

Testování vlivu odpadu z anaerobní digesce (digestátu) obohaceného o organickou složku na kvalitu zemědělských půd

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.¹
prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl¹
Ing. Hana Švehláková¹
Ing. Magdaléna Bártková¹

¹Institut environmentálního inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17.listopadu 15, Ostrava-Poruba, 708 00, email: jana.kodymova@vsb.cz

Anotace

Odpad z anaerobní digesce je považován za minerální hnojivo, a na základě toho je běžně aplikován na zemědělskou půdu. Cílem našeho pokusu bylo obohatit tento odpad z anaerobní digesce (digestát) o organickou složku (zastoupenou v našem případě senáží/siláží). Za tím účelem byly vytvořeny směsi digestátu a senáže/siláže v různých váhových poměrech. V rámci polního pokusu, pak byl sledován vliv těchto směsí na půdu, v rámci standardních zemědělských podmínek. Sledovány byly vybrané rizikové prvky (Al), přístupné živiny (P, K, Mg, Mn, Ca) a množství uhlíku a dusíku v půdě. Výsledky laboratorních testů potvrdili, že plochy, na které byly aplikovány vytvořené směsi senáže a digestátu vykazovaly větší množství makro- a mikronutrientů ve formách přístupných pro rostliny, než plocha hnojená pouze digestátem nebo plochy hnojené pouze standardními hnojivy.

Úvod

V předchozích dvaceti letech došlo k velkému rozvoji bioplynových stanic v rámci ČR. Podle údajů české bioplynové asociace je v současné době registrováno přes 550 bioplynových stanic. Tento rozvoj je podporován jednak fixními tarify pro výkup energie z neobnovitelných zdrojů (směrnice 2009/28/EC, 2009), a zároveň i směrnicí 1999/31, která je zaměřena na snížení biologicky rozložitelných odpadů na skládkách o 35% do roku 2020.

Finálním produktem bioplynové stanice je jednak vyrobená energie (v podobě elektrické energie a tepla), a zároveň i odpadní produkt, který se nazývá digestát. Podle Frosta a Gilson (2011), produkuje průměrná bioplynová stanice o výkonu 1320 kWh/den (při výkonu 460 kWh ve formě elektrické energie a 860 kWh ve formě tepelné energie) produkuje průměrně 19,8 t digestátu/den (což znamená 7227 t digestátu/rok). A s tímto množstvím materiálu musí být nakládáno.

V podmínkách ČR je s digestátem nakládáno jako s minerálním hnojivem, které je ve vegetační době, toto zapracování do půdy je ošetřeno v rámci evropské směrnice 91/676/EEC, a v české legislativě v rámci n. v. 262/2012 Sb. v aktuálním znění. Oba dokument se týká ochrany vodních ekosystémů před znečišťováním (tzv. eutrofizací). Názory na využití digestátu a jeho frakcí jako hnojiva pro zemědělské plodiny jsou nejednotné. Například studie z roku 2006 považuje digestát za výborné hnojivo použitelné bez omezení v zemědělství (FITA, 2006). Naopak rozdílného názoru je Kolář et al. (2010), který tvrdí, že digestát je slabým minerálním hnojivem, z důvodu nízkého obsahu minerálních živin (dusíku a draslíku), a to v přebytku vody.

Hlavním cílem našeho výzkumu bylo otestování případného pozitivního vlivu, pokud obohatíme digestát o organickou složku. Organická složka byla v našem případě reprezentována senáží, ale může být nahrazena i siláží. V rámci pokusu byly testovány travní směsi, jako hlavní zdroj zvýšení podílu organických látek v zemědělské půdě, protože po jednom roce se v případě travních směsí rozloží až 80% ze zpracované biomasy (Černý et al., 1997).

Metodika výzkumu

Polní testování probíhalo na jedné ze soukromých farem v severomoravském kraji. Testovaná oblast se nachází v klimatickém regionu MT7, tento region je charakteristický krátkými léty, které jsou mírně chladné a suché, mírnými léty a mírným podzimem (Tolasz, 2007). Testování bylo prováděno úseku o rozloze 2 ha, v místech, která jsou pravidelně využívána pro zemědělské účely. Testované území bylo rozděleno na čtyři úseky o rozloze 0,5 ha. Geomorfologicky náleží testované území k Ostravské pánvi a pedologicky je tvořena oglejenou luvizemí.

V rámci testování byly zkoumány tři různé poměrové směsi digestátu a senáže, kterými byly přihnojovány standardní zemědělské plochy. Jednalo se o poměry váhové (senáž:digestátu) a to: 3:1, 5:1 a 10:1. Uvedené poměry byly následně srovnávány se standardní zemědělskou praxí (pouze s použitím standardních hnojiv) a s případem, že bude přihnojováno pouze samotným digestátem.

Cílem tohoto pokusu bylo zapravit do půdy společně s digestátem také organickou složku, která by alespoň částečně kompenzovala úbytky organické hmoty (půdního organického uhlíku), ke kterým v rámci zemědělské praxe dochází.

Pro výzkum byla použita kukuřice setá (*Zea mays*) – hybrid Figorinio, a v rámci ploch byla použita základní hnojiva: močovina a hnojivo Polidap (minerální hnojivo obsahující fosfor – 46%, dusík – 18% a asi 3% síry) a LAV (ledek amonný s vápencem je dusíkaté hnojivo s obsahem 27 % dusíku). Kromě těchto standardních hnojiv byl na stanovené plochy zapraven i digestát nebo připravené směsi.

Digestát byl odebrán dne 27. 5. 2016, v tento samý den proběhlo vytvoření hnojivých směsí a zároveň jejich zapravení do půdy.



Obr. 1: Zapravení jednotlivých směsí do půdy v rámci zkoumané plochy

Celková výzkumná plocha činila 200 m² (50 m² pro každou variantu hnojení – 10:1, 5:1, 3:1 a hnojeno pouze digestátem). V závislosti na množství předpokládaného dusíku bylo do půdy 27. 5. 2016 aplikováno 100 l digestátu na 50 m² dané testované plochy nebo 120 kg hnojivé směsi (jednotlivé poměry siláže a digestátu). V tomto případě bylo vycházeno z n. v. 262/2012 Sb. (v aktuálním znění).

Výsledky a diskuze těchto výsledků

Vzorky půdy byly odebírány před započítáním pokusu (dne 15. 4. 2016) a následně byly odebrány z jednotlivých ploch dne 7. 9. 2016 těsně před sklizní. Analýzy půd byly provedeny v akreditované laboratoři. Proběhlo hodnocení vybraných rizikových prvků (podle ČSN EN ISO 12020 v případě Al a ČSN 757385 pro Fe) a živin v půdách a pH podle JPP – ÚKZÚZ, a byla stanovena celková sušina (podle ČSN EN 15934 a ČSN EN 15935).

Proběhlo hodnocení vybraných rizikových prvků (podle ČSN EN ISO 12020 v případě Al a ČSN 757385 pro Fe) a živin v půdách a pH podle JPP – ÚKZÚZ, a byla stanovena celková sušina (podle ČSN EN 15934 a ČSN EN 15935)

Tabč. 1: Výsledky rozborů testovaných půdních vzorků z jednotlivých testovaných ploch

ukazatel	jednotka	3:1	5:1	10:1	hnojeno pouze digestátem	referenční plocha	použitá metoda
Al	mg/kg sušiny	21400	22100	20400	22700	22500	SOP 23 C (ČSN EN ISO 12020)
Fe	mg/kg sušiny	18100	19000	18200	18100	17600	SOP 23 C (ČSN 757385)
celková sušina	%	80.98	83.65	82.91	82.28	80.41	SOP 32 (ČSN EN 15934, ČSN EN 15935)
Ph (CaCl ₂)		5.5	5.4	5.6	5.5	5.7	SOP 44 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
Ca – M III	mg/kg sušiny	1342	1355	1465	1349	1402	SOP 45 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
K – M III	mg/kg sušiny	217	237	184	219	234	SOP 45 A (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
Mg – M III	mg/kg sušiny	128	124	143	128	150	SOP 45 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
P – M III	mg/kg sušiny	78	85	70	85	63	SOP 45 B (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
Fe – M III	mg/kg sušiny	361	371	363	358	345	SOP 87 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
Al – M III	mg/kg sušiny	662	651	613	654	648	SOP 87 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
Mn – M III	mg/kg sušiny	67	73	76	60	73	SOP 87 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
organický uhlík	% v sušině	2.7	2.31	2.13	2.52	2.75	SOP 47 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)
N - amoniakální	mg/kg sušiny	5.01	5.69	2.83	1.49	3.46	SOP 65 (JPP-ÚKZÚZ, Brno, Analýzy A půd III)
N - dusičnanový	mg/kg sušiny	4.95	7.26	4.84	4.67	4.59	SOP 65 A (JPP-ÚKZÚZ, Brno, Analýzy A půd III)
N - minerální	mg/kg sušiny	9.96	13	7.67	6.16	8.05	SOP 65 A (JPP-ÚKZÚZ, Brno, Analýzy A půd III)
N celkový	% v sušině	0.13	0.14	0.08	0.14	0.14	SOP 61 A (JPP - ÚKZÚZ, Brno)

Hlavním cílem práce bylo stanovení chemických vlastností půdy, konkrétně půdní reakce a obsahu vybraných makroelementů a mikroelementů. Stanoven a porovnán byl celkový obsah vybraných elementů v půdě s jejich pro rostliny přístupnou formou. V případě dvou vybraných prvků – Al a Fe - lze říci, že celkový obsah prvků (a jejich sloučenin) v půdě je vysoký, obsah jejich přístupných výměnných nebo vodorozpustných forem řádově nižší, což odpovídá standardní distribuci prvků v půdě.

Nejvyšší koncentraci vykazuje nevytěžitelná forma železa a hliníku (17600-19000 mg/kg sušiny). Zdrojem dotace těchto prvků je dle našeho názoru matečná hornina (flyš), významný vliv antropogenních zdrojů u těchto dvou prvků nepředpokládáme.

Dusík byl stanovován ve formě amonných iontů, dusičnanových iontů a rovněž jako celkový minerální dusík. Koncentrace N-NH₄ je nejnižší, což odpovídá normálním pedochemickým procesům. Mírně zvýšený obsah oproti dalším dvěma sledovaným plochám i v poměru ke koncentraci N – NO₃ se objevuje u plochy hnojené separátem. Obsah formy N-NO₃ je nejvyšší u referenční plochy hnojené průmyslovými hnojivy, nejnižší u plochy hnojené separátem. Obsah celkového N v půdě se často

uvádí ve spojení s obsahem humusu v půdě nebo s obsahem oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) jako poměr C:N. Podle Sirového a Facka (1967) lze jako dostatečné zásobování půdy dusíkem uvažovat poměr C/N do 15-18. V případě našeho experimentu se pohyboval v rozmezí 16,5-20,7. Kdy nejpříznivější byl v případě hnojení poměrem směsi 5:1 ($C/N=16,6$) a v případě hnojení digestátem ($C/N=18$). Ostatní směsi již mají dusík díky poměru hůře přístupný. Dusík, je základní biogenní prvek nezbytný pro růst rostlin a jeho nedostatek se u rostlin projevuje vážnou fyziologickou poruchou výživy.

V půdě se **fosfor** vyskytuje ve formě anorganické i organické, větší část jeho obsahu v půdách je rostlinám nepřístupná. Koncentrace přístupného, slabě adsorbovaného anorganického tzv. labilního fosforu (tj. aniontu kys. ortofosforečné) v půdním roztoku je velmi nízká a u kulturních plodin musí být pravidelně doplňována. Většina fosforu v půdách je ve formě organických sloučenin (20 – 80%), v našem experimentu je zřejmý i jeho zdroj v podobě anorganických fosforečanů s Fe a Al. (Stevenson, 1986, Brady a Weill, 2002). V případě našeho experimentu je bylo zaznamenáno maximální množství fosforu na plochách hnojených směsí 5:1 a digestátem, nejnižší absolutní hodnoty přístupného fosforu dosahovala referenční plocha. Jednotlivé hodnoty se od sebe liší o více než 25%. Nedostatek fosforu se projevuje především u tvorby plodů.

Obsah rostlinám přístupné výměnné, případně vodorozpustné formy **draslíku** závisí na mineralogickém a zrnitostním složení, sorpčním komplexu půdy. Obecně, jemnozrnější, půdy a půdy s nižším pH vykazují vyšší množství K (Brady a Weil, 2002). Celkové množství draslíku je nejvyšší v případě plochy hnojené poměrem směsi 5:1, která se svým množstvím velmi blíží referenční ploše, nejnižší je pak toto množství na plochách hnojených směsí 3:1 a 10:1. Rozdíly v celkovém množství přístupného draslíku se pohybují v rozmezí 20%. Hlavní úlohou draslíku je poskytnout odpovídající iontové prostředí pro metabolické procesy (např. jako regulátor regulace růstu, a dalších růstových procesů), pomáhá i regulovat procesy v rostlině (např. otevírání a zavírání průduchů).

Převážná část **vápníku** je v půdách vázána v nerozpustných nebo těžko rozpustných sloučeninách (uhličitany, křemičitany, hlinítokřemičitany apod.). Výměnná (rostlinám přístupná) forma je zastoupena 1-2 % nevýměnné formy (Tůma, 2002) Obsah výměnného Ca (zejména $Ca(HCO_3)_2$ úzce souvisí s obsahem CO_2 (tj. s biologickou aktivitou půdy). Nejvyšší množství přístupného vápníku se nacházela na ploše hnojené směsí 10:1 a dále na referenční ploše. Jednotlivé hodnoty se od sebe liší v rozsahu 10%. Vápník zásadně ovlivňuje metabolismus rostlin a jeho nedostatek ovlivňuje příjem živin.

Hořčík se v půdách vyskytuje v podobných sloučeninách jako vápník. Nevýměnná forma např. v magnezitech, dolomitech dále v silikátech, alumosilikátech atd. Výměnná, případně rozpustná forma Mg je zastoupena v půdním roztoku a jeho přijatelnost ovlivňuje obsah antagonistických iontů, zejména K^+ , Na^+ a Ca^+ (Tůma 2002). Obsah přístupného Mg byl nejvyšší v případě hnojení směsí 10:1 a referenční plochy, v případě ostatních ploch se lišil až o 17%. Hořčík hraje důležitou roli ve fotosyntéze, protože tvoří centrální atom chlorofylu, jeho nedostatek se obvykle projevuje jako chloróza listů.

Z tabulky vyplývá, že celkový obsah **železa** tvoří jej téměř výhradně rostlinám nepřístupné formy (podíl rozpustné formy se pohybuje mezi 1,6-2% z celkově obsaženého železa v půdě. Rozdíly v obsahu přístupných forem železa u zvolených způsobem hnojení nejsou výrazné, avšak všechny hnojené plochy vykazovaly vyšší koncentrace přístupného Fe než referenční plocha, poměr mezi jeho přístupnou a nepřístupnou formou byl však téměř stejný, pouze v případě ploch hnojené směsí 5:1 byl poměr nižší a to 1,6% z celkového množství železa. Ionty železa se podílí na rozvoji atomu chlorofylu, a jeho nedostatek se projevuje obvykle jako chloróza listů.

Rostliny jsou schopny přijmout **mangan** pouze jako Mn^{2+} nebo jako chelát ve výměnné nebo vodorozpustné formě. Jeho přístupnost souvisí s pH a velikostí půdních částic - v kyselejších, jemnozrnějších půdách se vstřebává lépe. Jednotlivé stanovené hodnoty se ve svém minimu a maximu lišily o 22%. Nevyšší hodnotu vykazovala plocha hnojená směsí 10:1, a následují plochy hnojené v poměru 5:1 a referenční plocha. V rostlinách je mangan důležitou součástí kyslík vyvíjejícího komplexu, který v chloroplastech rozkládá vodu, což probíhá v primární fázi fotosyntézy. Nedostatek poškozuje chloroplasty a je příčinou chlorózy.

Podobně jako železo je i **hliník** obsažen především ve vázané, nevýměnné formě a jeho celková koncentrace v půdě je vysoká obsah přístupného hliníku se významně nižší. Přístupný hliník byl v nejnižší koncentracích stanoven u plochy hnojené směsí 10:1, kde se lišil o 7,5% od ostatních ploch. Druhá nejnižší koncentrace hliníku byla stanovena na referenční ploše. Za nejtoxičtější pro rostliny je považována iontová forma hliníku (Al^{3+}), která působí na apikální zóny kořenů a zastavuje kořenový růst ve velmi krátkém čase.

Závěr

Hlavním cílem pokusu bylo otestování možnosti zlepšit vlastnosti digestátu jeho obohacením o oragnickou složku v podobě senáže. Z hlediska výsledků našeho experimentu můžeme konstatovat, že distribuce prvků v půdě se hnojivé směsi digestátu a senáže osvědčily, protože půdy navzorkované na jednotlivých testovacích plochách vykazovaly vyšší koncentrace přístupných forem vybraných mikro- a makronutrientů. V případě směsí byly ve většině případů zaznamenány i vyšší obsahy přístupných živin než u ploch, které byly přihnojovány pouze samotným digestátem. Z hlediska zvýšení množství přístupných živin se ukázala vhodnou především směs o váhovém poměru 5:1 (digestát:senáž), která vykazovala maximální nárus dusíku, fosforu, draslíku a železa ze všech testovaných směsí ve srovnání s digestátem i referenční plochou. Tato půdy tak poskytuje rostlinám v maximální míře základní prvky pro růst a vývoj plodů a regulaci metabolických procesů. Bohužel tato směs vykazovala i nejvyšší množství celkové množství hliníku a v závislosti na tom i nejvyšší množství přístupného hliníku, které může nepříznivě ovlivňovat růst kořene. Nejvyšší obsah hořčíku a manganu pak vykazovala hnojící směs 10:1 (digestát:senáž), která zároveň i vykazovala nejnižší množství hliníku (a zároveň i přístupného hliníku). Půda hnojená touto směsí tak podporovala především fotosynézu v rostlinách (hořčík tvoří centrální atom chlorofylu a mangan podporuje především primární fázi fotosyntézy).

Hlavní omezující podmínkou tohoto testování je vysoká závislost na vnějších faktorech, které jsme nedokázali ovlivnit – především klimatické a půdní podmínky, a zároveň by bylo vhodné provést analýzu testovaných rostlin, aby se zjistilo množství a distribuce prvků v jejich jednotlivých částech. Vzhledem k tomu, že účelem vytvoření těchto směsí bylo především zvýšení organického podílu v půdě, bylo by vhodné, ale tento experiment pokračoval cyklicky po delší časový úsek (optimálně pěti let), aby se lépe zmapovalo, zda se jedná o skutečné zlepšení vlastností zemědělské půdy.

Poděkování

Výzkum je podpořený projektem QJ1320159 s názvem: „Výzkum zpracování, využití a zneškodňování odpadních produktů z bioplynových stanic“.

Literatura

AGRO VITALLO. KWS [online]. 2014 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z:

<https://www.kws.sk/ca/fr/fgmo/?region=aaaaaaaaaawzx>

BRADY, N., WEIL, R , (2002) *The nature and properties of soils*. Upper Saddle River, New Persey, 995 p.

ČERNÝ, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P. (1997) Minerální a organický dusík v půdě. Dostupné na:

<http://www.agris.cz/clanek/118821/mineralni-a-organicky-dusik-v-pude> [online]

Česká bioplynová asociace (2015). Interaktivní mapa bioplynových stanic. Dostupná na:

<http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>.

Evropská směrnice 1999/31/EC z 26. dubna 1999 on the landfill of waste, Official Journal L 182, 16/07/1999, pp. 1 –19

Evropská směrnice 2009/28/EC z 23. dubna 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal L 140, 5. 6.2009, pp. 1–62

Evropská směrnice 91/676/EEC z 12. prosince 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal L 375, 31.12.1991, pp. 1–8

FITE A.S. (2006) Studie využití biologicky rozložitelných odpadů. 2006, 39 s. Dostupné z:

http://www.koprivnice.cz/urad/dokumenty/studie_BRO_KV.pdf

Frost, P., Gilinson, S. (2011) Internal technical report – 27 months performance summary for anaerobic digestion of dairy cow slurry at Afbi Hillsborough. Agri-Food and Bisciences Institute, available at: <http://www.afbini.gov.uk/afbini-ad-hillsborough-27-months-june-11.pdf>

KOLÁŘ, L., et al. (2010) Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenters during biogas production. *Plant, Soil and Environment*, 56:1, pp. 23-27

SIROVÝ, V., FACEK, Z. (1967) Průzkum zemědělských půd ČSSR. Metodika laboratorních postupů. Souborná metodika, III. díl. MZVŽ, Praha

STEVENSON F.J. (1986): *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. A Wiley-Interscience Publication, 380 p.

ŠIMEK, M. (2003). *Základy nauky o půdě* 3. Biologické procesy a cykly prvků. BF JČU, České Budějovice

TOLASZ, R. (2007) *Klimatický atlas České republiky*. 1. ed. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 255 s.