

Hnojení kukuřice digestátem a fugátem z bioplynových stanic

Souhrn: Polní pokus, kde byla pěstována kukuřice hnojená zbytky po anaerobní digestaci (AD) z bioplynových stanic, byl uskutečněn v Lukavci u Pacova. V pokusu byly použity jednorázové i dělené dávky digestátů a fugátů. Tříleté výsledky ukazují, že aplikace fugátu do půdy za dobrých vláhových podmínek vede k výnosům kukuřice přibližujícím se použití minerálních hnojiv ve stejné dávce. Aplikace digestátů může snížit výnosy zhruba o 5 %. Dělené dávky digestátů a fugátů jsou přijatelné v klimaticky průměrném roce, v případě sucha (rok 2015) již rostliny nevyužily dusík aplikovaný v druhé dávce a výnosy se snížily oproti jednorázovým dávkám AD. Při vysokých srážkách nebyly dělené dávky hnojiv účinné pro snížení rizika vyplavení nitrátů do podzemních vod, v případě sucha nemusí být dusík z druhé dělené dávky dostupný pro rostliny v rozhodujícím období růstu pro dosažení výnosu.

Klíčová slova: polní pokus, digestáty, fugáty, kukuřice, dusík

Maize fertilization with digestates and fugates from biogas stations

Summary: The field experiment with maize fertilized with residues of anaerobic digestion (AD) from biogas stations was carried out at Lukavec u Pacova. Divided and non-divided application rates of AD residues were used in the experiment. Three years results showed that fugate application lead to similar maize yields as mineral fertilizers. Application of digestates can decrease maize yields of about 5 %. Divided rates of digestates and fugates are acceptable under climatically normal conditions, in drought (year 2015) plants were not able to use nitrogen applied in the second dose and yields decreased in comparison with non-divided AD rates. Divided doses were not effective for decrease of nitrate leaching into ground waters when applied shortly before high precipitation. Nitrogen applied in the second dose possibly should not be available for plants in the decisive growth stage for yields under drought.

Keywords: field experiment, digestates, fugates, maize, nitrogen

V posledních letech se s rozvojem bioplynových stanic v zemědělských podnicích dostává do popředí problematika zacházení se zbytky po anaerobní digestaci (AD), tedy digestáty, případně produkty jejich separace fugáty a separáty. Digestáty a fugáty z bioplynových stanic provozovaných v zemědělských podnicích představují vzhledem k jejich dobré zásobě živin potenciálně vhodné hnojivo, pokud se dbá na dodávání organické hmoty do půdy. Vzhledem ke stabilizovanému uhlíku obsaženému v digestátech se zvyšuje riziko, že při využití dusíku (N) obsaženého v digestátu půdními mikroorganismy bude využíván uhlík z lehce hydrolyzovatelných organických látek nacházejících se v půdě (Tambone et al. 2013), což může vést ke snižování obsahu půdní organické hmoty čerpáním lehce dostupného C z půdy (Insam et al. 2015).

Aplikace digestátu a zejména fugátu zvyšuje dostupnost dusíku (N) pro rostliny, neboť z celkového množství N je 60–80 % v minerální formě (zejména $N-NH_4$, Loria et al. 2007) dobře dostupné pro rostliny. Hnojivé účinky digestátu a fugátu jsou díky vysokému obsahu $N-NH_4$ v porovnání s minerálními hnojivy a kejdou mírně



Aplikace digestátů a fugátů

Foto Gabriela Mühlbachová

nižší až srovnatelné, případně i vyšší (Nkoa 2014). Šimon et al. (2015) zjistili dokonce vyšší výnosy ozimé pšenice po aplikaci digestátu ve srovnání s minerálním NPK hnojivem, a to při odlišných dávkách celkového N (digestát = 76 kg N/ha, NPK = 120 kg N/ha). Ve zbytcích AD je z celkového obsahu N až 40–50 % N zastoupeno v organické formě, který je postupně mineralizován a zpřístupňován plodinám v amonné a dusičnanové formě. S tím je spojené riziko vyplavení dusičnanů do podzemních vod, které může vzrůst při nízkém čerpání dusíku porostem spojeným s vysokými sráž-

kami. Po aplikaci digestátu lze spíše očekávat nižší vyplavení N z půdy ve srovnání s minerálními hnojivy se 100 % N v minerální formě (Svoboda et al. 2015).

Metodika

V Lukavci u Pacova jsou od roku 2013 prováděny parcelkové pokusy (vždy po čtyřech opakováních na variantu), kde je sledován vliv aplikace zbytků po AD v bioplynových stanicích, čili digestátů a fugátů, na výnosy kukuřice a také na obsahy živin, zvláště dusíku v půdě. Předplodinou byl jarní ječmen. Současně byla aplikována

minerální hnojiva NPK a močovina – MO. Dále byly testovány i možnosti dělené aplikace fugátů a posunutí aplikace hnojení blíže počátku intenzivního růstu kukuřice, kdy přihnojení proběhlo do fáze pátého listu. Celková dávka dusíku byla v jednom roce jak u minerálních, tak u organických hnojiv vždy stejná. Podle dosažených výsledků bilance N mezi sklizenými rostlinami a obsahem anorganického dusíku (Nanorg.) v půdě činila 140 kg N/ha v roce 2013, 180 kg N/ha v roce 2014 a 160 kg N/ha v roce 2015. Byly aplikovány dávky jednorázové, kdy byla před setím aplikována celá dávka hnojiv najednou, tak dávky dělené, kdy 80 kg N/ha hnojiva bylo aplikováno před setím (u minerálně hnojených variant ve formě NPK) a druhá část ve fázi pátého listu (u minerálně hnojených variant ve formě močoviny – MO). Celková dávka dusíku byla vždy stejná jako u jednorázové dávky dusíku.

U jednotlivých pokusných variant byly sledovány výnosy kukuřice, dále odběr dusíku a dalších živin rostlinami jak v průběhu jejich růstu (odběr v desátém listu), tak po sklizni. Při průběžném odběru v desátém listu bylo odebráno celkem deset průměrných rostlin z parcely, která

Tab. 1 – Průměrný obsah živin v digestátech a fugátech použitých pro polní parcelkové pokusy v letech 2013–2015

Zbytky AD	Celková sušina	Dusík celkový	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	pH
(g/l)									
Fugát	43,3	4,5	2,9	0,66	3,49	0,98	0,32	0,34	7,8
Digestát	71,1	4,6	2,9	1,08	4,13	2,15	0,87	0,44	7,9

Tab. 2 – Úhrny srážek v Lukavci u Pacova během vegetační sezóny 2013–2015

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Průměr 50 let	39,8	66,1	74,7	79,8	78,2	50,0	38,0
2013	10,9	92,2	251,6	64,9	119,7	67,2	38,7
2014	56,8	148,3	69,4	72,8	77,8	115	51
2015	23,5	55,6	62,6	20,8	94,3	24,4	75,4



Práce na cestičkách mezi parcelami polního pokusu

Foto Gabriela Mühlbachová

měla velikost 3 x 10 m. Při sklizni byly sklizeny celkem čtyři řádky rostlin a z nich byl počítán výnos na parcelu i variantu. Současně s rostlinami byly odebírány vzorky půd z hloubky 0–0,3 m a 0,3–0,6 m. V půdách byl stanoven obsah anorganického dusíku a dalších živin v průběhu růstu rostlin a při sklizni. Množství dusíku vyplavené v dusičnanové formě (N-NO₃) bylo zjišťováno pomocí sukčních kelímků umístěných do hloubky 40 cm, ze kterých byla ve čtrnáctidenních intervalech odebírána voda na analýzu obsahu N-NO₃. Ve vegetační sezóně 2015 nebyly vzhledem k extrémnímu suchu získány téměř žádné vzorky vody.

Kolmé úsečky v grafech představují směrodatné odchylky.

Výsledky a diskuse

Výnosy kukuřice po aplikaci digestátu a fugátu

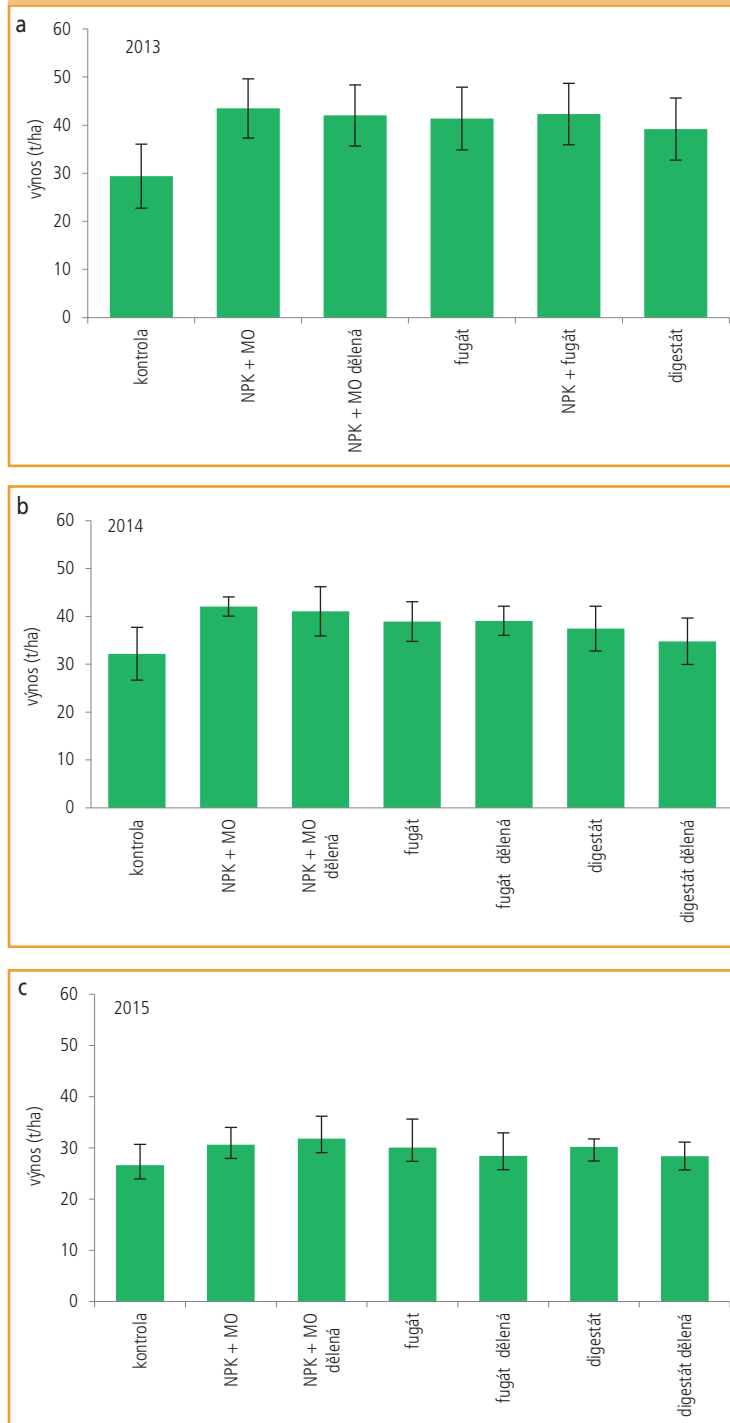
Tříleté výsledky ukazují, že aplikace fugátu do půdy za dobrých vláho-

vých podmínek vede k výnosům kukuřice přibližujícím se použití minerálních hnojiv ve stejné dávce. Výnosy kukuřice byly po aplikaci fugátů buď totožné (rok 2013), nebo jen mírně nižší (rok 2014) než při aplikaci stejné dávky minerálních hnojiv. Dusík obsažený ve fugátech se vzhledem k velmi úzkému poměru C/N, který se u sledovaného pokusu pohyboval okolo 4,4, a svou účinností přibližuje minerálním hnojivům, což dosažené výsledky potvrzují.

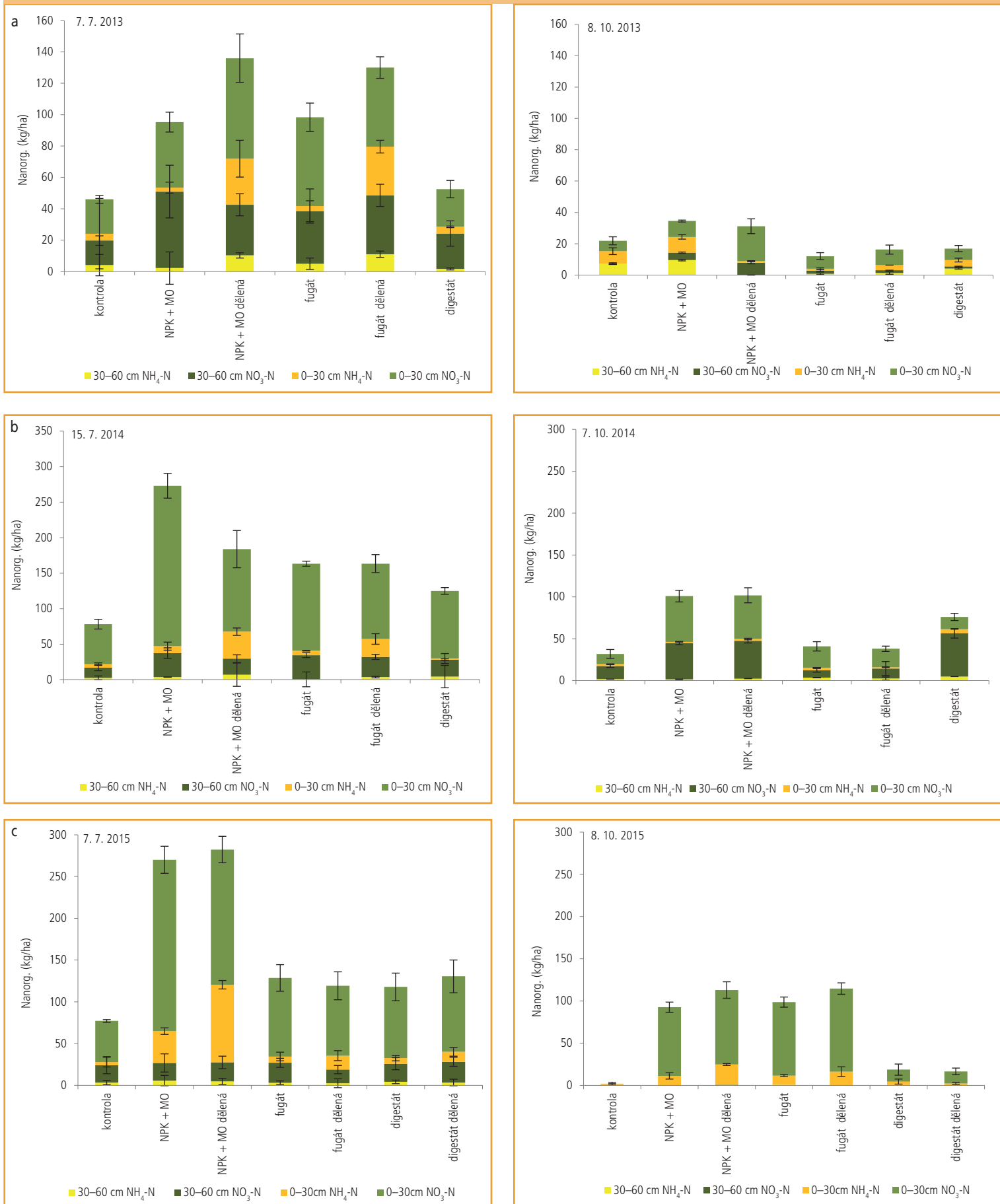
V porovnání s fugátem použití digestátu již výnosy kukuřice u sledovaného polního pokusu snižovalo zhruba o 5 %, což se opakovalo v prvních dvou sledovaných letech. V roce 2015 byly výnosy kukuřice ovlivněny dlouhodobým suchem a po aplikaci digestátu byly srovnatelné s výnosy kukuřice a dosažených výsledků je tedy separace digestátů a použití fugátů pro hnojení za běžných klimatických podmínek výhodnější.

ho intenzivního růstu při lepším využití N a snížení rizika vyplavení dusíku do podzemních vod. Dělená aplikace fugátu v letech 2013 a 2014 nicméně výnosy kukuřice již dále účinně nezvyšovala (grafy 1a, b). Z pohledu vlivu dělených dávek hnojiv na výnosy nedochází ke zlepšení, které by opodstatnilo nutný vícenásobný vstup na pole, a tím i vyšší provozní náklady na aplikaci hnojiv. V roce

Dělené dávky fugátu, případně kombinace minerálního hnojiva a fugátu byly ověřovány pro zjištění, zda je reálné část dostupného Nanorg. aplikovat ke kukuřici v době počátku její-

Graf 1 – Výnos kukuřice po aplikaci minerálních hnojiv, fugátů a digestátů v letech 2013–2015


Graf 2 – Obsah anorganického dusíku v půdách po aplikaci minerálních hnojiv, fugátů a digestátů v letech 2013, 2014 a 2015





Nainstalované sukční kelímky na polním pokusu Foto Gabriela Mühlbachová

2015 byl pro dlouhodobé sucho zjištěn průměrně nižší výnos u všech variant pokusu (graf 1c). Červenec a první polovina srpna 2015 byly srážkově hluboce podnormální (tab. 2), což následně negativně ovlivnilo využitelnost dusíku rostlinami zvláště u druhé dávky děleného hnojení. V důsledku byly průměrné výnosy kukuřice u dělených dávek hnojení zhruba o 1,5–2 t/ha nižší v porovnání s dávkami jednorázovými. Navíc v suchém horkém počasí vzniká vyšší riziko ztrát Nanorg. volatilizací (Möller et Müller 2012), které může být vyšší právě u druhé dávky hnojení. Z pohledu výnosů kukuřice se aplikace fugátů ukázala jako výhodná. V porovnání s lety 2013 a 2014, kdy byly v průběhu vegetační sezóny dostatečné srážky, se v roce 2015 dělené dávky hnojiv vzhledem k dosaženým výnosům neosvědčily, a to ani u minerálně hnojených variant.

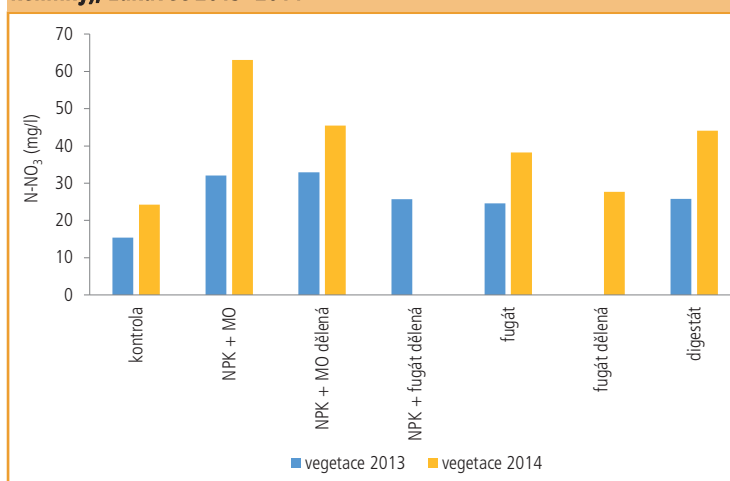
Obsah dusíku v půdě po aplikaci digestátu a fugátů

Stanovení obsahu Nanorg. v půdách ukázalo, že u minerálně hnojených půd jsou obsahy N v půdě vyšší než po aplikaci fugátů a digestátů (grafy 2 a–c). Z hlediska vyplavení N do podzemních vod může být období, kdy po aplikaci hnojiv přijdou větší srážky, problematické. To se ukázalo v červenci 2013, kdy druhá dělená dávka dusíku přišla zhruba deset dní před velkými srážkami, které v České republice vyvolaly povodně. Na předmětném pokusu spadlo během tří dnů více než 100 mm srážek a celkově za červen 2013 celkem 251,6 mm

2013 zaznamenáno snížení obsahu Nanorg. v půdě. V době sklizně se v celém půdním profilu do 60 cm u minerálně hnojených variant, ale v podorníci i u variant s digestátem vyskytoval zbytkový dusík převážně v nitrátové formě. Möller et Stinner (2009) v tomto kontextu uvádějí, že aplikace digestátu ve srovnání s ostatními organickými hnojivy nesnižuje obsah reziduálního N-NO₃ na podzim, tudíž nemá vliv na snížení vyplavení N-NO₃ v období nejvyšších ztrát N-NO₃, což potvrzují i výsledky půdních vod (graf 3). Oproti tomu u fugátů bez ohledu na to, zda byla

množství zbytkového Nanorg. V roce 2015, kdy nastalo dlouhodobé sucho, se aplikace fugátů (jednorázové i dělené dávky) neosvědčily z hlediska snížení rizika vyplavení nitrátů z půdy. Větší srážky přišly až v říjnu 2015, kdy byl růst rostlin ukončen a pokus následně sklizen. Vyšší obsahy Nanorg. v minerálně hnojených půdách a ve variantách s fugátů pak byly rizikové z hlediska možného vyplavení nitrátů. Z tohoto pohledu byly v roce 2015 nejlepší výsledky získány u aplikace digestátů, kde byly obsahy Nanorg. v podzimním období nižší než u minerálně hnojených variant nebo u variant s aplikovanými fugátů.

Graf 3 – Koncentrace dusičnanového dusíku v půdních vodách (sukční kelímky), Lukavec 2013–2014



(tab. 2). V době průběžného odběru (7. 7. 2013) byly obsahy dusíku v půdě u těchto dělených dávek o více než třetinu vyšší než u variant, kde byly dávky jednorázové. Tento trend se ve druhém roce pokusu neopakoval, přičemž důvodem mohou být rozdílné srážky zjištěné v obou letech. V roce 2013 byly zbytkové obsahy Nanorg. v půdě po sklizni nejvyšší u minerálně hnojených variant (až 34 kg Nanorg./ha). U nedělené dávky digestátu a dělené dávky fugátů byl zjištěn podobný obsah Nanorg. v půdě (16 kg Nanorg./ha), celkem 12 kg Nanorg./ha v půdě pak u jednorázové dávky fugátů. Výsledky obsahu Nanorg. v půdách v roce 2014 ukázaly, že aplikace minerálních hnojiv oproti hnojení fugátem zvyšovala obsahy Nanorg. v půdě během růstu rostlin. U dělených dávek hnojiv pak v červenci 2014 bylo oproti stejnému období

dávka dělená nebo ne, byly obsahy Nanorg. v době sklizně v porovnání s minerálními hnojivy v půdě nižší zhruba o 60 %. To ve výsledku může při stejné dávce hnojení omezit vyplavení nitrátů do půdy, a tím i zamezit zbytečným ztrátám dusíku.

Rok 2015 byl kvůli extrémnímu suchu výjimečný, pokud jde o výživu rostlin dusíkem. Počátkem července byly nejvyšší obsahy anorganického N zjištěny v minerálně hnojených variantách ve všech variantách pokusu. Vyšší obsahy Nanorg. byly i u variant s přihnojením močovinou při dělené dávce. V porovnání s tímto zjištěním byly obsahy Nanorg. u variant s aplikovaným fugátem nebo digestátem v červenci 2015 při stejné aplikované dávce dusíku nižší. Podzimní období 2015 se ukázalo jako rizikové u variant pokusu s minerálními hnojivy, ale také aplikovanými fugátů. V půdách u těchto variant zůstávalo vyšší

Vyplavení dusičnanů do půdní vody po aplikaci zbytků AD

Nejvyšší ztráty dusičnanů během vegetačního období 2013 a 2014 byly prokázány po jednorázové i dělené aplikaci minerálních hnojiv (graf 3). To lze vysvětlit 100% podílem minerálního N, který lehce přechází nitrifikací z amonné formy na snadno vyplavitelné dusičnany. Naopak nejnižší ztráty dusičnanů srovnatelné s nehnojenou kontrolou byly po dělených dávkách fugátů, neboť část obsahu N je v organické formě a rostlinám je zpřístupňována postupně. Dělené dávky obecně snižují riziko vyplavení dusičnanů, což bylo patrné ve srážkově normálním roce 2014 jak u minerálního hnojení, tak při aplikaci fugátů, zatímco v roce 2013 byly z důvodu vysokých srážkových úhrnů po aplikaci druhé dávky hnojiv zjištěny ztráty dusičnanů podobné jako u jednorázové dávky.

Závěr

Digestáty a fugáty mohou být vzhledem k obsahu živin vhodným hnojivem pro zemědělské plodiny, navíc šetří náklady na nákup minerálních hnojiv. Aplikace digestátu podle dosažených výsledků výnosy kukuřice oproti minerálním hnojivům mírně snižuje (přibližně o 5 %). Jak fugát, tak digestát představují významné zdroje nejen základních živin, ale i dalších méně často aplikovaných prvků. Dělené dávky digestátů a fugátů jsou přijatelné v klimaticky průměrném roce. Pokud je distribuce živin do půdy rovnoměrná, dávka hnojení se v případě kukuřice posu-

nuje do období počátku intenzivního růstu, což může přispět k lepšímu využití živin rostlinami. Dělené dávky minerálních hnojiv ani fugátu nicméně nezvyšovaly výnosy v dostatečně míře, aby byla ekonomicky odůvodněna dvojitá aplikace hnojiv.

Vzhledem k některým významným klimatickým výkyvům zaznamenaným v průběhu sledování pokusů lze po zkušenostech ze zatím tříletého pokusu definovat rizika pro aplikaci dělených dávek digestátů a fugátů v případě extrémního sucha nebo naopak vysokých srážek. V případě vysokých srážek dělené dávky hnojiv nebyly účinné pro snížení rizika vyplavení nitrátů do podzemních vod a na druhou stranu v případě sucha nemusí být dusík z druhé dělené dávky dostupný pro rostliny v rozhodujícím období růstu. Zbytkové obsahy Nanorg. v půdě v případě sucha mohou být dále příčinou vyššího vyplavování nitrátů do podzemních vod poté, kdy v podzimním a zimním období přijdou srážky. Z tohoto pohledu se neseparované digestáty, kde byly na podzim 2015



Nedostatek vláhy v porostu kukuřice v roce 2015

Foto Gabriela Mühlbachová

zjištěny v porovnání s aplikací fugátů nižší zbytkové obsahy Nanorg., v podmínkách sucha zatím ukazují jako výhodnější hnojivo než fugáty. Pro aplikaci digestátů a fugátů na půdu bude vzhledem k původu tohoto hnojiva vždy potřeba doplňovat zásobu organické hmoty, aby nedocházelo k je-

jímu rozkladu a snižování celkového obsahu v půdě. *

Práce vychází z projektu TAČR č.: TA03020202 „Optimalizace použití digestátů na zemědělskou půdu ve vztahu k efektivnímu využití živin a ochraně půdy a vody.“
Oponentský posudek vypracovala Ing. Michaela Smatanová, Ph.D., Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

**Ing. Gabriela Mühlbachová, Ph.D.¹,
Ing. Renata Duffková, Ph.D.²,
Ing. Helena Kusá, Ph.D.¹,
Ing. Radek Vavera, Ph.D.¹,
Ing. Martin Káš¹,
Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D.²,
¹Výzkumný ústav rostlinné výroby,
v. v. i., Praha-Ruzyně,
²Výzkumný ústav meliorací a ochrany
půdy, v. v. i., Praha-Zbraslav**

Literatura

Insam, H., Gómez-Brandón, M., Ascher, J. 2015. Manure-base biogas fermentation residues – Friend or foe of soil fertility? Soil Biology & Biochemistry, 84: 1-14.

Loria, E. R., J. E., Sawyer, D. W., Barker, J. P., Lundvall, and J. C., Lorimor. 2007. Use of anaerobically digested swine manure as a nitrogen source in corn production. Agronomy Journal 99: 1119-1129.

Möller, K., Stinner, W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). Eur J Agron 30: 1-16.

Möller, K., Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Eng Life Sci, 12: 242-257.

Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. Agron Sustain Dev, 34: 473-492.

Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M. 2015. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. Plant Soil environ 61 (11): 522-527.

Svoboda, N., Taube, F., Klu, Ch., Wienforth, B., Sieling, K., Hasler, M., Kage, H., Ohl, S., Hartung, E., Herrmann, A. 2015. Ecological Efficiency of Maize-Based Cropping Systems for Biogas Production. Bioenerg. Res. 8: 1621-1635.

Tambone, F., Adani, F., Gigliotti, G., Volpe, D., Fabbri, C., Provenzano, M. R. 2013. Organic matter characterization during the anaerobic digestion of different biomasses by means of CPMAS 13C NMR spectroscopy. Biomass Bioenergy 48:111-120.

Novinky prověřené v podmínkách ČR

inzerce

Zemědělská produkce jako nedílná součást venkovské krajiny se každoročně potýká s „vrtochy“ počasí. Extrémní výkyvy počasí jsou stále častější a nejedná se o odchylky od měsíčních normálů, ale o změny počasí v rámci ročních období a vlastně roku. Říká se, že pravou rukou agronoma je odrůda. Právě odrůda by měla pomoci se s výkyvy počasí vyrovnat. Hybridy SAATEN-UNION jsou prověřeny v podmínkách ČR jak v pěstitelsky příznivých letech, tak v extrémních letech, jako byl pro kukuřici tragický rok 2015.

Suvida S 240/Z 250 – kvalitní siláž, skvělé agronomické vlastnosti

Suvida je nový tříliniový hybrid listového typu. Základní charakteristiky jsou jednoznačně vysoký výnos hmoty, vysoký obsah škrobu, špičková stravitelnost organické hmoty, vysoká stravitelnost vlákniny, výborná odolnost k suchu. Díky



„Surterra nás o své stresuodolnosti přesvědčila v suchém roce 2015, kdy byl výnos hmoty při sušíně 34 % o 2,57 t/ha (+10,9 %) vyšší než průměr střediska. Svoje kvality potvrdila i v roce 2016, kde jsme sklídili v porovnání na průměr střediska při 37% sušíně více téměř o 2 t/ha. Surterra je pro nás stresuodolným hybridem, který se s meziročními výkyvy počasí umí vyrovnat,“ říká Ing. Pavel Bartoš ze ZD Krásná Hora nad Vltavou (okr. Příbram)

Foto archiv firmy

této vyvážené kombinaci je Suvida hybridem poskytujícím krmnou siláž špičkové kvality také v méně příznivých letech:

- **ÚKZÚZ 2013–2014:** obsah škrobu 32,9 % (103,7 % na kontroly), stravitelnost organické hmoty ELOS 71,2 %, stravitelnost vlákniny DINAG 48,8 %.
- **ÚKZÚZ 2014–15:** obsah škrobu 33,4 % (101,7 % na kontroly), stravitelnost organické hmoty ELOS 69,8 %, stravitelnost vlákniny DINAG 49 %.

Počáteční vývoj hybridu je velmi rychlý, přičemž Suvida patří v rámci raného sortimentu ÚKZÚZ k vůbec nejrychleji rostoucím hybridům. Odolnost vůči suchu je na vysoké úrovni, což bylo potvrzeno v roce 2015 v rámci zkoušení ÚKZÚZ, kdy Suvida podržela sušinu (tab. 3). Oproti tomu hybridy s nižší odolností byly vlivem sucha sklizeny s nezvykle vysokým obsahem sušiny. Suvida lze sklízet také na zrno.