

干旱胁迫下外源脱落酸对大豆花期生理特性的影响

阮英慧,董守坤,刘丽君,孙聪姝,王立彬,郭茜茜,盖志佳

(东北农业大学 农学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:以大豆品种绥农 14 为材料,采用盆栽试验研究了大豆花期干旱胁迫条件下喷施不同浓度外源脱落酸(ABA)对大豆生理特性的影响,并对不同浓度脱落酸的作用效果进行比较。结果表明:与正常供水相比,干旱条件下的大豆叶片过氧化物酶活性、丙二醛含量、可溶性糖含量、游离脯氨酸含量均增加,超氧化物歧化酶活性和叶绿素含量降低,喷施一定浓度外源 ABA 明显缓解了干旱胁迫下大豆各项生理指标的变化幅度。喷施 ABA 后 1~13 d,4.0 mg·L⁻¹的 ABA 明显提高了过氧化物酶的活性,1.0 mg·L⁻¹ ABA 能明显促进超氧化物歧化酶活性升高和可溶性糖含量增加,并能缓解叶绿素含量的降低;3.0 mg·L⁻¹的 ABA 明显使脯氨酸含量增加;2.0 mg·L⁻¹的 ABA 对缓解丙二醛积累作用明显。综合分析表明,干旱胁迫下,叶面喷施一定浓度的脱落酸维持了大豆花期叶片的正常生理代谢功能,有效的提高了叶片抗氧化能力和控制了叶片的衰老进程。

关键词:干旱胁迫;大豆;脱落酸;花期;生理特性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)03-0385-04

Effects of Exogenous Absciscic Acid on Physiological Characteristics in Soybean Flowering under Drought Stress

RUAN Ying-hui, DONG Shou-kun, LIU Li-jun, SUN Cong-shu, WANG Li-bin, GUO Qian-qian, GAI Zhi-jia

(College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: Soybean *cv.* Suinong 14 were pot planted in greenhouse, and different drought stress were set at flowering, then 1.0-8.0 mg·L⁻¹ Absciscic acid(ABA) were leaf sprayed and content of superoxide dismutase(SOD), peroxidase(POD), proline, malondialdehyde(MDA), soluble sugar and chlorophyll in soybean blades under drought stress were determined 1-13 days later. The results showed that compared with normal water irrigation, POD activity, content of soluble sugar and free proline in leaves under drought conditions increased. SOD activity and chlorophyll content decreased. Exogenous ABA relieved the change of these physiological indexes under drought stress. In the test, 4.0 and 3.0 mg·L⁻¹ ABA obviously improved POD activity and proline content, respectively; 1.0 mg·L⁻¹ ABA increased the soluble sugar content and SOD activity and alleviated the decrease of leaf chlorophyll content, 2.0 mg·L⁻¹ ABA alleviated the accumulation of MDA apparently. Above results indicated that a certain concentration of ABA could effectively enhance the antioxidant capacity and slow down the senescence of soybean leaves.

Key words: Drought stress; Soybean; Absciscic acid(ABA); Flowering; Physiological characteristics

干旱胁迫是指由于缺水导致土壤和空气干燥,而使环境条件不利于植物生长、繁殖。干旱是限制植物产量的重要胁迫因子,植物能通过感受刺激和传导信号,进而启动各种生理生化反应响应干旱胁迫^[1]。

脱落酸(ABA)是植物响应干旱胁迫的一种重要调节因子,它能够促进植物芽休眠、抑制生长、促进衰老。Neill等^[2]研究认为,植物细胞可通过增加ABA的产生和积累来调控自身在各种逆境下的反应,ABA是植物的“抗逆诱导因子”。逆境下ABA

能提高相关抗氧化酶的活性,从而减轻植物体内的活性氧(ROS)积累^[3]。

大豆是需水较多的作物,花期是需水的关键时期,约占总耗水量的40%^[4]。花期季节性干旱在我国时有发生,严重影响了大豆生长发育与产量品质的形成。外源激素对植物抗旱性的影响在水稻^[5-6]、芝麻^[7]、玉米^[8]、小麦^[9]和草莓^[10-11]上均有报道,而在大豆上则鲜有报道。该试验在干旱胁迫条件下研究了外源脱落酸对大豆生理特性的影响,以期明确大豆抗旱生理机制提供理论依据。

收稿日期:2011-11-13

基金项目:黑龙江省科技攻关项目(GA09B103,GA09B104);东北农业大学科技人才启动基金(2009RC57)。

第一作者简介:阮英慧(1986-),女,硕士,研究方向为大豆水分生理。E-mail: ruan0451@126.com。

通讯作者:孙聪姝(1957-),女,研究员,研究方向为作物栽培生理。E-mail: liulijun281021@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2010年在东北农业大学实验实习基地防雨棚内进行,采用盆栽方式,桶直径26 cm、高33 cm,装土量为10 kg。供试土壤基本理化性质:有机质 $19.81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $1.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $0.68 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $25.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效氮 $130.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $39.49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $180.62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。供试品种为绥农14,由黑龙江省农业科学院绥化分院提供。5月30日播种,每盆保苗3株,大豆苗期正常供水,到达花期(6月28日)开始干旱胁迫,采用称重法与便携式土壤水分速测仪(美国 Spectrum TDR100)相结合进行控水处理。每

天17:00~18:00采用定量浇水结合实时测量的方法进行土壤水分调控。以土壤含水量(占田间持水量的百分数)划分胁迫程度为:正常供水80%~85%;轻度干旱胁迫65%~70%;中度干旱胁迫50%~55%;重度干旱胁迫35%~40%。试验于6月29和30日连续2 d喷施ABA,浓度分别为1.0、2.0、4.0和8.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,分别用T1、T2、T3、T4表示,以正常浇水不喷激素(CK1)和控水喷施与ABA等量的清水(CK2)为对照,共6个处理,每个处理20盆,共4次重复。喷洒ABA和清水时加入表面活性剂吐温-80,用手持式喷雾器在植株叶片正反两面均匀喷施,以叶面湿润不流滴为准。取样日期对应的胁迫程度、土壤含水量如表1所示。

表1 取样日期及胁迫程度

Table 1 Sampling date and extent of stress

取样日期 Sampling date	胁迫程度 Stress level	土壤含水量 Soil moisture content/%	处理时间 Days of treatment/d
7月1日	轻度 mild	69.0	1
7月4日	中度 moderate	54.4	4
7月7日	中度 moderate	50.2	7
7月10日	重度 severe	38.9	10
7月13日	重度 severe	35.0	13

1.2 测定项目与方法

叶绿素含量采用比色法^[12]测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法^[13]测定;超氧化物歧化酶(SOD)酶活性采用NBT光化还原法^[13]测定;丙二醛(MDA)和可溶性糖含量的测定采用王宝山等^[14]的方法测定;脯氨酸(Pro)含量采用茚三酮显色法^[14]测定。

1.3 数据处理

采用Excel 2003和SPSS 11.0进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 叶片过氧化物酶(POD)活性

如图1A所示,干旱胁迫各处理酶活性明显高于正常供水CK1。处理后1~4 d,CK2的POD活性较其它处理增加迅速。处理后4~7 d,CK2的POD活性迅速下降,其余各处理的POD活性继续增加。处理后7~13 d,T1、T2、T4的POD活性呈先下降后上升趋势,均高于CK2;T3酶活性逐渐降低,在处理13 d T3酶活性低于CK1和CK2。处理后7 d,ABA各处理的POD活性出现峰值,分别比对照CK2高出54.95%、57.48%、45.66%和31.49%。喷施ABA后的1~13 d,各处理的POD活性表现为

T4 > T1 > T2 > T3。

2.2 叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性

从图1B可以看出,正常供水CK1的SOD活性明显高于干旱胁迫的处理。处理后1~4 d,T1的SOD活性呈上升趋势,其它处理呈下降趋势。处理后4~13 d,各处理SOD活性呈先上升后下降的趋势。处理后7~13 d,ABA各处理均高于对照CK2。处理后7 d,T2、T3、T4的SOD活性达到峰值,分别比CK2分别高出64.62%、26.68%和60.14%。T1在处理10 d的SOD活性达到最大值,比CK2高44.21%。喷施ABA后的1~13 d,各处理的SOD活性表现为T1 > T4 > T2 > T3。

2.3 叶片游离脯氨酸(Pro)含量

从图2A可以看出,正常供水(CK1)的情况下,大豆植株体内的游离脯氨酸含量普遍较低,处理T3变化幅度较大。处理后1~7 d,各处理Pro含量逐渐增加。处理后7 d,ABA各处理脯氨酸积累量达到峰值,且明显高于对照CK1和CK2,表现为T3 > T2 > T4 > T1 > CK2 > CK1。处理后7~13 d,各处理Pro含量逐渐下降。T4在处理10 d酶活性略低于CK2,10~13 d逐渐上升。喷施ABA后1~13 d,ABA各处理的脯氨酸含量表现为T3 > T4 > T2 > T1。

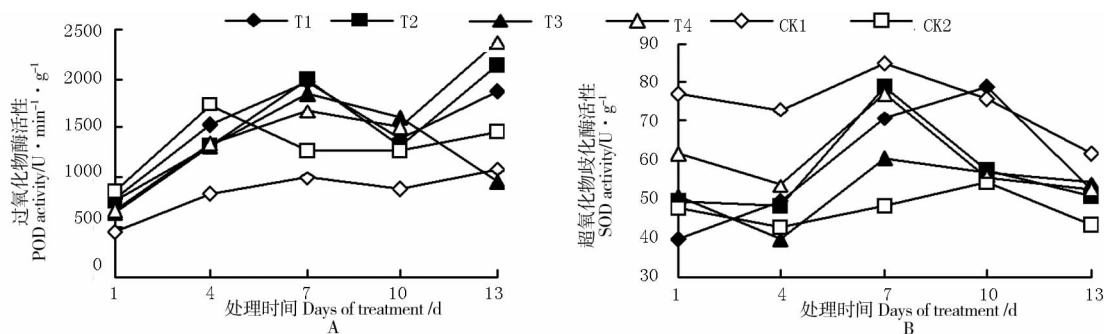


图1 干旱胁迫下 ABA 对叶片过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性的影响

Fig.1 Effect of ABA on activity of POD and SOD under drought stress

2.4 叶片丙二醛(MDA)含量

从图2B可以看出,干旱胁迫各处理MDA含量高于正常供水(CK1)并呈先增加后降低的趋势。处理后1~7 d,T1和T2的MDA含量逐渐上升而后略微下降,T3、T4和CK2逐渐上升,ABA各处理

MDA积累量比CK2高。处理后7~10 d ABA各处理MDA含量逐渐降低,CK2继续升高。处理后10~13 d,ABA各处理MDA含量低于CK2。喷施ABA后1~13 d,ABA各处理丙二醛含量表现为T3 > T1 > T4 > T2。

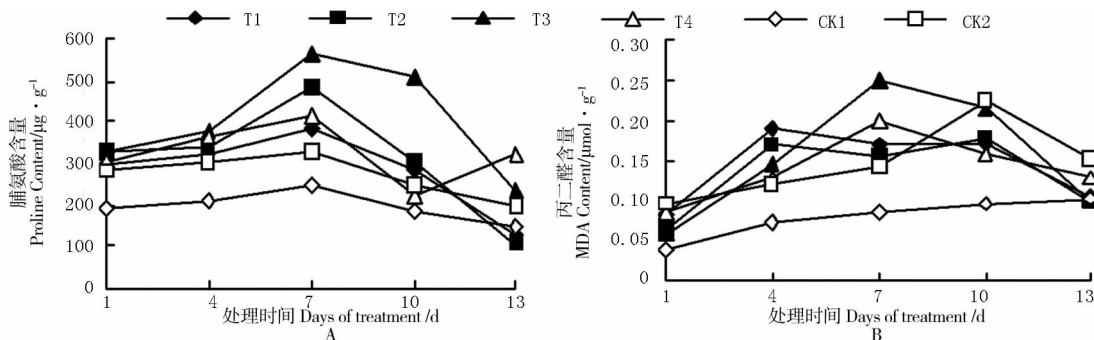


图2 干旱胁迫下 ABA 对叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响

Fig.2 Effect of ABA on the content of Proline and MDA under drought stress

2.5 可溶性糖含量

如图3A所示,正常供水(CK1)条件下,可溶性糖含量保持在较低水平。随着干旱胁迫加剧,各处理可溶性糖含量呈先增加后降低的趋势,但增加速度和积累能力不同。干旱胁迫初期,喷施ABA处理的可溶性糖含量比CK2增加迅速,处理后7 d,与CK2相比,除了T4之外的ABA各处理均提高了大豆花期叶片中的可溶性糖含量。处理后10~13 d,各处理可溶性糖含量有所下降,但处理T2、T3始终比对照CK2高。喷施ABA后1~13 d,ABA各处理可溶性糖含量表现为T1 > T2 > T3 > T4。

2.6 叶绿素含量

从图3B可以看出,正常供水(CK1)条件下,叶绿素含量保持在较高水平。干旱胁迫下的各处理叶绿素含量降低。处理后1~4 d,干旱胁迫各处理叶绿素含量降低,但CK2降低比其它处理迅速。处理后4~7 d,ABA各处理叶绿素含量升高。处理后1~13 d,CK2叶绿素含量一直下降,并明显低于其它各处理。喷施ABA后1~13 d,各处理间叶绿素含量表现为T1 > T4 > T3 > T2。

3 结论与讨论

干旱常导致植物细胞活性氧 ROS 含量急剧上升。植物的抗氧化系统无法及时清除过量的 ROS,其对植物的伤害表现为膜脂过氧化作用产生丙二醛(MDA),MDA能与酶蛋白发生链式反应聚合,使膜系统变性^[15]。该试验的结果表明,随着干旱胁迫的加剧,ABA处理后 POD、SOD 的活性比干旱处理的对照(CK2)明显增加。植物活性氧的清除能力增强,降低了膜脂的过氧化程度^[16]。该试验中,ABA处理初期大豆叶片的MDA含量呈明显增加趋势,而处理后10 d MDA含量明显低于干旱胁迫的对照(CK2),证实外施脱落酸能缓解水分胁迫下膜脂过氧化作用给植物带来的伤害。这与张泱^[17]和张辉等^[18]的结论一致。

干旱胁迫下,脯氨酸和可溶性糖的积累有利于维持渗透调节和细胞膜系统的稳定性^[19]。外源ABA能进一步加强干旱胁迫下脯氨酸和可溶性糖的合成^[20]。该试验结果表明,ABA处理后脯氨酸和可溶性糖含量的增加,明显高于正常供水对照(CK1)

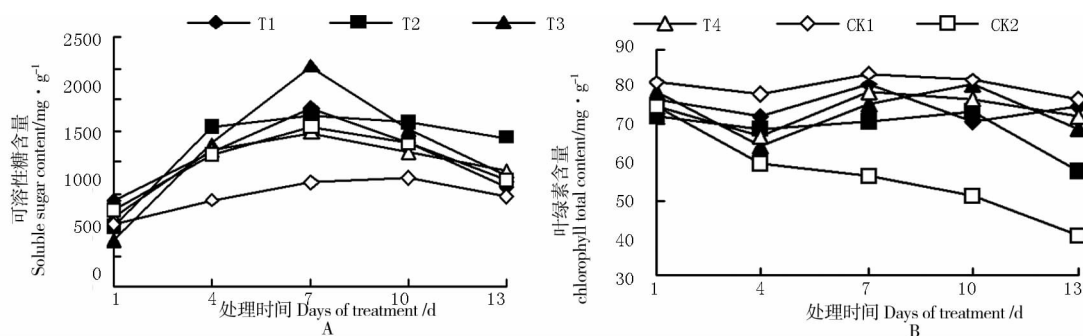


图3 干旱胁迫下ABA对叶片可溶性糖和叶绿素含量的影响

Fig.3 Effect of ABA on the content of soluble sugar and chlorophyll under drought stress

及干旱胁迫的对照(CK2)。

干旱胁迫下叶绿体组织结构遭破坏,叶绿素含量下降,干旱胁迫产生的ROS使光合器官遭到破坏,影响光合膜上的光合作用过程^[15]。该试验表明,干旱处理使叶片叶绿素含量降低,而外源ABA处理能够明显缓解干旱条件下叶绿素的降解。

不同浓度ABA的作用效果不相同,可能由于大豆花期对不同浓度的激素较敏感。对大豆的生理指标的影响进行综合比较可知,喷施ABA后1~13 d,4.0 mg·L⁻¹ ABA明显提高了过氧化物酶的活性,1.0 mg·L⁻¹ ABA能促进超氧化物歧化酶活性升高和可溶性糖含量的增加,并能缓解叶绿素含量的降低;3.0 mg·L⁻¹ ABA能明显增加脯氨酸含量;2.0 mg·L⁻¹ ABA对缓解丙二醛积累作用明显。

该试验结果显示,各脱落酸处理均在喷施后7 d大豆叶片POD和SOD活性、脯氨酸和可溶性糖含量出现峰值,这可能与ABA作用强度、持续时间以及MDA含量下降有关。与正常供水相比,干旱条件下的大豆叶片过氧化物酶活性、超氧化物歧化酶活性、可溶性糖含量、游离脯氨酸含量增加,干旱胁迫下喷施一定浓度外源脱落酸后增幅更明显;与正常供水相比,干旱条件下的大豆叶片丙二醛积累、叶绿素降解,一定浓度外源脱落酸明显缓解了干旱胁迫下丙二醛积累和叶绿素降解。

参考文献

- [1] 邓振镭,张强,辛吉武,等. 干旱生态环境及水资源对全球气候变暖响应的研究进展[J]. 冰川冻土,2008,30(1):57-63. (Deng Z Y,Zhang Q,Xin J W,et al. Research of arid ecological environment and water resources response to global warming[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2008,30(1):57-63.)
- [2] Neill S J,Desikan R,Clarke A,et al. Nitric oxide is a novel component of abscisic acid signaling in stomatal guard cells[J]. Plant Physiology,2002,128(11):13-16.
- [3] 李长宁,Manoj Kumar,农倩,等. 水分胁迫下外源ABA提高甘蔗抗旱性的作用机制[J]. 作物学报,2010,36(5):863-870. (Li C N,Manoj K,Nong Q,et al. Mechanism of tolerance to drought in sugarcane plant enhanced by foliage dressing of abscisic

- acid under water stress[J]. Acta Agronomica Sinica,2010,36(5):863-870.)
- [4] 郑天琪,连成才,王成,等. 三江平原地区影响大豆产量的气象因素分析[J]. 中国农业气象,16(2):22-23. (Zheng T Q,Lian C C,Wang C,et al. Sanjiang plain of meteorological factors affecting soybean yield analysis[J]. Chinese Agricultural Meteorology,16(2):22-23.)
- [5] 黄升谋,邹应斌. 赤霉素和脱落酸对水稻籽粒灌浆及结实的影响[J]. 安徽农业大学学报,2006,33(3):293-296. (Hang S M,Zou Y B. Relationship of gibberellin and abscisic acid with grains filling and effects on setting[J]. Journal of Anhui Agricultural University,2006,33(3):293-296.)
- [6] 王贺正,马均,李旭毅,等. 水分胁迫对水稻结实期活性氧产生和保护系统的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(7):1379-1387. (Wang H Z,Ma J,Li X Y,et al. Effect of reactive oxygen and protection system of rice in filling stage under water stress[J]. Scientia Agricultura Sinica,2007,40(7):1379-1387.)
- [7] 严寒,许本波,赵福永,等. 脱落酸和水杨酸对干旱胁迫下芝麻幼苗生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(6):163-172. (Yan H,Xu B B,Zhang F Y,et al. Effects of abscisic acid and salicylic acid on physiologic-al characteristics of sesame seedlings under drought stress[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2008,26(6):163-172.)
- [8] 周天,胡勇军,张丽辉,等. 油菜素内酯对玉米幼苗抗旱性的影响[J]. 长春师范学院学报,2003,22(2):66-68. (Zhou T,Hu Y J,Zhang L H,et al. Effect of brassinolide on drought resistance of maize seedlings[J]. Journal of Chang chun Teachers College,2003,22(2):66-68.)
- [9] 梁新华,许兴,徐兆桢. 外源ABA对不同品种春小麦幼苗叶片叶绿素荧光动力学参数的影响[J]. 江苏农业科学,2004(4):24-26. (Liang X H,Xu X,Xu Z Z,et al. Effect of exogenous ABA on chlorophyll fluorescence parameters of different varieties of spring wheat[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2004(4):24-26.)
- [10] 王书宏,杜永吉. 外源激素对干旱胁迫下草莓光合特性的影响[J]. 中国农学通报,2008,24(12):367-371. (Wang S H,Du Y J. Effects of exogenous hormones on photosynthetic parameters of strawberry under drought stress[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2008,24(12):367-371.)
- [11] 郁怡汶. 草莓光合作用对水分胁迫响应的生理机制研究[D]. 杭州:浙江大学,2003:31. (Yu Y W. Research of strawberry response to water stress photosynthesis physiological mechanism [D]. Hangzhou:Zhejiang University,2003:31.)

(下转第394页)

- aging[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2009, 29(3): 198-201.)
- [6] 寿惠霞, 宋文坚, 张刚, 等. 栽培与野生大豆资源抗种子劣变性差异的研究[J]. 大豆科学, 1998, 17(1): 59-64. (Shou H X, Song W J, Zhang G, et al. Study on the difference of resistance to seed deterioration between cultivated and wild soybean genotypes [J]. Soybean Science, 1998, 17(1): 59-64.)
- [7] 周建萍, 乔燕祥, 穆志新, 等. 大豆种子老化过程中活力指标的研究[J]. 山西农业科学, 2007, 35(3): 33-35. (Zhou J P, Qiao Y X, Mu Z X, et al. Study on vitality index of soybean seed in aging process[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2007, 35(3): 33-35.)
- [8] 张瑛, 滕斌, 吴敬德, 等. 水稻种子高温高湿人工加速老化试验方法研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10): 8-12. (Zhang Y, Teng B, Wu J D, et al. Study on accelerated aging test of rice seeds with high temperature and humidity [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(10): 8-12.)
- [9] 刘子凡. 种子学实验指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 57-59, 141. (Liu Z F. Seed science: a laboratory manual[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010: 57-59, 141.)
- [10] 王海华, 蒋明义, 康健, 等. 低浓度镍处理下玉米种子的萌发与活性氧代谢的关系[J]. 作物学报, 2003, 29(4): 601-605. (Wang H H, Jiang M Y, Kang J, et al. Relationship between seed germination and active oxygens metabolism in maize treated with low nickel concentration [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 29(4): 601-605.)
- [11] 曾大力, 钱前, 国广泰史, 等. 稻谷储藏特性及其与籼粳特性的关系研究[J]. 作物学报, 2002, 28(4): 551-554. (Zeng D L, Qian Q, Kunihiro, et al. Study on storability and morphological index in rice (*Oryza sativa* L.) under artificial ageing [J]. Acta Agronomica Sinica, 2002, 28(4): 551-554.)
- [12] 吴聚兰, 周小梅, 范玲娟, 等. 人工老化对大豆种子活力和生理生化特性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(6): 582-587. (Wu J L, Zhou X M, Fan L J, et al. Effects of artificial aging on seed vigor, physiological and biochemical characteristics of soybean seeds [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(6): 582-587.)
- [13] 乔燕祥, 周建萍, 田齐建, 等. 大豆种子老化过程中生理特性变化的研究[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(5): 616-620. (Qiao Y X, Zhou J P, Tian Q J, et al. Changing of physiological characteristics of soybean seeds in aging course [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(5): 616-620)
- [14] 乔燕祥, 高平平, 马俊华, 等. 两个玉米自交系在种子老化过程中的生理特性和种子活力变化的研究[J]. 作物学报, 2003, 19(1): 123-127. (Qiao Y X, Gao P P, Ma J H, et al. Study on physiological characteristics and seed activity changes of two maize inbreds in ageing course [J]. Acta Agronomica Sinica, 2003, 19(1): 123-127.)
- (上接第 388 页)
- [12] 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: 134-138. (Li H S. Plant physiological and biochemical principles and techniques [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 134-138.)
- [13] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 65-66. (Wang Z. Plant physiology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 65-66.)
- [14] 王宝山. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 167-174. (Wang B S. Plant physiology [M]. Beijing: Science Press, 2003: 167-174.)
- [15] 殷云刚. 油菜素内酯和甜菜碱诱导番茄幼苗抗旱机理的研究[D]. 重庆: 重庆西南大学, 2008: 24. (Yin Y G. The study on physiological mechanism of brassinolide and betaine in inducing drought resistance in tomato seedlings [D]. Chongqing: Southwestern University, 2008: 24.)
- [16] Agarwal S, Sairam R K, Srivastava G C, et al. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes [J]. Biologia Plantarum, 2005, 49(4): 541-550.)
- [17] 张泱. 叶面喷施脱落酸对银中杨几个生理指标的影响[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(3): 97-98. (Zhang Y. Effects of foliar spray of abscisic acid on the several physiological indexes [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2005, 33(3): 97-98.)
- [18] 张辉, 张文会, 苗秀莲, 等. 外源脱落酸对苗期野生大豆抗盐能力的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(5): 828-832. (Zhang H, Zhang W H, Miao X L, et al. Exogenous abscisic acid strengthen salt tolerance of *Glycine soja* at seedling stage [J]. Soybean Science, 2009, 28(5): 828-832.)
- [19] Smirnoff N, Cumbes Q J. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes [J]. Phytochemistry, 1989, 28: 1057-1060.)
- [20] 郝格格, 孙忠富, 张录强, 等. 脱落酸在植物逆境胁迫研究中的进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 212-215. (Hao G G, Sun Z F, Zhang L Q, et al. A Research overview of the plant resistance to adverse environment by using abscisic acid [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(18): 212-215.)