



Sergej Ust'ak, Jakub Muňoz, Václav Jambor

Nový konzervační přípravek pro silážování nadměrně vlhkých rostlin určených pro výrobu bioplynu

METODIKA PRO PRAXI



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2016

Metodika vznikla za finanční podpory TA ČR a MZe ČR. Při zpracování metodiky byly využity výsledky projektu TA ČR č. TA03021491 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR č. RO 0416 (25 %).

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem rostlinných komodit pod č. j. 71300/2016-MZE-17221.

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková (MZe ČR)
2) za odbornou veřejnost: Ing. Radko Loučka, CSc., VÚŽV, v.v.i.

V rámci schválení metodiky byla uzavřená smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2016

ISBN 978-80-7427-224-0

Sergej Ust'ak, Jakub Muňoz, Václav Jambor

**Konzervační přípravek
pro silážování nadměrně vlhkých rostlin
určených pro výrobu bioplynu**

METODIKA PRO PRAXI

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2016

Konzervační přípravek pro silážování nadměrně vlhkých rostlin určených pro výrobu bioplynu

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům zemědělských bioplynových stanic, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a rovněž i všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o novém konzervačním přípravku pro silážování nadměrně vlhkých rostlin určených pro výrobu bioplynu. Publikace referuje o vývoji a ověření nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně vlhkých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní snížení ztrát organické sušiny, zvýšení kvality siláží a rovněž navýšení produkce bioplynu.

Klíčová slova: pícniny; silážování; konzervanty pro nadměrně vlhké rostliny; bioplyn; výtěžnost metanu

Preservative for ensilage of excessively wet plants intended for biogas production

The methodology objective is to provide to farmers, agricultural consultants, operators of agricultural biogas plants, workers in research and agricultural education as well as all other interested parties on agricultural biomass cropping and processing as a renewable source of raw materials and energy, the basic information about a new preservative for ensilage of excessively wet plants intended for biogas production. The publication reports on the development and testing of a new preservative for phytomass ensilage destined for biogas production, especially of excessively wet plants. Its use in practice can provide a cost-effective reduction of organic wet matter losses, increase silage quality and also increase the production of biogas.

Keywords: forage; ensilage; preservatives for excessively wet plants; biogas; methane yield

Metodika je určena zemědělcům, provozovatelům bioplynových stanic, zemědělským poradcům a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem rostlinných komodit pod č. j. 71300/2016-MZE-17221

O B S A H

I. CÍL A NOVOST METODIKY.....	4
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	5
1. Úvod - současný stav a problémy.....	5
2. Základní postupy laboratorních rozborů a fermentačních zkoušek.....	10
3. Popis řešení a dosažených výsledků	13
4. Ekonomické hodnocení použití konzervantu.....	16
5. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků.....	19
6. Obecná aplikační doporučení	20
III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	22
IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	22
V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	23

I. CÍL A NOVOST METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, provozovatelům zemědělských bioplynových stanic, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a rovněž i všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o novém konzervačním přípravku pro silážování nadměrně vlhkých rostlin určených pro výrobu bioplynu.

Publikace referuje o vývoji a ověření nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně vlhkých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní snížení ztrát organické sušiny, zvýšení kvality siláží a rovněž navýšení produkce bioplynu. Výhodou použití tohoto přípravku je rychlé okyselení rostlinné hmoty, zpomalení enzymatických pochodů v této hmotě a potlačení nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v siláži, zejména hnilobných bakterií, klostridií a dalších nežádoucích mikroorganismů a rovněž zvýšení aerobní stability siláže. Přípravek je nejvhodnější pro silážování nadměrně vlhkých rostlin se sušinou nižší, než je doporučené optimum pro dané plodiny nebo kategorii produkované rostlinné hmoty. Například v případě kukuřice sklízené vcelku na zelenou hmotu se jedná o sušinu menší než 29 %, při dělené sklizni palic kukuřice se jedná o sušinu menší než 49 % a v případě trav, jetelotrav nebo čistých jetelovin se jedná o sušinu menší než 35 %. Z hlediska silážování lze přípravek samozřejmě použít i v případě normální sušiny rostlin. V rámci laboratorních a poloprovozních zkoušek různých plodin (např. kukuřice, vojtěška, trávy) bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách snižuje ztráty sušiny fytomasy v průběhu silážování a uskladnění siláže a současně nepůsobí negativně na výtěžnost metanu z této siláže.

Novost metodiky vyplývá z toho, že se jedná o nový právně chráněný výrobek, který je výsledkem řešení projektů výzkumu a vývoje. Jedná se o výzkumně zdůvodněný a experimentálně ověřený konzervační přípravek, určený pro ekonomicky a energeticky efektivní produkci siláže jako kvalitní dlouhodobě skladovatelné suroviny pro biozplynování, a to z méně vhodné rostlinné hmoty z hůře silážovatelných nebo nedozrálých plodin, případně nedostatečně zavadlé rostlinné hmoty se sušinou menší než je doporučené optimum pro dané plodiny nebo kategorii produkované rostlinné hmoty.

Obecně známým problémem silážování nadměrně vlhkých rostlin, zejména nedozrálých porostů s nízkou sušinou fytomasy je vysoké ohrožení výskytu bakteriálního znečištění. Toto nebezpečí je zesíleno např. při špatné technologii sklizně a příměsí půdy, kontaminace prachem při sklizni apod. Takové bakteriální znečištění vyvolává nežádoucí procesy rozkladu a hnití siláže (především vlivem klostridií) doprovázené vysokými ztrátami organické sušiny a hromaděním nevhodných nebo i jedovatých látek potlačujících mikrobiální činnost. Doposud se pro konzervaci podobných rostlinných surovin nejčastěji používá drahá organická kyselina mravenčí. Nevýhodou tohoto konzervantu je neúčinnost na plísně a kvasinky, což má za následek nízkou aerobní stabilitu siláže. Přes to vše je využití tohoto konzervantu velmi rozšířeno, zejména v severských státech.

V rámci řešení projektu byl navržen a experimentálně ověřen vhodný konzervační přípravek pro silážování rostlinné hmoty s vysokou sklizňovou vlhkostí za účelem produkce kvalitní suroviny pro výrobu bioplynu, který představuje technologicky a ekonomicky výhodnou alternativu s výrazným konzervačním efektem. Navíc bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách nejen že nepotlačuje produkci metanu z konzervované siláže, ale ve většině případů jí výrazně zvyšuje (až do 40 %).

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod - současný stav a problémy

Je všeobecně známo, že účelem konzervace silážováním je potřeba dlouhodobého uchování kvality píce při minimalizaci ztrát výživných látek, které je v přírodních podmínkách zajištěno především mléčně-kyselou anaerobní fermentací čerstvé nebo zavadlé rostlinné hmoty. Kvalitní průběh silážování je podmíněn vytvořením optimálního prostředí pro dominantní růst bakterií mléčného kvašení, který závisí na vlastnostech suroviny a podmínkách fermentace. Mezi rozhodující vlastnosti rostlinné suroviny patří především obsah sušiny (hlavně organické), obsah vodou rozpustných cukrů a pufrovací kapacita. Zkvašením cukrů na kyselinu mléčnou, případně další organické kyseliny, se vytvoří podmínky pro dostatečné snížení pH, obvykle na hodnoty v rozmezí 3,8 - 4,6 jednotek pH, čímž se potlačí růst většiny nežádoucích a škodlivých mikroorganismů,

především enterobakterií, klostridií, kvasinek a plísní (Schmidt a kol., 1974; Pozdíšek a kol., 2008).

Při silážování méně kvalitní rostlinné hmoty nebo méně vhodných rostlin se doporučuje použití rozličných konzervantů, a to jak chemických, tak i biologických nebo kombinovaných. Výběr vhodných přípravků pro konzervaci píce je omezen potřebou zabezpečení vyhovující krmné kvality výsledné siláže, zejména přístupnosti konzervované hmoty trávicímu systému hospodářských zvířat neboli tzv. stravitelnosti. Často se stává, že zvýšení kvality silážování z hlediska efektivity konzervace píce, zejména s využitím přídatných látek, není ku prospěchu jejich dietetické kvality nebo dokonce zdravotní nezávadnosti (Pozdíšek a kol., 2008).

Výběr vhodných konzervačních přípravků k usměrnění fermentačního procesu konzervovaných krmiv pro uchování organických živin se stal limitujícím faktorem ekonomické efektivity produkce a využití píce při chovu skotu, zejména dojníc. Příčinou této situace je výrazné zvýšení mléčné užitkovosti dojníc v posledních letech, kdy se ukázalo, že kvalita konzervovaných krmiv zásadně ovlivňuje produkční účinnost celé krmné dávky. V poslední době lze k tomuto problému přiřadit i problematiku výroby konzervovaných rostlin jako suroviny pro produkci bioplynu (Herrmann a Taube, 2006; Weiland, 2010).

V prvopočátcích řešení problematiky se mnozí odborníci domnívali, že fermentace v bachoru dojníc je totožná s fermentací v bioplynových stanicích. Poslední dobou se však objevují názory, že tyto nároky jsou docela rozdílné (Váňa a Ust'ak, 2011). Díky novým poznatkům výzkumu a praxe, ohledně podstaty biozplynování resp. produkce metanu, se zjistilo, že krmiva pro výrobu metanu se musí připravovat s odlišnou kvalitou. Hlavní důvod vidíme v tom, že produkce metanu v bachoru dojníc je považována za ztrátu organických živin, přičemž vzniklý plyn uniká do ovzduší a patří k vysoce škodlivým skleníkovým plynům, kdežto při bioplynové fermentaci je metan hlavní cílový produkt. Proto v oblasti výživy zvířat existují dokonce projekty, které řeší minimalizaci produkce metanu v bachoru dojníc a tím maximalizaci konverze živin do živočišných výrobků (maso, mléko).

V oblasti výroby bioplynu potřebujeme naopak produkci metanu jako hlavní energetické složky maximálně podpořit. Z těchto důvodů lze

očekávat odlišné nároky jak na kvalitu původních surovin, tak i na technologické postupy jejich úpravy, včetně použití konzervantů. Hodnocení krmiv z pohledu nutriční kvality je běžnou praxí, avšak hodnocení krmiv z pohledu tvorby bioplynu není zcela běžné a postupně se ve výzkumných pracích hledají nové ukazatele, které by přispěly k predikci kvality vyrobené siláže z hlediska produkce bioplynu.

V oblasti výroby bioplynu se tvrdilo, že při použití chemických přípravků dochází k potlačení metanogenní fermentace a tím i ke snížení produkce metanu. Např. u některých chemických přípravků se zjistilo snížení příjmu krmiva u zvířat, avšak to neznamená, že se současně sníží výtěžnost metanu. Např. zvýšený obsah organických kyselin, zejména mravenčí, octové a máselné negativně působí na krmnou kvalitu siláže, ale v případě bioplynu nemusí mít negativní důsledky, protože do bioplynové stanice se krmivo dávkuje v malém množství a fermentující hmota dokáže přidanou surovinu úspěšně zneutralizovat. Konzervační chemické látky, které snižují stravitelnost krmiv a příjem živin a které nelze použít ve výživě zvířat, mohou být tedy pro produkci bioplynu dokonce prospěšné. To znamená, že podobné konzervační látky mohou být s úspěchem použity k úpravě rozličných rostlinných surovin na siláž jako suroviny pro bioplyn.

Hlavní důvody pro využití konzervantů jsou následující: 1) příznivé ovlivnění průběhu fermentace nebo jeho zastoupení přímou konzervací; 2) omezení ztráty organické sušiny a živin během fermentace; 3) stabilizace siláže během skladování; 4) omezení ztráty aerobní degradací zvýšením aerobní stability; 5) zachování dietetické hodnoty siláže v případě použití na krmení. Poslední důvod není nutné zohledňovat v případě využití siláže výhradně pro produkci bioplynu. V tomto případě potřebujeme místo zachování krmivářské hodnoty zabezpečit maximální výtěžnost bioplynu.

Využití chemických konzervantů má své určité výhody a nevýhody (Loučka a Tyrolová, 2013). K výhodám tyto autoři řadí následující efekty:

- v podmínkách odklonění hodnot sušiny rostlin od optima (tj. nadměrně suché nebo nadměrně vlhké rostliny) nebo nedostatku vodorozpustných cukrů jsou většinou chemické konzervanty účinnější než biologické,

- rychle sníží pH a tím podpoří konzervační procesy,
- redukují růst nežádoucí mikroflóry,

-
- jejich aplikace je jednoduchá,
 - mají dlouhou dobu použití a skladování.

K nevýhodám tito autoři řadí následující skutečnosti:

- chemické konzervanty jsou obvykle dražší,
- je nutno více dbát na bezpečnost práce,
- je s nimi obtížnější manipulace a mají obtížnější logistiku.

Podmínka zachování dietetické kvality a zdravotní nezávadnosti siláží pro zvířata je významným omezujícím faktorem ve výběru látek vhodných pro využití jako silážních konzervantů. Možnost ignorovat tento požadavek zvyšuje sortiment potenciálně vhodných látek pro konzervaci rostlinné hmoty jako suroviny pro výrobu bioplynu. Na druhou stranu, výběr vhodných konzervantů je v tomto případě omezen potřebou dodržení podmínky, že použité přípravky nepoškodí proces samotné anaerobní bioplynové fermentace, tj. nezahubí mikroorganismy prospěšné pro produkci metanu.

V současné době se jako chemické konzervanty nejvíce používají kyselina mravenčí (hlavně na nadměrně vlhkou rostlinnou hmotu, vykazuje především antibakteriální účinek), kyselina propionová (na nadměrně suchou rostlinnou hmotu, vykazuje především fungicidní účinek) a dále kyseliny benzoová, sorbová nebo jejich soli (působí na bakterie, kvasinky a zejména na plísně). Jelikož účinky jednotlivých pojmenovaných látek na spektrum nežádoucích organismů jsou odlišné, většina v současné době nabízených chemických konzervačních přípravků obsahuje různé kombinace těchto látek nebo jejich solí, čímž stoupá univerzálnost použití výsledných směsných přípravků (Driehuis a van Wikselaar, 1996; Weinberg a Muck, 1996).

Z hlediska použití siláží jako suroviny pro výrobu bioplynu vzniká problém, že vhodnost využití těchto chemických konzervantů je posuzována především z hlediska krmivářské kvality výsledných siláží. Dalším problémem použití těchto, z krmivářského hlediska osvědčených silážních přípravků v případě konzervace rostlinné hmoty pro biozplynování, je jejich poměrně vysoká cena. Proto hledání nových technologicky a ekonomicky vhodnějších konzervačních přípravků pro silážování rostlinné hmoty, jako suroviny pro výrobu bioplynu, zejména pro silážování nadměrně vlhkých rostlin, má v současné době vysokou prioritu.

Problémem silážování nadměrně vlhkých rostlin je obtížnost dosažení vysoké kvality siláže a potenciální hrozba tvorby silážních šťáv, s kterými se mohou ztrácet živiny a energie. Proto se často přistupuje k zavádání posečených rostlin s nadměrně vysokou vlhkostí, zejména v případě plodin méně vhodných pro silážování. Jedná se především o trávy, jetelotravní směsky a jeteloviny. Obvykle se doporučuje, aby doba zavádání posečených rostlin nebyla delší než 24–36 hodin. Problémem je, že při sklizni uvedených plodin na zelené krmení, která v podmínkách mírného klimatu obvykle probíhá v květnu až červnu, se často vyskytuje nestabilní počasí s možností výskytu srážek. Při ponechání posekané rostlinné hmoty dlouho na poli, což se většinou stává z důvodu jejího zmoknutí, poměrně často dochází k nebezpečné kontaminaci nežádoucími mikroorganismy, především hnilobnými bakteriemi a mikroby z rodu *Clostridium*. Poslední patří mezi nejškodlivější mikroorganismy v siláži a způsobují zhoršení krmné kvality a významnou ztrátu živin a energie. Působení klostridií se snadno odhalí přítomností kyseliny máselné v siláži s velmi charakteristickým nepříjemným pachem žluklého másla.

Škodlivé mikroorganismy se do silážované hmoty dostávají především z půd nebo statkových hnojiv. Při pokládání posečených rostlin za účelem zavadnutí se prakticky nelze vyhnout jejich kontaminaci těmito mikroorganismy. Následně vyrobená siláž z tohoto materiálu se může projevit špatným fermentačním procesem, kdy dojde k vytvoření nechtěné kyseliny máselné a amoniaku, který reaguje s kyselinami a zvyšuje pH. V krajních případech může dojít až k tak zvanému „zvrhnutí siláže“, kdy pH dosáhne hodnot vyšších než 5,5 jednotek, což umožní intenzivní rozvoj nežádoucích a škodlivých mikroorganismů a tím se siláž zkaží a stává se pro krmné účely nepoužitelnou. Účinným způsobem, jak se tomu vyhnout, je použití chemických konzervantů, nejlépe na rostlinnou hmotu sklizenou řezačkou přímo do valníku bez pokládání na zem.

Dostatečně kyselé prostředí (tj. nízké pH) deaktivuje hnilobné bakterie a klostridie, avšak čím menší je sušina silážované rostlinné hmoty, tím nižší by mělo být pH. Například při, pro trávy a jeteloviny, optimální sušině 40 % stačí pro zabránění tvorby kyseliny máselné dosáhnout hodnot pH menších než 4,8, kdežto v případě sušiny 20 %, což je běžná sušina v optimálních stádiích růstu trav a jetelovin z hlediska kvality píce, je nutno silážovanou rostlinnou hmotu okyselit na pH nižší než 4,2. Právě proto jsou na

nadměrně vlhké rostliny tak účinné okyselující konzervanty. Čím rychleji je dosaženo okyselení silážované rostlinné hmoty, tím více dokonalá je její konzervace.

2. Základní laboratorní rozbory a fermentační zkoušky

Fermentační testy na silážování se prováděly pomocí laboratorních minisil (viz obr. 1). Zařízení je vybaveno možností odvodu a odběru silážních tekutin. Doba silážování byla dle běžných postupů jednotně stanovena na 90 dnů. U všech variant, zejména s nízkou sušinou, jsme použili v silážních nádobách dvojitě dno za účelem jímání uvolněné silážní tekutiny během fermentačního procesu. Při silážování byla zjišťována hmotnost prázdné nádoby a nádoby po naplnění silážní hmoty a sušina naskladněné hmoty. Po 90 dnech fermentace, kdy minisila byla otevřena, byly nádoby zváženy a odebrány vzorky fermentovaných plodin (siláží) k analýzám. Během fermentace bylo u každé varianty zjišťováno množství uvolněné silážní tekutiny. Ze zjištěných hodnot byly vypočítány fermentační ztráty sušiny a ztráty původní hmoty silážní tekutinou.



Obr. 1: Minisila o kapacitě cca 5 kg sloužící k laboratornímu testování procesu silážování

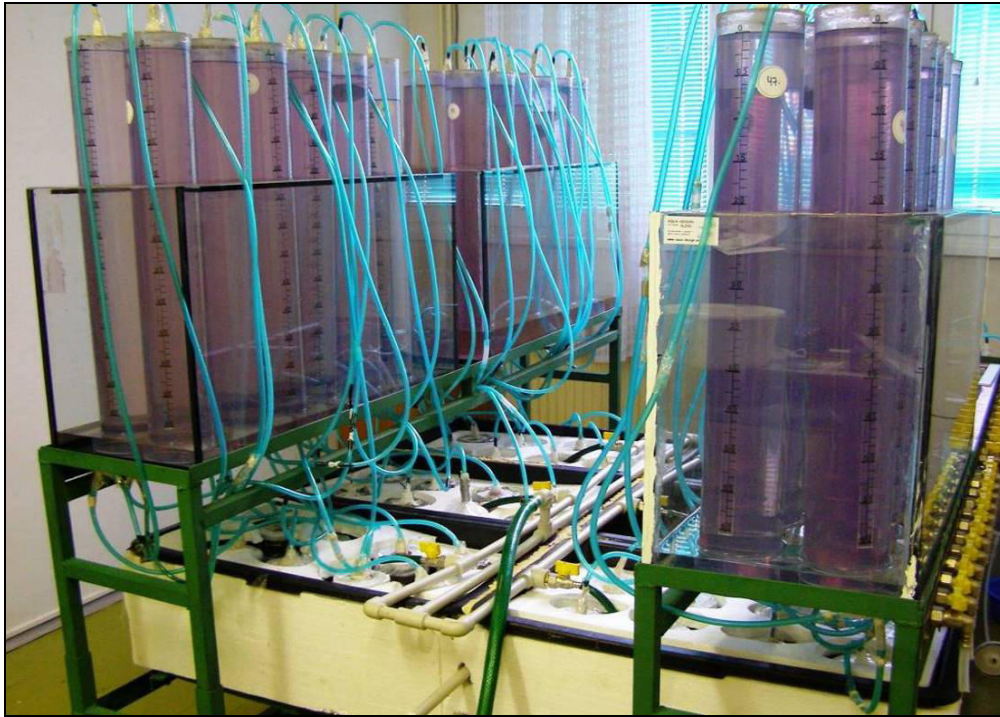
Všechny rozbory a experimenty probíhaly minimálně ve 3 opakováních. Rovněž tak byly vzorkovány a analyzovány veškeré výstupy z fermentačních pokusů. Sklizená nadzemní biomasa byla při úpravě na rozbory především šetrně sušena na vzduchu na standardní sušinu (cca 15 % vlhkosti). Dосуšení probíhalo v sušárně při teplotách nižších než 40 °C.

Po vysušení byly rostlinné vzorky podrobeny analýze na základní agrochemické a biochemické parametry. Při stanovení kvality siláží bylo ve vodném výluhu, který byl připraven z 50 g vzorku siláže a 500 g vody, provedeno stanovení pH, obsahu kyselin mléčné, octové a máselné, obsahu čpavku, alkoholu a formolové titrace, a to dle běžných postupů (Hartman, 1980). Ve vodném extraktu bylo pH měřeno ihned. Kyseliny mléčná, octová a máselná byly stanoveny izotachoforézou přístrojem Agrofor, alkohol a čpavek Conwayovou metodou, formolová titrace, silážovatelnost a proteolýza dle Hartman (1980). Sušina, základní živiny, N-látky, škrob, hrubý tuk, hrubá vláknina, neutrálně detergentní vláknina (NDF) a popel byly stanoveny dle běžných laboratorních postupů v souladu s ČSN 46 7092.

Degradovatelnost organické hmoty (OH) a NDF vzorků kukuřičné siláže byly stanoveny metodou „*in sacco*“ (Orskov a McDonald, 1979). Po usušení a pomletí vzorků na 1 mm síť, byly vzorky naváženy do nylonových sáčků v množství 2 g sušiny (6 opakování) a inkubovány 48 hod. v bachoru kanylovaných dojnic při zachovné krmné dávce. Po inkubaci byly vzorky vyprány ve studené vodě, usušeny a stanoveny sledované ukazatele. Rozdíl hmotností před a po inkubaci udává degradovatelnost resp. stravitelnost organické hmoty a NDF při dané době inkubace v bachoru dojnic.

Laboratorní experimenty biozplynování byly provedeny na sestavě se 48 třílitrovými skleněnými anaerobními fermentory (reaktory) zahřátými na mezofilní teplotu 37 ± 1 °C, míchanými po dobu 15 minut každé dvě hodiny (viz obr. 2). Testování potenciální produkce bioplynu a metanu bylo provedeno v souladu s metodikou VDI 4630 (Anonymous, 2006).

Poměr vstupu organické sušiny vzorku k očkovací látce byl cca 3:10. Očkovací látkou byl fermentát z provozní bioplynové stanice, která zpracovává zvířecí exkrementy, kukuřičnou siláž a senáž píce v poměru zhruba 40:40:20. Údaje z měření experimentální produkce bioplynu byly zaznamenávány většinou jednou denně, v době nejvyšší intenzity produkce bioplynu i několikrát denně. Kvalitativní rozbor bioplynu byl prováděn na specializovaném bioplynovém analyzátoru Biogas Check Analyser renomovaného výrobce Geotechnical Instruments (UK), přesnost měření byla kontrolována pomocí plynového chromatografu s detektorem TCD (viz obr. 3).



Obr. 2: Laboratorní 48-hnízdní zařízení pro sledování vývoje bioplynu s automatickým časováním promíchávání

Naměřené výsledky byly statisticky vyhodnoceny a rozdíly mezi průměry byly testovány pomocí testu ANOVA (Fisherův LSD - nejmenší významný rozdíl na hladině významnosti $\alpha_{0,95}$).



Celková doba experimentální fermentace byla jednotně stanovena na 35 dnů (5 týdnů). To je dostatečný čas pro zajištění intenzivní fáze produkce bioplynu u rostlinných substrátů. V mnoha případech se výroba bioplynu zcela nezastavila ani po uplynutí stanovené doby, což je spojeno s postupnou fermentací obtížně odbouratelných složek biomasy, jako jsou celulózy a hemicelulózy. Intenzivní etapa výroby bioplynu trvala obvykle 2-4 týdny po uplynutí fáze prodlevy (lag-fáze), která obvykle probíhala 1 až 5 dnů.

Obr. 3: Měřicí souprava pro analýzu bioplynu

3. Popis řešení a dosažených výsledků

Výše uvedené nedostatky odstraňuje směsný chemický konzervační přípravek určený pro silážování rostlinné hmoty, zejména s nadměrným obsahem vlhkosti, jako suroviny pro výrobu bioplynu. Tento přípravek byl přihlášen na ochranu práv u Úřadu průmyslového vlastnictví ČR a následně registrován pod číslem ÚV 29112 dne 1. 2. 2016. Základem konzervačního přípravku je směs kyseliny sírové (15 - 45 % hm.) a octové (20 - 60 % hm.). Dalšími doplňujícími složkami mohou být kyselina mravenčí (0 - 15 % hm.) a formaldehyd (0 - 10 % hm.). Směs je doplněna do 100 % vodou, přičemž celkový obsah vody ve směsi nesmí být nižší než 25 %. Toto složení směsi je schopné zajistit zvýšení účinnosti jejich jednotlivých složek na proces konzervace rostlinné hmoty, zejména na potlačení rozličných druhů a skupin nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v důsledku jejich synergického působení ve směsi. Do této základní směsi mohou být přidány amonné soli uvedených kyselin (buď jednotlivě nebo společně), a to za účelem snížení koncentrace čistých kyselin a tím i snížení korozivních vlastností přípravku. Doporučujeme, aby koncentrace těchto solí nepřevýšila ve směsi 20 % hm., neboť jejich účinnost je samozřejmě významně nižší ve srovnání s čistými kyselinami.

Takové složení směsi je schopné zajistit zvýšení efektivity jejich jednotlivých složek jak na proces konzervace rostlinné hmoty, tak i na výtěžnost bioplynu, a to díky synergickému efektu působení společné směsi uvedených složek. Je to dáno především tím, že při smíchání kyselin sírové a octové vzniká tzv. superkyselina s významně vyšším oxidačním a okyselujícím efektem, než mají obě kyseliny samostatně před jejich smícháním. Konzervační přípravek je tekutý a aplikuje se na silážovanou rostlinnou hmotu běžnými postupy s využitím pomůcek a techniky odolné vůči korozivnímu působení kyselin a při dodržení příslušných bezpečnostních předpisů osobní ochrany personálu. Použité stroje a postupy musí zajistit dokonalé promísení přípravků se silážovanou rostlinnou hmotou. Složení konzervačního přípravku dle tohoto řešení a rovněž doporučené dávky lze měnit v poměrně širokém rozmezí v návaznosti na sušinu rostlinné hmoty, druh plodiny, technologické parametry sklizně a úpravy rostlin v průběhu silážování.

Pro použití přípravku v praxi při silážování nadměrně vlhkých píceň platí, že je nutné zachytávat silážní tekutiny v příslušných jímkách.

Níže uvádíme několik příkladů použití navrženého přípravku v průběhu ověření, které dobře vystihují jejich působení a efektivitu. Skutečný rozsah experimentálních a analytických výsledků je daleko rozsáhlejší, ale s ohledem na potřebu stručnosti této publikace je zde neuvádíme.

Příklad 1

Konzervační přípravek byl připraven smícháním 30 % koncentrované kyseliny sírové, 45 % koncentrované kyseliny octové a 25 % vody (zde a dále vyjádřených v hmotnostních procentech).

Tento přípravek byl v dávce odpovídající v přepočtu 5 kg na 1 tunu rostlinné hmoty použit pro silážování nadměrně vlhké kukuřice, trávy a vojtěšky, jejichž kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Základní vlastnosti původní hmoty silážovaných plodin

Parametr	Vojtěška	Trávy	Kukuřice
Sušina, % původní hmoty	20,6	24,7	27,0
Organická sušina, % sušiny	85,4	90,1	95,5
Hrubá vláknina, % sušiny	29,3	24,2	20,1
Hrubé proteiny, % sušiny	18,2	14,1	7,5
Škrob, % sušiny	n/a	n/a	22,9
Cukry, % sušiny	1,8	13,4	7,5

Na základě provedených testů silážování těchto druhů plodin, s použitím uvedeného přípravku a bez (kontrola) v laboratorním fermentoru po dobu 90 dnů a při teplotě 20 °C a následných chemických analýzách kvality výstupní siláže, byl zjištěn významný pozitivní efekt použitého konzervačního přípravku (viz tab. 2).

Příklad 2

Konzervační přípravek byl připraven smícháním 20 % hm. koncentrované kyseliny sírové, 40 % hm. koncentrované kyseliny octové, 5 % hm. octanu amonného a 35 % hm. vody. Tento přípravek byl stejně jako v příkladu 1 v dávce odpovídající v přepočtu 5 kg na 1 tunu rostlinné hmoty použit pro silážování nadměrně vlhké kukuřice, trávy a vojtěšky, jejichž

kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulce 1. Obdobným způsobem jako v příkladu 1 byly provedeny fermentační zkoušky na silážování a biozplynování výstupní siláže. Výsledky jsou rovněž uvedeny v tabulce 2.

Uvedené výsledky svědčí o zvýšení kvality fermentačního procesu silážování po aplikaci obou dvou nových konzervačních přípravků, což se projevilo ve výrazném zvýšení množství kyseliny mléčné při současném snížení obsahu kyseliny octové. Byla zastavena nepříznivá produkce kyseliny máselné, která je indikátorem nežádoucích hnilobných procesů, vyvolaných obvykle mikroorganismy z rodu *Clostridium*, vedoucích ke zhoršení užité kvality siláže a významné ztrátě živin a energie. V důsledku aplikace testovaných konzervantů došlo ve srovnání s kontrolními variantami ke snížení hodnot pH na optimální hladiny pro kvalitu siláže. Celkově se zlepšení kvality fermentačního procesu projevilo ve výrazném snížení ztrát sušiny rostlinné biomasy (fytomasy), tj. v produkci většího množství siláže ze stejného množství původní hmoty rostlin.

Tabulka 2: Základní vlastnosti siláže jednotlivých plodin včetně výtěžnosti bioplynu (BP)

Parametr, měrná jednotka	Vojtěška			Trávy			Kukuřice		
	kontr. ¹	SK-1 ²	SK-2 ³	kontr.	SK-1	SK-2	kontr.	SK-1	SK-2
Sušina, % pův. hmoty	19,4	21,6	21,0	21,5	23,8	23,4	24,7	26,2	25,9
Ztráty sušiny, %	14,1	4,62	7,18	12,9	3,73	5,43	8,56	2,95	3,92
Ztráty tekutiny, %	9,62	4,35	5,86	5,12	-	-	-	-	-
pH	6,12	4,62	4,75	5,74	4,21	4,43	5,16	3,92	4,05
Kys. mléčná, g/kg pův. hmoty	n/d	12,4	8,62	1,68	5,81	4,29	2,83	6,25	5,37
Kys. octová, g/kg pův. hmoty	11,3	7,86	8,54	12,8	8,12	9,36	6,34	7,32	7,08
Kys. máselná, g/kg pův. hmoty	9,31	n/d	0,08	2,56	n/d	n/d	0,83	n/d	n/d
Celk. výtěžnost BP, lN/kg org. sušiny biomasy	388	450	425	525	621	604	518	648	613
Konc. metanu, % BP	53,8	55,1	54,6	54,9	55,7	55,3	54,2	55,4	55,1
Celk. výtěžnost metanu, lN/kg org. sušiny biomasy	209	246	232	288	346	334	281	359	338

Poznámky: 1) kontrola bez konzervantů; 2) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 1; 3) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 2.

Následně byly provedeny testy biozplynování obdržených siláží, a to pomocí laboratorních bioplynových fermentorů po dobu 35 dnů, přičemž se zde rovněž v obou případech projevila kvalitativní převaha siláže s použitými konzervanty oproti kontrole bez konzervantů (viz tab. 2), a to zvýšením produkce metanu. Podrobnější analýza energetického a ekonomického přínosu od využití nových konzervantů při přípravě siláží za účelem výroby bioplynu bude uvedena dále v následující kapitole č. 4.

4. Ekonomické hodnocení použití konzervantu

Rozhodujícím faktorem pěstování, zpracování a využití energetických plodin je cena vypěstované a zpracované biomasy jako biopaliva nebo suroviny pro výrobu biopaliv a tudíž výrobních nákladů této suroviny v konfrontaci s ekonomickým efektem jejího využití. Při rozhodování o pěstování zemědělských plodin na bioplyn jsou důležité nejenom hektarové výnosy fytomasy a ekvivalentní produkce metanu z 1 ha, ale rovněž hodnocení výrobních nákladů na jejich produkci, které mohou postavení jednotlivých plodin vylepšit nebo zhoršit.

V případě ekonomického hodnocení použití konzervantů pro konzervaci rostlinné biomasy určené pro výrobu bioplynu potřebujeme hodnotit jejich efekt na snížení (případně zvýšení) ztrát organické hmoty v průběhu konzervace oproti kontrole bez konzervantů v konfrontaci se zvýšením (případně snížením) výtěžnosti bioplynu (hlavně metanu) z konečné siláže. Na základě přepočtu výtěžku metanu na 1 tunu původní hmoty před silážováním, se zohledněním snížení ztráty organické hmoty při použití konzervantů, lze vypočítat zisk metanu oproti kontrole, který snadno přepočteme na elektrickou energii a její cenu v Kč. Po odečtení nákladů na aplikaci jednotlivých konzervantů získáme přínos aplikace konzervantů v Kč v přepočtu na 1 tunu původní hmoty rostlin (neboli hrubý zisk). Výsledky takových výpočtů jsou uvedeny v tabulce č. 3, a to pro tři botanicky odlišné druhy plodin v různé míře vhodné pro silážování – kukuřici, vojtěšku a vytrvalé trávy (převládající druhy kostřava, srha a chrastice).

Z uvedených výsledků vyplývá, že využití nových konzervantů u třech uvedených druhů plodin s nadměrně nízkou sušinou při silážování

významně snižuje ztráty organické hmoty (od cca 3 do 9 % organické sušiny) a tím i ztráty celkové původní hmoty silážované biomasy rostlin (od cca 1 do 4 % pův. hmoty biomasy). Z třech uvedených plodin byl největší efekt u trav (cca 2 – 3 % snížení ztrát celkové biomasy), u kukuřice průměrný (cca 1 – 2 % snížení ztrát celkové biomasy) a u vojtěšky nejnižší (cca 1 – 1,5 % snížení ztrát celkové biomasy). V případě všech 3 variant vojtěšky a kontrolní varianty trav byly navíc kromě ztráty organické hmoty zaznamenány i ztráty silážních tekutin, které se po aplikaci konzervantů výrazně snížily u vojtěšky a byly odstraněny u trav.

Tabulka 3: Energetická a ekonomická analýza dopadu aplikace nových konzervantů na vybrané pícniny

Parametr, měrná jednotka	Vojtěška			Trávy			Kukuřice		
	kont. ¹	SK-1 ²	SK-2 ³	kont.	SK-1	SK-2	kont.	SK-1	SK-2
Organická sušina, % pův. hmoty siláže	16,1	18,3	17,8	18,7	21,2	20,8	23,0	24,8	24,5
Ztráty org. suš. biomasy, % pův. hmoty biomasy	1,61	0,30	0,46	3,57	1,03	1,49	2,77	0,97	1,32
Snížení ztráty org. suš. biomasy proti kontrole, % pův. hmoty biomasy	0	1,31	1,14	0	2,54	2,08	0	1,79	1,44
Hrubý zisk ze snížení ztráty, Kč/t pův. hmoty ⁴	0	13,1	11,4	0	24,4	20,8	0	17,9	14,4
Celk. výtěžnost metanu, m ³ N/t org. sušiny siláže	209	246	232	288	346	334	281	359	338
Zvýšení výtěžku metanu proti kontrole, m ³ N/t org. sušiny siláže	0	37,4	23,2	0	58,9	46,6	0	79,0	57,5
Zvýšení výtěžku metanu proti kontr. se zápočtem snížení ztrát, m ³ N/t pův. hmoty biomasy	0	11,3	7,7	0	19,6	15,6	0	24,4	18,0
Zvýšení ceny elektřiny proti kontrole se zápočtem zvýšení výtěžku metanu, Kč/t pův. hmoty biomasy ^{5, 6}	0	198	135	0	343	272	0	427	315
Náklady na aplikaci konzervantů, Kč/t pův. hmoty biomasy	0	75	50	0	75	50	0	75	50
Přínos aplikace konzervantu, Kč/t pův. hmoty biomasy	0	123	85	0	268	222	0	352	265

Poznámky k tabulce 3: 1) kontrola bez konzervantů; 2) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 1; 3) varianta s přidáním konzervantu dle příkladu 2; 4)

pro výpočty je použita průměrná současná prodejní cena siláže 1000,- Kč/t; 5) pro výpočty je použita nižší cena za elektřinu ze zemědělských BPS, platná v roce 2016, a to 3,55 Kč/kWh elektřiny; 6) pro výpočty je použit energetický obsah 1 m³_N metanu 9,86 kWh celkové energie neboli 4,93 kWh elektřiny.

Na druhou stranu, současně se snížením ztrát biomasy pozorujeme při aplikaci nového typu konzervantu zvýšení jejich užité kvality, vyjádřené zvýšením výtěžnosti metanu (nárůst od 10 do 30 % v přepočtu na organickou sušinu neboli od 20 do 40 % v přepočtu na původní hmotu biomasy). Zvýšení výtěžku metanu proti kontrole se zápočtem snížení ztrát neboli ekonomie organické sušiny původní rostlinné biomasy v průběhu silážování dosahuje v přepočtu cca 7 až 25 normovaných m³ metanu z 1 t původní hmoty biomasy, přičemž zde je nejvyšší efekt u kukuřice (15 - 25 m³_N/t původní silážované hmoty). U trav je toto zvýšení produkce metanu v rozmezí cca 15 - 20 m³_N/t původní silážované hmoty. U vojtěšky je nejnižší z testovaných plodin nárůst produkce metanu v rozmezí 5 - 15 m³_N/t původní silážované hmoty.

Zisk metanu z aplikací konzervantů lze dále snadno přepočítat na množství elektřiny. Vycházíme z výhřevnosti 1 normovaného m³_N metanu (tj. objemu metanu přepočteného na teplotu vzduchu 0 °C, tlak vzduchu 1013 hPa a relativní vlhkost vzduchu 0 %) ve výši 9,86 kWh celkové energie. Většina BPS produkuje hrubou elektřinu a teplo v energetickém poměru 1 : 1. Při průměrné 50 % účinnosti využití výhřevnosti bioplynu při spalování je průměrné množství vyrobené hrubé elektřiny z 1 m³_N metanu cca 4,93 kWh. Pro přepočet energetického přínosu aplikace konzervantů na ekonomický, tj. přepočet na Kč, využijeme výkupní ceny elektřiny stanovené pro BPS platné v roce 2016 Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 9/2015 ze dne 29. prosince 2015, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie. Pro BPS jsou zde stanoveny dvě úrovně cen, rozdílné podle doby zprovoznění nebo podle kategorie biomasy a procesu využití, a to 3,55 Kč a 4,12 Kč za 1 kWh elektřiny. Pro výpočty jsme záměrně použili nižší cenu s tím, že v případě uplatnění vyšší ceny bude ekonomický efekt ještě vyšší, konkrétně o 18 %.

Výnos z aplikace konzervantu vícenásobně překračuje náklady na jeho aplikaci, a to cca 2,5 – 6,5 násobně a dosahuje nárůst hrubého zisku cca 130 – 430 Kč v přepočtu na 1 tunu původní hmoty rostlin před

silážováním. Po odečtu nákladů na aplikaci konzervantů obdržíme hrubý zisk z efektu aplikace konzervantu ve srovnání s kontrolou bez konzervantu (viz poslední řádek tabulky), a to cca 80 - 360 Kč v přepočtu na 1 tunu původní silážovatelné hmoty. Jak vidíme, hrubý zisk ze samotného snížení ztrát původní hmoty silážované biomasy při aplikaci konzervantů nepokryje náklady na konzervaci (viz řádek 4 tab. 3), ale na druhou stranu významně zvýší užitnou kvalitu výstupní siláže a tím i produkci bioplynu, která s nadbytkem převyšší náklady na aplikaci konzervantů.

Uvedené výsledky ekonomické analýzy dopadu aplikace nových konzervantů na vybrané pícniny svědčí o jejich významné ekonomické efektivitě.

5. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků

Na základě provedených experimentů byla prokázána vysoká efektivita nového konzervačního přípravku pro silážování fytomasy určené pro výrobu bioplynu, zejména nadměrně vlhkých rostlin. Jeho využití v praxi může zajistit ekonomicky efektivní zvýšení kvality siláží a rovněž následnou produkci bioplynu. Zajišťuje nejenom prodloužení skladovatelnosti a zachování živin v siláži, ale i zvýšení výtěžnosti bioplynu.

Výhodou použití přípravku je rychlé okyselení rostlinné hmoty a potlačení nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v siláži, zejména hnilobných bakterií, klostridií a některých dalších nežádoucích mikroorganismů a rovněž zvýšení aerobní stability siláže. Přípravek je nejvhodnější pro silážování nadměrně vlhkých rostlin se sušinou nižší, než je doporučené optimum pro dané plodiny nebo kategorii produkované rostlinné hmoty. Například v případě celých rostlin kukuřice se jedná o hmotnostní sušinu nižší než 29 %, v případě trav, jetelotrav nebo čistých jetelovin se jedná o sušinu nižší než 35 %. Výhodný je pro středně a obtížně silážovatelné plodiny, zejména v případě ztížení nebo znemožnění zavadnutí jejich rostlinné hmoty nepříznivým průběhem počasí. Obzvláště vhodný je pro ošetřování povrchu naskladněné silážované hmoty před uzavřením silážního žlabu nebo v případě přerušení navážení rostlinné hmoty. Při manipulaci s tímto přípravkem je nutno pečlivě dbát bezpečnostních předpisů, protože leptá kůži a také používat korozi odolné pomůcky a techniku.

Z hlediska silážování lze přípravek samozřejmě použít i v případě normální sušiny rostlin. V rámci laboratorních a poloprovozních zkoušek různých plodin (např. kukuřice, vojtěška, trávy) bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách snižuje ztráty sušiny fytomasy v průběhu silážování a uskladnění siláže. Navíc bylo experimentálně prokázáno, že nový přípravek v doporučených dávkách nejen že nepotlačuje produkci metanu z konzervované siláže, ale ve většině případů jí výrazně zvyšuje (až do 40 %).

Na základě hodnocení získaných výsledků byla vypracována obecná doporučení pro použití nového konzervačního přípravku vhodného pro silážování nadměrně vlhkých rostlin za účelem ekonomicky a energeticky efektivní produkce siláže jako suroviny pro výrobu bioplynu.

6. Obecná aplikační doporučení

Referovaný směsný chemický konzervační přípravek vhodný pro silážování nadměrně vlhkých rostlin za účelem ekonomicky a energeticky efektivní produkce siláže jako suroviny pro výrobu bioplynu byl vyvinut a experimentálně ověřen v rámci vědecko-výzkumné činnosti (viz dedikace na obálce). Základem konzervačního přípravku je směs kyseliny sírové (15 - 45 %) a octové (20 - 60 %). Dalšími doplňujícími složkami mohou být kyselina mravenčí (0 - 15 %) a formaldehyd (0 - 10 %). Směs je vždy doplněna do 100 % vodou, přičemž celkový obsah vody ve směsi nesmí být nižší než 25 %. Toto složení směsi je schopné zajistit zvýšení účinnosti jejích jednotlivých složek na proces konzervace rostlinné hmoty, zejména na potlačení rozličných druhů a skupin nežádoucích a škodlivých mikroorganismů v důsledku jejich synergického působení ve směsi. Do této základní směsi mohou být přidány amonné soli uvedených kyselin (buď jednotlivě nebo společně), a to za účelem snížení koncentrace čistých kyselin a tím i snížení korozivních vlastností přípravku. Doporučujeme, aby koncentrace těchto solí nepřevýšila ve směsi 20 % hm., neboť jejich účinnost je samozřejmě významně nižší ve srovnání s čistými kyselinami.

Takové složení směsi je schopné zajistit zvýšení efektivity jejích jednotlivých složek jak na proces konzervace rostlinné hmoty, tak i na výtěžnost bioplynu, a to díky synergickému efektu působení společné směsi uvedených složek. Je to dáno především tím, že při smíchání kyselin sírové a octové vzniká tzv. superkyselina s významně vyšším oxidačním a

okyselujícím efektem, než mají obě kyseliny samostatně před jejich smícháním. Konzervační přípravek je tekutý a aplikuje se na silážovanou rostlinnou hmotu běžnými postupy s využitím pomůcek a techniky odolné vůči korozivnímu působení kyselin a při dodržení příslušných bezpečnostních předpisů osobní ochrany personálu. Použité stroje a postupy musí zajistit dokonalé promísení přípravků se silážovanou rostlinnou hmotou. Složení konzervačního přípravku dle tohoto řešení a rovněž doporučené dávky lze měnit v poměrně širokém rozmezí v návaznosti na sušinu rostlinné hmoty, druh plodiny, technologické parametry sklizně a úpravy rostlin v průběhu silážování.

Předpokládaná cena výše popsaných nových konzervantů, určených pro silážování rostlinné biomasy jako suroviny pro výrobu bioplynu, je 10 - 20 Kč za 1 litr.

Doporučená dávka pro celé rostliny kukuřice, čiroku, slunečnice apod. plodin je 1 - 4 litrů na 1 tunu původní hmoty v závislosti na sušině, a to:

- sušina do 25 % - 4-5 l/t
- sušina 25 až 30 % - 2-3 l/t
- sušina 30 až 35 % - 1-2 l/t
- povrchová vrstva do hloubky 0,5 až 1 m podle sušiny – 3 až 5 l/t.

Doporučená dávka pro trávy, jetelotrávy a jeteloviny je rovněž 1 - 5 litry na tunu silážované fytomasy, ale při jiných hodnotách sušiny.

- sušina do 24 % - 5 l/t
- sušina 24 až 28 % - 4 l/t
- sušina 28 až 32 % - 3 l/t
- sušina 32 až 35 % - 2 l/t
- povrchová vrstva do hloubky 0,5 až 1 m podle sušiny – 3 až 5 l/t

Aplikace tohoto typu konzervantu zaručuje významné snížení ztrát organické sušiny původní silážovatelné hmoty biomasy rostlin (do 10 % suš.) a rovněž snížení nebo odstranění ztráty silážních tekutin. Důsledkem je produkce většího množství siláže (do 6 % původní hmoty) pro prodej nebo pro vlastní použití při výrobě bioplynu. Hlavním efektem aplikace nových konzervantů však je významné zvýšení užitné kvality výstupné siláže, které se projevuje ve výrazném nárůstu výtěžnosti produkce bioplynu a především metanu z konzervanty ošetřené siláže. Našimi

výsledky bylo prokázáno, že aplikace nového typu konzervantu nesnižuje a většinou i zvyšuje produkci bioplynu z jednotky sušiny siláže a že ekonomický efekt aplikace nových přípravků většinou vícenásobně (1,5 až 6 násobně) překračuje náklady spojené s nákupem a aplikací těchto přípravků. Celkový ekonomický efekt aplikace konzervantů dosahoval, díky snížení ztrát organické sušiny a současném zvýšení výtěžku metanu ve srovnání s kontrolou, hodnot cca 80 až 360 Kč v přepočtu na 1 tunu původní rostlinné hmoty.

Aplikace konzervantu je doporučena pro využití v praxi jen při zajištění jímání odtékajících silážních tekutin ve speciálních silážních jímkách.

III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena širokému okruhu uživatelů z oblasti rostlinné výroby a zpracování rostlinné produkce, především prvovýrobcům - pěstitelům energetických plodin, ale také potenciálním zpracovatelům a uživatelům zemědělské biomasy pro energetické účely, hlavně provozovatelům bioplynových stanic. Dále metodika poslouží jako zdroj znalostních informací pro zemědělské poradce a pro výuku na zemědělských školách. Smluvním uživatelem metodiky, který bude zajišťovat její transfer do zemědělské a výrobní praxe, je spolek CZ BIOM - České sdružení pro biomasu.

Dle podmínek MZe ČR bude tato metodika také dostupná všem zájemcům i v elektronické verzi na stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Driehuis, F., & van Wixselaar, P.G. 1996. Effects of addition of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. In: Jones et al. - Proc. 11th Int. Silage Conference, Aberystwyth, UK, p. 256-257.

Hartman M., Chemické složení některých typů siláží při různém průběhu kvašení. Živočišná Výrova 25, 1980, 6, 451 - 459.

Herrmann, A, Taube, F., 2006: The use of maize for energy production in biogas plants - is research up to date with agricultural practice? – In: BERICHTE UBER

LANDWIRTSCHAFT, 9/2006, Volume: 84 Issue: 2, pp. 165-197.

Loučka, R., Tyrolová, Y., 2013: Správná praxe při silážování kukuřice. - Metodika pro praxi, VÚ živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves, str. 38.

Orskov E. R., McDonald I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agr. Sci. 92, 499 - 503.

Pozdíšek, J., Mikyska, F., Loučka, R., Bjelka, M., 2008: Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin s trvalých travních porostů. – Metodika pro praxi, Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o., Rapotín, str. 38.

Schmidt, W., Wetterau, H. a spol., 1974: Výroba siláže. – Praha, SZN 1974, str. 463.

Váňa, J., Ust'ak, S., 2011: Využití odpadů ze zemědělského provozu a biomasy energetických rostlin k výrobě bioplynu. in: Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství. pp. 29 – 42, Ekomonitor, ISBN 978-80-86832-49-4

Weiland, P., 2010: Biogas production: current state and perspectives. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85, pp. 849–860.

Weinberg, Z.G., & Muck, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev., 19: 53-68.

V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

1. Hermuth, J., Janovská, D., Ust'ak, S. 2014. Genofond čiroku obecného *Sorghum bicolor* (L.) Moench a možnosti jeho využití v podmínkách ČR. In: Papoušková, L. (ed.). Genetické zdroje rostlin v ČR po 20 letech existence Národního programu. VÚRV, v.v.i., Praha. pp. 30-36.

2. Jambor, V., Ust'ak, S., 2011. Vliv vybraných konzervačních přípravků na kvalitu siláží z kukuřice s vysokou a nízkou sušinou a na výtěžnost bioplynu. Agritech Science, 2011(2).

3. Kohoutek, A., Ust'ak, S., Muňoz, J., Odstrčilová, V., Novák, K., Nerušil, P. & Němcová, P. 2014. Biogas Production Potential of Selected Grass Species Used to Restore Grasslands. In: Jambor, V., Malá, S., Vosynková, B. & Kumprechtová, D. (eds.). 16th International Symposium Forage Conservation. Mendelova univerzita v Brně, Brno. pp. 113-116.

4. Nedělník, J., Lang, J., Jambor, V., Loučka, R., Třináctý, J., Kučeras, J. & Tyrolová, Y. Výnosy a kvalita silážní kukuřice v nezávislém hodnocení. Úroda, 2013, roč. 61, č. 6, s. 14-16.

5. Petříková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ust'ak, S., Váňa, J., 2006: Energetické plodiny. Profi Press, Praha, 127 s. ISBN 80-86726-13-4.

6. Ust'ak, S., 2007. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých konvenčních a netradičních energetických plodin v podmínkách ČR. Zemědělská technika a biomasa 2007. VÚZT, Praha, pp. 188-192.

7. Ust'ak, S., Kavka, M., 2003. Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých energetických plodin v podmínkách ČR. Energetické a průmyslové rostliny IX. CZ BIOM a VÚRV, Chomutov, pp. 26-34.

8. Ust'ak, S., Kohoutek, A., Muňoz, J., Odstrčilová, V., Komárek, P., Nerušil, P., Němcová, P., 2013. Potential production of biogas of selected grassland species from renovated grasslands. In: Helgadóttir, Á. & Hopkins, A. (eds.). The Role of Grasslands in a Green Future. Threats and Perspectives in Less Favoured Areas. Agricultural University of Iceland, Reykjavík, pp. 572-574.

9. Ust'ak, S., Muňoz, J., Novák, K., Ust'aková, M. & Jambor, V. 2014. Non-traditional Crops Prospective for Biogas Production. In: Jambor, V., Malá, S., Vosynková, B. & Kumprechtová, D. (eds.). 16th International Symposium Forage Conservation. Mendelova univerzita v Brně, Brno. pp. 117-120.

10. Ust'ak, S., Ust'aková, M., 2004: Potential for agricultural biomass to produce bioenergy in the Czech Republic. In: Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, OECD 2004, Paris, France, pp. 229-240

11. Ust'ak, S., 2006: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. - In: Sborník referátů z odborné konference "Energetické a průmyslové rostliny XI.", CZ Biom a VÚRV, 15.06.06, Chomutov, pp. 118-133.

12. Váňa, J., Ust'ak, S., 2011: Využití odpadů ze zemědělského provozu a biomasy energetických rostlin k výrobě bioplynu. in: Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství. pp. 29-42, Ekomonitor, ISBN 978-80-86832-49-4.

Dedikace:

Metodika vznikla za finanční podpory TA ČR a MZe ČR. Při zpracování metodiky byly využity výsledky projektu TA ČR č. TA03021491 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR č. RO 0416 (25 %).

Oponenti:

1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková (MZe ČR)

2) za odbornou veřejnost: Ing. Radko Loučka, CSc., VÚŽV, v.v.i.

Realizační smlouva:

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Autoři: Ing. Sergej Ušťák, CSc., Ing. Jakub Muňoz, Ph.D.,
Ing. Václav Jambor, CSc.

Název: Nový konzervační přípravek pro silážování
nadměrně vlhkých rostlin určených
pro výrobu bioplynu

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Redakce, sazba
a tisk: EnviBio - sdružení pro rozvoj technologií
trvale udržitelného života

Náklad: 250 ks

Počet stran: 24

Vyšlo v roce: 2016

Vydáno: bez jazykové úpravy

Fotografie: autorů

Kontakt na
zástupce autorů: ustak@eto.vurv.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2016

ISBN 978-80-7427-224-0



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
ve spolupráci s EnviBio - sdružení pro rozvoj
technologií trvale udržitelného života

2016