

# Digestát – hnojivo pro cukrovku

DIGESTATE – A SUGAR BEET FERTILIZER

Luboš Babička, Věra Kožnarová, Ivana Poustková, Josef Pulkrábek, Lenka Kouřimská, Jitka Šišková, Jakub Šmolík  
Česká zemědělská univerzita v Praze

V předchozím článku (1) jsme stručně představili problematiku biomasy jako suroviny pro výrobu biopaliv – bioplynu a biolihu, a s možností využití digestátu jako organického hnojiva.

Nyní se zaměřujeme na možnost využití cukrovky jako suroviny pro výrobu bioetanolu (bezvodého lihu) nebo v kombinaci cukrovar, resp. lihovar s výrobou bioplynu, která výrazně sníží náklady na spotřebu energie. V článku také diskutujeme možnost použití digestátu jako hnojiva pro cukrovku. Takový systém (obr. 1.) lze proto zařadit mezi tzv. nejlepší dostupné technologie (BAT).

## Cukrovka – důležitý energetický prvek v osevních postupech

Není nutné si připomínat, že cukrovka byla, je a bude jen těžko nahraditelným prvkem v osevních postupech typických obilnářsko-řepařských oblastí. Tato okopanina je podle nařízení Rady č. 1782/2006 typickou hlubocekořenící rostlinou, která zároveň poskytuje významné množství zaoratelne biomasy.



V důsledku restrukturalizace cukrovarnického průmyslu EU došlo k uzavření některých cukrovarů v ČR a snížení výměry produkčních ploch s cukrovkou. V hospodářském roce 2007/08 činila sklizňová plocha řepy celkem 54 tis. ha, přičemž sklizňová plocha pro výrobu cukru byla cca 44 tis. ha a plocha řepy na výrobu bioetanolu byla téměř 10 tis. ha. V roce 2008/09 poklesla na 7 300 ha. Přesto, že pěstební plocha cukrovky pro výrobu bioetanolu se oproti roku 2006/07 téměř čtyřnásobně zvětšila, došlo opět k poklesu celkové výměry cukrovky.

Tento nárůst pěstebních ploch cukrovky za účelem výroby biolihu souvisí s nařízením Rady č. 1782/2006 o podpoře pěstování energetických plodin na orné půdě s limitem ve výši maximálně 45 €·ha<sup>-1</sup>.

Ve prospěch pěstování cukrovky, v porovnání s ostatními plodinami obsahujícími zkvasitelné cukry rozložitelné na glukózu a fruktózu, za účelem výroby etanolu, resp. bioplynu, mluví i výtěžnost a využitelnost všech složek (tab. I.).

Výrobu bioplynu podporuje i skutečnost, že výroba bioetanolu je na rozdíl od bioplynu podmíněna energetickou podporou, tzv. parazitickou energií, jak vyplývá z následujícího textu a obr. 1.

Při zpracování obilí z jednoho hektaru vznikne přibližně 2,7 m<sup>3</sup> etanolu a 2,7 t krmiv, ale z 1 ha cukrovky lze získat nejméně 6 m<sup>3</sup> lihu a 20 t krmiva (1).

Při zpracování obilí na bioplyn lze z jednoho hektaru získat přibližně 2,4–3,7 m<sup>3</sup> plynu, ale z cukrovky sklizené z 1 ha lze získat nejméně 7,5 m<sup>3</sup> (3). Nevyrobí se sice žádné krmivo, ale získá se digestát využitelný jako organické hnojivo, který se vrátí zpět na pole, čímž se významnou měrou sníží náklady na průmyslová hnojiva, až o 60 %.

Porovnáváme-li energetickou náročnost výroby lihu, pak dojdeme k závěru, že na výrobu 1 litru lihu z obilí potřebujeme o cca 53–54 % více energie, než při zpracování cukrovky (3).

Vzhledem k neustále se snižujícím stavům hospodářských zvířat na straně jedné a k vysokým cenám energií na straně druhé,

Tab. I. Využitelnost cukrovky a dalších plodin

Plodina	Výnos (t·ha <sup>-1</sup> )	Obsah cukrů (%)	Energ. výnos (GJ·ha <sup>-1</sup> )	Produkce EtOH (l·t <sup>-1</sup> )	Produkce EtOH (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Produkce plynu (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )·10 <sup>3</sup>
Brambory	20	18	129	115	2,2	4,5–5,6
Pšenice	4,5	60	158	400	2,7	2,7–3,7
Žito/ječmen	3,6	54	139	340	2,7	2,4–2,8
Cukrovka	45	17	259	100	4,5	6,0–8,0

se jako optimální řešení pro zpracování cukrové řepy na bioetanol nabízí využití kombinátu cukrovar-likovár-bioplýnová stanice (4, 5).

Takovéto uspořádání umožňuje ekonomicky řídit vzájemný poměr výroby cukru a etanolu podle poptávky a cen obou produktů na trhu a současně umožňuje také záměnitelnost jednotlivých surovin v průběhu roku.

Vezmeme-li v úvahu skutečnost, že z 1 m<sup>3</sup> bioplynu s obsahem 55–70 % metanu o výhřevnosti 18–26 MJ.m<sup>-3</sup> lze vyrobit v průměru 1,87 kWh elektrické energie, dojdeme k jednoznačnému závěru, že ekonomický přínos je 60–70 % celkové spotřeby energie (2).

Další významnou výhodou této kombinované technologie je její šetrný vztah k životnímu prostředí. Lze ji zařadit mezi tzv. bezodpadové technologie, kdy veškeré vedlejší produkty z výroby jdou na výrobu bioplynu a zbytkový digestát se vrací zpět na pole ve formě hnojiva. A navíc, vzhledem k velikosti listové plochy cukrovky a probíhající fotosyntéze, lze vypočítat, že z 1 ha se uvolní 2,5× více kyslíku, než z 1 ha lesa, což odpovídá spotřebě kyslíku asi 58 lidí.

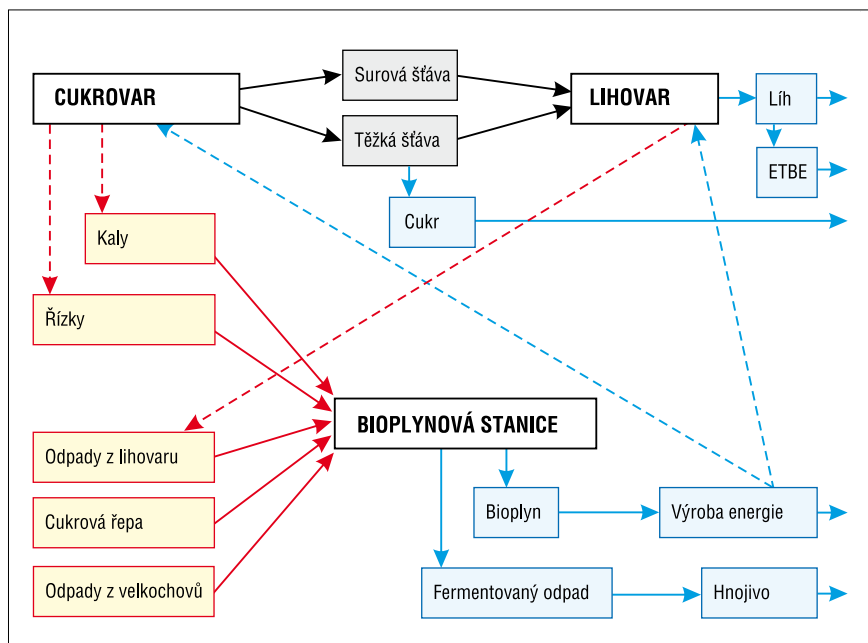
Výroba bioplynu není oproti výrobě lihu zatížena tzv. parazitickou energií, kterou je nutné dodávat do výroby, a je možné přímo zpracovat vyslazené i nevyslazené řepné řízky. Je to z toho důvodu, že sacharóza uložená uvnitř řepných buněk je pro lihovarnické kvasinky s chudým enzymovým vybavením nedostupná. Proto kvasinky neumějí, na rozdíl od procesů probíhajících v bioplýnové stanici, rozkládat buněčnou stěnu tvořenou komplexem polysacharidů typu celulósy a hemicelulósy a zkvasitelné cukry je pro výrobu lihu nutné nejprve z buněk uvolnit.

### Řepa jako surovina pro výrobu lihu a bioplynu

Kořen cukrovky obsahuje 25 % sušiny, 17–21 % sacharosy, 4,1 % vlákniny, 2,4 % pektinu, 1,2 % dusíkatých látek a 0,6 % popelovin. Z toho vyplývá, že tato plodina je vhodnou surovinou, jak pro výrobu lihu, tak i bioplynu, nejlépe však v kombinaci s klasickým cukrovarem (2).

Pro pěstování cukrovky, typické hlubokokořenící plodiny, jakožto energetické plodiny na výrobu lihu a ještě lépe bioplynu, mluví i ta skutečnost, že na výrobu bioplynu lze použít i chrást. Dalším nezanedbatelným ekonomickým přínosem je to, že zbytek po anaerobní digesci – digestát, lze vrátit zpět na pole jako organické hnojivo, čímž částečně přispívá k ozdravení půdy a doplnění stále ubývající organické hmoty.

Obr. 1. Zjednodušené schéma komplexu cukrovar – likovár – BPS



### Účinek digestátu na produkci řepy

Mezi organická hnojiva patří i anaerobně fermentovaná prasečí kejda, která vzniká jako odpad ze zemědělské prvovýroby. Toto hnojivo se dá použít pro účely hnojení zemědělských plodin jako náhrada konvenčních průmyslových hnojiv. Využití kejdy je v souladu s podmínkami tzv. nitrátové směrnice EU

Tab. II. Výsledky pokusů s hnojením cukrovky v roce 2006

Hnojení	Výnos (t.ha <sup>-1</sup> )	Prům. hmot. bulvy (g)	Cukernatost (%)	Výnos pol. cukru (%)	Silážní hmota					
					Celková hmota		Bulvy		Chrást	
					(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)
K	45,2	452	18,0	81,4	88,2	100	45,2	51,3	43,0	48,7
MH	54,3	543	16,3	88,5	101,7	115	54,3	49,1	56,4	50,9
HH+DP	68,3	683	18,7	127,7	137,4	155	68,3	49,7	69,1	53,4
DP	87,2	896	20,6	184,6	175,8	199	87,2	49,6	88,6	50,4

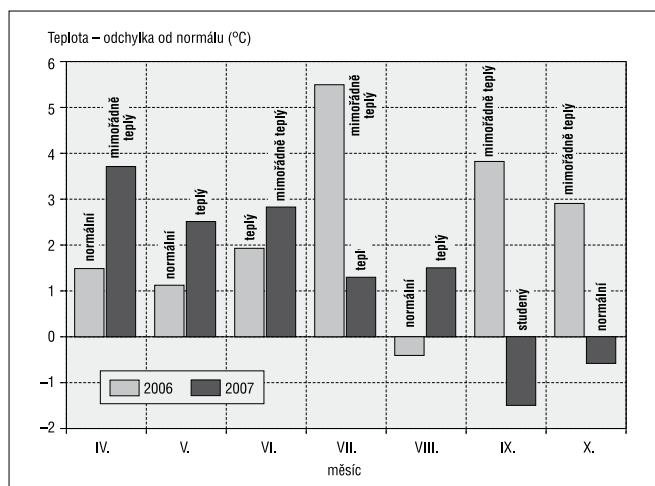
Pozn.: Při přepočtu se vycházelo ze zjednodušeného předpokladu 100 000 ks na ha plochy. K – kontrola, MH – minerální hnojení, DP – hnojení digestátem.

Tab. III. Výsledky pokusů s hnojením cukrovky v roce 2007

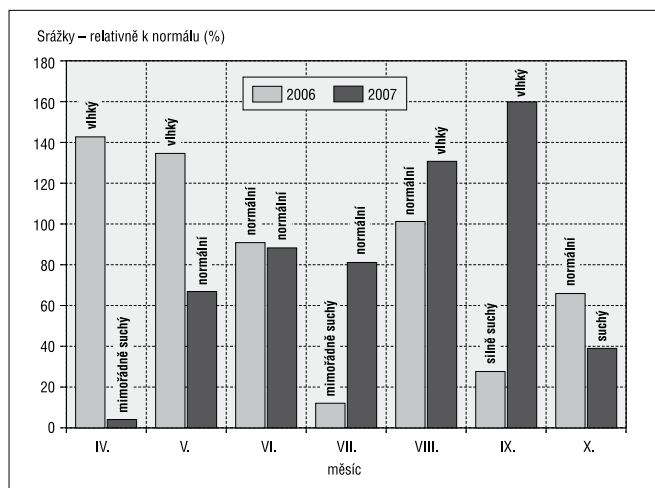
Hnojení	Výnos (t.ha <sup>-1</sup> )	Prům. hmot. bulvy (g)	Cukernatost (%)	Výnos pol. cukru (%)	Silážní hmota					
					Celková hmota		Bulvy		Chrást	
					(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)
K	45,5	455	18,2	82,8	89,6	100	45,5	50,8	44,1	49,2
MH	55,6	556	16,9	94,0	107,6	120	55,6	51,6	52,0	48,3
HH+DP	70,0	700	18,9	132,3	147,3	164	70,0	47,5	77,3	52,5
DP	91,3	913	21,4	195,4	190,9	213	91,3	43,4	99,6	56,6

Pozn.: Při přepočtu se vycházelo ze zjednodušeného předpokladu 100 000 ks na ha plochy. K – kontrola, MH – minerální hnojení, DP – hnojení digestátem.

Obr. 2. Kvantitativní a kvalitativní popis teplotních podmínek v roce 2006 a 2007



Obr. 3. Kvantitativní a kvalitativní popis srážkových podmínek v roce 2006 a 2007



(minimalizace vstupu dusíku ze zemědělské velkovýroby do složek životního prostředí). Fermentovaná prasečí kejda představuje komplexní organominerální hnojivo s vysokou hnojivou účinností.

Vedle toho, že zabezpečuje přísun organických látek a je zdrojem energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, příznivě působí na řadu fyzikálně-chemických vlastností půdy. Zlepšuje v půdě hospodaření s vodou, příznivě ovlivňuje obsah přístupného fosforu v půdě a může působit na vyvážení cizorodých prvků. Prasečí kejda z BPS výrazně zlepšuje zdravotní stav rostlin, čímž napomáhá v boji s nežádoucími plevele, chorobami a škůdci a téměř nahrazuje nutnost použití pesticidních přípravků. Výskyt listových skvrnitostí byl zaznamenán ojediněle až ke konci vegetačního období.

### Experimentální práce

V roce 2006 byly provedeny nádobové pokusy (40 l na 1 rostlinu) a v roce 2007 pokusy na školním pozemku o velikosti 200 m<sup>2</sup> v Praze-Suchdole s odrůdou Arosa.

### Nádobové pokusy (2006)

Od každé varianty hnojení bylo použito 10 nádob s jednou rostlinou (substrát RKS I.). Množství hnojiva bylo přepočteno na hektarové dávky dusíku (250 kg.ha<sup>-1</sup> N). Dále bylo jednorázově před setím aplikováno 42 kg.ha<sup>-1</sup> KCl a 450kg.ha<sup>-1</sup> superfosfátu. Varianty hnojení:

- kontrola (K) – nehnojeno,
- minerální hnojení (MH) v 100% dávce,
- minerální hnojení v kombinaci s digestátem (MH+DP, 50:50%),
- digestát (DP) v celkové dávce 40–50 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Při výpočtu množství použitého digestátu se vycházelo z předpokladu, že 1 t cukrovky odčerpá 4,4 kg N, 1,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 5,7 kg K<sub>2</sub>O. Hnojení bylo rozděleno do čtyř stupňů hnojení (před setím, duben, červen, srpen) a to vždy ve stejné dávce.

Výsev byl proveden 12. dubna, první přihnojení 2. května, druhé přihnojení 16. června, třetí přihnojení 2. srpna a sklizeň 7. a 8. října 2006.

### Polní pokus (2007)

Pokusy s cukrovkou byly založeny v neúplných blocích typu  $\alpha$ -design, ve třech opakováních. Sklizeňová plocha jedné parcely byla 10,0 m<sup>2</sup> (1,35 × 7,41 m), na parcele byly tři řádky, 90 řepných rostlin (vzdálenost řádků: 0,45 m, vzdálenost rostlin v řádku: 0,25 m).

Agrotechnika pokusu vycházela z platných agrotechnických zásad používaných v pokusech pro registraci ÚKZÚZ. Do pokusů bylo použito osivo mořené přípravkem Gaucho 70 WS. Ochrana proti škůdcům a plevelům nebyla provedena.

Hnojení P a K na úrovni 120 a 170 kg čistých živin, při pravidelném organickém hnojení se dávka snižuje na 105 a 130 kg.

Dávky byly rozděleny do čtyř aplikací (před setím, duben, červen, srpen), a to vždy ve stejné dávce. Množství hnojiva bylo přepočteno na hektarové dávky (250 kg.ha<sup>-1</sup> N). Dále bylo jednorázově před setím aplikováno 42 kg.ha<sup>-1</sup> KCl a 450 kg.ha<sup>-1</sup> superfosfátu.

Vzhledem k tomu, že cukrovka je citlivá na sucho a vzhledem k tomu, že v posledních letech dochází často po zasetí k delším prodlevám ve srážkách, byla první část digestátu aplikována před setím. Tato aplikace potvrdila oprávněnost této aplikace, protože tam, kde bylo použito digestátu došlo k 99 % vzejití semen a v průběhu následujících 14 dní po vzejití k výraznému nárůstu rostlin v porovnání s ostatními variantami.

Všeobecně je za nejdůležitější období z hlediska vývoje rostlin a tedy i výnosů je považováno období duben–květen a červen, proto bylo v tomto období přistoupeno ke 2. a 3. aplikaci přihnojení.

Obdobně v průběhu srpna řepa vykazuje nejintenzivnější růst bulev, což může být ovlivněno klimatickými podmínkami, proto bylo v tomto období přikročeno k poslední, 4. části přihnojení. K přihnojení bylo vždy použito cca 10 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> digestátu.

### Pěstební podmínky v roce 2007

Před setím bylo aplikováno cca 10 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> digestátu a zapraveno kombinátorem. Výsev proběhl 9. dubna, první přihnojení 12. května, druhé přihnojení 15. června a třetí přihnojení 14. srpna 2007.

Minerálním hnojením (MH) bylo aplikováno 25 kg.ha<sup>-1</sup> N ve formě (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, při kombinovaném hnojení (DP+MH) bylo vždy aplikováno 12,5 kg.ha<sup>-1</sup> N ve formě (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> digestátu. Kontrola hnojena nebyla. Sklizeň byla provedena 10. a 11. října 2007. Nebyl aplikován žádný pesticid.

Z hlediska produkce cukrovky a následně výroby etanolu nebo bioplynu – při použití digestátu jako hnojiva se výrazně zvýšila produkce etanolu, resp. bioplynu z jednoho hektaru cukrovky (bulva a list). Minerální hnojení bylo vzato jako 100 %.

#### Hodnocení klimatických a povětrnostních podmínek ve vegetačním pokusu

Povětrnostní podmínky v pokusném období byly značně odlišné. Na obr. 2. je popis obou roků popsán pomocí odchylky teploty vzduchu od normálu, relativní hodnocení pomocí procenta normálu umožňuje vyjádřit i variabilitu srážek (obr. 3.). Slovní popis je založen na doporučení World Meteorological Organization (9, 10, 11).

#### Závěr

Z uvedených hodnot, je zřejmé, že využití digestátu při pěstování cukrovky k výrobě etanolu, respektive bioplynu má své ekonomické opodstatnění. Při využití cukrovky k výrobě bioplynu, bulvy i chrástu, se tento energetický efekt ještě zvyšuje. Dalším důležitým faktorem je možnost opětovného zařazení cukrovky do klasických osevních postupů spolu s uplatněním digestátu.

#### Souhrn

Cukrová řepa může být využita jako velmi dobrá surovina pro výrobu bioetanolu jako biopaliva v pohonných hmotách i pro produkci bioplynu k výrobě elektřiny a k vytápění. Článek porovnává pěstování řepy na bioetanol a systém výroby bioetanolu v kombinaci s výrobou bioplynu. Také se zabývá možností hnojení digestátem po anaerobní fermentaci prasečí močůvky. Tento systém by mohl být v souladu s mezinárodními kritérii BAT (o nejlepších dostupných technologiích s ohledem na životní prostředí).

**Klíčová slova:** cukrová řepa, biomasa, bioplyn, bioetanol, prasečí močůvka, anaerobní fermentace, digestát, organické hnojivo, výnos, cukernatost, produkce energie, BAT.

#### Literatura

1. BABIČKA L., POUSTKOVÁ I.: Významný přínos výroby bioplynu. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (9/10), s. 277–280.
2. BABIČKA L.: Najde cukrovka využití při výrobě bioplynu a palivového lihu v rámci zemědělsko-potravinářského komplexu? *Listy cukrov. řepař.*, 122, 2006 (3), s. 78–81.
3. BABIČKA L., ZAJÍČEK P., BABIČKA P.: Další možnosti využití bioplynu v rámci zemědělsko-potravinářského komplexu. In *Bioplyn v zemědělství a rozvoj venkova po obou stranách česko-rakouské hranice*. České Budějovice, 18. 10. 2005.
4. ČÍŽ K.: Příspěvek k světovému problému potravinové dostupnosti a výrobě zemědělských surovin pro průmyslové zpracování. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (11), s. 311–312.
5. ČÍŽ K.: Výroba palivového etanolu z různých zemědělských surovin. *Listy cukrov. řepař.*, 123, 2007 (3), s. 95–97.
6. DOHÁNYOS M., ZÁBRANSKÁ J.: Bilance metanizace – výpočet maximální výtěžnosti bioplynu. *Vodní hospodářství*, B 38, 1988 (2).

7. HANAČKOVÁ E., ŽÁK Š., MACÁK M.: Vplyv úrody buliev a cukrnatosti řepy cukrovej na teoretickú produkciu etanolu a energie pri rôznom hnojení. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (12) s.340-343
8. HNILIČKA F. ET AL.: Energetická bilance pěstování cukrové řepy. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (9/10) s. 260–266.
9. KLABZUBA J., KOŽNAROVÁ V., VOBORNÍKOVÁ J.: *Hodnocení počasí v zemědělství*. ČZU v Praze, Powerprint, Praha, 1999, ISBN 80-213-0584-3. 125 s.
10. KOŽNAROVÁ V., KLABZUBA J.: Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období, *Rostl. vjřr.*, 48, 2002 (4), s. 190–192.
11. KOŽNAROVÁ V., KLABZUBA J.: Agrometeorologické hodnocení ročníku nebo kratšího období II. Grafické zpracování naměřených hodnot, *Sborník VŠZ, AF, řada A*, 55, Praha, 1993.
12. MURPHY J. D., POWER N.: Technical and economic analysis of biogas production in Ireland utilising free different crop rotations. *Applied Energy*, 86, 2009, s. 25–36.
13. SKALICKÝ J.: *Formulace zásad technologického postupu pěstování cukrovky*. Výzkumný záměr MZE-MO5-99-01. VUZT Praha, 2003.
14. STRAKA F.: *Bioplyn. Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. GAS s.r.o. Říčany, 2003, ISBN 80-7328-029-9.

#### Babička L., Kožnarová V., Poustková I., Pulkrábek J., Kouřimská L., Šišková J., Šmolík J.: Digestate – a sugar beet fertilizer

Sugar beet could be very good raw material for higher production of bioethanol as a transport biofuel or/and biogas for electricity production and for heating and at recently reducing of expensive. In the article are explained and compared two systems of sugar beet growing and for processing of sugar beet on bioethanol same as the system for production of bioethanol in combination with production of biogas. The possibility of fertilizing by digestate after anaerobic digestion of pig slurry is discussed, too. This system is possible included between “best available technologies” (BAT).

**Key words:** sugar beet, biomass, biogas, bioethanol, pig slurry, anaerobic digestion, digestate, organic fertilizer, yields, sugar content, energy production, BAT.

#### Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. Luboš Babička, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ, Katedra kvality zemědělských produktů, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: babicka@af.czu.cz

## CUKROVARNICTVÍ, CUKROVARY A CUKROVARNÍCI

Národní technické muzeum  
22.–23. červen 2010

Srdečně Vás zveme na konferenci  
Cukrovarnictví, cukrovary a cukrovarníci  
v českých zemích.

Termín odevzdání přihlášek do 31. 3. 2010.



Dobrovická  
muzea

Kontakt: RNDr. Ivana Lorencová  
ivana.lorencova@ntm.cz