

# Uhlíková stopa při pěstování cukrové řepy

CARBON FOOTPRINT IN SUGAR BEET CULTIVATION

Josef Pulkrábek, Lucie Bečková, Vladimír Švachula

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Vliv člověka na přírodu narůstá. V současnosti se často mluví o změnách klimatu, které způsobuje přibývající množství skleníkových plynů v atmosféře. Ty se tam dostávají zejména spalováním fosilních paliv.

V roce 1972 se ve Stockholmu konala první světová konference o životním prostředí. Druhá konference se týkala udržitelného rozvoje a životního prostředí. Konala se v Rio de Janeiru v červnu 1992. Nejvýznamnějším pokusem řešit negativní změny klimatu a ovlivnit vypouštění skleníkových plynů byla třetí konference v Kjótu, kdy se 11. 12. 1997 dohodli zástupci 163 zemí na postupném snižování emisí v letech 2008 až 2012 oproti referenčnímu roku 1990. Navrhovatelé se v něm zavázali snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %.

Podle Kjótského protokolu se tato redukce vztahuje na skupinu šesti plynů, resp. jejich sdružené průměrné emise (v jednotkách tzv. uhlíkového ekvivalentu za pětileté období 2008–2012). Kromě oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), methanu ( $\text{CH}_4$ ) a oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ), jejichž emise budou přirovnávány k roku 1990, se závazek týká hydrofluoruhlovdíků (HFC), polyfluorovodíků (PFC) a fluoridu sírového ( $\text{SF}_6$ ), jejichž emise mohou být porovnávány buď s rokem 1990, nebo 1995.

Kjótské závazky potvrdily a aktualizovaly následné klimatické konference, nejnověji 42. klimatická konference v Katovicích

v roce 2018. Uvedené závazky nemusí být splněny pouze snížením emisí. Signatáři mohou také vytvářet a chránit tzv. propady uhlíku, tj. umožnit větší ukládání uhlíku v lesích či půdě, takže jejich čisté emise oxidu uhličitého (emise, od kterých je odečten nově uložený uhlík) se sníží.

Uvedené propady uhlíku jsou hlavní rezervoáry uhlíku na Zemi, počítáme mezi ně živé organismy, půdu a oceány. Všechny suchozemské organické propady pohltní ročně kolem 102 Gt uhlíku ve formě  $\text{CO}_2$  spotřebovaného fotosyntetickou asimilací (produkci organických molekul z  $\text{CO}_2$  a vody za spoluúčasti slunečního záření). Toto množství představuje přibližně 14 % celkového atmosférického uhlíku. Dýcháním uvedených organismů, tedy produkcí  $\text{CO}_2$ , se však necelá polovina takto vstřebaného uhlíku do atmosféry vrací.

Podle světových specialistů je současná průměrná globální teplota o 0,85 °C vyšší než ke konci 19. století a za poslední tři desetiletí neustále stoupá. Příčinou je rostoucí množství skleníkových plynů zapříčiněné vyšší mírou spalování fosilních paliv, odlesňování (absence pohlcování  $\text{CO}_2$  z atmosféry a pozitivního vlivu na podnebí), intenzivnější chov skotu (produkce methanu při trávení zvířat), hnojiva s obsahem dusíku emitující oxid dusný a freony (uvolňované plyny z chladicích zařízení a sprejů).

Obr. 1. Přihnojování s využitím N senzoru



Pokud se průměrná globální teplota zvýší o více než 2 °C v porovnání s teplotou před industriálním obdobím, znamenalo by to mnohem vyšší riziko, že nastanou nebezpečné a možná dokonce katastrofické změny v životním prostředí. Z tohoto důvodu se mezinárodní společenství shodlo na nezbytnosti udržet oteplení pod hranicí 2 °C.

#### *Uhlíková stopa – její velikost a možnosti snižování*

Měřítkem celkového množství emisí skleníkových plynů, které se uvolní během životního cyklu výrobku či služby, je tzv. uhlíková stopa (carbon footprint). Podle DESJARDINSE ET AL. (1) je uhlíková stopa rovněž měřítkem dopadu zemědělské produkce na změnu klimatu. Je nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb. O uhlíkové stopě se nemluví dlouho, teprve posledních pár let v souvislosti s veřejnou diskusí o klimatických změnách. Vyjadřuje množství skleníkových plynů, které odpovídají určité aktivitě či výrobku. Uhlíkovou stopu je možné stanovit na různých úrovních – národní, městské, individuální, či na úrovni podniku a výrobku (1, 2).

Uhlíková stopa produktů či výrobků tvoří součet emisí skleníkových plynů a jejich propadů v produkčním cyklu daných výrobků vyjádřená v ekvivalentech CO<sub>2</sub> (CO<sub>2e</sub>). Výchoziskem výpočtu je analýza produkčního cyklu výrobku, a je tak zohledněno jediné kritérium dopadu, jímž jsou v tomto případě celkové emise skleníkových plynů. Tyto emise jsou

produkovány a odstraňovány v rámci produkčního cyklu od získávání surovin, přes vlastní produkci, až po používání výrobku a likvidaci odpadů.

Podle MOUDRÉHO (3) primární zemědělská výroba (pěstování rostlin) není hlavním znečišťovatelem ovzduší. Tím je transport, zpracování primární produkce na hotové výrobky, jejich dlouhodobé skladování a příprava jídel.

V roce 2015 JIANG A YU (4) sledovali vliv zaorávky slámy a ukázalo se, že s intenzivnějším využitím slámy stoupají emise CO<sub>2</sub>. Mezi sledovanými dávkami ale nebyl statisticky významný rozdíl. Pro severovýchodní Čínu proto doporučují využívat slámu v dávce přibližně kolem 4 t·ha<sup>-1</sup> s doplněním anorganického hnojiva. Tato dávka je pro pěstování kukuřice považována za udržitelnou a z pohledu životního prostředí a emisí skleníkových plynů za relativně šetrnou pěstitelskou technologii.

Výsledky WANGA ET AL. (5) ukázaly, že dopady pěstování kukuřice na emise N<sub>2</sub>O lineárně poklesly s nárůstem dnů vegetace.

Uhlíková stopa (například jedince, instituce, státu, ekonomického odvětví, města nebo regionu, jakékoliv aktivity, a v neposlední řadě komodity, plodiny či produktu) se spočítá, sečteme-li množství vyprodukovaných skleníkových plynů ze všech aktivit, pěstitelských operací, použitých osiv, hnojiv, pesticidů, závlah atd. Obsah skleníkových plynů v atmosféře se zjistí podle spotřebované energie (například z množství spáleného benzínu či uhlí, spotřebované elektřiny atp.). K dispozici jsou na webových stránkách nejrůznější způsoby výpočtu a také řada

kalkulaček uhlíkové stopy (6). Jako příklad těchto uhlíkových kalkulaček uvádíme:

- uhlíková kalkulačka na stránkách Climate Care; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka na stránkách EU; jazyk: čeština,
- uhlíková kalkulačka na stránkách TESCO; jazyk: čeština,
- uhlíková kalkulačka na stránkách anglické společnosti Carbon Footprint, která se vztahuje rovněž na podmínky Česka; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka o na stránkách amerického environmentálního think tanku World Resource Institute (WRI), vztahuje se rovněž na podmínky Česka; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka americké společnosti Green Mountain Energy; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka na stránkách Agentury ochrany přírody USA; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka na stránkách mezinárodní nevládní organizace The Nature Conservancy; jazyk: angličtina,
- uhlíková kalkulačka na stránkách „virtuální“ společnosti The Global Development Research Center; jazyk: angličtina.

Další možnosti a způsoby, jak snižovat uhlíkovou stopu, lze nalézt v uhlíkové kalkulačce na stránkách EU. Kalkulačka přímo spočítá, kolik uhlíku se dá uspořit, pokud se budou provádět pravidelně některá jednoduchá opatření, např. při dopravě apod.

Odhad emisí skleníkových plynů při výrobě cukru je nezbytnou součástí každé studie udržitelnosti zemědělství (sustainable agriculture).

### *Možnosti ovlivňování uhlíkové stopy při pěstování cukrovky*

Snižovat uhlíkovou stopu můžeme mnoha různými způsoby. Základem je omezování plýtvání všeho druhu. Typy, jak snižovat uhlíkovou stopu, lze nalézt ve výše uvedených uhlíkových kalkulačkách. V poslední době se často objevuje také pojem „carbon neutral“. Český pojem se zatím neujal, řekněme tedy, že překlad zní „uhlíkově neutrální“. Znamená to aktivitu či produkt, jehož uhlíková stopa je rovna nule, je vyrovnána nějakou vyrovnávací aktivitou zmíněnou výše. Dokonce jsou již země, které se snaží o uhlíkově neutrální ekonomiku.

Cukrová řepa v přeneseném pojetí funguje jako výkonná sluneční elektrárna, produkující a uskladňující získanou energii ve své biomase. Díky energii slunečního záření vytváří z vody a oxidu uhličitého fotosyntetickým procesem průmyslové suroviny, především cukr, dále krmivo a po zaorání nezkrmeného chrástu a posklizňových zbytků i vydatné zelené hnojení. Je jednou z nejvýznamnějších hlubokokořenících plodin ve struktuře pěstovaných plodin v řepařské výrobní oblasti.

Řepa, díky současným výkonným geneticky jednoklíčkovým odrůdám (víceméně tolerantním k chorobám a škůdcům) a při výrazném podílu intenzivních pěstitelských technologií, je bezpochyby nejproduktivnější plodinou mírného zeměpisného pásma (7, 8). I ve světě cukrová řepa stále patří mezi 15 nejvýznamnějších plodin.

Významný je i ekologický efekt pěstování cukrovky. Kyslík, který vyprodukuje jeden hektar této plodiny, stačí k dýchání 62 lidí po dobu jednoho roku. Vyprodukovaný cukr (sacharosa)



Obr. 2. Plečkování s přihnojením využívající přesné optické navádění



je chemicky nejčistší potravinou v široké plejadě zemědělských produktů.

Využití vyprodukované biomasy k výrobě energie ze zemědělských plodin poskytuje nové možnosti i cukrové řepě, především jde o produkci bioetanolu a bioplynu (9). Podle úrovně výnosů lze například z jednoho hektaru cukrové řepy získat 6–8 t bioetanolu. Výroba a užití ethanolu představuje významnou možnost stabilizace tuzemského pěstování cukrovky. Nemalou naději dáváme i dalším možnostem využití řepy v malotonážní chemii. Její nepotravinářské užití je na vzestupu. Dá se předpokládat, že např. širší uplatnění budou mít biodegradabilní plasty, vlákninové přísady do potravin snižující tvorbu cholesterolu, řepný tuk v kosmetice atd.

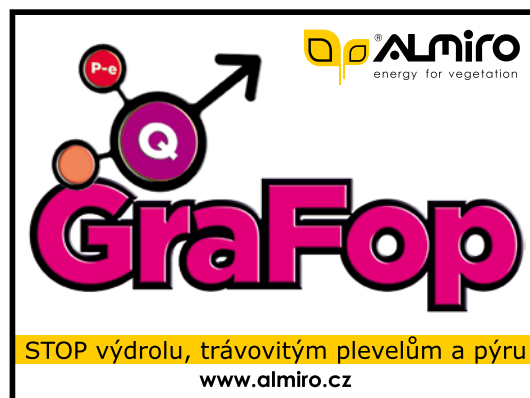
Tento článek pojednává především o cukrové řepě a možnostech regulace uhlíkové stopy při jejím pěstování. Podle belgických údajů Raffinerie Tirlémontoise jeden hektar cukrové řepy každoročně převádí 30 t CO<sub>2</sub> na 13 mil. l kyslíku. Čtyřikrát více než jeden hektar lesa! Takže zatížení životního prostředí a ovlivnění klimatu uhlíkovou stopou je bohatě vykompenzováno produkcí kyslíku.

Publikace společnosti Alandmark (2) uvádí podrobný odhad uhlíkové stopy z produkce cukru v Evropské unii. Porovnává také uhlíkovou stopu třtinového cukru, spotřebovaného v EU, jakož i uhlíkovou stopu škrobových sirupů z kukuřice (isoglukosy s vysokým obsahem fruktosy). Zjišťuje průnik uhlíkových stop do dalších relevantních agroekologických aspektů, které by měly být zohledněny při posuzování celkové udržitelnosti řepného a třtinového cukru konzumovaného v EU. Zjistilo se, že uhlíková stopa produkce cukru v EU se liší v závislosti na různých účetních podmínkách a různé metodologii (10). Podle KLENKA ET AL. (2) má tyto hodnoty (kg CO<sub>2</sub> na 1 t cukru): cukrová řepa 242–771, cukrová třtina 642–760, isoglukosa 640–1 100. Bylo zjištěno, že rozmezí uhlíkové stopy cukru z cukrové řepy v EU může být podobné, ne-li nižší, než dovážený surový třtinový cukr rafinovaný v EU. V případě isoglukosy článek uvádí vyšší rozsah uhlíkové stopy, než má řepný cukr v EU.

V roce 2019 se v Česku pěstovala cukrová řepa na ploše 60 051 ha, což je 2,65 % z celkové výměry orné půdy a přibližně 20 % z výměry řepářské výrobní oblasti. Zaměřujeme se zde na regulaci uhlíkové stopy v pěstební technologii cukrové řepy – i když tato plodina zaujímá relativně malou výměru, možnosti ovlivnění uhlíkové stopy jsou v řepářských lokalitách poměrně značné.

#### Náměty jak snižovat uhlíkovou stopu při pěstování cukrové řepy:

- Zvažovat a v případě možností redukovat některé zásahy při základním i předsetovém zpracování půdy, při zachování nezbytné hloubky zpracování.
- Dávky hnojiv volit zásadně podle obsahu živin v půdě a plánovaného výnosu.
- Používat dusíkatá hnojiva se zvýšenou účinností dusíku vedoucí k minimalizaci ztrát vyplavováním nebo vypařováním, aplikovat společně při setí či kypření půdy.
- Hnojit variabilně např. dle rozborů, snímkování, senzorů atd. (více využívat globální polohový systém GPS v rámci precizního zemědělství).



- Usilovat o zvýšení efektivity materiálových vstupů (hnojiv, pesticidů, PHM apod.) dle stavu půdy, porostu, cíleného výnosu a stavu půdního prostředí.
- Vybírat osiva odrůd zohledňujících prevenci proti chorobám, škůdcům a suchu.
- Upřednostňovat odrůdy mající v obalu osivového klubička látky aktivující buněčné pochody – především vzcházení a rychlejší počáteční růst.
- Maximálně využívat vegetační dobu, včasné a kvalitně založit porost.
- Při aplikaci pesticidů zvažovat další environmentální dopady, včetně vlivu na uhlíkovou stopu.
- Za vegetace kypřit půdu (plečkovat a dlátovat s automatickým naváděním).
- Optimalizovat termín sklizně a zpracování bulev, více zvažovat vliv sklizňové techniky na půdu.
- Hledat úspory v dopravě po poli i ke zpracování.

Jsou jisté i další eventuality snižování uhlíkové stopy při pěstování cukrové řepy, například nová technologie Conviso SMART. Jejich společným jmenovatelem musí být uplatňování nejnovějších poznatků vědy, výzkumu a provozní praxe, především však nezbytná technologická kázeň.

### Závěr

Předložený článek pojednává o nárůstu skleníkových plynů, které vyvolávají změny klimatu. Pokud se průměrná globální teplota na Zemi zvýší o více než 2 °C v porovnání s teplotou před industriálním obdobím, bude to znamenat riziko, že nastanou nebezpečné a možná dokonce katastrofické změny v životním prostředí.

Z tohoto důvodu se mezinárodní společenství shodlo na nezbytnosti udržet oteplování pod hranici 2 °C, což vyžaduje snížení produkce skleníkových plynů.

Měřítkem celkového množství emisí skleníkových plynů, které se uvolní během životního cyklu výrobku či služby, je tzv. uhlíková stopa.

V článku předkládáme několik námětů k zamyšlení, jak může produkce cukrové řepy ovlivnit uhlíkovou stopu a jak by mohla přispět k plnění tohoto náročného cíle. Odhad emisí skleníkových plynů při pěstování cukrové řepy je nezbytnou součástí posuzování její udržitelnosti v zemědělské soustavě. Uvádí opatření, u nichž se dá očekávat snížení uhlíkové stopy. I když cukrová řepa zaujímá relativně malou výměru v Česku, možnosti potřebného snižování uhlíkové stopy jsou v řepářských lokalitách značné.

### Souhrn

Jedním z aktuálních úkolů je řešit negativní změny klimatu, především oteplování, což ovlivňuje vypouštění skleníkových plynů. Měřítkem celkového množství emisí skleníkových plynů, které se uvolní během životního cyklu výrobku či služby je tzv. uhlíková stopa.

V článku stručně představujeme tuto problematiku, předkládáme několik námětů k zamyšlení, jak může produkce cukrové řepy ovlivnit uhlíkovou stopu a jak by mohla přispět k plnění tohoto náročného cíle. Odhad emisí skleníkových plynů při pěstování cukrové řepy je nezbytnou součástí posuzování její udržitelnosti v zemědělské soustavě. V článku je uvedeno několik opatření, u nichž se dá očekávat snížení uhlíkové stopy.

**Klíčová slova:** změny klimatu, oteplování, uhlíková stopa, cukrová řepa, technologie pěstování, produkce cukru.

### Literatura

1. DESJARDINS, R. L. ET AL.: *Carbon footprint of agricultural products – a measure of the impact of agricultural production on climate change*. Agriculture and Agri-Food Canada/Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 2014, Microsoft Power Point: Carbon footprint Turkey.pptx, 45 s.
2. KLENK, I. ET. AL.: The Product Carbon Footprint of EU beet sugar. *Zuckerind.*, 137, 2012 (3), s. 169–177.

Obr. 3. Detailní pohled na meziřádkový kypřič s přihnojováním



3. MOUDRÝ, J. JR. ET AL.: Pěstitelské technologie a emise CO<sub>2</sub>. *Úroda*, 58, 2012 (12), s. 725–728.
4. JIANG, C.; YU, W: Maize production and field CO<sub>2</sub> emission under different straw return rates in Northeast China. *Plant Soil Environ.*, 65, 2019, 198–204, <https://doi.org/10.17221/564/2018-PSE>.
5. WANG, L. ET AL.: Impact of maize growth on N<sub>2</sub>O emission from farmland soil. *Plant Soil Environ.*, 65: 2019, s. 218–224, <https://doi.org/10.17221/774/2018-PSE>.
6. *Kalkulačka uhlíkové stopy*. Software vytvořený týmem CI2, o. p. s., a Katedrou environmentálních studií FSS MU. [online] [www.uhlikovastopa.cz](http://www.uhlikovastopa.cz).
7. BRANT, V. ET AL.: *Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin*. Praha: Agrární komora ČR, 2019, 161 s.
8. MICHALSKA-KLIMCZAK, B. ET AL.: The effect of seed priming on field emergence and root yield of sugar beet. *Plant Soil Environ.* 64, 2018 (5), s. 227–232, <https://doi.org/10.17221/136/2018-PSE>.
9. PULKRÁBEK J. ET AL.: Regional food and feed self-sufficiency related to the climate change and animal density – a case study from the Czech Republic. *Plant Soil Environ.*, 65, 2019, s. 244–252, <https://doi.org/10.17221/190/2019-PSE>.
10. REIN, P.: The carbon footprint of sugar. *Zuckerind.*, 137, 2012 (7), s. 427–434.

**Pulkrábek J., Bečková L, Švachula V.:  
Carbon Footprint in Sugar Beet Cultivation**

One of the current challenges is to solve negative climate changes, especially global warming, which affects greenhouse gas emissions. The total amount of greenhouse gas emissions released during the life cycle of a product or service is called the carbon footprint. This article briefly introduces the issue and suggests some ideas on how sugar beet production can affect the carbon footprint and how it could contribute to the accomplishment of such an ambitious goal. Estimating greenhouse gas emissions from sugar beet cultivation is an essential part of assessing its sustainability in the agricultural system. The article lists several measures that can be expected to reduce the carbon footprint of its cultivation.

**Key words:** climate change, global warming, carbon footprint, sugar beet, cultivation technology, sugar production.

**Kontaktní adresa – Contact address:**

prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: [pulkrabek@af.czu.cz](mailto:pulkrabek@af.czu.cz)