

## 水肥互作对大豆生理特性、根瘤固氮及产量的影响

闫春娟, 王文斌, 孙旭刚, 张立军, 王昌陵, 曹永强, 宋书宏, 袁玉璐

(辽宁省农业科学院 作物研究所, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**在盆栽条件下,探讨了水肥互作对大豆部分生理性状、根瘤固氮及产量的影响。结果表明:肥料的施用及充足的土壤含水量有利于提高植株叶面积指数、根及地上部生物量,干旱(W1)及无肥(F0)条件限制了叶面积、根及地上部生物量的形成。相同水分条件下,未施肥处理(F0)根瘤数优于施肥处理(F1),土壤干旱(W1)限制了根瘤的形成与生物量的累积。大豆叶面积指数、地上部生物量、单株/单个根瘤重均以处理 W3F1 最优;叶面积指数、地上/地下部生物量以处理 W1F0 值最低。收获后各处理茎秆、荚皮、籽粒产量均以处理 W2F1 最优,W1F0 值最低。土壤水分、肥料以及二者互作对大豆茎秆、荚皮及籽粒产量的影响均达到显著差异水平。

**关键词:**水肥互作;大豆;叶面积指数;根瘤;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)02-0229-05

## Effect of Water-Fertilizer Interaction on Physiological Characteristics, Nitrogen Fixation and Yield of Soybean

YAN Chun-juan, WANG Wen-bin, SUN Xu-gang, ZHANG Li-jun, WANG Chang-ling, CAO Yong-qiang, SONG Shu-hong, YUAN Yu-lu

(Crop Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, Liaoning, China)

**Abstract:** Soybean yield are sensitive to soil moisture at flowering-podding growth stage (R1-R5). Fertilizer application may enhance the effect of soil moisture on yield of soybean, but few reports had focused on it. In this study, pot-experiments were carried out to investigate the effect of water-fertilizer coupling on physiological characteristics, nitrogen fixation by root nodules and yield of soybean. Three moisture levels and two fertilizer application levels were included in this experiment. The results showed that sufficient soil moisture and a certain amount of chemical fertilizer application enhanced the leaf area index, root and shoot biomass. Both drought (W1) and no fertilizer (F0) treatments reduced the leaf area index, root and shoot biomass. The root nodule number of no fertilizer treatments (F0) was superior to fertilizer applied treatments (F1) under the same soil water content condition. Root nodule formulation and biomass accumulation were limited under drought condition (W1). W3F1 treatment had the highest LAI, shoot biomass, nodule biomass per plant and biomass per nodule while W1F0 had the lowest LAI, root biomass and shoot biomass. After harvest, the combinations with the optimal and lowest seed yield, stem/leaf biomass of all treatments were W2F1 and W1F0, respectively. Soil moisture, fertilizer and water-fertilizer interaction had positively effects on stem/pod and seed yield of soybean.

**Key words:** Water-fertilizer interaction; Soybean; Leaf area index; Root nodule; Yield

大豆是一种需水较多的作物,每形成 1 g 干物质需要消耗 600~800 g 水,生产 1 kg 大豆籽粒,耗水量达 2 kg 左右<sup>[1]</sup>。大豆在不同生育时期对水分的需求不同,花荚期土壤含水量对大豆产量形成起着重要的作用<sup>[2]</sup>。早在 20 世纪 80 年代我国学者就提出了以肥调水的观点,即通过合理施肥改善作物的营养条件,促进根系发育,提高作物摄取和运转土壤水分的能力,相应增加植物水的有效性,进而提高产量和水分利用效率<sup>[3]</sup>。水肥不仅在其充

足条件下存在联效作用,而且在其胁迫条件下仍具有明显的互补作用,无机肥的应用能延缓干旱及渍害胁迫下引起的产量损失<sup>[4-6]</sup>。适宜水分能促进土壤有机物质的矿化和释放,增加土壤有效养分含量,而合理施肥能够提高大豆植株抵御干旱及渍水的能力。因此探讨水、肥料以及二者互作对大豆生长发育的影响一直以来成为国内外研究的重点和热点<sup>[7-8]</sup>。但前人的研究多集中于水与某单一肥料耦合的效果,或全生育期控水下水肥耦合的效果,

收稿日期:2011-01-11

基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(2008213);辽宁省科技攻关资助项目(2008201005)。

第一作者简介:闫春娟(1983-),女,硕士,主要从事大豆育种与栽培研究。E-mail:yanchunjuan1983@163.com。

通讯作者:宋书宏(1964-),男,研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培研究。E-mail:sshun@163.com。

而关于花荚期水肥耦合效果方面的研究较少,该文是在前人研究的基础上进一步探讨花荚期控水条件下,水与 NPK 肥互作对大豆生理特性、根瘤固氮及产量的影响,以期建立辽宁省高产大豆水肥高效利用栽培技术体系提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试大豆品种为辽豆 21,圆叶、紫花、亚有限结荚习性,平均生育期 128 d,平均株高 87.6 cm,百粒重为 19.5 g,蛋白质及脂肪含量分别为 40.82% 和 21.54%。

### 1.2 试验设计

试验于 2009 年在沈阳市(北纬 41°49′,东经 123°32′,海拔 52 m)辽宁省农科院院内网室中进行。

供试土壤为发育于黄土母质的典型棕壤,采自辽宁省农科院试验田 0~20 cm 耕层土壤,前茬作物为大豆,该土壤有机质含量为 12.6 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 1.25 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 114 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷 0.85 g·kg<sup>-1</sup>,有效磷 16.5 mg·kg<sup>-1</sup>,全钾 24.20 g·kg<sup>-1</sup>,有效钾 116 mg·kg<sup>-1</sup>,pH 值 6.80。

试验采用普通瓷盆,规格为高 23 cm,上口直径 34 cm,下口直径 28 cm。瓷盆放置于盆栽网室中,降雨时将其用塑料棚遮住。

试验设 2 个肥料水平,分别为 F0(无肥);F1(N 0.06 g·kg<sup>-1</sup>;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.15 g·kg<sup>-1</sup>土;K<sub>2</sub>O 0.10 g·kg<sup>-1</sup>土),每个肥料水平下设 3 个水分水平,分别为:W1-干旱(土壤含水量为 20%);W2-适宜(土壤含水量为 30%);W3-渍害(土壤含水量为 50%)。各处理在播种前将称好的肥料与土壤混匀,待大豆花荚期(R1~R5)进行水分调控,各处理组合在非控水时期灌以“W2-适宜”水分。每盆装烘干土 13.6 kg,控水时每 2 天用台秤测定土壤水分,补充至设定值。每盆播 4 粒,出苗后定苗 2 株。

盆栽条件下,随机区组设计,播种 6 盆,其中 3 盆用于花荚期控水后测定叶面积、植株各部位生物量、根瘤重及根瘤数。另 3 盆待成熟后测定产量。

### 1.3 测定项目与方法

花荚期控水后取样,测定植株各部位生物量以及叶面积指数,并测定植株的根瘤数、根瘤重,单个根瘤重-称取整株大豆根瘤重量,除以根瘤个数取平均值。植株各部位生物量采用称重法,采用 CI-203 手持式激光叶面积仪测定叶面积。于大豆成熟后收获,测定单株产量及其构成因素。

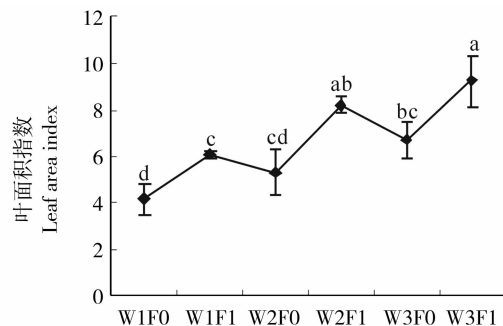
### 1.4 数据分析

用 SPSS 16.0 统计软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 水肥互作对大豆叶面积指数的影响

叶面积指数(Leaf area index, LAI)是指群体总绿色叶面积与该群体所占据的土地面积的比值(绿色叶面积/土地面积)。它是群体组成大小和植株生长繁茂程度的重要参数<sup>[9]</sup>。由图 1 可以看出土壤水分及肥料供应均影响叶面积指数的形成,同一肥料条件下,随着土壤含水量的增加,叶面积指数增大;同一水分条件下,施肥处理的叶面积指数高于未施肥处理,且达到显著差异。其中以处理 W3F1 叶面积指数最大,为 9.24,而以处理 W1F0 值最小,为 4.14,高肥水条件下有利于植株叶面积的形成。方差分析结果表明,处理间叶面积指数达到极显著差异, $F$  值为 10.70\*\*。



不同小写字母表示差异达 5% 显著水平,下同。  
Different lowercase letter mean significant at 5% level, the same as follow.

图 1 水肥互作对大豆叶面积指数的影响  
Fig. 1 Effects of water-fertilizer interaction on soybean LAI

### 2.2 水肥互作对大豆根及地上部生物量的影响

无论是根生物量还是地上部生物量均以处理 W1F0 值最低(图 2),分别为 7.36 和 24.01 g·株<sup>-1</sup>,说明干旱及无肥均限制了大豆根及地上部生物量的形成,植株地上部生物量以处理 W3F1 和 W2F1 较优,并显著高于其它处理。同一水分条件下,施肥处理的地上部生物量高于未施肥处理,差异显著;而同一施肥条件下,W2、W3 地上部生物量优于 W1,差异显著。植株根生物量以处理 W2F1 最优,显著高于 W2F0 和 W1F0,由图 2 可以看出,同一水分条件下施肥处理的根生物量要大于未施肥处理,即施肥有利于根生物量的形成,而水分对根生物量的影响则因肥料的供应水平而异。

### 2.3 水肥互作对大豆根瘤固氮能力的影响

2.3.1 水肥互作对大豆根瘤数的影响 大豆单株根瘤数的变化范围是 220~340 个(图 3)。可以看出,同一水分条件下,施肥处理(F1)的根瘤数要少

于不施肥 (F0) 处理; 不施肥 (F0) 条件下, 土壤渍害 (W3) 时根瘤数最多, 施肥 (F1) 条件下, 土壤水分适宜 (W2) 时根瘤数最多。方差分析结果表明, 处理 W1F1 的根瘤数最少, 并显著低于其它处理。

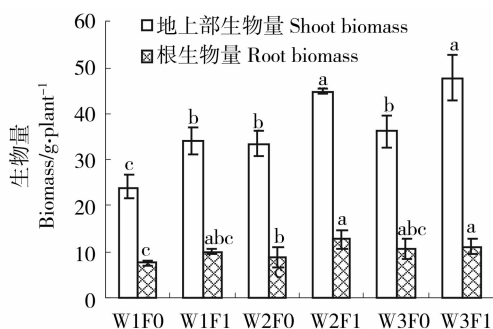


图2 水肥互作对根及地上部生物量的影响

Fig.2 Effects of water-fertilizer interaction on root and shoot biomass in soybean

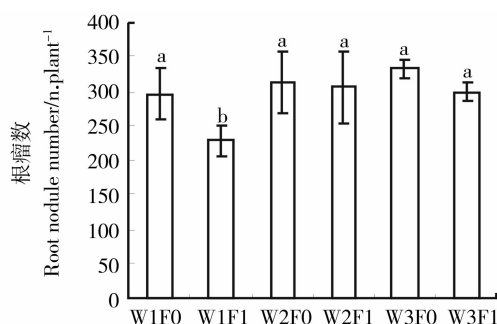


图3 水肥互作对大豆根瘤数的影响

Fig.3 Effects of water-fertilizer interaction on root nodule number of soybean

2.3.2 水肥互作对大豆根瘤重及根瘤大小的影响  
植株的单株根瘤重以处理 W3F1 为最优, 为 1.66 株 (图 4), 并显著高于处理 W1F0、W1F1, 而与 W2F0、W2F1 间无显著差异, 说明土壤水分有利于根瘤的形成, 肥料对单株根瘤重的影响因供水水平的不同而表现出一定的差异, 干旱 (W1) 条件下, 施肥 (F1) 降低了植株的单株根瘤重, 而适宜水分 (W2) 及渍害 (W3) 条件下, 施肥 (F1) 处理的单株根瘤重优于未施肥处理 (F0)。

大豆单个根瘤重反映了根瘤的大小, 可以一定程度上反映出根瘤固氮能力的强弱。由图 4 可以看出, 大豆单个根瘤重以处理 W3F1 最优 (5.56 mg), 并显著高于处理 W1F0 (4.22 mg)、W2F0 (4.26 mg)。可以看出, 同一水分条件下, 施肥 (F1) 处理的单个根瘤重要优于未施肥 (F0) 处理。同一施肥水平下, 随着土壤含水量的增加, 单个根瘤重增大。

## 2.4 水肥互作对大豆产量的影响

各处理最终生物产量结果见表 1, 方差分析结果表明, 土壤水分、肥料以及二者互作对大豆根部的影响未达到显著性差异。而土壤水分、肥料以及

二者互作对茎秆生物量的影响均达到了极显著差异, 茎秆生物量以处理 W2F1 (适宜水分 + 施肥) 最优, 并显著高于其它处理, 而以处理 W1F0 (干旱 + 无肥) 值最低, 并显著低于其它处理, 说明适宜水分及化学肥料的施用促进茎秆的发育, 而干旱及无肥条件则不利于茎秆的发育。水分及肥料的应用对荚皮生物量的影响均达到了极显著差异水平, 且二者互作也显著影响了荚皮的形成, 同茎秆生物量相似, 荚皮生物量仍以处理 W2F1 最优, 以处理 W1F0 值最低。

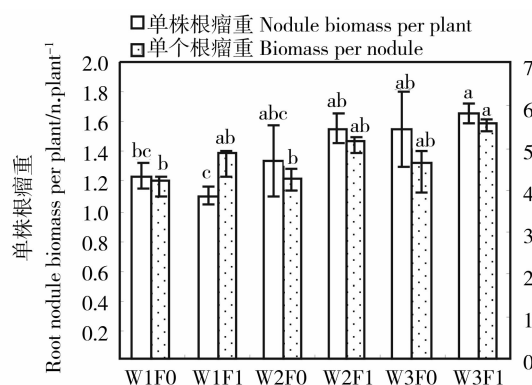


图4 水肥互作对大豆单株及单个根瘤重的影响

Fig.4 Effects of water-fertilizer interaction on nodule biomass per plant and biomass per nodule

表1 水肥互作对大豆最终生物产量的影响

Table 1 Effects of water-fertilizer interaction on soybean final biomass accumulation

处理	生物产量 Biomass/g · plant <sup>-1</sup>		
Treat.	根 Root	茎 Stem	荚皮 Pod
W1F0	8.77 ± 2.64 <sup>☆</sup> Aa	10.17 ± 1.59 Cc	6.94 ± 0.54 Cc
W1F1	9.70 ± 2.77 Aa	16.44 ± 4.11 Bb	11.48 ± 1.88 ABb
W2F0	12.77 ± 4.55 Aa	16.38 ± 1.40 Bb	10.61 ± 0.41 Bb
W2F1	12.99 ± 6.21 Aa	29.27 ± 2.44 Aa	14.00 ± 0.55 Aa
W3F0	7.66 ± 4.22 Aa	17.34 ± 1.45 Bbc	11.50 ± 1.31 ABb
W3F1	13.07 ± 5.28 Aa	20.48 ± 0.85 Bb	12.22 ± 0.71 ABb
方差分析 (ANOVA)			
W	ns	***	***
F	ns	***	***
W × F	ns	**	*

<sup>☆</sup> 平均值 ± 标准差; 不同大、小写字母分别表示差异达 1%、5% 显著水平; ns 没有显著性差异; \*, \*\*, \*\*\* 分别表示差异达 0.05, 0.01 和 0.001 水平。下同。

<sup>☆</sup> Means ± standard error; Values with the same column followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 1% (capital letter) and 5% (small letter) probability levels, respectively; ns indicates non-significant; \*, \*\*, \*\*\* indicates significantly different at 0.05, 0.01 and 0.001 probability level, respectively. Same as follow.

由表 2 可以看出, 土壤肥料对大豆单株产量的影响最大, 达到了极显著差异水平, 土壤水分及二

者互作对产量的影响也达到了显著差异水平。肥料对产量的影响表现为:同一水分条件下,施肥处理(F1) > 无肥处理(F0),说明无论土壤干旱、渍害或适宜水分,施用一定量的肥料,均有利于产量的提高;水分对产量的影响表现为:无肥(F0)条件下,随着土壤含水量的增加,产量逐渐增加,而施肥(F1)条件下,产量则表现为:适宜(W2) > 渍害(W3) > 干旱(W1)。大豆单株产量以处理 W2F1

最优,而以处理 W1F0 最低,且显著低于其它处理的产量。方差分析结果表明,土壤水分及肥料极显著影响单株荚数的形成,大豆单株荚数仍以处理 W2F1 最优,处理 W1F0 值最低。土壤水分、肥料以及二者互作对每荚粒数和百粒重的影响未达到显著差异水平,每荚粒数以处理 W1F0 和 W3F1 较优,而以处理 W2F1 值最低。百粒重仍以处理 W2F1 值最优,为 19.91 g,以处理 W3F1 值最低,为 15.50 g。

表 2 水肥互作对大豆产量及其构成要素的影响

Table 2 Effects of water-fertilizer interaction on final yield and yield components in soybean

处理 Treat.	生物产量 Biomass/g · plant <sup>-1</sup>			
	单株荚数 Pods per plant	每荚粒数 Seeds per pod	百粒重 100-seed weight/g	单株产量 Yield per plant/g
W1F0	44.17 ± 4.80 Bc	2.03 ± 0.17 Aa	18.51 ± 1.76 Aab	16.61 ± 2.63 Bb
W1F1	64.75 ± 10.96 Ab	1.99 ± 0.18 Aab	19.34 ± 0.29 Aa	24.69 ± 1.61 Aa
W2F0	65.33 ± 3.75 Ab	1.94 ± 0.12 Aab	17.76 ± 1.87 Aab	22.40 ± 0.90 Aa
W2F1	79.00 ± 3.61 Aa	1.67 ± 0.26 Ab	19.91 ± 3.35 Aa	25.78 ± 1.14 Aa
W3F0	70.17 ± 9.39 Aab	1.88 ± 0.07 Aab	17.29 ± 0.73 Aab	22.70 ± 2.16 Aa
W3F1	72.83 ± 5.39 Aab	2.07 ± 0.16 Aa	15.50 ± 0.20 Ab	23.24 ± 0.66 Aa
方差分析(ANOVA)				
W	***	ns	ns	*
F	**	ns	ns	***
W × F	ns	ns	ns	*

### 3 讨论

物质形成与累积是作物完成生长发育的基本条件,也是取得经济产量的基础,而矿质养分及土壤水分供应水平影响着物质的形成和累积。许多研究表明,N、P、K 及水的供应水平在很大程度上决定大豆产量高低及品质的优劣,是实现大豆优质高产的主要栽培措施之一<sup>[10-16]</sup>。该试验中发现,同一施肥条件下,渍害(W3)处理植株地上部生物量高于适宜水分(W2)处理(图 2),而在成熟期施肥(F1)水平下,W2 水平下的产量及地上部生物量比 W3 值高,而无肥(F0)水平下,W3 水平下的产量及地上部生物量值略高于 W2(表 1、表 2)。这一方面可能是土壤渍害通过影响后期根系对肥料的吸收,进而影响最终大豆生物量及产量的形成;另一方面也可能是由于前期渍害增加了土壤中有有效 NPK 的含量,而当后期土壤水分减少时也相应地减少了土壤中有有效 NPK 的含量。

叶面积指数(LAI)是群体结构的重要量化指标,是群体的属性之一。适当地增大群体的叶面积指数是提高大豆单位面积产量的主要途径之一<sup>[19]</sup>。但并不是叶面积指数越大,产量越高。适宜的叶面积指数才利于产量的提高<sup>[20]</sup>,该研究也发现叶面积指数最高的处理 W3F1 其产量并不是最高的,反而

是叶面积指数为 8.16 的 W2F1 处理产量最高。一些研究者指出氮肥能促进干物质的积累,钾肥对植株干物质的积累没有影响,土壤水分促进干物质的累积<sup>[2, 19]</sup>。该试验中发现土壤水分及肥料均促进地上部生物量的形成,干旱及无肥限制了根及地上部生物量的形成。

该研究中土壤水分增加了植株的根瘤数,提高单株及单个根瘤重,从而有利于根瘤的形成;同一水分条件下,施肥降低了单株根瘤数反而提高了单个根瘤重,即施肥条件下形成的根瘤数少但更为有效;干旱条件下施肥降低了植株的单株根瘤重,而适宜水分及渍害条件下,施肥增加了植株的单株根瘤重,这可能是由于干旱条件下植株营养体相对较小,故所需氮素较少,所以一定量的氮肥施用就满足了其对氮素的需求,故施肥条件下形成的根瘤少,而高肥足水条件下,营养体生长茂盛,所以植株本身需要形成更多的根瘤以满足其对氮素的需求,故肥料的施用反而促进了根瘤的形成。

大豆产量是单株荚数、每荚粒数、百粒重的综合体现,这些因素在大豆的发育期间先后连续的表现出来,只有这些性状综合表现良好,产量才能相应的提高。水分和肥料通过作用于植株的这些性状而最终影响大豆产量的形成。一般而言适宜的肥料利用能够促进产量的形成<sup>[20]</sup>,该试验结果显

示,花荚期土壤干旱及适宜水分条件下,施肥(F1)水平的大豆产量优于未施肥(F0)水平,而渍害(W3)条件下,反而是未施肥水平下(F0)的产量略高于施肥水平(F1),但只有干旱(W1)条件下,施肥水平(F1)的产量极显著高于未施肥水平(F0),说明NPK肥的施用更有利于减缓干旱胁迫对大豆产量的损失。该试验中大豆产量最高的处理为W2F1,说明适宜水分和施肥互作有利于产量的形成。

## 参考文献

- [1] 许忠仁,张贤泽,杜维广,等.大豆生理与生理育种[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1989.(Xu Z R, Zhang X Z, Du W G, et al. Soybean physiology & physiology breeding[M]. Harbin: Heilongjiang Science & Technology Press, 1989.)
- [2] 闫春娟,韩晓增,宋书宏,等.水钾耦合对大豆干物质积累和产量的影响[J].大豆科学,2007,26(6):862-867.(Yan C J, Han X Z, Wang S Y, et al. Effect of water-potassium coupling on dry matter accumulation and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2007,26(6):862-867.)
- [3] 刘思春,朱建楚,张一平,等.磁环境条件对小麦抗旱性的影响[J].干旱地区农业研究,1996,14(3):83-88.(Liu S C, Zhu J P, Zhang Y P, et al. The effects of magnetic environment upon wheat under drought stress[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1996,14(3):83-88.)
- [4] Arora A, Singh V P, Mohan J. Effect of nitrogen and water stress on photosynthesis and nitrogen content in wheat[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2001, 44:153-155.
- [5] Purcell L G, Ball R A, Reaper J D, et al. Radiation use and biomass production in soybean at different plant population densities[J]. Crop Science, 2002, 42(1): 172-177.
- [6] Jiang D, Fan X M, Dai T B, et al. Nitrogen fertilizer rate and post-anthesis waterlogging effects on carbohydrate and nitrogen dynamics in wheat[J]. Plant and Soil, 2008, 304:301-314.
- [7] Liu X B, Herbert S J. Responses of photosynthetic rates and yield/quality of main crops to irrigation and manure application in the black soil area of northeast China[J]. Plant and Soil, 2004, 261: 55-60.
- [8] Ohashi Y, Nakayama N, Saneoka H, et al. Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, fluorescence and stem diameter of soybean plants[J]. Biologia Plantarum, 2006, 50(1): 138-141.
- [9] 董钻.大豆产量生理[M].北京:中国农业出版社,2000.(Dong Z. Soybean yield physiology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.)
- [10] Rosolem C A, Nakagawa J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2001, 59:143-149.
- [11] Flavio H, Gutiérrez-boem, Grant W T. Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans[J]. Plant and Soil, 1999, 207:87-96.
- [12] Liu X B, Jin J, Herbert S J, et al. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in northeast China[J]. Field Crops Research, 2005, 93:85-93.
- [13] Shou H X, Zhu D H, Chen C X, et al. The initial study of responses and physiological indexes for drought resistance in eight soybean varieties under drought condition[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 1991, 6:278-281.
- [14] 郭亚芬,腾云,张忠学,等.东北半干旱区大豆水肥耦合效应试验研究[J].东北农业大学学报,2005,36(4):405-411.(Guo Y F, Teng Y, Zhang Z X, et al. Study on couple effect of water and fertilizer of soybean in northeast semiarid area[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005,36(4):405-411.)
- [15] 张丽华,赵洪祥,谭国波,等.水肥耦合对大豆光合特性及产量的影响[J].大豆科学,2010,29(2):268-271.(Zhang L H, Zhang H X, Tan G B, et al. Influence of water and fertilizer coupling on photosynthetic characters and yield of soybean[J]. Soybean Science, 2010,29(2):268-271.)
- [16] 滕云,郭亚芬,张忠学,等.东北半干旱区大豆水肥耦合模式试验研究[J].东北农业大学学报,2005,36(5):639-644.(Teng Y, Guo Y F, Zhang Z X, et al. Study on the model of water and fertilizer coupling of soybean in semiarid district of northeast[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(5): 639-644.)
- [17] 张晓燕,杜吉到,郑殿峰,等.大豆不同群体叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J].中国农学通报,2006,22(11):161-163.(Zhang X Y, Du J D, Zheng D F, et al. Studies on the relationship between yield and leaf area index and their dry matter accumulation dynamic on the different population[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006,22(11):161-163.)
- [18] Board J E. soybean cultivar differences on light interception and leaf area index during seed filling[J]. Agronomy Journal, 2004, 96:305-310.
- [19] Miyasaka S C, Hansen J D, McDonald T G, et al. Effects of nitrogen and potassium in kikuyu grass on feeding by yellow sugarcane aphid[J]. Crop Protection, 1983, 26:511-517.
- [20] 李春杰,许艳丽,谭国忠,等.肥料组合对大豆产量和化学品质影响[J].大豆科技,2009(2):30-33.(Li C J, Xu Y L, Tan G Z, et al. Effect of fertilizer combination on yield and chemical quality of soybean[J]. Soybean Science & Technology, 2009(2): 30-33.)