

Produkce nadzemní a podzemní biomasy ječmene v diferencovaných vláhových podmínkách

Production of above- and underground biomass of spring barley in different
moisture conditions

Jana Klimešová, Ladislava Minaříková, Tomáš Středa

Mendelova univerzita v Brně

Abstrakt

Produkce kořenového systému a nadzemní biomasy čtyř odrůd ječmene jarního byla hodnocena v roce 2012 a 2013 v nádobovém pokusu. Ve čtyřech variantách závlahy byla hodnocena velikost kořenového systému (VKS), hmotnost sušiny nadzemní biomasy, hmotnost sušiny klasů a sklizňový index. V obou letech byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly VKS u vybraných odrůd. Výnos nadzemní biomasy byl průkazně ovlivněn v roce 2012 variantou (56,3 %), v roce 2013 odrůdou (42,9 %). Efekt odrůdy a varianty na hodnoty sklizňového indexu nebyl potvrzen. Hmotnost sušiny nadzemní biomasy a klasů odrůd byla korelována s VKS. V obou letech byla nalezena pozitivní závislost (v roce 2013 statisticky vysoce průkazná, $r_z=0,754^{**}$). Odrůdy s větším kořenovým systémem, tak dosáhly vyššího výnosu. VKS lze považovat za důležitý dílčí faktor ovlivňující výnos plodin.

Klíčová slova: kořenový systém, ječmen, výnos biomasy, sucho

Abstract

Production of the root system and aboveground biomass of four spring barley varieties was evaluated in 2012 and 2013 in the pot experiment. The root system size (RSS), dry weight of aboveground biomass, dry weight of ears and harvest index were evaluated in four irrigation treatments. Statistically significant differences of RSS were determined of selected varieties in both years. Yield of aboveground biomass was significantly affected by treatment (56.3%) in 2012 and by variety (42.9%) in 2013. Effect of varieties and treatments on the values of harvest index was not confirmed. Dry weight of aboveground biomass and ears was correlated with RSS. In both years, a positive correlation was found (in 2013 statistically highly significant, $R=0.754^{**}$). Varieties with larger root system achieved higher yield. RSS can be considered as an important partial factor influencing the crop yield.

Keywords: root system, barley, biomass yield, drought

Úvod

Dostupnost půdní vody je jedním z klíčových abiotických faktorů utvářejících výnos plodin. Vliv nedostatku vláhy na fyziologické funkce a produkci biomasy rostlin se mění v závislosti na druhu, odrůdě a vegetační fázi. Jamieson et al. (1995) uvádí pro ječmen jako stresující hodnoty využitelné vodní kapacity půdy (VVK) 65 %, Wu et al. (2011a) u kukuřice 75 % VVK, avšak tato citlivost může být řízena genotypem (Gholipour et al., 2013). Intenzitu reakce rostliny na úroveň VVK rovněž ovlivňují agrometeorologické podmínky prostředí. Především hodnoty globální radiace, teploty a vlhkosti vzduchu působí na transpiraci (Irmak, Mutiibwa, 2010) a následně na úroveň produkce. Negativní dopady vlivu prostředí mohou rostliny omezit efektivní tvorbou kořenového systému. Významnost kořenového systému jako faktoru tvorby výnosu v nepříznivých podmínkách potvrzuje řada výzkumných prací v oblasti šlechtění (Richards, Passioura, 1989; de Dorlodot et al., 2007; Chloupek et al., 2010).

Cílem práce bylo (I) kvantifikovat výnos nadzemní biomasy, klasů a velikost kořenového systému ječmene v různých vláhových podmínkách, (II) posoudit vliv faktorů – ročníku, odrůdy a varianty na sledované znaky a (III) vyhodnotit vztah mezi produkcí nadzemní a podzemní biomasy ječmene.

Materiál a metody

Nádobový pokus s odrůdami ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) Aksamit, Blaník, Aktiv a Bojos, byl založen v roce 2012 a 2013 v podmínkách s omezeným přístupem srážek v Brně. Rostliny byly pěstovány v nádobách o objemu 0,2 m³ ve čtyřech variantách vláhového režimu (varianta s přirozeným úhrnem srážek (1), nestresovaná varianta na úrovni polní vodní kapacity (2), stresovaná varianta na úrovni 50 % využitelné vodní kapacity půdy (3) a silně stresovaná varianta na úrovni bodu vadnutí půdy (4)). Objemová vlhkost půdy byla kontinuálně zaznamenávána čidly Virrib. Diferencované zásobení vodou bylo započato ve fázi sloupkování (BBCH 30). V průběhu vegetace byla zjišťována velikost kořenového systému (VKS) pomocí metody měření jeho elektrické kapacity (Chloupek, 1977). Elektrická kapacita (nF) byla měřena LCR metrem (Extech Instruments) při frekvenci 1 kHz v šesti termínech v průběhu fáze sloupkování, metání a mléčné zralosti. Metoda je založena na detekci elektrického náboje akumulovaného na membránách živých struktur v kořenovém systému rostliny, který vzniká v uzavřeném elektrickém obvodu. Elektrický proud je vytvářen pomocí LCR metru mezi dvěma elektrodami. Katoda (kleště) je připevněna na rostlinu, anoda

(jehla) je zasunuta do půdy ve vzdálenosti cca 10 cm od rostliny. Hodnoty elektrické kapacity jsou silně závislé na aktuální vlhkosti půdy a vegetační fázi rostliny. Z toho důvodu lze metodou porovnávat velikost kořenového systému pouze ve stejném čase a místě. Ve fázi plné zralosti (BBCH 89) byla odebrána nadzemní biomasa rostlin a zjištěna celková hmotnost sušiny, hmotnost sušiny klasů a sklizňový index. Data byla zpracována v programu Statistica 10, byla provedena korigovaná korelační analýza (očištění od pokusných vlivů) dle Chloupka (1996), analýza variance a následné testování Tukeyovým HSD testem na hladině významnosti $P \leq 0,05$.

Výsledky a diskuze

Tvorba kořenového systému sledovaných odrůd byla ovlivněna v průběhu let 2012 i 2013 všemi sledovanými faktory - ročníkem, variantou i odrůdou. S ohledem na restriktce dané metodou, nelze porovnávat hodnoty VKS z různých prostředí. Z toho důvodu byla VKS hodnocena pro každý ročník individuálně. Analýza variance potvrdila statisticky významný vliv ($P \leq 0,05$) odrůdy na variabilitu hodnot VKS v obou letech. Odrůda ovlivnila VKS v roce 2012 ze 17,1 %, v roce 2013 až z 35,6 %. V roce 2012 byl nejmenší kořenový systém zjištěn u odrůdy Bojos, naopak odrůda Aktiv vytvořila o 13 % větší množství kořenů. V roce 2013 byly pozorovány větší meziodrůdové rozdíly ve VKS. Odrůda Blaník vytvořila o 20 % více kořenové biomasy než Aktiv a o 29 % více než Aksamit (Tab. 1).

Tab. 1. Analýza variance a následné testování VKS v roce 2012 a 2013

2012		2013	
Odrůda	VKS	Odrůda	VKS
Bojos	4,55a	Aksamit	1,12a
Blaník	4,85ab	Aktiv	1,25ab
Aksamit	4,98ab	Bojos	1,47b
Aktiv	5,25b	Blaník	1,57b

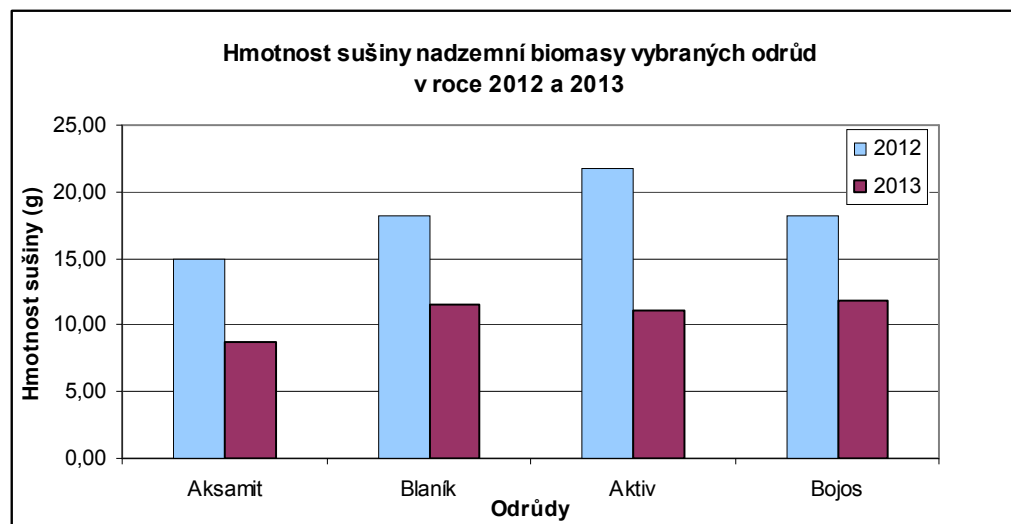
Pzn.: Statisticky odlišné páry $P \leq 0,05$ jsou označeny rozdílnými písmeny

Rozdílná vlhkost půdy dle variant statisticky průkazně ovlivnila hodnoty VKS v jednotlivých letech (2012 - 61,5 %; 2013 - 35,4 %). Tento faktor však nelze vzhledem k použité metodě hodnotit.

Hmotnost sušiny nadzemní biomasy (HSB) sledovaných odrůd byla rovněž ovlivněna odrůdou a variantou. Množství dostupné vody v půdě pro rostliny se ukázalo v roce 2012 jako klíčové pro tvorbu nadzemní části rostlin. Statisticky průkazný vliv varianty (56,3 %) na variabilitu hodnot HSB byl potvrzen. Efekt odrůdy (17,8 %) a interakce varianta×odrůda (8,7 %) byl neprůkazný. Rok 2012 lze z hlediska průběhu počasí považovat za suchý a srážkově podprůměrný. Vysoké hodnoty globální radiace a teploty vzduchu podpořily růst biomasy ve vláhově příznivých variantách pokusu. V kontrolní variantě 2 bylo vytvořeno ve srovnání se stresovanými variantami 3 a 4 o 24,6 % resp. 51,8 % více sušiny. Rostliny ve variantě s přirozeným úhrnem srážek (1) vytvořily průměrně pouze 28,9 % výnosu ve variantě 2. Lze se domnívat, že přirozený úhrn srážek v roce 2012 byl pro rostliny vážnějším stresem než-li pravidelné zavlažování téměř na úroveň bodu vadnutí. V příznivějším roce 2013 nebyl zjištěn průkazný efekt varianty na úroveň hodnot HSB (10,7 %), ani interakce faktorů varianta×odrůda (24,3 %). Nejvíce biomasy bylo zaznamenáno v kontrolní variantě (2), výnos ve všech stresovaných variantách poklesl pouze v řádu několika procent.

V suchém roce 2012 nebyl zjištěn statisticky významný vliv odrůdy na tvorbu nadzemní biomasy, avšak v obou hodnocených ročnících jsou patrné odrůdové tendence, například odrůda Aksamit vytvořila v obou letech nejméně biomasy. Průměrný výnos biomasy odrůd Bojos a Blaník byl v rámci ročníků spíše vyrovnaný, naopak odrůda Aktiv reagovala variabilně na podmínky prostředí (viz Obr. 1). Například v roce 2012 vytvořila o 20 – 40 % více nadzemní hmoty než ostatní hodnocené odrůdy (neprůkazný rozdíl).

V roce 2013 byl vliv odrůdy na výnos biomasy statisticky významný (42,9 %). Průkazný rozdíl ($P \leq 0,05$) v hmotnosti sušiny biomasy byl potvrzen u odrůd Aksamit a Bojos. V jednotlivých variantách odrůdy odlišně reagovaly na rozložení závlivky. Zvláště patrný rozdíl ve výnosech lze pozorovat ve variantě 1 v porovnání se zavlažovanými v obou hodnocených letech.



Obr. 1: Hmotnost sušiny nadzemní biomasy vybraných odrůd v roce 2012 a 2013

Výnosy nadzemní biomasy napříč hodnocenými roky byly ovlivněny průkazně ročníkem (33,5 %), variantou (20,5 %) a interakcí varianta×ročník (19,1 %), kdy v roce 2013 rostliny vytvořily průkazně o 59 % méně biomasy ve srovnání s rokem 2012. Průměrně bylo nejmenší množství biomasy vytvořeno vždy ve variantě 1, největší ve variantě 2, ale při srovnání výnosů v jednotlivých variantách v každém roce lze pozorovat značnou variabilitu. V roce 2013 poklesl výnos v zavlažovaných variantách 2 a 3 cca o 50 – 60 % oproti roku 2012. Ve variantě silně stresované (4) pouze o 30 %. Varianta 1 poskytla naopak o 20 % vyšší výnos biomasy než v roce 2012. Kratší vegetační doba ječmene a menší evapotranspirační nároky prostředí v roce 2013 mohly být příčinou výrazných rozdílů v produkci biomasy. Efekt odrůdy na výnos nebyl prokázán.

Tab. 2: Analýza variance a následné testování pro hmotnost sušiny nadzemní biomasy v roce 2012 a 2013

Odrůda	2012	2013	Varianta	2012	2013
Aksamit	14,95a	8,66a	I	8,61a	10,63a
Aktiv	21,82a	11,12ab	IV	13,92ab	10,39a
Blaník	18,18a	11,52ab	III	21,77bc	10,93a
Bojos	18,23a	11,87b	II	28,87c	11,22a

Pzn.: Statisticky odlišné páry $P \leq 0,05$ jsou označeny rozdílnými písmeny

Hmotnost sušiny klasů (HSK) byla hodnocena v nádobovém pokusu v roce 2013. Byl zjištěn průkazný efekt odrůdy (39,7 %) na výnos klasů ($P \leq 0,05$). Největší výnos byl pozorován u odrůd Blaník a Bojos, nejmenší u odrůdy Aksamit. Bojos v tomto roce dosáhl i největšího výnosu celkové biomasy. Výnos klasů nebyl průkazně ovlivněn variantou, ale nejnižších hodnot bylo dosaženo ve variantě s přirozeným úhrnem srážek (1). Hodnoty sklizňového indexu se pohybují v rozmezí 0,5 – 0,7. Vliv vláhového režimu a odrůdy na variabilitu hodnot sklizňového indexu nebyl v tomto roce prokázán, ale nejnižších hodnot dosáhla odrůda Aksamit, nejvyšších Bojos. Hmotnost klasu se tedy napříč variantami podílela na úrovni výnosu odrůd. Ve variantě 1 byl zjištěn nejnižší sklizňový index, ve variantě 2 byl poměr hmotnosti klasů ku hmotnosti celé rostliny největší (neprůkazný rozdíl).

Velikost kořenového systému, množství nadzemní biomasy rostlin a jejich vzájemný poměr jsou ovlivněny především prostředím a menší mírou genotypem (Klimešová, Středa, 2013). Statisticky vysoce významná pozitivní závislost uvedených znaků byla zjištěna pomocí korigované korelační analýzy (r_z) pro data z roku 2013 ($r_z=0,754^{**}$). Odrůdy s větším kořenovým systémem, tak dosáhly vyššího výnosu (např. Blaník). Nejmenší výnos byl zjištěn u odrůdy Aksamit, která disponovala nejmenším kořenovým systémem. V roce 2012 se také projevil pozitivní ale neprůkazný vztah ($r_z=0,592$) mezi VKS a HSB. Především odrůda Aktiv díky velkému kořenovému systému vytvořila nejvyšší výnos nadzemní biomasy. Statisticky významná závislost hodnot VKS a HSK v roce 2013 nebyla potvrzena ($r_z=0,509$).

Závěr

Produkce kořenového systému a nadzemní biomasy čtyř odrůd ječmene jarního byla hodnocena v roce 2012 a 2013. Ve čtyřech variantách závlahy byla hodnocena velikost kořenového systému, hmotnost sušiny nadzemní biomasy, hmotnost sušiny klasů a sklizňový index. V obou hodnocených letech byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly VKS u vybraných odrůd. Výnos nadzemní biomasy byl průkazně ovlivněn v roce 2012 variantou (56,3 %), v roce 2013 odrůdou (42,9 %). Největší množství biomasy bylo v roce 2012 vytvořeno ve variantě plně zásobené vodou, naopak nejnižší výnos dosáhly rostliny ve variantě s přirozenou závlahou (29,8 % ve srovnání s variantou 2). Povětrnostní podmínky roku 2012 je možné považovat za více stresující než udržování vlhkosti půdy na úrovni bodu vadnutí ve variantě 4. V příznivějším roce 2013 nebyl vliv varianty signifikantní, ale projevil se meziodrůdové rozdíly v hodnotách HSB (42,9 %) a HSK (39,7 %). Nejmenšího výnosu

dosáhla v obou znacích odrůda Aksamit, nejvyššího výnosu odrůda Bojos. Efekt odrůdy a varianty na hodnoty sklizňového indexu nebyl potvrzen. Výnosy sušiny biomasy napříč hodnocenými roky byly průkazně ovlivněny především ročníkem (33,5 %), variantou (20,5) a jejich interakcí. V roce 2013 rostliny vytvořily průkazně o 59 % méně biomasy ve srovnání s rokem 2012. Průměrně bylo nejmenší množství biomasy vytvořeno vždy ve variantě 1, největší ve variantě 2.

Hmotnost sušiny nadzemní biomasy a klasů odrůd byla korelována s VKS. V obou letech byla nalezena pozitivní závislost (v roce 2013 statisticky vysoce průkazná, $r_z=0,754^{**}$). Odrůdy s větším kořenovým systémem, tak dosáhly vyššího výnosu (např. Blaník). Nejmenší výnos byl zjištěn u odrůdy Aksamit, která disponovala nejmenším kořenovým systémem. VKS tak lze považovat za důležitý dílčí faktor ovlivňující výnos plodin.

Literatura

De Dorlodot, S., Forster, B., Pages, L., Price, A., Tuberosa, R. Draye, X., 2007: Root system architecture: opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends in Plant Science* 12:474 – 481.

Gholipour, M., Sinclair, T.R., Raza, M.A.S., Löffler, C., Cooper, M., Messina, C.D., 2013: Maize hybrid variability for transpiration decrease with progressive soil drying. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199:23–29.

Chloupek, O., 1996: *Zemědělský výzkum*. Academia, Praha, s.188.

Chloupek, O., Dostál, V., Středa, T., Psota, V., Dvořáčková, O., 2010: Drought tolerance of barley varieties in relation to their root system size, *Plant Breeding* 129: 630 – 636.

Chloupek, O., 1977: Evaluation of the size of a plant's root system using its electrical capacitance, *Plant and Soil* 48:525 – 532.

Irmak, S., Mutiibwa, D., 2010: On the dynamics of canopy resistance: Generalized linear estimation and relationships with primary micrometeorological variables. *Water Resources Research* 46.

Jamieson, P.D., Francis, G.S., Wilson, D.R., Martin, R.J., 1995: Effects of water deficits on evapotranspiration from barley. *Agricultural and Forest Meteorology* 76:41–58.

Klimešová, J., Středa, T., 2013: Root:shoot ratio odrůd ječmene v různých vlhkostních podmínkách. *Úroda* 61: 288-291.

Richards, R. A., Passioura, J. B., 1989: A breeding program to reduce the diameter of the major xylem vessel in the seminal roots of wheat and its effect on grain yield in rain-fed environments, Australian Journal of Agricultural Research 40:943 – 950.

Wu, Y., Huang, M., Warrington, D.N., 2011a: Responses of different physiological indices for maize (*Zea mays*) to soil water availability. Pedosphere 21:639–649.

Poděkování

Práce byla podpořena projektem Ministerstva zemědělství České republiky: Zpřesnění dostupné zásoby vody v půdním profilu na základě modelu kořenového systému plodin pro efektivní hospodaření s vodou a dusíkem (QI111C080).

Kontakt:

Ing. Jana Klimešová

Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 1, 613 00 Brno

+420 545 133 121, jana.klimesova@mendelu.cz