Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

AGROCHEMICKÉ ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

AGROCHEMICKÉ ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD

Nové výzvy a nové možnosti

Jiří Zbíral, Michaela Smatanová a kol.

Tuto publikaci autoři věnují Ing. Karlu Trávníkovi,
který se významně podílel na zavedení metody Mehlich 3
do systému AZZP ČR.

ISBN 978-80-7401-168-9

OBSAH

ÚVOD **5**

POHLED DO HISTORIE **6**
Vývoj systému zkoušení půd 6
Agrochemické zkoušení zemědělských půd (1999–2016) 7
Adolf Mehlich 10

VÝVOJ ANALYTICKÝCH METOD **11**
Od individuálních extrakčních činidel k univerzálnímu činidlu 11
Moderní analytická instrumentace – stanovení prvků a pH 11
Blízká infračervená spektroskopie (NIRS) 12
Další rozvoj AZZP 12

SOUČASNÝ STAV **14**
Cíl a účel AZZP 14
Rozsah AZZP 14

VZORKY **16**

OBECNÉ ZÁSADY ODBĚRU VZORKŮ **16**

TECHNIKA ODBĚRU **18**

ÚPRAVA A PŘEDÁNÍ VZORKŮ **20**

VÝSLEDKY A ZPRÁVY **22**

KONTROLNÍ MECHANISMY AZZP **26**
Kontrola pověřených osob 26
Agronomická kontrola analytických výsledků 26
Program pro vstup a vyhodnocení dat 26

STANOVENÍ **27**

PŘEHLED ANALYTICKÝCH STANOVENÍ **28**
Orientační určení druhu půdy hmatovou zkouškou (30260.1) 28
Orientační stanovení obsahu uhličitanů (30260.1) 30
Stanovení výměnného pH půd extrakcí 0,01M CaCl2 (30040.1) 30
Stanovení podílu H+ v sorpčním komplexu půdy – modifikovaná metoda podle Adamse a Evanse (30050.1) 31
Příprava půdního extraktu podle Mehlicha 3 (30068.1) 32
Analýza extraktu podle Mehlicha 3 metodou ICP-OES (30074.1) 32

FOSFOR **35**
Extrakce fosforu v karbonátových půdách 35
Korekce snížené extrakční účinnosti roztoku podle Mehlicha 3 37
Index uvolnitelnosti fosforu (PM3-index) 37
Porovnání stanovení fosforu metodou ICP-OES a metodou spektrofotometrickou 39

SÍRA **40**

RIZIKOVÉ PRVKY **41**

KATIONTOVÁ VÝMĚNNÁ KAPACITA **43**
Stanovení kationtové výměnné kapacity součtovou metodou (30210.1) 43
ORGANICKÁ HMOTA PŮDY **45**
Využití metody NIRS pro stanovení vybraných parametrů organické hmoty půdy (30980.1) 46
ROBUSTNOST METODY MEHLICH 3 . . . . . **47**
Rozsah a cíl porovnání 47
Vliv teploty při extrakci 48
Vliv doby mezi extrakcí a odstředěním 49
Vliv doby mezi odstředěním a měřením 50
Optimalizace složení kalibračních roztoků 51
Vliv filtrace a odstředění 51

HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ **52**
Výměnná půdní reakce 52
Potřeba vápnění 53
Obsah uhličitanů 55
Obsahy přístupných živin P, K, Mg, Ca 55
Obsah přístupné síry v půdě 61
Hodnocení obsahu B, Cu, Mn, Zn, Fe 63
Hodnocení poměru kationtů (K : Mg) 63
Hodnocení obsahu kationtů v půdách podle kationtové výměnné kapacity 64
Hodnocení plošné nevyrovnanosti pozemků 65

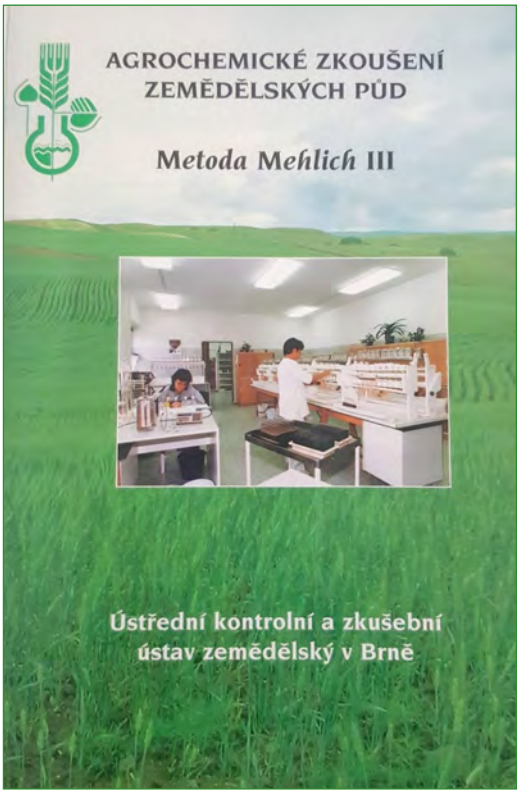
ZÁVĚR **67**
LITERATURA **68**
Literatura obecná 68
Odběr a úprava vzorků 69
pH a výměnné H+ (metoda Adams Evans) 69
ICP-OES a stanovení mikroelementů 69
Fosfor 69
Síra 69
Organická hmota půdy 70
Kationtová výměnná kapacita 70
Hodnocení 70
SEZNAM ZKRATEK **72**
PŘÍLOHA 1. PŘÍKLAD ZPRÁVY O VÝSLEDCÍCH AZZP **73**
PŘÍLOHA 2. KARTOGRAMY **77**
PŘÍLOHA 3. Změny půdní reakce a obsahu živin na zemědělské půdě **82**

ÚVOD

Před dvaceti lety, v roce 1999, byla při příležitosti zavedení metody Mehlich 3 vydána přehledná publikace o Agrochemickém zkoušení zemědělských půd (AZZP). Publikace shrnovala všechny v té době známé poznatky o nové metodě a uváděla i výsledky rozsáhlých porovnávacích studií, které zavedení nového postupu předcházely. Metoda Mehlich 3 se od té doby stala metodou nejen podrobně studovanou, ale i rutinně využívanou v agrochemických laboratořích na celém světě. Ověřování nových možností metody Mehlich 3 a využití moderních analytických metod otevřelo cestu k významné modernizaci AZZP jako systému, který nejen odpovídá na základní otázky výživy rostlin, ale přináší i informace využitelné pro ochranu životního prostředí a informace důležité pro omezení klimatických změn.

Předkládaná publikace shrnuje historický vývoj, současný stav i budoucí možnosti systému AZZP. Je určena hlavně těm, kteří výsledky AZZP využívají ať už pro plánování hnojení nebo pro svou výzkumnou práci, dále pracovníkům laboratoří, kteří používají metodu Mehlich 3 a samozřejmě těm, kteří odebírají vzorky půd. V neposlední řadě je určena i pracovníkům ÚKZÚZ jako příručka interního vzdělávání. Věříme, že všem umožní vidět celou tuto problematiku v širší perspektivě.

U analytických metod jsou uvedeny pouze stručné závěry a souhrny postupů. Podrobnější informace jsou v citovaných zdrojích. Literatura je uvedená na konci publikace a obsahuje pouze základní odkazy. Pro větší čtivost jsme nepoužívali literární odkazy v textu. Naším cílem nebyla vědecká publikace, proto jsme nepoužívali ani číslování kapitol, podkapitol, tabulek a obrázků. Výjimkou je kapitola věnovaná hodnocení výsledků, ve které bylo číslování tabulek nezbytné.



Publikace vydaná při příležitosti zahájení analýz AZZP metodou Mehlich 3 v roce 1999.

Příručku sestavili RNDr. Jiří Zbíral, Ph.D. a Ing. Michaela Smatanová, Ph.D. s využitím výsledků dalších pracovníků ÚKZÚZ.

Byli to především: Ing. Pavel Němec, Ing. Elena Obdržálková, Mgr. Eva Čižmárová, Mgr. David Čižmár, Ph.D., Ing. Helena Holcová, Ing. Jaroslav Kroutil, Ing. Jiří Mikula. Pro získání uváděných údajů bylo nutné změřit velké množství dat a provést rozsáhlá porovnání, na kterých se podílela i celá řada dalších pracovníků ÚKZÚZ, kterým autoři touto cestou děkují.

POHLED DO HISTORIE

Vývoj systému zkoušení půd

Pro získání všestrannějších znalostí o půdě a poznání faktorů půdní úrodnosti byl v lednu 1961 usnesením vlády schválen komplexní průzkum zemědělských půd. Tato celostátní akce byla následně legislativně upravena zákonem č. 61/1964 Sb., o rozvoji rostlinné výroby. Komplexní průzkum půd zahrnoval dvě souběžně probíhající části:

- ***Půdoznalecký průzkum,*** *jako jednorázovou akci základního průzkumu půd plánovanou na deset let. Účelem bylo získat nejdůležitější poznatky o geneticko-agronomických vlastnostech našich zemědělských půd, umožňující souborné řešení zúrodňování půd. Podle metodiky základního půdoznaleckého průzkumu bylo prováděno genetické třídění půd, třídění podle zrnitostního složení půd, obsah skeletu a stupeň zamokření.*
- ***Soustavné agrochemické zkoušení půd,*** *prováděné v pětiletých cyklech za účelem agrochemické kontroly stavu přístupných živin, půdní reakce a potřeby vápnění. Tyto údaje slouží pro vypracování plánů hnojení zemědělských plodin, pro sledování vývoje půdních vlastností a prognózování potřeby hnojení. Původní metodika agrochemického zkoušení půd předepisovala sledování výměnné půdní reakce, obsahu uhličitanů, potřeby vápnění a stanovení přístupného P_2O_5 a K_2O.*

Prováděním základního půdoznaleckého průzkumu byla pověřena Česká akademie zemědělská, Expediční skupina pro průzkum půd v Praze-Suchdole ve spolupráci s ústavem půdoznalství VÚRV v Praze-Ruzyni. Agrochemické zkoušení půd garantoval Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Historie, metodika a způsob hodnocení jsou detailně popsány v publikaci *Komplexní průzkum půd* (*Skalský* a *Vopravil, 2014*). Data z tohoto průzkumu jsou i v dnešní době cenným zdrojem informací a jsou každoročně aktualizována a dostupná v digitální podobě.

ÚKZÚZ se po celou dobu trvání Agrochemického zkoušení půd věnuje metodickému vývoji v celém rozsahu, – od odběru půdních vzorků, přes chemické rozbory až po vyhodnocení výsledků. Do roku 1980 se rozbory opakovaly v pětiletých odběrových cyklech. Výrazně se zvyšující intenzita hnojení působící rychlejší změny půdních vlastností si vyžádala zkrácení intervalu zkoušení na tři roky. Poslední tříletý interval byl uzavřen v roce 1992 a dále byla stanovena délka odběrového cyklu na šest let, což odpovídá délce zavedené v některých sousedních státech. Prodloužení cyklu úzce souvisí i s potřebou úspory státních financí.

Do roku 1983 byly stanovovány pouze základní půdní vlastnosti - půdní reakce, obsah uhličitanů, potřeba vápnění a obsah přístupného P, K a Mg. V období 1986-1991 byla škála základních stanovení rozšířena o stanovení mikroprvků. Pro tyto analýzy se využívala extrakce 1 M HCl (Cu, Zn, Mn, B) a extrakce podle Grigga (Mo). Existující rizika kontaminace půd nežádoucími látkami vyvolala potřebu jednorázového průzkumu na obsah rizikových prvků. V půdních vzorcích odebraných v období 1990–1992 byl stanoven obsah Cd, Cr, Pb a Hg celoplošně v extraktu lučavkou královskou a 2 M HNO_3. Ve vybraných vzorcích se provedlo i stanovení obsahu Zn, Cu, Ni a případně dalších prvků. Tento orientační průzkum byl podkladem pro založení registru kontaminovaných ploch (RKP). Stanovení rizikových prvků pokračovalo i v dalším období, ale již pouze v lokalitách

s prokázanými nadlimitními či zvýšenými obsahy formou zahušťování vzorků v těchto lokalitách s cílem přesněji vymezit potenciálně kontaminované oblasti.

Mezi základní chemické rozbory patří stanovení výměnné půdní reakce, stanovení obsahu uhličitanů, výpočet potřeby vápnění z hodnoty pH a půdního druhu a stanovení přístupných živin. Do roku 1989 byla pro stanovení obsahu přístupného fosforu v půdě používána metoda podle Egnera, pro stanovení draslíku a hořčíku metoda podle Schachtschabela. Od roku 1990 byl zaveden pro stanovení přístupného P, K, Mg a Ca extrakční roztok podle Mehlicha 2.

Základní půdní vlastnosti byly hodnoceny samostatně pro ornou půdu, trvalé travní porosty, vinice, intenzivní sady a chmelnice. Původní kritéria pro hodnocení půdní reakce byla čtyřstupňová – reakce kyselá, slabě kyselá, neutrální a alkalická. Od roku 1981 byly přidány kategorie extrémně kyselá, silně kyselá a silně alkalická.

Pro hodnocení obsahu přístupných živin byla do roku 1975 používána kritéria s kategoriemi malý, střední a dobrý. Pak následovalo rozšíření o kategorie velmi malý a vysoký. Od roku 1993 došlo k dalšímu rozšíření a změně terminologie na obsah velmi nízký, nízký, vyhovující, dobrý, vysoký a velmi vysoký. Kategorie velmi nízký a nízký obsah vyjadřují nedostatečnou zásobu živiny v půdě a potřebu jejího dosycení. Vyhovující a dobrý obsah představuje žádoucí zásobu, kterou je třeba hnojením pouze udržovat a v případě ekonomických problémů je možno hnojení krátkodobě vynechat. Obsah vysoký a velmi vysoký je nadměrný a hnojení je v těchto případech zbytečné až nežádoucí. Další postup je třeba upřesnit na základě následujícího rozboru.

V období s tříletými intervaly zkoušení bylo ročně odebíráno přibližně 150 až 170 tisíc půdních vzorků. V posledním šestiletém cyklu 2011–2016 to bylo 60–65 tisíc vzorků ročně, což odpovídá ploše přibližně 350 až 400 tisíc hektarů.

Agrochemické zkoušení zemědělských půd (1999–2016)

Dnem 1. září 1998 nabyl účinnosti zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). Zákon stanovuje některé organizační změny v odběru půdních vzorků, chemických rozborech i způsobu poskytování výsledků zemědělcům. Zkoušení půd navazuje v roce 1999 na dosavadní systém dalším šestiletým cyklem. Byla novelizována analytická metoda na stanovení přístupných živin (Mehlich 3) a zpřesněna kritéria hodnocení výsledků v rozsahu, který zajišťuje dlouhodobé sledování vývoje půdní úrodnosti. Změna metody i kritérií hodnocení byla odsouhlasena Komisí výživy rostlin ČAZV. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) nadále koordinuje agrochemické zkoušení půd a hodnotí jeho výsledky. Součástí zkoušení půd je i sledování rizikových prvků a rizikových látek ke zjištění aktuálního stavu kontaminace zemědělských půd. O rozsahu a způsobu sledování rozhoduje Ministerstvo zemědělství.

Výsledky zkoušení jsou pro zemědělce podkladem pro zpracování racionálního systému hnojení. Ministerstvu zemědělství a dalším orgánům státní správy umožňuje agrochemické zkoušení půd sledovat vývoj půdní úrodnosti podle okresů i celostátně. Umožňuje posoudit vliv intenzity hnojení na půdní vlastnosti, prognózovat potřebu hnojení a v obecném pojetí ovlivňovat agrární politiku v oblasti výživy rostlin a hnojení.

V půdních vzorcích se zjišťuje půdní reakce, obsah uhličitanů, potřeba vápnění, obsah přístupného fosforu, draslíku, hořčíku, vápníku a kationtová výměnná kapacita. V půdních vzorcích z pozemků chmelnic, vinic, intenzivních sadů a zelinářských ploch se dále zjišťuje výběrově podle pěstovaných kultur i obsah mědi, zinku, manganu, železa, bóru.

Z důvodu ochrany vstupu nežádoucích látek do potravního řetězce stanovuje ÚKZÚZ také rizikové prvky a rizikové látky – As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn (extrakt lučavkou královskou). Rizikové látky zahrnují polycyklické aromatické uhlovodíky, chlorované uhlovodíky, polychlorované bifenyly (PCB), extrahovatelný organicky vázaný chlór (EOCl), adsorbovatelný organicky vázaný chlór (AOCl), persistentní organochlorové pesticidy, polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF).

Vývoj systému agrochemického zkoušení půd od roku 1961

období	délka cyklu	kontrolované kultury	analyzované parametry	hodnocení zásoby (obsahu)
1961–1965	5	zemědělská půda	pH, potřeba vápnění, P, K	M, S, D
1966–1970	5	OP, TTP	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 20%	M, S, D
1971–1975	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	M, S, D
1976–1980	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	VM, M, S, D, V
1981–1983	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	VM, M, S, D, V
1984–1986	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986–1991 pozemky >10 ha obsah Cu, Zn, Mn, B, Mo	VM, M, S, D, V
1987–1989	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah Cu, Zn, Mn, B, Mo	VM, M, S, D, V
1990–1992	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca, RP – Cd, Pb, Cr, Hg, Cu, Zn, Ni, Be, Co, V ∅ 100 ha	VM, M, S, D, V
1993–1998	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků	VN, N, VYH, D, V, VV
1999–2004	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků	VN, N, VYH, D, V, VV
2005–2010	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků	VN, N, VYH, D, V, VV
2011–2016	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků Výběr vzorků stanovení B, Cu, Zn, Mn, Fe, Al, extrakt Mehlich 3 Parametry SOM (C_{ox}, glomalin, N_{tot}, C_{tot})	VN, N, VYH, D, V, VV N, S, V
2017–2022	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků, U vybraných vzorků obsah RP (Cd) v extraktu podle Mehlicha 3 Výběr vzorků stanovení B, Cu, Zn, Mn, Fe, Al, extrakt Mehlich 3 Parametry SOM (C_{ox}, glomalin, N_{tot}, C_{tot}, barevný kvocient)	VN, N, VYH, D, V, VV N, S, V

Legenda: OP – orná půda, TTP – trvalé travní porosty, M – malý, S – střední, D – dobrý, V – vysoký, VM – velmi malý, VN – velmi nízký, N – nízký, VYH – vyhovující, VV – velmi vysoký, RP – rizikové prvky

Adolf Mehlich

Adolf Mehlich, podle kterého je nazváno extrakční činidlo používané pro AZZP, se narodil roku 1902 v Lasswitz v Německu. Do USA přišel v roce 1926 a krátce poté začal studovat na Wisconsinské universitě v Madisonu. Po získání Ph.D. v roce 1936 nastoupil jako chemik do Boyce Thompson Institute of Plant Science. O několik let později nastoupil na Univerzitu Severní Karolíny, kde strávil na katedře pedologie dvacet let. Zároveň působil ve vedení NCDA laboratoře pro zkoušení půd. Toto spojení mu zajistilo stálý kontakt s praxí, který je zřejmý ze snadné aplikovatelnosti jeho postupů v analytických laboratořích. Od roku 1957 do roku 1968 pracoval Dr. Mehlich v Keni. Nejprve jako poradce v rámci pomoci USA, později jako vědecký pracovník v Coffee Research Institute. Po návratu do USA působil krátce jako poradce u US Gypsum Comp. a v roce 1971 se vrací do Severní Karolíny jako konzultant agronomického oddělení NCDA, kde pracoval až do roku 1983, kdy po krátké nemoci 28. listopadu umírá. Publikoval 56 významných vědeckých článků, pracoval v řadě komisí a byl členem osmi vědeckých společností. V roce 1981 byl vyznamenán American Society of Agronomy a Soil Science Society of America.

Velkou výhodou posledních dvou extrakčních roztoků navrhovaných Dr. Mehlichem (Mehlich 2 a Mehlich 3) je jejich univerzálnost, tedy možnost stanovit téměř vše, co nás zajímá, z jednoho extraktu. Tato činidla přišla právě v době bouřlivého rozvoje multielementových metod analýzy, které jsou nejlépe použitelné právě pro takový typ analyzovaných roztoků.

Části textu byly převzaty z publikace: J. Benton Jones Jr. „A final tribute to Dr. Adolf Mehlich.“ Communications in Soil Science and Plant Analysis, 15 (12), p. 3.

VÝVOJ ANALYTICKÝCH METOD

Od individuálních extrakčních činidel k univerzálnímu činidlu

AZZP bylo založeno v roce 1961 a již v té době vycházelo z dlouhé tradice testování půd v ČR. Pro každou živinu (P, K, Mg) byl používán samostatný extrakční postup a stanovení se provádělo buď plamenovou emisní fotometrií (K) nebo spektrofotometricky (Mg, P). V 80 letech se hořčík začal stanovovat metodou atomové absorpční spektrofotometrie, která se později využila i pro stanovení mikroelementů v extraktu 1 M HCl.

Nákladnost systému, pracnost a vysoká spotřeba chemikálií vedla k hledání takových extrakčních činidel, která by byla „univerzální" – vhodná pro současnou extrakci a stanovení více prvků. V roce 1991 byl po předchozím rozsáhlém testování zahájen cyklus AZZP s využitím nového univerzálního extrakčního činidla Mehlich 2. Toto činidlo bylo z technických důvodů v roce 1999 nahrazeno jeho modifikací, extrakčním činidlem Mehlich 3. Pro toto extrakční činidlo byly v průběhu několika let zjištěny a ověřeny korelace s dalšími používanými extrakčními činidly.

Toto rozhodnutí bylo zlomové a otevřelo cestu k dalšímu zvýšení efektivity a k využití simultánních metod analýz pro stanovení jednotlivých prvků.

Moderní analytická instrumentace – stanovení prvků a pH

Základním přístrojem, který změnil možnosti AZZP, je bezpochyby optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Tyto přístroje, resp. přístroje využívající shodný nebo obdobný fyzikální princip, jsou používány již mnoho let, ale teprve v posledním desetiletí se staly běžnou výbavou větších agrochemických laboratoří. ICP-OES umožňuje současné stanovení velkého množství prvků v roztoku (extraktu). Přístroje je tedy možné využít pro stanovení Ca, Mg, K (stanovované dříve plamenovou atomovou absorpční nebo emisní spektrometrií) a P (doposud stanovovaným spektrofotometricky). Nicméně ještě i po zavedení metody ICP-OES v laboratořích ÚKZÚZ probíhalo stanovení mědi, zinku, manganu a železa v samostatném extraktu DTPA, stanovení boru v extraktu horkou vodou a stanovení síry v extraktu vodou za studena. Nebylo tedy možné plně využít potenciálu metody ICP-OES. Proto bylo zahájeno rozsáhlé porovnání extrakčních metod pro stanovení mikroelementů a síry metodou Mehlich 3 a na základě získaných výsledků byla stanovena kritéria pro vyhodnocení stanovení prvků v extraktu Mehlich 3. Výsledky tohoto porovnání jsou v současné době základem pro stanovení Ca, Mg, K, P, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B a Al v extraktu Mehlich 3 (stanovený hliník slouží pro výpočet uvolnitelnosti resp. retence fosforu). Tímto stanovením uvedených prvků v jedno-mextraktu a při jednom měření se významně zvýšila efektivita práce laboratoří při současném snížení environmentální zátěže vlivem laboratorního odpadu.

Dalším významným krokem pro modernizaci AZZP je robotizace měření pH. U tohoto stanovení sice nedochází k žádné změně principu vlastního stanovení, stále se využívá měření výměnného pH v extraktu 0,01 M $CaCl_2$ kombinovanou elektrodou, ale je možné podstatně omezit nároky na přítomnost pracovníka při měření. Obdobnou částečnou automatizaci umožňuje i nový přístroj na stanovení zrnitosti půd, ale toto stanovení se jako rutinní stanovení v rámci AZZP nepředpokládá.

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS)

V rámci AZZP se hledala možnost rychlého screeningového stanovení organické hmoty půdy (SOM). Běžně používaný postup pro stanovení uhlíku oxidací chromsírovou směsí je pro velké počty vzorků obtížně použitelný. Pro koncové stanovení je sice možné využít poloautomatické titrátory, ale vlastní rozklad chromsírovou směsí za tepla zůstává limitujícím krokem stanovení. Navíc použití chromsírové směsi je problematické i z hlediska bezpečnosti práce v laboratoři a metoda navíc produkuje velké množství toxického odpadu. Pro stanovení je možné využít elementární analyzátory C, N a případně S a na některých pracovištích jsou tyto přístroje pro tento účel využívány, ale stanovení je poměrně nákladné a výsledkem je pouze celkový obsah těchto prvků. Abychom získali více informací nejen o obsahu, ale i kvalitě SOM, potřebujeme provést další analýzy.

V ÚKZÚZ se mnoho let věnuje pozornost využití metody blízké infračervené reflektanční spektroskopie (NIRS) pro analýzu SOM. Z iniciativy ÚKZÚZ byla tato metoda vyvinuta do úrovně mezinárodní normy a validována, takže postup stanovení je v současné době celosvětově harmonizovaný. Touto metodou je nyní možné stanovit jednak kvantitativní parametry SOM (Cox, Ctot, Ntot) a dále glomalin a barevný kvocient, jako markery kvality SOM. Postupně se vyvíjí kalibrační rovnice i pro stanovení dalších markerů kvality SOM (lehká a těžká frakce apod.). U všech těchto parametrů probíhá stanovení přímo ve standardně upravených vzorcích dodávaných v systému AZZP bez potřeby další úpravy. Stanovení je rychlé, negeneruje žádný odpad a uložená spektra je možné využít i pro dodatečné vyhodnocení pro nově kalibrované parametry.

Další rozvoj AZZP

Metoda ICP-OES umožňuje i stanovení dalších prvků v extraktu podle Mehlicha 3 a je možné ji použít i pro orientační stanovení obsahu rizikových prvků. Interpretace výsledků je aložena na znalosti vztahů mezi extrakčními činidly a činidlem Mehlich 3 (obdobně jako u mikroelementů a síry). Ze závislostí byly odvozeny orientační kritické hodnoty pro rizikové prvky uvedené v platné legislativě.

Po tomto rozšíření analýz prováděných v extraktu Mehlich 3 simultánním měřením na ICP-OES se AZZP stává ještě efektivnějším nástrojem, který umožňuje stanovení základních živin včetně síry, stanovení mikroelementů a je vhodný i pro vymezení oblastí se zvýšenou možností kontaminace vod fosforem. Systém AZZP

je nyní také využíván pro charakterizaci organické hmoty půdy a stanovení obsahu rizikových prvků. Na druhou stranu je třeba zdůraznit, že ani takto upravený systém AZZP nemůže nahradit specializovaná stanovení organických polutantů, půdně mikrobiologická stanovení apod. V těchto případech je zpravidla nutný odlišný odběr vzorků a jejich zpracování a případně mají tato stanovení další specifické nároky.

Plamenový fotometr byl využívaný pro stanovení draslíku v extraktech půd podle Shachtschabela.

Moderní plamenový atomový absorpční spektrofotometr.

SOUČASNÝ STAV

Cíl a účel AZZP

AZZP je prováděno na základě zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích, substrátech a agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) a vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, vše ve znění pozdějších předpisů.

Cílem je pravidelné zjišťování vybraných parametrů půdní úrodnosti s možností usměrňovat používání hnojiv. V odůvodněných případech, kdy hrozí nebezpečí poškození půdní úrodnosti nebo z důvodu ochrany před vstupem nežádoucích látek do potravního řetězce může být stanoven při agrochemickém zkoušení zemědělských půd obsah rizikových prvků a prováděny mikrobiologické a fyzikální rozbory.

AZZP navazuje v letech 2017–2022 na dosavadní systém dalším šestiletým cyklem. Pro tento cyklus je zpracovaná podrobná metodika, která stanovuje organizaci celého cyklu, rozsah analýz vzorků a způsob poskytování výsledků zemědělské veřejnosti. Tato metodika je volně dostupná na www.ukzuz.cz.

Rozsah AZZP

AZZP se provádí na pozemcích náležejících do zemědělského půdního fondu. Na zkoušených pozemcích se stanovují u všech vzorků tyto agrochemické vlastnosti: – půdní reakce (výměnné pH), obsah uhličitanů (orientačně), druh půdy (orientačně), obsah přístupného fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku. Dále se vypočítává aktuální kationtová výměnná kapacita, potřeba vápnění daná hodnotou pH, druhem půdy a druhem pozemku a poměr K/Mg.

Ve vybraných vzorcích se zjišťuje obsah mědi, zinku, manganu, železa, bóru, síry a hliníku, případně obsah kadmia a dalších rizikových prvků v extraktu podle Mehlicha 3. Pozornost je věnována i půdní organické hmotě. Parametry SOM s ověřenou kalibrací na NIRS jsou každoročně stanovovány ve vybraném počtu vzorků. (viz kap. Organická hmota půdy).

V půdních vzorcích s rizikem vstupu nežádoucích látek do potravního řetězce se sledují navíc rizikové prvky (celkové obsahy v extraktu lučavkou královskou) a rizikové látky. V případech, kdy hrozí nebezpečí ohrožení půdní úrodnosti, zahrnuje AZZP rovněž mikrobiologické a fyzikální rozbory.

Principy a kritéria chemických, mikrobiologických a fyzikálních rozborů zemědělských půd jsou uvedeny v přílohách č. 3 vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění pozdějších předpisů. Většina z nich je podrobněji uvedena v této publikaci.

ÚKZÚZ může k provádění odběru vzorků půd a jejich chemickým rozborům udělit pověření osobám, které o to požádají. Předpokladem je splnění technických podmínek na vybavení pracoviště a splnění požadavků na odborné vzdělání pracovníků.

Současná podoba agrochemického zkoušení zemědělských půd stanovená Zákonem o hnojivech představuje moderní systém sledování parametrů půdní úrodnosti, který je významnou součástí systému potravinové bezpečnosti v ČR. Systém AZZP v současném a dále rozvíjeném rozsahu odpovídá nejen na otázky týkající se optimální výživy rostlin, ale i na důležité otázky spojené s ochranou životního prostředí a omezení klimatických změn.

VZORKY

OBECNÉ ZÁSADY ODBĚRU VZORKŮ

Odběr vzorků půd je zpravidla hlavním zdrojem nejistoty stanovení. Vzorky půd se odebírají vždy s ohledem na stanovované parametry. Především při vzorkování kontaminovaných ploch je třeba vzít v úvahu, zda jde o plošnou nebo bodovou kontaminaci, zda je třeba odebírat vzorky z více horizontů apod. Průzkum nerovnoměrně kontaminovaných ploch často vylučuje možnost používat směsné vzorky reprezentující určitou plochu, ale spíše vyžaduje analýzu jednotlivých bodových vzorků s následným vhodným statistickým zpracováním.

Odebraný vzorek musí být

- *reprezentativní,*
- *homogenní,*
- *nekontaminovaný odběrem nebo jinak změněný.*

Této problematice jsou věnovány mezinárodní normy ISO řady 10381 nebo evropské harmonizované dokumenty zpracované CEN.

Po odběru se vzorek upraví tak, aby mohly být provedeny požadované analýzy. Všechny kroky při úpravě vzorku musejí zajistit, že vzorek bude reprezentativní, to znamená, že bude odpovídat svým složením vzorku dodanému do laboratoře. Nesmí dojít ke ztrátám analytu ani ke kontaminaci, musí se zamezit úpravám, které by mohly určitým způsobem diskriminovat zastoupení některých složek vzorku (ztráta jemných částic, obohacení o těžší částice apod.) nebo způsobit rozklad stanovovaných složek.

Úprava půdních vzorků se zpravidla skládá z více operací: vysoušení, mělnění, prosévání, dělení a mletí. Způsob vlastní úpravy závisí na požadovaných analýzách, na velikosti dodaného vzorku, na navážce pro jednotlivá stanovení apod. Pro agrochemické zkoušení zemědělských půd a celou řadu dalších analýz se vzorek vysuší zpravidla za laboratorní teploty a po deaglomeraci se proseje na 2mm sítě. Částice skeletu nad 2 mm se odstraní.

Po odběru je třeba vzorky uchovávat ve vhodných obalech, ve kterých nedojde ke kontaminaci (např. některá lepidla používaná pro výrobu papírových sáčků mohou obsahovat značné množství boru). Zároveň je třeba, aby vlhké půdní vzorky neznehodnotily obal, identifikační návěsku nebo popis. Při transportu vzorků se vzorky chrání před zvýšenou teplotou a přímým slunečním světlem a je třeba zajistit urychlené zahájení dalších kroků analýzy (zpravidla sušení). Pro odběr a transport vzorků pro stanovení různých forem dusíku, některých těkavých organických látek a pro mikrobiologické a ekotoxikologické rozbory se používají zvláštní postupy. Při skladování vzorků dochází ke změnám

v obsahu vody, změnám biologické aktivity, dochází k chemickým reakcím s atmosférou, k odpařování těkavých sloučenin a k reakcím s materiálem obalů. Pro některé analýzy není možné vzorky skladovat ani upravovat a analýzy se musejí zahájit v nejkratší možné době po odběru.

Pro sušení vzorků je vhodné používat teploty maximálně 40 °C. Při vyšších teplotách může docházet ke změnám v extrahovatelnosti některých analytů (např. ke zvýšení extrahovatelného obsahu síry, fosforu a amonné formy dusíku).

TECHNIKA ODBĚRU

Vlastník zemědělské půdy i podnikatel v zemědělství je povinen strpět úkony související s prováděním zkoušení.

Vzorky půd se odebírají sondovacími tyčemi na hloubku orničního profilu (max. do 30 cm). Odběr průměrného vzorku se vždy provádí z plochy jednotně obhospodařované (stejná plodina, stejné hnojení). Průměrný půdní vzorek se skládá minimálně ze 30 dílčích vpichů sondovací tyčí. Vzorky se odebírají v jarním nebo podzimním období. Jarní odběr začíná, jakmile to dovolí půdní a klimatické podmínky a končí podle stavu vegetace nejpozději na konci května. Podzimní odběr začíná po sklizni obilovin a ukončuje se 30. listopadu.

Pověřená osoba zodpovídá za dodržování pracovních postupů po celou dobu odběru a měla by být vybavena přístrojem GPS (orientace v terénu, kontrola kvality odběru).

Menší lokality na pozemku s výrazně odlišnými půdními vlastnostmi se z odběru vylučují.

Půdní vzorky se odebírají výhradně sondovací tyčí pro AZZP, přičemž jeden průměrný vzorek se skládá minimálně z 30 vpichů. Při odběru je nutno vyloučit přimíchání zeminy z podorničí.

Konvenční odběr: při konvenčním způsobu odběru se plocha odběru vzorku prochází po úhlopříčce, jednotlivé vpichy se umisťují v pravidelných vzdálenostech.

Mobilní odběr s pomocí GPS: při mobilním odběru půdních vzorků najede motorové vozidlo do středu vzorkované plochy lokalizované souřadnicovým systémem. Pracovníci provádějící odběr půdních vzorků obcházejí motorové vozidlo a umisťují jednotlivé vpichy tak, aby reprezentovaly vymezenou plochu kruhu. Velikost poloměru kruhu je úměrná velikosti vzorkované plochy a činí pro 3 ha 70 m, pro 5 ha 80 m, pro 7 ha 100 m, pro 10 ha 120 m.

Průměrná plocha na jeden vzorek a hloubka vpichu

Orná půda: průměrná plocha na 1 půdní vzorek činí v bramborářské a horské oblasti 7 ha, v řepařské a kukuřičné oblasti 10 ha. Hloubka vpichu odpovídá mocnosti orničního profilu (max. 30 cm),

Trvalé travní porosty: průměrná plocha na 1 půdní vzorek je shodná s ornou půdou. Vzorky se odebírají do hloubky 15 cm s tím, že se drnová vrstva odstraňuje,

Chmelnice: jeden průměrný vzorek se odebírá z plochy 3 ha. U samostatných, na sebe nenavazujících chmelnic se odebírá jeden vzorek z každé chmelnice bez ohledu na její výměru. Hloubka odběru činí 40 cm, přičemž se odstraňuje vrchní 10 cm vrstva zeminy. Vzorky se odebírají v řadách rostlin, a to uprostřed mezi jednotlivými rostlinami,

Vinice: průměrný vzorek se odebírá z 2 ha, je třeba přihlížet k půdní vyrovnanosti a terénní členitosti. Na velkých svazích a při značné půdní nevyrovnanosti pozemku je třeba plochu na jeden vzorek přiměřeně zmenšit. Vzorek má být odebrán z plochy vysázené jednou odrůdou. U samostatných vinohradů, menších než jeden hektar, se odebírá průměrný vzorek bez ohledu na výměru. Terasy se rozdělí na spodní a vrchní část a z každé části se odebere samostatný vzorek. Z úzkých a dlouhých teras je možno odebrat jeden průměrný vzorek v případě, že půdní poměry jsou přibližně stejné a porost révy je vyrovnaný. Dílčí vzorky se odebírají v řadách rostlin, a to uprostřed mezi jednotlivými rostlinami. Vzorky se odebírají odděleně z profilu 0–30 a 30–60 cm, to znamená, že po odebrání zeminy z vrstvy 0–30 cm se rýčem odstraní tato vrstva a ze dna vzniklé jamky se odebere vrstva 30–60 cm,

Ovocné sady: průměrná velikost plochy pro odběr jednoho půdního vzorku činí 3 ha, přičemž je nutno brát v úvahu vyrovnanost půdy a terénní členitost. Dílčí vzorky se odebírají v řadách stromů (keřů), a to uprostřed vzdálenosti mezi nimi. Hloubka odběru činí 30 cm.

Odebrané vzorky se skladují výhradně v papírových sáčcích, které se předem označí kódem objednávky a číslem vzorku. Vzorky se v průběhu a po ukončení odběru ukládají na vhodném místě k sušení. Při sušení se sáčky otevřou, aby k zemině měl dostatečný přístup vzduch. Vzorky se nesuší v blízkosti jakéhokoli zdroje tepla nebo na místech vystavených přímému slunečnímu záření.

Sondovací tyč pro odběr půdních vzorků do 30 cm.

ÚPRAVA A PŘEDÁNÍ VZORKŮ

Vysušená zemina se prosévá sítem s průměrem ok 2 mm. Před prosévání je nutno odstranit případné rostlinné zbytky a skelet. Rozdrtit a prosít je nutno celý vzorek, nikoliv pouze množství postačující k naplnění vzorkovnice. Vzorkovnice se označí číslem vzorku. Číslo je shodné s označením na papírovém sáčku, z něhož byl vzorek vysypán do prosévačky.

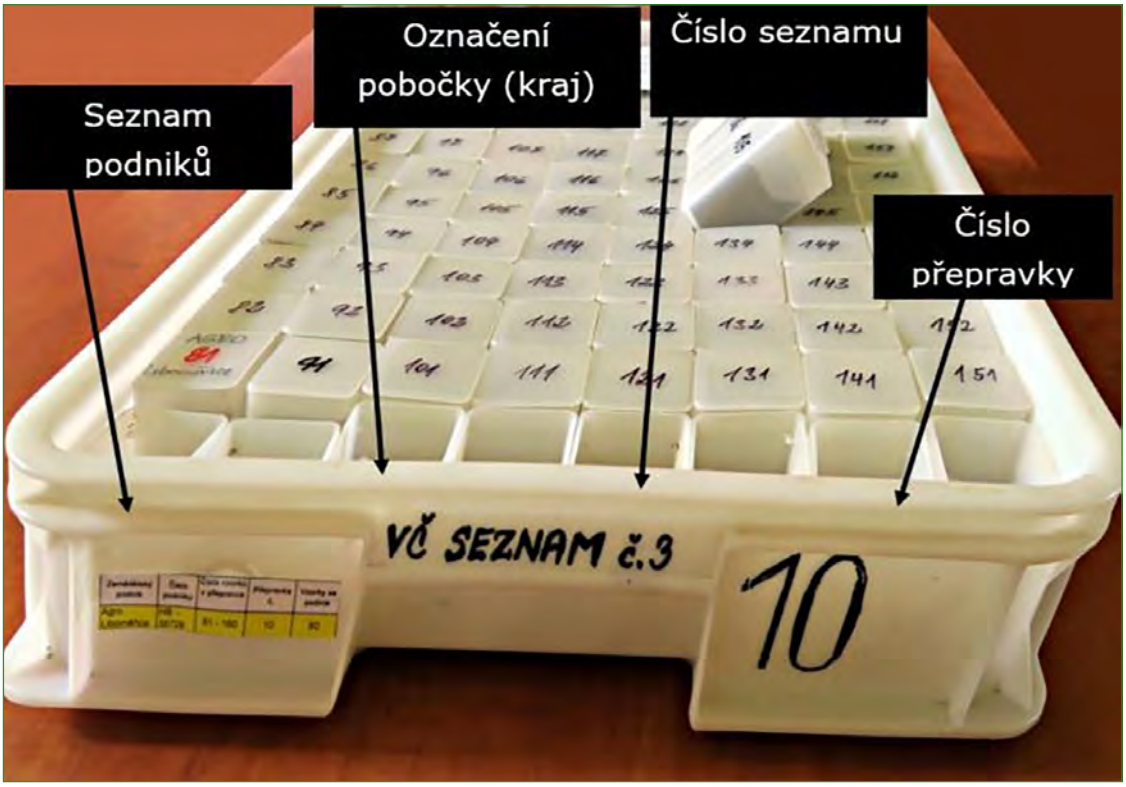
Vzorkovnice musí být naplněny minimálně ze tří čtvrtin, aby byl dostatek zeminy pro případné opakování některého z rozborů. Vzorkovnice se uloží do přepravek spolu se „Záznamem o obsahu přepravky“.

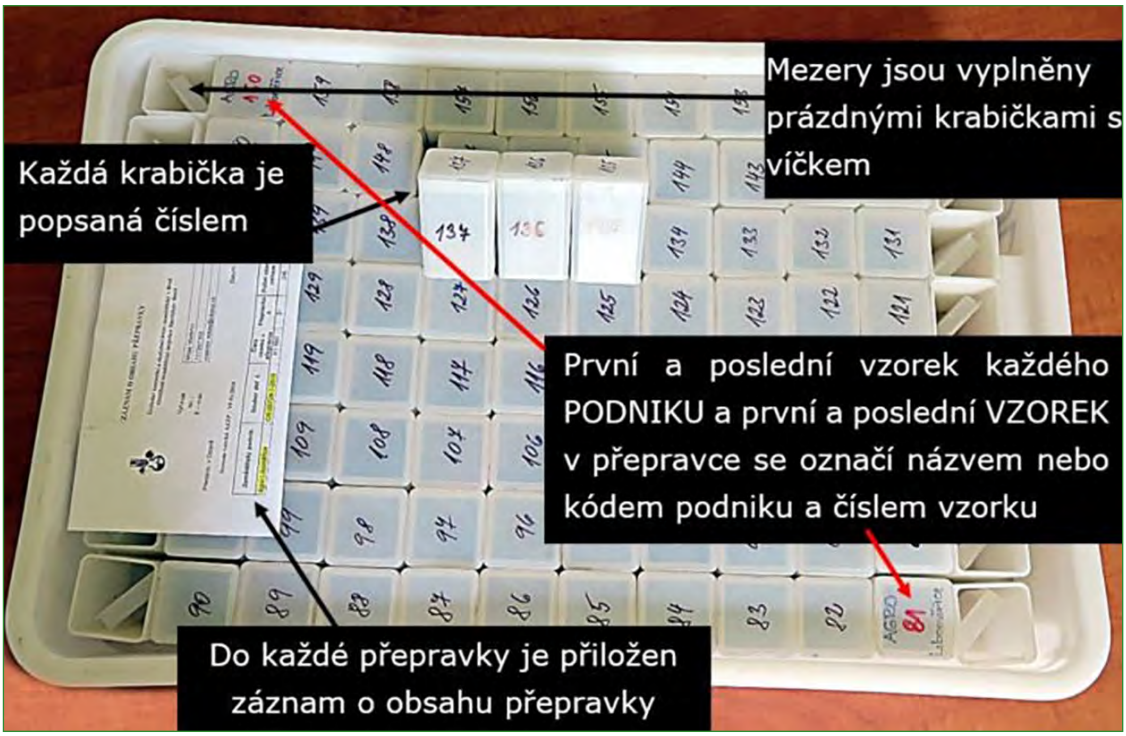
Pověřená osoba provádějící odběry půdních vzorků předá odebrané vzorky a dokumentační materiál ÚKZÚZ nejpozději do jednoho měsíce po ukončení odběru. „Hlášení o provedení odběru“ vyplní pověřená osoba po ukončení odběru. V něm je zapsána celková výměra orné půdy, trvalých travních porostů, vinic, chmelnic, ovocných sadů a zemědělské půdy celkem, prozkoušená výměra těchto druhů pozemků a počty odebraných vzorků.

Pověřená osoba fakturuje ÚKZÚZ za odběry prováděné v rámci AZZP po předání půdních vzorků a dokumentačního materiálu ve dvou termínech; do 30. června jarní odběr a do 10. prosince podzimní odběr.

Po úpravě se vzorky skladují v označených plastových uzavřených vzorkovnicích, ze kterých se navažují pro jednotlivé analýzy. Na obrázku jsou vzorky připravené pro provedení analýz v laboratoři.

Předepsané označování přepravek a vzorkovnic předávaných do laboratoře.





VÝSLEDKY A ZPRÁVY

Pověřený pracovník ÚKZÚZ zkontroluje údaje uvedené ve formuláři „Protokol o odběru vzorků“, zaeviduje změny a předá objednávku do laboratoře k provedení analýz. Po ukončení analýz eviduje datum převzetí výsledků z laboratoře, překontroluje úplnost výsledků a provede jejich agronomickou kontrolu.

Výsledky se ukládají automaticky na portálu farmáře, jakmile proběhne výpočet v aplikaci a po schválení a následném importu objednávky v LPIS. Výsledky rozborů půdních vzorků laboratoř doplní k údajům dříve zaznamenaným v objednávce. Obsah přístupných živin a mikroelementů se vyjadřuje v elementární formě v mg/kg, půdní reakce ve stupních pH. Aktuální kationtová výměnná kapacita se vyjadřuje v mmol chemických ekvivalentů na kg.

Zbytky vzorků se likvidují nejdříve po třech měsících od předání výsledků analýz.

Zpráva za odběrový rok: Výsledky jsou členěny podle územních celků ČR, krajů a bývalých okresů. Pro každý územně správní celek jsou sestaveny dvě tabulky. První tabulka uvádí vážené průměry analyticky stanovených hodnot živin. Druhá tabulka obsahuje základní statistické zpracování za průběžné šestileté období a vyhodnocení dat podle kritérií zásobenosti. V obou tabulkách jsou data členěna podle druhu pozemků (orná půda, chmelnice, vinice, ovocné sady, trvalé travní porosty) a v posledním sloupci jsou souhrny za zemědělskou půdu. Celostátní zpracování odběrového roku se provádí k 31. srpnu následujícího roku.

Porovnávací zpráva za cyklus zkoušení: Po skončení každého cyklu AZZP se vypracuje závěrečná zpráva podle výrobních oblastí, správních celků a za Českou republiku, která porovnává změny a trendy s předešlým šestiletým odběrovým cyklem. Zprávy jsou dostupné na www.ukzuz.cz.

Základní statistika změn průměrného obsahu živin na zemědělské půdě České republiky od roku 1990 do roku 2016

Druh pozemku	Cyklus zkoušení	Přezkoušená výměra [ha]	pH	P	K	Mg	Ca	Poměr K:Mg
				mg/kg				
Orná půda	**A:** 1990-1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3216	1,57
	B: 1993-1998	2 240 430	6,4	101	253	186	3235	1,36
	C: 1999-2004	1 754 529	6,3	97	223	184	3016	1,21
	D: 2005-2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2999	1,29
	E: 2011-2016	2 489 765	6,1	89	253	193	2956	1,31
	rozdíl A - E	**237 550**	**0,3**	**19,0**	**26,0**	**-15,0**	**260,0**	**0,3**
Chmelnice	**A:** 1990-1992	7 699	7,0	230	569	253	4300	2,25
	B: 1993-1998	6 343	6,9	229	573	274	4354	2,09
	C: 1999-2004	4 895	7,0	251	482	294	4103	1,64
	D: 2005-2010	5 210	6,5	282	500	301	3721	1,66
	E: 2011-2016	4 531	6,5	302	473	307	3642	1,54
	rozdíl A - E	**3 168**	**0,5**	**-72**	**96**	**-54**	**658**	**0,71**
Vinice	**A:** 1990-1992	10 157	7,3	129	414	357	7794	1,16
	B: 1993-1998	6 861	7,3	111	360	349	8029	1,03
	C: 1999-2004	5 071	7,3	103	324	340	8076	0,95
	D: 2005-2010	10 487	7,3	97	303	356	9387	0,85
	E: 2011-2016	3 032	7,2	106	335	316	7510	1,06
	rozdíl A - E	**7 125**	**0,1**	**23**	**79**	**41**	**284**	**0,1**
Ovocné sady	**A:** 1990-1992	21 417	6,7	143	428	266	4621	1,61
	B: 1993-1998	14 021	6,8	126	390	287	4803	1,36
	C: 1999-2004	8 411	6,8	131	362	283	4436	1,28
	D: 2005-2010	17 146	6,5	115	352	259	4219	1,36
	E: 2011-2016	13 541	6,4	115	342	235	3850	1,45
	rozdíl A - E	**7 876**	**0,3**	**28**	**86**	**31**	**771**	**0,16**
TTP	**A:** 1990-1992	348 529	6,0	77	213	213	2874	1,0
	B: 1993-1998	163 559	5,9	76	190	223	2812	0,85
	C: 1999-2004	302 496	5,7	78	204	211	2370	0,97
	D: 2005-2010	789 440	6,5	78	231	198	2146	1,17
	E: 2011-2016	257 305	5,5	71	232	199	2021	1,16
	rozdíl A - E	**91 224**	**0,5**	**6**	**-19**	**14**	**853**	**-0,16**

Zpráva o výsledcích AZZP pro zemědělce doplněná o odběrovou mapu obsahuje úvodní komentář, který zahrnuje legislativní předpisy pro provádění AZZP, podíl ÚKZÚZ na této činnosti a kritéria hodnocení agrochemických vlastností půdy. Zpravidla je doplněna stručným zhodnocením stavu a vývoje agrochemických vlastností půd s poukázáním na plochy s nepříznivými hodnotami agrochemických vlastností a upozorněním na jejich případný nežádoucí vývoj.

Tabulková část obsahuje sestavy v uvedeném pořadí:

- agrochemické vlastnosti pozemků
- potřeba vápnění v tunách CaO
- hodnocení poměru kationtů
- základní statistické zpracování

Výsledky AZZP jsou předávány Ministerstvu zemědělství a Ministerstvu životního prostředí, v odůvodněných případech i dalším orgánům státní správy.

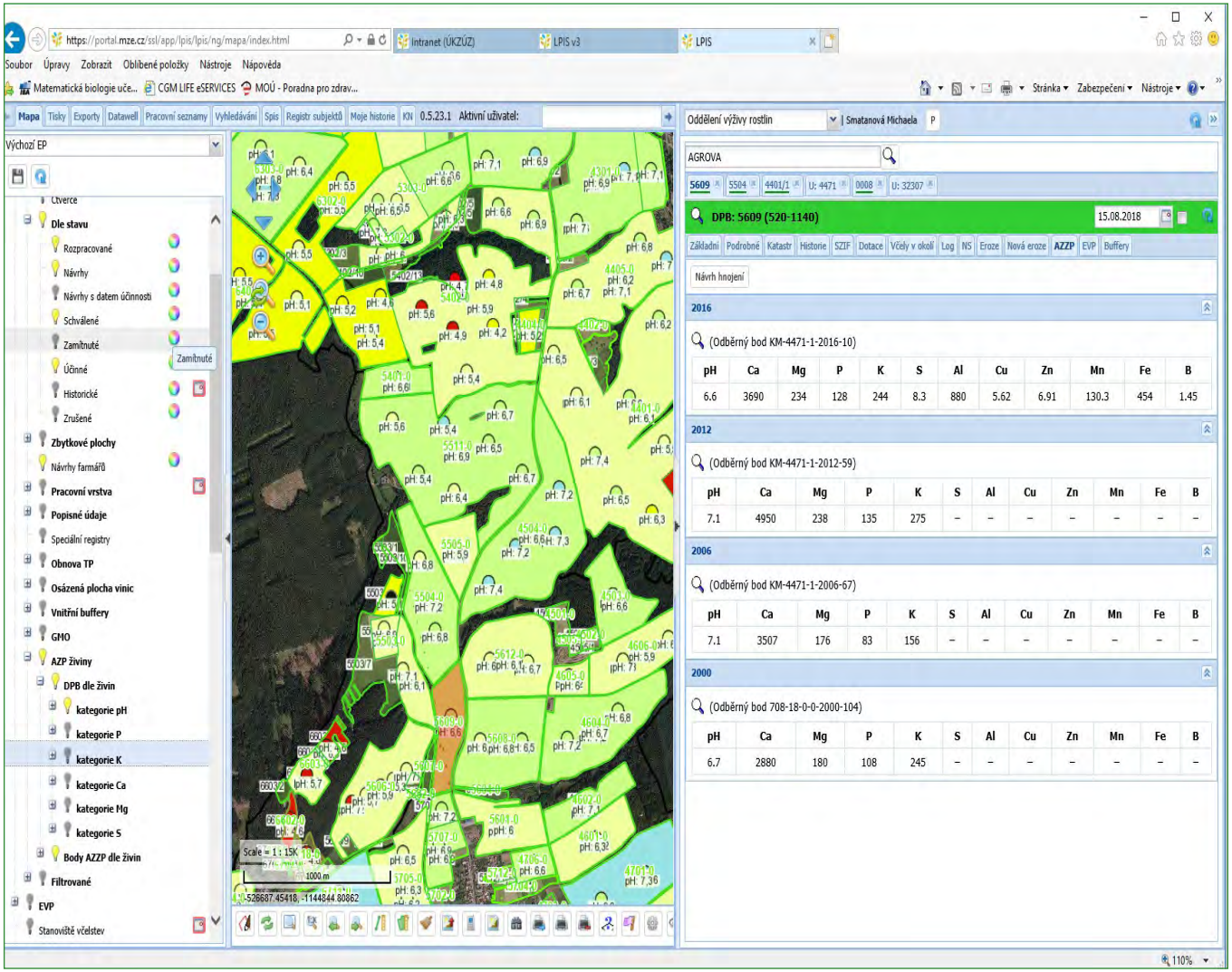
Na základě žádosti zemědělského subjektu a po zaplacení správního poplatku, je zpráva o výsledcích AZZP předána žadateli. Zpráva může být předána i osobně a její předání může být spojené s odbornou konzultací k výsledkům.

Zpráva o výsledcích AZZP, doplněná grafickou informací zásoby jednotlivých živin na pozemcích a výpočtem optimální potřeby hnojení (plány hnojení), je pro zemědělce k dispozici zdarma na internetovém portále MZe eAGRI.

Každý podnikatel v zemědělství, u něhož je agrochemické zkoušení provedeno, má k dispozici prvotní výsledky, průměry půdních vlastností podle pozemků, začlenění těchto vlastností podle kritérií hodnocení a stručnou zprávu o vývoji zásobenosti půd živinami s důrazem na pozemky, kterým je nutno věnovat zvláštní pozornost. Na základě těchto rozborů je možno stanovit optimální hnojení fosforem, draslíkem, hořčíkem a potřebu vápnění.

Příklad kategorizace půdní reakce zemědělského subjektu v LIPS

Příklad historického zobrazení výsledků analýz na dílu půdního bloku v odběrových letech 2016, 2012, 2006 a 2000.



KONTROLNÍ MECHANISMY AZZP

Kontrola pověřených osob

Posouzení technického vybavení provádí ÚKZÚZ při obdržení žádosti o vydání pověření k provádění odběru vzorků AZZP a dále na počátku každého nového cyklu zkoušení.

Posouzení kvality odběru půdních vzorků provádí ÚKZÚZ nejméně jednou ročně formou namátkové kontroly průběhu odběru půdních vzorků AZZP v terénu se zaměřením na dodržování pracovních postupů. Pověřená osoba má povinnost průběžně oznamovat ÚKZÚZ, v kterém katastru probíhá odběr.

Kontrola odběru vzorků pracovníkem ÚKZÚZ

Agronomická kontrola analytických výsledků

ÚKZÚZ překontroluje úplnost výsledků a posoudí jejich věrohodnost podle celkového charakteru dané oblasti. V případě výskytu odlehlých hodnot si vyžádá v laboratoři kontrolní rozbor. Pokud laboratoř potvrdí správnost původních výsledků, odlehlé hodnoty se označí a následně se nezahrnují do průměru pozemku.

Program pro vstup a vyhodnocení dat

Údaje identifikující vzorek (úplný popis místa odběru, kultury, druhu půdy a BPEJ podle příslušných map apod.) jsou předány elektronicky spolu se vzorky jako inicializační soubor laboratoři. Vyhodnocení podle tabulek kritérií, výpočet a případná korekce obsahu fosforu se provedou automaticky a uloží se do příslušné databáze konkrétního podniku. Vstup dat je automatizovaný a je možný i vstup měřených hodnot z Laboratorního informačního a řídicího systému (LIMS).

Program dále umožňuje výpočty potřebných statistik za vyšší územní celky a celou řadu dalších operací, které slouží pro vypracování přehledů pro MZe ČR.

STANOVENÍ

Analytické postupy pro Agrochemické zkoušení zemědělských půd (AZZP) ČR jsou v současné době velmi dobře propracované a umožňují stanovení všech údajů jak pro dlouhodobou strategii MZe ČR, tak i pro zjišťování stavu a trendů v zásobení půd živinami.

Používané postupy byly podrobně ověřeny a jsou k dispozici spolehlivé rovnice, s jejichž pomocí je možné navázat současné výsledky na výsledky zjištěné v minulosti jinými extrakčními postupy a na výsledky zjištěné v některých sousedních státech.

V této kapitole jsou shrnuty výsledky několika vývojových úkolů, které se týkaly stanovení síry, mikroelementů a rizikových prvků v extraktu podle Mehlicha 3. Dále jsou zde závěry vývojových úkolů věnované optimalizaci analýz extraktů metodou ICP-OES, využití poloautomatů pro stanovení výměnného pH, robustnosti extrakce podle Mehlicha 3, možnosti využití této metody pro stanovení obsahu fosforu v karbonátových půdách apod. Některé z těchto vývojových úkolů byly postupně publikovány v Bulletinu NRL. Tyto rozptýlené informace jsou zde nyní stručně shrnuty.

Podrobný popis jednotlivých stanovení je dostupný v Jednotných pracovních postupech ÚKZÚZ – Analýza půd (JPP-AP). Postupy novelizované jsou volně dostupné na www.ukzuz.cz. Pro orientaci v JPP-AP – a ostatně ve všech postupech ÚKZÚZ, slouží jednoznačné číselné označení těchto postupů, které je uvedené v závorce za názvem každého stanovení.

Simultánní optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem ICP OES 5100 VDV (Agilent Technologies) na pracovišti NRL ÚKZÚZ v Opavě.

PŘEHLED ANALYTICKÝCH STANOVENÍ

1. Orientačně se stanoví druh půdy prstovou zkouškou postupem 30260.1. Pro ověření správnosti uváděného druhu půdy v protokolech o odběru vzorků se zkouší omezený počet vzorků.
2. Stanoví se výměnné pH půd (pH/$CaCl_2$) podle postupu 30040.1. Pokud je stanovené pH nižší než 5,5, stanoví se v témže extraktu hodnota nasycení sorpčního komplexu půdy (modifikovaný Adams-Evans) podle postupu 30050.1.
3. Pokud je půda zařazena podle hodnoty pH do kategorie neutrální, alkalická nebo silně alkalická, stanoví se orientačně obsah uhličitanů podle postupu 30030.1.
4. Půda se extrahuje postupem 30068.1 podle Mehlicha 3 a pokud je pH/$CaCl_2$ půdy vyšší než 7,1, změří se pH extraktu po extrakci (použije se pH-metr nastavený na jeden kyselý a jeden neutrální pufr). Tato hodnota se použije pro korekci obsahu fosforu v půdách.
5. V extraktu podle Mehlicha 3 se postupem 30074.1 stanoví obsah jednotlivých prvků v požadovaném rozsahu (pouze základní živiny, rozšířené stanovení o obsah síry, hliníku a železa, rozšířené stanovení o obsah mikroelementů, rozšířené stanovení o vybrané rizikové prvky).
6. Vypočte se kationtová výměnná kapacita součtovou metodou podle postupu 30210.1. a vypočítá se hmotnostní poměr draslíku a hořčíku, vypočítá se index uvolnitelnosti fosforu a vypočítá se případná korekce zjištěného obsahu fosforu. Tyto výpočty provádí program pro hodnocení AZZP.
7. Ve vybraných vzorcích se metodou reflektanční spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIRS) stanoví obsah oxidovatelného a celkového uhlíku, celkového dusíku a glomalinu. Dále se stanoví stejnou metodou i barevný kvocient a případně další parametry charakterizující organickou hmotu půdy (metoda 30980.1).

Orientační určení druhu půdy hmatovou zkouškou (30260.1)

Zkouška je vhodná pro všechny druhy přirozených neporušených i porušených minerálních zemin.

Suchou lžičkou nebo nasypáním z krabičky se mezi palec a ukazováček přenese malé množství dobře zhomogenizované jemnozemě a po mírném ovlhčení se vzorek mne a roztírá. Přitom se sleduje jeho plasticita, žmolkování, mazlavost a drsnost. Jednotlivé zrnitostní frakce se projevují takto:

Písek (střední) je zřetelně zrnitý a drsný, někdy ostrý, nešpiní, nanejvýš barví sloučeninami železa, nepřijímá tvar,

Jemný písek je již méně výrazný **prach** se zmenšující se velikostí zrna, jen slabě špiní, je moučnatý, žmolkuje, je slabě tvarovatelný,

Jíl špiní, je mazlavý nebo mýdlovitý a je tvarovatelný.

Vlastnosti jednotlivých půdních druhů jsou pak výslednicí sumy vlastností zrnitostních frakcí v závislosti na jejich vzájemném hmotnostním poměru v daném vzorku.

Písčitá zemina má tedy vlastnosti písku, nelze ji tvarovat a vysušením se rozpadá.

Hlinitopísčitá zemina slabě špiní prsty a slabě udržuje tvar.

Písčitohlinitá zemina zřetelně špiní prsty a přijímá tvar, žmolkuje.

Hlinitá zemina silně špiní prsty a lze ji dobře tvarovat, je ještě přiměřeně zřetelně drsná.

Jílovitohlinitá zemina je slabě mýdlovitá, lze ještě postřehnout jednotlivá zrna jemného písku.

U **jílovité zeminy** a jílu se prohlubují vlastnosti jílu jako frakce.

Zeminy s vyšším obsahem jílu v závislosti na převládajícím druhu jílových minerálů při sušení tvrdnou a po úpravě se jeví jako směs ostrohranných drobtů. Ty se ve vodě často jen obtížně rozplavují a zpočátku se zdánlivě chovají jako písek, což může vést ke zcela chybnému výsledku zkoušky. Teprve trpělivým roztíráním mezi prsty za stálého odplavování uvolněného jílu se zjistí, že nejde o písek.

Současně se vizuálně sleduje přítomnost a druh skeletu a odhaduje se jeho celkový obsah a též obsah frakcí (2–4) mm – hrubý písek; (4–30) mm – štěrk; nad 30 mm – kamení.

Výsledky zkoušky se vyhodnocují a vyjadřují podle současně užívané Novákovy klasifikační stupnice a systému komplexního průzkumu půd pro hodnocení skeletu. Novákova klasifikační stupnice má 7 stupňů a odhadnutý půdní druh se vyjádří příslušným symbolem podle tabulky. Používání velkých písmen je méně vhodné tam, kde se současně vyskytují symboly půdních typů, složené výlučně nebo převážně z velkých písmen.

Půdní druh, Novákova klasifikační stupnice.

Půdní druh	Symbol	Označení půdního druhu
Písčitá	P (p)	lehká – L
Hlinitopísčitá	HP (hp)	
Písčitohlinitá	PH (ph)	střední – S
Hlinitá	H (h)	
Jílovitohlinitá	JH (jh)	těžká – T
Jílovitá	JV (jv)	
Jíl	J (j)	

Správnost výsledků zkoušky závisí na cviku a zkušenosti zkoušející osoby. Cvik lze získat častým zkoušením ověřených jemnozemí, zkušenost pak jen dlouhodobým vykonáváním zkoušek s co největším počtem vzorků. Zkušený pracovník dokáže v rozpětí (0–20) % jílu (< 0,002 mm) rozeznat rozdíl 5 % této frakce v jemnozemi.

Platí, že zeminy mezi písčitou a hlinitou se rozlišují dobře, těžké (s jílem) poněkud hůře. Podobně mezi dvěma zkoušejícími osobami je v prvním případě neshoda při zařazení téže jemnozemě o jeden stupeň spíše výjimečná, v druhém případě se vyskytuje poněkud častěji.

Orientační stanovení obsahu uhličitanů (30260.1)

Stanovení se provádí u půd s pH/$CaCl_2$ nad 6,8. Metoda je založena na rozkladu uhličitanů kyselinou chlorovodíkovou. Vývin plynného oxidu uhličitého se hodnotí subjektivně.

Do mělké porcelánové misky nebo kádinky se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou se přidá asi 1 g upraveného půdního vzorku. Podle intenzity vývinu plynů a doby, po kterou dochází k jejich uvolňování, se určí přibližný obsah uhličitanů ve vzorku podle tabulky.

Orientační určení obsahu uhličitanů v půdě.

Vývin plynů	Obsah uhličitanů (% $CaCO_3$)	Hodnocení AZZP (% $CaCO_3$)
Žádný nebo téměř žádný	méně než 0,3	0
Slabý	0,3–1	1
Zřetelný	1–5	3
Intenzivní a dlouhotrvající	více než 5	5

Stanovení výměnného pH půd extrakcí 0,01M $CaCl_2$ (30040.1)

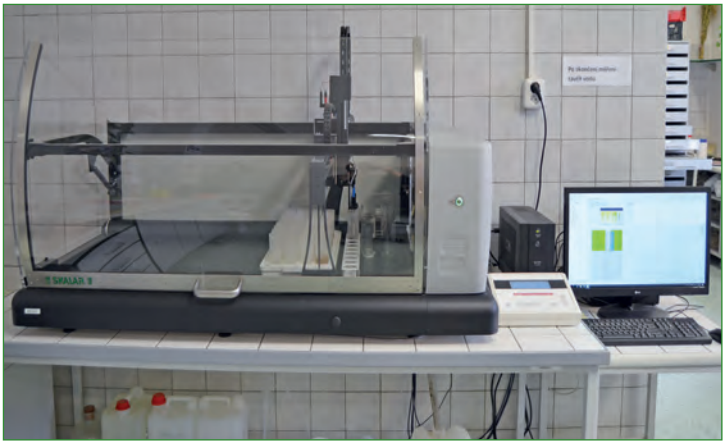
Mezi vyluhovacím roztokem a půdou dojde k ustavení rovnováhy mezi ionty vodíku v roztoku a ionty vodíku vázanými v sorpčním komplexu půdy. Aktivita iontů vodíku se měří vhodným pH-metrem v půdní suspenzi skleněnou iontově selektivní elektrodou.

Příprava půdní suspenze

Do vhodné nádoby se naváží 10 g upraveného půdního vzorku, přidá se 50 ml extrakčního roztoku a extrahuje se na mechanické třepačce (60 ± 10) min. Po extrakci se ponechá suspenze 1 h v klidu a po této době se měří. Celková doba kontaktu půdy s roztokem před měřením pH nemá převýšit 4 h. Těsně před vlastním měřením se suspenze opět promíchá.

Kalibrace pH-metru a měření

Přístroj se uvede do provozu podle doporučení výrobce. Kalibruje se na nejméně dva tlumivé roztoky. Rozdíl teplot mezi tlumivými roztoky a půdní suspenzí nesmí být vyšší než 1 °C. Suspenze se těsně před měřením promíchá. Hodnota pH se odečítá s přesností na dvě desetinná místa.



Robotický analyzátor firmy Skalar na stanovení pH v půdách lze využít pro měření pH v různých extraktech. Proces měření zahrnuje automatickou kalibraci sondy, přídavek roztoků, míchání atd.

Stanovení podílu H^+ v sorpčním komplexu půdy – modifikovaná metoda podle Adamse a Evanse (30050.1)

Oproti metodě uvedené v JPP-AP z roku 2016 došlo k modifikaci postupu. Cílem bylo odstranění 4-nitrofenolu z přidávaného pufru. Celý modifikovaný postup je uvedený na **www.ukzuz.cz.**

Zjištění podílu H^+ v sorpčním komplexu půdy se v AZZP využívá pro přesnější určení aktuální (efektivní) kationtové výměnné kapacity součtovou metodou. Metoda je založena na lineární závislosti mezi pH a H^+ v některých pufrech. Změna pH pufru v přítomnosti půdy závisí na obsazení sorpčního komplexu ionty H^+ a na navážce půdy. Stanovení podílu H^+ v sorpčním komplexu půdy je významné především u kyselých půd.

Je třeba mít na paměti, že tlumivý roztok podle Adamse a Evanse způsobí disociaci i těch výměnných míst, která při běžném pH půdy nedisociují a tím mírně nadhodnocuje výsledky. U půd, které mají výměnné pH vyšší než 5,5, je zpravidla příspěvek H^+ k celkové aktuální (efektivní) kationtové kapacitě prakticky zanedbatelný (je srovnatelný s celkovou chybou stanovení). Proto i v rámci AZZP se toto stanovení provádí jen v půdách o výměnném pH nižším než 5,5 a běžně se provádí především u lesních půd.

Do půdní suspenze vzorků po měření výměnného pH (postup 30040.1) se přidá 10 ml modifikovaného tlumivého roztoku podle Adamse a Evanse a suspenze se ihned promíchává asi 30 s a po 10 a 20 min stání se promíchání po dobu 30 s opakuje. Po 30 min od přidání tlumivého roztoku se opět promíchá a měří se pH na nastaveném pH-metru při mírném míchání s přesností na dvě desetinná místa.

Snížení hodnoty pH je úměrné výměnné aciditě. Změna o 0,10 jednotek pH odpovídá 8 mmol H^+ na 1 kg půdy.

Příprava půdního extraktu podle Mehlicha 3 (30068.1)

Postup je použitelný pro všechny půdy upravené podle postupu 30010.1.

Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na hliník. V roztoku je přítomen i dusičnan amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. Přítomnost EDTA zajišťuje dobrou uvolnitelnost nutričně významných mikroelementů.

Do uzavíratelné plastové nádobky o objemu (200–400) ml se naváží 10,0 g upraveného půdního vzorku (jemnozem I). Dávkovacím zařízením nebo odměrným válcem se přidá (100 ± 0,5) ml extrakčního roztoku podle Mehlicha 3 a po uzavření se extrahuje na rotační třepačce 10 min. Po extrakci se suspenze ihned filtruje přes hustý filtrační papír. Těsně před filtrací se obsah promíchá. První podíl filtrátu se nepoužije. Především při stanovení mikroelementů a rizikových prvků je vhodnější nahradit filtraci odstředěním asi 5 min při 3000 g.

Velkoobjemová centrifuga Rotanta 460 je v laboratořích ÚKZÚZ používaná pro přípravu extraktů půd podle Mehlicha 3.

Analýza extraktu podle Mehlicha 3 metodou ICP-OES (30074.1)

Postup je určen především pro stanovení obsahu základních živin vápníku, hořčíku, draslíku, fosforu a dále nutričně významných prvků jako je síra, měď, zinek, železo, mangan, bor a případně rizikových prvků v extraktech půd podle Mehlicha 3 (postup č. 30068.1).

Aerosol vzorku se proudem argonu přivede do argon-argonového plazmatu, ve kterém dojde vlivem vysoké teploty k termické excitaci a ionizaci atomů prvků. Při jejich přechodu do stavu s nižší energií (následné de-excitaci) dojde k vyzáření charakteristických kvant, která odpovídají záření o určité vlnové délce. Měřením

intenzity emitovaného záření na vhodné vlnové délce stanovovaného prvku se určí koncentrace daného prvku ve vzorku metodou kalibrační křivky.

Při požadavku na stanovení boru je třeba zamezit kontaminaci vzorků i standardních roztoků tímto prvkem. Je doporučeno používat v celém postupu přípravy kalibrace výhradně plastové nádobí. Kalibrační roztoky s obsahem boru je vhodné připravovat nejlépe v plastových kalibrovaných odměrných baňkách nebo roztoky ihned po úpravě objemu převézt do plastových nádob. To platí i pro pomocné roztoky pro přípravu extrakčního činidla.

Stanovení fosforu touto metodou dává výsledky vyšší než stanovení spektrofotometrické, protože se stanovuje celkový obsah fosforu v extraktu. Při spektrofotometrickém stanovení se stanovuje pouze fosfor přítomný jako fosforečnan. Pro vyhodnocení obsahu fosforu ve vzorku je vždy nutné použít kritéria vypracovaná pro konkrétní metodu stanovení. Ta jsou dostupná jak pro stanovení spektrofotometrické, tak pro stanovení metodou ICP-OES.

Obsahy rizikových prvků v půdních extraktech ze vzorků běžného AZZP mohou být velmi nízké a mohou se nacházet pod mezí stanovitelnosti přístroje ICP-OES. Citlivost přístroje ICP-OES je vhodné předem ověřit.

Při měření se obvykle vychází z podmínek doporučených výrobcem přístroje. Pro každý přístroj je třeba optimalizovat zejména průtoky jednotlivých plynů, optimální výšku pozorování, výkon plazmy, vybrat vhodné vlnové délky a odečet pozadí. Tyto parametry mohou významně ovlivnit míru možných interferencí při měření.

Po dostatečně dlouhé době teplotní stabilizace plazmatu se přístroj kalibruje s použitím připravených sad kalibračních standardů. Poté se měří reálné vzorky extraktů. Extrakty vzorků se měří obvykle bez ředění. Při překročení rozsahu kalibračních křivek je nutné extrakty vzorků ředit extrakčním roztokem podle Mehlicha 3.

Nová úprava metody se týká kalibračních standardů. Původně bylo doporučeno uchovávat je v chladu. Podle dlouholetých zkušeností je vhodnější uchování při laboratorní teplotě, kdy jsou stálé nejméně 3 týdny.

Při přípravě kalibračních standardů je také možné vynechat přídavek roztoku fluoridu amonného a EDTA. Je vhodné připravovat oddělené sady kalibračních roztoků tak, aby odpovídaly aktuálnímu požadavku. Například jedna sada pro P, K, Mg, Ca, S, Fe a Al, druhá sada pro Cu, B, Zn, Mn a třetí sada pro rizikové prvky. V praxi se z rizikových prvků stanovuje zpravidla pouze kadmium a tento prvek je možné přidat do druhé sady kalibračních standardů.

Doporučené vlnové délky pro měření prvků na ICP-OES

Prvek	Vlnová délka (nm)
P	177,495
Mg	279,553
Ca	317,933
K	766,491
B	249,773
Zn	213,856
Mn	259,373
Fe	261,187
Cu	324,754
Al	308,215
S	182,034
As	189,042
Cd	228,802; 214,438
Pb	220,353
Ni	231,604
Cr	267,716
Be	313,042
Co	228,616
V	292,464
Mo	202,095

FOSFOR

Stanovení rostlinám přístupného fosforu je náročný úkol a bylo třeba odpovědět na několik otázek:

- *Jaký je vztah mezi stanovením fosforu spektrofotometricky a stanovením metodou ICP-OES?*
- *Jak interpretovat výsledky stanovení v karbonátových půdách?*
- *Je možné využít výsledky stanovení i pro určení indexu uvolnitelnosti (retence) fosforu?*

Hledání odpovědí na tyto otázky byla věnována celá řada vývojových úkolů. Výsledky jsou stručně shrnuty v následujících kapitolách.

Extrakce fosforu v karbonátových půdách

Při stanovení fosforu v karbonátových půdách dochází ke zvýšení pH kyselých extrakčních roztoků v průběhu extrakce a tím ke snížení jejich extrakční účinnosti. Tento proces sice probíhá obdobně i v půdách, u kterých je příjem fosforu rostlinami v karbonátových půdách snížený, ale snížení extrakční účinnosti činidel je zpravidla vyšší než snížení přijatelnosti fosforu rostlinami. Proto je nutné hledat vhodné korekční postupy, které by kompenzovaly sníženou extrakční účinnost kyselých extraktantů.

Prakticky využitelné jsou tři možné postupy:

- *Korekce na základě změny pH extrakčního činidla v průběhu extrakce.*
- *Zvýšení koncentrace kyselin v extrakčním roztoku tak, aby nedošlo k významnému snížení pH v průběhu extrakce.*
- *Snížení navážky půdy při zachování objemu extrakčního činidla.*

První způsob – korekce na základě měření změny pH extrakčního činidla v průběhu extrakce – navrhli Deller a Zorn pro extrakční činidlo CAL. Obdobný postup navrhl i Zbíral pro extrakci podle Mehlicha 3 a tato korekce je v systému AZZP již řadu let využívána.

Další možný postup je založen na experimentálně ověřeném vztahu mezi pH a obsahem vápníku. Podle obsahu extrahovaného vápníku bylo k extrakčnímu roztoku individuálně pro extrakci příslušné půdy přidáno určité množství koncentrované kyseliny dusičné a provedena nová extrakce a měření.

Třetí postup – snížení navážky půdy pro extrakci tak, aby nedošlo k nežádoucí změně pH extrakčního činidla, je postup známý například ze stanovení fosforu v extrakčním roztoku podle Egnera.

Pro postupy, kdy dojde ke změně složení extrakčního činidla (přídavek kyseliny) nebo změně poměru extrakčního činidla a půdy (změna navážky), byl ověřován

vliv této změny nejen na obsah extrahovaného fosforu, ale i na extrahovatelnost K, Mg a Ca.

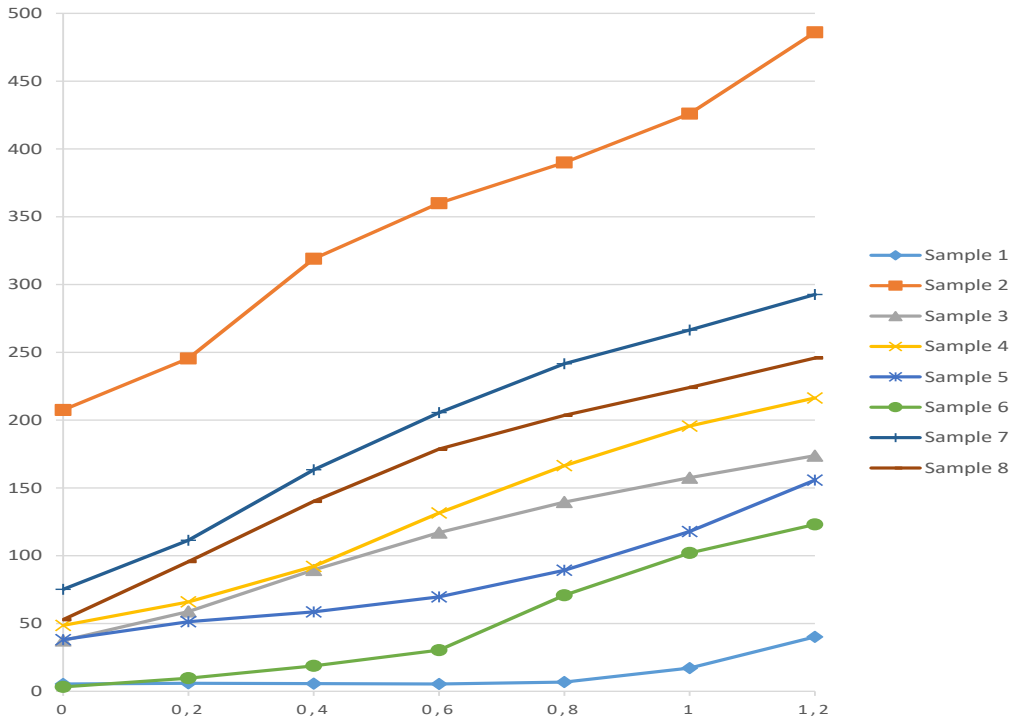
Z provedených měření a vyhodnocení výsledků vyplývá:

1) Přídavek koncentrované kyseliny dusičné na základě předchozího stanovení obsahu vápníku je možným postupem pro korekci vlivu karbonátů, ale vyžaduje opakování extrakce a zároveň dává poměrně vysoké hodnoty fosforu, které pravděpodobně neodpovídají snížené schopnosti rostlin přijímat fosfor z těchto půd. Zároveň dochází k ovlivnění hodnot Mg, které je nežádoucí. Výhodou je, že extrahovatelnost draslíku je při této korekci ovlivněna jen málo.

2) Snížení navážky zvýší relativní obsah kyselin a dalších součástí extrakčního roztoku v poměru k extrahované půdě. Tím se zvýší obsah extrahovaného fosforu přibližně stejně, jako při přídavku kyseliny. Snížení navážky půdy však má významný vliv na zvýšení extrahovatelnosti draslíku, které je nežádoucí. Tento jev je přičítán relativnímu zvýšení koncentrace amonných iontů v extrakčním roztoku. Tyto ionty velmi efektivně vytěsňují draslík ze sorpčního komplexu půdy.

3) Korekce prováděná v současném systému AZZP pravděpodobně mírně podhodnocuje reálné přístupné obsahy fosforu pro nízké obsahy fosforu. I přes tuto nevýhodu je tento postup stále nejlépe použitelný.

Vliv přídavku kyseliny dusičné k extrakčnímu činidlu (vodorovná osa, údaje v ml koncentrované kyseliny dusičné) na extrakci fosforu z různých půd (svislá osa, extrahovaný P v mg/kg).



Korekce snížené extrakční účinnosti roztoku podle Mehlicha 3

V AZZP se používá postup s korekcí hodnot stanoveného fosforu podle metodiky AZZP, ale neprovádí se další korekce hodnot na snížení příjmu fosforu na karbonátových půdách, protože ta je již zahrnuta do početní korekce. Bylo by však určitě vhodné další ověření a úprava rovnice na základě výsledků polních a případně nádobových pokusů na karbonátových půdách.

Pro půdy o pH/$CaCl_2$ > 7,1 se pH extrakčního roztoku změří ve filtrátu po extrakci.

Pokud hodnota pH extrakčního činidla po extrakci je vyšší než 3,3, vypočítá se faktor Pr podle experimentálně zjištěného vztahu:

$$\mathbf{Pr = 0{,}0661pH^2 - 0{,}9768pH + 3{,}4747}$$

V tomto vztahu hodnota pH znamená pH extrakčního činidla změřená po extrakci.

Ze změřené hodnoty fosforu (P) se vypočítá korigovaná hodnota (P_0) podle vztahu

$$\mathbf{P_0 = P/Pr}$$

Příklad

U vzorku byla zjištěna hodnota pH/$CaCl_2$ = 7,6, bylo změřeno pH extrakčního činidla po extrakci pH = 4,2. Zjištěná hodnota fosforu v extraktu podle Mehlicha 3 byla 15 mg/kg.

$$\mathbf{Pr = 1{,}166004 - 4{,}10256 + 3{,}4747 = 0{,}53818}$$

$$\mathbf{P_0 = P/Pr = 15/0{,}53818 = 27{,}87 \cong 28}$$

Korigovaná hodnota obsahu přístupného fosforu je 28 mg/kg.

Index uvolnitelnosti fosforu (PM3-index)

Hnojení fosforem je vhodné provádět tak, aby současně s uspokojením potřeb rostlin byly dostatečně ochráněny povrchové i podzemní vody před kontaminací tímto prvkem. Celá řada studií se věnuje úpravám hnojení na základě určitých indexů, které zohledňují schopnost půdy vázat fosfor.

Do systému AZZP byl navržen PM3-index, vypočítaný jako molární poměr obsahu fosforu a součtu obsahů železa a hliníku stanovených metodou Mehlich 3 na přístroji ICP-OES.

Výpočet z hodnot měření extraktu podle Mehlicha 3 se provádí podle vzorce:

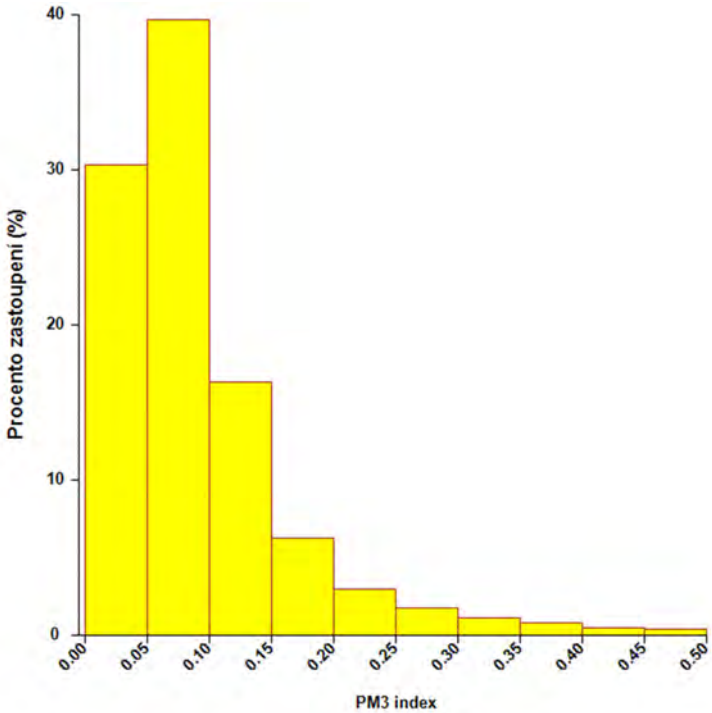
$$\mathbf{(P/30{,}974)/((Al/26{,}982)+(Fe/55{,}847))}$$

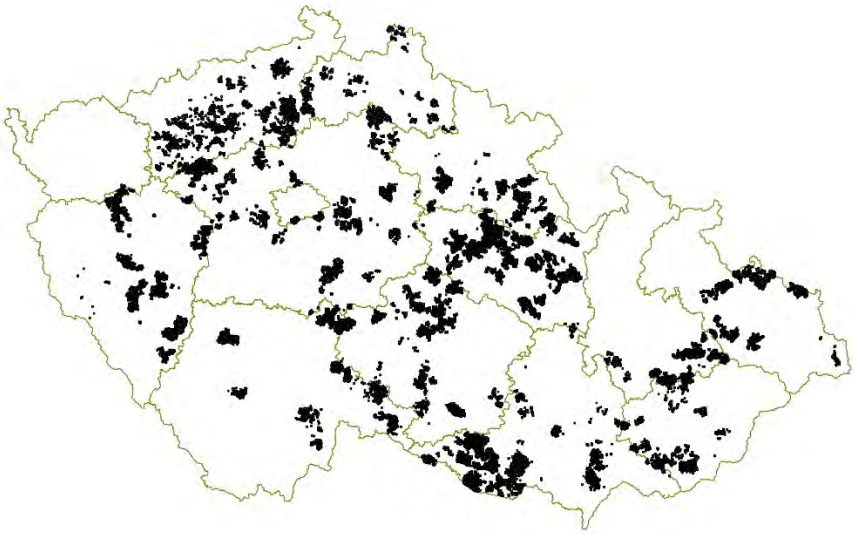
kde P, Fe, Al jsou obsahy těchto prvků stanovené v extraktu podle Mehlicha 3 v mg/kg. V případě karbonátových půd se pro výpočty používá hodnota fosforu po korekci na neutralizaci extrakčního činidla.

PM3-index roste s rostoucím obsahem fosforu a s klesajícím obsahem železa a hliníku. Kritická hodnota PM3-indexu, kdy je již třeba zvažovat vliv hnojení fosforem

na životní prostředí, je 0,2. Pozemkům s vyšší hodnotou PM3-indexu je třeba věnovat zvýšenou pozornost a vyhodnotit vliv hnojení fosforem na možnou kontaminaci vod.

Na obrázku je uveden histogram procentického zastoupení hodnot PM3 indexu pro vzorky z AZZP 2011–2016. (35 553 vzorků, které odpovídají 274 041 ha, viz mapka). Z histogramu je zřejmé, že vyšší hodnoty PM3-indexu jsou jen na poměrně malé výměře půd ČR.





Histogram procentického zastoupení půd podle PM3-indexu a rozsah prozkoušené výměry, ze které je histogram vypočítán.

Porovnání stanovení fosforu metodou ICP-OES a metodou spektrofotometrickou

Metoda spektrofotometrická stanovuje výhradně fosfor ve formě fosforečnanové, metoda ICP-OES stanovuje veškerý vyextrahovaný fosfor. Výsledky stanovení metodou ICP-OES jsou pro všechny běžné zemědělské půdy asi o 10 % vyšší než výsledky metody spektrofotometrické. Vztah mezi metodou spektrofotometrickou a metodou ICP-OES je velmi těsný, a proto byl použit pro přepočet kritérií. Návrh kritérií po přepočtu uvádí tabulka 14 v kapitole „HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ“.

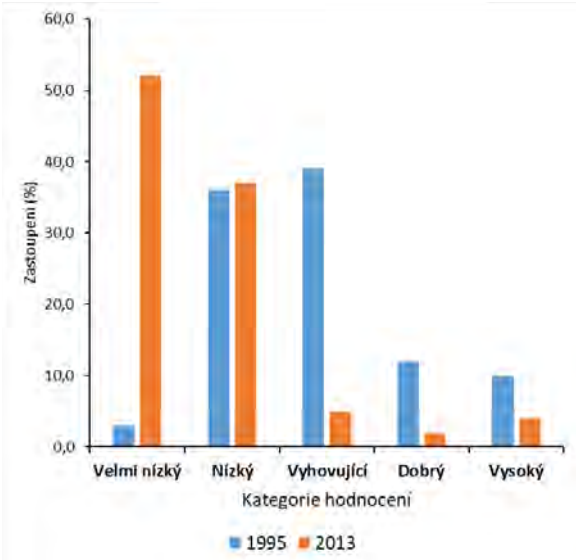
SÍRA

Zájem o síru v ČR již řadu let narůstá úměrně se snižováním obsahu síry v atmosférických spadech a s rozšiřováním pěstování plodin s vyššími nároky na tuto živinu. Stanovení síry metodou ICP-OES je velmi výhodné. Stanoví se sice celkový obsah síry v extraktu a není možné rozlišit její jednotlivé formy, ale pro potřeby výživy rostlin je celkový obsah síry v extraktu zpravidla vyhovující.

Pro ověření vhodnosti extrakce síry metodou Mehlich 3 byly provedeny tři experimenty:

- *V prvním experimentu se porovnaly výsledky stanovení síry po extrakci podle Mehlicha 3 v archivních vzorcích z Bazálního monitoringu zemědělských půd vzorkované v roce 1995 a v roce 2013 (139 vzorků).*
- *V dalším experimentu se porovnaly výsledky stanovení na souboru půd z oblastí s vyššími ztrátami síry (1167 vzorků) a v půdách reprezentujících běžné půdy ČR (720 vzorků).*
- *Třetí experiment porovnal výsledky archívních vzorků půd z dlouhodobých polních pokusů ÚKZÚZ vzorkované v roce 1981 a 2017.*

Všechny tyto experimenty jednoznačně prokázaly, že metoda Mehlich 3 je schopná velmi dobře určit oblasti, kde je nutné věnovat výživě sírou větší pozornost. Bylo také prokázáno, že od roku 1981 poklesla průměrná hodnota obsahu síry na stanovištích dlouhodobých polních pokusů z 33 mg/kg na pouhých 8 mg/kg. Z výsledků Bazálního monitoringu, které dobře reprezentují stav v ČR, pak bylo zjištěno, že pokles mezi roky 1995 a 2013 byl z 26 mg/kg na 17 mg/kg. Extrakce podle Mehlicha 3 také jednoznačně prokázala, že více než 52 % půd, vytipovaných jako problematických z hlediska výživy sírou, mělo obsah síry v kategorii velmi nízké a nízké.



Distribuce vzorků podle kritérií zásobenosti sírou v půdách Bazálního monitoringu zemědělských půd v letech 1995 a 2013.

RIZIKOVÉ PRVKY

V extraktu podle Mehlicha 3 je možné při použití metody ICP-OES stanovit simultánně i rizikové prvky. Pro možnost alespoň orientačního vyhodnocení výsledků bylo nutné určit vztah mezi metodou, která je pro stanovení rizikových prvků určena legislativou (extrakce lučavkou královskou) a metodou Mehlich 3.

V rámci rozsáhlého vývojového úkolu bylo provedeno porovnání pro vzorky z Registru kontaminovaných ploch, které byly analyzovány oběma metodami. Z porovnání mediánů obsahů jednotlivých prvků stanovených oběma metodami je zřejmé, že metoda Mehlich 3 extrahuje velmi dobře Cd, Pb a Be. U ostatních prvků je poměr obsahů stanovených v lučavce královské k obsahům stanoveným v extrakčním činidle Mehlich 3 v rozmezí 10–20 a v případě Cr je to dokonce téměř 150.

Vztahy mezi metodami byly vyhodnoceny lineární regresí. Nejvíce uspokojivé byly výsledky pro Cd, Be, Cu, As (Cd R^2= 0,83; Be R^2= 0,73; As R^2= 0,54 a Cu R^2= 0,69).

Méně vypovídající regresní modely pak byly získány pro V, Zn a Pb.

U dalších sledovaných rizikových prvků (Cr, Ni, Co) jsou vzájemné korelace velmi nízké nebo téměř žádné (Cr R^2 = 0,11; Ni R^2 = 0,16; Co R^2 = 0,20).

Stanovení obsahu Mo metodou Mehlich 3 není vhodné. Toto extrakční činidlo vykazuje pro Mo velmi nízkou extrakční účinnost. Obsahy všech analyzovaných vzorků byly pro Mo pod mezí stanovitelnosti a regresní závislosti nebylo možné z tohoto důvodu vyhodnotit.

Popisná statistika souboru experimentálních dat

Prvek	n	M3 [mg/kg]	AR [mg/kg]	AR/M3
As	382	0,400	10,065	25,2
Cd	489	0,156	0,236	1,5
Cr	599	0,215	31,590	147
Cu	596	3,379	17,715	5,2
Ni	599	2,020	20,930	10,4
Pb	585	6,530	19,960	3,1
Zn	599	4,701	70,310	15,0
Co	599	1,310	10,200	7,8
Be	346	0,300	1,168	3,9
V	599	1,500	43,290	28,9

Legenda: *n- počet vzorků, M3 – Mehlich 3, AR – lučavka královská*

Zejména v případě Cd je možné metodu Mehlich 3 vhodně využít pro efektivní a levný screening obsahů tohoto prvku v zemědělských půdách.

Navrhované preventivní hodnoty pro As, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, Co, V, Be v zemědělských půdách extrahovaných činidlem Mehlich 3 ve vztahu k lučavce královské je možné využít pro monitorování půdní kontaminace uvedenými rizikovými prvky. Následně, po potvrzení podezření na kontaminaci, je však nutné provést stanovení podle platné legislativy (Vyhláška č. 153/2016 Sb). Orientační preventivní hodnoty v extraktu Mehlich 3 jsou nastavené tak, aby pravděpodobnost výskytu falešně negativních výsledků byla minimální.

V případě některých prvků, u kterých nebyly regresní závislosti zcela akceptovatelné (např. Cr, Ni, Co, V), byl pro jejich hrubý odhad použitý medián výsledků datového souboru.

Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg/kg sušiny), Vyhláška č. 153/2016 Sb. z 9. 5. 2016

Kategorie půd	**lučavka královská (mg/kg)**										
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
BP	20	2,0	0,5	30	90	60	0,3	50	60	130	120
LP	15	1,5	0,4	20	55	45	0,3	45	55	120	105

BP – běžné půdy; LP – lehké půdy

Návrh preventivních hodnot obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě po extrakci půd v činidle Mehlich 3 (vztaženo na preventivní hodnoty v lučavce královské dle Vyhlášky č. 153/2016 Sb.). V případě Co, Cr a Ni jde jen o hrubý odhad.

Kategorie půd	**Mehlich 3 (mg/kg)**										
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
BP	0,7	0,6	0,3	3,75	0,6	18		4,5	18	4,5	20
LP	0,5	0,45	0,2	2,5	0,4	13		4,0	15	4,0	10

BP – běžné půdy; LP – lehké půdy

KATIONTOVÁ VÝMĚNNÁ KAPACITA

Kationtová výměnná kapacita (KVK) půdy se může definovat jako míra kapacity půdy vázat výměnné kationty. KVK tedy indikuje sumu náboje přítomného v definovaném množství půdy. Permanentní náboj je nezávislý na pH a iontové síle a vzniká záměnou kationtu o vyšším mocenství (Al, Si) kationtem o nižším mocenství (např. Mg) v aluminosilikátových minerálech půdy. Další náboj závisí především na hodnotě pH a vzniká disociací H^+ organické hmoty půdy, hydratovaných oxidů kovů a některých dalších součástí půdy.

KVK se vyjadřuje v mmol chemických ekvivalentů na kg půdy. Je běžné i vyjádření v mekv/100 g, resp. cmol(+)/kg.

Sorpční komplex půd je v ČR nasycen zpravidla Ca^{2+}, K^+ a Mg^{2+}. Ve výměnné formě se však mohou vyskytnout i další kationty (Na^+, NH_4^+, Cu_2^+ apod.). V kyselých půdách je takto vázán i Al^{3+}, H^+ a Fe^{3+}.

Celková (potenciální, maximální) kationtová výměnná kapacita je hodnota, která udává celkovou výměnnou schopnost půdy při vyšším pH (zpravidla pro pH > 8), to znamená včetně nábojů vzniklých disociací při tomto pH.

Při stanovení aktuální (efektivní) kationtové výměnné kapacity se nejčastěji využívá vytěsnění výměnných iontů ze sorpčního komplexu roztokem vhodné soli při pH půdy a následného změření koncentrace vytěsněných kationtů v extraktu.

V systému AZZP se provádí pouze hrubý odhad KVK na základě výpočtu z obsahu kationtů vytěsněných extrakčním činidlem Mehlich 3. U kyselých půd, kde je významný i podíl H^+ v sorpčním komplexu, se provede i orientační stanovení tohoto podílu. Metoda je samozřejmě zatížená značnou chybou při využití pro karbonátové půdy, ale u ostatních půd je vhodným indikátorem poměru kationtů v sorpčním komplexu půdy. I přes nepřesnosti v celkové hodnotě KVK jsou tyto poměry (např. K/Mg) poměrně spolehlivé. Velkou výhodou orientačního stanovení je, že má minimální nároky na další stanovení. Využijí se výsledky stanovení živin metodou Mehlich 3. Pouze u kyselých půd se provede stanovení H^+ v sorpčním komplexu půdy. Všechny výpočty jsou zahrnuty do programu hodnocení AZZP a provedou se automaticky po vložení hodnot, ze kterých se výpočet provádí.

Stanovení kationtové výměnné kapacity součtovou metodou (30210.1)

Za předpokladu, že prakticky všechna výměnná místa sorpčního komplexu půdy jsou obsazena vápníkem, hořčíkem, draslíkem a u kyselých půd vodíkem, je možné vypočítat hodnotu kationtové výměnné kapacity a zastoupení jednotlivých kationtů v sorpčním komplexu půdy z výsledků stanovení těchto prvků metodou Mehlich 3. Nasycení sorpčního komplexu vodíkem se stanoví metodou dvojího měření pH. Stanovení zastoupení H^+ v sorpčním komplexu půdy je významné pouze pro silně kyselé půdy. V ostatních případech je možné tento příspěvek ke kationtové výměnné kapacitě zanedbat.

Zastoupení kationtů vodíku dvojím měřením pH

Modifikovaná metoda podle Adamse a Evanse

$$H^+ = 10 \times (8 - pH) \times 8$$

Změna pH tlumivého roztoku o 0,1 odpovídá 8 mmol H^+/kg.

H^+ zastoupení kationtů vodíku v sorpčním komplexu půdy (mmol/kg),

pH hodnota pH měřená po přidání tlumivého roztoku k půdní suspenzi.

Kationtová výměnná kapacita

$$KVK = Ca/20{,}04 + Mg/12{,}1525 + K/39{,}098 + H^+$$

Zastoupení jednotlivých kationtů v sorpčním komplexu půdy

% Ca = 100 × Ca/(KVK × 20,04)

% Mg = 100 × Mg/(KVK × 12,1525)

% K = 100 × K/(KVK × 39,098)

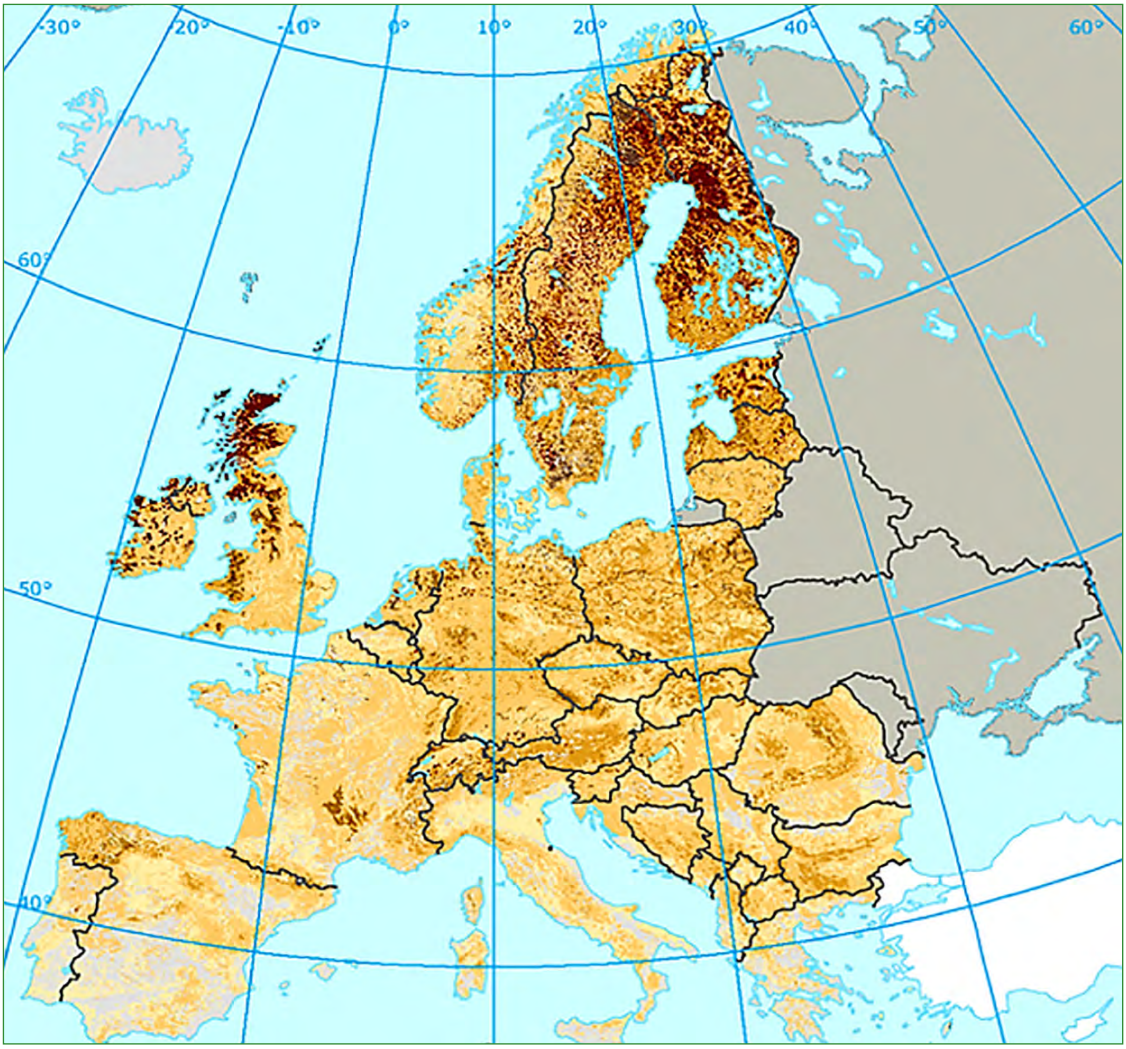
% H = 100 × H^+/KVK

% (Ca, Mg, K, H^+)	zastoupení jednotlivých kationtů v sorpčním komplexu půdy (%),
(Ca, Mg, K, H^+)	obsah jednotlivých prvků zjištěný metodou podle Mehlicha 3 (mg/kg),
KVK	kationtová výměnná kapacita (mmol chem.ekv./kg),
Ca, Mg, K, Na	obsah jednotlivých prvků zjištěný metodou podle Mehlicha 3 (mg/kg),
H+	zastoupení kationtů vodíku v sorpčním komplexu půdy zjištěné dvojím měřením pH (mmol/kg).

Zařízení pro laboratorní potenciální kationtové výměnné kapacity.

ORGANICKÁ HMOTA PŮDY

Organická hmota půdy (SOM) je téma v současné době široce diskutované především v souvislosti s omezováním nepříznivých vlivů zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře na změny klimatu. Pozitivní vliv půdní organické hmoty (SOM) na vlastnosti půdy a její úrodnost je známou skutečností. Dalším pozitivním vlivem je i následné zlepšení zádrže vody v krajině a také schopnost půdy stát se zásobníkem uhlíku. Především v této souvislosti byla na Pařížském summitu v prosinci 2015 uveřejněna iniciativa 4/1000, jejímž cílem je zvýšit obsah SOM v půdě o 4 promile ročně a tím omezit vliv emisí oxidu uhličitého na globální změny klimatu. Tato aktivita je jednoznačně přínosná, protože by zároveň, kromě omezení klimatické změny, umožnila zlepšení kvality půdy. Nicméně zůstává zde mnoho otazníků a nedořešených problémů.



Obsah SOM v Evropě. Obrázek publikovaný EC-JRC, 2010.

Využití metody NIRS pro stanovení vybraných parametrů organické hmoty půdy

Metoda je v současné době používána pro stanovení obsahu oxidovatelného uhlíku, celkového uhlíku, celkového dusíku, barevného kvocientu a glomalinu v lesních půdách, orných půdách i trvalých travních porostech. Z NIRS spekter je možné (a to i dodatečným zpracováním) určit i další parametry, pro které je nalezen vztah mezi parametrem stanoveným referenční metodou a metodou NIRS. Vývoj NIRS metody je založen na vytvoření kalibrační rovnice, která kvantifikuje vztah mezi změřeným NIRS spektrem a hodnotou stanovenou laboratorní referenční metodou. Metoda NIRS je použitelná pouze tehdy, jestliže je vztažena na přesnou a správnou hodnotu stanovenou laboratorní referenční metodou. Výsledky neznámých vzorků pro danou matrici a parametr se vyhodnocují softwarově s použitím složitých matematických a statistických postupů aplikovaných na vytvořené kalibrační modely. Metoda byla z iniciativy ÚKZÚZ standardizována a v současné době je platná jako společná evropská a mezinárodní norma (EN ISO 17184:2014. Soil quality – Determination of carbon and nitrogen by near-infrared spectrometry).

Princip stanovení

Vzorky půd (standardně upravené půdy, 2 mm prosev, na vzduchu vysušené) se měří metodou NIRS ve spektrální oblasti (1100–2500) nm s reflektanční detekcí. Sledované parametry se vyhodnocují matematickými statistickými postupy z kalibračního modelu. Kalibrační model pro určitý parametr vyjadřuje míru korelace mezi výsledky získanými NIRS metodou a laboratorní referenční metodou a pro jeho vytvoření je potřeba získat dostatečně obsáhlý soubor vzorků změřených oběma metodami. Měření probíhá v pevném stavu, nedestruktivně.

NIR spektrometr pro reflektanční měření pevných vzorků.

ROBUSTNOST METODY MEHLICH 3

Rozsah a cíl porovnání

Cílem ověření bylo zjistit, jak je metoda Mehlich 3 ovlivňována případnými změnami postupu. V rozsáhlém vývojovém úkolu byl zkoumán:

1. *vliv teploty,*
2. *vliv doby extrakce,*
3. *vliv doby stání před a po filtraci,*
4. *vliv filtrace oproti odstředění,*
5. *vliv různého složení kalibračních roztoků.*

Tyto parametry byly v menším rozsahu ověřeny na začátku používání metody Mehlich 3, ale nebyly znovu ověřeny pro nová rozšířená stanovení.

Vliv uvedených faktorů byl sledován na souboru 43 vzorků půd z archivu MPZ. Tento soubor vzorků zahrnoval různé druhy půd s různou hodnotou pH a různými obsahy stanovovaných prvků (některé hodnoty jsou uvedené v tabulce). Získané výsledky se vyhodnotily lineární regresí. Pro jednodušší interpretaci byla použita rovnice **y = bx,** kde hodnota **y** byla vždy metoda uvedená v Jednotných pracovních postupech (např. doba extrakce 10 min, teplota 20 °C apod.). Byla testována statistická významnost koeficientu **b.** V tabulkách v následujících kapitolách je uvedena průměrná hodnota koeficientu **b** a dále jeho minimální a maximální hodnota. Pokud interval mezi minimální a maximální hodnotou obsahoval číslo **1,** pak byly rozdíly mezi porovnávanými variantami postupu vyhodnoceny jako statisticky neprůkazné.

Jak je dále podrobněji uvedeno, metoda Mehlich 3 je velmi robustní a drobné odchylky neovlivní výsledek ani pro nově zavedené prvky, měřené v tomto extrakčním činidle. Relativně největší vliv má doba kontaktu půdy s extrakčním činidlem a dále teplota extrakčního činidla. Až na výjimky, (některé půdy s velmi vysokým nebo extrémně nízkým pH), nebyl prokázán vliv časové prodlevy mezi přípravou extraktu a vlastním měřením obsahu prvků, připravený extrakt je stabilní.

Znalost vlivů jednotlivých parametrů na extrakci umožnila upravit postup tak, aby významné vlivy byly v co největší míře eliminovány a bylo dosaženo vysoké míry shody na každém pracovišti i mezi jednotlivými laboratořemi.

Rozsah obsahů jednotlivých prvků ve studovaných vzorcích (hodnoty v mg/kg s výjimkou pH)

Prvek	Al	B	Cu	Fe	Mn	S	Zn	Ca	K	Mg	P	pH
Nejnižší obsah	49	<0,5	0,53	79,6	4,07	16,2	2,4	<30	34,5	12	13	3,84
Nejvyšší obsah	2586	3,94	54,8	850	425	147	540	16 740	1 776	553	775	7,69

Vliv teploty při extrakci

Vliv teploty extrakčního činidla je vzhledem k poměrně krátké době extrakce, významnější než teplota místnosti. Extrakce byla provedena při teplotě 15, 20 a 25 °C. Z tabulky je zřejmé, že rozdíly byly statisticky neprůkazné ve všech případech. Nicméně průměrné hodnoty koeficientu b při 15 °C byly vždy větší než 1, kdežto při 25 °C byly tyto hodnoty v několika případech menší než 1 a je zde tudíž možné vypozorovat, že při vyšší teplotě bude účinnost extrakce poněkud vyšší. Je však velmi důležité, že vliv teploty není statisticky významný a pro dosažení kvalitních výsledků je postačující požadavek na práci při laboratorní teplotě nebo alespoň s extrakčním činidlem temperovaným na laboratorní teplotu.

Vliv teploty extrakčního činidla na extrahovatelnost jednotlivých prvků (vztažná hodnota 20 °C)

	15 °C			25°C		
Prvek	**průměr b**	**min. b**	**max. b**	**průměr b**	**min. b**	**max. b**
Al	**1,099**	0,974	1,292	**0,978**	0,919	1,060
B	**1,060**	0,947	1,170	**1,012**	0,908	1,170
Ca	**1,054**	0,988	1,169	**1,030**	0,959	1,095
Cu	**1,003**	0,611	1,272	**0,992**	0,665	1,378
Fe	**1,101**	0,959	1,244	**0,982**	0,883	1,065
K	**1,018**	0,924	1,094	**0,994**	0,893	1,043
Mg	**1,043**	0,982	1,111	**1,005**	0,891	1,067
Mn	**1,090**	0,991	1,242	**1,029**	0,951	1,110
P	**1,013**	0,870	1,119	**1,006**	0,865	1,180
S	**1,051**	0,952	1,183	**1,008**	0,941	1,077
Zn	**1,057**	0,883	1,641	**0,995**	0,579	1,281

Vliv doby mezi extrakcí a odstředěním

Filtrace byla provedena ihned, po 30 min stání a po 1 h stání. Z tabulky je zřejmé, že rozdíly byly většinou statisticky neprůkazné. Výjimka byla u hliníku a manganu, kde byl statisticky průkazný mírný nárůst hodnot s časem. I pro většinu dalších prvků je zřetelný shodný trend, i když statisticky neprůkazný. Pro minimalizaci možných odchylek je tedy vhodné ihned po extrakci zamezit dalšímu kontaktu půdy s extrakčním roztokem. Toho je možné dosáhnout dekantací na filtrační papír (nepřenášet na něj extrahovanou půdu) nebo dekantací do centrifugačních zkumavek.

Vliv doby stání mezi extrakcí a filtrací (odstředěním), vztažná hodnota – bez prodlevy

	30 minut			60 minut		
	průměr b	**min. b**	**max. b**	**průměr b**	**min. b**	**max. b**
Al	**0,925**	0,728	0,989	**0,904**	0,771	0,995
B	**1,004**	0,729	1,268	**0,997**	0,729	1,224
Ca	**0,986**	0,781	1,109	**0,970**	0,808	1,058
Cu	**1,062**	0,879	1,683	**1,086**	0,671	2,197
Fe	**0,948**	0,777	1,053	**0,929**	0,791	1,079
K	**0,978**	0,927	1,023	**0,974**	0,923	1,005
Mg	**0,970**	0,832	1,017	**0,946**	0,795	0,992
Mn	**0,938**	0,779	0,992	**0,916**	0,689	0,986
P	**1,015**	0,858	1,220	**1,031**	0,929	1,341
S	**0,985**	0,905	1,044	**0,962**	0,882	1,024
Zn	**0,966**	0,724	1,563	**0,962**	0,520	1,489

Vliv doby mezi odstředěním a měřením

Měření extraktu se provedlo do 1 h, po 3 h a po 6 h. Ani po 6 hod nebyl zjištěn žádný statisticky významný vliv ani trend. Tato skutečnost je významná, protože doba mezi oddělením půdy od extrakčního činidla a měřením je zpravidla delší (měření vyžaduje určitý čas). Z výsledků je však zřejmé, že tato doba nemá na výsledky žádný vliv, a to až do 6 hodin. Delší prodleva se v praxi nepředpokládá, protože se doporučuje provést měření v den extrakce.

Vliv doby stání mezi filtrací (odstředěním) a měřením, vztažná hodnota – bez prodlevy

	3 hodiny			6 hodin		
Prvek	průměr b	min. b	max. b	průměr b	min. b	max. b
Al	**1,008**	0,967	1,392	**1,007**	0,950	1,525
B	**0,996**	0,857	1,212	**1,007**	0,897	1,136
Ca	**1,018**	0,978	1,077	**1,000**	0,964	1,071
Cu	**0,996**	0,802	1,050	**0,989**	0,770	1,022
Fe	**1,006**	0,971	1,134	**1,008**	0,965	1,119
K	**1,002**	0,971	1,021	**1,000**	0,979	1,030
Mg	**1,033**	0,949	1,058	**1,036**	0,989	1,091
Mn	**1,004**	0,908	1,029	**0,993**	0,929	1,017
P	**0,998**	0,897	1,088	**0,997**	0,894	1,086
S	**1,010**	0,958	1,094	**1,003**	0,925	1,073
Zn	**0,999**	0,713	1,059	**0,992**	0,672	1,059

Optimalizace složení kalibračních roztoků

V některých případech byla pozorována nižší stabilita kalibračních standardních roztoků, která byla přičítána především přítomnosti fluoridu v roztoku. Proto bylo provedeno porovnání třech způsobů přípravy standardních roztoků:

- *s úplným modelováním matrice (standardy připravené v extrakčním roztoku Mehlich 3),*
- *s částečným modelováním matrice (vynechán přídavek EDTA a fluoridu amonného),*
- *bez modelování matrice (standardy připraveny v deionizované vodě)*

Tyto tři sady kalibračních standardů byly proměřeny při stejném nastavení přístroje, a to tak, že přístroj byl nastaven na běžně používanou kalibrační křivku s úplným modelováním matrice a pro toto nastavení přístroje byly kalibrační standardy s odlišnou matricí proměřeny jako vzorky. Výsledky byly vyhodnoceny párovým t-testem a v žádném případě nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Toto porovnání bylo provedeno pouze na jednom přístroji. Vzhledem k tomu, že matriční efekty jsou silně závislé na způsobu vnášení vzorku do plazmy, který se může významně lišit, bylo rozhodnuto, že standardní roztoky budou připravovány s modelováním matrice na hlavní komponenty extrakčního roztoku a bude vynechán pouze přídavek EDTA a fluoridu amonného. Tato úprava byla doplněna do JPP Analýza půd I.

Vliv filtrace a odstředění

Byla porovnána filtrace extraktů půd přes kvantitativní filtry s odstředěním. Mezi postupy nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ani pro jeden ze sledovaných prvků. V rámci AZZP bylo přistoupeno k postupnému dovybavení pracovišť tak, aby bylo používáno pouze odstředění. Tento postup je nezávislý na případné kontaminaci šarže filtračních papírů, dochází k významné úspoře filtračních papírů a ke snížení objemu laboratorního odpadu.

HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Výsledky získané v rámci AZZP je možné vyhodnotit za pomoci následujících tabulek. V této kapitole jsou tabulky pro větší přehlednost číslovány.

VÝMĚNNÁ PŮDNÍ REAKCE

Půdní reakce je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících půdní úrodnost. Kritéria hodnocení půdní reakce, půdní druh a optimální reakci půdy udávají tabulky 1 a 2.

Tabulka 1.
Kritéria hodnocení půdní reakce

Hodnota pH	Půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6–5,0	silně kyselá
5,1–5,5	kyselá
5,6–6,5	slabě kyselá
6,6–7,2	neutrální
7,3–7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tabulka 2.
Druh půdy dle optimálního pH

Druh půdy	optimální pH
písčitá	5,5 (+/– 0,2)
hlinitopísčitá	6,0 (+/– 0,2)
písčitohlinitá	6,5 (+/– 0,2)
hlinitá, jíl	7,0 (+/– 0,5)

Zemědělské plodiny pěstované v bramborářské oblasti jsou lépe přizpůsobeny nižším hodnotám pH než plodiny řepařských oblastí (tabulka 3).

Tabulka 3. Nároky vybraných plodin na půdní reakci

Plodina	pH	Plodina	pH
žito ozimé	4,8–7,1	luční trávy	5,3–6,2
pšenice ozimá	6,0–7,2	srha, jílek	6,7–7,1
ječmen jarní	6,2–7,5	Salát	5,7–6,8
oves	4,7–7,3	Mrkev	5,2–6,7
brambory	4,7–6,2	řepa červená	6,5–7,1
cukrovka	6,7–7,4	Kapusta	6,4–7,0
kukuřice	5,5–6,8	Zelí	7,0–8,4
hrách setý	5,7–7,0	Cibule	6,8–8,5
bob obecný	6,0–6,6	Okurky	5,7–7,5
řepka ozimá	6,0–7,5	Rajčata	6,0–6,9
mák	6,3–7,2	Peckoviny	6,2–8,0
slunečnice	5,7–6,2	Jádroviny	6,0–8,0
jetel luční	5,4–6,7	Bobuloviny	5,5–7,0
vojtěška	6,7–7,8	Jahodník	4,5–6,5

POTŘEBA VÁPNĚNÍ

Účelem vápnění je dosáhnout a udržet optimální rozpětí pH v půdě. Změny reakce půdy (okyselování) jsou způsobeny především vyplavením zásaditých složek (vápník, hořčík) v oblastech s vyššími srážkami, jejich odčerpáním rostlinami, používáním fyziologicky kyselých hnojiv, kyselými spady z ovzduší atd. Dávky vápenatých hnojiv jsou určeny především kulturou (orná půda, sady, TTP) a zrnitostí půdy (půda lehká, střední, těžká). Vápnění rozlišujeme na meliorační a udržovací. Melioračním vápněním rozumíme jednorázové použití vyšší dávky vápenatých hnojiv, které může rychle zvýšit pH půdy na optimální stav. Udržovací vápnění zajistí udržení současného stavu reakce půdy doplněním ročních ztrát vápníku. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv podle jednotlivých kultur jsou uvedeny v tabulkách 4–7.

Tabulka 4. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv – t $CaO.ha^{-1}$ –
orná půda a ovocné sady

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	tuny $CaO.ha^{-1}$	pH	tuny $CaO.ha^{-1}$	pH	tuny $CaO.ha^{-1}$
do 4,5	1,20	do 4,5	1,50	do 4,5	1,70
4,6–5,0	0,80	4,6–5,0	1,00	4,6–5,0	1,25
5,1–5,5	0,60	5,1–5,5	0,70	5,1 - 5,5	0,85
5,6–5,7	0,30	5,6–6,0	0,40	5,6–6,0	0,50
		6,1–6,5	0,20	6,1–6,5	0,25
				6,6–6,7	0,20

Tabulka 5. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v t $CaO.ha^{-1}$ –
trvalé travní porosty

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	tuny $CaO.ha^{-1}$	pH	tuny $CaO.ha^{-1}$	pH	tuny $CaO.ha^{-1}$
do 4,5	0,50	do 4,5	0,70	do 4,5	0,90
4,6–5,0	0,30	4,6–5,0	0,50	4,6–5,0	0,70
		5,1–5,6	0,25	5,1–5,5	0,35
				5,6–6,0	0,20

Tabulka 6. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v t $CaO.ha^{-1}$ –
vinice

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
do 4,5	0,60	do 4,5	1,00	do 4,5	1,30
4,6–5,0	0,45	4,6–5,0	0,70	4,6–5,0	0,90
5,1–5,5	0,30	5,1–5,5	0,50	5,1–5,5	0,60
5,6–6,0	0,20	5,6–6,5	0,30	5,6–6,5	0,40
				6,6– 6,9	0,20

Tabulka 7. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v t $CaO.ha^{-1}$
chmelnice

pH	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
	tuny $CaO.ha^{-1}$		
do 4,5	0,60	1,00	1,30
4,6–5,0	0,45	0,70	0,90
5,1–5,5	0,30	0,50	0,60
5,6–6,5	0,20	0,30	0,40
6,6–6,9	0,20	0,20	0,20

Příklad výpočtu dávky vápenatých hnojiv:

V předchozích tabulkách se vybere podle kultury, druhu půdy a reakce půdy (zjištěné rozborem) dávku vápenatého hnojiva. Potřeba vápnění se udává v tunách $CaO.ha^{-1}$, při přepočtu na mletý vápenec je třeba toto množství násobit x 2 a u páleného vápna přibližně x 1,2 (mletý vápenec obsahuje přibližně 50 % CaO a pálené vápno asi 80 % CaO). Vzhledem k nedokonalému promísení v půdě se nedoporučuje jednorázově překročit dávky CaO, uvedené v tabulce 8.

Překročí-li potřeba vápnění uvedené dávky, je třeba vápnit opakovaně v krátkých intervalech, nejlépe do 2 let.

Tabulka 8. Maximální jednorázová dávka CaO na 1 hektar

Půdní druh	maximální dávka CaO ($t.ha^{-1}$)
písčitá (lehká)	1,0
hlinitopísčitá (lehká)	1,5
písčitohlinitá (střední)	2,0
hlinitá (střední)	3,0
jílovitohlinitá, jílovitá (těžká)	5,0

OBSAH UHLIČITANŮ

Pokud byl na pozemku zjištěn obsah uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého nad 0,3 %, je možné vynechat vápnění až do příštího cyklu AZZP. Obsah alkalicky účinných karbonátů brání okyselení půdy na řadu let, popř. trvale. Kategorie půd z hlediska obsahu uhličitanů uvádí tabulka 9a a 9b.

Tabulka 9a. Kategorizace půd podle obsahu uhličitanů

Půdy	% uhličitanů
nevápnité	do 0,3 %
slabě vápnité	0,3–3,0 %
vápnité	3,1–25,0 %
slíny	25,1–60,0 %
vápenaté zeminy	nad 60,0 %

Tabulka 9b. Hodnocení obsahu uhličitanů

Obsah uhličitanů v %	Hodnocení obsahu uhličitanů
0	žádný
0,1–0,5	nízký
0,6–3,0	střední
3,1–5,0	vysoký
Nad 5,0	velmi vysoký

OBSAHY PŘÍSTUPNÝCH ŽIVIN P, K, Mg, Ca

Zdrojem živin v půdě jsou matečné horniny, hnojiva, atmosféra, zbytky rostlin apod. Z celkového obsahu živin v půdě je pro rostliny aktuálně využitelný pouze velmi malý podíl (přibližně asi 5 %). Systém hnojení vychází z předpokladu dosažení dobré zásoby živiny v půdě. Základním důvodem je to, že na výživě rostlin se podílejí především živiny ze staré půdní síly a mnohem méně živiny dodané hnojivem. Platí tedy stav, že fosforem, draslíkem, hořčíkem a vápníkem hnojíme půdu, ne rostliny. Rozborem jsou zjišťovány živiny v čisté formě (ne ve formě oxidů, které jsou udávány u minerálních hnojiv). Při stanovení obsahu přístupných živin metodou Mehlich 3 se díky lepšímu vytěsnění jednotlivých prvků z půdního sorpčního komplexu zvyšují hodnoty obsahů živin v půdě. U fosforu je to o 20 %, u draslíku a hořčíku o 3–4 % v porovnání s dříve používanou metodou Mehlich 2. K tomu je třeba přihlížet při případném porovnávání výsledků rozborů provedených před rokem 1999. Kategorie zásobenosti přístupnými živinami a kritéria hodnocení výsledků udávají tabulky 10–13.

Tabulka 10. Orná půda

Obsah	FOSFOR (mg.kg^{-1})	DRASLÍK (mg.kg^{-1})			HOŘČÍK (mg.kg^{-1})			VÁPNÍK (mg.kg^{-1})		
		lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
Nízký N	Do) 50	do 100	do 105	do 170	do 80	do 105	do 120	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující VH	51–80	101–160	106–170	171–260	81–135	106–160	121–220	1001-1800	1101-2000	1701-3000
Dobrý D	81–15	161–275	171–310	261–350	136–200	161–265	221–330	1801-2800	2001-3300	3001-4200
Vysoký V	116–185	276–380	311–420	351–510	201–285	266–330	331–460	2801-3700	3301-5400	4201-6600
velmi vysoký VV	nad 185	nad 380	nad 420	nad 510	nad 285	nad 330	nad 460	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka 11. Trvalé travní porosty

Obsah	FOSFOR (mg.kg^{-1})	DRASLÍK (mg.kg^{-1})			HOŘČÍK (mg.kg^{-1})			VÁPNÍK (mg.kg^{-1})		
		lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
Nízký N	do 25	do 70	do 80	do 110	do 60	do 85	do 120	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující VH	26–50	71–150	81–160	111–210	61–90	86–130	121–170	1001–1800	1101–2000	1701–3000
Dobrý D	51–90	151–240	161–250	211–300	91–145	131–170	171–230	1801–2800	2001–3300	3001–4200
Vysoký V	91–50	241–350	251–400	301–470	146–220	171-245	231–310	2801–3700	3301–5400	4201–6600
velmi vysoký VV	nad 150	nad 350	nad 400	nad 470	nad 220	nad 245	nad 310	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka 12. Sady, vinice (speciální kultury)

Obsah	FOSFOR (mg.kg^{-1})	DRASLÍK (mg.kg^{-1})			HOŘČÍK (mg.kg^{-1})			VÁPNÍK (mg.kg^{-1})		
		lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
Nízký N	do 55	do 100	do 125	do 180	do 80	do 105	do 170	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující VH	56–100	101–220	126–250	181–310	81–180	106–225	171–300	1001–1800	1101–2000	1701–3000
Dobrý D	101–170	221–340	251–400	311–490	181–320	226–365	301–435	1801–2800	2001-3300	3001–4200
Vysoký V	171–245	341–500	401–560	491–680	321–425	366–480	436–580	2801–3700	3301–5400	4201–6600
velmi vysoký VV	nad 245	nad 500	nad 560	nad 680	nad 425	nad 480	nad 580	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka 13. Chmelnice

Obsah	FOSFOR (mg.kg^{-1})	DRASLÍK (mg.kg^{-1})			HOŘČÍK (mg.kg^{-1})			VÁPNÍK (mg.kg^{-1})		
		lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
Nízký N	do 155	do 170	do 220	do 290	do 135	do 160	do 210	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující VH	156–220	171–275	221–370	291–400	136–210	161–250	211–300	1001–1800	1101–2000	1701–3000
Dobrý D	221–290	276–400	371–515	401–570	211–300	251–350	301–-395	1801–2800	2001–3300	3001–4200
Vysoký V	291–390	401–560	516–650	571–680	301–400	351–460	396–530	2801–3700	3301–5400	4201–6600
velmi vysoký VV	nad 390	nad 560	nad 650	nad 680	nad 400	nad 460	nad 530	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka 14. Návrh kritérií pro stanovení P metodou spektrofotometrickou (SP) a metodou ICP-OES

Obsah	**P** spektrofotometricky (mg.kg^{-1})				**P - ICP-OES** (mg.kg^{-1})			
	OP	**TTP**	**SK**	**CH**	**OP**	**TTP**	**SK**	**CH**
Nízký N	do 50	do 25	do 55	do 155	do 55	do 25	do 60	do 170
Vyhovující VH	51–80	26–50	56–100	156–220	56–85	26–55	61–110	171–240
Dobrý D	81–115	51–90	101–170	221–290	86–125	56–100	111–185	241–315
Vysoký V	116–185	91–150	171–245	291–390	126–200	101–165	186–265	316–425
velmi vysoký VV	nad 185	nad 150	nad 245	nad 390	nad 200	nad 165	nad 265	nad 425

Legenda: OP – orná půda, TTP – trvalé travní porosty, SK – speciální kultury (vinice, sady), P – ICP – OES – fosfor stanovený metodou ICP-OES

OBSAH PŘÍSTUPNÉ SÍRY V PŮDĚ

Síra je nepostradatelný prvek pro růst rostlin. Patří mezi makroživiny, obdobně jako N, P, K, Ca a Mg, a pro výživu rostlin musí být zastoupena v půdě v relativně velkém množství v přístupných formách (desítky kg/ha).

Celkový obsah síry v půdě se pohybuje v rozmezí 0,01–0,1 %, přičemž její hlavní podíl je vázán, obdobně jako u dusíku, v půdní organické hmotě. Organický podíl S v půdě činí přibližně 90–95 %. Pro příjem síry rostlinami jsou však rozhodující anorganické formy, především síranový aniont SO_4^{2-} představující přibližně jedno procento z celkového obsahu S v půdě. Z dalších anorganických forem jsou potenciálním zdrojem sírany adsorbované na povrchu půdních částic a částečně i síra okludovaná v síranech vápenatých a hořečnatých.

Síra je v rostlinách obsažena v aminokyselinách cysteinu a metioninu a následně v mnoha stavebních a funkčních bílkovinách. Při nedostatku síry se omezeně vytvářejí uvedené aminokyseliny, což zpomaluje růst rostlin a využití dalších živin (např. N). Vstupy zahrnují atmosférickou depozici, většinou ve formě srážek, síru z hnojiv a síru, která je uvolněna mineralizací půdní organické hmoty. Mezi výstupy je zahrnováno vyplavování síranů z půdy a odběr rostlinami.

Kategorie zásobenosti přístupnou sírou a kritéria hodnocení výsledků uvádí tabulka 15.

Tabulka 15. Kritéria hodnocení obsahu síry v extraktu podle Mehlicha 3 – **všechny druhy pozemků**

Kategorie hodnocení	Síra ($mg.kg^{-1}$)	Doporučení pro hnojení
velmi nízký VN	pod 10	potřeba dosycení aplikovat 100 % celkového odběru
nízký N	11–20	potřeba mírného dosycení aplikovat 75 % celkového odběru
vyhovující VH	21–30	příznivý obsah aplikovat 50 % celkového odběru
dobrý D	31–40	hnojit pouze náročné plodiny při předpokladu vysokého výnosu
vysoký V	nad 40	není třeba hnojit S, doporučeno alespoň 1x za 3 roky monitorovat obsah síry v půdě

HODNOCENÍ OBSAHU B, Cu, Mn, Zn, Fe

Mezi mikroelementy patří ty prvky, které z hlediska kvantitativního vztahu tvoří nepatrný podíl ve složení půd, ale jsou velmi významné z pohledu výživy pěstovaných plodin. Potřeba mikroelementů je zpravidla pouze několik gramů na hektar ročně. V relaci k odběru je celková zásoba mikroelementů v půdě přibližně desetkrát vyšší než u makroelementů.

Charakteristickým znakem mikroelementů je poměrně úzké rozmezí mezi optimálním a škodlivým obsahem. Všechny tyto prvky mají vysoký faktor účinnosti. To znamená, že jejich celková potřeba je malá, ale většinou již nepatrné zvýšení obsahu určitého mikroelementu může mít za následek překročení fyziologicky únosné hranice a poškození rostlin.

V půdě jsou mikroelementy obsaženy v různých primárních minerálech, z nichž se uvolňují zvětrávacími procesy. Obsah mikroelementů je přímo závislý na druhu horniny. Bohatší na Mn, Zn, Cu jsou bazické vyvřeliny (tufy, amfiboly, svory aj.), chudší naopak půdy na vátých pískách a písčitých sedimentech. Celkový obsah určitého mikroelementu v půdě není rozhodující pro určení jeho toxicity. Z tohoto aspektu je rozhodující hladina přístupných forem, která je závislá nejen na celkovém množství prvku v půdě, ale i na podmínkách prostředí (půdní reakce, tvorba nerozpustných sraženin, interference iontů apod.). Současně je třeba říci, že vzhledem ke snížené produkci organických hnojiv se málo mikroelementů do půdy vrací v rámci koloběhu živin v zemědělském podniku. Kategorie zásobenosti mikroelementy a kritéria hodnocení výsledků uvádějí tabulky 16 a 17.

Tabulka 16. Kritéria hodnocení výsledků rozborů mikroelementů
Všechny druhy pozemků

Mikroelement	Půdní druh	Obsah (mg.kg^{-1})		
		nízký	dobrý	vysoký
Bor (B)	L	do 0,55	0,56–0,75	nad 0,75
	S	do 0,70	0,71–1,00	nad 1,00
	T	do 0,85	0,86–1,40	nad 1,40
Měď (Cu)	L, S, T	do 1,6	1,61–4,5	nad 4,5
Zinek (Zn)	L, S, T	do 2,2 [1)]	2,21–5,0	nad 5,0
Mangan (Mn)	L, S, T	do 30,0 (< 45,0) [2)]	30,1–200	nad 200
Železo (Fe)	L, S, T	do 60,0	60,0–420	nad 420

[1)] Doporučení pro obilniny
[2)] Doporučení hnojit na půdách obsahujících méně než 15 mg.kg^{-1}

Tabulka 17. Kategorie obsahů mikroelementů v zemědělských půdách

Obsah	Hodnocení + korekce dávky živin pro hnojařský zásah
nízký **– N**	potřeba dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 50 %
vyhovující **– VH**	potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 20–30 %
dobrý – **D**	příznivý obsah, jehož udržení je třeba zajistit nahrazovacím hnojením příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů
vysoký **– V**	vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (asi 2–3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré
velmi vysoký **– VV**	zvyšování tohoto obsahu je nevhodné z ekologického hlediska, hnojení příslušnou živinou je nepřípustné, vypustit hnojení příslušnou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZZP

HODNOCENÍ POMĚRU KATIONTŮ (K : Mg)

V půdě působí antagonistické vztahy mezi draslíkem a hořčíkem. Při vysokém obsahu draslíku v půdě se výrazně snižuje příjem hořčíku rostlinami (tabulka 18). Poměr se počítá z obsahů obou prvků zjištěných v extraktu Mehlich 3 v mg/kg.

Tabulka 18. Kritéria hodnocení poměru K : Mg v zemědělských půdách (hmotnostní poměr)

Poměr	Hodnota K : Mg	Hodnocení
dobrý **– D**	**do 1,6**	nelze očekávat problémy s výživou hořčíkem
vyhovující **– VH**	**1,6–3,2**	ke hnojení draslíkem je třeba přistupovat opatrně, problémy se mohou vyskytnout především u krmných plodin
nevyhovující **– NVH**	**nad 3,2**	jedná se o špatný poměr, který způsobuje nadměrný příjem draslíku – je třeba vypustit draselné hnojení

HODNOCENÍ OBSAHU KATIONTŮ V PŮDÁCH PODLE KATIONTOVÉ VÝMĚNNÉ KAPACITY

V půdě jsou kationty Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, NH^{4+} a Na^{+} popř. další sorbovány převážně výměnnou sorpcí na koloidní částečky půdy (jílové minerály a organické látky). V našich půdách má většina koloidních micel schopnost vázat kationty. Množství kationtů, které jsou vázány na půdní sorpční komplex a mohou být následně uvolňovány pro výživu rostlin, se nazývá kationtová výměnná kapacita (KVK). Rostliny přijímají živiny z půdního roztoku a ostatní složky půdy se podílejí na doplňování odebraných živin. V případě uvedených kationtů se ustalují rovnováhy (na základě iontových výměn) mezi půdním roztokem a sorbovanými kationty. Množství jednotlivých kationtů sorbovaných na koloidní komplex může být však různé, neboť dochází k jejich vzájemnému ovlivňování, a tím i k podstatným změnám v příjmu rostlinami a působení na jejich růst. Je tedy třeba vytvořit a udržet vhodné množství a vzájemné poměry jednotlivých kationtů v půdě. Při optimálním zastoupení kationtů v sorpčním komplexu jsou vytvořeny předpoklady pro jejich harmonické zastoupení v půdním roztoku a tím i pro vyváženou výživu rostlin.

KVK se vyjadřuje v milimolech chemických ekvivalentů na 1 kg zeminy (tabulka 19).

Tabulka 19. Kritéria pro hodnocení aktuální sorpční kapacity

Hodnocení	Hodnota KVK ($mmol.kg^{-1}$)	Charakteristika půd
nízká – N	**pod 120**	Půdy spíše lehčího charakteru, živiny jsou v sorpčním komplexu slaběji poutány a snadno se vyplavují, doporučuje se hnojit častěji v menších dávkách.
střední – S	**120–180**	Půdy střední, živiny jsou lépe poutány, na některých půdách je možné uplatňovat zásobní hnojení (max. však na 2 roky).
vysoká – V	**nad 180**	Půdy těžšího charakteru, s vysokým obsahem jílovitých částic, velmi dobrá sorpční schopnost, je vhodné hnojit zásobně na několik let.

Tabulka 20. Kritéria pro hodnocení aktuální kationtové výměnné kapacity a zastoupení kationtů v sorpčním kompletu půdy (Mehlich 3, součtová metoda)

Hodnocení	Hodnota KVK ($mmol.kg^{-1}$)	% kationtů v sorpčním komplexu		
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}
nízká **– N**	do 120	65	15	3–5
střední **– S**	120–180	75	10	3–4
vysoká **– V**	nad 180	85	5	2–3

Výpočet potřebné dávky kationtů pro optimální KVK

Výpočet se provádí podle vzorce:

$$E = [(D - A) \times B / 100] \times 3 C$$

A = obsah kationtu v % (zjištěno rozborem)

B = hodnota KVK (mmol.kg^{-1}) (zjištěno rozborem)

C = mmol. chem. ekv. (Ca = 20; Mg = 12,15; K = 39,1)

D = optimální nasycení kationtem (%) (tabulka 18)

E = dávka kationtu v kg.ha^{-1}

Příklad výpočtu:

Potřeba dosycení vápníkem: KVK = 150 (mmol.kg^{-1}), obsah Ca (%) = 60

$$E = [(75 - 60) \times 150 / 100] \times (3 \times 20) = 1350 \text{ kg Ca na 1 ha půdy}$$

Stejným způsobem lze spočítat také optimální dosycení draslíkem a hořčíkem.

Výluh dle Melicha 3, i jiné výluhy, které se používají ke stanovení KVK, poněkud nadhodnocují výsledky u půd se zvýšeným obsahem uhličitanů (karbonátů), které ovlivňují stanovení především kationtu **Ca^{2+}**. Vzhledem k tomu nejsou ve výsledcích uvedeny hodnoty KVK u půd s obsahem uhličitanů nad 0,3 %.

HODNOCENÍ PLOŠNÉ NEVYROVNANOSTI POZEMKŮ

Vliv agrochemických vlastností půdy na celkový výnos pěstovaných plodin z pozemku (honu) snižuje kromě jiných faktorů také jejich plošná nevyrovnanost. Nevyrovnanost agrochemických vlastností na jednotlivých pozemcích (kde byly odebrány minimálně 2 průměrné půdní vzorky) je charakterizována variačním koeficientem. Výsledky slouží jako základní podklad pro případné diferencování dávek jednotlivých živin při hnojařském zásahu na pozemcích resp. jejich částech. Kritéria hodnocení variačního koeficientu pro jednotlivé půdní parametry uvádí tabulka 21.

Tabulka 21. Kritéria pro hodnocení variačního koeficientu

výměra pozemku (ha)	**variační koeficient (%) pozemku**					
	vyrovnaný		**nevyrovnaný**		**silně nevyrovnaný**	
	pH	P, K, Mg, Ca	pH	P, K, Mg, Ca	pH	P, K, Mg, Ca
do 20,0	do 5	do 20	6–12	21–50	nad 12	nad 50
20,1–30,0	do 6	do 25	7–15	26–60	nad 15	nad 60
nad 30,0	do 7	do 30	8 – 20	31 – 65	nad 20	nad 65

Ve stručném zhodnocení stavu a vývoje agrochemických vlastností půd je vhodné poukázat na plochy s nepříznivými hodnotami agrochemických vlastností a upozornit na jejich případný nežádoucí vývoj. Není nutné uvádět procentické údaje případně čísla jednotlivých pozemků. Je však nezbytné uvést názvy nebo čísla tabulek (sestav), ve kterých je možné popisovaný stav a vývoj sledovat.

ZÁVĚR

Systém AZZP v ČR je velmi dobře propracovaný. Někdy navzdory, někdy díky různým politickým a ekonomickým proměnám se jej podařilo bez přerušení udržet. A nejen udržet – podařilo se jej rozvíjet a modernizovat tak, aby odpovídal současným potřebám. Zásadním rozhodnutím, které umožnilo modernizaci a rozvoj AZZP, byla změna extrakčního činidla na univerzální extrakční činidlo Mehlich 3 v roce 1999.

Nynější systém AZZP je schopen pro potřeby výživy rostlin stanovit všechny živiny i výměnnou kyselost půdy a doplnit výsledky o korekci stanovení fosforu na karbonátových půdách.

Se zvýšením zodpovědnosti za životní prostředí došlo ke snížení emisí síry – a AZZP na tuto skutečnost reaguje možností stanovit v extraktu Mehlich 3 i tento prvek.

Při hnojení může docházet ke znečištění vod fosforem – a AZZP může vymezit oblasti, kde je toto nebezpečí reálné, protože půda není schopna dostatečně vázat fosfor.

Možnost plošného screeningu vybraných rizikových prvků s využitím vzorků ze systému AZZP v extraktu Mehlich 3 je také vítaným a potřebným rozšířením, především pokud jde o stanovení kadmia.

Organická hmota půdy stála mnoho let na okraji zájmu, ale nyní je zřejmé, že bez znalosti o obsahu a kvalitě SOM nebudeme schopni správně reagovat na ohrožení erozí, nebudeme schopni pozitivně ovlivnit retenci vody v krajině a nebudeme schopni zajistit trvale udržitelné hospodaření na půdě. A nový systém AZZP je možné využít i pro tento úkol.

Bez nadsázky je možné systém AZZP v ČR nazvat systémem zkoušení půd pro 21. století. A doufáme, že čtenáři této publikace s námi toto přesvědčení nyní sdílejí.

LITERATURA

Literatura obecná

1. *J. Benton Jones, Jr.: Universal Soil Extractans: Their Composition and Use. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 21 (13–6), 1091–1101. 1990.*
2. *A. Mehlich: Mehlich No. 3 soil test extractant: A modification of Mehlich No. 2. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 15 , 1409–1416. 1984.3*
3. *J. Zbíral a kol.: Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. ÚKZÚZ Brno, 2001.*
4. *K. Trávník a kol. Agrochemické zkoušení zemědělských půd. Metoda Mehlich III. ÚKZÚZ Brno. 1999.*
5. *Mehlich, A. (1978). New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 9(6): 477-492.*
6. *J. Benton Jones, Jr.: Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, U.S.A. 2000; 19–21.*
7. *K. I. Peveril, L. A. Sparrow, D. J. Reuter: Soil Analysis, an interpretation manual. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 1999; 48–50.*
8. *J. Zbíral a kolektiv autorů 2016. Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ. ÚKZÚZ Brno, Národní referenční laboratoř. 4. přepracované a rozšířené vydání. ISBN 978-80-7401-123-8.*
9. *Zbíral, J., Němec, P. 1999. Porovnání extrakčních postupů podle Mehlicha II a Mehlicha III pro stanovení přístupného fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku v půdách ČR. Comparison of Mehlich II and Mehlich III extraction for determination of available phosphorus, potassium, magnesium and calcium in soils of the Czech Republic. Rostl. Výr. ,45 (1), 1–7.*
10. *Zákon č. 156/1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) ve znění pozdějších předpisů*
11. *Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů*
12. *(Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu).*
13. *J. Zbíral, P. Němec: Integrating of Mehlich 3 extractant into the Czech Soil Testing Scheme. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 31(11–14), 2171–2182. 2000.*
14. *Skalský R., Vopravil J. (2014): Komplexní průzkum půd – historie, metodika, hodnocení, využití. VÚMOP Praha a NPPC-VUPOP Bratislava, ISBN 978-80-87361-28-3.*

Odběr a úprava vzorků

15. *EN 16179 Sludge, treated biowaste and soil – Guidance for sample pretreatment. 2012.*
16. *J. Zbíral, 2006: Effect of grinding on soil extraction by aqua regia, 2M nitric acid, and Mehlich 3. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 37(15–20), 2289–2297.*
17. *J. Zbíral, 2002: Vliv úpravy vzorků půd (mletí) na extrahovatelnost vybraných prvků. Bulletin laboratorního odboru 2002 VI/3. ÚKZÚZ Brno, 2002. ISSN 1212–5466. str.1–16.*

pH a výměnné H^+ (metoda Adams Evans)

18. *ČSN ISO 10390 (836221). Kvalita půdy - Stanovení pH. ÚNMZ, Praha, 2011.*
19. *J. Zbíral, 2001: Porovnání metod stanovení pH půd. Comparison of methods for soil pH determination. Rostl. Výr., 47 (10), 463–466.*
20. *F. Adams, C. E. Evans: A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26, 355–357, 1990.*
21. *G. Huluka: A Modification to the Adams-Evans Soil Buffer Determination Solution. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 36, 2005-2014, 2005.*
22. *J. Zbíral: Ověření úpravy postupu stanovení H+ v sorpčním komplexu půdy metodou podle Adamse a Evanse pro pH/CaCl2. Závěrečná zpráva mimořádného vývojového úkolu A11/2001. ÚKZÚZ Brno, 2001.*

ICP-OES a stanovení mikroelementů

23. *Zbíral, J. 2016. Determination of plant-available micronutrients by the Mehlich 3 soil extractant – a proposal of critical values. Plant Soil Environ. Vol. 62, 2016, No. 11: 527–531. doi: 10.17221/564/2016-PSE*
24. *Čermák P., Mühlbachová G., Káš M., Vavera R., Pechová M. (2017): Metodický postup pro stanovení obsahu mikroelementů metodou Mehlich 3 a návrh hodnocení kritérií jejich obsahu v zemědělských půdách; 2017 VURV, v.v.i. Praha, ISBN 978-80-7427-266-0*
25. *J. Zbíral, P. Němec: Porovnání některých metod pro stanovení mědi, zinku, manganu a železa v půdách. Comparison of some methods for determination of copper, zinc, manganese and iron in soils. Rostl. výr., 44 (10), 443–447. 1998.*
26. *Zbíral, J., Němec, P. 2009. Comparison of some soil extractants for determination of boron. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. , 40(1), 96- 105.*

Fosfor

27. *Rayment George E., and David J. Lyons (2011). Soil Chemical Methods – Australasia. Chapter 9K1a, page 199. CSIRO.*
28. *Deller, B. 1981. Zur Bestimmung der Phosphorvorräte carbonathaltiger Böden mittels CAL – Extraktion. Mitteilungen des VDLUFA, Darmstadt, Heft 1, 20 – 21.*

29. *Zorn, W, Krause, O. 1999. Untersuchungen zur Charakterisierung des pflanzenverfügbaren Phosphats in Thüringer Carbonatböden. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162. 463-469.*

30. *Zbíral, J. 2000. Determination of phosphorus in calcareous soils by Mehlich 3, Mehlich 2, CAL, and Egner extractants. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. , 31(19–20), 3037,3048.*

Síra

31. *Zbíral, J., 1999. Porovnání vybraných extrakčních postupů pro stanovení síry v půdách ČR. Comparison of some extracting methods for determination of sulphur in soils of the Czech Republic. Rostl. Výr. ,45 (10), 439-444.*

32. *Kulhánek M., Černý J., Balík J., Sedlář O., Suran P. (2018) Potential of Mehlich 3 method for extracting plant available sulfur in the Czech agricultural soils. Plant, Soil and Environment (in press)*

33. *Zbíral J., Smatanová M., Němec P. (2018): Sulphur status in agricultural soils determined using the Mehlich 3 method. Plant, Soil and Environment, 64: 255–259. https://doi.org/10.17221/142/2018-PSE*

34. *Martin Kulhánek, Jiří Balík, Ondřej Sedlář, Jiří Zbíral, Michaela Smatanová, Pavel Suran: Stanovení přístupné síry v půdě metodou Mehlich 3. Certifikovaná metodika, projekt NAZV č. QJ 1530171*

35. *Balík J., Kulhánek M., Černý J., Száková J., Pavlíková D., Čermák P. (2009): Differences in soil sulfur fractions due to limitation of atmospheric deposition. Plant, Soil and Environment, 55 (8), 344 - 352.*

36. *Kulhánek M., Balík J., Černý J., Sedlář O., Vašák F. (2016): Evaluating of soil sulfur forms changes under different fertilizing systems during long-term field experiments. Plant, Soil and Environment, 62 (9): 408–415.*

Organická hmota půdy

37. *Le Foll, S. 2015. 4 per 1000. A new Program for Carbon Sequestration in Agriculture. Paris, France: French Minister of Agriculture. Agrifood and Forestry.*

38. *ČSN EN ISO 17184. Kvalita půdy - Stanovení uhlíku a dusíku blízkou infračervenou spektrometrií (NIRS). 2014.*

39. *Zbíral, J., D. Čižmár, S. Malý, E. Obdržálková. 2017. Determination of glomalin in agriculture and forest soils by near-infrared spectroscopy. Plant Soil Environ. Vol. 63, 2017, No. 5: 226–230. doi: 10.17221/181/2017-PSE*

Kationtová výměnná kapacita

40. *J. Staňa, K. Trávník, J. Zbíral: Stanovení kationtové výměnné kapacity půd metodou Mehlich II. Rost. Výr. 38 (3–4), 227–231, 1992.*

41. *J. Zbíral: Stanovení podílu H^+ v sorpčním komplexu půdy. Rostl. Výr., 40, (3), 253–259, 1994.*

Hodnocení

42. *Trávník K. a kol. Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v ČR v období od 1999 do 2004. ÚKZÚZ OAPVR Brno. ISBN 80-86051-20-X.*
43. *Zbíral, J., Obdržálková, E., Smatanová, M.: Závěrečná zpráva vývojového úkolu A2/2011. Optimalizace a širší využití metody Mehlich 3 v systému Agrochemického zkoušení půd, Část 1. Optimalizace stanovení P a S metodou Mehlich 3, ÚKZÚZ, Brno, 2012.*
44. *Smatanová M.: Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017–2022. Metodický pokyn č. 9/SZV.*
45. *Smatanová M., Němec P.: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2011–2016; Kartogramy. ÚKZÚZ SZV. s 14.; ISBN 978-80-7401-152-8.*

SEZNAM ZKRATEK

AR	lučavka královská
AZZP	Agrochemické zkoušení zemědělských půd
BMP	Bazální monitoring půd
BPEJ	Bonitně půdní ekologická jednotka
DTPA	kyselina diethylentriaminpentaoctová
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová
ICP-OES	optická emisní spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem
JPP-AP	Jednotné pracovní postupy – Analýza půd
KVK	kationtová výměnná kapacita
L	druh půdy – lehká
LIMS	Laboratorní informační a řídící software
LPIS	geografický informační systém pro zemědělskou půdu
MPZ	Mezilaboratorní porovnávací zkoušky
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NIRS	reflektanční spektroskopie v blízké infračervené oblasti
OP	orná půda
RKP	Registr kontaminovaných ploch
S	druh půdy – střední
SK	speciální kultura
SOM	organická hmota půdy
T	druh půdy – těžká
TTP	trvalé travní porosty

PŘÍLOHA 1. PŘÍKLAD ZPRÁVY O VÝSLEDCÍCH AZZP

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
Odbor kontroly zemědělských vstupů, Hroznová 2, Brno, PSČ 656 06
Oddělení kontroly zemědělských vstupů Chrastava, Bílokostelecká 208, Chrastava, PSČ 463 31,

AZZP Kat-Ca zpracováno:08.06.2018
AZZP-V1

Agrochemické vlastnosti pozemků

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		
IČ :		
výrobní oblast :	**3**	
rok provedení AZZP :	**2017**	

kultura : orná půda kód pozemku : **8702/14** výměra : **3,68 ha** počet vzorků : **1**

číslo vzorku	druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO $t.ha^{-1}.rok^{-1}$]	obsah CO_3 [kateg.]	P	K	Mg	Ca
					[$mg.kg^{-1}$ půdy]			
1	**L**	**5,0**	**0,80**	**N**	**65**	**133**	**119**	**1110**
hodnocení		SilK	2,94		VH	VH	VH	VH

kultura : orná půda kód pozemku : **8716/24** výměra : **11,96 ha** počet vzorků : **1**

číslo vzorku	druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO $t.ha^{-1}.rok^{-1}$]	obsah CO_3 [kateg.]	P	K	Mg	Ca
					[$mg.kg^{-1}$ půdy]			
2	**L**	**4,9**	**0,80**	**N**	**66**	**127**	**113**	**1040**
hodnocení		SilK	9,57		VH	VH	VH	VH

kultura : orná půda kód pozemku : **9705/7** výměra : **17,45 ha** počet vzorků : **2**

číslo vzorku	druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO $t.ha^{-1}.rok^{-1}$]	obsah CO_3 [kateg.]	P	K	Mg	Ca
					[$mg.kg^{-1}$ půdy]			
3	L	5,0	0,80	N	69	126	111	1020
4	L	4,8	0,80	N	72	133	117	1080
aritm. průměr		**4,9**	**0,80**		**71**	**130**	**114**	**1050**
hodnocení		SilK	13,96		VH	VH	VH	VH
variační koef.		3			3	4	4	4
vyrovnanost		vyrovn.			vyrovn.	vyrovn.	vyrovn.	vyrovn.

Vážené průměry

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura	výměra v ha	vápnění celkem [CaO $t.rok^{-1}$]	pH	P	K	Mg	Ca
				[$mg.kg^{-1}$ půdy]			
orná půda	**33,1**	**26,47**	**4,9**	**69**	**129**	**114**	**1053**
chmelnice	-	-	-	-	-	-	-
vinice	-	-	-	-	-	-	-
ovocné sady	-	-	-	-	-	-	-
travní porosty	-	-	-	-	-	-	-
jiná kultura	-	-	-	-	-	-	-
Zeměd.půda:	**33,1**	**26,47**	**4,9**	**69**	**129**	**114**	**1053**

Základní statistické zpracování

Kultura : orná půda = zemědělská půda

Půdní reakce								
kategorie		EK	SilK	K	SlaK	N	A	SilA
celkem ha	33,1	-	33,1	-	-	-	-	-
% ha	100	-	100,0	-	-	-	-	-

Obsah přístupného fosforu						
kategorie		N	VH	D	V	VV
celkem ha	33,1	-	33,1	-	-	-
% ha	100	-	100,0	-	-	-

Obsah přístupného draslíku						
kategorie		N	VH	D	V	VV
celkem ha	33,1	-	33,1	-	-	-
% ha	100	-	100,0	-	-	-

Obsah přístupného hořčíku						
kategorie		N	VH	D	V	VV
celkem ha	33,1	-	33,1	-	-	-
% ha	100	-	100,0	-	-	-

Obsah přístupného vápníku						
kategorie		N	VH	D	V	VV
celkem ha	33,1	-	33,1	-	-	-
% ha	100	-	100,0	-	-	-

Zařazení pozemků dle půdní reakce

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura		kategorie půdní reakce	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	SilK	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1 ha**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1 ha**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Zařazení pozemků dle potřeby vápnění

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura		kategorie ročních dávek CaO $t.ha^{-1}$	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	0.36-1.0	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Zařazení pozemků dle obsahu přístupného fosforu

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura		kategorie	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	VH	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Zařazení pozemků dle obsahu přístupného draslíku

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura		kategorie	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	VH	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Zařazení pozemků dle obsahu přístupného hořčíku

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

kultura		kategorie	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	VH	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Zařazení pozemků dle obsahu přístupného vápníku

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		

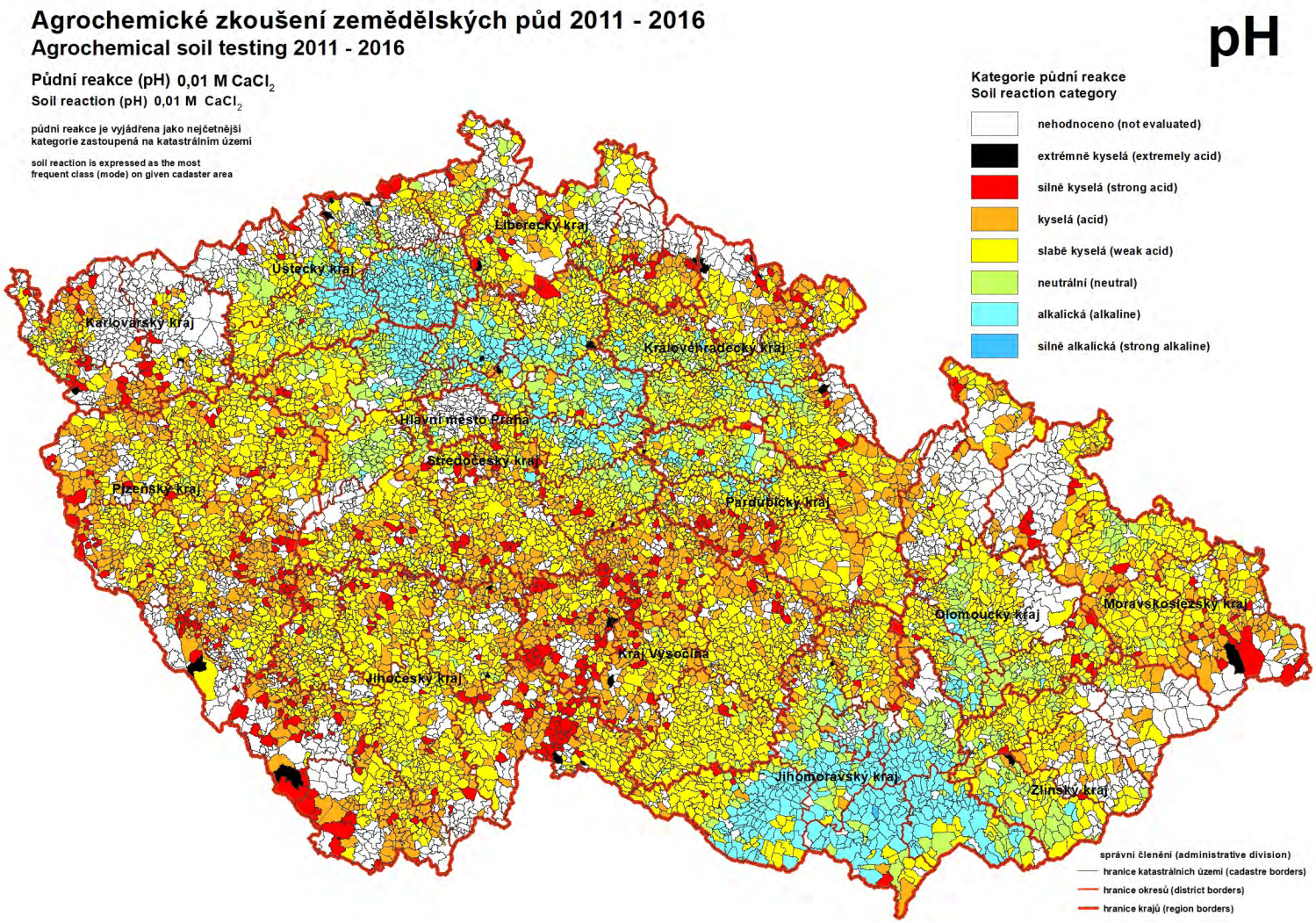
kultura		kategorie	výměra [ha]	kódy pozemků	
2	orná půda	VH	33,1	8702/14, 8716/24, 9705/7	
	orná půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**
	zem. půda		**33,1**	**3 pozemky**	**4 půdní vzorky**

Poměr kationtů, kationtová výměnná kapacita

zemědělský podnik :		
interní kód ÚKZÚZ :	**LI-71618-1-2017**	
Adresa :		
IČ :		
výrobní oblast :	**3**	
rok provedení AZZP :	**2017**	

kultura	kód pozemku	K	Mg	Ca	K:Mg		KVK		K	Mg	Ca
		[mg.kg^{-1} půdy]			poměr	hodnocení	mmol.kg^{-1}	hodnocení	[% v sorp. komplexu]		
2	8702/14	133	119	1110	1,12	D	69	N	4,9	14,2	80,3
2	8716/24	127	113	1040	1,12	D	64	N	5,1	14,5	81,1
2	9705/7	130	114	1050	1,14	D	65	N	5,1	14,4	80,6

PŘÍLOHA 2. KARTOGRAMY



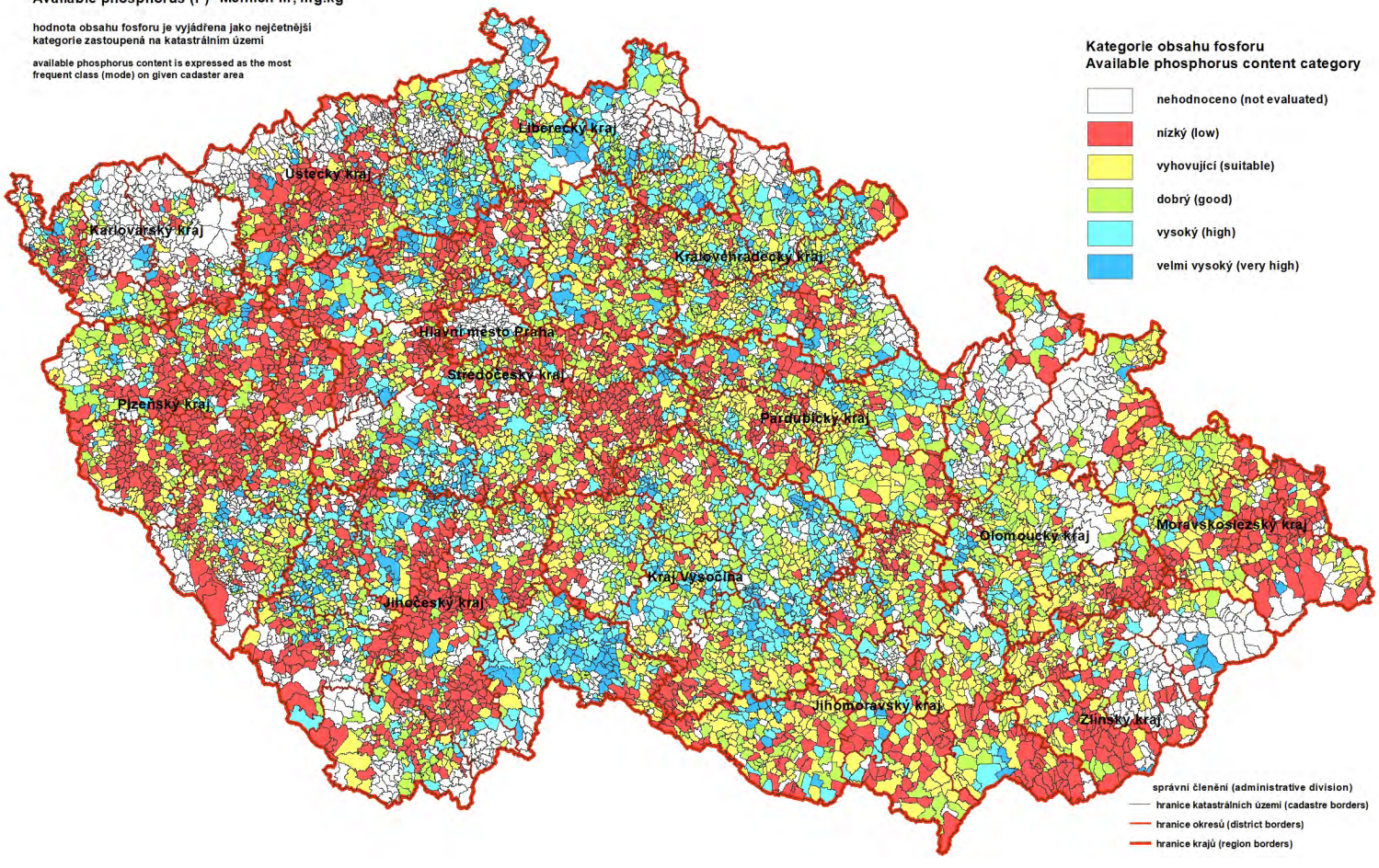
Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016
Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Fosfor (P) Mehlich III, mg.kg^{-1}
Available phosphorus (P) Mehlich III, mg.kg^{-1}

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

P



Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

Agrochemical soil testing 2011 - 2016

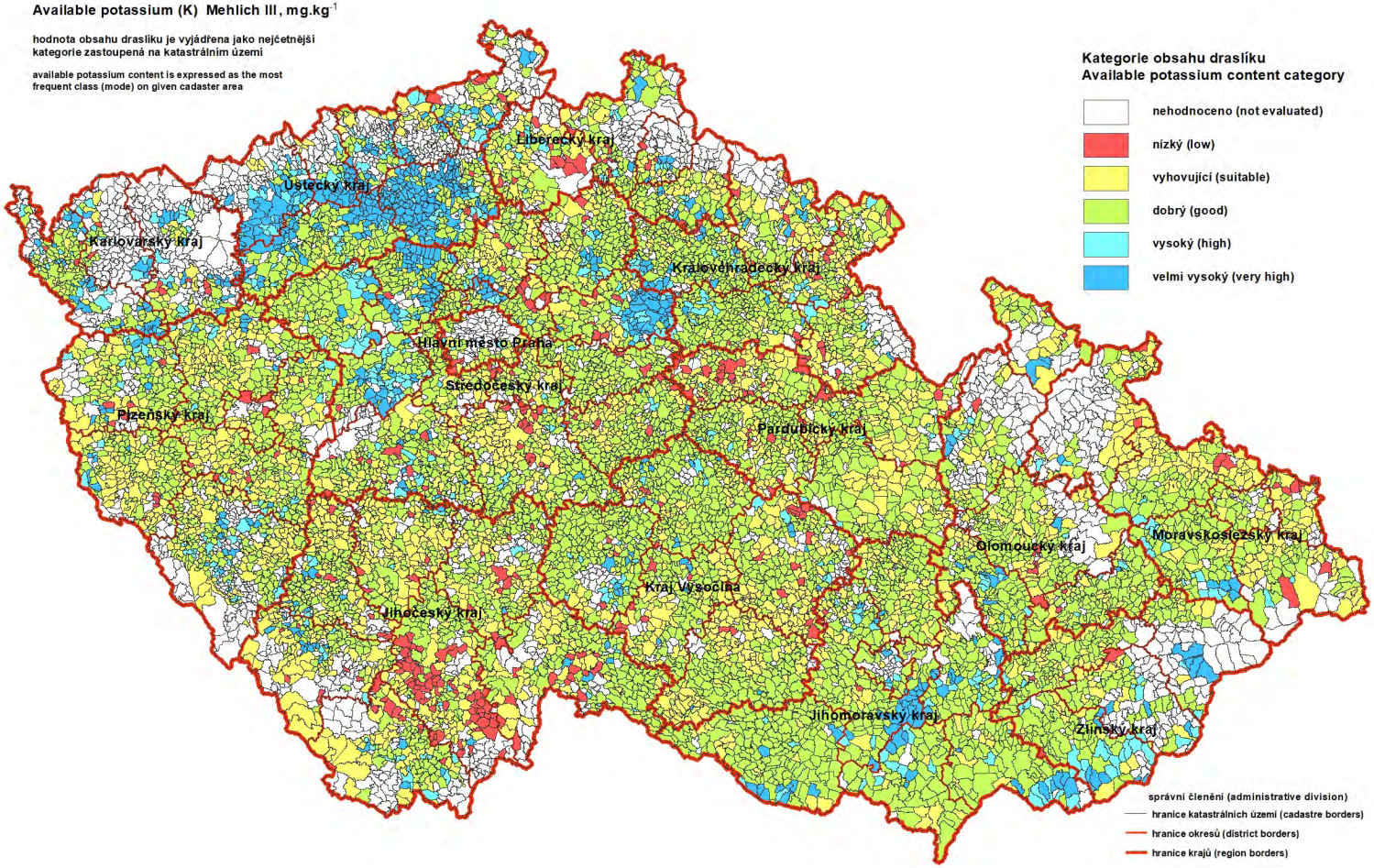
Draslík (K) Mehlich III, mg.kg^{-1}

Available potassium (K) Mehlich III, mg.kg^{-1}

hodnota obsahu draslíku je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available potassium content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

K



Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

Agrochemical soil testing 2011 - 2016

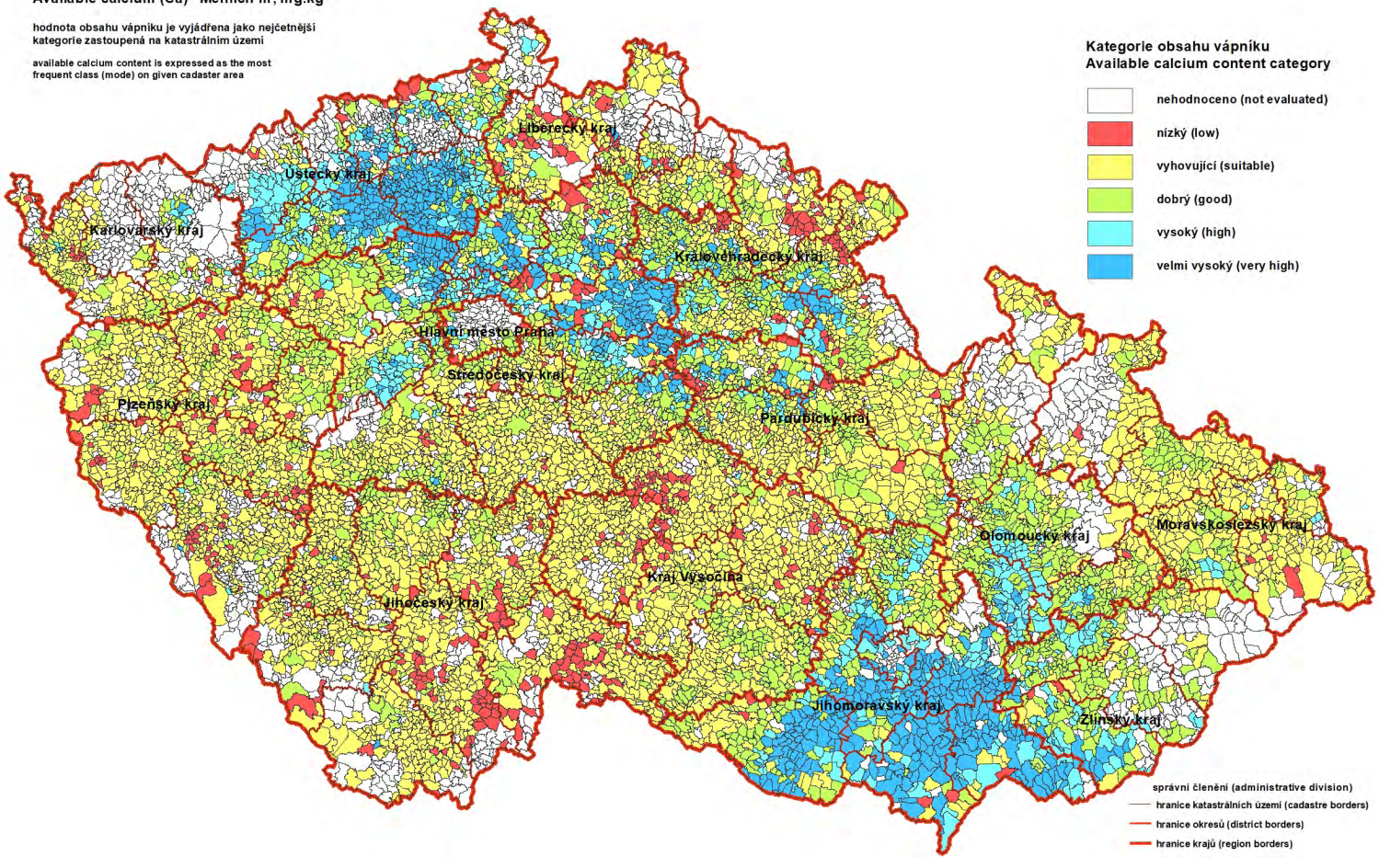
Vápník (Ca) Mehlich III, mg.kg^{-1}

Available calcium (Ca) Mehlich III, mg.kg^{-1}

hodnota obsahu vápníku je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available calcium content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

Ca



Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

Agrochemical soil testing 2011 - 2016

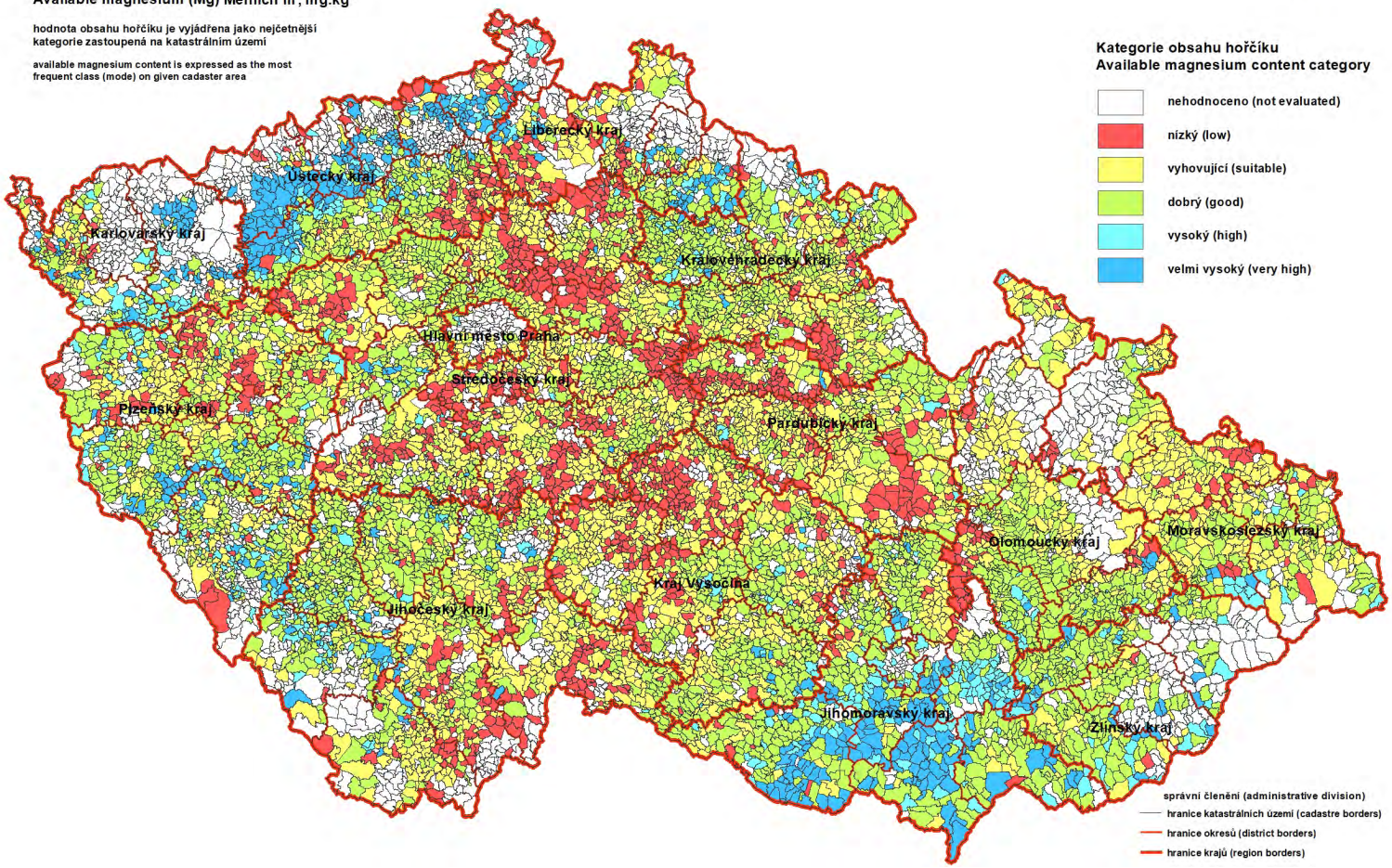
Hořčík (Mg) Mehlich III, mg.kg^{-1}

Available magnesium (Mg) Mehlich III, mg.kg^{-1}

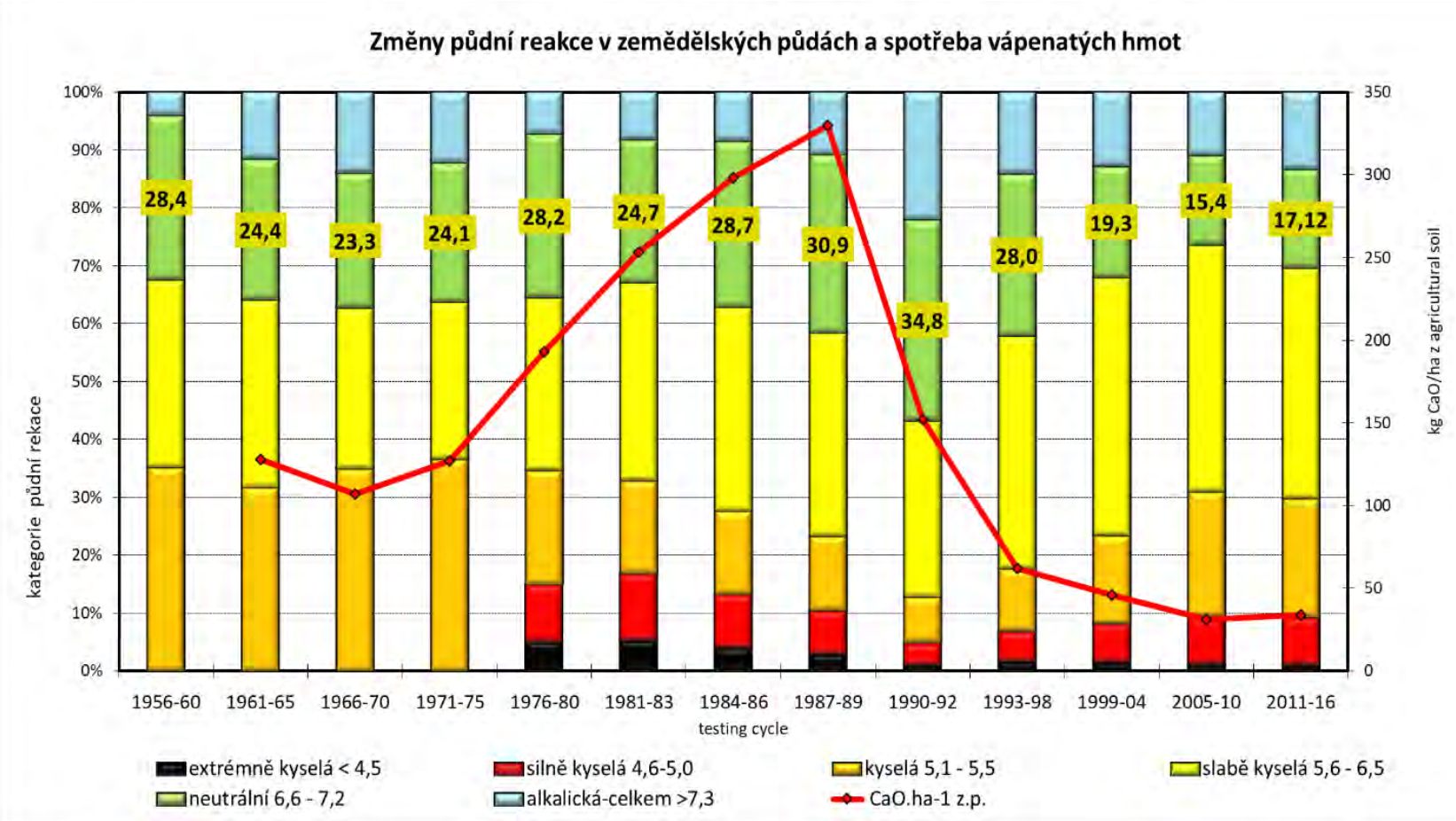
hodnota obsahu hořčíku je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available magnesium content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadaster area

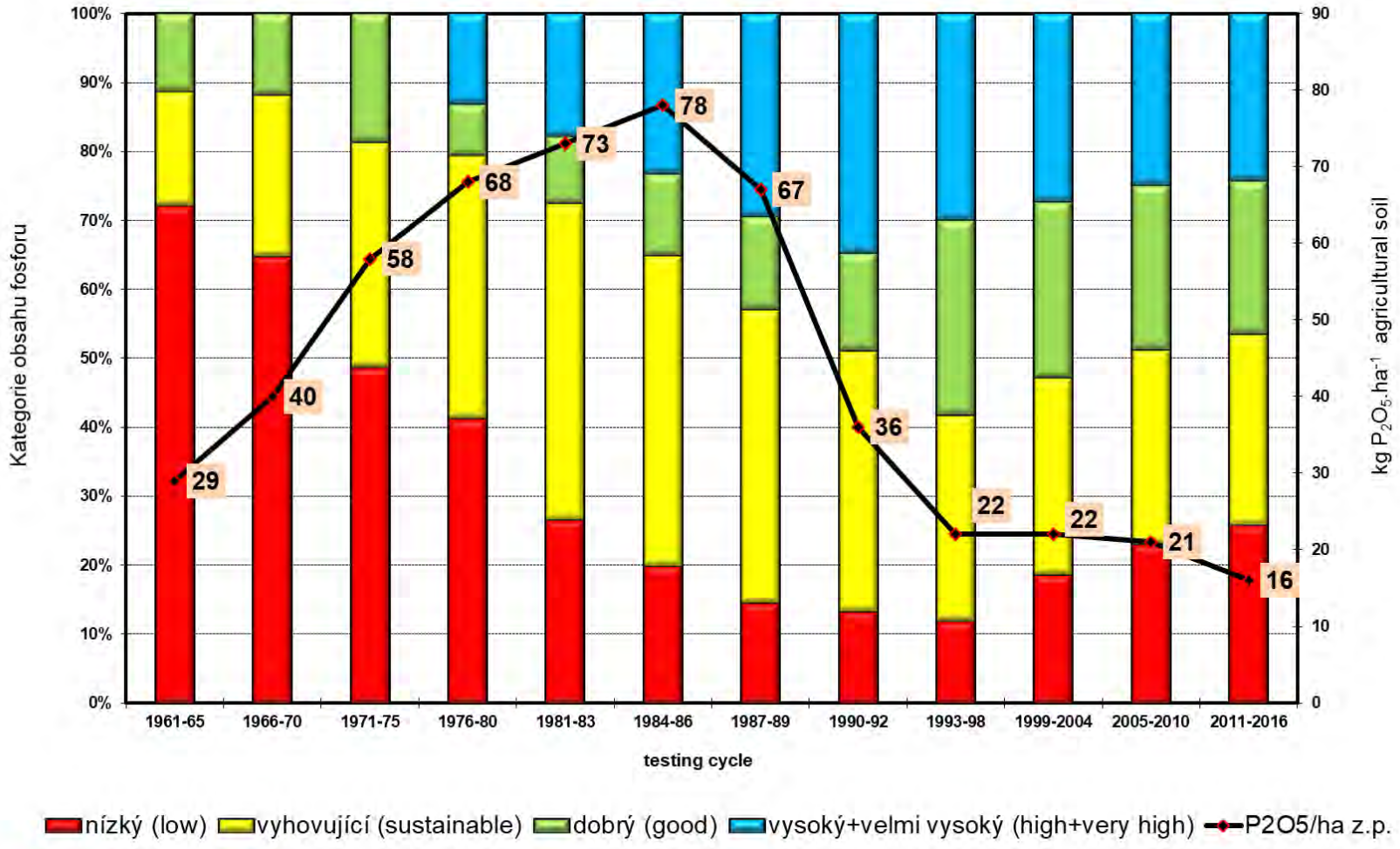
Mg



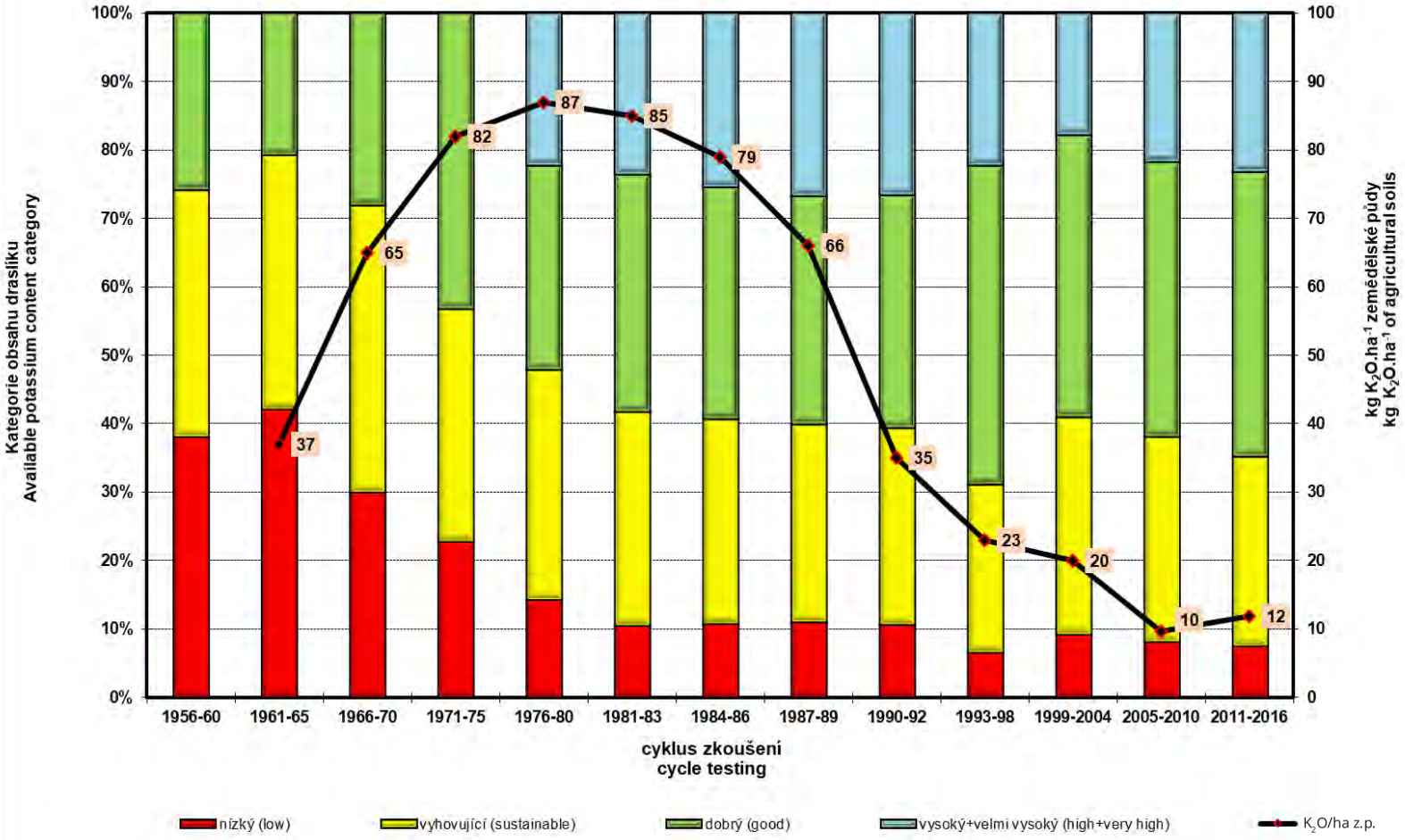
PŘÍLOHA 3. ZMĚNY PŮDNÍ REAKCE A OBSAHU ŽIVIN NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ



Změny obsahu přístupného fosforu v zemědělských půdách a spotřeba fosforečných hnojiv



Změny obsahu přístupného draslíku v zemědělských půdách a spotřeba draselných hnojiv



AGROCHEMICKÉ ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD

Nové výzvy a nové možnosti

Zpracoval:	**RNDr. Jiří Zbíral, Ph.D.** **Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.**
Vydal:	**Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský** Národní odrůdová laboratoř
Náklad:	150 ks
Vydání:	první
Rok vydání:	2019
Počet stran:	86
Tisk:	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Hroznová 2, 656 06 Brno, tel.: 543548111, e-mail: ukzuz@ukzuz.cz

ISBN 978-80-7401-168-9

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou

AZZP

Vydal ÚKZÚZ Brno
2019