

## 启动氮加追氮对大豆钾素积累分配规律的影响

张明聪, 孙文相, 罗翔宇, 董彦明, 刘志远, 罗盛国

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 采用框栽试验方法, 在施用等量肥料( $N\ 50\ kg\cdot ha^{-1}$ 、 $P_2O_5\ 40\ kg\cdot ha^{-1}$ 、 $K_2O\ 50\ kg\cdot ha^{-1}$ )的条件下, 设置氮肥作基肥一次性施用(N50), R3/R4期一次性追氮( $N0 + 50R3/R4$ ), 启动氮 $15\ kg\cdot ha^{-1}$ 加R3/R4期追氮 $35\ kg\cdot ha^{-1}$ ( $N15 + 35R3/R4$ )共5个处理, 研究启动氮加追氮对大豆各器官含钾量和钾素积累分配规律的影响。结果表明: 在R6期, 与N50处理相比,  $N15 + 35R3$ 和 $N15 + 35R4$ 处理叶片、叶柄、茎秆和荚果的含钾量分别增加21.3%和33.6% ( $P < 0.01$ )、18.0%和24.0% ( $P < 0.01$ )、8.24%和17.5% ( $P < 0.05$ )、4.60%和6.30% ( $P < 0.05$ ), 钾素积累量分别增加36.0%和42.3% ( $P < 0.01$ )、16.2%和17.9% ( $P < 0.01$ )、10.57%和25.6% ( $P < 0.05$ )、14.1%和23.6% ( $P < 0.01$ )。 $N15 + 35R4$ 处理产量最高, 与N50处理相比增加30.5% ( $P < 0.01$ ), 但与 $N15 + 35R3$ 处理差异不显著。R4~R6期钾积累量与产量呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。结果表明, 启动氮加追氮处理可以显著增加大豆鼓粒期后各器官的含钾量与钾素积累量, 为大豆高产奠定基础。

**关键词:** 大豆; 启动氮加追氮; 钾含量; 钾积累与分配

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)05-0664-06

## Effects of Starter-N plus Topdressing N on K Accumulation and Distribution in Soybean Plants

ZHANG Ming-cong, SUN Wen-xiang, LUO Xiang-yu, DONG Yan-ming, LIU Zhi-yuan, LUO Sheng-guo

(College of Resources and Environmental Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** A pot experiment was conducted to assess the effects of starter-N plus topdressing N on K accumulation and distribution in soybean plants. Five treatments under the same fertilizer application rates of  $N\ 50\ kg\cdot ha^{-1}$ ,  $P_2O_5\ 40\ kg\cdot ha^{-1}$ ,  $K_2O\ 50\ kg\cdot ha^{-1}$  and different N application time were set: all N as basal fertilizer (N50), all N as topdressing at R3/R4 stage ( $N0 + 50R3/R4$ ),  $N\ 15\ kg\cdot ha^{-1}$  as basal fertilizer and  $35\ kg\cdot ha^{-1}$  as topdressing at stage R3/R4 ( $N15 + 35R3/R4$ ). At R6 stage, compared to N50, K content and K accumulation in leaves, petioles, stems, pods increased by 21.3% and 36.0% ( $P < 0.01$ ), 18.0% and 24.0% ( $P < 0.01$ ), 8.24% and 10.57% ( $P < 0.05$ ), 4.60% and 6.30% ( $P < 0.05$ ) for  $N15 + 35R3$ , respectively, and increased by 33.6% and 42.3% ( $P < 0.01$ ), 24.0% and 17.9% ( $P < 0.01$ ), 17.5% and 25.6% ( $P < 0.05$ ), 6.30% and 23.6% ( $P < 0.05$ ) for  $N15 + 35R4$ , respectively.  $N15 + 35R4$  achieved the highest yield and increased yield by 30.5% ( $P < 0.01$ ) compared to N50, however, there was no significant difference between  $N15 + 35R4$  and  $N15 + 35R3$ . There was a significant positive correlation between K accumulation during R4-R6 stages and yield ( $P < 0.01$ ). Results indicated that using starter-N plus topdressing N could lay a foundation for higher yield of soybean by significantly increasing K content and K accumulation in soybean organs after R5 stage.

**Key words:** Soybean; Starter-N plus topdressing N; K content; K accumulation and distribution

钾是大豆生长发育和实现优质高产的重要元素<sup>[1-2]</sup>。钾含量不仅可以显著影响大豆根瘤的鲜重、大小和数量, 从而影响共生固氮作用<sup>[3]</sup>, 还可以促进氮的吸收。Sale等<sup>[4]</sup>的研究表明, 缺钾会降低叶片的光合能力, 减少碳向籽粒的运输而影响氮的转移, 因此植株体内适宜的N/K比, 能增加光合产物向籽粒中的分配, 并促进籽粒中淀粉的合成<sup>[5-6]</sup>。氮钾互作可通过改善“源库”关系提高大豆的产量, 同时氮钾营养协调也是影响大豆品质的重要因素, 合理施用氮钾肥是高产优质栽培中重要的措施之一。前人多研究氮钾互作对大豆产量形成规律的

影响<sup>[7-10]</sup>, 而关于不同施氮时期对钾素积累和转运的影响尚无系统报道。因此, 设置了5种施氮方式, 探讨在不同施氮时期条件下, 大豆不同器官、不同生育阶段的钾素含量动态变化和积累规律, 以期为大豆合理施肥提供理论参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验设计

试验于2011年在东北农业大学香坊实验实习基地进行。供试大豆品种为绥农28。供试肥料为尿素(含N 46%)、重过磷酸钙(含 $P_2O_5$  46%)、氯化钾(含

收稿日期: 2013-04-02

基金项目: 黑龙江省优势农产品生产与加工研发平台产业优化项目(GJPT006-2); 哈尔滨市科技攻关计划项目(2008AA6CN040)。

第一作者简介: 张明聪(1983-), 男, 在读博士, 主要从事作物养分管理研究。E-mail: zhangmingcong@163.com。

通讯作者: 罗盛国(1956-), 男, 教授, 主要从事作物养分管理研究。E-mail: luoshengguo56@163.com。

K<sub>2</sub>O 60%) 供试土壤为黑土,土壤有机质、全氮和全磷含量分别为 30.3,1.32 和 0.84 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷、速效钾和缓效钾含量分别为 69.4,205 和 1 055 mg·kg<sup>-1</sup>,pH6.08。前茬作物玉米。试验采用高 27 cm,直径 24.4 cm 的聚乙烯框,每框装过筛黑土 11 kg。5 月 15 日播种,每框保苗 3 株。试验共设 5 个处理,每个处理 19 次重复。各处理 N、P、K 施用量均相同,分别为 N 50 kg·hm<sup>-2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg·hm<sup>-2</sup>,K<sub>2</sub>O 50 kg·hm<sup>-2</sup>,折合每框施肥量为:尿素 1.02 g,重过磷酸钙 0.82 g、硫酸钾 0.94 g。磷钾肥均作基肥一次性施入。在 R3、R4 期将追施的尿素配制成溶液,在距大豆植株 5 cm 处插孔追施,孔深约 10 cm。各处理施氮量和施氮时期见表 1。

表 1 各处理施氮量和施氮时期  
Table 1 Timing and amount of applied N fertilizer(kg·hm<sup>-2</sup>)

处理 Treatment	基肥 Basal	R3 期追肥 Topdressing R3	R4 期追肥 Topdressing R4
N50	50	—	—
N0 + 50R3	—	50	—
N0 + 50R4	—	—	50
N15 + 35R3	15	35	—
N15 + 35R4	15	—	35

1.2 测定项目与方法

于始花期(R1)、始荚期(R3)、盛荚期(R4)、始

粒期(R5)、满粒期(R6)取样,每个处理取 3 次重复,完熟期(R8)取 4 次重复考种测产。

取样方法为将框子整体挖出,用水将土冲净,在植株子叶痕处剪断,去掉根部,把叶片、叶柄、茎秆和荚果分开洗净。将洗净的器官在 85℃ 下杀青 30 min,70℃ 烘干至恒重,R6 与 R8 期烘干后将荚皮与籽粒分离,将烘干后的样品粉碎后密封保存。

土壤基础肥力采用常规方法<sup>[11]</sup>测定。样品钾含量采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,火焰光度计测定。

钾积累量(mg/3 株) = 器官 K 含量(%) × 器官干物重(g/3 株) × 1000

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 启动氮加追氮对大豆各器官含钾量的影响

由图 1 所示,R3 期前各处理叶片含钾量差别不大。R4 期后,各处理叶片含钾量显著下降,但 N15 + 35R3 和 N15 + 35R4 处理含钾量下降较缓慢,在生育后期仍保持较高的水平,与 N50 处理相比,R5 期增加 22.9% 和 29.4% (P < 0.01),R6 期增加 21.3% 和 33.6% (P < 0.01)。

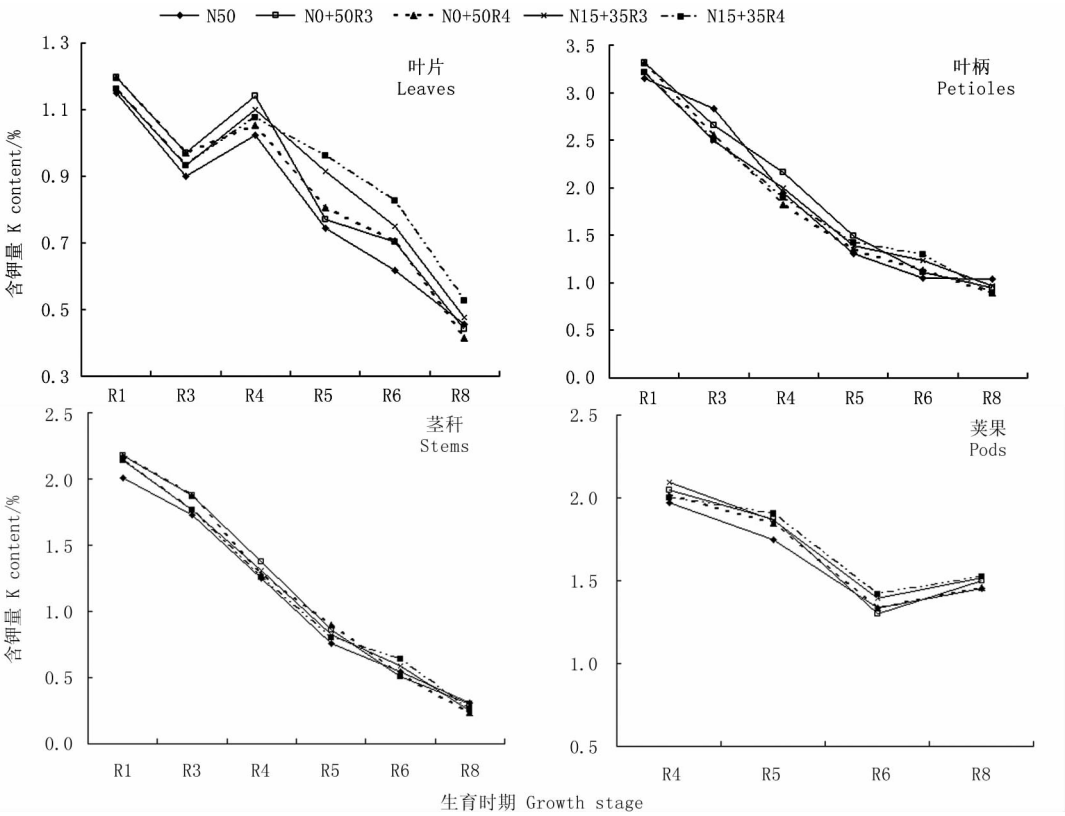


图 1 大豆各器官不同时期含钾量  
Fig. 1 K content of soybean organs at various stages

茎秆与叶柄含钾量均随着生育进程的推移表现出下降趋势,而叶柄的含钾量均高于茎秆,可能是由于叶柄干物质积累量较低,而茎秆的干物质积累量较大,对钾产生了稀释效应。总体来看,启动氮加追氮处理在 R5 期以后茎秆和叶柄含钾量下降较缓慢,在 R6 期为各处理中最高,与 N50 处理相比,N15 + 35R3 和 N15 + 35R4 处理叶柄和茎秆含钾量分别增加 18.0% 和 24.0% ( $P < 0.01$ )、8.24% 和 17.5% ( $P < 0.05$ )。

从荚果的含钾量可以看出,R5 期,N15 + 35R4 处理荚果含钾量为各处理最高,达到 1.91%,与 N50 处理相比增加 8.97% ( $P < 0.05$ )。R6 期,各处

理荚果含钾量达到最低,这可能是由于这一阶段荚果的干重迅速增加,产生了稀释作用,其中 N15 + 35R4 较 N50 处理增加 6.31% ( $P < 0.05$ )。在 R8 期,N15 + 35R3 和 N15 + 35R4 分别较 N50 处理增加 4.40% 和 4.86% ( $P < 0.05$ )。

## 2.2 启动氮加追氮对大豆钾素积累与分配的影响

由表 2 可知,R3 期,N50 处理与启动氮加追氮处理叶片、叶柄和茎秆钾积累量无明显差异,而 N0 + 50R3 和 N0 + 50R4 处理与 N50 处理相比,叶片、叶柄和茎秆钾积累量分别降低 9.24%、22.9% 和 12.9% ( $P < 0.05$ ),表明基肥不施氮会影响生育前期植株对钾素的积累。

表 2 大豆各器官钾积累量与分配比例

Table 2 Accumulation and distribution of K in soybean organs

生育时期 Growth stage	处理 Treatment	叶片 Leaf		叶柄 Petiole		茎秆 Stem		荚果 Pod		植株
		钾积累量 KA/mg (3 plants)	比例 Ratio /%	钾积累量 KA/mg (3 plants)	比例 Ratio /%	钾积累量 KA/mg (3 plants)	比例 Ratio /%	钾积累量 KA/mg (3 plants)	比例 Ratio /%	钾积累量 Plant KA/mg (3 plants)
R1	N50	106 ± 8 a	41.4	70 ± 7 a	27.4	80 ± 8 a	31.2	—	—	255 ± 11 a
	N0 + 50R3	96 ± 7 a	39.0	76 ± 8 a	30.9	75 ± 13 a	30.2	—	—	247 ± 13 a
	N0 + 50R4	96 ± 7 a	39.0	76 ± 2 a	30.9	75 ± 13 a	30.2	—	—	247 ± 13 a
	N15 + 35R3	106 ± 7 a	40.0	80 ± 4 a	30.0	80 ± 15 a	30.0	—	—	266 ± 12 a
	N15 + 35R4	106 ± 7 a	40.0	80 ± 4 a	30.0	80 ± 15 a	30.0	—	—	266 ± 12 a
R3	N50	303 ± 6 a	30.0	350 ± 22 a	34.7	357 ± 28 a	35.3	—	—	1010 ± 9 a
	N0 + 50R3	275 ± 7 b	32.1	270 ± 8 b	31.5	311 ± 69 b	36.3	—	—	856 ± 65 b
	N0 + 50R4	275 ± 7 b	32.1	270 ± 38 b	31.5	311 ± 51 b	36.3	—	—	856 ± 38 b
	N15 + 35R3	293 ± 5 a	32.5	284 ± 27 a	31.5	324 ± 16 a	36.0	—	—	902 ± 14 b
	N15 + 35R4	293 ± 5 a	32.5	284 ± 16 a	31.5	324 ± 28 a	36.0	—	—	902 ± 21 b
R4	N50	362 ± 27 a	28.5	370 ± 30 a	29.1	456 ± 42 a	35.9	82 ± 9 a	6.46	1270 ± 55 a
	N0 + 50R3	357 ± 17 a	28.0	361 ± 19 a	28.4	460 ± 31 a	36.1	95 ± 4 a	7.47	1273 ± 67 a
	N0 + 50R4	314 ± 19 c	28.8	294 ± 21 c	27.0	391 ± 22 c	35.9	89 ± 5 a	8.20	1089 ± 39 c
	N15 + 35R3	353 ± 11 ab	28.2	347 ± 12 ab	27.7	455 ± 44 a	36.3	96 ± 9 a	7.71	1251 ± 63 a
	N15 + 35R4	332 ± 24 bc	28.4	331 ± 27 b	28.3	417 ± 31 b	35.6	90 ± 6 a	7.69	1169 ± 52 b
R5	N50	260 ± 10 d	19.9	274 ± 12 c	21.0	315 ± 17 bc	24.1	457 ± 9 b	35.0	1306 ± 32 bc
	N0 + 50R3	279 ± 6 c	20.5	291 ± 7 b	21.4	312 ± 24 c	22.9	480 ± 4 b	35.2	1361 ± 52 b
	N0 + 50R4	275 ± 9 c	20.8	274 ± 9 c	20.8	310 ± 21 c	23.5	461 ± 5 b	34.9	1320 ± 25 c
	N15 + 35R3	338 ± 11 b	22.4	288 ± 12 b	19.1	336 ± 27 ab	22.3	547 ± 9 a	36.3	1509 ± 45 a
	N15 + 35R4	361 ± 19 a	23.3	306 ± 21 a	19.8	332 ± 47 a	21.5	546 ± 6 a	35.4	1545 ± 50 a
R6	N50	188 ± 12 c	15.4	200 ± 13 b	16.4	201 ± 18 b	16.5	631 ± 3 b	51.7	1220 ± 57 b
	N0 + 50R3	221 ± 15 b	17.5	210 ± 16 b	16.7	195 ± 9 b	15.5	635 ± 35 b	50.4	1260 ± 21 b
	N0 + 50R4	201 ± 11 bc	16.7	203 ± 12 b	16.8	203 ± 17 b	16.9	599 ± 42 c	49.6	1206 ± 102 b
	N15 + 35R3	256 ± 12 a	17.9	232 ± 13 a	16.2	222 ± 13 a	15.5	720 ± 19 a	50.3	1430 ± 11 a
	N15 + 35R4	268 ± 22 a	17.4	236 ± 24 a	15.4	252 ± 35 a	16.4	780 ± 18 a	50.8	1536 ± 79 a
R8	N50	99 ± 7 c	7.16	122 ± 8 b	8.84	95 ± 38 a	6.90	1067 ± 25 c	77.1	1384 ± 76 c
	N0 + 50R3	106 ± 12 c	7.27	126 ± 14 ab	8.65	90 ± 28 a	6.17	1139 ± 30 bc	77.9	1462 ± 92 c
	N0 + 50R4	116 ± 12 c	7.76	128 ± 14 ab	8.56	80 ± 20 a	5.32	1172 ± 12 b	78.4	1496 ± 54 c
	N15 + 35R3	126 ± 14 b	7.21	141 ± 15 a	8.07	90 ± 40 a	5.14	1391 ± 32 a	79.6	1748 ± 86 b
	N15 + 35R4	143 ± 14 a	7.76	140 ± 15 a	7.64	99 ± 28 a	5.40	1455 ± 23 a	79.2	1838 ± 72 a

KA:K accumulation.

R5 期,启动氮加追氮处理茎秆钾积累量占全株比例低于其他处理,而叶片和荚果钾积累量占全株比例较大,说明此期启动氮加追氮处理可加速叶片和荚果的生长。比较各器官钾积累量可以看出,启动氮加追氮处理叶片、叶柄、茎秆和荚果积累量均显著高于 N50 处理( $P<0.05$ )。

R6 期,各处理叶片钾积累量显著降低,但启动氮加追氮处理叶片的钾积累量下降较慢,N15 + 35R3 和 N15 + 35R4 处理与 N50 处理相比,分别增加 36.2% 和 42.6% ( $P<0.01$ )。R8 期,N50 处理茎秆中钾积累量占全株的百分比为各处理最高(6.9%),说明 N50 处理由于生育后期钾素转运不够流畅,使大量的钾素滞留在营养器官中,造成成熟期荚果中钾素积累量较低,不利于籽粒产量的提高。

2.3 启动氮加追氮对大豆植株钾阶段积累量的影响

由图 2 可以看出,钾积累高峰出现在大豆生育前期,随着生育期的进行,钾积累量呈下降趋势。基肥施氮有利于 R1 ~ R3 期钾积累量的增加,N50 处理与 R3/R4 一次性追氮处理相比增加 18.2% ( $P<0.01$ ),与启动氮加追氮处理相比增加 19.0% ( $P<0.01$ )。N0 + 50R3 处理在 R3 ~ R4 期钾积累量最大,比 N15 + 35R3 处理增加了 10.1% ( $P<0.05$ ),但在 R4 ~ R5 期钾积累量则显著降低。启动氮加追氮处理显著提高了 R4 ~ R5 期的钾积累量,N15 + 35R4 处理钾积累量分别是 N50、N0 + 50R4 和 N15 + 35R3 处理的 10.3、3.9 和 1.5 倍( $P<0.01$ ),但 N15 + 35R3 与 N0 + 50R4 处理差别不显著。在 R5 ~ R6 期,各处理钾素积累量均下降,但 N15 + 35R4 处理降低幅度较小,与 N50、N0 + 50R3 和 N0 + 50R4

处理相比,降幅分别减少 50.0%、63.3% 和 66.8% ( $P<0.01$ )。说明不施启动氮仅依靠 R3 期施用大量的氮素,不能弥补前期养分供应不足而导致的群体营养生长不良。其中,启动氮加追氮处理可以显著提高 R4 期后的钾素积累量。

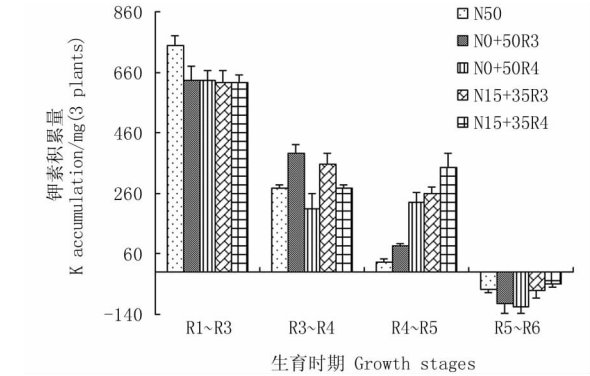


图 2 启动氮加追氮对不同生育时期大豆植株钾素阶段积累量的影响  
Fig. 2 Effects of starter-N plus topdressing N on K accumulation in soybean at different stages

2.4 启动氮加追氮对大豆产量的影响

2.4.1 对产量及产量构成因素的影响 由表 3 可以看出,启动氮加追氮处理显著提高单株荚数和单株粒数,与 N50 处理相比,N15 + 35R3 和 N15 + 35R4 处理单株荚数分别增加 17.8% 和 15.6% ( $P<0.01$ ),单株粒数分别增加 17.5% 和 18.4% ( $P<0.01$ ),百粒重分别提高 1.2 和 1.8 g。N15 + 35R4 处理产量最高,与 N50、N0 + 50R3 和 N0 + 50R4 处理相比分别提高 30.3%、27.0% 和 18.5% ( $P<0.05$ ),说明启动氮加 R4 期追氮对产量的贡献要优于启动氮加 R3 期追氮,但与 N15 + 35R3 处理差异不显著。

表 3 施氮时期对大豆产量及产量构成因素的影响  
Table 3 Effects of starter-N plus topdressing N on yield and yield components of soybean

处理 Treatment	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/g(3 plants)
N50	45 ± 0.53 B	103 ± 1.20 B	18.6 ± 0.54 a	57.4 ± 2.32 c
N0 + 50R3	46 ± 0.72 B	103 ± 1.60 B	19.0 ± 0.20 a	58.9 ± 1.15 c
N0 + 50R4	46 ± 0.96 B	106 ± 1.24 B	19.8 ± 0.22 a	63.1 ± 1.32 b
N15 + 35R3	53 ± 0.64 A	121 ± 1.46 A	19.8 ± 0.84 a	71.7 ± 3.62 a
N15 + 35R4	52 ± 0.42 A	122 ± 0.99 A	20.4 ± 0.68 a	74.8 ± 2.99 a

2.4.2 大豆植株钾阶段积累量与产量的相关性 不同生育阶段大豆体内钾积累量对大豆产量的形成具有重要的意义。由表 4 可知,R4 期前,钾积累量与产量呈显著负相关或不相关;R4 ~ R5、R5 ~ R6 期钾积累量与产量均呈极显著正相关。说明 R4 期

前植株钾积累量过高,会影响群体营养体的生长,源库关系不协调,不利于后期钾素向籽粒中的分配;R4 ~ R6 期植株钾积累量越大,产量越高。启动氮加追氮处理能够显著增加 R4 ~ R6 期植株钾积累量,因而产量较高。

表4 钾阶段积累量与产量的相关分析

Table 4 Correlations between K accumulation at different growth stages(*x*) and yield(*y*)

生育阶段 Growth stages	回归方程 Regressive equations	<i>r</i> ( <i>n</i> = 20)
R1 ~ R3	$y = -68.4x + 107$	0.565 **
R3 ~ R4	$y = 0.006x + 0.302$	0.056
R4 ~ R5	$y = 0.012x - 0.560$	0.890 **
R5 ~ R6	$y = 89.7x + 57.3$	0.582 **

$r_{0.01} = 0.561$ .

### 3 结论与讨论

赵俊晔等<sup>[12]</sup>对小麦的研究证明,施用氮肥可以增加生育前期植株对钾素的吸收,但过量施氮则降低拔节期以后的植株含钾量<sup>[13]</sup>。本试验中,启动氮加追氮处理可以促进大豆各器官的钾素吸收与积累,尤其在R5期后增加量更显著,而N50处理虽然显著增加前期钾素含量,但R5期后降低幅度明显增大,故将全部氮肥只作基肥一次性施用不利于大豆生育后期对钾素的吸收。

较高的叶片钾含量可以增加叶片中的叶绿素含量,提高光合速率和光能利用率,改善叶片质量,有效延缓生育后期叶片的早衰<sup>[14-16]</sup>。钾在大豆体内有向生长代谢旺盛部位转移的特性,所以较高的钾含量表明该器官的生长代谢旺盛<sup>[17]</sup>。本试验中,启动氮加追氮处理R6期叶片含钾量和钾积累量较高,说明前期施用少量的启动氮,在大豆关键生育时期追入适宜的氮肥能显著提高叶片的代谢活性,促进钾在植株体内的分配,使大豆在生殖生长期叶片含钾量维持在适宜水平,避免了营养体生长过旺造成植株郁闭和叶片早衰,因而获得了较高的产量。Hanway等<sup>[7]</sup>的研究也指出,大豆全钾的56%最终都是从营养器官(包括脱落的叶片和叶柄)中转移到籽粒中的,而结荚鼓粒期以后营养器官吸收大量的钾,将有助于提高大豆产量<sup>[18]</sup>。本试验中,N50处理在R4期前叶片含钾量较高,但是在影响产量的关键时期叶片含钾量和钾积累量则显著降低,因此该处理产量较低。N0 + 50R3和N0 + 50R4处理在R3期叶片钾素积累量较其他处理低( $P < 0.05$ ),而叶片含钾量差别不大,说明基肥不施氮降低了叶片干物质积累量,降低了光合产物的合成,R4期以后,叶片含钾量未因后期追氮而显著升高,因而也未获得高产。而N15 + 35R4处理的R4 ~ R5期钾积累量显著高于其他处理( $P < 0.01$ ),获得了明显的增产效果。

通常在大豆生育后期茎秆含钾量急剧下降,钾

素积累量显著降低。本试验中其他处理R5期后各器官含钾量、钾素积累量均显著降低,但启动氮加追氮处理在R5期后各器官均具有较高的含钾量和钾素积累量,说明启动氮加追氮处理能够减缓大豆茎秆中钾素的下降速度。茎秆中较高的钾素营养有利于提高茎秆的机械抗性,增加作物的抗倒伏能力<sup>[19]</sup>,因此启动氮加追氮处理能显著增加鼓粒期后大豆茎秆含钾量和钾素积累量,在一定程度上也提高了大豆的抗倒伏性能。启动氮加追氮处理R6期荚果的钾素含量和积累量均显著高于其他处理( $P < 0.05$ ),说明启动氮加追氮处理在籽粒形成的关键期营养器官中钾素积累量还较充足,在保证“源”强度的同时满足高产条件下荚果对钾素的需求,能够充分发挥品种的产量潜力,其中启动氮加R4期追肥效果优于启动氮加R3期追肥效果。

### 参考文献

- [1] 王连铮,郭庆元. 现代中国大豆[M]. 北京:金盾出版社,2007:461. (Wang L Z, Guo Q Y. Modern Chinese soybean[M]. Beijing: Jindun Publishing House, 2007:461.)
- [2] Jaspinder S K, Harsham S G. Effect of split application of potassium on growth, yield and potassium accumulation by soybean[J]. Fertilizer Research, 1994, 39: 217-222.
- [3] Premaratne K R, Oertli J J. The influence of potassium supply on nodulation, nitrogenous activity and nitrogen accumulation of soybean grown in nutrient solution[J]. Fertilizer Research, 1994, 38: 95-99.
- [4] Sale P W G, Campbell L C. Carbon dioxide exchange rates in soybeans during pod-filling as a function of potassium supply[J]. Plant and Soil, 1998, 109: 235-243.
- [5] Cooper R B, Blaser R B, Brown R H. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and morphology of alfalfa[J]. Soil Science, 1967, 31: 231-235.
- [6] Ozbun J L, Volk R J, Jackson W A. Effects of potassium deficiency on photosynthesis, respiration and utilization of photosynthetic reluctant by immature bean leaves[J]. Crop Science, 1964, 5: 69-75.
- [7] Hanway J J, Weber C R. N, P, and K percentages in soybean plant parts[J]. American Society of Agronomy, 1971, 63: 286-290.
- [8] 董钻, 谢甫梯. 大豆氮磷钾吸收动态及模式的研究[J]. 作物学报, 1996, 22(1): 89-95. (Dong Z, Xie F T. Studies on dynamics and models of N, P, K absorption in soybeans[J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22(1): 89-95.)
- [9] Sale P W G, Campbell L C. Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply[J]. Plant and Soil, 1986, 96: 317-325.
- [10] 赵玉臣, 严红. 氮钾营养对大豆氮钾代谢与优质高产效应的研究[J]. 东北农业大学学报, 1991, 22(1): 1-7. (Zhao Y C, Yan H. A study on the effect of N K nutrients on soybean N K metabolism and its yield and quality[J]. Journal of Northeast Agricultural College, 1991, 22(1): 1-7.)

- [11] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 67-172. (Li Y K. Conventional methods for soil and agriculture chemistry analysis [M]. Beijing: Science and Technology Press, 1983: 67-172. )
- [12] 赵俊晔, 于振文, 李延奇, 等. 施氮量对小麦氮磷钾养分吸收利用和产量的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 98-103. (Zhao J Y, Yu Z W, Li Y Q, et al. Effects of different nitrogen rates of fertilization on nitrogen, phosphorous and potassium uptakes and utilizations as well as kernel yield of wheat under high-yield circumstances[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(1): 98-103. )
- [13] 齐田锋, 于振文. 不同施氮量对冬小麦吸钾规律的影响[J]. 土壤肥料, 1994(6): 32-33. (Qi T F, Yu Z W. Effects of different treatment nitrogen on K nutrition characteristic of winter wheat [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1994(6): 32-33. )
- [14] 吴明才. 大豆钾素研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(2): 93-99. (Wu M C. Study of soybean potassium physiology[J]. Soybean Science, 1983, 2(2): 93-99. )
- [15] 李玉影. 大豆需钾特性及钾肥效应[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(4): 414-418. (Li Y Y. Characteristics of potassium requirement by soybean and the effect of potash fertilization [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(4): 414-418. )
- [16] 王晓光, 曹敏建, 蒋文春, 等. 钾肥对不同基因型大豆叶片生理功能的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 133-136. (Wang X G, Cao M J, Jiang W C, et al. Effects of potassium deficiency on photosynthetic function of different soybean genotypes [J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 133-136. )
- [17] 王伟, 曹敏建, 纂左莹, 等. 不同大豆品种对钾素吸收和利用效率差异的比较研究[J]. 大豆科学, 2007, 26(8): 561-564. (Wang W, Cao M J, Qi Z Y, et al. Comparison of potassium absorb and use efficiency in soybean varieties [J]. Soybean Science, 2007, 26(4): 561-564. )
- [18] 曾祥亮, 宋秋来, 张磊, 等. 春大豆植株钾素积累与转运的研究[J]. 土壤通报, 2011, 42(5): 1169-1174. (Zeng X L, Song Q L, Zhang L, et al. Research of potassium accumulation of transport in spring soybean [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42(5): 1169-1174. )
- [19] 闫春娟, 宋书宏, 王文斌, 等. 大豆钾营养研究进展[J]. 大豆科学, 2009, 28(5): 927-930. (Yan C J, Song S H, Wang W B, et al. Advances of potassium nutrition in soybean [J]. Soybean Science, 2009, 28(5): 926-930. )

## 欢迎订阅 2014 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办, 中国科学院主管, 科学出版社出版。系中国期刊方阵双效期刊、中国科技精品期刊、中文核心期刊、RCCSE 中国权威学术期刊, 为中国学术期刊综合评价数据库、中国期刊全文数据库、中国学术期刊文摘、中国科学引文数据库、中国科技论文与引文数据库、CNKI 中国期刊全文数据库源刊, 并被国际农业生物学文摘(CABI)、美国化学文摘(CA)、哥白尼索引(IC)、美国乌利希国际期刊指南等国际数据库及检索单位收录。荣获第三届、四届全国农业优秀期刊一等奖和首届北方优秀期刊奖, 被评为 2009 年中国北方优秀期刊, 连续多届获得河北省优秀期刊奖。

《中国生态农业学报》主要报道全球环境变化与农业、农业生态系统与生态农业理论基础、农田生态系统与农业资源、生态农业模式和技术体系、农业生态经济学、农业环境质量及环境保护、农业有害生物的综合防治等领域创新性研究成果。适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生, 农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的技术人员阅读与投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行, 中国标准连续出版物号 CN13-1315/S, 国际标准连续出版物号 ISSN 1671-3990。月刊, 国际标准大 16 开本, 128 页, 每期定价 35 元, 全年 420 元。邮发代号: 82-973, 全国各地邮局均可订阅。漏订者可直接汇款至编辑部补订(需另加邮资 50.00 元)。

地址: (050022) 河北省石家庄市槐中路 286 号 中科院遗传发育所农业资源中心《中国生态农业学报》编辑部

电话: (0311) 85818007

传真: (0311) 85815093 网址: <http://www.ecoagri.ac.cn>

E-mail: [editor@sjziam.ac.cn](mailto:editor@sjziam.ac.cn)