

Spotřeba energie v systémech pěstování cukrové řepy v Polsku

ENERGY CONSUMPTION OF SUGAR BEET CULTIVATION SYSTEMS IN POLAND

Józef Gorzelany¹, Lesław Zimny², Adam Zych²¹Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Rzeszów, Polsko²Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Wrocław, Polsko

Podle průzkumu z roku 2012 se v Polsku pěstuje cukrová řepa na rozloze 192 075 ha. Převládající technologií pěstování řepy byl konvenční systém s orbou (85,9 % osevních ploch), ke hnojení se používal hnůj (31,2 % plochy) a konzervační technologie zpracování půdy se používaly na 13 % polské výměry cukrové řepy (1).

Důvody pro zjednodušení pěstební technologie jsou snížení spotřeby paliva a energie, snížení počtu přejezdů a tím i větší ekonomická i energetická efektivita. Zároveň to napomáhá ochraně půdy proti erozi (2, 3, 4). NOWAKOWSKI (5) odhadl, že se půdoochranný systém zpracování půdy používá na 15 % osevních ploch cukrové řepy v Polsku. Komplexní průzkumná studie (1) umožnila určit podíl jednotlivých pěstebních systémů na celkové výměře pěstování cukrové řepy. Podle údajů z průzkumu jen ve Velkopolském vojvodství představuje setí cukrové řepy do mulče (půdoochranná technologie) 26,8 % osevní plochy této plodiny.

Cílem našeho výzkumu bylo stanovení energetických vstupů u 16 technologií pěstování cukrové řepy.

Metodika

Řepným oddělením cukrovarnických společností působících na polském trhu byl rozeslán dotazník o systémech pěstování cukrové řepy. Kompletní dokumentace a údaje o technologiích pěstování cukrové řepy byly získány ode všech vlastníků zemědělských podniků (35 000) působících v Polsku. Metodika a příklad dotazníku jsou uvedeny v článku ZIMNYHO, ZYCHA A WACLAWOWICZE (1). Na základě dat získaných z dotazníků, z literatury a z vlastního výzkumu, s použitím metod vyvinutých Institutem wystawy, mechanizace a elektryfikace zemědělství (IBMER – Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa) (6, 7), byla vypočtena struktura energetických vstupů v rámci zkoumaných systémů. Dále byly zahrnuty vybrané ukazatele kumulované spotřeby energie, které lze nalézt v literatuře (7, 8). Na základě zjištěných výnosů a průměrné cukernatosti bulev byla vypočtena energetická efektivita produkce pro 16 pěstebních systémů.

Tab. II. Spotřeba energie v systémech pěstování cukrové řepy

Agrotechnická operace	Konvenční pěstování							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Spotřeba energie (MJ.ha ⁻¹)							
Zpracování půdy	1 940	1 940	1 940	1 940	2 140	2 140	2 140	2 140
Setí	740	1 790	1 790	740	740	1 790	1 790	740
Hnojení	23 720	13 940	23 720	13 940	23 720	13 940	23 720	13 940
Ochrana	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930
Skližeň	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815
Energetická hodnota úrody (MJ.ha ⁻¹)	205 905	194 775	205 905	139 125	166 950	166 950	180 863	139 125
Spotřeba energie na produkci kořene (MJ.ha ⁻¹)	33 145	24 415	34 195	23 365	33 345	24 615	34 395	23 565
Spotřeba energie na jednotku plodiny (MJ.t ⁻¹)	448	349	462	467	556	410	529	471
Energetická efektivita	6,21	7,98	6,02	5,95	5,01	6,78	5,26	5,90
Pořadí	10	4	11	12	15	9	14	13

Zkoumané systémy pěstování cukrové řepy: 1 – tradiční (podzimní orba, zaorání organického hnojiva), 2 – podzimní zaorání meziplodiny, 3 – podzimní zaorání hnoje a meziplodiny, 4 – tradiční (pouze podzimní orba), 5 – jarní orba s organickým hnojivem, 6 – jarní orba s meziplodinou, 7 – jarní orba s organickým hnojivem a meziplodinou, 8 – pouze jarní orba

Ukazatel energetické efektivity byl pro zkoumané technologie pěstování cukrové řepy vypočten jako poměr mezi celkovým množstvím energie získaným z výnosu řepy (kořene) a celkovou spotřebou energie pro její výrobu v každém pěstebním systému.

Vzhledem k tomu, že stejné zemědělské postupy mohou být prováděny s použitím různých strojů a zařízení, použili jsme k porovnání jednotlivých pěstebních systémů stejné soubory strojů a zařízení. V případě předsetové přípravy půdy a přímého výsevu osiva řepy v konkrétních systémech půdoochranného zpracování půdy, resp. u bezorebného systému byly použity různé sestavy strojů vhodné pro každou konkrétní technologii. V případě pásového zpracování půdy byly použity sestavy Striger a Czajkowski ST-450. U čtyř ze zkoumaných systémů konvenčního zpracování půdy, kde byl použit koňský hnůj (20 t.ha⁻¹), byl energetický vstup proti hnojení strojenými hnojivy snížen.

Tab. I. Vybrané provozní parametry strojů a zařízení

Č.	Stroj	Výkon traktoru (kW)	Výkon za hodinu (ha.h ⁻¹)	Spotřeba paliva (kg.ha ⁻¹)
1	Kypřič pro zpracování strniště	122	3,1	8,4
2	Pluh pro hlubokou orbu	100	0,9	14,2
3	Válec	60	2,1	4,3
4	Kombinátor	100	3,4	5,9
5	Kombinátor se secím strojem	122	3,1	6,8
6	Rozmetadlo hnoje	60	0,3	29,0
7	Rozmetadlo strojeného hnojiva	62	5,6	1,6
8	Tradiční přesný secí stroj	100	1,4	8,3
9	Přesná sečka pro přímý výsev	62	1,4	7,1
10	Řádková sečka	60	2,8	2,6
11	Postřikovač	62	4,5	2,1
12	Pásový kultivátor STRIGER	200	3,4	8,2
13	Pásový kultivátor ST-450	200	1,6	17,0
14	6řádkový sklizeč ROPA	440	1,3	26,3

Výsledky průzkumu a výpočtů

Získané a vypočtené hodnoty efektivity jednotlivých strojů a jejich sestav i spotřeba PHM těchto strojů a sestav jsou shrnuty v tab. I. Na základě analýzy celkové spotřeby energie v systémech pěstování cukrové řepy lze říci, že se hodnoty spotřeby pohybovaly od 21 675 MJ.ha⁻¹ u bezorebné technologie do 34 395 MJ.ha⁻¹ u konvenčního pěstování s jarní orbou (zaorání hnoje s meziplodinou) (tab. II.).

V přepočtu na výnos kořene byla nejnižší hodnota spotřeby energie při produkci cukrové řepy zaznamenána u jarního pásového zpracování půdy s použitím sestavy typu Czajkowski ST-450 (319 MJ.t⁻¹).

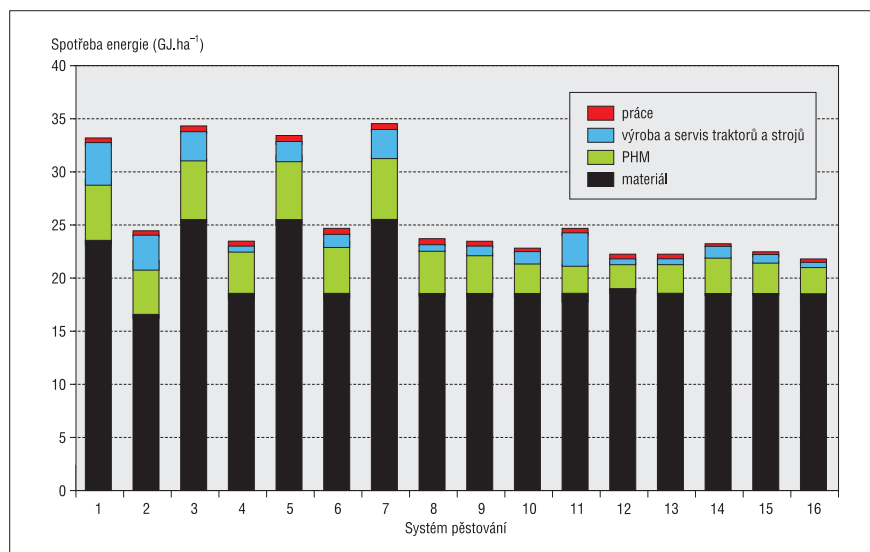
Na základě údajů o průměrných výnosech v každé pěstební technologii a o průměrné cukernatosti bulev (17,5 %) byla vypočtena energetická efektivita produkce cukrové řepy. Zjištěné

Tab. II. Spotřeba energie v systémech pěstování cukrové řepy – pokračování

Agrotechnická operace	Půdoochranné zpracování					Pásově zpracování		Bezorebné
	9	10	11	12	13	14	15	16
Spotřeba energie (MJ.ha ⁻¹)								
Zpracování půdy	900			440	440	770		
Setí	1 790	2 040	3 865	990	990	1 670	1 670	990
Hnojení	13 940	13 940	13 940	13 940	13 940	13 940	13 940	13 940
Ochrana	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930	3 930
Sklizeň	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815	2 815
Energetická hodnota úrody (MJ.ha ⁻¹)	194 775	180 863	175 298	161 385	153 038	194 775	194 775	111 300
Spotřeba energie na produkci kořene (MJ.ha ⁻¹)	23 375	22 725	24 550	22 115	22 115	23 125	22 355	21 675
Spotřeba energie na jednotku plodiny (MJ.t ⁻¹)	334	350	390	381	402	330	319	542
Energetická efektivita	8,33	7,96	7,14	7,30	6,92	8,42	8,71	5,13
Pořadí	3	5	7	6	8	2	1	16

Zkoumané systémy pěstování cukrové řepy: 9 – půdoochranné zpracování se zbytky meziplodiny ponechanými do jara, tradiční setí po mělké přípravě v mulči, 10 – půdoochranné zpracování se zbytky meziplodiny ponechanými do jara, přímý výsev do mulče, 11 – půdoochranné zpracování s meziploinou, např. ozimým žitem nebo vikví, chemicky zlikvidovanou před setím nebo po něm, 12 – půdoochranné zpracování s výsevem do slaměného mulče mělce zapracovaného do půdy, 13 – půdoochranné zpracování s výsevem do mulče, 14 – podzemní pásové zpracování, 15 – jarní pásové zpracování, 16 – přímý výsev na strniště

Obr. 1. Struktura spotřeby energie podle jednotlivých kategorií ve zkoumaných systémech pěstování cukrové řepy v Polsku



hodnoty byly vysoké a pohybovaly se od 5,13 u bezorebního systému po 8,71 v případě jarního pásového zpracování půdy. Ve struktuře použitých energetických vstupů ve zkoumaných systémech pěstování představoval největší podíl materiál (obr. 1.). Energetické vstupy ve formě materiálu se pohybovaly od 16 510 MJ.ha⁻¹ do 23 450 MJ.ha⁻¹. Představovalo to až 67,2 %

celkových energetických vstupů v případě konvenčního systému s jarní orbou se zaoráním mezplodiny a 76,2 % v případě bezorební technologie. V rámci spotřeby energie na produkci představovala značný podíl spotřeba pohonných hmot (PHM) a energie potřebná pro výrobu a údržbu traktorů a pracovních strojů. Průměrná hodnota energie spotřebované ve formě PHM byla 3 841 MJ.ha⁻¹ (14,9 %), energetické vstupy do výroby strojů a nářadí pak 3 404 MJ.ha⁻¹ (13,2 %). Pokud jde o agrotechnické zásahy prováděné v rámci jednotlivých pěstebních technologií, nejvyšší celková spotřeba energie byla zjištěna u hnojení (tab. II.). Ve čtyřech technologických postupech s použitím koňského hnoje byl celkový energetický vstup do hnojení 23 720 MJ.ha⁻¹, což představuje 70 % celkové spotřeby energie na výrobní proces. V ostatních systémech představovalo hnojení 59,7 % spotřeby energie. Hodnoty spotřeby energie na orbu, předsetovou přípravu a setí se v různých zkoumaných systémech lišily. Nejvyšší hodnoty spotřeby energie na zpracování půdy a setí plodiny byly zjištěny u konvenčních technologií s jarní orbou vč. zaorání mezplodiny, příp. současně mezplodiny a hnoje: 3 930 MJ.ha⁻¹.

Obr. 2. Stroj Czajkowski ST-450



Diskuse

Získané výsledky obdobně jako u JACOBSE ET AL. (5) ukázaly, že cukrová řepa je jednou z energeticky nejnáročnějších plodin používaných v osevních postupech ve Střední Evropě. Byla zjištěna obdobná energetická náročnost cukrové řepy jako ve studiích KOGY (9) – 32 970 MJ.ha⁻¹ a ERDALA ET AL. (10) – 39 686 MJ.ha⁻¹. Z výzkumu uvedených autorů rovněž vyplynulo, že na celkovou spotřebu energie pro pěstování cukrové řepy má velký vliv spotřeba umělých hnojiv. To potvrdila i naše studie. Mezi 13 zkoumanými systémy pěstování cukrové řepy ve Velké Británii se spotřeba energie pohybovala v rozmezí 15 720–25 940 MJ.ha⁻¹ (11). V případě čtyř tradičních pěstebních technologií bez přidání hnoje byla spotřeba energie na produkci bulev cukrové řepy v průměru 23 990 MJ.ha⁻¹.

Dle studie GORZELANYHO, ZAGULY A ZARDZEWIALHO (2) se spotřeba energie při produkci cukrové řepy mezi zkoumanými technologiemi lišila: 44 892,2 MJ.ha⁻¹ při konvenčním pěstování, 35 752,0 MJ.ha⁻¹ při zaorání meziplodiny, v případě setí po půdoochranné přípravě půdy pak byla 23 827,6 MJ.ha⁻¹. Energetická efektivita jednotlivých systémů pěstování cukrové řepy byla 7,3 v případě půdoochranného zpracování, 5,4 u technologie se zaoráním meziplodiny a 3,8 v případě konvenčního pěstování.

Lze vyslovit závěr, že pásové a půdoochranné zpracování půdy (tedy upuštění od tradiční orby) vede ke snížení energetických vstupů, jak prokázaly i výzkumy NOWATZKIHO ET AL. (12) a SCHULZE-LAMMERSE A SCHIMITTMANNA (13). Přejít na méně energeticky náročné systémy pěstování vede také ke snížení negativního dopadu zemědělství na životní prostředí. Nárůst konkurence na trhu a cen energií vede k zavádění nových technologií, např. multifunkčního nářadí a strojů, i nových zdrojů energie pro pěstování cukrové řepy. V tomto článku je uvedena řada příkladů, např. systém půdoochranného zpracování půdy, bezorební technologie a pásové zpracování s použitím zahraniční mechanizace pro pásové zpracování od firem Köckerling, Carre, Kuhn, Duro France či Kverneland a mechanizace vyráběné v Polsku – Czajkowski ST-450 (obr. 2.) a ST-600 – nebo strojů společnosti Agro-Line.

Závěry

1. U posuzovaných pěstebních technologií se hodnoty energetických vstupů do produkce cukrové řepy lišily; celková spotřeba energie se pohybovala od 21 675 MJ.ha⁻¹ u bezorebního systému do 34 395 MJ.ha⁻¹ u konvenčního pěstování se zaoráním hnoje společně s předplodinou.
2. Energetická efektivita produkce cukrové řepy byla u některých systémů vysoká; 5,13 v případě bezorebního systému a 8,71 u pásového zpracování půdy.

3. V rámci struktury energetických vstupů do produkce cukrové řepy připadl nejvyšší podíl na materiál; od 68,2 % u konvenčního pěstování s jarní orbou a zaoráním meziplodiny po 76,1% u bezorebního systému.
4. Mezi agrotechnickými zásahy byla v rámci pěstování nejvyšší hodnota celkové spotřeby energie zjištěna u hnojení. V systémech s použitím hnoje byla spotřeba energie 23 720 MJ.ha⁻¹, což představovalo 70,2 % celkového energetického vstupu do produkce cukrové řepy.

Souhrn

Cílem výzkumu bylo vyhodnotit 16 vybraných systémů pěstování cukrové řepy z hlediska jejich používání v zemědělské praxi v Polsku. V roce 2012 byl řepným oddělením všech cukrovarnických společností v Polsku zaslán dotazník s cílem získat podklady pro výpočet energetických vstupů. Studie se zaměřila na určení typu a počtu agrotechnických zásahů, analýzu energetických vstupů členěných mezi práci, pohonné hmoty, materiál a suroviny, jakož i používání vybraných strojů v konkrétních systémech pěstování cukrové řepy. Mezi zkoumanými pěstebními technologiemi byla zjištěna i rozdílná spotřeba energie vztažená na hektar cukrové řepy a na tunu vyprodukovaných bulev. Celková spotřeba energie se pohybovala od 21 675 MJ.ha⁻¹ v bezorebním systému po 34 395 MJ.ha⁻¹ u tradičního pěstování se zaoráním hnoje s předplodinou. Z výsledků vyplývají rozdílné, avšak vysoké hodnoty ukazatele energetické efektivity jednotlivých systémů: od 5,13 (bezorební systém) po 8,71 (pásové zpracování). Ve struktuře energetických vstupů představoval nejvyšší podíl materiál použitý v procesu pěstování cukrové řepy: 68,2–76,1 % celkové spotřeby energie.

Klíčová slova: cukrová řepa, pěstební technologie, průzkum, spotřeba energie.

Literatura

1. ZIMNY, L.; ZYCH, A.; WACLAWOWICZ, R.: Systemy uprawy buraka cukrowego w Polsce w badaniach ankietowych. *Zeszyty Problematyki Postępów Nauk Rolniczych*, 581, 2015, s. 135–145.
2. GORZELANY, J.; ZAGUŁA, G.; ZARDZEWAŁY, M. Efektywność produkcji buraków cukrowych w wybranych gospodarstwach na Podkarpaciu. *Inżynieria Rolnicza*, 133, 2011 (8), s. 143–151.

ROZHLEDY

Moller D.

Jaký je minimální počet operátorů, kteří řídí cukrovar (*What is the minimum number of operators required to operate a sugar mill*)

Při návrhu nového cukrovaru, který bude využívat nejmodernější dostupné technologie, je nutno řešit i počet operátorů, kteří budou takový cukrovar řídit. Za ustáleného provozu mohou řídit tři operátoři, samozřejmě v záloze musí být připraveni ti, kteří budou schopni řešit poruchy provozu a opravy. Studie neřeší náklady spojené s programováním a automatizací provozu cukrovaru.

Int. Sugar J., 119, 2017, č. 1422, s. 454–459.

Kadlec

3. LAUFER, D. ET AL.: Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe. *Soil Tillage Research*, 162, 2016, s. 1–7.
4. ŠAŘEC, P. ET AL.: Analiza produkcji buraka cukrowego w zależności od różnych technologii przygotowania roli. *Inżynieria Rolnicza*, 110, 2009 (1), s. 273–280.
5. NOWAKOWSKI, M.: Przydatność górczycy białej i rzodkwi oleistej jako mulczu, nawozu i czynnika ochrony fitosanitarnej w uprawie buraka cukrowego. In *Monografie i Rozprawy Naukowe*, 43, 2013.
6. ANUSZEWSKI, R.; PAWLAK, J.; WÓJCICKI, Z.: *Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych*. Warszawa, 1979.
7. WÓJCICKI, Z.: *Wyposażenie i nakłady materiałowo energetyczne w rolniczych gospodarstwach rolniczych*. Warszawa: IBMER, 2008.
8. BANASIAK, J. ET AL.: *Agrotechnologia*. Warszawa, 1999.
9. 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*, 125, 2008 (1–4), s. 101–110.
10. ERDAL, G. ET AL.: Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32, 2007 (1), s. 35–41.
11. 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*, 85, 2005, s. 101–119.
12. NOWATZKI, J. ET AL.: *Strip Till for Field Crop Production*. NDSU. North Dakota. 2011.
13. SCHULZE-LAMMERS, P.; SCHMITTMANN, O. Strip-till seeder for sugar beets. *Landtechnik*, 69, 2014 (3), s. 139–142.
14. JACOBS A. ET AL.: Silage maize and sugar beet for biogas production in crop rotations and continuous cultivation – energy efficiency and land demand. *Field Crops Research*, 2016, doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.008.

Gorzelań J., Zimny L., Zych A.: Energy Consumption of Sugar Beet Cultivation Systems in Poland

The study aimed at evaluating 16 selected sugar beet growing systems in terms of their use in Polish agriculture. In 2012, a survey was sent out to units responsible for raw material quality of all sugar manufacturing companies in Poland, to obtain basic data necessary for calculating energy input. The study focused on identifying the type and number of applied treatments, analysing energy inputs in terms of labour, fuel, supplies, and raw materials, as well as the use of certain machines in specific sugar beet cultivation systems. Energy inputs per hectare of sugar beet and per tonne of produced beetroot were significantly different between growing systems. The total energy input per 1 ha ranged from 21,675 MJ ha⁻¹ in the no-tillage system to 34,395 MJ ha⁻¹ in the traditional cultivation where manure and catch crop are ploughed in. The findings show varied, but high values of the chosen energy efficiency indicator for individual growing systems: these ranged from 5.13 (no-tillage) to 8.71 (strip-till). In the structure of energy inputs, supplies used in the process of sugar beet growing represented the largest share, accounting for 68.2% to 76.1% of the total energy input.

Key words: sugar beet, cultivation systems, survey, energy consumption.

Kontaktní adresa – Contact address:

Dr hab. inż. prof. Józef Gorzelań, University of Rzeszów, Faculty of Biology and Agriculture, Department of Food and Agriculture Production Engineering, 35-601 Rzeszów, ul. Zelwerowicza 4, Poland, e-mail: gorzela@ur.edu.pl