

落花生の Ca 栄養に関する研究

第3報 子房柄および種子の生育に伴う子葉中の無機元素 (Ca, Mg および K) の分布

稲永醇二・林雄子・野村啓一*・西原典則

(肥料学研究室)

昭和55年8月10日 受理

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

3. Distribution of Mineral Elements (Ca, Mg and K) in Gynophore and Developing Cotyledon, Using Electron Microprobe X-Ray Analysis

Shunji INANAGA, Takako HAYASHI, Keiichi NOMURA* and Tsunenori NISHIHARA

(Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizers)

緒 言

著者らは落花生を根圏および結実圏の Ca 濃度を変えて栽培し、結実圏の Ca 不足により莢の肥大や莢が肥大しても種子の肥大・成熟が十分に行われないことを明らかにし³⁾、又種子の生育過程において、Ca は他の無機元素が生育初期より漸増するのに比し、種子肥大期までほとんど変化せず、成熟期以降増加し、他の元素とは異った推移を示すことを報告した⁴⁾。このように Ca は落花生の結実に大きな影響を及ぼし、又他の無機養分とは異った栄養特性を示すにも拘らず、Ca の生理的な役割については不明な点が多い。落花生の莢実の生育における Ca の役割を知るには莢実中の Ca の分布状態を明らかにする必要がある。落花生の莢実中の Ca の分布について、水野⁵⁾は ⁴⁵Ca を用いたオートラジオグラフィ法で結実圏から吸収された Ca の子房柄および莢における分布を明らかにしたが、種子については明らかでなかったと報告している。

本報では X 線マイクロアナライザー (EPMA) を用いて、結実圏に侵入する前の子房柄、および結実圏に侵入後の種子の生育に伴う子葉中の Ca の分布を Mg および K の分布と合わせて比較検討した。

実験方法

前報⁴⁾と同様の実験装置を用いてバージニアタイプ

の千葉74号を土耕栽培した。実験に供した土壌の理化学性は表 1、根圏および結実圏に加えた施肥量は表 2 および表 3 に示した。

落花生が開花・授精した後、伸長してきた子房柄を川砂を充填したポリ容器に誘導した。子房柄が結実圏に侵入する直前、および子房柄が結実圏に侵入した後、2、4 および 12 週目に試料を採取した。試料は採取後、直ちに液体窒素で冷却したイソペンタン中で凍結し、その後 -80°C の無水アルコール中で 1 週間固定・脱水を行った。次いでカーボワックスに包埋した後、子房柄および 2 週目の子葉は 4 μ m、4 および 12 週目の

Table 1. Chemical properties of the soil used

pH		CEC(me)	Exch. bases (me)			
H ₂ O	KCl		K	Na	Ca	Mg
4.45	4.91	13.00	0.18	0.18	0.78	0.15

Table 2. Fertilizers applied to the soil (Rooting zone)

Element	Amount of fertilizer applied (g/pot)	Chemical form
N	0.50	(NH ₄) ₂ SO ₄ , NH ₄ H ₂ PO ₄
P	0.65	NH ₄ H ₂ PO ₄ , Fused phosphate
K	6.60	KCl, K ₂ CO ₃
Ca	1.46	Fused phosphate, Dolomite
Mg	1.33	Fused phosphate, Dolomite, MgSO ₄

本報告は1980年5月日本土壤肥料学会九州支部例会において発表した。

* アミノ飼料株式会社 (黒磯市) Amino Feld Co. (Kuroiso shi)

Table 3. Composition of the nutrient solution added to the sand (Fruiting zone)

Element	Amount of nutrient applied (mg/pot)	Chemical form
N	550	NaNO ₃
P	550	KH ₂ PO ₄
K	693	KH ₂ PO ₄
Ca	1100	CaCl ₂ ·2H ₂ O
Mg	550	MgSO ₄ ·7H ₂ O
B	2.75	H ₃ BO ₃
Mn	2.75	MnCl ₂ ·4H ₂ O
Zn	1.38	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
Cu	1.38	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Mo	0.28	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O
Fe	5.5	EDTA-Fe*

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

子葉は14μmの厚さに切片を作製した。石英ガラス上でカーボックスを温アルコールで溶解し、デシケータ中で乾燥させた後、真空中で子房柄はAuおよびCを、子葉はAu+PdおよびCを蒸着した。これらの試料について島津ARL-EMX-SMを用いてCa(K_α), Mg(K_α)およびK(K_α)の分布を調べた。設定条件は加速電圧25kV、試料電流は蒸着石英ガラス上で0.005μA、特性X線像のビーム径は2.0μmであった。各元素の特性X線の強度は200cpsの記録紙上の1.2cmの高さを1として相対強度であらわした。

実験結果

1. 子房柄中の各元素の分布

子房柄の縦断面のSE像をFig. 1に示した。Fig. 1中のAおよびBのライン付近の横断面のSE像をFig. 2および4に示した。両SE像中のIのラインに沿った各元素の線分析の結果をそれぞれFig. 3および5に示した。

Aの部位(子房)は各元素ともBの部位に比して相対強度が小さく、局在性を示さなかった。Bの部位では元素により異った分布を示した。すなわちCaは、皮層および髓が表皮、厚膜組織、師部および木部に比して多く分布した。Mgは皮層に多く分布したが、髓には少なく、又維管束系では師部が木部より多く分布する傾向を示した。Kはほぼ均一に分布し、CaおよびMgのような局在性を示さなかった。

Fig. 4においてCaが多く分布したCおよびD区域のSE像をFig. 6および9に示し、Ca, Mgおよ

びKの面分析の結果をFig. 7, 8および10~12に示した。

まずC区域についてみると(Fig. 6~8), Caは線分析の結果と同様に皮層に多く分布し、厚膜組織および師部には少なかった。皮層では細胞壁にも分布したが、とくに核に局在した。Kは皮層、師部および厚膜組織に均一に分布し、皮層でもCaのような局在性を示さなかった。次にD区域すなわち髓についてみると(Fig. 9~12), Caは細胞壁に局在したが、細胞内の核にも多く分布した。Mgは局在性を示さなかった。KはCaと同様に細胞壁および細胞内に分布したが、Caほど著しい局在性を示さなかった。

C区域の縦断面のSE像およびCaの面分析をFig. 13および14に示した。

横断面の結果と同様に、Caは師部および厚膜組織に比して明らかに皮層に多く分布し、皮層では細胞核に著しい局在性を示した。

2. 子葉の生育に伴う各元素の分布

子房柄が結実圏に侵入した後、2週目(肥大期に相当し、種子は肥大する前の状態)の子葉における縦断面のSE像をFig. 15に示し、その像におけるIのラインに沿った線分析の結果をFig. 16に示した。

各元素とも子葉の中央部より外側の区域に多く分布する傾向にあった。

Fig. 15のA区域のSE像をFig. 17に示し、その像におけるIのラインに沿った線分析の結果をFig. 18に示した。

この時期には細胞内果粒はほとんど認められず、細胞核が存在した。CaおよびMgは細胞壁および細胞核に存在し、細胞核では中央部に高いピークを示した。KもCaおよびMgと同様に細胞壁および細胞核に存在したが、核の中央部の高いピークは明らかでなかった。

4週目(種子肥大期)における子葉の横断面のSE像をFig. 19に示し、その像におけるIおよびIIのラインに沿った各元素の線分析の結果をFig. 20および21に示した。

Caについてみると、Iのラインの通道組織付近に高いピークを示したが、それ以外は検出されず、IIのラインの通道組織にもピークはみられなかった。Mgはいずれの区域にも検出されなかった。Kは通道組織に少なく、それ以外の区域はほぼ均一に分布した。

4週目における子葉(Fig. 19)のA区域のSE像をFig. 22に示し、その像のIのラインに沿った線分析および細胞内果粒のCaの点分析の結果をFig. 23

および 24 に示した。

まず細胞内の線分析の結果についてみると、Kは細胞内果粒に高いピークがみられたが、Ca および Mg はほとんど検出されなかった。細胞内果粒の点分析の結果、6を除いた1~5の果粒にはいずれも 3.358\AA にピークが認められ、Ca の存在を示したが、ピークの高さは果粒により異った。

12週目（種子完熟期）における子葉の横断面を Fig. 25 に示し、その横断面の I および II のラインに沿った各元素の線分析の結果を Fig. 26 および 27 に示した。

各元素とも4週目の子葉に比して高いピークを示し、元素により異った分布の傾向を示した。まず Ca についてみると種皮にもっとも高いピークがみられ、子葉では表皮付近の区域に多く分布する傾向を示した。Mg は表皮および通道組織に少なく、又子葉の内部より外部に多く分布した。KはIのラインでは表皮および通道組織に少なかったが、他の区域でははっきりした傾向を示さなかった。またIIのラインでは表皮に少なく、子葉の内部より外部に多く分布した。

12週目の子葉 (Fig. 25) の A および B 区域の SE 像を Fig. 28 および 31 に示し、それぞれの像における I のラインに沿った線分析および細胞内果粒の点分析を Fig. 29 および 30、および 32 および 33 に示した。

まずA区域についてみると、Ca は細胞壁に、Mg およびKは細胞内果粒に多く分布した。細胞内果粒を点分析すると、 3.358\AA のピークは2および3の果粒には認められたが、1および4では明らかでなかった。次にB区域についてみると、Ca は細胞壁、Kは細胞内果粒に多く分布したが、Mg はいずれの部位にもほとんど検出されなかった。細胞内果粒の点分析の結果、6を除いた1~5の果粒に 3.358\AA のピークが認められた。

考 察

植物体内の無機元素の分布については、近年 EPMA や EDX (エネルギー分散型 X線装置) を用いることにより、数種の元素を組織と対応して比較検討することが可能となった。

EPMA や EDX を用いた種子中の無機元素の分布状態の研究は水稻や小麦などで行われ、P, Mg, K などが糊粉層に集積し、集積する時期は元素により異なることが明らかにされている^{10,11,15,19,20}。マメ科植物では大豆やソラマメなどの子葉の細胞中の蛋白粒のグロボイドに P, Mg, K, Ca などが存在することが報告

されている⁹。一般にマメ科植物の子葉は非常に大きいので、子葉中の組織や区域などに対応した無機元素の分布の報告は少ない。落花生について水野⁹は ^{45}Ca を用いたオートラジオグラフィ法で結実圏から吸収された Ca の子房柄および莢における分布状態を報告しているが、種子中の Ca の分布は明らかでない。本報では EPMA を用いて、結実圏に侵入する前の子房柄および結実圏に侵入後の種子の生育に伴う Ca の分布を Mg およびKの分布と比較しながら検討した。

すなわち前報⁹と同様の装置を用いて落花生を土耕栽培し、結実圏に侵入する前の子房柄、および子房柄が結実圏に侵入した後、2、4および12週目の子葉を採取し、凍結置換法により固定・脱水後、カーボワックス法により切片を作製した。石英ガラス上でカーボワックスを溶解した後、真空蒸着を行い、島津ARL-EMX-SM を用いて Ca, Mg および K の分布を主に線分析により調べた。

渋谷¹⁷は子房柄の伸長は子房柄の先端より 2mm 付近がもっとも大であることを明らかにしている。実験に供した Fig. 1 中の A 付近の横断面の SE 像 (Fig. 2) は子房に、又 B 付近の横断面の SE 像 (Fig. 4) は子房柄の伸長する部位にそれぞれ相当するものと思われる。

Fig. 3 および Fig. 5 から明らかのように、各元素とも子房の部位は子房柄伸長部位に比して少なく、各元素の局在性は明らかでなかった。又子房柄伸長部位では元素により異った分布を示した。すなわち Ca は皮層および髓に著しく局在し、Mg は皮層および師部に多く分布した。Fig. 4 で著しい Ca の局在性を示したC区域の Ca および K の面分析の結果 (Fig. 6~8 および 13~14) から明らかのように、Ca は皮層に局在し、皮層中では細胞壁にも分布したが、細胞核に著しく局在した。Fig. 4 中のD区域 (髓) についても、Fig. 9~12 から明らかのように Ca は細胞壁および核に局在した。KもCaと同じような分布を示したが、Caほど著しい局在性を示さなかった。植物体の根や葉などの遠心分離による分画において核に相当する分画に Ca が存在すること^{12,14}、ムラサキツユクサの花粉では Ca 欠如により異常な染色体が増加すること¹⁸、DNA は Ca を含む金属と化合物を形成すること²¹などが報告されている。一般に Ca が栄養体に比して果実部に少ないのは、根から吸収された Ca は蒸散作用の大きな栄養体に移行しやすいためといわれている。水野⁹は落花生について ^{45}Ca を用いて検討し、根から吸収された Ca は地下に侵入した子房柄や莢実部に

は栄養体に比して著しく少なく分布し、莢実部に移行しにくいことを認めた。これらのことから子房柄が伸長するためには伸長する部位の皮層や髓の細胞壁および核に Ca が集積される必要があるものと思われる。EPMA を用いてラット腎の核膜のクロマチンおよび核小体に Ca が局在していることが観察されている⁹⁾。

種子の生育に伴う子葉中の各元素の分布の推移を示すと Fig. 16, 20, 21, 26 および 27 のとおりである。

Öpik¹³⁾ はインゲンマメでは子葉の生育初期において子葉の外側から5層目くらいまでの細胞は分裂し、内部よりも細胞が小さいことを報告している。本試験における落花生の子葉でも中央の細胞は大きく、外側は小さくて密であることが観察された。2週目の子葉 (Fig. 16) において各元素とも子葉の中央部より外側の区域に多く分布したが、これは表皮細胞付近の細胞が密であったためと思われる。

その後、4週目 (Fig. 20 および 21) においては I のラインの通道組織を除いて Ca および Mg は2週目に比してピークが小となり検出されなかった。これは Ca および Mg の種子への転流が子葉の肥大に伴わなかったものと思われる。Kは通道組織には少なかったが、それ以外の区域では均一に分布した。I のライン (Fig. 21) で通道組織やその付近に Ca の高いピークがみられたが、面分析の結果、細胞内に Ca の局在した物質が存在することが観察された。この物質が何であるのか、又種子肥大期の I のラインの通道組織付近にのみみられる現象なのかは今後の検討をまたねばならない。

12週目では Fig. 26 および 27 から明らかなように各元素の分布は元素により異った傾向を示した。すなわち Ca は4週目に比してピークが高くなり、種皮および表皮付近の細胞に多く分布する傾向を示した。Mg は種皮、表皮および通道組織を除いた子葉の外側の区域に多く分布したが、子葉の内部では検出されなかった。著者らは P についても種子肥大期および完熟期では Mg と同じ分布状態を示すことを報告した*。Kは Fig. 27 の線分析では Mg と同じ分布状態を示した。しかし Fig. 26 の線分析では通道組織に少なく、その他の区域でははっきりした傾向を示さなかった。このように種子が肥大した後、成熟期に子葉に転流してきた各元素のうち、Ca は子葉の表皮付近の細胞に、又 Mg および P は子葉の内部より外側の区域に多く分

布・集積されるものと思われる。Kについては更に詳細な検討が必要である。

種子の各生育時期において子葉の細胞の SE 像および細胞内における各元素の分布状態を示すと、Fig. 17, ~18, 22~24 および 28~33 のとおりである。この実験において固定・脱水およびカーボワックスの溶解にアルコールを使用したため、細胞内果粒はスフェロゾームではなく、蛋白粒であると思われる。

まず2週目についてみると、Fig. 17 および 18 から明らかなように、この時期には細胞内果粒は少なく、Ca および Mg は細胞壁および核の中央に高いピークを示した。先報⁹⁾において Ca 欠如の結実圏では種子の肥大が遅れ、種子の肥大に伴い Ca 含量が増加することを報告した。又前述したように子房柄が伸長する部位の皮層や髓の細胞核にも Ca が局在していた。

これらのことは Ca の転流が少ない器官では、細胞分裂や細胞が肥大・伸長するためには、核や細胞壁に Ca が集積される必要があるものと思われる。

次に4週目以降の各元素の分布についてみると、Fig. 23, 29 および 32 から明らかなように、元素により異った。Ca は4週目の細胞には検出されなかったが、12週目では Fig. 25 の両区域中とも細胞壁にピークがみられ細胞内果粒には検出されなかった。しかし4および12週目の細胞内果粒の点分析の結果 (Fig. 24, 30, 33), 3.358Å にピークがみられ、Ca が存在する果粒も認められた。Sharma ら¹⁶⁾は落花生の蛋白粒に修酸が含まれることを認め、Buttrose ら¹⁷⁾や Lott⁵⁾ らはハンバミやユーカリのグロボイド中に Ca の修酸塩の結晶が含まれることを明らかにした。本試験の結果からみても落花生の成熟期に子葉に転流してきた Ca は細胞壁に集積されるほか、蛋白粒中のフィチンや修酸と塩を形成するものと思われる。

Sharma ら¹⁶⁾は落花生の子葉には3種類の蛋白粒が含まれていることを、Buttrose ら¹⁷⁾や Lott ら⁵⁻⁷⁾は EDX を用いていろいろな種子の蛋白粒中の無機元素を測定し、種、器官、組織などの相異により無機元素の組成や含量が異なることを、Ogawa ら¹¹⁾は水稻において種子の生育に伴いグロボイドの無機元素の組成が異ってくることを報告している。本試験の結果から明らかなように、4週目から12週目にかけてKは子葉の両区域の細胞内果粒に集積した。又 Mg は子葉の外側の区域の細胞内果粒に集積したが、内側の区域では細胞内果粒に検出されなかった。しかし著者らは Mg および P について種子肥大期の子葉および完熟期の B 区域の細胞内果粒の点分析により、9.889Å および

* 1977年10月日本土壌肥科学会九州支部例会において報告した。

6.155Å にピークがあり、果粒中に Mg および P が存在することを認め、ピークの高さはA区域の果粒よりも低いことを報告した*。このように落花生の子葉においても、子葉の区域により細胞内果粒の組成が異なり、子葉の外側の区域の細胞内果粒は内部のものに比して Mg や P などに富んでいるものと思われる。又種子の成熟に伴う細胞内果粒の組成の変化については今後検討する必要があるものと思われる。

要 約

落花生の結実圏に侵入する前の子房柄、および種子の生育に伴う子葉中の Ca, Mg および K の分布を EPMA を用いて調べた。

1. 子房柄では各元素とも子房より子房柄の伸長部位に多く分布した。

2. 子房柄伸長部位では元素により異った分布を示した。すなわち Ca は皮層および髓に、Mg は皮層および師部に多く分布した。K は局在性を示さなかった。

3. 皮層および髓では Ca は細胞壁および核に分布したが、特に皮層では核に著しい局在性を示した。

4. 2週目の子葉では各元素とも中央部より外側の区域に多く分布し、子葉の細胞内では細胞壁および核に存在した。

5. 4週目の子葉では Ca および Mg は一部の通道組織の Ca を除いて検出されなかったが、K は通道組織には少なく、他の区域では均一に分布した。子葉の細胞内では K は細胞内果粒に多く分布したが、Ca および Mg は検出されなかった。

6. 12週目の子葉では元素により異った分布を示した。すなわち Ca は表皮付近の細胞、Mg は表皮および通道組織を除いた子葉の外側の区域に多く分布した。K は他の区域に比して表皮および通道組織に少なかった。子葉の細胞内については Ca は細胞壁、K は細胞内果粒、Mg は子葉の外側の区域では細胞内果粒に多く分布した。

7. 点分析により、4 および 12週目の細胞内果粒のなかに Ca が存在する果粒もあることが認められた。

謝 辞

この研究を行なうにあたり千葉農業試験場落花生研究室から落花生の種子を、鹿児島県農業試験場土壌肥料部から根粒菌をいただいた。又 EPMA を使用するにあたり、本学 EP

MA 室長浦島幸世教授ならびに教養部根建心具助教授から御助言をいただき、上笹貫猛氏の御協力をいただいた。ここに深謝の意を表したい。

文 献

- 1) Buttrose, M.S. and Lott, J.N.A.: Calcium oxalate druse crystals and other inclusion in seed protein bodies: Eucalyptus and jojoba. *Can. J. Bot.*, **56**, 2083-2091 (1978)
- 2) Cheng, P.-Y.: Ultraviolet rotary dispersion as prove for the interaction between DNA and metal ions. *Biochim. Biophys. Acta*, **102**, 314-316 (1965)
- 3) 稲永醇二, 長崎裕子, 堀口毅, 西原典則: 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. 鹿大農学術報告, **29**, 133-142 (1979)
- 4) 稲永醇二, 長崎裕子, 野村啓一, 西原典則: 落花生の Ca 栄養に関する研究 第2報, 莢実の生育に伴う無機成分 (Ca, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn および Cu) の消長について. 鹿大農学術報告, **30**, 163-171 (1980)
- 5) Lott, J.N.A.: Location of reserves of mineral elements in seed protein body: macadamia nut, walnut, and hazel nut. *Can. J. Bot.*, **56**, 2072-2082 (1978)
- 6) Lott, J.N.A. and Buttrose, M.S.: Globoids in protein bodies of legume seed cotyledon. *Aust. J. Plant Physiol.*, **5**, 89-111 (1977)
- 7) Lott, J.N.A., Greenwood, J.S. and Vollmer, C.M.: Energy-dispersive x-ray analysis of phosphorus, potassium, magnesium, and calcium in globoid crystals in protein bodies from different region of Cucurbita maxima embryos. *Plant Physiol.*, **61**, 984-988 (1978)
- 8) 水平敏知: 走査電子顕微鏡を用いての生物試料の元素分析法. 細胞, **3** (13) 66-79 (1971)
- 9) 水野進: 落花生の結実に及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)
- 10) Ogawa, M., Tanaka, K. and Kasai, Z.: Accumulation of phosphorus, magnesium and potassium in developing rice grains: Followed by electron microprobe X-ray analysis focusing on the aleuron layer. *Plant Cell Physiol.*, **20**, 19-27 (1979)
- 11) Ogawa, M., Tanaka, K. and Kasai, Z.: Energy-dispersive x-ray analysis of phytin globoids in aleuron particles of developing rice grains. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **25**, 437-448 (1979)
- 12) 太田安定, 金丸日支男, 出口正夫: 水稻葉身内のカルシウム分布とカルシウム供給量の関係 第1報, 各種植物体内カルシウムの細胞分布. 土肥誌, **42**, 200-206 (1971)
- 13) Öpik, H.: Development of cotyledon cell structure in ripening Phaseolus vulgaris seed. *J. Exp. Bot.*, **19**, 64-76 (1968)
- 14) Rathore, V.S., Bajaj, P.S., and Wittwer, S.H.: Subcellular localization of zinc and calcium in bean (Phaseolus vulgaris L.) tissues. *Plant Physiol.*, **49**, 207-211 (1972)
- 15) 徐錫元, 早川利郎, 茶村修吾: X線マイクロアナライザーの利用による米粒の発育に伴う磷, カリウム, およびマグネシウムの分布の変化について. 日作紀, **49**, 26-33 (1980)
- 16) Sharma, C.B. and Diekert, J.W.: Isolation and partial characterization of globoids from aleuron grains of Arachis hypogaea seed. *Physiol. Plant.*, **33**, 1-7 (1975)
- 17) Shibuya, T.: Studies on the fructification of peanut.

* 1977年10月日本土壌肥料学会九州支部例会において報告した。

- Mem. Fac. Sci. Agr. Taihoku Imp. Univ. Phytotech.*,
17, 26-27 (1935)
- 18) Steffensen, D.: Breakage of chromosomes in *Tradescantia* with a calcium deficiency. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* **41**, 155-160 (1957)
- 19) Tanaka, K., Yoshida, T., and Kasai, Z.: Distribution of mineral elements in the outer layer of rice and wheat grains, using electron microprobe x-ray analysis. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **20**, 87-91 (1974)
- 20) 吉川年彦, 日下昭二, 直原毅, 吉田徹志: 水稻体中の重金属の分布および形態, 第1報, X線マイクロアナライザーによる玄米中の重金属の分布. *土肥誌*, **48**, 523-528 (1977)

Summary

In this study, an electron microprobe X-ray analysis was adopted to investigate the distribution of Ca, Mg and K in peanut gynophore and developing cotyledon. The peanut plant was cultured in soil, and after its flowering and fertilization, a gynophore was harvested prior to its penetration into the fruiting zone, and a seed was picked up at the 2nd, 4th and 12th weeks after the gynophore was penetrated into the fruiting zone. The results obtained were as follows:

1. In the gynophore, each element was distributed more in the gynophore-elongating part than in the ovary part.
2. In the gynophore-elongating part, the distribution of the elements were different in accordance with varieties among these elements; Ca was distributed more in the cortex and pith than in the epidermis, sclenchyma, phloem and xylem, Mg more in the cortex and phloem than in the other organs, while K was not concentrated in any organ.
3. In the cortex and pith cells of the gynophore-elongating part, Ca was chiefly distributed in the cell wall and nucleus, being remarkably concentrated in the nucleus of the cortex cell, too.
4. In the cotyledon at the 2nd week, each element was distributed more in the outer region than in the middle one. In the cotyledon cell, Ca and Mg were accumulated in the cell wall and nucleus.
5. In the cotyledon at the 4th week, Ca and Mg were not detected in anywhere with the exception of Ca fixed in a vascular bundle by line scan analysis, and K was distributed less in the vascular bundle than in any other region. In the cotyledon cell, K was distributed more in the intracellular particle, but Ca and Mg were hardly detected in anywhere, by line scan analysis.
6. In the cotyledon at the 12th week, the distribution of the elements were observed to be different in accordance with the varieties among these elements; Ca was distributed more in the region near the epidermis, Mg less in the vascular bundle and epidermis and more in the outer region than in the inner region, and K less in the vascular bundle and epidermis.
7. In the cotyledon cell at the 12th week, the distribution of the elements were observed to be different in accordance with the varieties among these elements; Ca was distributed more in the cell wall of both regions, K more in the intracellular particle of both regions, and Mg more in the intracellular particle of the outer region but it was not detected in the cell of the inner region by line scan analysis.
8. By peak profile analysis, Ca was observed to be present in some of the intracellular particles of the cotyledon cell, both at the 4th and 12th weeks.

Explanation of figures

- Fig. 1. Secondary electronimage of the longitudinal view of the gynophore.
Fig. 2. Secondary electronimage of the transversal view near the line A in Fig. 1 (ovary part).
Fig. 3. Line-scans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 2.
Fig. 4. Secondary electron image of the transversal view near the line B in Fig. 1 (gynophore-elongating part).
Fig. 5. Line scans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 4.
Fig. 6~8. Secondary electronimage (Fig. 6) and X-ray distributionimages of Ca (Fig. 7) and K (Fig. 8) of the C region in Fig. 4.
Fig. 9~12. Secondary electron image (Fig. 9) and X-ray distribution images of Ca (Fig. 10), Mg (Fig. 11) and K (Fig. 12) of the D region in Fig. 4.
Fig. 13~14. Secondary electron image of the longitudinal view (Fig. 13) and X-ray distribution image of Ca (Fig. 14) of the C region in Fig. 4.
Fig. 15. Secondary electron image of the longitudinal view of the cotyledon (the 2nd week after the gynophore was penetrated into the fruiting zone).
Fig. 16. Line-scans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 15.
Fig. 17. Secondary electron image of the A region in Fig. 15.
Fig. 18. Line scans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 17.
Fig. 19. Secondary electron image of the transversal view of the cotyledon (the 4th week after the gynophore was penetrated into the fruiting zone).
Fig. 20~21. Linescans of Ca, Mg and K radiation along the line I and II in Fig. 19.
Fig. 22. Secondary electronimage of the A region in Fig. 19.
Fig. 23. Linescans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 22.
Fig. 24. Ca peakprofile of the intracellular particle in Fig. 22.
Fig. 25. Photo-micrograph of the transversal view of the cotyledon (the 12th week after the gynophore was penetrated into the fruiting zone).
Fig. 26~27. Line scans of Ca, Mg and K radiation along the line I and II in Fig. 25.
Fig. 28. Secondary electron image of the A region in Fig. 25.
Fig. 29. Linescans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 28.
Fig. 30. Ca peak profile of the intracellular particle in Fig. 28.
Fig. 31. Secondary electron image of the B region in Fig. 25.
Fig. 32. Linescans of Ca, Mg and K radiation along the line I in Fig. 31.
Fig. 33. Ca peak profile of the intracellular particle in Fig. 31.

Abbreviation

Co: Cortex, C.W.: Cell wall, E.: Epidermis, I.P.: Intracellular Particle, N.: Nucleus, Phl.: Phloem, Pi.: Pith, Scl.: Sclencyma, Se.: Seed, T: Testa, V.B.: Vascular Bundle Xy.: Xylem, Io: Relative intensity of characteristic X-ray











