

3 种除草剂对寒地水稻的生理效应研究

周 通¹, 陆文静¹, 王 艳², 陈书强^{1*},
张淑华¹, 关世武¹, 王 翠¹

(1. 黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所, 佳木斯 154026; 2. 黑龙江大学, 哈尔滨 150080)

摘要 为了筛选出适宜在寒地粳稻本田使用的除草剂, 采用田间小区试验进行了 3 种除草剂 2 个施用剂量对水稻生理指标影响的试验, 结果表明: 3 种除草剂对水稻氮代谢、抗逆性、形态特征和产量构成等影响各异, 与清水对照比, 30% 莎稗磷 EC 显著增加水稻前期 MDA 含量, 并显著降低水稻前期的 NR 活性、收获期有效分蘖数、穗长和小穗数; 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 高剂量处理效果相近, 均对水稻体内的 NR 活性、MDA 含量影响较小, 但显著增加了穗粒数和穗粒重。粳稻本田施用 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 高剂量处理效果好于 30% 莎稗磷 EC, 与后者相比, 施用 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 高剂量可诱导植株的 NR、GS、CAT 活性显著增加, 而 MDA 含量显著降低, 这种效果一直延续到生长后期, 使穗长、小穗数、穗粒重及稻谷产量均得到显著增加。

关键词 水稻; 莎稗磷; 丁草胺; 丙草胺; 生理特征; 产量构成因素

中图分类号: S 451. 21 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 3969/j. issn. 0529 - 1542. 2016. 02. 020

Effects of three herbicides and applying doses on japonica rice in cold regions

Zhou Tong¹, Lu Wenjing¹, Wang Yan², Chen Shuqiang¹, Zhang Shuhua¹, Guan Shiwu¹, Wang Cui¹

(1. Jiamusi Rice Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154026, China;

2. Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract In order to select a suitable herbicide for japonica rice in cold regions of the Northeast China, the field trial was conducted by a design of three kinds of herbicides and two doses. The results showed that the effects of different herbicides on nitrogen metabolism, stress resistance, morphological characteristics and yield components were distinct. To compare with control, anilofos 30% EC damaged cell membrane, significantly increased content of MDA, lowered NR activity, effective tiller number, ear length, and spikelet number per ear. The butachlor 60% EC and pretilachlor 50% EC had similar effects on japonica rice; they had little influence on NR activity and MDA content, but could significantly increase the number and weight of grain per ear. Among the three kinds of herbicides, both butachlor 60% EC and pretilachlor 50% EC had better effects on japonica rice than anilofos 30% EC. Compared to the anilofos 30% EC, the high-dose of the butachlor 60% EC and pretilachlor 50% EC not only increased the enzyme activity of NR, GS and CAT, and significantly decreased MDA content in early rice tissue, but also significantly increased ear length, spikelet number per ear, kernel weight per ear and the grain yield at harvest.

Key words rice; anilofos; butachlor; pretilachlor; physiological characteristics; yield component

施用除草剂是现代水稻生产上不可或缺的重要技术环节之一。20 世纪 80 年代开始大面积应用除草剂以来, 对劳动力的解放、杂草的控制、水稻种植面积的扩大等起到了巨大的推动作用。但由于施用剂量、施用时期、环境条件的影响, 除草剂经常对水稻生长发育产生负效应^[1-2]。在除草效果相同的条件下, 不

同除草剂种类对水稻的生长发育抑制作用各异^[3], 研究表明, 异丙甲草胺^[4]、乙草胺、二氯喹啉酸与吡嘧磺隆的复配剂^[5]均可致水稻植株矮化; 15% 乙草胺可湿性粉剂(田草光)、18% 苄·乙·甲可湿性粉剂(田草净; 其中乙草胺 16%, 苄嘧磺隆 1. 2%, 甲磺隆 0. 8%)、15% 苄·甲·乙可湿性粉剂(乐草隆; 其中含 14% 乙

收稿日期: 2015 - 02 - 13 修订日期: 2015 - 04 - 24

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2014BAD01B03 - 03); 黑龙江省应用技术与开发计划科技重大项目(GA14B102)

* 通信作者 E-mail: chenshuqiang@163. com

草胺, 0.8% 苄嘧磺隆和 0.2% 甲磺隆) 可导致水稻生长缓慢、无效分蘖增多, 有效穗数减少、千粒重下降^[3]; 苯噻草胺对水稻活性氧清除系统^[6]、莎稗磷对叶绿素和根系活力^[7]等生理生化性状均可产生不同程度的抑制作用。因此在水稻本田除草剂的应用上, 筛选适宜的除草剂种类和剂量对水稻生产尤为重要。本试验就寒地水稻生产上常用的 3 种除草剂对水稻的生长发育、代谢生理、产量及构成因素的影响进行了研究, 旨在为寒地水稻除草剂的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和材料

试验地点设在哈尔滨市松北区万宝镇, 土壤有机质含量 28.2 g/kg, 碱解氮(N) 97 mg/kg, 速效磷(P_2O_5) 13 mg/kg, 速效钾(K_2O) 158 mg/kg, pH 6.58。选用 3 种除草剂, 即 60% 丁草胺乳油(吉林金秋农药有限公司生产)、30% 莎稗磷乳油(吉林省长春市市长双农药有限公司生产)和 50% 丙草胺乳油(江苏华农生物化学有限公司生产), 试验所用的水稻品种为‘东农 428 号’。

1.2 试验设计与方法

采用田间小区试验, 共设 7 个处理: ① 60% 丁草胺 EC 1 500 mL/hm²; ② 60% 丁草胺 EC 3 000 mL/hm²; ③ 30% 莎稗磷 EC 900 mL/hm²; ④ 30% 莎稗磷 EC 1 800 mL/hm²; ⑤ 50% 丙草胺 EC 900 mL/hm²; ⑥ 50% 丙草胺 EC 1 800 mL/hm²; ⑦ 清水对照 (CK)。每处理 3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 15 m², 小区采用 PVC 塑料挡板隔水。泡田后, 各小区均施等量的 N 80 kg/hm², P_2O_5 60 kg/hm², K_2O 75 kg/hm², 在插秧后 10 d 和 40 d 各追施 N 60 kg/hm², 其中氮肥用硫酸铵(含 N 21%), 磷肥用磷酸一铵(含 N 11%, P_2O_5 47%), 钾肥用硫酸钾(含 K_2O 50%)。除草剂的施用采用喷雾法, 即按上述处理每公顷兑水 450 L, 用山东卫士储压型喷雾器, 圆锥喷头, 手动甩喷, 操作压力 0.2~0.4 MPa, 第 1 次施药在插秧前 5 d, 水层 3~5 cm, 之后保持水层自然沉降, 第 2 次施药在插秧后 10 d, 施药后保持 3~5 cm 水层 5~7 d, 10 d 内稻田落干时应立即补水, 勿使水层淹没稻苗心叶。

1.3 测定项目

氮代谢相关酶活性测定: 在施药后 5 d 开始测定植株地上部硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)活性, 其中 NR 活性采用离体法^[8], 其活性由

单位鲜重植物体内该酶在单位时间内催化硝酸盐还原为亚硝酸盐的量表示; GS 酶粗提液的提取参照文献^[9], GS 活性测定采用南京建成生物工程研究所提供的 50T 试剂盒法, 其活性由酶活性单位表示, 即一个酶活性单位是每 mg 该酶在 37 °C 下每小时催化谷氨酰胺和羟胺生成 1 μ mol 的 γ -谷氨酰氧肪酸。

抗性相关指标: 在施药后 5 d 开始测定植株地上部的丙二醛(MDA)含量、过氧化氢酶(CAT)活性, 其中 MDA 含量的测定参照文献^[8], 其含量由单位植株鲜重中 MDA 的微摩尔数表示; CAT 活性测定采用紫外比色法^[10], 其活性用每克鲜重植物样品 1 min 内分解 H_2O_2 的毫克数表示。

产量及构成因素: 在小区不同区域随机选取 10 穴, 在网室内风干后测定其株高、穗长、每穗小穗数、穗粒数、穗粒重等性状, 并计算理论产量。

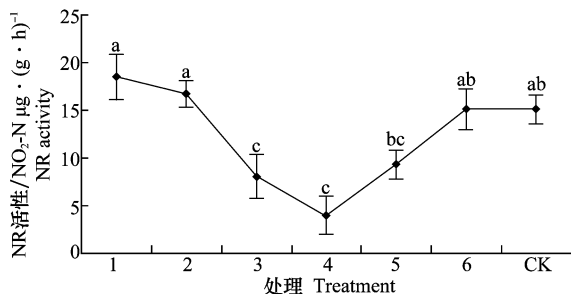
1.4 统计分析

试验数据为 3 次重复的平均值, 所有试验数据的整理和图表的制作采用 Microsoft Excel 2007, 数据的方差分析、多重比较采用 DPS V 7.05。

2 结果与分析

2.1 除草剂对氮代谢相关酶的影响

不同除草剂和施用量对水稻叶片中硝酸还原酶(NR)活性的影响差异显著, 施药后第 5 天的测定结果(图 1)表明, 60% 丁草胺 EC 1 500 mL/hm² 和 3 000 mL/hm² 及 50% 丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 与清水对照 NR 活性相近, 30% 莎稗磷 EC 两个剂量 NR 活性均显著低于对照及 60% 丁草胺 EC 的两个剂量和 50% 丙草胺 EC 1 800 mL/hm²。



1: 60% 丁草胺 EC 1 500 mL/hm²; 2: 60% 丁草胺 EC 3 000 mL/hm²; 3: 30% 莎稗磷 EC 900 mL/hm²; 4: 30% 莎稗磷 EC 1 800 mL/hm²; 5: 50% 丙草胺 EC 900 mL/hm²; 6: 50% 丙草胺 EC 1 800 mL/hm²; CK: 清水对照。下同
1: 60% Butachlor EC 1 500 mL/hm²; 2: 60% Butachlor EC 3 000 mL/hm²; 3: 30% Anilofos EC 900 mL/hm²; 4: 30% Anilofos EC 1 800 mL/hm²; 5: 50% Pretilachlor EC 900 mL/hm²; 6: 50% Pretilachlor EC 1 800 mL/hm²; CK: Water. The same below

图 1 除草剂对水稻硝酸还原酶活性的影响

Fig. 1 Effects of herbicides on the activity of NR in rice leaves

谷氨酰胺合成酶(GS)是植物氮代谢的另一个关键酶,施用3种除草剂后GS活性均比清水对照有所增加,但不同处理对GS活性的促进作用不同,和NR活性的表现一样,30%莎稗磷EC两个浓度处理的GS活性最低,与清水对照比差异不显著,其中30%莎稗磷EC 900 mL/hm²处理与60%丁草胺EC和50%丙草胺EC各浓度处理之间GS活性差异显著,而30%莎稗磷EC 1 800 mL/hm²处理仅与60%丁草胺EC两个浓度以及50%丙草胺EC 1 800 mL/hm²处理之间GS活性差异达到显著水平;60%丁草胺EC和50%丙草胺EC 4个处理GS活性均显著高于对照(图2)。

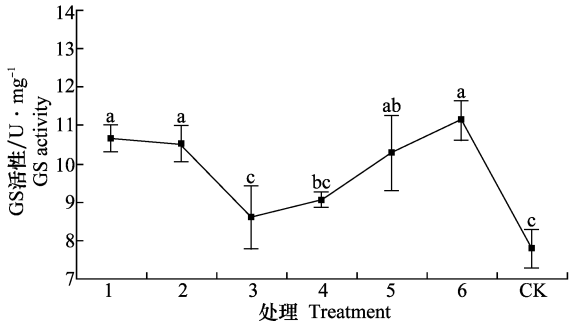


图2 除草剂对水稻谷氨酰胺合成酶活性的影响
Fig. 2 Effects of herbicides on the activity of GS in rice leaves

2.2 除草剂对水稻抗性生理的影响

植物受到环境胁迫后体内的抗性代谢会异常活跃,喷施3种除草剂后,水稻过氧化氢酶(CAT)活性除了60%丁草胺EC 1 500 mL/hm²处理外均呈现不同程度的增加,其中60%丁草胺EC 3 000 mL/hm²处理和50%丙草胺EC 1 800 mL/hm²处理的CAT活性最高,与清水对照和其他处理相比均达到显著水平。30%莎稗磷EC两个浓度以及50%丙草胺EC 900 mL/hm²处理的CAT活性比60%丁草胺EC 1 500 mL/hm²处理和清水对照显著增加(图3)。和CAT活性表现一样,施用3种除草剂后,水稻叶片中丙二醛(MDA)含量均比清水对照有不同程度的增加,但不同施药处理之间的表现和CAT活性正相反,MDA含量相对较高的是30%莎稗磷EC两个浓度处理,其中30%莎稗磷EC 1 800 mL/hm²处理显著高于对照和60%丁草胺EC和50%丙草胺EC各浓度处理;30%莎稗磷EC 900 mL/hm²处理与清水对照和60%丁草胺EC两个浓度及50%丙草胺EC 1 800 mL/hm²处理之间差异显著;50%丙草胺EC 900 mL/hm²处理的MDA含量明显高

于对照,但与60%丁草胺EC两个浓度和50%丙草胺EC 1 800 mL/hm²处理间差异不显著(图4)。

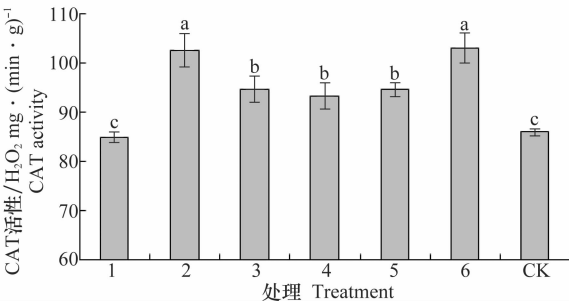


图3 除草剂对水稻过氧化氢酶活性的影响
Fig. 3 Effects of herbicides on the activity of CAT in rice leaves

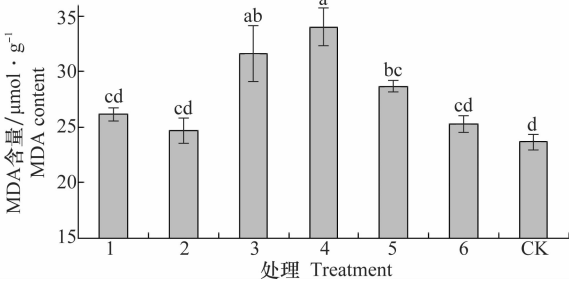


图4 除草剂对水稻丙二醛含量的影响
Fig. 4 Effect of herbicides on the content of MDA in rice leaves

2.3 除草剂对水稻形态特征的效应

图5和图6是收获期各除草剂处理的水稻株高和有效分蘖数的调查结果。在移栽前的封闭和移栽后10 d的二次除草剂的应用对株高反倒有促进的趋势,各处理株高均比对照有所增加,特别是60%丁草胺EC 1 500 mL/hm²处理与清水对照相比达到了显著水平(图5)。与对照相比,不同药剂对有效分蘖数的影响(图6)表现为,60%丁草胺EC和50%丙草胺EC各处理下有效分蘖数较多,但与其他处理和对照相比没有达到显著水平;30%莎稗磷EC两个浓度处理的有效分蘖数较少,与60%丁草胺EC各处理及清水对照相比差异显著。

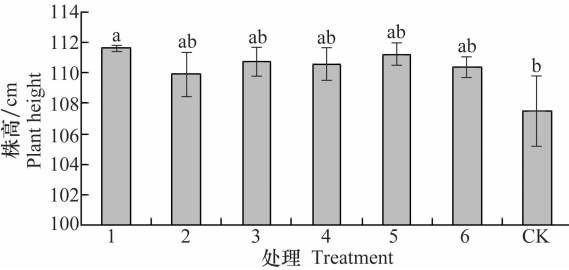


图5 除草剂对水稻株高的影响
Fig. 5 Effect of herbicide on plant height of rice

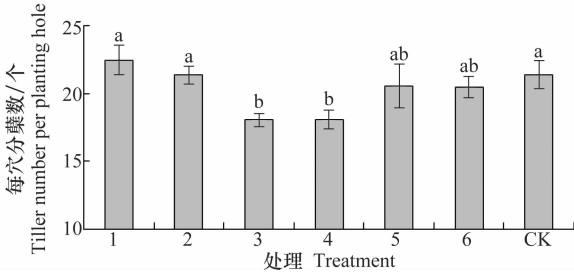


图 6 除草剂对水稻有效分蘖数的影响

Fig. 6 Effect of herbicides on the effective tiller number of rice

2.4 除草剂对水稻产量及产量构成因素的影响

2.4.1 对产量构成因素的效应

由图 7 可见,30%莎稗磷 EC 900、1 800 mL/hm² 及 50%丙草胺 EC 900 mL/hm² 处理的穗长相近,均显著短于对照及 60%丁草胺 EC 3 000 mL/hm² 和 50%丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 处理,后两者穗长均比对照有所增加,但未达到显著水平。施用除草剂对水稻小穗数的形成有一定的抑制作用(图 8),其中 30%莎稗磷 EC 900、1 800 mL/hm² 处理对小穗数形成的抑制最重,小穗数显著低于对照及 60%丁草胺 EC 3 000 mL/hm² 和 50%丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 处理。与清水对照相比,3 种除草剂的施用,无论剂量高低,均对水稻的穗粒数有正效应,其中 60%丁草胺 EC 3 000 mL/hm² 和 50%丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 处理后穗粒数增加明显,与清水对照相比达到显著水平(图 9)。同时,上述 2 个处理能使水稻每穗的穗粒重大幅增加,与清水对照及 30%莎稗磷 EC 900、1 800 mL/hm² 和 50%丙草胺 EC 900 mL/hm² 处理相比均有显著差异(图 10)。

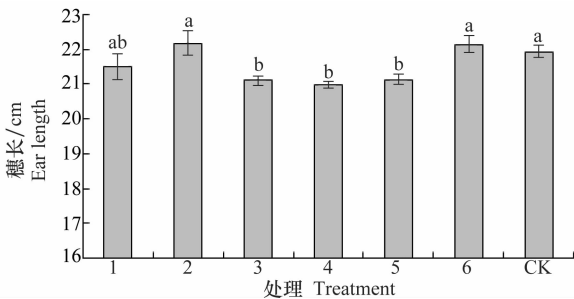


图 7 除草剂对水稻穗长的影响

Fig. 7 Effects of herbicides on the ear length of rice

2.4.2 对水稻经济系数和稻谷产量的效应

谷草比是作物经济系数的重要指标,图 11 结果显示,50%丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 处理的谷草比最高,与对照相比差异显著。30%莎稗磷 EC 900 mL/hm² 处理的谷草比最小,显著低于对照。其他处理

与对照比差异均不显著。

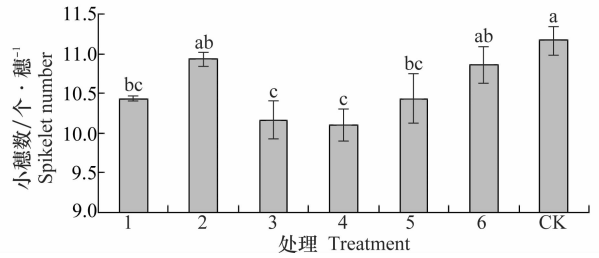


图 8 除草剂对水稻每穗小穗数的影响

Fig. 8 Effects of herbicides on the spikelet number per rice ear

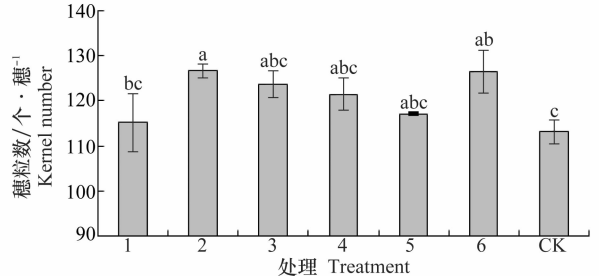


图 9 除草剂对水稻穗粒数的影响

Fig. 9 Effects of herbicides on kernel number of rice ear

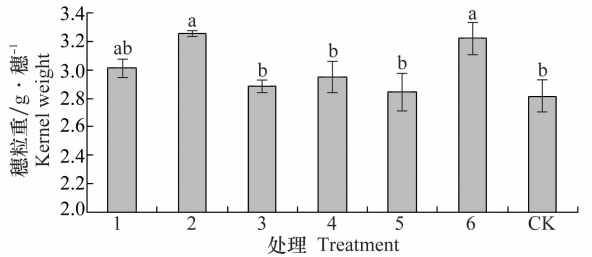


图 10 除草剂对水稻穗粒重的影响

Fig. 10 Effects of herbicides on the kernel weight of rice ear

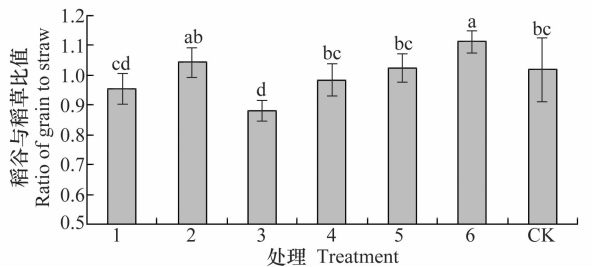


图 11 除草剂对谷草比的影响

Fig. 11 Effects of herbicides on the grain straw ratio of in rice

收获期稻谷产量是各除草剂处理效果的最终体现,从图 12 看出,30%莎稗磷 EC 两个处理比对照减产,其他 4 个处理则有增产作用,其中 60%丁草胺 EC 3 000 mL/hm² 和 50%丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 增产幅度相比对照和 30%莎稗磷 EC 各处理均达到显著水平。

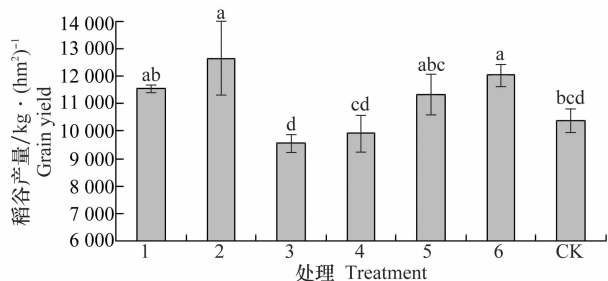


图 12 除草剂对水稻稻谷产量的影响

Fig. 12 Effects of herbicides on grain yield of rice

3 讨论

施用除草剂后往往在表观症状还未出现时就已经对作物的一些生理代谢过程产生影响,本试验证明,施用 3 种除草剂对本田水稻植株的生理代谢均有一定影响,其中氮代谢酶中的 NR 活性受 30% 莎稗磷 EC 及 50% 丙草胺 EC 低剂量处理的影响显著,这与文献报道一致^[2,11],而 60% 丁草胺 EC 及 50% 丙草胺 EC 高剂量处理对 NR 活性基本没有影响。GS 活性在 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 的作用下显著提高,这主要是氮代谢受阻后诱导体内 GS 活性的增加,以尽快消除氮积累产生的危害,GS 活性越高,消除氮积累的能力越强,本试验中 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 处理的 GS 活性显著高于 30% 莎稗磷 EC,说明其对氮代谢的阻碍更小,这与 NR 的活性结果是一致的。

表征水稻对逆境抗性的性状指标是除草剂对水稻安全性的量度标准之一。李广信等在旱稻上施用扑草净^[12]、赵长山等在粳稻上施用莎稗磷^[11],后均诱导水稻体内 SOD 活性的提高。和 SOD 一样,本试验测定的 CAT 属于防御性酶,施用 3 种除草剂均显著诱导了水稻 CAT 活性的提高,这与以往的研究结果是一致的。MDA 含量是植株组织细胞质膜在逆境条件下受破坏程度的反映,含量越高,表明植株细胞受除草剂危害越重。在本田粳稻上施用 30% 莎稗磷 EC,无论剂量高低,与对照和 60% 丁草胺 EC 及 50% 丙草胺 EC 相比,水稻叶片中 MDA 增加的幅度均达到显著水平,说明该药对水稻的生理危害高于另两种药剂。

形态特征是除草剂对水稻效应的最直观的反应。以往对异丙甲草胺^[4]、乙草胺、二氯喹啉酸与吡嘧磺隆的复配剂^[5]的研究表明,这些除草剂可使水稻植株矮化,但本试验条件下 3 种除草剂对最终收获期水稻株高均表现为正效应,其中 60% 丁草胺 EC 低剂量处理的株高增加显著。在水稻分蘖方面,

李永基等^[3]的研究认为,15% 乙草胺可湿性粉剂、18% 苄·乙·甲可湿性粉剂、15% 苄·甲·乙可湿性粉剂使无效分蘖增多,而本试验应用的 3 种除草剂对水稻有效分蘖数的影响与文献不一致,其中 60% 丁草胺 EC 和 50% 丙草胺 EC 对水稻分蘖影响不显著,而 30% 莎稗磷 EC 处理的有效分蘖数显著低于对照。本试验在株高和分蘖数上的结果与以往的研究相比存在差异,这一方面可能是除草剂种类不同,另一方面文献中供试水稻为籼稻,而本试验是在粳稻上进行的,加之品种和栽培管理水平的差异所致。

在本试验研究条件下,由于除草剂种类和施用剂量的不同,对寒地粳稻本田水稻产量的效应具有双重性,与清水对照比,60% 丁草胺 EC 3 000 mL/hm² 和 50% 丙草胺 EC 1 800 mL/hm² 处理增产显著,而 30% 莎稗磷 EC 处理有减产趋势。这主要是莎稗磷处理使水稻生长初期氮代谢受抑制、抗逆性降低,进而影响到产量组成因素中的穗长、每穗的小穗数和穗粒重。据报道^[11],莎稗磷对水稻的这种生理性障碍在施药后 20 d 基本上可以得到恢复,但本试验结果表明,施药后的这种营养生长阶段的生理性障碍会对后期的产量构成造成影响。

参考文献

- [1] 叶贵标,魏福香,朱天纵. 影响除草剂药效害的因子[J]. 农药科学与管理, 1998(3): 20-23.
- [2] 赵学平,王秀梅,王强,等. 农美利等除草剂对水稻药害的研究[J]. 浙江农业学报, 2000, 12(6): 368-373.
- [3] 李永基,周斌,彭良根,等. 不同除草剂对抛栽稻的安全性试验观察[J]. 江西农业科技, 1998(1): 40-43.
- [4] 李璞,李联芳,龚发维,等. 都尔、乙草胺与农得时混用防除稻田杂草技术研究[J]. 杂草科学, 1993(2): 24-26.
- [5] 张学友,沈俊明,冒宇翔,等. 几种复配除草剂在盘育秧田的应用效果[J]. 杂草科学, 1998(2): 17-18.
- [6] 张承东,韩朔葵,张爱茜. 除草剂苯噻草胺胁迫对水稻活性氧清除系统的影响[J]. 农业环境保护, 2001, 20(6): 411-413.
- [7] 赵长山,闫春秀,何付丽,等. 莎稗磷对水稻生理生化特性的影响[J]. 植物保护, 2009, 35(1): 50-54.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [9] 陈煜,朱保葛,张敬,等. 不同氮源对大豆硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性及蛋白质含量的影响[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 143-146.
- [10] 杨兰芳,庞静,彭小兰,等. 紫外分光光度法测定植物过氧化氢酶活性[J]. 现代农业科技, 2009(20): 363-366.
- [11] 赵长山,韩玉军. 阿罗津对水稻生长及生理的影响[J]. 农药, 2008, 47(10): 767-769.
- [12] 李广信,郭平毅,王广元,等. 扑草净不同处理对旱稻生理指标及产量的影响[J]. 山西农业科学, 2007, 35(8): 26-28.

(责任编辑:杨明丽)