

水钾耦合对大豆干物质积累和产量的影响

闫春娟^{1,2}, 韩晓增², 王守宇², 王树起², 李海波²

(1. 东北农业大学, 哈尔滨 150030; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 哈尔滨 150081)

摘要 盆栽条件下, 分别在大豆的营养生长期(V2 ~ R1)、开花期(R1 ~ R3)、结荚期(R3 ~ R5)三个关键生育时期进行水分调控, 研究不同供钾水平下水分状况对大豆不同生育时期干物质积累及产量的影响, 以期为黑龙江省大豆生产提出更好的栽培管理措施, 指导农业生产实践。结果表明: 水分对干物质积累及根冠比的影响大于钾肥, 水多有利于干物质的积累, 但根冠比随水分的增加而减小; 钾肥对干物质积累及根冠比的影响变化趋势并不明显。在一定范围内, 产量随干物质的增加而提高, 但过高的生物量, 反而不利于产量的形成。营养生长期(V2 ~ R1)控水下大豆的产量效应是钾肥 > 水分 > 水钾互作, 而花期(R1 ~ R3)、结荚期(R3 ~ R5)控水下, 大豆产量的变异主要是由水分引起的, 水钾互作只引起极小的一部分, 而钾肥几乎没有任何效应。大豆对水分较为敏感的时期是开花期和结荚期, 各时期敏感程度表现为结荚期 > 花期 > 营养生长期; 同一生育时期控水下水分对大豆产量的影响要高于钾肥; 旱涝都将影响大豆籽粒产量的形成, 但干旱引起的减产程度要大于涝害。

关键词 大豆; 水钾耦合; 干物质积累; 产量

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)06-0862-06

EFFECT OF WATER-POTASSIUM COUPLING ON DRY MATTER ACCUMULATION AND YIELD OF SOYBEAN

YAN Chun-juan^{1,2}, HAN Xiao-zeng², WANG Shou-yu², WANG Shu-qi², LI Hai-bo²

(1. *Northeast Agricultural University, Harbin 150030*; 2. *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Harbin 150081*)

Abstract Pot experiments were carried out to study the effect of water-potassium coupling on dry matter accumulation and yield of soybean. The aim is to provide better planting measure for soybean production in Heilongjiang province. In this experiment, five water supply levels and three potassium fertilizer application levels were included in terms of soil water content controlled at vegetative stage(V2 - R1), flowering stage(R1 - R3) and podding stage(R3 - R5), respectively. The results showed that water supply had more significant effect on dry matter weight and root to shoot ratio than that of potassium fertilizer application. The sufficient soil moisture enhanced the accumulation of dry matter, while root to shoot ratio decreased with the increment of soil moisture content. The yield increased with accumulation of dry matter,

收稿日期: 2007-06-07

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2005CB121103; 2005CB121106)资助

作者简介: 闫春娟(1983-), 女, 硕士研究生, 主要从事作物生理研究。E-mail: yanchunjuan1983@163.com

通讯作者: 韩晓增研究员, 博士生导师。Tel: 0451-86602940; E-mail: xdhxszh@mail.hrb.hl.cninfo.net

however,excessively biomass resulted in yield decline. When soil water content was controlled during vegetative stage of soybean,the effect of different factors in yield was potassium fertilizer > water > water potassium fertilizer;when the soil water content was controlled during flowering stage and podding stage, the yield difference was mainly attributed to the water supply,while water potassium fertilizer interaction only played a little role and potassium fertilizer almost had no effect. The yield was sensitive to water supply during flowering and podding stage,in which the sensitivity was found podding stage(R3 – R5) > flowering stage(R1 – R3) > vegetative stage(V2 – R1);the contribution of water supply to the yield formation was more central than potassium fertilizer application in light of controlling soil water at the same growth stage. Both drought and water logging conditions were found to influence the yield of soybean,in which drought condition more significantly reduced the yield.

Key words Soybean; Water-potassium coupling; Dry matter accumulation; Yield

在农田系统中,水分和养分之间,各养分之间以及作物与水肥间相互激励与拮抗的动态平衡关系,以及作物生长发育和产量的形成对这些相互作用反应叫做水肥耦合的效应^[1]。只有水分和养分投入合理,供应协调,才能产生明显的协同互补效果,表现出大于两种因子效果叠加的作用,达到高产、高效的目的。关于水肥耦合对大豆产量的影响前人已作了大量研究^[2-3],至于单纯的水或钾对大豆产量的影响国内外也有大量报道^[4-8],韩晓增等的研究显示,相同水分条件对大豆不同生育期进行处理结果表明:干旱条件下,不同生育期处理产量损失大小结果为:结荚期>花期>营养生长期>鼓粒期^[9]。金继运等研究发现在一年种植一季大豆的东北地区,施钾肥有显著的增产效果。Ciro A. Rosolem 和 João Nakagawa 等研究巴西热带及亚热带环境下钾肥对大豆产量的影响,结果表明,当土壤钾含量为 1.2 mmol·dm⁻³,叶片钾含量大约为 15 mg kg⁻¹时大豆产量最高^[10]。但关于水钾耦合对大豆产量的影响,特别是不同生育时期水钾耦合对大豆产量的影响报道甚少,本文旨在通过探讨农田黑土下水钾耦合对大豆干物质积累及产量的影响,以期对黑龙江大豆生产提出更好的栽培管理措施,指导农业生产实践。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2006 年在中国科学院海伦农业生态实验站(北纬 47°26',东经 126°38',海拔 240 m)进行。该地区气候属温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,雨热同季,全年降水量 500 ~ 600 mm,无霜期为 120 ~ 130 d,≥10℃的有效积温

为 2400 ~ 2500℃。

1.2 供试作物与土壤

供试大豆品种为当地主栽品种黑农 35,无分枝,亚有限结荚习性。供试土壤为典型中厚层黑土,采自中国科学院海伦农业生态实验站 0 ~ 20 cm 耕层土壤,土壤肥力中等,前茬作物为小麦,该土壤有机质含量为 51.55 g kg⁻¹,全氮 2.6 g kg⁻¹,碱解氮 206.75 mg kg⁻¹,全磷 0.71 g kg⁻¹,有效磷(Olsen P) 14.2 mg kg⁻¹,全钾 22.20 g kg⁻¹,有效钾 190.80 mg kg⁻¹,pH 值 6.28(W_±: W_水 = 1: 5)。

1.3 试验设计

试验采用普通塑料桶,规格为高 27 cm,上口直径 32.5 cm,下口直径 27 cm。塑料桶置于轨道车上,降雨时推入玻璃温室中。

试验设 5 个水分水平,分别为:W1(水分为饱和和持水量的 100 %,持续 5 d,逐渐干至田间持水量,简称“特涝”);W2(水分为田间持水量的 100 %,简称“充足”);W3(水分为田间持水量的 65 %,简称“适宜”);W4(水分为田间持水量的 50 %,简称“略旱”);W5(水分为田间持水量的 50 %,然后进行干旱处理,直到非永久性凋萎,再加水到田间持水量的 50 %,简称“特旱”)。每个水分水平下设 3 个钾肥水平,分别为 K1(不施钾肥);K2(0.068g K₂O kg⁻¹土);K3(0.136g K₂O kg⁻¹土)。其它肥料用量各处理相同,分别为:磷肥 0.040g P₂O₅ kg⁻¹土,氮肥 0.040 g N kg⁻¹土。试验共 15 个处理,即:W1K1、W1K2、W1K3;W2K1、W2K2、W2K3;W3K1、W3K2、W3K3;W4K1、W4K2、W4K3;W5K1、W5K2、W5K3,以 W3K2 为对照。分别在大豆营养生长期(V2 ~ R1),开花期(R1 ~ R3),结荚期(R3 ~ R5)3 个关键生育时期进行水分调控,各处理在非控水时期灌以

适宜水分。每盆装风干土 16.5 kg,每两天用台秤测定土壤水分,补充至设定值。每盆播 6 粒种子,出苗后定苗 4 株,6 次重复。

1.4 样品采集与分析

各生育时期控水后,其中 3 次重复用于取样以测定植株各部位的干物重(105℃杀青 30 min,80℃烘至恒重);另 3 次重复用于测定大豆籽粒产量及其构成要素。

1.5 数据分析

用 Excel2003 和 SAS8.0 统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 水钾耦合对植株干物质积累及根冠比的影响

2.1.1 营养生长期(V2~R1)控水下水钾耦合对大豆干物质积累及根冠比的影响 不同处理对大豆植

株地上部和地下部干物重及根冠比的影响各不相同,结果见图 1。大豆根干重的变化范围为 0.14~0.34 g/株,其值以处理 W1K3 最高,比对照增加了 61.90%,而以处理 W5K1 最低,比对照降低了 33.33%;植株地上部干物重的变化范围在 0.49~1.84 g/株之间,其值以 W2K3 最高,比对照增加了 97.85%,而以处理 W5K2 为最低,较对照降低了 47.31%;此时期根冠比值在 0.16~0.35 间,其中以 W4K3 为最高,比对照增加了 52.17%,而以 W2K1 最低,比对照减少了 30.43%。由图 1 还可以看出,植株根干重的变化趋势是:在相同钾肥下,特涝(W1)、充足(W2)>适宜(W3)>略旱(W4)>特旱(W5);而在相同水分下,K3 最高,K1、K2 变化趋势不明显。植株地上部干物重的变化趋势是:在相同钾肥下,充足(W2)>特涝(W1)>适宜(W3)>略旱(W4)>特旱(W5),而在相同水分下,钾肥仍表现为:K3 最高,K1、K2 变化趋势不明显。根冠比的变化趋势是:特涝(W1)、充足(W2)、适宜(W3)水分下,钾肥效果不明显,而略旱(W4)、特旱(W5)条件下,钾肥多,根冠比大,而相同钾肥下,根冠比的变化是水分越多,比值越小。

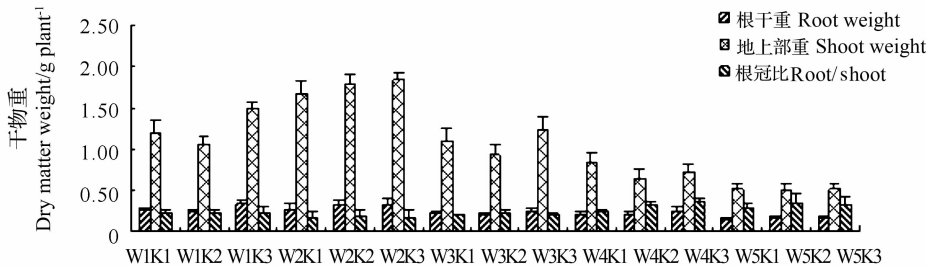


图 1 不同处理对植株干物重(g/株)及根冠比的影响

Fig.1 Effect of different treatments on dry matter weight(g plant⁻¹)and root/shoot ratio of soybean plant

2.1.2 开花期(R1~R3)控水下水钾耦合对大豆生物量及根冠比的影响 开花期不同处理对大豆生物量及根冠比的影响结果见图 2。各处理大豆根干重的变化范围在 0.24~0.52 g/株之间,其值以处理 W2K3 最高,比对照增加了 18.18%,而以处理 W5K1 最低,比对照降低了 45.45%;植株地上部干物重的变化范围在 1.13~2.89 g/株之间,其值以 W2K3 最高,比对照增加了 24.57%,而以处理 W5K3 为最低,比对照降低了 51.29%;此时期根冠比值在 0.16~0.28 间,其中以 W5K3 为最高,比对照增加了 47.37%,而以 W2K1 为最低,比对照减少了 15.79%。植株干物重的变化趋势是:在相同水

分下,钾肥变化趋势没有明显规律;而在相同钾肥下,特涝(W1)、充足(W2)>适宜(W3)>略旱(W4)>特旱(W5),并且与营养生长期不同的是特涝(W1)与充足(W2)水分条件下地上及地下干物质积累并无太大差别,这可能是由于大豆进入花期,一方面营养生长与生殖生长并进,光合作用、呼吸作用、物质运输与转化都迅速达到高峰,需水量大增。同时蒸腾作用也逐渐增强,耗水量大增,使得连续五天饱和持水量的迅速恢复为适宜水分,减少了涝害的影响同时又供应了足够的水分,故增加了干物质的积累。根冠比的变化趋势是:钾肥对根冠比没有显著的影响;根冠比随水分的增多而减小。

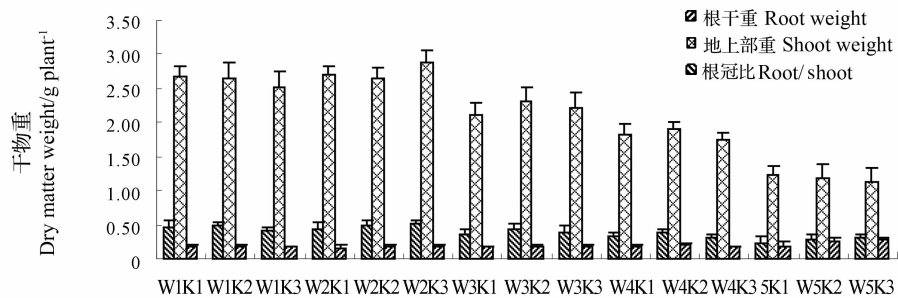


图2 不同处理组合对植株干物重(g/株)及根冠比的影响

Fig.2 Effect of different treatments on dry matter weight(g plant⁻¹)and root/shoot ratio of soybean plant

2.1.3 结荚期(R3-R5)控水下水钾耦合对大豆生物量及根冠比的影响 由图3可以看出,结荚期各处理大豆根干重的变化范围在0.50~2.09 g/株之间,其值以处理W2K2最高,比对照增加了8.29%,而以处理W5K1最低,比对照降低了74.09%。植株地上部干物重的变化范围在3.77~14.45 g/株之间,其值以W1K2最高,比对照增加了4.56%,而以处理W5K1为最低,比对照降低了72.72%。此时期根冠比值在0.10~0.15间,其中以W5K2为最高,比对照增加了7.14%,而以W1K2为最低,比对照减少了28.57%。植株干物重的变化趋势是:在

相同水分下,钾肥效应没有明显规律;而在相同钾肥下,水分的效应表现为特涝(W1)、充足(W2)、适宜(W3)下干物重差异不太明显,但其值显著大于略旱(W4)、特旱(W5)条件下的干物重,并且此时期植株的干物重迅速增加,这是由于花荚期营养生长与生殖生长并进,特别是生殖器官豆荚的形成大大增加了植株地上部干物质的积累;此时期根冠比值变小,并且无论钾肥与水供应如何,处理间差异不显著,一方面由于生殖器官豆荚的形成降低了根干重的比例,另一方面由于大豆在开花结实后,同化物多用于繁殖器官,加上根系逐渐衰老,使根冠比降低^[11]。

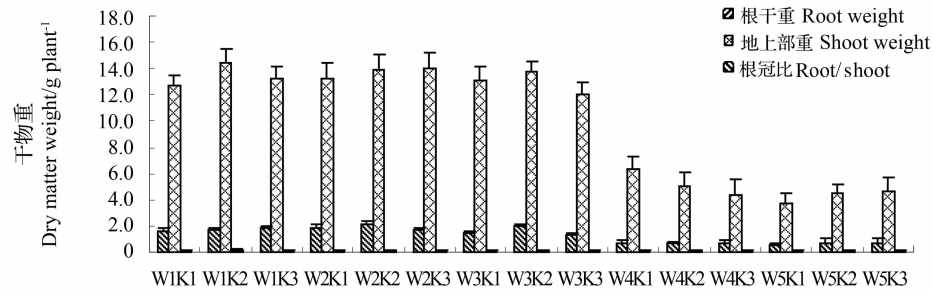


图3 不同处理组合对植株干物重(g/株)及根冠比的影响

Fig.3 Effect of different treatments on dry matter weight(g plant⁻¹)and root/shoot ratio of soybean plant

2.2 水钾耦合对大豆产量的影响

2.2.1 水钾耦合对大豆产量影响的多重比较

由表1可知,无论哪个生育时期控水,均以处理W3K3产量最高,比对照增加10.90%,而其它处理产量均低于对照。显著性测验结果表明,无论何生育时期控水,在相同钾肥水平下,水分的产量效应一般表现为:“充足”(W2)与“特涝”(W1)间无显著差别,“略旱”(W4)与“特旱”(W5)间无显著差异,适宜(W3)>充足(W2)、特涝(W1)>略旱(W4)、特旱(W5),并且一般有显著差异;无论何生育时期控水钾肥的产量均表现为只有水分供应合适,其增产

效果才明显,当水分供应不适合时,钾肥增产效应不明显。比较不同生育期各处理组合产量的差别发现:当水分供应不适宜时,结荚期控水(R3~R5)减产最大,其次是花期控水(R1~R3),营养生长期(V2~R1)控水减产幅度较小。以上结果表明,大豆对水分较为敏感的时期是开花期和结荚期,各时期敏感程度表现为结荚期>花期>营养生长期;而同一生育时期控水下水分对大豆产量的影响要高于钾肥;旱涝都将影响大豆籽粒产量的形成,但干旱引起大豆的减产影响程度大于涝害。

营养生长期控水下,各处理的单株荚数、每荚粒

数、百粒重变化趋势与产量变化基本一致;花期控水下,大豆的单株荚数、每荚粒数与产量变化一致,而百粒重的变化趋势与产量并不一致,说明花期控水产量大幅度下降主要是由单株荚数,每荚粒数减少引起的,这是因为花期逆境,特别是干旱胁迫,会导致大豆落花,从而影响最终产量的形成。而百粒重反而比前者高,这符合陈晓远等的结论^[12],即当作

物的水分胁迫压力没有超过阈值时,胁迫程度的加重会使小麦千粒重提高。结荚期控水下,单株荚数、每荚粒数、百粒重的变化趋势与产量一致,这是因为荚期良好的环境有利于协调源与库的关系,使源不断向库供应营养物质,籽粒饱满,每荚粒数多,百粒重大。而逆境特别是干旱条件下大豆易落荚,从而使单株荚数降低。

表1 水钾耦合对大豆产量及其构成要素的影响

Table 1 Effect of water – potassium coupling on final yield and yield components in soybean

| 处理 Treat- ments | 营养生长期 (V2 ~ R1) 控水 Soil water controlled at vegetative stage (V2 ~ R1) | | | | 花期 (R1 ~ R3) 控水 Soil water controlled at flowering stage (R1 ~ R3) | | | | 结荚期 (R3 ~ R5) 控水 Soil water controlled at podding stage (R3 ~ R5) | | | |
|-----------------------|--|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | 荚数 Pods per plant | 粒数 Seeds per pod | 百粒重 100- seed Wt. / g | 产量 Yield per plant/g | 荚数 Pods per plant | 粒数 Seeds per pod | 百粒重 100- seed Wt. /g | 产量 Yield per plant/g | 荚数 Pods per plan | 粒数 Seeds per pod | 百粒重 100- seed Wt. /g | 产量 Yield per plant/g |
| | | | | | | | | | | | | |
| W1K1 | 14.8 | 1.74 | 22.3 | 5.76de | 18.4 | 1.41 | 21.3 | 5.49cd | 16.6 | 1.85 | 19.5 | 5.96bc |
| W1K2 | 14.9 | 2.01 | 21.9 | 6.52c | 16.4 | 2.08 | 18.9 | 6.18c | 17.4 | 2.00 | 20.1 | 7.02ab |
| W1K3 | 14.7 | 1.97 | 22.1 | 6.38c | 17.8 | 1.52 | 18.6 | 4.93d | 12.4 | 2.40 | 20.8 | 6.81ab |
| W2K1 | 16.8 | 1.59 | 21.2 | 5.62de | 18.5 | 1.32 | 20.7 | 4.75d | 15.0 | 1.88 | 22.1 | 6.23abc |
| W2K2 | 14.8 | 1.95 | 21.1 | 6.10cd | 14.9 | 1.68 | 19.4 | 4.85d | 16.2 | 1.97 | 18.8 | 5.90bc |
| W2K3 | 15.9 | 1.90 | 21.9 | 6.57c | 16.8 | 1.69 | 19.8 | 5.50cd | 18.7 | 2.19 | 20.7 | 6.30abc |
| W3K1 | 16.6 | 1.80 | 21.5 | 6.42c | 16.6 | 1.80 | 21.5 | 6.42bc | 16.6 | 1.69 | 21.5 | 6.42abc |
| CK | 18.0 | 1.92 | 21.5 | 7.43b | 18.0 | 1.92 | 21.5 | 7.43ab | 18.0 | 1.80 | 21.5 | 7.43ab |
| W3K3 | 19.1 | 2.05 | 21.1 | 8.24a | 19.1 | 2.05 | 21.1 | 8.24a | 19.1 | 2.05 | 21.1 | 8.24a |
| W4K1 | 16.5 | 1.60 | 19.2 | 5.01f | 8.58 | 1.61 | 23.8 | 3.28e | 12.5 | 1.39 | 16.0 | 2.50d |
| W4K2 | 17.1 | 1.72 | 18.6 | 5.46ef | 10.3 | 1.66 | 22.6 | 3.28e | 10.6 | 1.47 | 18.3 | 2.84d |
| W4K3 | 19.3 | 1.70 | 20.2 | 6.60c | 7.69 | 1.61 | 21.7 | 2.65e | 10.9 | 1.45 | 18.7 | 2.94d |
| W5K1 | 17.0 | 1.75 | 18.7 | 5.54def | 8.88 | 1.63 | 19.3 | 2.50e | 10.6 | 1.22 | 17.0 | 2.22d |
| W5K2 | 15.1 | 1.82 | 19.8 | 5.45ef | 6.02 | 1.51 | 20.8 | 3.19e | 10.3 | 1.17 | 19.1 | 2.26d |
| W5K3 | 19.0 | 1.90 | 18.4 | 5.76de | 8.31 | 1.59 | 21.4 | 2.79e | 12.8 | 1.31 | 17.9 | 2.58d |

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

2.2.2 水钾耦合对大豆产量影响的方差分析 苗期控水下钾肥与水分对产量的影响均达到了极显著的差异,而水分与钾肥的互作达到了显著差异(表2)。说明苗期控水下不同的肥水条件下大豆产量不同。因为方差值的大小表示各变异原因所引起变异程度的大小,所以由表2可以知道苗期控水下对产

* 表示差异达5%显著水平; * * 表示差异达1%水平(下同)
* significant at 5% level; * * significant at 1% level (The same as follows)

表2 营养生长期(V2~R1)控水下水钾耦合对大豆产量影响的方差分析

Table 2 Variance analysis of the yield of soybean in different soil water distribution at vegetative stage (V2 ~ R1)

| 变异来源 Source | DF | SS | MS | F |
|-----------------------|----|-------|------|----------|
| 水分 Water | 4 | 15.48 | 3.87 | 29.12 ** |
| 钾肥 Potassium | 2 | 11.07 | 5.54 | 41.66 ** |
| 水分×钾肥 Water×potassium | 8 | 2.79 | 0.35 | 2.63 * |
| 试验误差 Error | 30 | 3.98 | 0.13 | |
| 总变异 Corrected total | 44 | 33.33 | | |

量变异影响的顺序是:钾肥 > 水分 > 水钾互作,而由试验误差引起的变异较小,其方差值仅为 0.13。

由表 3,花期控水条件下,水及水钾互作对产量的影响均达到了极显著差异,而钾肥对产量的影响较小,未达到显著差异。各处理间产量的变异主要由水分引起,其方差值为 33.01;水钾互作虽也引起一定的变异,但与水分比较其变异较小,方差值仅为 1.32;相对而言,钾肥几乎不引起任何变异,其方差值仅为 0.31。

表 3 花期(R1 ~ R3)控水下大豆产量的方差分析
Table 3 Variance analysis of the yield of soybean in different soil water distribution at flowering stage (R1 ~ R3)

| 变异来源 Source | DF | SS | MS | F |
|---------------------------|----|--------|-------|-----------|
| 水分 Water | 4 | 132.04 | 33.01 | 126.32 ** |
| 钾肥 Potassium | 2 | 0.62 | 0.31 | 1.19 |
| 水分 × 钾肥 Water × potassium | 8 | 10.57 | 1.32 | 5.06 ** |
| 试验误差 Error | 30 | 7.84 | 0.26 | |
| 总变异 Corrected total | 44 | 151.08 | | |

结荚期控水下水分对产量的影响达到了极显著的差异,水钾互作达到了显著差异,钾肥未达到显著差异(表 4)。依据方差值可以看出,荚期水分的效果较花期更为明显;而钾肥的效果不明显,几乎不引起任何变异;水钾互作对产量的变异有一定的影响。

表 4 结荚期(R3 ~ R5)控水下大豆产量的方差分析
Table 4 Variance analysis of the yield of soybean in different soil water distribution at podding stage (R3 ~ R5)

| 变异来源 Source | DF | SS | MS | F |
|------------------------------|----|--------|-------|-----------|
| 水分 Water | 4 | 189.81 | 47.45 | 120.21 ** |
| 钾肥 Potassium | 2 | 0.04 | 0.02 | 0.06 |
| 水分 × 钾肥 Water × potassium | 8 | 9.20 | 1.15 | 2.91 * |
| 试验误差 Error | 30 | 11.84 | 0.39 | |
| 总变异 Corrected total | 44 | 210.90 | | |

总之,苗期控水下大豆的产量效应是钾肥 > 水分 > 水钾互作,而花期、结荚期,大豆产量效应主要是由水分引起的,钾肥效应不显著。这主要是由于花荚期大豆对水分较为敏感,并且需水较多,使水分效应远大于水钾互作,大于钾肥效应。

3 讨论

在本研究中,水钾耦合对生物量的影响表现为:对地上部干物重的影响要大于对根干重的影响,大于对根冠比的影响;土壤水分状况对干物质的积累及根冠比的影响大于钾肥所产生的效应,这主要是

由于黑土含钾量丰富,因此相对水分而言钾肥效应相对较弱。水分影响干物质在根、冠间的分配比例,水分越大,R/S 越小。胡继超等认为干旱胁迫对小麦地上部的影响大于地下部,干物质向根的分配比例升高,导致根冠比增大^[13]。

大豆的产量是单株荚数、每荚粒数、百粒重的综合体现,这些构成要素在大豆的发育期间先后连续的表现出来,单株荚数的多少主要取决于花期的栽培条件,而每荚粒数、百粒重的大小主要取决于结荚期的环境条件是否适宜。

作物的生物产量是籽粒产量的基础,有了高额的生物产量才谈得上高额的籽粒产量,本试验结果表明在高肥水条件下,虽然干物质积累很高,但籽粒产量却没有相应地提高,这主要是由于同化物在分配中出了问题,即营养体太大,器官平衡不合理所致。董钻等认为高肥水往往使大豆的营养体过于茂密,反而影响结荚,致使籽粒产量不高^[14]。

大豆是一种需水较多的作物,不同生育期的耗水量不同,开花结荚期需水量最多,是大豆的需水临界期^[15]。由于黑龙江省受季风影响,降雨随季节分布不均,因此应根据大豆的需水规律适时进行水分调控。我国土壤中钾的含量比氮、磷丰富,在 20 世纪 50 ~ 60 年代,施钾肥一般没有明显的增产效果。但由于近年来氮、磷肥的大量施入,使得氮磷钾比例失调,本试验结果表明营养生长期控水下,钾肥有显著的增产效果;而花期、荚期控水下相对水分而言钾肥的产量效益并不明显。

参 考 文 献

[1] 汪德水. 旱地农田肥水关系原理与调控技术[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995:3 – 50.

[2] 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.

[3] 张秋英,刘晓冰,金剑,等. 水肥耦合对大豆光合特性及产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(1):47 – 50.

[4] 关兴照. 大豆施用钾肥增产效果试验研究[J]. 北京农业科学,2000,18(6):29 – 30.

[5] 张学斌,孙克刚,汪立刚,等. 河南省夏大豆施用钾肥的效果研究[J]. 土壤肥料,2002(1):23 – 25.

[6] 赵宏伟,李秋祝,魏永霞,等. 不同生育时期干旱对大豆主要生理参数及产量的影响[J]. 大豆科学,2006,25(3):329 – 332.

[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] Xinhua Yin, Tony J. Vyn. Residual effects of potassium placement for conservation-till corn on subsequent no-till soybean[J]. Soil and Tillage Research,2004(75):51 – 159.

[9] 韩晓增,乔云发,张秋英,等. 不同土壤水分条件对大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2003,22(4):269—272 .

[10] Ciro A. Rosolem, João Nakagawa. Residual and annual potassic fertilization for soybeans[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2001,59:143 – 149.

[11] 王忠,王三根,李合生,等. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:342—343.

[12] 陈晓远,高志红,刘晓英,等. 水分胁迫对冬小麦根、冠生长关系及产量的影响[J]. 作物学报,2004,30(7):723 – 728.

[13] 胡继超,曹卫星,姜东,等. 小麦水分胁迫影响因子的定量研究 I 干旱和渍水胁迫对光合、蒸腾及干物质积累与分配的影响[J]. 作物学报,2004,30(4):315 – 320.

[14] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,1999,198.

[15] 许忠仁,张贤泽. 大豆生理与生理育种[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1989:63 – 66.