národní
úložiště
šedé
literatury

Metodický postup odběru vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti

Kunzová, Eva; Menšík, Ladislav; Hejcman, Michal; Dostál, Jiří
2014

Dostupný z http://www.nusl.cz/ntk/nusl-386515

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 16.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Praha-Ruzyně

Metodický postup odběrů vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti

Eva Kunzová, Ladislav Menšík, Michal Hejcman, Jiří Dostál

Uplatněná certifikovaná metodika

2014

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Výzkumný tým hospodaření se živinami

Metodický postup odběrů vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti

Ing. Eva Kunzová, CSc.
Ing. Ladislav Menšík, Ph.D.
prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.
Ing. Jiří Dostál, CSc.

Uplatněná certifikovaná metodika

2014

Metodický postup odběrů vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti

Metodika přináší nejnovější poznatky o způsobech odběrů vzorků statkových, organických a organominerálních hnojiv, vzorků rostlinného materiálu a půdy pro stanovení obsahů rizikových prvků. Součástí metodiky je popis dostupných laboratorních metod pro stanovení obsahu sušiny, pH, obsahů základních živin a rizikových prvků ve vzorcích (statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy) a je popisem základních metod pro charakteristiku kvality půdní organické hmoty (POH) a je přehledem limitních hodnot rizikových prvků v hnojivech, substrátech a v půdách zakotvených v legislativních předpisech ČR. Uplatnění metodiky bude u subjektů hospodařících na orné půdě, trvalých travních porostech, konvenčním i ekologickém zemědělství, ve službách a v obchodní sféře pro zemědělství, v akreditovaných laboratořích, u zemědělských poradců i v poradenském systému MZe ČR apod. Předložené poznatky rovněž využijí pracovníci státní správy, studenti a pedagogové středních i vysokých škol, aj.

Klíčová slova: hnojiva, půda, rizikové prvky, metody stanovení, limitní hodnoty

Methodical practice of taking samples fertilizers, plants and soil for determination of risk elements in agro-ecosystems and other parameters of soil fertility

The methodology is describing latest piece of knowledge methods of sampling about barnyard manure, organic and organo-mineral fertilisers, saplings of vegetable material and soil for determination of contents risk elements. Part of methodology is description of laboratory methods for determination of dry matter content, pH, content of fundamental nutriments and risk elements in samples of (farmyard manure, organic and organo-mineral fertilisers, vegetable material and soil). Methodology describe to methods for characteristics of qualities soil organic matter (SOM) and most important limit valuables of risk elements in fertilisers, substrates and soils. The exercise of methodology will be in the corporation farming on arable soil, grassland, classical also ecological agriculture. Next use will in accredited laboratories, agricultural consultant and in advisory framework of Ministry of Agriculture of Czech Republic etc. Methodology will use of officials, students and teaching in secondary schools and agricultural university etc.

Keywords: fertilizers, soil, risk elements, method of determination, limit valuables of risk elements

Metodika vznikla za finanční podpory MZe ČR a je výstupem řešení projektu MZe ČR QJ1210211 „Využití dlouhodobých polních pokusů s hnojením pro stanovení vstupu rizikových kovů z agroekosystémů do potravního řetězce“ ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze a AGROEKO Žamberk, spol. s.r.o.

Autorský kolektiv:
Ing. Eva Kunzová, CSc., Ing. Ladislav Menšík, Ph.D., prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D., Ing. Jiří Dostál, CSc.

Oponenti:
Ing. Michaela Budňáková, Ministerstvo zemědělství ČR Praha
Ing. Radoslav Bujnovský, CSc., Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

Foto na obálce: L. Menšík
Publikace neprošla jazykovou úpravou.

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR pod č.j. 86536/2014 – MZE – 17221.

© Eva Kunzová, Ladislav Menšík, Michal Hejcman, Jiří Dostál, 2014
© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně, 2014

ISBN: 978-80-7427-162-5

Obsah

1. Úvod a cíl metodiky 4

2. Současný stav řešené problematiky 4

3. Metodická část 7

3.1. Metodické postupy odběrů vzorků statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy pro stanovení rizikových prvků a jiných půdních parametrů 7

Statková, organická a organominerální hnojiva 7

Rostlinný materiál (listy, zrno, sláma) 10

Půda (půdní vzorky) 12

3.2. Přehled dostupných metod laboratorních pro analýzy sušiny, pH, obsahu základních živin a rizikových prvků ve vzorcích (statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy) 16

3.3. Přehled základních metod pro charakteristiku kvality půdní organické hmoty (POM) 17

3.4. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech, substrátech, půdách, sedimentech a kalech v právních předpisech v ČR 18

4. Ekonomický přínos metodiky 22

5. Srovnání novosti postupů a uplatnění metodiky 23

6. Seznam publikací, které předcházely metodice 25

7. Literatura 27

Seznam obrázků, tabulek a zkratek 31

1. Úvod a cíl metodiky

Cílem metodiky je podat základní informace o odběrech vzorků pro stanovení obsahů rizikových prvků na orné půdě, trvalých travních porostech apod. v zemědělských provozech až po úroveň agro-ekosystému. Metodika pojednává o způsobech odběru vzorků statkových a organických hnojiv (hnoje, kejdy, komposty, digestát), vzorků rostlinného materiálu (rostliny, listy, zrno, sláma) a půdy pro stanovení obsahů rizikových prvků. Dále jsou popsány analytické laboratorní metody pro analýzy obsahů rizikových prvků ve hnojivech, rostlinách a půdách.

Metodika vznikla za finanční podpory MZe ČR a je výstupem řešení projektu MZe ČR QJ1210211 „Využití dlouhodobých polních pokusů s hnojením pro stanovení vstupu rizikových kovů z agroekosystémů do potravního řetězce“ ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze a AGROEKO Žamberk, spol. s.r.o.

Další podrobnější informace a doporučené postupy jsou uvedeny v navazujících metodikách pro praxi, jejichž texty jsou dostupné na internetových stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

2. Současný stav řešené problematiky

Biogeochemické koloběhy látek (makroprvky, mikroprvky i rizikové prvky) a energie jsou základními atributy fungování stabilních terestrických ekosystémů, protože jsou spjaty s klimatem, koloběhem vody a živin, i s produkcí biomasy (KULHAVÝ et al. 2012). Správné pochopení koloběhů látek je zásadní pro porozumění historie daného prostředí, ale hlavně pro optimalizaci současných hospodářských postupů ve vztahu k nastupující klimatické změně (GKZ) v daných přírodních podmínkách České republiky.

Současný trend zemědělství v duchu efektivního a šetrného využívání přírodních zdrojů s maximálním zřetelem na ochranu biosféry vede k hluboké restrukturalizaci našeho zemědělství. Při této příležitosti je nezbytně nutné věnovat maximální pozornost přirozené produkční schopnosti půd a s pomocí levných opatření na revitalizaci jednotlivých ekosystémů tuto přirozenou schopnost půd neustále zvyšovat. Jednou ze základních cest k dosažení dobré půdní úrodnosti a tím i stability produkční účinnosti je řádné hospodaření s organickými látkami při jejich koloběhu přes půdu. Organické hnojení, nejen že takto zaktivňuje bilance organických látek, tj. bilance energie v půdě, též ruku v ruce kompenzuje jednostranné působení dnes tolik nákladného minerálního hnojení. V hospodaření s organickými zdroji (statková hnojiva, včetně zeleného hnojení a slámy, organická hnojiva) jsou značné rezervy, a to na úsecích výroby, skladování a vlastní aplikace.

Kontaminace půdy rizikovými kovy představuje vážná rizika pro produkci plodin, kvalitu potravin a zdraví člověka, zvláště díky jejich vysoké toxicitě, velké mobilitě a schopnosti dlouhodobě působit v životním prostředí. Jejich osud v prostředí závisí na půdních chemických a fyzikálních vlastnostech a především na typu půdy. Ačkoliv je chemickým vlastnostem půdních kontaminantů v poslední době věnována velká pozornost, naše znalosti o chování těchto rizikových látek nejsou zdaleka ucelené. Schopnost rizikových látek působit v půdě je daleko větší než v jiných částech biosféry a kontaminace, zvláště pak rizikovými kovy se zdá být permanentní. Akumulované kovy v půdě jsou přirozeným vyplavováním, erozí a odběrem rostlinou odstraňovány z životního prostředí velmi pomalu (PANWAR et al. 1999). Poločas persistence rizikových kovů v půdním prostředí byl vypočítán podle vlastností

půdy pro Zn na 70 až 3000 let, pro Cd 75 až 1100 let, pro Cu 310 až 3000 let a pro Pb 740 až 5900 let. Tyto údaje naznačují, že kompletní odstranění těchto prvků z půdy je velmi obtížné, ne-li nemožné. Bilance rizikových kovů v půdě ukazuje, že jejich koncentrace v půdě celosvětově stoupají s rostoucí industrializací a také díky zemědělským aktivitám (KABATA - PENDIAS 2001). Půdní koncentrace mohou být ovlivněny jak lokální kontaminací, tak i transportem těchto prvků na velké vzdálenosti. Z celosvětových i domácích pramenů je patrné, že kontaminace prostředí rizikovými kovy je velmi individuální dle místních specifických charakteristik (LEE et al. 2003; MICÓ et al. 2006; MAIER et al. 2000). V České republice byly tyto zdroje znečištění monitorovány v průběhu devadesátých let minulého století. Vysoká atmosférické depozice byla především v oblastech s vysokou koncentrací těžebního, hutního a metalurgického průmyslu. Těžba hnědého uhlí se podílela na kontaminaci půdy Cr, Cd a Pb a to zejména v oblasti Žatce, Chomutova a Sokolova. Důlní činnost způsobila kontaminaci půdy As, Cd, Pb a Zn v okolí Kutné Hory. Na Příbramsku došlo ke kontaminaci prostředí rizikovými kovy díky těžbě a zpracování Pb (TLUSTOŠ et al. 2006). V okolí velkých evropských měst jako jsou Oslo (Norsko) nebo Madrid (Španělsko) byly zaznamenány rostoucí koncentrace Ba, Cd, Pb, Sb, Ti, Zn, naopak stupeň znečištění Cu byl v porovnání s ostatními velmi nízký. Díky extrémnímu nárůstu automobilového provozu během posledních dvaceti let 20. století ve Varšavě rapidně stouply koncentrace Cd, Cu a Pb. Podobné trendy ukazovala i jiná velkoměsta v Bělorusku a Itálii jako Minsk, Siena, v Rusku Novosibirsk nebo v Německu Berlín (DE MIGUEL et al. 1997; BIRKE, RAUCH 1999; CZARNOWSKA, 1999).

V posledních letech je také věnována pozornost vlivu zemědělských aktivit na koncentraci rizikových kovů v agroekosystémech. Hlavními zdroji jsou aplikace minerálních, statkových a organických hnojiv, taktéž odpadních kalů a jiných přípravků určených pro výživu a ochranu rostlin. Mezi minerálními hnojivy patřila k nejvýznamnějším zdrojům rizikových kovů Thomasova moučka. Dalším významným zdrojem rizikových kovů (As, Cu a Zn), díky přídavkům růstových promotérů a probiotik do krmiv mohou být i statková hnojiva. Podle druhu krmiva a cílové skupiny se koncentrace těchto prvků velice liší. Podle posledních studií opakovaná aplikace kuřecí kejdy (ADELI et al. 2007; SCHOMBERG et al. 2008), prasečí kejdy (NOVAK et al. 2004; BERENGUER et al. 2008) a případně kejdy skotu (LIPOTH, SCHOENAU 2007; BENKE et al. 2008) může zvýšit koncentraci Cu a Zn v půdním profilu.

V poslední době za prudkého rozvoje výstavby bioplynových stanic v ČR (cca 500 ke konci r. 2013) je velice aktuální problematika uplatnění digestátů a sledování jejich vlivu na půdu a kvalitu produkce. Tyto výstupní materiály (digestáty) jsou produkovány ve velkých objemech, odhad roční produkce ze zemědělských stanic 7,9 mil. t (DOSTÁL et al. 2015) a vzhledem k surovinové skladbě při jejich vzniku je nutné sledovat nejenom obsah rizikových prvků, ale i další účinky a parametry, včetně celé technologie pěstování plodin v dané oblasti, kde vznikají bioplynové stanice, a kde digestáty musí najít zpětné uplatnění na půdě.

Dostupnost rizikových kovů z půdy rostlině je ovlivněna mnoha faktory. Patří mezi ně mobilita rizikových kovů v půdě, redox potenciál a hodnota pH, adsorpce kationtů v půdě, sorpční kapacita půdy, obsah organických látek v půdě, atd. Právě půdní organická hmota je základním faktorem půdní úrodnosti, příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, zlepšuje strukturu půdy a je podmínkou dosahování stabilních výnosů zemědělských plodin. Její množství a kvalita v dané lokalitě je produktem dlouhodobého vývoje a vyvážená bilance je předpokladem trvale udržitelného hospodaření na půdě. OH se rovněž díky aktivitě půdních mikroorganismů v půdě uplatňuje při detoxikaci škodlivin. Proto je nutné sledovat kvantitu a kvalitu OH v půdě nejen za účelem posuzování půdy z hlediska úrodnosti, ale též jako důležitého faktoru ovlivňujícího aktuální obsahy rizikových kovů v půdě a jejich

uvolnitelnost. K hodnocení vlivu různých způsobů hnojení a dalších opatření na obsah a mobilitu rizikových kovů se nejčastěji používají nádobové experimenty (HUANG et al. 1997; SZÁKOVÁ et al. 2007; NEUGSCHWANDTNER et al. 2008, aj.).

Naopak, několik desítek let probíhající dlouhodobé polní experimenty poskytují dlouhodobá reálná data, podle kterých můžeme hodnotit vliv různých agrotechnických opatření na trvalou udržitelnost zemědělských kultur. Tyto experimenty stále probíhají na celém světě (BLAIR et al. 2006; KÖRSCHENS 2006, SILVERTOWN et al. 2006; GIRMA et al. 2007; MERBACH, DEUBEL 2008; UPRETY et al. 2009; KUNZOVÁ, HEJCMAN 2009, HEJCMAN, KUNZOVÁ 2010; KUNZOVÁ, HEJCMAN 2010; ŠREK et al. 2010; HEJCMAN et al. 2010). Vliv dlouhodobé aplikace hnojiv na kontaminaci půdy a rostlin rizikovými kovy byl studován jen zřídka. Vliv dlouhodobé aplikace fosforečných hnojiv na obsah kadmia v půdě sledoval GRAY et al. (1999). Aplikace organických hnojiv měly za následek vysoké koncentrace kadmia v půdě v dlouhodobém „Woburn Market" experimentu v Anglii (ABAYE et al. 2005). Rizikovými kovy v půdách a biomase na dlouhodobém pokusu s hnojením travního porostu „Rengen Grassland Experiment" se zabývali (HEJCMAN et al. 2009; HEJCMAN et al. 2010). Jako výrazný zdroj As, Cr, Mg, Cu, Zn a Fe se ukázala Thomasova moučka. Její aplikace výrazně zvýšila obsah těchto kovů v půdě. U As se zvýšila i jeho mobilita. Závislost obsahu těchto prvků v nadzemní biomase na obsahu jejich mobilních forem v půdě nebyla prokázána. Jeden z nejstarších pokusů s aplikací hnojiv na orné půdě, založení v roce 1955, stále běží v Praze - Ruzyni ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby. Vliv aplikace hnoje, drůbeží kejdy a močůvky v kombinaci s aplikací NPK na obsah rizikových kovů v půdě hodnotili UPRETY et al. (2009). Po více než padesáti letech těchto opatření bylo zjištěno, že dlouhodobá aplikace drůbeží kejdy zvýšila celkové obsahy Cu, Mg a Zn v půdě. S výjimkou celkového obsahu Cd však zůstaly koncentrace sledovaných kovů pod úrovní maximální přípustné hodnoty celkových obsahů prvků v zemědělské půdě České republiky. Koncentrace As, Cd, Cr, Cu, Mg, Pb a Zn v hlízách brambor po aplikaci prasečí kejdy v kombinaci s NPK sledoval ŠREK et al. (2010). Koncentrace těchto prvků nebyla přímo ovlivněna aplikací hnojiv. Pouze koncentrace Pb přesáhla platné přípustné limity v bramborách v České republice. V rámci tohoto projektu jsou rizikové kovy monitorovány především na plochách s největším zastoupením obilnin, protože obilniny jsou nejdůležitější skupina zemědělských plodin pěstovaných na orné půdě.

V České republice patří k nejpěstovanějším pšenice s průměrnou osevní plochou 834 tis. ha a ječmen s průměrnou osevní plochou 480 tis. ha v posledních pěti letech (ČSÚ 2011). Jsou základní surovinou pro řadu potravinářských výrob, pro krmivářský průmysl i pro průmyslovou surovinu. Jako potravina kryjí asi 33 % energetické hodnoty, zajišťují 30 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % tuku. Jejich předností je výhodný poměr obsahu základních výživných látek - sacharidů a bílkovin. Kromě toho jsou dodavatelem minerálních látek a vitaminů skupiny B. Potraviny z této kategorie tvoří hlavní součást výživy člověka na celém světě, v průměru poskytují okolo 52 % z celkových příjmů kalorií (FAO 1995). Největší expozice rizikovým kovům hrozí většině lidem díky obsahu těchto prvků v potravinách (IOVDIJOVÁ et al. 2010). Právě zrno obilnin může být významným zdrojem rizikových kovů v potravním řetězci, obzvláště u kovů mobilních a rostlině lehce dostupných jako například kadmium (KABATA - PENDIAS 2001).

3. Metodická část

3.1. Metodické postupy odběrů vzorků statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy pro stanovení rizikových prvků a jiných půdních parametrů

Statková, organická a organominerální hnojiva

Průzkum složení statkových, organických a organominerálních hnojiv je nezbytnou součástí péče o tato hnojiva a to v souvislosti s péčí o produkční účinnost zemědělských půd a v souvislosti s péčí o životní prostředí. Monitoring statkových, organických a organominerálních hnojiv je základním podkladem při tvorbě a následné novelizaci legislativy ČR a EU: zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) a jeho prováděcích vyhlášek. Z vyhlášek je to zejména vyhláška č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických rozborech vzorků hnojiv; vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv; vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

Správně provedený odběr a následná analýza vzorku statkového a organického hnojiva nachází časté uplatnění při používání hnojiv na zemědělské půdě. I když pěstitel má v tabulkových přílohách výše uvedené legislativy k dispozici normativy složení hnojiv, vlastním odběrem a analýzou hnojiv upřesňuje agronomickou strategii hnojení půdy a výživu rostlin. Zatímco analytické postupy v chemických laboratořích jsou co do druhu statkových a organických hnojiv z hlediska konzistence hnojiv podobné, odběr vzorků tuhých a tekutých/kapalných hnojiv se významně liší.

Odběry vzorků tekutých statkových a kapalných organických a organominerálních hnojiv

Před vlastním odběrem vzorku je nutné obsah tekutého statkového nebo kapalného organického nebo organominerálního hnojiva celého skladu zhomogenizovat trvale nainstalovaným nebo mobilním homogenizátorem (např. výroba: MEZ, a.s. Nedvědice /ČR/, Obr. 1, STS Prachatice, a.s. /ČR/, případně Vakutec - Slurry GmbH. /Rakousko/ apod.). Za stálého míchání z proudu tekutiny/kapaliny hnojiva se odebere min. 10 dílčích vzorků hnojiv (každý v objemu 0,5 až 2,0 l) do nádoby o obsahu 15 l. V případě odběru jednoho reprezentativního vzorku z více skladů je nutné, aby poměr hmotnosti dílčích vzorků odpovídal hmotnosti uskladněných hnojiv v jednotlivých skladech. Následuje promísení dílčích vzorků v nádobě na směsný vzorek (Obr. 2), ze kterého se odebere reprezentativní vzorek 1 l hnojiva pro chemickou analýzu do elastické PE-vzorkovnice s ne zcela těsným uzávěrem. Vzorkovnice se plní jen ze 3/4 jejich objemu, aby případnou tvorbou plynu se vzorkovnice nezdeformovala a obsah vzorku neunikl. Z tužší vzorkovnice se doporučuje před dotažením uzávěru a následným uložením část vzduchu z prostoru nad hladinou vymáčknout. Odebrané vzorky se skladují až do jejich zpracování v laboratoři v období max. 7 dní při teplotě 5 ^{o}C. Na delší skladovací období je nutné vzorky zamrazit.

Před zpracováním v laboratoři je nutné vzorek tekutého statkového nebo kapalného organického nebo organominerálního hnojiva opakovaně homogenizovat ponorným tyčovým mixerem (např. výroba ETA /ČR/, Obr. 3). Bezprostředně po finální homogenizaci musí následovat chemická stanovení. Před každým navažováním pro jednotlivá stanovení je nutné reprezentativní vzorek ve vzorkovnici řádně protřepat.

Obr. 1. Homogenizace kapalných organických hnojiv (digestát) v nádrži pro 6000 t pomocí homogenizátorů MEZ, a.s. Nedvědice /ČR/ (foto J. Dostál).

Obr. 2. Příprava směsného vzorku promísením dílčích vzorků tekutých statkových hnojiv /kejda skotu/ (foto J. Dostál).

Obr. 3. Homogenizace vzorku tekutého/kapalného hnojiva/ tyčovým mixérem (foto J. Dostál).

Odběry tuhých statkových, organických a organominerálních hnojiv

Před vlastním odběrem vzorku se doporučuje tuhé statkové nebo organické anebo organominerální hnojivo volně ložené nahrnout manipulační technikou do tvaru krechtu, při kterém se hnojivo částečně promísí a uvolní se případně nadbytečná hnojůvka z vnitřních komor, které vznikají přirozeně během fermentace. Neupravené krechty se bezprostředně před odběrem vzorků v místě odběru zbaví povrchové vrstvy hnojiva do hloubky min. 200 mm. Pomocí sondovací tyče o min. průměru 50 mm nebo pomocí frézy o min. průměru 30 mm na sondovací tyči poháněné motorem (Obr. 4) se odebere min. 20 dílčích vzorků (každý o hmotnosti 0,1 až 0,5 kg) do nádoby o obsahu 15 l. V případě odběru jednoho reprezentativního vzorku z více skladů je nutné, aby poměr hmotnosti dílčích vzorků odpovídal hmotnosti uskladněných hnojiv v jednotlivých skladech. Následuje promísení dílčích vzorků na směsný vzorek. Obsah nádoby se vysype na čistou PE-fólii obdélníkového tvaru o délce nejmenší strany min. 1 m, ve hnojivu během míchání se ručně rozmělní větší méně kompaktní částice a následně se směsný vzorek rozhrne na takřka celý povrch fólie. Tyto operace nelze provádět na přímém slunečném záření a za atmosférických srážek, aby nedošlo k ovlivnění obsahu amonného dusíku. Pokud směsný vzorek po rozhrnutí subjektivně vykazuje homogenitu, odebere se z něho reprezentativní vzorek 1 kg hnojiva pro chemickou analýzu. Vzorky tuhých hnojiv se ukládají do PE-sáčků, které se uzavírají omotáním otvoru elastickým materiálem. Ze vzorkovnice se doporučuje před uzavřením a uložením část vzduchu vymáčknout. Odebrané vzorky se skladují až do jejich zpracování v laboratoři v období max. 7 dní při teplotě 5 ^{o}C. Na delší skladovací období je nutné vzorky zamrazit. Před každým navažováním pro jednotlivá stanovení je nutné reprezentativní vzorek sypkého materiálu ve vzorkovnici řádně protřepat, nesypké materiály dostatečně prohníst.

Obr. 4. Příprava odběrového zařízení pro vzorky píce ze skladů siláže a tuhých statkových a organických hnojiv z krechtů - sondovací fréza (foto J. Dostál).

Rostlinný materiál (listy, zrno, sláma)

Odebírání průměrných vzorků rostlinné hmoty a jejich přípravě k analýze je nutno věnovat maximální pozornost a péči. Jen správně odebraný vzorek, charakterizující přesně složení celé sklizně, partie, zásilky apod., může poskytnout výsledky, umožňující formulaci správných závěrů. Naopak, vzorek odebraný nesprávným způsobem může obraz o složení zkoušené organické hmoty úplně zkreslit a vyvození objektivních závěrů znemožnit. Je proto nutné při odebírání vzorků jednotlivých druhů rostlinného materiálu postupovat co nejpřísněji podle zásady stejnosměrnosti a poměrnosti. Stejnosměrností se rozumí odebírání dílčích vzorků z různých míst a z různých vrstev. Poměrností rozumíme závislost počtu odebraných dílčích vzorků na jeho hmotnosti.

Získané dílčí vzorky shromažďujeme na suchém čistém místě a důkladně promícháme. Teprve z tohoto většího vzorku odebereme předepsané množství, které vložíme do čistého suchého sáčku (u vodnatých hmot do skleněné nebo jiné nerezavějící nádoby s dobře těsnícím víkem), řádně označíme a co nejrychleji odešleme do laboratoře k rozboru.

Odběr vzorků suché a sypké rostlinné hmoty

Dílčí vzorky zrna, semen, (dále mlýnských výrobků, sušených vedlejších výrobků olejářského i škrobárenského průmyslu, různé krmné moučky, melasové směsi apod.) odebíráme vzorkovačem nebo lopatkou, a to tak, že při volném uskladnění bereme jednotlivé podíly nejméně z 10 různých míst a vrstev, stejnoměrně rozdělených na celé ložné ploše.

Nachází-li se zkoušená rostlinná hmota v pytlích, pak bereme dílčí vzorek při větším množství pytlů nejméně z každého 10. pytle (do 50. Pytlů - vždy z každého pátého pytle) tak, že z těchto pytlů odebereme vzorkovačem podíl po celé délce pytle.

Odebrané dílčí vzorky se po promíchání rozprostřou ve stejně silné vrstvě, z níž dělením (oddělování segmentů) připravíme průměrný vzorek o váze 0,5–1,0 kg. Zjistíme-li před promícháním rozdíly mezi jednotlivými dílčími vzorky, považujeme každý z nich za samostatnou partii a vytvoříme pro každou z nich samostatný průměrný vzorek.

Při odebírání dílčích vzorků a při přípravě průměrných vzorků suché píce (sláma, seno apod.) je nutno, zejména u sena motýlokvětých pícnin dbát zvýšené opatrnosti, aby při odběru a promíchávání materiálu nedocházelo k odrolu lístků. Suchou píci ve stozích nebo ve skladech vzorkujeme tak, že z různých míst a vrstev odebereme nejméně 10 dílčích vzorků, z nichž po promíchání vytvoříme průměrný vzorek o váze asi 2 kg, který po zvážení, zabalení a označení odešleme do příslušné laboratoře.

Odběr vzorků zelené píce, kukuřice a okopanin

Zelená píce se vzorkuje na poli nebo v přípravně krmiv tak, že se dílčí vzorky odebírají nejméně z deseti různých míst na povrchu i v hloubce. Dílčí vzorky lze též odebírat při mechanizované sklizni a automatickém plnění vozu tak, že v pravidelných intervalech se zachytí část píce vrhané do vozu (dynamické vzorkování). Odebrané dílčí vzorky se shromáždí na čisté a suché podložce a po promíchání a případném zmenšení hrubého vzorku se z konečného vzorku odebere laboratorní vzorek o hmotnosti 2–5 kg. Píce z luk a pastvin se vzorkuje tak, že u vzorkovaného porostu se vyžne na 3 až 10 místech plochy vždy 1 m^2. Vzorky zesilážované píce se ze silážních žlabů odebírají sondovací frézou (Obr. 4), případně tyčí. Dílčí vzorky z jednotlivých dílců se opět shromáždí na čisté a suché podložce k přípravě laboratorního vzorku obvyklým způsobem (jak je uvedeno výše). Porosty na stojato (mimo kukuřici) se vzorkují jako pastva. Ke vzorkování porostu na stojato pro stanovení hodnoty zaprášení porostu se berou dílčí vzorky o hmotnosti asi 0,5 kg z pěti míst, a to tak, aby rostliny nebyly zbaveny při shromažďování prachu.

Kukuřice (celé rostliny) se vzorkují tak, aby vzorkování reprezentovalo charakter sklízeného porostu. Odebírají se dvě až čtyři rostliny a ty slouží ke zjištění laboratorní sušiny. Po skončení odběru vzorku se získaný vzorek promíchá a zmenší na hmotnost asi 3 kg, která reprezentuje naskladněnou hmotnost za určitý časový interval nebo píci z určité výměry, stejného druhu, která je vyrobena za stejných podmínek, či celkovou naskladněnou hmotnost do příslušného skladovacího prostoru. Získaný skládaný vzorek se označuje dnem odběru, druhem hmoty, místem skladování, hmotností, kterou reprezentuje, případně číslem honu, ze kterého byl vzorek sklizen. Vlhké vzorky se předsuší, určí se úbytek hmotnosti sušením a balí se do neprodyšných obalů, které se označí. Takto připravené předsušené vzorky se používají k vlastnímu stanovení původní sušiny, případně k dalšímu stanovení žádaných znaků. Dílčí vzorky z dopravních prostředků se odebírají rukou náhodným odběrem z 5 až 10 míst. Obal nebo podložka se ukládá na stinné místo. Odebraný vzorek čerstvé hmoty se musí předsoušet v den odběru.

Okopaniny se vzorkují tak, že z nejméně 10 míst se odeberou dílčí vzorky po 5–15 bulvách nebo 30–50 hlízách s takovým stupněm znečištění, které se vyskytuje při zkrmování. Takto odebrané vzorky se rozloží do čtverce (kruhu), který se potom úhlopříčkami rozdělí na 4 trojúhelníky. Laboratorní vzorek z bulev nebo hlíz se získá z jednoho trojúhelníka.

Pokud je podezření na zvýšený obsah vody, odebere se hrubý vzorek do dvojitého papírového sáčku a část se uloží v PE sáčku nebo v hermeticky uzavřené vzorkovnici.

Odběr vzorků z pokusů a provozních ploch

Odběr vzorků z polních pokusů provádíme z ochranných pásů, míst vzdálených 0,5–1 m od parcely určené ke sklizni, hnojených podle stejného pokusného schématu. Jeden vzorek tvoří rostliny odebrané ze dvou míst každého opakování z plochy 0,5 m^2. Vzorky podle konkrétních pracovních možností a účelu polního pokusu zpracováváme buď zvlášť, nebo připravíme smícháním jednotlivých opakování na jeden vzorek. Plocha odběru závisí také od počtu odběrů, který je třeba v pokuse uskutečnit. Při větším počtu odběrů je nutné úměrně snížit plochu určenou k odběru dílčích vzorků. Pokud se jedná o rostliny s velkou hmotností

(z pozdějších vývojových fází) odebíráme k analýzám poměrnou část ze vzorku podle relativního hmotnostního zastoupení (např. kukuřice: listy, stonky, palice; cukrovka: listy, bulvy apod.). U pokusů prováděných ve vegetačních nádobách se k odběru odebírají rostliny zrušením celé vegetační nádoby.

U provozních ploch odebíráme vzorky rostlin z honů stejných agrochemických půdních vlastností, z porostů vyrovnaných, po stejné předplodině a při stejné technice hnojení. Hmotnost 1 vzorku v čerstvém stavu musí být taková, abychom po vysušení získali asi 50-100 g sušiny. Při odběru zjišťujeme počet rostlin ve vzorku a čerstvou hmotnost.

Úprava rostlinného materiálu před chemickými analýzami

Rostlinný materiál se po odběru převeze do laboratoře. V případě, že je znečištěn půdou, velmi krátce se opláchne v destilované vodě (hrozí vyplavení živin). Vlhké vzorky, které nelze přímo rozemílat (obsah vody nad 15 %), je nutno předem předsušit při teplotě 40–60°C. Předsoušení předchází úprava zelené hmoty rostlin rozsekáním, rozřezáním, nastříháním nebo nastrouháním na částice vhodné pro rychlé sušení. K předsoušení se odebírá taková část vzorku, aby se získalo 100 až 200 g suchého vzorku. Suší se do získání zdánlivě suché hmoty. Současně s předsušením se stanoví původní sušina.

Po vysušení se vzorek rozemele na vhodném laboratorním mlýnku tak, aby celý prošel beze zbytku sítem s kruhovými otvory průměru 1 mm. Zhomogenizovaný vzorek se ponechá alespoň 12 hodin na vyrovnání vlhkosti a pak se uzavře do vzorkovnice. Slouží pro všechny chemické rozbory včetně stanovení laboratorní sušiny.

Půda (půdní vzorky)

Odběr půdních vzorků k analýze půdy je podrobně popsán v Pracovních postupech pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011–2016 (KLEMENT 2011). Půdní vzorky se odebírají v jarním nebo podzimním období. Jarní odběr začíná 1. února (s ohledem na klimatické a půdní podmínky) a končí podle stavu vegetace nejpozději 31. května kalendářního roku. Podzimní odběr začíná 1. července (s ohledem na sklizeň) a končí 30. listopadu kalendářního roku. Průměrný vzorek se odebírá vždy z plochy jednotně obhospodařované (stejná plodina). Menší lokality na pozemku s výrazně odlišnými půdními vlastnostmi se z odběru vylučují. Půdní vzorky se odebírají výhradně sondovacími tyčemi, přičemž jeden průměrný vzorek se skládá minimálně ze 30 vpichů. Při odběru je nutno vyloučit přimíchání zeminy z podorničí. V posledních letech se pro splnění výš popsaných podmínek odběru vzorků půd úspěšně ověřují mobilní vzorkovače půd s hydraulicky ovládanou sondovací tyčí na motorovém vozidle (např. Obr. 5).

Obr. 5. Navržený prototyp zařízení pro vzorkování půd hydraulicky ovládanou vzorkovací tyčí na motorovém vozidle (foto autor prototypu J. Maňásek).

Způsob odběru

a) konvenční: při konvenčním způsobu odběru se plocha odběru vzorku prochází po úhlopříčce, jednotlivé vpichy se umisťují v pravidelných vzdálenostech,

b) 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. Vzorky se při průzkumu odebírají odděleně z profilu 0–30 a 30–60 cm, tzn., 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;

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 ze 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 1 ha, 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 důvodu pravděpodobné rozdílnosti obsahu přístupných živin, 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, tzn., 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. Řádně na vzduchu vysušená zemina se prosévá sítem s průměrem ok 2 mm. Před prosíváním je nutno odstranit případné rostlinné zbytky. Při prosévání se musí rozdrtit a prosít celý vzorek, nikoliv pouze množství postačující k naplnění vzorkovnice. Vzorkovnice se označí, po dohodě s laboratoří číslem na víčko, nebo na bok vzorkovnice. Číslo je shodné s označením na papírovém sáčku, z něhož byl vzorek vysypán do prosévačky. Vzorkovnice o objemu cca 1 l musí být zcela naplněny, aby byl dostatek zeminy pro případné opakování některého z rozborů.

<u>Poznámka:</u> pro potřebu podrobnějšího stanovení rizikových prvků v půdním profilu v důsledku různých jiných situací (antropogenní kontaminace, záplavy, havárie apod.) není

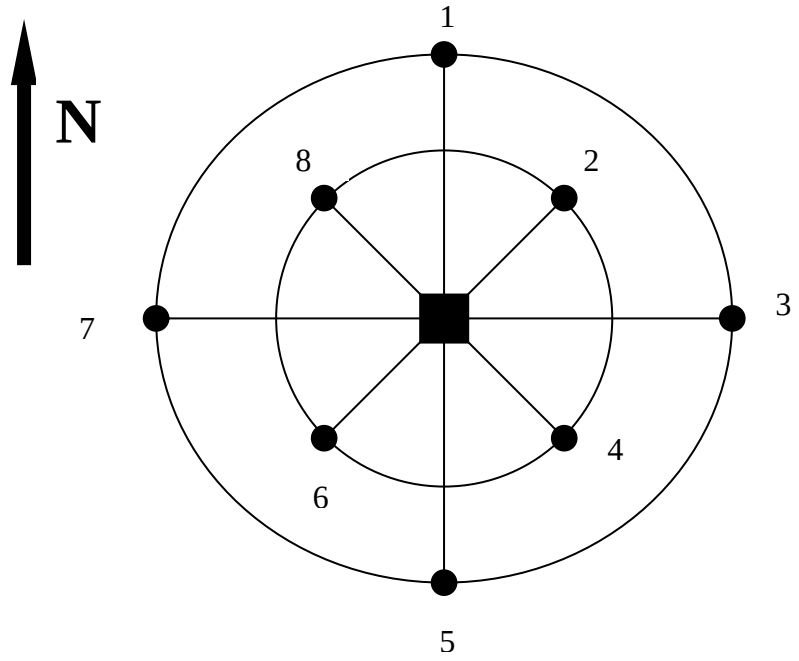
vhodné postupovat podle předchozího postupu. Vždy je vytvořeno specifické vzorkovací schéma (metodika), dle zadávací dokumentace, které odpovídá danému problému a účelu.

Obecný návod postupu vzorkování rizikových prvků v terénu pro speciální účely

vzorkovací schéma - vzorkovací síť zvolena tak, aby pokryla dané území (lokalitu), např. pravidelná čtvercová síť (v rámci zvolené sítě se dále volí náhodné utříděné schéma apod. *viz Obr. 6., Schéma odběru vzorků v rámci projektu Kontaminanty v životním prostředí řeky Eger–Ohře,* KUNZOVÁ *et al. 2014*), k zachycení pozadí se vždy navrhují referenční lokality, vzorkovací plocha v rámci stanovené vzorkovací sítě pro odběr směsného vzorku je umístěna do vhodného místa podle úsudku vzorkovače, tak aby byla reprezentativní pro dané místo

■ půdní sonda

● satelitní body: č. 1, 3, 5, 7 – vzdálené 6,6 m od sondy
č. 2, 4, 6, 8 – vzdálené 3,8 m od sondy



*Obr. 6. Schéma odběrů /půdní sonda a satelitní body/ (*KUNZOVÁ *et al. 2014).*

odběr vzorků - většinou směsný (souhrnný) vzorek z několika dílčích vzorků dle specifického vzorkovacího schématu

typ vzorků - většinou porušený, neporušené vzorky jen pokud se dále stanovují fyzikální vlastnosti pro případný přepočet na objemovou hmotnost

technika vzorkování - nerezový rýč, nerezová polní lopatka, nerezová sondovací tyč, nerezová špachtle, nerezový nůž, nerezová nádoba pro promísení směsného vzorku

průběh vzorkování - v průběhu vzorků musí být zajištěna dekontaminace vzorkovacího nářadí mezi odběry jednotlivých vzorků, odběr je prováděn výhradně ve sterilních rukavicích

hloubka odběru - různá (dle zadání, dle genetických horizontů apod.), hloubka vzorkování, pokud je stanovena, musí být dodržena u všech vzorků ve vzorkovacím schématu

hmotnost směsného vzorku - 1,5–2,0 kg pro chemické analýzy

vzorkovnice - mikrotenové nebo PE pytle, sklenice s šroubovým uzávěrem

přeprava vzorku - uzavřené vzorkovnice - nesmí dojít k následné kontaminaci při přepravě se vzorky

úprava (homogenizace) vzorku v terénu - směsný vzorek v terénu homogenizován promísením v nerezové nádobě, větší částice rozmělněny, kameny, nerozložené zbytky rostlin, případně jiné cizorodé částice se odstraňují, po homogenizaci vznikají dva redukované **vzorky** - jeden k analýze /sklenice s víkem/, druhý kontrolní /mikrotenový, PE pytel/

označení vzorků - každá vzorkovnice musí být opatřená odpovídajícím popisem - jednoznačná identifikace

dokumentace - popis vzorků v terénu, fotodokumentace, GPS lokalizace středu odběrové plochy

kontrolní vzorky - viz úprava (homogenizace) vzorku v terénu

ochranné pomůcky - pracovní rukavice, obuv, oděv

3.2. Přehled dostupných metod laboratorních pro analýzy sušiny, pH, obsahu základních živin a rizikových prvků ve vzorcích (statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy)

Obsah sušiny /organická a organominerální hnojiva, rostlinný materiál, půda/
Hmotnostní podíl sušiny a hmotnostní vlhkost vzorku se stanovuje z úbytku hmotnosti vzorku po jeho vysušení při 105°C do konstantní hmotnosti. Za dosažení konstantní hmotnosti se považuje stav, kdy následující vážení v exsikátoru vychladlého vzorku s časovým intervalem 4 hod. je odlišné o méně než 0,1 % poslední stanovené hmotnosti (ZBÍRAL 2002).

Organický podíl ve vzorku (spalitelné látky) /organická a organominerální hnojiva, rostlinný materiál, půda/
Hmotnostní úbytek (po předběžném vysušení vzorku při 105 °C) po vyžíhání vzorku při 550 °C do konstantní hmotnosti (ČSN 46 5735. 1991; PETROVÁ et al. 2012).

Stanovení pH /organická a organominerální hnojiva, půda/
Mezi vyluhovaným roztokem a půdou /hnojivem/ dojde k ustanovení rovnováhy mezi ionty vodíku v roztoku a ionty vodíku vázanými v sorpčním komplexu půdy. Aktivita iontů vodíku se měří ve výluhu roztoku nebo suspenzi vzorku pH-metrem s obvyklou kombinací elektrod /kalibrace 2 tlumivými roztoky/ (ZBÍRAL 2002; ISO 10 390; PETROVÁ et al. 2012).

Celkový obsah uhlíku (Ct), dusíku (Nt) a síry (S) /organická a organominerální hnojiva, rostlinný materiál, půda/
Stanovuje se ze vzorků zbavených hrubších částic po jemném semletí, případně rozetření, na automatickém analyzátoru (totální analyzátory C/N/S). Přístroje pracují na principu suchého spalování vzorku v kyslíkové atmosféře. Nosným plynem je helium, spalovacím plynem je medicinální kyslík a pneumatickým plynem je vzduch. Teplota spalování je při stanovení uhlíku a dusíku cca 850–950°C. Uhlík je stanovován jako CO_2 ve spalinách infračerveným detektorem. Dusík je po spálení redukován na koloně s katalyzátorem a je stanovován jako N_2 tepelně vodivostním detektorem, síra je stanovována jako SO_2 (ISO 10694. 1995; ISO 13878. 1998; ZBÍRAL 2011).

Celkový oxidovatelný uhlík (Cox) /půda/
Stanovení Cox je prováděno mokrou cestou, tzv. Tjurinovou metodou (TJURIN 1937). Podstatou je oxidace organického C kyslíkem některého chemického oxidans, aplikovaného ve formě roztoku v kyselino-sírovém prostředí. K okysličování se nejčastěji používá $K_2Cr_2O_7$. Množství spotřebovaného oxidans se zjistí přímou titrací Mohrovou solí (HORÁČEK 1995, VALLA et al. 2002).

Obsahy celkových obsahů základních živin a rizikových prvků - extrakce v lučavce královské /organická a organominerální hnojiva, rostlinný materiál, půda/
Upravený vzorek se extrahuje směsí kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné za zvýšené teploty. V mineralizátu lze stanovit uzanční celkové obsahy Li, Be, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, prvky vzácných zemin, Tl, Pb, Bi, Th, U i případně další prky (ZBÍRAL 2003).

Obsahy přístupných základních živin /fosfor, draslík, hořčík, vápník a síra/ - Mehlich 3 /organická a organominerální hnojiva, půda/
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 vyluhovaného roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. Přítomnost EDTA zajišťuje dobrou uvolnitelnost nutričně významných mikroelementů (železo, hliník, mangan a další prvky (ZBÍRAL 2002).

Obsahy celkových obsahů základních živin a rizikových prvků - extrakce 2M kyselinou dusičnou /organická a organominerální hnojiva, rostlinný materiál, půda/
Upravený vzorek se extrahuje kyselinu dusičnou o koncentraci 2 $mol.l^{-1}$ za laboratorní teploty. V mineralizátu lze stanovit uzanční celkové obsahy Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, prvky vzácných zemin, Tl, Pb, Bi. Na základě platné legislativy ČR se v extraktu stanovuje obsah As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V a Zn (ZBÍRAL 2003).

Mobilní obsahy rizikových prvků /organická a organominerální hnojiva, půda/
Pro odhad přechodu rizikových prvků v půdě do potravního řetězce, do spodních vod apod. se často stanovuje uvolnitelnost extrakcí zředěnými roztoky neutrálních solí při pH půdy. Extrakce roztokem dusičnanu amonného nebo sodného při současném pH půdy. Po ustálení rovnováhy mezi půdou a extrakčním roztokem se stanovuje obsah jednotlivých prvků v extraktu vhodným analytickým postupem (ZBÍRAL 2003). Extrakt s dusičnanem amonným je určen pro mobilních frakcí pvků As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl, U, V, Zn, dále je vhodný i pro Ca, Mg, Na, K. Extrakt s dusičnanem sodným je použitelný pro stanovení Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn i případně Hg, Mo a Tl, Tento extrakt je určen především pro zjištění geogenních a antropogenních kontaminací.

3.3. Přehled základních metod pro charakteristiku kvality půdní organické hmoty (POM)

Frakcionace humusu - stanovení frakčního složení humusu /organická hnojiva, půda/
Frakční složení, tj. stanovení obsahu veškerých humusových látek (HL veškeré) a obsahu volných humusových látek (HL volné) se stanovuje metodou krátké frakcionace podle Kononové a Bělčikové (PODLEŠÁKOVÁ et al. 1992). Obsah humusových látek veškerých se stanovuje v alkalické směsi pyrofosforečnanu sodného a NaOH. Obsah humusových látek volných se stanovuje ve výluhu NaOH. Výhodou metody krátké frakcionace je její rychlost a dostatečná přesnost (POSPÍŠILOVÁ, TESAŘOVÁ 2009, MENŠÍK 2010).

Stanovení barevného kvocientu Q4/6 /organická hnojiva, půda/
Existuje průkazná korelace mezi barevným kvocientem $Q_{4/6}$ a poměrem huminových kyselin k obsahu fulvokyselin (HK:FK). Zjištěné závislosti lze využít k hrubému hodnocení jakosti humusových látek (JAVORSKÝ et al. 1987). Hodnoty barevného indexu ($Q_{4/6}$) mohou být počítány i jako podíl absorbance při 400 nm a 600 nm (STEVENSON 1982; KUMADA 1987).

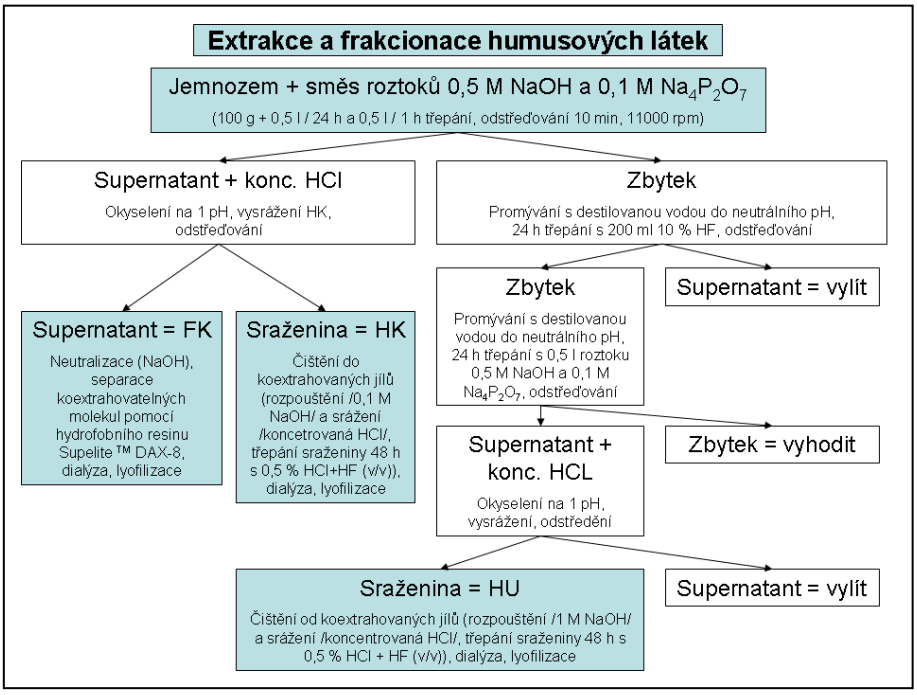
Stupeň humifikace /organická hnojiva, půda/
Pro podrobnější charakteristiku intenzity různých chemických a biologických přeměn humusových látek v půdě byl zaveden termín „stupeň humifikace“ /dle SOTÁKOVÉ (1982), ORLOVA (1985) a HORÁČKA (1996)/. Stupeň humifikace (SH) půdní organické hmoty (%) se vypočítá podle vztahu:

$$SH\ I\ (\%) = 100 * C_{HL(CF)}/C_{org.}$$
$$SH\ II\ (\%) = 100 * C_{HK}/C_{org.}$$

Stanovení UV/VIS spekter /organická hnojiva, půda/
Humusové látky se extrahují směsí 0,5 M NaOH a 0,1 M pyrofosforečnanu sodného a poté jsou vysráženy koncentrovanou kyselinou sírovou (pH = 2,5–3). Sraženina huminových kyselin se filtruje a rozpustí v NaOH. UV/VIS spektra huminových kyselin se měří na spektrofotometru UV/VIS v intervalu od 400 nm do 700 nm po 10 nm (PODLEŠÁKOVÁ et al. 1992).

Stanovení FTIR spekter /organická hnojiva, půda/
Homogenní směs rozemletého půdního vzorku s bromidem draselným v poměru 1:3 se měří na FTIR spektrometru v oblasti, která indikuje hydrofobní (CH skupiny) a hydrofilní (CO skupiny) složky půdní organické hmoty (ŠIMON 2007; MATĚJKOVÁ, ŠIMON 2012).

Stanovení DRIFT spekter /organická hnojiva, půda/
Vzorek půdy se extrahuje směsí roztoků NaOH + pyrofosforečnanu sodného. Rozpuštěné humusové látky se oddělí od zbytku půdy. Humusové látky i zbytek půdy se dále dělí. Vyseparují se tři frakce: huminové kyseliny, fulvokyseliny a humin (Obr. 7). Dále se zjišťuje jejich chemická struktura infračervenou spektroskopií (STEVENSON 1994; GUERRA, SANTOS 1999; PICOLLO et al. 2002, MLÁDKOVÁ et al. 2005, 2006; VOKURKOVÁ 2007; MENŠÍK 2010).



Obr. 7. Schéma extrakce a frakcionace humusových látek (MLÁDKOVÁ et al. 2005, 2006).

3.4. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech, substrátech, půdách, sedimentech a kalech v právních předpisech v ČR

Výtah limitní hodnoty rizikových prvků z nejdůležitějších právních předpisů (vyhlášky) v hnojivech, půdách, sedimentech a kalech uvádí Tab. 1–5.

Tab. 1. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech (dle vyhlášky MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, vyhláška 377/2013 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv, obě vyhlášky ve znění 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv).

Minerální hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky

a) minerální hnojiva s fosforečnou složkou, u nichž je hmotnostní zlomek celkového fosforu jako P_2O_5 5 % a více:

mg.kg^{-1} hnojiva				
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**
50	15	1,0	20	150

b) minerální hnojiva s fosforečnou složkou, u nichž je hmotnostní zlomek celkového fosforu jako P_2O_5 menší než 5 %, ostatní minerální hnojiva neobsahující fosfor, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky:

mg.kg^{-1} hnojiva, pomocné půdní látky, pomocného rostlinného přípravku				
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**
1[1)]	10	1,0	20	50

c) minerální vápenatá a hořečnatovápenatá:

mg.kg^{-1} sušiny				
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**
1,5	30	0,5	20	50

d) popele ze samostatného spalování biomasy:

mg.kg^{-1} sušiny					
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**	**PAU[4)]**
5	50	0,5	20	50	20

Organická hnojiva, substráty, statková hnojiva

a) substráty

mg.kg^{-1} sušiny								
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**	**Cu**	**Mo**	**Ni**	**Zn**
2[2)]	100	1,0	20	100	100	5[3)]	50	300

b) organická a statková hnojiva se sušinou nad 13 %

mg.kg^{-1} sušiny								
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**	**Cu**	**Mo**	**Ni**	**Zn**
2[2)]	100	1,0	20	100	150	20	50	600

Poznámka: Maximální aplikační dávka 20 tun sušiny.ha^{-1} v průběhu 3 let viz odstavec 7 a 8 §7 vyhl. 377/2013 Sb.

c) organická a statková hnojiva se sušinou nejvýše 13 %

mg.kg^{-1} sušiny								
Cd	**Pb**	**Hg**	**As**	**Cr**	**Cu**	**Mo**	**Ni**	**Zn**
2[2)]	100	1,0	20	100	250	20	50	1200

Poznámka: Maximální aplikační dávka 10 tun sušiny.ha^{-1}v průběhu 3 let viz odstavec 7 a 8 §7 vyhl. 377/2013 Sb.

Poznámky:

1) 5 mg/kg u hnojiv obsahujících pouze zinek jako součást určující typ.

2) 1 mg/kg pro substráty určené pro pěstování zeleniny a ovoce.

3) 5 mg/l substrátu pro typové substráty 19.1., 19.2. a 19.3. Neplatí pro substráty používané v zahradnictví vyjma těch, které jsou používány k pěstování ovoce a zeleniny.

4) PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno (1,2,3 cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu).

Organominerální hnojiva
U organominerálních hnojiv podle složení hnojiva a způsobu jeho použití se uplatní limity pro minerální nebo pro organická hnojiva.

Tab. 2. Obsah rizikových prvků (v mg.kg^{-1}) v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu /celkový obsah, rozklad lučavkou královskou/ (dle vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu).

Prvky	Lučavka královská		výluh 2M HNO_3	
	Maximálně přípustné hodnoty		Maximálně přípustné hodnoty	
	lehké půdy[2]	ostatní půdy	lehké půdy[2]	ostatní půdy
As	30,0	30,0	4,5	4,5
Be	7,0	7,0	2	2
Cd	0,4	1,0	0,4	1
Co	25,0	50,0	10	25
Cr	100,0	200,0	40	40
Cu	60,0	100,0	30	50
Hg	0,6	0,8	-	-
Mo	5,0	5,0	5	5
Ni	60,0	80,0	15	25
Pb	100,0	140,0	50	70
V	150,0	220,0	20	50
Zn	130,0	200,0	50	100

Vysvětlivky:
1. Údaje o obsahu rizikových prvků neplatí pro organické půdy.
2. Lehkými půdami se rozumí písčité a hlinitopísčité půdy podle analytické metody prof. Nováka (Komplexní metodika výživy rostlin č.1/1990, vydaná Ústavem vědeckotechnických informací v zemědělství Praha).
3. K obsahu rizikových prvků v půdách (mg.kg^{-1}): uvedené údaje platí pro směsné vzorky získané z horní vrstvy vyšetřovaných minerálních půd v tloušťce 0,25 m, vysušené na vzduchu do konstantní hmotnosti.

Tab. 3. Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových prvků v půdě /ukazatele pro hodnocení půd/ (dle vyhlášky č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě).

Mezní hodnoty koncentrací prvků v extraktu lučavkou královskou v mg.kg^{-1} sušiny v půdě								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Běžné půdy	20	0,5	90	60	0,3*	50	60	120
Písky, hlinité písky, štěrkopísky	15	0,4	55	45	0,3*	45	55	105

Poznámka: * celkový obsah

Vysvětlivky:
1) Mezní hodnoty koncentrací vybraných prvků v půdě - vymezují maximální hodnoty vybraných rizikových prvků v půdě, při jejichž překročení by mohlo dojít k poškozování funkcí půdy a složek životního prostředí
2) Kategorizace půd:
a) Běžné (písčitohlinité, hlinité, jílovité), které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Pod pojmem běžné půdy rozumíme půdy s normální variabilitou prvku, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách v oblastech různých psamitických, pelitických hornin sedimentárních, kyselých, neutrálních, místy i bazických hornin vyvřelých a hornin metamorfovaných. Jedná se tedy o půdy, které nevznikaly z geogenně a petrograficky anomálních hornin, jako jsou písky, štěrkopísky, ultrabazické horniny (hadce, amfibolity, leucitity) a horniny karbonátové. Patří sem i oblasti, kde se na vzniku půd podílejí horniny, případně žíly s vysokým stupněm metalogenetického zrudnění.
b) Písčité, na velmi lehkých a chudých matečních horninách, jako jsou písky a štěrkopísky. V případě vymezení těchto půd je nutné vycházet ze zastoupení jemných částic (do 10 mikrometrů), které tvoří maximálně 10 %. U půd písčitých na píscích, štěrkopíscích a štěrcích je to hlavně v důsledku nízké sorpční schopnosti, kdy i v případě přímého použití surovin s normálními obsahy rizikových prvků dochází k rychlému znečišťování podzemních a říčních vod.

c) Půdy na substrátech a geogenně podmíněnými extrémními obsahy některých prvků. Tyto půdy jsou hodnoceny samostatně a referenční hodnoty pozadí se na ně nevztahují. Pro půdy na ostatních geogenně extrémních horninách nejsou tyto svrchní meze referenčních hodnot prvků stanoveny, protože jejich hodnoty v těchto horninách jsou často značně nevyrovnané a vysoké, zvláště u Cr, Co, Ni, a to v celém půdním profilu.

Tab. 4. Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě, na kterou má být sediment použit, v mg.kg^{-1} sušiny (dle vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě).

	Ukazatel												
Textura půdy	**As**	**Be**	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Hg[1)]**	**Ni**	**Pb**	**V**	**Zn**	**PCB[2)]**	**PAU[3)]**
Běžné půdy[4)]	20	2	0,5	30	90	60	0,3	50	60	130	120	0,02	1,0
Lehké půdy[5)]	15	1,5	0,4	20	55	45	0,3	45	55	120	105	0,02	1,0

Vysvětlivky:
1) Obsah Hg se stanoví jako celkový obsah; obsahy ostatních prvků, tj. As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn se stanoví extrakcí lučavkou královskou.
2) PCB - polychlorované bifenyly (suma kongenerů č. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180).
3) PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky (suma antracenu, benzo(a) antracenu, benzo(b) fluoranthenu, benzo(k) fluoranthenu, benzo(a) pyrenu, benzo(ghi) perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3cd) pyrenu, naftalenu a pyrenu).
4) Běžné půdy: písčito-hlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Jedná se o půdy s normální variabilitou prvků, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách, v tomto pojetí včetně půd na karbonátových horninách.
5) Lehké půdy: půdy vzniklé na velmi lehkých a chudých matečních horninách jako jsou písky a štěrkopísky. Při vymezení těchto půd se vychází ze zastoupení jemných částic (do 0,01 mm), které tvoří maximálně 20 %. Tyto půdy se vyznačují velmi nízkou absorpční kapacitou.

Tab. 5. Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků kalech pro jejich použití na zemědělské půdě /ukazatele pro hodnocení kalů/ (dle vyhlášky č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě).

	Mezní (maximální) hodnoty koncentrací v kalech (mg.kg^{-1} sušiny)									
Riziková látka	**As**	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Hg**	**Ni**	**Pb**	**Zn**	**AOX**	**PCB** (suma 6 kongenerů 28+52+101+138+153+180)
Kaly	30	5	200	500	4	100	200	2500	500	0,6

4. Ekonomický přínos metodiky

Předkládaná metodika do jisté míry naplňuje i **ekonomická kritéria:** Použitím metody v praxi se očekávají úspory. Z dostupných laboratorních metod je pro základní analýzy vzorků zemin při agrochemickém zkoušení půd včetně stanovení obsahů některých rizikových prvků (např. Mn, Fe, Cu, Zn) doporučena pro stanovení jednotná metoda MEHLICH III. Z řešení výzkumného projektu vyplynulo, že metoda tohoto jednoho výluhu má dostatečnou vypovídající schopnost i pro základní stanovení obsahu rostlinami přijatelných rizikových prvků, jako jsou Mn, Fe, Cu, Zn, B, případně i Cd (relativně přesnější metody založených na specifických vyluhovadlech nebo na metodách frakcionace používat jen výjimečně pro šetření sporných příkladů). Pro přípravu jednoho výluhu z jednoho vzorku jsou kalkulovány laboratořemi náklady v rozsahu 100 až 500 Kč. Dosavadní praxe vyžadovala pro analýzu vzorku zeminy rozšířenou o stanovení rizikových prvků výluhů více: jeden výluh pro stanovení Fe, Mn, Zn a Cu, druhý výluh pro stanovení Mo, třetí výluh pro stanovení B a čtvrtý výluh pro stanovení ostatních těžkých kovů, tj. kromě metody MEHLICH III. čtyři další samostatné přípravné a analytické procedury. Rozšířením jednotné metody MEHLICH III. na stanovení některých dalších prvků lze snížit náklady na rozšířenou analýzu zemin min. o 300 Kč na 1 vzorek. Uspořené náklady bude možné využít pro pravidelný systematický průzkum půd v ČR, tentokrát i na část rizikových prvků. Takový průzkum se dosud uplatňuje jen sporadicky.

5. Srovnání novosti postupů a uplatnění metodiky

Přínos z uplatňování metodiky je možné vnímat jako příspěvek pro optimalizaci využívání půdy a regulaci vstupů, které tak v konečném důsledku ovlivňují vývoj půdní úrodnosti, jako i kvalitu rostlinných produktů vstupujících do potravního řetězce, protože jen na základě chemických rozborů půd, hnojiv a rostlin lze zmíněný proces efektivně ovlivňovat.

Metodika poskytuje ucelený (komplexní) pohled na hodnocení rizikových prvků v agroekosystémech, přináší nejnovější poznatky o způsobech odběru vzorků pro analýzy rizikových prvků ve statkových, organických a organominerálních hnojivech, dále v rostlinném materiálu (listy, zrno, sláma, celé rostliny), tak i v půdě.

Dosavadní monitorovací praktiky v rostlinné výrobě byly převážně zaměřeny na stanovení základních živin v půdě, rostlině a v rostlinných produktech (krmná a výživná hodnota rostlin a rostlinné produkce). Předkládaná metodika se dík ucelenosti a technologické přívětivosti uplatní jako prostředek transferu vědy a výzkumu do široké praxe větším využití postupů zaměřených na monitoring rizikových látek v řetězci půda - rostlina - rostlinný produkt. Často stopové obsahy rizikových látek, citlivější meze jejich detekce vyžadují větší čistotu odběru a následného zpracování vzorků, než tomu bylo v dříve popsaných monitorovacích praktikách.

Určité změny v praktikách odběru vzorků a jejich přípravy pro analýzy vyžadují též nové produkty zemědělské výroby se specifickými vlastnostmi (z hnojiv např. digestát, separát, fugát, z rostlinných produktů výrobky z nových posklizňových úprav a ze zpracování produkce). Další změny v postupech při odběrech vzorků materiálů souvisejí s konstrukcí nových skladovacích kapacit, ve kterých jsou monitorované materiály uloženy.

Moderní skladové prostory pro hnojiva (statková, organická i organominerální) a pro rostlinnou produkci (píce, zrno, hlízy, bulvy atd.) jsou v současnosti vybaveny novými skladovými a manipulačními technologiemi, proto i metodika stanovuje nové postupy odběrů a následné zpracování (homogenizace) odebraných vzorků. Rovněž jsou též úspěšně ověřovány vzorkovací stroje (např. nástavba motorového vozidla pro odběr vzorků zemin zemědělské půdy).

Některé nové produkty zemědělské výroby mohou svými vlastnostmi při odběru, uchování a manipulaci vzorků měnit monitorované ukazatele ve sledovaném materiálu. Např. digestát vlivem nižší viskozity kapaliny oproti kejdě skotu jak v nádržích, tak ve vzorkovnicích podstatně rychleji samovolně separuje do tří frakcí, tudíž klade vyšší nároky na udržení homogenity jak celé partie, tak samotného vzorku; vlivem vyššího zastoupení amonné frakce dusíku více vyžaduje zajištění vzorku před ztrátami amoniaku. Dodržení homogenity partií a vzorků klade nároky při praktikách se sypkými materiály, které obsahují částice různé velikosti, objemové hmotnosti a odlišných vlastností jejich povrchů. V neposlední řadě musejí být použity nové přístupy při konzervaci živých materiálů.

Součástí metodiky je základní popis dostupných laboratorních metod pro stanovení sušiny, pH, obsahu základních živin a rizikových prvků ve vzorcích (statkových, organických a organominerálních hnojiv, rostlinného materiálu a půdy) a základních metod pro charakteristiku kvality půdní organické hmoty (POH), která s problematikou rizikových prvků v půdě souvisí. Zavedením relativně jednodušších metod stanovení kvality POH do praxe prostřednictvím oblastních laboratoří se rozšíří jejich využití v zemědělské prvovýrobě, to obecně při péči o půdu, o její prostředí, v neposlední řadě při imobilizaci rizikových látek v půdě a následně při výrobě nezávadných potravin.

Metodika najde uplatnění u subjektů, hospodařících na orné půdě, trvalých travních porostech, v konvenčním i ekologickém zemědělství. Metodika bude uplatněna kontrolními

pracovišti (např. ÚKZÚZ, ČPI). Dále bude metodika uplatněna v akreditovaných laboratořích, u zemědělských poradců i v rámci poradenského systému MZe ČR apod. Uplatněním metodiky budou získané poznatky a údaje vedle zemědělské prvovýroby, navazujících článků řetězce obchodu zemědělských komodit a navazujících služeb rovněž využitelné pro státní správu, další výzkum, tak i pro studenty a pedagogy středních i vysokých škol, popřípadě pro akreditovaná školící centra.

Závěrem můžeme říci, že využívání metodiky je příspěvkem pro uplatňování principů trvale udržitelného zemědělství v praxi a v tomto ohledu je monetární vyjádření přínosů dost obtížné. Lze předpokládat, že realizací metodiky se ušetří nebo předejde nejméně 5 procent souvisejících nákladů.

6. Seznam publikací, které předcházely metodice

Dostál, J., Cerhanová, D., Hajzlerová, L., Martincová, J., Pospíšilová, P., Pokorný, E., Lošák, T. 2009. Long-term evalutation of the organic matter balance and its relations to the organic C content in the topsoils in Ústí nad Orlicí district. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, LVII (2): 13–23.

Dostál, J., Hajzlerová, L., Javor, T., Hejcman, M. 2013. Long-term evalutation of the organic matter balance and the composition of manure in the East Bohemia. In M. Madaras, I. Stehlíková, D. Teplá (Eds.). Dlouhodobé polní pokusy a jejich přínos pro environmentálně vyvážené zemědělství: Sborník abstraktů mezinárodního semináře a workshopu - Nevyvážená bilance draslíku: Příčiny, důsledky a rizika. 11.12. 2013, VÚRV, v.v.i. Praha.

Dostál, J., Lošák, T., Javor, T., Hajzlerová, L., Hlušek, J., Linhart, M. 2014. Dosavadní zkušenosti s aplikací digestátu z bioplynových stanic na zemědělskou půdu. In Racionální použití hnojiv. 1. vyd. Praha: ČZU v Praze, FAPPZ, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, s. 27–35.

Dostál, J., Lošák, T., Hlušek, J. 2015. Digestát – mýty a skutečnost ve vztahu k půdní úrodnosti. In: Kukuřice v praxi 2015. Brno: Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva, s.r.o. – v tisku.

Hejcman, M., Berková, M., Kunzová, E. 2013. Effect of long-term fertilizer application on yieldand concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. Plant, Soil and Environment, 59: 329–334.

Hejcman, M., Kunzová, E. 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. Field Crops Research, 115: 191–199.

Hejcman, M., Kunzová, E., Srek, P. 2012. Field Crops Research Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. Field Crops Research, 139: 30–38.

Hejcman, M., Kunzová, E., Šrek, P. 2012. Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. Field Crops Research, 139: 30–38.

Hlisnikovský, L., Kunzová, E., Klír, J., Hejcman, M. 2014. Vliv hnojení a osevních postupů na výnosy a cukernatost cukrové řepy. Listy Cukrovarnické a řepařské, 130: 50–56.

Körschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, D., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Čergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffmann, S., Hofmannm B., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, C., Merbach, I., Merbach, W., Pardor, M.T., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnsek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W. 2013. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. Archives of Agronomy and Soil Science, 59: 1017–1040.

Kunzová, E., Hejcman, M. 2009. Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic. Field Crops Research, 111: 226–234.

Kunzová, E., Hejcman, M. 2010. Yield development of winter wheat over 50 years of nitrogen, phosphorus and potassium application on greyic Phaeozem in the Czech Republic. European Journal of Agronomy, 33: 166–174.

Lošák, T., Dostál, J., Hlušek, J. 2013. Organická hmota v půdě - základní předpoklad úspěšného využití digestátu při hnojení kukuřice. In Kukuřice v praxi 2013. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva, s.r.o., s. 25–36.

Šimon, T., Kunzová, E. 2013. Vliv hnojení digestátem na výnos jarního ječmene a kvalitu půdy. Úroda, 61(5): 27–32.

Šrek, P., Hejcman, M., Kunzová, E. 2010. Multivariate analysis of relationship between potato (Solanum tuberosum L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. Field Crops Research, 118: 183–193.

Šrek, P., Hejcman, M., Kunzová, E. 2012. Effect of long-term cattle slurry and mineral N, P and K application on concentrations of N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in peeled potato tubers and peels. Plant, Soil and Environment, 58: 167–173.

Šrek, P., Kunzová, E. 2010. Vliv aplikace minerálních N,P,K hnojiv, kejdy skotu a hnoje skotu na výnos ozimé pšenice v dlouhodobém pokusu. Úroda, 58 (12, věd. př.): 583–586.

Šrek, P., Kunzová, E. 2011. Effect of long-term N, P, and K fertilizer application on the grain yield of spring barley grown in different soil and climate conditions: results from Čáslav, Lukavec and Ivanovice 2005-2008. Agriculture (Polnohospodárstvo), 57(1): 12–20.

Šrek, P., Kunzová, E., Hejcman, M. 2011. Koncentrace As, Cd, Cu a Zn v hlízách brambor po 50 letech hnojení. Úroda, 59(12): 27–30.

Uprety, D. R., Hejcman, M., Száková, J., Kunzová, E., Tlustoš, P. 2009. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic and inorganic fertilizers. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 85(3): 241–252.

7. Literatura

Abbaye, D.A., Lawlor, K., Hirsch, P.R., Brookes, P.C. 2005. Changes in the microbial community of an arable soil caused by long-term metal contamination. European Journal of Soil Science, 56: 93−10.

Adeli, A., Sistani, K.R., Tewoldc, H., Rowe, D.C. 2007. Broiler liner application effects on selected trace elements under conventional and no-till systems. Soil Science, 172: 349−365.

Benke, M.B., Indraratne, S.P., Hao, X.Y., Chang, C., Goh, T.B. 2008. Trace element changes in soil after long-term cattle manure applications. Journal of Environmental Quality, 37: 798–807.

Berenguer, P., Cela, S., Santivery, F., Boixadera, J., Lloveras, J. 2008. Copper and zinc soil accumulation and plant concentration in irrigated maize fertilized with liquid swine manure. Agronomy Journal, 100: 1056–1061.

Birke, M., Rauch U. 1999. Trace metals in the Berlin metropolitan area. Proc. 5th Int. Conf. Biogeochem. Trace Elements, Viena, p. 628.

Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Körschens, M., Schulz, E. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part II. Bad Lauchstadt static and extreme FYM experiments. Soil and Tillage Research, 91: 39–47.

ČSÚ 2011. Statistická ročenka České republiky. Český statistický úřad, Praha. 2012. 824 s.

Czarnowska, K. 1999. Heavy metals in lawn soils of Warsaw. Soil Science Annual Poland, 50: 31–39.

Dostál, J., Lošák, T., Hlušek, J. 2015. Digestát – mýty a skutečnost ve vztahu k půdní úrodnosti. In: Kukuřice v praxi 2015. Brno: Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva, s.r.o. – v tisku.

ČSN 46 5735. 1991. Průmyslové komposty.

ČSN ISO 10390. 2011. Kvalita půdy - Stanovení pH.

de Miguel, E., Llamas, J.F., Chacon, E., Berg, T., Larssen, S., Røyset, O. and Vadset, M. 1997. Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead. Atmospheric Environment, 31: 2733–2740.

Girma, K., Holtz, S.L., Arnall, D.B., Tubana, B.S., Raun, W. 2007. The Magruder plots: untangling the puzzle. Agronomy Journal, 99: 1191–1198.

Gray, C.W., McLaren, R.G., Roberts, A.H.C., Condron, L.M. 1999. Cadmium phytoavailbility in some New Zealand soils. Australian Journal of Soil Research, 37(3): 461−477.

Guerra, J.G.M., Santos, G., de A. 1999. Métodos físicos. In: Santos, G. de A.; Camargo, F.A.O. (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis. 267–292.

Hejcman, M., Kunzová, E. 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. Field Crops Research, 115: 191–199.

Hejcman, M., Száková, J., Schellberg, J., Šrek, P., Tlustoš, P., 2009. The Rengen Grassland Experiment: soil contamination by trace elements after 65 years of Ca, N, P and K fertiliser application. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 83: 39–50.

Hejcman, M., Száková, J., Schellberg, J., Tlustoš, P. 2010. The Rengen Grassland Experiment: relationship between soil and biomass chemical properties, the amount of applied elements and their uptake. Plant and Soil, 333: 163–179.

Horáček, J. 1995. Studie vlastností a přeměn organické hmoty v půdě. [Docentská habilitační práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra obecné produkce rostlinné. 218 s.

Horáček, J. 1996. Analytical possibilities and practical utilization of chosen methods for soil organic matter studies (in Czech). In: Kalousková, N., Novák, F. (eds.), Proceedings of Seminar on Methods of soil organic matter study, ÚPB AV ČR České Budějovice, 21.–22. 2. 1996, p. 5–8.

Huang, J.W., Chen, J., Berti, W.R., Cunningham, S.D. 1997. Phytoremediadon of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environmental Science & Technology, 31: 800–805.

Iovdijová, A., Bencko, V. 2010. Potential risk of exposure to selected xenobiotic residues and thein fate in the food chain – part I: Classification of xenobiotics. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 17: 183–192.

ISO 10694:1995 Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).

ISO 13878:1998 Soil quality - Determination of total nitrogen content by dry combustion ("elemental analysis").

Javorský P. (ed.) 1987. Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. Díl I. Ministerstvo zemědělství a výživy, České Budějovice. 397 s.

Kabata-Pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants – Third edition. CRC Press. 435 p.

Klement, V. 2011. Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011-2016. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně. 39 s.

Körschens, M. 2006. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research - a review. Plant, Soil and Environment, 52: 1–8.

Kulhavý, J., Menšík, L., Fabiánek, T., Drápelová, I., Světlík, J., Klimo, E., Prax, A., Jarošová, H., Remeš, M., Ročeň, V. 2012. Koloběh uhlíku a dusíku na úrovni ekosystému v různých vývojových fázích lesa. In Kulhavý, J., Menšík, L. Les a dřevo - Podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny: Významné výsledky institucionálního výzkumu Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně v období 2005-2011. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 219−225.

Kumada, K. 1987. Chemistry of soil organic matter. Amsterdam: Elsevier, 270 p.

Kunzová, E. Sáňka, M., Menšík, L. 2014. Metodika projektu „Kontaminanty v životním prostředí řeky Eger-Ohře“. VÚRV Praha. 15 s.

Kunzová, E., Hejcman, M. 2009. Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N, P and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic. Field Crops Research, 111: 226–234.

Kunzová, E., Hejcman, M. 2010. Yield development of winter wheat over 50 years of nitrogen, phosphorus and potassium application on greyic Phaeozem in the Czech Republic. European Journal of Agronomy, 33: 166–174.

Lee, M., Choi, J. and Kim, J. 2003. Distribution and remediation design of heavy metal contamination in farmland soils and river deposits in the vicinity of the Goro abandoned mine. International Journal of Economic and Environment Geology, 36: 89–101.

Lipoth, S.L., Schoenau, J.J. 2007. Copper, zinc, and cadmium accumulation in two prairie soils and crops as influenced by repeated applications of manure. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170: 378–386.

Maier, R.M., Pepper, I.L., Gerba, C.P. 2000. Environmental Microbiology. Academic Press, New York.

Matějková, Š., Šimon, T. 2012. Application of FTIR spectroscopy for evaluation of hydrophobic/hydrophilic organic components in arable soil. Plant, Soil and Environment, 58(4): 192−195.

Menšík, L. 2010. Frakcionace humusových látek lesních půd. Disertační práce. Mendelu v Brno, 210 s.

Merbach W., Deubel A. 2008. Long-term field experiments - museum relics or scientific challenge? Plant, Soil and Environment, 54(5): 219–226.

Merbach, W., Deubel, A. 2007. The long-term Fertilization trials in Halle (Saale), Germany. GWv Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

Micó, C., Peris, M., Recatalá, L., Sánchez, J., 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere, 65: 863–872.

Mládková, L., Rohošková, M., Borůvka, L. 2005. Metody stanovení kvality humusových látek u lesních půd. In:Ochrana a využití půdy v podhorských oblastech - Land use and soil protection in submountain area Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, s. 181–186.

Mládková, L., Rohošková, M., Borůvka, L. 2006. Methods for the assessment of humic substances. Soil and Water Research, 1: 3–9.

Neugschwandtner, R.W., Tlustoš, P., Komárek, M., Száková, J. 2008. Phytoextraction of Pb and Cd from a contaminated agricultural soil using different EDTA application regimes: laboratory versus field scale measures of efficiency. Geoderma, 144: 446–454.

Novak, J., Watts, D., Stone, K. 2004. Copper and zinc accumulation, profile distribution, and crop removal in Coastal Plain soils receiving long-term, intensive applications of swine manure. American Society of Agricultural Engineers, 47: 1513−1522.

Orlov, D.S. 1985. Chimija počv (Soil Chemistry). Moskva: Izd. MGU, 376 s.

Panwar, B.S., Singh, J.P., Laura, R.D. 1999. Cadmium uptake by cowpea and mungbean as afected by Cd and P application. Water, Air, and Soil Pollution, 112: 163–169.

Petrová, J., Žalmanová, A., Zbíral, J. 2012. Jednotné pracovní postupy Zkoušení hnojiv. ÚKZÚZ Brno, 198 s.

Piccolo, A., Celano, G., Conte, P. 2002. Methods of isolation and characterization of humic substances to study their interactions with pesticides. Proceedings of conference Pesticide/Soil Interactions, Paris, 103–116.

Podlešáková, E., Němeček, J., Sirový, V., Lhotský, J., Macurová, H., Ivánek, O., Bumerl, M., Hudcová, O., Voplakal, K., Hálová, G., Blahovec, F. 1992. Rozbory půd, vod a rostlin. VÚMOP, Praha, 259 s.

Pospíšilová, L., Tesařová, M. 2009. Organický uhlík obhospodařovaných půd. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 42 s.

Pospíšilová, L., Tesařová, M. 2009. Organický uhlík obhospodařovaných půd. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis : Folia Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně : Edice původních vědeckých prací a monografií = Edition of original papers and monographs. II(1): 1–41.

Schomherg, H.H., Endale, D.M., Jenkins, M., Sharpe, R.R., Fisher, B.S., Cabrera, M.L., McCracken, D. V. 2009. Soil test nutrient changes induced by poultry litter under conventional tillage and no-tillage. Soil Science Society of America Journal, 73: 154−163.

Silvertown, J., Poulton, P., Johnston, E., Grant, E., Heard, M., Biss P. M. 2006. The Park Grass Experiment 1856–2006: its contribution to ecology. Journal of Ecology, 94: 801–814.

Sotáková, S. 1982. Organická hmota a úrodnosť pödy. Príroda Bratislava. 234 s.

Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, Inc., New York. 445 p.

Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, Inc., New York. 496 p.

Száková, J., Tlustoš, P., Pavlíková, D., Hanč, A., Batysta, M. 2007. Effect of addition of ameliorative materials on the distribution of As, Cd, Pb, and Zn in extractable soil fractions. Chemical Papers, 61: 271−275.

Šimon, T. 2007. Characterization of soil organic matter in long-term fallow experiment with respect to the soil hydrophobicity and wettability. Soil and Water Research, 2: 96–103.

Šrek, P., Hejcman, M., Kunzová, E. 2010. Multivariate analysis of relationship between potato (Solanum tuberosum L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. Field Crop Research, 118: 183–193.

Tjurin, V.J. 1937. Organičeskoje věščestvo počv i jego rol v počvoobrazovaniji i plodorodii. Moskva.

Tlustoš, P., Száková, J., Šichorová, K., Pavlíková, D., Balík, J. 2006. Rizika kovů v půdě v agroekosystémech v ČR. Vědecký výbor fytosanitární a životního prostředí. VURV, v.v.i., Praha - Ruzyně. 32 s.

Uprety, D., Hejcman, M., Száková, J., Kunzová, E., Tlustos, P., 2009. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic and anorganic fertilizers. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 85: 241–252.

Valla, M. 2002. Pedologické praktikum. AF CZU, 151 s.

Vokurková, P. 2007. Porovnání dvou metod frakcionace humusových látek v lesních půdách. In: Sobocká J., Kulhavý J. Sborník příspěvků - Půda v moderní informační společnosti. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 84 s.

Zbíral, J. 2002. Analýza půd I., ÚKZÚZ Brno, 197 s.

Zbíral, J. 2003. Analýza půd II., ÚKZÚZ Brno, 224 s.

Zbíral, J. 2011. Analýza půd III., ÚKZÚZ Brno, 250 s.

Použité legislativní předpisy

Česká republika. Nařízení vlády: o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. In: Sbírka zákonů. 2012, roč. 2012, č. 262, 89. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_narizeni-vlady-2012-262.html

Česká republika. Vyhláška Ministerstva zemědělství: o odběrech a chemických rozborech vzorků hnojiv. In: Sbírka zákonů. 1998, roč. 1998, č. 273, 97. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-1998-273-rostlinnekomodity.html

Česká republika. Vyhláška Ministerstva zemědělství: o stanovení požadavků na hnojiva. In: Sbírka zákonů. 2000, roč. 2000, č. 474, 137. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-2000-474-rostlinnekomodity.html

Česká republika. Vyhláška Ministerstva životního prostředí: kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. In: Sbírka zákonů. 1994, roč. 1994, č. 13, 4. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-1994-13.html

Česká republika. Vyhláška Ministerstva životního prostředí: o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. In: Sbírka zákonů. 2001, roč. 2001, č. 382, 4. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2001-382.html

Česká republika. Vyhláška: kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv. In: Sbírka zákonů. 2014, roč. 2014, č. 131, 56. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-MZe_puvodni-zneni_vyhlaska-2014-131-novela-474-2000.html

Česká republika. Vyhláška: o používání sedimentů na zemědělské půdě. In: Sbírka zákonů. 2009, roč. 2009, č. 257, 77. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-2009-257-rostlinnekomodity.html

Česká republika. Vyhláška: o skladování a způsobu používání hnojiv. In: Sbírka zákonů. 2013, roč. 2013, č. 377, 149. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/predpisy-mze-neucinne/_prezentace_cz_mze_legislativa_pravni-predpisy-mze_predpisy-mze-neucinne_vyhlaska-c-377-2013-sb.html

Česká republika. Zákon: o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech). In: Sbírka zákonů. 1998, roč. 1998, č. 158, 54. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1998-156-hnojiva.html

Evropské společenství. Směrnice: o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. In: Úřední Věstník Evropských Společenství. 1991, roč. 1991, 91/676/EHS. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&from=CS

Internetové zdroje

Laboratorní výuka z výživy rostlin [online]. 2010, 26. 01. 2010 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=0&I=0&J=0&K=0

Seznam obrázků, tabulek a zkratek

Seznam obrázků

Obr. 1. Homogenizace kapalných organických hnojiv (digestát) v nádrži pro 6000 t pomocí homogenizátorů MEZ, a.s. Nedvědice ČR (foto J. Dostál).
Obr. 2. Příprava směsného vzorku promísením dílčích vzorků tekutých statkových hnojiv /kejda skotu/ (foto J. Dostál).
Obr. 3. Homogenizace vzorku tekutého/kapalného hnojiva/ tyčovým mixérem (foto J. Dostál).
Obr. 4. Příprava odběrového zařízení pro vzorky píce ze skladů siláže a tuhých statkových a organických hnojiv z krechtů - sondovací fréza (foto J. Dostál).
Obr. 5. Navržený prototyp zařízení pro vzorkování půd hydraulicky ovládanou vzorkovací tyčí na motorovém vozidle (foto autor prototypu J. Maňásek).
Obr. 6. Schéma odběrů /půdní sonda a satelitní body/ (KUNZOVÁ et al. 2014).
Obr. 7. Schéma extrakce a frakcionace humusových látek (MLÁDKOVÁ et al. 2005, 2006).

Seznam tabulek

Tab. 1. Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech (dle vyhlášky MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, vyhláška 377/2013 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv, obě vyhlášky ve znění 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv).
Tab. 2. Obsah rizikových prvků (v $mg.kg^{-1}$) v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu /celkový obsah, rozklad lučavkou královskou/ (dle vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu).
Tab. 3. Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových prvků v půdě /ukazatele pro hodnocení půd/ (dle vyhlášky č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě).
Tab. 4. Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě, na kterou má být sediment použit, v mg.kg-1 sušiny (dle vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě).
Tab. 5. Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků kalech pro jejich použití na zemědělské půdě /ukazatele pro hodnocení kalů/ (dle vyhlášky 382/2001 Sb.).

Seznam zkratek

Ag - stříbro
Al - hliník
AOX - organicky vázané halogeny
As - arzén
Ba - barium
Be - berilium
Bi - bismut
C - uhlík
Ca - vápník
Cd - kadmium
Co - kobalt
Cr - chrom
Cs - cesium
Cu - měď
ČR - Česká republika
DRIFT - Difuzně-Reflexní Infračervená spektroskopie
EDTA - kyselina etylendiamintetraoctová
EU - Evropská unie
Fe - železo
FK - fulvokyselina
FTIR - Fourier Transform infrared (spectroscopy)
Ga - galium
Ge - germanium
GPS - Globální polohovací systém
Hg - rtuť
HK - huminová kyslina
HL - humusové látky
HU - humin
In - indium
K - draslík
Li - litium
Mg - hořčík
Mn - mangan
Mo - molybden
N - dusík
Na - sodík
Ni - nikl

OH - organická hmota
P - fosfor
Pb - olovo
PCB - polychlorované bifenyly
PE - polyetylén
Rb - rubidium
S - síra
Sb - antimon
Sc - stroncium
Se - selen
Sn - cín
SOM - půdní organická hmota
Sr - stroncium
Te - telur
Th - thorium
Ti - titan
Tl - thalium
U - uran
UV/VIS - Ultrafialovo-viditelná spektroskopie
V - vanad
Y - yttrium
Zn - zinek

Název: Metodický postup odběrů vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti

Autoři: Eva Kunzová, Ladislav Menšík, Michal Hejcman, Jiří Dostál

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha - Ruzyně

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: rok 2014

Počet stran: 32

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-7427-162-5

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha - Ruzyně