

Analýza energetických bilancí pěstování pěti odrůd cukrové řepy

ANALYSING ENERGY BALANCES OF CULTIVATION OF FIVE SUGAR BEET VARIETIES

František Hnilička¹, Helena Hniličková¹, Ján Kukla², Tomáš Kejzlar¹, Margita Kuklová²

¹ Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ

² Ústav ekologie lesa, SAV, Zvolen

Energetické bilance se stále více využívají k posouzení energetické účinnosti a produktivity zemědělské výroby, včetně pěstování jednotlivých plodin (1, 2), čímž lze dokumentovat energetické vstupy a jejich vývoj v rámci celého pěstitelského procesu daného zemědělského podniku. V zemědělském podniku lze rozdělit energetické vstupy do čtyř kategorií, na přímé, nepřímé, obnovitelné a neobnovitelné zdroje. Přímé zdroje podle SINGHA (3) zahrnují především paliva, maziva, stroje a zařízení, agrochemikálie apod. OZKAN ET AL. (4) definuje nepřímé zdroje energie jako energii, která je vložena do výroby hnojiv, pesticidů a strojů. Neobnovitelné zdroje zahrnují pohonné hmoty, pesticidy, hnojiva a stroje, zatímco obnovitelné zdroje představují lidskou práci, vodu, semena a statková hnojiva (5). Cílem výpočtu energetické bilance pěstování dané komodity v rámci zemědělského podniku je stanovení takových agrotechnických zásahů, včetně výběru vhodné odrůdy, které poskytnou vysoký energetický zisk, energetickou účinnost a ekonomickou návratnost (např. 2, 6).

Jednou z významných rostlinných komodit, která vykazuje vysokou energetickou účinnost, je cukrová řepa. Jedná se o plodinu, jejíž pěstování má v našich podmínkách dlouhou

tradici. V současné době (2017) se v České republice pěstuje cukrová řepa na 60 736 ha, na kterých se vyprodukuje přibližně 3,925 mil. t řepy s průměrným výnosem 64,21 t·ha⁻¹ (7). Cukrová řepa je plodinou, která se již nepěstuje pouze pro výrobu cukru, ale její uplatnění je daleko širší, neboť ji lze využít pro více než 100 jiných produktů (8, 9). Jedná se např. o výrobu biodegradovatelných plastů, vlákninových přísad do potravin snižujících tvorbu cholesterolu, saponinů jako biofungicidů, řepného tuku v kosmetice atd.

Při diverzifikaci výrobního programu zpracování cukrové řepy a cukru se dnes ve světě objevuje řada nekonvenčních produktů, kromě bioetanolu např. sorbitol, mannitol, řepný pektin a vláknina, invertovaný řepný sirup, bílkovinami obohacené vyslazené řízky. Sacharosa se tak stává surovinou pro chemickou a biochemickou výrobu (9) i pro energetické využití (10).

Z výše uvedeného vyplývá, že cukrová řepa patří mezi plodiny, jejichž pěstování je v současnosti energeticky účinnější a zároveň účinnější než kultivace mnoha jiných plodin na orné půdě ve střední Evropě. Proto se tato práce zaměřila na stanovení energetické bilance vybraných odrůd cukrové řepy a srovnání reakce těchto odrůd na agrotechnické zásahy.



Materiál a metodika

V roce 2013 byl založen maloparcelkový pokus s cukrovkou na lokalitě, která se nachází v nadmořské výšce 254 m. Tato lokalita spadá do oblasti mírně teplé, mírně vlhké podoblasti, v okrsku mírně teplém, mírně vlhkém s mírnou zimou. Průměrná teplota za vegetační období je 7,60 °C, průměrný vegetační úhrn srážek činí 674 mm. V uvedené lokalitě se nacházejí především středně těžké hlinité hnědozemě a AZZP vykázalo obsah živin v 1 kg půdy: 77 mg P, 308 mg K, 171 mg Mg a 4 460 mg Ca; pH půdy bylo 7,0.

Do pokusu bylo zařazeno pět odrůd cukrové řepy: Kiringa, Pohoda, Victor, Danuška a Labonita. Řepa byla pěstována konvenčním způsobem v Dolanech u Jaroměře (okres Náchod), na farmě rodiny Kejzlarů. Velikost pokusné parcelky byla 10 m², při zachování čtyř opakování pro každou odrůdu. Rozmístění pokusných parcel v rámci honu bylo uskutečněno metodou latinského čtverce. Meziřádková vzdálenost dosahovala 45 cm, což představovalo tři řádky řepy na parcele. Výsevní vzdálenost v řádku byla 18,5 cm.

Z hodnocení počasí v dané lokalitě, za využití dat z meteorologické stanice v Jaroměři, dle metodiky WMO vyplývá, že teplý půlrok roku 2013 lze oproti 30letému normálu hodnotit teplotně jako silně nadnormální, srážkově a hodnotou slunečního svitu normální. Průměrná teplota teplého půlroku (15,4 °C) byla o 1,5 °C vyšší, než udává dlouhodobý normál. Úhrn srážek během celé vegetace byl normální, avšak značně kolísavý. V roce 2013 byl velmi pozdní nástup jara, který měl za následek velmi pozdní setí, toto zpoždění bylo cca 3–4 týdny. Oproti tomu měsíc duben byl teplotně nadnormální a porosty vzházely velmi dobře a rychle. Z hlediska srážkového byl měsíc duben srážkově silně podnormální, ale byla dostatečná zásoba zimní vláhy. V květnu byl úhrn srážek 196 %, tedy téměř dvojnásobek

Tab. 1. Výnosové prvky sledovaných odrůd

Odrůda	Typ	Výnos chrástu (t·ha ⁻¹)	Výnos kořene (t·ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos stand. řepy (t _{16%} ·ha ⁻¹)	Výnos polar. cukru (t·ha ⁻¹)
Kiringa	NC/N	36,13 ± 3,6	102,7 ± 5,1	18,2 ± 1,4	120,08 ± 9,0	18,69 ± 1,9
Pohoda	NC/N	49,42 ± 4,9	112,0 ± 5,6	17,4 ± 1,3	124,06 ± 9,3	19,49 ± 1,9
Victor	NC	47,75 ± 4,8	95,3 ± 4,8	19,3 ± 1,4	119,49 ± 9,0	18,39 ± 1,8
Danuška	NC	40,16 ± 4,0	86,0 ± 4,3	18,3 ± 1,4	101,22 ± 7,6	15,74 ± 1,6
Labonita	NV/N	48,97 ± 4,9	109,3 ± 5,5	18,1 ± 1,4	126,96 ± 9,5	19,78 ± 1,5

oproti normálu. Také červen byl srážkově nadnormální, neboť v něm celkový úhrn srážek v porovnání s 30letým normálem dosáhl hodnoty 179 %. Úhrn srážek v dubnu až červnu byl 403,5 mm a splňuje požadavek 300–410 mm za vegetaci, který se pro cukrovou řepu obecně uvádí. Na výnos a kvalitu bulev, zejména navýšení hodnot cukernatosti, měl příznivý vliv teplejší, slunečnější a srážkově podprůměrnější konec vegetace (říjen).

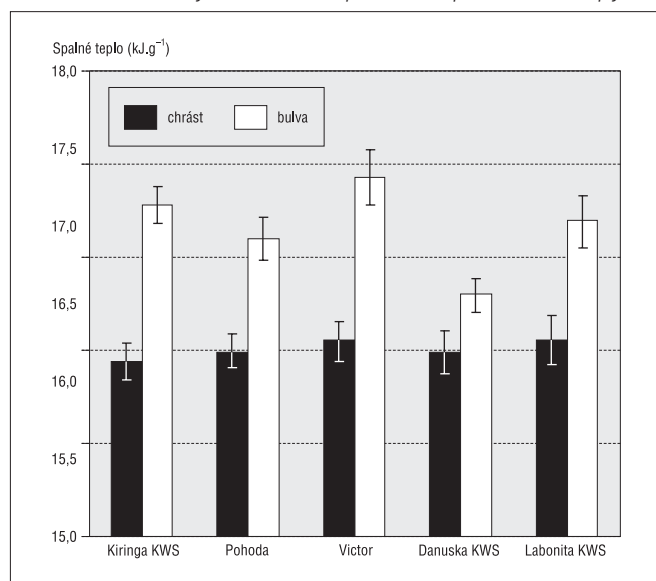
Spalné teplo bulev a chrástu cukrové řepy (Q) bylo zjišťováno metodou spalné kalorimetrie. Uvedená metoda je založena na úplném spálení rostlinného materiálu v 100% kyslíkové atmosféře. Ke spálení vzorku byl použit parabolický kalorimetr IKA C200 (firma IKA, Německo). Ke stanovení spalného tepla bez popelovin v sušině vzorku bylo využito platných norem ČSN ISO 1928 (11).

Sklizení se uskutečnila ručním sběrem bulev, kdy byla sledována průměrná hmotnost jedné řepné bulvy a celkový výnos řepy na hektar.

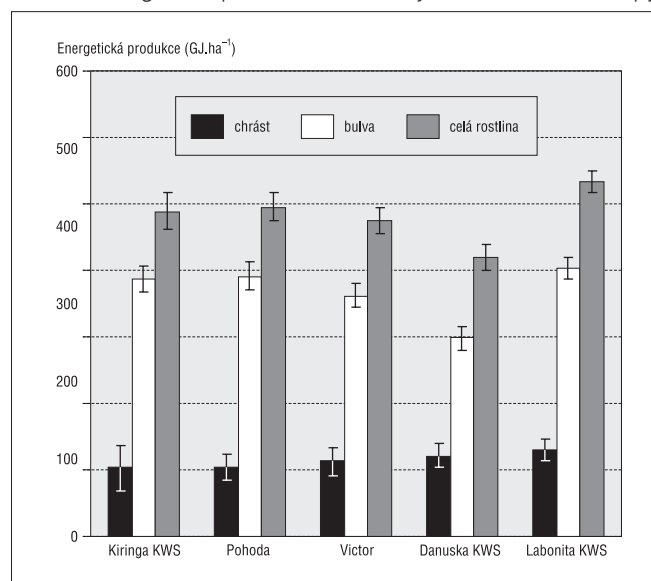
Na základě stanovení obsahu energie v jednotlivých rostlinných orgánech cukrové řepy a z energetické náročnosti vstupů byly vypočteny energetické bilance pěstování cukrové řepy. K hodnocení jednotlivých energetických vstupů byly použity tabulkové hodnoty, které uvádí PREININGER (12).

Ke statistickému zpracování výsledků byl použit statistický program Statistica, verze 10.0 Cz, statistická metoda ANOVA, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Obr. 1. Vliv odrůdy na hodnotu spalného tepla cukrové řepy



Obr. 2. Energetická produkce sledovaných odrůd cukrové řepy





Výsledky a diskuse

Obsah energie

Ze získaných výsledků je patrné, že průměrný obsah energie vedlejšího produktu (chrástu) sledovaných genotypů řepy cukrové v době sklizně činil $16,00 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ a v případě hlavního produktu (bulev) byl $16,55 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Z pokusných genotypů vykazovaly odrůdy Kiringa ($15,94 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), Danuška a Pohoda ($15,99 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) nižší obsah energie chrástu nežli byla vypočtená průměrná hodnota netto energie všech sledovaných odrůd. Naopak nejvyšší obsah energie chrástu v době sklizně vykazovaly odrůdy Victor a Labonita ($16,05 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), viz obr. 1. Avšak získané rozdíly nebyly statisticky průkazné.

Z uvedeného grafu dále vyplývá, že obsah energie v bulvách řepy byl průkazně ovlivněn genotypem, kdy nejnižších hodnot dosahovala odrůda Danuška, která má vysoký podíl popelovin, $16,30 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Naopak vyšší obsah energie byl zjištěn u odrůd Kiringa ($16,78 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) a Victor ($16,93 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$), tedy u odrůd vykazujících vyšší cukernatost. Podle autorů (13, 14, 15) je energetická hodnota bulvev významně ovlivněna odrůdou.

Obsah energie v hlavním a vedlejším produktu odpovídá hodnotám, které pro jednotlivé orgány řepy uvádí např. STRAŠIL (16) a URBAN ET AL. (17). Nižší obsah energie v chrástu oproti bulvám uvádí také HONSOVÁ ET AL. (15).

Výnos hlavního a vedlejšího produktu

V tab. I jsou uvedeny hodnoty výnosových prvků sledovaných odrůd. Z těchto hodnot vyplývá, že průkazně nejnižší hodnoty výnosu chrástu byly zjištěny u odrůd s malým, ale výkonným listovým aparátem. Jedná se o odrůdy Kiringa ($36,13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a Danuška ($40,16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Na straně druhé nejvyšší výnos chrástu byl zjištěn u odrůd Labonita ($48,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a Victor ($47,75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), v tomto případě se jedná o odrůdy s bohatým a bujným chrástem.

V případě výnosu bulvev je možné konstatovat, že nejvyšší výnos dosáhla odrůda Pohoda ($112,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), která je řazena mezi výnosné odrůdy. V případě této odrůdy se vyplatí pozdější termín sklizně, podobně jako u odrůdy Labonita ($109,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Toto tvrzení potvrzují i hodnoty výnosu polarizačního cukru, jak dokládá tab. I. Mezi cukernaté typy lze zařadit rovněž odrůdu Victor. Naopak průkazně nejnižší výnos bulvev vykazovala odrůda Danuška ($86,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), u níž byla také stanovena nejnižší hodnota polarizačního cukru ($15,74 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Energetická bilance pěstování cukrové řepy

V tab. II jsou uvedeny energetické vstupy pěstování cukrové řepy. Pro stanovení energetických vstupů byly použity energetické koeficienty uváděné PREININGEREM (12). Energetické vstupy byly rozděleny na přímé náklady, které zahrnují PHM a lidskou práci. Energetická hodnota přímých nákladů činila $7,44 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. V rámci nepřímých energetických vstupů byla hodnocena energie chemických látek (pesticidů a hnojiv), energie strojů, osiv a pracovních operací. Nepřímé energetické vstupy byly ve výši $25,77 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Celkové energetické vstupy do výroby byly $33,21 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Získané výsledky odpovídají hodnotám uváděným REINEKEM ET AL. (2), kteří se zabývali energetickou bilancí pěstování cukrové řepy v Německu. Oproti tomu HNILČKA ET AL. (18) uvádějí vyšší hodnoty energetických vstupů, konkrétně $46,70 \text{ kJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ u standardní technologie a $50,11 \text{ kJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ u intenzivní varianty. Podle ERDALA ET AL. (19) jsou v Turecku energetické vstupy na pěstování cukrovky $39,69 \text{ kJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uvedené rozdíly můžeme přisuzovat rozdílné pěstitelské technologii, vlivu specifických růstových podmínek a úrovni pěstování.

Nejvyšší podíl z celkových energetických vstupů představují právě nepřímé energetické vstupy ($77,60 \%$). Z této kategorie

Tab. II. Energetické vstupy do výroby ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Přímé náklady		Nepřímé náklady						Celkové náklady	
PHM	lidská práce	energie strojů	Energie chemických látek				osivo		pracovní operace
			pesticidní látky	hnojiva					
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
4,82	2,62	5,37	0,47	11,39	0,89	0,72	2,16	4,77	33,21
			13,47						

Tab. III. Energetické bilance pěstování vybraných odrůd cukrové řepy

Odrůda	Energetický zisk (GJ·ha ⁻¹)	Měrná spotřeba energie			Energetická efektivnost		
		chrást	bulvy	celá rostlina	chrást	bulvy	celá rostlina
Kiringa	456,88 ± 19,23	0,323 ± 0,01	0,086 ± 0,02	0,068 ± 0,02	3,094 ± 0,69	11,663 ± 0,87	14,757 ± 0,76
Pohoda	463,59 ± 25,21	0,319 ± 0,03	0,085 ± 0,009	0,067 ± 0,01	3,135 ± 0,58	11,825 ± 0,60	14,959 ± 0,62
Victor	442,69 ± 32,11	0,295 ± 0,02	0,091 ± 0,08	0,070 ± 0,03	3,392 ± 0,42	10,938 ± 0,53	14,330 ± 0,49
Danuška	387,94 ± 14,12	0,272 ± 0,04	0,111 ± 0,01	0,079 ± 0,02	3,681 ± 0,37	9,000 ± 0,47	12,681 ± 0,43
Labonita	502,00 ± 19,47	0,255 ± 0,01	0,082 ± 0,01	0,062 ± 0,03	3,925 ± 0,32	12,191 ± 0,36	16,116 ± 0,39

mají nejvyšší podíl vstupy ve formě energie chemických látek, které tvořily 40,56 % z celkových vstupů a z toho dusíkatá hnojiva (34,30 %). Nejnižší hodnota energetických vstupů byla vypočtena pro vstupy ve formě osiva 2,16 GJ·ha⁻¹ (6,50 %) a pro energii lidské práce 2,62 GJ·ha⁻¹ (7,89 %). Přímé energetické vstupy (energie PHM a lidské práce) tvořila 22,40 %. ASGHARIPOUR ET AL. (20) uvádějí, že celkové energetické náklady na pěstování cukrové řepy jsou v Iránu 42,23 GJ·ha⁻¹. Tato vyšší hodnota je dána odlišnou strukturou pěstování. Tito autoři uvádí, že z celkových nákladů představují hnojiva 29 %. V porovnání se získanými výsledky se jedná o téměř poloviční hodnoty. Obdobné procentické zastoupení jednotlivých nákladových položek uvádějí např. ERDAL ET AL. (19) či KOGA (21).

Pro výpočet energetického zisku je kromě stanovení výše nákladů vhodné stanovit energetickou produkci pěstované plodiny. Hodnota energetické produkce vybraných odrůd cukrové řepy je uvedena na obr. 2. Z něho vyplývá, že byly zjištěny statisticky neprůkazné rozdíly mezi testovanými odrůdami cukrové řepy, kdy nejnižší energetickou produkci chrástu měla odrůda Kiringa (102,76 GJ·ha⁻¹) a na straně druhé nejvyšší odrůda Labonita (130,49 GJ·ha⁻¹). Nejvyšší energetická produkce bulv byla shodně jako v případě chrástu zjištěna u odrůdy Labonita, kdy stanovená hodnota činila 404,87 GJ·ha⁻¹. Naopak nejnižší hodnota této charakteristiky byla zjištěna u odrůdy Danuška (298,90 GJ·ha⁻¹). Uvedené rozdíly jsou statisticky průkazné. Pokud je hodnocena celková energetická produkce celých rostlin, je možné konstatovat, že statisticky průkazně nejvyšší hodnotu měla odrůda Labonita (535,36 GJ·ha⁻¹) a nejnižší odrůda Danuška (421,15 GJ·ha⁻¹), jak dokládá obr. 2. Vypočítaný energetický zisk byl vyšší než průměrná hodnota uváděná pro cukrovou řepu 267,1 GJ·ha⁻¹ (2). Rozdíl je dán technologií pěstování a nižšími energetickými vstupy. V případě odrůdy Danuška byl energetický zisk srovnatelný s kukuřicí (22).

Jelikož byla u všech pokusných genotypů užitá stejná pěstitelská technologie, byly i energetické vstupy shodné (33,21 GJ·ha⁻¹). Z toho vyplývá, že i nejvyššího energetického zisku bylo docíleno u odrůdy Labonita (502,00 GJ·ha⁻¹) a nejnižšího u odrůdy Danuška (387,94 GJ·ha⁻¹), viz tab. III. Z těchto výsledků vyplývá průkazný vliv genotypu na sledované energetické parametry, které jsou dány nejenom obsahem energie v rostlinných orgánech, ale také výši výnosu hlavního a vedlejšího produktu. Energetická produkce byla nižší, než ve své práci uvádějí HNILÍČKA ET AL. (18) a KOGA (21). Rozdíl je zřejmě dán nejenom výši výnosu hlavního a vedlejšího produktu, ale také obsahem energie na jednotku sušiny. PULKRÁBEK ET AL. (23) uvádějí hodnoty 240 GJ·ha⁻¹, avšak podotýkají, že v pokusech lze dosáhnout dvojnásobné hodnoty, toto tvrzení bylo potvrzeno v našem měření. V pokusu bylo dosaženo vyšších hodnot energetického zisku, než uvádějí REINEKE ET AL. (2), kteří dosáhli energetického zisku 244,60 GJ·ha⁻¹.

Jedním z ukazatelů efektivnosti vstupů energie je měrná spotřeba energie. Tato veličina představuje podíl celkové spotřeby energie na jednotku konečné produkce (brutto energie). Měrná spotřeba energie pro hlavní produkt nabývala hodnot od 0,08 (Labonita) do 0,11 (Danuška). Pro vedlejší produkt byla v rozmezí hodnot

0,25 (Labonita) až 0,32 (Kiringa). Z hlediska celé rostliny byly naměřeny hodnoty od 0,06 (Labonita) do 0,08. Vztaheno na průměrnou hodnotu, potřebujeme 0,07 GJ·ha⁻¹ energetických vstupů k vytvoření 1 GJ·ha⁻¹ v podobě energetického výstupu, jak dokumentuje tab. III. Podle REINEKE ET AL. (2) je energetická náročnost ve výši 0,0874 a podle STRAŠILA A HOMOLKY (24) pak 0,190. Toto rozpětí hodnot bylo potvrzeno pro hlavní produkt, v případě chrástu byla energetická náročnost vyšší. Tento rozdíl je dán nejenom výší výnosu, ale také obsahem energie v jednotlivých orgánech.

Další z metod energetického hodnocení výroby je energetická efektivnost, která udává, kolik energie vytvoří plodina na jednotku energetického vstupu. Energetická efektivnost pro hlavní produkt nabývala hodnot od 9,00 (Danuška) do 12,19 (Labonita). V rámci energetické efektivnosti vedlejšího produktu bylo dosaženo hodnot od 3,09 (Kiringa) do 3,92 (Labonita). Energetická efektivnost pěstování celých rostlin cukrové řepy byla v intervalu hodnot od 12,68 (Danuška) do 16,12 (Labonita), viz tab. III. Obdobné výsledky energetické efektivnosti uvádějí také REINEKE ET AL. (2) a VELEBIL ET AL. (20). V souladu s prací STRAŠILA (13) je možné konstatovat, že jedním z kritérií úspěšného pěstování energetických a průmyslových plodin se považuje poměr 10 jednotek získané energie na jednu vloženou.

Závěr

Na základě vypočtených hodnot energetického výnosu lze konstatovat, že existují genotypové rozdíly v této charakteristice, neboť odrůda Danuška měla nižší energetický výnos v porovnání s odrůdou Victor. Výsledky energetické bilance potvrdily statisticky průkazný rozdíl mezi odrůdami, neboť nejnižší měrná spotřeba energie byla stanovena u odrůdy Labonita a nejvyšší u odrůdy Danuška. V případě energetické efektivnosti pěstování cukrové řepy je možné konstatovat, že nižší efektivitu vykazuje pěstování odrůdy Danuška a vyšší efektivitu odrůda Labonita. Na základě vypočtených hodnot energetické bilance pěstování cukrové řepy se jako energeticky efektivnější jeví pěstování odrůdy Labonita (N/NV typ).

Tato práce byla zpracována na základě výsledků řešení S projektu MŠMT ČR.

Souhrn

V práci byl hodnocen vliv genotypu na energetickou bilanci pěstování cukrové řepy. Do pokusu bylo zařazeno 5 odrůd cukrové řepy: Kiringa, Pohoda, Victor, Danuška a Labonita, které byly pěstovány konvenčním způsobem na farmě Dolany u Jaroměře (okr. Náchod). Ze získaných výsledků hodnot spalného tepla je patrné, že obsah energie chrástu je nižší v porovnání s netto energií bulev. Energetická produkce nabývala hodnot od 535,36 GJ·ha⁻¹ (Labonita) do 421,15 GJ·ha⁻¹ (Danuška). Výsledky energetické bilance potvrdily statisticky průkazný rozdíl mezi genotypy. Měrná spotřeba energie byla v rozmezí hodnot od 0,0621 (Labonita) do 0,0789 (Danuška). Energetická efektivnost pěstování cukrové řepy byla v intervalu hodnot od 12,68 jednotek (Danuška) do 16,12 jednotek (Labonita). Na základě vypočtených hodnot energetické bilance pěstování cukrové řepy se jako energeticky efektivnější jeví pěstování odrůdy Labonita (N/NV typ).

Klíčová slova: cukrová řepa, odrůdy, obsah energie, energetická bilance, výnos.

Literatura

- CASTOLDI, N.; BECHINI, L.: Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *European Journal of Agronomy*, 2010 (1), s. 59–72.
- REINEKE, H. ET AL.: Analysing the energy balances of sugar beet cultivation in commercial farms in Germany. *European Journal of Agronomy*, 2013 (2), s. 27–38.
- SINGH, G. ET AL.: Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, 2004 (3), s. 453–465.
- OZKAN, B. ET AL.: Energy input/output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 2004 (29), s. 39–51.
- MOHAMMADI, A. ET AL.: Energy use and economical analysis of potato production in Iran, a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*, 2008 (49), s. 3566–3570.
- UNAKITAN, G. ET AL.: An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy*, 2010 (35), s. 3623–627.
- RITSCHLOVÁ, I. ET AL.: *Statistická ročenka České republiky 2017*. 1. vyd., Praha: Astron, 2017, 823 s., ISBN 978-80-250-2778-3.
- TZILIVAKIS, J. ET AL.: An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 2005 (85), s. 101–119.
- PULKRÁBEK, J.; URBAN, J.: *Inovační trendy v pěstování cukrovky a její využití na biolíb*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2008, 28 s., ISBN 978-80-7271-195-6
- VELEBIL, J. ET AL.: Mass yield of biochar from hydrothermal carbonization of sucrose. *Research in Agricultural Engineering*, 2016 (4), s. 179–184.
- ČSN ISO 1928 (441352) – *Tuhá paliva – Stanovení spalného tepla kalorimetrickou metodou v tlakové nádobě a výpočet výbřevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 1999, 48 s.
- PREININGER, M.: *Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě*. Metodika ÚVTIZ, č. 7, 1987.
- STRAŠIL, Z.: *Pěstování a využití energetický a průmyslových plodin v soustavě hospodaření na půdě pro energetické a průmyslové účely*. ZZ Mze ČR, NAZV, VÚRV Praha, 1995.
- HNILČKA, F. ET AL.: Genotypové rozdíly v obsahu energie krmné řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 127, 2011 (1), s. 26–29.
- HONSOVÁ, H. ET AL.: Technologies and Varieties of Fodder Beet in Organic Farming. In NOKKOUL, R. (ED.): *Research in Organic Farming*. 1. vyd., InTech., 2011, s. 71–10, ISBN 978-953-307-381-1.
- STRAŠIL, Z.: Využití kalorimetrického měření pro potřeby rostlinné výroby. In: *Mezinárodní slovenský a český kalorimetrický seminář*. Ostrava: Ostravská univerzita, 1998, s. 39–40.
- URBAN, J. ET AL.: Obsah energie v bulvách a chrástu cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 122, 2005 (9–10), s. 282–285.
- HNILČKA, F. ET AL.: Energetická bilance pěstování cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 125, 2009 (9), s. 260–266.
- ERDAL, G. ET AL.: Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 2007 (32), s. 35–41.
- ASGHARIPOUR, M. R. ET AL.: Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, 2012 (44), s. 1078–1084.
- KOGA, N.: An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugar beet. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008 (1–4), s. 101–110.
- BOEHMEL, C.; LEWANDOWSKI, I.; CLAUPEIN, W.: Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. *Agricultural Systems*, 96, 2008, s. 224–236.
- PULKRÁBEK, J. ET AL.: Pěstování cukrové řepy a její vliv na životní prostředí. *Listy cukrov. řepář.*, 127, 2011 (2), s. 57–62.
- STRAŠIL, Z.; HOMOLKA, P.: Energetické toky a energetické bilance v různých úrovních ekosystému, v zemědělství a využití kalorimetrických metod při bilancování. In: *27. Mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2005, s. 51–60.

**Hnilička F., Hniličková H., Kukla J., Kejzlar T., Kuklová M.:
Analysing Energy Balances of Cultivation of Five Sugar
Beet Varieties**

This work evaluates the effect of genotype on the energy balance of sugar beet cultivation. The experiment included 5 varieties of sugar beet: Kiringa, Pohoda, Victor, Danuška and Labonita that were grown in a conventional manner on a farm in Dolany by Jaroměř (dist. Náchod). From the results of the calorific value it is apparent that the energy content of tops is lower compared with the net energy of roots. Statistical differences were detected in fresh weight and dry weight between the main and secondary product. Energy production rated from 535.6 GJ ha⁻¹ (Labonita) to 421.15 GJ ha⁻¹ (Danuška). Energy balance results confirmed a statistically significant difference in the genotypes. Specific energy consumption was in the range from 0.0621 (Labonita) to 0.0789 (Danuška). Energy efficiency of

sugar beet cultivation was in the interval from 12.68 units (Danuška) to 16.12 units (Labonita). Based on the calculated values of the energy balance of sugar beet cultivation, Labonita variety seems to be energetically most efficient.

Key words: sugar beet, cultivars, energy content, energy balance, yield.

Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. František Hnilička, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra botaniky a fyziologie rostlin, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: hnilicka@af.czu.cz