

多胺对淹水胁迫下烟株根系活力的影响

苏家恩¹, 陈二龙², 李再光¹, 武劲草², 王德勋¹, 户艳霞¹, 范志勇¹, 王新中¹, 孙军伟¹
(1. 云南省烟草公司大理州公司, 云南大理 671000; 2. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450002)

摘要: 为探究多胺减缓淹水胁迫下烟株根系的生理机制, 以蒸馏水及 0.05, 0.10, 0.50 mmol/L 多胺分别喷施移栽 45 d 的烟株, 每隔 2 d 测定烟株根系活力、NR 活性、GS 活性及氮含量, 共 5 次重复。结果表明: 淹水胁迫抑制烟株根系活力, NR 活性、GS 活性和氮含量均呈先升后降的趋势, 但喷施多胺烟株的根系活力和氮代谢反应均得到提升; 喷施 0.10, 0.50 mmol/L 多胺有利于增强根系活力、GS 活性和氮含量; 施用 0.50 mmol/L 多胺增加根部 NR 活性的效果最好。因此, 以喷施 0.50 mmol/L 多胺效果最好。

关键词: 多胺; 淹水胁迫; 根系活力; 氮代谢相关酶

中图分类号: S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2018) 06-0007-05

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2018.06.002

Effects of Spraying Polyamine on the Root Activity during Waterlogging Stress

SU Jiaen¹, CHEN Erlong², LI Zaiguang¹, WU Jincan², WANG Dexun¹, HU Yanxia¹,
FAN Zhiyong¹, WANG Xinzong¹, SUN Junwei¹

(1. Dali Branch of Yunnan Province Tobacco Company, Dali, Yunnan, China 671000;

2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan, China 450002)

Abstract: In order to explore the physiological mechanism of polyamine inhibition on root system of tobacco plants under waterlogging stress, the tobacco plants were transplanted for 45 days and treated with distilled water, 0.05, 0.10, 0.50 mmol/L polyamine, root activity, NR activity, GS activity and nitrogen content of tobacco plants were determined every 2 days for 5 replications. The results showed that flooding stress inhibited the root activity, NR activity, GS activity and nitrogen content of tobacco plants both increased first and then decreased. However, the root activity and nitrogen metabolism of polyamine plants were all improved; spraying 0.10, 0.50 mmol/L polyamines was beneficial to increase root activity, GS activity and nitrogen content; the effect of 0.50 mmol/L polyamine on root NR activity was the best. Therefore, spraying 0.50 mmol/L polyamine is the best.

Key words: polyamine; waterlogging stress; root activity; enzyme activities related to nitrogen metabolism

烟草生育期降雨量较多, 尤其是旺长期明显偏多^[1], 易造成淹水胁迫, 进而影响烟株正常的生长发育, 并降低烟叶的产量和品质^[2]。而通过喷施外源物质增强植物体内代谢反应强度, 提高植物抗渍性, 是作物受涝渍后有效的缓解途径^[3]。目前, 关于烟草淹水胁迫的研究多为烟草涝渍后的叶片生理与光合作用的变化等, 如烟草受涝渍灾害后气孔关闭, 蒸腾作用减弱^[4], 净光合速率极显著下降^[5], 可溶性糖显著降低, 根系生长受阻^[6], 超氧化物歧化酶 (SOD) 的相对活性含量增加, 丙二醛

(MDA) 相对含量先升高后降低^[7], 烤烟各器官钾含量、株高、叶片数、生物量均下降^[8-10]等, 但对于发生淹水胁迫后的应对办法和淹水胁迫对烟株根系氮代谢影响研究则较少。一般认为, 硝酸还原酶 (NR) 与植物蛋白质合成有关, 而谷氨酰胺合成酶 (GS) 是合成谷氨酰胺的关键酶, 从而进一步合成蛋白质。此外, 根系 N 素含量可直接反映出根系氮代谢水平的高低。因此, 通过对这些指标的研究可反映出烟草根系氮代谢的强弱。

多胺是植物代谢过程中产生的一类具有强生物

收稿日期: 2017-12-21

基金项目: 中国烟草总公司云南省公司资助项目 (2016YN10)。

作者简介: 苏家恩 (1976—), 男, 云南大理人, 高级农艺师, 硕士, 主要从事烟叶烘烤技术及烤房研究。

活性的低相对分子质量脂肪族含氮碱^[11], 与植物体内的氮素代谢关系密切^[12]. 有研究表明, 多胺能缓解干旱胁迫以及盐胁迫对植物的伤害^[13-17], 缓解玉米苗期以及灌浆前期涝渍胁迫带来的压力^[18-20], 可提高植物的抗逆性, 并且喷施多胺能够减缓淹水胁迫下烟叶衰老^[21]等. 但关于喷施多胺对淹水胁迫下烟草根系的影响研究相对较少. 因此, 本文拟研究旺长前期喷施不同浓度外源多胺对淹水胁迫下烟株根系活力以及氮代谢的影响, 以期有效减轻烟株根系涝渍灾害提供理论依据.

1 材料和方法

1.1 试验材料

2016 年 7 月—10 月, 以大理白族自治州凤仪镇种植的云烟 85 为参试品种. 供试土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 47.76, 9.77, 133.33 mg/kg, 有机质质量分数为 2.05%, pH 为 7.71. 多胺混合液为腐胺与亚精胺混合溶液 (Fluka AG 产品).

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理, 见表 1. 将 8~9 叶一芯的烟苗移栽至高 31.5 cm、内口径为 42.0 cm、底径为 28.5 cm 的塑料盆中, 取当地农田 0~20 cm 耕层土, 风干熏蒸消毒后磨碎, 过 1.0 cm×0.5 cm 网筛, 将土与肥料混合均匀后装盆, 基肥为 NH_4NO_3 , KNO_3 和 KH_2PO_4 , 氮肥用量为 0.1 g/kg, 氮磷钾比例为 $m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O}) = 1.0:1.5:3.0$, 每盆装土 25 kg. 每个处理 35 盆, 进行正常的水肥管理和病虫害防治. 当烟株生长至 45 d 叶龄时, 用不同浓度的多胺溶液喷施烟株地上部分, 分别在 8:00 和 18:00 各进行 1 次, 每次 15 mL/盆, 每片叶片表面均匀喷满. 另设喷施蒸馏水为对照 (CK), 各处理设 5 次重复. 隔天进行淹水试验, 将盆放入水池中, 水深与盆内土表的高度平齐, 延续淹水 11 d, 每隔 2 d 测定烟株的根系活力、氮代谢关键酶及氮素含量 (质量分数, 下同).

表 1 试验设计

处理	喷施液
T1	0.05 mmol/L 多胺
T2	0.10 mmol/L 多胺
T3	0.50 mmol/L 多胺
CK	蒸馏水

1.3 测定指标与方法

1) 根系活力. 分别于淹水 0, 1, 3, 5, 7,

9, 11 d 时取样, 每个处理选取 5 株烟株, 取根尖部位, 洗净后切碎混均匀, 并置于液氮罐中备用. 采用氯化三苯基四氮唑 (TTC) 法测定根系活力^[22], 每项测定指标重复 3 次, 下同.

2) 氮代谢关键酶活性. 分别于淹水 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11 d 时取样, 每个处理选取 5 株烟株根系样品, 洗净后切碎混均匀, 并置于液氮罐中备用. NR 活性采用活体法测定^[23], GS 活性测定参照 Mifflin 等^[24]的方法.

3) 根系氮素含量. 分别于淹水 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11 d 时取样, 每个处理选取 5 株烟株根系剪下, 经杀青、烘干、研磨工序制备样品, 进而测定根系氮素含量, 其方法为凯氏定氮法^[25].

1.4 数据分析

数据作图由 Excel 2010 完成, 采用 SPSS 16.0 进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 喷施不同浓度多胺对根系活力的影响

由图 1 可知, 随着淹水胁迫时间的推移, 各处理烟株根系活力均呈降低趋势. 淹水 11 d 时, 与淹水前相比 CK, T1, T2 与 T3 的根系活力分别下降了 62.6%, 58.5%, 52.69%, 50.17%, 且喷施不同浓度多胺处理的烟株根系活力均高于 CK, CK 的根系活力在淹水 1~7 d 有较大幅度的下降, 7 d 之后缓慢降低. T1 的根系活力在淹水 1 d 时有少量降低, 3~7 d 大幅度降低, 7 d 之后缓慢降低; 与 CK 相比, T1 根系活力在淹水 1~3 d 升高较快, 均超过 16.8%. T2 和 T3 的根系活力在淹水 0~3 d 少量下降, 5~11 d 大幅度下降; 且与 CK 相比, T2 和 T3 的根系活力在淹水 3~11 d 增加较多, 分别增加了 27.4% 和 30.3% 以上; 在淹水 7 d 时增加最多, 分别增加了 33.9% 和 38.86%.

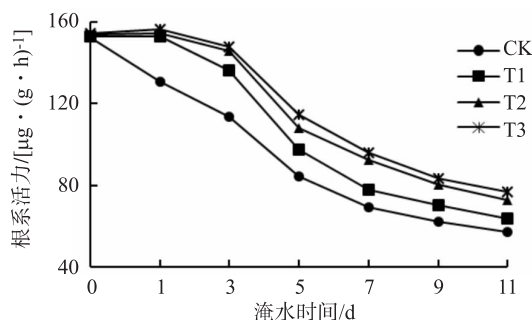


图1 喷施不同浓度多胺后烟株根系活力

2.2 喷施不同浓度多胺对根系氮代谢关键酶活性的影响

2.2.1 硝酸还原酶 (NR)

图 2 显示, 在淹水条件胁迫下, 所有处理的烟株根系 NR 活性变化均呈前期升高、后期降低的趋势, 且 T1, T2 和 T3 的根系 NR 活性均高于 CK. CK 的根系 NR 活性在淹水 3 d 时升至最高; 与淹水前相比, 淹水 11 d 降低了 10.3%. T1, T2 和 T3 的根系 NR 活性在淹水 5 d 时升至最高; 与淹水前相比, 淹水 11 d 分别增加了 0.89%, 13.80%, 20.4%. 与 CK 相比, T1, T2 和 T3 的根系 NR 活性在淹水 5 ~ 11 d 增加较多, 分别超过 10.9%, 18.4%, 23.4%. 由此可见, 淹水胁迫诱导烟株根系 NR 活性的增加, 但随着淹水胁迫时间的推移, 淹水 5 d 时烟株根系 NR 活性开始逐渐降低. 喷施多胺能提高淹水胁迫下烟株根系 NR 活性, 尤其是当淹水胁迫较长时 (淹水时间 > 5 d), 其中以喷施 0.50 mmol/L 多胺的效果最好.

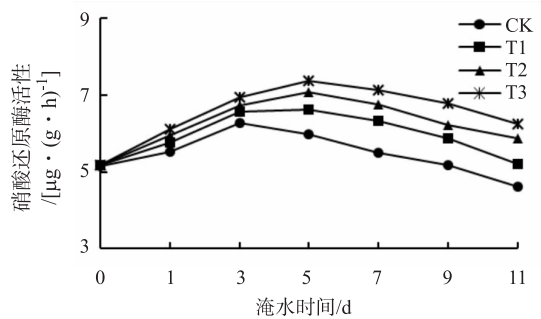


图2 喷施不同浓度多胺后根系硝酸还原酶活性

2.2.2 谷氨酰胺合成酶 (GS)

喷施不同浓度多胺后烟株根系 GS 活性如图 3 所示. CK 的根系 GS 活性在淹水 0 ~ 1 d 缓慢升高, 升高了 4.98%, 在淹水 1 d 升至最高, 3 ~ 9 d 迅速下降, 下降了 30.2%. 与 CK 相比, T1 的根系 GS 活性变化趋势基本相同, 但在淹水 0 ~ 1 d 升高较快, 比 CK 高了 10.7%; 与淹水前相比, CK 和 T1

的根系 GS 活性分别降低了 34.03% 和 31.3%. T2 和 T3 的根系 GS 活性在淹水 0 ~ 3 d 快速升高, 均高于 21.8%, 在淹水 3 d 升至最高, 在淹水 5 ~ 11 d 则快速降低, 均降低 29.5%, 且处理间根系 GS 活性差异较小; 与淹水前相比, T2 和 T3 的根系 GS 活性分别降低了 18.5% 和 16.2%. 因此, 淹水胁迫下, 所有处理烟株根系 GS 活性均呈先升高后降低趋势, 且 T1, T2, T3 根系 GS 活性均高于 CK, 其中以喷施 0.10 mmol/L 和 0.50 mmol/L 多胺的效果较佳.

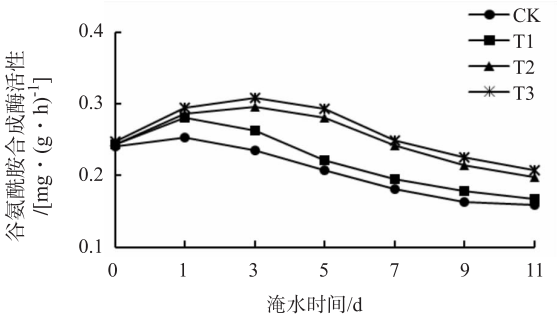


图3 喷施不同浓度多胺后根系谷氨酰胺合成酶活性

2.3 喷施不同浓度多胺对根系氮素质量分数的影响

由表 2 可知, CK 和 T1 的根系氮质量分数在淹水 0 ~ 3 d 呈升高趋势, 5 ~ 11 d 呈降低趋势; T2 和 T3 的根系氮质量分数在淹水 0 ~ 5 d 呈升高趋势, 7 ~ 11 d 呈降低趋势. 淹水 1 d, T2 和 T3 的根系氮质量分数与 CK 间差异均有统计学意义, 但 T2 与 T3 间差异无统计学意义. 淹水 3 d, T2 和 T3 的根系氮质量分数均显著性高于 CK, 且处理间差异有统计学意义; T1 的根系氮素质量分数高于 CK, 但差异无统计学意义; 淹水 5 ~ 9 d, CK 与 T1, T2, T3 的根系氮质量分数间差异均有统计学意义. 与淹水前相比, 淹水 11 d 所有处理的根系氮素质量分数降至最低, 且 T2 和 T3 的根系氮质量分数与 CK 间差异有统计学意义.

表 2 喷施不同浓度的多胺后根系氮素质量分数 %

处理	淹水天数/d						
	0	1	3	5	7	9	11
CK	2.171 a	2.463 c	2.674 c	2.457 d	2.148 d	1.694 d	1.317 c
T1	2.236 a	2.532 bc	2.811 c	2.663 c	2.324 c	1.875 c	1.452 c
T2	2.283 a	2.621 ab	2.890 b	2.917 b	2.635 b	2.019 b	1.622 b
T3	2.315 a	2.838 a	3.112 a	3.229 a	2.876 a	2.363 a	1.845 a

注: 同一列中不同字母表示差异有统计学意义 ($P < 0.05$).

3 讨论

在淹水条件胁迫下,烟株根系缺少氧气,根部有氧呼吸被抑制,导致土壤氧化还原能力降低,还原产物和代谢毒物产生毒物积累^[6],进一步导致烟株根部代谢受阻.本试验结果表明,随着淹水时间的延长,烟株根系活力呈下降趋势,这与徐春梅等^[26]在水稻幼苗根系中的研究结果不一致,原因可能是由于水稻生长在水中,其对淹水胁迫的抗逆性高于烟株,而烟草对淹水胁迫较为敏感的原因所致.通过喷施外源物质是缓解烟株淹水胁迫,提高烟株根部代谢活动与烟株抗渍性的有效途径.本试验结果显示,喷施不同浓度多胺均能够减缓淹水胁迫下烟株根系活力的降低,其中以喷施 0.10, 0.50 mmol/L 多胺的效果较佳,这与曾珊珊等^[18]在外源亚精胺对淹水胁迫玉米的根系活力研究结果一致.在淹水天数低于 3 d 时,喷施多胺能基本维持烟株的根系活力,这可能是由于外源亚精胺提高了淹水胁迫下植物根系中无氧呼吸代谢酶的活性,从而抑制了乳酸的过量产生^[27],进而降低植物根系受到伤害的程度.

植物的氮代谢较复杂,需要多种酶的参与,因此淹水胁迫下,喷施多胺后植物体内可能通过改变氮循环关键酶活性,从而调节植物氮代谢,提高植物抗渍性^[21].结果表明,在淹水胁迫初期(淹水天数 < 5 d)烟株根系的 NR 活性升高,这可能与淹水胁迫下,氧气不足,氮代谢途径改变,烟株根系中 NO_3^- 代替 O_2 成为电子受体, NADH 被氧化,促进细胞质和线粒体中 NAD^+ 再生^[28],诱导 NR 活性增强.当淹水时间较长(淹水天数 > 5 d),根系 NR 活性降低,其原因是随着淹水胁迫时间的延长,烟株根系生理代谢受抑制程度加剧.而喷施多胺参与烟株根系氮代谢调节,提高了淹水胁迫下烟株根系 NR 活性.与对照相比,喷施 0.05, 0.10, 0.50 mmol/L 多胺处理后烟株根部 NR 活性在淹水 5~11 d 增加较多,分别超过 10.9%, 18.4%, 23.4%,这可能是由于外源多胺通过提高烟株根系对硝态氮的吸收能力,从而诱导 NR 活性增强.本试验中,烟株根系 GS 活性在淹水 0~1 d 升高,可能是由于淹水胁迫前期,烟株根系 NR 活性升高,还原了大量 NO_3^- ,在根的前质体中累积了大量 NH_4^+ ,而 GS 对 NH_4^+ 亲和力较高^[29],进而使 GS 活

性升高.但在淹水 3~11 d, GS 活性降低,可能是由于淹水胁迫后期 NR 活性降低使得 NH_4^+ 累积量减少.此外,淹水胁迫下根系主要进行无氧呼吸,中间产物 α -酮戊二酸供应量大量减少^[30],导致 GS 活性在淹水 3 d 后降低.与对照相比较,喷施 0.05 mmol/L 多胺处理后烟株根系 GS 活性在淹水 1~3 d 增加较多,超过 11.1%;喷施 0.10 mmol/L 和 0.50 mmol/L 多胺处理后烟株根系 GS 活性在淹水 3~9 d 增加较多,分别超过 30.5% 和 37.6%,这可能与外源多胺诱导 NR 活性增强,促进硝态氮的还原^[31],大量 NH_4^+ 诱导了 GS 活性的增强有关.由于烟株根系氮代谢关键酶活性的变化,烟株根系氮素质量分数随之变化.本试验结果表明,淹水胁迫下,喷施多胺、蒸馏水烟株根系氮素质量分数均呈先升高后降低趋势,其中喷施 0.10 mmol/L 和 0.50 mmol/L 多胺均显著增加烟株根系氮素质量分数,有利于减缓淹水胁迫对烟株根系生长发育的抑制作用.

4 结论

由于淹水胁迫抑制烟株根系活力,因此为减缓淹水胁迫对烟株根系的危害,探讨了多胺对淹水胁迫下烟株根系活力的影响.在淹水胁迫初期(淹水天数 < 3 d)烟株根系的 GS 和 NR 活性升高,促进烟株根系对土壤中氮肥的吸收,从而提高烟株根系氮质量分数.随着淹水胁迫时间的延长,烟株根系 GS 和 NR 活性降低,导致根系氮质量分数逐渐降低.而喷施多胺能增强烟株根系活力和氮代谢反应,减缓淹水胁迫对烟株根系生理功能的伤害,其中以喷施 0.50 mmol/L 多胺效果最好.综上所述,本试验虽然可为淹水胁迫下减缓烟株根系生理功能的受损提供一定的理论依据,但是仍存在一些不足,如喷施多胺对烟株水涝灾后修复及烟叶的产质量的影响等本文尚未涉及,今后需进一步探讨.

[参考文献]

- [1] 黎妍妍. 湖南烟区烤烟质量和生态因素综合评价 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [2] 韩锦峰. 烟草栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [3] 刘冰, 周新国, 李彩霞, 等. 叶面喷施外源多胺提高夏玉米灌浆前期抗涝性 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (12): 122-128.

- [4] 宫长荣, 汪耀富. 淹水胁迫对烤烟生理生化特性的影响 [J]. 中国农业科学, 1995, 28 (S1): 126-130.
- [5] 刘贞琦, 伍贤进, 刘振业. 土壤水分对烟草光合生理特性影响的研究 [J]. 中国烟草学报, 1995, 2 (3): 44-49.
- [6] 李艳红, 蔺万煌, 彭克勤, 等. 水涝胁迫对烤烟化学品质的影响 [J]. 中国烟草科学, 2000 (4): 39-41.
- [7] 曾淑华, 刘飞虎, 覃鹏, 等. 淹水对烟草生理指标的影响 [J]. 烟草科技, 2004 (1): 36-38.
- [8] 曾淑华, 赵正雄, 覃鹏, 等. 淹水对转超氧化物歧化酶或过氧化物酶基因烟草某些生理生化指标的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41 (5): 54-57.
- [9] 郭丽琢. 厌氧处理对烤烟 K326 体内钾的累积及分配的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38 (3): 320-324.
- [10] 曾淑华, 刘飞虎. 水涝或低温交叉处理对烟草生长的影响 [J]. 贵州农业科学, 2009, 37 (1): 34-36.
- [11] 汪耀富, 王佩, 宋世旭, 等. 渗透胁迫对不同供钾水平烤烟叶片多胺含量的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2008, 31 (1): 133-136.
- [12] 段九菊. 外源亚精胺提高黄瓜幼苗耐盐性的生理调节功能研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [13] 王晓云, 李向东, 邹琦. 外源多胺、多胺合成前体及抑制剂对花生连体叶片衰老的影响 [J]. 中国农业科学, 2000, 33 (3): 30-35.
- [14] SUM C, LIU Y L, ZHANG W H. Mechanism of the effect of polyamines on the activity of tonoplast in barley roots under salt stress [J]. Acta Bot Sinica, 2002, 44 (10): 1167-1172.
- [15] 徐仰仓, 王静, 刘华, 等. 外源精胺对小麦幼苗抗氧化酶活性的促进作用 [J]. 植物生理学报, 2001, 27 (4): 349-352.
- [16] 江行玉, 赵可夫, 窦君霞, 等. NaCl 胁迫下外源亚精胺和二环己基胺对滨藜内源多胺含量和抗盐性的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2001, 37 (1): 6-9.
- [17] 江行玉, 窦君霞, 赵可夫, 等. 精胺对盐胁迫下玉米衰老和生长的影响 [J]. 山东师范大学学报 (自然科学版), 1997, 12 (1): 76-80.
- [18] 僧珊珊, 王群, 张永恩, 等. 外源亚精胺对淹水胁迫玉米的生理调控效应 [J]. 作物学报, 2012, 38 (6): 1042-1050.
- [19] 程明明, 杜红阳, 刘怀攀. 外源亚精胺对涝胁迫下玉米幼苗根的氧化伤害缓解效应 [J]. 南方农业学报, 2015, 46 (1): 36-41.
- [20] 刘冰, 周新国, 李彩霞, 等. 叶面喷施外源多胺提高夏玉米灌浆前期抗涝性 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (12): 122-128.
- [21] 韩锦峰, 朱大恒, 林学梧, 等. 多胺对烟草抗渍性的生理效应: 简报 [J]. 植物生理学通讯, 1992, 28 (4): 271-272.
- [22] 陈习羽, 周冀衡, 王绍坤, 等. 铅对烤烟 K326 和红花大金元生长和品质的影响 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2011, 37 (2): 127-130.
- [23] 李志霞, 秦嗣军, 吕德国, 等. 植物根系呼吸代谢及影响根系呼吸的环境因子研究进展 [J]. 植物生理学报, 2011, 47 (10): 957-966.
- [24] MIFLIN B J, LEA P J. Ammonia assimilation [M]. New York: Academic Press, 1980: 169-202.
- [25] 云菲, 刘国顺, 史宏志. 光氮互作对烟草气体交换和部分碳氮代谢酶活性及品质的影响 [J]. 作物学报, 2010, 36 (3): 508-516.
- [26] 徐春梅, 陈丽萍, 王丹英, 等. 低氧胁迫对水稻幼苗根系功能和氮代谢相关酶活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (8): 1625-1634.
- [27] 杜红阳, 程明明, 杨青华, 等. 外源亚精胺对涝胁迫下玉米幼苗根系无氧呼吸代谢的调控效应 [J]. 华北农学报, 2015, 30 (4): 110-116.
- [28] KWINTA J, BIELAESHI W. Glutamate dehydrogenase in higher plants [J]. Acta Physiology Plant, 1998, 19 (2): 453-463.
- [29] APPENROTH K J, MECO R, JOURDAN V, et al. Phytochrome and post-translational regulation of nitrate reductase in higher plants [J]. Plant Science, 2000, 159 (1): 51-56.
- [30] 生利霞, 束怀瑞. 低氧胁迫对平邑甜茶根系活力及氮代谢相关酶活性的影响 [J]. 园艺学报, 2008, 35 (1): 7-12.
- [31] 李合生. 现代植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.