植物营养与肥料学报 2002,8(4):473～477
Plant Nutrition and Fertilizer Science

外源稀土元素对花生增产效应的机理研究

劳秀荣,王文祥,李燕婷,郝艳如
(山东农业大学资环学院,山东泰安 271018)

摘要:通过砂培和田间小区试验以及电子显微技术,研究了外源稀土对花生的增产机理。结果表明,适宜浓度稀土浸种花生不仅提高了叶绿素含量和光合强度,而且还促进了叶细胞叶绿体的生长发育,使叶绿体结构完整、排列整齐,基粒片层数增多,紧密度高,从而有利于光能的吸收和转化,提高荚果产量。浸种花生各器官中稀土元素分布为:根> 叶> 茎 >果壳 >果仁;总吸收量为:叶> 根> 果壳> 果仁。

关键词:稀土元素; 花生; 超微结构
中图分类号:TQ449;S565.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2002)04-0473-05

Mechanism of rare earth on the effect of increase yield of peanut

LAO Xiu-rong, WANG Wen-xiang, LI Yan-ting, HAO Yan -ru
(*College of Resources and Environment, Shandong Agric. Univ., Taian 271018, China*)

Abstract: Pot and field experiments were conducted to study the mechanism of rare earth (RE) on effect of increase peanut yield. Results showed that the peanut seeds soaked with the suitable rare earth concentration, not only increased chlorophyll content and photosynthetic intensity, but also chlorophyll in leaf cell enhanced. The chloroplastid texture intact, and the amounts of basal granule lamella increased with tight arrangement, and improved the absorption and transformation of light and energy. The distribution of rare earth in peanut order was root>leaf> stem> shell>pome; and the amounts of absorption order was leaf>root> stem>shell>pome.

Key words: rare earth; peanut; ultrastructre

稀土(RE)元素是对农作物生长起一定作用的有益元素[1,2]。诸多研究表明,适量稀土元素能促进花生种子萌发、根系生长和提高根系活力及根瘤菌数量[3],增加叶面积、叶绿素含量和光合能力[4],促进无机养分的吸收与转化,从而提高荚果的产量和质量[5,6]。但稀土对花生增产机理方面的研究相对较少。为此,1993～1998 年,结合室内模拟和田间小区试验,在探索稀土对花生施用技术规范的基础上,重点研究了稀土浸种花生对叶绿素含量、光合强度、光合生物总量等影响,并应用电镜观察技术,对砂培浸种花生叶肉细胞进行超显微结构观察,以揭示稀土对花生的生物效应本质,为山东花生生产上应用稀土提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验设在山东省沂源县南麻镇。田间小区试验土壤为花岗片麻岩母质发育的粗骨棕壤,砂质土,其有机质含量为 0.86%,碱解 N 37.32 mg/kg,Olsen- P 8.6 mg/kg,NH_4OAc-K 134.2 mg/kg,可溶性稀土 16.3 mg/kg,pH 6.81。供试硝酸稀土为河南省商丘市微肥厂生产的"农乐"牌混合稀土硝酸盐,含 38% RE_2O_3。供试花生(*Arachis hypogaea*)品种为海花 37。

1.1.1 砂培试验　试验用盆为直径 10cm,石英砂粒径为 2 mm,去杂质,盐酸浸泡过夜,自来水洗净,蒸馏水漂洗至 pH 7,烘干备用。挑选大小一致无病害的花生种,经消毒处理后,分别用清水(对照),100,500,1000 mg/kg 的硝酸稀土浸种 15h,捞出晾干,每皿播种 5 粒,在室温 25～26℃,每天光

收稿日期:2001-08-30
基金项目:山东省科委 91-11(1)项目资助。
作者简介:劳秀荣(1946—),女,山东省东营市人,副教授,主要从事植物营养与肥料方面的研究。

照12～14 h条件下培养。供测定叶绿素含量、净光合强度、显微观察等用。

1.1.2 田间小区试验 选择肥力均匀,地势平坦的地块,播种、施肥及田间管理等条件一致。试验设:CK(清水浸种)和稀土硝酸盐溶液浓度为100、500、1000、1500 mg/kg浸种等5个处理,小区面积20m^2,随机排列,3次重复。花生经选种,消毒处理后,分别用上述溶液浸种15h,捞出晾干后播种。每穴2粒,12.25万穴/hm^2。各生育期进行田间观察记载生长势和经济性状等;收获期单打单收计产。分别在幼苗期、花针期、盛果期和收获期采样,测定叶绿素含量、光合强度、干生物积累量及各器官稀土含量等指标。

1.2 分析测定方法

叶绿素含量:用丙酮提取,752C型分光光度计比色测定[8];净光合强度:用pH比色法测定[8];稀土元素含量:用对马尿偶氮氯膦(CPA-PHA)光度法测定花生各器官中稀土含量[10]。

电镜观察:取砂培试验生长20d的花生叶片,洗净后先用3.5%戊二醛进行前固定,1%锇酸进行后固定,再用砷酸缓冲液冲洗梯度,乙醇梯度脱水;用EPON 812树脂浸泡包埋,LKB-V型超薄切片机切片,醋酸双氧铀—柠檬酸铅双染色,然后用日本产JEOL-1 200EX透射电镜进行细胞超微结构观察[9],并拍照。

2 结果与分析

2.1 稀土浸种对花生叶绿素和光合作用的影响

稀土浸种可提高花生叶绿素的含量,以500 mg/kg稀土处理叶绿素含量最高,但随稀土浓度升高,叶绿素含量又有所降低。500mg/kg稀土浸种,砂培试验幼苗期叶绿素较对照提高12.74%;田间试验幼苗期叶绿素较对照提高16.4%,花针期提高14.6%,盛果期提高16.5%(表1)。田间试验结果还看出,同一浸种浓度,以花针期叶绿素含量最高。表1还看出,不同浓度稀土浸种花生对光合强度的影响。不论是砂培还是田间小区试验,稀土对增强花生光合强度的总趋势与叶绿素含量相似,以500mg/kg稀土浸种效果最好。但随着稀土浓度的提高,净光合强度又有所下降。可见适宜浓度的稀土浸种,可提高花生叶绿素含量和增强光合作用,为光合生物量的积累提供物质基础。

表1 稀土浸种对花生叶绿素含量和净光合强度的影响

Table 1 Effect of RE soaked seeds on chlorolphyll content and net photosynthetic intensity of peanut

生育期 Growth stage	稀土浓度 Concentration of RE(mg/kg)									
	CK		100		500		1000		1500	
	含量 Cont. (mg/g)	增加 Inc. (%)	含量 Cont. (mg/g)	增加 Inc. (%)	含量 Cont. (mg/g)	增加 Inc. (%)	含量 Cont. (mg/g)	增加 Inc. (%)	含量 Cont. (mg/g)	增加 Inc. (%)
	叶绿素含量 Chlorolphyll content (mg/g, FW)									
盆栽试验 Pot exp:										
幼苗期 Seedling	2.59	–	2.76	6.56	2.92	12.74	2.69	3.86	–	–
田间试验 Field exp:										
幼苗期 Seedling	3.42	–	3.86	12.86	3.98	16.40	3.73	9.06	3.65	6.73
花针期 Flowering	3.70	–	4.11	11.10	4.24	14.60	4.07	10.00	3.82	3.20
盛果期 Podding	3.43	–	3.69	7.58	4.01	16.91	3.82	11.37	3.63	5.83
	净光合强度 Net photosynthetic intensity (CO_2 mg·dm^{-2}·h^{-1})									
盆栽试验 Pot exp:										
幼苗期 Seedling	2.66	–	3.08	15.79	3.34	21.80	3.01	13.16	–	–
田间试验 Field exp:										
幼苗期 Seedling	3.25	–	3.54	8.92	3.86	18.77	3.77	16.00	3.62	4.10
花针期 Flowering	3.81	–	4.17	9.45	4.38	14.96	4.25	11.55	4.10	7.61
盛果期 Podding	3.43	–	3.69	7.58	4.01	16.91	3.82	11.37	3.63	5.63

2.2　稀土浸种对花生叶片超微结构的影响

利用电子显微镜对稀土浸种花生(砂培)叶肉细胞超微结构进行观察结果(图 1)看出，100 mg/kg 稀土浸种，花生叶肉细胞内叶绿体数量相对增多，结构完整，且均匀紧密而有规则的排列在细胞边缘；而清水浸种(对照)花生叶肉细胞内叶绿体数量较少，且排列杂乱无序。说明稀土浸种花生促进了叶绿体的发育，叶片利用和转化光的效率明显高于对照。同时，对照组叶绿体中灰白色小油脂明显多于稀土浸种组，说明稀土浸种促进花生种子中脂肪的转化，有利于同化产物的合成与转运，从而促进花生的营养生长，也为后期的生殖生长奠定基础。

图 2 显示，100 mg/kg 稀土浸种花生叶绿体中基粒片层数较对照明显增多，且基粒片层排列紧密度也明显增高，说明稀土浸种后，增加了花生叶细胞光合强度，提高合成光合产物的能力。叶显微结构也充分证明稀土增加叶绿素含量和净光合强度。

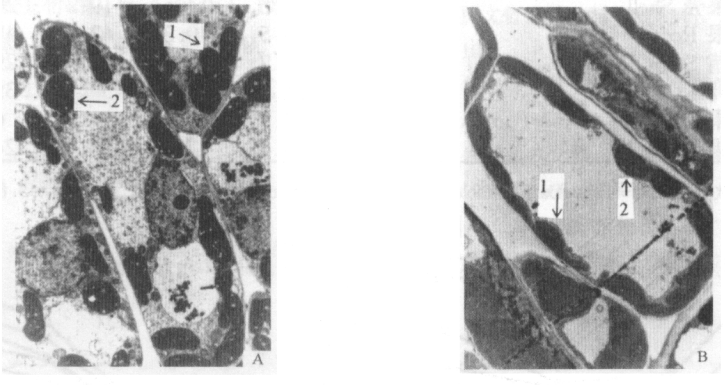

图 1　对照 (A) 和 100mg/kg 稀土 (B) 处理花生叶肉细胞的超微结构 (×4000)

Fig. 1　Ultrastructure of mesophyll cell of peanut with CK (A) and 100mg/kg RE (B) treatments

(1 叶绿体 Chloroplastid；2 油脂颗粒 Oil cell)

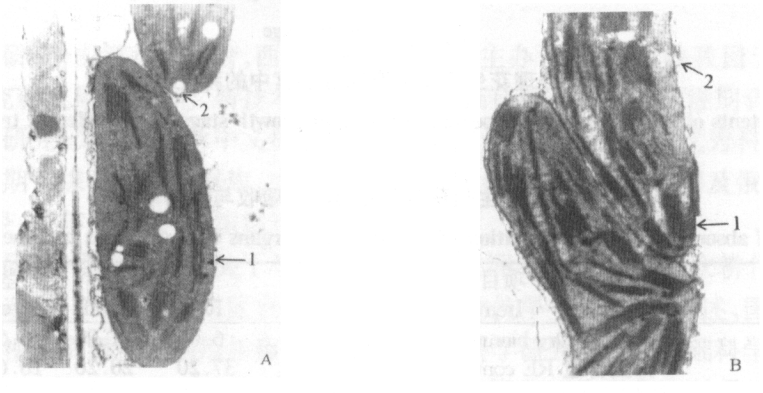

图 2　对照 (A) 和 100mg/kg 稀土 (B) 处理花生叶肉细胞中叶绿体的超微结构 (×20000)

Fig. 2　Ultrastructure of Chloroplastid in mesophyll cell of peanut with CK (A) and 100mg/kg RE (B) treatments

(1 基粒片层 basal granule lamella；2 油脂颗粒 Oil cell)

2.3　浸种对花生吸收稀土元素的影响

不同浓度的稀土元素浸种花生，各器官中稀土元素含量见表 2。大田试验表明，不同生育期各器官中稀土含量与浸种浓度呈显著的正相关，果壳和根的相关性最好，茎叶稍差。经 t 检验，达到差异显著水平。

花生不同生育期各器官中稀土元素变化动态(图 3)表明，浸种花生，幼苗期根中稀土含量最高，而花针期根中含量最低，随花生的生长，稀土含量有上升。幼苗期由根输送到茎叶中稀土量较低，但随其不断生长，茎叶中稀土含量又大幅度上升，收获期达高峰。根中稀土含量顺序为幼苗期＞收获期＞盛果期＞花针期；茎叶为收获期＞盛果期＞幼苗期＞花针期；果壳和果仁是收获期＞盛果期。

表 2 不同稀土浓度浸种花生各器官稀土元素含量(mg/kg)

Table 2 RE contents in organs of peanut with different concentration treatment

取样时期(d/mon) Sampling date	器官 Organs	稀土浓度 Concentration of RE (mg/kg) CK	100	500	1000	1500	r	t
幼苗期 Seedling (28/5)	根 Root	27.9	32.6	42.1	54.1	60.0	0.9877	10.90
	茎叶 Stem and leaf	13.5	14.8	16.6	17.5	19.8	0.9786	8.42
花针期 Flowering (21/6)	根 Root	28.3	29.6	31.8	34.1	41.5	0.9692	6.82
	茎叶 Stem and leaf	13.4	13.8	14.6	15.1	15.8	0.9857	10.10
盛果期 Podding (25/7)	根 Root	28.7	33.7	35.6	39.1	40.2	0.7187	1.79
	茎 Stem	11.8	12.6	14.0	17.7	19.7	0.9939	15.60
	叶 Leaf	18.8	24.5	24.5	26.8	30.0	0.8956	3.49
	果仁 Pome	1.8	2.1	2.2	3.6	5.5	0.9634	6.22
	果壳 Shell	12.5	13.5	14.5	19.2	20.6	0.9797	8.46
收获期 Maturity (1/9)	根 Root	37.2	38.5	40.3	42.7	48.4	0.9795	8.42
	茎 Stem	18.6	19.7	24.5	25.6	29.9	0.9765	7.85
	叶 Leaf	20.2	25.2	28.1	30.1	35.1	0.9528	5.44
	果仁 Pome	2.7	2.9	3.1	4.8	6.2	0.9763	7.81
	果壳 Shell	14.5	15.4	17.6	20.9	24.5	0.9990	38.70

注(Note):表中数值都是三次重复的平均值。Data in table is average of 3 replications. $t_{0.05}=4.54$; $t_{0.01}=5.84$.

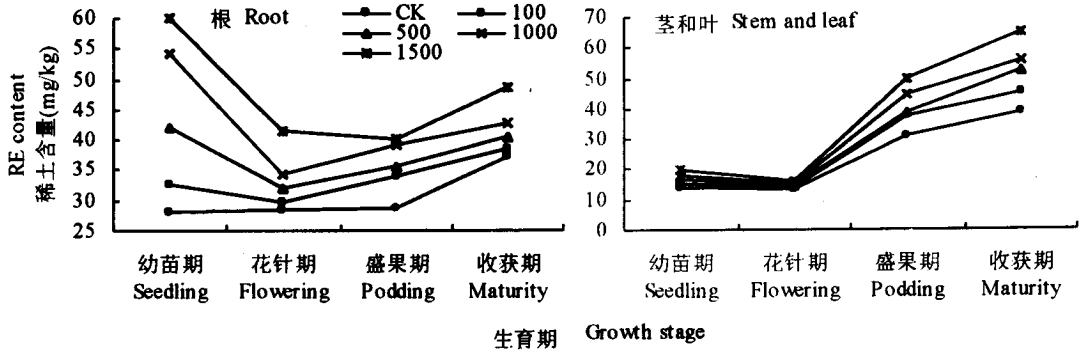

图 3 不同处理花生不同生育期各器官中的稀土含量

Fig. 3 Contents of RE of organics of peanut at different growth stages with different treatments

表 4 不同处理花生收获期各器官稀土吸收与积累动态

Table 4 Dynamics of absorption and accumulation of RE in peanut organs with different treatment at mature stage

稀土浓度 (mg/kg) RE concentration	项目 Item	根 Root	叶 Leaf	茎 Stem	果壳 Shell	果仁 Pome
CK	干物质 Dry biomass (g/plant)	6.00	11.00	6.50	3.45	8.05
	稀土含量 RE content (mg/kg)	37.20	20.20	18.60	14.50	2.70
	稀土吸收量 RE uptake(mg/plant)	0.22	0.22	0.12	0.05	0.02
	稀土吸收率 RE uptake rate (%)	34.95	34.80	18.97	7.84	3.45
100	干物质 Dry biomass (g/plant)	6.72	11.00	9.00	3.75	8.75
	稀土含量 RE content (mg/kg)	38.50	25.20	19.70	15.40	2.90
	稀土吸收量 RE uptake(mg/plant)	0.26	0.28	0.18	0.06	0.03
	稀土吸收率 RE uptake rate (%)	32.54	34.80	22.24	7.29	3.14
500	干物质 Dry biomass (g/plant)	8.70	13.00	9.78	5.55	12.95
	稀土含量 RE content (mg/kg)	40.30	28.10	24.50	17.60	3.10
	稀土吸收量 RE uptake(mg/plant)	0.35	0.37	0.24	0.10	0.04
	稀土吸收率 RE uptake rate (%)	32.11	33.29	21.96	8.87	3.66
1000	干物质 Dry biomass (g/plant)	7.80	12.90	9.40	5.24	12.22
	稀土含量 RE content (mg/kg)	42.70	30.10	5.60	20.90	4.80
	稀土吸收量 RE uptake(mg/plant)	0.33	0.39	0.24	0.11	0.06
	稀土吸收率 RE uptake rate (%)	29.44	34.31	21.31	9.73	5.22
1500	干物质 Dry biomass (g/plant)	7.24	10.90	7.50	3.57	8.33
	稀土含量 RE content (mg/kg)	48.40	35.10	29.90	24.50	6.20
	稀土吸收量 RE uptake(mg/plant)	0.35	0.38	0.22	0.09	0.05
	稀土吸收率 RE uptake rate (%)	31.93	34.95	20.44	7.94	4.77

由不同浓度稀土浸种花生收获期各器官干物重、稀土吸收量和吸收率(表 4)可知,浸种花生各器官中稀土的含量与积累稍有差异,即含量的基本特点是根>叶>茎>果壳>果仁;而吸收量是叶>根>茎>果壳>果仁。根是花生吸收稀土的主要器官,有 30%以上的稀土积累于根中,而运转于地上部分的稀土,有 25%～34%积累于叶中,20%积累于茎中, 5%以下积累于果仁中。可见,对于食用器官的果仁,按照食品卫生标准,食入花生仁按每日每人 50 g 推算,摄入的稀土元素最高量为 0.3mg,比限量的最低标准 5mg 还低 10 多倍[1],因此食用是安全的。

参 考 文 献:

[1] 郭伯生. 农业中的稀土[M]. 北京:中国农业科技出版社,1988. 2-10,257-262.

[2] 劳秀荣. 稀土农用研究与应用展望[J]. 山东农业大学学报,1995,26(2):257-262.

[3] 劳秀荣. 浸种花生稀土元素分布规律研究[J]. 稀土,1996,17(5):63-65.

[4] 张礼凤. 稀土在花生上应用效果与使用技术研究简报[J]. 花生科技,2000,(2):23-25.

[5] 熊炳昆. 稀土农林研究与应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2000. 96-114,190-192.

[6] 劳秀荣. 山东省稀土农用研究与应用展望[J]. 土壤通报,1998,29(5):227-228.

[7] 贾文竹. 稀土与农业[M]. 北京:中国农业出版社,1998. 86-100.

[8] 华东师大植生室. 植物生理学实验指导[M]. 北京:人民教育出版社, 1980. 88-101.

[9] 朱尼珀 B E,等. 植物电子显微镜技术[M]. 北京:科学出版社,1997. 38-68.

[10] 魏幼章. 测定植物和土壤中稀土元素的新方法[J]. 浙江农业大学学报,1988,14(3):251-256.