11	205	50,3	24,1
	55	68	24	44	52	340	57,5	25,0
	82	53	19	34	33	260	59,9	33,2
	110	74	24	50	60	335	62,3	27,1
Viglaš 556	0	55	17	38	33	295	60,4	28,1
	55	73	24	49	46	365	60,1	27,0
	82	94	29	65	52	400	56,2	28,7
	110	94	27	67	59	465	57,4	27,6
Velké Ripňavy 144	0	56	17	39	20	250	56,6	22,4
	55	53	17	36	34	260	56,7	21,2
	82	50	15	35	25	245	56,7	20,0
	110	76	25	51	30	390	58,6	25,8
Báhoň 039	0	43	14	29	28	210	30,0	9,9
	55	38	12	26	28	190	29,9	9,2
	82	59	18	41	34	245	31,6	9,0
	110	63	19	44	41	250	30,3	11,3
Jakubovany 763	0	23	7	16	14	180	69,3	24,9
	55	54	15	39	40	220	70,9	25,5
	82	56	16	40	43	240	71,5	25,7
	110	68	18	50	53	290	72,2	23,8
Haniska 548	0	65	21	44	44	295	65,4	37,4
	55	99	32	67	62	415	66,1	37,8
	82	99	32	67	77	420	71,7	52,1
	110	157	57	100	99	815	70,5	38,8

¹station, ²yield, ³sampling

výsledků vyplynulo, že další čísla, zahrnující svažitost, expozice apod., nejsou-li prioritně sledovány, nemají přímý vliv na přístupnost fosforu rostlinou.)

Z tab. I až III vyplývá, že největší rozdíl mezi nehnojenou variantou u Egnerovy metody je na půdě z lokality Haniska a dále v klesajícím pořadí: Bodorová, Jakubovany, Viglaš, Báhoň a Velké Ripňavy. Téměř totéž platí pro tzv. přístupnou formu stanovenou katexovou metodou (Pk+Pv). Ostatní ukazatele u půdy z lokality Haniska vykazují rovněž největší rozdíly v obsahu příslušných forem fosforu, což se projevuje na nejvyšším odběru fosforu rostlinou. Je to způsobeno snadným přecho-

II. Přehled korelačních a regresních koeficientů a průměrných hodnot u závislosti sledovaných ukazatelů na dávce fosforečného hnojiva — A survey of correlation and regression coefficients and average values in dependences of indicators under study on a rate of phosphorus fertilizer

Lokalita ¹		Pk+Pv	Pv	Pk	Int	Egner	Odběr ²	Výnos ³
Bodorová	<i>x</i>	54,8	18,8	36,0	285	39,0	27,4	57,5
771	<i>a</i>	0,41	0,14	0,28	0,99	0,39	0,05	0,11
	<i>r</i>	0,86	0,83	0,87	0,71	0,82	0,56	0,99
Víglas	<i>x</i>	79,0	24,3	54,8	381	47,5	27,9	58,5
556	<i>a</i>	0,39	0,10	0,29	1,51	0,24	−0,001	−0,03
	<i>r</i>	0,96	0,92	0,97	0,99	1,00	−0,04	−0,78
Velké Ripňavy	<i>x</i>	58,8	18,5	40,3	286	27,3	22,4	57,2
144	<i>a</i>	0,13	0,05	0,08	1,01	0,07	0,02	0,02
	<i>r</i>	0,53	0,53	0,50	0,68	0,57	0,35	0,72
Báhoň	<i>x</i>	50,7	15,8	35,0	224	32,8	9,85	30,5
039	<i>a</i>	0,20	0,05	0,15	0,43	0,11	0,08	0,01
	<i>r</i>	0,78	0,73	0,79	0,69	0,86	0,37	0,43
Jakubovany	<i>x</i>	50,3	14,0	36,3	233	37,5	24,9	71,0
763	<i>a</i>	0,40	0,10	0,30	0,95	0,35	−0,01	0,03
	<i>r</i>	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	−0,34	0,99
Haniska	<i>x</i>	105	35,5	70,3	487	70,5	41,5	68,4
548	<i>a</i>	0,75	0,29	0,43	4,11	0,49	0,06	0,06
	<i>r</i>	0,91	0,88	0,92	0,84	0,98	0,36	0,83

0,95 — průkazný vztah⁴ a 0,99 vysoce průkazný vztah⁵ pro *r* — korelační koeficient⁶; *x* — průměr sledovaných ukazatelů⁷; *a* — regresní koeficient⁸

Rozměry pro údaje *x* (průměr)⁹: Pk+Pv, Pv, Pk a Egner (mg P.kg^{−1}); int (μmol P.dm^{−3}); výnos (t.ha^{−1}); odběr (kg P.ha^{−1})

¹locality, ²sampling, ³yield, ⁴significant difference, ⁵highly significant relationship, ⁶correlation coefficient, ⁷average for indicators under study, ⁸regression coefficient, ⁹dimensions for *x* data (average)

dem fosforu z povrchu pevné fáze (Pk) do půdního roztoku (Pv nebo Int). Procentuální vyjádření zvýšení obsahu fosforu v půdě proti výchozí úrovni (tab. III) u jednotlivých půd bylo nerovnoměrné a rovněž nebylo ve vztahu k odběru fosforu rostlinou. Platí zde důležitý poznatek, že pro prognózu zvýšení obsahu fosforu v půdě je nutné znát jeho výchozí hladinu, pak obsah fosforu v půdě nemusí být v závislosti na pufracní vlastnosti půdy (Pk/Pv). Zatímco u všech půd, kromě lokality Haniska a Velké Ripňavy, se vyšší dávkou hnojiva zvyšuje poměr Pk/Pv ve prospěch půdní zásoby na úkor půdně vodorozpušného fosforu, tak na jmenovaných dvou půdách je tomu naopak. Je způsobeno příznivými desorpčními vlastnostmi, které lze využít pro zásobení hnojení, kdy jsou minimální ztráty účinnosti hnojiva.

Z hodnot korelačních koeficientů uvedených v tab. II, vyjadřujících

III. Přehled rozdílů mezi výchozí a maximálně hnojenou variantou — A survey of differences between starting and maximum fertilized treatment

Lokalita ¹ BPEJ	Pk + Pv	Pv	Pk	Egner	Int
	P (mg.kg ⁻¹)				P (μmol.dm ⁻³)
Bodorová 771	50	16	34	49	130
Viglaš 556	39	10	29	26	170
Velké Ripňavy 144	20	8	12	10	140
Báhoň 039	20	5	15	13	40
Jakubovany 763	45	11	34	39	110
Haniska 548	92	36	56	55	520
zvýšení v % proti výchozí variantě ²					
Bodorová	208	206	213	445	63
Viglaš	71	59	76	79	58
Velké Ripňavy	36	47	31	50	56
Báhoň	47	35	52	46	19
Jakubovany	197	157	213	279	61
Haniska	142	171	127	125	176

¹locality, ²increase in % in comparison with the starting treatment

IV. Přehled dávek fosforu (kg.ha⁻¹) potřebných na zvýšení příslušné formy fosforu o jednotku — A survey of phosphorus application rates (kg per ha) required to increase appropriate phosphorus forms by a unit

Lokalita ¹ BPEJ	P ₂ O ₅					P
	Pk + Pv	Pv	Pk	Egner	Int	odběr ²
Bodorová 771	2,4	7,1	3,6	2,6	1,0	27
Viglaš 556	2,6	10,0	3,5	4,2	0,7	28
Velké Ripňavy 144	7,7	20,0	12,5	13,3	1,0	22
Báhoň 039	5,0	20,0	6,7	9,1	2,3	10
Jakubovany 763	2,5	10,0	3,3	2,9	1,1	25
Haniska 548	1,3	3,5	2,3	2,0	0,3	42

¹locality, ²sampling

těsnost závislosti mezi dávkou hnojiva a stanoveným obsahem fosforu, je zřejmý minimální rozdíl u příslušné lokality. Z toho vyplývá, že pro sledování změn obsahu fosforu v půdě lze použít jakoukoliv metodu. Rozdíly jsou však v diferenci výsledků jednotlivých metod vyjádřených jak v tab. III, tak i pomocí regresních koeficientů [a].

Z hodnot těchto regresních koeficientů pomocí regresního modelu lze vypočítat množství P₂O₅ na 1 ha, které je nutno použít ke zvýšení

V. Přehled korelačních koeficientů vztahů mezi jednotlivými ukazateli a odběrem fosforu ze sledovaných lokalit — A survey of correlation coefficient and sampling of phosphorus from the localities under study

		Pk+Pv	Pv	Pk	Int	Egner	Odběr ¹
		Víglaš					
Bodorová	Pk+Pv	—	0,97	1,00	0,93	0,96	0,20
	Pv	0,99	—	0,95	0,85	0,91	0,14
	Pk	1,00	0,99	—	0,94	0,96	0,21
	Int	0,97	0,96	0,97	—	0,99	—0,08
	Egner	0,99	0,97	1,00	0,98	—	—0,06
	odběr P	0,20	0,25	0,17	—0,04	0,08	—
		Velké Ripňavy					
Báhoň	Pk+Pv		0,99	1,00	0,98	0,23	0,98
	Pv	1,00	—	0,99	0,99	0,33	0,97
	Pk	1,00	0,99	—	0,97	0,21	0,98
	Int	0,99	1,00	0,99	—	0,37	0,93
	Egner	0,93	0,91	0,93	0,88	—	0,15
	odběr P	0,49	0,49	0,49	0,46	0,71	—
		Jakubovany					
Haniska	Pk+Pv	—	1,00	1,00	0,93	1,00	—0,26
	Pv	1,00	—	0,99	0,91	0,94	—0,18
	Pk	1,00	0,99	—	0,94	1,00	—0,28
	Int	0,99	1,00	0,97	—	0,94	—0,55
	Egner	0,96	0,94	0,96	0,92	—	—0,26
	odběr P	—0,02	—0,07	0,01	—0,11	0,27	—

¹sampling

obsahu fosforu v půdě o 1 mg na 1 kg půdy (Pk+Pv, Pv, Pk Egner) nebo o 1 μ mol na 1 l při průměrném odběru (tab. IV). Nejvyšší dávku P_2O_5 ke zvýšení obsahu fosforu pro všechny ukazatele je nutno použít na půdě z Velkých Ripňav a nejmenší na půdě Haniska. U ostatních lokalit se projevuje již difference, a to hlavně při stanovení obsahu fosforu v půdním roztoku.

Vliv stupňované dávky hnojiva se více odrážel na zvýšení výnosu než na odběru fosforu plodinou. Vysoce průkazný vztah je na půdě z Bodorové a Jakubovan ($r = 0,99$). Ostatní vztahy jsou již neprůkazné a dokonce u půdy z Víglaše se vyšší dávky již projevují na snížení výnosu, nikoli však na odběru fosforu. Dochází zde pravděpodobně k luxusnímu příjmu fosforu, který ovlivňuje tvorbu výnosu.

V tab. V jsou uvedeny korelační koeficienty vztahů mezi jednotlivými ukazateli a mezi ukazateli odběru fosforu rostlinou. Jak signali-

VI. Kategorie zásobenosti půd fosforem pro pohyblivý (Pk) a vodorozpustný (Pv) fosfor ($\text{mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$) — Category of soil supply with phosphorus for mobile (Pk) and water-soluble (Pv) phosphorus (mg of P per kg)

Kategorie zásobenosti ¹	Bodorová (771)		Víglaš (556)	
	Pk	Pv	Pk	Pv
Velmi malá, malá ²	do 30	do 16	do 34	do 17
Střední ³ 1	31–41	17–21	35–52	18–23
Střední 2	42–54	22–27	53–76	24–32
Dobrá ⁴	55–64	28–32	77–94	33–38
Vysoká ⁵ 1	65–91	33–46	95–142	39–56
Vysoká 2	92–112	47–56	143–178	56–69
Vysoká 3	nad 112	nad 56	nad 179	nad 69
	Velké Ripňavy (144)		Jakubovany (763)	
	Pk	Pv	Pk	Pv
Velmi malá, malá	do 41	do 19	do 30	do 12
Střední 1	42–44	20–23	31–43	13–16
Střední 2	45–48	24–28	44–60	17–22
Dobrá	49–51	29–31	61–73	23–26
Vysoká 1	52–58	31–41	74–108	27–38
Vysoká 2	59–64	42–48	109–133	39–47
Vysoká 3	nad 64	nad 49	nad 133	nad 47

¹category of supply, ²very low, low, ³medium, ⁴good, ⁵high

zovaly minimální rozdíly v těsnosti vztahů závislosti zvyšování obsahu fosforu v půdě na dávce hnojiva [tab. II], tak rovněž jsou statisticky neprůkazné rozdíly mezi jednotlivými ukazateli na příslušných lokalitách. Výjimku tvoří vztahy Egnerovy metody s ukazateli na lokalitě Velké Ripňavy. Zatím nízké korelační koeficienty lze těžko vysvětlit a tato závislost se prokáže až za víceleté sledování (tři roky). Z tohoto důvodu následné hodnocení této lokality ve vztahu ukazatelů odběru fosforu rostlinou je neprůkazné, pro názornost celého souboru je však provedeno.

Při hodnocení vztahů ukazatelů odběru fosforu rostlinou se již projevují přednosti doplňkových metod. Podle jednotného názoru všech agrochemiků se jako nejvhodnější ukázala metoda pro sledování výživného stavu půdy, která má nejvyšší vztah s odběrem fosforu rostlinou. Na základě této metody bylo provedeno výchozí vyhodnocení a pro příslušné lokality (BPEJ) byly určeny ukazatele, podle kterých by se měly provádět další agronomické zásahy: Víglaš (556) — Pk, (Pk+Pv); Bodorová (771) — Pv; Báhoň (039) — Egner; Velké Ripňavy (144) — Pk (Pv; Pk+Pv), Int; Jakubovany (763) — Pv; Haniska (548) — Egner.

Z praktického a ekonomického hlediska pro hnojení je důležité

zjištění, že se zvyšujícím se obsahem některých forem půdního fosforu klesá jeho odběr rostlinou, což se projevuje na půdě z Jakubovan, Hanisky, Bodorové a Vígláše. To signalizuje, že vhodnou kombinací hnojení by se měly upravovat ty formy půdního fosforu, které kladně ovlivňují příjem rostlinou.

V tab. VI jsou uvedeny výchozí kategorie zásobenosti půdy fosforem, vypočtené podle modelu dovolujícího interval rozptylu $\pm 3 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ pro ukazatele mající nejvyšší vztah s odběrem fosforu rostlinou na dané lokalitě (BPEJ), a tím splňují požadavky kladené na nejvhodnější metodu pro stanovení fosforu v půdě s ohledem na výživu rostlin fosforem.

Pro lokality Báhoň (039) a Haniska (548), kde byla určena jako nejvhodnější Egnerova metoda, nejsou uvedena žádná rozmezí, protože platí údaje z Metodiky výživy rostlin (Neuberg et al., 1990). Pro ostatní lokality jsou uvedeny kategorie zásobenosti pro obsah pohyblivého fosforu (Pk), tj. takové množství fosforu, které je schopno se uvolnit z povrchu pevné fáze do vodorozpustné formy (Pv), která je teoreticky okamžitě přístupná rostlinám.

Z výchozích kategorií zásobenosti vyplývá, že nehnojené varianty jsou na velmi nízké až nízké úrovni a již první dávka hnojiva (kromě Velkých Ripňav) je převádí do kategorie S_1 a S_2 , aniž by se podstatně zvýšil výnos nebo odběr fosforu rostlinou. Dochází k bilančnímu zvýšení obsahu fosforu v půdě. Pro dosažení optimální úrovně fosforu v půdním roztoku na půdě o různém BPEJ bude zapotřebí různý výchozí obsah pohyblivého fosforu. Z tohoto přímo vyplývá, že stejná kategorie podle obsahu fosforu (AZP) nemusí na půdách s různým zařazením podle BPEJ splňovat požadavky na výživu rostlin fosforem.

ZÁVĚR

Půdy s nižším obsahem fosforu lépe reagují na stupňované dávky přidaného fosforečného hnojiva než půdy s vyšším obsahem. Pro charakterizaci fosforového režimu půd je vhodnější využití dělení půd pomocí BPEJ (první tři čísla) než charakteristika podle půdních typů (např. hnědozem, hnědá půda apod.). U sledovaných půd s BPEJ 556, 771, 039, 763 dávky hnojiva zvyšují obsah pohyblivého fosforu (Pk) na úkor vodorozpustného (Pv) fosforu, a to vlivem vyšší pufrční schopnosti. U půd s BPEJ 548 a 144 je tomu naopak. Ke sledování změn obsahu fosforu v půdě v závislosti na čase lze použít jakoukoliv metodu, ale toto už neplatí s ohledem na hnojení. Pouze ve dvou případech (BPEJ 039 a 548) ze šesti splňuje Egnerova metoda požadavky na metody pro stanovení přístupného fosforu. Ve čtyřech případech (BPEJ 556, 771, 144 a 763) je nutné použít doplňujícího ukazatele. Vzhledem k odlišnému fosforečnému režimu na půdách s odlišným BPEJ se zvýší obsah fosforu o $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ různou dávkou P_2O_5 . K dosažení stejného obsahu vodorozpustného fosforu (Pv) v půdním roztoku na půdách o různém BPEJ musí být odlišná výchozí hladina pohyblivého fosforu (Pk), z které se zásobuje půdní roztok a posléze rostlina. Ověřované doplňkové metody potvrdily svoji důležitost při sledování půdní úrodnosti s ohledem na výživu rostlin fosforem a pomocí nich se získá více údajů o fosforečném režimu půd než Egnerovou metodou.

Literatura

- ASLYNG, H.: The lime and phosphate potential of soil. The solubility of phosphates. Roy. Vet. Agric. Coll. (Copenhagen), 1954, č. 1, s. 1-50.
- GANČEVA, A. — NAJMOVA, E.: Model na pitanihi rastenij fosforem. Počvoz. i Agrochim., 17, 1982, č. 3, s. 62-65.
- JAVORSKÝ, J. a kol.: Chemické rozbori v zemědělských laboratořích. Praha, MZVŽ ČSR 1987.
- JONEC, J. B.: Handbook on reference methods for soil testing. Univ. Georgia, Athens, Georgia, 1980.
- MACHÁČEK, V.: Způsob stanovení uvolnitelné zásoby fosforu z půdy. AO 247986. Praha 1986.
- MACHÁČEK, V.: Charakterizace ukazatelů fosforečného režimu černozemě. Rostl. Výr., 36, 1990, č. 2, s. 119-129.
- MACHÁČEK, V. — VOPĚNKA, L. — MATULA, J.: Sledování vztahu a dynamiky živin v půdě. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1987.
- MACHÁČEK, V. — VOPĚNKA, L. — PIRKL, J.: Hodnocení dalších agrochemických kritérií půd pro výživu rostlin fosforem a draslíkem. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1985.
- NEUBERG, J. a kol.: Komplexní metodika výživy rostlin. Praha, ÚVTIZ 1990.
- PIRKL, J. — MACHÁČEK, V. — VOPĚNKA, L.: Změny agrochemického stavu a využitelnosti P a K v závislosti na půdních vlastnostech a hnojení. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1983.
- VOPĚNKA, L. — MACHÁČEK, V. — PIRKL, J.: Vztahy půdních vazeb draslíku a fosforu k výživě rostlin. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1986.
- VOPĚNKA, L. — MACHÁČEK, V. — MATULA, J.: Vypracování agrochemických kritérií pro technologii hnojení (P a K). [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1988.
- SHARPLEY, A. N. a kol.: Relationships between available soil P forms and their role in water quality modeling. Techn. Bull. T-157, Oklahoma State University, 1983.

Došlo 7. 11. 1990

V. MACHÁČEK, J. ŠVARC (Research Institute of Crop Production, Praha - Ruzyně; Central Control and Testing Institute for Agriculture, Zvolen):

Supplemental methods of defining the plant nutrition by phosphorus.

Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 463-471.

Based on the results of six stationary trials with graduated phosphorus application rates, the suitability of using the supplemental methods (method with cation exchanger and extraction of 0.01M CaCl₂) for nutrition of plants by phosphorus. It was found out that the Egner method meets the requirements for the methods to determine available phosphorus only in two cases of six localities under study. To obtain equivalent content of water-soluble phosphorus (P_v), different initial level of mobile phosphorus (P_k), capacity, is always necessary. Application rates of P₂O₅ which are to be used to increase appropriate indicator by a unit and further, the category of phosphorus supply of the soil for supplementary indicators for soils where Egner method does not fulfil its function are given in the paper.

K ŽIVOTNÍMU JUBILEU PROF. ING. JIŘÍHO PETRA, DrSc.



Dne 13. května 1991 se dožívá v plné tvůrčí činnosti 60 let významný představitel naší zemědělské vědy, prof. ing. Jiří Petr, DrSc., rektor Vysoké školy zemědělské v Praze.

Jubilant se narodil v Hradci Králové, pochází z mlýnářského prostředí, ve kterém získal lásku a vztah k zemědělství. V období 1949 až 1953 studoval na fakultě zemědělsko-lesnického inženýrství ČVUT a na Vysoké škole zemědělské v Praze. Státní zkoušku složil s vyznamenáním. Obhajoba jeho diplomové práce byla zaměřena na biologické a pěstitelské zvláštnosti prosa. Dnešní snaha prof. ing. J. Petra, DrSc., o produkci biologicky hodnotných potravin, ve které hraje prosa významnou úlohu, není nového data, nýbrž je jen návratem k myšlenkám z mládí.

Již během studia byl zaměstnán jako demonstrátor a později jako asistent na katedře rostlinné výroby. V roce 1958 obhájil kandidátskou disertační práci s názvem *Biologie českých*

přesívek. Byla to průkopnická práce v oblasti fyziologie růstu a vývoje s významným kulturně historickým přínosem, protože šlo o formy pšenice, které byly středoevropskou zvláštností českých ekologických podmínek.

Prof. ing. J. Petr, DrSc., se od začátku své vědeckovýzkumné a pedagogické činnosti zaměřil na biologické otázky pěstování rostlin a na možnosti jejich pozitivního ovlivňování při tvorbě výnosů našich polních plodin. Stěžejní výsledky jeho práce se týkají tvorby výnosů obilnin a luskovin, na které navazuje výzkum v oblasti hormonální regulace tvorby výnosů. Otázky možnosti hormonální regulace v jeho pojetí se staly teoretickým podkladem pro praktická využití řady regulátorů růstu v široké zemědělské praxi. Velký praktický význam mělo i rozpracování metod agrobiologické kontroly v pěstování hlavních polních plodin a její uplatnění při volbě optimálních vstupů v průběhu vegetace.

Významnou charakteristikou práce jubilanta byla schopnost rychle převést výsledky teoretického studia některých problémů do praxe. Byla to např. koncepce plodinového systému pěstování zrnin, hlavně sladovnického ječmene, dále renesance pěstování ozimého ječmene a podrobné studium vlastností nového druhu tritikale. Je nesporné, že jeho pedagogická, vědeckovýzkumná a organizační činnost výrazně ovlivnila celou oblast rostlinné výroby.

Velkým přínosem pro vědeckou i pedagogickou práci byla jeho činnost v Mezinárodním biologickém programu. V rámci tohoto programu absolvoval prof. ing. J. Petr, DrSc., v letech 1967 až 1970 řadu studijních pobytů ve Velké Británii, SRN, NDR, Nizozemsku, Švédsku, SSSR i jinde. Získané poznatky zúročil v knize *Tvorba výnosu hlavních polních plodin* (Praha, SZN 1980), která byla přeložena do němčiny, ruštiny, maďarštiny a angličtiny. Kniha *Intenzivní obilnářství* byla přeložena do ruštiny, publikace *Počasi a výnosy* do angličtiny, ruštiny a bulharštiny. Velmi oblíbenou se stala *Rukověť agronoma*. Prof. ing. J. Petr, DrSc., soustavně přednáší též na zahraničních univerzitách, např. v Halle, Plovdivu, Berlíně, Hohenheimu a dalších.

Významné je i jubilantovo pedagogické působení na studenty, jakož i na řadu diplomantů a aspirantů. Jeho přednášky byly vždy na vysoké odborné i pedagogické úrovni.

Lze bez nadsázky tvrdit, že má významný podíl na vzestupu úrovně československé rostlinné výroby, zejména obilnářství.

Je zapojen v různých pěstitelských svazech jako např. sladovnickém. Je vedoucím úkolu s názvem *Alternativní zemědělství* a projektu *Ječmen*.

Děkujeme jubilantovi ze vše, co vykonal pro naše zemědělství, a do dalších let mu přejeme pevné zdraví a další úspěchy.

Prof. ing. Andrej Fábry, DrSc.

VLIV HNOJENÍ NA REŽIMOVÉ FAKTORY PŮDNÍHO DRASLÍKU

Olga Hudcová

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 255 80 Praha

V mikroparcelových pokusech za kontrolovaných klimatických podmínek byla sledována odezva narůstajících dávek živin aplikovaných v průmyslových hnojivech, dávek organického hnojení, vápnění a kombinace těchto zásahů na změny režimových faktorů půdního draslíku za období sedmi let. Byl použit soubor osmi půd (lišící se půdotvornými substráty, a tím i zrnitostí a úrovní půdní reakce), charakteristický pro půdně-klimatické podmínky okresu Ústí nad Orlicí. Z posouzení změn kapacitních předpokladů využitelnosti draslíku vyplývá, že u půd s nižší iniciální úrovní draslíku (na ochuzených sprašových substrátech) vytváří minerální hnojení předpoklady pro zvýšené poutání výměnného i mobilního draslíku na rozdíl od půd s vyšší výchozí úrovní. Vápněním byl ovlivněn vzestup hodnot výměnného draslíku u všech půd a mobilního draslíku u lehčích půd. U všech půd aplikace kombinovaného hnojení a vápnění pozitivně ovlivnila obě formy vazby draslíku, přičemž u půd s vyšší výchozí hladinou draslíku byl pozorován nárůst především mobilní formy. Nejintenzivnější přechod draslíku do půdního roztoku v závislosti na obsahu vápníku (AR_o), podobně jako posun hodnot labilního draslíku ($-dKo$) k maximálním hodnotám vyvolávala aplikace nejvyšší dávky kombinovaného hnojení a vápnění u půd s kyselou až silně kyselou reakcí. Naopak vápnění u všech půd (zejména u HM) snižovalo hodnoty AR_o pod výchozí úroveň. Posuzování zásobenosti půd draslíkem by mělo proto vycházet nejen z hodnot výměnného (přijatelného) draslíku, ale i mobilního draslíku, kterého je v půdách značné množství, hnojením je dále posilován a rostlinám je část okamžitě k dispozici.

Současné metody posuzování zásobenosti půd tzv. přijatelným draslíkem nevytvářejí předpoklady pro konkretizaci potřeby a způsobu hnojení s dlouhodobou perspektivou vyloučením možnosti vzniku extrémních stavů a disharmonií v celém komplexu cyklu půda — produkt — konzument. Nesplňují požadavek minimalizace vstupů a maximalizace výstupů se zárukou kvality a výše rostlinné produkce za současného zvyšování a dlouhodobé stabilizace půdní úrodnosti.

Poněvadž nejen nadměrný obsah draslíku v některých oblastech, ale i nevhodný široký poměr k prvkům ve druhém stupni oxidace (Ca^{2+} , Mg^{2+}) by mohl ohrozit produkci, reprodukci i zdravotní stav konzumentů, domníváme se, že sledování rovnovážných stavů mezi uvedenými prvky je jednou z cest, která ve spojení s konvenčními metodami umožňuje postihnout nejen momentální stav zásoby draslíku, ale vypovídá i o celkovém množství přijatelného draslíku, které mohou rostliny přijímat v jednotlivých agroekosystémech.

Z uvedeného důvodu jsme se zaměřili na možnost posouzení změn režimových faktorů půdního draslíku, probíhajících v období 1982 až 1988, v podmínkách mikroparcelových pokusů na okrese Ústí nad Orlicí

I. Průměrné hodnoty ročního úhrnu srážek a průměrné teploty vzduchu na sledovaných lokalitách za období 1982 až 1988 (Širový a kol., 1989) — Average values of year-long sum of precipitation and average air temperatures at localities under study for the period 1982–1988 (Širový et al., 1989)

Lokalita ¹ Půdní typ ²	Srážky ³ (mm)	Teplota vzduchu ⁴ (°C)
HM Džbánov	635	8,6
HMg Podlesí	587	7,7
IPg Žichlínek	631	7,5
OG Dolní Lipka	957	6,6
HPi Česká Třebová	666	8,2
HPm Kameničná	879	7,1
HP Písečná	744	8,2
RZ Jamné	788	6,2

¹locality, ²soil type, ³precipitation, ⁴air temperature

s různými způsoby, intenzitou hnojení a vápnění v reprezentativních půdně-stanovištních podmínkách.

MATERIÁL A METODA

Výchozí experimentální základnu pro terénní výzkum tvořila síť osmi meteorologických stanic, rozmístěných v charakteristických půdně-klimatických podmínkách okresu Ústí nad Orlicí a jednotlivé lokality zahrnovaly tyto půdní představitele:

- HM (24) Džbánov — hnědozem na spraši, hlinitá;
- HMg (67) Podlesí — hnědozem oglejená na sprašové hlíně, hlinitá;
- IPg (57) Žichlínek — illimerizovaná půda oglejená na sprašové hlíně, hlinitá;
- OG (58) Dolní Lipka — oglejená půda na sprašové hlíně, hlinitá;
- HPi (15) Česká Třebová — hnědá půda, illimerizovaná na sprašovém překryvu karbonátového pískovce, písčito-hlinitá;
- HPm (14) Kameničná — hnědá půda modální na opuce, hlinitá až jílo-vitohlinitá;
- HP (47) Písečná — hnědá půda oligotrofní na permokarbonu, písčito-hlinitá;
- RZ (39) Jamné — rezivá půda na rule, hlinitopísčítá.

Z průměrných hodnot ročního úhrnu srážek a teplot vzduchu za období 1982 až 1988, uvedených v tab. I, je zřejmé, že půdy na sprašovitých substrátech jsou s výjimkou OG v sušších a teplejších regionech, naproti tomu HP a RZ s výjimkou HPi v chladnějších a vlhčích regionech.

V mikroparcelových pokusech (plocha jednotlivých parcel 1 m²) byl sledován vliv narůstajících dávek živin aplikovaných v průmyslových hnojivech (NPK — 1,2,3), vápnění (Ca — 1,3), organické hnojení (ORG — 1,3) a kombinací těchto zásahů. Základní dávka živin NPK1 aplikovaná každoročně v kombinovaném hnojení NPK1 činila 300 kg.

.ha⁻¹, NPK2 a NPK3 pak její násobky. Podobně organické hnojení bylo každoročně aplikováno jako kompost v dávce 10 a 50 t.ha⁻¹. Vápněno bylo mletým vápencem dvakrát v dávce 800 [Ca1] a 400 kg.ha⁻¹ [Ca3], a to na jaře a znovu na podzim roku 1982. Na jaře 1984 a na podzim 1987 byl u vápněné parcely aplikován prosev dolomitického vápence v dávce odpovídající jednorázové dávce vápence. Půdní vzorky (ornice) byly odebrány z hloubky 5 až 20 cm každoročně po sklizni plodiny.

Režim půdního draslíku byl laboratorně stanoven pomocí hodnot

- faktorů kapacity FQ zahrnující:
 - draslík vodorozpustný (Schilling, 1957);
 - výměnný (Schilling, Blume, 1976);
 - mobilní (Semb, Uhlen, 1955);
- draselné pufrční kapacity KPK (Beckett, 1966).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Faktor kapacity (FQ), vyjadřující kapacitní předpoklady využitelnosti draslíku, citlivě indikoval změny vyvolané uvedenými zásahy, i když míra ovlivnění byla rozdílná podle dosažené úrovně nasycení draslíku a stupně zkuřturnění a do jisté míry závislá na půdních vlastnostech jednotlivých stanovišť (tab. II a III).

Účinek stupňovaných dávek NPK na hladinu výměnného draslíku v porovnání s výchozím stavem se projevil nejprokazatelněji u půd s nejvyšším iniciálním obsahem draslíku (HP a HMg) a naopak u půdy OG s velmi nízkou hladinou. Uváděný trend hladiny nasycení u těchto půd při dávce NPK3 je zařazuje do oblasti hodnot vysoké zásobenosti draslíkem, tzn. nad 250 mg K.kg⁻¹. Zajímavé je zjištění, že půdy s obdobným výchozím stupněm nasycení draslíkem (HPm, HM, HPi) a možná i stupněm zkuřturnění na vyšší dávku NPK hnojení prakticky již nereagovaly, u půdy RZ došlo dokonce ke snížení hodnot výměnného draslíku, pravděpodobně v důsledku zvýšení vlhkosti této lokality. Naopak u půdy poslední v degradační řadě, silně kyselá OG, již nižší dávka NPK (odpovídající běžným dávkám) vyvolala největší nárůst výměnného i mobilního draslíku ze všech půdních představitelů.

Vyšší hladina minerálních hnojiv, podobně jako organické hnojení, vytváří kapacitní předpoklady pro zvýšené poutání v pevnějších vazbách (mobilní draslík), zejména v půdách HP, RZ, IPg a HM.

Nárůst hodnot faktoru kapacity na všech sledovaných stanovištích po aplikaci kombinovaného minerálně-organického hnojení a vápnění i při nižší dávce vytváří obrovskou potenciální rezervu draslíku pro jeho nežádoucí neproduktivní (luxusní) příjem a případně i nevyrovnanou výživu rostlin.

Při prognóze draselného hnojení je nutno brát v úvahu skutečnost, že ve všech půdách je značné množství draslíku vázáno v mobilní rostlinám přístupné formě, která je další aplikací hnojiv posilována. Je nutno si uvědomit, že velká část našich půdotvorných substrátů má poměrně značné potenciální zásoby draslíku v nevýměnné formě, která se vlivem celkového zvýšení úrovně agrotechnických opatření rychleji mobilizuje do výměnných a lehko uvolnitelných forem, přičemž plodiny mohou část potřeby čerpat i z nevýměnných forem půdních zásob. Z uvedeného důvodu je nutno zohledňovat zásobenost půd draslíkem v rámci dynamic-

II. Režimové faktory půdního draslíku [faktor kapacity (FQ)] — Regime factors of soil potassium [capacity factor (FQ)]

FQ — draslík výměnný ³ (mg.kg ⁻¹)								
Půda ¹	HP/47	HMg/57	RZ/39	HPm/14	HM/24	HPi/15	IPg/57	OG/58
Variant a hnojení ²								
O	82	92	93	76	89	60	58	59
NPK1	122	125	76	87	84	82	74	133
NPK3	317	291	84	67	89	64	145	259
Ca1	80	79	78	79	86	95	56	77
Ca3	98	141	116	103	63	101	69	68
ORG1	93	104	119	86	84	119	58	82
ORG3	143	165	99	67	120	85	86	104
NPK1Ca1ORG1	132	146	340	255	121	240	83	113
NPK3Ca3ORG3	366	321	316	295	151	254	197	295

¹soil, ²variant of fertilizing, ³exchangeable potassium

III. Režimové faktory půdního draslíku [faktor kapacity (FQ)] — Regime factors of soil potassium [capacity factor (FQ)]

FQ — draslík mobilní ³ (mg.kg ⁻¹)								
Půda ¹	HP/47	HMg/57	RZ/39	HPm/14	HM/24	HPi/15	IPg/57	OG/58
Variant a hnojení ²								
O	440	455	828	342	725	341	386	345
NPK1	460	475	754	347	770	474	593	348
NPK3	616	789	602	291	861	382	708	587
Ca1	432	485	786	315	723	476	587	385
Ca3	719	351	876	346	624	473	632	329
ORG1	758	549	887	339	749	514	580	326
ORG3	821	627	1060	287	968	443	647	402
NPK1Ca1ORG1	816	655	1120	528	938	618	680	421
NPK3Ca3ORG3	1076	954	1130	710	945	778	866	622

¹soil, ²variant of fertilizing, ³mobile potassium

kých faktorů úrodnosti půd tak, aby byla zabezpečena výživa plodin draslíkem i racionální využití draselných hnojiv a aby se vysoká intenzita hnojení promítala do půdní úrodnosti pozitivně, nikoliv negativně.

Změny draselné pufrací kapacity (KPK) charakterizovaly režim draslíku v půdě a schopnost zásobovat rostliny touto živinou v daném souboru půd s ohledem na aplikaci uvedených hnojiv a vápnění (tab. IV).

IV. Režimové faktory půdního draslíku [draselná pufrací schopnost (KPK) — $\frac{me.100 g}{(M.l)^{\frac{1}{2}}}$; rovnovážný stav draslíku v půdním roztoku ($-dK_0$) — me.100 g; poměr aktivit iontů ($a_K : \sqrt{a_{Ca+Mg}}$) v rovnovážném roztoku (AR_0) — $(M.l)^{\frac{1}{2}}$] — Regime factors of soil potassium [potassium buffering capability (KPK) — $\frac{me.100 g}{(M.l)^{\frac{1}{2}}}$; equilibrium state of potassium in soil solution ($-dK_0$) — me.100 g; ratio of ion activities ($a_K : \sqrt{a_{Ca+Mg}}$) in equilibrium solution (AR_0) — $(M.l)^{\frac{1}{2}}$]

Půda ¹	HP/47			HMg/57			RZ/39			HPm/14		
Režimové faktory ²	−dK ₀	AR ₀	KPK	−dK ₀	AR ₀	KPK	−dK ₀	AR ₀	KPK	−dK ₀	AR ₀	KPK
Variant ³												
O	0,30	0,0055	54,54	0,17	0,0132	12,87	0,19	0,0051	37,25	0,18	0,0052	34,61
NPK1	0,54	0,0082	65,85	0,22	0,0252	8,88	0,23	0,0052	44,23	0,20	0,0060	33,33
NPK3	0,22	0,0140	15,71	0,69	0,0295	23,38	0,41	0,0139	29,49	0,50	0,0232	21,55
Ca1	0,70	0,0068	10,29	0,14	0,0094	14,89	0,12	0,0027	44,44	0,14	0,0054	25,92
Ca3	0,63	0,0054	30,25	0,24	0,0104	23,07	0,24	0,0040	60,00	0,20	0,0048	41,66
ORG1	0,29	0,0035	82,85	0,12	0,0135	8,88	0,16	0,0034	47,05	0,22	0,0066	33,33
ORG3	0,68	0,0076	89,47	0,22	0,0320	6,87	0,28	0,0054	51,85	0,24	0,0060	40,00
NPK1Ca1ORG1	0,27	0,0048	56,25	0,20	0,0225	8,88	0,23	0,0052	44,42	0,16	0,0094	17,02
NPK3Ca3ORG3	0,39	0,0157	24,84	0,48	0,0425	11,29	0,70	0,0100	70,00	0,64	0,0100	64,00

HM/24			HPi/15			IPg/57			OG/58		
$-dK_0$	AR_0	KPK	$-dK_0$	AR_0	KPK	$-dK_0$	AR_0	KPK	$-dK_0$	AR_0	KPK
0,38	0,0040	95,00	0,18	0,0034	52,94	0,15	0,0080	18,75	0,18	0,0034	52,94
0,38	0,0046	82,60	0,36	0,0040	90,00	0,15	0,0140	10,71	0,36	0,0058	62,06
0,54	0,0057	94,73	0,14	0,0030	46,66	0,23	0,0170	13,53	0,40	0,0088	45,45
0,38	0,0046	82,60	0,52	0,0052	10,00	0,17	0,0070	24,28	0,18	0,0028	64,28
0,54	0,0057	94,73	0,23	0,0034	67,64	0,14	0,0050	27,00	0,24	0,0030	80,00
0,37	0,0044	84,09	0,17	0,0056	30,25	0,13	0,0134	9,70	0,21	0,0036	58,33
0,60	0,0062	96,77	0,37	0,0040	92,50	0,18	0,0074	24,32	0,24	0,0040	60,00
0,22	0,0027	81,48	0,36	0,0058	62,06	0,14	0,0104	14,90	0,20	0,0032	62,50
0,55	0,0060	91,66	0,34	0,0056	60,71	0,24	0,0188	12,76	0,41	0,0080	51,25

¹soil, ²regime factors, ³variant

Grafické vyjádření hodnot KPK, které není pro zestručnění uváděno, umožnilo zhodnotit vztah celkové zásoby přístupného draslíku (dK) k jeho dostupnosti (AR) a vyčíslit hodnoty rovnovážného stavu draslíku v půdním roztoku ($-dKo$) a poměr aktivit iontů v rovnovážném půdním roztoku (ARo), které uvádíme v tab. IV. Z dosažených výsledků vyplývá, že aplikovaný draslík byl převážně fixován v půdách HP, HPi a HM, zejména při minerálním hnojení, kdy zřejmě v důsledku vyšší fixace byla méně zvyšována hladina mobilního draslíku ve srovnání s ostatními představiteli. Naopak procesy ve směru mobilizace byly pozorovány u půd IPg a HMg, kdy hodnoty mobilního draslíku i ARo byly minerálním hnojením zvýšeny.

Nejvyšší hodnotu a nejméně ovlivňovanou zásahy KPK ve srovnání s ostatními půdami vykazovala HM (Džbánov), což je v souladu i se zjištěním, že tato půda prakticky nereagovala na většinu zásahů s ohledem na změny faktoru kapacity. Znamená to, že pokud vycházíme z definice KPK u ostatních půd, je zapotřebí aplikovat, resp. uvolnit méně draslíku k tomu, aby došlo ke změně poměru aktivit v půdním roztoku. Lze předpokládat, že vysoká poutací energie draslíku u HM je způsobena nižším stupněm nasycení u této půdy. Nejnižší hodnoty byly nalezeny u půd hlinitých na sprašové hlíně (HMg a IPg), u kterých, jak bylo uvedeno, byla vyšší mobilizace. Podobně, jak zjistili Choraýshi, Lotse (1986), nebyla výše hodnot KPK v relaci s obsahem jílovitých částic u sledovaných půd.

Reakce na změny hodnot $-dKo$, vyvolané jednotlivými zásahy, poněvadž jde o nejprístupnější část labilního draslíku, nebyly vždy v souladu se závěry o změnách výměnného draslíku. Samotné minerální i kombinované hnojení, podobně jako organické ve všech případech přispívalo ke zvyšování této formy draslíku, zejména u půd HMg a RZ. Naopak změny obsahu $-dKo$ po nižší dávce vápnění jsou charakterizovány u půd HM, HMg, RZ a HPm poklesem hodnot zřejmě v důsledku poněkud pevnějších vazeb (stabilizace). Po aplikaci vápníku u kyselejších půd (HM, HMg) a u ostatních lze předpokládat velké množství snadno přijatelného draslíku odebíraného rostlinami ve větším množství než u ostatních půd.

Poměr aktivit iontů v rovnovážném roztoku (ARo) nevyjadřuje obsah přístupného draslíku v půdě, ale kvalitativně charakterizuje schopnost kationtů K^+ (labilního K) přecházet z pevné fáze do půdního roztoku v závislosti na obsahu Ca^{2+} . V souboru půd z Ústí nad Orlicí se hodnoty ARo pohybovaly na nehnojené variantě po sedmi letech v rozmezí $0,51$ až $1,30 \cdot 10^{-2}$ ($M.l$)^{1/2}, při nejvyšší dávce kombinovaného hnojení od $0,80$ do $4,25 \cdot 10^{-2}$. Nutno uvést, že u půd s výchozí nejnižší hladinou draslíku (IPg, OG) nedosáhly veličiny ARo po sedmiletém období limitní a kritické hladiny, kterou uvádí Beckett 1972, a sice $0,50 \cdot 10^{-3}$, vzhledem k odčerpávání draslíku rostlinami při výměnných reakcích s vápníkem a hořčíkem.

Největší vzestup hodnot vyvolaných hnojením s výjimkou vápnění byl zjištěn u HMg. U půd s kyselou až silně kyselou reakcí vyšší dávky samotného i kombinovaného minerálního hnojení vyvolávaly vzestup přechodu draslíku do půdního roztoku. Naopak vyšší vápnění snižovalo hodnoty ARo pod výchozí úroveň u všech půd s výjimkou půdy HM. Příčinou tohoto omezování uvolňování je to, že vápník s mnohem větší

energií spontánně nahrazuje draslík půdního roztoku a ten pak přechází v méně přístupnou formu draslíku (vazba v pevné fázi půdy). Aplikace nejvyšší dávky kombinovaného hnojení a vápnění u půd s kyselou až silně kyselou reakcí (HMg, HM, IPg, OG) vyvolávala nejintenzivnější přechod iontů K^+ do roztoku, podobně byl zaznamenán i posun hodnot labilního draslíku k maximálním hodnotám u těchto půd.

Literatura

- BECKETT, P. H. T.: Critical cation activity ratio. *Adv. Agron.*, 24, 1972, s. 379-412.
BECKETT, P. H. T. et al.: Studies on soil potassium. V. Stability of some selected soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46, 1966, č. 2, s. 115-124.
CHORAYSHI, M. — LOTSE, E.: Quantity/intensity relationships of potassium in three Swedish soils. *Swed. J. agric. Res.*, 16, 1986, s. 57-65.
SEMB, G. — UHLEN, G.: A comparison of different analytical methods for the determination of potassium and phosphorus in soil based on field experiment. *Acta Agric. scand.*, 5, 1955, č. 1, s. 44-68.
SCHILLING, G.: Über den Bindungszustand von Magnesium, Calcium und Kalium in mitteldeutschen Böden. *Chem. d. Erde*, 19, 1975, s. 170-197.
SCHLICHTING, E. — BLUME, H.: *Bodenkundliches Praktikum*. Hamburg Paul Parey 1976, 209 s.
SIROVÝ, V. a kol.: *Ekologické a civilizační faktory vývoje produkčního potenciálu zemědělských půd*. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1989.

Došlo 26. 3. 1990

O. HUDCOVÁ (Research Institute of Amelioration and Soil Protection, Praha):
The influence of fertilizing on regime factors of soil potassium.
Rostl. Výr., 37, 1991 (5) : 473-479.

Micro-plot trials were performed under climatic controlled conditions to study the response of gradated nutrient rates applied in commercial fertilizers, manuring rates, sweetening and combinations of these practices on changes in regime factors of soil potassium for the period of 8 years. The set of 8 soils (differing by soil-forming substrates and thus also by granularity and the level of soil reaction) characteristic for soil-climatic conditions of the Ústí nad Orlicí district. Evaluating the changes of capacity presumption on potassium availability, it follows from it that the mineral fertilizing forms the pre-requisite for higher binding of exchangeable and mobile potassium in the soils with lower initial potassium level (on depleted loess substrates) in contrast to the soils of high initial level. Sweetening affected an increase in values of exchangeable potassium in all soils and of mobile potassium in lighter-textured soils. When combined fertilizing and sweetening in all soils were applied, this positively influenced both forms of the potassium binding while the growth in mobile form mainly was observed in soils with higher initial potassium level. More intensive transition of potassium into soil solution in dependence on calcium content (ARo), similarly as the shift of values of labile potassium ($-dK_o$) to the maximum values were induced when higher rates of combined fertilizing and sweetening were applied in soils with acid to strongly acid reaction. On the contrary, sweetening decreased ARo values below the initial level in all the soils (especially in HM). An evaluation of soil supply with potassium should be based not only on the values of exchangeable (acceptable) potassium but also on the values of mobile potassium, soils contain it in large amounts, by fertilizing it is further supported and its part is immediately available for plants.



CHCETE PODNIKAT?
NEVÍTE JAK NA TO?
NEVÍTE S KÝM?
NEVÍTE ZA CO?
PŘIJĎTE, JE TU
ADEKO!!!

ADEKO, a. s. Vám nabízí

- marketingovou činnost v oboru ekologie
- poradenskou, konzultační, posudkovou, zprostředkovatelskou, obstaravatelskou a zastupitelskou činnost
- kapitálovou účast v jiných podnikatelských společnostech
- společné podnikání
- investorskou a investiční činnost
- výběr zahraničních partnerů pro společné podnikání
- zajišťování a provádění leasingu
- poskytování služeb

ADEKO, a. s.
Slezská 7
120 56 PRAHA 2
Tel.: 258 342 FAX: 259 270

Míča B., Vokál B., Čepl J., Novotný J.: Nitrogen effects of nitrate accumulation in potato plants in the growing season	413
Zeniščeva L., Špunarová M.: Efficiency of mineral nutrients in different genotypes of spring barley on the soils with neutral and acid reaction . .	421
Královec J., Rais I.: Quality of pasture forage at the graduated nitrogen application rates	427
Scherer H. W., Werner W.: The significance of the nonexchangeable $\text{NH}_4\text{—N}$ in the nitrogen dynamics of the soil and for the nitrogen nutrition of the plants	435
Ložek O., Bízik J., Fecenko J.: Dynamics of inorganic nitrogen in the soil and its influence on the yield and quality of spring barley	441
Kubicová Z.: Effects of fertilizing on the distribution of inorganic nitrogen in the soil	453
Macháček V., Švarc J.: Supplemental methods of defining the plant nutrition by phosphorus	463
Hudcová O.: The influence of fertilizing on regime factors of soil potassium	473

Rukopisy odevzdány k tisku 5. 3. 1991, podepsáno k tisku 10. 9. 1991

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl Final, s.p., 120 00 Praha 2, Legerova 22 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1991

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9.