

干旱胁迫对春大豆叶绿素含量和根系活力的影响

董守坤¹, 赵坤², 刘丽君¹, 孙聪姝¹, 郭茜茜¹, 阮英慧¹, 王利彬¹

(1. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省鹤山农场, 黑龙江 嫩江 161443)

摘要:以抗旱性不同的3个春大豆品种为材料,对各生育时期不同干旱胁迫条件下叶片叶绿素含量、根系活力和根系相对含水率的变化进行了研究。结果表明:随干旱胁迫程度的增加,叶绿素含量、根系相对含水率显著降低;根系活力苗期>开花期>结荚期>鼓粒期,根系相对含水率鼓粒期>结荚期>开花期>苗期。在干旱胁迫条件下,叶绿素含量在苗期、根系活力在苗期、开花期和结荚期,均表现为黑农57>改良168>绥农26;根系相对含水率在中度干旱胁迫下黑农57>改良168>绥农26。当田间持水量为30%~75%时,根系相对含水率与叶绿素含量呈极显著正相关,与根系活力呈极显著负相关。

关键词:干旱胁迫;春大豆;叶绿素;根系活力;根系相对含水率

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2011)06-0949-05

Effect of Drought Stress on Chlorophyll Content and Root Activity of Spring Soybean

DONG Shou-kun¹, ZHAO Kun², LIU Li-jun¹, SUN Cong-shu¹, GUO Qian-qian¹, RUAN Ying-hui¹, WANG Li-bin¹

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang; 2. Heshan Farm of Heilongjiang Province, Nenjiang 161443, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to research the effect of drought stress on soybean physiological property, chlorophyll content, root activity and root relative water content of three spring soybean varieties with different drought resistance were determined under drought stress. The results showed that chlorophyll content and root relative water content decreased significantly with the increase of drought stress, the root activity was seedling > flowering > pod-setting > seed-filling, the root relative water content was seed-filling > pod-setting > flowering > seedling. The chlorophyll content in seedling and root activity in seedling, flowering, pod-setting were Heinong 57 > Gailiang 168 > Suinong 26 under drought stress. The root relative water content was Heinong 57 > Gailiang 168 > Suinong 26 under moderate drought stress. Under field moisture capacity of 30%-75%, root relative water content significant positively correlated with chlorophyll content, while significant negatively correlated with root activity.

Key words: Water stress; Spring soybean; Chlorophyll; Root activity; Root relative water content

干旱尤其是季节性干旱是我国大部分地区农业生产中普遍存在的问题,严重影响作物的正常生长和发育,是农作物产量的主要非生物限制因素^[1]。黑龙江省是全国春旱发生频率最高的地区之一,发生春旱的频率高达70%左右^[2],近年来夏季干旱也时有发生,并且水资源的分布极不平衡,年际间降水量变化较大,严重影响了黑龙江的农业生产。

植物对逆境胁迫的敏感性因植物类型、品种、生育期不同而有很大差异^[3-5]。当作物遭受土壤干旱时,根系首先感受到胁迫,进而影响叶片的光合作用^[6-7],为了明确干旱对大豆生理特性的影响,选取3个抗旱性不同的春大豆品种,通过盆栽试验,研究不同阶段干旱胁迫对叶绿素含量、根系活力的影响,进而探讨这些差异与抗旱适应力的关系。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

1.1.1 植物材料 供试大豆品种为黑农57、改良168和绥农26,由东北农业大学大豆栽培生理研究室提供,在芽期采用PEG-6000渗透胁迫进行抗旱性鉴定,抗旱能力依次为黑农57(强)>改良168(中)>绥农26(弱)。

1.1.2 试剂及仪器 丙酮,无水乙醇,Na₂S₂O₄,氯化三苯基四氮唑溶液(TTC,1%和0.4%),乙酸乙酯,硫酸(1 mol·L⁻¹),磷酸缓冲液(1/15 mol·L⁻¹,pH 7.0),石英砂。

日本岛津 UV-2550 紫外可见分光光度计,

收稿日期:2011-05-05

基金项目:黑龙江省科技攻关项目(GA09B103,GA09B104);东北农业大学博士启动基金。

第一作者简介:董守坤(1978-),男,博士,助理研究员,研究方向为大豆栽培生理。E-mail:dongshoukun@yahoo.com.cn。

METTLER万分之一天平,上海一恒 LHS-150SC 恒温箱,上海一恒 DHG-9240A 干燥箱,Eppendorf 移液器。

1.2 试验设计

试验在东北农业大学实验实习基地进行,盆栽选用直径 26 cm、高 33 cm 塑胶桶,每盆装风干土 10 kg。选取籽粒饱满、大小一致、无病虫害的种子进行播种,每盆保苗 3 株,每个品种种植 72 盆。采用称重法控制水分,共设 3 个处理:(1)适宜水分(CK),土壤含水量为田间持水量的 70%~75%;(2)中度干旱胁迫,土壤含水量为田间持水量的 50%~55%;(3)重度干旱胁迫,土壤含水量为田间持水量的 30%~35%。

分别于苗期、开花期、结荚期、鼓粒期进行干旱胁迫,达到处理的标准后保持 4 d 取样,取样时间为上午 8:00~9:00,每处理选取生长一致的大豆 3 株。植株自子叶痕处取下,放入自制的保温箱中,带回实验室;根系冲洗干净后,用滤纸吸干多余水分,从主根系外围剪取根尖部位 2 cm,放入液氮中,带回实验室于 -80℃ 条件下贮存。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶绿素含量测定采用比色法^[8] 将叶片用剪刀剪成细条(1~2 mm),称 0.1 g 左右,放入刻度试管中,加丙酮乙醇混合提取液 10 mL,密封于室温暗处 24 h 后取 3 mL 在波长 663 和 645 nm 下比色,测定 3 次,根据叶绿素含量与光密度(OD)值的关系(叶绿素含量 = $8.02 \times OD_{663} + 20.2 \times OD_{645}$)计算样品叶绿素含量。

1.3.2 根系活力测定 采用四氮唑法(TTC 法)测定^[9]。称取根尖样品 0.5 g,放入 10 mL 烧杯中,加入 0.4% TTC 溶液和磷酸缓冲液的等量混合液 10 mL,把根充分浸没在溶液内,在 37℃ 下暗保温 1~3 h,此后加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸 2 mL,终止反应。将根取出,吸干水分后与乙酸乙酯 3~4 mL 和少量石英砂一起在研钵内磨碎,以提出三苯基甲腙(TTF)。将研磨液移入试管,并用少量乙酸乙酯把残渣洗涤 3 次,最后加乙酸乙酯至总量为 10 mL,用分光光度计在波长 485 nm 下比色,测定 3 次。以空白试验作参比测出吸光度,查标准曲线,即可求出 TTC 还原量,根据公式[根系活力 = TTC 还原量(μg)/根重(g)/时间(h)]计算根系活力。

1.3.3 根系相对含水率测定 采用烘干法测定^[10]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对大豆叶片叶绿素含量的影响

由表 1 可知,随着干旱胁迫程度的加强,叶绿素含量呈下降趋势,重度干旱胁迫下降程度更为明显,4 个时期各品种的叶绿素含量变化表现出基本一致规律,即适宜水分条件 > 中度干旱胁迫 > 重度干旱胁迫,其差异均达到显著水平($P < 0.05$)。适宜水分条件下,开花期黑农 57 叶片叶绿素含量显著大于绥农 26,改良 168 与黑农 57 和绥农 26 之间差异不显著;在苗期、结荚期和鼓粒期 3 个品种无显著差异。中度干旱胁迫下,在苗期抗旱性强的品种叶绿素含量显著高于弱的品种(黑农 57 > 改良 168 > 绥农 26),其它时期差异不显著。重度干旱胁迫下,在苗期黑农 57 和改良 168 显著高于绥农 26,黑农 57 和改良 168 之间无显著差异;在开花期黑农 57 显著大于绥农 26,改良 168 与黑农 57 和绥农 26 之间差异不显著;在结荚期和鼓粒期 3 个品种叶绿素含量差异均不显著。抗旱性弱的品种绥农 26 在各时期干旱胁迫时叶绿素含量变化幅度最大,尤其在重度水分胁迫下,与适宜水分相比,苗期、开花期、结荚期和鼓粒期降幅分别达 77.5%、81.3%、68.6% 和 81.7%;抗旱性强的黑农 57 在不同干旱胁迫下各时期始终保持相对较高的叶绿素含量。

2.2 干旱胁迫对大豆根系活力的影响

由表 2 可以看出,4 个生育时期大豆根系活力表现为苗期 > 开花期 > 结荚期 > 鼓粒期,不同水分条件下表现一致;随着干旱胁迫程度的加强根系活力呈下降趋势。抗旱性强的品种黑农 57,根系活力在苗期和开花期 3 个水分梯度下根系活力均没有显著差异;在结荚期随水分胁迫加剧而显著降低;在鼓粒期中度胁迫下根系活力显著大于适宜水分和重度胁迫,而适宜水分和重度胁迫之间无显著差异。抗旱性中等的品种改良 168,在苗期适宜水分条件下根系活力显著大于中度和重度胁迫,在开花期显著大于重度胁迫,在鼓粒期 3 个水分条件无明显差异,在结荚期适宜水分显著大于中度胁迫,中度胁迫显著大于重度胁迫。抗旱性弱的品种,在苗期、开花期和结荚期,根系活力适宜水分条件下显著大于中度胁迫和重度干旱胁迫;在鼓粒期,适宜水分胁迫条件下根系活力显著低于中度胁迫和重度胁迫,而中度胁迫和重度胁迫之间无显著差异。综合分析,干旱胁迫对大豆根系活力产生较大的影响,抗旱品种黑农 57 在各生育期对不同干旱胁迫适应性较好。

表 1 不同时期干旱胁迫对叶绿素含量的影响

Table 1 Changes of chlorophyll content at different stages under drought stress ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

时期 Period	品种 Varieties	水分梯度 Moisture gradient		
		适宜水分 Appropriate water	中度干旱胁迫 Moderate drought-stress	重度干旱胁迫 Severe drought-stress
苗期 Seedling	黑农 57	3.73a	2.64b	1.07d
	改良 168	3.40a	2.36c	0.96d
	绥农 26	3.33a	1.07d	0.75e
开花期 Flowering	黑农 57	3.51a	2.25c	0.93d
	改良 168	3.43ab	2.25c	0.71de
	绥农 26	3.26b	2.21c	0.61e
结荚期 Pod setting	黑农 57	3.66a	2.57b	1.25c
	改良 168	3.55a	2.45b	1.23c
	绥农 26	3.50a	2.34b	1.10c
鼓粒期 Seed filling	黑农 57	3.08a	2.19b	0.75c
	改良 168	3.02a	2.30b	0.62c
	绥农 26	3.06a	2.49b	0.56c

按照 Tukey 测验 ($\alpha = 0.05$), 同时期以相同字母的值差异不显著, 下表同。

Values followed by the same letter are not significantly at 0.05 probability level in the same period according to Tukey test, the same as below.

表 2 不同时期干旱胁迫对根系活力的影响

Table 2 Changes of root activity at different stages under drought stress ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

时期 Period	品种 Varieties	水分梯度 Moisture gradient		
		适宜水分 Appropriate water	中度干旱胁迫 Moderate drought-stress	重度干旱胁迫 Severe drought-stress
苗期 Seedling	黑农 57	416.29a	425.65a	406.76a
	改良 168	447.56a	369.506b	353.99b
	绥农 26	432.63a	327.03c	255.43d
开花期 Flowering	黑农 57	353.58abc	348.26bc	324.20c
	改良 168	370.09ab	348.81bc	318.96c
	绥农 26	393.40a	338.37bc	317.85c
结荚期 Pod setting	黑农 57	258.94a	181.07c	121.39de
	改良 168	218.29b	188.81c	135.15d
	绥农 26	258.18a	196.68bc	95.55e
鼓粒期 Seed filling	黑农 57	127.61bc	173.77a	114.26c
	改良 168	131.93bc	145.11b	136.41b
	绥农 26	85.06d	127.14bc	114.01c

2.3 干旱胁迫对大豆根系相对含水率的影响

由表 3 可见, 苗期大豆根系相对含水率较低, 至开花期升高, 在结荚期或鼓粒期达到最高水平。随着干旱胁迫程度的增加, 各生育时期根系的相对

含水率呈降低趋势。适宜水分条件下, 在苗期、开花期和结荚期, 根系相对含水率改良 168 显著低于黑农 57 和绥农 26, 而黑农 57 和绥农 26 之间没有显著差异; 在鼓粒期, 绥农 26 显著低于黑农 57 和改良 168。在中度干旱胁迫下, 在苗期、开花期和鼓粒期根系相对含水率黑农 57 > 改良 168 > 绥农 26, 差异达到显著水平; 在结荚期, 根系相对含水率黑农 57 显著大于改良 168 和绥农 26。在重度干旱胁迫下, 各时期根系相对含水率均表现为黑农 57 > 改良 168 > 绥农 26, 苗期品种间差异达到显著水平, 鼓粒期黑农 57 显著高于其它品种, 其它时期品种间差异不显著。

表 3 不同时期干旱胁迫对根系相对含水率的影响

Table 3 Changes of the relative moisture content in root at different stages under drought stress (%)

时期 Period	品种 Varieties	水分梯度 Moisture gradient		
		适宜水分 Appropriate water	中度干旱胁迫 Moderate drought-stress	重度干旱胁迫 Severe drought-stress
苗期 Seedling	黑农 57	17.43a	15.14c	12.11de
	改良 168	15.93b	12.78d	6.41f
	绥农 26	17.05a	11.73e	5.45g
开花期 Flowering	黑农 57	38.45a	31.45b	15.30e
	改良 168	32.28b	27.51c	15.24e
	绥农 26	35.43a	19.55d	12.84e
结荚期 Pod setting	黑农 57	63.21a	42.82b	24.67d
	改良 168	44.39b	30.08c	25.02d
	绥农 26	58.31a	30.77c	24.87d
鼓粒期 Seed filling	黑农 57	62.58a	51.41b	39.72d
	改良 168	63.36a	45.36c	31.03e
	绥农 26	54.03b	39.17d	29.08e

2.4 相关性分析

土壤水分含量与大豆根系相对含水率、根系相对活力以及叶片叶绿素含量有密切关系, 在一定土壤水分含量范围内 (田间持水量的 30% ~ 75%), 通过对不同阶段土壤水分胁迫条件下大豆根系相对含水率、根系活力、叶片叶绿素含量之间相关性分析可知 (图 1), 根系相对含水率与根系活力呈极显著负相关 ($P < 0.01$, $R = -0.553^{**}$); 根系相对含水率与叶片叶绿素含量呈极显著正相关 ($P < 0.01$, $R = 0.516^{**}$)。而随着根系活力增加, 叶片叶绿素含量呈增加趋势, 但没有达到显著水平。

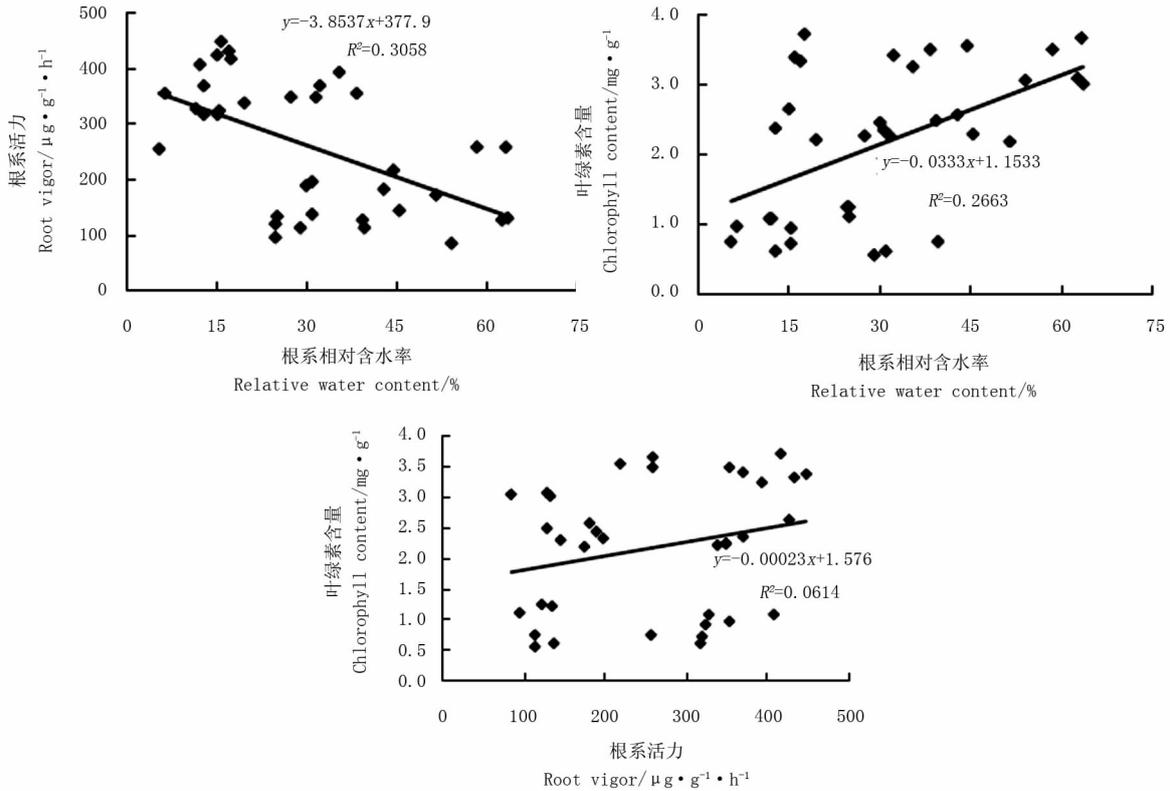


图1 根系活力、根系相对含水量与叶片叶绿素含量之间的相关性

Fig. 1 Correlation analysis between root vigor, root relative water content and chlorophyll content

3 结论与讨论

叶绿素作为光合色素中重要的色素分子^[11],当植物受到干旱胁迫时,光合能力的强弱是判断该品种抗旱性能的重要参数^[12],大豆在受旱后叶绿素含量的变化在品种间存在着显著差异^[13]。从该试验的研究结果可以看出,随着干旱胁迫程度的增强叶绿素含量显著降低,与寿惠霞等^[13]研究结果存在差异,可能是夏大豆和春大豆对水分胁迫的反应不同所致。在干旱胁迫条件下,抗旱性不同品种的叶绿素含量在苗期差异显著,其它时期品种间差异不大。

根系作为植物的吸收器官,在植物对干旱胁迫的响应过程中起着关键的作用^[14-15],当根系感受水分环境的变化后根据水分状况作出适应性反应,在水分胁迫下,保持较高的根系活力是作物抗旱性强的表现^[16]。从该试验结果可以看出,在干旱胁迫条件下品种间根系活力差异较大,抗旱性强的品种根系活力显著高于抗旱性弱的品种,且抗旱性弱的

品种在受到干旱胁迫时下降幅度显著大于抗旱性强的品种,这与姚维传等^[17]的研究结果相似。说明在干旱胁迫下,抗旱性强品种能保持较强的根系活力维持正常水分吸收。通过相关性分析可知,在土壤水分为田间持水量的30%~75%范围内,根系相对含水量与根系活力呈极显著负相关,根系相对含水量与叶片叶绿素含量呈极显著正相关。

参考文献

- [1] 孙园园,孙永健,吴合洲,等. 水分胁迫对水稻幼苗氮素同化酶及光合特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(5): 1016-1022. (Sun Y Y, Sun Y J, Wu H Z, et al. Effects of water stress on activities of nitrogen assimilation enzymes and photosynthetic characteristics of rice seedlings[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009, 15(5): 1016-1022.)
- [2] 高蕾. 干旱胁迫对大豆幼苗生理及其显微结构的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2009. (Gao L. Effect of drought stress on physiological and microstructure in soybean seedlings[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2009.)
- [3] 刘祖琪,张石诚. 植物抗性生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1994. (Liu Z Q, Zhang S C. Plant stress physiology[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1994.)

- jing: China Agriculture Press, 1994.)
- [4] 郭卫东,沈向,李嘉瑞,等. 植物抗旱分子机理[J]. 西北农业大学学报,1999,27(4):102-106. (Guo W D, Shen X, Li J R, et al. The research situation about effects of nitrogen on certain physiological and biochemical process in plants[J]. Acta Universitatis Agriculturae Boreali-occidentalis, 1999, 27(4):102-106.)
- [5] 牛明功,王贤,陈龙,等. 干旱、渍涝和低温胁迫对小麦生理生化特性的影响[J]. 种子,2003(4):19-21. (Niu M G, Wang X, Chen L, et al. The effect of the stress of drought, waterlogging and low-temperature on wheat physiological and biochemical characteristics[J]. Seed, 2003(4):19-21.)
- [6] 左文博,吴静利,杨奇,等. 干旱胁迫对小麦根系活力和可溶性糖含量的影响[J]. 华北农学报,2010,25(6):191-193. (Zuo W B, Wu J L, Yang Q, et al. Study on the influence of root of different wheat varieties under drought stress[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2010, 25(6):191-193.)
- [7] 王磊,胡楠,张彤,等. 干旱和复水对大豆叶片光合及叶绿素荧光的影响[J]. 生态学报,2007,27(9):3630-3636. (Wang L, Hu N, Zhang T, et al. Effects of drought and rewatering on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of the soybean leaf[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(9):3630-3636.)
- [8] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992. (Zhang X Z. Crop physiology research[M]. Beijing: Agriculture Press, 1992.)
- [9] 张志良,翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003. (Zhang Z L, Qu W Q. Plant physiology experiment guidance[M]. Beijing: Higher Education Press, 2003.)
- [10] 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. (Li H S. Plant physiology and biochemistry experiment principle and technology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.)
- [11] 陈雅彬,李凤海. 不同玉米品种及亲本苗期抗旱指标测定及抗旱性分析[J]. 辽宁农业科学,2006(2):32-34. (Chen Y B, Li F H. Identification of drought resistance indexes of different maize varieties and its parents during seedling period[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2006(2):32-34.)
- [12] 孙继颖,高聚林,薛春雷,等. 不同品种大豆抗旱性能比较研究[J]. 华北农学报,2007,22(6):91-97. (Sun J Y, Gao J L, Xue C L, et al. Comparative experiment on drought resistant characters of different soybean varieties[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(6):91-97.)
- [13] 寿惠霞,朱丹华,陈彩霞,等. 8个春大豆品种对旱境的反应及抗旱指标初探[J]. 浙江农业科学,1991(6):278-281. (Shou H X, Zhu D H, Chen C X, et al. Response of eight spring soybean varieties to drought condition and screening of drought-resistant indexes[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 1991(6):278-281.)
- [14] Christmann A, Elmar W W, Erwin G, et al. A hydraulic signal in not-to-shoot signaling of water shortage[J]. The Plant Journal, 2007, 52:167-174.
- [15] Dodd I C. Root-to-shoot signaling: assessing the roles of up in the up and down world of long-distance signaling in planta[J]. Plant and Soil, 2005, 274:251-270.
- [16] Kondo M, Pablico P P, Aragonés D V, et al. Genotypic and environmental variations in root morphology in rice genotypes under upland field condition[J]. Plant Soil, 2003, 255:189-200.
- [17] 姚维传,熊际友. 水分胁迫下皖麦品种种子萌发及幼苗生长差异性研究[J]. 安徽农业科学,2000,28(5):607-609. (Yao W C, Xiong J Y. Studies on wheat seed germination and seedling growth under the conditions of water deficiency[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2000, 28(5):607-609.)
-
- (上接第 948 页)
- [10] Domingo W E. Inheritance of number of seeds per pod and leaflet shape in the soybean[J]. Journal of Agricultural Research, 1945, 70:251-268.
- [11] Hiebsch C K, Kanemasu E T, Nickell C D. Effects of soybean leaflet type on net carbon dioxide exchange, water use, and water-use efficiency [J]. Canadian Journal of Plant Sciences, 1976, 56:455-458.
- [12] Arora N D. Performance of soybean strains modified by backcrossing for some simply inherited characteristics[D]. Ohio: Ohio State University, 1966.
- [13] Waranyuwat A. The relative performance of some isogenic lines of soybeans[D]. Urbana, Ill, Univ. of Illinois, 1976.
- [14] Mandl F A, Buss G R. Comparison of narrow and broad leaflet isolines of soybean[J]. Crop Science, 1981, 21:25-27.
- [15] 孙广玉,张荣华,黄忠文. 大豆根系在土层中分布特点的研究[J]. 中国油料作物学报,2002,24(1):45-47. (Sun G Y, Zhang R H, Hang Z W. Soybean root distributions in meadow-blackland and albic-soil[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002, 24(1):45-47.)