

Vliv závlahy a nedostatku vody na výnos pšenice

The effect of irrigation and water shortage on wheat yield

Jan Haberle, Pavel Svoboda, Ivana Raimanová, Gabriela Kurešová

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, Praha 6- Ruzyně

Abstrakt

V maloparcelkovém polním pokusu byl v letech 2004-2013 sledován vliv závlahy a nedostatku vody na výnos ozimé pšenice na nízké (N1) a vysoké (N2) úrovni hnojení dusíkem. Odlišná dostupnost vody byla indukována od počátku kvetení, ve fázi tvorby zrna. Závlahy zvýšily výnos zrna oproti nezavlažované kontrole v průměru let o 0,40 t/ha (N1) a 0,61 t/ha (N2). Ve srovnání se stresovaným porostem činilo zvýšení v průměru 1,14 t/ha (N1) a 2,04 t/ha (N2). Výnos zrna u hnojené pšenice byl v pozitivním vztahu s úhrnem srážek a závlahové vody od setí, od 1.1. nebo 1.3. do voskové zralosti. Regresní rovnice naznačují, že výnos zrna se zvyšoval o 0,4 t až 1,4 t/ha na 100 mm srážek mezi 100 mm a 500 mm. Dostupnost vody a její efekt na výnos dobře indikovala hodnota diskriminace izotopu uhlíku ^{13}C v zrně.

Klíčová slova: sucho, $\Delta^{13}\text{C}$, vodní kapacita půdy, kořenový systém

Abstract

The effect of irrigation and water shortage on winter wheat yield was studied in small plot field experiment in the years 2004-2013. Optimum water supply and water shortage were induced from the start of anthesis, during grain growth. The irrigation increased grain yield by 0,40 t/ha (N1) and 0,61 t/ha (N2) in comparison with control, rain-fed wheat, and by in 1,14 t/ha (N1) a 2,04 t/ha (N2) in comparison with stressed wheat. Wheat yield was in a positive relationship with water supply by irrigation and precipitation from sowing or the start of year and spring growth. Carbon ^{13}C discrimination in grains indicated water supply and its effect on yield.

Keywords: water stress, $\Delta^{13}\text{C}$, water capacity, root system

Úvod

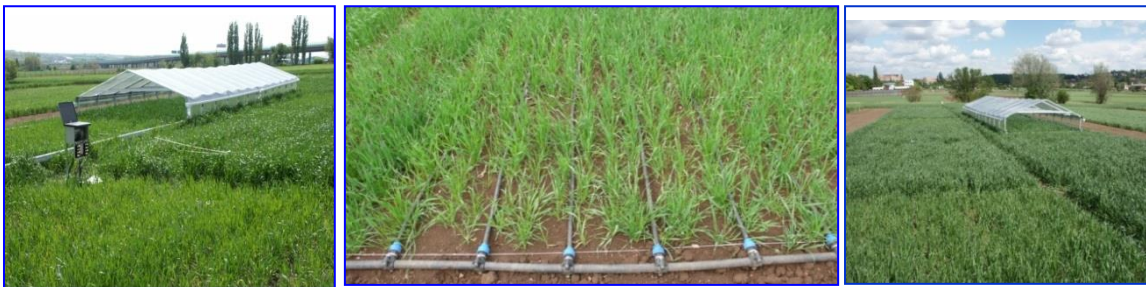
Neregulovatelné podmínky prostředí, především teplota a srážky, a na nich závislá bilance vody, ovlivňují realizaci (geneticky založeného) výnosového potenciálu odrůd plodin.

Kolísající povětrnostní podmínky, střídání suchých a vlhkých period, ovlivňuje negativně stabilitu výnosů a kvalitu produkce. Proto je nutné studovat faktory, které ovlivňují produkční procesy, jako základ cílených agrotechnických zásahů. Znalost dopadů odlišné dostupnosti vody je také předpokladem spolehlivější predikce výnosu a kvality zrna v povětrnostně odlišných letech. Cílem této práce bylo určit vliv úhrnu srážek v období růstu a doplňkové závlahy v období tvorby zrna na výnos zrna ozimé pšenice a určit vztah dodávky vody a diskriminace ^{13}C v zrnu.

Materiál a metody

V maloparcelkovém polním pokusu byl v letech 2004-2013 sledován vliv diferencované dostupnosti vody v období tvorby zrna na příjem živin, odběr vody a N z kořenové zóny, růst, výnos zrna a hodnoty diskriminace izotopu uhlíku, $\Delta^{13}\text{C}$, v zrnu ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.). Pokus probíhal na pokusné ploše VÚRV, v.v.i. v Praze - Ruzyni (N 50° 05'; W 14° 20'), černozem luvická, 340 m n.m., průměrný roční úhrn srážek a průměrná teplota (1971-2000): 477 mm a 8,5 °C. Nejvyšší pozorované hodnoty vlhkosti povrchových a podorničních vrstev půdy (nejčastěji zaznamenané na jaře) 29-32,5 % obj. odpovídaly laboratorně určeným hodnotám při pF 2.7 (29.3-34.7 % obj.) spíše než při pF 2,0 (38.3-46.1 % obj.). Byly sledovány varianty: nedostatek vody (S), optimální obsah vody v půdě (V) a kontrola (K), u které dostupnost vody závisela pouze na srážkách. Nedostatek vody byl indukován odvedením srážkové vody pomocí mobilního krytu, který byl nasouván na pokusnou plochu v případě srážek. Optimální zásoba vody v kořenové zóně byla zajištěna kapkovou závlahou (obr. 1). Obsah vody v půdě (ve vrstvě 0-90 cm) byl řízen na základě sledování vlhkosti půdy, bilance vody a údajích o odběru vody porostem pšenice v minulých letech. Meteorologická stanice je umístěna v bezprostřední blízkosti pokusné plochy. Pšenice byla pěstována bez hnojení (N1, 2004-2007) nebo pouze s regenerační dávkou N (N1, 2008-2013) a na běžné úrovni hnojení dusíkem (N2). Byla sledována jedna odrůda (2004-2007) nebo 2 odrůdy (od 2008), u dalších dvou odrůd byla sledována pouze varianta V a R (od 2008). Pokus měl čtyři opakování (parcelky 5,5 x 6 m), u stresované a zavlažované varianty byla opakování vytvořena rozdělením pokusné plochy o velikosti 44 m² a 120 m². Obsah izotopů C v zrnu byl analyzován na elementárním analyzátoru EuroEA 3200 (Eurovector, Itálie) spojeném s izotopovým hmotnostním spektrometrem Isoprime (GV Instruments, UK) na pracovišti řešitelů. Byly vypočteny hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\Delta^{13}\text{C}$ (Farquhar et al. 1989, Condon et al. 1987). V pokusech byla uplatněna běžná agrotechnika. Podrobné údaje jsou uvedeny na

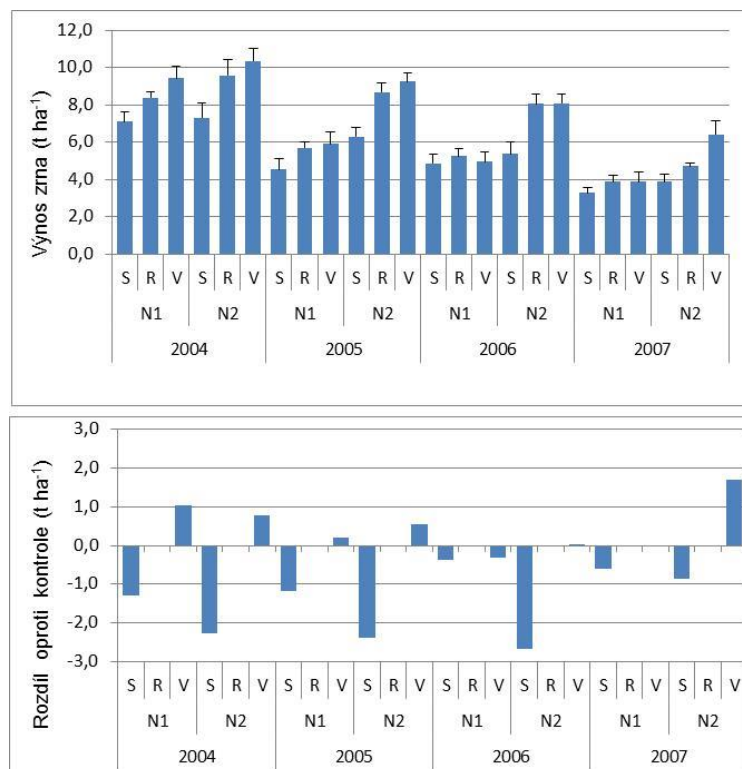
například v publikacích Haberle a kol. (2008), Raimanová a Haberle (2010). Statistická analýza byla provedena v programu STATISTICA 10.



Obr. 1. Polní pokus s diferencovanou dodávkou vody pro ozimou pšenici

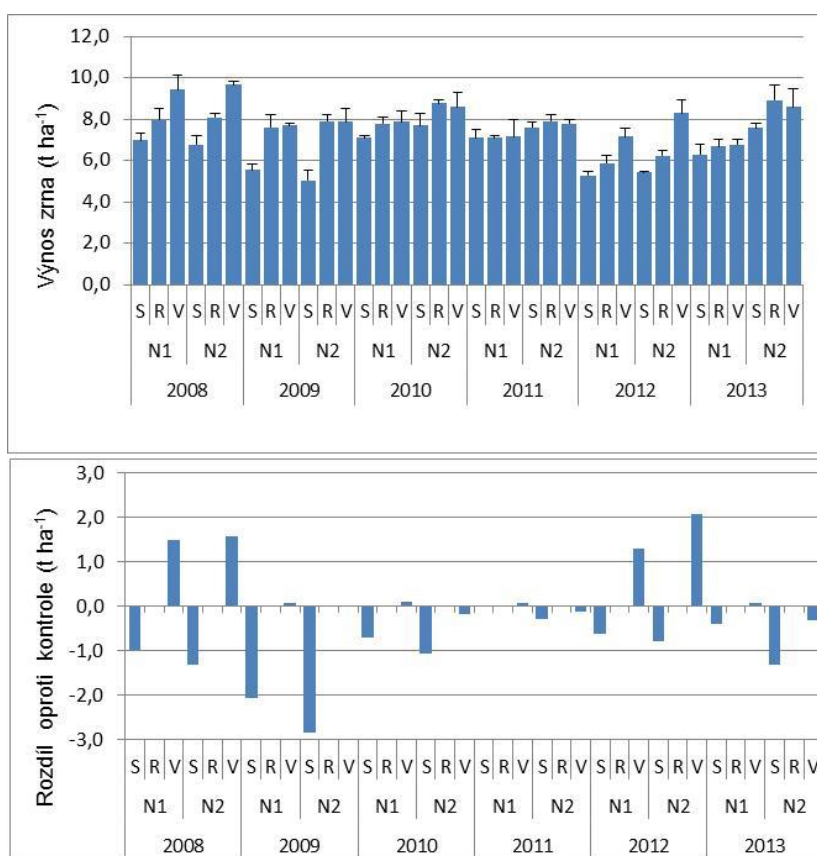
Výsledky

Výnos pšenice se v pokusném období na kontrolní variantě pohyboval mezi 3,3 a 9,4 t/ha (N1) a mezi 3,9 a 10,4 t/ha (N2) (obr. 2 a 3). Průměrný výnos činil 6,5 t/ha (N1) a 7,6 t/ha (N2). Vysoké výnosy i při nízké dávce N jsou výsledkem úrodné půdy a dobré předplodiny (hořčice, řepka), která zanechává v půdě velké množství minerálního N.



Obr. 2 Výnos zrna pšenice v letech 2004-2007 (1 odrůda). Dole – rozdíl ve výnosu stresované a zavlažované pšenice oproti kontrole.

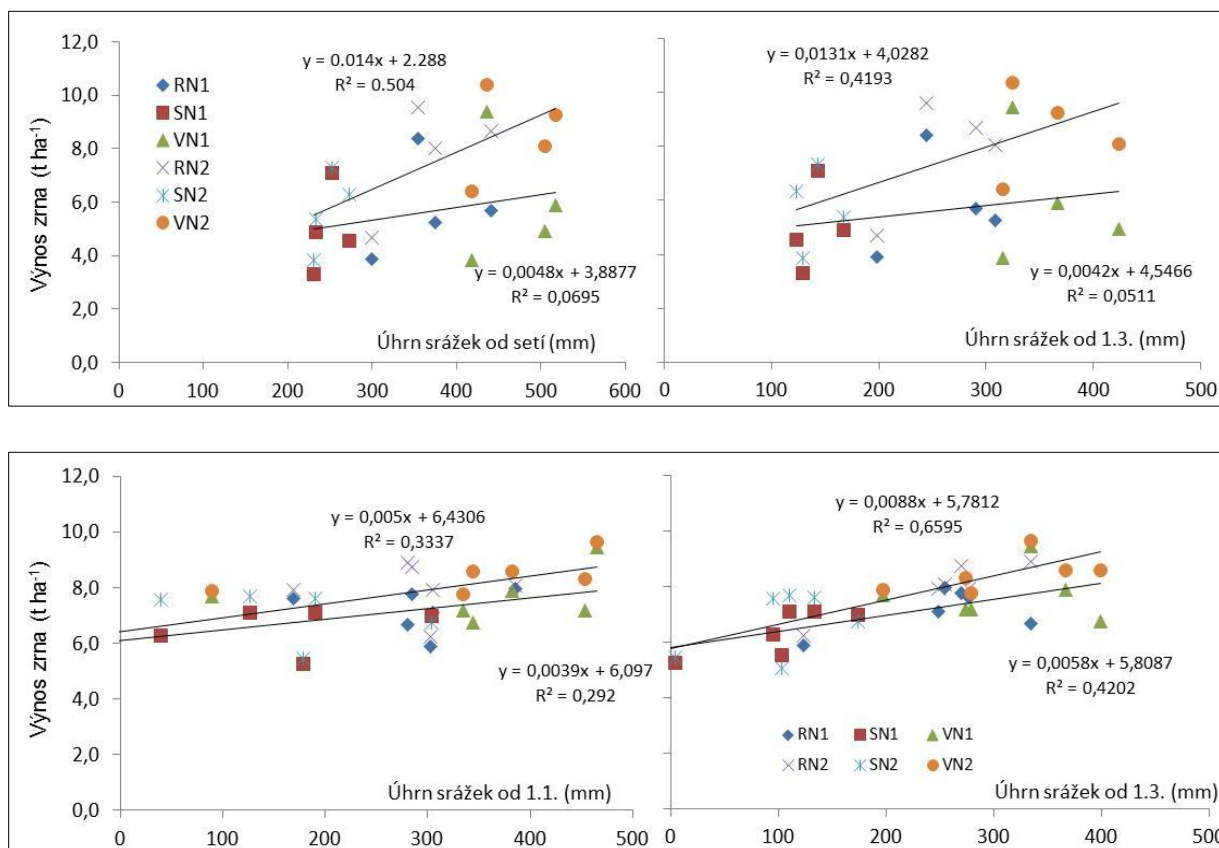
Závlaha zvýšila výnos zrna oproti nezavlažované kontrole v průměru let o 0,40 t/ha (N1) a 0,61 t/ha (N2). Ve srovnání se stresovaným porostem činilo zvýšení díky závlaze v průměru 1,14 t/ha (N1) a 2,04 t/ha (N2). Zvýšení výnosu závlahou bylo větší v prvním období (2004-2007), díky suššímu a teplejšímu počasí v období jarní vegetace. V letech 2008-2013 se vyskytlo několik ročníků (2010, 2011), kdy závlaha neměla kvůli dostatečným srážkám vliv na výnos, u hnojeného porostu dokonce došlo kvůli polehnutí i k mírnému snížení výnosů oproti kontrole (obr.3). Mezi odrůdami byly zaznamenány rozdíly ve výnosu a reakci na závlahu i sucho, ale z výsledků nebylo možné identifikovat některou odrůdu jako stabilně odolnější k suchu.



Obr. 3 Výnos zrna pšenice v letech 2008-2013 (průměr dvou odrůd). Dole – rozdíl ve výnosu stresované a zavlažované pšenice oproti kontrole.

Vztah mezi úhrnem srážek (a závlahy) od termínu výsevu, od 1.1. nebo od 1.3. do fáze voskové zralosti a výnosem u hnojeného porostu N2 byl pozitivní (obr. 4). Regresní rovnice naznačují, že výnos zrna se zvyšoval v období 2004-2007 o 1,3 t nebo 1,4 t/ha na 100 mm srážek mezi 200 mm a 520 mm (příp. 120 mm a 420 mm při úhrnu srážek od 1.3.). Při nízké úrovni hnojení byl výnosový efekt nízký.

V letech 2008-2013 regresní vztah naznačoval, že výnos zrna se zvyšoval o 0,4 až 0,9 t/ha na každých 100 mm srážek mezi 0 mm a 480 mm. Rozdíly mezi variantami hnojení byly malé.



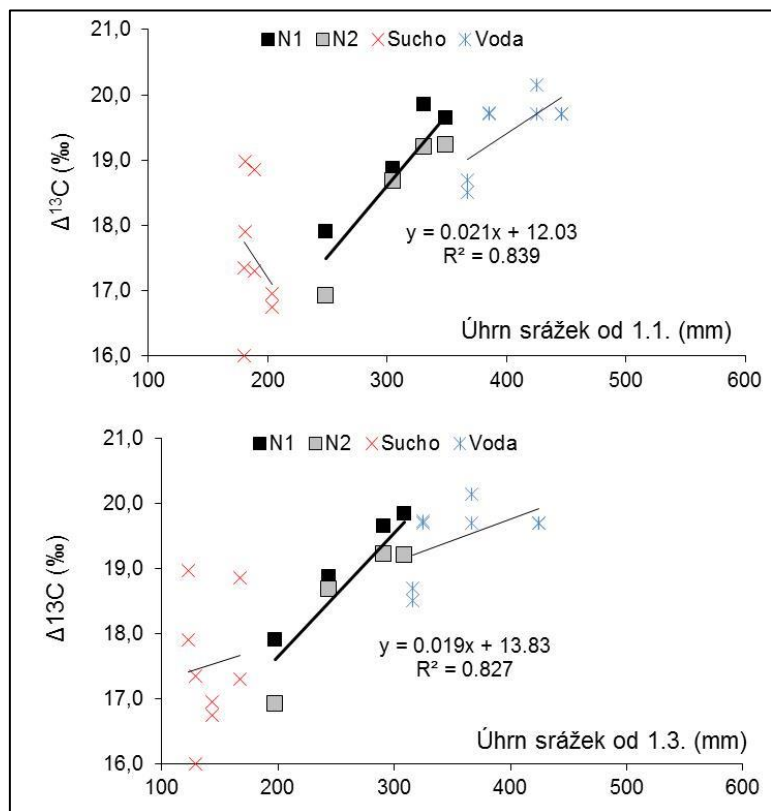
Obr. 4 Vztah mezi úhrnem srážek od setí nebo 1.1. a 1.3. do voskové zralosti a výnosem zrna u varianty N1 a N2 v letech 2004-2007 (nahore) a v letech 2008-2013 (dole).

Dodávku a dostupnost vody v průběhu růstu a její vliv na výnos dobře indikovala hodnota diskriminace izotopu uhlíku, $\Delta^{13}\text{C}$, v zrna (obr. 4 - 6). Rozdíl hodnot $\Delta^{13}\text{C}$ zrna mezi kontrolou a variantou s menší (S) či vyšší (V) dodávkou vody byla v kladné korelaci s výnosovým efektem odlišné dostupnosti vody v daném roce (snížení nebo zvýšení výnosu v % kontroly) (obr. 7). Hodnoty $\Delta^{13}\text{C}$ v kladné korelaci s úhrnem srážek od začátku jarního růstu (obr. 5).

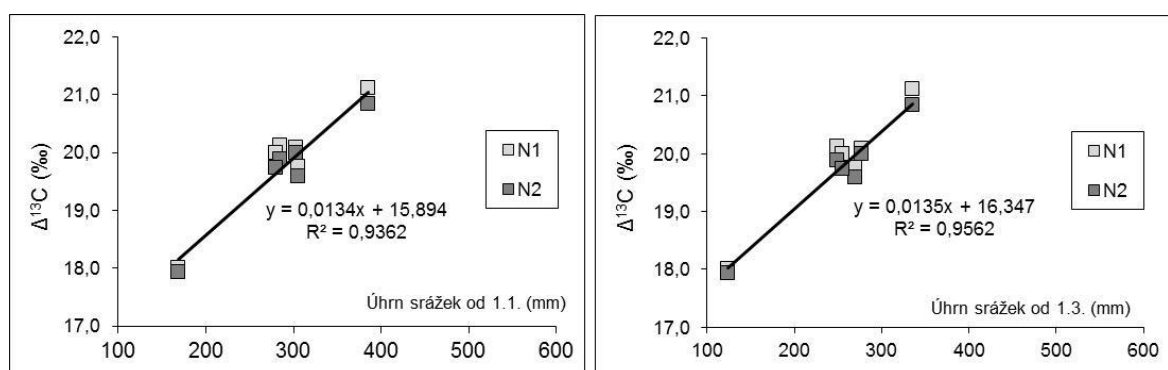
Diskuze

Pozitivní efekt závlahy, oproti nezavlažované kontrole, na výnos zrna byl významný především v sušších letech. To bylo způsobeno termínem závlahy až na počátku tvorby zrna, kdy již jsou základní výnosotvorné prvky (počet rostlin a klasů) založeny a závlaha je neovlivnila. Na počátku kvetení je založen počet klásků a zrn v klase, ale vodní stres mírně redukoval konečný počet zrn v klase a především hmotnost zrn (HTS), která se realizuje

v průběhu nalévání zrna. V případě nedostatku zdrojů (voda, dusík) se zvyšuje podíl látek remobilizovaných z jiných orgánů pro tvorbu zrna. Množství těchto rezervních látek závisí na biomase vytvořené do kvetení.



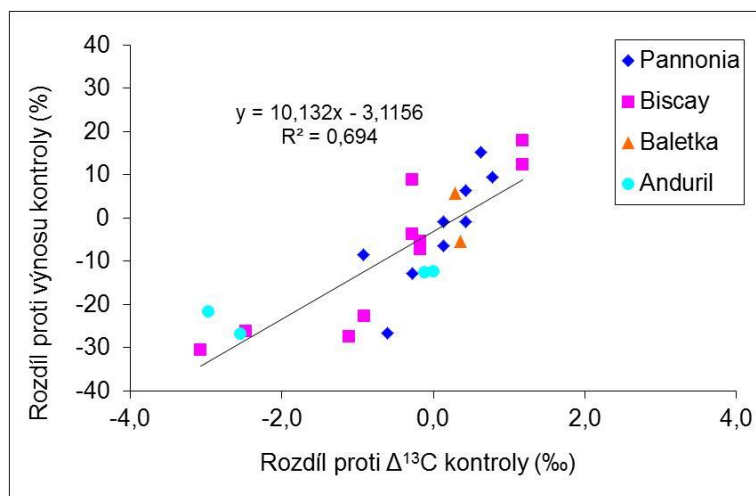
Obr. 5 Vztah mezi úhrnem srážek od 1.1. nebo 1.3. do voskové zralosti a hodnotou $\Delta^{13}\text{C}$ v letech 2004-2007.



Obr. 6 Vztah mezi úhrnem srážek od 1.1. nebo 1.3. do voskové zralosti a hodnotou $\Delta^{13}\text{C}$ zrna kontrolní varianty v letech 2008-20013.

Poměrně malý vliv závlahy v některých letech lze připsat i vysoké vodní kapacitě půdy a kořenům ozimé pšenice, které dosahují v daných podmínkách hloubky 100 a více centimetrů

(Svoboda, Haberle 2014, Haberle, Svoboda 2014). Ve fázi tvorby zrna kořeny využívají v případě potřeby vodu z hlubokých vrstev podorničí, tedy zásobu, která se vytváří především v zimním a jarním období.



Obr. 7 Vztah rozdílu $\Delta^{13}\text{C}$ v zrna odrůd pšenice při snížené a zvýšené dodávce vody vůči kontrole a rozdílu výnosu zrna těchto variant vůči kontrole (2008 a 2009).

Hodnota diskriminace uhlíku, $\Delta^{13}\text{C}$, indikuje reakci rostlin na dostupnost vody, tento efekt je důsledkem změny výměny plynů v listech při zavírání průduchů při vodním stresu (Farquhar et al. 1989). Hodnota $\Delta^{13}\text{C}$ integruje podmínky dostupnosti vody nejen v průběhu tvorby zrna, ale i v předchozím období vývoje. Opakovaně byl popsán vztah mezi diskriminací ^{13}C a reakcí odlišných odrůd plodin na sucho (např. Monneveux et al. 2005), ale vztah $\Delta^{13}\text{C}$ k výnosu není vždy jednoznačný, protože výnos závisí na řadě dalších faktorů. Například v prezentovaných pokusech se silně projevila zásoba dusíku z předchozího roku (vliv předplodiny). Proto je vztah absolutních hodnot výnosů a intenzity srážek nebo diskriminace uhlíku při porovnání více let většinou pouze volný.

Kladný vztah byl pozorován i mezi hodnotami diskriminace uhlíku nebo výnosů a srážek od termínu setí nebo počátku roku. I zde se zřejmě uplatňuje vysoká vodní kapacita půdy na pokusné lokalitě a hluboký kořenový systém pšenice. Tyto podmínky snižují dopad krátkodobého kolísání srážek a posilují vliv zásoby dostupné vody v celé kořenové zóně.

Varianta s indukovaným nedostatkem vody představuje situaci, která v daných podmínkách nastává jen výjimečně a indikuje ji malý rozdíl ve výnosech mezi kontrolou a suchou variantou. Podle scénářů vývoje klimatu se sice v našem regionu neočekává v nejbližších desetiletích výrazná redukce srážek, ale nárůst teplot bude zvyšovat evapotranspiraci. To znamená, že do fáze nalévání zrna bude porost pšenice vstupovat s menší rezervou vody v kořenové zóně a tím bude citlivější k srážkovým deficitům v tomto kritickém období. Na

druhou stranu se vývoj pšenice v důsledků teplejšího počasí bude zrychlovat a termín zralosti se posouvat do časnějšího léta.

Závěr

Doplňková závlaha v období tvorby zrna zvýšila výnos ozimé pšenice v přibližně polovině pokusných let. V případě omezené dodávky vody (uměle navozených nízkých srážek) v době nalévání zrna zvýšila závlaha výnos zrna ve většině let.

Literatura

Condon A.G., Richards R.A., Farquhar G.D. 1987. Carbon isotope discrimination is positively correlated with grain yield and biomass production in field-grown wheat. *Crop Sci.* 27, 996–1001.

Farquhar G.D., Ehleringer J.R., Hubick K.T. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Biol.* 40, 503–537.

Haberle J., Svoboda P., Raimanová I. (2008): The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen yield and concentration in winter wheat. *Plant Soil Environ.* 54 (7), 304-312.

Monneveux P., Reynolds M.P., Trethowan R., González-Santoyo H., Peña R.J., Zapata F. 2005. Relationship between grain yield and carbon isotope discrimination in bread wheat under four water regimes. *Eur. J. Agron.* 22, 231-242.

Raimanová I., Haberle J. 2010. The effects of differentiated water supply after anthesis and nitrogen fertilization on $\delta^{15}\text{N}$ of wheat grain. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 24, 261-266.

Poděkování

Studie byla podpořena projektem Ministerstva zemědělství ČR, RO 0414 s využitím údajů získaných v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QI111C080.

Kontakt:

Ing. Jan Haberle, CSc.
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 16106 Praha 6 - Ruzyně
tel.: 233022254, haberle@vurv.cz

