

落花生の Ca 栄養に関する研究 第1報 莢実の生育に及ぼす Ca の影響

稲永醇二・長崎裕子*・堀口 毅・西原典則

(肥料学研究室)

昭和53年9月5日 受理

Role of Calcium in Fruiting of Peanut, *Arachis hypogaea*

1. Effect of Calcium on Fruit Growth

Shunji INANAGA, Yūko NAGASAKI*, Tsuyoshi HORIGUCHI and Tsunenori NISHIHARA

(Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizers)

緒 論

植物に対する Ca 欠乏の影響は果実, 種子, 貯蔵器官などにもみられ, トマトやスイカの尻腐れ病, リンゴの bitter pit, ソラマメ, エンドウ, 落花生などの胚の崩壊や子葉の未発育, サトイモの芽つぶれ現象, ジャガイモの奇形の発生などが報告されている^{11,13,23}。

一般に植物に Ca が不足したとき果実, 種子, 貯蔵器官などに Ca 欠乏の症状が発生しても, 栄養体に Ca 欠乏の症状が観察されることは少ない。このように果実, 種子, 貯蔵器官などに Ca 欠乏の症状が発生しやすいのは主に蒸散によって葉に Ca が転流しやすいこと¹³, Ca の植物体内における移動が著しく少ないことなどによるものと考えられる。果実, 種子, 貯蔵器官などの Ca 欠乏による生理病はこれらを収穫, 利用, 販売する農業にとって重要な問題であるにも拘らず, Ca のこれらに対する生理的役割に関する研究は植物の栄養体に対する研究に比して極めて少ない。

落花生は他の一般作物と同様に地上で開花, 授精するが, その後は子房柄が伸長し, 地中に侵入して子房柄や莢からも養分を吸収し^{1,2,6,24}, 地中で結実するという特殊な生態を示す作物である。このため落花生を根圏と結実圏に分離して栽培を行なうことにより, 植物体に Ca 欠乏を生じさせることなく莢実のみ Ca 欠乏を生じさせることができる。したがって, 種子などに対する Ca の生理的役割を研究するには落花生は

他の作物より有利な面をもっていると考えられる。

落花生は豆科植物であるため, 開墾地や荒地でよく栽培されてきたが, このようなところでは空莢の発生が多くなることが問題となっていた。そのため落花生の結実に関する研究は古くから行なわれ, 落花生が結実するためには暗黒, 水分, 酸素, 養分などが必要であること¹⁹, また土壤中の Ca 欠乏が空莢の発生の主な原因であることが多くの研究者によって明らかにされた^{3,4,7,8,14,17,25,26,27}。更に Brady⁹, Harris¹⁰, 水野¹⁵らは落花生を根圏と結実圏に分離して栽培し, 落花生の結実と無機養分との関係について詳細な研究を行ない, 根圏に Ca が供給されても, 結実圏に Ca が不足すると空莢の発生が多くなることを報告している。結実圏に Ca が不足すると空莢の発生が多くなるのは根から吸収された Ca のみでは落花生が結実するには不十分であるためと考えられている。このように落花生の空莢の発生は主に土壤中の Ca 欠乏によることが明らかにされたが, 落花生の結実に及ぼす Ca の役割についてはまだ不明な点が多い。よって落花生の結実に及ぼす Ca の役割を明らかにするため, まず本報では根圏および結実圏の Ca 濃度を変えて落花生を栽培し, 莢実の生育経過について検討を行なった。

実 験 方 法

1 試験区の構成

試験は根圏と結実圏に分離して行ない, それぞれ Ca 無添加区と Ca 添加区を設けた。根圏には土壌を用い, Ca 無添加区 (以下 R- とする) は置換性 Ca が 1.7 me, Ca 添加区 (以下 R+ とする) は置換性 Ca および添加 Ca の合計量が 5.0 me になるように

本報告の一部は1976年9月日本土壌肥料学会九州支部秋季例会において発表した。

* 北九州生活科学センター (北九州市)

Kitakyūshū Living Science Center (Kitakyūshū shi)

調整した。また結実圏には川砂を用い、Ca 無添加区 (以下 F- とする) は置換性 Ca が 0.05 me, Ca 添加区 (以下 F+ とする) は置換性 Ca および添加 Ca の合計量が 1.00 me になるように調整した。これらの区を組み合わせて 4 つの試験区を設けた。試験区の構成は Table 1 のとおりである。

Table 1. Experimental design

Plot No.	Sign	Exch. calcium	
		Rooting zone (me)	Fruiting zone (me)
1	R-・F-	1.7	0.05
2	R-・F+	1.7	1.00
3	R+・F-	5.0	0.05
4	R+・F+	5.0	1.00

Replication: 3

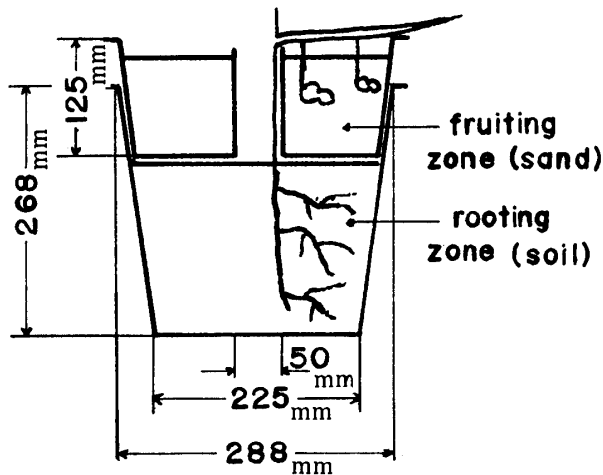


Fig. 1. Rooting and fruiting containers.

Table 4. Composition of nutrient solution added to the sand (Fruiting zone)

Element	Concentration*1 (ppm)	Chemical form	
		F- *2	F+ *3
N	616	NaNO ₃	NaNO ₃
P	490	KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
K	648	KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
Mg	580	MgSO ₄ , MgCl ₂	MgSO ₄
Ca	0, 2090	—	CaCl ₂
Mn	5.5	MnCl ₂ ·4H ₂ O	MnCl ₂ ·4H ₂ O
B	5.5	H ₃ BO ₃	H ₃ BO ₃
Zn	1.1	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
Cu	1.1	CuSO ₄ ·5H ₂ O	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Mo	0.5	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O
Fe	5.5	EDTA-Fe*4	EDTA-Fe*4

*1: To each of the pot was added 500 ml of this nutrient solution.

*2: Exchangeable calcium in the fruiting zone was 0.05 me.

*3: Exchangeable calcium in the fruiting zone was 1.00 me.

*4: EDTA-Fe was prepared with FeSO₄·7H₂O and Na-EDTA.

2 供試土壌および川砂, および施肥量

根圏には鹿児島県茶業試験場 (鹿児島県川辺郡知覧町永里) の腐植質火山灰土壌の 6 kg 乾土相当量を 10 l 容ポリ容器に, また結実圏には塩酸を用いて Ca を除去した川砂の 5.5 kg 乾物重を 6 l 容ポリ容器に充填し, それぞれを Fig. 1 に示したように設置した。

Table 2. Chemical properties of the soil used

pH		CEC (me)	Exch. bases (me)			
H ₂ O	KCl		K	Na	Ca	Mg
4.7	5.3	26.9	2.4	0.5	1.7	0.5

使用した土壌の化学的性質は Table 2 に示したとおりである。なお川砂に含まれた置換性 Ca は 0.05 me であった。

Table 3. Fertilizers applied to the soil (Rooting zone)

Element	Amount of fertilizer applied (g/pot)	Chemical form	
		R- *1	R+ *2
N	0.5	NH ₄ H ₂ PO ₄ , (NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄ , KNO ₃
P	0.9	NH ₄ H ₂ PO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄
K	1.3	K ₂ SO ₄ , K ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃ , KNO ₃
Mg	1.2	MgCO ₃	MgSO ₄ , dolomite
Ca	0, 4.0	—	CaSO ₄ , dolomite

*1: Exchangeable calcium in the rooting zone was 1.7 me.

*2: Exchangeable calcium in the rooting zone was 5.0 me.

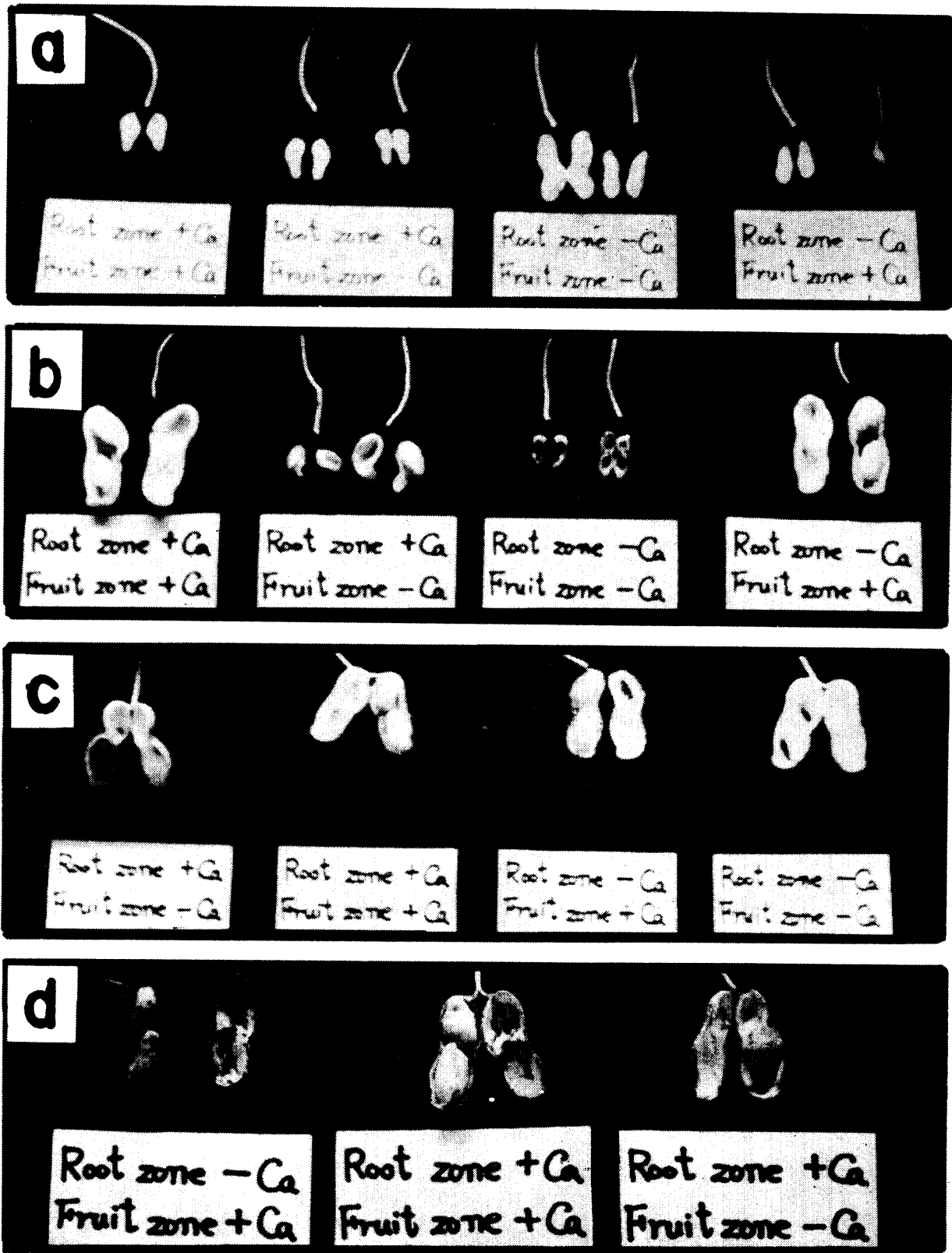


Fig.2. Photograph of developing fruits.

+Ca indicate that Ca was added to each zone.

-Ca indicate that Ca was not added to each zone.

After penetration of gynophore into the fruiting zone, a: passed over 2 weeks, b: 4 weeks, c: 8 weeks and d: 12 weeks.

土壌に加えた施肥量を Table 3 に示した。R+ 区の Ca は土壌中の置換性 Ca および添加 Ca の合計が 5.0 me になるように苦土石灰および CaSO_4 を加えた。土壌反応は R- 区では K_2CO_3 および MgCO_3 を用い、また R+ 区では苦土石灰および K_2CO_3 を用いていずれも pH (KCl) 5.5 に調整した。なお根圏土壌には根粒菌を接種した。

川砂に加えた培養液の組成は Table 4 に示したとおりである。この培養液をポット当り 500 ml 添加した。

3 実験材料

昭和50年4月20日にウスプルンで消毒したバージニアタイプの千葉74号をガラスビーズに播種し、5月26日に Fig. 1 に示した根圏土壌に移植した。落花生が開花、授精したのち、伸長しはじめた子房柄を Fig. 1 に示した結実圏に7月15日から8月14日にわたり順次誘導した。結実圏に誘導した子房柄の数はポット当り50~60本であった。子房柄が結実圏に侵入した後2, 3, 4, 5, 8 および12週目に1ポットから5個ずつ試料を採取し、莢および種子にわけ、各部位の新鮮重および乾物重を測定した。試料を乾燥した後、過塩素酸および硝酸を用いて湿式分解し、Caを原子吸光法¹⁹⁾により測定した。なお実験は3連で行ない、したがって各週に採取した各区の試料の数は15個であったが、R-・F- 区の8週目および12週目の試料は結実圏中で莢が枯死したものが多く、各々10個前後であった。また8週目および12週目の種子については成熟したものだけについて分析を行なった。

実験結果

1 莢実の生育経過

落花生の莢実の各生育時期における様相を Fig. 2 に示した。この図において、aは子房柄が結実圏に侵入した後、2週目に採取したもので、この時期には外観上各区間に差異は認められなかった。bは子房柄の結実圏侵入後、4週目に採取したもので、R-・F- および R+・F- の両区は R-・F+ および R+・F+ の両区に比して莢が小さい傾向を示し、また R-・F- 区には図のように莢が肥大せず褐変したものがあつた。このように R-・F- 区の莢が褐変する現象は子房柄が結実圏に侵入した後、3週目から著しく増加した。cおよびdは子房柄の結実圏侵入後、8週目および12週目に採取したもので、結実圏の Ca 濃度が低い区で、莢が十分に肥大したもののうち種子が痕跡程度にしか認められないものや十分に成熟しなかったもの

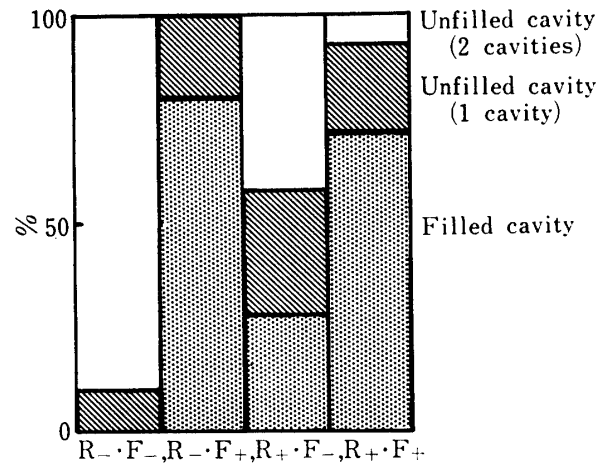


Fig. 3. Percentage of unfilled cavity.

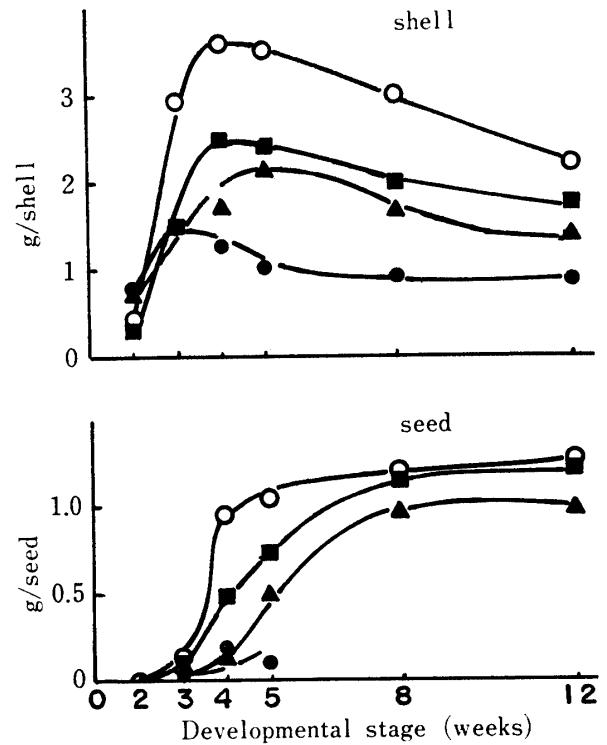


Fig. 4. Fresh weight of developing fruits.

●—● : R-・F- ○—○ : R-・F+
 ▲—▲ : R+・F- ■—■ : R+・F+

を示した。

2 空莢の発生率

子房柄が結実圏に侵入した後、8週目および12週目に採取した試料について空莢の発生率を示すと Fig. 3 のとおりである。

各区における2粒空莢および1粒空莢の発生率の合計は R-・F- 区 > R+・F- 区 > R+・F+ 区 ≒ R-・F+ 区 の順であった。F- 区のうち R+ 区は R-

区に比して2粒空莢の割合が減少し、1粒空莢および完熟粒のしめる割合が増加した。

3 新鮮重

各区における落花生の莢実の生育に伴う新鮮重の推移について示すと Fig. 4 のとおりである。

まず莢についてみると、R-・F+ 区および R+・F+ 区は子房柄が結実圏に侵入した後、2週目から3週目にかけて急速に増大して4週目に最大に達し、それ以降漸次減少した。R-・F- 区は2週目では R-・F+ 区および R+・F+ 区に比して大きい傾向にあったが、大部分の莢は3週目以降十分に肥大せず、莢の内部から褐変を生じたため新鮮重はほとんど増加せず4週目より減少し、他区に比して明らかに小であった。また R+・F- 区は2週目から5週目まで増加したが、その後減少した。4週目以降における莢の新鮮重は R-・F+ 区 > R+・F+ 区 ≥ R+・F- 区 > R-・F- 区 の順であった。

次に種子の新鮮重についてみると、4週目以降各区間に差がみられた。すなわち R-・F+ 区は3週目から4週目にかけて急速に増加し、それ以降漸次増加した。R+・F+ 区は3週目より増加したが、R-・F+ 区に比して初期の増加速度が小であった。しかし8週目以降は R-・F+ 区と大差なかった。R-・F- 区は

3週目以降ほとんど増加しなかった。R+・F- 区は R-・F+ 区および R+・F+ 区より1週間遅れて4週目より増加したが、両区に比して小さい傾向にあった。

4 乾物重

各区における落花生の莢実の生育に伴う乾物重の推移を Fig. 5 に示した。

まず莢についてみると、R-・F+ 区は子房柄が結実圏に侵入した後、2週目から4週目にかけて急速に増加し、その後漸増して8週目に最大に達し、12週目には減少した。R+・F+ 区は2週目から8週目まで増加したが、3週目以降は R-・F+ 区に比して小であった。R-・F- 区は2週目では R-・F+ 区および R+・F+ 区に比して大きい傾向にあったが、3週目以降はほとんど増加せず、他区に比して明らかに小であった。R+・F- 区は2週目より5週目まで増加したが、その後ほとんど増加せず、R-・F+ 区に比して3週目以降、また R+・F+ 区に比して8週目以降小であった。

次に種子の乾物重についてみると、R-・F+ 区および R+・F+ 区は3週目から8週目まで増加したが、R+・F- 区は F+ の両区に比し1週間遅れて4週目より8週目まで増加し、全生育期間を通して F+ 区に比し小さく推移した。

5 Ca 含有量

各区における莢実の生育に伴う Ca 含有量の推移を示すと Fig. 6 のとおりである。

まず莢についてみると、子房柄が結実圏に侵入した後、2週目においては各区とも大きな差異はみられなかったが、莢が肥大する3週目以降の Ca 含有量は R-・F+ 区 > R+・F+ 区 >> R+・F- 区 > R-・F- 区 の順であった。F+ の両区の Ca 含有量は3週目より莢の肥大に伴い急速に増加し、8週目に最大に達した。R-・F- 区は2週目以降ほとんど増加せず、また R+・F- 区は4週目より漸次増加した。いずれも F+ の両区に比して3週目以降は明らかに小であった。また R+・F- 区は R-・F- 区に比して4週目以降わずかに大であった。

次に種子の Ca 含有量についてみると、R-・F+ 区および R+・F+ 区は3週目から5週目までほとんど変化せず、それ以降増加し、3週目以降は R-・F- 区および R+・F- 区に比して明らかに大であった。R+・F- 区は4週目以降漸次増加したが、R-・F- 区はほとんど増加しなかった。

6 Ca 含有率

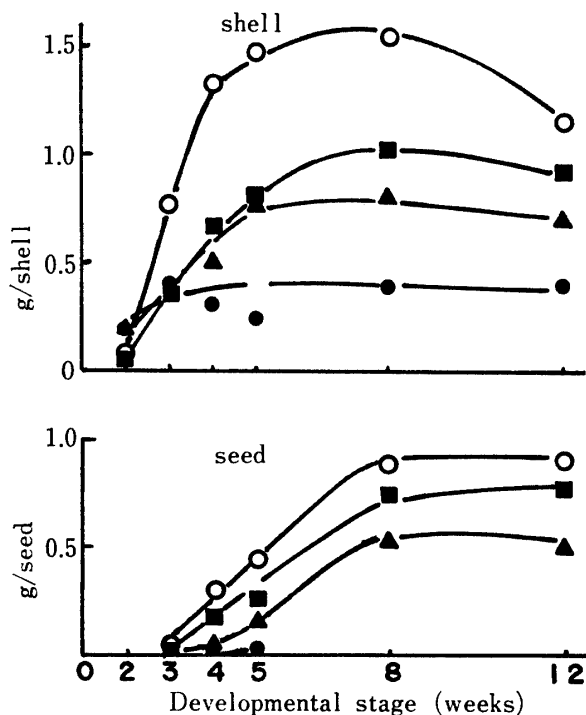


Fig. 5. Dry weight of developing fruits.

●—● : R-・F- ○—○ : R-・F+
▲—▲ : R+・F- ■—■ : R+・F+

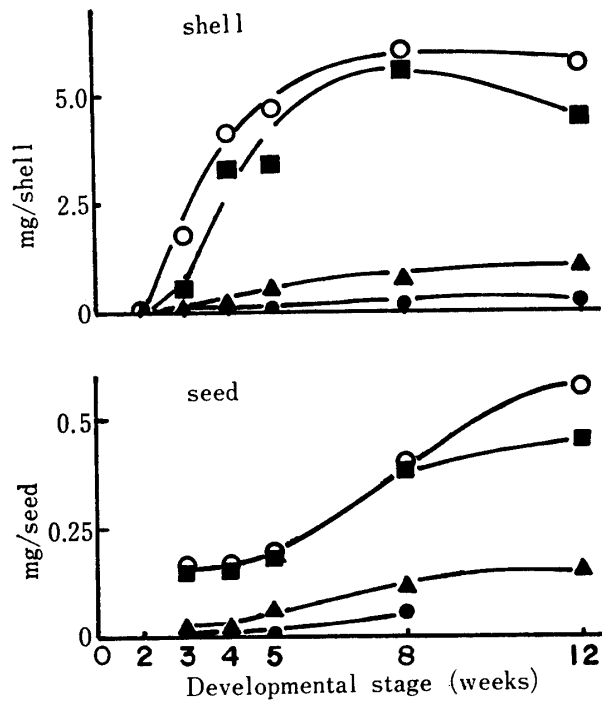


Fig. 6. Calcium content in developing fruits.
 ●—● : R-F- ○—○ : R-F+
 ▲—▲ : R+F- ■—■ : R+F+

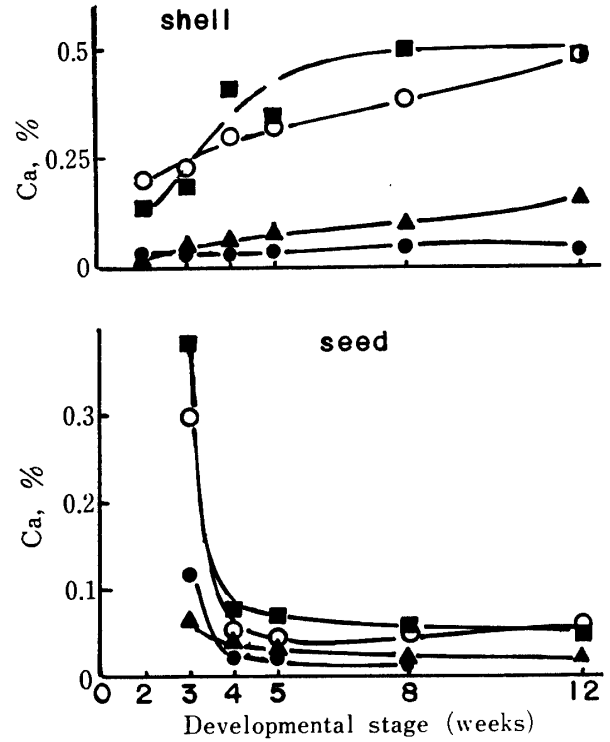


Fig. 7. Calcium concentration in developing fruits.
 ●—● : R-F- ○—○ : R-F+
 ▲—▲ : R+F- ■—■ : R+F+

各区における莢実の生育に伴う Ca 含有率の変化を Fig. 7 に示した。

まず莢についてみると、R-F+ および R+F+ の両区は生育に伴い漸次増加し、全生育期間を通して、R-F- および R+F- の両区に比し明らかに大であった。R+F- 区は生育に伴い漸次増加したが、R-F- 区は全生育期間を通してほとんど変化せず、5週目以降において R+F- 区が R-F- 区に比してわずかに大であった。

次に種子の Ca 含有率についてみると、R-F+ および R+F+ の両区は3週目は R-F- および R+F- の両区に比して明らかに大であったが、3週目から4週目にかけて急速に減少し、5週目以降はほとんど変化しなかった。F+ 区は F- 区に比して8週目以降高い傾向を示した。R+F- 区は3週目以降漸次減少し、R-F- 区は3週目から4週目まで減少し、その後ほとんど変化しなかった。

7 Ca 分配率

莢実の生育各期における莢と種子との Ca 分配率を示すと Fig. 8 のとおりである。なお R-F- 区は8週目および12週目の成熟した種子の数が極めて少なかったためこの図から除いた。

Ca 分配率は各区とも莢が種子に比して著しく大であったが、R-F+ および R+F+ の両区は種子への分配率が3週目から5週目にかけて減少し、それ以降漸次増加した。また R+F- 区は4週目から8週目まで種子への分配率が増加し、それ以降ほとんど変化しなかった。R+F- 区における種子への分配率は5週以降において F+ の両区に比して大であった。

考 察

落花生の空莢の発生が土壌中における Ca の不足によることは多くの研究者によって明らかにされてきた^{3,4,5,7,8,10,14,15,17,25,26,27}、落花生の莢実の生育に対する Ca の生理的役割についての研究はきわめて少ない。水野¹⁵は落花生の莢実部において、Ca はエネルギー生産系の代謝によって生じた莢実内の不要な物質(例えば有機酸など)を不溶性化し、諸代謝を円滑化することであると推定しているが、植物の栄養体について報告された Ca の種々な生理的機能からすれば、不要物質の不溶性化以外にも空莢の発生の原因があるものと思われる。本報では落花生の結実に対する Ca

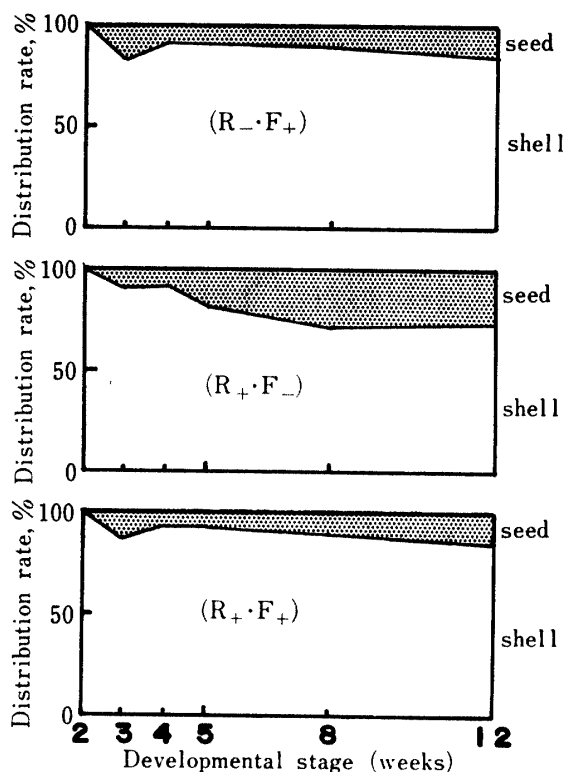


Fig. 8. Distribution of calcium in each part of fruit.

の役割を明らかにするために、まず根圏および結実圏の Ca 濃度を変えて落花生を栽培し、莢実の生育過程における Ca の影響について検討を行なった。すなわち落花生の栽培に当って根圏と結実圏を分離し、各圏に Ca 添加区と無添加区を設けた。根圏には腐植質火山灰土壌を用いたが、Ca 無添加区の土壌の置換性 Ca は Table 2 に示したように 1.7 me であった。Ca 添加区は苦土石灰および CaSO_4 を加えて土壌の置換性 Ca および添加 Ca の合計量を 5.0 me とした。一方結実圏には川砂を用い、川砂中の Ca を除去するため使用に当って塩酸で処理したが、完全に Ca を除去することはできなかった。すなわち Ca 無添加区の川砂の置換性 Ca は 0.05 me であった。Ca 添加区は CaCl_2 を用いて置換性 Ca および添加 Ca の合計量を 1.00 me に調整した。試験区の構成は Table 1 のとおりである。根圏用土壌および結実圏用川砂は Fig. 1 に示したように設置し、根圏用土壌に落花生の幼苗を栽植し、開花、授精後子房柄を結実圏用川砂に誘導した。試料の採取は子房柄が結実圏に侵入した後 2, 3, 4, 5, 8 および 12 週目に行なった。

落花生の莢実の生育の各過程における様相を示すと Fig. 2 のとおりである。Fig. 2 の a および b から明

らかなように R-·F- 区は 2 週目まで外観上他区と差異が認められなかったが、4 週目には莢の肥大が停止し褐変したものが大部分であった。このような現象は R-·F- 区では 3 週目から著しく増加した。加藤¹²⁾は落花生に関する研究で、子房柄が地中に侵入後 4 週目より莢の肥大が停止する場面があることを認め、これは空莢現象とは区別すべきであると述べている。本試験でも結実圏の Ca 欠乏によって莢の肥大が停止し、褐変する現象がみられた。落花生の空莢の発生について、渋谷^{20,21)}は生育過程を追って試料を採取し、空莢は子房柄が地下侵入後、15 から 20 日目にかけて決定づけられることを明らかにした。更に彼らは空莢の内部的観察を行ない、空莢には種子が痕跡程度にしか認められないものから、種子が成熟しても胚に異常が認められる潜在的な空莢までであることを明らかにしている。本試験においても Fig. 2 の c および d に示したように、F- 区においては莢が十分に肥大しても種子が痕跡程度にしか認められないものから、種子の肥大、成熟が途中で停止したものでみられた。このように莢実の生育過程において Ca は少なくとも莢の肥大、種子の肥大および種子の成熟の三つの段階で影響を与えており、それぞれにおける Ca の生理作用は異なっているものと考えられる。

空莢の発生率は Fig. 3 に示したとおりである。2 粒空莢および 1 粒空莢の発生率の合計は R-·F- 区 > R+·F- 区 > R+·F+ 区 ≒ R-·F+ 区の順であった。空莢の発生率に対して根圏の Ca 濃度よりも結実圏の Ca 濃度が大きな影響を及ぼすことは Brady⁹⁾, Harris¹⁰⁾ および水野¹⁵⁾ も報告している。本試験において結実圏の Ca 濃度が低い区では、根圏の Ca 濃度の高い区が低い区に比して 2 粒空莢の割合が減少し、1 粒空莢および完全粒の割合が著しく大となった。これは結実圏に Ca が不足した場合、根圏に Ca が多量に存在すると、根から吸収された Ca の一部が莢実部にも移行し、空莢の発生率を減少させたものと思われる。

各区の莢実の生育に伴う新鮮重および乾物重の推移を示すと Fig. 4 および Fig. 5 のとおりである。

まず R-·F+ 区についてみると、莢では新鮮重は 2 週目から 4 週目にかけて急速に増加し、5 週目以降は水分の減少に伴い漸次減少したが、乾物重は 8 週目まで増加した。種子では新鮮重は莢より 1 週間遅れて 3 週目から 4 週目にかけて急速に増加し、それ以降漸増したが、乾物重は 3 週目から 8 週目まではほぼ一定の割合で増加した。以上の結果は水野¹⁵⁾や西川¹⁶⁾が千

葉74号について報告した結果に類似している。したがって本試験における莢実の生育過程を大別すれば、子房柄が地中に侵入した後、(1) 2週目から4週目までを莢肥大期、(2) 3週目から4ないし5週目までを種子肥大期、(3) 5週目以降を種子成熟期とすることができると考えられる。

次に他区の莢実の新鮮重および乾物重についてみると、R+・F- 区では莢の新鮮重および乾物重は2週目より5週目まで増加したが、R-・F+ 区に比して明らかに小であった。また種子は R-・F+ 区よりも2週間遅れて肥大、成熟し、全期間を通して R-・F+ 区に比して小さかった。このように根圏に十分な量の Ca が存在していても結実圏に Ca が不足すると莢および種子の肥大、成熟が1~2週間遅れ、生育量も低下した。一方 R-・F- 区では莢は3週目まで増加したが、それ以降肥大せず、新鮮重は減少し、褐変を生じ (Fig. 2 b), また種子もほとんど肥大しなかった。したがって5週目以降における莢および種子重は R+・F- 区に比して小であった。このように結実圏に Ca が不足した場合に根圏に Ca が多量に存在すると、根から吸収された Ca の一部が莢実部に転流し、莢実の肥大、成熟に役立つものと考えられる。R+・F+ 区では莢の新鮮重は4週目まで増加したが、増加速度は R-・F+ 区に比して小さい傾向にあった。また種子の新鮮重および乾物量は3週目より8週目まで増加したが、莢と同様に R+・F+ 区に比して小さい傾向を示した。本試験の結果では結実圏に十分な量の Ca が存在した場合に、根圏土壌中の置換性 Ca 含有量が 5.00 me の場合は 1.7 me の場合に比して莢および種子の乾物重が低下したが、その原因が Ca の過剰によるものかどうかについては更に検討を要するものと思われる。

各区の莢実の生育に伴う Ca 含有量の推移を Fig. 6 に示した。まず莢についてみると、R-・F+ および R+・F+ の両区は生育が進むに伴い急速に増加し、8週目に最大に達した。これに対し R+・F- 区は4週目より漸増したが、F+ の両区に比して増加速度は著しく小さく、Ca 含有量も3週目以降は明らかに小であった。R-・F- 区は全期間著しく低い含有量を示した。次に種子の Ca 含有量についてみると、R-・F+ および R+・F+ の両区は種子が肥大する3週目から4週目までほとんど変化せず、種子が成熟する5週目から漸増した。R+・F- 区では種子が肥大する4週目から5週目にかけて増加し、それ以降も漸増したが、F+ の両区に比して明らかに小であった。R-・F- 区では空莢が著しく多く、種子中の Ca

含有量も R+・F- 区に比して小であった。Beringer ら¹⁾ および Bledsoe ら²⁾ は ⁴⁵Ca を用いて根から吸収された Ca もわずかながら莢実に転流することを明らかにしている。本試験において R+・F- 区が R-・F- 区に比して莢実の Ca 含有量が大であり、また F+ の両区で種子の Ca 含有量に差異がみられなかった。これらのことは結実圏および根圏の Ca 濃度によって根から吸収された Ca の莢実部へ転流する量が異なることを示すものと思われる。渋谷ら^{20,21)} の報告および Fig. 2 c に示されたように、落花生の空莢現象には種子が痕跡程度にしか認められないものがある。Dure⁹⁾ は豆科植物の種子の生育過程ではまず細胞分裂が起こり、その後種子の肥大、成熟に伴い蛋白質や澱粉の合成が行なわれることを報告しており、Sorokin ら²²⁾ は Ca 欠乏により根冠の細胞分裂の異常を認めている。F+ の両区の種子の Ca 含有量は3週目から5週目にかけて種子が肥大したにも拘らずほとんど変化せず、また R+・F- 区の種子の Ca 含有量は種子の肥大とともに4週目以降増加したが、これらのことは落花生の種子の細胞分裂や肥大のため Ca が種子に蓄積される必要があることを示しているものと思われる。

莢実の生育に伴う Ca 含有率の変化を示すと Fig. 7 のとおりである。まず莢についてみると R-・F+ および R+・F+ の両区は生育に伴い漸増し、全生育期間を通して R-・F- および R+・F- の両区に比して明らかに大であった。また両区のうち R+ 区は4週目以降漸増したが、R- 区は全生育期間ほとんど増加せず、低い値で推移した。次に種子についてみると、R-・F+ および R+・F+ の両区は3週目から4週目にかけて急速に減少し、5週目以降ほとんど一定の値を示した。これは生育初期における種子の乾物生産の増加に比し Ca の種子への転流が伴わなかった結果であると考えられる。

Ca の莢と種子への分配率を Fig. 8 に示した。各区とも生育初期より莢への分配率が著しく大であったが、R+・F- 区では種子が肥大した4週目以降は種子への分配率が R-・F+ および R+・F+ の両区に比して大であった。これは結実圏に Ca が不足すると種子の肥大、成熟のため根から吸収された Ca の種子への転流割合が増加したためと考えられる。

摘 要

落花生の莢実の生育におよぼす Ca の影響について、根圏および結実圏の Ca 濃度を変えて落花生を栽培した。

1. 結実圏に Ca が欠乏すると、(1) 莢が十分に肥大しない、(2) 莢が肥大しても種子が痕跡程度にしか認められない、(3) 種子の生育が途中で停止するなどの現象がみられ、空莢発生率も増加した。

2. 空莢の発生率に対する Ca 欠乏の影響は結実圏が根圏よりも大であった。

3. 結実圏に Ca が不足した場合に、根圏に Ca が多量に存在した区では空莢の発生率が減少した。

4. 莢および種子の乾物重は結実圏の Ca 濃度が大きい区が小さい区に比して大であった。また結実圏に Ca が不足した場合には根圏の Ca 濃度の大きい区が小さい区に比して大であった。

5. 正常に生育した種子の Ca 含有量は種子が肥大する3週目から5週目まではほとんど一定で、種子が成熟する5週目以降に増加した。

6. 結実圏に Ca が欠乏した場合に、根圏の Ca 濃度が高い区は低い区に比して莢および種子の Ca 含有量および Ca 含有率が大きかった。

7. 莢実において Ca の種子への分配率は結実圏の Ca 濃度の低い区が高い区に比して4週目以降大であった。

謝 辞

この研究を行なうにあたり落花生の種子を分与していただいた千葉県農業試験場落花生育種研究室ならびに根粒菌をいただいた鹿児島県農業試験場土壌肥料部の各位に謝意を表したい。

文 献

- 1) Beringer, H. and Taha, M.A.:⁴⁵ Calcium absorption by cultivars of groundnut. *Expl. Agric.*, **12**, 1-7 (1976)
- 2) Bledsoe, R.W., Comar, C.I. and Harris, H.C.: Absorption of radioactive calcium by the peanut fruit. *Science*, **109**, 329-330 (1949)
- 3) Brady, N.C.: The effect of period of calcium supply and mobility of calcium in plant on peanut fruit filling. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **12**, 336-341 (1947)
- 4) Brady, N.C. and Colwell, W.E.: Yield and quality of large-seeded type peanut as affected by potassium and certain combinations of potassium, magnesium and calcium. *J. Amer. Soc. Agron.*, **37**, 413-428 (1945)
- 5) Brady, N.C., Reed, J.F. and Colwell, W.E.: The effect of certain mineral elements on peanut fruit filling. *J. Amer. Soc. Agron.*, **40**, 155-167 (1948)
- 6) Chahal, R.S. and Virmani, S.M.: Preliminary report on the relative absorption of calcium and sulphur by the roots and gynophores of groundnut. *Indian J. agric. Sci.*, **43**, 1037-1040 (1973)
- 7) Colwell, W.E. and Brady, N.C.: Effect of calcium on yield and quality of large-seeded type peanut. *J. Amer. Soc. Agron.*, **37**, 413-428 (1945)
- 8) Colwell, W.E. and Brady, N.C.: The effect of calcium on certain characteristics of peanut fruit. *J. Amer. Soc. Agron.*, **37**, 696-708 (1945)
- 9) Dure, L.S.: Seed formation. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **26**, 259-278 (1975)
- 10) Harris, H.C.: The effect on the growth of peanut of nutrient deficiencies in the root and pegging zone. *Plant Physiol.*, **24**, 150-161 (1948)
- 11) Hewitt E.J.: Essential nutrient elements for plant. in Steward F.C., *Plant Physiology* 3. p.155-172, Academic Press Inc., New York and London (1963)
- 12) 加藤智通: 落花生に関する研究. 三重県農林水産部普及資料, 1-48 (1962)
- 13) Marschner, H.: Calcium nutrient of higher plant. *Neth. J. agric. Sci.*, **22**, p.275-282 (1974)
- 14) Mehlich, A. and Reed, J.F.: The influence of type of colloid and degree of calcium saturation on fruit characteristics of peanut. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **11**, 201-205 (1946)
- 15) 水野進: 落花生の結実におよぼすカルシウムの影響に関する研究. 兵庫農大紀要, **18**, 1-69 (1965)
- 16) 西川五郎. 三上藤三郎: 落花生子実の発育に関する研究. (第1報) 子実の発育と油脂および蛋白質の生成. 日作紀 **18**, 71-73 (1949)
- 17) Reed, J.F. and Brady, N.C.: Time and method of supplying calcium as factors affecting production of peanut. *J. Amer. Soc. Agron.*, **40**, 980-996 (1948)
- 18) 作物分析法委員会編: 栽培植物分析測定法, p. 79-81. 養賢堂 東京 (1975)
- 19) 渋谷常紀: 落花生の地下結実に関する生理学並びに形態学的研究. 農及園, **11**, 2887-1894 (1936)
- 20) 渋谷常紀. 鈴木正行: 落花生の空莢の生成について. 日作紀, **23**, 87-91 (1954)
- 21) 渋谷常紀. 鈴木正行: 豆科作物の地下結実に関する研究 (第4報) 落花生の空莢子実の内部的観察. 千葉大園学報, **3**, 28-33 (1955)
- 22) Sorokin, H. and Sommer, A.L.: Changes in the cells and tissues of root tips induced by the absence of calcium. *Amer. J. Bot.*, **16**, 23-39 (1929)
- 23) 田辺市郎. 北山登喜男. 池田健一郎: サトイモの分球の頂芽形成阻害症について. 土肥講要集, **22**, 54 (1976)
- 24) 山田登. 長田明夫. 加藤智通: 落花生の根と子房による放射性リン酸の吸収. 農業技術, **9**, 30 (1953)
- 25) 吉江修司, 広保正: 落花生の空莢に関する研究. (第1報) 空莢の原因について. 千葉大園学報, **2**, 63-74 (1954)
- 26) 吉江修司, 広保正: 落花生の空莢に関する研究(第2報) 石灰の施用量ならびに石灰化合物と落花生の稔実との関係について. 千葉大園学報, **7**, 85-90 (1959)
- 27) 吉江修司. 島田永生: 落花生の空莢に関する研究 (第3報) 土壌中の石灰含量と空莢の生成との関係. 千葉大園学報, **8**, 63-66 (1960)

Summary

In order to investigate the role of calcium on the fruit growth of peanut, peanut plants were cultivated on the soil (rooting zone) and some gynophores of them were penetrated into the sand (fruiting zone). The plots of higher and lower calcium levels were prepared in each zone.

1. When the fruiting zone was poor in calcium, the percentage of unfilled cavity increased remarkably, the shell did not enlarge sufficiently, quite small seed was found in the enlarged fruit, and in the seed was noted some cessation of development.

2. The percentage of unfilled cavity was remarkably affected by the calcium level in the fruiting zone in comparison with that in the rooting zone.

3. When the fruiting zone was poor in calcium, the unfilled cavity was decreased by enriching the calcium level in the rooting zone.

4. The fruit weight of the plot of higher calcium level in the fruiting zone was remarkably larger than that of the plot of lower calcium.

5. When the fruiting zone was poor in calcium, the fruit weight of the plot of higher calcium level in the rooting zone was larger than that of the plot of lower calcium.

6. The calcium content in the seed of the fruit of normal growth was not increased at the seed enlarging stage covering the period from the 3rd week to the 5th week of maturity; and began to increase at the seed maturing stage, or the period beyond the 5th week of maturity.

7. When the fruiting zone was poor in calcium, the calcium content and rate in shell and in seed of the plot of higher calcium level in the rooting zone were higher than that of the plot of lower calcium level.

8. The 4th week after the penetration of gynophores into the fruiting zone, the rate of distribution of calcium to seed was larger in the plot of lower calcium level than in those plots of higher calcium level in the fruiting zone.