

文章编号 :1003-8701(2014)04-0012-05

不同氮肥处理及水分胁迫对玉米幼苗生理特性的影响

李 程¹, 闫伟平², 常 莹¹, 吴春胜³, 谷 岩^{3*}

(1. 吉林农业大学农学院, 长春 130118 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033 ;
3. 吉林农业大学作物研究中心, 长春 130118)

摘 要 本文以先玉 420 为试验材料, 在盆栽条件下, 研究了不同氮肥处理和水分胁迫条件对玉米幼苗生理特性的影响。结果表明, 水分胁迫显著降低了叶绿素 b 含量和根系活力。水分亏缺下, 氮肥的增加, 叶片叶绿素 a 含量和根系活力也随之增加, 叶片和根系保护酶活性均遵循“低促高抑”的原则。正常供水下, 适度的氮肥使硝酸还原酶活性显著升高, 其中根系中酶活性的升高幅度要大于叶片, 而氮肥对水分胁迫下玉米幼苗叶片和根系硝酸还原酶影响不大。

关键词 :玉米 ;氮肥 ;水分胁迫 ;生理特性

中图分类号 :S513.01

文献标识码 :A

Effects of nitrogen on physiological characteristics of maize seedlings under water stress

LI Cheng¹, YAN Wei-ping², CHANG Ying¹, WU Chun-sheng³, GU Yan^{3*}

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun Jilin 130118, China ;
2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130124 ;
3. The Research Center of Crop Jilin Agricultural University, Changchun Jilin 130118, China)

Abstract: Xianyu 420 was used in the experiment to explore the effects of nitrogen on physiological characteristics of maize seedlings under water stress. The result showed that the content of chlorophyll b and the activities of root were decreased under water stress. Under water stress, nitrogen element can improve the content of chlorophyll a and root, and the activities of SOD, POD, CAT, Asp were increased under moderate nitrogen, and decreased under excessive nitrogen. Under the normal water of soil, moderate nitrogen improved nitrate reductase activities, and the amplitude of root was bigger than that of leaf. There was no difference significantly in nitrate reductase activities of leaf and root under water stress.

Keywords: maize ;nitrogen fertilizer ;water stress ;physiological characteristics

在吉林省西部脆弱生态区, 干旱和土壤养分贫瘠已成为限制玉米产量提高的主要因素之一。水分的亏缺严重影响着作物对肥料, 尤其是氮肥的有效吸收率。氮是植物生命中重要营养元素, 影响植物生长发育的各个生理生化过程^[1]。氮素营

养状况与土壤水分之间存在着紧密相关^[2-4]。通过氮素调节, 可降低玉米对干旱的敏感程度, 减缓因水分亏缺造成的玉米氮代谢紊乱, 增强其抗旱性。同时, 水分影响氮素在土壤中的移动和植物的吸收^[5-6]。有研究表明, 氮肥能够不同程度地提高作物抗旱性^[7-11], 但是对产量的影响有一定的复杂性。在一定施氮条件下, 供水后产量呈现增加趋势, 高氮条件下充分供水并不利于产量的增加。在水分胁迫下, 通过施加氮肥提高产量, 是因为氮素的营养作用, 还是氮肥提高了抗旱性能, 抑或二者的综合作用, 这些生理机制至今未明确阐明。因此, 有学者从苗期开始研究在水分和氮肥的双重胁迫

收稿日期 :2013-10-08

基金项目 :国家粮食丰产工程项目(2011BAD16B10 2012BAD04B02) ;吉林省财政厅农业综合开发科技示范项目(20110530) ;吉林省现代农业产业技术体系建设项目(201203) ;吉林省科技支撑计划项目(20100210)

作者简介 :李 程(1987-), 女, 在读硕士, 研究方向 作物栽培学。

通讯作者 :谷 岩, 女, 副研究员, E-mail: guyan810831@163.com

下,玉米幼苗生物量和保护酶活性等生理特性的变化,但结果不尽一致^[12-13]。水分胁迫是影响作物生长发育的主要限制因子之一,会引起细胞内活性氧自由基的积累,导致膜透性增加。在水分胁迫条件下,植物需要动员整个防御系统抵抗水分胁迫的氧化伤害,而系统中各种保护酶(SOD、CAT、POD 等)活性的高低就成为控制伤害的决定性因素^[14]。通过不同氮肥的调节,是否可以启动自身防御系统增强活性氧自由基的清除能力、保护植物免遭逆境伤害,氮肥对水分胁迫下玉米幼苗叶片和根系的影响有何差异?氮素代谢的主要限速酶活性变化如何?鉴于此,本文通过研究不同氮肥对水分胁迫玉米苗期保护酶活性、硝酸还原酶、叶片叶绿素和根系活力等的综合生理特性影响,探讨水分胁迫下氮素的调节机理,以期对玉米水肥效应和相应逆境生理提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2011 年 5 月在吉林农业大学试验站进行。供试玉米品种为先玉 420。采用盆栽土培试验。土壤为典型黑土,基本理化性状为 pH6.88,有机质含量为 1.09%,全氮含量 1.09%,全磷 381.83 mg/kg,速效磷 10.68 mg/kg,速效钾 103.84 mg/kg,碱解氮 65.27 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用水分和氮肥双因素随机设计。水分因素设定 2 个水平:正常供水 CK(土壤容积含水量 25%)和水分胁迫 W(土壤容积含水量 10%);氮肥处理设定 3 个水平:不施加氮肥 N0(不施氮肥)、N1(100 mg/kg 土)、N2(300 mg/kg 土)。选取饱满一致的玉米种子,用次氯酸钠消毒后,在 25~28℃ 培养箱中催芽,选取长势一致的种子播于盆中,试验过程中在盆上盖一带孔泡沫薄板,最大限度减少水分蒸发。每处理重复 6 盆。2011 年 5 月 4 日开始播种,待玉米幼苗长到 45 d,分别取叶片和根系测定以下指标。

1.3 测定项目和方法

取 0.5 g 叶片加入 0.0625 mol/L pH7.8 的磷酸缓冲液(PBS),冰浴研磨,定容至 5 mL,15 000 r/min,4℃下离心 20 min,上清液为酶提取液。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法测定,以单位时间内抑制光还原 50%酶量为一个酶活性单位;过氧化物酶(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性分别采用愈创木酚法和紫外分

光光度法测定^[16]。抗坏血酸过氧化物酶(AsP)活性参照 Velikova 等^[16]的方法,以每分钟氧化 1 μ mol 抗坏血酸为 1 个酶活单位,以样品的鲜重计算酶活性。膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法^[15]。叶片叶绿素含量、根系活力和硝酸还原酶活性均参照赵世杰^[15]的方法。

1.4 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 软件进行处理,用 SPSS 统计软件进行方差分析,平均数用 t 检验或 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗叶绿素含量的影响

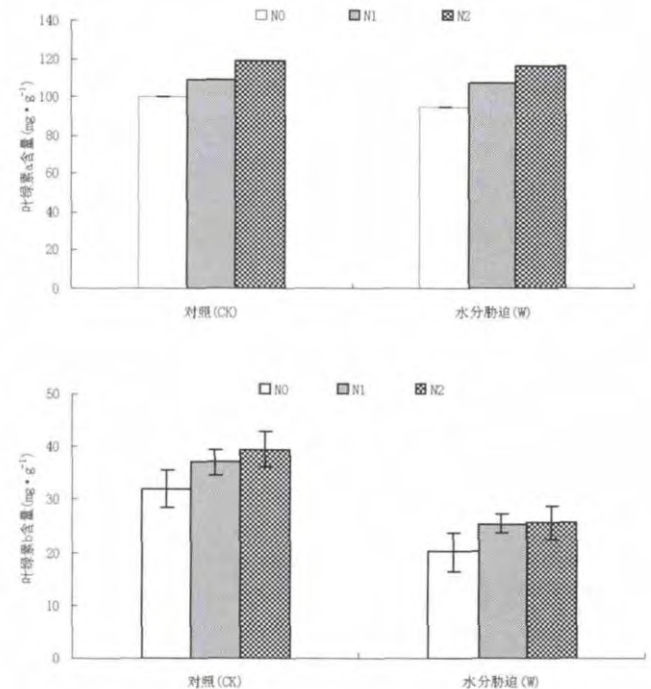


图 1 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米叶片叶绿素含量的影响

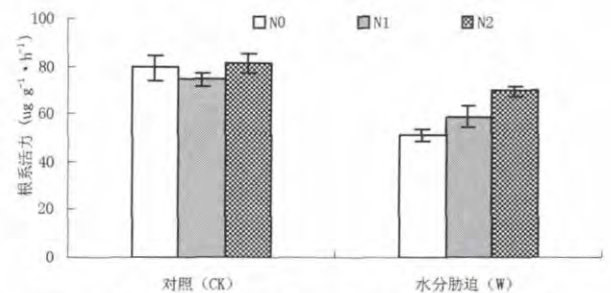


图 2 不同氮肥和水分胁迫对玉米根系活力的影响

随着氮肥的增加,叶片叶绿素 a 和 b 都逐渐增加。但水分胁迫对叶绿素 b 的影响较大。在水分

胁迫下,叶片叶绿素 b 含量比正常条件下降低 36.9%(N0),35.6%(N1)和 37.5%(N2)。正常供水情况下,氮肥增加叶绿素 b 含量显著增加,N1 和 N2 水平比 N0 分别增加 15.7%和 23.2%。但在水分胁迫下,氮肥对叶绿素 b 的影响不大。

2.2 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗根系活力的影响

水分胁迫条件下,各处理玉米幼苗根系活力均显著低于正常供水处理。正常供水下,氮肥对根系活力影响不大。但水分胁迫条件下,随着氮肥的增加,根系活力呈现逐渐升高的趋势。其中 N1 和 N2 处理根系活力比 N0 分别提高 14.4%和 35.5%。

2.3 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗膜脂过氧化的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是生物体内重要的活性氧清除酶^[17],它的主要功能是催化超氧物阴离子自由基 $O_2^{\cdot-}$,发生歧化反应生成 H_2O_2 和 O_2 ,当外来胁迫导致大量活性氧产生时,它能及时有效地清除自由基,保护细胞免受活性氧胁迫的伤害。而过氧化物酶(POD)也是广泛存在于植物体内的重要抗氧化酶之一^[18]。从表 1 可以看出,适量的氮素可以缓解水分胁迫对玉米叶片和根系活性的伤害,其中对根系的效应要强于叶片。

氮肥和水分胁迫下玉米叶片和根系 SOD 酶

表 1 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗 SOD 和 POD 活性的影响

处理		SOD 活性($U \cdot g^{-1}$)			POD 活性($U \cdot g^{-1}$)		
		N0	N1	N2	N0	N1	N2
叶片	CK	102.4a	129.5b	91.6a	113.5a	131.7b	133.4b
	W	72.4a	98.3b	54.9c	89.2a	112.5b	81.8a
根系	CK	73.4a	109.8b	62.2a	91.8a	106.4b	74.8c
	W	62.4a	81.4b	32.8c	62.7a	86.9b	42.4c

注 表中字母为 N0、N1、N2 的差异显著性($p < 0.05$),以下同

活性变化一致。正常供水和水分胁迫条件下,随着氮肥的增加,SOD 活性均显著增加,高氮处理酶活性显著降低。氮肥和水分胁迫对玉米叶片和根系过氧化物酶活性的影响不同。在叶片中,正常供水条件下氮肥的施入增加了 POD 酶活性,处理间无显著差异。但在水分胁迫下,同一氮肥处理下叶片 POD 活性均低于正常供水。中等氮肥处理 N1

显著提高了 POD 活性,随着氮素的进一步提高,达到 N2 水平时,POD 酶活性下降,与 N1 水平时存在显著差异,与 N0 差异不大。根系 POD 活性对氮肥和水分胁迫的响应相同,N1 水平显著增加 POD 活性,N2 水平 POD 活性显著降低。

植物组织中高浓度的 H_2O_2 主要靠过氧化氢酶(CAT)清除^[18]。CAT 是抗氧化酶系统的重要组成

表 2 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗 CAT 和 AsP 活性的影响

处理		CAT 活性($U \cdot g^{-1}$)			AsP 活性($U \cdot g^{-1}$)		
		N0	N1	N2	N0	N1	N2
叶片	CK	41.2a	43.0a	33.2b	10.7a	11.3a	8.8a
	W	30.0a	45.1b	20.8c	9.21a	12.4b	6.7c
根系	CK	31.3a	47.8b	22.1c	8.4a	11.5b	6.2c
	W	25.2a	36.5b	20.5c	6.9a	10.3b	4.8c

成分,是以 H_2O_2 为底物的酶,分解 H_2O_2 为 O_2 和 H_2O ,抗坏血酸过氧化物酶(AsP)在此过程中发挥着很重要的作用。从表 2 可以看出,水分胁迫下,玉米叶片和根系 CAT 和 AsP 活性随着氮肥的增加,先升高后降低。中氮 N1 水平显著提高了对 H_2O_2 的清除能力。正常供水条件下,叶片和根系对氮肥的响应不同。氮肥对叶片的影响不大。但 N1 水平却显著提高了根系 CAT 和 AsP 的活性,

N2 处理酶活性则低于 N0。

2.4 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗丙二醛含量的影响

植物器官在逆境胁迫下往往发生膜脂过氧化作用,丙二醛是活性氧启动膜脂过氧化产生伤害的主要产物之一,其含量可以反应植物遭受损伤的程度^[19]。从图 3、图 4 可以看出,水分胁迫下,丙二醛含量显著增加,根系丙二醛含量的增加幅度要

大于叶片。正常供水条件下,氮肥对玉米幼苗叶片和根系丙二醛含量影响不大。水分亏缺下,过量氮肥使得丙二醛含量显著增加。 N_2 处理比 N_0 处理增加 12.8%(叶片)和 19.7%(根系)。

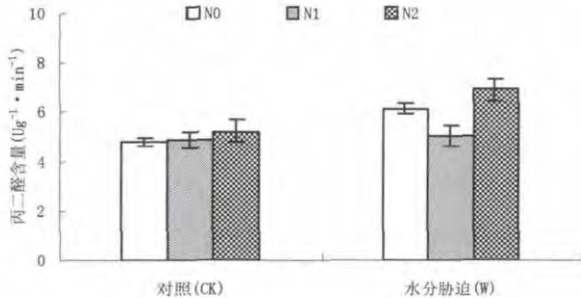


图 3 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗叶片丙二醛含量的影响

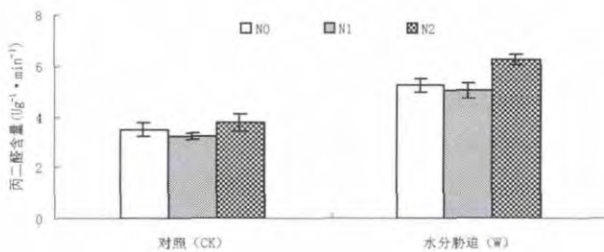


图 4 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米幼苗根系丙二醛含量的影响

2.5 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米硝酸还原酶活性的影响

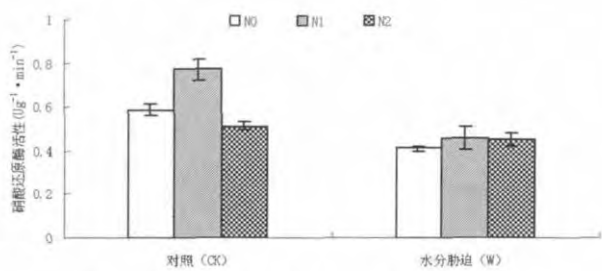


图 5 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米叶片硝酸还原酶活性的影响

硝酸还原酶是作物氮素同化的第一个限速酶,在氮代谢过程中起关键作用^[20]。从图 5、图 6 可以看出,水分胁迫使得叶片和根系硝酸还原酶活性显著降低,根系降低的幅度要高于叶片。水分胁迫下,氮肥对叶片和根系硝酸还原酶活性影响不大,增施氮肥并没有提高硝酸还原酶的活性。在正常供水下,适量氮肥的施入显著提高了硝酸还原酶活性,分别比不施氮肥增加 30.8%(叶片)和 96.7%(根系);高氮的施加则相反,氮素的过饱和阻碍了玉米根系硝酸还原酶的合成,使得根系吸

收氮肥的能力减弱,进而影响叶片的硝酸还原酶活性也随之降低,分别比不施用氮肥降低 14.6%(叶片)和 37.4%(根系)。

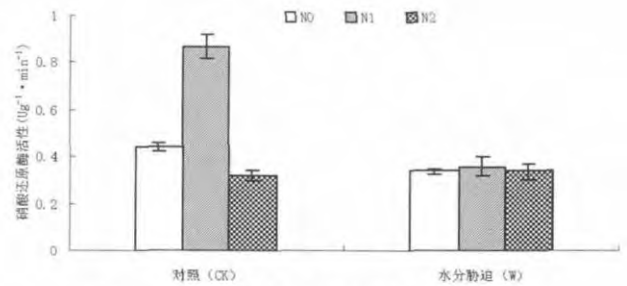


图 6 不同氮肥处理和水分胁迫对玉米根系硝酸还原酶活性的影响

3 讨 论

叶绿素 a 与叶绿素 b 是高等植物叶绿体色素的重要组成部分,约占叶绿体色素总量的 75%左右。任何逆境胁迫都可以影响叶绿素的含量与组成,进而影响植物的光合速率。在本试验中,水分胁迫对叶片叶绿素 a 含量影响不大,叶绿素 b 的含量显著降低。有研究结果表明^[12],氮肥可提高水分胁迫下叶绿素的合成能力及叶片光合酶系统的活性。而高水平的氮素使光合速率和生长量均降低。在本试验设定的两种土壤水分条件下,随着氮肥的增加,叶绿素 a 和 b 含量均有不同程度的增加。玉米根系是活跃的吸收和合成器官,根的生长情况直接影响到地上部叶片的营养状况,所以根系活力对于了解逆境下玉米对营养的吸收等有重要作用。水分胁迫显著降低了根系活力。但不同土壤水分下,根系活力对氮肥的响应存在较大差异。正常供水下,氮肥对根系活力影响不大,处理间无显著差异。而在水分亏缺下,随着氮肥的增加玉米幼苗根系活力逐渐增强。

在绿色植物中,由逆境导致的氧化胁迫是一种普遍现象。在逆境胁迫下,细胞内自由基产生与清除的平衡遭到破坏,自由基产生或积累过多,启动膜脂脱氧化反应,细胞代谢紊乱,致使植物受到伤害。 $O_2^{\cdot-}$ 是活性氧的主要成员,它既可以直接启动膜脂过氧化,又可以与 H_2O_2 生成更多的活性氧,加剧膜系统的破坏。SOD 是清除 $O_2^{\cdot-}$ 的重要酶,在活性氧清除系统中发挥着特别重要的作用,能催化生物体内分子氧活化的第一个中间物发生歧化反应,从而减轻 $O_2^{\cdot-}$ 对植物体的毒害作用。CAT、POD 和 AsP 被认为是叶绿体中清除 H_2O_2 的酶,只有清除细胞内 H_2O_2 的 CAT、POD、AsP

和清除 O_2^- 的 SOD 的协同作用,才能保证细胞的正常机能^[22]。有研究表明,氮素在水分亏缺条件下对植物抗旱性能的影响具有双重性。适度的氮素营养明显提高了水分胁迫玉米幼苗叶片 SOD、POD、CAT 的活性,更好地保持细胞膜结构稳定性,增强超氧化物自由基的清除能力,有效抑制了膜脂过氧化水平,提高玉米幼苗抗旱能力。但过量的氮肥则相反,会降低其抗旱能力^[13]。在本研究中,正常供水条件下,适量的氮肥对 SOD、POD 的影响效应要强于 CAT、AsP,在高氮处理下,叶片 POD 活性仍然高于 N0 处理,而 SOD、CAT、AsP 活性则显著降低。氮肥对水分胁迫下玉米幼苗根系四种保护酶活性影响较大,遵循“低促高抑”的原则。

硝酸还原酶是植物氮素代谢的限速酶,催化植物体内的硝酸盐还原为亚硝酸盐。本试验中,正常供水下适度的氮肥显著提高了叶片和根系硝酸还原酶活性,以根系的响应最为明显。过量的氮素则抑制了酶活性。而在水分胁迫下,氮肥的加入对叶片和根系硝酸还原酶活性的影响不大,3 个处理间无显著差异。说明在水分亏缺条件下,土壤水分对硝酸还原酶的影响比氮肥的作用大。在刘建新等的研究中,在严重缺水条件下,硝酸还原酶活性在施氮后低于不施肥处理^[12]。

此外,在本研究中,叶片叶绿素 a、叶绿素 b 含量、根系活力、叶片和根系硝酸还原酶、保护酶活性之间并不完全存在显著相关性,玉米自身对逆境胁迫也存在一定的弹性,在一定程度上可启动自身的防御系统来减轻自身细胞代谢的紊乱,且不同抗性品种间反应不同。氮肥的适量施入对水分胁迫玉米细胞代谢等存在一定的积极作用。但在西部干旱区水分亏缺条件下,也一定要严格控制氮肥的施用量,过少或过多的施用氮肥都会对玉米生理机制产生影响,进而影响产量。

参考文献:

- [1] 苏凯,郝玉波,王贵,等. 氮肥调控对不同保绿性超高产夏玉米产量及光合特性的影响[J]. 山东农业科学,2011(9): 71-75.
- [2] 孙永健,孙园园,刘树金,等. 水分管理和氮肥运筹对水稻养分吸收、转运及分配的影响[J]. 作物学报,2011,37(12): 2221-2232.
- [3] 张卫星,赵致,柏光晓,等. 不同玉米杂交种对水分和氮胁迫的响应及其抗性[J]. 中国农业科学,2007,40(7): 1361-1370.
- [4] Shangguan Z E, Shao M A, Dyckmans J. Nitrogen nutrition and wate stress effects on leaf photosynthetic gas exchan ge an d water use efficiency in winter wheat [J]. Environmental and Experimental Botany, 2000, 44(2): 141-149.
- [5] Banziger M, Edmeades G O, Beck D, et al. Breedingfor Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice[M]. M6xico D E Mexico, CIMMYT, 2000.
- [6] Banziger M, Edmeades G O, Lafitte H R. Selection for drought tolerance increase maize yields across a range of nitrogen levels[J]. Crop Science, 1999(39): 1035-1040.
- [7] 杨建昌,王志琴,朱庆森. 不同土壤水分状况下氮素营养对水稻产量的影响及其机理机制的研究[J]. 中国农业科学, 1996,29(4): 58-66.
- [8] 陈新红,徐国伟,孙华山,等. 结实期土壤水分与氮素营养对水稻产量与米质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2003,24(3): 37-41.
- [9] 关军锋,李广敏. 干旱条件下施肥效应及其作用机理[J]. 中国生态农业学报,2002,10(1): 59-61.
- [10] 孙文涛,孙占祥,王聪翔,等. 滴灌施肥条件下玉米水肥耦合效应的研究[J]. 中国农业科学,2006(39): 563-568.
- [11] Vamerali L, Saccomani M, Bona S, Mosca G, Guarise M, et al. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids [J]. Plant and Soil, 2003, 255(1): 157-167.
- [12] 刘建新, 杨建霞. 水分胁迫下氮磷营养对玉米幼苗生物量和细胞保护酶活性的影响[J]. 陇东学院学报,2005,15(2): 35-37.
- [13] 孙群,梁宗锁,王渭玲,等. 氮对水分亏缺下玉米幼苗膜脂过氧化及光合速率的影响[J]. 西北农业学报,2001,10(1): 7-10.
- [14] 张立新,李生秀. 氮、钾、甜菜碱对水分胁迫下夏玉米叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 作物学报,2007,33(3): 482-490.
- [15] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社,1998: 155-161.
- [16] Velikova V, Yordanov I, Edreva A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean-plants-protective role of exogenous polyamines[J]. Plant Science, 2000(151): 59-66.
- [17] Bowler C, Van M, Inzc D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annu Rev Plant Mol Biol, 1992(43): 83-116.
- [18] 王启明. 干旱胁迫对大豆苗期叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,25(4): 918-921.
- [19] 许明丽,孙晓燕,文江祁. 水杨酸对水分胁迫下小麦幼苗叶片膜损伤的保护作用[J]. 植物生理学通讯,2000,36(1): 35-36.
- [20] 吴敏,何鹏,韦家少,等. 低钾胁迫对橡胶幼苗部分生理生化特性的影响研究[J]. 广州农业科学,2011(22): 39-41.
- [21] Ruth G A, John L H. Antioxidants in higher plants [M]. Florida: CRC Press, 1993.