

干旱胁迫下 DCPTA 对大豆幼苗生长的调控

李馨园

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:以嫩丰 20 为试验材料,在温室和盆栽条件下,以清水为对照,用 15% 的 PEG-6000 模拟干旱条件,设置 4 个浓度(0,20,40 和 60 mg·L⁻¹)的 DCPTA 溶液处理进行叶面喷施,考察干旱胁迫下其对大豆幼苗叶片光合特性、保护酶以及叶绿素荧光特性的影响。结果表明:DCPTA 处理提高了苗期大豆叶片光合速率、蒸腾速率、气孔导度和叶绿素含量,降低了胞间 CO₂ 浓度;提高了最大荧光量(*F_m*)、PS II 的最大光能转换速率(*F_v/F_m*)和光化学淬灭系数(*qP*);降低了非光化学淬灭系数(*qN*);增加了保护酶活性;并促进了脯氨酸的积累。过氧化氢酶(CAT)活性和脯氨酸含量以 60 mg·L⁻¹ 为最优处理,其余指标均以 40 mg·L⁻¹ 处理为最优。

关键词:干旱胁迫;大豆幼苗;DCPTA;抗旱性;光和特性;保护酶

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2016.01.0086

Regulation of DCPTA on Soybean Seedling Growth under Drought Stress

LI Xin-yuan

(Qiqihaer Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Qiqihaer 161006, China)

Abstract: The objective of this study is to determine the mechanisms of soybean seedlings leaf photosynthetic characteristics, protective enzymes and chlorophyll fluorescence characteristics regulation under drought resistance by foliar application of tertiary amine active DCPTA. Nenfeng 20 growing in pot under greenhouse was treated by 15% PEG-6000 to simulate drought conditions. Four different concentrations were used as treatments, including 0, 20, 40 and 60 mg·L⁻¹ and water was used as control. The result indicated that the photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and chlorophyll content, as well as *F_m*, *F_v/F_m* and *qP* increased significantly while the intercellular CO₂ concentration and *qN* decreased after DCTA treatment. DCTA also promoted the activity of protective enzymes and the accumulation of proline in soybean leaves. 60 mg·L⁻¹ was the most optimized concentration of CAT and proline, while 40 mg·L⁻¹ was the optimum treatment for other parameters.

Keywords: Drought stress; Soybean seedling; DCPTA; Drought resistance; Chlorophyll fluorescence characteristics; Protective enzymes

大豆是黑龙江省重要的经济作物之一,其需水量较高,是豆类作物中对缺水最敏感一种^[1]。春旱是黑龙江省西部地区的主要自然灾害之一,更有“十年九春旱”之说,尤其是 20 世纪 90 年代以来春旱发生呈持续性,严重影响大豆出苗和幼苗的生长,给农业生产带来极大的威胁^[2]。因此,开发能够提高大豆苗期抗旱性的主要措施对黑龙江西部地区大豆生产具有十分重要的意义。近年来,植物生长调节剂在农业生产上已被广泛应用于大田作物和园艺作物的各个生长发育环节。叔胺类活性物质具有投入少、见效快、效果显著等特点,在生产上有一定的成效^[3]。2-(3,4-二氯苯氧基)三乙胺(DCPTA)是该类化合物的典型代表物质,具有低毒、使用安全、生产成本低等特点^[4]。目前 DCPTA 已在一些作物上应用,并有生理效应的研究,例如 DCPTA 能够增加棉花棉蕾和棉铃产量,并促进棉花提早开花^[5],用 10 mg·L⁻¹ DCPTA 浸种处理萝卜,能

够提高萝卜幼苗相对生长速率、增加植株干重、促进番茄红素的积累^[6],将四季豆用 0.6 mg·L⁻¹ DCP-TA 浸种,能够促进幼苗的植株生长,株高和根长都比对照有明显提高^[7],喷施 DCPTA 能够提高玉米幼苗植株株高和叶面积,促进幼苗光合作用和干物质积累^[8-10],DCPTA 浸种小麦,能够提高幼苗呼吸强度,增加叶绿素含量,降低丙二醛含量^[11]。但是关于 DCPTA 用于作物逆境胁迫生理调控尤其是水分胁迫的研究报道较少。本试验选用齐齐哈尔地区主栽的抗旱性大豆品种嫩丰 20 为材料,在盆栽条件下以 PEG-6000 溶液模拟干旱胁迫,研究不同浓度的 DCPTA 处理对大豆苗期抗旱生理调控的影响,以为 DCPTA 在大豆生产上的广泛应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆品种嫩丰 20,为齐齐哈尔地区主栽大

收稿日期:2015-08-16
基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-004-CES04);“十二五”农村领域国家科技计划(2011BAD35B06)。
第一作者简介:李馨园(1986-),女,硕士,助理研究员,主要从事大豆高产栽培研究。E-mail:lipan.08@163.com。

豆品种,由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院大豆研究室提供,该品种抗旱性强,地域适应性突出;PEG-6000(聚乙二醇,天津天泰精细化学品有限公司);DCPTA(98%可湿性粉剂粉剂,郑氏化工集团)。

1.2 试验设计

试验于2015年在齐齐哈尔分院试验基地温室进行,采用盆栽法,盆栽土壤取自齐齐哈尔分院试验田,土壤为黑钙土,有机质含量 $3.185\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $2.05\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $1.20\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效氮 $104.26\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $144\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $24.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、pH7.81。

塑料盆内径20 cm,高25 cm,每盆播种8粒,出苗后在子叶期(VC)定植为3株。

参照谢腾龙等^[12]的方法在子叶期每盆浇灌15% PEG-6000高渗溶液500 mL,造成水分胁迫模拟干旱条件,以清水为对照(CK1)。第一片三出复叶完全展开时,喷施4个浓度的DCPTA溶液,即0(CK2),20(T1),40(T2)和60(T3) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,每株5 mL,喷施叶片的正反面,于处理后第7天进行取样和测定。每个处理10盆,3次重复。

1.3 测定项目与方法

采用便携式光合系统测定仪(LI-6000,LI-COR,USA)测定大豆第一片三出复叶中间叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度,每个处理测定时重复6次。采用便携式用便携式荧光仪(PAM-210,WALZ,GERMANY)测定大豆第一片三出复叶中间叶片的最大荧光量(F_m)、PS II的最大光能转换速率(F_v/F_m)、光化学淬灭系数(qP)、非

光化学淬灭系数(qN)。测定前叶片暗适应20 min,先照射强度为 $0.01\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 得到初始荧光 F_o 值,在照射强度大于 $6\text{ }000\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 饱和脉冲光得到最大荧光值 F_m 。取大豆第一片三出复叶的中间叶,一部分叶片用锡纸包好后置于冰盒中,立即带回实验室,用去离子水反复冲洗,剪碎混匀,采用乙醇丙酮法^[13]测定叶绿素含量;另一部分叶片用锡纸包好后立即放入液氮中速冻,然后置于 -80°C 冰箱冷冻保存待测超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性和脯氨酸(Pro)含量,分别采用氮蓝四唑光还原法(NBT)、愈创木酚法、高锰酸钾滴定法和磺基水杨酸法^[14]测定。

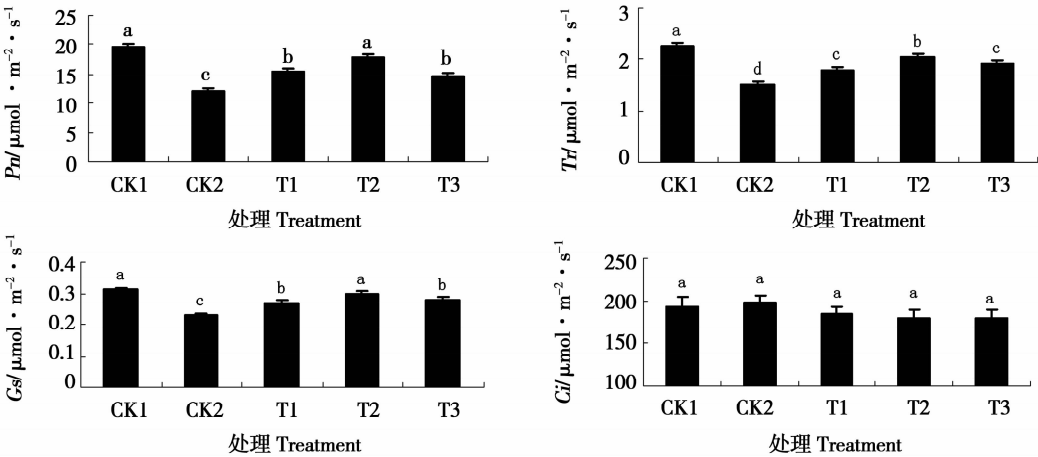
1.4 数据分析

采用DPS V 7.05进行数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫下不同浓度 DCPTA 对大豆幼苗光合特性的影响

如图1所示,与CK1相比,水分胁迫降低了大豆幼苗叶片的光合能力,与CK2相比,不同浓度的DCPTA处理均提高了大豆幼苗叶片的光合速率、蒸腾速率和气孔导度,并降低了胞间 CO_2 浓度。不同浓度DCPTA处理间相比较,光合速率、蒸腾速率和气孔导度均呈现单峰曲线变化,且峰值均为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,与CK2相比差异显著,分别增加47.93%、35.76%和30.43%,胞间 CO_2 浓度各个处理间差异不显著。



不同字母表示处理间0.05水平差异显著,下同。
Different letters indicate significant difference at 0.05 level, the same below.

图1 DCPTA对大豆叶片光合速率及相关参数的影响

Fig.1 Effects of DCPTA on photosynthetic rate and its correlative parameters of soybean leaves

2.2 水分胁迫下不同浓度 DCPTA 对大豆幼苗叶绿素含量和荧光参数的影响

如图2所示水分胁迫使大豆幼苗叶片的叶绿素

含量降低。在水分胁迫条件下喷施DCPTA能显著提高大豆幼苗叶片叶绿素含量,不同浓度的DCPTA处理与CK2相比叶绿素含量分别提高23.21%、

36.59%和16.64%,其中,40 mg·L⁻¹处理达到最高水平。

如图3可知,*Fv/Fm*、*Fm*和*qP*值变化趋势与叶绿素含量相同,表现为CK1>T2>T1>T3>CK2,说明DCPTA能提高大豆叶片PS II的最大光能转换速率、最大荧光量和光化学淬灭系数。*qN*值呈“V”型曲线变化,T2处理显著低于其它浓度DCPTA处理,这一表现与*Fv/Fm*、*Fm*和*qP*值相反。

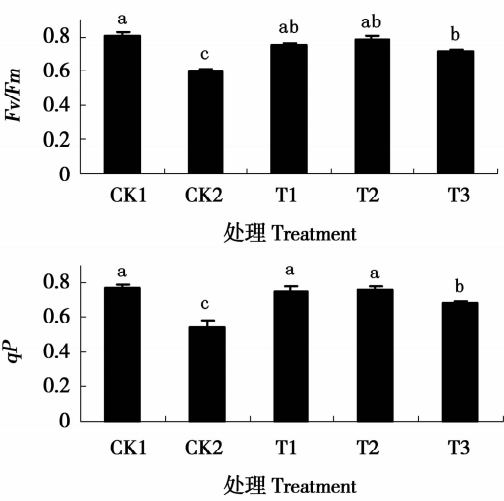


图3 DCPTA 对大豆叶片叶绿素荧光参数的影响

Fig. 3 Effect of DCPTA on chlorophyll fluorescence parameters of soybean leaves

2.3 水分胁迫下不同浓度 DCPTA 对大豆幼苗抗氧化酶活性和脯氨酸含量的影响

如图4所示,CK2与CK1相比,SOD、POD和CAT活性均增加,这表明水分胁迫诱导了大豆幼苗自身活性氧代谢调节,清除体内活性氧,以保证植物体处于相对稳定的状态。与CK2相比,不同浓度的DCPTA处理SOD、POD和CAT活性也均增加,

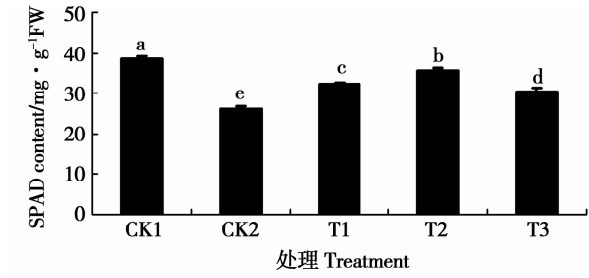
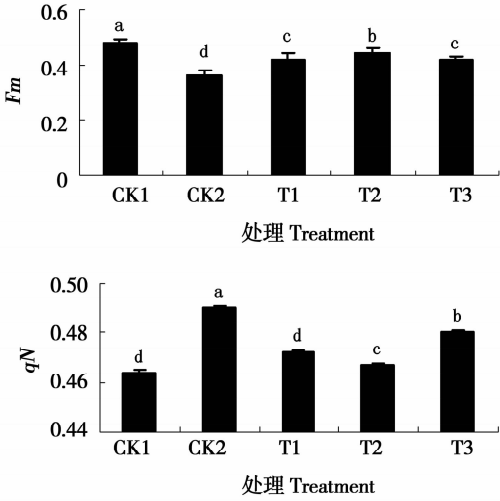


图2 DCPTA 对大豆叶片叶绿素含量的影响
Fig. 2 Effect of DCPTA on chlorophyll content of soybean leaves



SOD活性分别增加25.52%、34.23%、21.29%,POD活性分别增加13.94%、23.28%、5.85%,CAT活性分别增加20.96%、29.03%、54.83%。各处理均随喷施DCPTA浓度的增加而表现出升高的趋势,这表明DCPTA会增强干旱条件下大豆幼苗清除活性氧能力,从而降低水分胁迫对机体的伤害。

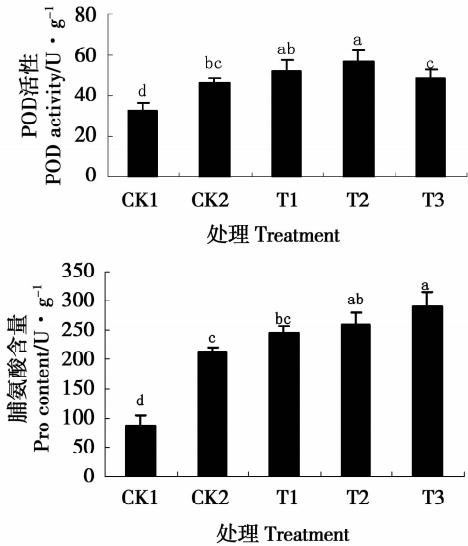
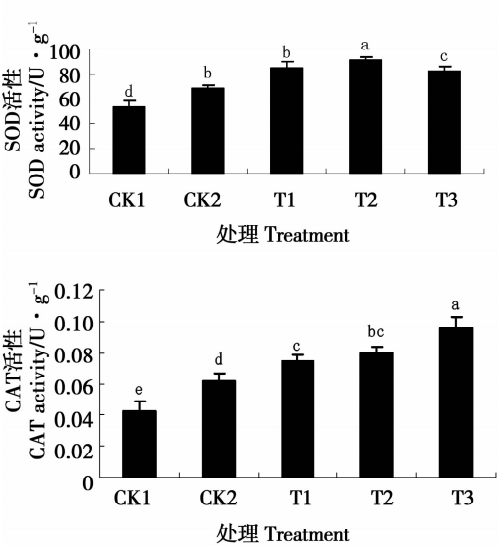


图4 DCPTA 对大豆叶片抗氧化酶活性和脯氨酸含量的影响

Fig. 4 Effect of DCPTA on antioxidant enzymes and proline content of soybean leaves

脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质,其含量可反映植物体遭受水分胁迫的程度^[11],不同浓度的 DCPTA 处理与 CK2 相比脯氨酸含量分别增加 14.93%、22.18%、36.04%,随喷施浓度的增加而表现出升高的趋势,这表明 DCPTA 能增强水分胁迫下大豆幼苗的渗透调节能力,从而增加幼苗的耐旱性。

3 结论与讨论

叶绿素是绿色植物进行光合作用时捕获光能的重要物质,能反映植物的生长发育状况,其含量与光合作用密切相关,可作为衡量环境胁迫对植物生长发育影响的主要参考^[15],有研究结果表明 DCPTA 能够增加小麦和玉米幼苗的叶绿素含量,DCPTA 和 DCA-6(叔胺类活性物质)能够提高花生、菜豆和大豆的光合速率和相关参数,也能提高水分胁迫下玉米的光合能力^[11,16-17]。本研究结果表明,在干旱胁迫下,大豆幼苗叶片叶绿素合成受阻,降解加快,因此含量降低,光合作用明显受到抑制,喷施 DCPTA 增加了叶片叶绿素含量,显著提高大豆幼苗叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,降低胞间 CO₂ 浓度且以中等浓度(40 mg·L⁻¹)的 DCPTA 溶液喷施效果最好。

通过对叶绿素荧光参数的测定可以更准确地反映与电子传递有关的光合器官的能力,顾万荣等^[18]研究结果表明,DCPTA 能够显著提高大豆叶片的 PS II 最大光化学量子产量,杨猛等^[19]研究表明在逆境胁迫下 DCPTA 处理能够减轻低温对玉米叶片 PS II 反应中心的伤害,提高光能转化效率,从而提高光合能力。本研究结果表明不同浓度的 DCPTA 处理均能够显著提高干旱胁迫下大豆幼苗叶片 PS II 最大光化学量子产量,从而提高反应中心光化学能力,由此可见 DCPTA 可以通过优化 PS II 反应中心,在干旱胁迫下也能使 ATP 和 NADPH 的产量增加,从而配合卡尔文循环中还原力的增加,使光合反应得以达到相对平衡,也就是使光合作用能维持相对正常水平,增强大豆幼苗干物质积累能力。

在逆境胁迫下,植物体内活性氧产生与清除之间的平衡会被破坏,植物的清除能力下降,活性氧含量不断增加,加剧了膜质的过氧化,使膜的结构和功能遭到破坏,引起一系列生理生化代谢紊乱,导致伤害发生,SOD、POD 和 CAT 活性的综合测定可确定干旱条件下植物抗氧化水平^[20]。干旱胁迫

下,大豆幼苗体内积累大量的脯氨酸来提高原生质的渗透压,以防止水分散失,DCPTA 处理后,脯氨酸含量比对照显著提高,使水解类酶保持稳定,从而保持原生质体的结构。本研究结果表明在干旱胁迫条件下,DCPTA 可以提高大豆幼苗体内 SOD、POD 和 CAT 活性,其中 SOD 和 POD 变化水平表现为中浓度(40 mg·L⁻¹)时达到最大,而 CAT 和脯氨酸的变化水平则随喷施浓度的增高而增加,在高浓度(60 mg·L⁻¹)下表现为最大,这与谢腾龙等^[12]的研究结果相似。这说明 DCPTA 可诱导调节大豆体内抗氧化酶活性和渗透调节,增强了酶促反应对活性氧清除的能力,减轻水分胁迫条件对幼苗的伤害,提高对干旱抵抗能力,对植物体起到一定的保护作用。

DCPTA 处理后的大豆幼苗光合能力、抗氧化能力和渗透调节能力提高,有利于抗旱性的提高,应用化控手段喷施 DCPTA 等生长调节物质对于前期壮苗,抵御苗期干旱,以及生育后期大豆产量的形成必将具有重要的意义。但是,DCPTA 对干旱胁迫下的大豆幼苗是否还有其它方面的影响机制,影响水平如何,以及苗期影响与后期产量的相关性,还有待进一步研究和探讨。

参考文献

- [1] 杨鹏飞,李贵权,郭丽,等.干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花萼期质膜透性的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):127-130. (Yang P F, Li G Q, Guo L, et al. Effect of drought stress on plasma membrane permeability of soybean varieties during flowering-podding stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3):127-130.)
- [2] 时刚,周贤伟.齐齐哈尔地区春季及初夏干旱状况分析及成因讨论[J].黑龙江农业科学,2010(3):24-27. (Shi G, Zhou X W. Analysis and cause discussion of drought in spring and early summer of Qiqihar area[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2010(3):24-27.)
- [3] Yokoyama H, Hayman E P, Hsu W J, et al. Chemical bioinduction of rubber in guayule plant[J]. Science, 1977, 197:1076-1077.
- [4] 张洪奎,陈明德,郭奇珍. DCPTA 的合成研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1995, 34(4):588-590. (Zhang H K, Chen M D, Guo Q Z, The synthesis of 2-diethylaminoethyl-3, 4-dichlorophenyl[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1995, 34(4):588-590.)
- [5] 田晓莉,谭伟明,李召虎,等. DCPTA 与 DTA-6 复配对转基因抗虫棉苗期生长发育的调控[J]. 棉花学报, 2006, 18(1):3-7. (Tian X L, Tan W M, Li Z H, et al. Regulation of mixed compound of DCPTA and DTA-6 on cotton seedling growth [J]. Cotton Sci-

- ence,2006,18(1):3-7.)
- [6] Keithly J H, Yokoyama H, Gausman H W. Regulation of crop growth and yield by tertiary amine bioregulators[J]. Hort Science, 1991,117:294-297.
- [7] 全瑞建,刘雪琴,耿慧敏,等. DCPTA 浸种对四季豆幼苗生长的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(9):1823-1825. (Tong R J, Liu X H, Geng H M, et al. Effect of DCPTA on the seeding growth of kindey bean[J]. Hubei Agricultural Science, 2011,50(9):1823-1825.)
- [8] 王泳超,顾万荣,曲天明,等. DCPTA 与 CCC 复配对寒地春玉米茎秆抗倒伏特性及光合作用的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(3):91-97. (Wang Y C, Gu W R, Qu T M, et al. Effects of mixed compound of DCPTA and CCC on lodging resistance characteristics and photosynthesis of spring maize in cold area[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2014,30(3):91-97.)
- [9] 王泳超,顾万荣,魏湜,等. 新型植物生长复配剂对玉米幼苗形态建成及叶片生理特性的调控效应[J]. 作物杂志,2015(2):89-94. (Wang Y C, Gu W R, Wei S, et al. Effects of new plant growth compound mixtures on morphogenesis and leaf physiological characteristics of maize seedlings[J]. Crops,2015(2):89-94.)
- [10] 朱恒光,顾万荣,王泳超,等. DCPTA 对低温下玉米叶片生理生化特征的影响[J]. 核农学报,2015,29(3):549-556. (Zhu H G, Wang Y C, Gu W R, et al. Effects of DCPTA on the physiological and biochemical characteristics in maize seedling leaves under low temperature stress[J]. Journal of Nuclear Agricultural Science,2015,29(3):549-556.)
- [11] 耿惠敏,俞晓红,杜凤静,等. DCPTA 浸种对小麦苗期生长的影响[J]. 广东农业科学,2009(12):23-25. (Geng H M, Yu X H, Du F J, et al. Effects of DCPTA seeding soaking on the growth of wheat seeding[J]. Guangzhou Agricultural Science, 2009(12):23-25.)
- [12] 谢腾龙,朱恒光,顾万荣,等. 水分胁迫 DCPTA 对寒地春玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 农业现代化研究,2015,36(1):144-148. (Xie T L, Zhu H G, Gu W R, et al. Effect of DCP-TA on seed germination and seeding growth of spring maize under water stress condition in the cold region of China[J]. Research of Agricultural Modernization, 2015,36(1):144-148.)
- [13] 孔祥生. 植物生理学实验技术[M]. 北京:中国农业出版,2008:77-80. (Kong X S. Experimental technology of plant physiology [M]. Beijing:Chinese Agriculture Press,2008:77-80.)
- [14] 王学奎. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006. (Wang X K, Plant physiological and biochemical experiment principle and technology [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press,2006.)
- [15] Bowler C, van Montagu M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology,1992,43:83-116.
- [16] 王颖,耿惠敏,赵晶晶. 增产胺浸种对玉米幼苗生长的影响[J]. 贵州农业科学,2010,38(1):32-34. (Wang Y, Geng H M, Zhao J J. Effect of seed soaking with DCPTA on growth of maize seedings[J]. Guizhou Agricultural Science,2010,38(1):32-34.)
- [17] 原立地,顾万荣,孙继,等. DCPTA 对低温胁迫下玉米幼苗叶片叶绿素含量及其荧光特性的影响[J]. 作物杂志,2012(5):63-67. (Yuan L D, Gu W R, Sun J, et al. Regulation of DCPTA treatment on chlorophyll content and fluorescence parameters of maize seedings leaves under low-temperature stress[J]. Crops,2012(5):63-67.)
- [18] 顾万荣,李召虎,翟志席,等. DCPTA 和 DTA-6 对大豆叶片光合及叶绿素荧光特性的调控[J]. 大豆科学,2008,27(5):777-782. (Gu W R, Li Z H, Zhai Z X, et al. Regulation of DCPTA and DTA-6 on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of soybean leaves[J]. Soybean Science, 2008,27(5):777-782.)
- [19] 杨猛,魏玲,胡萌,等. 低温胁迫对玉米幼苗光合特性的影响[J]. 东北农业大学学报,2012,43(1):66-70. (Yang M, Wei L, Hu M, et al. Effect of low temperature stress on photosynthetic characteristics of maize seeding[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2012,43(1):66-70.)
- [20] 冯乃杰,祖伟,孙聪姝,等. 化控种衣剂提高大豆幼苗抗寒性的机理研究[J]. 中国农业科学,2008,41(12):4281-4286. (Feng N J, Zu W, Sun C S, et al. Mechanism of chemical control seed coating agent enhancing cold resistance of soybean seeding[J]. Scientia Agricultura Sinica,2008,41(12):4281-4286.)