

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

BIOMASA PRO ENERGETICKÉ **ÚČELY**

Ing. Pavel Fuksa, Ph.D.

Katedra pícninářství a trávnickářství

fuksa@af.czu.cz

Získání energie z biomasy

- Termochemicky – suché procesy
 - **spalování**
 - zplynování
 - pyrolýza (jiné teploty a doba spalování)

- Biochemicky – mokré procesy
 - **anaerobní fermentace (bioplyn)**
 - aerobní fermentace (kompostování a jímání plynu)
 - alkoholové kvašení (bioetanol)

- Chemicky
 - esterifikace (MEŘO)
 - syntéza (plynná a kapalná paliva)

Spalování biomasy

Výhody

- jednoduchý postup
- technicky vyřešené
- z hlediska velikosti univerzální

Nevýhody

- speciální technologie
- pouze produkce tepla = sezónní
- velké skladovací nároky

Energie v rostlinách

- ❖ Akumulována v podobě organické hmoty
- ❖ Energie slunečního záření + anorganické látky
⇒ syntéza energeticky bohatých látek
$$6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$$
- ❖ Zpřístupnění energie dalším organismům
- ❖ Obsah energie jednotlivých částí rostlin - dle složení:

Sacharidy	17,16 kJ.g ⁻¹
Bílkoviny	23,65 kJ.g ⁻¹
Tuky	39,56 kJ.g ⁻¹
- ❖ Vazby uhlík-uhlík energeticky bohatší než vazby uhlík-kyslík a uhlík-vodík

Obsah energie a výhřevnost biomasy

- ❖ **Brutto energie** - spalné teplo původního bezvodého vzorku
- ❖ **Netto energie** - spalné teplo hořlaviny; hmotnost navážky snižena o hmotnost popela po spálení vzorku
- ❖ **Výhřevnost** (Q_i) - množství tepla uvolněné dokonalým spálením analyzované látky v atmosféře kyslíku pod tlakem na oxid uhličitý a siřičitý, N_2 a vodu v plynném skupenství
 - ❖ Tzn. **hodnota spalného tepla zmenšená o výparné teplo vody**, uvolněné ze spalované látky během hoření

$$Q_i = Q - 206,0 \cdot w(H)$$

Q_i - výhřevnost

Q - spalné teplo

$w(H)$ - obsah vodíku v bezvodém stavu

Spalné teplo a výhřevnost paliv

- ❖ Produkce energie ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) = Výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)*Obsah energie ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)
- ❖ Využitelnost fytopaliv závisí na sklizňové vlhkosti

Vlhkost, spalné teplo a výhřevnost u vybraných plodin a hnědého uhlí

	Vlhkost (%)	Spalné teplo ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Výhřevnost ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Kostřava rákosovitá	7,44	18,4	17,0
Srha říznačka	7,58	16,3	14,9
Psineček veliký	7,12	16,6	15,4
Šťovík Uteuša	6,27	14,7	13,7
Hnědé uhlí	5 – 40	(28) 19 – 21 (35)	(7) 17 – 20 (22)

Požadavky na energetické plodiny pro spalování

- ❖ Vysoké výnosy sušiny
- ❖ Nízká vlhkost v době sklizně
 - ❖ nedosoušet nebo na pokose, přemrznutí
- ❖ Příznivé chemické vlastnosti
 - ❖ nízký obsah S, N, Cl, nízký obs. popelovin, vysoká teplota tavení popela (zanášení kotlů)

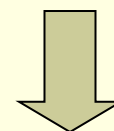
- ❖ Odolnost vůči zaplevelení
- ❖ Odolnost chorobám a škůdcům
- ❖ Mimoprodukční funkce
 - ❖ protierozní, diverzita, rozšíření sortimentu,...
- ❖ Původní plodina, estetický dojem ad.

Výroba bioplynu (anaerobní fermentace)

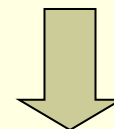
Bioplyn - plynná směs **metanu** (CH_4) a oxidu uhličitého
+ ...

Metanizace = anaerobní fermentace organických
materiálů za vzniku metanu

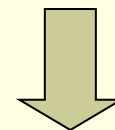
hydrolýza



acidogeneze



acetogeneze



metanogeneze

Výroba bioplynu

Výhody:

- možnost zpracování různých odpadních produktů
- možnost souběžné výroby elektrické energie
- využití stejných postupů produkce biomasy (siláže)

Nevýhody:

- investičně velmi náročné technologie
- pouze velkovýrobní využití
- náročná likvidace odpadů po fermentaci

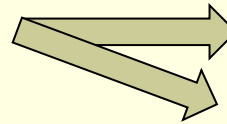
Požadavky na biomasu pro výrobu bioplynu

- Vysoké výnosy čerstvé hmoty
- Vhodná vlhkost v době sklizně
- Příznivé chemické vlastnosti
 - (- opt. poměr C:N aby vyhovoval bakteriím
 - bez nežádoucích příměsí (vadí mikrobům) - např. rezidua pesticidů, antibiotika, zemina)
- Dobrá silážovatelnost
- Mimoprodukční funkce
- Estetický dojem aj.

Zdroje biomasy pro energetické využití

■ Rostlinná výroba

- nadbytečná fytomasa
- cíleně pěstované plodiny
 - tradiční plodiny
 - alternativní druhy



stejné technologie
modifikované technologie

■ Živočišná výroba

- kejda
 - jatečný odpad
-
- RRD, štěpka, ...
 - Čističky odpadních vod, ...

Fytomasa pro energetické využití

- Plodiny pěstované na orné půdě
 - Jednoleté
 - Víceleté
- Trvalé travní porosty
- Rychle rostoucí dřeviny

JEDNOLETÉ PLODINY PĚSTOVANÉ NA ORNÉ PŮDĚ

Kukuřice (*Zea mays* L.)

BIOPLYN

- Původ: střední Amerika
- Využívání: 10 000 let př.n.l.
- Do Evropy: po objevu Ameriky (1492)

- Heterozní efekt

- Svět: mezi 3 nejvýznamnější plodiny
- ČR
 - silážní kukuřice: 180 000 ha
 - zrnová kukuřice: 100 000 ha

- GMO

Odrůdová skladba

Státní odrůdová kniha ČR

- Registrováno více než 300 hybridů kukuřice
- V roce 2008 zapsáno 38 nových hybridů (17 S, 20 Z, 1 komb.)
 - 6 GM hybridů (zavíječ kukuřičný)
 - 1. hybrid s odolností proti herbicidní látce *Cycloxydim*
(hybrid vyšlechtěn - nejedná se o GM hybrid!)

Společný katalog odrůd EU - více než 4 000 hybridů

Přednosti kukuřice pro výrobu bioplynu

- Vysoký výnos biomasy (až $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) = produkce metanu
- Vysoký výtěžek bioplynu z 1 kg sušiny
- Propracovaná pěstební a konzervační technologie = silážní kukuřice
- Rozsáhlý výběr hybridů (FAO 130 – 600)
- Technologické možnosti zemědělských podniků
- Tradice pěstování

Požadované kvalitativní parametry

- Maximální tvorba metanu
- Vysoký stupeň degradibility biomasy
- Vysoký obsah cukrů

- Obsah vlákniny
 - celulóza
 - hemicelulóza
 - lignin - obtížně fermentovatelný
 - zvyšuje se jeho podíl při dozrávání
- Koncentrace škrobu a NL není rozhodující

Šlechtění kukuřice k energetickým účelům

- Vysoký výnos
- Výnosová jistota - odolnost suchu a chladu
- Adaptace pozdních hybridů na naše klimatické podmínky

Ostatní jednoleté plodiny pěstované na orné půdě

Na zeleno, na senáž

BIOPLYN

- Obilniny
- Luskovinoobilní směsky (LOS)
- Čirok – jednosečné formy (č. cukrový)
 - vícesečné formy (kříženci č. cukrového a súdánské trávy)

Sláma

SPALOVÁNÍ

- Obilovin
- Řepky

Méně tradiční jednoleté až dvouleté plodiny

- a) Konopí seté
- b) Laskavec
- c) Topinambur hlíznatý
- d) Světlice barvířská – saflor
- e) Sléz přeslenitý
- f) Hořčice sarepská
- g) Ředkev olejná
- h) Pupalka dvouletá
- i) ...

BIOPLYN

SPALOVÁNÍ

Výhody:

- flexibilní zařazení do OP
- vysoké výnosy fytomasy
- lepší předpoklady k vyschnutí fytomasy

Nevýhody:

- každoroční zakládání porostů
- horší energetické bilance
- nepropracovaná agrotechnika

VÍCELETÉ A VYTRVALÉ PLODINY PĚSTOVANÉ NA ORNÉ PŮDĚ

BIOPLYN

SPALOVÁNÍ

- a) Jeteloviny
- b) Trávy
- c) Travní a jetelovinotravní směsi

- d) Šťovík krmný - Uteuša
- e) Mužák prorostlý
- f) Sléz vytrvalý
- g) Oman pravý
- h) Bělotrn kulatohláý
- i) Sida vytrvalá
- j) ...

Výhody:

- porost na více let
- lepší energetická bilance (ekonomika)

Nevýhody netradičních plodin:

- nepropracovaná agrotechnika
- ??dostupnost osiva
- nepůvodní v ČR (zaplevelení, choroby)

Jeteloviny

BIOPLYN

(SPALOVÁNÍ)

- a) Vojtěška setá
- b) Jetel luční

- c) Komonice bílá
- d) Vičenec ligrus
- e) Jetel inkarnát
- f) Čičorka pestrá
- g) Jetel zvrhlý
- h) Jestřabina východní

Výhody:

- příznivé mimoprodukční vlastnosti
- vyšší výnosy biomasy oproti travám
- tradice
- ...

Nevýhody:

- nižší výnosy biomasy oproti kukuřici
- technické problémy s biomasou
- ...

Trávy

BIOPLYN

SPALOVÁNÍ

- a) Jílek mnohokvětý
- b) Kostřava rákosovitá
- c) Kostřava luční
- d) Mezirodové hybridy trav
- e) Srha laločnatá
- f) Bojínek luční

- g) Ovsík vyvýšený
- h) Sveřep bezbranný
- i) Sveřep horský (samužníkovitý, sitecký)
- j) Psineček veliký
- k) Chrastice rákosovitá
- l) Ozdobnice čínská (Miscanthus)
- m) Proso vytrvalé

Výhody:

- porosty na více let
- lepší energetické bilance
- většina druhů původní
- propracovaná agrotechnika
- dostupnost osiva
- mimoprodukční funkce

Nevýhody:

- vysoká potřeba hnojení a vláhy
- většinou nižší výnosy
- horší kvalita fytomasy

Výnos a kvalita trav

Výnos

- lze účinně ovlivnit agrotechnikou
- hnojení: 2 – 10 t.ha⁻¹
- frekvence sečí – zásoba rezervních látek v kořenech a odnožovacích uzlinách

Kvalita biomasy

- druhové a odrůdové rozdíly
- fenofáze v době sklizně (podíl listů, nestravitelných pletiv)
- Nejvíce živin (kromě BNLV) - před metáním a v metání
(vláknina před metáním 20 %, po odkvětu až 35 %
NL před metáním 14 %, po odkvětu 3 %)

Trávy

Jílek mnohokvětý

2n, 4n

Nejrychlejší vývin X nejkratší vytrvalost

Náročný na klimatické a půdní podmínky (BVO, ŘVO)



Kostřava rákosovitá

Přizpůsobivá, suchovzdorná

Nevýhoda – husté trsy listů (pro spal. lepší stébelnaté)

Kostřava luční

Plastický druh

Zimovzdorná, poměrně suchovzdorná tráva



Trávy

Mezirodové hybridy – Festulolium

Jílek x Kostřava

Festukoidní (JM x KR) - Felina, Hykor

Loloidní (JM x KL) - Perun, Achilles, Perseus
(JM x KR) - Bečva, Lofa

- vysoký výnos i kvalita
- vysoký obsah vodorozpustných cukrů – silážování
- hybridy - různá ranost

Trávy

Srha laločnatá

Plastický druh

Velmi výnosná raná tráva

Bojínek luční

Vhodný i pro chladnější a vlhčí oblasti

Výnosný pozdní druh



Trávy

Ovsík vyvýšený

Teplomilný, suchovzdorný

Velké množství stébel

Méně vytrvalý (3 roky)

Nevhodný do marginálních oblastí

Sveřep bezbranný

Suchovzdorný

Stébelnatá nadzemní biomasa

Sveřep horský

Suchovzdorný

Rychlý růst na jaře

Menší vytrvalost (2 – 3 roky)



Trávy

Psineček veliký

Otužilý, náročný na vláhu

Vhodný do vyšších nadmořských výšek

Chrastice rákosovitá

Nejrozšířenější energ. tráva v Evropě -
severské země

Hodně stébelnatá – výnosy - dobrá kvalita

Náročná na vláhu a živiny (u nás málo
vhodných stanovišť)



C4 trávy

Ozdobnice čínská (*Miscanthus*)

Výhody:

- vysoká efektivnost využití vody a živin
- vysoké výnosy 6 – 25 t.ha⁻¹
- hodnoty kvalitativních parametrů příznivé

Nevýhody:

- vysoké nároky na půdní podmínky
- vysoké náklady na založení porostu – *M. giganteus* – množí se jen vegetativně (oddenky, sazenice) – drahé
- nebezpečí vymrznutí
- nepůvodní druh

C4 trávy

Proso vytrvalé

Výhody:

- vysoká efektivnost využití vody a živin
- průměrné výnosy 15 t.ha⁻¹
- založení setím
- lepší kvalita
- méně náročné než ozdobnice

Nevýhody:

- nepůvodní druh
- pomalý počáteční vývin
- velký tlak plevelů v prvních letech po založení
- v Evropě málo vyzkoušené

TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY

Trvalé smíšené společenstvo rostlin, které se udržuje pravidelným využíváním

Agrobotanické skupiny:

Trávy

hodně hmoty a živin

Ostatní jednoděložné
nevýznamné až plevelné

Jeteloviny

hodně bílkovin, vysoký podíl jemných listů

Ostatní dvouděložné
různá kvalita

Využívání TTP

Louky

Pastviny

Alternativní využití TTP
bioplyn, spalování aj.

Neošetřované porosty

=

změny v botanickém složení

=

ohrožení funkce porostů

Mimoprodukční funkce TTP

Ekologické funkce

- Druhová diverzita (rostliny, živočichové)
- Ochrana životního prostředí
- Protierozní působení – odtok vody:
 - Půda bez porostu 100 %
 - Kukuřice 46 – 66 %
 - TTP 0 – 7 %

Estetická funkce

Socio-ekonomické funkce

- Zaměstnanost
- Rekreační funkce

Ovlivnění botanického složení

Druhová skladba porostu odpovídá podmínkám stanoviště

$$TTP = f(s)$$

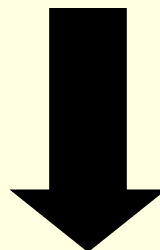
**Vyšší výnos a kvalita píce TTP
=
změna stanovištních podmínek**

Vodní režim

Výživný režim

Obhospodařování

Ostatní



HNOJENÍ

Hnojení TTP

- **Návrat odebraných živin**
- Výnos 6 – 10 t.ha⁻¹

N	P	K
(kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)
100 – 200	30 – 50	80 - 100

- **Dusík** - při jarním obrůstání, po seči
- **Fosfor** - zásobně na 2 – 3 roky
- **Draslík** - po 1. seči
- **Vápník** – zásobně na 4 – 5 let

Hnojení TTP

- **Organická hnojiva**
- močůvka (20 – 40 m³/ha)
- kejda (10 – 40 m³/ha)
- digestát

- – ruderální plevele!

Močůvka

- Účinné a rychle působící NK hnojivo (+ růstové hormony)
- Účinnost závisí na zředění a u N též na ztrátách při uskladnění
- 0,2 % N, 0,4 % K, stopy P a Ca (1,5 - 2 kg N, 4 kg K v 1 m³)
- Dodat 2-3 kg P na 1 m³ močůvky
- Koncentrace K limituje možnosti použití močůvky
- Nejvyšší výnosový efekt má jarní aplikace, avšak nejvíce podporuje rozvoj ruderálních plevelů

Kejda

- NK hnojivo
- Obsažená organická hmota nemá pro travní porosty tak velký význam jako na orné půdě
- 4 kg N, 0,5 kg P, 5 kg K v 1 m³
- Následné působení kejdy je vyšší než u močůvky (část organicky vázaného dusíku)
- Dávku kejdy omezuje maximální přípustná dávka K a možnost vzniku zaschlé vrstvy na porostu (zhoršení obrůstání, spásání i kvality sklízené píče)
- Při vyšším zastoupení jetelovin v porostu je nutné snížit dávku

Digestát

- Zbytek z anaerobní digesce, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů
- **Fugát:** oddělená kapalná část z digestátu
- **Separát:** oddělená tuhá část z digestátu

Použití digestátu

- **Digestát:** organické hnojivo typové
 - min. 25 % spalitelných látek v S
 - min. 0,6 % N v S
 - kategorie hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem
- TTP: využití a dávkování digestátu = kejda (obsah N!)
- Dodržení legislativy – termíny aplikace, nitrátová směrnice aj. !

Vliv hnojení na druhové složení

- Přímé x nepřímé působení živin
- Počáteční období (3 – 6 let)
 - změny v podílu funkčních skupin
 - **N** – ↑ **trávy**, ↓ **jeteloviny a ost. dvouděložné**
 - **PK** – ↑ **jeteloviny**
 - přehnojení K !!!
- Následné období
 - stadium „rhizomatických trav“
 - ↓ trsnatých trav, ↑ výběžkatých

Vliv hnojení na TTP

■ Hnojení N

- podpora vysokých trav a některých vysokých dvouděložných druhů
- ústup jetelovin
- pokles počtu druhů

■ Hnojení P

- podpora jetelovin
- pozitivní vliv na kvalitu píce

■ Hnojení K

- ruderální plevelle
- nebezpečí nadměrného obsahu v píci

Výnos a kvalita píce TTP

Nejvýznamnější faktory:

- Fenofáze porostu – termín seče
- Botanické složení
 - Obsah vlákniny
 - Obsah živin

Produkce bioplynu

	Výnos sušiny (t/ha)	Produkce bioplynu (ml/g)	Produkce bioplynu (m ³ /ha)
TTP	6 – 11	400 – 600	3000 – 5000
Kukuřice	11 – 15	400 – 500 (171 – 555)*	4500 – 7500
Jetel luční, vojtěška setá	8 – 10	450 – 550	3600 – 5500

*Straka a kol. 2006: Bioplyn

Závěr

Energetická biomasa

- Zásadní podíl z obnovitelných zdrojů energie
- Energetické plodiny pěstované na orné půdě = vysoký výnos
- TTP – zachování mimoprodukčních funkcí pravidelným využíváním

Použitá literatura

Andert, D., Frydrych, J., Juchelková, D., 2005: Energetické využití trav. In: Zemědělská technika a biomasa 2005, VÚZT, Praha, s. 110-115.

Český statistický úřad: <http://www.czso.cz/>

Fuksa, P., Haki, J., Hrevušová, Z., Šantrůček, J., Gerndtová, I., Habart, J. (2012): Utilization of permanent grassland for biogas production. In Sahin, A. S. (Ed.) Modeling and optimization of renewable energy systems.

<http://www.intechopen.com/books/modeling-and-optimization-of-renewable-energy-systems/utilization-of-permanent-grassland-for-biogas-production>

Multimediální výuková databáze katedry pícninářství a trávnickářství:

<http://kpt.agrobiologie.cz/kpt/atlas/>

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. (2004): Biomasa - obnovitelný zdroj energie. FCC Public Praha, 286 s.

Straka, F., Dohányos, M., Zábranská, J., Jeníček, P., Dědek, J., Malijevský, A., Novák, J., Oldřich, J., Kunčarová, M. (2006): Bioplyn. GAS Praha, 706 s.