

不同肥密处理对超高产大豆氮素吸收和产量的影响

肖亦农¹, 谢甫缙², 肖万欣³

(1. 沈阳农业大学 土壤与环境学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866; 3. 辽宁省农业科学院 玉米研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:以超高产大豆品种辽豆 14 和普通品种辽豆 11 为试材, 在不同磷酸二铵施用量和种植密度处理下, 对其氮素积累和产量进行了比较。结果表明: 施用磷酸二铵可以促进大豆茎秆、叶片、荚皮、籽粒和全株氮积累, 随着种植密度的增加, 植株各器官和全株氮积累量呈下降趋势。在生殖生长期, 超高产品种叶柄中氮积累量均高于普通品种。随着磷酸二铵施用量和种植密度的增加, 2 个品种的氮最大积累速率均随之升高, 超高产品种的氮最大积累速率均高于普通品种。施用磷酸二铵会不同程度的减少超高产品种生产 100 kg 籽粒需要吸收的氮量, 在 22.5×10^4 株 \cdot hm^{-2} 种植密度下, 2 个品种生产 100 kg 籽粒需要吸收的氮量最多。超高产品种生产 100 kg 籽粒需要吸收的氮量均低于普通品种。随着磷酸二铵施用量和种植密度的增加, 超高产品种籽粒产量均逐渐增加, 在 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理和 22.5×10^4 株 \cdot hm^{-2} 种植密度下表现最高, 普通品种则在 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理和 15.0×10^4 株 \cdot hm^{-2} 种植密度下籽粒产量最高。

关键词:大豆; 超高产; 磷酸二铵; 种植密度; 氮素; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2011)05-0769-08

Effect of Different Fertilizer Level and Planting Density on Nitrogen Absorption and Yield of Super-High-Yielding Soybean

XIAO Yi-nong¹, XIE Fu-ti², XIAO Wan-xin³

(1. College of Soil and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866; 2. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866; 3. Maize Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: The variation of matter production ability between super-high-yielding soybean cultivar and common soybean cultivar was uncertain before. The experiment was conducted as a double split-plot design with three replications. Main plots were diammonium phosphate treatments, split plots were planting density treatments and the split-split plots were cultivars. The results showed as follows: diammonium phosphate treatment could promote N accumulation in stem, leaf, pod wall, seed and the whole plant. N accumulation in every part was decreased with planting density increased. N accumulation in petiole of super-high-yielding cultivar was higher than those of common cultivar at reproductive stage. Maximum accumulation rate of nitrogen increased with diammonium phosphate level and planting density enhanced, and that of super-high-yielding cultivar was higher than common cultivar. Diammonium phosphate treatment could decrease N accumulation of producing 100 kg seed in super-high-yielding cultivar with different degrees. The highest N accumulation of producing 100 kg seed in two cultivars was at 22.5×10^4 plant \cdot hm^{-2} planting density. Nutrient absorption amount of super-high-yielding cultivar was less than that of common cultivar. The seed yield of super-high-yielding cultivar was increased with diammonium phosphate level and planting density enhanced, the highest one was at $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ diammonium phosphate treatment and 22.5×10^4 plant \cdot hm^{-2} planting density. The highest seed yield of common cultivar was at $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ diammonium phosphate treatment and 15.0×10^4 plant \cdot hm^{-2} planting density.

Key words: Soybean; Super-high-yielding; Diammonium phosphate; Planting density; Nitrogen; Yield

氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素, 尽管大豆有根瘤固氮作用, 但以其固定的氮素 (最高值 $135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), 远不能满足大豆高产 ($3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上) 栽培对氮素的需求。所以, 增施氮肥对于大豆高产是必不可少的^[1]。随着大

豆产量的提高, 对磷素的吸收量也有所增加^[2-3], 与不施肥相比, 施肥 (磷酸二铵) 增加了大豆品种的氮素平均积累速率, 使最大积累速率出现的时间提前, 促进大豆在生育前期对氮素的吸收, 增加叶片、茎及全株的氮素含量, 在生育后期还能促进更多的

收稿日期: 2011-08-05

基金项目: 辽宁省自然科学基金资助项目 (20102196); 沈阳市科技计划资助项目 (090098); 国家自然科学基金资助项目 (31071355)。

第一作者简介: 肖亦农 (1970-), 女, 实验师, 从事植物营养与微生物学研究。E-mail: xiaoyinong123@163.com。

通讯作者: 谢甫缙 (1966-), 教授, 博士生导师, 从事大豆株型育种与栽培研究。E-mail: snssoybean@yahoo.com.cn。

氮素转向荚粒^[4]。生产 100 kg 大豆籽粒及其茎叶,从土壤中吸取的氮量因品种和土壤条件而异,董钻等就东北春大豆品种作了较多的研究,概括为生产 100 kg 大豆籽粒及其茎叶,需要吸取氮 8.25 ~ 9.45 kg,磷 1.43 ~ 2.47 kg,钾 2.01 ~ 3.63 kg^[5-7]。不同品种产量潜力的充分表达与合理的群体密度密切相关。不同种肥(氮、磷、钾)和追肥(磷)处理下,大豆养分积累量存在差异^[8]。该试验以超高产品种辽豆 14 和普通品种辽豆 11 为试材,在不同磷酸二铵施用量和种植密度处理下,对其氮素积累和产量

进行了测定分析,探讨了超高产大豆物质生产能力与普通品种的差异,试图为大豆超高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为曾创造东北春大豆高产纪录的辽豆 14 与普通大豆辽豆 11,品种主要特性见表 1。

表 1 供试品种情况

Table 1 Soybean cultivars for experiments

品种 Cultivar	生长习性 Growth habit	生育期 Maturity/d	百粒重 100-seed weight/g	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Fat content/%	育成年份 Released year
辽豆 14 Liaodou 14	亚有限 Semi-determinate	131	16 ~ 18	37.5	22.0	2003
辽豆 11 Liaodou 11	亚有限 Semi-determinate	135	23 ~ 25	39.4	22.8	1996

1.2 试验设计

试验于 2006 ~ 2008 年在沈阳农业大学试验地进行。供试土壤养分情况见表 2。试验采用裂-裂区设计,以磷酸二铵用量为主区,密度为副区,品种为副副区。其中,磷酸二铵(氮含量为 18%,磷含量为 46%)设 0、150、300 kg · hm⁻² 3 个水平(分别用

F1、F2 和 F3 表示),以底肥施入;密度设 7.5、15.0、22.5 万株 · hm⁻² 3 个水平(分别用 D1、D2 和 D3 表示)。5 行区,行长 6 m,行距 0.6 m,3 次重复。2006 年 5 月 2 日播种,9 月 24 日收获;2007 年 4 月 27 日播种,10 月 5 日收获;2008 年 5 月 5 日播种,10 月 6 日收获。常规田间管理。

表 2 供试土壤的基础肥力

Table 2 Basic fertility of experimental soils

年份 Year	速效氮 Available nitrogen/mg · kg ⁻¹	速效磷 Available phosphorus/mg · kg ⁻¹	速效钾 Available potassium/mg · kg ⁻¹
2006	96.6	65.4	116.4
2007	78.5	62.6	218.6
2008	91.0	36.9	235.6

1.3 测定内容和方法

1.3.1 大豆各器官干物质积累量的测定 2006 ~ 2007 年,出苗后每隔 14 d 取样 1 次,每小区取有代表性植株 4 株,具体取样日期为苗期(6 月 10 日)、分枝期(6 月 24 日)、始花期(7 月 8 日)、盛花期(7 月 22 日)、盛荚期(8 月 5 日)、始粒期(8 月 19 日)、鼓粒末期(9 月 2 日)、始熟期(9 月 16 日);2008 年成熟期取样 1 次,风干后,称量叶片、叶柄、茎秆、荚皮、籽粒等各器官干重。

1.3.2 大豆各器官氮含量的测定 将各时期所取样品按茎秆、叶片、叶柄、荚皮和籽粒分别风干、粉碎。用 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮样品,采用半微量-凯氏定氮法测定氮的百分含量,根据各生育时期各器官的氮素百分含量和风干重,计算氮素绝对含量。

1.3.3 产量测定 2006 ~ 2008 年,大豆成熟期每小区取中间 3 行,每行取 3 m 长,进行小区测产,测

产面积为 5.4 m²,然后再折算成公顷产量。

1.4 数据分析

用 Excel 2003 进行原始数据的处理和制图,用 DPS v7.05 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 大豆氮素绝对含量吸收动态

2.1.1 茎秆 从图 1 和图 2 中可以看出,不同肥密处理下,超高产品种和普通品种在不同生育时期茎秆氮素积累量均呈单峰曲线变化,峰值出现在盛荚期(8 月 5 日) ~ 始粒期(8 月 19 日)。营养生长期 2 个品种氮素积累量差异不明显,盛花期(7 月 22 日)之后,超高产品种茎秆氮素积累量均低于普通品种。

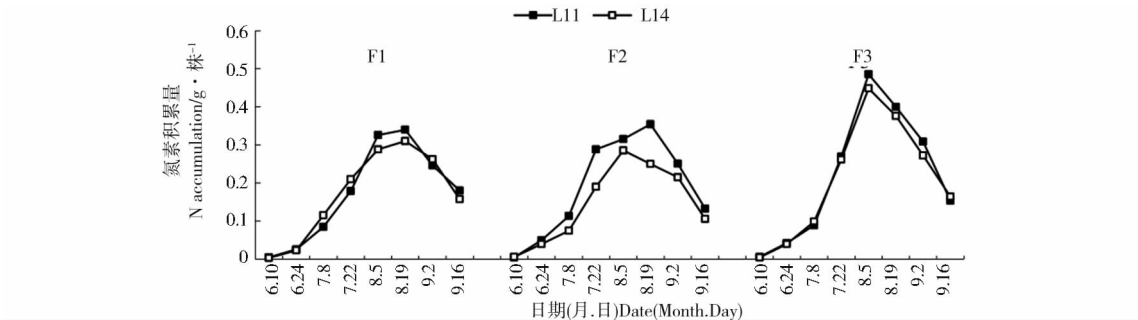


图 1 磷酸二铵施用量对大豆茎秆氮素积累量的影响

Fig. 1 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean stem

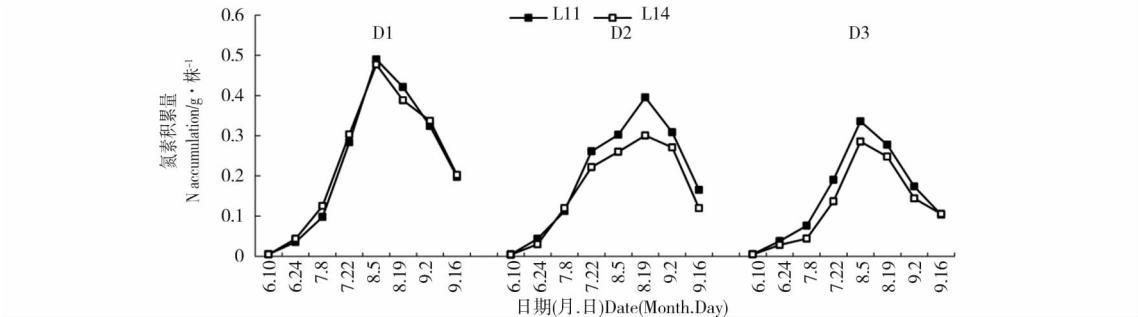


图 2 种植密度对大豆茎秆氮素积累量的影响

Fig. 2 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean stem

从整个生育期茎秆氮素积累量平均值来看,随着磷酸二铵施用量的增加,2 个品种茎秆氮素积累量递增,在 $300\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理茎秆氮素积累量较高,为 $0.21\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。随着种植密度的增加,其茎秆氮素积累量由 $0.23\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $0.14\text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

2.1.2 叶片 不同肥密处理下,超高产品种和普通

品种在不同生育时期叶片氮素积累量均呈单峰曲线变化,峰值出现在盛荚期(8 月 5 日)~始粒期(8 月 19 日)(图 3 和 4)。整个生育期,普通品种叶片氮素积累量总体上高于超高产品种,这一趋势在盛花期(7 月 22 日)之后体现更加明显。

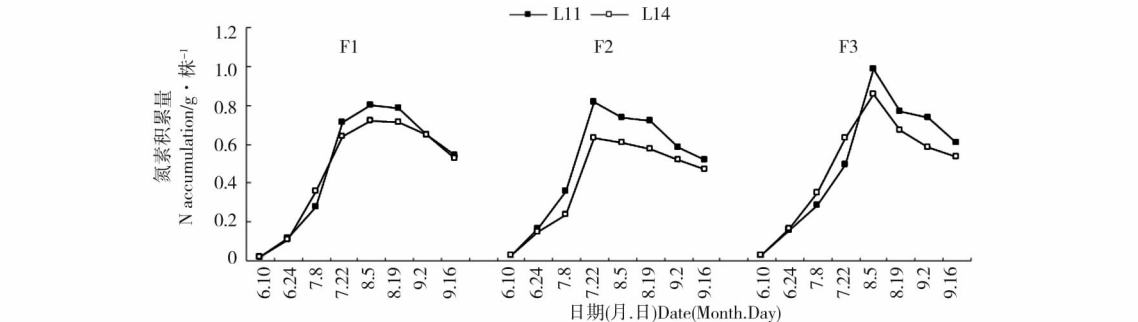


图 3 磷酸二铵施用量对大豆叶片氮素积累量的影响

Fig. 3 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean leaf

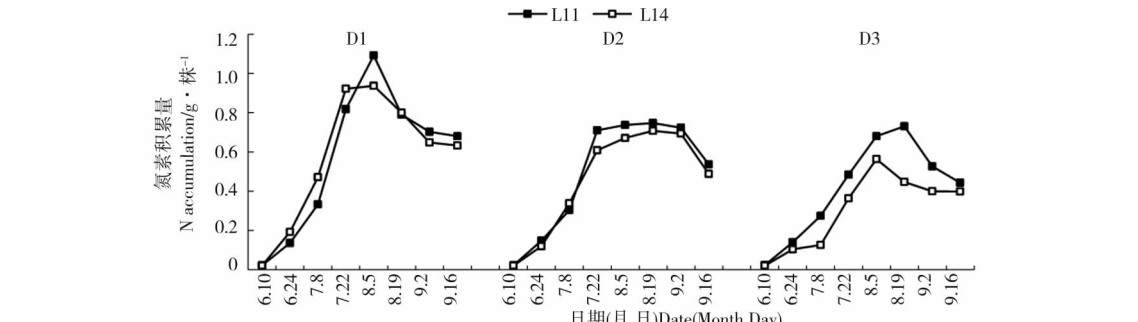


图 4 种植密度对大豆叶片氮素积累量的影响

Fig. 4 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean leaf

从整个生育期叶片氮素积累量平均值来看,在 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理两品种叶片氮素积累量较高,为 $0.49 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。随着种植密度的增加,其叶片氮素积累量由 $0.57 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $0.36 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

2.1.3 叶柄 从图5和6可以看出,不同肥密处理

下,超高产品种和普通品种在不同生育时期叶柄氮素积累量均呈单峰曲线变化,峰值出现在盛荚期(8月5日)~始粒期(8月19日)。整个生育期,超高产品种叶柄氮素积累量总体上高于普通品种,这一趋势在盛荚期(8月5日)之后体现更加明显。

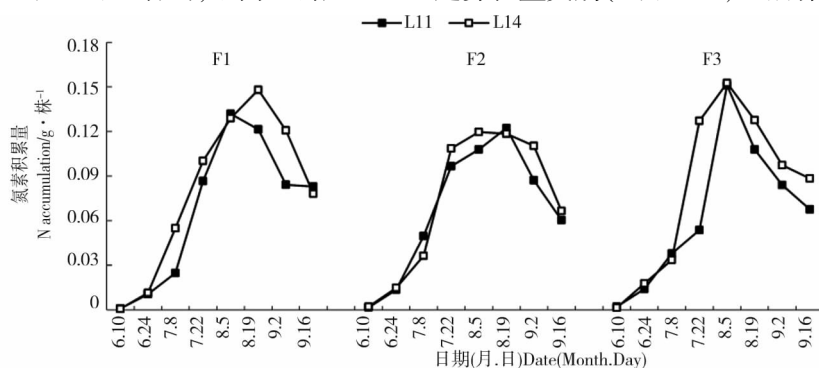


图5 磷酸二铵施用量对大豆叶柄氮素积累量的影响

Fig. 5 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean petiole

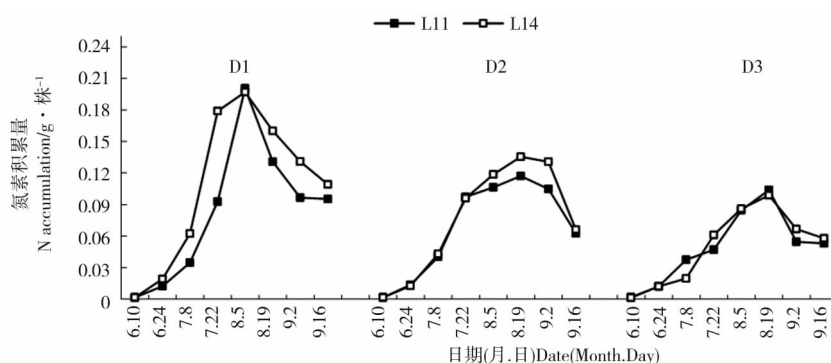


图6 种植密度对大豆叶柄氮素积累量的影响

Fig. 6 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean petiole

从整个生育期叶柄氮素积累量平均值来看,随着种植密度的增加,2个品种叶柄氮素积累量由 $0.10 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $0.05 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

2.1.4 荚皮 不同肥密处理下,2个品种在各取样时期荚皮氮素积累量呈单峰曲线变化,普通品种峰值出现时间较早,超高产品种峰值出现时间较晚(图7和8)。满粒期(9月2日)以前,超高产品种氮素积累

量低于普通品种,之后,随着籽粒逐渐生长发育,超高产品种荚皮氮素积累量均高于普通品种。

从各取样时期荚皮氮素积累量平均值来看,随着磷酸二铵施用量的增加,2个品种荚皮氮素积累量由 $0.23 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 上升到 $0.28 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。随着种植密度的增加,其荚皮氮素积累量由 $0.29 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $0.20 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

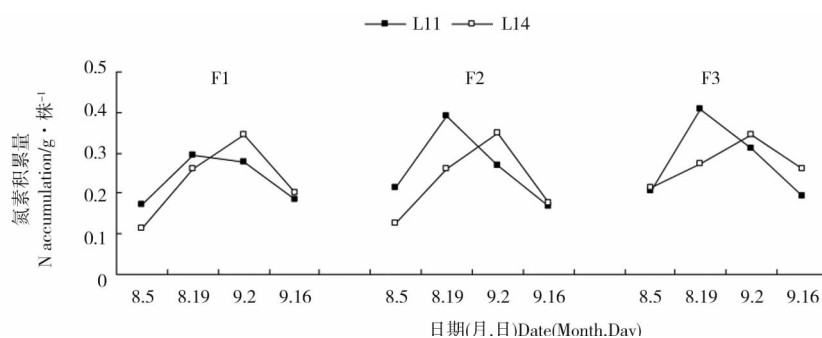


图7 磷酸二铵施用量对大豆荚皮氮素积累量的影响

Fig. 7 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean pod wall

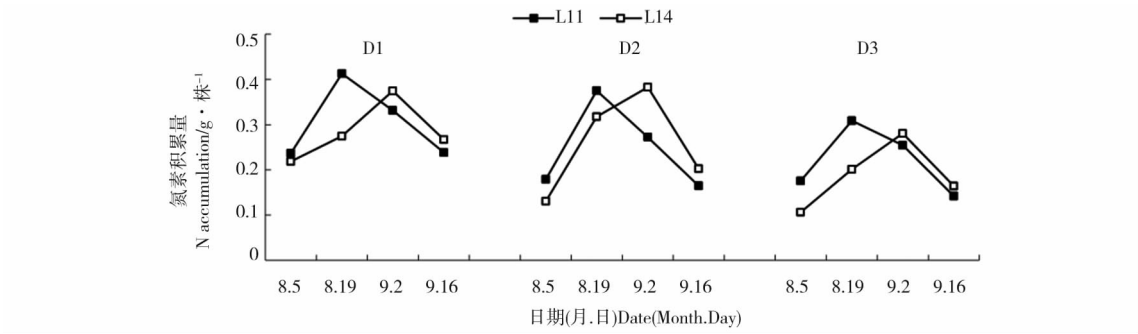


图 8 种植密度对大豆荚皮氮素积累量的影响

Fig. 8 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean pod wall

2.1.5 籽粒 从图 9 和 10 可以看出,不同肥密处理下,超高产品种和普通品种在不同生育时期籽粒氮素积累量呈上升趋势变化,两品种峰值均出现在始熟期(9 月 16 日)。从鼓粒期到成熟期,超高产品种籽粒氮素积累量均低于普通品种。

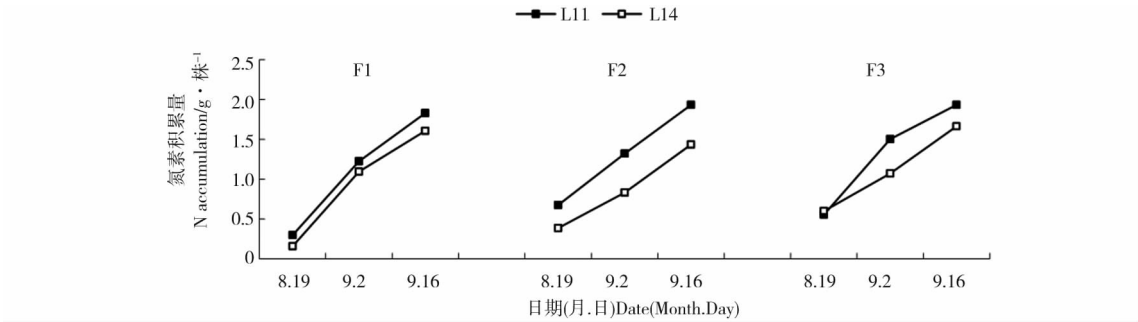


图 9 磷酸二铵施用量对大豆籽粒氮素积累量的影响

Fig. 9 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean seed

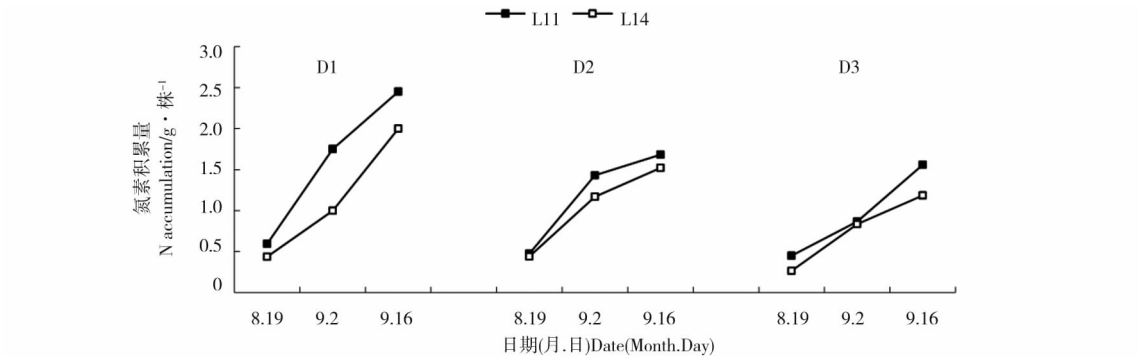


图 10 种植密度对大豆籽粒氮素积累量的影响

Fig. 10 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean seed

从各取样时期籽粒氮素积累量平均值来看,随着磷酸二铵施用量的增加,2 个品种籽粒氮素积累量由 $1.04 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 上升到 $1.22 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。随着种植密度的增加,其籽粒氮素积累量由 $1.37 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $0.86 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

2.1.6 全株 根据 2 个品种各器官氮素积累量计算了全株氮素积累量(图 11 和 12)。不同肥密处理下,2 个品种全株氮素积累量整个生育期呈“S”型曲线变化,始熟期(9 月 16 日)氮素积累量最高。超高产品种全株氮素积累量在整个生育期总体上均低于普通品种,盛荚期(8 月 5 日)以后,这一趋势体现的更为明显。

从整个生育期全株氮素积累量平均值来看,随着磷酸二铵施用量的增加,2 个品种全株氮素积累量由 $1.19 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 增加到 $1.39 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。随着种植密度的增加,其氮素积累量由 $1.57 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 下降到 $1.00 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

为了探讨超高产品种和普通品种氮素积累速率的差异,根据整株氮素积累量,用 Logistic 方程进行了动态模拟(表 3 和 4),结果表明,在 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理下 2 个品种的氮素最大积累速率较高,为 $0.112 \sim 0.115 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$,且超高产品种的氮素最大积累速率均高于普通品种;超高产品种和普通品种的氮素最大积累速率出现的时间均

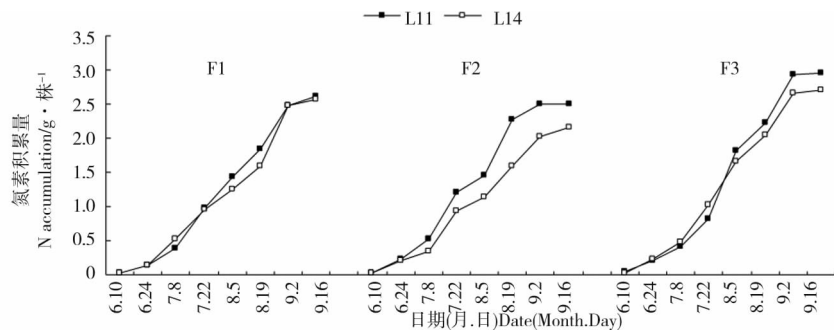


图 11 磷酸二铵施用量对大豆整株氮素积累量的影响

Fig. 11 Effect of different diammonium phosphate levels on nitrogen accumulation of soybean whole plant

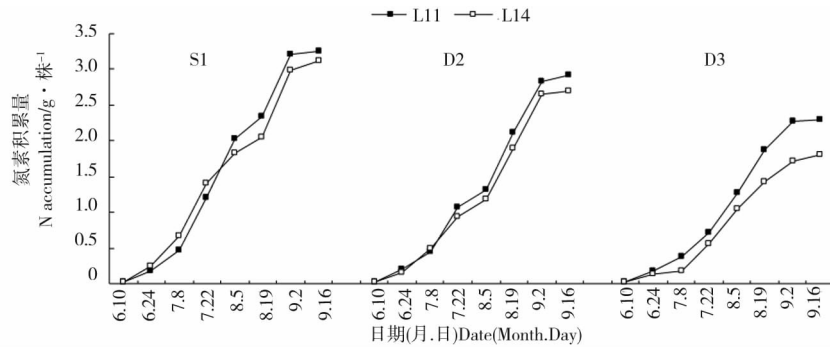


图 12 种植密度对大豆整株氮素积累量的影响

Fig. 12 Effect of planting density on nitrogen accumulation of soybean whole plant

随着磷酸二铵施用量的增加而提前,在 $300\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理氮素最大积累速率出现时间最早,为出苗后的第 62.0 ~ 63.7 天(结荚末期)。

2 个品种氮素最大积累速率随着种植密度的增加而增加, $22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植密度氮素最大积

累速率较高,为 $0.114 \sim 0.140\text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$,超高产品种的氮素最大积累速率均高于普通品种;2 个品种氮素最大积累速率出现时间均在 $22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植密度出现最早。

表 3 磷酸二铵施用量对大豆氮素的积累动态方程及参数的影响

Table 3 Effect of different diammonium phosphate levels on dynamic equations and parameters of nitrogen accumulation of soybean cultivars

磷酸二铵施用量 Diammonium phosphate level	品种 Cultivar	动态方程 Dynamic equation	相关系数 (-R)	MAR / $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	AT /d
F1	L11	$W = 2.62 / (1 + 149.5e^{-0.071t})$	0.897 *	0.106	70.4
	L14	$W = 2.63 / (1 + 259.0e^{-0.078t})$	0.857 *	0.111	71.6
F2	L11	$W = 2.65 / (1 + 35.2e^{-0.053t})$	0.871 *	0.108	67.7
	L14	$W = 2.25 / (1 + 25.7e^{-0.048t})$	0.980 **	0.114	68.0
F3	L11	$W = 2.52 / (1 + 265.8e^{-0.088t})$	0.889 **	0.112	63.7
	L14	$W = 2.35 / (1 + 21.8e^{-0.050t})$	0.923 **	0.115	62.0

MCR:最大积累速率;AT:最大积累速率出现时间;下表同。

MAR:maximum accumulation rate;AT:appearance time of maximum accumulation rate;the same as below.

表 4 种植密度对大豆氮素的积累动态方程及参数的影响

Table 4 Effect of planting density on dynamic equations and parameters of nitrogen accumulation of soybean cultivars

密度处理 Planting density treatment	品种 Cultivar	动态方程 Dynamic equation	相关系数 (-R)	MCR / $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	AT /d
D1	L11	$W = 3.30 / (1 + 149.9e^{-0.071t})$	0.862 *	0.088	70.6
	L14	$W = 3.15 / (1 + 29.5e^{-0.048t})$	0.866 *	0.092	70.5
D2	L11	$W = 2.56 / (1 + 18.3e^{-0.043t})$	0.922 **	0.106	67.5
	L14	$W = 2.38 / (1 + 46.1e^{-0.056t})$	0.885 *	0.118	68.4
D3	L11	$W = 2.32 / (1 + 44.7e^{-0.062t})$	0.946 **	0.114	61.7
	L14	$W = 1.79 / (1 + 40.1e^{-0.059t})$	0.997 **	0.140	62.6

2.2 氮素积累总量

超高产品种氮素积累总量以 300 kg · hm⁻² 磷酸二铵处理较高(表 5)。随着种植密度的增加,2 个品种氮素积累总量均随之增加,以 22.5 × 10⁴

株 · hm⁻² 种植密度较高,超高产品种氮素积累总量低于普通品种。方差分析表明,磷酸二铵处理、密度处理和品种间交互作用均达到极显著水平($P = 0.0001$)。

表 5 大豆的氮素积累总量
Table 5 Total N accumulation of soybeans(kg · hm⁻²)

磷酸二铵施用量 Diammonium phosphate level	辽豆 11 Liaodou 11			平均 Mean	辽豆 14 Liaodou 14			平均 Mean
	D1	D2	D3		D1	D2	D3	
F1	239.5	242.4	342.0	274.6	205.6	376.3	403.4	328.4
F2	243.1	390.0	671.3	434.8	202.7	365.7	349.8	306.1
F3	297.0	353.8	652.1	434.3	250.3	400.7	463.9	371.6
平均 Mean	259.9	328.7	555.1	381.2	219.5	380.9	405.7	335.4

数据均为 2006 ~ 2007 年平均值,下同。Data is the average of 2006-2007, the same as follow.

2.3 土壤氮的摄取量

利用成熟时植株籽粒的氮积累量和籽粒产量,计算了生产 100 kg 大豆籽粒需积累氮量。由表 6 可知,随着磷酸二铵施用量的增加,超高产品种生产 100 kg 大豆籽粒在不施磷酸二铵处理下需氮量较高,为 9.86 kg。而普通品种生产 100 kg 大豆籽

粒需要积累的氮量在 150 kg · hm⁻² 磷酸二铵处理下较高。2 个品种生产 100 kg 大豆籽粒需要积累的氮量均随着种植密度的增加而增加,在 22.5 × 10⁴ 株 · hm⁻² 种植密度下较高。从不同肥密处理的总平均值来看,超高产品种生产 100 kg 大豆籽粒需要的氮量相对较少。

表 6 大豆生产 100 kg 籽粒所需要的氮积累量
Table 6 N accumulation of producing 100 kg seed in soybean(kg)

磷酸二铵施用量 Diammonium phosphate level	辽豆 11 Liaodou 11			平均 Mean	辽豆 14 Liaodou 14			平均 Mean
	D1	D2	D3		D1	D2	D3	
F1	7.98	9.57	13.19	10.20	9.06	9.61	10.90	9.86
F2	8.64	9.59	18.40	12.21	5.69	9.13	9.20	8.01
F3	8.52	9.83	16.56	11.64	6.80	9.38	10.32	8.83
平均 Mean	8.38	9.66	16.05	11.37	7.18	9.38	10.14	8.90

2.4 籽粒产量

2006 ~ 2008 年收获后测产结果如表 7 所示,从表 7 可以看出,150 kg · hm⁻² 磷酸二铵处理下普通品种产量较高,而超高产品种在 300 kg · hm⁻² 磷酸二铵处理下产量较高,达 2 583.7 kg · hm⁻²。普通品种在种植密度为 15 × 10⁴ 株 · hm⁻² 产量表现较好,而超高产品种的产量表现在 22.5 × 10⁴

株 · hm⁻² 条件下较高,其次是常规密度 15.0 × 10⁴ 株 · hm⁻²,而 7.5 × 10⁴ 株 · hm⁻² 密度下产量较低。方差分析表明,磷酸二铵处理间差异显著($P = 0.0255$),密度处理间差异极显著($P < 0.01$),品种间差异极显著($P = 0.0044$),磷酸二铵处理与品种间交互作用显著($P = 0.0256$),密度处理与品种间交互作用极显著($P = 0.0061$)。

表 7 不同肥密处理下大豆籽粒产量的比较(kg · hm⁻²)

Table 7 Comparison on seed yield of soybeans under different diammonium phosphate levels and planting densities

磷酸二铵施用量 Diammonium phosphate level	辽豆 11 号 Liaodou 11			平均 Mean	辽豆 14 号 Liaodou 14			平均 Mean
	D1	D2	D3		D1	D2	D3	
F1	2051.9	2550.6	2035.1	2212.5	1826.4	2273.3	2473.9	2191.2
F2	2006.3	2631.1	2257.5	2298.3	2300.4	2497.8	2630.4	2476.2
F3	1999.7	2330.8	2238.1	2189.5	2334.4	2608.8	2807.9	2583.7
平均 Mean	2019.3	2504.2	2176.9	2233.4	2153.7	2460.0	2637.4	2417.0

数据均为 2006 ~ 2008 年平均值。Data is the average of 2006-2008.

3 结论与讨论

施氮肥可以增加植株各器官氮、磷、钾的积累^[9]。苗期施氮肥可以促进大豆早期营养生长,减轻后期早衰,对提高大豆产量有重要意义^[10]。蒋工颖和董钻^[11]研究表明,氮、磷肥配合施用能影响体内的养分浓度,不但提高各时期的氮、磷百分含量,

而且对钾素的积累有促进作用。该研究结果表明,施用磷酸二铵可以促进大豆茎秆、叶片、荚皮、籽粒和全株氮积累,并且高肥(300 kg · hm⁻²)处理下,氮积累总量提高幅度较大。种植密度对各养分积累总量影响程度高于磷酸二铵处理,随着种植密度的增加,2 个品种氮积累总量随之增加,在 22.5 × 10⁴ 株 · hm⁻² 种植密度下较高。

魏建军等^[12]研究表明,氮素最快积累时间为出苗后第 75~77 天,其绝对含量的积累可用 Logistic 曲线方程加以描述。新大豆 1 号每生产 100 kg 籽粒平均需氮素 8.28 kg,中黄 35 为 8.13 kg。该研究表明,施用磷酸二铵和种植密度均可以使 2 个品种氮素最大积累速率出现时间提前,在 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 磷酸二铵处理和 $22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植密度下,氮素最大积累速率出现时间较早,其氮素最大积累速率出现时间为出苗后 62~72 d。与施肥处理相比,种植密度对超高产品种生产 100 kg 籽粒所需要吸收的氮量影响更大,在 $22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植密度下,2 个品种生产 100 kg 籽粒需要吸收的氮量最多,普通品种辽豆 11 生产 100 kg 籽粒所需要吸收的氮量平均为 11.37 kg,超高产品种辽豆 14 为 8.90 kg,与前人研究结果有所不同,其原因可能与试验地点气象及土壤条件有关。

刘玉平等^[13]研究表明,密度与施氮对产量的影响均达极显著水平,随密度增加,产量先增后降,随施氮量增加,产量增加。该研究中 2 个品种施肥对产量变化的影响与前人研究结论一致,均在高肥处理($300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)下达到高产;普通品种辽豆 11 的产量随着种植密度的增加而增加,在 $15.0 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 种植密度下产量最高,之后其产量又呈下降趋势,与前人研究结果一致,而超高产品种辽豆 14 在高密条件($22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$)下,产量仍表现较高,可见其具有较强的耐密型和抗倒性,较高的物质转化效率和产量潜力保证了超高产品种较高的物质生产能力。

参考文献

- [1] 袁立海,张晓,舒权,等. 大豆氮肥增产效应的研究[J]. 大豆科学,1984,3(3):243-250. (Yuan L H,Zhang X,Shu Q,et al. Research on yield effect of nitrogen on soybeans[J]. Soybean Science,1984,3(3):243-250.)
- [2] 董钻. 大豆栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995,3-76. (Dong Z. Cultivation physiology of soybeans[M]. Beijing: China Agricultural Press,1995:3-76.)
- [3] 索全义,王文玲,索凤兰. 内蒙古东北旱作春大豆氮磷钾营养特性的研究[J]. 内蒙古农业科技,1998(增刊):205-207. (Suo Q Y,Wang W L,Suo F L. Research on NPK nutritional characteristics of Northeast rainfed spring soybean in Inner Mongolia[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology,1998(S1):205-207.)
- [4] 王海英,谢甫绶,张惠君,等. 施肥对不同来源大豆品种氮素积累分配的影响[J]. 大豆科学,2008,27(5):814-818. (Wang H Y,Xie F T,Zhang H J,et al. Effect of fertilizer level on nitrogen accumulation and distribution of soybean cultivars from different regions[J]. Soybean Science,2008,27(5):814-818.)
- [5] 董钻,祁明媚,罗文春,等. 大豆亩产 450 斤的生理参数及栽培措施初探[J]. 大豆科学,1982,1(2):131-140. (Dong Z,Qi M M,Luo W C,et al. Preliminary studies on the physiological parameters and cultural measures for soybean plants producing a yield of 450 jin per mu[J]. Soybean Science,1982,1(2):131-140.)
- [6] 董钻,祁明媚,蒋工颖. 大豆养分吸收和施肥效果试验初报[J]. 中国油料,1988(1):56-62. (Dong Z,Qi M M,Jiang G Y. Preliminary studies on nutrition absorption and fertilizer effect of soybeans[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,1988(1):56-62.)
- [7] 董钻,蒋工颖,张显,等. 大豆产量程序设计及栽培措施优化的研究. 第二报,大豆群体的养分吸收模式[J]. 辽宁农业科学,1989(4):6-11. (Dong Z,Jiang G Y,Zhang X,et al. Yield program design and optimization in soybean[J]. Liaoning Agricultural Sciences,1989(4):6-11.)
- [8] 王立刚,刘景辉,刘克礼,等. 大豆氮素积累、分配与转移规律的研究[J]. 作物杂志,2004(5):20-22. (Wang L G,Liu J H,Liu K L,et al. Research on nitrogen accumulation,distribution and transformation of soybeans[J]. Crops,2004(5):20-22.)
- [9] Hanway J J,Weber C R. Accumulation of N,P,and K by soybean [*Glycine max*(L.) Merrill] plants[J]. Agronomy Journal,1971,63:406-408.
- [10] 肖能逞,李志玉. 苗期施氮对大豆生长发育及产量的影响[J]. 中国油料作物学报,1982(4):40-44. (Xiao N C,Li Z Y. Effect of seedling nitrogen on growth and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,1982,4:40-44.)
- [11] 蒋工颖,董钻. 大豆养分吸收动态及施肥效果研究[J]. 作物学报,1989,15(2):167-173. (Jiang G Y,Dong Z. Studies on the trends of nutrient uptake and effect of fertilizer application on soybean[J]. Acta Agronomica Sinica,1989,15(2):167-173.)
- [12] 魏建军,张力,杨相昆,等. 超高产大豆氮磷钾吸收分配动态及模式的研究[J]. 大豆科学,2010,29(3):413-419. (Wei J J,Zhang L,Yang X K,et al. Dynamics and models of N,P₂O₅,K₂O absorption and partition in super-high yielding soybeans[J]. Soybean Science,2010,29(3):413-419.)
- [13] 刘玉平,李志刚,李瑞平. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学,2011,30(1):79-82,88. (Liu Y P,Li Z G,Li R P. Effect of different planting density and N-fertilizer levels on yield and quality of soybean[J]. Soybean Science,2011,30(1):79-82,88.)