

## Předplodinová hodnota cukrové řepy v podmínkách změny klimatu

PRE-CROP VALUE OF SUGAR BEET UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

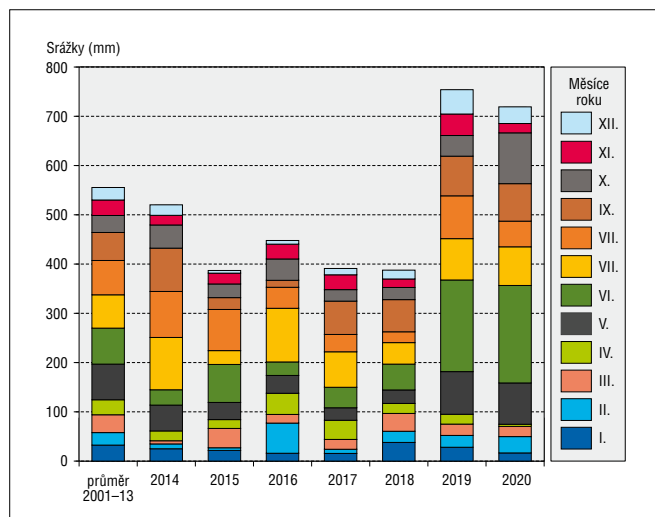
Martin Káš, Gabriela Mühlbachová, Helena Kusá  
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Praha – Ruzyně

Vhodný osevňovací postup je základní nástroj k udržení a zlepšování půdní úrodnosti. Při sestavování osevňovacího postupu vycházíme z tzv. předplodinové hodnoty, která představuje souhrn vlastností plodiny vzhledem k jejímu zařazení v osevňovacím postupu, náročnosti na živiny, výnosovému potenciálu atd. V agronomické praxi se rozlišují plodiny mající zlepšující, nebo zhoršující předplodinovou hodnotu. Cukrová řepa je považována za plodinu s dobrou předplodinovou hodnotou (1, 2, 3). Obvykle je hnojena statkovými hnojivými, po sklizni zůstává na poli velké množství snadno rozložitelných posklizňových zbytků. Cukrová řepa je v podmínkách Česka problematickou předplodinou pro pšenici z hlediska rizika pozdní sklizně (optimálně do 20. října) a následného pozdního vysetí pšenice ozimé (4). Osevňovací sled cukrová řepa – ozimá pšenice je tradiční součástí tzv. Rýnského osevňovacího postupu (5). Tento osevňovací postup byl použit i v dlouhodobém mezinárodním polním pokusu IOSDV v Ivanovicích na Hané. Na tomto stanovišti jsou půdy s přirozeně vysokou půdní úrodností (degradovaná černozem) zaručující vysoký výnos, na druhou stranu se Ivanovice v posledních letech řadí mezi místa s nejnižším úhrnem srážek v ČR (6, 7). Cukrová řepa je plodinou velmi náročnou na dostatek vody, zvláště v době klíčení a vzcházení a poté v době tvorby bulvy – tj. v červenci a v srpnu (8). Transpirace však trvá až do sklizně, takže v případě suchého podzimu cukrová řepa zanechává

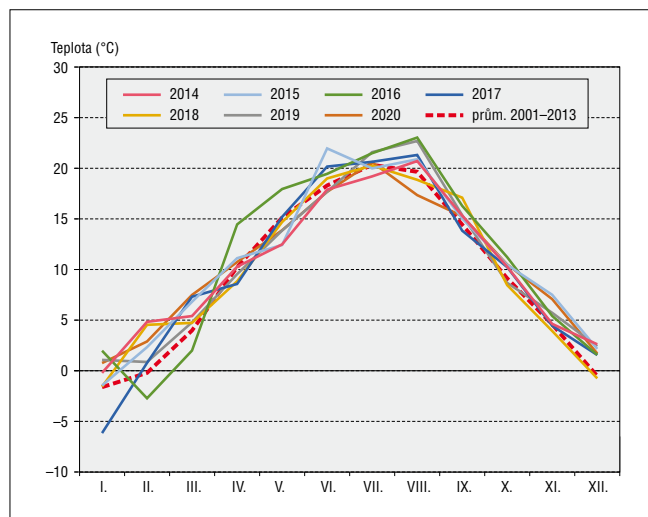
proschlý orniční horizont (9). Na suchu reaguje cukrová řepa zpomalením růstu, snížením kvality a výnosu. Konkrétní nároky rostlin na vodu se velmi liší, a to podle vývoje počasí, druhu půdy a období jednotlivých fenologických fází jejich vývoje. Kromě změn počasí a s tím spojených srážkových úhrnů dochází také k významným změnám v technologiích pěstování, které mohou předplodinovou hodnotu podstatně ovlivnit (omezení mechanického kypření, jednorázová sklizeň atd.). Možnými riziky omezení mechanického kypření jsou utužení půdy a tvorba půdního škraloupu, které mohou omezit zasakování vody do půdy a výměnu půdního vzduchu, mají tak negativní vliv na růst a výnos cukrové řepy. Zhutnění půdy je vážnou příčinou podstatného zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půd, omezují plné využití genetického potenciálu výkonných odrůd a snižuje efektivitu vstupů do produkčního procesu pěstování plodin, především organického i minerálního hnojení.

V příštích desetiletích lze v Česku očekávat zvýšení průměrné teploty až o 2 °C a srážkově velmi nevyrovnaná období. Změny průběhu počasí pak mohou mít významný vliv na pěstování zemědělských plodin. V případě cukrové řepy, citlivé na rovnoměrné rozložení srážek, pak lze očekávat značnou nevyrovnanost meziročních výnosů (10). Cílem této práce je vyhodnotit vliv cukrovky jako předplodiny pro ozimou pšenici za současných měnících se povětrnostních podmínek.

Obr. 1. Měsíční úhrny srážek ve sledovaných letech 2014–2020 a průměr let 2001–2013



Obr. 2. Průměrné měsíční teploty ve sledovaných letech 2014 až 2020 a průměr let 2001–2013



## Materiál a metody

V dlouhodobém mezinárodním polním pokusu IOSDV byla pěstována cukrová řepa v rámci tříhonného osevního postupu, cukrová řepa – ozimá pšenice – ozimý ječmen, na pokusné stanici Ivanovice na Hané. Pokus byl založen v roce 1983 a od té doby je veden do současnosti bez významnějších změn v metodice. Každý hon je rozdělen do tří bloků představujících systémy organického hnojení:

- A – bez organického hnojení – hon je hnojen pouze minerálními hnojivy, odváží se hlavní i vedlejší produkt (sláma),
- B – 30 t·ha<sup>-1</sup> chlévského hnoje každý třetí rok k cukrové řepě, sláma se odváží,
- C – sláma obilnin 5 t·ha<sup>-1</sup> + 50 kg·ha<sup>-1</sup> N na rozklad slámy, po ječmeni meziplodina.

V rámci každého systému organického hnojení bylo zařazeno šest variant se stupňovanými dávkami minerálního dusíku, aplikovaného u řepy ve dvou dávkách – před setím a v polovině června. Varianty hnojení byly: **0** – nehnojená kontrola; **0N** – hnojení pouze P, K; **1N** – 50 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **2N** – 100 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **3N** – 150 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **4N** – 200 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K. U ozimé pšenice byl dusík aplikován ve čtyřech dávkách – před setím, regenerační, produkční (BBCH 31) a kvalitativní (BBCH 51) a varianty hnojení byly: **0** – nehnojená kontrola; **0N** – hnojení pouze P, K; **1N** – 40 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **2N** – 80 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **3N** – 120 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K; **4N** – 160 kg·ha<sup>-1</sup> N, P, K. Kromě nehnojené kontrolní varianty byly všechny ostatní varianty hnojeny minerálními P a K hnojivy v dávkách 35 kg·ha<sup>-1</sup> P a 83 kg·ha<sup>-1</sup> N.

Pro účely této publikace byly použity výsledky z ročníků 2014–2020. Každý pokusný hon byl zastoupen dvakrát. Byl sledován průběh počasí – úhrn srážek, teplota vzduchu a výnos pěstovaných plodin.

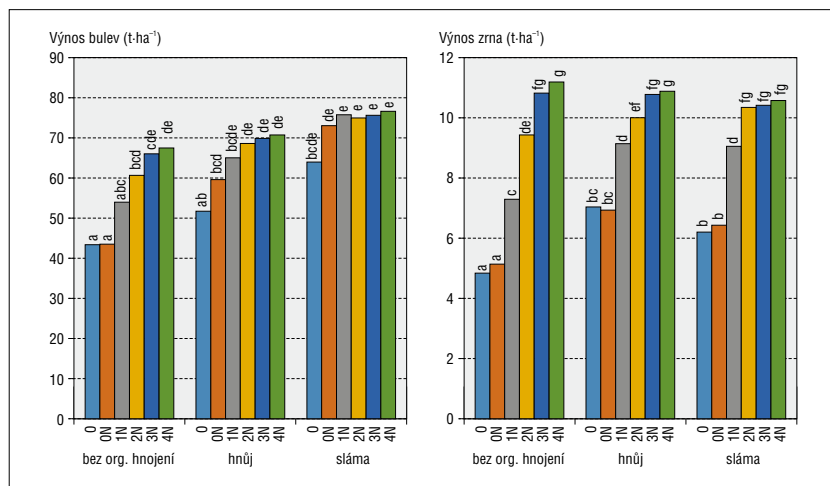
Výsledky byly statisticky zpracovány pomocí softwaru Statistica 13 (TIBCO, USA). Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení v jednotlivých letech byly zpracovány pomocí jednocestného testu ANOVA. Rozdílná písmena v grafech znázorňují statisticky průkazné rozdíly zjištěné pomocí Tukey testu na hladině významnosti  $p < 0,05$ .

## Výsledky a diskuse

V průběhu sledovaného období (v letech 2014–2020) byl zaznamenán v pěti letech ze sedmi podprůměrný úhrn srážek v porovnání s víceletým průměrem (průměr 2001–2013) (obr. 1.). V letech 2015, 2017 a 2018 byl roční úhrn srážek nižší než 400 mm. Ve sledovaných letech 2014–2020 byly zaznamenány velké rozdíly ve výnosu cukrové řepy a následně i ozimé pšenice. Jako příčiny rozdílných výnosů lze označit rozdílnou distribuci srážek během roku, sumu teplot, vliv hnojení a předplodiny, resp. management jejího pěstování a kombinaci těchto faktorů.

Cukrová řepa v roce 2014 příznivě reagovala na rozdílné hnojení a se stoupajícími

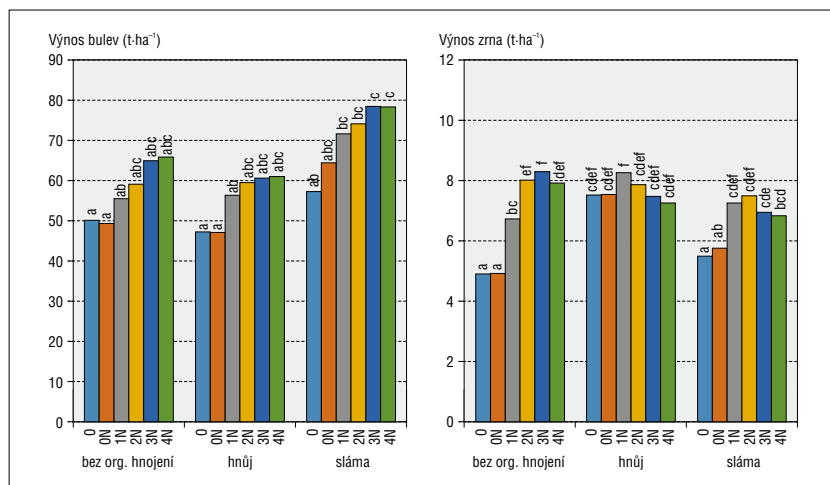
Obr. 3. Výnosy bulev cukrové řepy (2014) a zrna pšenice (2015)



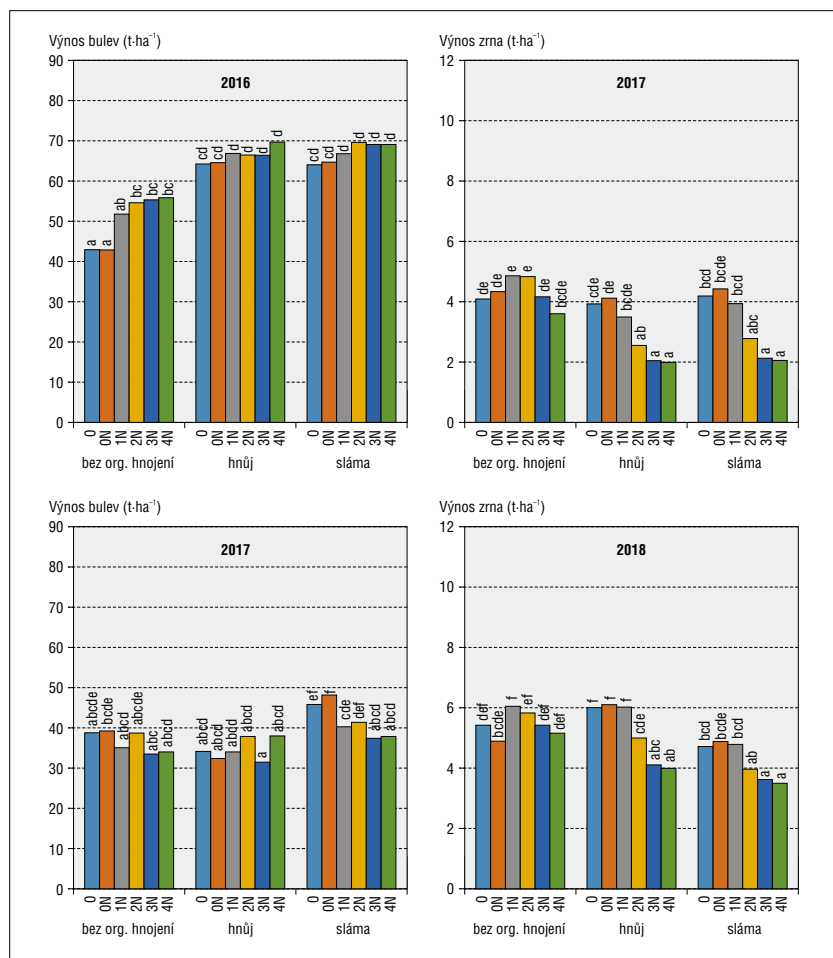
dávkami dusíku rostl také výnos bulev, kde u vyšších dávek hnojení, zvláště po hnoji a slámě, dosahoval 70 t·ha<sup>-1</sup> a více (obr. 3.). Vzhledem k ročnímu úhrnu srážek 520 mm, kterému předcházela také vláhově průměrná rok 2013 (550 mm), byla cukrová řepa vláhově saturována a nedošlo k vysušení půdního horizontu, přičemž využití zejména zimní vláhy je podstatné pro klíčení a vzcházení rostlin (10). V následujícím roce dosáhla ozimá pšenice nejvyšších výnosů za celou dobu trvání polního pokusu, ačkoliv roční úhrn srážek byl ze sledovaného období nejnižší (387 mm) (obr. 3.). O výnosu pšenice i cukrové řepy tak rozhodly nadprůměrné srážky v období srpen až říjen 2014 a srážky v období dozrávání pšenice ozimé v roce 2015.

V dalším sledovaném období již byly výnosy cukrové řepy a pšenice ozimé odlišné. Cukrovka dosáhla v roce 2015 na variantách bez organického hnojení i na variantách hnojených hnojem celkově nižších výnosů v porovnání s rokem 2014. Naopak po slámě při vyšších dávkách hnojení byly zjištěny nejvyšší výnosy na úrovni 75–80 t·ha<sup>-1</sup>. I přes nízké úhrny srážek nebyly u cukrové řepy zaznamenány výnosové propady, které ve své práci zmiňuje ŽALUD ET AL. (10). Naopak rok 2015 se vyznačoval velmi pozitivní výnosovou reakcí na zvyšující se dávky minerálního dusíku. Po hnojení hnojem bylo zaznamenáno snížení výnosů o 8,7–9,7 t·ha<sup>-1</sup> ve srovnání s rokem 2014.

Obr. 4. Výnosy bulev cukrové řepy (2015) a zrna pšenice (2016)



Obr. 5. Výnosy bulev cukrové řepy (2016 a 2017) a zrna pšenice (2017 a 2018)

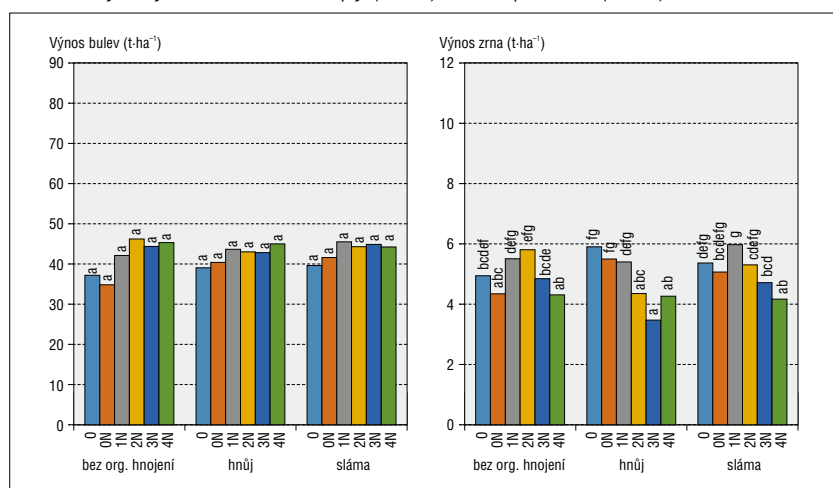


Následné výnosy zrna ozimé pšenice v roce 2016 byly až o 25 % nižší než v roce 2015. Pokles výnosu na nejvíce hnojených variantách byl způsoben vysokým úhrnem srážek během července, který způsobil polehnutí porostu. Pozitivní vliv minerálního hnojení na výnos zrna se tak ukázal pouze ve variantách bez organického hnojení do 80 kg·ha<sup>-1</sup> N (obr. 4.).

Rok 2016 byl pro cukrovku příznivý při hnojení hnojem i slámou. Oba systémy organického hnojení dosahovaly téměř

s nulovým pozitivním efektem jak organického, tak minerálního hnojení. Při porovnání s celorepublikovým průměrným výnosem cukrové řepy ve sledovaném období je patrné, že zatímco v letech 2015–2016 byly výnosy z polního pokusu v Ivanovicích nadprůměrné, od roku 2017 se v důsledku sucha situace obrátila a výnosy cukrové řepy byly až o 20 t·ha<sup>-1</sup> nižší (12). V pokusu nebyl zjištěn příznivý vliv organického hnojení na stabilitu výnosů cukrové řepy při nedostatku srážek. Zapravení slámy je

Obr. 6. Výnosy bulev cukrové řepy (2018) a zrna pšenice (2019)



operacemi může docházet k pozdnímu výsevu ozimé pšenice, který má vliv na výnosovou stabilitu (14).

Rok 2018 byl již čtvrtým rokem s podprůměrným úhmem srážek a navíc s nejvyšší průměrnou teplotou vzduchu. V roce 2018 bylo velmi teplé jaro a léto (obr. 2.). Výnosy ozimé pšenice vykázaly podobný trend jako v roce 2017, bylo však dosaženo o cca 2 t·ha<sup>-1</sup> vyšších výnosů. Na hnojených parcelách se hnojilo statkovými a minerálními hnojivy ve stejných dávkách bez ohledu na výnos. Vzhledem k nedostatku vody v půdě nedošlo také ani k odběru živin z půdy rostlinami a hnojiva se tak hromadila v půdním profilu.

Vydatné srážky přišly až v květnu 2019. I přes nadprůměrné srážky nebyly již nejméně poškozené rostliny schopny dodatečně zregenerovat, nejvyšších výnosů zrna pšenice tak bylo dosaženo při kombinaci organického hnojení bez minerálního hnojení, resp. s nízkými dávkami organického hnojení.

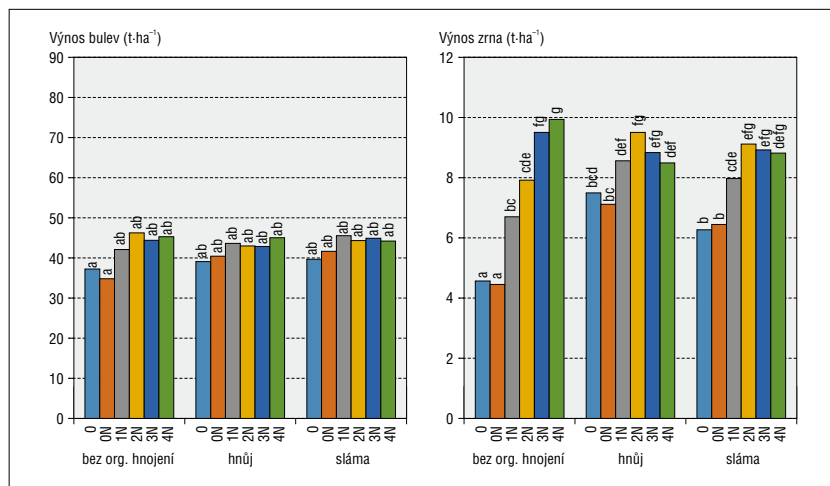
Výnosy cukrovky na všech variantách v letech 2017–2019 dosahovaly úrovně kolem 40 t·ha<sup>-1</sup>, tj. výnos nehnojené varianty při srážkově příznivém roce. U cukrové řepy nedošlo k poklesu výnosu bulv při vyšších dávkách hnojení jako u ozimé pšenice, ale významně se zhoršila kvalita sklizené produkce. V bulvách u více hnojených variant zjistili KÁŠ ET AL. (12) vyšší obsah  $\alpha$ -aminodusíku a nižší výnos cukru. Z výsledků je zřejmé, že dávky dusíkatých hnojiv vyšší než 100 kg·ha<sup>-1</sup> N jsou neopodstatněné a často i kontraproduktivní (9). Zvýšené dávky navíc negativně ovlivňují obsah minerálního dusíku v půdě v mimovegetačním období. V půdách při vysokých dávkách hnojení zůstávají po sklizni vysoké obsahy nitrátů, které se v následujícím zimním období a po možných vyšších srážkách mohou vyplavit do podzemních vod. Proto se doporučuje u cukrové řepy snížení dávky minerálního dusíku proti normativu vzhledem k očekávanému výnosu (15).

Nízké výnosy v suchých letech (2017–2019) byly zapříčiněny nejen celkovým nedostatkem srážek, ale také jejich nepravidelnou distribucí, což v proschlé půdě ovlivnilo růst rostlin i tvorbu bulvy v kritických letních měsících. Řešením pro zlepšení výnosů cukrové řepy, a tím i zlepšení její předplodinové hodnoty, může být v sušších oblastech využití technologií zpracování půdy šetřících vodu v půdě, jako je minimalizace, pásové zpracování půdy (strip-till) apod. Součástí těchto půdoochranných technologií by měla být i minimalizace přejezdů techniky a dostatek organického hnojení (10). Pro pšenici ozimou jako následnou plodinu je pak podstatná také včasná sklizeň (5), na což by se měl brát ohled při výběru vhodné odrůdy cukrové řepy. Rovněž je nutné co nejvíce omezit ztráty vody z půdy při jejím zpracování před setím pšenice. Získané výsledky také ukazují, že dávky hnojení minerálním dusíkem vyšší než 100 kg·ha<sup>-1</sup> N jsou neopodstatněné z hlediska dosažených výnosů, kvality produkce i rizika znečištění podzemních vod vyplavením nitrátů.

## Závěr

Dosažené výsledky ukázaly, že cukrová řepa je pro pšenici ozimou dobrou předplodinou ve srážkově příznivých letech. Pro dosažení vysokých výnosů zrna pšenice ozimé je ale nutné

Obr. 7. Výnosy bulv cukrové řepy (2019) a zrna pšenice (2020)



dodržení agrotechnických termínů setí, což předpokládá včasnou sklizeň cukrové řepy. Vlivem pozdních termínů setí pšenice ozimé může docházet k velké ročníkové výnosové variabilitě. V současné době je tento problém snadněji řešitelný díky výkonnější zemědělské technice a volbě vhodné odrůdy ozimé pšenice, včetně přesívkového typu. Limitujícím faktorem širšího využití tohoto osevního sledu však bude dostatečné množství vody v půdě, a to i ve spodních vrstvách během podzimu, zimy a časného jara, které je klíčové pro růst kořenů. Jednou z možností je využití minimalizačních technologií zpracování půdy omezujících ztráty vody z půdy. Dosažené výsledky ukázaly, že dávky dusíku vyšší než 100 kg·ha<sup>-1</sup> N byly při nedostatku srážek pro výnos cukrové řepy neefektivní. V letech s dostatkem srážek cukrová řepa příznivě reagovala na stupňované dávky minerálního dusíku až do 150 kg·ha<sup>-1</sup> N, kdy po hnojení hnojem nebo slámou dosáhla výnosy přes 70 kg·ha<sup>-1</sup> N.

*Tento článek vznikl za podpory projektů Ministerstva zemědělství MZE-RO0418 a GK1910382.*

## Souhrn

V dlouhodobém mezinárodním polním pokusu IOSDV byla hodnocena předplodinová hodnota cukrové řepy na výnos ozimé pšenice na pokusné stanici Ivanovice na Hané v letech 2014–2020. Během šesti let byl sledován průběh počasí – úhm srážek a teplota vzduchu a výnosy cukrové řepy i pšenice ozimé v následujícím roce. Nejvyšší výnos zrna ozimé pšenice byl dosažen v roce 2015, kdy u nejvíce hnojených variant dosahoval více než 10 t·ha<sup>-1</sup>, což bylo příznivě ovlivněno dostatkem srážek v době dozrávání zrna. Naopak nedostatek srážek v letech 2017 a 2018 negativně ovlivnil jak výnosy cukrové řepy, tak kombinací vlivů nedostatku srážek, odběru vody cukrovou řepou a pozdějších termínů setí pšenice ozimé došlo k významnému snížení výnosů zrna pšenice. Výsledky tak ukazují, že celkový úhm srážek a jejich distribuce v daném ročníku je limitujícím faktorem pro růst cukrové řepy ve všech fázích jejího růstu a v důsledku toho mohou ovlivnit i růst následné pšenice ozimé. V suchých letech se neprojevil pozitivně vliv organického hnojení hnojem a slámou, a to zejména v kombinaci s vyššími dávkami minerálního hnojení dusíkem, kdy docházelo ke snížení výnosů pšenice. Hnojení cukrové řepy minerálními dusíkatými hnojivy v dávkách nad 100 kg·ha<sup>-1</sup> N bylo v suchých letech neefektivní, navíc zhoršilo kvalitu produkce. V letech s dostatkem srážek cukrová řepa

příznivě reagovala na stupňované dávky minerálního dusíku až do 150 kg·ha<sup>-1</sup> N, kdy dosáhla výnosy přes 70 t·ha<sup>-1</sup>.

**Klíčová slova:** výnosy cukrové řepy, předplodinná hodnota, vliv srážek, hnojení, výnosy zrna ozimé pšenice.

## Literatura

- ZIMOLKA, J. ET AL.: *Pšenice – pěstování, bodnocení a užití zrna*. 1. vydání, Praha: Profi Press, 2005, 181 s., ISBN 80-86726-09-6.
- KUNZOVÁ, E.; HEJCMAN, M.: Yield development of winter wheat over 50 years of FYM, N,P, and K fertilizer application on black earth soil in the Czech Republic. *Field Crops Research*, 111, 2009 (3), s. 226–234.
- WENDA-PIESIK, A. ET AL.: Risk assessment posed by diseases in context of integrated management of wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123, 2016, s. 3–18.
- CHOCHOLA, J.: *Průvodce pěstováním cukrové řepy*. Semčice: KWS Osiva, Řepařský institut, 2010, s. 65.
- SHELLBERG, J.; HÜGING, H.: Die Entwicklung der Erträge von Getreide, Hackfrüchten und Klee im Dauerdüngungsversuch Dikopshof von 1906 bis 1996. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 42, 1997 (3–4), s. 303–318.
- Vyschla řeka. Dochází voda ve studnách. Nejsušší obcí jsou Ivanovice na Hané, *Deník.cz*, [online] [https://www.denik.cz/z\\_domova/vyschla-reka-dochazi-voda-ve-studnach-nejsussi-obci-jsou-ivanovice-na-hane-2018081](https://www.denik.cz/z_domova/vyschla-reka-dochazi-voda-ve-studnach-nejsussi-obci-jsou-ivanovice-na-hane-2018081).
- KÁŠ, M.; MÜHLBACHOVÁ, G.; KUSÁ, H.: Winter wheat yields under different soil-climatic conditions in a long-term field trial. *Plant Soil Environment*, 65, 2019, s. 27–34.



- PAVLŮ, K. ET AL.: Influence of sowing and harvest dates on production of two different cultivars of sugar beet, *Plant Soil Environment*, 63, 2017 (2), s. 76–81.
- KVĚCH, O.: Výnos předplodiny In KVĚCH ET AL.: *Osevní postupy*. Praha: SZN, 1985, 208 s.
- ŽALUD, Z. ET AL.: Změna klimatu a její dopady pro polní produkci se zaměřením na cukrovou řepu v České republice, *Listy cukrov. řepař.*, 136, 2020, s. 248–255.
- SPIEGEL, H. ET AL.: The International Organic Nitrogen Long-term Fertilisation Experiment (IOSDV) at Vienna after 21 years. *Agronomy and Soil Sci.*, 56, 2010 (4), s. 405–420.
- KÁŠ, M.; MÜHLBACHOVÁ, G.; KUSÁ, H.: Vliv organického a minerálního hnojení na výnos cukrové řepy a její kvalitativní charakteristiky v podmínkách sucha. *Listy cukrov. řepař.*, 135, 2019, s. 239–244.
- MACHOLDT, J. ET AL.: How will future climate depending agronomic management impact the yield risk of wheat cropping systems? A regional case study of Eastern Denmark. *Journal of Agriculture Sci.*, 158, 2021, s. 660–675.
- MACHOLDT, J. ET AL.: The effects of cropping sequence, fertilization and straw management on the yield stability of winter wheat (1986–2017) in the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK. *Journal of Agriculture Sci.*, 158, 2020, s. 65–79, <https://doi.org/10.1017/S0021859620000301>.
- WOJNEROVÁ, J.; KOZLOVSKÁ, L.; KLÍR, J.: *Hospodaření ve zranitelných oblastech – 5. akční program nitratové směrnice*. Praha: VÚRV, 2020, 72 s., ISBN 978-80-7427-325-4.

## Káš M., Mühlbachová G., Kusá H.: Pre-crop Value of Sugar Beet under Conditions of Climate Change

The pre-crop value of sugar beet for winter wheat yield station was evaluated in a long-term IOSDV field trial at the Ivanovice na Hané station in 2014–2020. The weather patterns (total precipitation and air temperature) were monitored during the six-year period together with the yield of sugar beet and winter wheat in the following year. The highest winter wheat yield was recorded in 2015, when it reached more than 10 t ha<sup>-1</sup> in the variants with the highest nitrogen doses, which was also favorably affected by above-average precipitations in the period August – October 2014 and precipitations during wheat maturation. On the contrary, the lack of precipitation in 2017 and 2018 negatively affected the sugar beet yields and due to the combination of lack of precipitation, water offtake by sugar beet and later dates of winter wheat sowing, there was a significant decrease in the wheat grain yields as well. The results thus show that total precipitation and its distribution in a given year is a limiting factor affecting the growth of sugar beet in all phases of its growth and, as a result, may also affect the growth of subsequent winter wheat. In dry years, organic manure and straw fertilization in combination with higher doses of mineral nitrogen fertilization did not have a positive effect as the wheat yields were largely reduced. Fertilization of sugar beet with nitrogen doses higher than 100 kg ha<sup>-1</sup> N was inefficient in dry years, and the quality of production was worse. Sugar beet responded favourably to graded doses of mineral nitrogen up to 150 kg ha<sup>-1</sup> N in years with sufficient rainfall when its yields reached over 70 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** sugar beet yields, forecrops value, yield, effect of precipitations, fertilization, winter wheat grain yields.

## Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Gabriela Mühlbachová, Ph.D., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Odbor systémů hospodaření na půdě, Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6, Česká republika, e-mail: [muhlbachova@vurv.cz](mailto:muhlbachova@vurv.cz)