

陈娟,梁明霞,潘开文. 涝渍胁迫下生姜幼苗生长及体内保护酶活性变化[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):152-155.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.051

涝渍胁迫下生姜幼苗生长及体内保护酶活性变化

陈娟^{1,2}, 梁明霞¹, 潘开文²

(1. 绵阳师范学院, 四川绵阳 610064; 2. 中国科学院成都生物研究所, 四川成都 610041)

摘要: 研究涝渍胁迫下生姜幼苗生长和体内保护酶活性的变化。结果显示, 涝渍胁迫下生姜幼苗生长明显受到抑制, 与对照相比, 涝渍 10 d 时生姜地下干质量降低 46.45%; 地上生物量降低 37.69%, 根茎比显著下降, 根中 ADH 活性在涝渍 5、10 d 时均显著升高。涝渍处理下植株体内保护酶活性变化明显, 涝渍前期 SOD、CAT、APX 活性均上升, 涝渍后期酶活性下降, 而 POD 活性则一直受到抑制。叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 含量和可溶性蛋白含量显著下降。膜脂过氧化产物(MDA)在涝渍 5 d 后明显升高, 显示植株体内氧化压力增加。

关键词: 生姜; 幼苗; 涝渍胁迫; 生长; 生理; 抗氧化酶活性

中图分类号: Q945.78; S632.501 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0152-03

涝渍是制约植物生长和发育的水分逆境因子, 涝渍胁迫下植物正常生理过程和功能受到干扰, 在农林业上常造成作物严重减产^[1-2]。姜(*Zingiber officinale* Rosc)是姜属多年生单子叶草本植物, 药食两用, 是重要的经济作物。生姜的根系不发达, 生长中对水分条件要求严格。生姜的幼苗期处于多雨季节, 易遭受暴雨、河水泛滥、灌溉不当、土壤排水不良等所致的涝渍胁迫; 且涝渍促进姜瘟病原菌和其他土传性病菌的扩散, 扩大生姜植株感染面积, 致使其严重减产甚至绝产^[3], 因此涝渍是生姜生长、发育、品质和产量的重要限制因子。研究涝渍对生姜的影响对于生姜的高效高产栽培非常必要, 但是有关生姜受害机制的研究却鲜见报道。本研究探讨了生姜幼苗在涝渍胁迫下的生长和体内保护酶活性等的变化, 旨在阐明涝渍胁迫对生姜生长和生理的影响机制, 为生姜的科学生产提供数据和理论支持。

1 材料与方 法

供试姜种为四川省生姜道地产区犍为县的黄姜, 盆栽用土取自犍为县从未栽过生姜的土壤, 土壤为三迭纪须家河组碳坝泥土。土壤取回后首先过 2 遍 1 cm 筛, 筛去较大的石块及粗枝等, 用 50% 对二甲氨基苯重氮磺酸钠可湿性粉剂 1 000 倍液进行土壤消毒处理, 然后施入 N、P、K 肥料, 将土混匀, 装入上口径 25 cm、深 30 cm 的花盆, 每盆装土约 5 kg。每盆播大小和质量大致均一的种姜 1 个, 当生姜长到三股杈时将生姜幼苗放入涝渍池, 保持水层高于土面 2 cm, 进行涝渍 10 d 处理, 以不涝渍植株为对照, 每个处理重复 10 次。每隔 2 d 取生姜叶片测定保护酶(SOD、CAT、POD、APX)活性和 MDA、叶绿素、可溶性蛋白的含量等生理指标的变化。在涝

渍 5、10 d 时分别测定生姜的地下和地上生物量的干质量、根系 ADH 酶的活性。

超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照 Giannopolitis 等的方法^[4], 抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定参照 Nakano 等的方法^[5], 过氧化氢酶(CAT)活性测定参照 Cakmak 等的方法^[6], 丙二醛(MDA)含量参照 Gossett 等的方法^[7]进行测定, 过氧化物酶(POD)、乙醇脱氢酶(ADH)活性和可溶性蛋白、叶绿素含量测定参照李合生等的方法^[8]。所有的数据采用 SPSS 16.0 统计软件进行单因素方差分析(Duncan's 检验)和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 涝渍胁迫对生姜幼苗地上和地下生物量的影响

如表 1 所示, 涝渍胁迫下生姜植株生长明显受到抑制, 涝渍 5、10 d 时生姜地下生物量干质量与对照相比分别降低 28.95%、46.45%; 地上生物量干质量的降低值分别为 17.02% 和 37.82%, 由此可见涝渍对生姜地下生物量的抑制要大于地上生物量。涝渍 5 d 后根中 ADH 活性上升, 在 10 d 后下降, 但活性仍高于对照。

2.2 涝渍胁迫对生姜叶片中叶绿素含量的影响

叶绿素总量在涝渍 5 d 后极显著下降($P < 0.01$), 涝渍 5 d 时叶绿素总量为对照的 58.29%; 涝渍 10 d 时叶片中叶绿素总量仅为对照的 35.83%。与对照相比, 叶绿素 b 含量在整个涝渍期间显著下降, 但叶绿素 a 仅在涝渍 5 d 后显著下降(图 1)。

2.3 涝渍胁迫对生姜叶片保护酶(SOD、POD、CAT、APX)活性的影响

涝渍对生姜叶片中 CAT、APX、SOD、POD 酶活性影响显著($P < 0.05$)。如图 2-d 所示, CAT 活性除涝渍 10 d 低于对照外, 其余处理均高于对照, 涝渍 5 d 时酶活性最高, 随后呈下降趋势。随着涝渍时间延长, APX 活性上升, 涝渍 5 d 时达到最高, 随后下降, 涝渍 10 d 时降为对照的 68.79%(图 2-c)。SOD 活性在涝渍 3 d 时最高, 与对照相比升高 22.35%, 而在涝渍 10 d 时酶活性仅为对照的 16.09%(图 2-a)。

收稿日期: 2014-05-27

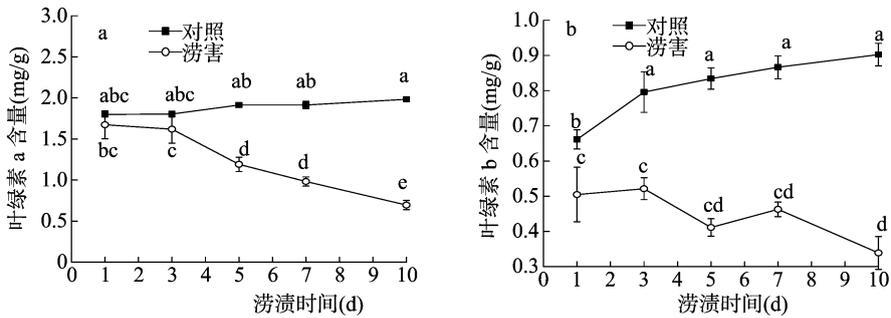
基金项目: 四川省教育厅项目(编号: 10ZB047); 生态安全与环境技术四川省高校重点实验室开放基金(编号: ZDS1005)。

作者简介: 陈娟(1975—), 女, 湖南衡阳人, 硕士, 讲师, 主要从事植物生理生态研究。Tel: (0816) 2202691; E-mail: cj041699@126.com。

表1 涝渍胁迫对生姜生物量及根中 ADH 活性的影响

| 处理 | 处理时间 (d) | 地上生物量干质量 (g) | 地下生物量干质量 (g) | 根茎比 | 根 ADH 活性 [U/(mg·min)] |
|----|----------|---------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 对照 | 5 | 1.41 ± 0.015b | 4.56 ± 0.20a | 3.23 ± 0.13a | 43.17 ± 2.82c |
| 对照 | 10 | 1.56 ± 0.048a | 4.93 ± 0.07a | 3.15 ± 0.05a | 46.03 ± 3.29c |
| 涝渍 | 5 | 1.17 ± 0.014c | 3.24 ± 0.12b | 2.77 ± 0.08b | 123.3 ± 8.76a |
| 涝渍 | 10 | 0.97 ± 0.064d | 2.64 ± 0.09c | 2.71 ± 0.14b | 80.12 ± 3.82b |

注:表中数据均为平均值 ± 标准差 (n=3), 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$) ; 下图同

图1 涝渍胁迫对生姜叶片叶绿素含量的影响

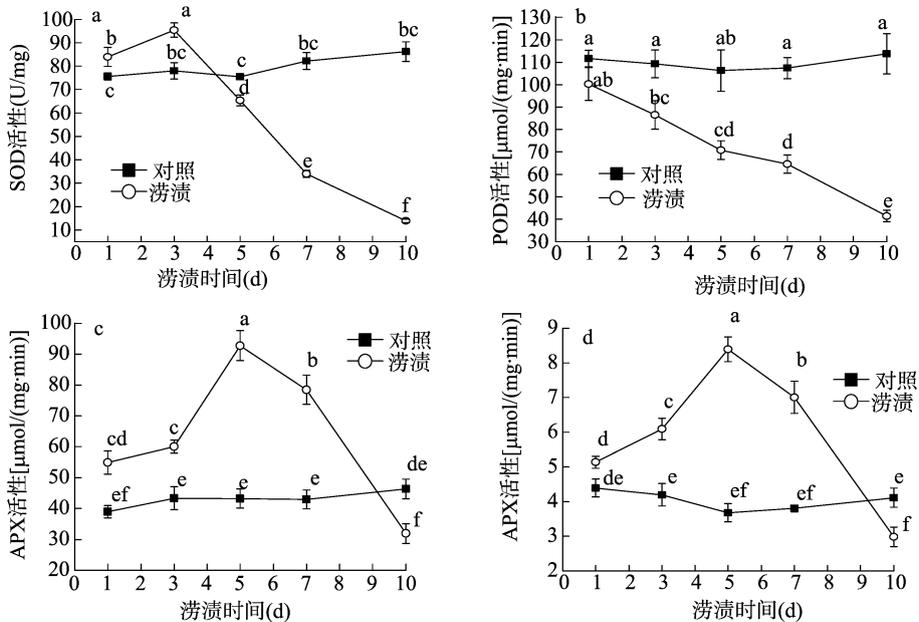


图2 涝渍胁迫对生姜叶片保护酶活性的影响

POD 活性随着涝渍时间延长呈下降趋势,除涝渍 3 d 及以后的酶活性与对照相比差异均达到显著水平 ($P < 0.05$) (图 2-b)。

2.4 涝渍胁迫对叶片中 MDA、可溶性蛋白含量的影响

如图 3 所示,在涝渍前期 MDA 含量升高不显著,而涝渍 5 d 后显著升高 ($P < 0.05$),涝渍 10 d 时 MDA 含量比对照增加了 110.69%。涝渍 7、10 d 时叶片中可溶性蛋白含量显著下降 ($P < 0.05$),较对照分别降低 8.49%、8.39%。

2.5 相关性分析

如表 2 所示,相关性分析结果显示,SOD 活性、POD 活性与 MDA 含量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量极显著相关 ($P <$

0.01);地上生物量干质量与地下生物量干质量极显著相关 ($P < 0.01$),与叶绿素 a 含量、ADH 活性显著相关 ($P < 0.05$);可溶性蛋白含量与 MDA 含量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量极显著相关 ($P < 0.01$)。

3 讨论

研究认为涝渍下植物体内活性氧清除酶系统活性下降,膜脂过氧化产物增多,氧化压力升高,植物衰老加快是植物涝渍的原因之一^[9-11]。涝渍胁迫下植物中保护酶活性的变化是植物对涝渍的响应,在不同植物种类、发育时期或不同涝渍时间下其响应趋势有差异,保护酶之间也存在响应敏感度差

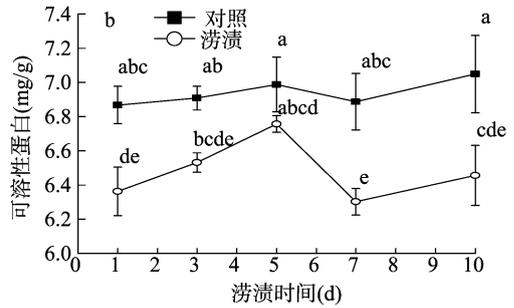
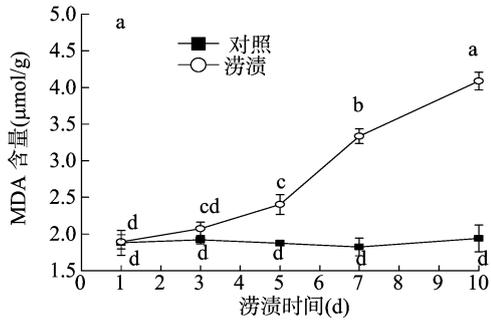


图3 涝渍胁迫对生姜叶片MDA、可溶性蛋白含量的影响

表2 涝渍胁迫下生姜生长和生理指标相关性分析

| 指标 | MDA | 叶绿素 a | 叶绿素 b | 可溶性蛋白 | SOD | CAT | APX | POD | ADH | 地下生物量干质量 | 地上生物量干质量 |
|----------|-----------|-----------|----------|---------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|----------|
| MDA | 1.000 | | | | | | | | | | |
| 叶绿素 a | -0.875 ** | 1.000 | | | | | | | | | |
| 叶绿素 b | -0.638 ** | 0.847 ** | 1.000 | | | | | | | | |
| 可溶性蛋白 | -0.493 ** | 0.507 ** | 0.632 ** | 1.000 | | | | | | | |
| SOD | -0.906 ** | 0.849 ** | 0.592 ** | 0.334 | 1.000 | | | | | | |
| CAT | 0.033 | -0.287 | -0.458 * | -0.340 | 0.035 | 1.000 | | | | | |
| APX | 0.072 | -0.308 | -0.421 * | -0.329 | -0.026 | 0.933 ** | 1.000 | | | | |
| POD | -0.832 ** | 0.906 ** | 0.796 ** | 0.394 * | 0.812 ** | -0.238 | -0.263 | 1.000 | | | |
| ADH | -0.128 | 0.694 * | 0.547 | 0.282 | -0.067 | -0.647 * | 0.170 | -0.314 | 1.000 | | |
| 地下生物量干质量 | 0.173 | -0.778 ** | -0.601 * | -0.026 | -0.290 | 0.561 | -0.188 | 0.176 | -0.688 * | 1.000 | |
| 地上生物量干质量 | 0.290 | -0.697 * | -0.513 | 0.039 | -0.293 | 0.517 | -0.211 | 0.142 | -0.640 * | 0.966 ** | 1.000 |

注：“*”表示显著相关($P < 0.05$),“**”表示极显著相关($P < 0.01$)。

异^[12-14]。涝渍前期生姜叶片中保护酶SOD、APX、CAT活性均上升,随着涝渍时间延长而下降;而POD活性则呈一直下降趋势。膜质过氧化产物MDA含量在涝渍前期增加不显著,涝渍后期MDA含量水平上升。涝渍前期酶活性的升高可能是对涝渍的应激反应,能有效清除体内的活性氧,从而使MDA含量水平未有明显上升,随着涝渍时间延长,保护酶系统受到伤害,活性降低,MDA含量也相应增加。相关性分析显示,生姜叶片中SOD、POD活性与MDA含量均极显著相关,因此生姜幼苗中活性氧酶促系统的变化可以作为涝渍胁迫下的生理指示因子和抗涝性评价指标之一。相关性分析结果表明,生姜幼苗叶片中SOD对涝渍的响应最敏感,其次是POD、APX和CAT。

涝渍下生姜幼苗叶片中叶绿素含量呈下降趋势,相关性分析结果显示涝渍植株中叶绿素含量降低与SOD、POD活性变化和MDA含量水平显著相关,说明涝渍下膜质过氧化作用可能损伤了叶绿体膜的稳定性。晏斌等的研究也显示,活性氧清除剂均使活性氧产生速率和 H_2O_2 浓度明显下降;且使受渍玉米叶片的叶绿素含量显著提高^[15-16]。生姜幼苗中叶绿素含量与可溶性蛋白含量呈极显著正相关,提示叶绿素含量降低,光合作用受抑,使可溶性蛋白合成减少,加之涝渍下根系吸收水分和营养能力下降,物质分解大于合成,导致可溶性蛋白含量在涝渍后期明显降低。ADH是厌氧胁迫时根系主要产能途径中的关键酶,有助于植物避免由乙醇积累所造成的伤害^[16-17]。生姜幼苗涝渍后根中ADH活性在涝渍5d时高于涝渍10d,说明随着涝渍时间延长,ADH活性下降,因而不能有效抑制乙醇对植物的毒害,加剧了根系功能的损伤。

与对照相比,涝渍胁迫下生姜的地上和地下生物量干质量均有明显的下降,地下生物量的抑制更明显。相关性分析显示,生姜幼苗地上和地下生物量干质量降低与根ADH活性显著相关,提示涝渍下生姜根状茎和根系受到毒害,水分、营养吸收和运输功能受损,影响植株物质合成,而使分解加快,导致生物量下降。叶绿素含量也与生物量降低相关,叶绿素下降所致的光合作用受抑,物质合成减少,导致了生物量降低。

参考文献:

- [1] Gibbs J, Greenway H. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism[J]. Functional Plant Biology, 2003, 30: 1-47.
- [2] Perez-Ramos I M, Maranon T. Effects of waterlogging on seed germination of three Mediterranean oak species; ecological implications[J]. Acta Oecologica - International Journal of Ecology, 2009, 35 (3): 422-428.
- [3] 李策明. 姜瘟病发生原因及其防治策略[J]. 中国农技推广, 2005(2): 45-46.
- [4] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher-plants[J]. Plant Physiology, 1977, 59(2): 309-314.
- [5] Nakano Y, Asada K. Hydrogen-peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach-chloroplasts[J]. Plant Cell Physiology, 1981, 22: 867-880.
- [6] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiology, 1992, 98(4): 1222-1227.

周继芬,王秀琪,李兴发,等. 中微量元素对黄冠梨叶片生长发育及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):155-161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.052

中微量元素对黄冠梨叶片生长发育及果实品质的影响

周继芬^{1,2}, 王秀琪², 李兴发², 刘新强¹, 杨雅婷², 胡肖盼²

(1. 四川省达州职业技术学院, 四川达州 635000; 2. 西南大学园艺园林学院, 重庆 400712)

摘要:以黄冠梨为材料,探讨中微量元素不同配比组合对黄冠梨果实品质的影响,为梨生产上平衡施肥提供参考。通过将中量元素 Ca、Mg 肥与微量元素 Fe、Zn、B 肥,按 5 因素 4 水平正交设计方案喷施黄冠梨,探索其不同配比组合在黄冠梨树体生长发育期间的动态变化趋势,以及对黄冠梨叶片叶绿素含量及果实品质的影响。结果表明:在 3—5 月,黄冠梨叶片中 Fe 元素含量呈线性增长,之后总体上趋于稳定;Zn 元素含量总体上呈“升—降—升—降”变化趋势;B 元素含量呈“升—缓—降”变化趋势;Mg 元素含量总体上呈“升—降”变化趋势;Ca 元素含量总体上呈上升趋势,至 7 月时含量最高。果实中的 5 种中微量元素含量在果实发育过程中总体均呈下降趋势。相关分析结果表明,叶片中 B 与 Mg、Mg 与 Ca 含量均呈极显著正相关;叶片中 Zn 与果实中 Zn 呈显著正相关。主成分分析结果表明,在施肥时应优先考虑喷施能提高果实内在品质(含糖量)为主的 Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0% 或 Fe 0.4%、Zn 0.5%、B 0.2%、Mg 0%、Ca 0.7% 组合;如单纯追求以产量指标为主,则喷施 Fe 0.3%、Zn 0.3%、B 0%、Mg 0.75%、Ca 0.7% 组合。但在实际生产上果实内在品质常为第一考虑因素,产量指标为第二考虑因素。结合主成分分析和人们对水果的食用习惯(喜甜恶酸),以处理 11(即 Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0%)为最佳水平。

关键词:黄冠梨;叶绿素;矿质营养;品质;营养平衡;主成分分析

中图分类号: S661.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0155-07

果树产业化生产体系中,栽培管理是最重要的环节之一,而合理施肥又是栽培管理的重要措施,其核心内容是使树体在整个生长发育过程中保持营养平衡。西南地区的早熟黄冠梨栽培已形成一定的规模,但由于果农文化水平低等原因致使其缺乏平衡施肥技术,生产上过多施用氮、磷、钾等大量元

素肥,忽视中微量元素肥的施用,致使树势偏弱,锈果、黑斑果较多,特别是“鸡爪梨”等现象大量出现,果实品质下降。中微量元素对于植物生长发育以及产量和品质的形成有着重要的影响,张发宝等研究表明施用中微量元素肥可使龙眼增产 40% 左右,而且果实品质也明显提高^[1];赵维峰等研究表明施用中微量元素肥可使菠萝的可溶性糖和维生素 C 含量明显提高^[2];冯文清等研究表明施用中微量元素肥可使西瓜增产 20% 左右,而且可溶性固形物含量提高 2.0 百分点^[3];吕慧峰等研究表明施用中微量元素肥可明显增加马铃薯淀粉含量,提高可溶性糖含量、粗蛋白质含量^[4]。在梨生产上对中

收稿日期:2014-07-26

基金项目:国家梨产业技术体系重庆试验站项目(nycytx-29-34)。

作者简介:周继芬(1971—),女,四川达州人,硕士,副教授,主要从事园艺学教学及果树栽培生理方面的研究。E-mail:190335776@qq.com。

[7] Gossett D R, Millhollon E P, Lucas M C. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton [J]. *Crop Science*, 1994, 34(3): 706-714.

[8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000: 115.

[9] 刘晓忠, 李建坤, 王志霞, 等. 涝渍逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性与抗涝性的关系[J]. *华北农学报*, 1995, 10(3): 29-32.

[10] 陈龙, 李季平, 杨光宇, 等. 灌浆期涝渍胁迫对小麦生理生化特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2002(6): 8-9.

[11] Chen L Z, Wang W Q, Lin P. Photosynthetic and physiological responses of *Kandelia candel* L. Druce seedlings to duration of tidal immersion in artificial seawater[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2005, 54: 256-266.

[12] 唐罗忠, 程淑婉, 徐锡增, 等. 涝渍胁迫对杨树苗期叶片生长及其生理性状的影响[J]. *植物资源与环境*, 1999, 8(1): 16-22.

[13] Ahmed S, Nawata E, Hosokawa M, et al. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected

to waterlogging[J]. *Plant Science*, 2002, 163(1): 117-123.

[14] Simova-Stoilova L, Demirevska K, Kingston-Smith A, et al. Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging[J]. *Plant Science*, 2012, 183: 43-49.

[15] 晏斌, 戴秋杰. 外源活性氧清除剂对玉米植株涝害的缓解[J]. *华北农学报*, 1995, 10(1): 51-55.

[16] 吴永成, 郑佳秋, 郭军, 等. 涝害对辣椒幼苗生理活性的影响[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(12): 156-157.

[17] Pezeshki S R, Pardue J H, Delaune R D. The influence of soil oxygen deficiency on alcohol-dehydrogenase activity, root porosity, ethylene production and photosynthesis in *spartina-patens* [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1993, 33: 565-573.

[18] 孙建炜. 水涝胁迫对玉米细胞保护酶同工酶的影响[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(4): 83-84.

[19] 张祖新, 姜华武, 魏中一, 等. 淹水胁迫下不同耐渍性玉米自交系根系中的酶学研究[J]. *湖北农业科学*, 2003(3): 25-27.