

干旱胁迫下化控种衣剂对大豆幼苗生长发育及保护酶活性的影响

李建英¹, 田中艳¹, 周长军¹, 杜志强¹, 张志刚¹, 杨柳¹, 吴耀坤¹, 金铃¹, 郑殿峰²

(1. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 2. 黑龙江省八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:以化控种衣剂(HK)和常规种衣剂(ND)对大豆种子进行包衣处理,分析了干旱胁迫下,大豆幼苗株高、植株干重、根干重、根体积及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性的变化规律。结果表明:干旱胁迫后,化控种衣剂能促进幼苗植株干重、根干重和根体积的增加,抑制株高的增长和根冠比的增加,提高大豆叶片SOD、POD的活性。化控种衣剂处理能促进植株的生长速度,增加叶片的保护酶活性,提高大豆幼苗的抗旱性。

关键词:大豆;干旱胁迫;化控种衣剂;SOD;POD

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2010)04-0611-04

Effect of Chemical Seed Coating on Growth and Development of Soybean Seedlings under Drought Stress

LI Jian-ying¹, TIAN Zhong-yan¹, ZHOU Chang-jun¹, DU Zhi-qiang¹, ZHANG Zhi-gang¹, YANG Liu¹, WU Yao-kun¹, JIN Ling¹, ZHENG Dian-feng²

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316; 2. Agronomy College of Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

Abstract: In this paper, the effect of chemical control seed coating on the growth and the activity of protective enzymes of soybean seedlings were discussed under drought stress. Soybean seeds Suinong 10 were treated with chemical control seed coating(HK) and conventional seed coating(ND), the growth traits of plant height, plant dry weight, root dry weight, root cubage and the activity of superoxide dismutase(SOD) and peroxidase(POD) of soybean seedlings were determined. Compared with ND, Chemical control seed coating could increase plant dry weight, root dry weight and root cubage, inhibit the plant height and root shoot ratio, enhance the activity of SOD and POD under the drought stress. On the whole, Chemical control seed coating could promote plant growth rate, increase the protective enzyme activities of leaves and improve drought resistance of soybean seedlings.

Key words: Soybean; Drought stress; Chemical seed coating; SOD; POD

在干旱条件下,大豆幼苗植株的高度下降,全株生物产量逐渐降低^[1],水分不仅影响大豆植株形态变化,还能影响其生理反应^[2]。SOD和POD是植物细胞抵御活性氧伤害的重要保护酶,对清除超氧阴离子自由基和H₂O₂,阻止或减少羟基自由基的形成和保护膜系统免受损伤起重要作用^[3]。随着干旱胁迫的加强,SOD和POD活性表现为先升后降的趋势^[4]。干旱胁迫导致不同大豆品系的SOD酶活性增强,以清除体内自由基,保护质膜,增强品系抗旱性^[5],干旱还可以使大豆叶片SOD活性下降^[6]。

近年来,生长调节剂在作物生产上应用越来越多^[7-8],它可调节作物体内的酶和内源激素水平,使作物具有更好的适应性和抗逆性。如矮壮素处理

冬小麦幼苗,可改善植株水分状况,提高离体叶片的保水功能,抑制幼苗生长及促进根系生长,增加根冠比^[9]。张秋英等^[10]研究表明,大豆化控种衣剂能使幼苗植株矮化、根系发达、根冠比明显加大。

化控种衣剂是将最新的生化技术与种子包衣技术有机结合的多功能复合制剂。应用化控种衣剂,不仅有传统种衣剂预防病虫害的作用,同时也有调节作用,增强植株对外界不良因素的抵御能力,使养分更合理地分配与运输到产量器官,发挥出增产效应^[11]。该文研究了干旱胁迫下化控种衣剂对大豆幼苗生长发育及保护酶活性的影响,旨在为黑龙江省大豆生产中化控技术的应用提供理论依据。

收稿日期:2010-01-10

基金项目:黑龙江省“十一五”科技攻关资助项目(GA06B101-1-1)。

第一作者简介:李建英(1975-),女,硕士,助理研究员,现从事大豆栽培与育种工作。E-mail:lijianying617@126.com。

通讯作者:郑殿峰,教授,博士生导师。E-mail:dqfnj@126.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2007年在黑龙江八一农垦大学温室中进行。供试大豆品种是绥农10号,应用的种衣剂是黑龙江八一农垦大学植物科技学院的化控室研制的新型化控种衣剂(HK)和黑龙江八一农垦大学种衣剂厂生产的种衣剂(ND),种衣剂用量均为种子重量的1.5%。采用盆栽试验,土壤为白浆土,肥力中等。选取外观形态(大小、形状、色泽等)一致的大豆种子进行包衣处理,以化控种衣剂(HK)和常规种衣剂(ND)包衣为种子处理,以不包衣的种子为对照(CK)。选用15×30 cm 塑胶桶,每盆装风干土7 kg,用聚乙烯管为浇水管,采用地下给水的方式进行控水。干旱胁迫处理使土壤水势维持在65~70 Ka,对照处理使土壤水势维持在30~40 Ka,出苗后第22天开始取样,以后每2 d进行取样,进行形态、生理生化指标的分析测定。

1.2 测定项目与方法

形态指标的测定:处理和对照每次各取10株,用直接测量法测定株高;排水法测量根体积;烘干称重法测定苗和根系的干重,并计算出根/冠比(R/S)。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参照邹琦的方法^[12];过氧化物酶(POD)活性的测定参照张宪政的方法^[13]。

1.3 数据分析

用Excel2000和DPS v3.01进行数据处理及图表的绘制。

2 结果与分析

2.1 种衣剂处理对大豆幼苗形态指标的影响

2.1.1 株高 由图1可知, HK处理的株高低于CK,至第30天比CK低36%;ND处理的株高在第24天后高于CK,至第28天比CK高13%。表明干旱条件下,ND种衣剂对株高抑制程度小, HK种衣剂明显抑制大豆幼苗的株高。在干旱下, HK处理的株高平均每天的增长量为0.50 cm, ND处理为0.35 cm,而对照仅为0.05 cm。表明在出苗后第22至30天内 HK虽然在干旱下抑制株高的增长,但能促进植株的生长速度。

2.1.2 根体系积 由图2可以看出,干旱导致根体系积减小且增加缓慢。HK和ND处理的根体系积明显高于CK,至第30天分别比CK高出35%和17%。HK的根体系积高于ND,从出苗后第22至30天,增加量为1.2~1.9 mL。随着胁迫时间的增长, HK处

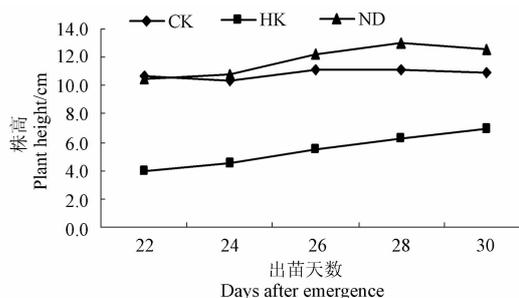


图1 大豆幼苗株高的变化动态

Fig.1 Dynamic changes of plant height of soybean seedlings

理的根体系积平均每天相对增长量明显高于ND和CK。因此,可以推断在缓慢干旱胁迫下, HK处理能促进大豆幼苗根系的生长,提高植株的抗旱性。

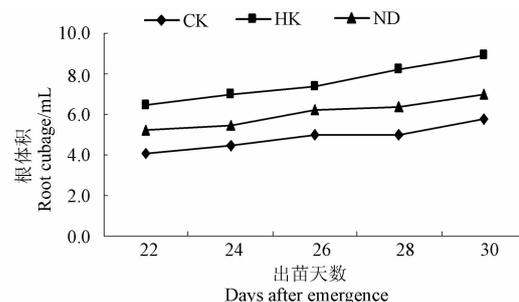


图2 大豆幼苗根体系积的变化动态

Fig.2 Dynamic changes of root volume of soybean seedlings

2.1.3 根系干重 从图3可以看出, HK的根干重明显高于ND和CK,至第30天分别高出7%和12%。ND的根干重在第18~22天低于CK,第24~30天高于CK, HK根干重平均比CK多0.07 g,而ND在胁迫前期的根干重比CK高,到后期CK的根干重增加,导致ND和CK之间的根干重变化不大。由此表明化控种衣剂在干旱胁迫中对根系生长的促进作用好于常规种衣剂。

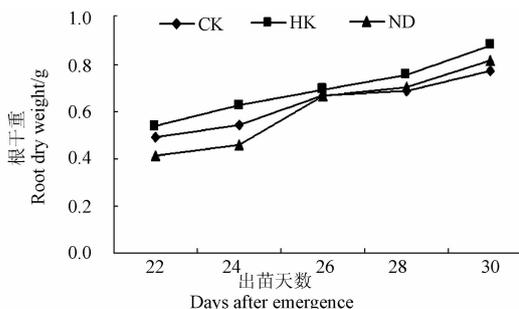


图3 大豆幼苗根系干重的变化动态

Fig.3 Dynamic changes of root dry weight of soybean seedlings

2.1.4 植株干重 从图4可以看出,干旱胁迫下,植株干重呈上升趋势。在8 d内CK植株干重增加了1.21 g。HK植株干重增加了1.23 g; ND植株干

重增加了 1.10 g;HK 和 ND 的植株干重明显高于 CK, HK 平均比 CK 高 0.67 g, ND 平均比 CK 高 0.11 g, 结果表明 HK 和 ND 都能促使植株干重的升高, 并且化控种衣剂对大豆幼苗干旱逆境的抵抗能力好于常规种衣剂。

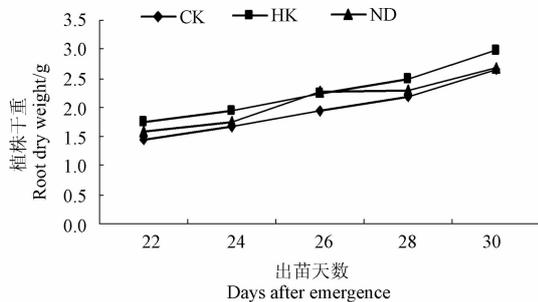


图 4 大豆幼苗植株重的变化动态
Fig. 4 Dynamic changes of plant dry weight of soybean seedlings

2.1.5 根冠比 从图 5 可以看出, 干旱对不同种子处理的根冠比影响不同。干旱胁迫下, 从第 22 至 30 天根冠比呈下降趋势。在干旱胁迫前期, CK 的根冠比比 HK 的高 0.03, 比 ND 的根冠比高 0.08。随着胁迫时间的延长, 不同处理的根冠比趋于 0.30 左右; HK 和 ND 的根冠比在第 22 至 28 天低于 CK, 在第 30 天高出 CK 3.4%。HK 的根冠比在干旱胁迫前期明显高于 ND, 干旱胁迫后期二者之间的差别不大。结果表明, 在干旱胁迫下化控种衣剂能协调作物地上部与地下部的生长, 从而提高作物的抵抗能力。

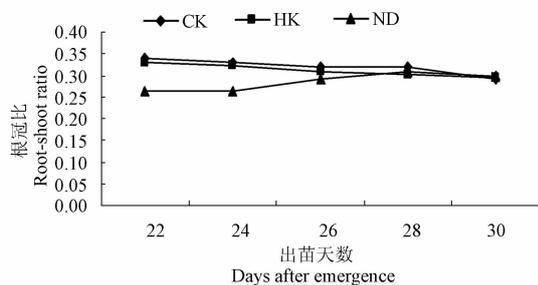


图 5 大豆幼苗根冠比的变化动态
Fig. 5 Dynamic changes of root-shoot ratio of soybean seedlings

2.2 种衣剂处理对大豆幼苗保护酶活性的影响

2.2.1 过氧化物酶 从图 6 可以看出, 在干旱胁迫下, HK 和 ND 的 POD 活性明显高于 CK, 至第 30 天分别高出 38% 和 12%。在干旱胁迫前期 HK 与 ND 的 POD 活性相差不大, 在干旱胁迫后期 HK 的明显高于 ND; 从总的 POD 变化趋势看, HK 处理的 POD 活性高, 与 CK 和 ND 的差异明显。因此从 POD 活性可以看出, 化控种衣剂可以提高幼苗的抗干旱能力。方差分析显示各处理之间以及处理与对照之

间的酶活性差异不显著。

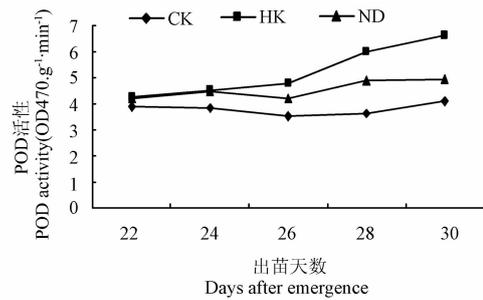


图 6 大豆幼苗 POD 活性的变化动态
Fig. 6 Dynamic changes of POD activity in soybean seedlings

2.2.2 超氧化物歧化酶 如图 7 所示, 干旱导致叶片中 SOD 的活性增加, 并随着胁迫时间的增加, SOD 活性呈下降趋势。HK 的最大值出现在干旱胁迫第 24 天, ND 和 CK 的最大值出现在干旱胁迫第 22 天。HK 的 SOD 酶活性明显高于 CK 和 ND, ND 的 SOD 酶活性在干旱胁迫第 22 天前略低于 CK, 之后明显高于 CK。干旱胁迫后期, HK 处理的 SOD 酶活性下降了 3.0%, ND 处理的 SOD 活性下降了 2.3%。结果表明干旱对 SOD 的活性影响较大, 化控种衣剂能提高 SOD 酶的活性, 从而减轻干旱胁迫对大豆幼苗的伤害。

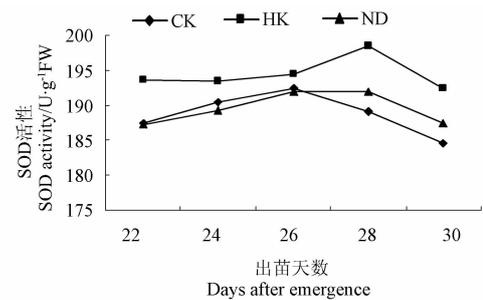


图 7 大豆幼苗 SOD 活性的变化动态
Fig. 7 Dynamic changes of SOD activity in soybean seedlings

3 讨论

水分亏缺下植物细胞的延伸生长受抑, 尤其是植物叶片的生长受抑, 这可能与细胞壁发生硬化有关^[14]。王晓琴认为细胞壁的这种硬化现象实质是植物对水分亏缺的一种主动适应性前馈机制^[15]。水分胁迫下, HK 和 ND 抑制株高的增长, 可能是种衣剂能促使细胞壁的硬化, 有效地限制了植物绿叶面积的扩大, 使植株在胁迫下能长时间存活。根系是植物吸收土壤中水分和养料的重要器官, 也是植物地上部分赖以生存的基础^[16]。有试验表明, 种衣剂能够促进大豆根系发育, 增强大豆苗期健壮度、整齐度, 提高活力和抗逆性, 为后期生长打下坚实

的基础^[17]。该试验中, HK 促进胁迫下大豆幼苗根干重、根体积的增加, 说明在干旱胁迫下, 化控种衣剂具有诱导光合产物优先分配给根系的功能。

干旱胁迫下, 大豆体内代谢常发生紊乱, 过氧化物酶活性的提高, 可以起到保护细胞质膜的作用。不同抗旱类型大豆品种的幼苗, 在发生渗透胁迫时, 其体内过氧化物酶活性增强的幅度是不同的^[18]。SOD 作为保护酶中的关键酶, 它是一种诱导酶, 受底物浓度的诱导, 分化消除逆境中生成的氧自由基, 干旱可使 SOD 的活性增加^[19]。干旱胁迫下, 种衣剂使 SOD 活性下降^[20], SHK-6 能显著提高叶片 POD、SOD 酶活性^[21]。研究表明, 在干旱胁迫下, HK 处理叶片内 SOD、POD 的活性明显高于 ND 和 CK, 可能因为 HK 对抗逆酶系统中各保护酶的作用是通过促进保护酶的合成或保持保护酶的较高活性(或增幅)来清除大量的活性氧, 进而提高抗逆性。由此表明化控种衣剂能提高作物保护酶活性, 从而减轻干旱胁迫对大豆幼苗的伤害。

在试验中发现, 干旱胁迫下不同种衣剂对大豆幼苗的影响及调控机制存在差异。植物体是一个统一的整体, 通过各种器官中多种酶和激素共同作用来实现对自身的调控, 进而增强植物抵御逆境的能力。

4 结论

干旱胁迫下, HK 种衣剂能促进大豆幼苗植株干重、根干重和根体积的增加, 抑制株高的增长, 降低根冠比, 促进大豆幼苗植株的生长速度; HK 的 POD 活性明显高于 ND 和 CK, 并且 POD 的活性保持缓慢上升的趋势。在整个干旱胁迫过程中大豆叶片中 SOD 活性呈先上升后下降趋势, HK 的 SOD 活性明显高于 ND 和 CK, 说明干旱胁迫下, HK 化控种衣剂提高了大豆植株叶片中 SOD 及 POD 酶的活性, 从而减轻干旱胁迫对大豆幼苗的伤害, 提高大豆幼苗的抗逆能力。

参考文献

- [1] 刘丽君, 王以芝, 尹田夫. 根际干旱对大豆幼苗细胞质膜相对透性及生物产量的影响[J]. 大豆科学, 1986, 5(2): 117-121. (Liu L J, Wang Y Z, Yin T F. Effect of drought stress on the plasma membrane permeability of soybean seedling and biomass in root region[J]. Soybean Science, 1986, 5(2): 117-121.)
- [2] 李玉梅, 李建英, 王根林, 等. 水分胁迫对大豆幼苗叶片内源激素的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4): 627-629. (Li Y M, Li J Y, Wang G L, et al. Studies on mechanism of endogenous hormones in soybean seedling under water stress[J]. Soybean Science, 2007, 26(4): 627-629.)
- [3] 张敬贤, 李俊明, 崔四平, 等. 玉米细胞保护酶活性对苗期干旱的反应[J]. 华北农学报, 1990, 5(增刊): 19-23 (Zhang J X, Li J M, Cui S P, et al. Responses of protecting enzymes activity of maize cell to the drought of seedling[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1990, 5(supplementary issue): 19-23.)
- [4] 莫红, 翟兴礼. 干旱胁迫对大豆苗期生理生化特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(1): 22-25. (Mo H, Zai X L. The effect physiological and biochemical characteristics of the seedling soybean on the drought stress[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2007, 46(1): 22-25.)
- [5] 郭数进, 李贵全. 干旱胁迫对不同大豆品系酶类变化的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(3): 20-23. (Guo S J, Li G Q. Effect of drought stress on enzymes of different soybean strains[J]. Soybean Science, 2009, 28(3): 20-23.)
- [6] 邹琦. 植物生理学指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. (Zou Q. Plant physiology guidance [M]. Beijing: Agricultural Press, 2000.)
- [7] 郑殿峰, 赵黎明, 冯乃杰. 植物生长调节剂对大豆叶片内源激素含量及保护酶活性的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(7): 1233-1239. (Zheng D F, Zhao L M, Feng N J. Effects of PGRs on endogenous hormone contents and activities of protective enzymes in soybean leaves [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(7): 1233-1239.)
- [8] 施晓明, 李淑芹, 许景钢, 等. 干旱胁迫下 DA-6 浸种对大豆苗期叶片保护酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(9): 48-51. (Shi X M, Li S Q, Xu J G, et al. Effect of soaking the seeds in DA-6 on protective enzyme activities in leaves of soybean seedling under drought stress [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(9): 48-51.)
- [9] 罗文新, 王韶唐. 植物生长抑制物质对小麦抗旱性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1992, 10(1): 72-80. (Luo W X, Wang S T. Effects of inhibiting substances in plant growth upon drought resistance of wheat [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1992, 10(1): 72-80.)
- [10] 张秋英, 刘晓冰, 王光华. 大豆化控种衣剂研究初报[J]. 中国农学通报, 2000, 16(2): 66-67. (Zhang Q Y, Liu X B, Wang G H. First report of soybean chemical controlling seed coating[J]. The Chinese Agricultural Science Bulletin, 2000, 16(2): 66-67.)
- [11] 冯乃杰. 化控种衣剂对大豆苗期发育产量形成的影响及其生理机制的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002. (Feng N J. Effect of chemical control seed coating on soybean seeding and yield building and physiological mechanism [D]. Beijing: China Agricultural University, 2002.)
- [12] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 150-152 (Zhang X Z. Research Methods in Plant physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 1994: 150-152.)
- [13] 马成仓, 洪法水, 李清芳. 汞对大豆种子萌发及酶活力的影响[J]. 中国油料, 1995, 17(2): 54-56. (Ma Ch C, Hong F S, Li Q F, Effect enzymatic activity and germination of soybean seed on Hg[J]. Oil Crops of China, 1995, 17(2): 54-56.)
- [14] 吉林省农业科学院. 中国大豆育种与栽培[M]. 北京: 农业出版社, 1987. (Jilin Academy of Agricultural Sciences. Soybean breeding and cultivation in China [M]. Beijing: Agricultural Press, 1987.)
- [15] 王连铮, 常耀中. 大豆栽培技术[M]. 北京: 农业出版社, 1986. (Wang L Z, Chang Y Z. Soybean cultivation techniques [M]. Beijing: Agricultural Press, 1986.)

- 2005,16(11):2112-2116.)
- [13] 朱鹏,韩阳,阮亚男.不同大豆品种苗期抗旱性比较[J].大豆科学,2008,27(4):711-714.(Zhu P,Han Y,Ruan Y N. Comparison on drought resistance of different soybean varieties at seedling stage[J]. Soybean Science,2008,27(4):711-714.)
- [14] 杨剑平,陈学珍,王文平,等.大豆实验室 PEG₆₀₀₀ 模拟干旱体系的建立[J].中国农学通报,2003,19(3):65-68.(Yang J P, Chen X Z, Wang W P, et al. The establishment of the simulated system of drought for soybean in laboratory [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2003,19(3):65-68.)
- [15] 王翠花,孙志刚,杨晓松. PEG 处理对大豆叶片抗氧化酶活性的影响[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2005,20(5):523-526.(Wang C H, Sun Z G, Yang X S. Influence in activation of the antioxidase in the blade of soybeans with PEG[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities, 2005, 20(5):523-526.)
- [16] 龚明.作物抗旱性鉴定方法与指标评价[J].云南农业大学学报,1989(1):37-81.(Gong M. Screening methods and indexes of drought resistance in crops and comprehensive evaluation [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,1989(1):37-81.)
- [17] 张志良.植物生理学实验指导(第二版)[M].北京:高等教育出版社,1990.(Zhang Z L. A guide in plant physiology experiment (2nd ed)[M]. Beijing: Higher Education Press,1990.)
- [18] 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,2001.(Li H S. Plant physiology and biochemistry experiment: principle and technology [M]. Beijing: Higher Education Press,2001.)
- [19] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.(Zhang X Z, Chen F Y, Wang R F. Plant physiology experimental technology [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press,1994.)
- [20] 吴慎杰,李贵全,李捷,等.大豆抗旱育种中选择指标和标记的研究现状[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):139-142.(Wu S J, Li G Q, Li J. Selecting targets and markers in drought-resistant breeding of soybean [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2003,21(1):139-142.)
- [21] Bouslama M, Schapaugh W T. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance [J]. Crop Science, 1984,24:933-937.
- [22] Garcia A, Gonzalez M C. Morphological markers for the early selection of drought-tolerant rice varieties [J]. Cultivate Tropicales, 1997,18(2):47-50.
- [23] 孙祖东,陈怀珠,杨守喙,等.大豆抗旱性研究进展[J].大豆科学,2001,20(3):221-226.(Sun Z D, Chen H Z, Yang S Z, et al. Advances in drought tolerance in soybean [J]. Soybean Science, 2001,20(3):221-226.)
- [24] 段光明,黄福贞.蚕豆根际水分胁迫与膜脂过氧化物的关系[J].山西大学学报(自然科学版),1992,15(2):176-181.(Duan G M, Huang F Z. Relationship between water stress and peroxidation of membrane lipids about maize or brood bean roots system [J]. Journal of Shanxi University (National Science Edition), 1992, 15(2): 176-181.)
- [25] 黎裕.作物抗旱鉴定方法与指标[J].干旱地区农业研究,1993,11(1):91-99.(Yu L. The identification method and index for crop drought resistance [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,1993,11(1):91-99.)
- [26] 李贵全,张海燕,季兰,等.不同大豆品种抗旱性综合评价[J].应用生态学报,2006,17(12):2408-2412.(Li G Q, Zhang H Y, Ji L, et al. Comprehensive evaluation on drought-resistance of different soybean varieties [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006,17(12):2408-2412.)
- [27] 龚吉蕊,赵爱芬,张立新.干旱胁迫下几种荒漠植物抗氧化能力的比较研究[J].西北植物学报,2004,24(9):1570-1577.(Gong J R, Zhao A F, Zhang L X. A comparative study on anti-oxidative ability of several desert plants under drought stress [J]. Acta Botanica Borealo-Occidentalia Sinica,2004,24(9):1570-1577.)

(上接第 614 页)

- [16] 宋英淑,杜智琴,徐永华,等.低位渍水对大豆生长发育的影响与其耐涝性的研究[J].黑龙江农业科学,1990(2):16-20.(Song Y S, Du Z Q, Xu Y H, et al. Effect growth and development on the lower-flood and flood tolerance of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1990 (2):16-20.)
- [17] 张树权,董志国,常志敏,等.包衣大豆萌发期、苗期生理与形态指标研究[J].大豆科学,2000,19(3):286-289.(Zhang S Q, Dong Z G, Chang Z M, et al. Study on the physiological and morphological index of seedling of chemical coated soybean seeds [J]. Soybean Science, 2000, 19(3):286-289.)
- [18] Bowler C, Montagu M V, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance [J]. Annual Review of Plant Biology, 1992,43: 83-116.
- [19] 蒋明义,杨文英,徐江,等.渗透胁迫下水稻幼苗中叶绿素降解的活性氧损伤作用[J].植物学报,1994,36(4):289-295.(Jiang M Y, Yang W Y, Xu J, et al. Active oxygen damage effect of chlorophyll degradation in rice seedlings under osmotic stress [J]. Acta Botanica Sinica, 1994,36(4):289-295.)
- [20] 史国安,吕璞,毛军需,等.种衣剂对小麦幼苗抗旱性及膜脂过氧化物的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):77-81.(Shi G A, Lu U P, Mao J X. Effects of seed chemical formation on drought resistance and lipid peroxidation of winter wheat seedlings [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2000,18(4): 77-81.)
- [21] 张明才,何钟佩,田晓莉,等. SHK-6 对干旱胁迫下大豆叶片生理功能的作用[J].作物学报,2005,31(9):26-29.(Zhang M C, He Z P, Tian X L, et al. Effects of plant growth regulator SHK-6 on physiological function of soybean leaves under water deficiency [J]. Acta Agronomica Sinica,2005,31(9):26-29.)