

◆ 热点话题 ◆

皖北地区大豆玉米带状复合种植除草剂使用 优化试验效果初探

朱德慧¹, 禹田¹, 陈颖², 马书芳^{1*}, 赵侠^{3*}

(1. 安徽省宿州市植检植保站, 宿州 234000; 2. 安徽省宿州市埇桥区永镇镇农业综合服务中心, 宿州 234000;
3. 安徽省农业机械技术推广总站, 合肥 230000)

摘要:为筛选出防效好、安全性高的大豆玉米带状复合种植除草方案,本研究探索了不灭茬和旋耕灭茬两种种植模式下不同类型的除草剂的株防效和鲜重防效。结果表明:旋耕灭茬田和不灭茬田两种模式中,均是土壤封闭+茎叶喷雾除草株防效和鲜重防效最好,其次是仅开展土壤封闭除草,仅开展茎叶喷雾除草防效最低。旋耕灭茬模式下土壤封闭+茎叶喷雾、仅土壤封闭、仅茎叶喷雾除草各处理区株防效分别为76.43%~88.59%、72.24%~77.62%、53.23%~61.98%;鲜重防效分别为87.95%~97.05%、82.28%~89.51%、64.61%~68.54%。不灭茬模式下土壤封闭+茎叶喷雾、仅土壤封闭、仅茎叶喷雾除草各处理区株防效分别为72.58%~88.31%、64.92%~72.18%、53.63%~54.84%,鲜重防效分别为82.08%~98.37%、72.11%~82.94%、52.13%~59.57%。此次试验筛选了不同种植模式下的除草剂种类,为解决带状复合种植模式下的除草难题提供理论支撑。

关键词:大豆玉米带状复合种植;种植模式;除草剂;防治效果;安全性

中图分类号:S 48 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.05.008

Preliminary Study on the Optimization Experiment of Herbicides on Weeds in Soybean-corn Strip Compound Planting Field in the Northern Anhui Province

ZHU Dehui¹, YU Tian¹, CHEN Ying², MA Shufang^{1*}, ZHAO Xia^{3*}

(1. Plant Protection and Plant Quarantine Station of Suzhou County, Anhui Suzhou 234000, China; 2. Yongqiao District Yongzhen Town Agricultural Comprehensive Service Center, Anhui Suzhou 234000, China; 3. Anhui Agricultural Machinery Technology Promotion Station, Hefei 230000, China)

Abstract: In order to screen out effective and safe weed control schemes for soybean and corn belt composite planting, the control effects of different types of herbicides under two kinds of planting modes were evaluated. The results indicated that in the two models soil sealing and leaf spray had the best effect on weed control and fresh weight control, followed by soil sealing only, and stem and leaf spray was the worst. The plant control effects of soil sealing and leaf spray, soil sealing only, stem and leaf spray only under the rotary tillage stubble removal mode were 76.43%-88.59%, 72.24%-77.62%, 53.23%-61.98%; the fresh weight prevention effects were 87.95%-97.05%, 82.28%-89.51%, 64.61%-68.54%. The plant control effects of soil sealing+stem and leaf spray, soil sealing only, stem and leaf spray only in the non stubble cutting mode were 72.58%-88.31%, 64.92%-72.18%, 53.63%-54.84%, the fresh weight prevention effects were 82.08%-98.37%, 72.11%-82.94%, 52.13%-59.57%. This experiment screened the types of herbicides under different planting modes, providing theoretical support for solving the problem of weed control under the strip composite planting mode.

Key words: soybean-corn strip compound planting; planting mode; herbicide; control effect; safety

收稿日期:2023-03-23

作者简介:朱德慧(1970—),女,安徽宿州人,本科,高级农艺师,主要从事农作物病虫害预测预报、新农药、新技术试验示范及推广工作。

E-mail: zhudehui111@163.com

通信作者:马书芳(1976—),男,安徽宿州人,本科,高级农艺师,主要从事农业昆虫与害虫防治工作。E-mail: szszbz@163.com

共同通信作者:赵侠(1972—),女,安徽合肥人,专科,工程师,主要从事农机技术推广工作。E-mail: 1105800570@qq.com

土地资源紧缺是农业生产面临的突出问题之一,提高现有土地利用效率,促进农业的可持续发展是我国农业生产面临的重大挑战^[1]。大豆玉米带状复合种植可以提高土地利用效率,在不影响玉米产量的同时增加大豆种植面积和产量,对保障粮食安全具有重要意义^[2]。近年来,我国大豆进口量逐年增加,对外依存度高,为缓解进口压力,推广大豆玉米带状复合种植是振兴国产大豆重要的措施之一^[3]。

研究表明,玉米田和大豆田杂草发生的数量大,种类多且时间长,是造成减产的重要原因之一,严重时能使玉米减产20%~30%,大豆减产10%~20%^[4-5]。目前,大豆玉米带状复合种植田间除草环节仍存在技术难题,玉米、大豆不能共同使用一种除草剂,并且田间杂草发生种类多,密度高,数量多,因此对除草剂品种选择、剂量、方式等提出了更高要求^[6-7]。除草剂的合理混用,可以扩大防治谱,提高药效,降低用药量和用药成本等^[8]。为筛选出防效好、安全性高的大豆玉米带状复合种植除草方案,本研究选择了不同种植模式、不同类型的除草剂,开展了示范试验,为大豆玉米带状复合种植杂草的科学防控提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

720 g/L异丙甲草胺乳油、10%精喹禾灵乳油,山东科赛基农控股有限公司;80%唑啶草胺水分散粒剂、75%噻吩磺隆水分散粒剂、480 g/L噻草酮悬浮剂、20%噻磺·乙草胺可湿性粉剂,江苏瑞邦农化股份有限公司;960 g/L精异丙甲草胺乳油,先正达作物保护有限公司;40%砒吡草唑悬浮剂,拜耳作物科学(中国)有限公司;480 g/L灭草松水剂,巴斯夫植

物保护(江苏)有限公司;900 g/L乙草胺乳油,江苏南通江山农药化工股份有限公司;450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂、30%苯唑草酮悬浮剂,巴斯夫欧洲公司;35%硝·烟·莠去津可分散油悬浮剂,上海沪联生物药业(夏邑)股份有限公司;24%烯草酮乳油,沈阳科创化学品有限公司。控施肥29-5-6、复合肥17-17-17,施可丰化工股份有限公司。

大豆品种为‘金豆99’,宿州市金穗种业有限公司;玉米品种为‘陕科6号’,合肥丰乐种业股份有限公司。

1.2 试验仪器

3WPZ-1000四轮打药车,山东汇荣机械制造有限公司;3WBD-18型背负式电动喷雾器,安徽旭宝喷雾器厂。

1.3 试验设计

本次试验安排在埇桥区灰古镇秦圩村宿州市埇桥区农业科技展示示范基地,土质为砂浆黑土,土壤有机质含量20.7 g/kg,pH值7.8。前茬为小麦。

4行玉米+6行大豆(播幅均为2.4 m);大豆67.5 kg/hm²,种肥同播,株距、行距分别9.6、40 cm;玉米72 000粒/hm²,单粒播种,种肥同播,株距行距分别为12.5、60 cm。按照《全国农技中心关于印发2022年大豆玉米带状复合种植除草剂等药剂筛选和植保综合技术试验示范方案的通知》(农技植保[2022]函129号)要求,在不灭茬、旋耕灭茬两种种植模式下设计了不同药剂播后苗前土壤处理、苗后茎叶喷雾不同组合分别为13个和12个,共25个处理。每个处理试验面积600 m²,不设重复。播种时施玉米肥600 kg/hm²(施可丰29-5-6控释肥)、大豆肥225 kg/hm²(17-17-17复合肥)。苗期玉米追施尿素300 kg/hm²。具体设计及安排见表1。

表 1 大豆玉米带状复合种植除草剂使用优化试验方案

土壤封闭处理		苗后茎叶喷雾(杂草2~4叶期)		试验种类	
药剂名称	用量	药剂名称	用量	不灭茬	旋耕灭茬
720 g/L异丙甲草胺乳油+80% 唑啶草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	/	/	√	√
960 g/L精异丙甲草胺乳油+ 75%噻吩磺隆水分散粒剂	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	/	/	√	√
75%噻吩磺隆水分散粒剂	750 mL/hm ² +27 g/hm ²	/	/	√	√
40%砒吡草唑悬浮剂+480 g/L 噻草酮悬浮剂	1 275 mL/hm ² +33 g/hm ²	/	/	√	√
/	/	480 g/L灭草松水剂	3 000 mL/hm ²	√	√
		480 g/L灭草松水剂	3 750 mL/hm ²	√	√
720 g/L异丙甲草胺乳油+80% 唑啶草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	480 g/L灭草松水剂	3 000 mL/hm ²	√	√
	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	480 g/L灭草松水剂	3 750 mL/hm ²	√	√

(续表 1)

土壤封闭处理		苗后茎叶喷雾(杂草2~4叶期)		试验种类	
药剂名称	用量	药剂名称	用量	不灭茬	旋耕灭茬
900 g/L 乙草胺乳油+75%噻吩磺隆水分散粒剂	1 500 mL/hm ² +60 g/hm ²	玉米带:35%硝·烟·莠去津可分散油悬浮剂 大豆带:24%烯草酮乳油+480 g/L 灭草松水剂	玉米带:2 550 mL/hm ² ; 大豆带:450 mL/hm ² +3 000 mL/hm ²	√	/
450 g/L 二甲戊灵微囊悬浮剂	1 500 mL/hm ²	玉米带:480 g/L 灭草松钠盐可溶液剂+30%苯唑草酮悬浮剂+巴斯夫助剂; 大豆带:480 g/L灭草松钠盐可溶液剂+10%精喹禾灵乳油	玉米带:3 000 mL/hm ² +150 mL/hm ² +1 650 mL/hm ² ; 大豆带:3 000 mL/hm ² +600 g/hm ²	√	√
对照药剂:20%噻磺·乙草胺可湿性粉剂	3 750 g/hm ²	/	/	√	√
空白对照	/	/	/	√	√

注:/为不进行此项处理,√ 为进行此项处理。

共施药2次,土壤封闭处理施药时间为2022年6月20日;茎叶喷雾处理施药时间为2022年7月8日。土壤封闭处理的喷雾机械为自走式喷杆喷雾机,喷液量30 kg/667 m²;施药当日晴转多云,23~37℃,东南风3级,播种后施药前使用自走式喷灌机进行灌溉,施药后第3 d降暴雨,降雨量37.1 mm。茎叶喷雾中玉米带喷雾器械为加装隔离帘的自走式喷杆喷雾机,喷液量450 kg/hm²,大豆带喷雾器械为背负式电动喷雾器,喷液量225 kg/hm²,施药时人工手持物理隔

帘将玉米大豆隔开施药,施药当日天气雾转晴,25~35℃,西南风2级。

1.4 数据处理

(1) 防效调查

土壤封闭除草12 d和茎叶喷雾除草30 d后调查各处理的杂草发生情况,每点统计杂草株数和鲜重。分别计算株防效和鲜重防效。采用对角线5点取样法、每点0.25 m²,调查杂草株数、称量杂草鲜重,按式(1)和式(2)分别计算株防效和鲜重防效。

$$\text{株防效}/\%=\frac{\text{空白对照区株数}-\text{药剂处理区株数}}{\text{空白对照区株数}}\times 100$$

(1)

$$\text{鲜重防效}/\%=\frac{\text{空白对照区杂草鲜重}-\text{药剂处理区杂草鲜重}}{\text{空白对照区杂草鲜重}}\times 100$$

(2)

(2) 药害调查

根据药害分级方法(表2),茎叶喷雾药后15 d,调查各小区,目测药害症状判断药害级别^[9]。

表 2 作物药害的分级标准

级别	药害症状
0	无药害
1	轻微药害,轻微褪绿黄化,不影响作物正常生长
2	中等药害,褪绿黄化或株高受抑制,可恢复,不影响产量
3	药害较重,严重黄化但未死掉,难以恢复,造成减产
4	药害严重,死苗,不能恢复,造成明显减产或绝产

2 试验结果

2.1 土壤封闭除草效果

2.1.1 不灭茬田土壤封闭除草效果

玉米5叶1心、大豆三片复叶期调查发现,不灭茬土壤封闭药剂处理区株防效为62.14%~79.13%。其中,40%砒吡草唑悬浮剂450 mL/hm²+480 g/L噻

草酮悬浮剂750 mL/hm²株防效最高;10组药剂处理鲜重防效均在82%以上,供试药剂处理组鲜重防效均高于对照药剂20%噻磺·乙草胺可湿性粉剂,鲜重防效最高为450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂1 500 mL/hm²,鲜重防效达到91.24%(表3)。

2.1.2 旋耕灭茬田土壤封闭除草效果

旋耕灭茬模式下土壤封闭除草株防效、鲜重防效均普遍高于不灭茬田块。总体株防效为65.61%~81.45%,鲜重防效为80.99%~94.59%,株防效和鲜重防效最高均为40%砒吡草唑悬浮剂450 mL/hm²+480 g/L噻草酮悬浮剂750 mL/hm²(表3)。

两种种植模式下,土壤封闭除草药剂处理区均有后续杂草出土,主要为铁苋菜、马泡瓜以及香附子,其中铁苋菜和马泡瓜有明显受害症状,颜色发灰、叶片不舒展,因此,虽然株防效偏低,但均具有较好的鲜重防效。土壤封闭药剂对香附子的效果均较差。

表3 大豆玉米带状复合种植不灭茬田和旋耕灭茬土壤封闭除草效果

药剂名称	使用量	不灭茬		旋耕灭茬	
		株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%
720 g/L异丙甲草胺乳油+80%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	62.14	86.35	65.61	91.81
	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	66.50	87.37	66.97	93.28
960 g/L精异丙甲草胺乳油+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂	750 mL/hm ² +27 g/hm ²	64.08	88.93	68.33	82.59
	1 275 mL/hm ² +33 g/hm ²	67.48	88.12	68.78	86.43
40%珞吡草唑悬浮剂+480 g/L噻草酮悬浮剂	450 mL/hm ² +750 mL/hm ²	79.13	89.41	81.45	94.59
720 g/L异丙甲草胺乳油+80%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	63.11	88.59	65.61	91.43
	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	65.53	86.90	72.85	85.98
900 g/L乙草胺乳油+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 500 mL/hm ² +60 g/hm ²	65.05	86.69		
450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂	1 500 mL/hm ²	64.08	91.24	69.23	90.76
20%噻磺·乙草胺可湿性粉剂	3 750 g/hm ²	70.87	82.89	73.76	80.99

2.2 土壤封闭联合苗后茎叶喷雾除草防效

2.2.1 不灭茬田

在不灭茬田的处理中,株防效为53.63%~88.31%,鲜重防效为52.13%~98.37%。其中仅苗后茎叶喷雾处理中,480 g/L灭草松水剂3 000~3 750 mL/hm²时株防效和鲜重防效均较差,均低于60%;900 g/L乙草胺乳油+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂土壤封闭联合苗后茎叶除苗株防效和鲜重防效最好,分别为88.31%和98.37%。

2.2.2 旋耕灭茬田

在旋耕灭茬田的处理中,应用土壤封闭除草处理的株防效为72.24%~88.59%,鲜重防效为79.80%~97.05%。仅使用了480 g/L灭草松水剂3 000 mL/hm²和3 750 mL/hm²苗后茎叶除草处理对禾本科杂草基本无效,总体防效较差,株防效和鲜重防效均偏低,分别为53.23%和61.98%,64.61%和68.54%。土壤封闭+茎叶喷雾除草效果明显要高于仅土壤封闭除草或茎叶喷雾除草效果(表4)。

表 4 大豆玉米带状复合种植除草剂优化试验最终除草效果

土壤封闭		苗后茎叶除草		不灭茬田		旋耕灭茬	
药剂名称	用量	药剂名称	使用量	株防效/%	鲜重防效/%	株防效/%	鲜重防效/%
720 g/L异丙甲草胺乳油+80%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	/	/	64.92	72.11	72.24	82.28
	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	/	/	67.74	82.94	73.38	89.17
960 g/L精异丙甲草胺乳油+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂	750 mL/hm ² +27 g/hm ²	/	/	72.18	78.03	75.67	85.43
	1 275 mL/hm ² +33 g/hm ²	/	/	69.76	76.52	72.62	83.64
40%珞吡草唑悬浮剂+480 g/L噻草酮悬浮剂	450 mL/hm ² +750 mL/hm ²	/	/	71.77	80.54	77.95	89.51
/	/	480 g/L灭草松水剂	3 000 mL/hm ²	54.84	52.13	53.23	64.61
			3 750 mL/hm ²	53.63	59.57	61.98	68.54
720 g/L异丙甲草胺乳油+80%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 800 mL/hm ² +60 g/hm ²	480 g/L灭草松水剂	3 000 mL/hm ²	73.39	82.08	76.43	87.95
	2 250 mL/hm ² +75 g/hm ²	480 g/L灭草松水剂	3 750 mL/hm ²	72.58	79.41	82.13	91.34
900 g/L乙草胺乳油+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂	1 500 mL/hm ² +60 g/hm ²	玉米带:480 g/L灭草松钠盐可溶液剂+30%苯唑草酮悬浮剂+巴斯夫助剂;大豆带:480 g/L灭草松钠盐可溶液剂+10%精喹禾灵乳油	玉米带:3 000 mL/hm ² +150 mL/hm ² +1 650 mL/hm ² ;大豆带:3 000 mL/hm ² +600 g/hm ²	88.31	98.37	88.59	97.05
		玉米带:480 g/L灭草松钠盐可溶液剂+30%苯唑草酮悬浮剂+巴斯夫助剂;大豆带:480 g/L灭草松钠盐可溶液剂+10%精喹禾灵乳油	玉米带:3 000 mL/hm ² +150 mL/hm ² +1 650 mL/hm ² 大豆带 3 000 mL/hm ² +600 g/hm ²	78.63	84.22		
450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂	1 500 mL/hm ²						
常规处理:20%噻磺·乙草胺可湿性粉剂	3 750 g/hm ²	/	/	70.16	68.73	73.38	79.80

2.3 安全性调查

田间目测,不同处理间田间出苗情况基本一致,田间封闭除草剂总体较为安全;但茎叶喷雾除草后2 d即发现在灭茬种植模式下,900 g/L乙草胺乳油2 250 mL/hm²与80%唑嘧磺草胺水分散粒剂75 g/hm²、450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂1 500 mL/hm²土壤封闭处理,及在旋耕灭茬种植模式下,450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂1 500 mL/hm²土壤封闭处理,玉米大豆相邻行间出现药害情况,其中大豆药害症状重于玉米。主要表现为与玉米相邻的大豆叶片明显黄化、皱缩。

2.4 对产量的影响

由于试验田在播种时遭遇高温(2022年6月15日至6月30日有13天最高温度超过35℃),对玉米大豆出苗有不利影响,总体苗数不足,玉米平均株数3 842株,大豆平均株数7 681株,分别比设计的株数减少14.6%、11.5%。8月份最高气温≥34℃的天数超过19 d,对玉米整体授粉不利,造成穗粒数普遍偏低。

从调查结果来看,旋耕灭茬区域玉米产量平均为7 758.15 kg/hm²,普遍高于未灭茬区域的6 657.75 kg/hm²,增幅16.53%;两种耕种模式下大豆的产量差异不大。药剂处理区较空白处理均有不同程度的增产,玉米增产率在6.96%~27.05%,大豆增产率为10.8%~38.7%,增产的因素主要为株(穗)粒数的增加。

总的来说,带状复合种植模式下大豆田杂草危害明显要重于玉米田。特别是药剂处理区,前期杂草被抑制后,由于玉米为高秆作物,对田间杂草发生发展有一定控制作用。而大豆田杂草和大豆争光争肥,严重挤占了大豆的生长空间。

3 结论与讨论

大豆玉米带状复合种植,化学除草是难点之一,但科学选用除草剂,结合相应的田间管理措施,带状复合种植的除草问题可以得到很好解决。

目前,国内外对玉米、大豆田除草剂的研究主要集中在单一作物的除草剂研究中,适用于复合种植模式的除草剂研究较少。除草剂的合理混用具有扩大杀草谱,提高除草效果与选择性,降低对作物危害和施药成本的优点。本研究在玉米大豆间作模式下,选择了不同种植模式、不同类型的除草剂,开展了示范试验,探索了旋耕灭茬田土壤封闭、土壤封闭+茎叶喷雾、茎叶喷雾,不灭茬田土壤封闭、土壤封闭+茎叶喷雾、茎叶喷雾这几种模式下除草剂

单用、混用的防效。不灭茬田中应用土壤封闭+茎叶喷雾模式,土壤封闭使用900 g/L乙草胺乳油1 500 mL/hm²+75%唑嘧磺草胺水分散粒剂60 g/hm²混剂,茎叶喷雾时玉米带使用35%硝·烟·莠去津可分散油悬浮剂2 550 mL/hm²,大豆带使用24%烯草酮乳油450 mL/hm²+480 g/L灭草松水剂3 000 mL/hm²防效最好,株防效达到88.31%,鲜重防效达到98.37%。旋耕灭茬田中应用土壤封闭+茎叶喷雾模式,土壤封闭时使用450 g/L二甲戊灵微囊悬浮剂1 500 mL/hm²,茎叶喷雾时玉米带使用:480 g/L灭草松水剂3 000 mL/hm²+30%苯唑草酮悬浮剂150 mL/hm²+巴斯夫助剂1 650 mL/hm²,大豆带使用:480 g/L灭草松水剂3 000 mL/hm²+10%精喹禾灵乳油600 g/hm²防效最好,株防效达到88.59%,鲜重防效达到97.05%。后期田间观察发现存活的杂草生长基本均受影响,植株矮小,玉米大豆群体封行后,杂草光照受影响,生长不良,对作物生长基本不构成威胁。除草剂48%灭草松水剂是大豆田中常用的茎叶处理剂,多用于防除阔叶杂草,对禾本科植物无害^[9],本文结果与其研究结果一致,该除草剂对作物安全,主要针对阔叶杂草,对禾本科杂草无效,带状复合种植中单用该除草剂防效较低,平均株防效仅为55.92%,平均鲜重防效仅为61.21%。

在推广大豆玉米带状复合种植时,应选择基础设施条件较好的田块,确保能做到旱能浇、涝能排,大豆玉米带状复合种植杂草防除要坚持综合防治原则,充分发挥翻耕旋耕除草、地膜覆盖除草等农业、物理措施的作业,降低田间杂草发生基数,减轻化学除草压力^[9]。

在提高整地质量、确保墒情适宜的基础上,坚持“播后苗前土壤封闭处理为主、苗后茎叶喷雾处理为辅”的施用策略^[9]。如果因土壤封闭效果差而确需苗后茎叶喷雾除草,要根据田间杂草种类,选择大豆田、玉米田可以同时使用的药剂,否则必须进行物理隔离,同时在作业时要尽量避开蒸发量大的时间段(早晨或傍晚,或阴天使用)。一旦出现药害要及时喷施生长调节剂,以减轻药害带来的不良影响。

由于夏季温度高,土壤墒情适宜,玉米、大豆播种后2天即开始露芽,土壤封闭除草技术应用“窗口期”短,特别是面积较大的种植田,建议播种一块封闭一块,确保封闭除草的效果及安全性。建议示范应用植保无人机智能飞行开展土壤封闭除草,每公顷喷液量保证在30 L以上,确保不重喷、漏喷。

参考文献

- [1] 罗华, 王杰, 宋勇, 等. 玉米-大豆间套作模式研究现状及其展望[J]. 作物研究, 2020, 34(5): 502-506.
- [2] 杨峰, 娄莹, 廖敦平, 等. 玉米-大豆带状套作行距配置对作物生物量、根系形态及产量的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(4): 642-650.
- [3] 雍太文, 杨文钰. 玉米大豆带状复合种植技术的优势、成效及发展建议[J]. 中国农民合作社, 2022(3): 20-22.
- [4] 丁祖军, 张洪进, 张夕林, 等. 玉米田杂草发生规律、经济防除阈值及竞争临界期研究[J]. 杂草科学, 2003(2): 16-18.
- [5] 胡冀宁, 孙备, 李建东, 等. 植物竞争及在杂草科学中的应用[J]. 作物杂志, 2007(2): 12-15.
- [6] 大豆玉米带状复合种植除草剂使用技术指导意见[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(4): 111.
- [7] 张玉, 谷莉莉, 曹丽, 等. 大豆玉米带状复合种植田除草剂的种类及其应用[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(7): 71-75.
- [8] 徐淑芬, 苏少泉, 翟琦, 等. 大豆苗前除草剂多元混用的研究[J]. 植物保护学报, 1987(1): 65-70.
- [9] 李春宏, 陆相龙, 张培通, 等. 防除甜高粱田杂草的除草剂筛选[J]. 作物杂志, 2018 (6): 158-161.
- [10] 林郁. 农药应用大全[M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- (责任编辑: 徐娟)
-
- (上接第45页)
- [56] YAVARI S, SAPARI N B, MALAKAHMAD A, et al. Degradation of imazapic and imazapyr herbicides in the presence of optimized oil palm empty fruit bunch and rice husk biochars in soil [J]. Journal of Hazardous Materials, 2019, 366: 636-642.
- [57] YAVARI S, ABUALQUMBOZ M, SAPARI N, et al. Sorption of imazapic and imazapyr herbicides on chitosan-modified biochars [J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2020, 17: 3341-3350.
- [58] 王亮, 田伟君, 乔凯丽, 等. 改性大豆秸秆生物炭对咪唑乙烟酸的吸附[J]. 中国环境科学, 2020, 40(10): 4488-4495.
- [59] PAN L, MAO L, ZHANG H, et al. Modified biochar as a more promising amendment agent for remediation of pesticide-contaminated soils: modification methods, mechanisms, applications, and future perspectives[J/OL]. Applied Sciences, 2022, 12(22): 11544. DOI: 10.33901 app 122211544.
- [60] 李力, 陆宇超, 刘娅, 等. 玉米秸秆生物炭对 Cd(II) 的吸附机理研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(11): 2277-2283.
- [61] YAVARI S, SAPARI N B, MALAKAHMAD A, et al. Adsorption-desorption behavior of polar imidazolinone herbicides in tropical paddy fields soils[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2020, 104: 121-127.
- [62] LI J, LI Y, WU M, et al. Effectiveness of low-temperature biochar in controlling the release and leaching of herbicides in soil[J]. Plant and Soil, 2013, 370: 333-344.
- [63] JI M Y, WANG X X, USMAN M, et al. Effects of different feedstocks-based biochar on soil remediation: a review [J/OL]. Environmental Pollution, 2022, 294: 118655. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118655.
- [64] YAVARI S, KAMYAB H, ABD MANAN T S B, et al. Bio-efficacy of imidazolinones in weed control in a tropical paddy soil amended with optimized agrowaste-derived biochars[J/OL]. Chemosphere, 2022, 303: 134957. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.134957.
- [65] ÖZÇİMEN D, ERSOY-MERICBOYU A. Characterization of biochar and bio-oil samples obtained from carbonization of various biomass materials[J]. Renewable Energy, 2010, 35(6): 1319-1324.
- [66] 李春娇, 侯玉双. 改性生物炭复合材料研究进展[J]. 高师理科学刊, 2022, 42(9): 49-54.
- [67] KAUR P, KAUR P, KAUR K. Adsorptive removal of imazethapyr and imazamox from aqueous solution using modified rice husk [J/OL]. Journal of Cleaner Production, 2020, 244: 118699. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118699.
- [68] DEVI L G, KOTTAM N, KUMAR S G. Preparation and characterization of Mn-doped titanates with a bicrystalline framework: correlation of the crystallite size with the synergistic effect on the photocatalytic activity[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2009, 113(35): 15593-15601.
- [69] EL MADANI M, HARIR M, ZRINEH A, et al. Photodegradation of imazethapyr herbicide by using slurry and supported TiO₂: efficiency comparison[J]. Arabian Journal of Chemistry, 2015, 8 (2): 181-185.
- [70] 赵玲, 滕应, 骆永明. 中国农田土壤农药污染现状和防控对策[J]. 土壤, 2017, 49(3): 417-427.
- [71] BOUGARRANI S, SHARMA P K, HAMILTON J W J, et al. Enhanced photocatalytic degradation of the imidazolinone herbicide imazapyr upon UV/Vis irradiation in the presence of CaxMnO₃-TiO₂ hetero-nanostructures: degradation pathways and reaction intermediates[J]. Nanomaterials, 2020, 10(5): 896.
- [72] 李倩, 杨璐, 姜越, 等. 农药生产场地污染土壤的化学氧化修复技术研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(1): 19-29.
- [73] ISMAIL A A, ABDEL FATTAH I, HELAL A, et al. Ease synthesis of mesoporous WO₃-TiO₂ nanocomposites with enhanced photocatalytic performance for photodegradation of herbicide imazapyr under visible light and UV illumination[J]. Journal of hazardous materials, 2016, 307: 43-54.
- (责任编辑: 金兰)