

# Cíle šlechtění cukrové řepy jako ozimé plodiny

OBJECTIVES OF BREEDING SUGAR BEET AS WINTER CROP

Josef Pulkrábek<sup>1</sup>, Vladimír Švachula<sup>1</sup>, Jaroslav Urban<sup>1</sup>, Vladimír Pačuta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

<sup>2</sup> Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Klesající ceny cukru, očekávané zrušení produkčních kvót, stále širší otevírání trhu s cukrem, větší tlak producentů cukrové třtiny a řada dalších faktorů nutí producenty a zpracovatele cukrové řepy k hledání cest, jak snížit rentabilitu a jak zachovat udržitelnost produkce této atraktivní evropské komodity.

Ve vědecké literatuře se v poslední době objevuje řada publikací zaměřených na problematiku konkurenceschopnosti cukrové řepy (1, 2). Jejich významná část je zaměřena na problematiku související s genetikou řepy (3, 4, 5) a na ozimou řepu cukrovou (6, 7, 8).

Ve dvou na sebe navazujících příspěvcích se pokusíme shmout aktuální poznatky o šlechtění cukrovky, kterou by pro sklizeň bulev vhodných pro cukrovar, lihovar či bioplynovou stanici bylo možné vysévat na podzim. O tom, že je to cesta správná, nás každodenně přesvědčují u nás běžně pěstované ozimé plodiny. U nich zpravidla dosahujeme vyšší produkce než u jařin a také stabilita jejich výnosů je výrazně vyšší.

## Důvody pro šlechtění ozimé řepy cukrové

Motivem pro vyšlechtění ozimé řepy cukrové je udržet konkurenceschopnost s producenty třtiny (1) a současně s tím využít při pěstování této plodiny i pro ni výhodné oteplování klimatu a zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře (8, 9, 10).

Zlevnit produkci lze snížením nákladů, ale to je stále problematičtější při růstu nákladů na některé pěstitelské a zpracovatelské vstupy. Druhou cestou je zvýšení produkce, lze tak dosáhnout rozložením vynaložených nákladů na větší množství výrobku. Je to cesta přínosná nejen pro pěstitele (vyšší hektarový výnos), ale i zpracovatele (prodloužení kampaně).

Často čteme a na řadě setkání s pěstiteli slyšíme o zvyšujícím se produkčním potenciálu cukrové řepy. Jednou z možností, která může napomoci jeho většímu využití, je prodloužení vegetační doby. V našich podmínkách je to u současných odrůd již dost problematické, proto se zájmem sledujeme práci genetiků a šlechtitelů, kteří se snaží najít, popřípadě vyšlechtit genotypy, které by prodloužení vegetační doby umožňovaly.

Slibná strategie zvýšení výnosového potenciálu cukrové řepy při jejím pěstování jako ozimé plodiny předpokládá v září výsev a na podzim následujícího roku sklizeň. Výnos na jaře tradičně zaseté cukrové řepy je omezen nedostatečným rozvojem listového aparátu v květnu a červnu, kdy už sluneční záření dosahuje vysoké úrovně. U cukrovky vyseté na podzim a s časným uzavřením řádků v následujícím roce lze očekávat lepší využití příkonu sluneční energie a zvýšení výnosu až o 26 % (11, 12, 13, 14).

Jako ozimá plodina se cukrovka pěstovala a v současnosti stále pěstuje v jižních oblastech mírného pásma severní polokoule: v Jižní Americe, severní Africe, na Středním východě a v jižní Evropě (15). Předpokládá se tedy, že ozimá cukrovka bude vyšlechtěna z odrůd pěstovaných v jižní Itálii nebo na jihu Španělska. Její adaptace na klimatické podmínky severozápadní Evropy je střednědobě možná. Přesto bude riziko odolnosti vůči zimě a vybíhání vyšší. Problematická zůstává především odolnost proti tvorbě vyběhlic, která by mohla v extrémních případech náklady v produkci neúměrně zvýšit. Řešení těchto rozporů nabízejí moderní šlechtitelské postupy a technologie.

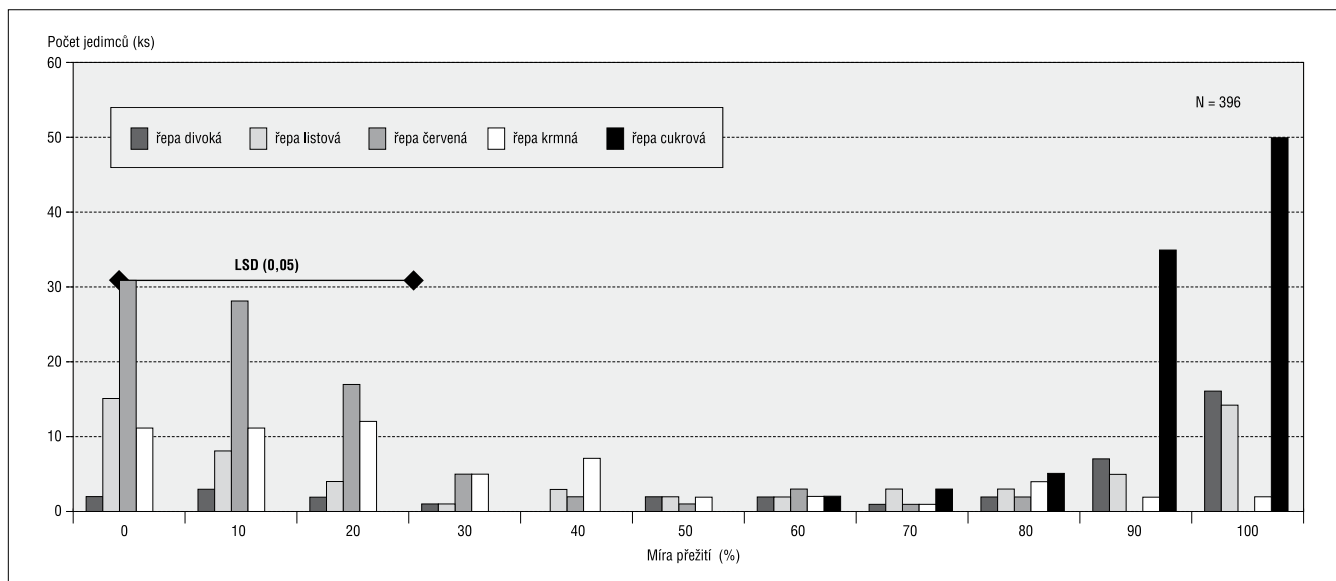
## Které vlastnosti řepy cukrové nutno změnit

Chceme-li pěstovat v středoevropských podmínkách na podzim vysetou cukrovou řepu, musí být u ní splněny přinejmenším dva požadavky: 1. dostatečná zimní otužilost (mrazuvzdornost) k přežití zimy (pro řepu je letální teplota -7 °C) a 2. zamezení vybíhání a kvetení, protože nízké zimní teploty vyvolávají u rostlin jarovizaci (vernalizaci), která podporuje vybíhání řepy na jaře. To jsou dva zásadní úkoly pro genetiky a šlechtitele.

Adaptace na změny klimatu prostřednictvím ozimé řepy cukrové je dnes podle odborného tisku aktuální problematika. Svědčí o tom např. fórum projektu budoucnosti řepy cukrové uspořádané v spolkové zemi Porýní-Falc (experimenty k této problematice byly provedeny na lokalitě Worms, situované na řece Rýnu, asi 60 kilometrů jihozápadně od Frankfurtu nad Mohanem) (4). Byla porovnána vodní bilance v ornici pod ozimou řepou cukrovou, ozimou pšenicí, jarní řepou cukrovou a úhorem. Vodní bilance byla měřena pomocí senzorů vodního napětí. Nejvyšší spotřeba vody v ozimé řepě cukrové byla zaznamenána již v květnu až červnu, u jarní cukrovky v červenci až srpnu. Výzkum došel k závěru, že pěstování ozimé řepy cukrové v uvedené lokalitě z důvodů jarovizace plodiny není v současné době prozatím možné.

## Vybíhání a produkce osiva

Vybíhání a větší výskyt vyběhlic při pěstování technické řepy cukrové je nežádoucí, protože vyběhlice ztěžují sklizeň a způsobují velké ztráty na výnosech bulev a cukru. Nevybíhající rostliny však nejsou schopny kvést a produkovat semena. Proto je třeba vytvořit systém regulace vybíhání, který by umožnil pěstovat technickou řepu cukrovou k produkci cukru, ale zároveň ve druhém vegetačním roce nebránil produkci semene (14).

Obr. 1. Histogram míry přežití 396 rostlinných zástupců *Beta vulgaris* po zimě v Göttingen 2008/2009 – míra přežití je vyjádřena poměrem rostlin po zimě a před zimou

Pramen: KIRCHHOFF, M. ET AL. (12)

Jarovizací (vernalizací) rozumíme dlouhodobé (zpravidla několikátýdenní) působení nízkých teplot (výjimečně jsou účinné i teploty pod bodem mrazu), které umožňuje následnou iniciaci květů anebo častěji jen podmiňuje fotoperiodickou indukcí kvetení či alespoň zvyšuje citlivost rostlin k fotoperiodickému signálu (15, 16, 17).

Jarovizace může mít charakter fakultativní nebo obligatorní: v prvním případě nízké teploty nástup reprodukční fáze pouze urychlují (např. odrůdy hrachu setého, jarní formy obilovin, řepka apod.), v druhém jsou pro kvetení nezbytné – sem patří i cukrová řepa (15, 18).

Kromě toho vývoj rostlin s regulovaným kvetením otevírá dveře pro alternativní produkční systémy této plodiny. K náročným šlechtitelským cílům, jako je např. vysoký výnos biomasy a efektivní produkce osiva, jsou v dnešní době využívány speciální strategie. Nové rostlinné genotypy se změněnou dobou kvetení však mohou představovat také nečekaná rizika pro životní prostředí, která budou muset být pečlivě posouzena v doplňkových experimentech.

### Posílení otužilosti a mrazuvzdornosti

Mají-li rostliny obecně vzato přežít zimní mrazy, musejí se umět přizpůsobit nízkým teplotám. Otužovací reakce spočívá v tom, že v pletivech roste obsah specifických látek, které snižují bod tuhnutí v buňkách. V Institutu pro výzkum cukrové řepy (IfZ) v Göttingenu byl uskutečněn výzkum, zda mechanismus přizpůsobení existuje také v cukrové řepě (8). V pokusu ve skleníku byla hodnocena reakce řepy na zimní otužování. K tomu byly různé genotypy po 8 týdnech růstu vystaveny nízké teplotě 4 °C při 12 hodinách světla po dobu 14 dnů, poté byly sklizeny a analyzovány. Ukázalo se, že se po otužování zvýšil v rostlinách obsah sušiny proti rostlinám pěstovaným při 20 °C. Tím se při příchodu mrazu snížilo nebezpečí tvorby ledu v rostlinných pletivech a jejich poškození. Bylo také patrné, že se po procesu aklimatizace zvýšil obsah glutaminu, sacharosy

a rafinosy v listech, méně pak v bulvách. Tato skutečnost by mohla být známkou toho, že uvedené osmoticky aktivní ochranné látky mohou přispívat ke zlepšení otužilosti cukrové řepy. Kromě toho nastalo po otužování v bulvách i listech hromadění prolinu, jehož mrazuvzdorná účinnost v rostlinách je známá. Do jaké míry jsou tyto fyziologické změny významné pro otužování, bude výzkumný projekt dále analyzovat. Zároveň se bude zkoumat, zda existují genotypové rozdíly v reakci na otužování.

Průkopnickou prací Institutu šlechtění rostlin Univerzity Christiana Albrechta v Kielu byla selekce na zimovzdornost a pozdní vyběhání cukrovky (14). Pro vyhodnocení genetické dispozice pro zimní otužilost a indukcí k vyběhání v rámci podmínek střední a východní Evropy byl testován reprezentativní soubor 396 rostlinných jedinců (accessions) genofondu řepy obecné (buráku) *Beta vulgaris*. Rostliny byly zkoumány na čtyřech místech ve dvou opakováních po dva roky 2008/2009 a 2009/2010. Zkušební lokality byly v Minsku a Njasviži (Bělorusko), Kielu v Šlesvicko-Holštýnsku a Dransfeldu v okrese Göttingen (Německo). Testovaný soubor se skládal ze 100 řep cukrových, 90 řep červených stolních, 62 řep listových, 61 řep krmných, 56 řep planých a z 27 druhů s nezjištěným původem.

Cukrová řepa byla relativně nejvíce mrazuvzdorná forma v rámci genofondu *Beta vulgaris*. U 90 % testovaných řep cukrových byla míra přežití vyšší než 90 %. Nejnižší míra přežití byla 58 %. Byla zjištěna dostačující genetická variabilita v genofondu *Beta vulgaris* k selekci na větší zimovzdornost. Pro další zlepšení v zimní otužilosti řepy cukrové bylo uskutečněno křížení tolerantních druhů navzájem.

Srovnáme-li různé taxony *Beta vulgaris*, zástupci cukrové řepy byly mezi nejdříve vyběhajícími, zatímco řepy listové (mangoldu) byly mezi nejpозději vyběhajícími. Z rostlin cukrovky vyběhalo 87 % dřívě než 6. května. V kontrastu k tomu pouze 39 % rostlin řepy listové vyběhalo k tomuto dni, zatímco 30 % řepy listové vyběhalo až po 18. květnu.

Histogram míry přežití 396 rostlin *Beta vulgaris* po zimě v Göttingenu 2008/2009 znázorňuje obr. 1.

*Přednosti a rizika ozimé řepy cukrové, výhledy do budoucna*

Němečtí odborníci ze společnosti Strube a Univerzity Christiana Albrechta v Kielu odhadují, že náklady na vyšlechtění ozimé cukrové řepy s využitím genových technologií až po její uvedení na trh přesáhnou 20 mil. eur. Na výzkumu se v současné době podílí řada šlechtitelů řepy, vědců i pracovníků cukrovarnického průmyslu. Jejich cílem je během příštích šesti až osmi let představit první odrůdu ozimé cukrovky.

Řada nejnovějších výzkumných výsledků nebyla a pravděpodobně nebude publikována kvůli utajení z důvodů konkurence mezi osivářskými firmami. Zatím stále ještě není známo, jak se bude v praxi aplikovat genový spínač zamezující vyběhání. Bude možný velkoplošný postřik? Bude to pro pěstitele dostupné a finančně únosné? Budou speciální přípravky součástí dodávky výsevních jednotek osiva?

Očekávané vyšlechtění a zavedení ozimé cukrovky bude jistě vítanou událostí v evropském řepářství. Bezesporu se podaří výrazně zvýšit produkci této nejvýkonnější plodiny mírného zeměpisného pásma. Jestliže se prodlouží doba pěstování ze sedmi až osmi na dvanáct až čtrnáct měsíců, výrazně vzroste produkce biomasy a zejména cukru. Dá se očekávat lepší využití živin a lepší ochrana proti erozi v důsledku pokryvu půdy přes zimu a v jarním období. Cukrová řepa přestává být pouze potravinou a krmivem, stále více je využívána jako energetická plodina pro produkci bioetanolu a bioplynu – čím širší bude její využití, tím rychlejší bude návratnost vložených investic. Tím poroste i ekonomický efekt.

Při pěstování ozimé řepy cukrové se však budou muset řešit změny v pěstitelské technologii. Pravděpodobně dojde ke změně spektra chorob a škůdců, dá se očekávat i větší výskyt ozimých plevelů. V rámci celé soustavy rostlinné výroby se pak bude muset pěstitel zabývat otázkou dostatku vhodných předplodin.

Ozimou řepu uvítají nepochybně i cukrovarníci. Na základě dřívější technologické zralosti bulev bude možné kampaň zahájit o jeden až dva měsíce dříve. Kampaň může být rovnoměrnější a dá se očekávat i snížení nákladů na zpracování suroviny.

V neposlední řadě se bude muset veřejnost vypořádat s nedůvěrou k novým metodám používaným ve šlechtění plodin.

*Závěr*

Před více než 170 lety se podařilo křížením vytvořit z jednoletých planých druhů řep dvouletou cukrodárnou plodinu, z níž se k produkci cukru využíval a využívá první rok vegetace a k produkci semene druhý rok. V šedesátých letech minulého století šlechtitelé vyšlechtili z víceklíčkové cukrovky řepu jednodlíčkovou, a později vytvořili a permanentně vytvářejí stále výkonnější hybridní odrůdy diploidní a triploidní s vícenásobnou tolerancí případně rezistencí k houbovým chorobám a nematodům.

Věříme, že se jim podaří vyšlechtit i řepu, u které se podaří prodloužit vegetační dobu díky její otužilosti v zimě a na jaře a díky možnosti regulovat vyběhání.

*Práce byla zpracována za podpory projektu TAČR č. TA02021392 Nové postupy v pěstebních technologiích okopanin.*

**Souhrn**

Před více než 170 lety se podařilo křížením vytvořit z jednoletých planých druhů řep dvouletou cukrodárnou plodinu. V šedesátých letech minulého století byla vyšlechtěna řepa jednodlíčková. Intenzivně se šlechtí stále výkonnější odrůdy s vícenásobnou tolerancí případně rezistencí k houbovým chorobám a nematodům. Aktuálním cílem je vyšlechtit řepu, u které se podaří prodloužit vegetační dobu díky zvýšení její otužilosti k bezpečnému přezimování a zvládnutí techniky regulace vyběhání. Článek přináší informace z odborné literatury, zaměřené na význam a přínosy tohoto šlechtitelského cíle. Nově vyšlechtěné rostliny musí mít dostatečnou zimní otužilost (mrazuvzdornost) k přežití zimy (pro řepu je letální teplota  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a nesmí vyběhat a kvést (při pěstování na produkci bulev), protože nízké zimní teploty vyvolávají u rostlin jarovizaci, která podporuje vyběhání řepy cukrové na jaře. Toto jsou dva zásadní úkoly pro genetiky a šlechtitele. Během příštích šesti až osmi let lze očekávat prototyp ozimé řepy cukrové s výrazně vyšší produkcí cukru, než mají jarní odrůdy.

**Klíčová slova:** řepa cukrová, šlechtění, mrazuvzdornost, jarovizace, regulace kvetení a vyběhání.

## ROZHLEDY

**Buhre C., Apfelbeck R., Hesse F., van Look M., Mielke Ch., Ladewig E.**

**Přehled technologie pěstování – regionální rozdíly v produkci cukrovky (Umfrage Produktionstechnik – regionale Unterschiede in der Zuckerrübenproduktion)**

Údaje o produkci cukrovky v Německu jsou od roku 1994 pravidelně publikovány v ročních zprávách. Výměra polí jednotlivých pěstitelů kolísá od 3 do 25 ha. Hlavní předplodinou cukrovky jsou obiloviny, zvláště ozimá pšenice. V regionu západ jsou dalšími hlavními předplodinami ještě brambory a kukuřice. Meziploidy jsou v regionech západ, severo-západ a jih pěstovány na 50 % výměry, v regionu severo-východ a východ na 10 % ploch. Co se týče přípravy půdy, ve všech regionech se postupně snižuje rozsah podzimní orby a zvyšuje se mulčování. Hnojení dusíkatými hnojivy je ve všech regionech podobné, nejvyšší je v regionech severo-východ a východ.

Ve sklizňové technice jsou jen malé regionální rozdíly, ve všech regionech se řepa sklízí šestirádkovými samojízdnými sklizeči.

*Zuckerind./Sugar Ind., 138, 2014, č. 1, s. 40–47.*

*Kadlec*

**Kreye H., Ludewig H. M.**

**Nové herbicidy s lepším efektem? Jak mohou být nové přípravky využity v aplikačních postupech? (Neue Herbizide mit besserer Wirkung? Wie lassen sich die neuen Produkte in die Spritzfolgen einbauen?)**

Článek uvádí možnosti regulace plevelů v cukrovce s využitím řady nových herbicidů. Konstatuje, že pokud byly zjištěny větší plevele od posledního zpracování půdy (zpravidla na podzim), měla by následovat před dalším zpracováním půdy (na jaře)

## Literatura

1. WINDT, A.; BÜCKMAN, V.: (20-20-20: Das Potential der Rübe voll nutzen. *Zuckerrübe*, 60, 2011 (1), s. 8–10.
2. PULKRÁBEK, J. ET AL.: The assessment of the economic risks level of sugar beet growing for the farm economy. *Agricultural Economics (Zemědělská ekonomika)*, 58, 2012 (1), s. 41–48.
3. ABOU-ELWAFI, S. F. ET AL.: Genetic identification of a novel bolting locus in *Beta vulgaris* which promotes annuality independently of the bolting gene B. *Mol Breeding*, 29, 2012, s. 989–998.
4. AGRÍKOLA, Y.: Anpassung an den Klimawandel durch Winterrüben? In *Forum Zukunftsprojekt Zuckerrübe 29. Februar 2012*. Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., s. 1–12.
5. SCHMIDT, T.: *Zuckerrüben-Genom erstmals sequenziert*. Technische Universität Dresden – Archiv der Pressemitteilungen, Dezember 2013.
6. PIN, P. A. ET AL.: The role of a pseudo-response regulator gene in life cycle adaptation and domestication of beet. *Current Biology*, 22, 2012 (12), s. 1095–1101.
7. DOHM, J. C. ET AL.: The genome of recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*). *Nature*, 505, 2014 (23 January 2014), s. 546–549.
8. *Winterrübe als Energiepflanze – Mechanismen der Winterhärte*. Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen – Jahresbericht 2012/12, s. 12–13.
9. FRERICHMANN, S. L. M. ET AL.: EcoTILLING in *Beta vulgaris* reveals polymorphisms in the *FLC*-like gene *BvFL1* that are associated with annuality and winter hardiness. *BMC Plant Biology*, 2013, 13:52.
10. ESCRIOU, H.; MAUPAS, F.; RICHARD-MOLARD, M.: Évolution des rendements de la betterave sucrière: un effet favorable du changement climatique. *La technique betteravière*, 2010 (941).
11. KOPECKÁ, V. ET AL.: Vliv klimatických změn na možnosti pěstování cukrové řepy v České republice. *Listy cukrov. řepář.*, 129, 2013 (11), s. 326–329.
12. KOPISCH-OBUCH, F. J. ET AL.: Molecular Breeding Research with Sugar Beet. 60. *Tagung der Vereinigung Pflanzenzüchter Saatgutkaufleute Österreichs*, 2008, s. 75–76.
13. JUNG, C.; MÜLLER, A. E.: Flowering time control and applications in plant breeding. *Trends Plant Sci*, 14, 2009 (10), s. 563–573.
14. KIRCHHOFF, M. ET AL.: Selection for cold hardiness and late bolting for breeding winter beets. 60. *Tagung der Vereinigung Pflanzenzüchter Saatgutkaufleute Österreichs*, 2009, s. 173–176.
15. STEHLÍK, V.: *Biologie druhů, varieta forem řep rodu Beta L*. Praha: Academia, 1982, 448 s.
16. PROCHÁZKA, S. ET AL.: *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998, s. 385–386.
17. KREKULE, J.: Kdy kvetou? Pohledy zemědělců a botaniků. *Živa*, 2008 (4), s. 152–155.
18. RYBÁČEK, V. ET AL.: *Cukrovka*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, s. 99.

### Pulkrábek J., Švachula V., Urban J., Pačuta V.: Objectives of Breeding Sugar Beet as Winter Crop

More than 170 years ago a biennial sugar beet was crossbred from annual wild species; a monogerm beet was bred in the 1960s. We are intensively breeding more powerful varieties with multiple resistances or tolerances to fungal diseases and nematodes. The current goal is to breed beets in which it will be possible to prolong the growing season via increasing its hardiness for safe wintering and solving the possibility of bolting regulation. The article presents information from the professional literature focusing on the importance and benefits of this breeding objective. The newly bred plants must have sufficient winter hardiness (frost resistance) to survive the winter (lethal temperature for beet is  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and they must not bolt and flower (when grown for bulbs), because low winter temperatures cause the plants vernalization, which promotes sugar beet bolting in the spring. These are two fundamental tasks for genetics and breeders. Over the next six to eight years, we can expect a prototype of winter sugar beet with significantly higher sugar production than the spring varieties.

**Key words:** sugar beet, breeding, hardiness, vernalization, regulation of flowering and bolting.

### 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

## ROZHLEDY

aplikace přípravků obsahujících glyfosát. Bezpečný boj se staršími plevele je tak výrazně účinnější a levnější. Budeme-li je likvidovat po výsevu cukrovky či jiných jarních plodin, bude např. u violky rolní a větších rostlin svízele potřebné vyšší množství účinné látky. To však nemůže být využito u všech plodin.

*Zuckerrübe*, 63, 2014, č.2, s. 16–23.

Švachula

Khan M. F. R.

**„Řepa“ pokračuje – Roundup Ready cukrová řepa je v USA opět deregulována (The „beet“ goes on – roundup ready sugar beet deregulated again in USA)**

V USA se spotřebuje ročně více než 11 milionů t cukru, z toho je 43 % vyrobeno z řepy. Do roku 2008 se v USA pěstovala tradiční cukrovka. Poté se rychle rozšířilo použití GM-řepy „Roundup

Ready“ a herbicidu Roundup od firmy Monsanto. Soudní zákaz pěstování této řepy přerušil, její použití bylo v roce 2011 rozhodnutím ministerstva zemědělství (USDA) obnoveno.

*Int. Sugar J.*, 116, 2014, č.1382, s. 131–133.

Kadlec

Voigt I., Du Plessis N. J.

**Modulové odpařovačky (Modular evaporators)**

Vařáky typu odpařovačů (reboiler) se používají v řadě průmyslových odvětví, včetně třtinových lihovarů. Používají se k dodávce tepla do spodní části destilační kolony, vyvinutá pára se vrací do kolony a urychluje destilaci. Článek uvádí různé způsoby těchto vařáků firmy Bosch, používaných v brazilských cukrovarech.

*Int. Sugar J.*, 116, 2014, č.1382, s. 119–124.

Kadlec