



代丽婷,车京玉,张起昌,等. 除草剂减量配施增效助剂对杂草防效和春小麦产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2024(6):31-36.

除草剂减量配施增效助剂对杂草防效 和春小麦产量的影响

代丽婷,车京玉,张起昌,刘宁涛,田超,尹雪巍,姜云峰

(黑龙江省农业科学院 克山分院/黑龙江省春小麦遗传育种工程技术中心,黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要:为促进黑龙江省西部地区春小麦草害的农药减量防控和绿色生产,以克春9号为试验材料,通过田间试验,于2022年在克山地区研究除草剂减量与增效助剂激健混施对麦田杂草的防治效果和对小麦产量及产量性状的影响。结果表明,处理2(除草剂减施20%+增效助剂激健)和处理3(除草剂减施40%+增效助剂激健)对药后30 d杂草防治效果较好,二者株防效和鲜重防效最高;处理3产量最高,为 $5\,567.22\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,与处理1(常规除草剂用量)无显著差异,该处理下有效穗数和千粒重为 $519.33\text{ 万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 32.83 g ,不孕小穗数最小,为0.23个,与处理2和处理1无显著差异,但与其他两个处理差异显著;相关分析表明,有效穗数、除草剂用量和千粒重对春小麦产量有促进作用,不孕小穗数对春小麦产量有显著负作用。因此,推荐该地区春小麦田除草最佳组合是除草剂减量40%与增效助剂激健混施。

关键词:春小麦;除草剂减量;激健;防治效果;产量

小麦是我国主要粮食作物之一^[1],种植面积和产量均居世界前列^[2],其种植情况直接关系到我国粮食安全。农药是重要的农业生产资料,对促进小麦的生产至关重要,我国是农药消耗大国,多年来,过量施用农药造成资源浪费、生产成本增加^[3-4],给农产品质量安全、生态系统和人畜健康带来了许多负面影响,减少农药的使用并保证良好的防治效果对保障我国粮食安全、农产品质量和农业生态环境安全,促进农业可持续发展具有十分重要的意义^[5-6]。近年来科研人员在小麦的农药减施技术方法上做了大量的研究和示范工作^[7],其中应用助剂减药的研究是近年研究的热点。激健是一种新型的农药减量增产型助剂,具有减少农药使用量,显著降低农药残留,不增加甚至降低用药成本,对作物安全性好的优点^[8]。前人关于利用激健助剂减少麦田化学除草剂施用量的研究很多,邓庭和等^[9]报道除草剂减施40%配施增效剂激健对麦田杂草仍具有较好的防效。马宏燕^[10]研究表明,小麦田除草剂用量减量30%+助剂激健,防治穗蚜的杀虫剂减量40%+助剂激健,具有提高小麦产量、提升小麦品质和减少农药污染的作用。高健^[8]研究表明,除草剂减施30%+

增效剂激健,施药15 d时,杂草株防效达到91.66%,鲜重防效达到97.53%,表现优异。陈利等^[4]研究表明,药后50 d,10%苯磺隆WP、20%双氟·氟氯酯WG和6%双氟·唑草酮OD+增效剂激健在减施20%~40%的剂量下对麦田阔叶杂草的株防效和鲜重防效分别为86.83%~98.47%和98.96%~99.87%,分别较空白对照增产8.03%~10.69%,纯增收益为 $725.80\sim1\,099.00\text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。蒋欣东等^[11]研究表明,除草剂减施30%+增效剂激健对麦田杂草的防治效果最好,产量及产量相关性状与常规处理效果无差异。激健助剂在减少小麦除草剂的使用量上具有重要的应用意义,进而能够为小麦绿色生产提供支持。

黑龙江省西部地区田间优势杂草主要有卷茎蓼(*Oxygonum convolvulus* L.)、藜(*Chenopodium album* L.)和稗草(*Echinochloa crusgalli* L. Beauv.)等,草害严重影响小麦产量,为了防除杂草,目前使用最多的方法是化学除草^[12-13],该地区关于添加激健助剂减少除草剂用量的研究报导较少。因此,本研究以克春9号为试验材料,2022年在克山地区研究除草剂减量与增效助剂激健混施对麦田杂草的防治效果、对小麦产量及产量性状的影响,明确

收稿日期:2024-03-07

基金项目:国家小麦产业技术体系克山综合试验站(CARS-03-54);黑龙江省现代农业产业技术小麦协同创新推广体系;齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2022023);黑龙江省农业科学院克山分院2023年度先导项目(XDYBC2023-02)。

第一作者:代丽婷(1987—),女,硕士,助理研究员,从事春小麦遗传育种与栽培研究。E-mail:dailiting02101987@126.com。

该地区春小麦生产上除草剂减量与增效助剂激健混施的可行性及应用效果,研究结果将为黑龙江省西部地区春小麦草害的农药减量防控提供技术支持,对小麦有害生物防控中实现药剂用量零增长具有重要实际意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试小麦品种为克春 9 号,是黑龙江省主栽品种,审定编号为国审麦 2014020,由黑龙江省农业科学院克山分院提供。

供试药剂:69 g·L⁻¹精噁唑禾草灵 EW(南通金陵农化有限公司生产);75%噁吩磺隆 WG(江苏省农用激素工程技术研究中心有限公司生产);87.5% 2,4-滴异辛酯 EC(山东滨农科技有限公司生产)。增效助剂:63%激健 EC(主要成分:蜂蜜、油菜籽油、大豆油、橄榄油等天然物质及多元醇型非离子表面活性剂等,成都激健生物科技有限公司生产)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在黑龙江省农业科学院克山分院克山县试验地进行,试验地地势平坦,肥力均

匀,土壤为淋溶黑钙土,前茬作物为马铃薯。春小麦于 2022 年 4 月 8 日播种,播种量为 300.70 kg·hm⁻²,灭草处理时间是 2022 年 5 月 28 日,施药时小麦处于 5~6 叶分蘖期,80%阔叶杂草达到 4~5 叶期,禾本科杂草刚出土。小麦试验田主要阔叶杂草为卷茎蓼和藜,主要禾本科杂草为稗草。

根据当地施肥习惯小麦整个生育期全部施肥量为 15~17 kg·(667 m²)⁻¹,施肥比例为 N:P:K=1.2:1.0:0.5,适量加入硫肥,2/3 为底肥于秋季施入,1/3 为种肥于春季施入^[14]。试验设常规用药处理和分别减药 20%、40%、60%配施增效助剂处理及清水对照处理,共 5 个不同药剂配施处理,3 次重复,随机区组排列,小区行长 12.5 m,16 行区,行距 15 cm,小区面积 30 m²,四周设有保护行。各处理只有除草剂施用量不同,其他田间管理措施均统一。将增效助剂激健与不同处理的除草剂混合后,使用背负式电动喷雾器均匀茎叶喷雾,兑水量以 15 kg·(667 m²)⁻¹为标准,分别按比例兑水,施药当天,天气晴好,无风,施药后 3 d 内无降水。5 个不同药剂配施处理具体药剂施用情况用量详见表 1。

表 1 不同药剂配施处理具体药剂用量

处理	除草剂			增效助剂
	69 g·L ⁻¹ 精噁唑禾草灵 EW/ [mL·(667 m ²) ⁻¹]	75%噁吩磺隆 WG / [g·(667 m ²) ⁻¹]	87.5%2,4-滴异辛酯 EC/ [mL·(667 m ²) ⁻¹]	激健 EC/ [mL·(667 m ²) ⁻¹]
1(常规用量)	60.00	2.20	16.00	—
2(减药 20%+增效助剂)	48.02	1.78	12.82	15.00
3(减药 40%+增效助剂)	36.02	1.33	9.63	15.00
4(减药 60%+增效助剂)	24.01	0.89	6.37	15.00
5(清水对照 CK)	—	—	—	—

1.2.2 测定项目及方法 杂草调查:施药前调查杂草基数,包括杂草种类和数量,采用双对角线法,每小区固定调查 5 点,每点 0.25 m²,施药后 5、7 和 15 d 分别目测观察小麦生长的情况,药后 20 d 定点调查杂草种类和数量,药后 30 d 加测杂草鲜重,分别计算株防效和鲜重防效,详见公式(1),公式(2)。

测产与考种:小麦成熟后,每个小区分别单独收获,晾晒、脱粒并称量,用烘干法测定籽粒含水

率,然后按含水率 13%校正籽粒质量,换算成实际产量,3 次重复,取平均值计算最终产量和增产率,详见公式(3);测产同时,每处理随机抽取 20 株,进行室内考种,考种指标有穗长、小穗数、不孕小穗数、穗粒数、千粒重和容重。

单位面积穗数:小麦生育期间各处理选取有代表性的 1 m 双行 2 个定样点,蜡熟末期调查两点平均穗数并换算成单位面积穗数。

株防效(%)=[1-(对照区药前杂草株数×处理区药后杂草株数)/(对照区杂草株数×处理区杂草株数)]×100

(1)

鲜重防效(%)=[(空白对照区杂草鲜质量-处理区杂草鲜质量)/空白对照区杂草鲜质量]×100^[4]

(2)

增产率(%)=(处理区产量-空白对照区产量)/空白对照区产量×100

(3)

1.2.3 数据分析 使用 Excel 2003 进行数据处理和制表,利用 SPSS 27.0 软件对数据进行统计,

应用 Duncan's 新复极差法进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 施药处理对春小麦的安全性

施药后 5,7 和 15 d 对小麦目测观察表明,5 个处理区的小麦生长均正常,在叶色、叶形和株高等方面均无差异,无生长抑制、失绿、畸形等情况,表明该试验除草剂减量添加增效助剂处理对小麦生长安全,无药害。

2.2 不同药剂配施处理对杂草的防治效果

2.2.1 施药前杂草情况 在小麦 5~6 叶期,施药前杂草基数调查结果表明,试验地以阔叶杂草为主,优势杂草是卷茎蓼和藜,卷茎蓼发生最严重,平均达 22~29 株·m⁻²,其次是藜,达 20~27 株·m⁻²,其他杂草发生较少,均少于 10 株·m⁻²。阔叶杂草有问荆、龙葵、铁苋菜、播娘蒿、鸭跖草、刺儿菜、荠菜、扁竹芽、麦家公,禾本科杂草只有稗草。

2.2.2 药后 20 d 株防效 由表 2 可知,通过添加增效助剂激健减施除草剂对麦田杂草有较好的防治效果,处理 1~处理 3 对优势阔叶杂草卷茎蓼株防效分别为 91.57%、92.44%和 94.48%,三者之间无显著性差异,但显著高于处理 4 的株防效。处理 2 对优势阔叶杂草藜株防效最高,达到 92.60%,与处理 1、处理 3 对藜的株防效无显著性差异,但显著高于处理 4,处理 4 株防效最低,为 85.52%。

处理 1 对麦田总草的株防效最高,为 93.25%,处理 2、处理 3 略低于处理 1,三者之间无显著性差异,处理 4 对麦田总草的株防效最低,为 83.58%,显著低于处理 1 和处理 3,但与处理 2 的株防效无显著性差异。以上结果说明麦田减施除草剂 20%、40%与激健助剂混施能有效减少麦田杂草,且对杂草的株防效与常规施药下的株防效无显著性差异。

表 2 不同药剂配施处理对药后 20 d 杂草株防效的影响

处理	株防效/%		
	卷茎蓼	藜	总草
1	91.57±1.01 a	90.06±2.04 ab	93.25±3.34 a
2	92.44±1.25 a	92.60±1.09 a	90.12±2.27 ab
3	94.48±0.75 a	92.16±0.24 ab	92.65±1.24 a
4	85.27±0.57 b	85.52±3.20 b	83.58±1.60 b
5(CK)	—	—	—

注:数据以“平均数±标准误”的形式表示。同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

2.2.3 药后 30 d 株防效和鲜重防效 由表 3 可知,通过添加增效助剂激健减施除草剂对麦田杂草有一定防治效果,处理 1~处理 3 对优势阔叶杂草卷茎蓼株防效分别为 95.78%、96.14%和 97.58%,三者之间无显著性差异,但显著高于处理 4;4 个处理的鲜重防效为 94.36%~99.22%,各处理无显著性差异。处理 3 对优势阔叶杂草藜株防效最高,达到 95.29%,处理 1、处理 2 略低于处理 3,三者之间无显著性差异,处理 4 株防效最低,为 84.25%,显著低于处理 3,但与处理 1、处理 2 无显著性差异;处理 1~处理 3 对藜的鲜重防效分别为 94.90%、97.55%和 93.78%,三者之间无显著性差异,处理 4 对藜的鲜重防效最低,为 88.54%,显著低于处理 1、处理 2,但与处理 3 无显著性差异。

处理 1~处理 3 对麦田总草的株防效和鲜重防效分别为 93.78%~95.83%和 97.56%~99.02%,三者之间无显著性差异,但显著高于处理 4,处理 4 对总草的株防效和鲜重防效最低,分别为 86.01%和 94.36%。以上结果说明麦田减施除草剂 20%、40%与激健助剂混施能有效降低麦田杂草数量和鲜重,且对杂草的株防效和鲜重防效与常规施药无显著性差异,能达到除草剂常规用量下的防治效果。

表 3 不同药剂配施处理对药后 30 d 杂草防治效果的影响

处理	卷茎蓼		藜		总草	
	株防效	鲜重防效	株防效	鲜重防效	株防效	鲜重防效
1	95.78±1.03 a	99.18±0.43 a	92.95±5.56 ab	94.90±2.57 a	95.83±0.97 a	99.02±0.56 a
2	96.14±0.47 a	98.95±0.71 a	94.55±2.71 ab	97.55±0.90 a	93.78±0.89 a	98.18±0.94 a
3	97.58±1.32 a	99.22±0.29 a	95.29±0.36 a	93.78±1.73 ab	95.24±0.74 a	97.56±1.39 a
4	84.70±1.11 b	94.36±2.69 a	84.25±0.95 b	88.54±1.06 b	86.01±1.28 b	94.36±0.57 b
5(CK)	—	—	—	—	—	—

2.3 不同药剂配施处理对小麦产量和产量性状的影响

2.3.1 产量表现 由表 4 可知,处理 3 产量最高,达 5 567.22 kg·hm⁻²,与处理 1 处理 2 的产量无显著性差异,处理 1、处理 3 的产量显著高于处理 4

和处理 5,处理 5 产量最低,为 5 125.50 kg·hm⁻²,与处理 4 无显著性差异,但显著低于处理 2,处理 2 与处理 4 之间产量差异不显著;与处理 5 相比处理 3 增产率最高,为 8.62%,其次是处理 1,为 7.48%,处理 4 增产率最低,为 2.98%。上述结

果表明不施除草剂或减少除草剂使用量 60% 配施激健助剂严重影响小麦产量,而减少除草剂使用量 20%或减少 40%加入激健助剂,能够保证麦田达到常规除草剂用量下小麦的产量。

2.3.2 产量性状表现 由表 4 可知,本研究条件下,减少除草剂使用量加入激健助剂对小麦的穗长、小穗数、穗粒数和容重影响不大,但对不孕小穗数、有效穗数和千粒重影响比较大。5 个处理小麦的穗长、小穗数、穗粒数和容重分别为 8.67~9.73 cm、12.60~13.54 个、38.13~44.13 粒、786.47~792.07 g·L⁻¹。随着除草剂用量的减少,小麦不孕小穗数呈先减少再增多的趋势,处理 5 不孕小穗数最多,为 0.50 个,处理 3 最少,为 0.23 个,处理 4 与处理 5 差异不显著,但显著高于处理 1~处理 3,处理 1~处理 3 间差异不显著。处理 2 有效穗数最多,为 584.00 万穗·hm⁻²,其次是处

理 1,为 549.33 万穗·hm⁻²,处理 4 最少,仅为 446.67 万穗·hm⁻²,处理 2 与处理 1、处理 3 之间差异不显著,但显著高于处理 4、处理 5。随着除草剂用量的减少,小麦千粒重呈先增加再降低的趋势,处理 2 千粒重最高,为 33.17 g,处理 5 最低,为 30.80 g,处理 2 和处理 3 与处理 1 差异不显著,但显著高于其他两个处理。

上述结果表明在不施除草剂(处理 5)或除草剂减量 20%~60%配施激健助剂(处理 2~处理 4)条件下,小麦穗长、小穗数、穗粒数和容重相比于常规施药(处理 1)下差异不显著;在除草剂减量 20%~40%配施激健助剂(处理 2~处理 3)下不孕小穗数、有效穗数和千粒重与常规施药处理差异不大,与除草剂减量 60%配施激健助剂(处理 4)和不施药对照(处理 5)差异显著。

表 4 不同药剂配施处理对小麦产量和产量性状的影响

处理	穗长/ cm	小穗数/ 个	不孕小穗数/ 个	有效穗数/ (万穗·hm ⁻²)	穗粒数/ 粒	千粒重/ g	容重/ (g·L ⁻¹)	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产率/ %
1	9.00 a	13.33 a	0.34 b	549.33 ab	39.80 a	31.97 ab	787.73 a	5508.90 a	7.48
2	9.73 a	13.54 a	0.30 b	584.00 a	44.13 a	33.17 a	786.47 a	5483.33 ab	6.98
3	9.47 a	13.35 a	0.23 b	519.33 abc	43.73 a	32.83 a	788.73 a	5567.22 a	8.62
4	9.53 a	13.40 a	0.47 a	446.67 c	38.20 a	31.00 b	786.73 a	5278.29 bc	2.98
5(CK)	8.67 a	12.60 a	0.50 a	459.33 bc	38.13 a	30.80 b	792.07 a	5125.50 c	—

2.4 不同药剂配施处理下产量及产量性状相关性分析

由表 5 可知,春小麦产量与除草剂用量和有效穗数呈极显著正相关,与千粒重呈显著正相关,与不孕小穗数呈极显著负相关,相关系数分别为 0.749、0.721、0.583 和 -0.661,春小麦产量与其他产量性状相关性不显著;除草剂用量与有效穗数呈极显著正相关,与千粒重呈显著正相关,与不孕小穗数呈显著负相关,相关系数分别为 0.654、0.546 和 -0.631,除草剂用量与其他产量性状

相关性不显著。综上分析可知,有效穗数、除草剂用量和千粒重这 3 个因素对本研究条件下春小麦产量有促进作用,有效穗数和除草剂用量对产量的贡献要大于千粒重对产量的贡献。不孕小穗数对春小麦产量起到显著负作用。本研究条件下随着除草剂用量的增加有效穗数和千粒重显著增加,不孕小穗数却显著减少。因此在本研究条件下,适当提高除草剂用量可以提高小麦有效穗数和千粒重,降低不孕小穗数,从而提高产量。

表 5 不同药剂配施处理下除草剂用量与春小麦产量性状与产量的相关分析

项目	穗长	小穗数	不孕小穗数	有效穗数	穗粒数	千粒重	容重	除草剂用量	产量
穗长	1								
小穗数	-0.148	1							
不孕小穗数	-0.388	-0.116	1						
有效穗数	0.099	0.155	-0.594 *	1					
穗粒数	0.801 **	-0.079	-0.474	0.272	1				
千粒重	0.273	0.257	-0.701 **	0.682 **	0.443	1			
容重	-0.002	-0.218	0.273	0.044	-0.098	-0.129	1		
除草剂用量	0.191	0.493	-0.631 *	0.654 **	0.202	0.546 *	-0.128	1	
产量	-0.043	0.448	-0.661 **	0.721 **	0.023	0.583 *	0.035	0.749 **	1

注: * 表示在 $\alpha=0.05$ 水平相关性显著; ** 表示 $\alpha=0.01$ 水平相关性极显著。

3 讨论

长期以来,人们经常以作物增产为目的,施用农药的自主性、随意性较强,无正确的科学指导,化学农药大量且不合理地施用,给土壤生态环境带来压力,进而影响作物产量和品质。因此,在研究如何控制草害的同时,更应该注重绿色减药防控策略。助剂在国际上的应用已十分广泛,特别在除草剂上的应用^[15],激健作为一种新型的农药助剂不但成分安全,而且与农药混用可以增加农药的渗透能力和传导效率^[16]。目前麦田利用激健助剂减施除草剂的研究很多,许多研究表明在减少除草剂使用量的同时对杂草有较好的防治效果,陈立涛等^[17]、马宏燕^[10]、蒋欣东等^[11]研究表明,利用激健并减少 10%~40% 除草剂用量均能对麦田杂草有较好防治效果。本研究表明,利用激健配合减施除草剂 20%、40%,药后 30 d 对麦田杂草防效能达到 93.78% 以上。本研究在除草剂减量 40% 混施激健处理下,对阔叶杂草和禾本科杂草防效均达到 90% 以上,防治效果明显,这与陈宇飞等^[18]、蒋欣东等^[11] 研究结果不同,他们研究结果表明,激健对于部分阔叶类型除草剂增效略低,原因可能是生态环境、除草剂种类和具体施用量、杂草群落不同造成的。本研究在 2022 年、2023 年均进行了研究,但由于 2023 年克山地区大旱,对春小麦田间表现、杂草防治效果和产量因素等均有较大影响,造成试验结果与 2022 年差异很大,无参考价值,故仅对 2022 年数据进行相关分析。由此也说明除草剂的防治效果和麦的长势受环境气候因素影响较大^[19]。本研究表明,除草剂中添加激健助剂能有效防除麦田杂草,减少除草剂使用量,实现绿色减量控害的目的,可以在春小麦农业生产中加以推广。

农药能够对小麦的产量性状造成较大的影响,同时小麦产量与其自身的性状特征关系密切^[20],因此研究农药减施对小麦产量及产量构成因素的影响十分必要。本研究产量结果表明,除草剂减施 40% 加入激健助剂的处理产量最高,为 5 567.22 kg·hm⁻²,能达到与除草剂减施 20% 和常规用量无差异的产量结果,但显著高于其他两个处理。这与蒋欣东等^[11] 适量减施除草剂配施激健对小麦产量无影响的研究结果不一致,但与高健^[8] 研究结果相似,他指出除草剂减量 30% 时,加入激健能达到与常规用量无差异的产量结果,但显著高于其他两个处理。这种不同的结果可能由于生态环境、除草剂种类、用药量和杂草群落等不同造成的。不同研究中除草剂减施对小麦

产量性状有不同的影响,本研究中随着除草剂用量的减少,小麦穗长、小穗数、穗粒数和容重变化不大,在除草剂减量 40% 配施激健处理下有效穗数和千粒重较大,不孕小穗数最小,与减药 20% 配施激健和常规施药处理无显著性差异,但与减药 60% 配施激健和不施药处理差异显著;黄善友^[21] 研究表明,除草剂丙酯草醚减量 50% 会造成穗实粒数下降趋势,对植株后期生长无显著影响,而有效穗数会相应增加,能提高单位面积的生物产量和经济产量;樊翠芹等^[22] 研究表明,农药减施对小麦千粒重和产量无影响。

本研究相关性分析表明,产量构成因素中有效穗数、千粒重与产量有显著正相关关系,其中有效穗数对产量贡献最大,其他产量因素与产量相关性不显著,这与蒋欣东等^[11] 研究结果不一致,他指出小穗数和千粒重对产量贡献小,穗长、小穗数、穗着粒数、有效穗数对产量贡献大,穗着粒数的作用最大,但与黄大龙^[23] 研究结果较为一致,他指出有效穗数、穗粒数、千粒重均与产量呈线性正相关,有效穗数对产量的作用最大,关系最密切。因此说明在不同地区、不同研究条件下影响小麦产量的主要因素不尽相同,本研究结果表明想要提高该品种产量,就应该在兼顾千粒重的前提下,适当扩大群体,主攻穗数。本研究得出随着除草剂用量的减少有效穗数和千粒重显著减少,不孕小穗数却显著增加,除草剂用量与其他产量性状相关性不显著,而蒋欣东等^[11] 指出除草剂减量配施激健助剂会影响小麦退化小穗数、千粒重,对穗长、小穗数、穗着粒数、有效穗数无显著影响。在本研究中,适当提高除草剂用量可以提高有效穗数和千粒重,降低不孕小穗数,从而提高产量。

4 结论

春小麦田间除草剂减施 20%、40% 加入增效助剂激健,对药后 30 d 的总草株防效和鲜重防效分别为 93.78%~95.24%、97.56%~98.18%,具有较好的防治效果,能达到与常规用量无显著差异的防治效果和产量。除草剂减量 40% 与增效助剂激健混施的处理产量最高,达到 5 567.22 kg·hm⁻²;随着除草剂用量的减少并配施激健,小麦穗长、小穗数、穗粒数和容重变化不大,而有效穗数和千粒重在除草剂减量 40% 配施激健处理下较大,达 519.33 万穗·hm⁻² 和 32.83 g,不孕小穗数此时最小为 0.23 个,与减药 20% 配施激健和常规施药下无显著差异,但与减药 60% 配施激健和不施药处理差异显著。相关性分析表明,有效穗数、除草剂用量和千粒重这 3 个因素对产量有促进作用,

有效穗数和除草剂用量对产量的贡献较大,不孕小穗数对产量起到显著负作用。因此,推荐黑龙江省西部地区麦田除草最佳组合是除草剂减量40%与增效助剂激健混施,即施用 $69\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 精噁唑禾草灵 $36.02\text{ mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}+75\%$ 噻吩磺隆 $1.33\text{ g}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}+87.5\%$ 2,4-滴异辛酯 $9.63\text{ mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}+激健\ 15.00\text{ mL}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ 。

参考文献:

- [1] 郭博铖. 黑龙江春小麦根腐病和麦田杂草防控农药减量技术研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [2] 杨尚威. 中国小麦生产区域专业化研究[D]. 重庆:西南大学, 2011.
- [3] 丛晓男, 单菁菁. 化肥农药减量与农用地土壤污染治理研究[J]. 江淮论坛, 2019(2): 17-23.
- [4] 陈利, 沈煜洋, 高海峰, 等. 增效剂对红枣-小麦间作麦田除草剂减量效应[J]. 西北农业学报, 2021, 30(2): 304-312.
- [5] 聂晓, 刘伟, 范洁茹, 等. 小麦化肥农药减施集成技术综合效益评价[J]. 植物保护, 2021, 47(2): 95-102.
- [6] 邢帅军. 济源市优质专用小麦减肥减药绿色高质高效集成技术体系研究与推广[J]. 现代农村科技, 2021(12): 21-23.
- [7] 徐长春. “十三五”国家重点研发计划农药减施增效类项目述评[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 91-94.
- [8] 高健. 内蒙古小麦减药技术措施的初步研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2020.
- [9] 邓庭和, 张士勤, 王文和, 等. 增效剂激健对小麦除草剂的减量增效作用[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(11): 58-60.
- [10] 马宏燕. 小麦农药减施增效试验示范[J]. 河南农业, 2019(25): 33-34.

- [11] 蒋欣东, 康晓慧, 陈万权, 等. 除草剂减量与激健混施对麦田杂草防效及产量特征影响[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(1): 33-41.
- [12] 张锦伟, 王松林, 赵学观, 等. 智能机械减量施用苯磺隆对播娘蒿防治效果及对小麦安全性[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 195-199.
- [13] 李广阔, 高海峰, 高永红, 等. 苯磺隆在冬麦田减量施用的试验探讨[J]. 杂草科学, 2013, 31(4): 59-61.
- [14] 代丽婷, 邵立刚, 车京玉, 等. 小麦新品种克春 30 号的选育及其配套栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2023(8): 208-209.
- [15] 涂鹤龄. 麦田杂草化学防除[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [16] 王灏. 农药助剂的发展现状及研究进展[J]. 新农业, 2019(23): 25-26.
- [17] 陈立涛, 高军. 激健助剂在小麦田春季除草用药减量中的效果[J]. 河北农业, 2017(10): 42-43.
- [18] 陈宇飞, 胡新, 高世杰, 等. 3 种喷雾助剂对东北春大豆除草剂减量增效的影响[J]. 大豆科学, 2019, 38(3): 421-427.
- [19] 许朗, 刘金金. 气候变化与中国农业发展问题的研究[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(1): 192-199.
- [20] 薛志伟, 杨春玲. 安麦 1132 农艺性状及产量的相关性和主成分分析[J]. 作物研究, 2020, 34(5): 414-418.
- [21] 黄善友. 丙酯草醚麦田除草效果及其对大小麦生物性状的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [22] 樊翠芹, 王贵启, 李秉华, 等. 拔节期喷施 2, 4-D 丁酯对 3 个小麦品种农艺性状的影响[J]. 河北农业科学, 2009, 13(2): 34-35.
- [23] 黄大龙. 早熟高产抗病小麦新品种龙溪 6 号产量构成因素分析[J]. 江西农业大学学报, 2001(5): 108-110.

Effects of Herbicide Reduction Combined with Efficacy-Enhancing Adjuvants on Weed Control Effect and Spring Wheat Yield

DAI Liting, CHE Jingyu, ZHANG Qichang, LIU Ningtao, TIAN Chao, YIN Xuewei, JIANG Yunfeng

(Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Heilongjiang Province Spring Wheat Genetic Breeding and Engineering Technology Research Center, Qiqihar 161005, China)

Abstract: In order to promote the prevention and control of pesticide reduction and green production of spring wheat grass in the western region of Heilongjiang Province, Kechun 9 was used as the experimental material. Through field experiments conducted in the Keshan County, in 2022, the impact of reduced herbicide dosages combined with efficacy-enhancing adjuvants on weed control in wheat fields, wheat yield, and yield traits was studied. The results indicated that, treatment 2 (20% reduction in herbicide usage combined with efficacy-enhancing adjuvants Jijian) and treatment 3 (40% reduction in herbicide usage combined with efficacy-enhancing adjuvants Jijian) produced effective weed control, achieving the highest plant control effectiveness and fresh weight control effectiveness, respectively. The highest yield of $5\ 567.22\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ was recorded in the treatment of 40% reduction with vigorous stimulant, achieving results comparable to conventional dosages. Under this treatments, the number of effective spikes and 1000-grain weight were $519.33\text{ spikes}\cdot\text{ha}^{-1}$ and 32.82 g , with the lowest number of sterile spikes at 0.23, showing no difference from the 20% reduction mixed with vigorous stimulant and conventional treatments. However, significant differences were noted compared to the other two treatments. Correlation analysis showed that spike number, herbicide dosage and 1000-grain weight played a facilitating role in the wheat yield, while the sterile spike number had a significant negative effect. Therefore, the recommended best practice for weed control in this region's wheat fields is a 40% reduction in herbicides combined with the use of the efficacy-enhancing adjuvants Jijian.

Keywords: spring wheat; herbicide reduction; Jijian; control effect; yield