

VYUŽITIE REPY CUKROVEJ NA VÝROBU BIOETANOLU

Ing. Štefan Žák, CSc., CVRV Piešťany – VÚRV Piešťany

Biomasa je vlastne hmota organického pôvodu, ktorá vzniká vďaka dopadajúcej slnečnej energii.

Pre energetické účely sa využívajú buď cielene pestované rastliny alebo odpady z poľnohospodárskej, potravinárskej alebo lesnej produkcie. Zásadnou výhodou je, že biomasa slúži ako akumulátor energie a možno ju pomerne jednoducho a dlhodobo skladovať. Nevýhodou je nízka účinnosť premeny slnečného žiarenia na energiu. Z hektára poľa získame hmotu s energetickým obsahom 40 až 90 MWh, podľa typu plodiny. To je menej než 1 % slnečného žiarenia, ktoré na túto plochu za rok dopadne. Pri spracovaní biomasy a konečnom spaľovaní získaného paliva vznikajú ďalšie straty.

Biomasu vhodnú na produkciu energií je možné začleniť do piatich základných skupín:

1. fytomasa s vysokým obsahom lignocelulózy
2. fytomasa olejnatých plodín
3. fytomasa s vysokým obsahom škrobu a cukru
4. organické odpady a vedľajšie produkty živočíšneho pôvodu
5. zmes rôznych organických odpadov

Biopalivá sú vyrábané z rastlín, ako napríklad cukrová trstina alebo repa, ale aj mnohých iných. Najdôležitejšími biopalivami sú bioetanol a biodiesel. Európa je hlavným a najväčším producentom biodieselu, zatiaľ čo Brazília a USA sú producentmi bioetanolu.

V súčasnosti až 10 % hrubého národného produktu pochádza z predaja ropných produktov. Nahradiť a preorientovať taký obrovský priemysel na palivá, ktoré by boli schopné pokryť potreby udržateľného rozvoja nie je jednoduché. Súčasná cena motorovej nafty do značnej miery ovplyvňuje ekonomiku poľnohospodárstva. Jedným z možných riešení je aj čiastočná náhrada nafty tzv. bionaftou vyrábanou z repky olejnej. Efektívnosť využitia bionafty dokumentuje i fakt, že bionafta získaná z 1 hektára poľnohospodárskej pôdy postačí na obrábanie 10 hektárov pôdy.

Bioetanol je vysokooktánové palivo vyrobené z obnoviteľných surovín. Jedná sa o etanol vyrobený technológiou alkoholového kvasenia z biomasy – obvykle z rastlín obsahujúcich väčšie množstvo škrobu (kukurica, obilie, zemiaky) a sacharidov (repa cukrová, resp. cukrová trstina). V mnohých prípadoch sa bioetanol vyrába z poľnohospodárskych produktov, ktoré sú vypestované na území danej krajiny a tak jeho produkcia znižuje závislosť ekonomiky štátu na dovoze palív zo zahraničia.

Výroba etylalkoholu z biomasy pre technické účely je známa už od 30-tych rokov 20. storočia. Ako mimoriadne vhodné rastliny na výrobu alkoholu sa dajú využiť kukurica, zemiaky, repa cukrová, pšenica a iné. Vzhľadom na to, že použitá surovina sa nepremení celá na biopalivo, vznikajú pri tomto procese cenné vedľajšie produkty, ktoré môžu nahradiť bielkovinové krmivá.

Na zhodnotenie bioalkoholu neprichádza do úvahy len jeho primiešavanie do kvapalných palív, ale ponúkajú sa i mnohostranné možnosti využitia v technickom sektore napr. ako prísady do rozpúšťadiel, čistiacich prostriedkov, farieb, lakov a i.

Najväčším producentom kvapalných biopalív na svete je Brazília. Vstupnú surovinou pre výrobu etanolu tu predstavuje cukrová trstina. V roku 1990 výroba etanolu dosiahla 11 miliónov ton a ukázala, že nahradenie ropy týmto palivom je nielen možné, ale aj ekonomicky výhodné. Táto výroba súčasne poskytla 700 000 nových pracovných príležitostí. Náklady na vytvorenie jedného pracovného miesta v poľnohospodárskej produkcii etanolu boli až 20 krát

nižšie, ako náklady na vytvorenie pracovného miesta v petrochemickom priemysle (spracovanie ropy).

V príspevku sa zaoberáme možnosťami dopestovania repy cukrovej ako suroviny vhodnej ne výrobu bioetanolu.

Polný pokus bol založený na experimentálnej báze v Borovciach pri Piešťanoch v kukuričnej výrobnínej oblasti, v nadmorskej výške 172 m n. m. Pôda je hlinitá, hnedozemná černoziem vytvorená na hrubom sprašovom nánosoch so stredným obsahom fyzikálneho ílu. Obsah humusu v profile ornice je stredný. Pôdna reakcia vo vrchných vrstvách je neutrálna a smerom do hĺbky sa mení na zásaditú. Dlhodobý zrážkový normál je 625 mm a priemerná ročná teplota 9,2°C. Cukrová repa sa pestovala v rámci 6 - honového osevného postupu (lucerna siata - lucerna siata - ozimná pšenica - cukrová repa - jarný jačmeň - kukurica na zrna). Predplodinou bola ozimná pšenica.

Variety hnojenia repy cukrovej boli nasledovné:

Variant I. - hnojenie maštaľným hnojom, bez chemickej ochrany (simulácia ekologického systému), 2x za rotáciu osevného postupu (dávka 40 ton/ha). Regulácia burín mechanickými spôsobmi, respektívne pri okopaninách ručne, okopávkou.

Variant II. - hnojenie pozberovými zvyškami + 10 kg N na 1 tonu slamy obilnín a kukurice (zapravenie slamy do pôdy). Pri zapravení skrojkov bez N (N=0). Minerálne hnojenie. Dávka N = podľa normatívu. Dávky P, K podľa priemerného odberu z pôdy. Korekcia živín vzhľadom a obsah prístupných živín v pôde. Chemická ochrana.

Variant III. - hnojenie MH (40t/ha: + minerálne hnojenie - dávka dusíka podľa normatívu, podľa priemerného odberu z pôdy. Korekcia živín vzhľadom na 1 t aplikovaných organických hnojív. Chemická ochrana.

Cukrovú repu sme pestovali po ozimnej pšenici. Polyfaktoriálne pokusy boli založené blokovou metódou, v štyroch opakovaníach. Fyzikálno - chemickými analýzami na automatickej linke VENEMA (Selekt Bučany) bola stanovená cukornatosť (Dg) v % a podľa údajov Čvančaru (1967) sme vypočítali možný výťažok 100 %-ného etanolu v litroch z hektára.

Termíny sejby, zberu, dĺžka vegetačnej doby sú uvedené v tabuľke 1. Sú tu uvedené tiež hodnoty teplôt a zrážok ako pred založením porastu, tak aj počas vegetačnej doby.

Termín sejby sa pohyboval od 31. marca v roku 2003 do 24. apríla v roku 2001. V období 10 dní pred sejbou bolo najviac vlhky v roku 2005 (až 40,1 mm), čo spolu s najvyššou teplotou vytváralo veľmi dobré podmienky na založenie vyrovnaného a kompletného porastu. Posledných 10 dní pred zberom však bolo častejšie bez zrážok (v rokoch 2002, 2003 a 2007). Najnižšia priemerná teplota 10 dní pred zberom bola v roku 2001 (5,65 °C).

Najskorší termín zberu bol v rokoch 2004 a 2005 (27. september) a najneskorší v roku 2001 (19. októbra). Vegetačná doba bola najkratšia v roku 2004 (165 dní) a naopak najdlhšia v roku 2003 (183 dní), teda rozdiel v dĺžke vegetačnej doby bol 18 dní.

Počas vegetačnej doby bolo najviac zrážok v roku 2001 (364,0 mm) a najmenej zrážok bolo v roku 2004 (187,2 mm). Najvyššia priemerná teplota počas vegetácie bola v roku 2003 (19,96 °C) a najnižšia v roku 2001 (16,01 °C).

Tabuľka 1 Termíny sejby, zberu, vegetačná doba a priebeh počasia v rokoch 1999 – 2007

Rok	Sejba			Zber termín	Vegetačná doba		
	termín	Zrážky (10 dní pred sejbou)	teploty (10 dní pred sejbou)		dni	Zrážky (mm)	Teplota (°C)
1999	12. 04.	7,3	11,83	08. 10	179	349,6	17,70
2000	18. 04.	1,3	10,05	17. 10.	182	231,4	16,91
2001	24. 04.	21,9	5,65	19. 10.	178	364,0	16,01
2002	05. 04.	-	9,10	02. 10.	180	347,3	18,65
2003	31. 03.	-	7,75	29. 09.	183	209,2	19,96
2004	16. 04.	6,0	9,48	27. 09.	165	187,2	17,25
2005	19. 04.	40,1	13,48	27. 09.	170	349,4	16,58
2006	13. 04.	6,6	8,25	03. 10.	174	328,4	17,98
2007	10. 04.	-	8,53	09. 10.	173	354,5	18,32

V tabuľke 2 sú uvedené úrody buliev v rokoch 1999 – 2007 podľa rokov a podľa variantov. Najvyššiu priemernú úrodu buliev sme dosiahli v roku 1999 a najnižšiu v roku 2003.

Najvyššia úroda buliev spomedzi variantov bola na variante II. (hnojenie pozberovými zvyškami + 10 kg N na 1 tonu slamy obilnín a kukurice (zapravenie slamy do pôdy). Pri zapravení skrojkov bez N (N=0). Minerálne hnojenie. Dávka N = podľa normatívu. Dávky P, K podľa priemerného odberu z pôdy. Korekcia živín vzhľadom a obsah prístupných živín v pôde. Chemická ochrana), nasledoval variant III. (hnojenie MH (40t/ha: + minerálne hnojenie - dávka dusíka podľa normatívu, podľa priemerného odberu z pôdy. Korekcia živín vzhľadom na 1 t aplikovaných organických hnojív. Chemická ochrana) a najnižšia úroda buliev bola pri variante I. (hnojenie maštalným hnojom, bez chemickej ochrany (simulácia ekologického systému), 2x za rotáciu osevného postupu (dávka 40 ton/ha). Regulácia burín mechanickými spôsobmi, respektívne pri okopaninách ručne, okopávkou). Úroda na variante II. bola preukazne vyššia ako na variante I.. Medzi variantmi I. a III. resp. II. a III. nebol zistený štatisticky významný rozdiel.

Tabuľka 2 Úroda buliev ($t \cdot ha^{-1}$) v rokoch 1999 – 2007

Úroda buliev ($t \cdot ha^{-1}$)										
Rok/variant	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Priemer
I.	76,4	42,4	66,1	66,0	31,3	49,2	54,1	62,1	63,4	56,8
II.	72,9	50,9	70,7	71,8	38,8	58,0	62,0	69,3	72,3	63,0
III.	81,3	44,8	71,9	75,8	32,8	61,1	55,1	68,3	66,6	62,0
Priemer	76,9	46,0	69,6	71,2	34,3	56,1	57,1	66,6	67,4	60,6

Hodnoty cukornatosti v rokoch 1999 – 2007 podľa rokov a podľa variantov sú uvedené v tabuľke 3. Najvyššiu priemernú cukornatosť sme dosiahli v roku 2004 a najnižšiu v roku 2001. Najvyššia priemerná cukornatosť spomedzi variantov bola na variante II., kde najnižšia hodnota bola v roku 2001 a najvyššia v roku 2003, nasledoval variant, kde najnižšia hodnota bola v roku 1999 a najvyššia v roku 2004 a najnižšia priemerná cukornatosť bola na variante III., kde najnižšia hodnota bola v rokoch 1999 a 2005 a najvyššia v roku 2003. Cukornatosť na variante II. bola vysoko preukazne vyššia ako na variante III.. Medzi variantmi I. a II. resp. I. a III. nebol zistený štatisticky významný rozdiel.

Tabuľka 3 Cukornatosť (°S) v rokoch 1999 – 2007

Cukornatosť (%)										
Rok/ variant	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	<i>Prie- mer</i>
I.	14,5	16,5	14,7	15,7	17,5	19,2	15,1	16,4	15,4	16,1
II.	15,8	16,3	14,8	16,2	19,1	18,5	15,0	17,2	15,8	16,5
III.	14,5	16,2	14,8	15,1	18,2	17,9	14,5	16,6	14,9	15,9
Priemer	14,9	16,3	14,8	15,7	18,3	18,5	14,9	16,7	15,4	16,2

V tabuľke 4 sú uvedené hodnoty produkcie 100 %-ného etanolu z ha v rokoch 1999 – 2007 podľa rokov a podľa variantov. Najvyššiu priemernú produkciu 100 %-ného etanolu z ha sme dosiahli v roku 1999 a najnižšiu v roku 2003. Najvyššia priemerná produkcia 100 %-ného etanolu z ha spomedzi variantov bola na variante II., kde najnižšia hodnota bola v roku 2003 a najvyššia v roku 2006, nasledoval variant III., kde najnižšia hodnota bola v roku 2003 a najvyššia v roku 1999 a najnižšia priemerná produkciu 100 %-ného etanolu z ha bola na variante I., kde najnižšia hodnota bola v rokoch 1999 a najvyššia v roku 1999. Medzi všetkými variantmi bol zistený vysoko preukazný rozdiel.

Tabuľka 4 Produkcia 100 %-ného etanolu ($l \cdot ha^{-1}$) v rokoch 1999 – 2007

Produkcia 100 %-ného etanolu z ha ($l \cdot ha^{-1}$)										
Rok/ variant	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	<i>Prie- mer</i>
I.	7492,8	4733,0	6577,6	7020,9	3693,4	6376,3	5525,8	6892,8	6612,0	6102,7
II.	7803,6	5610,9	7077,7	7869,5	5005,2	7226,4	6291,0	8046,7	7738,3	6963,3
III.	7974,6	4918,1	7197,9	7752,5	4015,2	7360,2	5406,7	7754,6	6717,6	6566,4
Priemer	7757,0	5087,3	6951,1	7547,6	4237,9	6987,6	5741,2	7564,7	7022,6	6544,1

Hodnotením vzťahov medzi znakmi produkcie a počasím sme zistili, že medzi úrodou buliev a cukornatosťou sa potvrdila negatívna korelácia (preukazne). Vzťah medzi úrodou buliev a produkciou 100 %-ného etanolu z ha bol vysoko preukazný, ale vzťah medzi cukornatosťou a produkciou 100 %-ného etanolu z ha sme nezistili. Zrážky počas vegetácie vysoko preukazne ovplyvnili úrodu buliev, cukornatosť aj produkciu 100 %-ného etanolu z ha. Na cukornatosť mali pozitívny vplyv aj teploty počas vegetácie (ovplyvnili preukazne) a zrážky 10 dní pred sejbou (ovplyvnili tiež preukazne).

V tabuľke 5 je uvedené štatistické vyhodnotenie sledovaných znakov.

Tabuľka 5 Štatistické vyhodnotenie sledovaných znakov

Znak	Úroda	Cukornatosť	Produkcia 100%-ného etanolu
Rok - SS	3129,83	52,01	36589331
Rok - d.f.	8	8	8
Rok - F	7,64	42,96	55,99
Rok - $Hd_{0,05}$	12,38	0,67	494,78
Rok - $Hd_{0,01}$	17,06	0,92	681,67
Rok - podiel na variabilite v %	71,7	93,2	88,7
Variant - SS	417,89	1,39	3338930
Variant - d.f.	2	2	2
Variant - F	4,07	4,59	20,41
Variant - $Hd_{0,05}$	7,15	0,38	285,66

Variant - Hd _{0,01}	9,85	0,53	380,56
Variant - podiel na variabilite v %	9,6	2,5	8,1
Zvyšok – SS	818,92	2,42	1306779,3
Zvyšok – d.f.	16	16	16
Zvyšok - podiel na variabilite v %	18,7	4,3	3,2
Celkom – SS	4366,25	55,83	41235040
Celkom – d.f.	26	26	26

Záver

Za sledované obdobie rokov 1999 – 2007 sme v pokuse s rôznou hladinou výživy zistili najvyššiu priemernú úrodu buliev pri variante II. (hnojenie pozberovými zvyškami + 10 kg N na 1 tonu slamy obilnín a kukurice (zapravenie slamy do pôdy). Pri zapravení skrojkov bez N (N=0). Minerálne hnojenie. Dávka N = podľa normatívu. Dávky P, K podľa priemerného odberu z pôdy. Korekcia živín vzhľadom a obsah prístupných živín v pôde. Chemická ochrana). Najvyššia priemerná cukornatosť bola tiež na variante II. a v produkcii 100 %-ného etanolu sme zistili najvyššiu priemernú produkciu 100 %-ného etanolu tiež na variante 3 II. a potvrdila sa tak možnosť využitia repy cukrovej na produkciu bioetanolu.

Na Slovensku v súčasnosti bránia skutočnej výrobe bioetanolu z repy cukrovej vysoké náklady potrebné na prebudovanie cukrovarov na výrobu bioetanolu, resp. na vybudovanie funkčných liehovatrov.



Obr. 1 Pozberané bul'vy repy cukrovej pripravené na ďalšie spracovanie



Obr. 2 Dobře založený porast repy cukrovej je prvým predpokladom na vysokú úrodu buliev aj cukornatosť