

钙和镁在超高产大豆辽豆 14 器官中的积累与分布

肖万欣¹, 张惠君¹, 王海英¹, 谢甫绋¹, 闫晓艳²

(¹沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161; ²吉林省农科院大豆研究中心, 吉林 长春 130124)

摘要:以超高产大豆辽豆 14 与普通大豆辽豆 11 为试材, 研究了不同施肥水平和种植密度处理下, 钙和镁在各器官的积累与分布。结果表明: 大豆各器官钙百分含量依次为叶片 > 叶柄 > 荚皮 > 籽粒 > 茎秆; 镁百分含量依次为叶柄 > 叶片 > 荚皮 > 茎秆 > 籽粒。随着生育时期的推移, 大豆茎秆和籽粒中钙百分含量逐渐降低, 叶片和叶柄中钙的百分含量始粒期以前呈下降趋势, 始粒期以后呈增加趋势, 荚皮中钙百分含量随着生育时期推移波动较小。大豆茎秆、叶片和叶柄中镁百分含量均在始花期最高, 荚皮中镁百分含量在盛荚期最高, 籽粒中镁百分含量在始粒期最高。和辽豆 11 相比, 各肥密处理中辽豆 14 各器官钙和镁的百分含量均高于辽豆 11。钙积累总量肥力处理间差异显著, 密度处理间差异极显著。镁积累总量密度处理间差异极显著。钙和镁积累总量肥力、密度和品种间具有显著的交互作用。

关键词:大豆; 超高产; 施肥; 种植密度; 养分积累

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2009)01-0046-07

Accumulation and Distribution of Ca and Mg in Super-High-Yielding Soybean cv. Liaodou 14

XIAO Wan-xin¹, ZHANG Hui-jun¹, WANG Hai-ying¹, XIE Fu-ti¹, YAN Xiao-yan²

(¹College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning; ²Research Center of Soybean, Jilin Academy of Agricultural Science, Changchun 130124, Jilin, China)

Abstract: Ca and Mg were the essential microelements of soybean, which play an important role in its growth and yield formation. The objective of this article was to study the accumulation and distribution of Ca and Mg in super-high-yielding soybean. Comparative analysis of nutrition accumulation and distribution were carried out through 2 years experiments with super-high-yielding soybean variety of Liaodou 14 and common soybean variety Liaodou 11 under different fertilizer levels and planting densities. Results showed that the order of Ca content in the organs of soybean was leaf > petiole > pod > grain > stem; Mg content was petiole > leaf > pod > stem > grain. As the plant growth, the Ca content of stem and grain reduced gradually, and those of leaf and petiole showed a decrease trend before initial grain filling stage and then changed to an increase trend, the Ca content of pod was invariable during the whole growth stage. The Mg content of stem, leaf and petiole at initial flowering stage were higher than those at other growth stages, Mg content in pod and grain were higher at full podding and initial grain filling stage, respectively. Compared with those of Liaodou 11, the Ca and Mg content in different organs of Liaodou 14 were higher. Difference of total Ca accumulation reached a significant level under different fertilizer and density treatments; There was a significant difference of total Mg accumulation under different density treatments. Different fertilizer, density treatments and cultivars showed a significant interaction.

Key words: Soybean; Super-high-yielding; Fertilizer; Planting density; Nutrient accumulation

钙和镁不但可以促进植物体内物质的合成、运转和代谢, 还可以提高植株的抗逆性^[1-3]。大豆植株体内钙、镁含量较高, 而且钙对于大豆植株出苗、

苗期根瘤生长具有重要作用^[4-7]; 镁对于大豆产量形成也起着重要作用^[8]。国内外学者针对不同大豆品种(品系)籽粒钙和镁含量变化^[9]、不同结荚习

收稿日期: 2008-08-12

基金项目: 辽宁省教育厅资助项目(05L378), 辽宁省教育厅创新团队资助项目(2006T116)。

作者简介: 肖万欣(1982-), 男, 博士在读, 研究方向为大豆产量生理。E-mail: xiao.wan.xin@hotmail.com。

通讯作者: 谢甫绋, 教授, 博士生导师。E-mail: snssoybean@yahoo.com.cn。

性的大豆养分积累特点^[10-11]、不同灌溉条件下大豆植株钙和镁的积累与分配^[12]、不同磷酸二铵施用量对大豆钙含量的影响^[13]等方面进行了较多的研究。同时,还研究了棉花、高粱、小麦等作物体内钙、镁含量变化^[14-20]。然而,尚缺乏对于大豆植株钙、镁含量变化的深入研究。探讨在不同磷酸二铵施用量与种植密度综合影响下,超高产大豆钙、镁的积累与分配特点,为超高产大豆合理栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

供试品种为结荚习性相同、生育期相近的曾创造东北春大豆高产纪录的辽豆 14^[21]与普通大豆辽豆 11。

1.2 试验设计

试验于 2006 ~ 2007 年在沈阳农业大学试验地进行。供试土壤 20 cm 以上土层养分含量:2006 年和 2007 年全氮含量为 $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效氮含量为 $96.6 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $78.5 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。全磷含量为 $0.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量为 $65.4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $62.6 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。全钾含量为 $21.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $5.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量

为 $116.4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $218.6 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。两年试验采用裂-裂区设计,以磷酸二铵为底肥,2006 年以 2 个磷酸二铵施肥水平 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (F2)、 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (F3) 为主区,2007 年在主区中增设了 $0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (F1) 磷酸二铵施肥处理,以 3 个密度处理 $7.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ (D1)、 $15.0 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ (D2) 和 $22.5 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ (D3) 为副区,品种为副副区。3 次重复,5 行小区,行长 6 m,垄距 0.6 m。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。正常田间管理。

1.3 测定方法

1.3.1 钙、镁含量的测定 从出苗开始,2006 年每隔 21 d 取样,2007 年每隔 14 d 取样,每次取具有代表性的植株 4 株,取回实验室后,将各器官分开风干,测定各器官干物重,然后用粉碎机粉碎样品,应用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 半微量凯氏定氮法消煮样品^[22],消煮好的待测液用日立 Z-5000 原子吸收分光光度计测定元素钙、镁含量,原子吸收分光光度计工作条件见表 1,在测定钙、镁元素时,会受到铅、铍、锰、磷酸盐、硫酸盐等离子的干扰,用 3% 的氯化镧作为释放剂抑制离子的干扰。

表 1 原子吸收分光光度计工作条件

Table 1 Operation conditions of the atom absorption spectrophotometer

元素 Element	波长 Wave length/nm	电流 Lamp current/mA	狭缝 Slit/nm	燃烧高度 Burner height/nm	乙炔流量 C_2H_2 discharge/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	空气流量 Air discharge/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$
Ca	422.7	7.5	1.3	10.0	2.5	9.5
Mg	285.2	7.5	1.3	7.5	2.2	9.5

1.3.2 产量的测定 大豆成熟时每小区取中间 3 行,每行取 3 m 长,进行小区测产,测产面积为 5.4 m^2 ,折算成公顷产量;每小区分别连续取有代表性的植株 20 株测定平均单株生物量(不包括叶片和叶柄),然后在折算成生物产量。

1.3.3 数据分析 所有数据均在 Excel、DPS 软件中进行制图、分析和处理。

2 结果与分析

2.1 不同肥密处理下超高产大豆器官中钙和镁百分含量的变化

2006 ~ 2007 年根据田间取样及室内分析测定数据,计算了不同肥密处理下,大豆器官中钙和镁百分含量的变化(表 2 和表 3),整个生育期,辽豆 14 和辽豆 11 各器官钙百分含量依次为叶片 > 叶柄 >

荚皮 > 籽粒 > 茎秆;镁百分含量依次为叶柄 > 叶片 > 荚皮 > 茎秆 > 籽粒,说明大豆叶片和叶柄中维持着较高浓度的钙和镁含量。随着生育时期的推移,大豆茎秆中钙百分含量逐渐降低,叶片和叶柄中钙的百分含量始粒期(R5)以前呈下降趋势,始粒期(R5)以后呈增加趋势,荚皮中钙百分含量随着生育时期推移变化较小,籽粒中钙百分含量呈下降趋势。大豆各器官镁的百分含量随生育时期呈现不规则变化,茎秆、叶片和叶柄中镁百分含量均在始花期(R1)最高,荚皮中镁百分含量在盛荚期(R4)最高,籽粒中镁百分含量在始粒期(R5)最高。

不同磷酸二铵施肥水平下,超高产大豆辽豆 14 在满粒期(R6)以前,茎秆、叶片、叶柄、荚皮和籽粒钙的百分含量总体上均随着施肥量的增加而减少(表 2)。在满粒期(R6)茎秆、叶片和叶柄钙的百分

含量均随着施肥量的增加而增加,荚皮钙百分含量以 F3 处理最高,籽粒钙百分含量随施肥量的增加变化不大。和辽豆 11 相比,除满粒期(R6)叶片和叶柄以外,辽豆 14 其余各时期各器官钙的百分含量总体上均高于辽豆 11 各器官钙的百分含量。

超高产大豆辽豆 14 在始粒期(R5)以前,茎秆中镁的百分含量总体上随着施肥量的增加而减少,

始粒期(R5)以后,茎秆和籽粒中镁的百分含量随着施肥量的增加而增加。满粒期(R6)之前,叶片中镁的百分含量随着施肥量的增加而增加的。整个生育期,除苗期(V3)外,叶柄中镁的百分含量和荚皮一样均随着施肥量的增加而减少。和辽豆 11 相比,整个生育期超高产大豆辽豆 14 各器官镁的百分含量总体上均高于辽豆 11 各器官镁的百分含量。

表 2 施肥处理对大豆钙和镁百分含量的影响
Table 2 Effects of fertilizer on Ca and Mg percentage contents in soybeans/%

时期 Stage	处理 Treatment /kg · hm ²	品种 Cultivar	钙 Ca					镁 Mg				
			茎秆 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod	籽粒 Seed	茎秆 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod	籽粒 Seed
2006												
V3	F2	L11	2.60a	3.29a	3.88a	—	—	0.66a	0.71a	0.82a	—	—
		L14	2.62a	3.56a	3.98a	—	—	0.67a	0.75a	0.88a	—	—
	F3	L11	2.28a	2.70b	3.36a	—	—	0.64a	0.76a	0.82b	—	—
		L14	2.11a	3.23a	4.51a	—	—	0.58a	0.78a	0.95a	—	—
R5	F2	L11	0.54a	3.22a	2.27a	0.88b	0.52a	0.49a	0.67a	0.80a	0.56a	0.35a
		L14	0.67a	3.55a	2.49a	1.27a	0.73a	0.52a	0.71a	0.85a	0.62a	0.34a
	F3	L11	0.51a	3.62a	2.32a	0.86a	0.38b	0.47b	0.60b	0.65b	0.53a	0.36a
		L14	0.63a	3.80a	1.93a	0.93a	0.68a	0.56a	0.75a	0.83a	0.57a	0.38a
2007												
R2	F1	L11	0.97a	2.90a	2.50a	—	—	0.63a	0.75a	0.79a	—	—
		L14	1.11a	2.67a	2.67a	—	—	0.65a	0.80a	0.88a	—	—
	F2	L11	0.84a	2.81a	2.28a	—	—	0.56a	0.78b	0.85a	—	—
		L14	1.00a	3.00a	2.60a	—	—	0.65a	0.86a	0.84a	—	—
	F3	L11	0.95a	2.83a	2.38a	—	—	0.62a	0.83a	0.80a	—	—
		L14	1.00a	2.93a	2.54a	—	—	0.63a	0.86a	0.81a	—	—
R4	F1	L11	0.59a	2.73a	1.73b	0.93a	—	0.56a	0.84a	0.71b	0.56a	—
		L14	0.71a	2.74a	1.92a	0.94a	—	0.60a	0.90a	0.83a	0.57a	—
	F2	L11	0.56b	2.44a	1.76a	0.84a	—	0.50b	0.85a	0.78a	0.55a	—
		L14	0.75a	2.30a	2.02a	1.00a	—	0.70a	0.82a	0.84a	0.58a	—
	F3	L11	0.54b	2.50a	1.67b	0.82a	—	0.52a	0.86a	0.75b	0.52a	—
		L14	0.74a	2.41a	1.86a	0.97a	—	0.57a	0.94a	0.81a	0.54a	—
R6	F1	L11	0.47a	3.44a	2.77a	0.93b	0.42b	0.44a	0.70b	0.74b	0.49a	0.37a
		L14	0.53	3.05a	2.56a	1.19a	0.55a	0.47a	0.77a	0.81a	0.51a	0.39a
	F2	L11	0.50a	4.05a	2.71a	0.86a	0.37b	0.43a	0.82a	0.79a	0.46a	0.37b
		L14	0.55a	3.46b	2.53a	1.10a	0.60a	0.52a	0.62b	0.81a	0.47a	0.39a
	F3	L11	0.45b	3.92a	2.49a	0.85b	0.45a	0.42b	0.77a	0.75a	0.44a	0.37b
		L14	0.64a	3.53a	2.65a	1.20a	0.58a	0.55a	0.70a	0.75a	0.48a	0.40a

各肥力处理,品种间的比较均是 3 个种植密度求的平均值;品种间字母符号相同的表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著。

生育时期划分参见 Fehr et al 划分标准^[23]。F1、F2 和 F3 分别代表 0、150 和 300 kg·hm⁻²施肥水平。

Comparison on the two soybeans based on the average values across three planting density in different fertilizer levels; Values within two soybeans followed by the same letter are not significantly different at $P(0.05)$.

The standard of growth stage according to Fehr et al^[23]. F1, F2 and F3 represent 0, 150, 300 kg·hm⁻² fertilizer level, respectively.

不同种植密度条件下,超高产大豆辽豆 14 苗期(V6)茎秆、叶片和叶柄中钙的百分含量在 D1 处理中均较高(表 3)。始花期(R1)茎秆和叶柄中钙的百分含量随着种植密度的增加而增加,而叶片中钙的百分含量随着种植密度的增加而减少。始荚期(R3)

茎秆中钙的百分含量在 D2 处理中较高,而叶片中钙的百分含量在 D3 处理中较高,叶柄和荚皮中钙的百分含量则随着种植密度的增加而减少。始粒期(R5)茎秆中钙的百分含量随着种植密度的增加而减少,其他器官钙的百分含量在 D2 处理中均较高。

表 3 种植密度对大豆钙和镁百分含量的影响
Table 3 Effects of planting density on Ca and Mg percentage contents in soybeans/%

时期 Stage	处理 Treatment /kg · hm ²	品种 Cultivar	钙 Ca					镁 Mg				
			茎秆 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod	籽粒 Seed	茎秆 Stem	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	荚皮 Pod	籽粒 Seed
2006												
V6	D1	L11	1.61a	3.62a	3.53b	—	—	0.51a	0.75a	0.78b	—	—
		L14	1.49a	3.03b	4.03a	—	—	0.48a	0.78a	0.89a	—	—
	D2	L11	1.57a	2.61a	3.26a	—	—	0.51a	0.65a	0.68b	—	—
		L14	1.36a	2.56a	3.39a	—	—	0.51a	0.65a	0.82a	—	—
	D3	L11	1.17b	2.34b	2.97b	—	—	0.46a	0.72a	0.70a	—	—
		L14	1.46a	3.06a	3.76a	—	—	0.52a	0.67a	0.81a	—	—
R3	D1	L11	0.91a	2.95a	2.42b	0.95b	—	0.42a	0.58a	0.62a	0.43b	—
		L14	0.96a	3.17a	2.78a	1.37a	—	0.45a	0.66a	0.65a	0.55a	—
	D2	L11	0.96a	2.66b	2.16b	1.18a	—	0.48a	0.53a	0.64a	0.49a	—
		L14	0.98a	3.05a	2.45a	1.21a	—	0.58a	0.62a	0.70a	0.46a	—
	D3	L11	0.71a	2.32a	2.34a	0.71b	—	0.37b	0.44a	0.54b	0.42a	—
		L14	0.69a	3.31a	2.29a	1.03a	—	0.55a	0.66a	0.80a	0.45a	—
2007												
R1	D1	L11	1.22a	3.11a	3.01a	—	—	0.62a	0.89a	—	—	—
		L14	1.05a	3.02a	2.67a	—	—	0.62a	0.95a	0.95a	—	—
	D2	L11	1.12a	2.90a	2.76a	—	—	0.58b	0.90a	0.87a	—	—
		L14	1.14a	2.90a	2.91a	—	—	0.66a	0.97a	0.95a	—	—
	D3	L11	1.11b	2.98a	2.62b	—	—	0.64b	0.93a	0.93a	—	—
		L14	1.40a	2.76a	3.26a	—	—	0.69a	0.91a	1.02a	—	—
R5	D1	L11	0.52a	3.79a	2.40a	0.95b	0.58a	0.43b	0.74a	0.72a	0.46a	0.42a
		L14	0.70a	3.36a	2.61a	1.17a	0.63a	0.55a	0.77a	0.80a	0.49a	0.43a
	D2	L11	0.49b	3.45a	2.58a	0.97b	0.55b	0.41b	0.69a	0.74a	0.46b	0.46a
		L14	0.68a	3.43a	2.75a	1.27a	0.74a	0.53a	0.75a	0.82a	0.52a	0.46a
	D3	L11	0.50a	3.63a	2.42a	0.97b	0.63a	0.45a	0.73a	0.75a	0.46b	0.42a
		L14	0.61a	3.34a	2.58a	1.21a	0.72a	0.51a	0.80a	0.80a	0.52a	0.43a

各密度处理,2006 年使用的是 F2 肥力处理的数据,2007 年是 3 个肥力处理求的平均值进行的品种间比较;品种间字母符号相同的表示在 $P=0.05$ 水平上差异不显著。

生育时期划分参见 Fehr et al 划分标准^[23]。D1、D2 和 D3 分别代表 7.5×10^4 、 15.0×10^4 和 22.5×10^4 株·hm⁻² 种植密度。

Comparison on the two soybeans based on the average values across three fertilizer level in different planting densities in 2007. However, the values of different planting density came from F2 in 2006; Values within two soybeans followed by the same letter are not significantly different at $P(0.05)$.

The standard of growth stage according to Fehr et al^[23]. D1, D2 and D3 represent 7.5×10^4 , 15.0×10^4 and 22.5×10^4 plant·hm⁻² planting density, respectively.

始荚期(R3)以前,超高产大豆辽豆 14 茎秆中镁的百分含量随着种植密度的增加而增加,始荚期(R3)在 D2 处理中较高,始粒期(R5)则随着种植密度的增加而减少。整个生育期叶片中镁的百分含量总体上以 D1 处理中较高。苗期(V6)叶柄中镁的百分含量随着种植密度的增加而减少,始花期(R1)到始荚期(R3)随着种植密度的增加而增加,始粒期(R5)叶柄中镁的百分含量与荚皮、籽粒一样在 D2 处理中均较高。始荚期(R3)荚皮中镁的百分含量随着种植密度的增加而减少。

和辽豆 11 相比,整个生育期超高产大豆辽豆

14 各器官钙和镁的百分含量总体上均高于辽豆 11 各器官镁的百分含量。

2.2 不同肥密处理下超高产大豆器官钙、镁的绝对含量

以 F2 和 D2 处理为例,根据 2006 年~2007 年干物质积累动态和不同时期钙和镁百分含量的变化可以得出超高产大豆辽豆 14 各器官钙和镁绝对含量积累动态(图 1、图 2)。整个生育期两品种各器官的钙和镁绝对含量积累趋势相同,叶片中钙积累量最高,其次是叶柄。镁积累量在叶片中最高,其次是茎秆。除籽粒外,其他器官钙和镁绝对含量积累

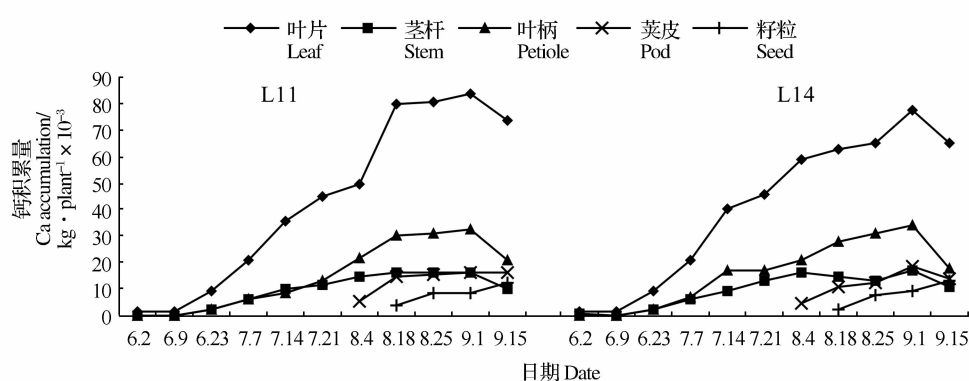


图 1 大豆器官钙绝对含量积累动态

Fig. 1 Dynamic of Ca accumulation in different organs of soybeans

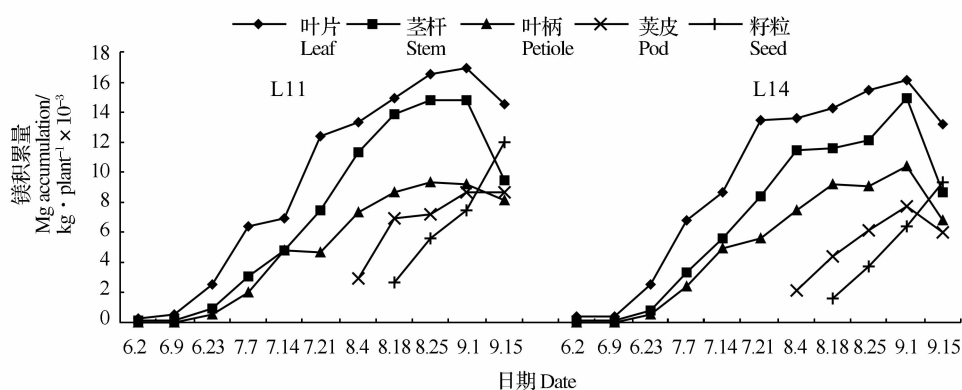


图 2 大豆器官镁绝对含量积累动态

Fig. 2 Dynamic of Mg accumulation in different organs of soybeans

高峰均出现在 9 月 1 日(鼓粒末期)。

2.3 不同肥密处理下超高产大豆钙和镁积累总量的比较

根据大豆器官干物质积累动态和钙、镁百分含量变化数据计算了两年钙、镁积累总量(表 4),可以看出,辽豆 14 在 F3、D2 处理中钙积累总量最高,在 F1、D2 处理中镁积累总量最高,其钙和镁平均积累总量均低于辽豆 11 的钙和镁平均积累总量。方差分析表明:钙积累总量肥力处理间差异显著($P = 0.0121$),密度处理间差异极显著($P = 0.0001$);镁积累总量密度处理间差异极显著($P = 0.0001$)。钙和镁积累总量肥力、密度和品种间交互作用极显著($P = 0.0001$)。

钙积累总量方差分析表明:在 F1 处理中,D1($P = 0.0095$)种植密度辽豆 14 钙积累总量极显著高于辽豆 11;在 F2 处理中,D1 种植密度辽豆 14 钙积累总量显著高于辽豆 11($P = 0.0292$),D2($P = 0.0049$)和 D3($P = 0.0026$)种植密度辽豆 14 钙积累总量均极显著低于辽豆 11;在 F3 处理中,D1(P

$= 0.013$)种植密度辽豆 14 钙积累总量显著低于辽豆 11,D2($P = 0.0033$)种植密度辽豆 14 钙积累总量极显著高于辽豆 11。

镁积累总量方差分析表明:在 F1 处理中,D1($P = 0.0095$)和 D2($P = 0.0048$)种植密度辽豆 14 钙积累总量均极显著高于辽豆 11;在 F2 处理中,D2($P = 0.0145$)和 D3($P = 0.0002$)种植密度辽豆 14 钙积累总量均显著或极显著低于辽豆 11;在 F3 处理中,D1($P = 0.0421$)和 D3($P = 0.0008$)种植密度辽豆 14 钙积累总量均显著或极显著低于辽豆 11,D2($P = 0.0336$)种植密度辽豆 14 钙积累总量显著高于辽豆 11。

3 结论和讨论

整个生育期,超高产大豆辽豆 14 和普通大豆辽豆 11 各器官钙百分含量依次为叶片>叶柄>荚皮>籽粒>茎秆;镁百分含量依次为叶柄>叶片>荚皮>茎秆>籽粒。随着生育时期的推移,大豆茎秆和籽粒中钙百分含量逐渐降低,叶片和叶柄中钙的

表4 大豆钙和镁积累总量的比较

Table 4 Comparison on the total Ca and Mg accumulations of soybeans/kg·hm⁻²

性状 Trait	施肥水平 Fertilizer level	L11			平均 Mean	L14			平均 Mean
		D1	D2	D3		D1	D2	D3	
钙 Ca	F1	132.1	249.1	18.26	188.0	170.6	252.8	182.9	202.1
	F2	137.8	237.7	274.6	216.7	165.3	192.0	220.3	192.6
	F3	154.8	209.0	222.9	195.6	120.2	260.5	209.1	196.6
	平均 Mean	141.6	232.0	226.7	200.1	152.0	235.1	204.1	197.1
镁 Mg	F1	46.2	88.6	76.5	70.4	65.4	112.0	80.3	85.9
	F2	51.5	87.6	133.1	90.7	55.3	70.9	81.8	69.3
	F3	60.0	80.1	126.2	88.7	47.9	93.0	88.7	76.5
	平均 Mean	52.6	85.4	111.9	83.3	56.2	92.0	83.6	77.3

钙和镁积累总量均为 2006 年~2007 年的平均值

Values of total Ca and Mg accumulation is the average of 2006~2007

百分含量始粒期以前呈下降趋势,始粒期以后呈增加趋势,荚皮中钙百分含量随着生育时期推移波动较小。大豆各器官镁的百分含量在始花期最高,在盛荚期最低。和辽豆 11 相比,辽豆 14 各器官钙和镁的百分含量均高于辽豆 11。除籽粒外,其他器官钙和镁绝对含量积累高峰均出现在鼓粒末期。辽豆 14 在施肥水平为 F3、种植密度为 D2 处理中钙积累总量最高,在施肥水平为 F1、种植密度为 D2 处理中镁积累总量最高。

Scott 和 Brewer 提出不论是在营养生长期还是在生殖生长期,大豆对养分的吸收都是持续不断的假设^[24]。结果表明:始粒期以前大豆各器官钙百分含量均呈下降趋势,始粒期以后,叶片和叶柄中钙百分含量呈上升趋势,部分验证了这个假设。Karlen 等研究表明:生殖生长前期叶片和叶柄中钙的百分含量呈下降趋势,之后呈增加趋势^[12],试验结果与 Karlen 结论一致。超高产大豆辽豆 14 整个生育期钙的百分含量以叶片最高,其次是叶柄,镁的百分含量以叶柄最高,其次是叶片,其中叶片和叶柄中钙和镁的百分含量相差不大,这与 Karlen 等和乔玉梅等的研究结论一致^[12-13]。Smiciklas 等研究表明:鼓粒期干旱胁迫可以导致籽粒中钙含量下降^[6]。2007 年开花~鼓粒期(7 月~8 月)的月平均降雨量比 2006 年共增加了 19 mm,但是,两年鼓粒期籽粒中钙含量差异不大,可能是由于年份间降雨量差异较小、降雨强度较大和持续时间较短导致本试验结论与 Smiciklas 等的研究结论不一致。超高产大豆辽豆 14 植株镁的百分含量在整个结荚期呈上升趋势,结荚期以后叶片和叶柄衰老脱落,植株镁的百分含

量开始下降。如果在生殖生长后期对植株进行灌溉可以延缓叶片和叶柄衰老时间^[12],保证超高产大豆营养器官中充足的养分合成,利于更多的养分向生殖器官转移。

2007 年开花~鼓粒期充足的降雨延迟了超高产大豆辽豆 14 干物质积累峰值出现时间,致使其钙和镁绝对含量峰值出现的时间延后,和 2006 年相比,2007 年辽豆 14 各器官的钙和镁绝对含量在成熟期均较高,而辽豆 11 随着气象条件的变化较小,说明超高产大豆辽豆 14 在雨水较丰沛的条件下更能发挥其优势,增加植株体内养分含量的积累。

参考文献

- [1] 张文吉,张军,刘峰,等. Ca²⁺ 与植物抗旱性的关系[J]. 植物学通报,2001,18(4):473-478. (Zhang W J, Zhang J, Liu F, et al. The relationship between Ca²⁺ and drought-resistance in plants [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2001, 18(4):473-478.)
- [2] Walker C J, Werinstein J D. Further characterization of the magnesium chelatase in isolated developing cucumber chloroplasts[J]. Plant Physiology, 1991, 95:1189-1196.
- [3] Peters J S, Berkowitz G R. Studies on the system regulating proton movement across the chloroplast envelope[J]. Plant Physiology, 1991, 95:1229-1236.
- [4] 夏剑秋,张毅方. 大豆中主要营养成分和微量元素的功能作用[J]. 中国油脂,2007,32(1):71-73. (Xia J Q, Zhang Y F. Function of the main nutritious components and trace elements in soybean[J]. China Oil, 2007, 32(1):71-73.)
- [5] 张瑞朋,张玉先. 大豆钙营养研究进展[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2004,16(2):26-29. (Zhang R P, Zhang Y X. Advances in calcium nutrition in soybean[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2004, 16(2):26-29.)

- [6] Smiciklas K D, Carlson R E, Knapp A D. Drought-induced stress on soybean seed calcium and quality[J]. Crop Science, 1989, 29(6):1519-1523.
- [7] 王晶英, 张兴梅, 李国兰. 钙对大豆生长及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(1):60-62. (Wang J Y, Zhang X M, Li G L. Effects of Ca^{2+} on soybean growth and yield[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2004, 26(1):60-62.)
- [8] 郎漫, 刘元英, 彭显龙, 等. 不同氮肥用量下镁对大豆碳氮代谢的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(2):48-57. (Lang M, Liu Y Y, Peng X L, et al. Effects of magnesium on carbon and nitrogen metabolism of soybean at different nitrogen levels[J]. Soybean Science, 2006, 25(2):48-57.)
- [9] Raboy V, Dickinson D B, Below F E. Variation in seed total phosphorus, phytic acid, calcium, magnesium and protein among lines of *Glycine max* and *G. soja* [J]. Crop Science, 1984, 24(3):431-434.
- [10] Hanway J J, Weber C R. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* L.) plants as influenced by N, P and K fertilization[J]. Agronomy Journal, 1971, 63(1):263-266.
- [11] Terman G L. Yields and nutrient accumulation by determinant soybeans as affected by applied nutrients [J]. Agronomy Journal, 1977, 69(1):234-238.
- [12] Karlen D L, Hunt P G, Matheny T A. Accumulation and distribution of K, Ca and Mg by selected determinate soybean cultivars grown with and without irrigation[J]. Agronomy Journal, 1982, 74(2):347-354.
- [13] 乔玉梅, 蒋文春, 谢甫绋, 等. 不同年代育成大豆品种钙的营养差异研究[J]. 大豆科学, 2007, 26(4):521-527. (Qiao Y M, Jiang W C, Xie F T, et al. Comparison on calcium content of soybeans released in various decades[J]. Soybean Science, 2007, 26(4):521-527.)
- [14] Mullins G L, Burmester C H. Uptake of calcium and magnesium by cotton grown under dryland conditions [J]. Agronomy Journal, 1992, 84(4):564-569.
- [15] Jacques G L, Vanderlip R L, Whitney D A. Growth and nutrient accumulation and distribution in grain sorghum I Dry matter production and Ca and Mg uptake and distribution [J]. Agronomy Journal, 1975, 67(5):607-611.
- [16] Karlen D L, Whitney D A. Dry matter accumulation, mineral concentrations and nutrient distribution in winter wheat[J]. Agronomy Journal, 1980, 72(2):281-288.
- [17] 王秀敏, 谢令琴, 刘艳苏, 等. 原子吸收光谱法测定小麦品种籽粒中钾钠钙镁的含量[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(4):90-92, 97. (Wang X M, Xie L Q, Liu Y S, et al. Determination of the potassium, sodium, calcium and magnesium contents in wheat seeds by atomic absorption spectroscopy[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2003, 26(4):90-92, 97.)
- [18] Hallock D L, Martens D C, Alexander M W. Distribution of P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn and Zn in peanut lines near maturity[J]. Agronomy Journal, 1971, 63(2):251-256.
- [19] Pietz R I, Peterson J R, Hinesly T D, et al. Sewage sludge application to calcareous strip-mine soil I. Effect on corn yields and N, P, K, Ca and Mg compositions[J]. Journal of Environment Quality, 1982, 11(4):685-689.
- [20] 崔彦宏, 张桂银, 郭景伦, 等. 高产夏玉米钙的吸收与再分配研究[J]. 河北农业大学学报, 1994, 17(4):31-35. (Cui Y H, Zhang G Y, Guo J L, et al. Accumulation and partitioning of Calcium by corn[J]. Journal of Hebei Agricultural University, 1994, 17(4):31-35.)
- [21] 宋书宏, 王文斌, 孙恩玉, 等. 大豆单产 327.2 公斤研究初报[J]. 大豆通报, 2001, 2:7, 23. (Song S H, Wang W B, Sun E Y, et al. Preliminary study on soybean with yield of 327.2 kg[J]. Soybean Bulletin, 2001, 2:7, 23.)
- [22] 牛森. 作物品质分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992:68-73. (Niu S. Crop quality analysis [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1992:68-73.)
- [23] Fehr W R, Caviness C E, Burmood D T, et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill [J]. Crop Science, 1971, 11:929-931.
- [24] Scott H D, Brewer D W. Translocation of nutrients in soybeans[J]. Soil Science Society of American Journal, 1980, 44:566-569.

(上接第 45 页)

- [16] 韩天富, 马凤鸣, 马秀峰, 等. ABT 生根粉对大豆内源激素含量和农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 1994, 13(2):121-126. (Hang T F, Ma F M, Ma X F, et al. The effect of ABT growth promoter on the contents of endogenous and agronomic characteristics in soybean[J]. Soybean Science, 1994, 13(2):121-126.)
- [17] 李玉梅, 李建英, 王根林, 等. 水分胁迫对大豆幼苗叶片内源激素的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4):628-636. (Li Y M, Li J Y, Wang G L, et al. Studies on mechanism of endogenous hormones in soybean seedling under water stress[J]. Soybean Science, 2007, 26(4):628-636.)
- [18] 冯乃杰, 郑殿峰, 张明才, 等. 化控种衣剂对大豆幼苗侧根原基的发生和内源激素含量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1):272-300. (Feng N J, Zheng D F, Zhang M C, et al. Chemical control seed coating impacting upon initiation of soybean lateral root anlage and contents of endogenous hormone[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(1):272-300.)