

张志刚,袁水霞,张佳佳. 除草剂减量配施喷雾助剂对杂草防效及玉米生理代谢的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(22):125-131.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.22.018

# 除草剂减量配施喷雾助剂对杂草防效及玉米生理代谢的影响

张志刚,袁水霞,张佳佳

(河南农业职业学院,河南中牟 451450)

**摘要:**为探究除草剂减量与不同助剂复配使用对田间杂草防效、玉米叶片生理代谢、产量及构成因素的影响,通过田间试验设置清水对照(CK)、26%噻隆·异噁常规剂量单施(T1)、26%噻隆·异噁酮减量30%+安融乐助剂(T2)、26%噻隆·异噁酮减量20%+安融乐助剂(T3)、26%噻隆·异噁酮减量30%+激健助剂(T4)、26%噻隆·异噁酮减量20%+激健助剂(T5)等6个处理,测定不同处理杂草株防效与鲜质量防效、叶绿素SPAD值、叶片抗氧化酶活性与丙二醛含量、玉米产量及构成因素。结果表明,与T1处理相比,施药后45 d,T3处理的杂草株防效、鲜质量防效均最高,较其他处理分别提高4.22%~14.79%、8.30%~25.16%,T4处理的杂草株防效以及T1、T2、T4处理的杂草鲜质量防效较差;施药后28 d,T2、T3、T4、T5处理SPAD值较T1处理分别显著提高5.38%、10.32%、7.43%、9.69%,其中T3处理叶绿素SPAD值最高;除草剂减量配施喷雾助剂较除草剂单施能够降低玉米叶片的MDA含量以及SOD、POD、CAT活性,其中施药后21 d时,T5处理的MDA含量、SOD、POD活性以及T3处理的CAT活性为最低值,均显著低于T1处理;除草剂减量配施喷雾助剂较除草剂单施能够增加株高、茎粗与产量,其中T3处理的玉米产量最高,较其他处理分别提高3.87%~24.59%。由此可知,26%噻隆·异噁酮减量20%与安融乐复配使用在杂草防效、促进玉米生长方面表现较好。

**关键词:**喷雾助剂;除草剂;减量增效;玉米;杂草防效

**中图分类号:**S482.4;S482.92;S451.22+2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)22-0125-06

杂草是危害玉米生长的重要生物因子,据相关研究调查,玉米每年因杂草造成的产量损失可达22.7%以上<sup>[1-3]</sup>。在玉米生长前期,由于玉米生长速度较缓以及株行距较宽,为田间杂草的快速生长提供了良好的生存环境,如果不及时进行人为干预,田间杂草会与玉米争夺水肥气热等自然资源,造成玉米生长速度减缓、苗弱甚至严重减产等现象<sup>[4-5]</sup>。因此,玉米田间杂草的早期控制显得尤为重要。而有研究表明,化学除草是目前玉米田间杂草防控的主要手段,大量除草剂被广泛应用于玉米生产中,截至2015年底,国内玉米田登记使用的除草剂品种已达1395种,占玉米田农药类别登记的73%,其中包括单剂以及不同成分的复配除草剂<sup>[6-7]</sup>。目前,高效除草剂种类繁多,但不同玉米品种对不同除草剂的敏感性差别很大,且不同地区玉米田间杂草群落也不尽相同,如果除草剂选择与剂

量不当,不仅起不到杂草控制的效果,还会对作物生长发育、土壤环境等各方面产生负面影响<sup>[8-9]</sup>,且单一地长期使用某一种除草剂也有可能使杂草产生耐药性以及使得某种残留物质在土壤中累积,进而影响土壤生产力<sup>[10]</sup>。董改改等研究表明,除草剂广佳安能够不同程度地抑制油菜根系的超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶以及抗坏血酸过氧化物酶活性,对根系生物量积累及形态建成也有一定的抑制作用<sup>[11]</sup>;任瑞玉等研究表明,25%辛酰溴苯腈乳油对阔叶杂草的鲜质量防效可达73.4%,但产量减少19.9%<sup>[12]</sup>;冯煜等研究表明,与单施除草剂相比,除草剂复配安全剂能够显著降低要害指数,提高土壤酶活性以及根系超氧化物歧化酶活性,以及提高糜子的株高、茎粗、穗长、主穗质量及产量<sup>[13]</sup>。由此可见,选择适宜的除草剂和安全助剂对提高除草剂药效及作物安全性生产具有重要意义<sup>[14]</sup>。

26%噻隆·异噁酮是黄淮海地区玉米生产的一种常见除草剂,对防治苘麻、马齿苋、马唐、稗草、牛筋草、苣荬菜等阔叶杂草以及禾本科杂草具有良好的效果,很受广大农业者的喜欢。喷雾助剂能够

收稿日期:2021-11-18

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0300710)。

作者简介:张志刚(1982—),男,河南郑州人,硕士,讲师,从事植物保护与病虫害防治研究。E-mail:hnzhangzhigang0371@163.com。

降低除草剂药液的表面张力和接触角,促进药液在靶标植物叶片上润湿、附着、展布与渗透,增加叶片上的药剂沉积量,提高药液在叶片上的耐雨水冲刷能力,增强抗蒸发性能,从而起到增强除草剂防治效果,节省除草剂使用量的目的<sup>[15-16]</sup>,也有研究表明,除草剂与助剂复配使用能够通过改变植物体内的生理生化反应来缓解或解决除草剂对作物的药害作用<sup>[17]</sup>。而不同喷雾助剂对不同除草剂及杂草群落会产生不同的影响,因此,选择适宜的喷雾助剂对提高除草剂药效及安全性具有重要作用。目前,喷雾助剂多与杀菌剂、杀虫剂复配使用<sup>[18-19]</sup>,与除草剂复配使用对玉米田间杂草防效以及玉米叶片生理特性影响的研究并不多,因此作者期望通过 26% 噻隆·异噁酮减量与安融乐、激健 2 种助剂复配使用,研究不同处理下玉米田间杂草防控效果以及对玉米植株生长发育的影响,找到适宜的复配组合,为玉米除草剂 26% 噻隆·异噁酮的减量使用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验于 2021 年 6—9 月在河南农业职业学院农业工程学院实训基地进行,地处 114°02'E,34°73'N,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季炎热潮湿,冬季寒冷干燥,四季分明。年平均温度为 14.2℃,年平均日照时数为 2 366 h,无霜期 240 d,年平均降水量 600~700 mm,且降水主要集中在 6—9 月。试验地供试土壤为黄潮土,质地中壤,试验地常年为小麦—玉米轮作种植。试验前基础土壤理化性质:土壤有机质含量为 8.98 g/kg、速效磷含量为 75.61 mg/kg、碱解氮含量为 49.36 mg/kg、速效钾含量为 134.65 mg/kg,pH 值为 8.02。

### 1.2 供试药剂

助剂:安融乐(北京成禾佳信农资贸易服务有限公司)、激健(四川蜀峰作物科学有限公司)。除草剂:26% 噻隆·异噁酮(德国拜耳作物科学公司)。

### 1.3 供试作物

供试玉米:郑单 958(河南省农业科学院粮食作物研究所),6 月 15 日播种,9 月 25 日收获。

### 1.4 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,参照朱玉永等的研究结果<sup>[20-21]</sup>,选取安融乐、激健 2 种复配效果

较好的助剂,设清水对照(CK)、26% 噻隆·异噁酮常规剂量单施(T1)、26% 噻隆·异噁酮减量 30% + 安融乐助剂(T2)、26% 噻隆·异噁酮减量 20% + 安融乐助剂(T3)、26% 噻隆·异噁酮减量 30% + 激健助剂(T4)、26% 噻隆·异噁酮减量 20% + 激健助剂(T5)6 个处理,3 次重复,共 18 个小区,小区面积为 42 m<sup>2</sup>,保护行为 3 m,走道为 1 m,玉米株行距 35 cm×50 cm。2020 年 6 月 25 日使用手动喷雾器于玉米 2~3 叶期进行喷药,除草剂常规用量为 450 mL/hm<sup>2</sup>,安融乐、激健助剂用量分别为 180、150 mL/hm<sup>2</sup>,当日天气晴朗,微风无雨,人工除草处理每周除草 1 次。2020 年玉米种植前,土壤墒情不好,种植前进行喷灌,施肥量为复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量均为 15%)750 kg/hm<sup>2</sup>,其他玉米田间管理措施均按照当地习惯进行。

### 1.5 测试项目与方法

1.5.1 杂草防效调查 (1)安全性调查:施药 5 d 后,观察记录玉米植株是否发生幼苗矮化、畸形、心叶卷曲等药害症状。(2)杂草防效:在施药 15、30、45 d 时,每小区选定固定点样方 3 个,大小为 1 m<sup>2</sup>,调查各小区杂草株数、鲜质量,计算禾本科与阔叶杂草株防效和鲜质量防效,公式如下<sup>[22]</sup>: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%;鲜质量防效 = (对照区杂草鲜质量 - 处理区杂草鲜质量)/对照区杂草鲜质量 × 100%。

1.5.2 玉米叶片生理指标测定 分别在施药后 7、14、21 d 时,进行玉米叶片生理指标测定,其中丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑光化还原法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法;过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外吸收法<sup>[23]</sup>。

1.5.3 玉米叶片叶绿素含量测定 分别在施药后 7、14、21、28 d 时,选择不靠近边行的连续 10 株玉米用叶绿素测定仪(FK-LY01)测定主茎顶端三叶的叶绿素含量,并定位标记,之后每隔 7 d 测定 1 次。

1.5.4 玉米产量及构成因素测定 在玉米拔节期选择不靠近边行的连续 10 株进行株高、茎粗的测定;在玉米收获时每小区单独测定玉米穗粒数、百粒质量以及玉米产量,并进行公顷折算,取平均值。

### 1.6 数据处理与分析

采用 WPS 进行数据整理、计算与作图,采用 SPSS 19.0 利用新复极差法进行方差与多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 除草剂减量配合不同助剂对玉米田杂草株防效与鲜质量防效的影响

施药后 5 d,用肉眼观察到玉米植株没有发生幼苗矮化、畸形,心叶卷曲等药害症状,表明 26% 噻隆·异噁酮配合安融乐、激健对玉米生长无影响或影响较小。在进行杂草防效调查时发现,玉米田间杂草主要是马唐、牛筋草、狗尾草、马齿苋、铁苋菜、苘麻等,均在 26% 噻隆·异噁酮的杂草防治范围内,且发现不同处理对田间杂草防效有不同的影

响。由表 1 可知,T3、T5 处理的杂草株防效随着施药时间的延长呈逐渐上升的变化趋势,T1、T2、T4 处理呈先上升后下降的趋势,到施药后 45 d,T3 处理的杂草株防效最高,较其他处理分别提高 4.22% ~ 14.79%,显著高于除 T5 处理外的其他施药处理,T4 处理的杂草株防效最差。各处理的杂草鲜质量防效均随着施药时间的延长呈先上升后下降的趋势,到施药后 45 d 时,T3 处理的杂草鲜质量防效较其他处理分别显著提高 8.30% ~ 25.16%,T1、T2、T4 处理的杂草鲜质量防效均较差。

表 1 不同处理对玉米田间杂草株防效与鲜质量防效的影响

处理	株防效(%)			鲜质量防效(%)		
	施药后 15 d	施药后 30 d	施药后 45 d	施药后 15 d	施药后 30 d	施药后 45 d
T1	84.19 ± 4.39b	89.34 ± 3.29ab	87.70 ± 5.31b	76.10 ± 4.36b	76.18 ± 3.47bc	65.69 ± 3.22c
T2	83.31 ± 2.96b	89.42 ± 3.55ab	85.20 ± 3.92bc	72.66 ± 3.75c	74.33 ± 7.26c	65.86 ± 1.95c
T3	89.00 ± 5.18a	92.16 ± 6.18a	94.09 ± 4.83a	81.46 ± 2.92a	84.69 ± 5.62a	82.22 ± 2.26a
T4	81.27 ± 4.39b	86.46 ± 2.72b	82.19 ± 3.49c	71.75 ± 5.26c	73.65 ± 0.29c	66.56 ± 2.21c
T5	85.26 ± 6.61ab	89.98 ± 3.62ab	90.28 ± 7.11ab	79.14 ± 6.52ab	79.96 ± 4.38b	75.92 ± 3.69b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

### 2.2 除草剂减量配合不同助剂对玉米叶片部分生理指标的影响

#### 2.2.1 不同处理对玉米叶片叶绿素含量的影响

由图 1 可知,随着施药时间的延长,各处理叶片叶绿素 SPAD 值均呈逐渐增高的趋势,其中与 CK 处理相比,T1 处理的 SPAD 值显著下降,而除草剂减量配施助剂处理表现出不同的变化。其中施药后 7、14 d 时,除草剂减量配施助剂处理 SPAD 值均显著低于 CK 处理;施药后 21 d,T2、T4 处理 SPAD 值显著低于 CK 处理,而 T3、T5 处理 SPAD 值与 CK 处理均无显著性差异;施药后 28 d,除草剂减量配施助剂处理与 CK 处理均无显著性差异。在不同施药处理对比中可知,除草剂减量配施不同助剂处理的 SPAD 值较除草剂单施处理均可显著提高,其中施药后 28 d 时,T2、T3、T4、T5 处理 SPAD 值较 T1 处理分别显著提高 5.38%、10.32%、7.43%、9.69%,T3 处理叶绿素 SPAD 值最高。

#### 2.2.2 不同处理对玉米叶片丙二醛含量的影响

由图 2 可知,不同处理玉米叶片丙二醛含量随着施药时间的延长而逐渐升高。施药后 7 d,不同施药处理的 MDA 含量较 CK 处理显著提高 11.18% ~ 34.40%,其中 T1 处理 MDA 含量最高。施药后 14 d,除 T3 处理外,其余施药处理的 MDA 含量均显著高于 CK

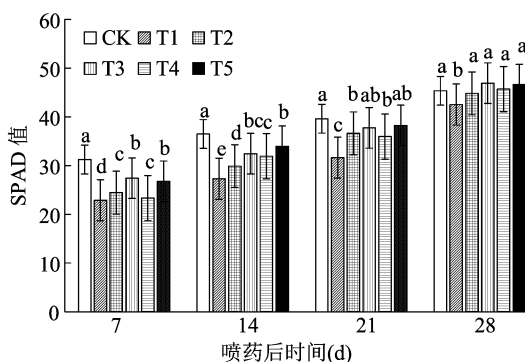


图 1 不同处理对玉米叶片 SPAD 值的影响

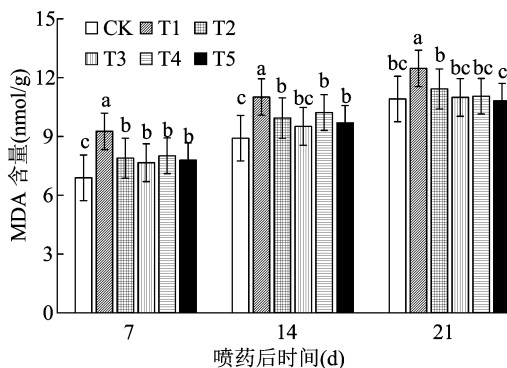


图 2 不同处理对玉米叶片 MDA 含量的影响

处理,T3 处理的 MDA 含量在所有施药处理中最低,较 T1 显著降低 13.62%,但与 T2、T4、T5 处理均无

显著性差异;施药后 21 d 时,除 T1 处理的 MDA 含量显著高于 CK 处理外,其他施药处理的 MDA 含量与 CK 处理相比均无显著性差异,而 T5 处理的 MDA 含量在所有施药处理中最低,较 T1 处理显著降低 13.23%,且显著低于 T2 处理,与 T3、T4 处理均无显著性差异。

**2.2.3 不同处理对玉米超氧化物歧化酶活性的影响** 由图 3 可知,不同处理玉米叶片超氧化物歧化酶活性随着施药时间的延长而先增高后降低,施药后 14 d, SOD 活性达到最大值。施药后 7 d, 施药处理的 SOD 活性较 CK 处理均显著提高,而与单施除草剂 T1 处理相比, T2、T3、T4、T5 处理的 SOD 活性分别显著降低 14.17%、18.07%、10.32%、18.35%,其中除草剂减量 30% 与助剂配施处理叶片 SOD 活性均明显高于相同除草剂减量 20% 与助剂配施处理;施药后 14 d, 与施药后 7 d 相比,各处理的 SOD 活性均有不同程度的提高,其中 T3、T5 处理的 SOD 活性与 CK 处理相比无显著性差异;施药后 21 d 时,与施药后 14 d 时相比,各处理的 SOD 活性均有不同程度的下降,在不同施药处理对比中可知, T2、T3、T4、T5 处理的 SOD 活性均显著低于 T1 处理,其中 T5 处理的 SOD 活性最低,但与 T2、T3、T4 处理间均无显著性差异。

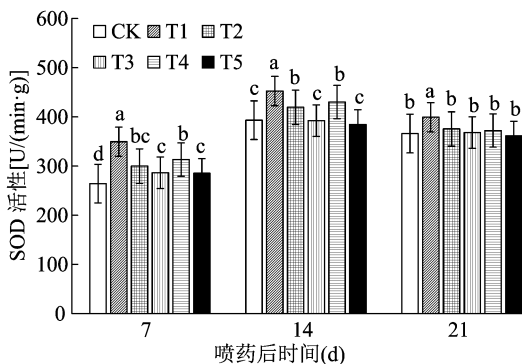


图3 不同处理对玉米叶片 SOD 活性的影响

#### 2.2.4 不同处理对玉米过氧化物酶活性的影响

由图 4 可知,不同处理玉米叶片过氧化物酶活性随着施药时间的延长而逐渐降低。施药后 7、14 d 时,不同施药处理 POD 活性均显著提高,其中 T1 处理最高,而 T2、T3、T4、T5 处理的 POD 活性较 T1 处理均显著降低;施药后 21 d 时,在不同施药处理对比中可知, T2、T3、T4、T5 处理的 POD 活性较 T1 处理分别显著降低 16.93%、30.21%、20.39%、35.52%, T5 处理下降幅度最大,与 CK 处理无显著差异。

#### 2.2.5 不同处理对玉米过氧化氢酶活性的影响

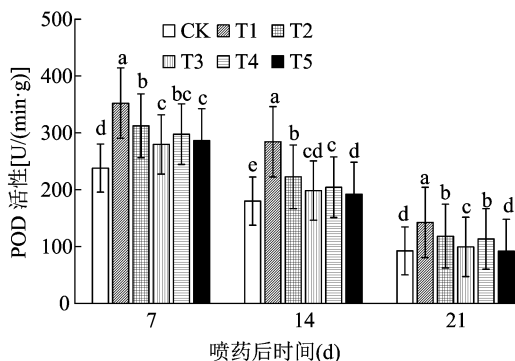


图4 不同处理对玉米叶片 POD 活性的影响

由图 5 可知,不同处理玉米叶片过氧化氢酶 (CAT) 活性随着施药时间的延长而逐渐降低。施药后 7、14 d 时,不同施药处理的 CAT 活性较 CK 处理均显著提高。在不同施药处理对比中可知, T1 处理的 CAT 活性显著高于 T2、T3、T4、T5 处理,说明与除草剂单施处理相比,除草剂减量配施不同助剂能够降低叶片的 CAT 活性,其中 T2、T3、T4、T5 处理的 CAT 活性喷药后 7、14 d 较 T1 处理分别显著降低 6.02%、22.29%、14.08%、16.63% 和 14.28%、22.27%、10.68%、24.86%;施药后 21 d,与 CK 处理相比, T1、T2、T4 处理的 CAT 活性显著提高, T3、T5 处理 CAT 活性下降,其中 T3 处理显著降低。而在不同施药处理对比中可知,与 T1 处理相比,不同除草剂减量与助剂配合处理的 CAT 活性均显著性下降,其中 T3 处理的 CAT 活性最低。

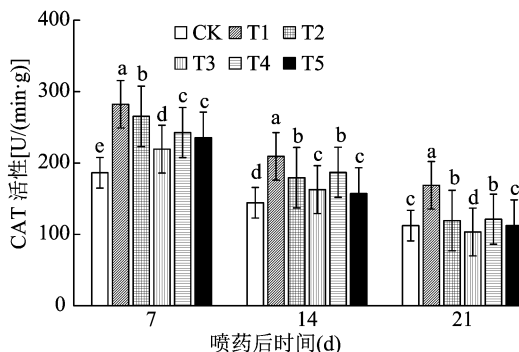


图5 不同处理对玉米叶片 CAT 活性的影响

#### 2.3 除草剂减量配合不同助剂对玉米农艺性状、产量及构成因素的影响

在玉米拔节期进行株高与茎粗的测定,发现不同施药处理玉米株高和茎粗表现出不同的变化。由表 2 可知,CK 处理玉米株高、茎粗均为最低值,说明如果不进行杂草防控,会对玉米的生长发育产生一定的负面影响,而不同施药处理对玉米株高、茎粗的提高都有一定的促进作用,其中 T3 处理的株

高、茎粗均为最高值,较其他施药处理分别提高 0.75%~5.24%、4.96%~7.98%。在玉米收获期进行产量及其构成因素测定发现,不同施药处理表现不同,其中 T3 处理的穗粒数为最大值,较其他处理分别提高 1.63%~8.19%,显著高于 CK 处理,而与其他处理相比均无显著性差异;T2 处理百粒质量

值最大,但不同处理间百粒质量均无显著性差异;T3 处理的玉米产量最高,较 CK 处理显著提高 24.59%,较其他施药处理分别提高 3.87%~15.72%,显著高于 T1、T2 处理,不同除草剂减量与助剂配施处理的玉米产量均显著高于除草剂单施处理。

表 2 不同处理对玉米农艺性状、产量及构成因素的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	穗粒数 (粒/穗)	百粒质量 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	较 CK 增产率 (%)
CK	37.54 ± 1.95c	17.36 ± 0.85c	535.68 ± 20.12b	35.42 ± 1.65a	10 425.84 ± 729.5d	
T1	39.53 ± 3.57b	18.65 ± 0.95b	564.72 ± 9.92ab	35.77 ± 1.91a	11 225.51 ± 696.2c	7.67
T2	39.62 ± 3.25ab	18.65 ± 0.86b	562.14 ± 19.21ab	35.93 ± 3.26a	11 975.69 ± 886.5b	14.87
T3	41.60 ± 1.22a	19.89 ± 0.59a	579.56 ± 12.33a	35.91 ± 1.26a	12 989.62 ± 565.6a	24.59
T4	39.99 ± 1.26ab	18.42 ± 1.61b	555.36 ± 16.52ab	35.62 ± 2.68a	12 265.32 ± 902.3ab	17.64
T5	41.29 ± 2.12ab	18.95 ± 1.26ab	570.25 ± 8.65a	35.52 ± 2.37a	12 505.87 ± 756.3ab	19.95

3 讨论

除草剂通常选择性地干扰与抑制某些杂草的生理代谢致使其死亡,具有明显的特异性,因此除草剂的选择与使用剂量对杂草防治效果和作物安全性具有重要的影响<sup>[24-27]</sup>。激健是多元醇类非离子表面活性剂,主要通过降低药液表面张力,促进药液铺展和渗透,进而提高除草剂药效<sup>[28]</sup>;而安融乐是新型生物助剂,通过其独有的泡囊结构包裹药液,降低药液表面张力,促进药液的吸收与传导,进而提高除草剂药效<sup>[15]</sup>。本研究结果表明,26% 噻隆·异噁酮减量 20% 配施安融乐处理的杂草株防效与鲜质量防效均最高,到施药后 45 d,其株防效与鲜质量防效较其他处理分别提高 4.22%~14.79%、8.30%~25.16%,除株防效与 26% 噻隆·异噁酮减量 20% 配施激健处理差异不显著外,与其他施药处理的株防效与鲜质量防效差异均达到显著性水平。与除草剂单施处理相比,施药 45 d 时,26% 噻隆·异噁酮减量 30% 配施激健、安融乐处理株防效均降低,而其他除草剂减量与助剂配施处理的株防效与鲜质量防效均不同程度地升高。分析认为,有可能是除草剂减药幅度过大,助剂提升的药效不足以抵消除草剂的减药幅度,致使其药效减弱;也有可能是除草剂减量在一定剂量范围内能够杀死某些杂草,而对另一些杂草的毒害作用可能会降低<sup>[29]</sup>。由此可知,26% 噻隆·异噁酮减量 20% 配施安融乐、激健均能够提高玉米田间杂草防效,其中 26% 噻隆·异噁酮减量 20% 与安融乐组合

表现较好。

除草剂在有效控制杂草的同时,也会对作物生理生化产生较大影响。已有研究表明,除草剂的使用会影响小麦、高粱等作物的生长发育与生理代谢<sup>[30-31]</sup>。本研究结果表明,与 CK 处理相比,施药处理均可降低玉米叶片叶绿素 SPAD 值,而在不同施药处理对比中发现,除草剂减量与助剂配施处理较除草剂单施处理提高了叶片叶绿素 SPAD 值,其中施药后 21 d 时,26% 噻隆·异噁酮减量 20% 配施安融乐、激健处理叶绿素 SPAD 值显著高于 26% 噻隆·异噁酮常规剂量单施处理。CK 处理叶绿素 SPAD 值随着施药时间的延长而逐渐低于除草剂处理,杂草丛生使得玉米生存空间遭到掠夺,使得玉米植株矮小,发育不良,进而影响玉米的产量。可见,除草剂会导致玉米叶片叶绿素 SPAD 值下降。分析认为,可能是除草剂持续的胁迫导致活性氧快速积累,使得植物细胞膜受损,加快叶绿素分解<sup>[32]</sup>,进而表现出叶绿素含量下降。而除草剂减量配施安融乐、激健助剂较除草剂单施能够明显提高玉米叶片 SPAD 值,其中除草剂减量 20% 效果好于除草剂减量 30%。

当作物受到外界胁迫危害时,细胞膜结构受损,发生膜脂过氧化作用,产生丙二醛,使体内活性氧清除系统中的抗氧化酶被激活,从而抵御外界不良环境的侵害<sup>[33-34]</sup>。本研究结果表明,与 CK 处理相比,使用除草剂能够提高玉米叶片 MDA 含量以及 SOD、POD、CAT 活性,而除草剂减量配施安融乐、激健助剂较除草剂单施能够降低玉米叶片的 MDA

含量以及 SOD、POD、CAT 活性,其中施药后前期,除草剂减量与助剂配施处理的 MDA 含量以及抗氧化酶活性较 CK 处理均可显著提高,但随着施药时间的延长,其差距逐渐减小。而施药后 21 d,在不同施药处理对比中发现,除草剂减量 20% 配施激健助剂处理的 MDA 含量、SOD 活性、POD 活性以及除草剂减量 20% 配施安融乐助剂的 CAT 活性为最低值,显著低于单施除草剂处理。分析认为,玉米植株受到除草剂的影响激发了体内活性氧清除系统,启动了自我保护机制,使得 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量出现应激性升高,清除体内过多的  $H_2O_2$ ,使自由基维持在一个较低的水平,从而避免细胞膜受到损伤,而除草剂减量与助剂配施能够在保障除草效果的基础上,减小除草剂带来的胁迫危害,使得玉米叶片 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量降低,说明除草剂减量与助剂配施能够减小除草剂对玉米叶片的不利影响,其中 26% 噻隆·异噁酮减量 20% 与安融乐组合表现较好。

#### 4 结论

与除草剂 26% 噻隆·异噁酮单施相比,除草剂减量 20% 与不同助剂配施能够提高玉米田杂草株防效与鲜质量防效,其中除草剂减量 20% 与安融乐配施除草效果最好;除草剂减量与不同助剂配施均能够提高叶绿素 SPAD 值以及玉米产量,其中除草剂减量 20% 与安融乐配施处理玉米产量较 CK 处理显著提高 24.59%;除草剂减量配施安融乐、激健助剂能够减轻或缓解除草剂对叶片 MDA 含量积累以及降低其 SOD、POD、CAT 活性,能够有效缓解除草剂带给玉米植株的胁迫危害;由此可知,除草剂减量与不同助剂配施对杂草防效及玉米生理代谢会产生不同的影响,其中 26% 噻隆·异噁酮减量 20% 与安融乐组合表现较好。

#### 参考文献:

- [1] 李香菊,崔海兰,陈景超,等. 东北玉米田除草剂减施增效技术途径探讨[J]. 玉米科学,2021,29(3):92-99.
- [2] 博文静,郭立月,李 静,等. 不同耕作与施肥方式对有机玉米田杂草群落和作物产量的影响[J]. 植物学报,2012,47(6):637-644.
- [3] 杨继芝,龚国淑,张 敏,等. 密度和品种对玉米田杂草及玉米产量的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(S1):1037-1041.
- [4] 郭文磊,冯 莉,崔 烨,等. 30% 烟嘧磺隆·莠去津·硝磺草酮可分散油悬浮剂对甜玉米田杂草的防效及安全性[J]. 玉米科学,2020,28(4):178-183.
- [5] 刘君良,刘伟堂,李小芳,等. 苯唑草酮等 3 种除草剂对不同玉米品种的安全性[J]. 农药,2011,50(6):426-427,435.
- [6] 甘 林,卢学松,兰成忠,等. 九种除草剂对玉米田杂草的防除效果及其安全性评价[J]. 农药学报,2020,22(3):468-476.
- [7] 夏 文,袁善奎,聂东兴,等. 玉米田除草剂登记情况及趋势分析[J]. 农药科学与管理,2016,37(8):14-18.
- [8] 谢志坚,李海蓝,徐昌旭,等. 两种除草剂的土壤生态效应及其对后茬作物生长的影响[J]. 土壤学报,2014,51(4):880-887.
- [9] Rahman A, Dowsett C A, Trolove M R, et al. Soil residual activity and plantback periods for the herbicides saflufenacil and topramezone [J]. New Zealand Plant Protection, 2014, 67:298-303.
- [10] Bagavathiannan M V, Davis A S. An ecological perspective on managing weeds during the great selection for herbicide resistance [J]. Pest Management Science, 2018, 74(10):2277-2286.
- [11] 董改改,慕小倩,汪梦竹,等. 广佳安对油菜芽苗根系形态结构及生理指标的影响[J]. 中国油料作物学报,2015,37(2):206-213.
- [12] 任瑞玉,何继红,董孔军,等. 3 种除草剂对糜子田间杂草的防除效果[J]. 甘肃农业科技,2018(10):55-57.
- [13] 冯 煜,赵颖楠,林瑞端,等. 除草剂配施安全剂对土壤酶活性与糜子根系生理代谢的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(23):117-123.
- [14] 韩世栋. 苯磺隆防除夏玉米田阔叶杂草的可行性研究[D]. 泰安:山东农业大学,2005.
- [15] 程文超,李光宁,相世刚,等. 安融乐对 2 种除草剂防除冬小麦田禾本科杂草的增效作用[J]. 杂草学报,2019,37(1):64-70.
- [16] 冯春水,尹惠平,杨 锐,等. 激健在稻田农药减量控害中的应用效果[J]. 中国植保导刊,2016,36(4):61-64.
- [17] 李 瑾,刘 秀,金晨钟,等. 酰胺类除草剂安全剂作用机理及研究应用进展[J]. 现代农业科技,2016(21):107-109,114.
- [18] 万红梅,王双全,谢彦林. 5 种药剂与杰效利混用对核桃褐斑病的田间防效试验[J]. 中国果树,2018(2):42-43,49.
- [19] 黄耀亮,高吉良,汤明强. 水稻病虫草害防治应用激健助剂与农药混配减量试验[J]. 浙江农业科学,2017,58(10):1727-1728.
- [20] 朱玉永,赵冰梅,张 强,等. 添加不同喷雾助剂对早熟棉区除草剂减量增效的影响[J]. 新疆农业科学,2021,58(7):1291-1296.
- [21] 田志慧,袁国徽,高 萍,等. 不同喷雾助剂对稻田除草剂减量作用的研究[J]. 植物保护,2020,46(3):297-302.
- [22] 杨育峰,李君霞,代小冬,等. 5 种除草剂对甘薯田间杂草的防除效果[J]. 河南农业科学,2013,42(7):88-90.
- [23] 邹 琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [24] 张 勇,周 超,马 冲,等. 9 种茎叶处理除草剂除草活性及对姜的安全性[J]. 杂草学报,2020,38(3):45-51.
- [25] 王俊红,裴雪霞,党建友,等. 两种除草剂及其用量对小麦生长发育及旗叶抗氧化酶活性的影响[J]. 作物杂志,2017(3):157-161.

姜宇,陶猛,张雪,等. 外源 *L*-苯丙氨酸对番茄幼苗生长及根系形态的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(22):131-138.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.22.019

# 外源 *L*-苯丙氨酸对番茄幼苗生长及根系形态的影响

姜宇,陶猛,张雪,吴凤芝

(东北农业大学园艺园林学院,黑龙江哈尔滨 150030)

**摘要:***L*-苯丙氨酸作为植物必须的一种芳香族氨基酸,参与植物的多种生理生化过程。近年来的研究表明,*L*-苯丙氨酸可以促进植物生长,但对番茄幼苗生长的影响仍缺乏系统研究。为探明 *L*-苯丙氨酸对番茄幼苗生长指标及根系形态的调控作用,培育番茄壮苗,提高育苗效率,以东农 708 番茄为试材,采用盆栽土培和体外平板试验,设置 6 个不同浓度的 *L*-苯丙氨酸溶液(0.5、2.0、10.0、50.0、100.0、200.0  $\mu\text{mol/L}$ ),以清水作为对照组(0  $\mu\text{mol/L}$ ),对番茄幼苗生长指标及根系形态进行分析。结果表明,盆栽土培条件下,灭菌与不灭菌土壤外源添加 0.5、2.0、10.0、50.0、100.0  $\mu\text{mol/L}$  的 *L*-苯丙氨酸处理与 0  $\mu\text{mol/L}$  处理相比均显著增加了番茄幼苗的地上部干质量、地下部干质量、全株干质量、根表面积及壮苗指数( $P < 0.05$ );随着 *L*-苯丙氨酸浓度的增加,各指标总体呈增加趋势,100  $\mu\text{mol/L}$  处理与 0  $\mu\text{mol/L}$  处理相比,在 0.00~0.50 mm 直径范围内的根长、根表面积、根体积均显著增加;在平板试验中,10.0、50.0  $\mu\text{mol/L}$  处理在 3、5、7 d 的番茄幼苗的全株鲜质量、株高、根长均显著高于 0  $\mu\text{mol/L}$  处理。综上所述,*L*-苯丙氨酸对番茄幼苗的生长具有直接的促进作用,为番茄壮苗的培育提供了新思路,其中以添加 *L*-苯丙氨酸 50  $\mu\text{mol/L}$  和 100  $\mu\text{mol/L}$  处理效果最优。

**关键词:***L*-苯丙氨酸;番茄;幼苗生长;根系形态;壮苗指数

**中图分类号:**S641.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)22-0131-08

苯丙氨酸(Phe)是植物必需的一种芳香族氨基酸<sup>[1]</sup>,也称 *D,L*- $\alpha$ -氨基- $\beta$ -苯基丙酸,其中具有生物活性的光学异构体为 *L*-苯丙氨酸(*L*-Phe)<sup>[2]</sup>。它最开始在 1879 年从羽扇豆幼苗中被发现并从中分离出来,接着于 20 世纪初从动物性蛋白

质中被成功分离得到。*L*-苯丙氨酸在各种生物合成途径中发挥着重要作用,是合成木质素、香豆素、生物碱、黄酮、异黄酮等次生物质的前体<sup>[3-6]</sup>。植物次生代谢产物合成的重要途径之一就是苯丙烷类代谢途径,主要包括苯丙氨酸代谢及下游分支的其他次生代谢产物的合成。植物体内含苯丙烷骨架的物质都是以 *L*-苯丙氨酸为合成前体,通过苯丙烷类代谢途径的直接或间接产物<sup>[7]</sup>。Rahmani Samani 等研究发现,将 *L*-苯丙氨酸喷施在鼠尾草叶面上,增加了鼠尾草的鲜质量及干质量,提高了鼠尾草叶片的叶绿素含量及含氧单萜含量,促进了

收稿日期:2022-01-01

作者简介:姜宇(1996—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,主要从事设施蔬菜栽培与生理生态研究。E-mail:jiangyu960605@163.com。

通信作者:吴凤芝,博士,教授,博士生导师,研究方向为设施蔬菜栽培生理与生态。E-mail:fzwu2006@aliyun.com。

[26]李秉华,刘小民,许贤,等. 氟噻草胺在大豆田的除草效果和安全性[J]. 杂草学报,2020,38(3):68-72.

[27]苏旺苍,孙兰兰,吴仁海,等. 不同助剂和喷头对烟嘧·莠去津的防效及安全性的影响[J]. 杂草学报,2021,39(1):43-49.

[28]李子璐,张晨辉,郭勇飞,等. 喷雾助剂对茎叶处理除草剂的增效机制及应用研究进展[J]. 农药学报,2021,23(2):245-258.

[29]蒋欣东,康晓慧,陈万权,等. 除草剂减量与激健混施对麦田杂草防效及产量特征影响[J]. 江西农业大学学报,2021,43(1):33-41.

[30]王正贵,封超年,郭文善,等. 麦田常用除草剂对弱筋小麦生理

生化特性的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(6):1027-1032.

[31]丁超,张建华,白文斌,等. 高粱田常用除草剂对高粱生理生化及产量品质的影响[J]. 作物杂志,2017(5):149-155.

[32]黄玉梅,邓楚璇,李建平,等. 除草剂对高羊茅和马蹄金种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 草业科学,2020,37(5):872-881.

[33]史莹华,张伟毅,于晓丹,等. 光周期对紫花苜蓿 SOD、POD 活性的影响[J]. 草原与草坪,2009,29(1):74-77.

[34]陈少裕. 膜脂过氧化与植物逆境胁迫[J]. 植物学通报,1989,24(4):211-217.