植物营养与肥料学报 2001,7(2):205～210
Plant Nutrition and Fertilizer Science

受钙影响的花生生殖生长及种子素质研究

周　卫,林　葆
(中国农业科学院土壤肥料研究所,北京,100081)

摘要:采用砂培试验结合电子探针等分析方法研究受钙影响的花生生殖生长及种子素质。结果表明,低钙导致花生花粉外观变形,花粉壁松弛,淀粉粒小而稀少;电子探针下花生壁K峰升高,Ca、P、S和Si峰降低,从而影响花粉活力。在一定供钙范围,花生总花数、可育花数及产量随供钙增加而增加,影响总花数临界供钙水平为0.6cmol(+)/kg;影响可育花数及产量的临界供钙水平平均为1.2(+)/kg。花生种子钙含量与供钙水平呈显著直线相关,其直接影响种子发芽率和出苗率。95%以上的花生发芽率和出苗率分别要求种子钙含量不低于235和278mg/kg。

关键词:钙;花生;生殖生长;种子素质
中图分类号:Q945.12;S565.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2001)02-0205-06

花生荚果所需钙素90%以上来自果针(或荚果)从介质中直接吸收[1,2],土壤供钙不足对营养生长影响较小,主要是导致花生空壳[3]。缺钙在影响到地下部荚果形成之前,是否已直接影响到地上部花粉发育,其程度及机理如何,迄今尚未见报道;供钙对花生种子钙含量与素质的影响,尤其是二者的关系亦少见系统的研究信息。上述问题的深入研究,对于理论上深化对钙素营养生理功能及其行为的认识,实践上为全面提供花生钙素营养,提高种子素质有重要意义。

1　材料与方法

1.1　砂培试验

将黄砂过1.0mm筛,经洗去泥土,3%盐酸浸泡并洗净后用于试验。分别设置0.05、0.1、0.2、0.4、0.8、1.0、1.2、1.6和2.0cmol(+)/kg等10种施钙水平(完全缺钙时花生不能进入生殖生长,故未设置该处理),模拟土壤供钙。以硝酸钙作钙源。

瓦氏盆装砂9kg,各处理均施N 0.28g/kg,P 0.1g/kg,K 0.2g/kg,氮素不足部分由NH_4NO_3补充,每kg砂还加入$MgSO_4$ 0.4g及阿农微量元素混合液1.5mL。

5月初,选取生长相对一致的花生(大粒型,鲁花10号)幼苗进行移栽,每盆4株,重复4次,无离子水浇灌。花生开花期间取花粉作电镜观察及电子探针分析,调查花可育状况。9月下旬收获后考察产量及种子钙含量,部分种子用于发芽出苗试验。

1.2　扫描电镜观察及电子探针分析

将施钙水平2.0和0.05cmol(+)/kg分别作为高钙和低钙处理,于花生幼蕾膨大,萼片微裂时(即开花前的傍晚,此时,花粉已成熟,但未受粉)取二者花粉样品,风干,经高真空蒸发仪喷金后,作扫描电镜观察,并在EDAX-9100型X-射线能谱仪上记录花粉壁Ca,K,S及P峰值。

收稿日期:1999-11-06
作者简介:周卫(1966—),男,江西湖口人,博士,副研究员,主要从事中量元素和重金属元素研究。
本试验在农业部植物营养重点实验室完成。

1.3 透射电镜观察

按扫描电镜样品采取方法取样。用0.1mol/L K_2HPO_4 配制的2%乙醛,2%焦锑酸钾和0.1%单宁酸初固定16h后,再用0.1mol/L K_2HPO_4 配制的2%的锇酸后固定3h,丙酮系列脱水,Epon 812包埋,切成厚度为50nm超薄切片。用日立-500型电子显微镜观察和摄影,电压60kV。

1.4 花生总花数与可育花数调查

自始花期始,每盆随机选取2株,即每处理8株花生,用于考察花生单株总花数及可育花数。以可形成子房柄的花属可育花,计算可育花占总花数的百分率。

1.5 花生收获考种与种子钙含量测定

各处理以盆为单位考察花生产量,并考察各处理出仁率及相对产量。各处理任取部分种子,烘干、碾碎,经 NHO_3-$HClO_4$-H_2SO_4 混合消化后,原子吸收分光光度计测定钙含量。

1.6 不同钙含量种子的发芽与出苗试验

取上述各处理花生种子,每处理一般50粒,40℃水中浸泡3h后用于发芽和出苗试验。将种子整齐排列在湿润的滤纸上,在温度25℃,相对湿度在100%条件下培养,5d后统计发芽数[4]。随后,将已进行发芽试验各处理种子移入石英砂盆,置于温室培养,3周后统计出苗数[4]。

2 结果与分析

2.1 钙对花粉发育的影响

扫描电镜下,高钙处理花生花粉外观呈均匀椭球状(图1A),透射电镜下,其横切面呈圆形,内含物丰富,淀粉粒大(图1E),表明花粉发育完好;与之比较,低钙处理花粉外观略有变形,呈不规则圆柱状(图1B),其横切面松弛,以至呈椭圆形,内含物稀少,淀粉粒少而小(图1F)。表明低钙可引起花粉壁松弛,内含物减少,这将直接影响到花粉的萌发乃至受精过程及其生命活力。

为探讨花粉畸变及内含物变化机理,对花粉壁进行电子探针分析。结果显示,与高钙处理比较,花粉壁K峰较高,而Ca,S,P及Si峰较弱。表明低钙已导致花粉壁营养元素失调,由于Ca,Si对细胞壁具有稳定作用,该2种元素含量的下降及K峰的增加是导致花粉壁变形松弛的主要原因。低钙可进一步引起代谢改变,其导致含P,S等有机物组成变化,花粉壁P及S元素的下降似乎对花粉内含物含量的减少是某种预示。

2.2 供钙水平对花生总花数及可育花数的影响

供钙水平对花生总花数有一定影响。由表1可见,供钙0.05cmol(+)/kg,单株总花数最低,仅为28,随供钙增加,总花数增加;供钙0.6cmol(+)/kg,总花数达68,此后再增加供钙,单株总花数增加不显著。若以相对最大总花数的80%作为临界供钙水平,可见影响花生总花数的临界供钙水平为0.6cmol(+)/kg。

单株可育花数及可育花率受供钙影响尤为明显。表1显示,供钙0.05cmol(+)/kg,单株可育花数最少,仅为3,可育花率为10.7%。随着供钙水平增加,可育花数及可育花率增加十分明显,供钙水平为1.0cmol(+)/kg时,单株可育花数达44,可育花率达55%,此后随供钙浓度增加而趋于稳定。若以相对最高可育花数的80%作为供钙临界值,则影响花生可育花数的临界供钙水平为1.2cmol(+)/kg。该临界值远大于影响单株总花数的临界值0.6cmol(+)/kg,说明花的育性较总花数对供钙水平高得多。

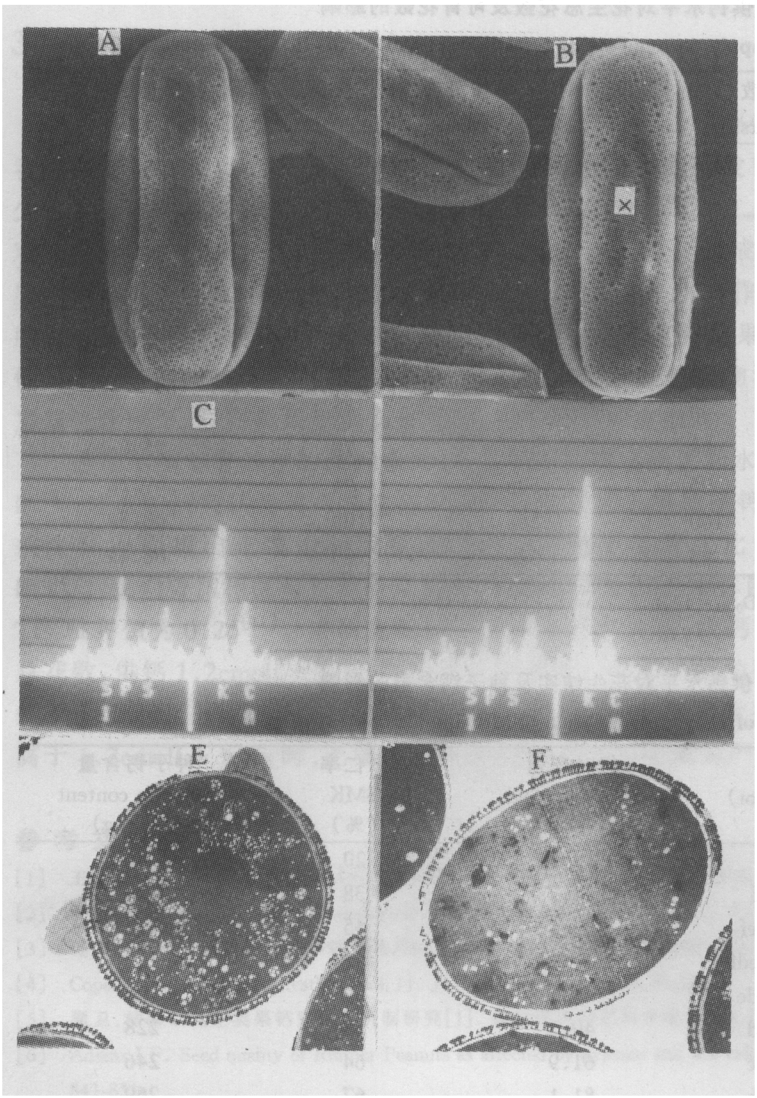

图 1　供钙水平对花生花粉发育的影响(A,B:×1000,E,F:×1600)

Fig.1　Effect of Ca supply on development of peanut pollen

A:高钙供应下花粉外观正常,呈椭球状;B:低钙供应下花粉变形,呈圆柱状;C:高钙供应下花粉壁 Ca、K、S、P 和 Si 峰较高;D:低钙供应下 K 峰较高,Ca、P、S 及 Si 峰较低;E:高钙供应下花粉壁正常,淀粉粒较大而多;F:低钙供应下花粉壁松弛,淀粉粒小而稀少(×为电子探针检测点)。

A:Ellipsoid shape of pollen was found with high Ca supply;B:Abnormal and cylinder shape of pollen was found with low Ca supply; C:Higher Ca, K,P,S and Si peaks of pollen wall with high Ca supply under X-ray microanalysis;D:Low Ca supply led to higher K peak, and lower Ca,P,Si and S peaks; E:Normal shape of pollen wall, and richer and bigger starch particles were observe with high Ca supply;F:Flaccid and expensive pollen wall, and smaller and sparse starch particles were observed with low Ca supply(×is the site for recording peaks).

2.3　供钙水平对花生结实及种子钙含量的影响

在供试施钙水平范围,花生产量随供钙量增加而增加,供钙 0.05cmol(+)/kg,产量仅为 12.8g/盆,而供钙 2.0cmol(+)/kg,花生产量可达 77.6g/盆。若以相对产量 80%作为临界点,则影响花生产量的临界供钙浓度为 1.2cmol(+)/kg(表 2)。

由表 2 还可看出,花生出仁率明显受供钙影响,在 0.05～1.0cmol(+)/kg 范围,花生出仁率随供钙增加而增加。供钙浓度为 0.05cmol(+)/kg 时,出仁率仅为 20%,供钙 1.0cmol(+)/kg,出仁率为 64%,此后增加供钙,出仁率趋于稳定。由于花生荚果可主动从介质吸钙[5],外界供钙状况明显影响到荚果钙素利用,因而缺钙导致出仁率下降,甚至发生空壳。供钙增加使出仁率增加是花生产量增加的重要原因之一。

供试供钙范围,种子钙含量(y,mg/kg)随供钙水平(x,cmol(+)/kg)增加而增加,二者呈极显著直线相关,其回归方程为:

$$y = 118.2 + 113.3x,$$

$$r = 0.9634^{***}。$$

表明增加供钙是提高种子钙含量的有效措施。

表1 供钙水平对花生总花数及可育花数的影响

Table 1 Effect of Ca supply on numbers of total flowers and fertile flowers of peanut

供钙水平 Ca supply cmol(+)/kg	单株总花数* Total No. of flowers per plant		单株可育花数** No. of fertile flowers per plant		可育花率*** Percentage of fertile flowers(%)
	绝对值 Absolute	相对值 Relative	绝对值 Absolute	相对值 Relative	
0.05	28e	34	3f	5	10.7e
0.1	40de	49	5ef	9	12.5e
0.2	55ed	67	8ef	14	14.5e
0.4	59bed	72	18de	32	30.5d
0.6	68abc	83	28cd	50	41.2cd
0.8	74abc	90	36bc	64	48.6bc
1.0	80a	98	44ab	78	55.0abc
1.2	78ab	95	54a	96	69.2a
1.6	82a	100	56a	100	68.3a
2.0	76ab	93	52a	93	68.4a

*$n=8, LSD_{0.05}=20.5$; **$n=8, LSD_{0.05}=14.6$; ***$n=8, LSD_{0.05}=15.6$

表2 供钙水平对花生结实及种子钙含量的影响

Table 2 Effect of Ca supply on yield, SMK and Ca content of peanut

供钙水平 Ca supply cmol(+)/kg	产量* Yield(g/pot)	相对产量 Relative yield (%)	出仁率 SMK (%)	种子钙含量 Seed Ca content (mg/kg)
0.05	12.8f	16.5	20	80
0.1	19.2ef	24.7	38	120
0.2	26.0def	33.5	45	158
0.4	31.2cedf	40.2	49	176
0.6	34.0cde	43.8	57	190
0.8	38.4cd	49.5	58	228
1.0	48.0bc	61.9	64	246
1.2	62.8ab	81.1	67	269
1.6	76.8a	99.0	66	295
2.0	77.6a	100.0	68	321

*$n=4, LSD_{0.05}=20.4$

2.4 受钙影响的花生种子素质

种子素质主要包括发芽率和成苗率两项指标[6]。利用不同供钙水平得到不同钙含量的种子进行发芽和出苗试验。结果表明,花生发芽率及成苗率随种子钙含量的增加而增加,二者之间可用二次方程拟合,其中发芽率(y_1)与钙含量(x)间的回归方程为:$y_1=-0.0038x^2+2.069x-174.53$, $R^2=0.8895$;出苗率(y_2)与钙含量间加归方程为:$y_2=-0.002x^2+1.4075x-144.63$, $R^2=0.9496$。95%以上的花生发芽率和成苗率分别要求种子钙含量不低于235mg/kg和278mg/kg。该结果与Adams结果相接近[6]。

3 讨论

由于钙在荚果形成中的重要地位及荚果形成时绝大部分钙素从介质直接吸收,故研究者将主要精力集中在荚果钙营养的研究,而对地上部花粉发育、花的数量及育性的研究较少。早有研究者指出,花粉萌发和生长取决于基质内的 Ca^{2+}。采用 Ca^{2+} 专性载体 A23187 对花粉管胞外空间和胞内分室之间进行干扰发现,生长区域成带现象被扰乱,分泌囊在细胞质中分布极为混乱,花粉关端部生长受抑制,进而推知 Ca^{2+} 作用主要是形成胞内外 Ca^{2+} 梯度,以满足极性转移和具有质膜的分泌囊融合[7]。本研究结果则显示,早在花生受粉之前,低钙下花粉素质已受到损害,花粉壁松弛,供萌发用的贮备物淀粉粒稀少且变小。可见,严重缺钙条件下,早在荚果受到伤害之前,花粉已严重受损。

表征土壤钙有效性的指标众多,既有采用土壤交换钙和水溶钙,又有利用酸溶钙含量诊断[8];还有的研究认为钙与其它离子的平衡状况比土壤交换钙含量能更好地表征土壤钙有效性[9],从而提出土壤饱和浸提液钙离子阳离子总量之比(Ca/TC)可用于钙素营养诊断[10]。我们曾用相关与校验研究得出,花生钙营养的土壤诊断指标是土壤饱和浸提液 Ca/TC,临界值为 0.25[11]。本研究模拟土壤供钙结果发现,供钙 0.6cmol(+)/kg 可影响花生总花数,供钙 1.2cmol(+)/kg 则影响可育花数。联系以前的研究可以得出,当土壤钙含量低于 1.2cmol(+)/kg 时,钙主要通过影响总花数或可育花数控制花生产量;当土壤钙含量高于 1.2cmol(+)/kg 时,土壤饱和浸提液 Ca/TC 可能成为产量的限制因子。

参 考 文 献:

[1] 王在序. 花生对钙素营养物质吸收运输分配特点的研究初报[J]. 花生科技,1983,(2):6-12.

[2] Beringer H *et al*. ^{45}Calcium absorption by two cultivars of groundnut[J]. Expl. Agric., 1976,12:1-7.

[3] 孙彦浩. 花生钙营养特点和钙肥施用的研究概况[J]. 中国油料,1991,(3):81-82.

[4] Copeland L O. Rules for testing seed[J]. J. Seed Tech., 1981,6:30-113.

[5] 周卫,林葆. 花生荚果钙素吸收机制研究[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(1):44-51.

[6] Adams J F. Seed quality of Runner Peanuts as affected by gypsum and soil calcium[J]. J. Plant Nutri., 1991,14(8):841-851.

[7] Lauchli A *et al*. Encyclopedia of Plant Physiology[M]. Springer-Verlag, Berlin and New York, 1983.15B.

[8] 袁可能. 植物营养元素的土壤化学[M]. 北京:科学出版社,1983.222-260.

[9] Barber S A. Soil Nutrient Bioavailability[M]. New York, Wiley, 1984.259-274.

[10] Carter M R. Use of the calcium to total cation ratio in soil saturation extracts as an index of plant available calcium[J]. Soil Sci.,1990,149(4):212-217.

[11] 林葆, 周卫. 棕壤花生钙素营养诊断与施肥量问题的探讨[J]. 土壤通报,1997,28(3):127-131.

Study on reproductive growth and seed quality of peanut as affected by calcium supply

ZHOU Wei, LIN Bao
(*Soil and Fertilizer Institute, CAAS, Beijing, 100081, China*)

Abstract: Sandy culture experiment, combined with X-ray microanalysis, was used to investigate reproductive growth and seed quality of peanut as influenced by calcium supply. Results indicated that low Ca supply led to abnormal shape of peanut pollen, flaccid and expensive pollen wall , smaller and sparse starch particles. Higher K peak and lower Ca, S and Si peaks were found in pollen wall with low Ca supply under X-ray microanalysis, thus in turn make vigor of pollen reduced. Total numbers of flowers, the fertile flowers and yield increased with the increase of calcium supply. The critical Ca level of influencing total number of flowers was 0.6cmol(+)/kg, while both of those influencing fertile flowers and yield were 1.2cmol(+)/kg. The significant linear correlation existed between seed Ca content and Ca supply, and the germination and seedling survival of peanut seeds were influenced directly by seed Ca content, 235 mg/kg and 278mg/kg of seed Ca contents were requested for 95% of germination and seedling survival, respectively.

Key words peanut; calcium supply; reproductive growth; seed quality