

不同栽培模式对大豆生长动态及干物质积累分配的影响

李瑞平¹, 李志刚¹, 王贵平², 马日亮², 刘玉平¹, 苏 辉¹

(¹内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028043; ²内蒙古农业技术推广站, 内蒙古 呼和浩特 010011)

摘 要:为探讨不同栽培模式对大豆长动态及干物质积累分配的影响,以垦丰 16 为材料,在垄上三行窄沟密植栽培、垄三栽培和垄上单行栽培三种栽培模式下,测定株高、叶面积、光合势、干物质积累分配及产量。结果表明:株高、单株最大叶面积及光合势数值均以垄上三行窄沟密植栽培最高,其次是垄三栽培,垄上单行栽培株最低,在鼓粒期叶面积和光合势垄上三行窄沟密植栽培明显高于其它两个处理;处理间植株干物质积累差异主要出现在鼓粒期后,垄上三行窄沟密植栽培干物质阶段积累量和日积累量均高于垄三栽培和垄上单行栽培。垄上三行窄沟密植栽培产量最高达 4052 kg·hm⁻²。

关键词:大豆;栽培模式;生长动态;干物质积累

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2008)06-0979-04

Effect of Different Cultivation Patterns on Growth Tendency, Dry Matter Accumulation and Distribution of Soybean

LI Rui-ping¹, LI Zhi-gang¹, WANG Gui-ping², MA Ri-liang², LIU Yu-ping¹, SU Hui¹

(¹College of Agriculture of the Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028043; ²Agriculture Technologies Popularizing Station of the Inner Mongolia, Hhhot 010011, Inner Mongolia, China)

Abstract: The effect of different cultivation patterns on growth tendency and dry matter accumulation and distribution of soybean were studied under the three cultivations of narrow trenches and compact planting of three lines on ridge (NTCPTL), integrated three technique cultivation (ITTC) and single line on ridge (SLR), with Kenfeng 16 as material. The plant height, leaf area, leaf area duration, dry matter accumulation and distribution and yield were investigated. The result showed that plant height, maximum leaf area per plant and leaf area duration were highest under the cultivation of NTCPTL, the second was ITTC and SLR was the last one. The leaf area and leaf area duration of NTCPTL were much higher than the other two treatments at podding. After podding, the differences of dry matter accumulation were obviously. The periodic accumulation and per day accumulation of dry matter under the cultivation of NTCPTL were higher than the other two cultivation patterns. The yeild of NTCPTL was the highest that came to 4052 kg·ha⁻¹.

Key words: Soybean; Cultivated patterns; Growth tendency; Dry matter accumulation

“垄三”栽培模式是垄体分层深施化肥,垄上两条苗带精量点播,垄体深松三项技术相结合的一种栽培模式,也是我国大豆主产区黑龙江的主要栽培模式^[1]。近几年来内蒙古在总结“垄三”模式的基础上发明了“大豆垄上三行窄沟密植栽培模式”,是在垄三栽培的基础上,将苗带间距加宽到 22~24 cm,垄距 65 cm,实行垄上三行精量密植播种,垄上三条苗带,各行苗带间距为 10~11 cm,既保留了垄三栽培垄沟深松、垄下分层施肥、垄上精量播种的特点,又实现了合理密植,是一项新的大豆高产栽培

模式^[2-4]。在实践生产中还存在“垄上单行栽培模式”^[5],选用以上三种栽培模式,通过探讨不同栽培模式对大豆生长动态及产量形成结构的影响,确定最有增产潜力的栽培模式,以期内蒙古大豆实践生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料
供试品种垦丰 16 号。

收稿日期:2008-04-22
作者简介:李瑞平(1984-)男,硕士研究生,研究方向为作物营养与逆境生理。E-mail: ruipinghappy@126.com。
通讯作者:李志刚,副教授,博士。E-mail: lizhigang70@126.com。

1.2 试验设计

试验于2007年在内蒙古民族大学试验农场进行,土壤类型为灰色草甸土,pH8.3,有机质 $15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮 $62\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $35\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $140\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

试验地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年有效积温为 $2500\sim 3200^{\circ}\text{C}$ 之间。无霜期 $110\text{ d}\sim 130\text{ d}$,属温带大陆性气候,春季干旱多风,夏季短促温热,降水集中,秋季凉爽,冬季干冷,年降雨量 $350\sim 450\text{ mm}$ 。设3个处理,分别为垄上三行窄沟密植栽培(NTCPTL,narrow trenches and compact planting of three lines on ridge)、垄三栽培(ITTC,integrated three technique cultivation)和垄上单行栽培(SLR,single line on ridge),密度均为 $33\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$,处理重复3次。每小区5垄,垄宽 65 cm ,垄长 3 m ,设有保护行。SLR株距为 4.7 cm ,ITTC株距为 9.4 cm ,两苗带距离为 $10\sim 12\text{ cm}$;NTCPTL两边行苗带株距为 13.6 cm ,中间行苗带株距为 15 cm ,两边行苗带间距为 $22\sim 24\text{ cm}$,各苗带间距为 $11\sim 12\text{ cm}$ 。小区采取随机区组排列方式。5月11日播种,9月6日收获。

1.3 测定方法

从出苗后10 d起每隔7 d取样一次样,每小区取5株,将子叶节以上部分各器官分开烘干称重,叶面积测定采用LI-3000A叶面积测量仪测定。按小区实收面积计产,然后再折算成 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,同时每小区随机取10株考种。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式对大豆株高动态的影响

株高是大豆植株的重要性状指标之一,株高与产量关系较密切^[6-7]。大豆株高在生长初期受不同的栽培模式的影响较小,株高生长趋势基本一致(图1),在结荚盛期均达到最高,其中NTCPTL比ITTC增加2.9%,ITTC比SLR增加3.2%,NTCPTL比SLR增加6.1%,而且达到显著水平。在生长后期株高略有降低。

2.2 不同栽培模式对大豆叶面积和光合势的影响

大豆整个生育期间单株叶面积和群体叶面积呈单峰型曲线变化。以单株叶面积变化为例(图2)说明在不同栽培模式下大豆叶面积的变化趋势。在三种不同的栽培模式下,大豆单株叶面积生长初期基本一致,随后ITTC与NTCPTL大豆叶面积迅速增加,高于SLR,由于ITTC与NTCPTL大豆叶片空间

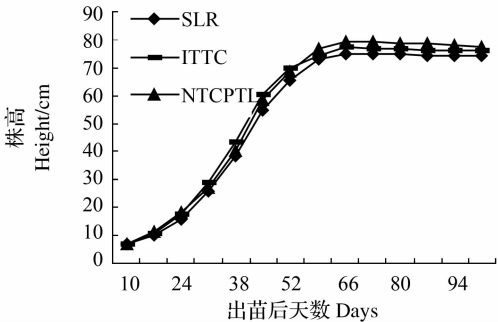
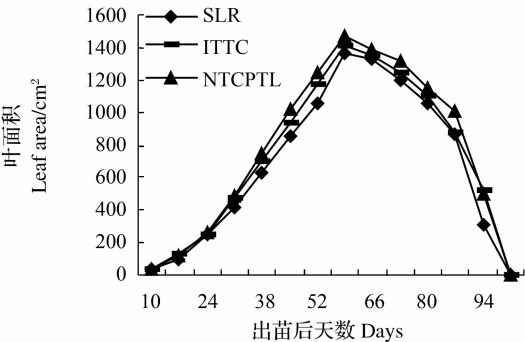


图1 不同栽培模式下大豆株高动态变化
Fig. 1 The growth tendency of soybean plant height under the different cultivations



SLR:single line on ridge;ITTC:integrated three technique cultivation;NTCPTL;narrow trenches and compact planting of three lines on ridge

图2 不同栽培模式下大豆单株叶面积
Fig. 2 The growth tendency of soybean leaf area of per plant under the different cultivations

分布更合理,光能利用率较高,叶面积增加,NTCPTL尤为突出,结荚盛期叶面积达到最高值,叶面积从高到低依次为 $\text{NTCPTL} > \text{ITTC} > \text{SLR}$,其中ITTC比SLR增加了7.0%,NTCPTL比SLR增加了7.7%,而且ITTC和NTCPTL都与SLR达到极显著水平。在生长后期大豆叶面积迅速下降,但是NTCPTL下降较前二者慢,仍然保持较高的叶面积,对后期干物质积累起到很大的作用。

光合势是反映作物光合功能的潜势指标,是作物群体在某个阶段或整个生育期间叶面积的积加数,更能反映叶片与产量形成的关系。从图3可以看出:三种栽培模式光合势在鼓粒期以前不断增加,到鼓粒期均达到最高值,光合势大小顺序为 $\text{NTCPTL} > \text{ITTC} > \text{SLR}$,此期光合势占总光合势的比例也最高,成熟期光合势显著降低,但是NTCPTL光合势仍然高于其它两种栽培模式光合势。生育后期维持较高的光合势是获得高产的重要因素,鼓粒期NTCPTL

光合势分别较 ITTC 和 SLR 高 9.45% 和 22.05%。

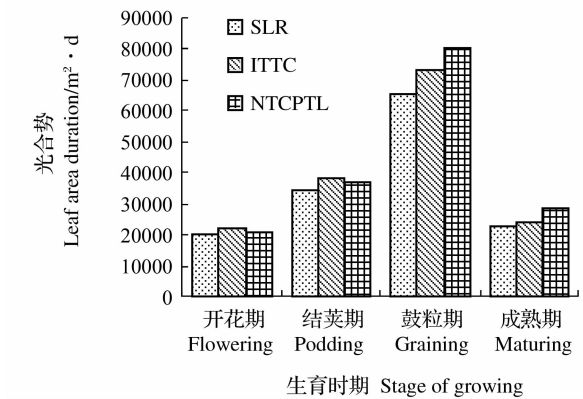


图 3 不同栽培模式下大豆光合势动
Fig. 3 The growth tendency of soybean leaf area
duration under different cultivations

2.3 不同栽培模式对大豆单株干物质积累的影响

在生育前期处理间干物质积累量差异很小,随着生育进程的推进,在出苗后 38 d,各处理间干物质积累量开始表现出明显差异(图 4),而且干物质积累速度也有明显的变化,处理间干物质分别在成熟期达到最高。各处理间阶段最大积累量和最大日积累量有随生育进程的推进而增加(表 1),到鼓粒期达到最高,差异也最大。在鼓粒期,NTCPTL 干物质阶段积累和日积累量分别比 ITTC 和 SLR 增加了 22.92% 和 28.54%,而且在此阶段,NTCPTL 干物质积累达总积累的 50.62%。另外,NTCPTL、ITTC 和 SLR 三种栽培模式干物质积累在鼓粒期和成熟期积累量分别达到全生育期积累的 75.69%、74.43% 和 74.59%,说明鼓粒至成熟期是营养物质全部向荚、粒运送的时期。因此,在生育后期维持较高的光合能力是增产的关键。

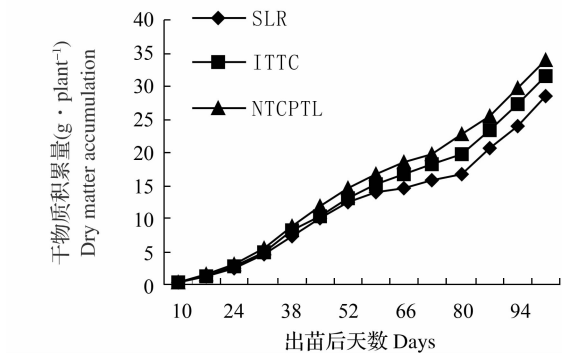


图 4 不同栽培模式下大豆干物质积累动态变化
Fig. 4 The growth tendency of dry matter accumulation and
distributionin of per plant under different cultivations

表 1 不同栽培模式下大豆单株干物质积累状况

Table 1 The dry matter accumulation under different cultivations/g · plant ⁻¹				
生育时期 Stage of growing	干物质积累 Dry matter accumulation	垄上单行栽培 SLR	垄三栽培 ITTC	垄上三行窄沟密植栽培 NTCPTL
苗期 Seedling	阶段积累 PA	0.302	0.285	0.356
	占总量 PG	1.060	0.905	1.050
	日积累 APD	0.025	0.024	0.030
开花期 Flowering	阶段积累 PA	2.154	2.430	1.990
	占总量 PG	7.556	7.724	5.882
	日积累 APD	0.154	0.203	0.142
结荚期 Podding	阶段积累 PA	4.794	5.330	5.890
	占总量 PG	16.823	16.942	17.375
	日积累 APD	0.320	0.381	0.421
鼓粒期 Graining	阶段积累 PA	13.350	13.960	17.160
	占总量 PG	46.872	44.346	50.619
	日积累 APD	0.636	0.665	0.817
成熟期 Maturity	阶段积累 PA	7.900	9.470	8.500
	占总量 PG	27.719	30.083	25.074
	日积累 APD	0.188	0.225	0.202

PA: phase accumulation, PG: percent of gross, APD: accumulation per day

表 2 不同栽培模式下大豆各生育期的干物质分配状况

Table 2 The dry matter distribution in different stages under different cultivations/g · plant ⁻¹				
生育时期 Stage of growing	干物质积累 Dry matter accumulation	垄上单行栽培 SLR	垄三栽培 ITTC	垄上三行窄沟密植栽培 NTCPTL
苗期 Seedling	叶 Leaf	0.250	0.300	0.280
	叶柄 Petiole	0.030	0.037	0.034
	茎 Stem	0.071	0.080	0.076
	合计 Total	0.351	0.417	0.390
开花期 Flowering	叶 Leaf	1.650	1.763	1.861
	叶柄 Petiole	0.280	0.300	0.280
	茎 Stem	0.528	0.648	0.608
	合计 Total	2.458	2.711	2.749
结荚期 Podding	叶 Leaf	4.560	4.340	4.460
	叶柄 Petiole	1.550	1.400	1.310
	茎 Stem	2.569	2.313	2.176
	荚 Pod	0.256	0.354	0.394
鼓粒期 Graining	合计 Total	8.935	8.407	8.340
	叶 Leaf	4.000	4.030	4.107
	叶柄 Petiole	2.363	2.480	2.670
	茎 Stem	4.869	5.120	5.511
成熟期 Maturity	荚 Pod	13.545	14.330	15.378
	合计 Total	24.777	25.960	27.665
	茎 Stem	5.641	5.890	6.650
	荚皮 Pod	4.880	5.060	5.340
粒 Seed	粒 Seed	10.680	11.360	12.120
	合计 Total	21.201	22.310	24.110

2.4 不同栽培模式对大豆干物质阶段分配的影响

通过对不同栽培模式处理各生育阶段干物质在

不同器官间的分配进行统计(表 2),在苗期大豆叶片干重占干物质重的大部分,三种栽培模式叶片干重占干物质重均达到 70% 以上。随着生育进程的推进叶片干重占干物质的比例逐渐降低;开花期茎和叶柄的比例增加;结荚期茎和叶柄的比例进一步增加,同时有荚产生,表现出了大豆植株生长中心的转移,开始由叶转向茎及叶柄进而向荚的过渡;鼓粒期叶片、茎和叶柄所占比例均大幅度下降,而荚所占比重上升,显示了该时期的物质分配中心已经转移到荚上,主要用于荚果生长。

2.5 不同栽培模式对大豆产量结构的影响

栽培模式对大豆产量及其结构的影响(表 3),NTCPTL 模式产量指标除百粒重外,其它指标高于另外两种栽培模式。NTCPTL 与 ITTC 单株荚数、单

株籽粒数差异达显著水平,NTCPTL 单株荚数比 ITTC 增加了 12.39%,单株籽粒数增加了 7.48%;NTCPTL 与 SLR 单株荚数、单株籽粒数差异达到极显著水平,NTCPTL 单株荚数比 SLR 增加了 16.71%,单株籽粒数增加了 13.83%;NTCPTL 单株荚皮重与 SLR 差异达到显著水平,而且荚皮重增加了 9.43%,与 ITTC 差异不显著;ITTC 和 SLR 对单株荚数、单株籽粒数、单株荚皮重均无显著差异。结果表明,栽培模式对百粒重差异不显著;另外,NTCPTL 产量分别比 ITTC 和 SLR 增加 8.23% 和 14.76%,ITTC 比 SLR 增产 6.03%,但未达到显著水平;而且结果还表明单株荚数和单株籽粒数都直接影响到产量,因此提高单株荚数和单株籽粒数是提高产量的关键。

表 3 不同栽培模式对大豆产量结构的影响

Table 3 The effect of soybean yield structure under different cultivations

栽培模式 Cultivations	单株荚数 Pods number per plant	单株籽粒 Grains number per plant	单株荚皮重 Pods weight per plant/g	百粒重 100 seeds weight/g	产量 Yield/kg·hm ⁻²
垄上三行窄沟密植栽培 NTCPTL	29.48aA	67.5aA	5.34aA	17.95aA	4052aA
垄三栽培 ITTC	26.23bAB	62.8bAB	5.06abA	18.09aA	3744bAB
垄上单行栽培 SLR	25.26bB	59.3bB	4.88bA	18.01aA	3531bB

新复极差法,表中大写字母表示达到 0.01 显著水平,小写字母表示达到 0.05 显著水平。
Duncan method, capital letter and small letter indicate significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

3 结论与讨论

通过研究不同栽培模式对株高、植株叶面积、光合势的影响,探讨了群体的干物质积累和最终的产量形成结构。三种栽培模式以 NTCPTL 株高、单株最大叶面积、光合势、干物质积累最高,其次是 ITTC、SLR 最低。叶面积、光合势差异在鼓粒期后最显著。产量结果表明:NTCPTL 产量达 4052 kg·hm⁻²,高于 ITTC 和 SLR,前者比后两者分别增产 8.23% 和 14.76%,ITTC 比 SLR 增产 6.03%。因此,在内蒙古大豆主产区首选 NTCPTL 模式,在同样的条件下有提高产量的作用。

作物经济产量 = 花后光合积累量 + 花前贮藏物质 × 花前物质的再分配率,揭示了作物产量主要决定与花后光合生产积累能力的本质^[8]。不同栽培模式大豆群体结构不同,NTCPTL 前期叶面积增加较快,封垄最早,光能利用较高,垄上单行封垄最迟,漏光最严重,ITTC 处于二者之间;在鼓粒期由于光合势达到最高,处理间差异也最大,成熟期光合势降低,差异也变小,这个趋势与干物质积累变化是相一

致的。NTCPTL 提高了产量,是因为在早期叶面积增加的基础上,进一步延长了叶片的功能期,群体光合势高于另外两种栽培模式。

参考文献

[1] 姚卫华. 大豆“八改”栽培法[J]. 中国农技推广, 2006, 22(10): 31-32. (Yao W H. Eight modified cultivated method of soybean [J]. Popularization of Chinese Agriculture Technology, 2006, 22(10): 31-32.)
[2] 马日亮,李志峰,孟德. 内蒙古大豆垄上三行窄沟密植栽培技术规范[J]. 现代农业, 2006(2): 8-9. (Ma R L, Li Z F, Meng D. Cultivated technology regulation of narrow trenches and compact planting of three lines of ridge in the Inner Mongolia [J]. Modern Agriculture, 2006(2): 8-9.)
[3] 刘承军,曲贵才. 大豆垄上三行栽培及机具改装[J]. 现代农业, 2007(8): 5. (Liu C J, Qu G C. Soybean three-ridge cultivation and tools refitting [J]. Modernized Agriculture, 2007(8): 5.)
[4] 李洪斌,张广,陈宝和. 大豆垄上三行窄沟密植配套技术[J]. 农业科技通讯, 2006(3): 28-29. (Li H B, Zhang G, Cheng B H. Matching technologies of soybean narrow trenches and compact planting of three lines of ridge [J]. Agriculture Science and Technology Communications, 2006(3): 28-29.)

参考文献

- [1] 王艳,李晓林,张福锁. 不同基因型植物低磷胁迫适应机理的研究进展[J]. 生态农业研究,2000,8(4):34-36. (Wang Y, Li X L, Zhang F S. Current research on suitable mechanisms on different plant genotypes under Phosphorous stress[J]. Eco-agriculture Research,2000,8(4):34-36.)
- [2] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(3):193-205. (Li S X. Current situation and outlook of plant nutrition and fertilizer science[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,1999,5(3):193-205.)
- [3] 赵华,徐森,石磊. 植物根系形态对低磷胁迫应答的研究进展[J]. 植物学通报,2006,23(4):409-417. (Zhao H, Xu S, Shi L. Advances in plant root morphology adaptability to phosphorous deficiency stress[J]. Chinese Bulletin of Botany, 2006, 23(4):409-417.)
- [4] 吴平,印莉萍,张立平,等. 植物营养分子生理学[M]. 北京:科学出版社,2001:103-105. (Wu P, Yin L P, Zhang L P. Plant Nutrition and molecule physiology[M]. Beijing: Science Press,2001:103-105.)
- [5] 郭再华,贺立源,徐才国. 低磷胁迫时植物根系的形态学变化[J]. 土壤通报,2005,36(5):760-763. (Guo Z H, He L Y, Xu G C. Morphological variety of plants tolerance to low-P stress[J]. Chinese Journal of Soil Science,2005,36(5):760-763.)
- [6] 曹敏建,佟占昌,韩明祺. 磷高效利用的大豆遗传资源的筛选与评价[J]. 作物杂志,2001(4):22-24. (Cao M J, Tong Z C, Han Q M. Evaluation and filter on phosphate high active exploit of soybean inheritance resources [J]. Crop Magazine, 2001(4):22-24.)
- [7] 张宪政. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:5-96. (Zhang X Z. Guide of phytophysiological experiment [M]. Beijing: China Agriculture Press,2000, :5-96.)
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,1990:5-8. (Zhang Z L. A Guide of phytophysiological experiment [M]. Beijing: High Education Press,1990:5-8.)
- [9] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2000:59-60,173-174. (Zou Q. Guide of phytophysiological experiment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 59- 60, 173-174.)
- [10] 曹爱琴,严小龙. 不同供磷条件下大豆根构型的适应性变化[J]. 华南农业大学学报,2000,22(1):21. (Cao A Q, Yan X L. Adaptation of soybean root architecture under different P condition [J]. Journal of South China Agricultural University,2000,22(1):21.)
- [11] 丁洪,李生秀,郭庆元. 酸性磷酸酶活性与大豆耐低磷能力相关研究[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(2):123-128. (Ding H, Li S X, Guo Q Y. Study on correlation between acid phosphatase activity and low phosphorus tolerance of soybean[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,1997,3(2):123-128.)
- [12] Gerloff G C, Gabelman W H. Genetic basis of inorganic plant nutrition[M]. Encyclopedia of plant physiology (Lauchli A and Bielecki R L. eds). Springer-verlag, Berlin, 1983:453-480.
- [13] 王应祥,廖红,严小龙. 大豆适应低磷胁迫的机理初探[J]. 大豆科学,2003,22(3):208-212. (Wang Y X, Liao H, Yan X L. Preliminary studies on the mechanisms of soybean in adaption to low P stress[J]. Soybean Science,2003,22(3):208-212.)
- [14] 王毅. 植物耐低磷胁迫遗传学研究策略[J]. 热带农业科学,2004,24(2):34-41. (Wang Y. Strategy genetics research on plant tolerant to low phosphorus[J]. Chinese Journal Tropical Agriculture,2004,24(2):34-41.)
- [15] 孙海国,张福锁. 缺磷条件下的小麦根系酸性磷酸酶活性研究[J]. 应用生态学报,2002,13(3):379-381. (Sun H G, Zhang F S. Effect of phosphorus deficiency on activity of acid phosphatase exuded by wheat roots[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002,13(3):379-381.)
- [16] 龚江,李绍长,夏春兰. 低磷胁迫下玉米自交系磷高效基因型筛选[J]. 新疆农业科学,2002,39(2):77-81. (Gong J, Li S C, Xia C L. Selection of maize inbred for high phosphate efficiency in low phosphate stress[J]. Xinjiang Agricultural Science,2002,39(2):77-81.)
- [17] 郭再华,贺立源,徐才国. 不同耐低磷水稻基因型秧苗对难溶性磷的吸收利用[J]. 作物学报,2005,31(10):1322-1327. (Guo Z H, He L Y, Xu C G. Uptake and use of sparingly soluble phosphorus by rice genotypes with different P-efficiency[J]. Acta Agronomica Sinica,2005,31(10):1322-1327.)
- [18] 张丽梅,贺立源,李建生. 玉米自交系耐低磷材料苗期筛选研究[J]. 中国农业科学,2004,37(12):1955-1959. (Zhang L M, He L Y, Li J S. Investigation of maize inbred lines on tolerance to low-phosphorus stress at seedling stage[J]. Scientia Agricultura Sinica,2004,37(12):1955-1959.)
- [19] Schachtmar D P, Reid R J, Ayling S M. Phosphorus uptake by plants from soil to cell [J]. Plant Physiology,1998,116:447-453.
- (上接第982页)
- [5] 邱强,李东波,石一鸣,等. 大豆高产种植方式的研究[J]. 吉林农业科学,2006,31(4):8-10. (Qiu Q, Li D B, Shi Y M, et al. Studies on planting modes for high yield of soybean[J]. Journal of Jilin Agriculture Sciences,2006,31(4):8-10.)
- [6] 章建新,胡根海. 春大豆主要农艺性状的相关分析[J]. 新疆农业科学,2003,40(1):16-19. (Zhang J X, Hu G H. Correlation analysis of spring soybean major agronomic characters[J]. Journal of Xinjiang Agriculture Science,2003,40(1):16-19.)
- [7] 翟云龙,章建新,薛丽华,等. 密度对超高产春大豆农艺性状的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(2):109-111. (Zhai Y L, Zhang J X, Xue L H, et al. Study on the effect of plant density on the agronomic characters of super-high yield spring soybean [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005,21(2):109-111.)
- [8] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:19-21. (Ling Q Hong. Crop community quality [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press,2000:19-21.)