

DLOUHODOBÉ ZMĚNY AGROCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮDY V KOSTELCI NAD ORLICÍ

Long lasting changes of agrochemical soil properties in the Kostelec nad Orlicí cadastre

Jiří TŮMA

Pedagogická fakulta UHK, katedra biologie, 500 03 Hradec Králové
e-mail: jiri.tuma@uhk.cz, tel.: 495061178

V šestiletém přesném maloparcelkovém pokusu byly sledovány dlouhodobé změny obsahu přijatelného P, K, Ca, Mg a změny pH půdy v závislosti na různé úrovni výživy. U nehnojených variant nebyl zjištěn významný pokles hodnot pH a obsahu Ca v půdě. Naproti tomu bylo pozorováno signifikantní snížení zásoby P, K i Mg v půdě. Pro hodnocení obsahu přijatelného K a Mg v půdě je výhodné kalkulovat s poměrem Mg/K, popřípadě jejich % nasycením sorpčního komplexu (%KVK).

Úvod

Půda je pro člověka nejen důležitým výrobním prostředkem, ale i základním a nedocenitelným zdrojem přírodního bohatství. V rámci celosvětové koncepce „udržitelného rozvoje“ (života) a v podmínkách setrvalého zemědělství je prvořadým úkolem právě péče o půdu. Znamená to hospodařit šetrně v krajině tak, aby se půda nevyčerpávala, aby jí byly vráceny všechny látky, které jsou odčerpány, a tím byly udržovány její přirozené funkce. Podstatnou součástí půdní úrodnosti je vhodná výše a harmonická relace mezi živinami. I když pokles zásoby jednotlivých živin je na úrodných půdách většinou pozvolný, dojde-li ale k výraznějšímu snížení, je obnova půdní úrodnosti značně nákladná a dlouhodobá. Přiměřené hnojení je tedy nezbytnou podmínkou uchování půd pro další generace. Pravidelné sledování agrochemických vlastností půdy je uloženo zákonem č. 156/1998 Sb. „o hnojivech....“ a ošetřeno Vyhláškou č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (AZP) a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. V rámci AZP se sledují tyto parametry pH, obsah přijatelného P, K, Mg, Ca (metoda Mehlich 2 – MEHLICH 1978 a od roku 2001 metoda Mehlich 3, MEHLICH 1984), kationtová výměnná kapacita půdy (KVK), obsah uhličitánů.

Literární přehled

Půdní reakce představuje důležitou charakteristiku. Ovlivňuje růst rostlin i pochody probíhající v půdě – sorpci živin, rozpustnost sloučenin, činnost mikroorganismů, strukturu půdy. Jako hlavní důvody okyselování půd se uvádějí: kyselé deště, používání fyziologicky kyselých hnojiv, vyplavování vápníku z půdního profilu a odběr vápníku rostlinami. Ztráty vápníku se ročně odhadují na 154 kg Ca · ha⁻¹ (RICHTER et al. 1996). Většina půd se vyznačuje tzv. puftrovací schopností (brání změnám pH).

Živiny v půdě mohou být jednak v půdním roztoku v iontové formě a dále v tuhé půdní fázi ve vazbách: jako soli, adsorbované, popř. výměnně vázané na povrchu minerálních a organických sorbentů, fixované v mezivrstvách jílových minerálů, vázané v organické

hmotě, v biomase a imobilní jako součást krystalické mřížky silikátů (TESAŘ et VANĚK et al. 1992). Mezi jednotlivými formami existuje tzv. dynamická rovnováha. Tato rovnováha je porušována řadou vlivů a faktorů. Mezi ně patří na jedné straně přísun živin hnojením, mineralizací organické hmoty, zvětráváním minerálních látek, exsudáty rostlin a na druhé straně jsou živiny odebírány rostlinami, mikroorganismy apod. Všechny procesy úzce souvisí i s povětrnostními podmínkami. Zejména teplota a srážky mají vliv na mobilizaci a migraci živin (MATULA 1987). Pro výživu rostlin jsou důležité hlavně tzv. přijatelné minerální formy živin (tj. výměnné a vodorozpustné). Při optimálním nasycení sorpčního komplexu Ca, Mg a K, je vytvořen předpoklad pro zajištění harmonické výživy rostlin (CARTER et WEBSTER 1990; TŮMA 1992; VANĚK et al. 1995_b). Chování jednotlivých živin v půdě je pak značně specifické.

Podíl minerálních sloučenin fosforu v půdě značně kolísá v závislosti na druhu a typu půdy, hloubce profilu půdy, úrovni fosforečného hnojení. Tvorba jednotlivých forem fosfátů a rovnovážný stav mezi nimi závisí do značné míry na půdní reakci (SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL 1984). V alkalických a neutrálních půdách (někdy až slabě kyselých) je za sorpci P odpovědný především Ca. Rozpustnost sloučenin fosforu klesá v tomto pořadí: hydrogenfosforečnan vápenatý > oktokalciumfosfát ($\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3$) > hydroxylapatit > karbonátapatit > fluorapatit. V kyselých půdách je P vázán hlavně na dihydroxyl-dihydrogen fosforečnany Al a Fe, což jsou stabilní krystalické minerály série – variscit, strengit a jejich izomorfní směs barrandit. Probíhají zde tedy srážecí reakce mezi ionty fosfátu a ionty Fe a Al přes řadu nestabilních produktů oxo- a hydroxifosfátů Al a Fe (RICHTER et HLUŠEK 1994). Koncentrace P v půdním roztoku jsou proto velmi nízké (TŮMA 1997).

Fixaci a uvolňování K v půdách ovlivňuje druh půdy, její mineralogické a zrnitostní složení (SHARPLEY, 1989). Záleží na obsahu a selektivitě jílových minerálů, jejich nasycení v mezivrstvách a koncentraci K v půdním roztoku a také na kationtech, které si konkurují o vazebná místa. Množství výměně vázaného draslíku na sorpčním komplex půdy souvisí s druhem půdy a jejím mineralogickým složením, stupněm zvětrávání, hnojením, druhem a koncentrací ostatních iontů, reakcí půd a vodním režimem. Zastoupení draslíku na kationtové výměnné kapacitě půdy (KVK) se pohybuje v rozmezí 2-7% (MATULA 1984). Vodorozpustný draslík představují především ve vodě rozpustné draselné soli (KCl , K_2SO_4 , KNO_3 , K_2CO_3 apod.). Optimální koncentrace K v půdním roztoku se pohybuje do 20 mg.l^{-1} (MATULA 1987).

Převážná část Ca v půdě se nachází v těžko rozpustných sloučeninách, hlavně uhličitanech, křemičtanech, hlinítokřemičtanech a síranech. Nejčastější sloučeninou jsou vápence a dolomity. Rozpustnost uhličitanů je závislá na pH půdy (větší je v kyselější oblasti pH) a značný vliv má obsah CO_2 , jehož produkce souvisí s biologickou činností půdy (WARFVINGE et SVERDRUP 1989). Uhličitan vápenatý tak hraje důležitou úlohu půdního pufru. Výměnný vápník představuje v půdě pouze 1-2% vápníku nevýměnného (RICHTER et HLUŠEK 1994). Jedná se o vápník poutaný fyzikálně-chemickou sorpcí na povrchu půdních koloidů. MATULA (1984) uvádí optimální zastoupení Ca v sorpčním komplexu 60-80% KVK. Dominantní postavení vápníku je zde nutné z hlediska zajištění dobrého fyzikálního stavu půd, kde má koagulační funkci, na které závisí struktura půdy a tím i optimální vodní, vzdušný i tepelný režim a oxidačně redukční procesy. Malý podíl vápníku v půdě tvoří jeho formy rozpustné ve vodě reprezentované solemi vápníku s anionty některých kyselin (Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , H_2PO_4^-), ve vodě rozpustnými Ca-cheláty, rozpustným podílem CaSO_4 , CaCO_3 apod.

Hořčík se v půdě nachází v podobných formách jako vápník. Část hořčíku je vázáno v dolomitu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, magnezitu (MgCO_3) nebo fosforečnanu hořečnatém. Výměnný hořčík představuje asi 5-10% z celkového obsahu Mg. Jeho množství závisí především na druhu půdy, chemickém složení půdotvorného substrátu, podnebí, půdní reakci, sorpční kapacitě, obsahu ostatních kationtů a dalších faktorech. Optimální zastoupení ekvivalentů Mg^{2+} v sorpčním komplexu se pohybuje mezi 10-20% KVK (MATULA 1984). Pro optimální výživu je důležité, aby hořčík zaujímal asi třikrát vyšší část KVK než draslík (VANĚK 1984; TŮMA 1992; VANĚK et al. 1995). V půdním roztoku se nachází hořčík ve formě různých solí – např. MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Vhodná dolní koncentrace Mg v půdním roztoku se uvádí mezi 10-40 mg.l^{-1} v závislosti na koncentraci ostatních kationtů, zvláště K (MATULA 1987).

Metodika

Dlouhodobé změny obsahu přijatelného P, K, Ca a Mg a změny pH byly sledovány v přesném maloparcelkovém pokusu na pokusné stanici VURV – Praha-Ruzyně v Kostelci nad Orlicí. V pokusu bylo testováno 5 variant výživy:

1. nehnojená kontrola – označená kontr.
2. varianta hnojená pouze dusíkem – označená N2
3. varianta hnojená systémem KVK (MATULA, 1985, 1989) – nižší intenzita – označena N2_{KVK n}
4. varianta hnojená systémem KVK – vyšší intenzita – označena N2_{KVK v}
5. varianta hnojená podle komplexní metodiky výživy rostlin (NEUBERG et al., 1985, 1990) – označená N2_{KMVR}

Každá varianta měla 4 opakování.

V tabulce 1 je uvedena základní charakteristika stanoviště.

Tab.1: Základní charakteristika stanoviště

Tab. 1: Basic characteristic of the place

Stanoviště	Kostelec nad Orlicí
výr. obl.	Ř
klim. region	MT2
prům. roční tepl. (°C)	7,6
roční úhrn srážek (mm)	650
půdní typ	HM
půdní druh	ph
mateč subs.	spraš. hlíny
nadm výška (m)	300

Výchozí agrochemické vlastnosti půdy byly následující: pH / KCl - 5,31; P (Egner) – 68 mg.kg^{-1} ; K (Schachtschabel) – 141 mg.kg^{-1} (pozn. metoda Mehlich 2 se tehdy ještě nepoužívala); KVK (MATULA, 1985) - 138 mM (+).kg^{-1} .

Na pokusných parcelkách byly v jednotlivých letech následující plodiny: 1. rok – kukuřice*, 2. rok – ječmen jarní, 3. rok – pšenice ozimá, 4. rok – cukrovka*, 5. rok – ječmen jarní, 6. rok – oves + podsev vojtěšky (pozn. * – hnojeno hnojem),.

Celkový přísun živin v průmyslových hnojivech podle variant je uveden za 6 let v kg č.ž. na hektar v tabulce 2.

Tab. 2: Celkový přísun čistých živin (kg č.ž. . ha⁻¹)**Tab. 2:** Total input of absolute nutrients (kg.a.n.ha⁻¹)

	N	P	K	Mg	Ca
Kontr.	0	0	0	0	0
N2	510	75	0	0	0
N2KVK_n	510	88	529	440	274
N2KVK_v	510	100	686	792	521
N2KMVR	510	188	789	129	4312

Vzorky půd byly odebrány před začátkem pokusu (1 průměrný vzorek) po třech letech a po 6 letech. Obsah přijatelných živin byl hodnocen ve výluhu podle Mehlicha 2 a pH ve výluhu 1M KCl. Výsledky byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu podle Scheffeho (chybové úsečky znázorňují 95% statistickou významnost).

Výsledky a diskuse

Na obr. 1 jsou znázorněny změny hodnot pH půdy. Signifikantní zvýšení hodnot pH bylo zaznamenáno pouze u intenzivně vápněné varianty označené N2_{KMVR} a to z 5,31 před začátkem pokusu až na 7,03. Naproti tomu u nevápněných variant tj. kontr. a N2 nebyl pozorován za 6 let pokles pH. Některé půdy, jak už bylo uvedeno, jsou schopny poměrně dlouhou dobu pufovat změny pH. Pufovací kapacita půdy tak závisí především na množství a kvalitě vysokodisperzní složky (jílové minerály, organické koloidy), obsahu CaCO₃, mikrobiální aktivitě půdy a dalších s tím souvisejících půdních vlastnostech a průběhu meteorologických podmínek (SCHEFFER et SCHACHTSCHABEL 1984). Zjištěné výsledky odpovídají např. výsledkům KRÁLOVCE (1996), kde za 20 let došlo u nehnojené varianty ke snížení hodnot pH pouze o 1,1 jednotky.

Na obr. 2 jsou uvedeny změny obsahu vápníku v půdě. Meliorační a udržovací vápnění aplikované u varianty N2_{KMVR} přispělo k signifikantnímu nárůstu obsahu přístupného Ca v půdě na hodnotu 2500 mg Ca.kg⁻¹ (podle Mehlicha 2), což odpovídá přibližně 91% KVK. Rádově 10x nižší dávka Ca u varianty N2_{KVK_v} vedla k obsahu 1540 mg Ca.kg⁻¹ - tj. asi 56% KVK. Nehnojená kontrola pak vykazala konečný obsah 1495 mg Ca.kg⁻¹ (54% KVK). V obsahu vápníku v půdě byl zaznamenán poměrně značný rozptyl i v rámci jednotlivých variant, proto porovnání zbývajících variant je bezpředmětné. Zajištění požadované úrovně nasycení sorpčního komplexu Ca je i prvořadým předpokladem pro dosažení optimálních hodnot pH (MATULA 1987).

Na obr. 3 jsou uvedeny změny obsahu draslíku v půdě. Z obrázku je na první pohled patrné, že intenzita hnojení K velmi dobře korespondovala s konečným obsahem přijatelného K v půdě. Nehnojené varianty (var. Kontr. a N2) vykazaly významný pokles zásoby draslíku v půdě. Vzhledem k tomu, že vazba K závisí hlavně na množství a kvalitě jílové frakce půdy, je důležité přihlídnout při dosycování půd draslíkem k sorpční kapacitě půdy. Důležitým ukazatelem se tak stává % nasycení KVK draslíkem. V tab. 3 je uvedeno % nasycení KVK draslíkem – porovnán je výchozí stav se stavem po 6 letech pokusu u jednotlivých variant.

Tab. 3: Procento nasycení sorpčního komplexu draslíkem**Tab. 3:** Percentual content of the potassium saturation in CEC

Kostelec	vých. st.	KMVR	KVK_v	KVK_n	N2	Kontr.
	3,12	2,53	2,10	1,78	1,58	1,47

Dosažení optimálních hodnot nasycení sorpčního komplexu draslíkem a tím i jeho odpovídající koncentrace v půdním roztoku je důležitým předpokladem pro vyvážený příjem draslíku i ostatních kationtů. (MENGEL et KIRKBY, 1987; TŮMA, 1992; JAKOBSEN, 1993). Výrazný pokles obsahu K u nehnojených variant by se mohl v dalších letech negativně projevit v poklesu výnosů plodin.

Na obr. 4 jsou znázorněny změny obsahu Mg v půdě. Bylo zaznamenáno signifikantní snížení obsahu Mg u nehnojených variant (Kontr. a N). Intenzivně hnojené varianty pak vykázaly významné zvýšení hodnot. V tabulce 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty % nasycení KVK hořčíkem a poměr Mg/K.

Tab. 4: Procento nasycení KVK hořčíkem a poměr Mg/K v půdě

Tab. 4: Percentual content of magnesium saturation in CEC and the ration of Mg/K in the soil

Kostelec	vých. st.	KMVR	KVK_v	KVK_n	N2	Kontr.
%Mg	4,11	6,28	10,38	8,09	5,76	4,59
Mg/K	1,31	2,48	4,94	4,54	3,66	3,12

Z tabulky je patrné, že dosažení požadovaného poměru Mg/K v půdě bylo možno docílit po korekci zásoby draslíku v půdě (absence výživy, odběr u nehnojených variant) a intenzivním dosycovacím hnojením hořčíkem (varianty označené KVK). I výsledky našich dřívějších prací (TŮMA 1992; TŮMA et MATULA 1995) potvrzují, že bez korekce zásob draslíku v půdě a zamezení jeho luxusního příjmu jsou ostatní jednostranná výživářská opatření (např. jednostranné hnojení hořčíkem) málo účinná. Současně je třeba mít na paměti, že draslík je z fyziologického hlediska velmi důležitým prvkem a jeho odběr může být poměrně značný, v mnoha případech vyšší než u dusíku.

Změny obsahu přijatelného fosforu jsou uvedeny na obr. 5. U varianty KMVR, kde byly použity i nejvyšší dávky P byl pozorován i jeho významně zvýšený obsah v půdě. U varianty N2_{KVK_v} při polovičním přísunu pak pozorováno již významné 11% snížení a u kontroly až 29% snížení obsahu P v půdě. Chování fosforu v půdě, především způsob a intenzita jeho fixace, je ovlivněno celým souborem půdních vlastností. Na nich záleží i schopnost jednotlivých půd udržovat po kratší či delší dobu rovnovážnou úroveň režimových ukazatelů (VOPLAKAL 1993). Proto na dobře zásobených půdách jsou výkyvy v obsahu přístupného P minimální. Významnou měrou na mobilizaci zásob P se podílí i organické hnojení (tzv. humátový efekt) a úprava půdní reakce (RON VAZ et al. 1993).

Závěr

V šestiletém přesném maloparcelkovém pokusu byly sledovány dlouhodobé změny obsahu přijatelného P, K, Ca a Mg a změny pH půdy v závislosti na různé úrovni výživy. U nehnojených variant nebyl zjištěn významný pokles hodnot pH a obsahu Ca v půdě. Naproti tomu bylo pozorováno signifikantní snížení zásoby P, K i Mg v půdě. Toto snížení, zejména u P a K, by se mohlo v dalších letech negativně promítnout do výnosové stability. Pro hodnocení obsahu přijatelného K a Mg v půdě je výhodné kalkulovat s poměrem Mg/K, popřípadě jejich % nasycením sorpčního komplexu (%KVK), přičemž Mg by měl zaujímat minimálně dvakrát větší podíl než K. Výsledky pokusu dokumentují, že vhodného poměru se nedosáhne pouze jednostranným dosycovacím hnojením hořčíkem, ale prioritní je i korekce obsahu draslíku v půdě, při kterém nedochází k jeho tzv. luxusnímu příjmu. Pokus naznačil, že k půdě je třeba přistupovat velmi citlivě, není vhodné ji přehnojovat

ani hnojení vynechat. Organickým hnojením se všechny odebrané živiny do půdy nestačí navrátit, proto šetrné dávky minerálních hnojiv na úrovni odběru, jsou nezbytné pro udržení půdní úrodnosti.

Summary

In six-year small plot trial the long lasting changes of the P, K, Ca, Mg content and changes of pH values in dependence with various nutrient level were observed. Significant decrease of pH values and Ca content in the soil was not found in the absence of fertilizing options. On the other hand significant decrease of P, K, Mg supply in the soil was recorded.

Suitable criterion for the evaluation of K and Mg in the soil is % CEC. To ensure the optimal nutrient regime Mg concentration should be at the least two times higher than K concentration.

Literatura

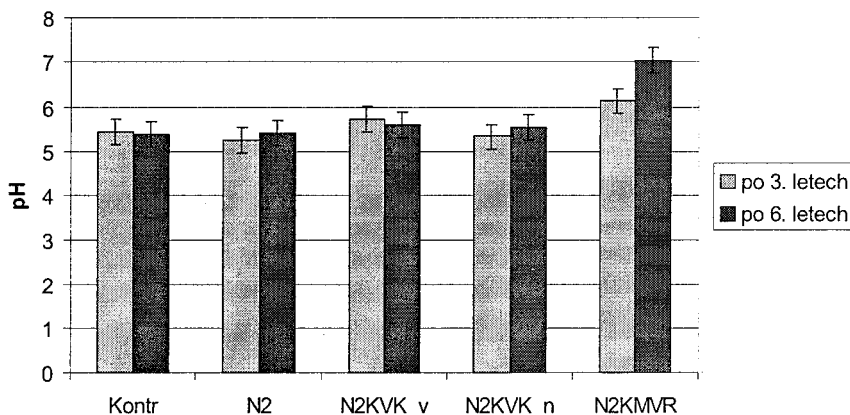
- CARTER M.R. - WEBSTER G.R., 1990: Use of the calcium-to-total-cation ratio in soil saturation extracts as an index of plant available calcium. *Soil Sci.*, 149 (4):212-217.
- JAKOBSEN S.T., 1993: Nutritional Disorders Between Potassium, Magnesium, Calcium, and Phosphorus in Soil. *Plant and Soil*, 154 (1): 21-28.
- KRÁLOVEC J., 1996: Výsledky stacionárních pokusů s vápněním na orné půdě a na travních porostech. In: Sborník - Racionální použití průmyslových hnojiv „Vápnění a hnojení hořčíkem“. *ČZU Praha*, 31-35.
- MATULA J., 1984: Kationtová výměnná kapacita půdy a její využití ke hnojení. *Agrochémia*, 24 (11): 333-337.
- MATULA J., 1985: Optimalizace zásoby výměnných kationtů v půdě na principu využití kationtové výměnné kapacity půdy. *Sborník ČSVTS, Líšno*, 31-36.
- MATULA, J., 1989: Systém metod optimalizace zásob živin v půdě s využitím kationtové výměnné kapacity půdy. In: *Sborník „Nové metody vědeckého řízení rostlin“, VÚRP Praha*, 5-11.
- MATULA J., 1987: Agrochemie. [Skriptum]. *VŠZ Praha*.
- MEHLICH A., 1978: New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Commun.Soil. Sci.Pl.Anal.*, 9 (6):477-492.
- MEHLICH A., 1984: Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun in soil Sci. Plant Anal.*, 15 (12): 1409-1416.
- MENGEL K. - KIRKBY E.A., 1987: Principles of Plant nutrition. *Publ. Int. Potash Inst., Bern* (4. edition).
- NEUBERG J. et al., 1985: Komplexní metodika výživy rostlin. *ÚVTIZ, Praha*.
- NEUBERG J. et al., 1990: Komplexní metodika výživy rostlin. *ÚVTIZ, Praha*.
- RICHTER R., HLUŠEK J., 1994: Výživa a hnojení rostlin (I. Obecná část). *Vysoká škola zemědělská v Brně [skriptum]*.
- RICHTER R., TRÁVNÍK K., MATULA J., 1996: Zásady vápnění a hořečnatého hnojení. In: Sborník - Racionální použití průmyslových hnojiv „Vápnění a hnojení hořčíkem“. *ČZU Praha*, 48-53.
- RON VAZ M.D., EDWARDS A.C., SHAND C.A., CRESSER M.S., 1993: Phosphorus fractions in soil solution: Influence of soil acidit and fertilizor additions. *Pl. and Soil*, 148: 175-183.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABEL P., 1984: *Lerbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart*.
- TESAŘ S., VANĚK V. et al., 1992: Výživa rostlin a hnojení. [Skriptum] *VŠZ Praha*.
- TŮMA J., 1992: Vliv systému hnojení založeného na principu kationtové výměnné kapacity na obsah minerálních látek v srze říznače. *Rostl. Výr.*, 38 (6):503-510.

- TŮMA J., MATULA J., 1995: Vliv hnojení sodíkem na výnos, kvalitu a minerální složení píce srhy laločnaté (*Dactylis glomerata* L.) *Rostl. Výr.*, 41 (3):115-121.
- TŮMA J., 1997: Vyplavování fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku z půdy v Kostelci nad Orlicí. *Vč. sb. přír.-Práce a studie*, 5: 25-32.
- VANĚK V., 1984: Využití sorpční schopnosti půd pro hodnocení obsahu živin a hnojení. *Agrochémia*, 24 (12): 368-370.
- VANĚK V., TLUSTOŠ P., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D., 1995a: Stav výživy rostlin a potřeba hnojení. *Úroda*, 43 (2): 11-12.
- VANĚK V. et al., 1995b: Hořčík a jeho význam v zemědělství. *AF ČZU Praha*.
- VOPLAKAL K., 1993: Vývoj fosforečného režimu v hnědozemi ovlivněný změnou dlouhodobého způsobu hnojení. *Rostl. Výr.*, 39 (4):289-295.

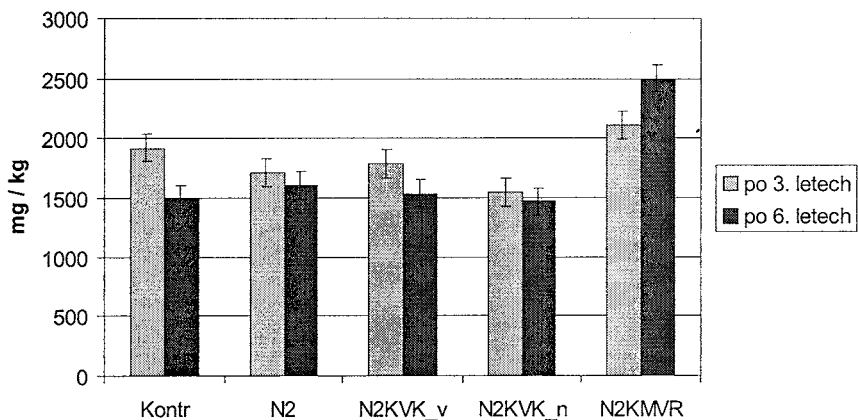
Poděkování

Za vytvoření vhodných podmínek a pomoc při realizaci pokusů děkuji panu Petru Krtičkovi, vedoucímu pokusné stanice v Kostelci nad Orlicí. Dále bych chtěl poděkovat Doc. Ing. Jiřímu Matulovi, CSc. a spolupracovníkům z oddělení agrochemie VÚRV Praha - Ruzyně za pomoc při rozbořech půd a realizaci pokusu. Výzkum probíhal za grantové podpory Ministerstva zemědělství České republiky: RE 093 950 186 „Výzkum stanovení ekologicky opodstatněných hladin živin v půdě“ – odpovědný řešitel Doc. Ing. Jiří Matula, CSc.

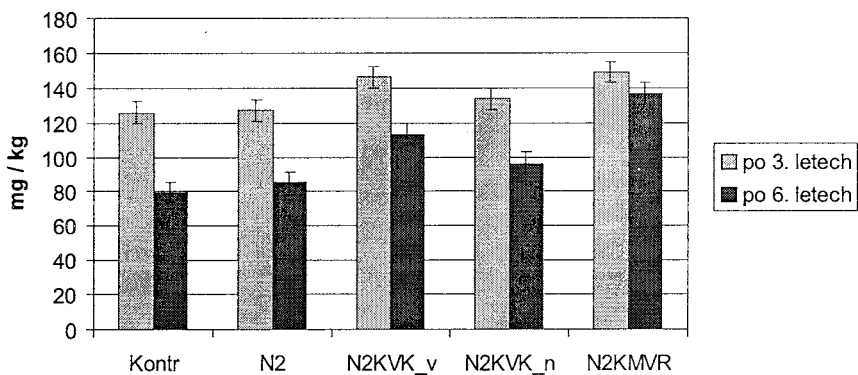
Došlo: 16.12.2002



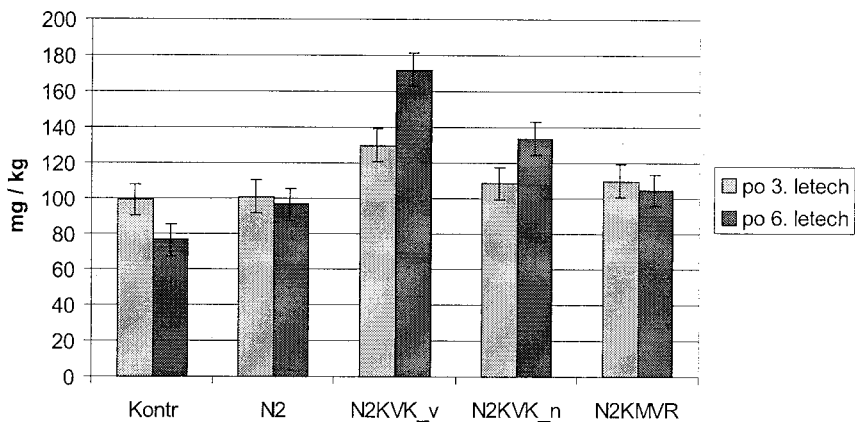
Obr 1: Dlouhodobé změny hodnoty pH.
Fig. 1: Long lasting changes of pH value.



Obr 2: Dlouhodobé změny obsahu vápníku v půdě.
Fig. 2: Long lasting changes of the calcium content in the soil.

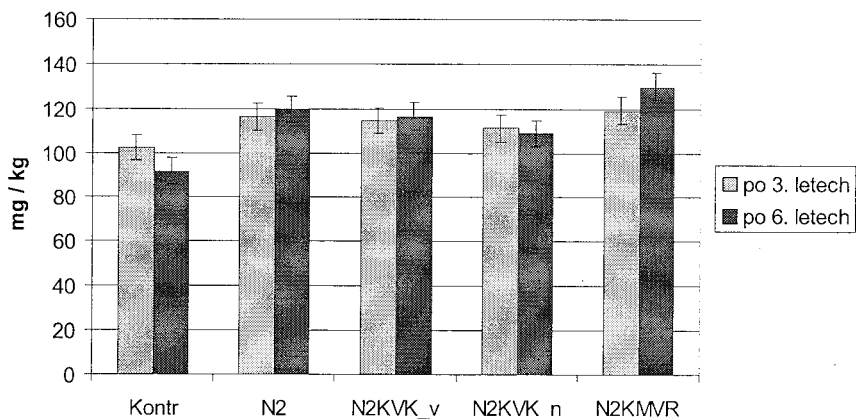


Obr 3: Dlouhodobé změny obsahu draslíku v půdě.
Fig. 3: Long lasting changes of the potassium content in the soil.



Obr. 4: Dlouhodobé změny obsahu hořčíku v půdě.

Fig. 4: Long lasting changes of the magnesium content in the soil.



Obr. 5: Dlouhodobé změny obsahu fosforu v půdě.

Fig. 5: Long lasting changes of the phosphorus content in the soil.