

DOI:CNKI:61-1390/S.20120223.1721.001

网络出版时间:2012-02-23 17:21

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120223.1721.001.html>

不同产量水平大豆叶片保护酶活性的比较

陈展宇,李大勇,刘国宁,孙 扬,张治安

(吉林农业大学 农学院,吉林 长春 130118)

【摘 要】 【目的】探讨不同产量水平大豆叶片保护酶活性的变化规律,为大豆育种和高产栽培提供生理依据。【方法】选择 3 个不同产量水平(低产品种、高产品种、中产品种)的 9 个栽培大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)品种,在相同的环境条件下种植,在大豆结荚期以后,测定大豆叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性及叶片丙二醛(MDA)含量和细胞膜透性。【结果】在结荚期后,不同产量水平大豆叶片的 SOD、POD、CAT 活性表现为高产品种>中产品种>低产品种,其活性变化趋势相同,均在鼓粒盛期达到最大,然后下降,高产品种叶片 SOD、POD、CAT 活性均显著高于低产品种;不同产量水平大豆叶片 MDA 含量和细胞膜透性则表现为低产品种>中产品种>高产品种,随生育进程均呈上升趋势,以成熟期最大,高产品种 MDA 含量和细胞膜透性极显著低于低产品种。【结论】在结荚期以后,高产大豆品种清除活性氧的能力较强,膜脂过氧化程度较低,叶片衰老延缓,而功能期延长,有利于后期干物质积累,进而有助于提高产量。

【关键词】 大豆;产量;保护酶活性;丙二醛含量

【中图分类号】 S565.101

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)03-0099-05

Comparison of protective enzyme activity in leaves of soybean at different yield levels

CHEN Zhan-yu, LI Da-yong, LIU Guo-ning, SUN Yang, ZHANG Zhi-an

(College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objective】 The study was performed to explore changes of protective enzyme activities in leaves of soybean at different yield levels. The purpose was to provide some physiological basis for soybean breeding and high-yield cultivation. 【Method】 Nine soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars were divided into three yield levels (low yield cultivars, high yield cultivars, middle yield cultivars) were planted under the same environmental condition. After podding stage, the superoxide dismutase (SOD) activities, catalase (CAT) activities, peoxidase (POD) activities, malondialdehyde (MDA) contents and cell membrane permeability were measured in soybean leaves. 【Result】 After podding stage, the activities of SOD, CAT and POD in leaves were the highest at high yield cultivars, then at middle yield cultivars and the lowest at low yield cultivars. The change tendency of those enzymes was consistent, which all reached maximum value at seedfilling-flourishing stage and then decreased. The activities of SOD, CAT and POD in leaves of high yield cultivars were significantly higher than that of low yield cultivars. The contents of MDA and cell membrane permeability in leaves were the highest at low yield cultivars, then at middle yield cultivars and the lowest at high yield cultivars after podding stage. Following the breeding proceeding, the contents of MDA and cell membrane permeability all showed rising tendency and reached maximum value at

* [收稿日期] 2011-09-27

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30871547);“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2009BADB3B03)

[作者简介] 陈展宇(1972—),男,吉林长春人,副教授,主要从事作物生理生态研究。E-mail:chenzhanyu2000@sina.com

[通信作者] 张治安(1964—),男,吉林长春人,教授,主要从事作物生理生态研究。E-mail:zhangzhian6412@yahoo.com.cn

maturation stages, then the MDA contents and the cell membrane permeability of high yield cultivars were very significantly lower than those of low yield cultivars. 【Conclusion】 After podding stage, the ability in leaves of high yield cultivars to eliminate active oxygen was better and the degree of lipid peroxidation was low. The leaf of high yield cultivars senescence was delayed and the function of leaves extended, which make for dry matter accumulation at later stage and conduce to increase yields.

Key words: soybean; yield; protective enzyme activity; MDA contents

为提高大豆产量,学者们从净光合速率、干物质分配、植株性状等诸多方面进行了系列研究,提出了高光效育种^[1-2]和理想株型育种^[3]等多个模式,并通过对高产品种的研究,认为高产品种具有一定的生理生化优势,特别是叶片功能期延长对产量提高起着重要作用^[4-7],延缓叶片衰老能显著提高植株生物产量和籽粒产量^[8-9]。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性及丙二醛(MDA)含量与衰老密切相关,因此常把 SOD、POD 活性及 MDA 含量作为评价植物衰老的指标^[10-11]。王空军等^[12]研究表明,新推出的玉米品种清除活性氧的能力增强,开花后叶片中 SOD 和 POD 活性提高,膜脂过氧化物产物 MDA 含量减少,有利于延缓植株衰老,提高作物产量。王晓慧等^[13]对吉林省 1923 年以来主栽的 28 个大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用的研究表明,随着品种进化,POD 和 SOD 活性呈上升趋势。但有关不同产量水平大豆品种保护酶活性的系统研究尚未见报道。为此,本试验以选择的 3 个产量水平的 9 个中熟大豆品种为材料,研究了不同产量水平大豆品种在结荚期以后叶片 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量、细胞膜透性的变化及其与产量的关系,以期为大豆的育种和高产栽培提供生理依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试的 9 个栽培大豆 [*Glycine max* (L.) Merr.] 品种均为同熟期组的中熟品种,生育期 128~130 d,由吉林省农业科学院大豆品种资源室和吉林农业大学大豆区域创新中心提供。低产品种有“吉林 2 号”、“吉林 10 号”和“吉林 12 号”;中产品种有“吉农 4 号”、“吉农 12 号”和“九农 21 号”;高产品种有“吉农 7 号”、“吉林 45 号”和“吉农 15 号”。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验于 2009 年在吉林农业大学试验站进行,采用随机区组设计,5 行小区,行距 0.65 m,行长 5 m,3 次重复,每个小区面积为 16.25

m²。05-02 播种,密度为 20 株/m²,各品种于苗期定苗,正常田间管理。09-29 收获,统一脱粒、风干、清淨。以中间 3 行并去除每行两端各 50 cm 的大豆籽粒产量作为小区产量。

1.2.2 测定方法 按 Fehr 等^[14]的分级标准,于结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期和鼓粒末期、成熟期 5 个时期,取自上数第 4 片叶,测定 SOD、POD、CAT 活性及 MDA 含量、细胞膜透性。

SOD 活性测定采用氮蓝四唑(NBT)光化学还原法^[15],以抑制 NBT 光氧化还原 50% 的酶量为 1 个酶活力单位(U),酶活性用“U/g”表示。POD 活性测定采用愈创木酚法^[15],以每 min 增加 0.01 个 A₄₇₀ 值所需的酶量为 1 个酶活力单位(U),酶活性用“U/g”表示。CAT 活性测定采用紫外吸收法^[15],以每 min 减少 0.01 个 A₂₄₀ 值所需的酶量为 1 个酶活力单位(U),酶活性用“U/g”表示。MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)显色法^[15],单位以“nmol/g”表示。细胞膜透性用电导率仪^[15]测定,以相对电导率(%)表示。

1.3 数据分析

试验结果为 3 次重复的平均值,先用 Excel 软件进行数据的初步处理,再应用唐启义等^[16]开发的 DPS 软件进行相关分析和方差分析,对参数的平均值进行 LSR 多重比较,以检验其显著性。

2 结果与分析

2.1 不同产量水平大豆叶片 SOD 活性的变化

图 1 表明,从结荚期到鼓粒盛期,大豆叶片 SOD 活性较高,鼓粒末期开始迅速下降,成熟期最低。对相同产量水平大豆品种间进行比较表明,其叶片 SOD 活性差异不显著($P>0.05$)。对不同产量水平大豆品种进行比较表明,SOD 活性平均值为高产品种>中产品种>低产品种,且差异达显著水平($P<0.05$)。在结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期、鼓粒末期和成熟期,高产品种叶片 SOD 活性平均值比低产品种的分别高 22.5%,15.9%,21.8%,16.4%和 32.1%,均达到极显著水平($P<0.01$);高产品种

叶片的 SOD 活性平均值比中产品种分别高 14.7%, 13.8%, 8.8%, 9.9% 和 14.4%, 差异均达到显著水平 ($P<0.05$)。高产品种叶片 SOD 活性高, 表明其清除活性氧的能力和抗衰老的能力较强。

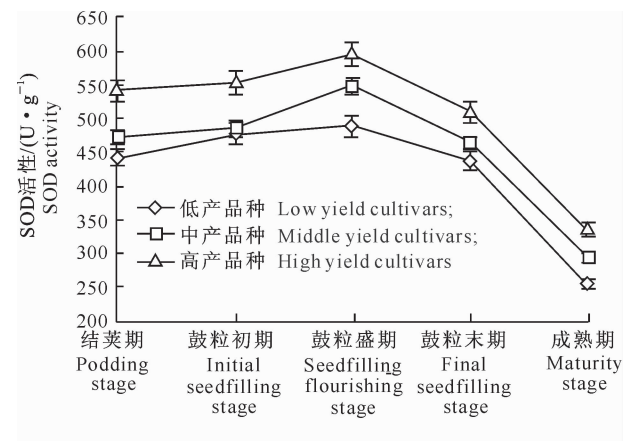


图 1 结荚期后不同产量水平大豆叶片 SOD 活性的变化
Fig. 1 Change of SOD activity in leaves of different soybean yield levels after podding stage

2.2 不同产量水平大豆叶片 POD 活性的变化

从图 2 可以看出, 在结荚期以后, 大豆叶片 POD 活性表现为单峰曲线变化, 在鼓粒盛期达到高

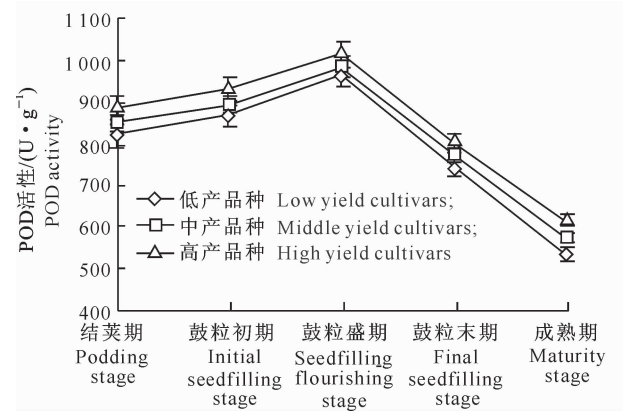


图 2 结荚期后不同产量水平大豆叶片 POD 活性的变化
Fig. 2 Change of POD activity in leaves of different soybean yield levels after podding stage

2.4 不同产量水平大豆叶片 MDA 含量的变化

图 4 表明, 结荚期以后, 大豆叶片 MDA 含量均呈上升趋势, 于成熟期达到最大。对相同产量水平大豆品种间进行比较表明, 其叶片 MDA 含量差异不显著 ($P>0.05$); 不同产量水平大豆叶片 MDA 含量平均值表现为低产品种>中产品种>高产品种。在结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期、鼓粒末期和成熟期, 高产品种叶片 MDA 含量平均值比低产品种分别低

峰, 之后逐渐下降。对相同产量水平大豆品种间进行比较表明, 其叶片 POD 活性差异不显著 ($P>0.05$); 不同产量水平大豆叶片 POD 活性平均值表现为高产品种>中产品种>低产品种。在结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期、鼓粒末期和成熟期, 高产品种叶片 POD 活性平均值比低产品种分别高 8.2%, 7.2%, 5.2%, 8.2% 和 15.2%, 差异达到显著水平 ($P<0.05$)。

2.3 不同产量水平大豆叶片 CAT 活性的变化

从图 3 可以看出, 大豆叶片 CAT 活性的变化趋势与 POD 基本相同, 均在鼓粒盛期达到最大, 然后下降。对相同产量水平大豆品种间进行比较表明, 其叶片 CAT 活性差异不显著 ($P>0.05$); 不同产量水平大豆叶片 CAT 活性平均值表现为高产品种>中产品种>低产品种。在结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期、鼓粒末期和成熟期, 高产品种叶片 CAT 活性平均值比低产品种分别高 39.4%, 28.4%, 38.8%, 39.2% 和 53.6%, 差异达到极显著水平 ($P<0.01$); 高产品种叶片的 CAT 活性平均值比中产品种分别高 26.5%, 19.1%, 18.3%, 19.3% 和 20.8%, 差异也达极显著水平 ($P<0.01$)。

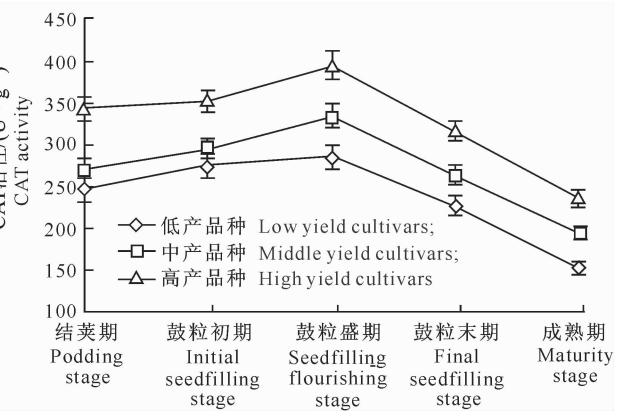


图 3 结荚期后不同产量水平大豆叶片 CAT 活性的变化
Fig. 3 Change of CAT activity in leaves of different soybean yield levels after podding stage

55.5%, 46.8%, 38.6%, 52.5% 和 31.0%, 差异达极显著水平 ($P<0.01$); 高产品种叶片的 MDA 含量平均值比中产品种分别低 33.0%, 40.7%, 34.9%, 46.6% 和 25.7%, 差异也达极显著水平 ($P<0.01$)。

2.5 不同产量水平大豆叶片细胞膜透性的变化

从图 5 可以看出, 在大豆结荚期以后, 叶片细胞膜透性随着生育进程的推进均呈上升趋势, 于成熟期达到最大。对相同产量水平大豆品种间进行比较

表明,其叶片细胞膜透性差异不显著($P>0.05$);不同产量水平叶片细胞膜透性平均值表现为低产品种>中产品种>高产品种。在结荚期、鼓粒初期、鼓粒盛期、鼓粒末期和成熟期,高产品种叶片细胞膜透性平均值比低产品种分别低 20.1%,24.7%,

22.8%,26.6%和 26.4%,差异达极显著水平($P<0.01$);高产品种叶片的细胞膜透性平均值比中产品种分别低 9.3%,13.7%,10.6%,16.8%和 15.7%,差异达显著水平($P<0.05$)。

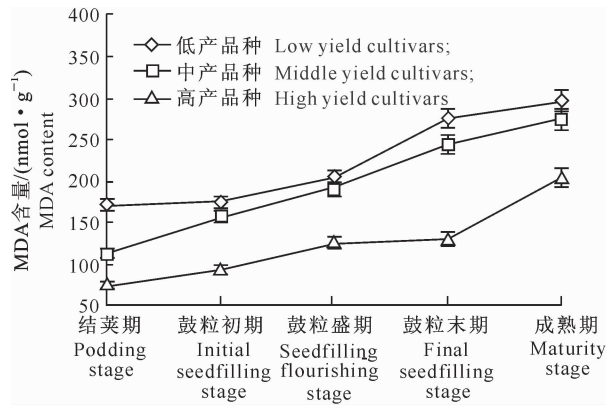


图 4 结荚期后不同产量水平大豆叶片 MDA 含量的变化

Fig. 4 Change of MDA contents in leaves of different soybean yield levels after podding stage

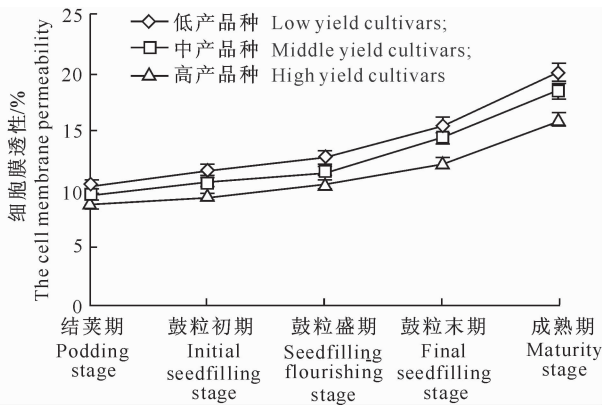


图 5 结荚期后不同产量水平大豆叶片 细胞膜透性的变化

Fig. 5 Change of cell membrane permeability in leaves of different soybean yield levels after podding stage

3 讨 论

在植物衰老期间, SOD、CAT、POD 活性随植物生长发育而降低, 说明随着生育进程叶片保护酶活性降低, 叶片清除活性氧自由基的能力减弱, 活性氧自由基对细胞结构的损伤严重, 导致叶片衰老死亡^[10]。SOD 是植物体内活性氧清除酶之一, 并常被认为是关键酶, 它可以催化超氧阴离子自由基(O_2^-) 分解成 H_2O_2 ; CAT 和 POD 均可清除植物体内的 H_2O_2 , 从而使植物体免受 H_2O_2 的毒害^[17]。李向东等^[18]研究表明, 花生叶片的衰老源于氧代谢的失调, 一方面活性氧的生产速率提高了, 另一方面以 SOD 为主导的细胞保护酶系统被破坏, 叶片在这双重因素的作用下, 加速了膜脂过氧化链式反应, 使活性氧等有害物质的积累增加, 导致细胞膜系统遭到破坏, 大分子生命物质受到损伤, 最终导致植株衰老死亡。

本研究结果表明, 不同产量水平大豆叶片的 SOD、POD 和 CAT 3 种保护酶通过协同作用保护叶片, 减轻活性氧的伤害; 3 种保护酶的活性变化趋势相同, 均在鼓粒盛期达到最大, 然后下降。但是, 高产品种叶片保护酶活性显著高于低产品种, 这一方面是由于高产品种叶片活性氧的生产速率较小, 另一方面可能是由于高产品种叶片内以 SOD 为主导的细胞保护酶系统被破坏的速度减缓。

MDA 是膜脂过氧化作用的最终产物, 其积累

是自由基毒害作用的表现, 因此, MDA 含量是细胞脂质过氧化水平和生物膜受损伤程度大小的重要标志^[19-20]。本研究中, MDA 含量随大豆生育进程的推进, 与 SOD、POD 和 CAT 活性的变化呈相反趋势, 说明叶片保护酶活性的下降与 MDA 积累密切相关, 可能互为因果, 即一方面由于 SOD、POD 和 CAT 活性下降, 使有害自由基积累乃至超过伤害值, 直接或间接启动膜脂过氧化反应, 使 MDA 含量增加; 另一方面, MDA 的积累反过来又抑制了保护酶活性, 进一步促使膜系统受损加重。在本试验中, 低产品种叶片的 MDA 含量和细胞膜透性均极显著高于高产品种, 说明随着叶片 SOD 等保护酶活性的降低, 叶片清除活性氧的能力减弱, 导致活性氧等对膜的伤害加重, 最终导致叶片衰老加速。

4 结 论

结荚以后是大豆籽粒产量形成的关键时期, 不同产量水平大豆叶片 SOD、CAT、POD 活性均表现为高产品种>中产品种>低产品种, 其活性变化趋势相同, 均在鼓粒盛期达到最大, 然后下降, 高产品种叶片 SOD、POD、CAT 活性显著高于低产品种; 而 MDA 含量和细胞膜透性则表现为低产品种>中产品种>高产品种, 随生育进程均呈上升趋势, 以成熟期最大, 高产品种 MDA 含量和细胞膜透性极显著低于低产品种。这说明结荚以后, 高产大豆品种

清除活性氧的能力较强,叶片衰老延缓,有利于后期干物质积累,进而使籽粒产量提高。

【参考文献】

[1] 郝乃斌,谭克辉,张玉竹,等. 高光效大豆品系“哈 79-9440”的光合作用特性研究 [J]. 中国农业科学,1983,16(1):42-48.
Hao N B, Tan K H, Zhang Y Z, et al. Study on the photosynthetic characters of the high photosynthetic efficiency soybean strain “Ha No. 79-9440” [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1983, 16(1):42-48. (in Chinese)

[2] 杜维广,张桂茹,满为群,等. 大豆高光效品种(种质)选育及高光效育种再探讨 [J]. 大豆科学,2001,20(2):110-115.
Du W G, Zhang G R, Man W Q, et al. Development of soybean cultivars (germplasm) with high photosynthetic efficiency (HPE) and rediscussion of breeding for HPE [J]. Soybean Science, 2001, 20(2):110-115. (in Chinese)

[3] 董 钻. 大豆株型育种的若干生理问题 [J]. 大豆科学,1988,7(1):69-74.
Dong Z. Several physiological problems in soybean plant type breeding [J]. Soybean Science, 1988, 7(1):69-74. (in Chinese)

[4] 张 伟,谢甫绵,张惠君,等. 超高产大豆品种辽豆 14 号的冠层特性与产量性状的研究 [J]. 中国农业科学,2007,40(11):2460-2467.
Zhang W, Xie P D, Zhang H J, et al. Canopy and yield characteristics of super-high-yielding soybean cv. Liaodou No. 14 [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(11):2460-2467. (in Chinese)

[5] 魏建军,罗赓彤,张 力,等. 超高产大豆主要群体生理参数与经济产量关系的研究 [J]. 中国油料作物学报,2007,29(3):272-276.
Wei J J, Luo G T, Zhang L, et al. A study of relation between physiological parameter and seed yield in super high-yield soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(3):272-276. (in Chinese)

[6] 黄中文,赵团结,盖钧镞. 大豆不同产量水平生物量积累与分配的动态分析 [J]. 作物学报,2009,35(8):1483-1490.
Huang Z W, Zhao T J, Gai J Y. Dynamic analysis of biomass accumulation and partition in soybean with different yield levels [J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(8):1483-1490. (in Chinese)

[7] 周勋波,孙淑娟,陈雨海,等. 株行距配置对夏大豆光利用特性、干物质积累和产量的影响 [J]. 中国油料作物学报,2008,30(3):322-326.
Zhou X B, Sun S J, Chen Y H, et al. Effect of plant row spacings on solar utilization, dry matter weight and yield in summer soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2008, 30(3):322-326. (in Chinese)

[8] 赵洪祥,徐克章,杨光宇,等. 吉林省 82 年来育成大豆品种的产量和叶片部分生理特性变化及其相互关系 [J]. 作物学报,2008,34(7):1259-1265.
Zhao H X, Xu K Z, Yang G Y, et al. Changes and correlations between yield and partial physiological characters in leaves of

soybean cultivars released from 1923 to 2005 in Jilin province [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(7):1259-1265. (in Chinese)

[9] 李大勇,徐克章,张治安,等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较 [J]. 中国油料作物学报,2007,29(3):284-285.
Li D Y, Xu K Z, Zhang Z A, et al. Comparison of photosynthetic characteristics in the leaves of modern and old soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(3):284-285. (in Chinese)

[10] 张治安,陈展宇. 植物生理学 [M]. 长春:吉林大学出版社,2009:325-329.
Zhang Z A, Chen Z Y. Plant physiology [M]. Changchun: Jilin University Press, 2009:325-329. (in Chinese)

[11] 鲁剑巍,陈 防,刘冬碧,等. 钾素水平对油菜酶活性的影响 [J]. 中国油料作物学报,2002,24(3):61-66.
Lu J W, Chen F, Liu D B, et al. Effect of potash application on some enzyme content in rapeseed leaf [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002, 24(3):61-66. (in Chinese)

[12] 王空军,胡昌浩,董树亭,等. 我国不同年代玉米品种开花后叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用的演进 [J]. 作物学报,1999,25(6):700-706.
Wang K J, Hu C H, Dong S T, et al. Changes of the protective enzyme activities and lipid peroxidation after anthesis among maize varieties planted in different years [J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(6):700-706. (in Chinese)

[13] 王晓慧,徐克章,张治安,等. 不同年代大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用 [J]. 中国油料作物学报,2006,28(4):417-420.
Wang X H, Xu K Z, Zhang Z A, et al. Changes of the protective enzyme activities and lipid peroxidation at seedling stage among soybean varieties cultivated in different ages [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2006, 28(4):417-420. (in Chinese)

[14] Fehr W R, Caviness C E, Burmood D T. Stage of development descriptions for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill [J]. Crop Sci, 1971, 11(6):929-931.

[15] 张治安,陈展宇. 植物生理学实验技术 [M]. 长春:吉林大学出版社,2008:178-192.
Zhang Z A, Chen Z Y. The techniques of plant physiology experiment [M]. Changchun: Jilin University Press, 2008:178-192. (in Chinese)

[16] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京:科学出版社,2002:406-410.
Tang Q Y, Feng M G. Practical statistics analysis and DPS data processing system [M]. Beijing: Science Press, 2002:406-410. (in Chinese)

[17] 张治安,王振民,徐克章. 镍对大豆离体叶片衰老的影响 [J]. 中国油料作物学报,2005,27(2):46-50.
Zhang Z A, Wang Z M, Xu K Z. Effect of nickel on senescence of detached soybean leaves [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2005, 27(2):46-50. (in Chinese)