

秸秆覆盖免耕条件下玉米和大豆田机械与化学除草效果比较分析

李瑞平^{1,2,3}, 罗洋¹, 谢瑞芝², 郑洪兵¹, 王浩¹, 刘武仁¹, 郑金玉^{1*},
李少昆^{2,3*}

(1. 吉林省农业科学院/农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室, 长春 130033; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; 3. 东北农业大学, 哈尔滨 150030)

摘要:为探索秸秆覆盖免耕条件下机械除草效果, 在大田试验条件下, 分别设计机械除草、化学除草 2 种除草方式, 调查、分析了玉米和大豆田杂草种类和数量、土壤温度、产量以及经济效益。结果表明, 玉米和大豆田机械除草后虽然杂草株数减少, 但是杂草密度仍为 36.50 株/m² 和 28.25 株/m², 分别是化学除草的 8.1 倍和 4.5 倍。玉米机械除草提高 5 cm 土壤温度 0.75℃, 玉米和大豆机械除草降低高温期(6月26日~7月19日) 10 cm 土壤温度 0.57℃和 0.69℃, 降低 15 cm 土壤温度 1.03℃和 1.27℃。玉米和大豆机械除草产量分别较化学除草降低 29.0% 和 38.0%, 净利润分别降低 4 372.5 元/hm² 和 4 317.6 元/hm²。在本试验条件下, 机械除草降低产量和经济效益, 化学除草效果更好。

关键词: 秸秆覆盖; 免耕; 除草; 土壤温度; 经济效益

中图分类号: S365

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)02-0001-06

Effects of Mechanical and Chemical Weed Control on Maize and Soybean in No-Tillage with Straw Mulch

LI Ruiping^{1,2,3}, LUO Yang¹, XIE Ruizhi², ZHENG Hongbing¹, WANG Hao¹, LIU Wuren¹, ZHENG Jinyu^{1*},
LI Shaokun^{2,3*}

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Northeast China, Ministry of Agriculture, Changchun 130033; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 3. Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to explore the effect of mechanical weeding under straw mulching condition, the research was conducted in field experimental condition and two different treatments were set, mechanical weed control and chemical weed control. The species and number of weeds, soil temperature, yield and economic benefits were investigated and analyzed in maize and soybean production process. The results showed that although the number of weeds decreased with mechanical weed control for maize and soybean, the weed density was still 36.50 plants/m² and 28.25 plants/m², which was 8.1 and 4.5 times higher than that of chemical weed control, respectively. Under the mechanical weed control, the 5 cm soil temperature of maize was improved 0.75℃, but 10 cm and 15 cm soil temperature of maize and soybean were reduced 0.57℃, 0.69℃ and 1.03℃, 1.27℃ respectively in high temperature period (from June 26 to July 19). Compared with chemical weed control, the yield of mechanical weed control was reduced by 29.0% and 38.0% for maize and soybean, and the net profit decreased by 4 372.5 yuan/ha and 4 317.6 yuan/ha, respectively. Therefore, mechanical weed control reduces the yield and economic benefits and chemical weed control is more effective under the current experimental conditions.

Key words: Straw mulch; No-tillage; Weed control; Soil temperature; Economic benefits

收稿日期: 2018-11-20

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201503116-15); 吉林省科技发展计划项目(20160203001NY); 国家重点研发计划子课题(2017YFD0300603-2、2018YFD0300202-7、2016YFD03002); 农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室开放基金项目(KLPC2018-2); 吉林省农业科技创新工程自由创新项目(CXGC2017ZY017、CXGC2017ZY009)

作者简介: 李瑞平(1984-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事保护性耕作研究。

通讯作者: 郑金玉, 男, 硕士, 研究员, E-mail: 15844052867@163.com

李少昆, 男, 博士, 研究员, E-mail: lishaokun@caas.cn

田间杂草影响到作物生长发育、产量,进而影响生产效益,杂草难以控制是农业生产中面临的难题之一。秸秆还田免耕条件下,田间杂草控制难度更大,国内外有关杂草控制方法的研究较多,但是化学药剂除草仍为主要措施^[1-4],长期使用化学药剂不仅带来了许多农田生态环境问题,例如除草剂使用不当会造成作物药害、土壤板结、水污染,以及对非目标生物(特别是人、畜)的危害等,而且杂草产生抗性,影响防治效果和经济效益。

为解决化学除草剂所带来的生态环境问题,外国专家探索了一些非化学除草效果,Heydel等^[5]对机械除草与化学除草、控制杂草效果及对作物产量影响进行了研究,Pannacci等^[6]对不同机械除草方式除草效果进行了研究,Kunz等^[7]对成像系统引导下对甜菜、玉米和大豆田机械除草效果进行了研究。虽然国内有一些除草机研究报道^[8-10],但是,实际生产中机械除草技术应用很少。本研

究以降低农药使用量为目标,探索在秸秆覆盖免耕条件下机械除草效果,为秸秆还田减量用药、避免环境污染提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验地点

试验设在吉林省公主岭市范家屯镇香山村(N 43°45',E 125°01')吉林省农业科学院试验基点,试验区气候属于中温带大陆性季风气候,海拔200 m,年平均气温4~6℃,≥10℃积温2 860℃·d,无霜期140 d。常年平均降雨量567 mm,主要集中在6~9月。土壤类型属于薄层黑土。

1.2 处理设计

本试验于2017年进行,共设置4个处理,即玉米机械除草和化学除草、大豆机械除草和化学除草,玉米和大豆机械除草面积分别为2 000 m²,玉米和大豆化学除草面积分别为4 000 m²,大区排列。各处理具体操作见表1。

表1 处理操作详细说明

作物	处理	具体操作措施	操作时间	备注
玉米	机械除草	在玉米4叶期采用35马力拖拉机牵引三铧犁(去掉封土板)进行行间中耕除草,中耕深度8 cm。	6月16日	玉米出苗前和出苗后均不使用化学药剂除草
	化学除草	采用苗前除草和苗后除草结合的方式,玉米出苗前喷扑·乙合剂(有效成分含量51%,乙草胺含量38%,扑草净含量13%)4 500 g/hm ² +乙草胺(有效成分含量900 g/L)1 000 g/hm ² 兑水750 L在无风的傍晚喷药。 玉米苗后除草采用氯氟吡氧乙酸异辛酯(氯氟吡氧乙酸25%,氯氟吡氧乙酸异辛酯36%)800 mL/hm ² +科润苞乐(有效成分含量为40 g/L)1 200 mL g/hm ² +硝磺草酮(有效成分含量为15%)500 g/hm ² 兑水700 L在无风的傍晚喷药。	苗前除草剂喷药时间为5月10日; 苗后除草剂喷药时间为6月10日	玉米苗前除草剂: ①扑·乙合剂由河南科赛基农化工有限公司生产; ②乙草胺由河南天邦化工有限公司生产。 玉米苗后除草剂: ①氯氟吡氧乙酸异辛酯由重庆双丰化工有限公司生产; ②科润苞乐由安徽久易农业股份有限公司生产; ③硝磺草酮由安徽中山化工有限公司生产。
大豆	机械除草	在大豆苗期进行中耕除草,除草方法与玉米相同。	6月16日	大豆出苗前和出苗后均不使用化学药剂除草。
	化学除草	采用苗前除草和苗后除草结合的方式,大豆苗前除草剂采用玉米、大豆兼用型除草剂,除草剂种类、用量、方法、喷药时间与玉米相同。 大豆苗后采用喷烯禾啶(有效成分含量12.5%)1 500 g/hm ² +灭草松(有效成分含量40%)1 500 g/hm ² 兑水700 L在无风的傍晚喷药。	苗前除草剂喷药时间为5月10日; 苗后除草剂喷药时间为6月10日。	大豆苗前除草剂与玉米苗前除草剂为同样除草剂,生产厂家相同。 大豆苗后除草剂: ①烯禾啶由沧州科润化工有限公司生产; ②灭草松由江苏剑牌农化股份有限公司生产。

1.3 播种与施肥

秸秆处理:前茬均为玉米,玉米收获时全部秸秆覆盖还田,播种前不做任何耕作处理。

播种与施肥:播种时间为5月9日。玉米和大豆均采用吉林康达2BMZF-4免耕播种机播种。玉米品种为先玉335,播种密度 6×10^4 株/hm²。大豆品种为吉育86,播种密度 17×10^4 株/hm²。玉米施肥水平为纯N 225 kg/hm², P₂O₅ 90 kg/hm², K₂O 90 kg/hm²;大豆施肥水平为纯N 60 kg/hm², P₂O₅ 80 kg/hm², K₂O 80 kg/hm²,玉米和大豆施肥均随播种以底肥一次性施入。

1.4 测试指标与方法

1.4.1 杂草种类和数量

在6月5日、6月15日和6月25日调查杂草,调查时将提前安装好的1 m²木框随机抛出,调查1 m²内的杂草种类和株数,重复5次,杂草鉴定参照中国杂草志^[1]。

1.4.2 土壤温度

由美国Spectrum Industrial Technologies, Inc.生产的Watch Dog B系列防水纽扣记录仪(B101型)记录玉米播种后至成熟期土壤5 cm、10 cm、15 cm

温度,每隔2 h记录一次。

1.4.3 产量

玉米测产面积20 m²,重复3次,选取10穗接近平均穗鲜重样棒称重装入网袋,待风干后进行考种,折算成14%子粒含水率产量。

大豆测产面积5 m²,重复3次,脱粒后称重,计算13%籽粒含水率每公顷产量。

1.5 数据分析

采用Excel 2007和DPS 16.05软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 机械除草与化学除草效果对比分析

6月5日调查见表2,玉米机械除草与化学除草杂草种类差异不显著,虽然大豆机械除草与化学除草差异达到极显著水平,但是杂草种类单一;6月15日调查,无论是大豆还是玉米杂草种类都明显高于苗前化学药剂除草,差异达到极显著水平。6月25日调查,玉米和大豆机械除草与化学药剂除草差异分别达到极显著水平和显著水平(见表2)。

表2 机械除草与化学除草杂草种类和数量差异

	作物	除草方式	调查日期		
			6月5日	6月15日	6月25日
杂草种类 (种/m ²)	玉米	机械除草	2.00±0a	4.25±0.43A	3.75±0.43A
		化学除草	1.00±0a	1.50±0.50B	1.75±0.43B
	大豆	机械除草	3.40±0.49A	6.25±1.09A	5.00±1.41a
		化学除草	2.00±0.63B	3.00±0.71B	2.25±0.50b
杂草株数 (株/m ²)	玉米	机械除草	32.60±24.94a	68.00±20.41a	36.50±9.76A
		化学除草	34.80±16.75a	35.50±13.39a	4.50±0.50B
	大豆	机械除草	23.20±21.27a	181.00±23.28A	28.25±5.49A
		化学除草	18.20±8.86a	43.75±29.31B	6.25±1.25B

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),如果处理间差异达到极显著不再标记小写字母,下同

从杂草株数来看,6月5日无论是玉米还是大豆机械除草与化学除草差异不显著,说明仅仅苗前喷除草剂效果差。6月15日玉米和大豆机械除草杂草株数分别较化学除草高91.5%和313.7%,大豆机械除草与化学除草差异达到极显著水平。玉米机械除草与化学除草差异不显著。玉米化学除草杂草株数与6月5日杂草株数相当,大豆化学除草杂草株数增加幅度较机械除草杂草株数增加幅度小(机械除草杂草株数6月5日到6月15日增加7.8倍,同期化学除草杂草增加2.4倍),说明苗后除草剂防治效果初见成效,特别是玉米苗

后除草剂效果更好,因为杂草种类相对单一,主要以苘麻和稗草为主,玉米苗后除草剂氯氟吡氧乙酸异辛酯对苘麻防治效果很好,而且见效快。6月25日所有处理杂草株数明显较6月15日降低,玉米和大豆化学除草杂草株数仅为4.50株/m²和6.25株/m²,机械除草杂草株数分别降低了46.3%和84.4%,但是杂草密度仍为36.50株/m²和28.25株/m²,分别是化学除草的8.1倍和4.5倍。

2.2 机械除草对土壤温度的影响

机械除草具有改善土壤结构、提高土壤通透性的作用,影响土壤温度变化。由图1可以看出,

机械除草和化学除草玉米和大豆田 5 cm、10 cm 和 15 cm 土壤温度变化趋势一致,播种到成熟期日平均地温均呈“抛物线”型变化。

与化学除草相比,玉米机械除草后 5 cm 深土壤日平均温度高于化学除草,6月17日至9月30日机械除草平均温度高于化学除草 0.75℃;玉米机械除草 10 cm 深土壤日平均温度高于化学除草 0.26℃,高温期(6月26日至7月19)玉米机械除草土壤温度低于化学除草 0.57℃。大豆高温期机械除草低于化学除草 1.03℃。玉米机械除草后 15 cm 深土壤日平均温度与化学除草差异进一步缩

小,分别为 19.88℃和 19.85℃,高温期机械除草低于化学除草 0.69℃。大豆机械除草后 15 cm 深土壤日平均温度低于化学除草,分别为 19.35℃和 19.66℃,高温期机械除草低于化学除草 1.27℃。

对玉米而言,机械除草有助于提高 5 cm 土壤温度,略有降低高温期 10 cm 和 15 cm 土壤温度。对于大豆而言,机械除草与化学除草不同深度土壤日平均温度差异不明显;但是,机械除草后降低高温期土壤温度,随着土壤深度增加降低幅度增加。

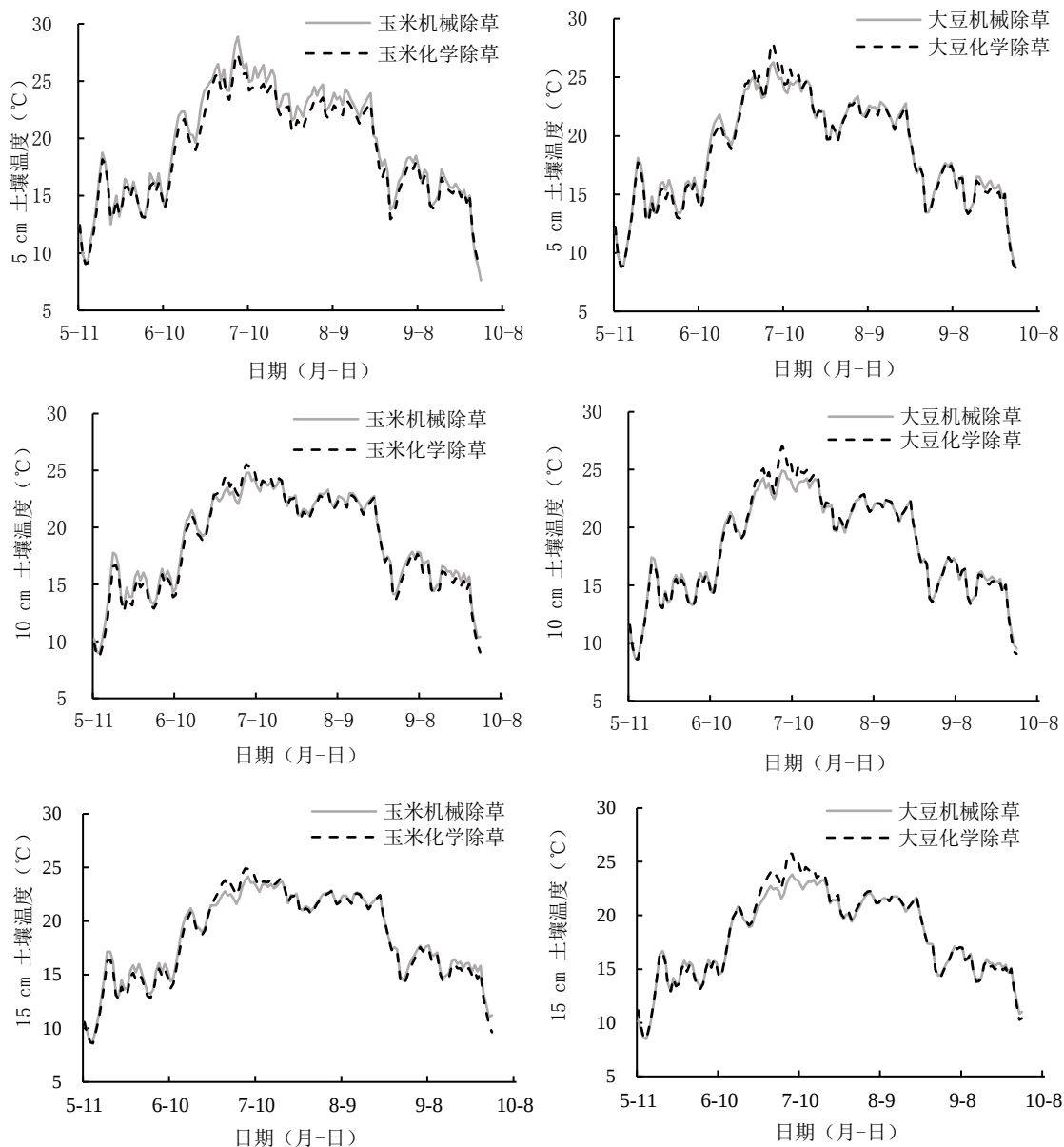


图1 机械除草与化学除草土壤温度差异

2.3 机械除草与化学除草经济效益对比分析

由表3可以看出,两种除草方式净利润差异主要是由除草环节投入差异和产量差异所造成,

其它作业环节投入相同。玉米化学除草农药+喷药投入较机械除草投入增加 277.5 元/hm²,大豆化学除草农药+喷药投入较机械除草投入增加 290

元/hm²。玉米机械除草产量较化学除草降低29.0%,大豆机械除草产量较化学除草降低38.0%,产量降低主要原因是杂草数量多,影响玉米和大豆生长发育,玉米和大豆机械除草与化学除草产量均达到极显著差异($P<0.01$)。由于机

械除草较化学除草减产幅度较大,净利润也相应降低,玉米和大豆机械除草产出分别较化学除草低4 650.0元/hm²和4 607.6元/hm²,净利润分别降低4 372.5元/hm²和4 317.6元/hm²。

表3 机械除草与化学除草经济效益对比

元/hm²

除草方式	总投入	劳动力投入	农资投入			机械投入				产量 (kg/hm ²)	产出	净利润
			种子	化肥	农药	播种	喷药	机械除草	收获			
玉米 机械除草	5 750.0	500.0	850.0	2 200.0	0.0	700.0	0.0	300.0	1 200.0	8 190.4 B	11 384.6	5 634.6
化学除草	6 027.5	500.0	850.0	2 200.0	377.5	700.0	200.0	0.0	1 200.0	11 535.7 A	16 034.6	10 007.1
大豆 机械除草	3 350.0	350.0	300.0	1 000.0	0.0	700.0	0.0	300.0	700.0	2 211.0 B	7 517.5	4 167.5
化学除草	3 640.0	350.0	300.0	1 000.0	390.0	700.0	200.0	0.0	700.0	3 566.2 A	12 125.1	8 485.1

注:产量数据不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

3 讨 论

据统计,我国农药每年使用量高达30多万t^[12],平均利用率为38.8%^[13],与欧美发达国家农药利用率50%~60%相差较远。过量或者不科学使用农药会带来负面影响,危害人畜健康、破坏生态系统等一系列问题。减少农药使用量、提高利用率是当前农业研究领域的关注热点^[14-17],也是推进生态文明建设和乡村振兴战略、实现农业可持续发展理念的重要途径。要实现降低农药使用量,除了采用有效的农药使用技术之外,机械除草也可以作为一种途径。Latré J等^[18]通过机械除草与化学除草研究分析认为,综合应用化学和机械除草是传统农业生产中的一种选择,但必须考虑各自优缺点。

在本试验条件下,机械除草后虽然杂草株数减少,玉米和大豆杂草密度仍为36.50株/m²和28.25株/m²,是化学除草的8.1倍和4.5倍,杂草以苘麻和稗草为主,对水分、养分和光照竞争能力强,进而影响玉米和大豆生长发育,特别是对大豆影响更大,导致玉米和大豆产量较化学除草降低29.0%和38.0%,经济效益降低,无论是玉米还是大豆机械除草经济效益低于化学除草。专家研究表明,中耕除草有利于提高土壤表层温度^[19-20],也有研究认为,中耕除草虽然疏松土壤,消灭大量杂草,但降低土壤温度^[21]。本研究显示,玉米机械除草5 cm土壤温度较化学除草提高0.75℃,大豆机械除草5 cm土壤温度与化学除草相比无明显变化,机械除草降低高温期(6月26日至7月19

日)10 cm和15 cm土壤温度,本研究结果与前人研究结果有异同,其原因是由于测试土壤温度手段与计算方法与前人不同、机械除草深度不同(前人中耕深度为25 cm左右)。综合分析认为,本试验条件下,机械除草降低产量和经济效益,化学除草效果更好。

美国研制的JD970滚刀式除草耙和JD886型行间除草机除草效率高,加拿大研制出适合不同土壤、作物的多种类型农机具。我国自动化、智能化的机械除草装备研发仍处于实验阶段。在本研究中,机械除草是通过中耕除草机具进行的,除草效果具有局限性。未来以自动化、智能化除草技术以及机械除草与化学除草相结合将有助于提高除草效率,有效降低农药投入量。

参考文献:

- [1] 卢宗志,祝彦海,李洪鑫,等.不同施药方式对玉米田杂草防除效果及玉米安全性的影响[J].东北农业科学,2017,42(5):36-39.
- [2] 吕威,董黎,孙宇涵,等.浅谈国内外杂草控制方法[J].中国农学通报,2018,34(11):34-39.
- [3] 沙洪林,纪明山,刘宇眉.保护性耕作条件下播后苗前除草剂防除玉米田杂草试验[J].吉林农业科学,2007,32(2):36-39.
- [4] 沙洪林,迟畅,何智勇.秸秆全量还田条件下苗后除草剂防除玉米田杂草试验[J].吉林农业科学,2015,40(6):61-63.
- [5] Heydel L, Benoit M, Schiavon M. Reducing atrazine leaching by integrating reduced herbicide use with mechanical weeding in corn (*Zea mays*)[J]. European Journal of Agronomy, 1999, 11(3): 217-225.

- [6] Pannacci E, Tei F. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean[J]. *Crop Protection*, 2014, 64: 51-59.
- [7] Kunz C, Weber J, Peteinatos G, et al. Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean[J]. *Precision Agriculture*, 2018, 19(4): 708-720.
- [8] 胡德民. 保护性耕作土壤浅松除草机的设计[J]. *农机化研究*, 2009(11): 172-174, 184.
- [9] 张漫, 项明, 魏爽, 等. 玉米中耕除草复合导航系统设计 with 试验[J]. *农业机械学报*, 2015, 46(S1): 8-14.
- [10] 韩豹, 申建英, 李悦梅. 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机设计与试验[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(1): 124-129.
- [11] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1269-1270.
- [12] 邵振润. 农药减量靠什么来实现? [J]. *农药市场信息*, 2015(7): 16-17.
- [13] 杨光. 农业农村部: 我国农药利用率已达到 38.8%[J]. *农药市场信息*, 2018(11): 3.
- [14] 杨普云, 王凯, 厉建萌, 等. 以农药减量控害助力农业绿色发展[J]. *植物保护*, 2018, 44(5): 95-100.
- [15] 曹建云. 提高农药药效和利用率的技术方法[J]. *新疆农垦科技*, 2016(8): 28-29.
- [16] 戴炜, 杨继芝, 王小春, 等. 不同除草剂对间作玉米大豆的药害及除草效果[J]. *大豆科学*, 2017, 36(2): 287-294.
- [17] 张德健, 张向前, 路战远, 等. 农牧交错区保护性耕作大豆田杂草综合控制的研究与分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(10): 172-177.
- [18] Latré J, Dewitte K, Derycke V, et al. Integrated weed control in maize[J]. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 2015, 80(2): 241-249.
- [19] 张玉先, 罗奥, 祁倩倩, 等. 不同耕作措施对黑龙江西部干旱地区土壤温度的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(5): 93-96, 172.
- [20] 金喜军, 曲春媛, 张玉先, 等. 中耕措施对土壤温度和水分含量及大豆产量的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2015(6): 18-22.
- [21] 何奇镜, 佟培生. 吉林省中部地区玉米少耕法研究报告 III. 玉米少中耕试验报告[J]. *吉林农业科学*, 1999, 24(2): 8-12.