

化学除草剂对保护性耕作燕麦田杂草的防除效果

路战远¹,张向前¹,王玉芬²,程玉臣¹,李娟²,张德健²

(1. 内蒙古自治区农牧业科学院,内蒙古 呼和浩特 010031;2. 内蒙古大学,内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要:为探究内蒙古保护性耕作燕麦田间杂草的发生规律,控制杂草生长过盛,增加燕麦产量,调查了呼和浩特市武川县上秃亥乡燕麦田间杂草种类并考察各类化学除草剂对其防除效果。结果表明:保护性耕作燕麦田分布的杂草种类分属6科13种,主要危害杂草为藜、猪毛菜和狗尾草,发生时间集中于5月中旬—6月中上旬。试验所选2,4-D丁酯、苯磺隆、草甘膦、二甲四氯、辛酰溴苯腈5种除草剂对保护性耕作燕麦田杂草均有防效,单一防除效果依次为:2,4-D丁酯>10%苯磺隆>75%苯磺隆>草甘膦>二甲四氯>辛酰溴苯腈。综合防除效果以收获后900 ml·hm⁻²草甘膦+苗期300 g·hm⁻²二甲四氯+300 ml·hm⁻²2,4-D丁酯处理最好,株防效和鲜重防效均在96.4%左右,且鲜重防效效果显著,燕麦增产幅度超100%,每公顷纯收益最高,为6 618.0元,在农业生产中优先推荐。

关键词:保护性耕作燕麦田;杂草;化学除草剂;防除效果;内蒙古

中图分类号:S451.23 **文献标志码:**A

Effect on weeds control in the conservation-tillage oat field of chemical herbicide

LU Zhan-Yuan¹, ZHANG Xiang-Qian¹, WANG Yu-Fen², CHENG Yu-Chen¹, LI Juan², ZHANG De-Jian²

(1. Inner Mongolia Agriculture and Animal Husbandry, Hohhot, Inner Mongolia, 010031;

2. Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia, 010021)

Abstract: In order to explore the law of weed occurrence, to control the growth of weeds and to increase the oat yields in oat field under conservation tillage in Inner Mongolia, this study mainly investigated the species of weeds in the oat fields of Shangbaihai Township, Wuchuan County, Hohhot City, and the various effects of chemical herbicides' prevention and cure of weeds. The results show: there were weeds from 13 species of 6 families in oat field under conservational tillage. Quinoa, salsola and bristlegrass were the three major weeds, which occurred mainly in mid May to early June. 5 herbicide of 2, 4 - D butyl ester, tribenuron-methyl, glyphosate, chipton, bromoxynil, octanoate all had control effect on wees in the conservation-tillage oat field. The weed control effect of single herbicide in descending order was 2, 4 - D butyl ester > 10% tribenuron-methyl > 75% tribenuron-methyl > glyphosate > chipton > bromoxynil octanoate. In addition, the combined effects of 300 ml·hm⁻² 2,4 - D butyl ester + 300 g·hm⁻² chipton in seedling stage, and 900 ml·hm⁻² glyphosate after harvest was best. The control effect for single plant and for plant fresh weight were both around 96.4%, with control effect for plant fresh weight being significant. The increasing of oat yield was more than 100%, the highest net economic income reached 6 618.0 RMB·hm², which is recommended as a priority in agricultural production.

Keywords: conservation tillage; oat field; weeds; chemical herbicide; control efficiency; inner mongolia

保护性耕作是近年来发展起来的一项对农田实行免耕、少耕,从而减少土壤风蚀、水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的可持续农业耕作技术^[1]。但是近年来,随着保护性耕作实施规模的扩大和时间

的延续,一些区域性的杂草危害日益严重,已经成为进一步稳定和扩大保护性耕作推广的重要限制因素^[2]。研究保护性耕作农田杂草控制技术,有效控制农田杂草的危害已成为当前实施保护性耕作

收稿日期:2017-03-10

修回日期:2017-05-10

基金项目:内蒙古自治区科学技术厅科技计划项目(201702105);内蒙古自治区重大专项(20161500);内蒙古自治区科技计划重点项目(20151206)

作者简介:路战远(1964-),男,内蒙古赤峰人,研究员,博士生导师,主要从事保护性耕作及早作农业研究。E-mail: lzhy281507@vip.sohu.com

通信作者:张德健(1972-),男,内蒙古赤峰人,教授,硕士生导师,主要从事保护性耕作及早作农业研究。E-mail: Zhangdejian00@163.com

地区亟待解决的技术难题^[3-5]。钱荣明等研究表明小麦田间杂草化学防除已成为广大农民麦田管理的一项基本措施。路战远^[6]、张德健^[7-8]等对保护性耕作小麦、玉米田的化学防除效果研究表明,不同除草剂种类对保护性耕作燕麦田杂草的控制效果存在显著差异,其中,以不同化学药剂混合使用对杂草的防除效果最好。

因此,为控制保护性耕作燕麦田杂草过盛生长的危害,本研究选用草甘膦、苯磺隆、2,4-D 丁酯、二甲四氯钠盐、辛酰溴苯腈共5种播前和苗期除草的药剂,对保护性耕作燕麦田杂草进行防除研究,以期明确保护性耕作燕麦田间杂草发生规律,确定高效、安全的燕麦田化学除草药剂,为保护性耕作燕麦田杂草防控提供理论依据。

1 材料与方方法

1.1 供试材料

燕科1号(内蒙古农牧业科学院培育)。

供试除草剂为41%草甘膦水剂(Glyphosate,沈阳化工研究院生产)、10%苯磺隆可湿性粉剂(Tribenuron-methyl,浙江禾本科技有限公司生产)、72% 2,4-D 丁酯乳油(2,4-D butyl ester,大连松辽化工有限公司生产)、20% 二甲四氯钠盐水剂(MCPA-sodium,天津西玛科技有限责任公司生产)、75% 苯磺隆悬浮剂(Tribenuron-methyl,美国杜邦公司生产)、22.5% 辛酰溴苯腈乳油(Bromoxynil octanoate,德国拜耳作物科学公司生产)。

1.2 试验地概况

试验在呼和浩特市武川县上秃亥乡(N41°11.719', E111°17.767')进行,位于内蒙古中西部,阴山北麓,为典型的旱作农业区。试验地海拔1 621 m,年平均气温2.5℃,年平均风速3.1~3.9 m·s⁻¹,年降水量300 mm左右,无霜期110 d左右,是比较典型的冷凉风沙区。试验地土壤类型为砂壤土,肥力中等,不进行灌溉,前茬作物为油菜。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 在播前10 d用41%草甘膦进行土壤封闭处理,苗期茎叶处理选用的除草剂分别为:72% 2,4-D 丁酯、20% 二甲四氯钠盐、75% 苯磺隆、10% 苯磺隆、22.5% 辛酰溴苯腈;不同时期混合处理分别设:苗期15 g·hm⁻²75% 苯磺隆+375 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯、苗期900 ml·hm⁻²辛酰溴苯腈+300 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯、苗期600 g·hm⁻²二甲四氯+375 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯、收获后900 ml·hm⁻²草甘膦+苗期15 g·hm⁻²75% 苯磺隆+375 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯、收获后900 ml·hm⁻²草甘膦+苗

期900 ml·hm⁻²辛酰溴苯腈+300 g·hm⁻²二甲四氯,收获后900 ml·hm⁻²草甘膦+苗期300 g·hm⁻²二甲四氯+300 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯,以喷清水做对照(CK)。苗期处理于燕麦拔节前,杂草3~4叶期,选择晴朗无风的上午,按每处理450~600 kg·hm⁻²,用手动喷雾器进行常量均匀喷雾。试验共设13个处理,重复3次,随机排列,小区之间设隔离带,带宽为0.5 m,小区面积为30 m²。

1.3.2 杂草调查方法 采用固定样方法随机选3~5点取样,取样面积为0.25 m²,记录杂草种类和数量,并测定杂草地上部分的生物量。杂草鉴定参照中国杂草志^[9]。喷药处理后15 d采用同样方法进行杂草调查,并根据下式计算株防效和鲜重防效^[10]。

株防效(%)=(对照区杂草株数-处理区杂草株数)/对照区杂草株数×100

鲜重防效(%)=(对照区杂草鲜重-处理区杂草鲜重)/对照区杂草鲜重×100

1.4 数据分析

采用SAS 9.0数据处理系统对测得数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 杂草调查及其演替规律

2.1.1 杂草种类及分布 田间调查结果表明,保护性耕作燕麦田主要发生的杂草分属6科13种,其中菊科杂草4种,分别为蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand-Mazz.)、黄花蒿(*Artemisia annua* L.)、山苦菜(*Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai)和苍耳(*Xanthium sibiricum* Patr.) ;禾本科杂草4种,分别为狗尾草(*Seta viridis* (L.) Beauv.)、稗(*Hachinochloa crus-galli* L.)、披碱草(*Ecymus dahuricus* Turcz.)和野燕麦(*Avena fatua* L.) ;藜科和蓼科杂草各2种,分别为藜(*Chenopodium album* L.)、猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)和卷茎蓼(*Polygonum convolvulus* L.)、苦荞麦(*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) ;旋花科和伞形科各1种,分别为田旋花(*Convolvulus arvensis* L.)和野胡萝卜(*Daucus carota* L.)。由于生态条件以及耕作栽培制度的差异,杂草种类和群落组成存在很大差别^[11]。据试验调查发现,燕麦田中的杂草群落主要以旱生杂草为主,主要的杂草群落组成有:猪毛菜+狗尾草+披碱草、藜+山苦菜、狗尾草+披碱草、黄花蒿+卷茎蓼+田旋花、蒲公英+苍耳。其中优势种为藜、猪毛菜和狗尾草,亚优势种为披碱草、山苦菜。田间分布的主要杂草有:猪毛菜、藜、狗尾草、黄花蒿、苦菜、田旋花和卷

荃蓼等,而田边、地埂的主要杂草为蒲公英及苍耳等。

2.1.2 杂草密度 为进一步明确保护性耕作燕麦田杂草发生的规律,针对田间杂草密度也进行了调查,调查结果见表 1。

保护性耕作燕麦田杂草发生较重,杂草总量可达 0.6~6.3 万株·hm⁻²。由表 1 可看出,主要有 3 种杂草危害较重,分别为藜、猪毛菜和狗尾草,这 3 种杂草分布广、数量大。保护性耕作燕麦田中的杂草除狗尾草、稗、披碱草和野燕麦外,均为阔叶杂草,其株数比例占杂草总量的 73.1%,生物量占 84.3%,是保护性耕作燕麦田的主要杂草,应列为主要防除对象。从杂草生长空间的分布情况看,生长在燕麦旗叶以下的杂草有狗尾草、田旋花、山苦菜、蒲公英、披碱草和卷荃蓼等,与燕麦植株高度一致或超出燕麦高度的杂草有黄花蒿和藜。

2.1.3 杂草的发生与消长 在武川县上秃亥乡实施保护性耕作的燕麦田中,杂草的发生情况分为 3 种:第一次杂草发生的时间在 4 月下旬和 5 月中上旬(燕麦播种前 10 d 左右),主要有猪毛菜和山苦菜。第二次杂草发生的时间在 6 月上中旬,与燕麦出苗时间大致相同,主要有藜、狗尾草、田旋花、黄

花蒿等。其中,这两个时间段是杂草出苗高峰期,出苗迅速且密度较大,直接影响燕麦的出苗、成苗和生长,对燕麦生长和产量影响较大。所以,保护性耕作燕麦田杂草防除应该主要在这两个时期进行。第三次杂草发生的时间是在燕麦生长过程中遇到大的降水时,一般是在 7 月中下旬左右,降雨量增多,土壤含水量高时杂草迅速发芽出苗,但是此时燕麦生长旺盛,通常已经封垄,杂草生长受到抑制,对燕麦生长和产量影响较小。

2.2 除草剂安全性调查

除草剂种类繁多,不同除草剂对作物的安全性也存在很大差异,使用不当易造成药害。因此明确常用除草剂对作物生产的安全性,对农业生产具有重要的指导意义^[12]。对茎叶喷施除草剂处理,施药后 10~15 d 内的观测结果(表 2)表明:与未喷施处理相比较,每一单因素药剂用量最高的处理,燕麦株高稍有降低、极少数叶片变成微黄色,其他各处理的燕麦株高、叶色均无明显差异,植株长势正常,未出现明显药害症状,说明各药剂联合处理对燕麦生长安全,无药害现象。

表 1 未喷药时保护性耕作燕麦田杂草调查情况

Table 1 The weed condition in the conservation-tillage oat field with no herbicide

杂草种类 Weed species	密度/(株·m ⁻²) Density/(plant·m ⁻²)	比例/% Proportion	生物量/(g·m ⁻²) Biomass	比例/% Proportion
藜 <i>Chenopodium album</i> L.	63.0	41.3	24.2	31.8
猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall	25.0	16.4	18.5	24.3
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv	33.0	21.7	7.3	9.6
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand-Mazz	4.0	2.6	3.4	4.5
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	3.6	2.4	5.1	6.7
黄花蒿 <i>Aytemisia annua</i> L.	2.3	1.5	1.7	2.2
卷荃蓼 <i>Polygonum convolvulus</i> L.	1.2	0.8	1.0	1.3
山苦菜 <i>Ixeris chinensis</i> (Thunb.) Naka	9.6	6.3	7.9	10.4
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrln	0.8	0.5	1.1	1.4
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv	1.5	1.0	0.6	0.8
披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> Turcz.	4.3	2.8	3.1	4.1
野燕麦 <i>Avena fatua</i> L.	2.1	1.4%	0.9	1.2
野胡萝卜 <i>Daucus carota</i> L.	1.3	0.9%	0.8	1.0
苦荞麦 <i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn.	0.7	0.5%	0.6	0.8

2.3 保护性耕作燕麦田化学防除杂草的效果分析

本研究对于不同除草剂联合使用的防除效果也进行了考察,试验结果见表 2。

由表 2 可知,所选用的除草剂种类和浓度与杂草防除效果直接相关。施用不同种类的除草剂,其株防效和鲜重防效均随施药量的增加而增大,其中低浓度处理与中浓度处理、高浓度处理间的防除效果均达到极显著水平,各除草剂的高浓度处理较中等浓度的防除效果增加不明显。综合生态效益和经济效益考虑,建议在农业生产中使用中等浓度。播前使用的灭生性除草剂草甘膦的除草效果较好,2

250 mL·hm⁻²草甘膦处理下株防效和鲜重防效分别达到了 88.4%和 93.2%,而 3 000 mL·hm⁻²草甘膦处理下株防效和鲜重防效分别达到了 90.3%和 94.5%,但是由于高浓度处理发生了药害,因此,农业生产中应使用中等浓度 2 250 mL·hm⁻²。6 种苗期茎叶喷施的除草剂中,以 2, 4-D 丁酯、10%苯磺隆和 75%苯磺隆的除草效果较好,其中 30 g·hm⁻²处理的 75%苯磺隆、225 g·hm⁻²处理的 10%苯磺隆和 900 mL·hm⁻²处理的 2, 4-D 丁酯 3 种除草剂的株防效及鲜重防效分别超过了 85%和 90%,其中各除草剂单独使用的中等处理浓度除草效果的大小

顺序为:2,4-D 丁酯>10% 苯磺隆>75% 苯磺隆>二甲四氯>辛酰溴苯腈。多因素除草的株防效果、鲜重防除效果均在 90% 以上,其中以收后 900 ml · hm⁻² 草甘膦+苗期 300 g · hm⁻² 二甲四氯+ 300 ml · hm⁻² 2,4-D 丁酯处理的效果最佳,其次为收后 900 ml · hm⁻² 草甘膦+苗期 15 · hm⁻² 75% 苯磺隆+375 ml · hm⁻² 2,4-D 丁酯的处理,防除效果最差的为苗期 15 g · hm⁻² 75% 苯磺隆+375 ml · hm⁻² 2,4-D 丁

酯处理,其他几个多因素处理的防除效果位于几个处理之间。由表 2 可看出,综合处理的防除效果均比单独使用一种除草剂的效果要好。根据试验结果,农业生产中推荐使用草甘膦、2,4-D 丁酯、10% 苯磺隆、75% 苯磺隆或多种药剂配合使用。为更好地防除杂草,农业生产中草甘膦、2,4-D 丁酯、10% 苯磺隆、75% 苯磺隆或多种药剂配合使用除草剂应交替使用,以减轻杂草产生的抗性。

表 2 保护性耕作燕麦田化学防除杂草的效果调查
Table 2 The weed condition in the conservation-tillage oat field after herbicides

处理 Treatment	除草剂及用量 Herbicides and dosages	株防效/% Control efficiency of plant number	鲜重防效/% Control efficiency of fresh weight	
单因素 Single factor	41% 草甘膦 41% Glyphosate	1500 ml · hm ⁻² 2250 ml · hm ⁻² 3000 ml · hm ⁻²	64.3±2.3l 88.4±3.1ef 90.3±3.7ed	77.2±1.9m 93.2±1.3cde 94.5±2.6bc
	10% 苯磺隆 10% tribenuron-methyl	150 g · hm ⁻² 225 g · hm ⁻² 300 g · hm ⁻²	63.7±4.6l 87.3±2.7f 88.6±2.3ef	73.5±3.7o 90.7±2.9gh 92.2±6.3ef
	75% 苯磺隆 7.5% tribenuron-methyl	20 g · hm ⁻² 25 g · hm ⁻² 30 g · hm ⁻²	63.5±1.5l 84.2±2.3g 87.5±4.2f	77.5±0.8m 90.2±4.3h 93.1±2.3de
	22.5% 辛酰溴苯腈 22.5% bromoxynil octanoate	750 ml · hm ⁻² 1500 ml · hm ⁻² 2250 ml · hm ⁻²	58.6±3.2m 79.4±5.7j 81.2±4.3i	75.4±3.4n 83.7±4.4k 86.5±3.1ij
	20% 二甲四氯 20% MCPA	900 g · hm ⁻² 1400 g · hm ⁻² 1900 g · hm ⁻²	64.5±1.3l 82.7±3.3hi 83.5±5.5gh	79.2±0.5l 87.5±1.6i 92.3±5.2ef
	75% 2,4-D 丁酯 75% 2,4-D butyl ester	300 ml · hm ⁻² 750 ml · hm ⁻² 1200 ml · hm ⁻²	66.2±2.1k 87.6±2.8f 91.2±3.6bc	85.6±3.9j 91.7±4.3fg 94.1±6.9bcd
	苗期 15 g · hm ⁻² 75% 苯磺隆+375 ml · hm ⁻² 2,4-D 丁酯 15 g · hm ⁻² 75% tribenuron-methyl (seedling stage) + 375 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		89.7±6.1de	89.7±6.1de
	苗期 900 ml · hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 ml · hm ⁻² 2,4-D 丁酯 900 ml · hm ⁻² bromoxynil octanoate (seedling stage) + 300 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		90.3±3.7cd	90.3±3.7cd
	苗期 600 g · hm ⁻² 二甲四氯+375 ml · hm ⁻² 2,4-D 丁酯 600 g · hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		92.2±6.4b	92.2±6.4b
	收获后 900 ml · hm ⁻² 草甘膦+苗期 15 g · hm ⁻² 75% 苯磺隆+375 ml · hm ⁻² 2,4-D 丁酯 900 ml · hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 15 g · hm ⁻² 75% tribenuron-methyl (seedling stage) + 300 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		96.3±1.6a	96.3±1.6a
	收获后 900 ml · hm ⁻² 草甘膦+苗期 900 ml · hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 g · hm ⁻² 二甲四氯 900 ml · hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 900 ml · hm ⁻² bromoxynil octanoate (seedling stage) + 300 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		92.1±4.5b	92.1±4.5b
	收获后 900 ml · hm ⁻² 草甘膦+苗期 300 g · hm ⁻² 二甲四氯+300 ml · hm ⁻² 2,4-D 丁酯 900 ml · hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 300 g · hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester + 300 ml · hm ⁻² 2,4-D butyl ester		96.4±3.3a	96.4±3.3a
	对照 CK	等量清水 Water (equal amount)	0p	0p

2.4 保护性耕作燕麦田化学防除杂草对燕麦产量性状和产量的影响

不同除草剂联合使用对燕麦产量及性状的影响结果见表 3。

由表 3 可知,随着除草剂使用浓度的增大,燕麦的单位面积保苗数、单株小穗数、单株粒数、产量均逐渐增大,而株高、千粒重、单株粒重则随着除草剂使用浓度的增大呈现先增高后降低的变化趋势。由

表 3 保护性耕作燕麦田化学防除杂草对燕麦产量性状及产量的影响

Table 3 Effects of chemical herbicides on yield characters and yield of oat in conservation-tillage oat field

处理 Treatment	除草剂及用量 Herbicides and dosages	穗数 Ears /(万穗·hm ⁻²)	株高 Plant height /cm	单株小穗数 Spikelet number per plant	单株 粒重/g Kernels per plant	穗粒数 Kernels per ear	千粒重/g 1000 - kernels weight	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	增产率/% Yield - increase rate	
单因素 Single factor	41% 草甘膦 41% Glyphosate	1500 ml·hm ⁻²	22.1	69.0	12.3	0.79	17.0	28.5	1467.2m	54.02
		2250 ml·hm ⁻²	25.6	78.1	15.4	0.82	19.5	30.0	1968.1h	106.61
		3000 ml·hm ⁻²	26.0	77.3	16.2	0.79	20.0	28.6	2032.5fg	111.81
	10% 苯磺隆 10% tribenuron- methyl	150 g·hm ⁻²	23.5	68.0	13.1	0.81	16.3	29.1	1476.1m	54.96
		225 g·hm ⁻²	25.7	75.5	14.5	0.83	21.3	31.5	2028.0fg	112.91
		300 g·hm ⁻²	27.6	76.0	15.2	0.81	21.5	30.0	2059.5de	116.22
	75% 苯磺隆 75% tribenuron- methyl	20 g·hm ⁻²	22.5	75.4	14.2	0.81	18.2	27.9	1480.5m	55.43
		25 g·hm ⁻²	25.7	81.2	15.6	0.85	23.5	33.0	2002.3g	110.24
		30 g·hm ⁻²	27.1	76.5	15.1	0.78	21.7	31.6	2034.1ef	113.54
	22.5% 辛酰溴苯腈 22.5% bromoxynil octanoate	750 ml·hm ⁻²	19.8	59.0	13.1	0.66	16.0	28.5	1388.9n	45.83
		1500 ml·hm ⁻²	24.6	72.1	13.5	0.73	16.9	29.7	1911.0i	100.63
		2250 ml·hm ⁻²	25.3	77.5	13.4	0.72	16.8	27.3	1961.8h	105.98
	20% 二甲四氯 20% MCPA	900 g·hm ⁻²	20.1	66.0	14.3	0.81	18.0	29.2	1414.5n	48.50
		1400 g·hm ⁻²	26.4	82.0	16.5	0.87	25.0	35.4	1928.9i	102.52
		1900 g·hm ⁻²	27.5	79.3	16.4	0.83	23.6	30.9	1966.4h	106.46
	75% 2,4-D 丁酯 75% 2,4-D butyl ester	300 ml·hm ⁻²	21.0	77.5	14.9	0.80	21.5	29.8	1650.0l	73.23
		750 ml·hm ⁻²	28.3	85.0	17.1	0.89	24.6	34.5	2087.9d	119.21
		1200 ml·hm ⁻²	29.0	83.2	16.8	0.84	23.5	33.2	2165.8c	127.40
多因素 Multiple Factor	苗期 15 g·hm ⁻² 75% 苯磺隆+375 ml· hm ⁻² 2,4-D 丁酯 15 g·hm ⁻² 75% tribenuron-methyl (seedling stage)+375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	27.5	89.1	16.3	0.83	22.8	35.1	2152.5c	125.98	
	苗期 900 ml·hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 ml ·hm ⁻² 2,4-D 丁酯 900 ml·hm ⁻² bromoxynil octanoate (seedling stage)+300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	28.3	85.2	16.5	0.85	23.1	32.5	2217.0b	132.76	
	苗期 600 g·hm ⁻² 二甲四氯+375 ml· hm ⁻² 2,4-D 丁酯 600 g·hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	29.6	88.4	15.2	0.86	24.2	30.6	2227.3b	133.86	
	收获后 900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期 15 g ·hm ⁻² 75% 苯磺隆+375 ml·hm ⁻² 2,4 -D 丁酯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 15 g·hm ⁻² 75% tribenuron-methyl (seedling stage) +300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	28.5	86.3	15.8	0.84	24.1	31.8	2209.6b	131.97	
	收获后 900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期 900 ml·hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 g·hm ⁻² 2 二甲四氯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 900 ml·hm ⁻² bromoxynil octanoate (seedling stage)+300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	29.3	81.2	15.9	0.85	23.9	33.5	2227.5b	133.86	
	收获后 900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期 300 g·hm ⁻² 二甲四氯+300 ml·hm ⁻² 2,4 -D 丁酯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 300 g·hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester +300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	31.5	79.5	16.4	0.82	23.5	34.0	2264.7a	137.80	
	对照 CK 等量清水 Water (equal amount)	16.5	48	11.5	0.47	15.5	26.2	952.5p	-	

每一个除草剂的中等浓度处理与对照相比可看出,增产的大小顺序与杂草的防除效果一致,均为2,4-D丁酯>10%苯磺隆>75%苯磺隆>二甲四氯>辛酰溴苯腈。保护性耕作燕麦田多因素除草的增产效果最为明显,与对照相比增产125.98%~137.80%,且收后900 ml·hm⁻²草甘膦+苗期300 g·hm⁻²二甲四氯+300 ml·hm⁻²2,4-D丁酯多因素处理增产最大,为137.80%,而苗期15 hm²75%苯磺隆+375 ml·hm⁻²2,4-D丁酯多因素

处理的增产最小,为125.98%,其他4种多因素处理的增产效果介于两者之间。综合表3的产量数据可看出,多种除草剂联合使用的增产效果优于除草剂的单一使用。

2.5 保护性耕作燕麦田杂草化学防除的经济效益分析

从表4可看出,各施用除草剂处理的经济效益均显著高于对照,根据试验结果,推荐保护性耕作燕

表4 保护性耕作燕麦田杂草化学防除的经济效益分析/(元·hm⁻²)

Table 4 Economic benefit analysis of chemical weed control in oat field with conservation tillage/(Yuan·hm⁻²)

处理 Treatment	除草剂及用量 Herbicides and dos	除草剂成本 Cost of herbicide	其他费用 Other cost	总收益 Total benefit	纯收入 Net income	
单因素 Single factor	1500 ml·hm ⁻² 41%草甘膦 41% Glyphosate	34.4	1500	5281.2m	3746.8p	
	2250 ml·hm ⁻² 3000 ml·hm ⁻²	51.5	1500	7084.8h	5533.3j	
	150 g·hm ⁻² 10%苯磺隆 10% Kuocaoku	30.0	1500	5313.6m	3783.6p	
	225 g·hm ⁻² 300 g·hm ⁻²	45.0	1500	7300.8fg	5755.8h	
	20 g·hm ⁻² 72%75%苯磺隆 75% Juxing	50.0	1500	5329.8m	3779.8p	
	25 g·hm ⁻² 30 g·hm ⁻²	62.5	1500	7209g	5646.5i	
	750 ml·hm ⁻² 22.5%辛酰溴苯腈 22.5% Bandinong	60.0	1500	5000.4n	3440.4r	
	1500 ml·hm ⁻² 2250 ml·hm ⁻²	120.0	1500	6879.6i	5259.6l	
	900 g·hm ⁻² 20%二甲四氯 20% MCPA	16.2	1500	5092.2n	3576q	
	1400 g·hm ⁻² 1900 g·hm ⁻²	25.2	1500	6944.4i	5419.2k	
	300 ml·hm ⁻² 75%2,4-D丁酯 75% 2,4-Dbutyl ester	10.0	1500	5940l	4430o	
	750 ml·hm ⁻² 1200 ml·hm ⁻²	25.0	1500	7516.8d	5991.8f	
	10.0	1500	7797.6c	6287.6d		
	多元素 Multiple factor	苗期15g·hm ⁻² 75%苯磺隆+375 ml·hm ⁻² 2,4-D丁酯 15 g·hm ⁻² Juxing (seedling stage) + 375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	49.9	1500	7749c	6199.1e
		苗期900 ml·hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 ml·hm ⁻² 2,4-D丁酯 900 ml·hm ⁻² Bandinong (seedling stage) + 300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	82.0	1500	7981.2b	6399.2c
苗期600 g·hm ⁻² 二甲四氯+375 ml·hm ⁻² 2,4-D丁酯 600 g·hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester		23.2	1500	8019b	6495.8b	
收获后900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期15g·hm ⁻² 75%苯磺隆+375 ml·hm ⁻² 2,4-D丁酯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 15 g·hm ⁻² Juxing (seedling stage) + 300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester		63.5	1500	7954.2b	6390.7c	
收获后900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期900ml·hm ⁻² 辛酰溴苯腈+300 g·hm ⁻² 二甲四氯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 900 ml·hm ⁻² Bandinong (seedling stage) + 300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester		108	1500	8019b	6411bc	
收获后900 ml·hm ⁻² 草甘膦+苗期300 g·hm ⁻² 二甲四氯+300ml·hm ⁻² 2,4-D丁酯 900 ml·hm ⁻² Glyphosate (post-harvest) + 300 g·hm ⁻² MCPA (seedling stage) + 375 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester + 300 ml·hm ⁻² 2,4-D butyl ester		36.0	1500	8154a	6618a	
对照 CK 等量清水 Water (equal amount) (CK)		0	1500	3429p	1929t	

麦田使用单个除草剂的中浓度、中高浓度间和不同除草剂联合使用的处理。根据表 4 的纯收益数值可看出,除草剂联合使用的经济效益均高于除草剂的单独使用,且收获后 $900 \text{ ml} \cdot \text{hm}^{-2}$ 草甘膦+苗期 $300 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ 二甲四氯+ $300 \text{ ml} \cdot \text{hm}^{-2}$ 2,4-D 丁酯处理的经济效益最高,其收益为 $6\,618.0 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比对照增加 240%。除草剂单独使用的中浓度处理的经济效益的大小顺序为:2,4-D 丁酯>10% 苯磺隆>75% 苯磺隆>草甘膦>二甲四氯>辛酰溴苯腈, 分别比对照增加 211%、198%、193%、187%、181%、173%。

3 结论与讨论

虽然保护性耕作燕麦田杂草发生和群落组成结构受多方面因素制约,但农田的自然地理环境、生态条件、耕作栽培方式以及杂草的管理方式等是主要制约因素^[13]。通过调查分析发现,不同除草剂对燕麦田杂草的防效差异显著。对各产量构成指标分析可知,施用除草剂对燕麦的株高、穗长、千粒质量等影响较小,对小穗数、穗粒数、产量有较显著的影响。且初步确定保护性耕作燕麦田杂草种群的发生、演替及田间分布规律,掌握了保护性耕作燕麦田的主要杂草种类,明确其分布及危害程度,并且确定阴山北麓保护性耕作燕麦田的主要杂草群落以阔叶杂草为主。针对保护性耕作燕麦田优势杂草种群为阔叶杂草的特点,选择适宜除草剂进行有效化学防除。在收获后主要进行恶性杂草防除,而播前苗后恶性杂草苗龄小,化学防除效果不佳,更有效的方法还有待后续试验。

与对照相比,多数除草剂在推荐剂量下对燕麦产量均有不同程度的增产作用,主要是由于除草剂能够有效地控制燕麦田中的杂草生长,减少其对光合空间、土壤养分的竞争,从而促进燕麦生长发育^[14]。田间安全性调查发现,参试的多数除草剂在大田表现较好。试验使用的除草剂均为常规推荐剂量,未对燕麦产生药害现象,袁卉馥、杨书成等均报道,燕麦田施用 2,4-D 未发现药害现象,并未对燕麦生长发育产生影响,甚至在山西等地已展开示范性应用^[15-16];王林等^[17]的研究中发现 2,4-D 丁酯的除草效果明显,且至少可使燕麦增产 30%。不同试验的差异与除草剂的品质及施用剂量、施用时期、施用环境、杂草群落类型及作物品种的耐药性

等多种因素有关。

化学除草剂使用得当与否是保护性耕作中的重要环节,其防除效果直接影响作物产量^[18-20]。除草剂的使用量与杂草的发生情况密切相关,试验地以藜、狗尾草、猪毛菜为主的杂草群落相对稳定,对燕麦田可造成较重危害,极有防除的必要。研究发现 10% 苯磺隆,75% 苯磺隆,22.5% 辛酰溴苯腈,除草效果与药剂的使用量具有直接关系,药剂施用量越大、浓度越高除草效果就越好,但使用高浓度除草剂可能会对环境造成污染,并且增加农业成本,农业生产实践中应根据杂草的实际发生情况,适当调整除草剂的剂量。

保护性耕作燕麦田阔叶杂草的危害与防除已成为阴山北麓农业生产中的热点、难点,目前生产中主要靠化学防除。化学防除目前尚存在很多问题,如化学防除易对植物造成危害,且除草剂种类多样,使用地生态区环境条件不一,所以其使用受到制约。今后应加强应用试验与示范,不断完善保护性耕作燕麦田阔叶草的防除技术。

参考文献:

- [1] 高焕文.保护性耕作概念、机理与关键技术[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [2] 吕荣亮,郭长义,张德健.关于保护性耕作农田杂草控制技术的研究进展及几点认识[J].内蒙古农业科技,2008,(6): 83-84.
- [3] 程勤海.直播田千金子大发生原因及综防技术探讨[C]//第二十三届植保“双交会”论文集——植物保护与农产品质量安全.北京:中国农业出版社,2007: 251-253.
- [4] 程勤海,姚士桐,陆志杰,等.天一直播净防除免耕直播田杂草效果及安全性[J].杂草科学,2007,(2): 43-45.
- [5] 张玉聚.除草剂应用与销售技术服务指南[M].北京:金盾出版社,2004: 353-366.
- [6] 路战远,张德健,李淑芳,等.农牧交错区保护性耕作玉米田杂草发生规律及防除技术[J].河南农业科学,2007,(12): 66-68.
- [7] 范希铨.农牧交错区保护性耕作油菜田间杂草发生规律及防除技术研究[J].农村牧区机械化,2009,(6): 10-12.
- [8] 张德健,路战远,程国燕等.农牧交错区保护性耕作小麦田间杂草发生规律及控制技术[J].安徽农业科学,2008,36(4): 1479-1481.
- [9] 李扬汉.中国杂草志[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [10] 盖钧镒.试验统计方法[M].北京:中国农业出版社.2000.
- [11] 宁建荣.免耕玉米田化学除草新技术开发与应用[J].中国植保导刊,2004,(6): 23-24.
- [12] 李美,赵德友,孙作文等.常用除草剂对玉米的安全性评价[J].植保技术与推广,2003,23(4): 3-6.