

Příspěvek se zabývá otázkou, existují-li prostorové koncentrační trendy v pěstování obou plodin, a jestliže ano, jaké je intenzita a forma této koncentrace. Další otázkou, kterou příspěvek řeší, jsou změny v poměru světové produkce cukru z řepy a třtiny, v minulosti i v nedávné době.

**Klíčová slova:** cukrová řepa, cukrová třtina, regionální diferenciacie, svět.

## Literatura

1. *Sugarcane-history*. Royal Botanical Gardens. Kew 2004.
2. SHARPE, P.: *Sugar Cane: Past and Present*. Southern Illinois University. Retrieved, 1998.
3. DAHLIA, L. ET AL.: *Consumer Preference for Indigenous Vegetables*. Word Agroforestry Centre 2009.
4. ŘÍHA, O.: *Počátky českého cukrovarnictví*. Praha: Univerzita Karlova, 1977, 180 s.
5. MINTZ, S.: *Sweetness and Power: The Place of Sugar in Modern History*. Penguin, 1986.
6. BERGQUIST, D. A.; CAVALETT, O.; RYDBERG, T.: Participatory emerygy synthesis of integrated food and biofuel production: A case study from Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, 14, 2012 (2), s. 167–182.
7. First Estimate of European Sugar Beet Areas 2013. *F. O. Licht's Int. Sugar and Sweet. Report*, 145, 2013 (13), s. 215–221.
8. LIMB, R. E.: The Effective communication of Agricultural etc. *Proc. South African Sugar Technology Association*, 2008, s. 107–115.
9. POKORNÁ, I.; SMUTKA, L.; PULKRÁBEK, J.: Světová produkce cukru. *Listy cukrov. řepář.*, 127, 2011 (4), s. 118–121.
10. REINBERG, O.: Aktuální stav cukrovarnického a lihovarnického průmyslu v poreformním období. *Listy cukrov. řepář.*, 127, 2011 (5–6), s. 159–163.
11. FOSTER, M.: Sugar. *Agricultural Commodities*, 2, 2012 (2), s. 50–58.
12. CALI, M.; NOLTE, S.; CANTORE, N.: Sweet and sour changes in trade regimes. *World Economy*, 36, 2013 (6), s. 786–806.

## Anděl J., Balej M., Raška P.: Sugar Beet versus Sugar Cane – Territorial and Developmental Perspective

The aim of this paper is to analyse territorial and developmental aspects of production of basic crops used for sugar production – sugar beet and sugar cane. The papers answer the question if there exist concentration trends in production of these crops and if so, what is the form and intensity of this concentration. Another question addressed in this paper concerns the reasons of past and recent changes in sugar beet and sugar cane production in the world perspective.

**Key words:** sugar beet, sugar cane, regional differentiation, world.

## Kontaktní adresa – Contact address:

doc. RNDr. Jiří Anděl, CSc., Přírodovědecká fakulta Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika, e-mail: jiri.andel@ujep.cz

# Využití stabilního $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ v determinaci zdrojů půdní respirace

USE OF  $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$  IN DETERMINATION OF SOURCES OF SOIL RESPIRATION

Valerie Vranová, Klement Rejšek, Pavel Formánek – Mendelova univerzita v Brně

Odlišení zdrojů půdní respirace je důležitou součástí výzkumu biochemických procesů v půdě a koloběhu uhlíku v různých terestriálních ekosystémech. Zahnuje jednak odlišení respirace kořenů v rámci celkové respirace půdy (1), a také odlišení respirace endogenní půdní organické hmoty od respirace exogenní (většinou aplikované nízkomolekulární látky) v případě, že pochází z rostlin s rozdílným typem metabolismu ( $\text{C}_3$  versus  $\text{C}_4$ ) (2). Zatímco pro odlišení respirace kořenů rostlin od respirace rozkladačů půdní organické hmoty byla testována řada metod (3), pro odlišení respirace endogenní versus exogenní je nejčastěji využíváno přirozeného výskytu izotopu  $^{13}\text{C}$  (4), přičemž jako exogenní substráty jsou nejčastěji používány nízkomolekulární organické látky, které se přirozeně vyskytují v půdě (5–12), a to zejména glukosa a sukrosa, případně kořenové exsudáty rostlin (13, 14).

**Princip měření na základě přirozeného výskytu stabilního izotopu  $^{13}\text{C}$  pro odlišení zdrojů půdní respirace**

Odlišení zdrojů půdní respirace s použitím stabilního izotopu  $^{13}\text{C}$  je založeno na měření poměru  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  vyjádřeného v promilích a označeného jako  $\delta^{13}\text{C}$ . Jednotka  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) =  $1000 (R_{\text{vzorku}} - R_{\text{standardu}}) / R_{\text{standardu}}$ , kde  $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  vyjadřuje poměr

látky ve vztahu ke standardu PDB (Pee Dee Belemnite)(15), přičemž dosahuje negativních hodnot. Například,  $\delta^{13}\text{C}$  okolní atmosféry se pohybuje kolem hodnoty 8 ‰, rostliny diskriminují příjem  $^{15}\text{C}$  oproti  $^{12}\text{C}$  v závislosti na typu rostlinného metabolismu ( $\text{C}_3$  versus  $\text{C}_4$  versus CAM)(16). Zatímco  $\delta^{13}\text{C}$  rostlin  $\text{C}_3$  metabolismu se pohybuje v rozmezí od  $-33$  do  $-22$  ‰, případě  $\text{C}_4$  rostlin je toto rozmezí v rozsahu od  $-16$  do  $-9$  ‰ (17, 18). Frakcionace izotopů uhlíku probíhá i během syntézy rostlinných pletiv, přičemž nejméně  $^{13}\text{C}$  je kumulováno ve sloučeninách, které jsou velice odolné vůči mikrobiální degradaci (19). Půdní mikroorganismy rovněž preferují  $^{12}\text{C}$  během rozkladu půdní organické hmoty, jejíž  $\delta^{13}\text{C}$  se mění během rozkladu a zpravidla se zvyšuje s hloubkou půdy o 2–3 ‰ (20, 21). Poměr  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  roste se snižující se velikostí půdních částic z důvodu zvyšujícího se podílu starší organické hmoty (22); teplota ovlivňuje  $\delta^{13}\text{C}$  respirovaného  $\text{CO}_2$  (23, 24).

**Použití tzv. „Keeling type“ plots**

Pro odlišení zdrojů půdní respirace je využíváno kombinace měření, a to  $\delta^{13}\text{C}$  respirovaného  $\text{CO}_2$  a rychlosti respirace, kdy s lineárním vzrůstem koncentrace  $\text{CO}_2$  v prostředí se nelineárně snižuje  $\delta^{13}\text{C}$  (1); v případě, že změna  $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$  v prostředí je

výjádřena jako funkce inverzní hodnoty koncentrace  $\text{CO}_2$ , průsečík na ose Y reprezentuje  $\delta^{13}\text{C}$  respirovaného  $\text{CO}_2$  (obr. 1). Ve směsi  $\text{CO}_2$  je možno odlišit podíl respirace ze dvou zdrojů ( $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$ ) za předpokladu, že známe  $\delta^{13}\text{C}$  každého z nich (25, 26).

### Využití metod

Měření  $\delta^{13}\text{C}$  respirovaného  $\text{CO}_2$  v kombinaci s měřením koncentrace  $\text{CO}_2$  bylo využito pro separaci respirace indukované přidávkou organické hmoty (glukosy, sukrosy) pocházející z  $\text{C}_4$  rostlin od endogenní respirace půdní organické hmoty  $\text{C}_3$  původu (2, 27). NYBERG ET AL. (28) naopak separovali respiraci rostlinného materiálu  $\text{C}_3$  původu aplikovaného do půdy s dlouhodobou kultivací rostlin  $\text{C}_4$  metabolismu. Podíl respirace exogenního substrátu  $f$  (%) v rámci celkové půdní respirace je kalkulován po dosažení do směsného modelu  $f = (\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2 \text{ z celkové respirace} - \delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2 \text{ respirace endogenního substrátu}) / (\delta^{13}\text{C}\text{-C}_4 \text{ přidávaného exogenního substrátu} - \delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2 \text{ respirace endogenního substrátu})$ . Daný metodický postup umožňuje i výpočet změny respirace endogenní půdní organické hmoty z důvodu přidavku exogenního substrátu, která je kalkulována jako odečet respirace endogenní půdní organické hmoty a respirace exogenního substrátu od celkové půdní respirace po přidavku exogenního substrátu ( $C_{\Delta}\text{C}_{\text{EN}}\text{CO}_2 = C_{\text{TOTAL}}\text{CO}_2 - C_{\text{EX}}\text{CO}_2 - C_{\text{EN}}\text{CO}_2$ ).

### Souhrn

Kombinovaná měření  $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$  uvolňovaného z půdy a jeho koncentrace včetně kalkulace  $\delta^{13}\text{C}$  na základě tzv. „Keeling type“ plots jsou hojně využívána pro separaci respirace endogenní půdní organické hmoty od respirace aplikovaného exogenního substrátu, v případě, že pocházejí z rostlinné biomasy s rozdílným typem metabolismu ( $\text{C}_3$  versus  $\text{C}_4$ ). Tato měření umožňují i odlišení tzv. změny respirace endogenní půdní organické hmoty vlivem přidavku exogenního substrátu na základě kalkulace ze směsného modelu. Využití daného metodického postupu pro determinaci respirace různých zdrojů zejména s ohledem na kořenové exsudáty různých rostlinných druhů a jejich složky (zejména enantiomery nízkomolekulárních organických látek) představuje trend současného výzkumu.

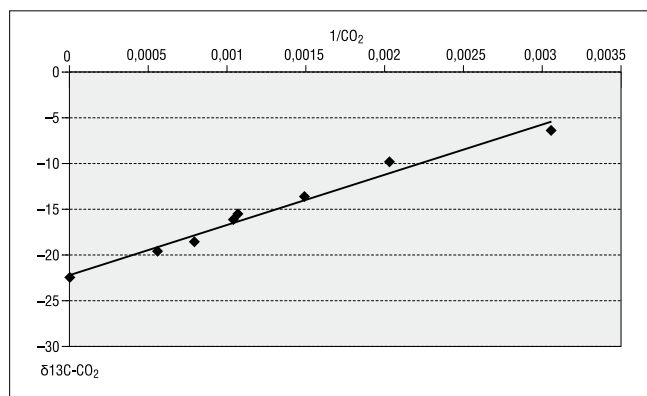
**Klíčová slova:** půda, respirace,  $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ , kořenové exsudáty, půdní organická hmota.

*Tato práce vznikla za podpory projektu TA02020867 „Využití nových organominerálních stimulačních přípravků a přirozených organických materiálů k obnově a revitalizaci abioticky i bioticky poškozených lesních porostů“ a projektu IGA 55/2013 „Studium zmírnění fytotoxity půd smrkových ekosystémů rozdílného způsobu obhospodařování a věku s důrazem na kořenové exsudáty, rozklad organické hmoty a zpřístupňování živin z jejich zdrojů“.*

### Literatura

- FORMÁNEK, P.; AMBUS, P.: *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 18, 2004, s. 897–902.
- HÖGGER, P.; EKBLAD, A.: *Soil Biol. Biochem.*, 28, 1996, s. 1131–1138.
- HANSON, P. J. ET AL.: *Biogeochemistry*, 48, 2000, s. 115–146.
- YAKIR, D.; STERNBERG, L. L.: *Oecologia*, 123, 2000, s. 297–311.
- FORMÁNEK, P.; KLEJDUS, B.; VRANOVÁ, V.: *Amino Acids*, 28, 2005, s. 427–429.
- FORMÁNEK, P. ET AL.: *Amino Acids*, 34, 2008, s. 301–306.
- LOJKOVÁ, L. ET AL.: *J. Agric. Food Chem.*, 54, 2006, s. 6130–6138.
- REJŠEK, K.; FORMÁNEK, P.; PAVELKA, M.: *Amino Acids*, 35, 2008, s. 411–417.
- VRANOVÁ, V. ET AL.: *Eurasian Soil Sci.*, 42, 2009, s. 318–325.
- VRANOVÁ, V. ET AL.: *Plant Soil*, 342, 2011, s. 31–48.
- VRANOVÁ, V. ET AL.: *Plant Soil*, 354, 2012, s. 21–39.

Obr. 1.  $\delta^{13}\text{C}$  respirovaného  $\text{CO}_2$  určené průsečíkem na ose y (1)



- POSPÍŠILOVÁ, L. ET AL.: *Acta Agr. Scand. B: Soil Plant Sci.*, 61, 2011, s. 661–669.
- FORMÁNEK, P. ET AL.: *Amino Acids*, 37, 2009, s. 49.
- TÉCHER, D. ET AL.: *Sci. Total Environ.*, 20, 2011, s. 4489–4495.
- CRAIG, H.: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12, 1957, s. 133–149.
- EHLERINGER, J. R.: In COLEMAN, D. C.; FRY, B. (Eds.). *Carbon Isotope Techniques*. New York: Academic Press, 1991, s. 187–200.
- DEINES, P.: In FRITZ, P.; FONTES, J. CH. (Eds.). *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1980, s. 330–406.
- VRANOVÁ, V. ET AL.: *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 176, 2013, s. 175–199.
- BENNER, R. ET AL.: *Nature*, 329, 1987, s. 708–710.
- BUCHMANN, N.; KAO, W. Y.; EHLERINGER, J.: *Oecologia*, 110, 1997, s. 109–119.
- EKBLAD, A.; HÖGGER, P.: *Plant Soil*, 219, 2000, s. 197–209.
- JASTROW, J. D.; BOUTTON, T. W.; MILLER, R. M.: *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60, 1996, s. 801–807.
- PARADA, C. B.; LONG, A.; DAVIS, S. N.: *Isotope Geochem.*, 1, 1983, s. 219–236.
- ANDREWS, J. A. ET AL.: *Soil Biol. Biochem.*, 32, 2000, s. 699–706.
- LUDLOW, M. M.; TROUGHTON, J. H.; JONES, R. L.: *J. Agric. Sci.*, 87, 1976, s. 625–632.
- SCHÖNITZ, R.; STICHLER, W.; ZIEGLER, H.: *Oecologia*, 69, 1986, s. 305–308.
- KIELLAND, K. ET AL.: *Ecosystems*, 10, 2007, s. 360–368.
- NYBERG, G. ET AL.: *Plant Soil*, 218, 2000, s. 83–89.

### Vranová V., Rejšek K., Formánek P.: Use of $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ in Determination of Sources of Soil Respiration

Combined measurements based on  $\delta^{13}\text{C}$  of evolved  $\text{CO}_2$  from soil and its concentration including the use of “Keeling type” plots are used for separation of respiration of endogenous soil organic matter from respiration of added substrate, in case of different origin in terms of  $\text{C}_3$  versus  $\text{C}_4$  plants. Such measurements also enable calculation of the change of endogenous respiration after addition of exogenous substrate based on mixing model. The use of the method especially for determination of sources of soil respiration when root exudates of different plants, and especially their fractions (enantiomers of low molecular weight organic compounds) are added to soil, presents a trend of current research.

**Key words:** soil, respiration,  $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ , root exudates, soil organic matter.

### Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. Valerie Vranová, Ph. D., Mendelova univerzita v Brně, LDF, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: vranova@mendelu.cz