

Cukrová řepa versus cukrová třtina – prostorová a vývojová dimenze

SUGAR BEET VERSUS SUGAR CANE – TERRITORIAL AND DEVELOPMENTAL PERSPECTIVE

Jiří Anděl, Martin Balej, Pavel Raška – Přírodovědecká fakulta, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem

Vývojový kontext

Místo domestikace cukrové třtiny (*Saccharum officinarum*) není přesně známo. Existuje několik teorií, neboť se předpokládá, že bylo kultivováno více druhů cukrové třtiny. Některé druhy pocházely z jižní a jihovýchodní Asie. *Saccharum barberi* pochází původně z Indie a *Saccharum edule* a *Saccharum officinarum* z oblastí Nové Guineje, kde byla domestikována někdy okolo roku 6000 př. n. l. (1). Před rozšířením islámu bylo pěstování omezeno do dvou uvedených asijských oblastí (2). Prostřednictvím Arabů se pěstování **cukrové třtiny** rozšiřuje do oblasti Mezopotámie, jižně od Kaspiku, do dolního a středního Nilu, Maroka a jihovýchodního Španělska. Pěstuje se i na ostrovech ve Středomoří a prostřednictvím Portugalců a Španělů od 14. století i na Madeiře a Kanárských ostrovech (viz obr. 1.).

Od konce 15. století se pěstování cukrové třtiny rozšiřuje na nový kontinent, konkrétně na karibské ostrovy – nejprve na Haiti a odtud na Kubu. Cukr dovážený z Ameriky zcela ovládl evropský trh a vytláčil pěstování cukrové třtiny ze Středomoří. Pěstování této plodiny mělo tak zásadní význam pro ekonomiku Karibské oblasti, že spolu s jejím rozvojem docházelo ke strukturálním změnám místních etnik. Na rozsáhlé plantáže bylo třeba dovážet nejprve otroky z Afriky, později byla přivážena pracovní síla z Britské Indie. Z tohoto důvodu představují nyní potomci z Indie silné zastoupení v etnické struktuře Guyany (45 %), Surinamu (38 %) a mají převahu nad autochtonní populací na ostrově Mauricius (68 %) na východě Afriky či Fidži v Polynésii. Do poloviny 16. století se Portugalcům podařilo vybudovat v Brazílii ekonomiku, založenou na výrobě cukru, který se stal největší exportní komoditou. Tu vystřídala v polovině 19. století káva (3).

Pěstování **cukrové řepy** má v porovnání s cukrovou třtinou historii kratší. Jako krmivo byla sice využívána již od antických dob, ale její použití pro výrobu cukru bylo objeveno relativně nedávno. Koncem 16. století se sice podařilo vylisovat z řepy sladkou šťávu, ale tento objev žádné praktické dopady neměl.

Rozvoj cukrovarnictví souvisí teprve s napoleonskými válkami, kdy Napoleonova kontinentální blokáda zamezila dovozu cukru z oblasti Karibiku. Poměrně známá je skutečnost, že již na počátku 19. století probíhaly pokusy pěstovat cukrovou řepu v českých zemích, avšak relativně dlouho nebyly příliš úspěšné (4).

Prostorová dimenze

Ve světě můžeme vymezit poměrně specifické regiony s dominující produkcí cukrové řepy a cukrové třtiny. Zatímco oblast pěstování cukrové třtiny obepíná tropický pás celé planety a prochází všechny kontinenty, rozhodující místa koncentrace pěstování cukrovky nalezneme převážně v Evropě (obr. 2. a 3.). Během vývoje se však areály koncentrace, zejména cukrové třtiny, měnily. Zatímco v 7. století existovalo prakticky jediné rozsáhlé centrum (Indie), po roce 1500 se k němu přidružila dvě americká centra – Karibik a Brazílie. Středomořské centrum bylo dočasné, formovalo se od 8. století a po roce 1500 zvolna zaniklo (5).

Koncentrace produkce **cukrové třtiny** je v současné době extrémně vysoká – v Brazílii a v Indii. Dohromady sklídí přes polovinu z celosvětového množství (samotná Brazílie pak 40 %). V Brazílii můžeme vyčlenit dvě centra pěstování třtiny: jedno je klasické na severovýchodním pobřeží (od státu Rio Grande do Norte po Bahiu). Novou a dynamicky se rozvíjející oblast představuje vnitrozemský stát Minas Gerais a São Paulo, kde je koncentrováno 60 % brazilské produkce. Indie má rovněž dvě oblasti, obě původní – Indoganžskou nížinu a stát Maharashtra. Z pozic poněkud ustupuje Karibik, zejména v důsledku významného poklesu produkce Kuby – ta ještě v roce 1961 figurovala spolu s Brazílií na 2. místě na světě. Poté obě země zaznamenaly diametrálně odlišný vývoj. Zatímco na Kubě sklizeň klesla do současnosti na třetinu, v Brazílii vzrostla 12×(!). Hlavním důvodem je skutečnost, že 60 % cukrové třtiny směřuje na výrobu bioetanolu, zbytek na produkci cukru (6). Klasickou karibskou

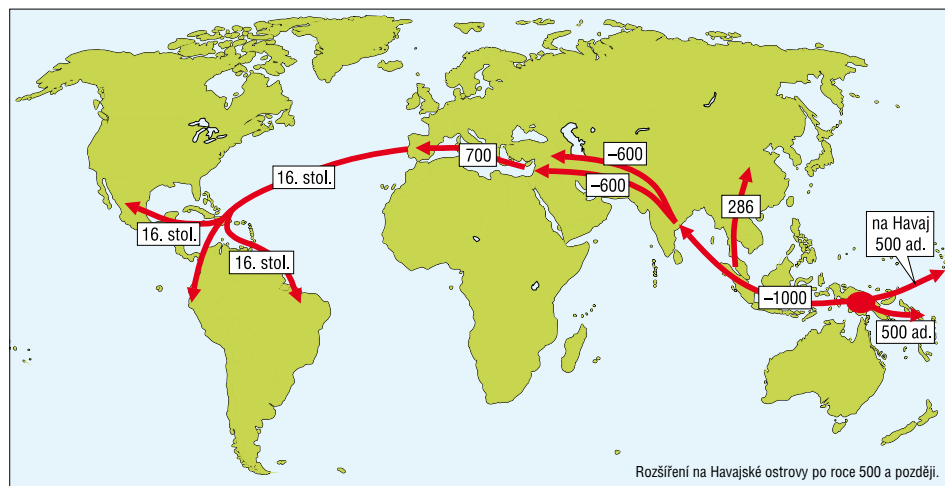
Tab. 1. Produkce v první dvacítky zemí pěstujících cukrodárné plodiny – index produkce a podíl největšího producenta

Plodina	1961		1971		1981		1991		2001		2011	
	index	podíl	index	podíl	index	podíl	index	podíl	index	podíl	index	podíl
Cukrová třtina	30,39	27,59	24,52	24,76	29,40	22,12	40,13	26,41	51,31	30,00	82,40	44,14
Cukrová řepa	44,81	32,81	42,30	33,57	29,40	22,39	21,71	24,65	9,28	13,22	16,88	19,24

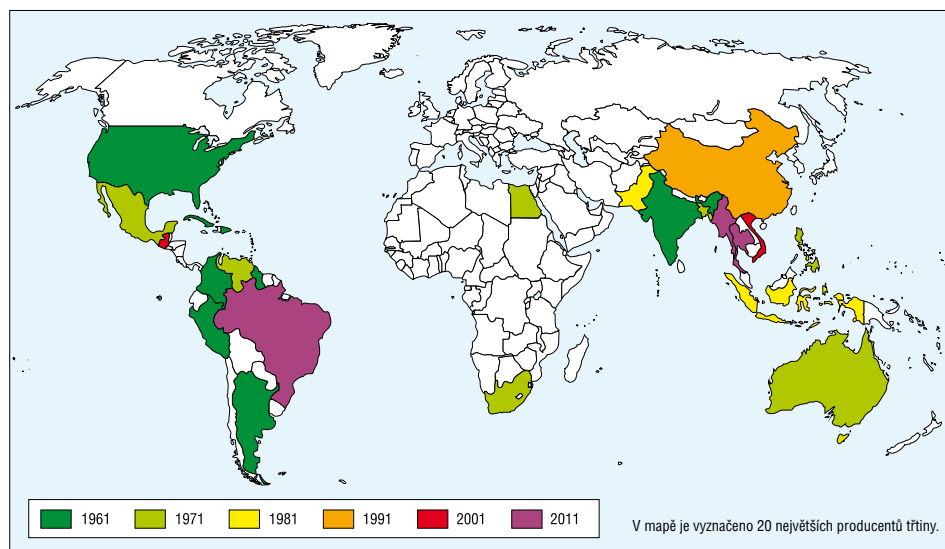
Pozn.: index – kolikrát převyšuje produkce prvního producenta poslední (např. produkce třtiny Indie v roce 1961 převýšila 30,39× produkci Guayany), podíl – podíl produkce největšího producenta na produkci celé první dvacítky zemí.

Zdroj: vlastní zpracování na základě FAOSTAT

Obr. 1. Prostorová difuze kultivace cukrové třtiny

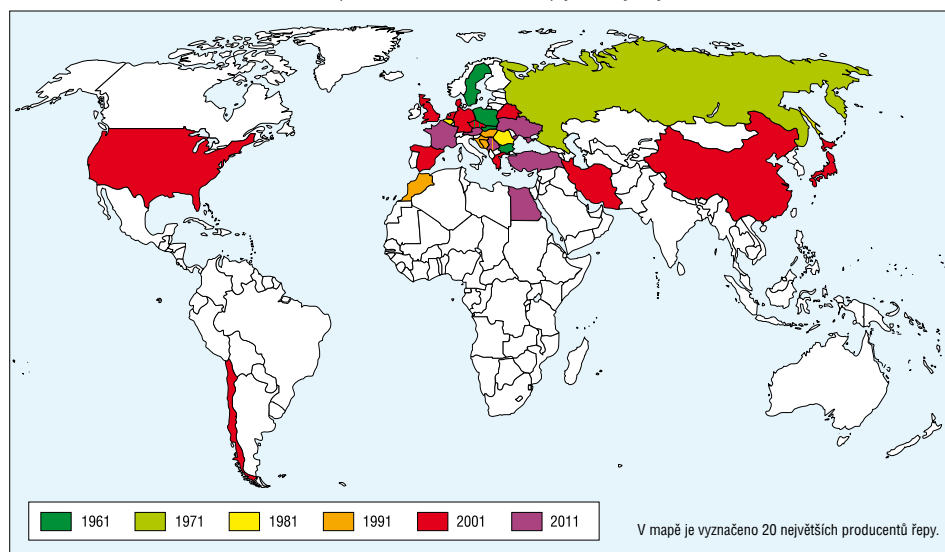


Obr. 2. Prostorová diferenciacie produkce cukrové třtiny ve vývojové dimenzi 1961–2011



Pozn.: Barevná plocha označuje rok, v kterém daný stát dosahoval nejvyššího podílu na světové produkci.

Obr. 3. Prostorová diferenciacie produkce cukrové řepy ve vývojové dimenzi 1961–2011



Pozn.: Barevná plocha označuje rok, v kterém daný stát dosahoval nejvyššího podílu na světové produkci.

oblast zastiňuje nyní nově jihovýchodní Čína a zejména Thajsko (centrum a jih země). S poloviční produkcí oproti Číně a Thajsku pak již následují další tradiční oblasti – Pákistán, Mexiko (západní pobřeží) a USA (stát Louisiana). Do těchto osmi států je koncentrováno 80 % produkce cukrové třtiny.

Místa koncentrace současné produkce **cukrové řepy** se nacházejí převážně v Evropě a Turecku. Největším producentem cukrovky je Rusko (7) s poměrně disperzní lokalizací do prostorů hranice s Ukrajinou, která rovněž zůstává významným producentem. Klasickou oblastí je řepařský region severozápadní Francie a středního Německa. Tyto čtyři lokality představují přes polovinu celosvětové produkce cukrovky. Prvních osm států v celosvětovém pořadí sklízí 75 % cukrovky. Z mimoevropských lokalit dominuje Střední severozápad USA, nově Anatolie v Turecku a západní Mandžusko v Číně.

Výrazně diferencované jsou hektarové výnosy cukrové řepy. Zatímco průměrný výnos se pohybuje okolo 58,8 t.ha⁻¹, v Chile přesahuje 87 t.ha⁻¹ a na farmách v kalifornském Imperial Valley bývá až 160 t.ha⁻¹. Důvodem je vysoká intenzita dopadajícího slunečního záření a intenzivní využívání zavlaha a hnojení (8).

Prostorové a vývojové trendy

Vývojové trendy základních plodin pro výrobu cukru se za posledních 50 let poměrně výrazně diferencovaly. Zatímco produkce cukrové třtiny se v letech 1961–2011 zvýšila čtyřnásobně, výše úrody cukrové řepy za toto období vzrostla o 70 %. Světová produkce cukru, pro srovnání, se v uvedených letech ztrojnásobila, z cca 53 mil. t na 156 mil. t.

V globálním měřítku obecně můžeme vysledovat trend poklesu podílu řepného cukru ve prospěch cukru vyrobeného z cukrové třtiny. Za posledních 50 let došlo ke snížení podílu řepného cukru na světové produkci ze 40 % na současných 24 %. Většina cukru pochází z rozvojových zemí, a to přibližně 114 mil. t

ročně. Ve státech vyspělých se ročně vyrobí cca 43 mil. t cukru. Produkce cukru roste zejména v rozvojových regionech světa, kde v letech 1961–2008 došlo k navýšení výroby o více než 220 % (9).

Výrobu třtinového cukru ovládá především Latinská Amerika s jižní Asií. Tyto regiony se podílejí na globální produkci 85 %. Nejvyšší dynamiku růstu produkce zaznamenává Asie (průměrné tempo růstu více než 4 % ročně), Latinská Amerika vykazuje daleko nižší tempo růstu (1,6 %). Zajímavá je situace Evropy, jejíž rafinérie zpracovávají surovinu z bývalých kolonií. Podle údajů FAO se rafinace třtinového cukru v Evropě v letech 1961–2006 velmi významně navýšila a průměrné meziroční tempo růstu dosáhlo přibližně 11 % (9).

Výraznou změnu vývoje zaznamenáváme u struktury největších producentů obou cukrodárných plodin. Zatímco u cukrové řepy je tato struktura relativně stabilní, u cukrové třtiny sledujeme výrazné změny. V roce 1961 se 3 státy (Indie, Brazílie a Kuba) v žebříčku největších producentů podílely na celosvětové produkci plnou polovinou. Stejná trojice států se objevuje na čele (zhruba se stejným podílem) o 25 let později. Výrazně odlišná jsou tempa přírůstku. Zatímco v Brazílii se za sledované období sklizeň zčtyřnásobila, v Indii vzrostla o 70 % a na Kubě pouze o 20 %. Tento trend pokračoval i v následujícím 25letém období. Produkce Brazílie vzrostla 3×, Indie 2× a na Kubě došlo ke čtyřnásobnému poklesu. V tomto posledním období sledujeme i výrazné koncentrační tendence. Zatímco v roce 1985 se prvních osm největších producentů podílelo na celosvětové sklizni 62,7 %, nyní je tento podíl již 80,9 %. Uvedený trend index polarizace největšího a nejmenšího zástupce v žebříčku „světové dvacítky“ (tab. I.). Zatímco v roce 1961 dosahoval hodnoty 30,39 (Indie, vers. Guyana), do roku 2011 vzrostl na 82,40 (Brazílie, vers. Venezuela).

V produkci cukrové řepy je situace odlišná a velmi stabilní. V celém 50letém období byli producenti stejní – SSSR (resp. Rusko), Francie, Německo a USA, nicméně podíl této čtveřice zvolna klesal – 57 %, 51 % a 47 % v letech 1961, 1985 a 2011. Prosazovaly se nově i mimoevropsští producenti, zejména Turecko, Egypt a Čína. Index polarizace na rozdíl od cukrové třtiny dosahoval maximální hodnoty na počátku sledovaného období – v roce 1961 měl hodnotu 44,81 (SSSR vers. Japonsko) – pak pravidelně klesal až do roku 2001 na 9,28 (Francie vers. Řecko). Zajímavá je relativní stabilita skupiny 20 největších producentů v období 1961–2011, která platí jak pro cukrovou třtinu, tak cukrovou řepu (tab. II.).

Závěry a diskuse

Bylo potvrzeno, že produkce cukrovky a cukrové třtiny sleduje zcela odlišné vývojové trendy. Zatímco v dlouhodobém vývoji (1961–2011) zaznamenává produkce cukrové třtiny dynamický nárůst, tempo růstu objemu cukrové řepy je relativně mírné (nárůst za celé období je téměř 6× nižší). Nicméně se zdá, že v posledních letech se vývojové trendy poněkud mění. Výroba cukru z cukrové třtiny a řepného cukru se stabilizovala na poměru 4:1. Důvody odborníci (10) vidí v klimatických změnách či politické nestabilitě produkčních zemí (příkladem může být Pákistán). Příčinou je však i skutečnost, že se cukrová třtina nevyužívá jen pro výrobu cukru, je stále důležitějším obnovitelným zdrojem energie jako surovina pro produkci bioetanolu, využívá se také jako krmivo a hnojivo, slouží i k výrobě pitného lihu kvašením. Naproti tomu cukrová řepa má potenciál dalšího kvalitativního i kvantitativního růstu, také ona je stále více používána k výrobě dalších produktů mimo cukru (11).

Tab. II. Kolikrát se stát vyskytuje mezi 20 největšími producenty

Stát	Cukrová třtina	Stát	Cukrová řepa
Indie	6	SSSR/Rusko	6
Brazílie	6	USA	6
Kuba	6	Německo	6
Mexiko	6	Francie	6
USA	6	Polsko	6
Filipíny	6	ČSSR/ČR	6
Kolumbie	6	Itálie	6
Čína	6	Velká Británie	6
Pákistán	6	Španělsko	6
Indonésie	6	Nizozemsko	6
Austrálie	6	Belgie-Lucemb.	6
Argentina	6	Turecko	6
Jihoafrická rep.	6	Japonsko	6
Peru	6	Maďarsko	5
Bangladéš	5	Dánsko	5
Thajsko	5	Čína	5
Egypt	5	Írán	5
Dominikánská rep.	4	Rumunsko	4
Guatemala	4	Jugoslávie	4
Venezuela	4	Rakousko	3
Mauricius	3	Švédsko	2
Vietnam	2	Ukrajina	2
Portoriko	1	Bulharsko	1
Jamajka	1	Egypt	1
Guyana	1	Bělorusko	1
Myanmar	1	Srbsko	1
		Chile	1
		Řecko	1
		Maroko	1

Pozn.: Pořadí jsou sledována v letech 1961, 1971, 1981, 1991, 2001 a 2011.

Zdroj: vlastní zpracování na základě FAOSTAT

Zajímavé je, že největší producenti nemusejí být vždy zároveň rozhodujícími hráči na trhu se surovým cukrem, neboť produkci zároveň spotřebovávají. Severní Amerika, Evropa a Čína jsou čistými dovozci cukru. Deficitní je i Indie a překvapivě Rusko. Trh s cukrem je kontrolován zejména Brazílií, Thajskem, JAR, Guatemalou, Mexikem či Kolumbií (12). Dalším zásadním vývojovým trendem je koncentrace produkce cukrové třtiny na několik málo oblastí a států (na 8 největších producentů připadá 80 % světové sklizně) a také pokles územní koncentrace u cukrovky. Specifikem jsou nové oblasti koncentrace produkce cukrodárných plodin, zejména v Asii, popř. v severní Africe – u cukrové třtiny se jedná o jihovýchodní Čínu a Thajsko, u cukrové řepy o Anatólii v Turecku a dolní tok Nilu.

Souhrn

Cílem článku je vývojová a prostorová analýza pěstování dvou základních plodin využívaných pro výrobu cukru – cukrové řepy a třtiny.

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 (C_3 versus 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}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}C pro odlišení zdrojů půdní respirace

Odlišení zdrojů půdní respirace s použitím stabilního izotopu ^{13}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}C oproti ^{12}C v závislosti na typu rostlinného metabolismu (C_3 versus C_4 versus CAM)(16). Zatímco $\delta^{13}\text{C}$ rostlin C_3 metabolismu se pohybuje v rozmezí od -33 do -22 ‰, případě 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}C je kumulováno ve sloučeninách, které jsou velice odolné vůči mikrobiální degradaci (19). Půdní mikroorganismy rovněž preferují ^{12}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 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 CO_2 a rychlosti respirace, kdy s lineárním vzrůstem koncentrace 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