

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko
Odbor rostlinolékařství ČAZV
Pícninářská komise ORV ČAZV
Agrární komora ČR



AKTUÁLNÍ POZNATKY V PĚSTOVÁNÍ, ŠLECHTĚNÍ, OCHRANĚ ROSTLIN A ZPRACOVÁNÍ PRODUKTŮ

Úroda 12/2017, vědecká příloha časopisu

úroda

PP
PROFI PRESS...

*Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko
Odbor rostlinolékařství ČAZV
Pícninářská komise Odboru rostlinné výroby ČAZV
Agrární komora ČR*

**Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění,
ochraně rostlin a zpracování produktů**

Úroda 12/2017, vědecká příloha časopisu

Editoři:

Ing. Barbora Badalíková
Ing. Jaroslava Novotná, Ph.D.

Organizační výbor:

Ing. Barbora Badalíková - předseda
Ing. Jaroslava Novotná, Ph.D.
Ing. Pavel Kolařík
Ing. Jaroslav Lang
Ing. Karel Vejražka, Ph.D.
Mgr. Tomáš Vymyslický

Vědecký výbor:

RNDr. Jan Nedělník, Ph.D. - předseda
Ing. Barbora Badalíková
doc. Ing. Bohumír Cagaš, CSc.
Ing. Jaroslav Čepl, CSc.
RNDr. Jan Hofbauer, CSc.
Ing. Pavel Kolařík
Ing. Petr Míša, Ph.D.
Ing. Jan Pelikán, CSc.
Ing. Prokop Šmirous ml., Ph.D.
Ing. Karel Vejražka, Ph.D.
Mgr. Tomáš Vymyslický, Ph.D.

Příspěvky byly recenzovány členy vědeckého výboru

Doporučná citace příspěvků:

Autoři příspěvků, 2017: Název příspěvku. Úroda 12, roč. LXV, vědecká příloha, s. xx-xx
ISSN 0139-6013

Trávy jako obnovitelné zdroje energie

Grasses as renewable energy sources

Frydrych J.¹, Gerndtová I.², Andert D.², Volková P.¹, Jezerská L.³, Zajonc O.³

¹OSEVA vývoj a výzkum s.r.o. se sídlem v Zubří

²Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha – Ruzyně

³Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Centrum ENET, Ostrava

Abstrakt

Trávy patří k surovinám pro energetické využití. Na základě porovnání vybraných travních druhů pro využití spalováním patří k nejvhodnějším psineček veliký - Rožnovský (*Agrostis gigantea* Roth.), kostřava rákosovitá – Kora (*Festuca arundinacea* Schreb.) a ovsík vyvýšený - Rožnovský (*Arrhenatherum elatius* L.). Z pohledu mechanické odolnosti pelet vykazovaly nejlepší hodnoty ze zkoušených trav kostřava rákosovitá Kora a hybridy jílkovitého typu Perun a Bečva. Mezi pelety s největší odolností proti oteru, patřily pelety vyrobené z travních hybridů jílkovitého charakteru Lofa (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.), Bečva (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.) a kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea* Schreb.). Průměrná hodnota PDI (mechanická odolnost) peletovaných druhů travin byla 93,8 %. Praktickým využitím sena pro energetické účely se v současnosti zabývá firma Biopelety s.r.o. ve Frenštátě pod Radhoštěm, která vyrábí agropelety z lučního sena a z vymláčené travičkové slámy z trav pěstovaných na semeno.

Klíčová slova: výzkum, trávy pro energetické využití, spalování, kotle, zemědělství

Abstract

Grasses belong to raw materials for energy use. Based on the comparison of selected usable grass for combustion, one of the most suitable is *Agrostis gigantea* Rožnovský, *Festuca arundinacea* Kora and *Arrhenatherum elatius* Rožnovský. From the point of view of the mechanical resistance of the pellets, the best values of the tested grasses were *Festuca arundinacea* Kora and the hybrids of *Lolium* type Perun and Bečva. Among the pellets with the greatest resistance to abrasion were pellets made from hybrids of Lofa (*Lolium multiflorum* Lam. X *Festuca arundinacea* Schreb.), Bečva (*Lolium multiflorum* Lam. X *Festuca arundinacea* Schreb.) and *Festuca arundinacea*. The average value of PDI (durability) of pelleted grass was 93.8 %. The firm Biopelety Ltd. is concerned with the practical use of hay for energy purposes, they manufacture agropelets from meadow hay and grass straw from the grasses grown for seed.

Key words: research, grasses for energy uses, agriculture

Úvod

V roce 2006 pocházelo asi 18 % celosvětově vyprodukované energie ze zdrojů, označovaných jako obnovitelné. Většina z toho (13 % celkové spotřeby) pochází z tradiční biomasy, především spalováním dřeva. Vodní energie, poskytující 3 % celkové spotřeby primární energie, byla druhý největší obnovitelný zdroj. Moderní technologie, využívající geotermální energie, větrné energie, sluneční energie a oceánské energie, dohromady poskytovaly asi 0,8 % z celkové výroby. V březnu roku 2007 se představitelé Evropské unie dohodli, že v roce 2020 má být 20 % energie členských států vyráběno z obnovitelných zdrojů, aby se omezily emise oxidu uhličitého, který je považován za původce globálního oteplování.

Při vstupu ČR do EU se ČR zavázala, že podíl výroby elektrické energie z alternativních zdrojů bude v roce 2010 činit 8 % celkové výroby. Podle předběžných odhadů se zřejmě tento cíl podařilo přibližně splnit. V roce 2020 by mělo jít o 13,5 % výroby z obnovitelných zdrojů energie na celkové hrubé spotřebě energií.

Trávy jsou významnou součástí obnovitelných zdrojů energie. Výzkumem a využitím trav pro energetické účely se zabývala Oseva vývoj a výzkum s.r.o. se sídlem v Zubří ve spolupráci s Výzkumným ústavem zemědělské techniky, v. v. i Praha a Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou v Ostravě. Výzkum trav probíhal se zaměřením na využití trav pro

spalování a výrobu bioplynu. V současné době se můžeme setkat s oběma způsoby využití travní biomasy, jak se spalováním suché lisované trávy do pelet a velkoobjemových balíků v kotlích, tak s využitím vlhké travní biomasy pro výrobu bioplynu. V zemědělské výrobě můžeme charakterizovat travní biomasu jako produkt z půdy konzervované zatravněním, luk a pastvin. V České republice je téměř více jak 970 000 hektarů trvalých travních porostů. Jak uvádí Hrabě (2009), ekosystém mimoprodukčního zatravnění zaujímá v České republice 170 899 ha. Produkce travní hmoty u sportovních trávníků se pohybuje na úrovni 6 - 9 t.ha⁻¹ za rok, užitkové trávníky vyprodukují 5,5 - 14 t.ha⁻¹ zelené hmoty ročně. Produkce travní hmoty ze zemědělských i nezemědělských ploch představuje významný zdroj biomasy, kterou lze vhodným způsobem ekonomicky zhodnotit.

Materiál a metodika

Výzkum energetického využití trav se zaměřil na vybrané travní druhy, pěstované v Osevě vývoj a výzkum, s.r.o. Zubří. Jednalo se o psineček veliký (*Agrostis gigantea* Roth.), lesknici rákosovitou – Chrastava (*Phalaroides arundinacea* L.), kostřavu rákosovitou – Kora (*Festuca arundinacea* Schreb.), ovsík vyvýšený - Rožnovský (*Arrhenatherum elatius* L.), sveřep horský – Tacit (*Bromus marginatus* Nees ex Steud.), hybridy jílkovitého charakteru (*Festulolium*): hybrid Lofa (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.), hybrid Perun (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca pratensis* Huds.), hybrid Bečva (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.). Cílem bylo porovnat travní druhy vhodné pro energetické využití spalováním. Vzorky trav byly sklizeny v měsíci září. Jednotlivé druhy trav byly vysušeny v laboratorní sušárně při teplotě 40 °C. Po vysušení byly nadrceny na kladivovém drtiči Green Energy 9FQ 50, Pest Control Corporation Vlčnov, Česká republika (Výkon motoru 11 kW, výkon drtiče 800-1200 kg.hod⁻¹). Pro peletování byl použit peletovač Green Energy JGE 120, Pest Control Corporation, Vlčnov, Česká republika. Výkon motoru 4 kW, vydatnost cca 75 kg.hod⁻¹.

Vzorky trav byly chemicky analyzovány a testovány na hodnotu spalného tepla a výhřevnost. Pro zkoušky v malých kotlích byla travní biomasa lisována do pelet. U pelet byly sledovány mechanické vlastnosti, otěr, nasákavost a tvrdost.

V průběhu řešení výzkumu probíhaly zkoušky spalování travní biomasy v malých i velkých kotlích.

Výsledky a diskuse

Energeticky významné chemické parametry

U použitých druhů travin byly v laboratořích VŠB-TU Ostrava stanoveny energeticky významné parametry (Tab. 1).

Tab. 1: Parametry biomasy trav stanovené v sušině

Druh traviny/ Parametr	Psineček veliký Rožnovský	Lesknice rákosovitá Chrastava	Kostřava rákosovitá Kora	Ovsík vyvýšený Rožnovský	Sveřep horský Tacit	Hybrid Lofa	Hybrid Perun	Hybrid Bečva
Obsah vody [%] ¹⁾	54,46	50,22	54,84	49,87	32,31	48,52	53,39	47,78
Popel [%]	8,00	9,24	9,07	7,02	5,01	6,93	7,98	7,79
Hořlavina [%]	92,00	90,76	90,93	92,98	94,99	93,07	92,02	92,21
Spalné teplo [kJ.kg ⁻¹]	16925	16924	18258	17435	19362	17104	16912	16809
Výhřevnost [kJ.kg ⁻¹]	15607	15632	16956	16139	18068	15794	15651	15489
Výhřevnost [kJ.kg ⁻¹] ¹⁾	5855	6627	6396	6944	11487	7015	6067	6989
Vodík [%]	6,4	6,27	6,32	6,29	6,28	6,36	6,12	6,41
Uhlík [%]	43,9	41,65	41,56	44,3	44,45	44,48	42,72	42,83
Dusík [%]	1,15	1,24	1,75	1	0,701	1,01	0,89	0,65
Kyslík [%]	40,55	41,60	41,30	41,39	43,56	41,22	42,29	42,32
Síra [%]	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sodík ² [mg.kg ⁻¹]	20,3	13,1	24,6	5,9	14,2	25,5	16,9	16,0
Draslík ² [g.kg ⁻¹]	7,086	9,236	10,993	7,212	9,006	6,746	6,049	5,790
Chlor ² [g.kg ⁻¹]	3,65	3,21	3,71	4,28	1,28	4,02	3,00	4,55

Vysvětlivky: ¹ – vzorek v původním stavu, ² – vodorozpustná forma. Analýza obsahu alkálií byla provedena podle metodiky ČSN P CEN/TS 15105 Solid biofuels – Method for determination of the water soluble content of chloride, sodium and potassium.

Výhřevnost trav

Hodnoty výhřevnosti trav ve vysušeném stavu se pohybovaly v rozmezí 15 489–18 068 kJ.kg⁻¹. Průměrná hodnota výhřevnosti energetických trav ve vysušeném stavu byla 16 167 kJ.kg⁻¹. Při odběru vzorků se hodnoty vlhkosti trav pohybovaly v rozmezí 32,31–54,84 %. Průměrná hodnota vlhkosti trav byla 48,9 %. Procento vlhkosti v travní hmotě snižuje její výhřevnost. Pro porovnání byly uvedeny hodnoty výhřevnosti čerstvě odebraných vzorků trav, které se pohybovaly v rozmezí 5855–11 487 kJ.kg⁻¹. Průměrná hodnota výhřevnosti čerstvě odebraných trav byla 7173 kJ.kg⁻¹.

Mezi sledované vlastnosti z hlediska energetického využití lze zařadit chemické složení bylinné biomasy. Zvýšený obsah dusíku (oproti dřevu) způsobuje tvorbu emisí NO_x. Obsah dusíku u trav je uváděn 1,4 % w.t. Další sledovanou složkou je obsah chlóru. Chlór má vliv na tvorbu kyselin (HCl), způsobujících korozi spalovacích zařízení a může ovlivňovat tvorbu dioxinů (PCDD/F) v emisích při spalování. Při spalování slámy dochází k tvorbě chloridu draselného (KCl), který způsobuje, podobně jako kyselina chlorovodíková (HCl), korozi spalovacích zařízení. V literatuře je uváděn obsah chlóru ve slámě 1150 mg.kg⁻¹ v sušině (d. b.), obvykle do 4900 mg.kg⁻¹ (d.b.). V travách je uváděna hodnota 0,8 % w.t.. Další problematickou složkou rostlinné biomasy je obsah K a Na, které způsobují tavení popela a jeho následné struskovatění. Obsah draslíku u trav je uváděn 15 000 mg.kg⁻¹ d.b., obsah sodíku 1000 mg.kg⁻¹ d.b. Jiní autoři uvádí u chrastice rákosovité hodnotu obsahu draslíku (12 000 mg.kg⁻¹ d.b.), typické rozmezí hodnot je 3 100 – 22 000 mg.kg⁻¹ d.b.

Peletováním bylinné fytoomasy se již zabývala řada autorů. Nejčastěji se jednalo o slámu a jiná rezidua vznikající při zemědělské produkci a záměrně pěstované energetické rostliny.

Pelety byly připravovány z biomasy o vlhkosti 16 %. Při této vlhkosti vykazovaly pelety dostatečné spojení materiálu. V literatuře se doporučuje za optimální vlhkost mezi 5–15 %. Při vlhkosti nad 20 % vznikají pelety s nedostatečnou kvalitou, což je ovlivněno substitucí vodíkových vazeb mezi polymery, vazbami s vodou.

Z hlediska mechanických vlastností je významná zrnitostní charakteristika částic zpracovávané fytoomasy. Zrnitostní analýza podrcených trav vykázala nejvyšší zastoupení částic v zrnitostní třídě: 0,25 – 0,5 mm (29,9 %), 1,0 – 2,0 mm (24,8 %), 0,5 – 1,0 mm (22,0 %), <0,25 mm (20,6 %), 2,0 – 3,15 mm (2,6 %).

Mechanické vlastnosti pelet

Z mechanických vlastností byla testována mechanická odolnost, odolnost vůči absorpci vody a tvrdost. Výsledky testů jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. 2: Hodnoty naměřených testovaných veličin (PDI, WI, tvrdost)

Druh traviny	PDI (30 s) [%]	PDI (60 s) [%]	WI (30 s) [%]	Tvrdost [max. zatížení [kg]]	Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]
Lesknice rákosovitá Chrastava	94,0	89,1	35,6	45	1146,4
Sveřep horský Tacit	95,5	91,3	89,6	35	1033,5
Psineček veliký Rožnovský	95,6	90,7	47,4	35	1125,0
Hybrid Perun	96,3	92,9	37,6	35	1092,2
Ovsík vyvýšený Rožnovský	97,0	93,0	42,8	33	1126,4
Hybrid Lofa	98,2	97,8	52,4	39	1173,8
Hybrid Bečva	98,5	97,7	48,8	39	1022,9
Kostřava rákosovitá Kora	98,6	97,5	22,8	37	1074,4
Průměr	96,7	93,8	48,7	37	1099,3

Mechanická odolnost (Durability)

Mechanická odolnost je jedním z nejvýznamnějších parametrů. Při manipulaci s peletami může docházet ke vzniku úlomků a tvorbě prachových částic, které mohou způsobovat neustálený průběh hoření. Vlivem vzniku prachových částic se zvyšuje riziko výbuchu.

Mechanická odolnost byla stanovena v testeru 100 Holmen NHP pomocí parametru odolnosti pelet (Pellet Durability Index – PDI). Pro porovnání vlivu doby testování na otěr byly zvoleny 2 časové režimy: 30 a 60 sekund. Vzorek byl vložen do komory, která se skládá ze čtyř děrovaných stěn, tvořících obrácený trojúhelník, kde pneumaticky cirkuloval. PDI představuje procentuálně vyjádřený podíl hmotnosti vzorku po testování a hmotnosti vzorku před testováním. Při testování po dobu 60 sekund bylo rozpětí PDI mezi 89,1 až 97,8 %. Mezi pelety s největší odolností proti otěru, patřily pelety vyrobené z travních hybridů jílkovitého charakteru Lofa (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.), Bečva (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca arundinacea* Schreb.) a kostřavy rákosovité Kora (*Festuca arundinacea* Schreb.). Průměrná hodnota PDI peletovaných druhů travin byla 93,8 %. Nejmenší odolnost měla lesknice rákosovitá Chrastava (*Phalaris arundinacea* L.), sveřep horský Tacit (*Bromus cartharticus* Vahl.) a psineček veliký Rožnovský (*Agrostis gigantea* Roth.). Pelety z travin mají oproti peletám vyrobeným ze dřeva nižší mechanickou odolnost.

U pelet z borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), je uváděna hodnota mechanické odolnosti 96 %. Pelety ze směsi borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* L.) je uváděna hodnota 99,9 %. U pšeničné slámy (*Triticum* L.) 98,3 %, kukuřice (*Zea* L.) 98,2 %.

Odolnost proti absorpci vody

Nasákavost pelet byla měřena ponořením pelet do vody po dobu 30 sekund. Při testování odolnosti pelet vůči vodnímu prostředí se projevil vliv lesklé ochranné ligninové vrstvy, vytvořené při peletování. U pelet bez ochranné vrstvy docházelo ve vodním prostředí po >30 sekundách k jejich rozpadání (sveřep horský Tacit (*Bromus cartharticus* Vahl.)). U ostatních vzorků došlo k částečnému vytvoření ligninové vrstvy. Nasákavost byla vyjádřena jako tzv. Wettability index (WI), který je vyjádřený jako procentuální vyjádření poměru hmotnosti pelety z rozdílu hmotnosti po ponoření a před ponořením ke hmotnosti před ponořením.

Tvrdość (kompresivní rezistence)

Kompresivní rezistence je definována jako maximální zatížení pelety, kdy nedojde k jejímu prasknutí nebo rozdrčení. Pro testování byl použit tester firmy KAHL. Tester se skládá ze dvou přitlačných ploch, mezi které se vloží testovaný vzorek. Síla zatížení je simulována pružinou, která je šroubováním z jedné strany stlačována, a tím je zvětšován tlak na vzorek, až do jeho prasknutí. Po prasknutí nebo zlomení vzorku je odečtena hodnota zatížení v kilogramech. U testovaných vzorků byly naměřeny hodnoty kompresivní rezistence v rozmezí 9 kg (33–45 kg), což odpovídá podobným materiálům. Průměrná hodnota kompresivní rezistence byla 37 kg. Pro porovnání byla změřena tvrdost pelet vyrobených ze smrkového dřeva s kůrou (*Picea abies* L.) 21 kg a pelety vyrobené z kompostu 5 kg.

Současně proběhlo ověřování spalování travní biomasy v technických zařízeních v malých (tepelný výkon do 50 kW) i velkých kotlích (500 kW-2 MGW) tepelného výkonu. Pro zkoušky spalování trav v malých kotlích byla travní biomasa peletována. Cílem této části výzkumu bylo zjistit nejvhodnější energetické zařízení (kotel), ve kterém lze spalovat travní biomasu. Na základě provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena trav předně v kotlích určených pro spalování slámy. Jde o velké kotle Verner Golem s výkonem nad 900 kW. Dále byl úspěšně odzkoušen kotel LIN-KA dánské firmy Danstoker o výkonu 190 kW. Lisované seno do velkoobjemových velkých balíků je spalováno ve spalovnách pro obilní slámu.

Pokračování výzkumu v oblasti spalování trav a peletizace

V současnosti cílem spolupráce Osevy vývoj a výzkum s.r.o. v Zubří, VŠB-TU Ostrava a Centrum ENET je komplexní srovnání zpracování vytypovaných druhů energetických travin od vstupních produktů přes zpracování peletizací až po konečné výsledky spalovacích zkoušek. Pro testy v roce 2016 byly na základě studií vybrány trávy nejvhodnější pro energetické účely – psineček veliký Rožnovský, ovsík vyvýšený Rožnovský a seno jako přirozený travní ekosystém. Vstupní směsi byly detailně charakterizovány. Po nadrcení byla stanovena vlhkost, distribuce velikosti částic a frikční parametry. Peletizace probíhala na peletovacím lisu Kahl. U vzniklých pelet byly naměřeny mechanicko-fyzikální parametry, jako je mechanická odolnost, odolnost vůči vlhkosti a pevnost. Poté byly pelety spáleny na speciálním kotli na biomasu. Cílem této studie je komplexní srovnání možnosti zpracování potenciálních druhů energetických trav od vstupních produktů přes jejich peletizaci až po konečné výsledky spalovacích zkoušek.

Praktické využití travní biomasy pro výrobu alternativních pelet

Firma Biopelety s.r.o. ve Frenštátě pod Radhoštěm vyrábí pelety ze sena. Pelety o průměru 6 až 20 mm a délce do 40 mm, jsou vyráběny na protlačovacích matricových lisech. Jsou

vysoce komprimované, odolné proti nárazu, s hustotou do $1,4 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$, obsah vody cca 10 %, výhřevností cca $16 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ a obsahem popela 5 %. Mají nízké nároky na skladovací prostory. Pelety umožňují automatizaci procesů spalování. Pro spalování peletek se vyrábějí automatické kotle, které jsou určené pro provoz po celou sezónu. Pro vytápění menších prostor lze pelety spalovat v krbových kamnech se zásobníkem, která při jednom naplnění hoří i několik dní. V současnosti firma dodává pelety zejména velkooběratelům, jakým jsou např. elektrárny. Seno pro výrobu pelet je vykupováno od zemědělců. Pelety splňují požadavky na pohodlí při vytápění objektů, s náklady srovnatelnými s fosilními palivy.

Závěr

V první etapě výzkumu byly stanoveny trávy nejvhodnější pro energetické využití – psineček veliký - Rožnovský (*Agrostis gigantea* Roth.), kostřava rákosovitá – Kora (*Festuca arundinacea* Schreb.) a ovsík vyvýšený - Rožnovský (*Arrhenatherum elatius* L.). V prezentované práci byla ověřena možnost peletování vybraných trav a porovnání jejich vlastností. Sledované travní druhy byly sklizeny v měsíci září. Výsledné parametry se v průběhu roku mírně mění, kdy vlastnosti trav v jarních měsících se mírně liší od vlastností trav na podzim. Největší výhřevnost měl sveřep horský – Tacit, který má ve vysušeném stavu výhřevnost $18068 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Z pohledu mechanické odolnosti pelet vychází jako nejvhodnější kostřava rákosovitá Kora a hybridy jílkovitého typu Perun a Bečva. Pelety vyrobené z kostřavy rákosovité, vykazovaly malou nasákavost ($WI - 22,8$) a druhou nejvyšší výhřevnost (ve vysušeném stavu) $16956 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Testováním bylo prokázáno že travní biomasa je využitelná pro spalování, má však své specifika oproti ostatním palivům. Praktickým využitím sena pro energetické účely se v současnosti zabývá firma Biopelety s.r.o. ve Frenštátě pod Radhoštěm, která vyrábí agropelety z lučního sena a z vymláčené travičkové slámy z trav pěstovaných na semeno.

Literatura:

- Andert, D., Frydrych, J., Juchelková, D., Gerndtová, I., 2007: Energetické využití trav a travních směsí. In Příručka pro pěstování, spalování a využití trav při výrobě bioplynu. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, 110 s. ISBN: 978-80-86884-35-6
- Frydrych, J., Andert, D., Gerndtová, I., Volková, P., Juchelková, D., Raclavská, H., Zajonc, O., 2015: Výzkum a využití trav pro energetické účely v České republice. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů, Brno 26. - 27. listopadu 2015: Vědecká příloha časopisu Úroda [CD-ROM]. 2015, r. 63, č. 12, s. 247-250. ISSN 0139-6013.
- Frydrych, J., Cagaš, B., Macháč, J., 2001: Energetické využití některých travních druhů. Praha, ÚZPI 2002. Zemědělské informace. r. 2001, č. 23, 35 s.
- Hrabě, F. et al., 2009: Travníky pro zahradu, krajinu a sport. Olomouc: Vydavatelství Ing. Petr Baštan, 2009, 335 s. ISBN 978-80-87091
- Raclavská, H., et al., 2011: Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny. 101C246 VŠB – TU Ostrava, 68 s.
- Zajonc, O., Frydrych, J., 2012: Mechanické vlastnosti pelet z energetických travin. [The mechanical properties of pellets from energy grasses] AgritechScience [online], 2012, roč. 6, č. 2, s. 1-4. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2012-2-9.pdf>. ISSN 1802-8942

Poděkování

Publikace je realizována na základě podpory projektů NAZV ČR QI101C246 Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny, NAZV ČR QJ1510342 Zplynovač zemědělské fytomasy a projektu LO1404: Trvale udržitelný rozvoj Centra ENET.

Kontaktní adresa:

Ing. Jan Frydrych; OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Hamerská 698, Zubří 756 54
frydrych@oseva.cz