Vliv genotypu topinamburu na výtěžnost bioplynu a metanu

The influence of Jerusalem artichoke genotype on biogas and methane yield

Andrea SVOBODOVÁ[1], Jiří RUSÍN[2]

[1]*Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.*
[2]*VŠB-Technická univerzita Ostrava*

SVOBODOVÁ, A. – RUSÍN, J.
VLIV GENOTYPU TOPINAMBURU NA VÝTĚŽNOST BIOPLYNU A METANU
Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2022, *28*: 29–36

Slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) je zejména pěstována pro konzumní hlízy. Dominantou topinamburu je i velké množství nadzemní hmoty, která byla ve většině případů neefektivně likvidována bez dalšího využití. Rostliny dosahují výšky 2,0–3,0 m a výnos nadzemního materiálu se pohybuje v rozmezí 20,0-70,0 t/ha. Cílem projektu bylo za pomocí laboratorního testování zjistit produkci bioplynu a metanu. Zároveň ověřit optimální termín sklizně nadzemní biomasy. Byly vymezeny dva termíny sklizně s ohledem na optimální výnos nadzemní hmoty. Laboratorní testy potvrdily dostatečně vysoké hodnoty produkce plynu.

topinambur; metan; bioplyn

ÚVOD

Slunečnice topinambur pochází z území Jižní Ameriky. Do Evropy se dostal v 16. století. Topinambur řadíme do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*). V našich oblastech se rozmnožuje pouze vegetativně. Topinambur je nenáročný na prostředí. Snáší velmi dobře suché i vlhké polohy, hlízy v půdě nejsou poškozovány ani silnými mrazy. Rostliny dosahují výšky až tři metry. Je to rostlina krátkého dne a většina odrůd rozkvétá pozdě na podzim, takže plody (nažky) dozrávají jen v teplých oblastech (KASAL *et al*., 2016). S ohledem na vyšší produkci nadzemní biomasy lze topinambur využít na energetické zpracování. KASAL *et al*. (2013) uvádí, že důležitým parametrem pro energetické využití jsou produkční schopnosti nadzemní části jednotlivých odrůd topinamburu. Mezi jednotlivými odrůdami jsou značné rozdíly ve výšce nadzemní části rostlin. Průměrná výška natě se pohybuje od 1,8 do 3,0 m. ČÍŽEK *et al*. (2012) konstatuje, že výnos čerstvé nadzemní hmoty topinamburu se pohybuje na úrovni 25,0-70,0 t/ha v závislosti na odrůdě. Sušina nadzemní biomasy se pohybuje na úrovni 7,0–25,0 t/ha. Vzhledem k výnosové úrovni nadzemní hmoty lze topinambur

zařadit jako energetickou plodinu a nadzemní část zpracovat v procesu anaerobní digesce. Anaerobní digesce jakožto anaerobní proces zahrnující degradaci organického materiálu mikroorganismy za podmínek bez přístupu vzdušného kyslíku vede k produkci bioplynu obsahujícího zejména metan a oxid uhličitý. Obnovitelný zdroj energie, například rostlinná hmota, je procesem přeměněn na plynné biopalivo, které lze využít k výrobě tepelné a elektrické energie nebo např. pro pohon vozidel. Biozplynování odpadů a nezkrmitelných zbytků ze zemědělství, bioodpadů z průmyslu, biofrakce komunálního odpadu, zahuštěných čistírenských kalů se v posledních letech stalo jedním z nejatraktivnějších způsobů získávání obnovitelné energie (SCARLAT *et al*., 2018). V poslední době jsou hledány alternativní plodiny a zároveň se upírá pozornost ke správnému načasování sklizně, která má zcela zásadní dopad na konečný obsah živin a strukturu plodin, tím pádem i na kvalitu siláže a reálně dosaženou produkci bioplynu (AMON *et al*., 2006). Za perspektivní plodiny kromě kukuřice, která dnes představuje zhruba 76 % vstupního materiálu bioplynových stanic, jsou považovány čirok, žito nebo cukrová řepa (VÍTĚZ *et al*., 2013). EMMERLING a BARTON (2007) provedli srovnávací studii, která se zaměřila na výtěžnost a složení bioplynu u topinamburu. Srovnávací studie mezi laboratorní stanicí a provozní stanicí v praxi ukázala, že výsledky laboratorních experimentů jsou reálné a přenositelné do praxe. Výnosy bioplynu a konečné množství metanu byly mnohem vyšší u topinamburu ve srovnání s jinými energetickými plodinami. Průměrná výtěžnost bioplynu byla 1,222 ± 0,041 Nm^3 z kilogramu organické sušiny (VS) a střední výtěžnost metanu vůči teoretickému maximu byla 74,5 ± 2,5 %. Oba parametry tedy byly výrazně vyšší ve srovnání s ostatními zemědělskými kofermenty.

MATERIÁL A METODY

V letech 2021 a 2022 byla testována nadzemní hmota slunečnice topinamburu s ohledem na využití jako alternativního substrátu v bioplynových stanicích. Ve dvou po sobě jdoucích termínech byly odebrány vzorky natě topinamburu na pokusných pozemcích Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod, pro provedení technické a chemické analýzy a pro stanovení produkce bioplynu a metanu vsádkovými testy jednostupňové anaerobní digesce. Tyto testy jsou označovány jako BMP (Biochemical Methane Potential Test). Testy byly provedeny za mezofilních podmínek (40 °C) bez míchání a s dobou zdržení 40 dnů. Vzorek inokula (digestátu), respektive anaerobně fermentující suspenze ze zemědělské bioplynové stanice, byl pro každý z dílčích BMP testů zajištěn v den začátku daného testu. Materiál byl odebrán z 1. fermentoru bioplynové stanice Pustějov II (Zemspol Studénka a.s., Moravskoslezský kraj) zpracovávající zejména kukuřičnou siláž s hovězí kejdou. Inokulum v teplém stavu (30-35 °C) bylo transportováno a ihned upraveno do konzistence potřebné pro BMP test. Úprava spočívala ve snížení obsahu celkové sušiny (TS)

z cca 10 % hm. k 7 % hm. pomocí šnekového mlýnku RM Gastro TS-32 s matricí s otvory ∅ 3 mm. Množství inokula v testu: v každém reaktoru vždy 800 g. Vzorky slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*) byly vždy tvořeny natí, tedy celou nadzemní částí rostliny. Vzorky pocházely z experimentálního pěstování (VS Valečov, hon Malý mezník). Zde byly pěstovány 4 odrůdy (SKARLET, ZLATA, KARIN, RÚT). Diskontinuální mezofilní anaerobní testy digesce – testy biochemického metanového potenciálu (BMP) byly provedeny bez míchání suspenze v reaktorech. Použity byly skleněné láhvové reaktory o objemu 1 l se zábrusem 45/40 mm. Reaktory byly uzavřeny skleněnými plynoměrnými byretami o objemu 1,2 l. Postup měření principiálně vycházel z normy ČSN EN ISO 11734, avšak při použití volumetrické metody měření produkce bioplynu s použitím plynoměrných byret dle německé normy VDI 4630. Reaktory byly umístěny ve vodní lázni při teplotě 40 °C ± 0,5 °C. Plynoměrné byrety byly umístěny při teplotě laboratoře (20–23 °C). Celá aparatura byla umístěna v digestoři. Přepočet objemu plynu na normální podmínky vycházel z teploty laboratoře a místního barometrického tlaku. V každém testu byly vždy dva reaktory použity pro měření endogenní produkce bioplynu a metanu (produkce z inokula) a vždy dva reaktory pro konkrétní vzorek substrátu. Obsah H_2S byl měřen pro detekování možné inhibice sulfanem nebo sulfidy. Parametry pH, TS a VSTS byly stanoveny v inokulu a v substrátu, a také v digestátu po ukončení testu. Teoretická produkce bioplynu a metanu byla vypočtena z prvkového složení sušiny dle Buswellovy formule modifikované Richardsem pro případ, kdy uvolněný amoniak je rozpuštěn v suspenzi a ihned kompenzován uhličitanem vytvořeným z digescí produkovaného CO_2 (RICHARDS *et al*., 2022). Vyhodnocení všech získaných výsledků bylo provedeno statistickým softwarem Statistika.cz, kde byla nejprve ověřena homogenita rozptylů Levenovým testem homogenity a následně byly porovnány střední hodnoty rozptylů analýzou rozptylu (ANOVA).

VÝSLEDKY A DISKUSE

V následující Tab. 1 jsou uvedeny výsledky BMP testů v podobě naměřené produkce bioplynu a metanu, respektive i obsahu metanu v bioplynu. Produkce jsou vztaženy k hmotnostní jednotce organické sušiny materiálu. Na pravé straně tabulky jsou uvedeny teoretické maximální produkce bioplynu a metanu vypočtené z prvkového složení organické sušiny materiálu. Námi naměřené produkce bioplynu z natě topinamburu jsou výrazně vyšší, než hodnoty uváděné Škodou (ŠKODA *et al*., 2010). Pravděpodobně je to způsobeno především rozdílnou kvalitou inokula (digestát versus čistírenský kal) a dobou trvání testu (40 versus 25 dnů). Výsledky Škody také potvrzují domněnku, že z pohledu produkce bioplynu je nejhodnotnější částí topinamburu podzemní část rostliny. Toto zjištění by bylo vhodné ověřit. V obou případech sklizně se nejvyšší produkcí vyznačovala odrůda KARIN. Statistická průkaznost v měrné produkci metanu a bioplynu nebyla prokázána. U obou sledování byla

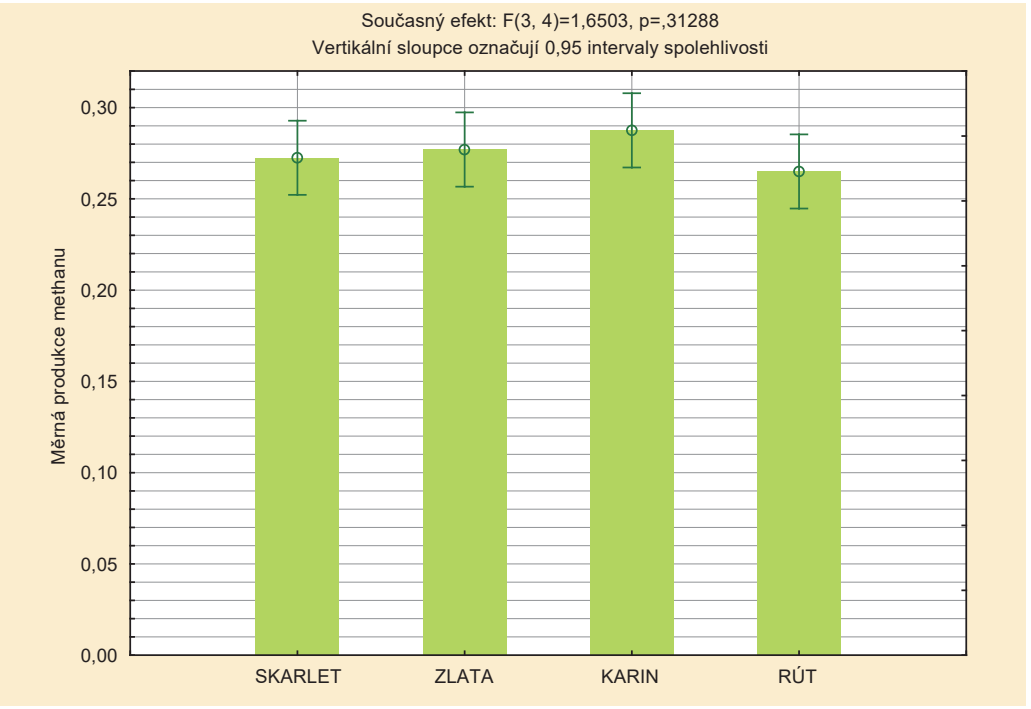
potvrzena nulová hypotéza na hladině významnosti 0,95. Tendenčně nejvyšší obsah metanu (Obr. 1) v průměru dvou sklizní měla odrůda Karin (0,29 $mN^3\ kgVS^{-1}$) a nejnižší obsah bioplynu byl zjištěn u odrůdy Rút (0,26 $mN^3\ kgVS^{-1}$). Obdobná situace byla u měrné produkce bioplynu (Obr. 2). Opět tendenčně vyšší obsah byl zaznamenán u odrůdy Karin (0,54 $mN^3\ kgVS^{-1}$) a nejnižší u odrůdy Rút (0,49 $mN^3\ kgVS^{-1}$).

Tab. 1: Naměřené a teoretické produkce bioplynu a metanu z natě topinamburu

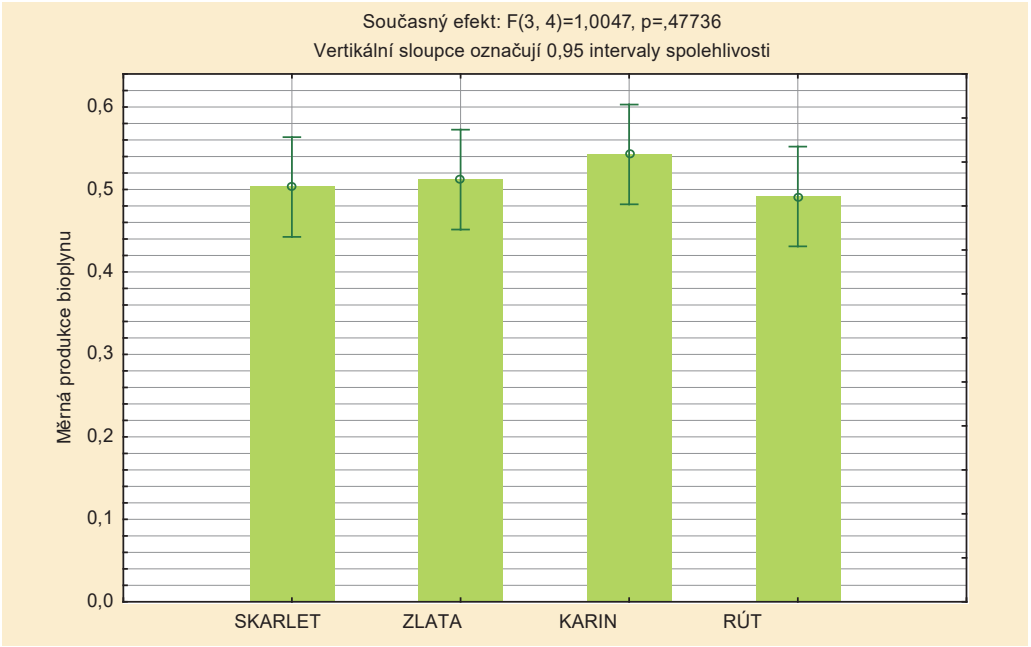
Substrát	**Měrná produkce bioplynu**	**Měrná produkce metanu**	Obsah CH_4 v bioplynu	**Teoretická produkce bioplynu**	Praktický výtěžek	**Teoretická produkce metanu**	Praktický výtěžek
	$m_N^3\ kg_{VS}^{-1}$	**$m_N^3\ kg_{VS}^{-1}$**	% obj.	**$m_N^3\ kg_{VS}^{-1}$**	%	**$m_N^3\ kg_{VS}^{-1}$**	%
MCC *	0,7313	0,3726	51	0,839	87	0,4196	89
Test I (topinambur sklizen 20. 7. 2021)							
Inokulum	0,124	0,069	55,8	1,039	12	0,566	12
SKARLET	0,477	0,263	55	0,942	51	0,484	54
ZLATA	0,483	0,266	55	0,93	52	0,474	56
KARIN	0,532	0,286	53,7	0,94	57	0,483	59
RÚT	0,475	0,264	55,6	0,933	51	0,484	54
Test II (topinambur sklizen 6. 9. 2021)							
Inokulum	0,124	0,068	55,1	1,031	12	0,564	12
SKARLET	0,529	0,282	53,3	0,931	57	0,49	58
ZLATA	0,541	0,288	53,1	0,931	58	0,492	58
KARIN	0,553	0,289	52,3	0,925	60	0,488	59
RÚT	0,508	0,266	52,4	0,938	54	0,487	55
Průměr dvou testů							
Inokulum	0,124	0,068	55,45	1,02	12	0,565	12
SKARLET	0,503	0,277	54,15	0,936	54	0,487	56
ZLATA	0,512	0,277	54,05	0,93	55	0,483	57
KARIN	0,532	0,287	53	0,932	58,5	0,485	59
RÚT	0,491	0,265	54	0,935	52,5	0,485	54

* MCC – mikrokrystalická celulóza – referenční substrát

Obr. 1: Vliv genotypu na produkci metanu ($mN^3\ kgVS^{-1}$)



Obr. 2: Vliv genotypu na produkci bioplynu ($mN^3\ kgVS^{-1}$)



ZÁVĚR

Všechny čtyři testované odrůdy slunečnice topinambur poskytly v laboratorním mezofilním testu v průměru produkci bioplynu blízkou hodnotě 0,5 mN^3 $kgVS^{-1}$. Výtěžek metanu během 40 dnů digesce dosáhl v průměru 55 % teoretického maxima. Obsah metanu v bioplynu činil průměrně 55 % obj. Organická hmota topinamburu je tedy natolik kvalitní, aby bylo možno s ní počítat pro zpracování v bioplynových stanicích. V sušině topinamburu je oproti kukuřici vyšší obsah minerálních látek, což může teoreticky pomáhat stabilitě anaerobního procesu. Nemělo by docházet ke zvýšenému zanášení fermentorů, neboť minerální podíl vzorků topinambur nebyl významně tvořen znečištěním hlínou.

LITERATURA

AMON, T. – KRYVORUCHKO, V. – HOPFNER-SIXT, K. – AMON, B. – RAMUCH, M. – MILOVANOVIC, D. – BODIROZA, V. – SAPIK, R. – ZIMA, J. – MACHMULLER, A. – ZOLLITSCH, W. – KNAUS, W. – FRIEDEL, J. – HRBEK, R. – POTSCH, E. – GRUBER, L. – STEINWIDDER, A. – PFUNDTNER, E. – WAGENTRISTL, H. (2006): Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergiewertsystem: Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

ČÍŽEK, M. – SVOBODOVÁ, A. – ČEPL, J. 2012: Vliv hnojení a sponu výsadby na výnos nadzemní biomasy a hlíz topinamburu. Úroda, *60*(12, vědecká příloha): 73-78.

EMMERLING, C. – BARTON, J. (2007). Anaerobní spoludigesce topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) a vlastnosti zbylého bioplynového hnoje. Archives of Agronomy and Soil Science, *53*(6): 683-690.

KASAL, P. – ČEPL, J. – ČÍŽEK, M. (2013): Metodika pro výběr optimálních technologických postupů pěstování topinamburu s důrazem na užitkový směr pěstování. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský. 21 s. ISBN 978-80-86940-45-8.

KASAL, P. – ŠIMKOVÁ, D. – SVOBODOVÁ, A. – MERUNKOVÁ, A. (2016): Pěstování a užití topinamburu u malopěstitelů a na zahrádkách. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský. 27 s. ISBN 978-80-86940-70-0.

SCARLAT, N. – DALLEMAND, J.F. – FAHL, F. (2018): Biogas – Developments and perspectives in Europe. Renewable Energy, 129: 457-472.

ŠKODA, A. – ZÁBRANSKÁ, J. – POKORNÁ, D. – DOHÁNYOS, M. (2010): Topinambur hlíznatý jako substrát pro bioplynové stanice. ISSN 1801-2655. Biom.cz [online]. 2010-07-21 [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: https://biom.cz/cz/odborne-claky/topinambur-hliznaty-jako-substrat-pro-bioplynove-stanice

VÍTĚZ, T. – GERŠL, M. – MAREČEK, J. – KUDĚLKA, J. – KRČÁLOVÁ E. (2013): Mineralogicko-chemická charakteristika fermentačních zbytků při výrobě bioplynu a možnosti jejich využití pro zlepšení vlastnosti půd. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/325087/MZE_fermentacni_zbytek_final_2013.pdf

PODĚKOVÁNÍ

Pěstební pokus vznikl na základě institucionální podpory v rámci „Dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace (DKRVO) 2018-2022“ schválené usnesením vlády ČR ze dne 8. února 2017 č. 107 s číslem MZE-RO1622.

Experimentální výsledky produkce bioplynu byly získány s využitím velké výzkumné infrastruktury ENREGAT podporované MŠMT, č. projektu LM2018098.

SVOBODOVÁ, A. – RUSÍN, J.
THE INFLUENCE OF JERUSALEM ARTICHOKE GENOTYPE ON BIOGAS AND METHANE YIELD
Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2022, *28*: 29–36
Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is especially grown for edible tubers. A large amount of aboveground mass is the dominant feature of Jerusalem artichoke, and this in most cases was inefficiently destroyed without further use. The plants reach the height of 2-3 m and yield of aboveground mass ranges between 20 and 70 t/ha. The aim of the project was to find out biogas and methane production using laboratory testing and at the same time to verify optimal date for harvesting aboveground biomass. Two harvest dates were chosen with regard to optimal yield of aboveground mass. Laboratory assays confirmed sufficiently high values of biogas production.

Jerusalem artichoke; methane; biogas

Kontaktní adresa:
Ing. Andrea SVOBODOVÁ, Ph.D.
Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.
Dobrovského 2366
580 01 Havlíčkův Brod
Česká republika
e-mail: svobodova@vubhb.cz