



刘丽滨,解艳萍,杨威,等.莠去津胁迫对不同抗性谷子生理生化指标的影响[J].黑龙江农业科学,2022(3):43-48.

莠去津胁迫对不同抗性谷子生理生化指标的影响

刘丽滨,解艳萍,杨威,冯艳飞,王雨婷,王帝,孙丽芳

(黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江大庆163319)

摘要:为进一步验证萌芽期筛选的抗/感莠去津谷子品种公矮2号和龙谷31的抗耐性,本试验观察了莠去津胁迫下谷子幼苗生长情况,并测定了莠去津胁迫下谷子幼苗叶片和根的抗氧化保护酶活性(POD、SOD)、可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛(MDA)含量的变化。结果表明:莠去津胁迫下,敏感品种(龙谷31)和抗性品种(公矮2号)幼苗生长均受到抑制;其他各项生理生化指标含量均与对照相比具有显著差异,其中龙谷31叶片中MDA和渗透调节物质含量增量均高于公矮2号,而保护酶活性则低于公矮2号。综合分析,莠去津胁迫下,抗性品种公矮2号能够维持较高的抗氧化保护酶活性,叶片积累较少的MDA,可以较好地缓解莠去津对谷子幼苗的伤害,使植物体内维持正常的各种代谢活动。

关键词:谷子;莠去津;生理生化指标;抗性品种;敏感品种

在农业生产中,为提高作物的产量常过量施用农药来防治病虫害,我国每年需要利用农药防治的田块面积约3亿 hm^2 ^[1]。除草剂莠去津,又名阿特拉津,化学名称为2-氯-4-乙胺基-6-异丙胺基-1,3,5-三嗪,为选择性内吸传导型除草剂,适用于玉米、高粱、甘蔗、果树、苗圃、林地等旱田作物防除^[2-5],可作为苗后除草剂,防除多种一年生杂草,作用原理主要是通过植物根部吸收后沿木质部随蒸腾迅速向上传导到分生组织及绿色叶片内,抑制杂草(如苍耳属植物、狐尾草、豚草属植物和野生黄瓜等)的光合作用,使其枯死^[6]。由于莠去津具有高效、低毒、低成本以及应用范围广等优点已成为我国使用最广泛的除草剂之一^[7]。然而,研究发现莠去津在环境中可持续231 d,在最严重的干旱条件下,施用 $1.2\sim 1.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,对作物的伤害可长达3年^[8-9]。由于莠去津的多年使用,造成土壤中残留量不断累积,其残留期长、在水中溶解度低的特点,不仅对环境造成严重污染,而且对植物的正常生长发育有严重的损害^[10]。

王庆海等^[11]利用水培实验分析莠去津胁迫芦苇时发现,当莠去津浓度小于或等于 $8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

胁迫14 d时,芦苇停止生长;陈乐等^[12]发现,当土壤中阿特拉津施用量为 $500\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、播种大豆30 d后,阿特拉津对大豆产生药害,幼苗生长受到抑制直至枯死;珍珠谷子[*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.]幼苗被莠去津胁迫6 d后硫代巴比妥酸反应物质含量、活性氧含量和超氧化物酶活性均显著增加^[13];对紫花苜蓿出苗前、苗期和分枝期分别喷施莠去津,会显著降低出苗率,抑制株高及茎粗,降低苗期和分枝期单株干重^[14]。此外,研究发现,前茬超量使用莠去津也会导致后茬大豆出苗率显著降低^[15];在喷施莠去津270 d的土壤中播种紫花苜蓿仍能显著抑制株高降低产量^[14];前茬玉米地残留莠去津对马铃薯株高、叶色、长势及经济性性状均有抑制作用^[16];中国农业大学和北京市农林科学院对几种蔬菜作物的安全浓度测定并得出结论,当莠去津含量达 $0.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,大白菜、黄瓜、油菜、甘蓝和番茄5种蔬菜全部干枯死亡^[17]。由此可见,除草剂在农业上的大量使用,显著影响植物的正常生长发育。随着国家农业种植结构的调整,近年来,谷子(*Setaria italica* L.)已经成为我国供给侧结构性改革重点选择的农作物种类。东北地区是我国谷子的优势区,种植面积已将近13.33万 hm^2 ,且种植面积近年来均有所增加^[18]。同时,谷子是我国重要的杂粮作物^[19],其高产稳产直接关系到国家粮食安全和经济发展。研究证实,谷子属于对除草剂敏感的作物,耐药性差,很多在禾本科上可用的除草剂都不能用于谷子生产,前茬玉米田种植

收稿日期:2021-12-10

基金项目:黑龙江八一农垦大学创新创业项目(XC2019018);黑龙江省博士后科研启动项目(LBH-Q18101);黑龙江省重点研发项目(GA21B009-5)。

第一作者:刘丽滨(1998-),男,硕士研究生,从事作物遗传育种研究。E-mail:1151542823@qq.com。

通信作者:孙丽芳(1981-),女,博士,副教授,从事作物遗传育种研究。E-mail:sunlifang2013@126.com。

谷子一般会减产 20.0% 左右,严重时会颗粒无收^[20]。东北地区土壤残留的除草剂已经成为谷子生产的重要非生物胁迫之一,开展筛选抗莠去津谷子品种已迫在眉睫。因此,本试验以萌芽期筛选的抗/感莠去津两个谷子品种为研究对象,分析苗期过氧化程度以及生理生化指标,为进一步研究谷子抗莠去津的生物学功能奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验以黑龙江八一农垦大学农学院谷子课题研究室萌芽期筛选的抗莠去津品种公矮 2 号,感莠去津品种龙谷 31 为研究对象。38% 莠去津悬浮液购自济南天邦化工有限公司。试验所用试剂均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 经萌芽期浓度筛选试验,确定胁迫浓度为 $2 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 38% 莠去津悬浮液。2021 年春季于光照培养室内采用盆栽完成,试验共设置胁迫 ($2 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 38% 莠去津悬浮液喷施, T) 和对照 (蒸馏水, CK) 2 个处理, 4 次重复, 每次重复等距播种 5 穴, 每穴 5 粒种子。

1.2.2 方法 选择籽粒饱满、大小均匀、无病状、自然风干后储藏于室内的龙谷 31 与公矮 2 号种子, 用 75% 乙醇浸泡 10 min, 蒸馏水冲洗 5~

10 次, 晒干播种于盛有土: 蛭石 = 3: 2 高 20.0 cm、直径 17.5 cm 的盆中, 而后喷施 38% 莠去津悬浮液及同等用量的蒸馏水。每隔 7 d 浇一次水, 每次浇水量以培养土完全浸湿且无水流为准。20 d 后拍照观察并收获叶片和根, 保存于 -80°C 冰箱内用于后期生理生化指标的测定。

1.2.3 测定项目及方法 采用硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定叶片和茎的丙二醛 (MDA) 含量^[21]、采用磺基水杨酸法测定叶片游离脯氨酸含量^[22-23]、参照植物生理学试验指南测定叶片和茎的过氧化物酶活性 (POD)^[24-25]、采用氮蓝四唑 (NBT) 法测定叶片和茎的超氧化物歧化酶 (SOD)^[26]、采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定叶片可溶性蛋白质含量^[27]。

1.2.4 数据分析 利用 Excel 2016 进行数据录入, SPSS 20.0 进行方差分析 (Duncan 多重比较法), Origin 2018 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 莠去津胁迫下不同抗性谷子品种幼苗观察

由图 1 可知, 和对照相比, 莠去津胁迫后公矮 2 号和龙谷 31 两个品种株高均明显受到抑制, 虽然差别不大, 但公矮 2 号植株相对更加粗壮, 而龙谷 31 的出苗率较对照差, 且植株长势相对公矮 2 号要纤细。

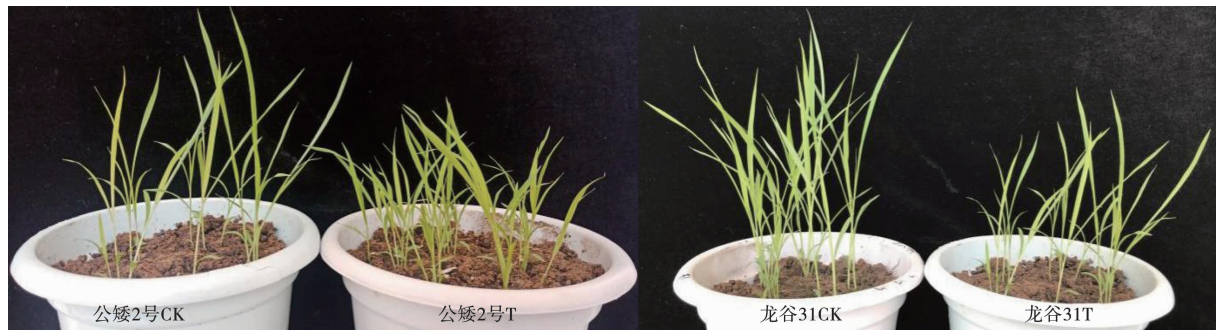


图 1 莠去津胁迫下不同谷子品种苗期表型差异

2.2 莠去津胁迫对不同谷子品种丙二醛含量的影响

从图 2 可以看出, 在莠去津胁迫下, 龙谷 31 和公矮 2 号叶片 MDA 含量分别为 31.551 和 $26.868 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 而对照仅为 1.785 和 $2.571 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 两个品种在莠去津胁迫下均变化较明显, 但龙谷 31 叶片 MDA 含量较公矮

2 号升高更显著; 然而, 在莠去津胁迫下, 龙谷 31 和公矮 2 号茎中 MDA 含量分别为 1.016 和 $0.997 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 对照仅为 0.536 和 $0.334 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 两个品种茎中 MDA 含量增幅较少, 均没有叶片明显, 但公矮 2 号比龙谷 31 茎中 MDA 含量变化稍大。该结果说明, 莠去津胁迫下龙谷 31 叶片过氧化程度高于公矮 2 号, 而茎中过氧化程度相反。

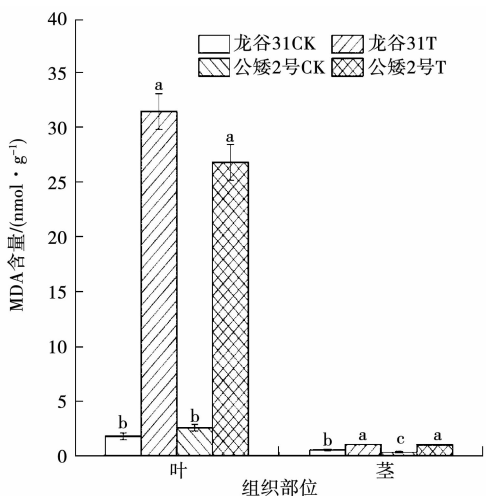
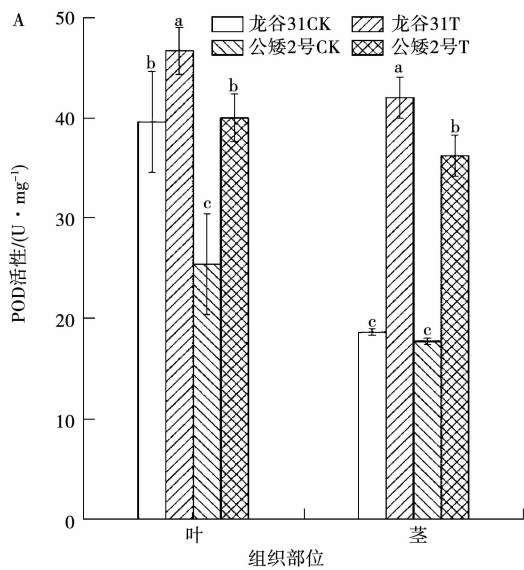


图 2 莠去津处理对不同谷子品种 MDA 含量的影响
注:不同小写字母表示差异显著性($P<0.05$)。下同。



2.3 莠去津胁迫对不同谷子品种保护酶活性的影响

2.3.1 POD 活性 从图 3A 可以看出,在莠去津胁迫下,龙谷 31 和公矮 2 号叶片 POD 活性分别为 46.67 和 40.00 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$,而对照 POD 活性仅为 39.57 和 25.45 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$,两个品种莠去津胁迫下 POD 活性均变化显著,但公矮 2 号比龙谷 31 增幅略大;莠去津胁迫后,龙谷 31 和公矮 2 号茎中 POD 活性分别为 42.00 和 36.22 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$,而对照 POD 活性仅为 18.67 和 17.78 $\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}$,两个品种茎中 POD 活性增幅比叶片明显,龙谷 31 比公矮 2 号茎的 POD 活性变化更大。

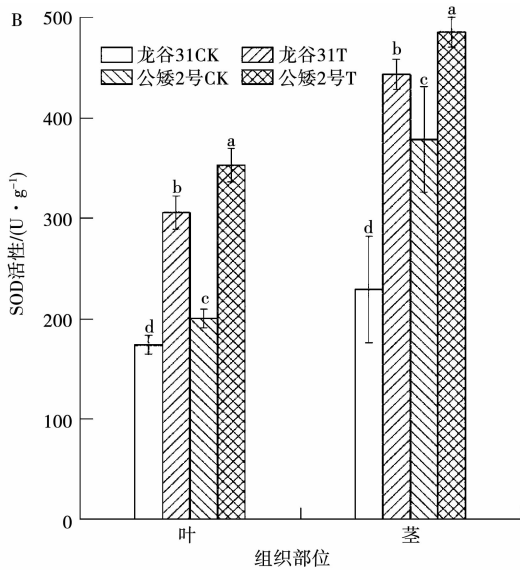


图 3 莠去津处理对不同谷子品种保护酶活性的影响

2.3.2 SOD 活性 由图 3B 可以看出,在莠去津胁迫下,龙谷 31 和公矮 2 号叶片 SOD 活性分别为 305.88 和 352.81 $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$,而对照叶片 SOD 活性仅为 174.04 和 200.46 $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$,公矮 2 号叶片 SOD 活性比龙谷 31 增加略高;莠去津胁迫后,龙谷 31 和公矮 2 号茎的 SOD 活性分别为 443.27 和 485.45 $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$,而对照 SOD 活性为 229.09 和 378.55 $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$,龙谷 31 比公矮 2 号茎的 SOD 活性变化大。

由以上结果可知,与对照相比,莠去津胁迫后公矮 2 号叶片中 POD 和 SOD 活性增加量均大于龙谷 31,而茎中活性则相反,即龙谷 31 大于公矮 2 号。

2.4 莠去津胁迫对不同谷子品种渗透调节物质含量的影响

2.4.1 可溶性蛋白含量 由图 4A 可以看出,在莠去津胁迫下,龙谷 31 和公矮 2 号叶片可溶性蛋白含量分别为 75.07 和 45.28 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,而对照组叶片中仅为 18.20 和 18.46 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,差异显著。

2.4.2 脯氨酸含量 龙谷 31 和公矮 2 号叶片脯氨酸含量分别为 0.194 4 和 0.175 9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,而对照叶仅为 0.079 0 和 0.077 8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,且增加显著(图 4B)。

由该结果可知,莠去津胁迫后龙谷 31 叶片可溶性蛋白和脯氨酸含量均较公矮 2 号增幅大。

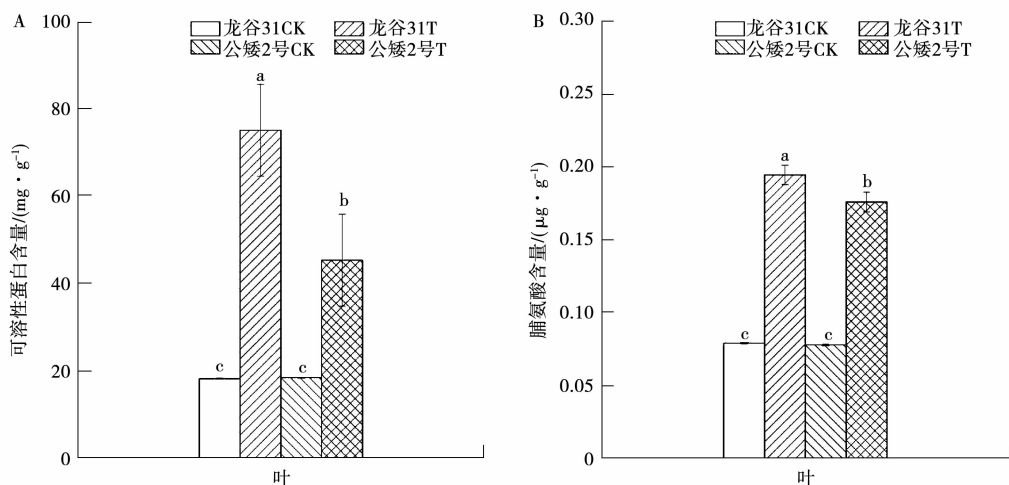


图4 莠去津处理对不同谷子品种渗透调节物质含量的影响

3 讨论

种子萌发是植物生长发育的前提,萌发环境直接影响田间苗齐苗壮。作为玉米田常用的除草剂之一,莠去津农药残留已成为下茬轮作作物重要的非生物胁迫。研究发现,种子萌发后根部首先暴露于含有莠去津的土壤中,根的生长和发育过程被破坏,进而抑制种子萌发^[28]。王雨婷等^[29]研究表明,莠去津胁迫下谷子的发芽势、发芽率、根长和芽长等均受到显著抑制;吕双雪等^[28]研究莠去津对西瓜种子萌发的影响时发现,莠去津能明显抑制西瓜种子侧根数量;吴艳兵等^[30]研究发现,当莠去津浓度达到 $0.75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,玉米品种鲁单 981、豫玉 26 和中单 5384 生长明显受到抑制。本研究发现,莠去津胁迫下,公矮 2 号和龙谷 31 两个谷子品种苗高较对照均明显降低。

研究发现,非生物胁迫可引起植物细胞中活性氧的大量积累,从而导致膜脂过氧化程度加剧^[31],而脂膜氧化的主要产物是丙二醛(MDA),因此植物体内的 MDA 积累在一定程度上可以反映出植物的受伤害程度^[32]。郑钢等^[33]在研究干旱胁迫对黄薇光合特性和生理生化指标的影响时发现,随着干旱程度的加深,MDA 含量持续增高;李聪聪等^[34]在研究高温干旱复合胁迫对花生幼苗生理生化指标的影响时发现,MDA 含量比对照组高 93.1%,差异达到极显著水平;Zhang 等^[35]在研究不同浓度的莠去津胁迫水稻

幼苗时发现,根和叶的丙二醛含量在莠去津处理下明显增高,水稻幼苗受到严重的氧化胁迫;张涛等^[36]在研究 NaCl 胁迫对不同耐盐性辣椒幼苗生理生化指标的影响时发现,盐敏感品种幼苗叶片的 MDA 含量显著高于耐盐品种。本研究发现莠去津胁迫下,龙谷 31 苗期叶片 MDA 含量变化较公矮 2 号明显增加,而茎中则相反。因为已有研究证实,莠去津通过抑制光合作用的希尔反应降低植物中 CO_2 固定速率,破坏叶绿体的光合作用^[37],所以分析可能由于莠去津胁迫增强了龙谷 31 叶片细胞的膜脂过氧化程度,叶片的光合作用机能受损从而导致其对莠去津敏感。

在非生物胁迫下,植物为避免活性氧自由基造成的损害,常常启动抗氧化物保护酶系统(SOD、POD、CAT)来清除体内过量的自由基^[38]。马玉玲等^[39]在研究大豆干旱胁迫时发现,大豆叶片 POD、SOD 保护酶活性会随着胁迫时间的延长呈先升高后降低的变化趋势;许健等^[40]研究玉米苗期 PEG-6000 胁迫的生理响应中发现,玉米叶片 POD、SOD 含量显著上升,分析可能通过调节自身的酶系统来抵御不良环境;随着干旱处理时间的延长,高抗旱材料柳林芝麻 3 号和干旱敏感材料 g76 幼苗超氧化物歧化酶(SOD)活性分别在干旱处理 3 和 6 d 时增加较为迅速,随后平稳增加^[41]。本研究发现,莠去津胁迫下谷子茎和叶的 POD、SOD 活性均显著上升,公矮 2 号叶片 POD、SOD 活性上升量高于龙谷 31,说明公矮 2 号抗氧

化能力可能比龙谷 31 要好。

渗透调节是植物在逆境胁迫时出现的一种调节方式,由细胞生物合成和吸收某些物质来完成调节过程^[42]。研究发现,在逆境条件下,细胞内主动积累溶质来降低细胞液的渗透势,以防止细胞过度失水^[43-45]。宋晓玲^[46]在研究干旱-高温交叉逆境下小麦活性氧代谢及蛋白质含量变化时指出,可溶性蛋白含量的增加和积累能显著提高细胞的保水能力,对小麦细胞的生命物质及生物膜起到保护作用,有助于提高小麦的抗逆性;李小玲等^[47]研究干旱高温互作下高山杜鹃幼苗生理生化变化时发现,随着胁迫时间的延长脯氨酸含量也会持续升高。本研究中,在莠去津胁迫下,龙谷 31 与公矮 2 号叶片中可溶性蛋白含量和脯氨酸含量均显著增加,其中龙谷 31 叶片的可溶性蛋白含量增量和脯氨酸含量增量均较公矮 2 号大,分析可能是由于龙谷 31 叶片细胞受损伤程度高于公矮 2 号所致,细胞通过增加渗透调节物质来维持稳定的新陈代谢过程。

4 结论

本试验发现在莠去津胁迫下,和对照相比龙谷 31、公矮 2 号茎和叶片各项生理指标均发生显著变化,其中龙谷 31 叶片的过氧化程度高于公矮 2 号,保护酶活性增量却低于公矮 2 号,渗透调节物质含量增量大于公矮 2 号。该结果进一步证实公矮 2 号抗莠去津能力要强于龙谷 31。

参考文献:

- [1] 王军. 莠去津对土壤微生物群落结构及分子多样性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2012.
- [2] 化工部农药信息总站. 国外农药品种手册[M]. 北京:化工部农药信息总站出版社,1996:754-785.
- [3] 刘长令. 世界农药大全:除草剂卷[M]. 北京:化学工业出版社,2002:382-383.
- [4] 胡笑彤,罗笑敏,陈净,等. 农药手册上册[M]. 北京:化学工业出版社,2015:44-45.
- [5] 赵滨,卢宗志. 莠去津在吉林省的应用和残留现状调查[J]. 东北农业科学,2018,43(3):28-31.
- [6] MCMURRY J, SUMANEK E. 有机化学基础[M]. 6 版. 北京:清华大学出版社,2008:231-232.
- [7] 除草剂莠去津的优缺点及科学使用[J]. 现代农药,2021,20(1):25.
- [8] KARLSSON A S, WEIHERMÜLLER L, TAPPE W, et al. Field scale boscalid residues and dissipation half-life estima-

- tion in a sandy soil[J]. Chemosphere, 2016, 145:163-173.
- [9] MOYER J R, BLACKSHAW R E. Effect of soil moisture on atrazine and cyanazine persistence and injury to subsequent cereal crops in southern Alberta[J]. Weed technology, 1993, 7(4):988-994.
- [10] CONTRERAS M B C, CAMACHO J V, FERNANDEZ-MORALES F J, et al. Biodegradability improvement and toxicity reduction of soil washing effluents polluted with atrazine by means of electrochemical pre-treatment: Influence of the anode material[J]. Journal of Environmental Management, 2020, 255:109895. 1-109895. 7.
- [11] 王庆海, 李翠, 陈超, 等. 芦苇对阿特拉津胁迫的生理响应及其与耐受性的关系[J]. 农业环境科学学报, 2017(10): 1968-1977.
- [12] 陈乐, 赵莹莹, 王媛媛, 等. 细菌 SnebYK 诱导大豆抗阿特拉津的效果评价[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(5): 641-647.
- [13] ZHANG Y, JIANG D, YANG C, et al. The oxidative stress caused by atrazine in root exudation of *Pennisetum americanum* (L.) K. Schum[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2021, 211(7):111943.
- [14] 王森. 玉米除草剂烟嘧·莠去津对紫花苜蓿出苗、生长及产量的影响[D]. 长春:东北师范大学,2020.
- [15] 王锦, 陈雅琳, 刘丹竹, 等. 玉米田残留除草剂对后茬大豆苗期药害的研究[J]. 大豆科技, 2016(5):23-26.
- [16] 胡海波, 郝永丽, 高博, 等. 莠去津缓解剂对马铃薯药害的缓释效果[J]. 北方农业学报, 2018, 46(6):93-96.
- [17] 杨彩宏, 冯莉, 田兴山, 等. 莠去津土壤残留对四种蔬菜的光化学和生长的影响[C]//中国植物保护学会杂草学分会. 第十二届全国杂草科学大会论文摘要集, 2015: 99-100.
- [18] 李志江, 马金丰, 李延东, 等. 东北春谷区今年来谷子育成品种的评价[J]. 中国农业科学, 2017, 50(23):4507-4516.
- [19] 李会霞, 刘红, 王玉文, 等. 谷子抗除草剂杂交种去除假杂种技术研究[J]. 作物杂志, 2021(6):72-77.
- [20] 吴仁海, 职倩倩, 魏红梅, 等. 谷子苗期除草剂及其安全剂筛选[J]. 农药, 2017, 56(9):685-687.
- [21] 张清航, 张永涛. 植物体内丙二醛(MDA)含量对干旱的响应[J]. 林业勘查设计, 2019(1):110-112.
- [22] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社, 2002:117-118.
- [23] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 2003:7.
- [24] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2004:123-124.
- [25] 李玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社, 2009:97-98.
- [26] 曲敏, 秦丽楠, 刘羽佳, 等. 两种检测 SOD 酶活性方法的比

- 较[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3318-3323.
- [27] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [28] 吕双雪, 栾非时, 朱子成, 等. 莠去津和拿捕净对西瓜种子萌发及相关酶活性的影响[J]. 中国瓜菜, 2018, 31(9): 17-21.
- [29] 王雨婷, 苗兴芬, 王帝. 萌发期耐莠去津谷子种质资源筛选及评价[J]. 作物杂志, 2021(5): 194-204.
- [30] 吴艳兵, 颜振敏, 王建华, 等. 48%莠去津可湿性粉剂对不同玉米品种的安全性研究[J]. 广东农业科学, 2009(12): 117-120.
- [31] 杨婷. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 科技与创新, 2018(8): 61-62.
- [32] 朱诗苗, 宋杭霖, 张丽, 等. 铅胁迫对烟草生长及生理生化指标的影响[J]. 植物生理学报, 2018(3): 465-472.
- [33] 郑钢, 顾翠花, 王杰, 等. 干旱胁迫对黄薇光合特性和若干生理生化指标的影响[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(9): 1650-1659.
- [34] 李聪聪, 李乃光, 吴正锋. 高温干旱复合胁迫对花生幼苗生理指标的影响[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(5): 906-913.
- [35] ZHANG J J, ZHOU Z S, SONG J B, et al. Molecular dissection of atrazine-responsive transcriptome and gene networks in rice by high-throughput sequencing[J]. Journal of Hazardous Materials, 2012, 219: 57-68.
- [36] 张涛, 马肖静, 朱新红, 等. NaCl 胁迫对不同耐盐性辣椒幼苗生理生化指标的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53(12): 38-43.
- [37] SHIMABUKURO R H, SWANSON H R, WALSH W C. Glutathione conjugation: Atrazine detoxication mechanism in corn[J]. Plant Physiology, 1970, 46(1): 103-107.
- [38] 林金利, 程春园, 谢沛丰, 等. 甜玉米自交系耐铝毒的初步筛选[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(11): 19-24.
- [39] 马玉玲. 干旱胁迫及复水对大豆活性氧清除系统的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [40] 许健, 于海林, 王宇先, 等. 苗期玉米对 PEG-6000 胁迫的生理响应[J]. 黑龙江农业科学, 2021(8): 8-11.
- [41] 吕伟, 任果香, 韩俊梅, 等. 干旱胁迫对芝麻幼苗生理生化指标的影响[J]. 作物杂志, 2021(5): 172-175.
- [42] ISAYENKOV S V, MAATHUIS F J M. Plant salinity stress: Many unanswered questions remain[J/OL]. Frontiers in Plant Science, 2019; 10[2021-10-11]. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>.
- [43] 秦立刚, 李雪, 李韦瑶, 等. PEG 干旱胁迫对 3 种葱属植物种子萌发期渗透调节物质及酶活性的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(1): 72-79.
- [44] 刘兵, 贾旭梅, 朱祖雷, 等. 盐碱胁迫对垂丝海棠光合作用及渗透调节物质的影响[J]. 西北植物学报, 2019, 39(9): 1618-1626.
- [45] 黄伟超, 范宇博, 王泳超. 低温胁迫对玉米幼苗抗氧化系统及渗透调节物质的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(24): 6-12.
- [46] 宋晓玲. 干旱-高温交叉逆境下小麦活性氧代谢及蛋白质含量和组分的变化[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2012.
- [47] 李小玲, 韩洁, 侯瑶, 等. 干旱高温互作下高山杜鹃幼苗生理生化变化研究[J]. 江西农业学报, 2019, 31(5): 17-22.

Effects of Atrazine Stress on Physiological and Biochemical Indexes of *Setaria italica* L. with Different Atrazine Resistance

LIU Li-bin, XIE Yan-ping, YANG Wei, FENG Yan-fei, WANG Yu-ting, WANG Di, SUN Li-fang

(College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to further verify the atrazine resistant/susceptible millet varieties Gongai 2 and Longgu 31, the growth of seedling was observed, and the activity of antioxidant protective enzyme activities (POD and SOD) and the contents of soluble protein, proline and malondialdehyde (MDA) in leaves and roots of millet seedlings under atrazine stress were determined in this study. The results showed that under atrazine stress, the inhibition degree of seedling growth indexes of sensitive variety (Longgu 31) and resistant variety (Gongai 2) were all great; the contents of other physiological and biochemical indexes were significantly different from the control, in which the increment of MDA and osmoregulation substances in Longgu 31 leaves were higher than Gongai 2, while the activity of protective enzyme was lower than Gongai 2. Comprehensive analysis showed that under atrazine stress, resistant variety Gongai 2 could maintain high antioxidant protective enzyme activity and accumulate less MDA in leaves, which could better alleviate the damage of atrazine to millet seedlings, so as to maintain normal metabolic activities in plants.

Keywords: *Setaria italica* L.; atrazine; physiological and biochemical indexes; resistant variety; sensitive variety