

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)01-0045-10  
DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.01.006

病虫害防治

## 除草剂对马铃薯不同品种的安全性研究

李晓蓉<sup>1</sup>, 胡冠芳<sup>2\*</sup>, 牛树君<sup>2</sup>, 王玉灵<sup>2</sup>, 赵峰<sup>2</sup>, 许维诚<sup>3</sup>, 付克和<sup>4</sup>

(1. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070;  
3. 榆中县农业技术推广中心, 甘肃 榆中 730010; 4. 榆中县农村经济经营管理站, 甘肃 榆中 730010)

**摘要:** 为探明除草剂对马铃薯的安全性, 选用甘肃省目前主要种植的13个马铃薯品种, 系统研究3种茎叶喷雾除草剂砒嘧磺隆、嗪草酮和灭草松以及3种土壤处理除草剂二甲戊灵、利谷隆和精异丙甲草胺对马铃薯不同品种的安全性。结果表明, 25%砒嘧磺隆WG 2 g/667m<sup>2</sup>(有效成分用量, 下同)苗期茎叶喷雾对‘青薯9号’‘陇薯6号’和‘陇薯7号’3个马铃薯品种相对安全(2级药害), 对‘大西洋’‘克新1号’‘费乌瑞它’‘黑金刚’‘LK99’‘荷兰15号’‘冀张薯8号’‘丽薯6号’‘新大坪’和‘陇薯10号’10个品种有严重药害(4级药害)。70%嗪草酮WP 56 g/667m<sup>2</sup>苗期茎叶喷雾对‘陇薯7号’‘黑金刚’和‘新大坪’3个品种具药害或毁灭性药害(3级或5级药害), 对‘费乌瑞它’相对安全(2级药害), 对‘丽薯6号’‘冀张薯8号’‘青薯9号’‘LK99’‘陇薯6号’‘陇薯10号’‘荷兰15号’‘大西洋’和‘克新1号’9个品种安全(1级药害)。480 g/L灭草松AS 120 mL/667m<sup>2</sup>苗期茎叶喷雾对13个供试马铃薯品种很安全或安全(0级或1级药害)。330 g/L二甲戊灵EC 99 mL/667m<sup>2</sup>、50%利谷隆WP 175 g/667m<sup>2</sup>和960 g/L精异丙甲草胺EC 192 mL/667m<sup>2</sup>播后苗前土壤处理对13个品种均很安全(0级药害)。研究结果对指导马铃薯田除草剂科学合理使用具有重要意义。

**关键词:** 除草剂; 马铃薯; 品种; 安全性

## Safety of Herbicides on Potato Varieties

LI Xiaorong<sup>1</sup>, HU Guanfang<sup>2\*</sup>, NIU Shujun<sup>2</sup>, WANG Yuling<sup>2</sup>, ZHAO Feng<sup>2</sup>, XU Weicheng<sup>3</sup>, FU Kehe<sup>4</sup>

(1. Institute of Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. Yuzhong Agricultural Technology Extension Center, Yuzhong, Gansu 730010, China; 4. Yuzhong Rural Economic Management Station, Yuzhong, Gansu 730010, China)

**Abstract:** The safety of three stem and leaf-sprayed herbicides including Rimsulfuron, Metribuzin and Bentazone as well as three soil-applied herbicides including Pendimethalin, Linuron and S-metolachlor on 13 potato varieties mainly planted in Gansu Province at present were systematically studied in order to understand the safety of herbicides on potato varieties. Rimsulfuron 25% WG sprayed at 2 g/667m<sup>2</sup> (active ingredient, the same below) on stems and leaves of potato in seedling stage was relatively safe to 'Qingshu 9', 'Longshu 6' and 'Longshu 7' (grade 2 phytotoxicity), and had

收稿日期: 2022-02-24

基金项目: 甘肃省农业科学院科技成果转化项目(2020GAAS-CGZH12); 甘肃省青年科技基金计划(21JRIRA358); 国家重点研发计划(2017YFD020030304)。

作者简介: 李晓蓉(1963-), 女, 副研究员, 主要从事农产品质量安全及检测技术研究。

\*通信作者(Corresponding author): 胡冠芳, 研究员, 主要从事农田杂草和植物源农药研究, E-mail: huguanfang@126.com。

serious phytotoxicity on 'Atlantic', 'Kexin 1', 'Favorita', 'Heijingang', 'LK99', 'Helan 15', 'Jizhangshu 8', 'Lishu 6', 'Xindaping' and 'Longshu 10' (grade 4 phytotoxicity). Metribuzin 70% WP sprayed at 56 g/667m<sup>2</sup> had phytotoxicity or devastating phytotoxicity on 'Longshu 7', 'Heijingang' and 'Xindaping' (grade 3 or 5 phytotoxicity), was relatively safe to 'Favorita' (grade 2 phytotoxicity), and was safe to 'Lishu 6', 'Jizhangshu 8', 'Qingshu 9', 'LK99', 'Longshu 6', 'Longshu 10', 'Helan 15', 'Atlantic' and 'Kexin 1' (grade 1 phytotoxicity). Bentazone 480 g/L AS sprayed at 120 mL/667m<sup>2</sup> was very safe or safe to 13 potato varieties (grade 0 or 1 phytotoxicity). Pendimethalin 330 g/L EC 99 mL/667m<sup>2</sup>, Linuron 50% WP 175 g/667m<sup>2</sup> and S-metolachlor 960 g/L EC 192 mL/667m<sup>2</sup> were very safe for all the 13 potato varieties when applied to soil after sowing but before emergence of potato. The results are of great importance in guiding the scientific and rational use of herbicides in potato field.

**Key Words:** herbicide; potato; variety; safety

马铃薯具有产量高、适应性强、种植区域广、粮菜兼用、营养成分丰富、耐贮藏运输等优点,对解决高海拔偏远山区主粮问题发挥重要作用<sup>[1]</sup>。甘肃省是全国马铃薯种植大省,2020年种植面积68.6万hm<sup>2</sup>,鲜薯产量1550万t,2023年将达到86.7万hm<sup>2</sup>。随着土地流转进程的加快,马铃薯连片种植面积不断扩大,草害问题愈加突出,严重影响马铃薯的产量和品质,制约马铃薯产业的发展。应用化学除草替代人工除草,可节省大量劳动力,大幅度降低生产成本。基于此,除草剂在马铃薯田的应用面积逐年扩大。但是,除草剂使用技术要求高,由于除草剂使用不当引发的药害事故在马铃薯生产中频发,造成了不必要的经济损失。在除草剂对马铃薯的安全性研究方面,有诸多文献报道<sup>[2]</sup>,涉及的除草剂有二甲戊灵<sup>[3]</sup>、乙草胺、利谷隆、砒嘧磺隆<sup>[4-7]</sup>、噻草酮<sup>[8,9]</sup>、灭草松、扑草净<sup>[10]</sup>、精异丙甲草胺<sup>[11]</sup>、精喹禾灵、高效氟吡甲禾灵、烯草酮、2甲4氯钠等20余种<sup>[12-15]</sup>,均是在探明除草剂对马铃薯田杂草防效之基础上调查明确除草剂对单一品种(文献[15]涉及4个品种)马铃薯的安全性。本研究选用甘肃省目前主要种植的13个马铃薯品种,系统研究3种茎叶喷雾除草剂砒嘧磺隆、噻草酮和灭草松以及3种土壤处理除草剂二甲戊灵、利谷隆和精异丙甲草胺对马铃薯不同品种的安全性,揭示马铃薯不同品种对除草剂的敏感性差异,以为马铃薯田除草剂的科学合理使用提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试品种

‘丽薯6号’‘冀张薯8号’‘青薯9号’‘LK99’‘陇薯6号’‘陇薯7号’‘陇薯10号’‘新大坪’‘荷兰15号’‘大西洋’‘费乌瑞它’‘克新1号’和‘黑金刚’,共13个品种,均购自定西亚青农业科技有限公司。

### 1.2 试验地概况

试验地位于甘肃省农业科学院榆中高寒农业试验站,属甘肃省中部干旱区,年平均气温6.7℃,年均降雨量350mm,无霜期120d。海拔1930m,黄绵土,pH8.5、有机质15.1g/kg、碱解氮69mg/kg、有效磷26.7mg/kg、速效钾274mg/kg、全氮0.91g/kg、全磷0.78g/kg、全钾19.4g/kg。2017年10月25日施入羊粪600kg/667m<sup>2</sup>作为基肥,2018年3月18日结合春季翻地整地施入复合肥(N19%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>19%、K<sub>2</sub>O19%,史丹利农业集团股份有限公司)75kg/667m<sup>2</sup>作为基肥。4月15日马铃薯种薯(原种或一级种薯)切块或直接播种,播种量薯块150kg/667m<sup>2</sup>、原种3500粒/667m<sup>2</sup>,保苗3400株/667m<sup>2</sup>。马铃薯全生育期灌水1次。

### 1.3 供试除草剂、有效成分用量与施药方式

供试除草剂、有效成分用量与施药方式列于表1。播后苗前土壤处理小区面积30m<sup>2</sup>,苗期茎叶喷雾小区面积20m<sup>2</sup>,4次重复,随机区组排列。另设人工除草对照。

表1 供试除草剂、有效成分用量与施药方式  
Table 1 Tested herbicide, active ingredient dosage and application mode

除草剂 Herbicide	生产企业 Manufacturing enterprise	有效成分用量 Active ingredient dosage	施药方式 Application mode
25%砞嘧磺隆 WG Rimsulfuron 25% WG	京博农化科技有限公司	2 g/667m <sup>2</sup>	苗期茎叶喷雾
70%噻草酮 WP Metribuzin 70% WP	合肥星宇化学有限责任公司	56 g/667m <sup>2</sup>	苗期茎叶喷雾
480 g/L灭草松 AS Bentazone 480 g/L AS	山东滨农科技有限公司	120 mL/667m <sup>2</sup>	苗期茎叶喷雾
330 g/L二甲戊灵 EC Pendimethalin 330 g/L EC	合肥星宇化学有限责任公司	99 mL/667m <sup>2</sup>	播后苗前土壤处理
50%利谷隆 WP Linuron 50% WP	江苏快达农化股份有限公司	175 g/667m <sup>2</sup>	播后苗前土壤处理
960 g/L精异丙甲草胺 EC S-metolachlor 960 g/L EC	山东滨农科技有限公司	192 mL/667m <sup>2</sup>	播后苗前土壤处理

#### 1.4 施药方法

2018年5月12日(天气晴, 气温6~23℃, 相对湿度45%, 风力1~2级)在马铃薯播种后第2 d, 3种土壤处理除草剂按60 kg/667m<sup>2</sup>兑水, 采用卫士牌WS-18D型背负式电动喷雾器(双圆锥雾喷头, 山东卫士植保机械有限公司), 依据小区用药量和兑水量配制药液, 将药液均匀喷施于小区土壤表面。6月8日(天气多云转晴, 气温5~20℃, 相对湿度60%, 风力0~1级)在马铃薯6叶期, 3种茎叶喷雾除草剂按45 kg/667m<sup>2</sup>兑水, 依据小区用药量和兑水量配制药液, 将药液均匀喷施于马铃薯茎叶。5月31日开展人工除草对照小区除草工作。

#### 1.5 调查内容与方法

##### 1.5.1 马铃薯安全性调查

播后苗前土壤处理试验区在马铃薯4叶期(6月1日), 调查马铃薯出苗率、叶色、株高及长势, 与人工除草比较判明是否有药害发生。苗期茎叶喷雾处理试验区施药后第1, 3, 7, 10, 15和30 d目测各处理对马铃薯有无药害及药害症状, 如植株茎秆扭曲畸形、顶稍下垂萎蔫、枯死、生长迟缓、生长点坏死, 心叶发黄、叶片变黄、白化、药斑、叶尖叶缘干枯、叶片干枯等主要症状类型, 并记录恢复正常生长时间。有枯死

者调查统计枯死株数计算枯死率, 具体调查方法为: 每小区按对角线3点取样, 每点调查10株, 统计枯死株数。

参照刘学和顾宝根<sup>[16]</sup>提出并经本研究加以改进的除草剂药害6级分级标准, 目测马铃薯药害级别。药害分为6级。

0级: 与空白对照无差异, 很安全;

1级: 个别心叶发黄, 植株生长正常, 安全;

2级: 心叶有药斑, 老叶发黄且叶周干枯, 5~7 d恢复正常生长, 有轻微药害, 相对安全;

3级: 植株畸形萎蔫状, 抑制生长, 叶片有干枯斑, 无枯死株, 10~15 d恢复正常生长, 有药害;

4级: 植株畸形黄化, 部分老叶及心叶干枯, 有枯死株, 枯死株率≤40%, 有严重药害;

5级: 植株停止生长或极难恢复正常生长, 枯死株率41%~100%, 有毁灭性药害。

##### 1.5.2 马铃薯产量调查

马铃薯收获时将所有试验小区马铃薯全部挖出, 并称其重量, 折合成667 m<sup>2</sup>产量, 与人工除草比较计算增(减)产率。

#### 1.6 数据处理与统计

利用SPSS 19.0统计软件的Duncan's显著性分析对产量数据进行差异显著性分析,  $P < 0.05$ 表示差异显著,  $P < 0.01$ 表示差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 除草剂苗期茎叶喷雾对马铃薯不同品种的安全性

安全性调查结果表明(表2), 25%砒嘧磺隆 WG 2 g/667m<sup>2</sup>在马铃薯6叶期进行茎叶喷雾处理, 对13个供试马铃薯品种具有不同程度的药害, 总体表现为施药后第3 d叶色变黄, 叶片卷缩

难以展开, 抑制或严重抑制生长, 7 d后顶稍干枯, 15 d后部分植株枯死。其中‘大西洋’‘费乌瑞它’‘丽薯6号’‘黑金刚’‘克新1号’‘冀张薯8号’‘新大坪’‘荷兰15号’‘LK99’和‘陇薯10号’的枯死率分别为36.67%、31.67%、28.33%、27.50%、26.67%、22.50%、19.17%、10.83%、10.00%和5.83%, 达到4级药害; ‘青薯9号’‘陇薯6号’和‘陇薯7号’无枯死株, 为2级药害。

表2 除草剂苗期茎叶喷雾对马铃薯不同品种的安全性(2018年, 兰州市榆中县)

Table 2 Safety of herbicides sprayed on stems and leaves of potato in seedling stage on potato varieties (Yuzhong County, Lanzhou City, 2018)

除草剂处理 Herbicide treatment	马铃薯品种 Potato variety	枯死株数 Dead plant	枯死率(%) Dead percentage	药害症状及级别 Symptom and level of phytotoxicity
25%砒嘧磺隆 WG (2 g/667m <sup>2</sup> ) Rimsulfuron 25% WG	丽薯6号	34	28.33	施药后第3 d叶色变黄, 茎叶卷缩, 抑制生长, 7 d后顶稍干枯, 15 d后部分植株枯死, 枯死率28.33%。4级药害。
	冀张薯8号	27	22.50	枯死率22.50%。4级药害。
	青薯9号	0	0	施药后第3 d叶色稍变黄, 抑制生长, 5~7 d后恢复正常生长, 无枯死株。2级药害。
	LK99	12	10.00	枯死率10.00%。4级药害。
	陇薯6号	0	0	无枯死株。2级药害。
	陇薯7号	0	0	无枯死株。2级药害。
	陇薯10号	7	5.83	枯死率5.83%。4级药害。
	新大坪	23	19.17	枯死率19.17%。4级药害。
	荷兰15号	13	10.83	枯死率10.83%。4级药害。
	大西洋	44	36.67	枯死率36.67%。4级药害。
	费乌瑞它	38	31.67	枯死率31.67%。4级药害。
	克新1号	32	26.67	枯死率26.67%。4级药害。
	黑金刚	33	27.50	枯死率27.50%。4级药害。
70%嗪草酮 WP (56 g/667m <sup>2</sup> ) Metribuzin 70% WP	丽薯6号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	冀张薯8号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	青薯9号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	LK99	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	陇薯6号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	陇薯7号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 叶尖叶缘干枯, 部分叶片全部干枯, 抑制生长, 10~15 d恢复正常生长。3级药害。
	陇薯10号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	新大坪	56	48.67	施药后第3 d叶色稍有发黄, 叶尖叶缘干枯, 部分叶片全部干枯, 抑制生长, 7 d后顶稍干枯, 15 d后部分植株枯死, 枯死率46.67%。5级药害。
	荷兰15号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	大西洋	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	费乌瑞它	0	0	施药后第3 d叶尖叶缘有少量干枯斑, 干枯斑周围有黄色边缘, 5~7 d恢复正常生长。2级药害。
	克新1号	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 生长正常。1级药害。
	黑金刚	0	0	施药后第3 d叶色稍有发黄, 叶尖叶缘干枯, 部分叶片全部干枯, 抑制生长, 10~15 d恢复正常生长。3级药害。

续表 2

除草剂处理 Herbicide treatment	马铃薯品种 Potato variety	枯死株数 Dead plant	枯死率(%) Dead percentage	药害症状及级别 Symptom and level of phytotoxicity
480 g/L 灭草松 AS (120 mL/667m <sup>2</sup> ) Bentazone 480 g/L AS	丽薯 6 号	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	冀张薯 8 号	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	青薯 9 号	0	0	与人工除草无差异。0 级药害。
	LK99	0	0	与人工除草无差异。0 级药害。
	陇薯 6 号	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	陇薯 7 号	0	0	与人工除草无差异。0 级药害。
	陇薯 10 号	0	0	与人工除草无差异。0 级药害。
	新大坪	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	荷兰 15 号	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	大西洋	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	费乌瑞它	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
	克新 1 号	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。
黑金刚	0	0	施药后第 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常。1 级药害。	

70% 嗪草酮 WP 56 g/667m<sup>2</sup> 在马铃薯 6 叶期进行茎叶喷雾处理, 对‘新大坪’药害最重, 表现为施药后第 3 d 叶色稍有发黄, 叶尖叶缘干枯, 部分叶片全部干枯, 抑制生长, 7 d 后顶稍干枯, 15 d 后部分植株枯死, 枯死率 46.67%, 达到 5 级药害; 对‘陇薯 7 号’和‘黑金刚’药害达到 3 级, 表现为施药后第 3 d 叶色稍有发黄, 叶尖叶缘干枯, 部分叶片全部干枯, 抑制生长, 10~15 d 恢复正常生长; 对‘费乌瑞它’药害达到 2 级, 表现为施药后第 3 d 叶尖叶缘有少量干枯斑, 干枯斑周围有黄色边缘, 5~7 d 恢复正常生长; 对‘丽薯 6 号’‘冀张薯 8 号’‘青薯 9 号’‘LK99’‘陇薯 6 号’‘陇薯 10 号’‘荷兰 15 号’‘大西洋’和‘克新 1 号’9 个品种安全, 仅为 1 级药害。

480 g/L 灭草松 AS 120 mL/667m<sup>2</sup> 在马铃薯 6 叶期进行茎叶喷雾处理, 对‘丽薯 6 号’‘冀张薯 8 号’‘陇薯 6 号’‘新大坪’‘荷兰 15 号’‘大西洋’‘费乌瑞它’‘克新 1 号’和‘黑金刚’9 个品种安全, 表

现为施药后 3 d 部分叶片叶尖叶缘有少量干枯斑, 叶色正常, 生长正常, 为 1 级药害; 对‘青薯 9 号’‘LK99’‘陇薯 7 号’和‘陇薯 10 号’4 个品种很安全 (0 级药害)。

## 2.2 除草剂播后苗前土壤处理对马铃薯不同品种的安全性

330 g/L 二甲戊灵 EC 99 mL/667m<sup>2</sup>、50% 利谷隆 WP 175 g/667m<sup>2</sup> 和 960 g/L 精异丙甲草胺 EC 192 mL/667m<sup>2</sup> 播后苗前土壤处理, 对 13 个供试马铃薯品种均很安全, 其出苗率 (均为 100%)、叶色、株高及长势与人工除草无差异。

## 2.3 除草剂苗期茎叶喷雾处理对马铃薯不同品种产量的影响

测产结果表明 (表 3), 25% 砒嘧磺隆 WG 2 g/667m<sup>2</sup> 苗期茎叶喷雾处理, 对 13 个供试马铃薯品种均表现出不同程度的减产, 其中‘大西洋’‘克新 1 号’‘费乌瑞它’和‘黑金刚’减产率最高, 可达

83.33%、80.44%、80.00%和75.07%；其次为‘LK99’‘荷兰15号’‘冀张薯8号’‘丽薯6号’‘新大坪’和‘陇薯10号’，减产率分别为62.12%、61.40%、59.07%、58.06%、48.25%和22.79%；‘青薯9号’‘陇薯6号’和‘陇薯7号’减产率很低，仅分别为6.40%、4.92%和2.81%。

表3 除草剂苗期茎叶喷雾对马铃薯产量的影响(2018年, 兰州市榆中县)

Table 3 Effect of herbicides sprayed on stems and leaves of potato in seedling stage on potato yield (Yuzhong County, Lanzhou City, 2018)

除草剂处理 Herbicide treatment	马铃薯品种 Potato variety	小区产量(kg/20m <sup>2</sup> ) Plot yield	折合产量(kg/667m <sup>2</sup> ) Equivalent yield	较CK增(减)产率(%) Increase (reduction) percentage compared with CK
25% 砒嘧磺隆 WG (2 g/667m <sup>2</sup> ) Rimsulfuron 25% WG	丽薯6号	25.5	850 dD	-58.06
	冀张薯8号	18.5	617 dD	-59.07
	青薯9号	75.1	2 503 dD	-6.40
	LK99	25.0	834 dD	-62.12
	陇薯6号	52.2	1 740 dD	-4.92
	陇薯7号	51.8	1 728 cC	-2.81
	陇薯10号	48.8	1 628 dD	-22.79
	新大坪	26.6	887 cC	-48.25
	荷兰15号	22.0	734 dD	-61.40
	大西洋	4.5	150 dD	-83.33
	费乌瑞它	5.5	183 dD	-80.00
	克新1号	4.4	147 dD	-80.44
黑金刚	9.3	310 dD	-75.07	
70% 嗪草酮 WP (56 g/667m <sup>2</sup> ) Metribuzin 70% WP	丽薯6号	66.4	2 213 aA	9.15
	冀张薯8号	49.2	1 640 aA	8.80
	青薯9号	85.2	2 841 aA	6.23
	LK99	69.0	2 300 aA	4.49
	陇薯6号	57.0	1 900 aA	3.83
	陇薯7号	39.8	1 327 dD	-25.37
	陇薯10号	67.0	2 235 aA	6.01
	新大坪	16.5	550 dD	-67.90
	荷兰15号	62.1	2 070 aA	8.89
	大西洋	28.6	953 aA	5.86
	费乌瑞它	26.7	890 bB	-2.91
	克新1号	24.0	800 aA	6.67
黑金刚	31.8	1 060 cC	-14.74	
480 g/L 灭草松 AS (120 mL/667m <sup>2</sup> ) Bentazone 480 g/L AS	丽薯6号	58.0	1 934 cC	-4.61
	冀张薯8号	44.0	1 467 cC	-2.66
	青薯9号	78.6	2 621 cC	-2.00
	LK99	65.0	2 168 cC	-1.52
	陇薯6号	53.3	1 777 cC	-2.91
	陇薯7号	52.0	1 734 bB	-2.44
	陇薯10号	62.5	2 084 cC	-1.11
	新大坪	50.0	1 667 bB	-2.72
	荷兰15号	55.2	1 841 cC	-3.16
	大西洋	26.6	887 cC	-1.48
	费乌瑞它	26.5	883 cC	-3.64
	克新1号	22.0	733 cC	-2.22
黑金刚	36.6	1 220 bB	-1.87	

续表 3

除草剂处理 Herbicide treatment	马铃薯品种 Potato variety	小区产量(kg/20m <sup>2</sup> ) Plot yield	折合产量(kg/667m <sup>2</sup> ) Equivalent yield	较CK增(减)产率(%) Increase (reduction) percentage compared with CK
人工除草(CK) Artificial weeding	丽薯6号	60.8	2 028 bB	-
	冀张薯8号	45.2	1 507 bB	-
	青薯9号	80.2	2 675 bB	-
	LK99	66.0	2 201 bB	-
	陇薯6号	54.9	1 830 bB	-
	陇薯7号	53.3	1 778 aA	-
	陇薯10号	63.2	2 108 bB	-
	新大坪	51.4	1 713 aA	-
	荷兰15号	57.0	1 901 bB	-
	大西洋	27.0	901 bB	-
	费乌瑞它	27.5	917 aA	-
	克新1号	22.5	750 bB	-
	黑金刚	37.3	1 243 aA	-

注: 折合产量数据列后不同小写(大写)字母表示同一品种在不同处理下差异显著(极显著)( $P < 0.05$  或  $0.01$ ), 采用Duncan's法。下同。

Note: Different small (capital) letters in the data column of Equivalent yield at different treatments of the same variety indicate significantly (highly significantly) different ( $P < 0.05$  or  $0.01$ ) using Duncan's method. The same below.

70% 啶草酮 WP 56 g/667m<sup>2</sup> 苗期茎叶喷雾处理, 对‘新大坪’‘陇薯7号’‘黑金刚’和‘费乌瑞它’4个品种表现出不同程度的减产, 其中‘新大坪’减产率最高, 高达67.90%; 其次为‘陇薯7号’和‘黑金刚’, 减产率分别为25.37%和14.74%; ‘费乌瑞它’减产率最低, 仅为2.91%。对‘丽薯6号’‘冀张薯8号’‘青薯9号’‘LK99’‘陇薯6号’‘陇薯10号’‘荷兰15号’‘大西洋’和‘克新1号’9个品种表现出不同程度的增产, 增产率为3.83%~9.15%。

480 g/L 灭草松 AS 120 mL/667m<sup>2</sup> 苗期茎叶喷雾处理, 对供试13个马铃薯品种均表现出一定程度的减产, 减产率为1.11%~4.61%。

#### 2.4 除草剂播后苗前土壤处理对马铃薯不同品种产量的影响

测产结果表明(表4), 330 g/L 二甲戊灵 EC 99 mL/667m<sup>2</sup> 播后苗前土壤处理, 对13个供试马铃薯品种均表现出一定程度的减产, 但减产幅度不大, 减产率为0.82%~5.38%; 50% 利谷隆 WP 175 g/667m<sup>2</sup> 和 960 g/L 精异丙甲草胺 EC 192 mL/667m<sup>2</sup> 播后苗前土壤处理, 对供试13个马铃薯品种均表现出一定程度的增产, 但增产幅度不大, 增产率分别为1.09%~4.67%和2.81%~6.25%, 精异丙甲

草胺的增产效果稍优于利谷隆。

### 3 讨论

从除草剂苗期茎叶喷雾处理对马铃薯不同品种的安全性和对产量的影响总体评价, 25% 砒啶磺隆 WG 2 g/667m<sup>2</sup> 对‘青薯9号’‘陇薯6号’和‘陇薯7号’3个品种相对安全(2级药害), 产量较人工除草仅减产2.81%~6.40%, 对此3个品种, 25% 砒啶磺隆可用于防除马铃薯田杂草; 对‘大西洋’‘克新1号’‘费乌瑞它’‘黑金刚’‘LK99’‘荷兰15号’‘冀张薯8号’‘丽薯6号’‘新大坪’和‘陇薯10号’10个品种有严重药害(4级药害), 产量较人工除草减产22.79%~83.33%, 对此10个品种, 25% 砒啶磺隆不能用于防除马铃薯田杂草, 确需使用时, 应选用保护罩喷头进行定向喷雾, 或选用扇形雾喷头实施行间喷雾, 尽量避免药液直接喷到马铃薯茎叶, 确保对马铃薯安全。70% 啶草酮 WP 56 g/667m<sup>2</sup> 对‘陇薯7号’‘黑金刚’和‘新大坪’3个品种具有药害或毁灭性药害(3级或5级药害), 产量较人工除草减产14.74%~67.90%, 对此3个品种, 70% 啶草酮不能用于防除马铃薯田杂草; 对‘费乌瑞它’相对安全(2级药害), 产量

表4 除草剂播后苗前土壤处理对马铃薯产量的影响(2018年, 兰州市榆中县)

Table 4 Effect of herbicides applied to soil after sowing but before emergence of potato on yield (Yuzhong County, Lanzhou City, 2018)

除草剂处理 Herbicide treatment	马铃薯品种 Potato variety	小区产量(kg/30m <sup>2</sup> ) Plot yield	折合产量(kg/667m <sup>2</sup> ) Equivalent yield	较CK增(减)产率(%) Increase (reduction) percentage compared with CK
330 g/L二甲戊灵 EC (99 mL/667m <sup>2</sup> )	丽薯6号	92.1	2 048 dD	-1.07
	冀张薯8号	60.0	1 334 dD	-2.12
	青薯9号	101.6	2 259 dD	-1.55
Pendimethalin 330 g/L EC	LK99	68.0	1 511 dD	-2.07
	陇薯6号	84.8	1 885 dD	-0.82
	陇薯7号	82.7	1 839 dD	-0.84
	陇薯10号	78.1	1 736 dD	-5.38
	新大坪	83.1	1 847 cC	-2.81
	荷兰15号	54.0	1 201 dD	-3.05
	大西洋	45.0	1 000 dD	-2.17
	费乌瑞它	32.0	711 dD	-1.54
	克新1号	28.7	638 dD	-2.04
	黑金刚	54.5	1 211 dD	-2.16
50% 利谷隆 WP (175 g/667m <sup>2</sup> )	丽薯6号	95.0	2 111 bB	1.99
	冀张薯8号	62.9	1 398 bB	2.56
	青薯9号	107.8	2 396 bB	4.41
Linuron 50% WP	LK99	71.9	1 598 bB	3.55
	陇薯6号	87.2	1 938 bB	1.99
	陇薯7号	85.9	1 909 bB	2.94
	陇薯10号	80.2	1 783 cC	2.79
	新大坪	85.1	1 891 aA	4.67
	荷兰15号	57.7	1 282 bB	3.54
	大西洋	46.5	1 033 bB	1.09
	费乌瑞它	33.8	751 aA	4.00
	克新1号	30.3	673 bB	3.41
	黑金刚	58.2	1 293 bB	4.48
960 g/L精异丙甲草 EC (192 mL/667m <sup>2</sup> )	丽薯6号	96.1	2 136 aA	3.17
	冀张薯8号	63.9	1 420 aA	4.19
	青薯9号	109.1	2 425 aA	5.67
S-metolachlor 960 g/L EC	LK99	72.1	1 602 aA	3.83
	陇薯6号	87.9	1 953 aA	2.81
	陇薯7号	86.0	1 911 aA	3.06
	陇薯10号	87.7	1 949 aA	6.25
	新大坪	84.3	1 873 bB	3.69
	荷兰15号	57.9	1 287 aA	3.90
	大西洋	47.9	1 065 aA	4.14
	费乌瑞它	33.6	747 bB	3.39
	克新1号	30.4	676 aA	3.76
	黑金刚	58.6	1 302 aA	5.20
人工除草(CK) Artificial weeding	丽薯6号	93.1	2 070 cC	-
	冀张薯8号	61.3	1 363 cC	-
	青薯9号	103.2	2 295 cC	-
	LK99	69.0	1 543 cC	-
	陇薯6号	85.5	1 900 cC	-
	陇薯7号	83.4	1 854 cC	-
	陇薯10号	82.5	1 834 bB	-
	新大坪	81.3	1 807 dD	-
	荷兰15号	55.7	1 238 cC	-
	大西洋	46.0	1 022 cC	-
费乌瑞它	32.5	722 cC	-	
克新1号	29.3	651 cC	-	
黑金刚	55.7	1 238 cC	-	

较人工除草仅减产2.91%，对‘丽薯6号’‘冀张薯8号’‘青薯9号’‘LK99’‘陇薯6号’‘陇薯10号’‘荷兰15号’‘大西洋’和‘克新1号’9个品种安全(1级药害)，产量较人工除草增产3.83%~9.15%，对此10个品种，70%噻草酮可用于防除马铃薯田杂草。480 g/L灭草松AS 120 mL/667m<sup>2</sup>对13个马铃薯品种很安全或安全(0级或1级药害)，但因除草效果不及噻草酮，致产量较人工除草略有减产(1.11%~4.61%)，480 g/L灭草松可用于防除马铃薯田阔叶杂草。

从除草剂播后苗前土壤处理对马铃薯不同品种的安全性和对产量的影响总体评价，330 g/L二甲戊灵EC 99 mL/667m<sup>2</sup>、50%利谷隆WP 175 g/667m<sup>2</sup>和960 g/L精异丙甲草胺EC 192 mL/667m<sup>2</sup>对13个供试马铃薯品种均很安全(0级药害)，利谷隆和精异丙甲草胺除草效果优良，产量较人工除草增产1.09%~4.67%和2.81%~6.25%；二甲戊灵除草效果不及后二者，产量较人工除草减产0.82%~5.38%。此3种除草剂适用于播后苗前土壤处理防除马铃薯田杂草。

在3种茎叶喷雾除草剂中，灭草松对马铃薯最为安全，但产量却较人工除草减产1.11%~4.61%，系由灭草松对大龄阔叶杂草效果差且不能防除禾本科杂草所致；同样，在3种土壤处理除草剂中，二甲戊灵虽也对马铃薯安全，但因其除草效果不及利谷隆和精异丙甲草胺，致其产量较人工除草表现出一定程度的减产(0.82%~5.38%)。

影响茎叶喷雾除草剂安全性的因素很多，诸如除草剂选择不当、同一作物不同品种、剂量过高、兑水量过少、错过施药时期、药械质量难以保证均匀施药、施药时间不适宜(忽视温度、湿度、光照、降雨、风力等环境因子)均可产生影响。已有研究表明，25%砒啶磺隆WG 0.5~2.93 g/667m<sup>2</sup>苗期茎叶喷雾对‘丽薯6号’‘尤金88-5’‘早大白’和‘费乌瑞它’安全<sup>[4-8,17]</sup>，70%噻草酮WP 56 g/667m<sup>2</sup>对‘陇薯3号’安全<sup>[12]</sup>，480 g/L灭草松AS 48~144 mL/667m<sup>2</sup>、100.8~144 mL/667m<sup>2</sup>对‘中薯3号’安全、对‘冀张薯12号’具轻微药害<sup>[18,19]</sup>。本试验中，25%砒啶磺隆WG 2 g/667m<sup>2</sup>

对‘丽薯6号’和‘费乌瑞它’具严重药害；70%噻草酮WP 56 g/667m<sup>2</sup>对‘陇薯7号’具严重药害，对‘陇薯6号’和‘陇薯10号’安全；480 g/L灭草松AS 120 mL/667m<sup>2</sup>对‘冀张薯8号’安全。上述研究结果充分证明了茎叶喷雾除草剂剂量、马铃薯品种以及环境因子对除草剂安全性具有较大的影响。

土壤处理除草剂在不同土壤类型中对杂草药效和对作物的药害差异较大，同时与土壤有机质含量、气候条件、土壤墒情、栽培措施等密切相关<sup>[20,21]</sup>。现有文献报道，330 g/L二甲戊灵EC 99 mL/667m<sup>2</sup>和50%利谷隆WP 175 g/667m<sup>2</sup>播后苗前土壤处理对‘新大坪’和‘陇薯3号’安全<sup>[2,12]</sup>，330 g/L二甲戊灵EC 33~75.9 mL/667m<sup>2</sup>对马铃薯(品种不详)安全<sup>[6]</sup>，960 g/L精异丙甲草胺EC 49.92~79.68 mL/667m<sup>2</sup>、96~230.4 mL/667m<sup>2</sup>对‘延薯5号’‘底西芮’安全<sup>[11,17,22]</sup>，960 g/L精异丙甲草胺EC 115.2 mL/667m<sup>2</sup>和450 g/L二甲戊灵EC 27 mL/667m<sup>2</sup>对‘郑薯9号’安全<sup>[23]</sup>，72%异丙甲草胺EC 72~216 mL/667m<sup>2</sup>对马铃薯(品种不详)安全<sup>[24]</sup>。上述研究结果表明，土壤处理除草剂剂量、马铃薯品种以及环境因子对除草剂安全性的影响较小。

马铃薯品种多利用现有马铃薯品种或品系通过杂交选育而成。‘陇薯7号’和‘陇薯10号’的父本为‘菲多利’，母本为‘庄薯3号’，‘庄薯3号’对噻草酮不敏感(2021年试验结果，待发表)，而‘陇薯7号’对噻草酮敏感，推断‘菲多利’极有可能对噻草酮敏感，‘陇薯7号’表现出较多的父本性状，在‘菲多利’马铃薯田施用噻草酮需先开展安全性测试；而‘陇薯10号’对噻草酮不敏感，表现出较多的母本性状。‘陇薯7号’对砒啶磺隆不敏感，而‘陇薯10号’对砒啶磺隆较为敏感，推断‘菲多利’对砒啶磺隆不敏感，‘庄薯3号’对噻草酮较为敏感，尚待试验证实(2022年开展)。

长期使用一种或一类作用机理相同的除草剂，导致杂草群落演替，次要杂草上升为主要杂草，同时导致杂草抗药性的产生与发展<sup>[25,26]</sup>，从而会因药效降低而缩短除草剂的使用寿命，而除草剂混用可扩大杀草谱、提高防效和安全性、延长施药期、降低生产成本和除草剂残留、延缓杂

草抗药性的产生与发展,是提高除草剂应用水平的一项重要措施<sup>[27]</sup>。砒嘧磺隆、嗪草酮、灭草松虽已在马铃薯上获得登记,但单独使用不足以完全防除杂草<sup>[28,29]</sup>,应选用目前已登记的除草剂混剂品种,如砒·啞·嗪草酮、精啞·嗪草酮、高氟吡·嗪草酮、精啞·灭草松,或采用除草剂混用组合,如砒嘧磺隆+2甲4氯钠盐+炔草酯、砒嘧磺隆+嗪草酮+炔草酯、嗪草酮+灭草松+炔草酯,在降低砒嘧磺隆、嗪草酮剂量确保对马铃薯安全的基础上,达到一次用药兼防马铃薯田多种阔叶杂草与禾本科杂草之目的。但由于各地马铃薯主栽品种不同、且气候条件差异较大,大面积使用前宜先做小面积试验,以确定最佳剂量、适宜品种及施药条件,安全高效防除马铃薯田杂草。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 屈冬玉,谢开云,金黎平,等. 中国马铃薯产业发展与粮食安全[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 358-362.
- [2] 许维诚,牛树君,胡冠芳,等. 4种除草剂对马铃薯田间杂草防效试验[J]. 甘肃农业科技, 2014(11): 29-30.
- [3] 姜欢洪,闫嘉琦,许振宇,等. 33%二甲戊灵乳油对马铃薯杂草防除效果及产量影响[J]. 吉林农业, 2017(20): 62.
- [4] 杨肖艳,汤东生,姚宗泽,等. 5%砒嘧磺隆OD对云南冬早马铃薯田杂草的防效及安全性评价[J]. 现代农药, 2019, 18(6): 51-53, 56.
- [5] 金日,闫嘉琦,许振宇,等. 25%砒嘧磺隆水分散粒剂对马铃薯田杂草防除效果及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2017(9): 52-54.
- [6] 刘宇,李易初,王冠. 25%砒嘧磺隆水分散粒剂防除马铃薯田一年生杂草试验研究[J]. 黑龙江农业科学, 2015(12): 60-62.
- [7] 路兴涛,张田田,张勇,等. 砒嘧磺隆的除草活性剂及对马铃薯的安全性[J]. 农药, 2011, 50(11): 845-847.
- [8] 季万红,刘琴,王艳,等. 砒嘧磺隆水分散粒剂防除马铃薯田杂草效果研究[J]. 杂草科学, 2012, 30(1): 61-63.
- [9] 朱秀凤,陶波,张淑华. 嗪草酮及其混剂对马铃薯安全性的研究[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(3): 148-149.
- [10] 范仁俊,张润祥,张殿斌,等. 50%扑草净可湿性粉剂防除马铃薯田杂草[J]. 农药, 2000, 39(5): 34-35.
- [11] 闫嘉琦,郎贤波,吴京姬,等. 96%精异丙甲草胺乳油对马铃薯田一年生杂草防治效果及马铃薯产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2017(10): 48-50.
- [12] 牛树君,李玉奇,张新瑞,等. 防除马铃薯田阔叶杂草除草剂的筛选及对马铃薯安全性[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(5): 278-282.
- [13] 郭良芝,郭青云,魏有海,等. 240 g/L收乐通防除马铃薯田野燕麦及对马铃薯安全性评价[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(3): 169-171.
- [14] 王喜刚,郭成瑾,庞全武,等. 不同除草剂防除马铃薯田杂草效果及安全性评价[J]. 宁夏农林科技, 2019, 60(7): 21-24.
- [15] 吴之涛,魏佳峰,夏爱萍,等. 23.2%砒·啞·嗪对不同马铃薯品种除草效果及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2018(10): 63-67.
- [16] 刘学,顾宝根. 农药生物活性测试标准操作规范 除草剂卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 198-200.
- [17] 李华伟,许国春,罗文彬,等. 福建冬作马铃薯田间主要杂草种类及药剂防除技术研究[J]. 福建农业学报, 2019, 34(10): 1192-1196.
- [18] 吴仁海,孙慧慧,苏旺苍,等. 几种除草剂对马铃薯安全性及混用效果[J]. 农药, 2018, 57(1): 61-63.
- [19] 王玉灵,王爱华,胡冠芳,等. 喷雾助剂对灭草松防除马铃薯田阔叶杂草的增强作用[J]. 中国马铃薯, 2021, 35(3): 250-261.
- [20] 叶贵标,魏福香,朱天枞. 影响除草剂药效药害的因子[J]. 农药科学与管理, 1998, 67(3): 20-23.
- [21] 徐小燕,唐伟,陈杰,等. 土壤处理除草剂在不同土壤类型中除草活性研究[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(4): 823-826.
- [22] 程玉臣. 几种土壤处理除草剂对马铃薯结薯数量和产量的影响[J]. 北方农业学报, 2012(5): 74, 77.
- [23] 陈焕丽,郭竞,张春强,等. 不同除草剂防除马铃薯田间杂草的效果及残留分析[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(12): 95-98.
- [24] 白全江,程玉臣. 异丙草胺防除马铃薯杂草的效果[J]. 杂草科学, 2008(4): 63-65.
- [25] 辛吉,徐小博,王磊,等. ALS抑制剂类除草剂的抗性研究概述[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(4): 18-21.
- [26] 陈世国,强胜. 生物除草剂研究与开发的现状及未来的发展趋势[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 770-779.
- [27] Koger C H, Price A J, Reddy K N. Weed control and cotton response to combinations of Glyphosate and Trifloxysulfuron[J]. Weed Technology, 2005(10): 113-121.
- [28] 陈庆华,周小刚,郑仕军,等. 几种除草剂防除马铃薯田杂草的效果[J]. 杂草科学, 2011, 29(1): 65-67.
- [29] 张玉慧,康爱国. 药剂防除马铃薯田杂草试验初报[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(7): 52-53, 54.