

保护性耕作燕麦田杂草综合控制研究

王玉芬¹, 路战远², 张向前², 张德健¹

(1. 内蒙古大学生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010021; 2. 内蒙古自治区农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010070)

摘 要: 采用定点观察与踏查相结合的方法, 调查了保护性耕作燕麦田的杂草种类及危害特点; 设置化学单因素和多因素除草、机械除草、农业措施控草、人工除草、机械 + 化学除草及综合除草 6 个大处理, 37 个小处理, 研究了保护性耕作燕麦田杂草综合防除的效果和草害水平。结果表明: 保护性耕作燕麦田主要分布的杂草有 6 科 14 种, 其中藜、猪毛菜和狗尾草为主要危害杂草, 其发生时间主要在 5 月中旬—6 月中上旬; 不同措施对保护性耕作燕麦田杂草的防除效果差异明显, 其对杂草的防除效果依次为综合除草 > 人工除草 > 机械 + 化学除草 > 化学多因素除草 > 化学单因素除草 > 机械除草 > 不同覆盖度控草 > 不同播量控草 > 耕作制度控草 > 不同播期控草。

关键词: 保护性耕作; 燕麦田; 杂草; 综合防除

中图分类号: S451.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)04-0208-09

Weeding effects of integrated control in oat field with conservation tillage

WANG Yu-fen¹, LU Zhan-yuan², ZHANG Xiang-qian², ZHANG De-jian¹

(1. College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021, China;
2. Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010031, China)

Abstract: The experiment was carried out to study the influences of density of various weeds on yield of oat under different conservation tillage, to understand the harmfulness level of weeds and the effects of integrated control. There were 6 categories of treatments, including single-factor or multiple-factor chemical control, mechanical control, agronomic control, manual control, mechanical + chemical control and integrated control, and 37 concrete treatments. The growth and harmfulness characteristics of weeds in oat field with conservation tillage were observed. The results indicated that there were mainly 6 families or 14 varieties of weeds in oat field with conservation tillage, in which *Chenopodium album* L., *Salsola collina* Pall. and *Setaria viridis* (L.) Beauv. were the most harmful weeds occurring mainly between mid May and early June. There were remarkable differences of weed control effects among different measures. The weed control effects of different measures were ordered as: integrated control > manual control > mechanical + chemical control > multiple-factor chemical control > single-factor chemical control > mechanical control > different coverage > different sowing amount > farming system > different sowing time.

Keywords: conservation tillage; oat field; weed; integrated control

保护性耕作是通过对农田减少耕作次数, 实行少耕或免耕, 以减少土壤的松动和表土的浮聚, 从而减少对土壤的风蚀、水蚀程度, 进一步提高土壤肥力和农田水分含量, 从而增加作物抗旱能力的农业耕作技术^[1]。它的一般含义是用秸秆或残茬覆盖来减少地表裸露程度, 运用免、少耕技术保证种子发芽出苗即可, 并主要利用不同农药来控制杂草和减少病虫害发生的耕作技术^[2-3]。近年来, 随着保护性耕

作技术大面积的推广应用, 保护性耕作农田杂草的发生量逐渐增大, 其防除问题已经逐渐显露, 并且成了制约保护性耕作技术进一步发展的一大瓶颈问题。最初免耕农田的杂草防除, 国外以化学除草剂为主, 但随着除草剂连年不断使用, 杂草的抗性不断增强, 除草剂用量增加, 污染加重, 经济效益下降。因此国内外开始重视非化学除草技术的研究, 如南美诸国大量采用秸秆覆盖控制杂草^[4], 而我国重视

收稿日期: 2013-09-18
基金项目: 农业部保护性耕作创新项目; 内蒙古自治区科学技术厅科技计划项目 (20100715)
作者简介: 王玉芬 (1963—), 女, 内蒙古呼伦贝尔人, 副教授, 主要从事作物栽培与耕作研究。E-mail: fenwy300@163.com。
通信作者: 张德健, 副教授, 主要从事保护性耕作及早作农业技术研究。E-mail: Zhangdejian00@163.com。

杂草防除手段和效果,进行化学与非化学方式相结合的研究^[5]。随着保护性耕作实施规模的扩大和时间的延续,一些区域性的杂草发生扩展迅速,杂草危害日益严重,出现了不同程度的草荒现象,影响了保护性耕作技术的大面积推广^[6]。目前,保护性耕作技术对农田杂草的影响存在两种观点,一些学者们认为保护性耕作措施中的秸秆或残茬覆盖对杂草的发生存在一定的抑制作用^[7];而另一些学者们的研究表明,保护性耕作措施不利于杂草的控制。李淑芳等^[8-9]的研究表明,随着玉米田保护性耕作实施的时间增长,杂草发生逐年加重。目前,国内外对免耕玉米、小麦、水稻等作物的田间杂草发生、演替规律及防除已经作了大量研究,但针对保护性耕作燕麦田的杂草发生及防除尚缺少系统研究。本文通过综合除草措施等除草技术在保护性耕作燕麦田进行的杂草防除比较试验,确定了高效、安全的燕麦田除草技术,为保护性耕作燕麦田杂草综合防除提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试燕麦品种 燕科一号(内蒙古农牧业科学院培育)。

1.1.2 供试除草剂 41%草甘膦水剂(上海孟山都有限公司生产)、10%阔草枯可溶性粉剂(浙江禾本农药化学有限公司生产)、72%2,4-D丁酯乳油(大连松辽化工公司生产)、13%二甲四氯钠水剂(佳木斯农药化工有限公司生产)、75%巨星干燥悬浮剂(美国杜邦公司)、22.5%伴地农乳油(溴苯腈)(德国拜耳作物科学公司)、10%抑阔宁可溶性粉剂(江苏苏科试验农药厂生产)、15%阔莠克可溶性粉剂(江苏苏科试验农药厂生产)。

1.1.3 供试除草机械 机械除草选用 IST—5 型深松机(内蒙古农业大学机械厂生产),配套动力 654 拖拉机等;弹性翼铲式全方位浅松机(加拿大生产),3CCS—3.1 型少耕除草机(中国农业大学 948 项目研制),配套动力 654 拖拉机;200Z4/8A 型旋播机(西安旋播机厂生产),配套动力 60 拖拉机;3ZF—1.2 型多功能中耕除草机(巴彦淖尔市西小召农机修造厂生产),配套动力 15 马力以上拖拉机;2BM—9 型免耕播种机(内蒙古农业大学机械厂生产),配套动力 60 拖拉机。

植保机具选用 MIFB—18AC 型喷雾喷粉机(山东临沂生产),配套动力 12 马力拖拉机;3WB—16 型喷雾器(江苏南京华仑农机有限公司生产)。

1.2 试验地基本情况

本试验在呼和浩特市武川县上秃亥乡上秃亥村进行,试验地的经纬度分别为: N41°11.719', E111°17.767', 位于内蒙古中西部,阴山北麓,属典型的丘陵旱作农业区。该地区适宜种植生育期较短的一年一熟作物,主要包括:燕麦、马铃薯、油菜、小麦和短日期油菜等。试验地平均海拔 1 621 m,年平均气温为 2.5℃,年平均风速为 3.1~3.9 m·s⁻¹,年降水量 300 mm 左右,无霜期 110 d 左右,是内蒙古西部比较典型的冷凉和风沙发生较频的农牧交错区。试验地的土壤类型为砂壤土,肥力中等,前茬作物为马铃薯。试验地内杂草发生的特征明显,其中禾本科杂草发生量占 20% 左右,主要包括:狗尾草和披碱草等。阔叶杂草发生量占 80% 左右,主要包括:藜、黄花草、猪毛菜和田旋花等。

1.3 试验方法

1.3.1 杂草调查方法 杂草的调查方法采用踏查和固定样方法随机选取 5 点进行田间杂草取样调查与分析,取样面积为 0.25 m²,记录田间杂草发生的种类和数量,并测定记录所取样方内的杂草地上部分生物总量。杂草种类的鉴定参照中国杂草志^[10]。在喷药处理后的 7 d 和 15 d 采用此方法进行田间杂草调查,并根据下列公式计算杂草的株防效和鲜重防效。

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^[11](%)=(对照区杂草鲜重-处理区杂草鲜重)/对照区杂草鲜重×100

采用 SAS9.0 数据处理系统对田间和室内测定的数据进行统计与分析。

1.3.2 试验设计

(1) 化学除草

单因素除草,在播前 7 d 用 41% 的草甘膦水剂 250 ml·hm⁻² 对杂草茎叶喷雾;在燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期,分别用 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 750 ml·hm⁻²、13% 的二甲四氯钠水剂 1 400 g·hm⁻²、10% 的阔草枯可溶性粉剂 225 g·hm⁻²、10% 的抑阔宁可溶性粉剂 15 g·hm⁻²、15% 的阔莠克可溶性粉剂 450 g·hm⁻²、75% 的巨星干燥悬浮剂 25 g·hm⁻²、22.5% 的伴地农(溴苯腈)乳油 1 500 ml·hm⁻²。

多因素除草,75% 的巨星干燥悬浮剂 12.5 g·hm⁻²+72% 的 2,4-D 丁酯乳油 375 ml·hm⁻²;22.5% 的伴地农(溴苯腈)乳油 750 ml·hm⁻²+72% 的 2,4-D 丁酯乳油 375 ml·hm⁻²;13% 的二甲四氯钠水剂 700 g·hm⁻²+72% 的 2,4-D 丁酯乳油 375 ml·hm⁻²茎叶喷雾;在前茬作物收获后用 41% 的草

甘膦水剂 $1\ 125\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期 75% 的巨星干燥悬浮剂 $12.5\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$; 在前茬作物收获后用 41% 的草甘膦水剂 $1\ 125\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期 22.5% 的伴地农(溴苯腈)乳油 $750\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 13% 的二甲四氯钠盐水剂 $700\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$; 在前茬作物收获后用 41% 的草甘膦水剂 $1\ 125\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期 13% 的二甲四氯钠盐水剂 $700\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾。

(2) 机械除草

在播前 1 d 分别用弹性翼铲式全方位浅松机、3CCS-3.1 型少耕除草机, 配套动力 654 拖拉机进行浅松除草, 松土深度为 6~12 cm; 在播前 1 d 用 IST-5 型深松机, 配套动力 654 拖拉机进行深松除草, 松土深度为 23~30 cm; 在燕麦拔节后至封垄前用 3ZF-1.2 型多功能中耕除草机, 配套动力 15 马力以上拖拉机进行中耕除草, 并辅之以适当培土。松土深度为 3~6 cm。

(3) 农业措施控草

设置地面 30% 秸秆覆盖量、50% 秸秆覆盖量、70% 秸秆覆盖量 3 个秸秆覆盖量; 设置早播(提前 10 d 播种)、适播(正常播种)、晚播(延后 10 d 播种) 3 个不同播期; 设置 $12\ \text{kg}\cdot 667\text{m}^{-2}$ (大播量)、 $10\ \text{kg}\cdot 667\text{m}^{-2}$ (常规播量)、 $8\ \text{kg}\cdot 667\text{m}^{-2}$ (小播量) 3 个不同播量; 设置轮作(燕麦—油菜—马铃薯)、连作 2 种耕作制度; 对杂草进行控制。

(4) 人工除草

在燕麦封垄前, 人工拔除燕麦田间遗留的与燕麦高度接近或高出燕麦的杂草。

(5) 机械 + 化学除草

在燕麦播前 1d 用 IST-5 型深松机深松除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 75% 的巨星干燥悬浮剂 $12.5\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦播前 1 d 用 IST-5 型深松机深松除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 22.5% 的伴地农(溴苯腈)乳油 $750\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦播前 1 d 用 IST-5 型深松机深松除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 13% 的二甲四氯钠盐水剂 $700\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦拔节后至封垄前用 3ZF-1.2 型多功能中耕除草机中耕除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 75% 的巨星干燥悬浮剂 $12.5\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦拔

节后至封垄前用 3ZF-1.2 型多功能中耕除草机中耕除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 22.5% 的伴地农(溴苯腈)乳油 $750\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦拔节后至封垄前用 3ZF-1.2 型多功能中耕除草机中耕除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 13% 的二甲四氯钠盐水剂 $700\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾防除杂草。

(6) 综合除草

以燕麦—油菜—马铃薯为轮作方式, 晚播 10 d, 播量为 $12\ \text{kg}$, 70% 的秸秆覆盖量, 在燕麦播前 1 d 用 IST-5 型深松机深松除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 75% 的巨星干燥悬浮剂 $12.5\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾, 在燕麦封垄前, 人工拔除燕麦田间遗留的与燕麦高度接近或高出燕麦的杂草; 以燕麦—油菜—马铃薯为轮作方式, 晚播 10 d, 播量为 $12\ \text{kg}\cdot 667\text{m}^{-2}$, 70% 的秸秆覆盖量, 在燕麦拔节后至封垄前用 3ZF-1.2 型多功能中耕除草机中耕除草 + 燕麦 3~5 叶、杂草 2~4 叶期用 75% 的巨星干燥悬浮剂 $12.5\ \text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ + 72% 的 2,4-D 丁酯乳油 $375\ \text{ml}\cdot\text{hm}^{-2}$ 茎叶喷雾; 在燕麦封垄前, 人工拔除燕麦田间遗留的与燕麦高度接近或高出燕麦的杂草。

共设置 37 个处理, 小区面积 $30\ \text{m}^2$, 重复 3 次, 随机排列, 试验 3 年。

2 结果与分析

2.1 保护性耕作燕麦田杂草种类和演替规律

2.1.1 保护性耕作燕麦田杂草种类及其分布 田间调查结果表明, 保护性耕作燕麦田主要分布的杂草有 6 科 14 种, 分别为: 藜(藜科 *Chenopodium album* L.)、猪毛菜(藜科 *Salsola collina* Pall l.)、狗尾草(禾本科 *Setaria viridis* (L.) Beauv.)、蒲公英(菊科 *Taraxacum mongolicum* Hand-Mazz.)、田旋花(旋花科 *Convolvulus arvensis* L.)、黄花蒿(菊科 *Aytemisia annua* L.)、卷茎蓼(蓼科 *Polygonum convolvulus* L.)、山苦菜(菊科 *Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai)、苍耳(菊科 *Xanthium sibiricum* Patr in ex Widder)、稗(禾本科 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.)、披碱草(禾本科 (*E-cymus dahurcus* turlz.)、野燕麦(禾本科 *Avena fatua* L.)、野胡萝卜(伞形科 *Daucus carota* L.) 和苦荞麦(蓼科 *Fagopyrum tataricm* (L.) Gaertn.)。由于生态条件以及耕作栽培措施的不同, 所以杂草的发生种类和群落组成也存在着很大的差别^[12-13]。从保护性耕作燕麦田杂草发生的种类、群落组成以及分布

规律中调查发现,燕麦田中杂草的发生种类和群落组成主要以旱生杂草为主,主要的杂草群落组成有:狗尾草+猪毛菜+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。从田间分布情况看,分布在田间的主要杂草有猪毛菜、藜、狗尾草、黄花蒿、山苦菜、田旋花和卷茎蓼等,分布在田边、地埂的主要杂草有蒲公英、披碱草和苍耳等。

表 1 未喷药时保护性耕作燕麦田杂草调查

Table 1 The survey of weeds in oat field with conservation tillage under the condition of no spraying of pesticides

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
卷茎蓼 <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>Xan - thium sibiricum</i> Patrín ex Widder.	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>Ecymus dahureus</i> turiz.	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 tataricm</i> (L.) Gaertn.	0.7	0.5	0.6	0.8

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,杂草的发生时间及种类分为 3 种情况:第一次杂草大面积发生的时间在 5 月上中旬,主要以猪毛菜和山苦菜为主;第二次杂草发生时间在 6 月中上旬,与燕麦出苗的时间大致相同,主要发生的杂草种类有藜、狗尾草、田旋花和黄花蒿等。第一次杂草发生到第二次杂草发生的这段时间是杂草出苗高峰期,出苗较快且发生密度也较大,直接影响着燕麦的出苗和生长,对燕麦产量影响也较大,所以,保护性耕作燕麦田杂草防除的适期应以这两个时期为主。第三次杂草发生的时间是在燕麦生长过程中遇到较大降水、土壤含水量较高时杂草会迅速发芽出苗。而此时燕麦正处于旺盛生长期,基本上已经封垄,对杂草生长有较大的抑制,此期的杂草对燕麦产量影响较小。

2.2 除草剂使用的安全性调查与分析

保护性耕作燕麦田综合防治杂草的技术中包括化学除草,因此,要对除草剂的药害进行调查。由于除草剂种类繁多,不同除草剂对作物的安全性不同,

2.1.2 不同种类杂草发生密度分析 保护性耕作燕麦田杂草发生较为严重,杂草总量可达 8.0 ~ 14.01 万株·hm⁻²。从表 1 可看出,主要有 3 种杂草危害较为严重,分别为:藜、猪毛菜和狗尾草,且这 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。

使用不当易造成药害。确定高效安全除草剂对生产应用具有重要的指导意义^[14]。朱文达等^[15]的研究表明,草甘膦进入土壤很快与铁、铝等金属离子结合失去活性,对土壤中潜藏的作物种子、杂草种子及土壤微生物无不良影响,本试验结果与之相同,播种前喷施草甘膦对燕麦种子萌发及幼苗生长无影响。对于茎叶喷施除草剂的处理,施药后第 15 天观测结果表明:与未喷施处理相比较,燕麦株高、叶色无明显差异,植株长势正常,未出现明显药害症状。说明各药剂处理对燕麦生长安全,无药害现象。

2.3 保护性耕作燕麦田综合防除杂草的效果分析

由表 2 可知,不同措施对保护性耕作燕麦田杂草的防除效果差异明显,且对株防效和鲜重防效的影响规律一致。不同措施对杂草的防除效果依次为综合除草>人工除草>机械+化学除草>化学多因素除草>化学单因素除草>机械除草>不同覆盖度>耕作制度>不同播期>不同播量。在株防效和鲜重防效上,综合除草分别较人工除草、机械+化学除草、化学多因素除草、化学单因素除草、机械除草、不

表 2 保护性耕作燕麦田综合防除杂草的效果调查

Table 2 Weeding effects of different control methods in oat field with conservation tillage

处理 Treatment	具体处理方法 Concrete method	株防效/% Control efficiency of plant number	鲜重防效/% Control efficiency of fresh weight
对照 CK	清水 Water	—	—
化学单因素除草 Single-factor chemical control	750 mL·hm ⁻² 2,4-D 丁酯 750 mL·hm ⁻² 2,4-D butyl ester	85.2±2.7cd	86.8±3.1cd
	1400 g·hm ⁻² 二甲四氯钠盐 1400 g·hm ⁻² MCPA Na	83.1±1.2d	85.2±2.5de
	225 g·hm ⁻² 阔草枯 225 g·hm ⁻² Kuocaoku	76.8±2.5ef	78.9±3.2efg
	2250 mL·hm ⁻² 草甘膦 2250 mL·hm ⁻² Glyphosate	81.2±3.2dc	82.9±1.9def
	15 g·hm ⁻² 抑阔宁 15 g·hm ⁻² Nikuoning	68.4±1.9g	70.4±4.7h
	750 g·hm ⁻² 阔莠克 750 g·hm ⁻² Kuoyouke	76.6±3.1ef	78.2±3.5gf
	25 g·hm ⁻² 巨星 25 g·hm ⁻² Juxing	86.7±2.3bcd	87.6±1.6hbed
	1500 mL·hm ⁻² 伴地农(溴苯腈) 1500 mL·hm ⁻² Bandinong (bromoxynil)	85.6±4.6cd	87.8±1.4bcd
	苗期巨星+2,4-D 丁酯 Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	93.4±0.9a	94.7±1.5a
	苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	92.2±2.3ab	93.5±3.1bab
化学多因素除草 Multiple-factor chemical control	苗期 2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	91.1±3.5abc	93.2±3.4abc
	收后草甘膦+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	95.7±0.8a	96.8±1.3a
	收后草甘膦+苗期伴地农+2 甲 4 氯钠盐 Glyphosate (after harvest) + Bandinong (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage)	94.3±1.7a	95.5±2.1a
	收后草甘膦+苗期 2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	94.1±2.3a	95.6±2.5a
	浅松 Surface tillage	65.2±3.5g	68.9±2.3h
	深松 Subsoiling	71.3±4.2fg	72.4±3.1gh
	中耕 Intertillage	76.8±3.7ef	79.2±6.5ef
机械除草 Mechanical control			
人工除草 Manual control	人工除草 Manual control	95.9±0.6a	96.2±1.2a
耕作制度控草 Farming system	轮作 Rotation	30.1±3.5ij	20.3±4.7kl
	连作 Continuous cropping	17.8±4.7lm	13.6±3.8m
	30%	18.2±3.2lm	14.7±1.8lm
	50%	33.6±2.6i	32.5±2.0j
不同覆盖度控草 Different coverage	70%	57.4±2.2h	55.0±1.0i
	早播 Early sowing	12.6±1.8m	9.1±2.3n
	适播 Normal sowing time	—	—
不同播期控草 Different sowing time	晚播 Late sowing	19.7±3.1l	14.5±2.9lm
	12 kg·667m ⁻² (大播量 Large sowing amount)	23.3±2.6kl	26.1±3.7jk
	10 kg·667m ⁻² (常规播量 Normal sowing amount)	—	—
	8 kg·667m ⁻² (小播量 Small sowing amount)	-26.4jk	—
不同播量控草 Different sowing amount	深松+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Subsoiling + Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	96.5±1.5a	97.6±2.3a
	深松+苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Subsoiling + Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	95.2±1.7a	96.4±1.7a
	深松+苗期 2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 Subsoiling + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	94.5±1.1a	95.1±1.1a
	苗期中耕+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	96.8±0.8a	97.7±0.8a
机械+化学除草 Mechanical + chemical control	苗期中耕+苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	96.1±1.6a	97.3±1.4a
	苗期中耕+苗期 2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	95.4±1.9a	96.2±2.1
	综合除草 Integrated control	97.3±0.8a	98.8±1.3a

注:同一列不同字母表示不同处理在 5% 水平下差异显著,下同。
Note: Different letters in same column mean significant difference at 0.05 probability level. The same below.

同覆盖度、耕作制度、不同播期和不同播量增加了 1.4% 和 2.2%、1.6% 和 2.7%、4.0% 和 4.1%、20.9% 和 20.2、36.8% 和 34.4%、167.3% 和 189.7%、306.3% 和 482.9%、501.7% 和 581.4%、317.6% 和 530.9%。在化学多因素处理上,以收后草甘膦 + 苗期巨星 + 2,4-D 丁酯组合处理最优,株防效和鲜重防效分别为 95.7% 和 96.8%;在化学单因素处理中,以 25 g·hm⁻² 巨星处理最优,株防效和鲜重防效分别为 86.7% 和 87.6%。

2.4 保护性耕作燕麦田综合防除杂草对燕麦产量性状及产量的影响

从表 3 可看出,由于不同措施对杂草的防除效果不同,因而燕麦产量性状及产量影响存在明显差异,不同产量性状的变化规律与产量的变化规律基本一致,因此以燕麦的产量为例分析各处理间的差异。不同措施中以综合除草、人工除草和机械 + 化

学除草处理对燕麦的产量影响最大,增产幅度也最大;其次以化学除草、机械除草、不同覆盖度控草、耕作制度控草等处理对燕麦的产量影响较大;而不同播种量控草、不同播期控草对燕麦的产量影响相对较小,不同播期控草和不同播种量控草较对照增产比例均在 5% 以下。

2.5 效益分析

由表 4 可知,保护性耕作燕麦田不同除草方式能够带来不同程度经济效益的增加,在总投入上最高的是人工除草,其次是机械 + 化学除草,再次是综合除草和机械除草,其余的处理总投入相差不多;在实际收入上以综合除草、人工除草、机械 + 化学除草和化学多因素除草等处理相对较高,但是在不同播量中以 12 kg·667m⁻² 的实际收入最高,高于其他 2 个播量处理;纯收入中以综合除草处理的最高,其次为机械 + 化学除草、化学多因素除草和人工除草。

表 3 保护性耕作燕麦田综合防除杂草对燕麦产量性状及产量的影响
Table 3 Effects of integrated weed control on yield and yield characters of oat with conservation tillage

处理 Treatment	穗数 Ears /(万株·hm ⁻²) /(10 ⁴ ears·hm ⁻²)	株高/cm Plant height	穗粒数 Kernel number per ear	千粒重/g 1000-kernel weight	产量 /(kg·hm ⁻²) Yield	增产率/% Yield-increase rate
对照 CK	234.2	48	15.5	28.2	1015.5lm	—
750 ml·hm ⁻² , 4-D 丁酯 750 ml·hm ⁻² , 4-D butyl ester	255.1	78	21.1	37.8	2035.5fg	100.4
1 400 g·hm ⁻² 二甲四氯钠盐 1 400 g·hm ⁻² MCPA Na	319.5	70	19.9	31.5	1974.0g	94.4
225 g·hm ⁻² 阔草枯 225 g·hm ⁻² Kuocaoku	291.3	40.8	17	25.8	1279.5k	26.0
2 250 ml·hm ⁻² 草甘膦 2 250 ml·hm ⁻² Glyphosate	276.6	83	18.9	37.6	1962.0g	93.2
15 g·hm ⁻² 抑阔宁 15 g·hm ⁻² Nikuoning	253.5	37.1	14.7	28.4	1060.5lm	4.4
750 g·hm ⁻² 阔莠克 750 g·hm ⁻² Kuoyouke	291.1	40.8	17	25.8	1279.5k	26.0
25 g·hm ⁻² 巨星 25 g·hm ⁻² Juxing	276.8	83	18.9	37.6	1962.0g	93.2
1 500 ml·hm ⁻² 伴地农 (溴苯腈) 1 500 ml·hm ⁻² Bandinong (bromoxynil)	265.5	73	20.5	37.1	2020.5fg	99.0
浅松 Surface tillage	280.5	38	16.6	29.8	1386.0ijk	36.5
深松 Subsoiling	264.0	44	18	32.1	1478.0hi	45.5
中耕 Intertillage	265.5	44.5	17.8	33.7	1596.0h	57.2
轮作 Rotation	261.7	61	15.7	31.8	1316.0jk	29.6
连作 Continuous cropping	237.0	46	15.3	27.9	1011.0lm	-0.4
30% 覆盖 30% coverage	225.9	40.4	17.07	32.1	1128.5lm	11.1
50% 覆盖 50% coverage	289.5	37.9	17.1	30.9	1428.5ij	40.7
70% 覆盖 70% coverage	316.5	39.8	17.9	29.6	1577.0h	55.3
早播 (10d) Early sowing (10d)	264.0	76	20.3	23.5	1060.0lm	4.4
适播 Normal sowing time	238.5	50.8	15.9	28.2	1023.0lm	0.7
晚播 (10d) Late sowing (10d)	328.5	49.3	17.3	18.1	1029.0lm	1.3
10 kg·667m ⁻² (常规播量 Normal sowing amount)	234.0	48	15.5	28.2	1015.5lm	0.0
12 kg·667m ⁻² (大播量 Large sowing amount)	222.2	68	12.9	16	1063.0l	4.7
8 kg·667m ⁻² (小播量 Small sowing amount)	286.5	108	14.1	14.2	918.0m	-9.6
苗期巨星 + 2,4-D 丁酯 Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	420.0	78	16.6	29.7	2071.5efg	104.0
苗期伴地农 + 2,4-D 丁酯 Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	420.3	78	16.6	29.7	2071.5efg	104.0

续表 3

苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4 - D 丁酯 MCPA Na (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	282.6	78	20.2	36.7	2089.5defg	105.8
收后草甘膦 + 苗期巨星 + 2,4 - D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + Juxing (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	315.4	71	18.7	37.3	2197.5cde	116.4
收后草甘膦 + 苗期伴地农 + 2 甲 4 氯钠盐 Glyphosate (after harvest) + Bandinong (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage)	303.1	71	18.9	37.3	2134.5def	110.2
收后草甘膦 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4 - D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	366.9	47	18.5	30.6	2191.5cde	115.8
深松 + 苗期巨星 + 2,4 - D 丁酯 Subsoiling + Juxing (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	342.0	80	18	37.1	2284.5bc	125.0
深松 + 苗期伴地农 + 2,4 - D 丁酯 Subsoiling + Bandinong (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	331.5	82	19.1	37.1	2227.5cd	119.4
深松 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4 - D 丁酯 Subsoiling + MCPA Na (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	333.0	84	18.2	37.7	2283.0bc	124.8
苗期中耕 + 苗期巨星 + 2,4 - D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Juxing (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	342.5	80	18	37.1	2284.5bc	125.0
苗期中耕 + 苗期伴地农 + 2,4 - D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Bandinong (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	379.5	58	19.9	31.5	2379.0ab	134.3
苗期中耕 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4 - D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4 - D butyl ester (seedling stage)	333.2	81	18.2	37.7	2283.0bc	124.8
人工除草 (传统) Manual control (traditional)	336.8	71	19.7	39.3	2227.5cd	119.4
综合除草 Integrated control	393.0	82	20.8	38.5	2523.0a	148.4

表 4 保护性耕作燕麦田综合防除杂草的经济效益分析

Table 4 Economic benefit of integrated weed control in oat field with conservation tillage

处理 Treatment	除草剂成本 /(元·hm ⁻²) Herbicide cost /(yuan·hm ⁻²)	人工机械成本 /(元·hm ⁻²) Manual and mechanical cost /(yuan·hm ⁻²)	种子化肥成本 /(元·hm ⁻²) Seed and fertilizer cost /(yuan·hm ⁻²)	实际收入 /(元·hm ⁻²) Real income /(yuan·hm ⁻²)	纯收入 /(元·hm ⁻²) Net income /(yuan·hm ⁻²)	比对照增加产值 /(元·hm ⁻²) Increased output value compared to CK /(yuan·hm ⁻²)
对照 CK	0.0	450	900	3655.8	2305.8o	—
750 ml·hm ⁻² 2,4 - D 丁酯 750 ml·hm ⁻² 2,4 - D butyl ester	25.0	450	900	8224.2	6849.2b	4543.4b
1 400 g·hm ⁻² 二甲四氯钠盐 1 400 g·hm ⁻² MCPA Na	25.2	450	900	7106.4	5731.6efg	3425.8hi
225 g·hm ⁻² 阔草枯 225 g·hm ⁻² Kuocaoku	45.0	450	900	4606.2	3211.2 l	905.4n
2 250 ml·hm ⁻² 草甘膦 2 250 ml·hm ⁻² Glyphosate	51.5	450	900	7063.2	5661.7g	3355.9hi
15 g·hm ⁻² 抑阔宁 15 g·hm ⁻² Nikuoning	30.0	450	900	3817.8	2437.8mmo	132.0p
750 g·hm ⁻² 阔莠克 750 g·hm ⁻² Kuoyouke	75.0	450	900	8218.8	6793.8b	4488.0b
25 g·hm ⁻² 巨星 25 g·hm ⁻² Juxing	62.5	450	900	8019.0	6606.5bc	4300.7bcd
1 500 ml·hm ⁻² 伴地农 1 500 ml·hm ⁻² Bandinong (bromoxynil)	120.0	450	900	7273.8	5803.8fg	3498.0hi
浅松 Surface tillage	—	900	900	4989.6	3189.6l	883.8n
深松 Subsoiling	—	900	900	5320.8	3520.8kl	1215.0m
中耕 Intertillage	—	900	900	5745.6	3945.6ij	1639.8 l
轮作 Rotation	—	450	900	4737.6	3387.6 l	1081.8mn
连作 Continuous cropping	—	450	900	3639.6	2289.6 o	- 16.2r

续表 4

30%覆盖 30% coverage	—	450	900	4062.6	2712.6mn	406.8o
50%覆盖 50% coverage	—	450	900	5142.6	3792.6jk	1486.8 l
70%覆盖 70% coverage	—	450	900	5677.2	4327.2i	2021.4k
早播(10d) Early sowing (10d)	—	450	900	3816.0	2466.0mno	160.2p
适播 Normal sowing time	—	450	900	3682.8	2332.8no	27.0q
晚播(10d) Late sowing (10d)	—	450	900	3704.4	2354.4no	48.6s
10 kg•667m ⁻² (适宜播量 Normal sowing amount)	—	450	900	3655.8	2305.8o	0.0t
12 kg•667m ⁻² (大播量 Large sowing amount)	—	450	1020	3826.8	2356.8no	51.0s
8 kg•667m ⁻² (小播量 Small sowing amount)	—	450	780	3304.8	2074.8o	— 231.0u
苗期巨星+2,4-D 丁酯 Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	49.9	450	900	7684.2	6284.3cde	3978.5gh
苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	82.0	450	900	7327.8	5895.8efg	3590.0h
苗期2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	23.2	450	900	7911.0	6537.8bc	4232.0fg
收后草甘膦+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	63.5	450	900	7522.2	6108.7def	3802.9i
收后草甘膦+苗期伴地农 + 2 甲 4 氯钠盐 Glyphosate (after harvest) + Bandinong (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage)	108.0	450	900	7106.4	5648.4g	3342.6bc
收后草甘膦+苗期2 甲 4 氯钠盐 + 2,4-D 丁酯 Glyphosate (after harvest) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	36.0	450	900	8019.0	6633.0bc	4327.2de
深松+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Subsoiling + Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	49.9	900	900	8224.2	6374.3cd	4068.5i
深松+苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Subsoiling + Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	82.0	900	900	7457.4	5575.4gh	3269.6bc
深松+苗期2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 Subsoiling + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	23.2	900	900	4606.2	2783.0m	477.2j
苗期中耕+苗期巨星+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Juxing (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	63.5	900	900	7063.2	5199.7h	2893.9bc
苗期中耕+苗期伴地农+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + Bandinong (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	82.0	900	900	8564.4	6682.4bc	4376.6de
苗期中耕+苗期2 甲 4 氯钠盐+2,4-D 丁酯 Intertillage (seedling stage) + MCPA Na (seedling stage) + 2,4-D butyl ester (seedling stage)	36.0	900	900	8218.8	6382.8cd	4077cd
人工除草(传统) Manual control (traditional)	—	1200	900	8019.0	5919.0g	3613.2h
综合除草 Integrated control	23.2	900	900	9082.8	7259.6a	4953.8a

3 结论与讨论

不同措施对保护性耕作燕麦田杂草的防除效果差异明显,且对株防效和鲜重防效的影响一致。通过表 2 可以看出,不同除草措施对杂草的防除效果依次为综合除草 > 苗期中耕 + 苗期巨星 + 2,4-D 丁酯 > 深松 + 苗期巨星 + 2,4-D 丁酯 > 苗期中耕 + 苗期伴地农 + 2,4-D 丁酯 > 人工除草 > 收后草甘膦 + 苗期巨星 + 2,4-D 丁酯 > 苗期中耕 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4-D 丁酯 > 深松 + 苗期伴地农 + 2,4-D 丁酯 > 深松 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4-D 丁酯 > 收后草甘膦 + 苗期伴地农 + 2 甲 4 氯 > 收后草甘膦 + 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4-D 丁酯 > 苗期巨星 + 2,4-D 丁酯 > 苗期伴地农 + 2,4-D 丁酯 > 苗期 2 甲 4 氯钠盐 + 2,4-D 丁酯 > 25 g·hm⁻²巨星 > 1 500 ml·hm⁻²伴地农(溴苯腈) > 750 ml·hm⁻²2,4-D 丁酯 > 1 400 g·hm⁻²二甲四氯钠盐 > 2 250 ml·hm⁻²草甘膦 > 中耕 > 225 g·hm⁻²阔草枯 > 750 g·hm⁻²阔莠克 > 深松 > 15 g·hm⁻²抑阔宁 > 浅松 > 70% 的覆盖量 > 50% 的覆盖量 > 轮作 > 8 kg·667m⁻²(小播量) > 12 kg·667m⁻²(大播量) > 晚播 > 30% 的覆盖量 > 连作 > 早播 > 适播 > 10 kg·667m⁻²(常规播量)。在燕麦产量上,由于不同措施对杂草的防除效果不同,因而对燕麦产量性状及产量的影响存在明显差异,不同产量性状的变化规律与产量的变化规律基本一致,不同除草措施对燕麦产量的影响与杂草防除效果的变化一致,此研究结果与路战远等^[1]的研究结果相似。不同措施中以综合除草、机械 + 化学和人工除草处理对燕麦的产量影响最大,增产幅度也最大,分别较对照增产 148.4%、125.6%、119.4%;其次以化学多因素除草、化学单因素除草、机械除草、不同覆盖度控草、耕作制度控草等处理对燕麦的产量影响较大,分别较

对照增产 111.6%、67.1%、46.4%、35.7%、29.6% (轮作);而不同播期控草对燕麦的产量影响相对较小,不同播期较对照增产 2.1%。在经济效益上,纯收入以综合除草处理的最高,其次为机械 + 化学组合、化学多因素除草和人工除草。

参 考 文 献:

[1] 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.

[2] 高焕文.旱地机械化保护性耕作技术教材[M].北京:中国农业大学出版社,2001.

[3] 高焕文,李洪文,陈君达.可持续机械化旱作农业研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):57-62.

[4] Derpsch R. Frontiers of conservation tillage and advances in conservation practis[D]. USA: West Lafayette institute, 1999.

[5] 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.

[6] 师江澜,李建忠,吴发启.保护性耕作研究进展与评述[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):205-212.

[7] 鲁向晖,隋艳艳,王 飞,等.保护性耕作技术对农田环境的影响研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):66-72.

[8] 李淑芳,马旭明,程国彦,等.农牧交错区保护性耕作玉米田间杂草发生规律及防除技术研究[J].农村牧区机械化,2006,(4):20-25.

[9] 张 飞,赵 明,张 宾.我国北方保护性耕作发展中的问题[J].中国农业科技导报,2004,6(3):36-39.

[10] 李扬汉.中国杂草志[M].北京:中国农业出版社,1998.

[11] 盖钧镒.试验统计方法[M].北京:中国农业出版社,2000.

[12] 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,2004,24(6):23-24.

[13] 郭小刚,刘景辉,李立军,等.不同耕作方式对杂草控制及燕麦产量的影响[J].中国农学通报,2010,26(18):11-12.

[14] 李 美,赵德友,孙作文,等.常用除草剂对玉米的安全性评价[J].中国植保导刊,2003,23(4):3-5.

[15] 朱文达,魏守辉,刘 学,等.油菜田杂草发生规律及化学防除技术[J].湖北农业科学,2007,46(6):936-938.

[16] 张德健,路战远,张向前,等.农牧交错区保护性耕作小麦杂草防除技术研究[J].内蒙古农业大学学报,2009,30(4):51-55.

(上接第 177 页)

[4] 张 义,谢永生,郝明德.黄土沟壑区王东沟流域苹果品质限制性生态因子探析[J].中国农业科学,2011,44(6):1184-1190.

[5] 曹 裕,李 军,张社红.黄土高原苹果园深层土壤干燥化特征[J].农业工程学报,2012,28(15):72-79.

[6] 王 力,邵明安,王全九,等.黄土区土壤干化研究进展[J].农业工程学报,2004,20(5):27-31.

[7] Mikkelsen L R. Using hydrophilic polymers to control nutrient release [J]. Fertilizer Research, 1994,38:53-59.

[8] 樊 军,邵明安,郝明德,等.渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J].应用生态学报,2004,15(7):1213-1216.

[9] 刘侯俊,巨晓棠,同延安,等.陕西省主要果树的施肥现状及存在问题[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):38-44.

[10] Benjamin Z, Houlton, Elizabeth Boyer, et al. Intentional versus unintentional nitrogen use in the United States: trends, efficiency and implications[J]. Biogeochemistry, 2013,114:11-23.