

Regulace poléhání u pšenice ozimé různými systémy ošetření růstovými regulátory

(Regulation of winter wheat lodging with the use of different growth regulators systems)

Svobodová, I.¹⁾, Suchánek, J.²⁾

Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž, Havlíčkova 2787¹⁾

Bayer s.r.o., Praha, Siemsova 2717/4²⁾

Souhrn: Ve vegetačních ročnících 2014/15 až 2016/17 probíhaly u dvou odrůd pšenice ozimé náchylných k poléhání pokusy s regulátory růstu obsahujícími účinné látky trinexapac-ethyl, chlormekvát a ethefon a jejich kombinace. Pokusy probíhaly v odlišných systémech ošetření (velikost dávek, kombinace přípravků, termíny aplikace) a sledovaly se vybrané znaky porostu (délka stébel, poléhání, výnos zrna, hmotnost tisíce zrn, objemová hmotnost). V roce 2015, kdy srážky od dubna do sklizně dosahovaly většinou podprůměrných hodnot, bylo poléhání mírné. Největší zkrácení stébel bez polehnutí s poklesem výnosu ve srovnání s kontrolou bylo u varianty Moddus 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL 0,6 l/ha ve fázi BBCH 39 a varianty Moddus 0,3 l/ha + Cerone 480 SL 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33. Vyšší srážkové úhrny v dubnu 2016 vedly k nárůstu biomasy a srážky s větrem v červnu a červenci vytvořily vhodné podmínky pro poléhání. V roce 2016 polehly všechny varianty. U ošetřených variant poklesla oproti kontrole úroveň poléhání a vzrostl výnos. Tento efekt byl nejvýraznější u varianty Moddus 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL 0,6 l/ha ve fázi BBCH 39, varianty Moddus 0,3 l/ha + Cerone 480 SL 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 a varianty Moddus 0,2 l/ha + Cerone 480 SL 0,3 l/ha ve fázi BBCH 33. Účinky regulátorů ve sledovaných znacích statisticky průkazně závisely na ročníku. Všechny aplikované regulátory průkazně snižovaly délku stébel a poléhání.

Klíčová slova: pšenice ozimá, Cerone 480 SL, Moddus, Spatial Plus, zkrácení stébla, poléhání, výnos zrna

Key Words: winter wheat, Cerone 480 SL, Moddus, Spatial Plus, shortening the stem, lodging, grain yield

Úvod

Intenzivní pěstitelské technologie využívající vysoké dávky dusíku vedou často k vytvoření hustých porostů se slabšími stébly. Za určitých podmínek daných průběhem ročníku může dojít k polehnutí takových porostů. Poléhání ovlivňuje řada faktorů jako je délka a pevnost stébel, hustota porostu, úroveň výživy během vegetace, hlavně dusíkem, typ půdy, předplodina, datum setí, výsevek aj. (Klem, 2009). Poléhání silně závisí na povětrnostních podmínkách. Sušší průběh počasí vede ke vzniku silnějších stébel, nižšího a řídkšího porostu, většího kořenového systému. Vlhčí průběh počasí přispívá k růstu delších stébel s řídkými pleťivými, větší hustotě porostu a vytváření mělkého a slabšího kořenového systému.

Polehnutí působí největší škody, když k němu dojde během kvetení nebo na začátku nalévání zrna, kdy polehlé porosty nejsou schopny využít slunečního záření pro fotosyntézu (Peake et al., 2012). Při polehnutí na začátku nalévání zrna byl prokázán pokles výnosu o 15–50 %, ale může být až 80 % (Berry et al., 2004). Polehnutí omezuje průchod minerálních látek a asimilátů cévními svazky, vede ke ztrátě chlorofylu, zvyšuje respiraci a náchylnost k napadení chorobami a škůdci (Foulkes et al., 2011). Zvyšuje také náklady na sklizeň a riziko porůstání (Peake et al., 2012).

Regulátory růstu umožňují zkrácení a zesílení stébla a tím omezení poléhání. Růstové regulátory zkracují vždy internodium, které má v době aplikace největší přírůstek. Regulátory dále nacházejí uplatnění při vyrovnání odnoží, odstranění slabých odnoží, zvětšení kořenového systému. Při aplikaci v nevhodných povětrnostních podmínkách a u stresovaného porostu mohou regulátory způsobovat výnosovou depresi v případě, že nedojde k polehnutí. Výnosová deprese se projevuje výrazněji, jestliže byly regulátory aplikovány v nepřiměřených dávkách (Klem, 2009), např. při pozdní aplikaci vyšších dávek ethefonu (Tripathi, 2004). V případě, že nedojde k polehnutí, mohou podle Rajala (2002) aplikace regulátorů prováděné ke konci sloupkování redukovat

výnos, především v důsledku snížení hmotnosti tisíce zrn a/nebo počtu zrn v klase. Významnými stresovými faktory jsou vysoké teploty a nedostatek vláhy.

K regulátorům povoleným v ročnících 2014/15 – 2016/17 v pšenici ozimé patřily přípravky obsahující látky s antigiberelinovým účinkem (trinexapac-ethyl, chlormekvát) a přípravky obsahující ethefon, rozkládající se v rostlině na etylen, který snižuje aktivitu auxinu (Suchánek, Ort, 2017).

V této práci se sledoval účinek různých systémů ošetření (velikost dávek, kombinace přípravků, termíny aplikace) regulátory růstu proti poléhání na vybrané znaky porostu.

Materiál a metody

Pokusy proběhly v ročnících 2014/15 – 2016/17 na lokalitě Kroměříž (řepařská výrobní oblast, černozem). Parcely o velikosti 10 m² byly náhodně uspořádány v blocích, každá pokusná varianta měla tři opakování. V ročnících 2014/15 a 2015/16 probíhaly pokusy na odrůdě pšenice ozimé Sultan a v ročníku 2016/17 na odrůdě AF Jumiko. Obě tyto odrůdy jsou méně odolné proti poléhání. Pokusy byly založeny po předplodině řepce olejce (2014/15) a hrachu (2016 a 2017). Celkové dávky dusíku dodaného v hnojivech byly v ročníku 2014/15 190 kg N/ha, v ročníku 2015/16 84 kg N/ha a v ročníku 2016/17 90 kg N/ha.

Porosty byly standardně ošetřovány proti plevelům, škůdcům a chorobám. V pokusu se testovaly přípravky registrované na zkrácení stébla a proti poléhání Cerone 480 SL (držitel povolení firma Bayer S.A.S.) obsahující 480 g ethefonu na litr přípravku, Moddus (držitel povolení Syngenta Crop Protection AG) s účinnou látkou trinexapac-ethyl v množství 250 g na litr přípravku a Spatial Plus (držitel povolení firma Bayer S.A.S.) zahrnující dvě účinné látky chlormekvát chlorid (232,5 g/l) a ethefon (150 g/l). Aplikace proběhly ve dvou termínech - ve sloupkování (BBCH 33) a ve fázi praporcového listu (BBCH 39). Seznam variant v pokusných ročnících 2014/15 až 2016/17 je uveden v tab. 1.

Tab. 1: Seznam variant v ročnících 2014/15 až 2016/17 (dávka přípravku na ha)

var.	BBCH 33	BBCH 39
1	neošetřená kontrola	
2	Spatial Plus 2l	-
3	-	Cerone 480 SL 1l
4	Moddus 0,4l	Cerone 480 SL 0,6l
5	Spatial Plus 1,8l	Cerone 480 SL 0,5l
6	Spatial Plus 1,4l	Spatial Plus 1,0l
7	Moddus 0,2l + Cerone 480 SL 0,3l	-
8	Moddus 0,3l + Cerone 480 SL 0,4l	-

U pokusů byly během vegetace sledovány znaky průměrná délka stébel, měřena od paty stébla k vrcholu klasu (cm), a poléhání hodnocené indexem poléhání. Index poléhání vychází podle metodiky EPPO PP 1/144(3) z procenta polehlé plochy parcely a intenzity poléhání podle odklonu stébel od vertikály ve stupních. Index poléhání se vypočítal jako násobek intenzity a polehlé plochy dělený 1000. Nepolehlý porost má hodnotu indexu poléhání 0, zcela polehlý porost 9. Dále byl hodnocen výnos zrna, hmotnost tisíce zrn a objemová hmotnost.

U měřených znaků bylo provedeno statistické hodnocení analýzou variance v programu STATISTICA. Průkaznost rozdílů mezi variantami byla následně testována Tukeyovým testem na hladině významnosti $p = 0,05$.

Výsledky a diskuse

Průběh počasí se v pokusných ročnících vyznačoval spíše nadprůměrnými teplotami a nerovnoměrným rozdělením srážek.

Ve vegetačním ročníku 2014/15 patřily podzim a zima k obdobím teplotně nadnormálním, srážkově normálním až nadnormálním. Na jaře a v červnu byly teploty v normálu, výrazné oteplení přišlo v červenci a srpnu. O nerovnoměrném rozložení srážek svědčila dlouhá bezsrážková období střídající období vlhká. Po silně



Polehlý porost ozimé pšenice ohrožuje výši úrody i kvalitu produkce

suchém dubnu následoval srážkově normální květen. Červen a červenec byly opět měsíce suché.

Podzim a zima ročníku 2015/16 patřily stejně jako v předchozím ročníku k teplotně nadprůměrným, z toho únor byl mimořádně teplý. V jarních měsících se udržely normální teploty, vyšší teploty než normál měly červen a červenec. Také tento ročník se vyznačoval nevyrovnaným rozložením srážek. Mezi srážkově normálními nebo suchými podzimními a zimními měsíci tvořil výjimku únor, kdy spadlo dva a půlkrát více srážek než udává normál. Srážkově normální březen vystřídal silně vlhký duben, po něm nastoupily suchý květen

a červen. Červenec se zařadil k měsícům vlhkým a srpen k suchým.

Září ročníku 2016/17 bylo silně teplé, další měsíce do konce roku 2016 nevybočovaly z hranic teplotního normálu. Výrazněji se ochladilo v lednu 2017, silně se oteplilo v březnu. Vysoké teploty přetrvávaly i v letních měsících. Srážky se na podzim a v zimě pohybovaly většinou v normálním rozmezí, jen prosinec 2016 patřil k mimořádně suchým měsícům. Úhrn měsíčních srážek v roce 2017 spadl většinou do normálu, pouze duben byl silně vlhký a červen silně suchý. Pokles půdní vlhkosti pod bod snížené dostupnosti v červnu spolu s vysokými teplotami nepříznivě ovlivnily nalévání zrna. Červenec byl v průměru srážkově normální, srážek spadlo v první polovině měsíce méně než v druhé. V srpnu dosáhl úhrn srážek polovinu měsíčního normálu.

Vliv aplikací se v jednotlivých ročnících lišil v závislosti na stavu porostu, půdy a průběhu počasí v době aplikace a v období působení aplikovaných přípravků na rostliny. Všechny aplikace regulátorů v průměru pokusných ročníků statisticky průkazně zkracovaly porost a snižovaly poléhání.

Ve všech třech pokusných ročnících (u obou odrůd) se nejučinněji zkrátila stébla u variant s vyššími dávkami Moddusu a Cerone aplikovanými buď v tankmixu, nebo odděleně ve dvou termínech, jak vyplývá z *tabulky 2 a grafů 1 až 3*. V průměru ročníků se výše uvedené varianty od ostatních průkazně lišily. Průkazně nejméně se zkrátila stébla u varianty s jednorázovou aplikací Cerone ve fázi BBCH 39, a to ve všech ročnících. U pšenice, která má v porovnání s ostatními internodii na stéble kratší internodium pod klasem než jarní ječmen, mohou být aplikace regulátorů ve fázi praporcového listu méně efektivní než u jarního ječmene. Mezi ostatními ošetřenými variantami nebyly v průměru ročníků statisticky průkazně rozdíly. Ve všech třech ročnících dosahovala průměrná délka stébel u ošetřených variant hodnot okolo 89% kontroly.

Srážkově bohatší duben v roce 2016 podporil růst biomasy ve sloupkování, a proto byly porosty Sultanu v tomto roce delší než v roce 2015 (*Tab. 2*). Rozdíly mezi ročníky byly statisticky průkazné. Zkrácení stébel u variant s přípravky Moddus a Cerone aplikovaných ve fázi BBCH 33 záviselo na velikosti dávek těchto přípravků.

V ročnících 2015 a 2016 nebyly u odrůdy Sultan rozdíly mezi variantou s jednorázovou

Tab.2: Výsledky pokusu s regulátory růstu proti poléhání v ročníkách 2014/15 až 2016/17

Znak	Délka stébla	Index poléhání v mléčné zralosti	Index poléhání před sklizní	Výnos zrna	HTZ	Objemová hmotnost
ročník	cm			t/ha	g	kg/hl
2014/15	102 ^b	0,1 ^a	0,2 ^a	10,24 ^c	43,47 ^c	84,0 ^c
2015/16	107 ^c	1,4 ^b	3,0 ^b	9,87 ^b	38,53 ^b	75,9 ^a
2016/17	96 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	9,43 ^a	32,77 ^a	78,3 ^b
varianta						
1	113 ^d	2,0 ^b	2,7 ^c	9,79 ^a	38,91 ^{bc}	79,9 ^b
2	103 ^b	0,4 ^a	1,2 ^b	9,84 ^a	37,38 ^a	78,6 ^a
3	106 ^c	0,4 ^a	1,3 ^b	9,89 ^a	39,56 ^c	80,2 ^b
4	95 ^a	0,0 ^a	0,1 ^a	9,73 ^a	37,93 ^{ab}	79,5 ^{ab}
5	103 ^b	0,7 ^a	1,4 ^b	9,66 ^a	37,97 ^{ab}	79,5 ^{ab}
6	101 ^b	0,4 ^a	1,2 ^b	9,84 ^a	37,72 ^{ab}	79,1 ^{ab}
7	101 ^b	0,0 ^a	0,7 ^{ab}	10,01 ^a	38,37 ^{abc}	79,1 ^{ab}
8	96 ^a	0,0 ^a	0,1 ^a	10,00 ^a	38,21 ^{abc}	79,3 ^{ab}

Pozn.: malá písmena kurzívou označují příslušnost ke stejné homogenní skupině při testování průkaznosti rozdílů středních hodnot na hladině průkaznosti $p = 0,05$, údaje označené jinými písmeny se od sebe průkazně liší

aplikací Spatialu Plus a variantou s tankmixem nižších dávek Moddusu a Cerone aplikovaných ve fázi BBCH 33 v procentu zkrácení délky stébel oproti kontrole. U odrůdy AF Jumiko byl zaznamenán v roce 2017 u varianty s jednorázovou aplikací Spatialu Plus menší pokles výšky než u varianty s tankmixem nižších dávek Moddusu a Cerone aplikovaných ve fázi BBCH 33. Vliv na tuto rozdílnou reakci mohly mít odlišné podmínky v období kolem aplikace ve fázi BBCH 33 v roce 2017 než jaké byly v předchozích ročníkách. V ročníku 2017 byly v tomto období nižší teploty a vyšší vlhkost půdy po srážkách, mohl se uplatnit i vliv odrůdy. Varianta s dělenou aplikací Spatialu Plus zkracovala stéblo ve všech třech ročníkách o něco více než varianta se Spatialem Plus ve fázi BBCH 33 + Cerone ve fázi BBCH 39.

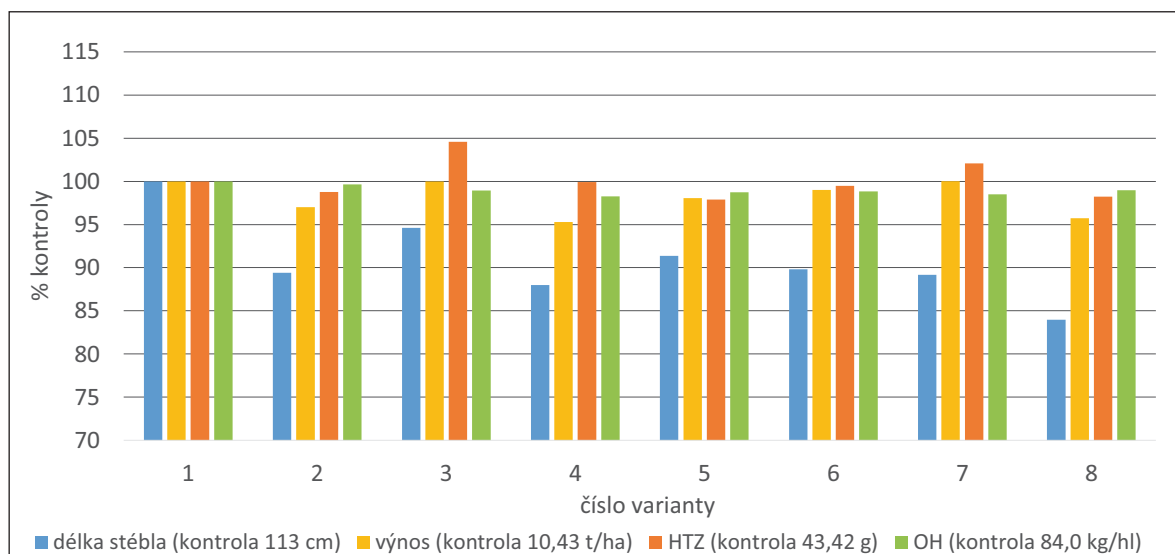
K poléhání došlo ve větší míře v roce 2016 (Graf 4). V roce 2015 polehla mírně kontrola, ostatní varianty polehly minimálně nebo vůbec. V roce 2017 polehla velmi slabě jen kontrola. V roce 2016

poléhání vyšší a jeho hodnoty se u ošetřených variant pohybovaly v rozsahu 2 až 4. Index poléhání v tomto roce pozitivně koreloval s délkou stébla ($r = 0,880$). V průměru ročníků byl u všech ošetřených variant průkazně nižší index poléhání ve srovnání s kontrolou, nejvíce u variant s vyššími dávkami Moddusu a Cerone v tankmixu nebo odděleně ve dvou termínech ošetření.

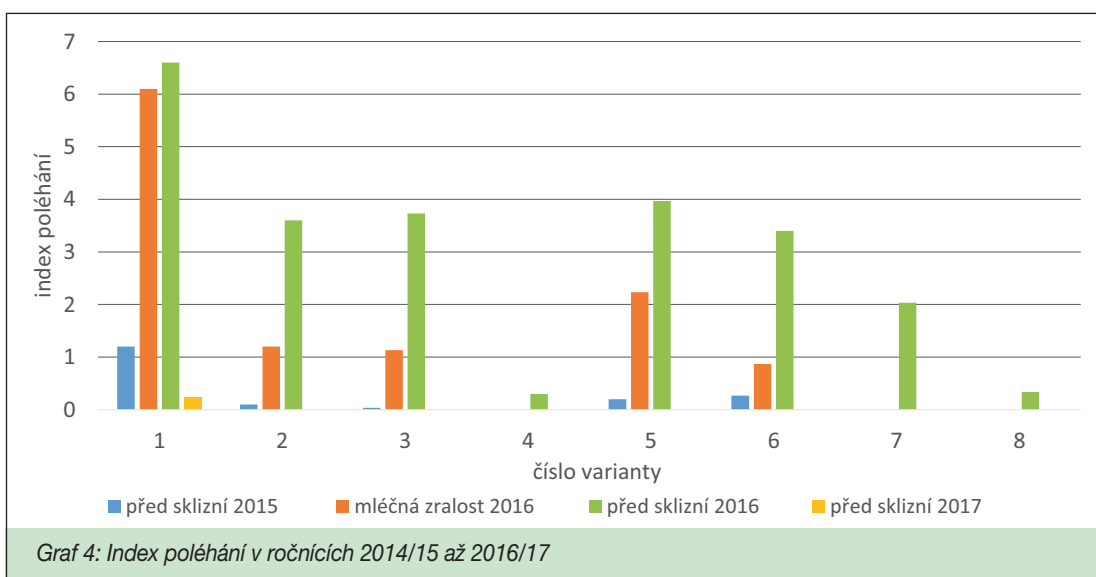
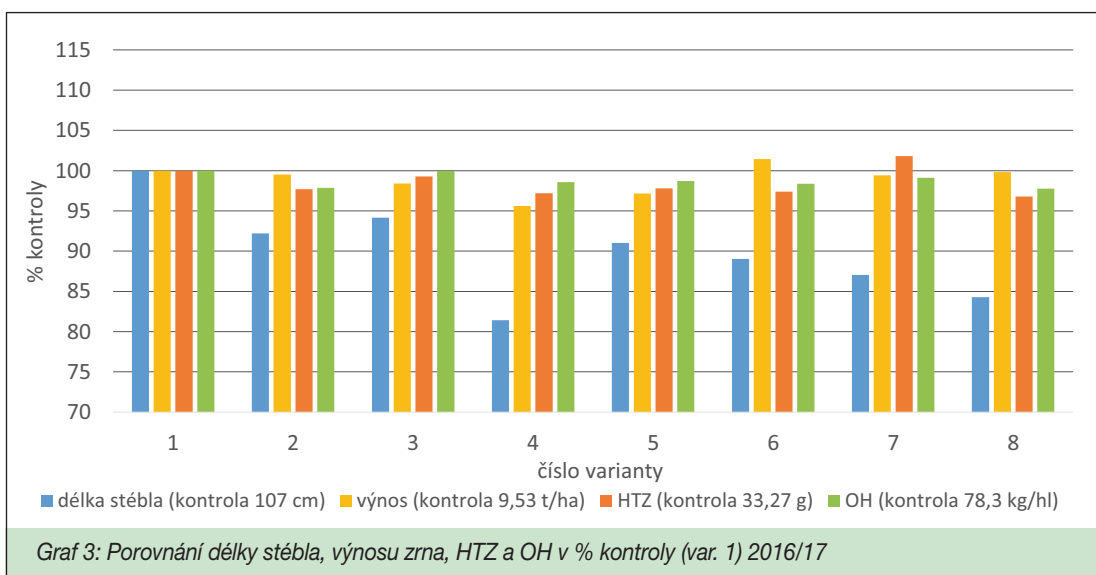
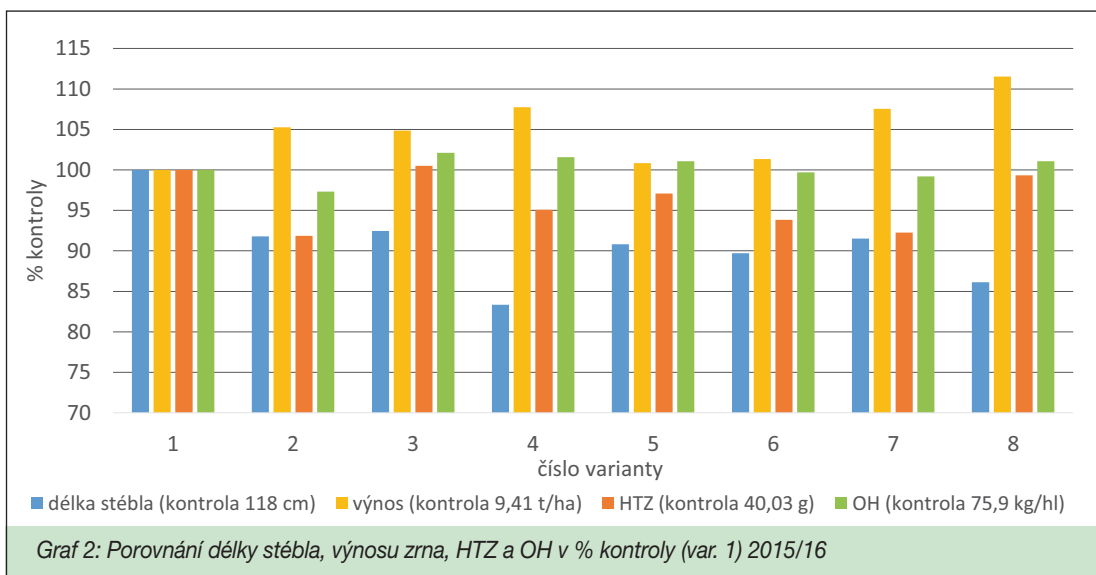
Výnos zrna byl průkazně ovlivněn ročníkem (odrůdou), mezi variantami nebyly v průměru ročníků průkazné rozdíly (Tab. 2). Při srovnání variant v jednotlivých ročníkách byl patrný vliv úrovně poléhání na výnos jednotlivých variant. V roce 2015, kdy se objevilo jen mírné polehnutí před sklizní u kontroly a některých ošetřených variant (Graf 4), došlo u většiny ošetřených variant k poklesu výnosu oproti kontrole, podobně jak uvádí Klem (2009). Největší pokles byl u variant s vyššími dávkami Moddusu a Cerone aplikovanými buď v tankmixu nebo odděleně ve dvou termínech aplikace. Průměrný výnos odrůdy Sultan byl celkově

vyšší než v roce 2016.

Zvýšení výnosu u ošetřených variant oproti kontrole nastalo v roce 2016 se silnějším polehnutím, které začalo na konci června v mléčné zralosti. Výše výnosu v tomto roce negativně korelovala s indexem poléhání před sklizní ($r = -0,711$). Nejvíce se zvýšil výnos u nejméně polehlých variant s vyššími dávkami Moddusu



Graf 1: Porovnání délky stébla, výnosu zrna, HTZ a OH v % kontroly (var. 1) 2014/15



a Cerone aplikovanými buď v tankmixu (o 12 %) nebo odděleně ve dvou termínech (o 8 %) s indexem poléhání 0,3 a u varianty s nižšími dávkami Moddusu a Cerone v tankmixu (o 8 %) s indexem poléhání 2,0. Od kontroly se příliš nelišil výnos u nejvíce polehlé varianty se Spatialu Plus ve fázi BBCH 33 + Cerone ve fázi BBCH 39 a u varianty s dělenou aplikací Spatialu Plus. V roce 2017, kdy polehla v malé míře jen kontrola, se výnos zrna odrůdy AF Jumiko u ošetřených variant pohyboval na úrovni kontroly nebo byl o něco nižší. Teplotní i srážkové podmínky v době aplikace regulátorů a v období jejich působení na rostliny byly příznivější než v roce 2015. Porosty nebyly před aplikací stresovány vysokými teplotami a nedostatkem srážek jako v roce 2015 u odrůdy Sultan. K výraznějšímu poklesu výnosu došlo stejně jako v roce 2015 u varianty s vyššími dávkami Moddusu ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL ve fázi BBCH 39 s největším zkrácením stébel. HTZ byla průkazně ovlivněna ročníkem (odrůdou). U odrůdy Sultan v roce 2015, kdy bylo poléhání nízké, byla HTZ vyšší než u více polehlých porostů v roce 2016. V roce 2017 měla odrůda AF Jumiko u nepolehlých, ale v období nalévání zrna suchem stresovaných porostů nízké HTZ. V ročnicích 2015 a 2017 s nízkou nebo nulovou úrovní poléhání byly rozdíly mezi variantami malé, pouze u varianty s jednorázovou aplikací Cerone ve fázi BBCH 39 v roce 2015 u odrůdy Sultan dosáhlo zvýšení HTZ 5 %. V ročníku 2016 s vyšší úrovní poléhání byly mezi variantami v HTZ výraznější rozdíly, většinou se HTZ snížila ve srovnání s kontrolou. U objemové hmotnosti se v průměru ročníků průkazně snížila vůči kontrole pouze varianta s jednorázovou aplikací Spatialu Plus ve fázi BBCH 33, statisticky průkazně se lišily mezi sebou ročníky (odrůdy).

Závěr

Všechny regulátory snižovaly délku stébel a v průměru pokusných ročníků index poléhání. Reakce porostu na aplikaci regulátorů byla rozdílná podle podmínek ročníku. V roce 2015 s malou mírou poléhání před sklizní a s nedostatkem srážek od dubna do sklizně působila aplikace regulátorů mírně stresově. U varianty Moddus 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL 0,6 l/ha ve fázi BBCH 39 a varianty Moddus 0,3 l/ha + Cerone 480 SL 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33, u kterých se stébla zkrátila nejvíce, způsobila i větší pokles výnosu. V roce 2016, s vysokými srážkami v dubnu a červenci, se vytvořily vhodné podmínky pro poléhání. U všech ošetřených variant oproti kontrole poklesla úroveň poléhání a vzrostl výnos, nejvýrazněji u nejméně polehlých variant ošetřených přípravky Moddus a Cerone aplikovanými buď v tankmixu nebo odděleně ve dvou termínech aplikace. V ročníku 2017 polehla nepatrně jen kontrola. Jaro bylo v tomto ročníku vlhké, ale suchý červen a první polovina července nevytvářely podmínky pro poléhání. U některých variant došlo ve srovnání s kontrolou k mírnému poklesu výnosu, výrazněji u varianty Moddus 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL 0,6 l/ha ve fázi BBCH 39 s největším zkrácením stébel.

Varianta Moddus 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 + Cerone 480 SL 0,6 l/ha ve fázi BBCH 39 a varianty Moddus 0,3 l/ha + Cerone 480 SL 0,4 l/ha ve fázi BBCH 33 s největším efektem na zkrácení stébel měly kladný vliv na výnos v případě, kdy došlo k poléhání. V případě, kdy poléhání nenastalo, případně byly porosty navíc vystaveny stresu, byl vliv na výnos záporný. Varianta Moddus 0,2 l/ha + Cerone 480 SL 0,3 l/ha ve fázi BBCH 33 si v ročnicích, kdy nedošlo k polehnutí, udržela výnos na úrovni kontroly. V ročníku 2016 měla třetí nejnižší index poléhání, což u této varianty přispělo k třetímu nejvyššímu vzrůstu výnosu.

- Berry, P. M. et al. (2004): Understanding and reducing lodging in cereals. *Adv. Agron.* 84, s. 217–271
- Foulkes, J. et al. (2011): Optimizing partitioning to grain yield while maintaining lodging resistance. *International Workshop of the Wheat Yield Consortium*, 1. Proceedings; CENEB. Work. Wheat. Available from: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CIMMYT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=046793>
- Klem, K., Klemová, Z., Miša, P. (2009): Poléhání jarního ječmene – hlavní faktory a systémy regulace. *Obilnářské listy*, 17, 2, s. 46–53
- Peake, A. et al. (2012): Agronomy for high yielding cereal environments: varieties, agronomic strategies and case studies, In *GRDC Northern Region Grains Research Updates*, Goondiwindi, 6–7 March, 2012
- Rajala, A. et al. (2002): Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: mediation by ethylene. *Plant Growth Regulation* 38, s. 1–59.
- Reduction of lodging in cereals and maize. *Metodika EPPO* PP 1/144(3), 2010
- Suchánek, J., Ort, P. (2017): Přípravky pro výnos a kvalitu jarního ječmene. *Regulace růstu a ochrana proti polehnutí*. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/ochrana-psenice-ozime-proti-polehani>
- Tripathi, S. C. et al. (2004): Lodging behavior and yield potential of spring wheat (*Triticum aestivum* L.): Effects of ethephon and genotypes. Article in *Field Crops Research* 87(2), s. 207–220 · DOI: 10.1016/j.fcr.2003.11.003

/Recenzováno/

Poděkování

Tato publikace vznikla v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace RO0211. Autorka děkuje firmě Bayer a osobně Ing. Josefu Suchánkovi za metodickou spolupráci v průběhu realizace pokusů.

