

## 大豆의 營養生理學的 研究

### 6. 葉位別 加里의 變異

李 舜 熙·康 榮 燾  
(延世大學校 生物學科)

## Studies on the Nutritional Physiology of Soybean.

### 6. Variation of Potassium at the Various Position of Leaf on the Main Stem.

Lee, Sun Hi and Yong Hee Kang  
(Department of Biology, Yonsei University)

#### Abstract

The effect of potassium metabolism on the soybean leaves was studied with comparison of other elements during the successive growing period. The results were as follows;

1. The percentage of potassium content showed remarkable increase not only in the first compound leaf at a stage which was growing vigorously and producing new leaves, but also in the fifth compound leaf at a stage which was taking a active metabolism of nitrogen and carbohydrate but not producing new leaves. However, the percentage of potassium content was decreased in the second compound leaf than in the first one. Such a result could be regarded as a potassium removal from mature leaves into immature and flowing out from stoma through respiration. During the pod-development the percentage of potassium content in the soybean leaf was decreased.

2. If nitrogen, phosphorus and potassium were added excessively in the nutrient solution, the percentage of potassium content in the soybean leaf had increased. The effects of these elements showed a remarkable increase in the excessive plot of nitrogen than in that of phosphorus. At early stage the retarded effect of phosphorus on the growth of soybean could be covered by potassium, however, at late stage it could not.

The growth of soybean plant was much more inhibited by potassium, compared with nitrogen and phosphorus. New leaves could not be produced in the potassium deficient soybean plant after the third compound leaf. The normal growth of soybean plant could not be observed if only one element was excessively added to the culture solution, compared with the deficiency of other two elements.

#### 緒 論

綠色植物에 對한 加里의 效果에 對해서는 最近 農耕  
上의 立場에서 作物의 增收效果(Koch et al., 1970;

Forster, 1972), 土壤肥料(Islam et al., 1970; Salmon  
et al., 1971), 植物營養生理(康, 1969; Okamoto, 19  
69; Nowakowski et al., 1972; Terry et al., 1973)面  
等に 對하여 廣範圍하게 研究되어 많은 報文이 나와

있다. 植物營養生理學的인 面에서 考察하여 보더라도 加里代謝에 關連되는 生理作用에 對해서도 遊離아미노산의 合成 및 단백질대사(Haeder, 1971; Nguyen et al., 1972; Nowakowski et al., 1972), 光合成과 呼吸(Okamoto, 1969; Terry et al., 1973; Fischer, 1971) 등에 關한 報文은 대단히 많이 있으나 아직도 밝혀져야 할 문제가 많이 있다.

이러한 面에 있어서도 特히 單子葉植物인 벼에 對해서 많이 研究 報告되었지만 雙子葉植物인 大豆에 對해서는 별로 報告되어 있지 않다. 따라서 本 研究에서는 雙子葉植物인 大豆를 材料로 하여 窒素 磷酸, 加里를 過剩 缺乏 施肥하므로써 發育時期에 따른 各 葉內에서의 加里의 變異를 營養別 및 葉位別로 考察하여 單子葉植物인 벼의 경우와 比較함과 同様に 植物體內의 加里代謝의 一面을 추궁할 수 있는 기초적인 자료로 제공 하려고 本 實驗을 試圖하였다.

材料 및 方法

前報(Lee et al., 1971)에서 取扱한 材料의 一部를 분양하여 本 研究의 試料로 使었다. 試驗區도 第五報에서와 같이 窒素 磷酸 加里를 基準으로 하여 正常, 缺乏, 過剩區로 細分하여 總합 12個 試驗區를 設置하였다. 또한 試料採擇의 단계도 第五報에서와 같이 6단계로 區分하였다. 加里의 量은 濕式分解液의 一部를 採取하여 炎光光度計로써 測定하였다.

結果 및 考察

試料의 分析은 生育上 六段階로 區分하여 營養別과 葉位別로 考察하였다.

1. 營養別 加里의 分布

營養別로 區分하여 加里의 含有量 및 含有率을 比較한 結果를 Fig. 1(1~12)에 表示하였다. 對照區 (Fig. 1-1)에서는 成葉에서 부터 第一複葉이 展開할 때 까지 加里의 含有率이 漸增하였으나 第二複葉이 展開할 때 까지는 다시 增加 하였다. 그 後 着莢期까지 減少하였다. 第二複葉에서 가장 적은 含有率(0.84%)을 나타내었는데 이 時期는 아직 幼植物體로써 가장 成長이 旺盛한 時期로 加里는 植物體內에서 移動性이 크고(Wallace, 1951) 成葉에서 보다 新葉에 많이 蓄積되어(Funabiki et al., 1968; Giuseppe, 1968)加里가 新葉으로 많이 移動하였기 때문이 아닌가 推測된다.

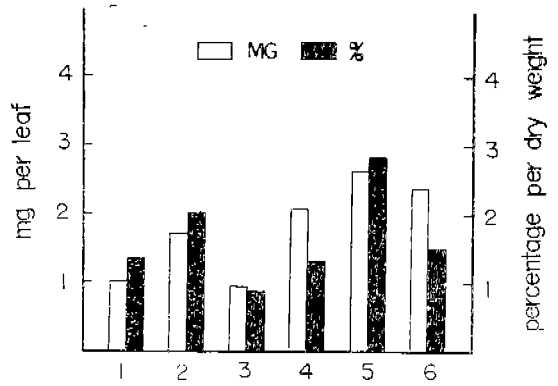


Fig. 1-1. Total contents and amounts of potassium on the soybean leaf grown in complete nutrient solution.

1;Adult leaf, 2;1st compound leaf, 3;2nd compound leaf, 4;3rd compound leaf, 5;4th compound leaf, 6;leaf at the period of pod formation.

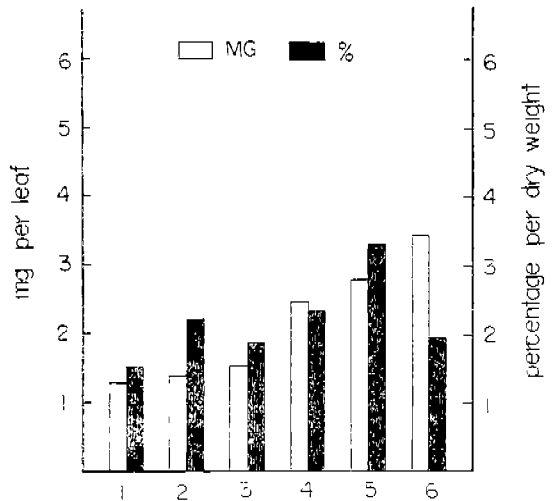


Fig. 1-2. Total contents and amounts of potassium on the nitrogen deficient soybean leaf.

1;Adult leaf, 2;1st compound leaf, 3;2nd compound leaf, 4;3rd compound leaf, 5;5th compound leaf, 6;leaf at the period of pod formation.

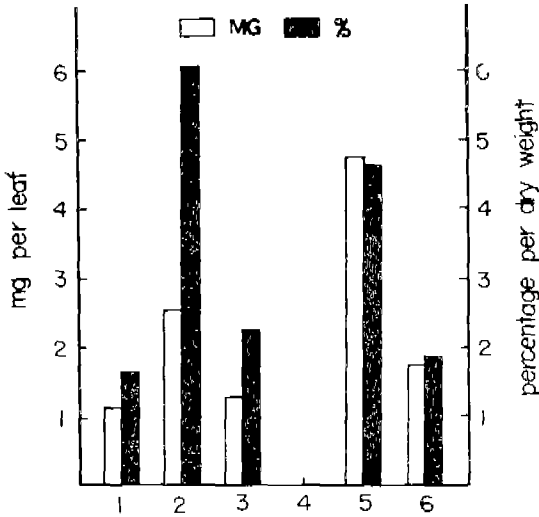


Fig. 1-3. Total contents and amounts of potassium on the nitrogen excess soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

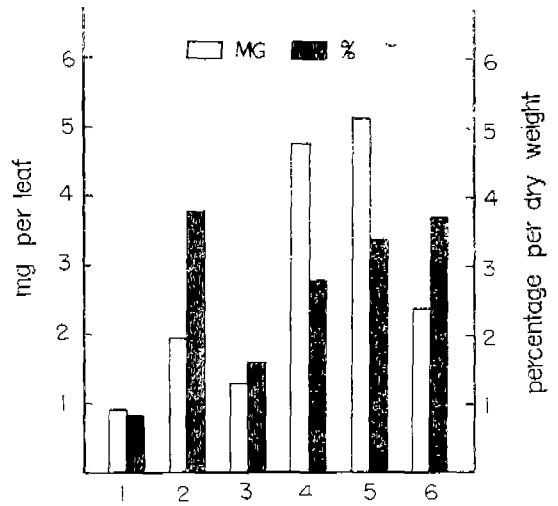


Fig. 1-5. Total contents and amounts of potassium on the phosphorus excess soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

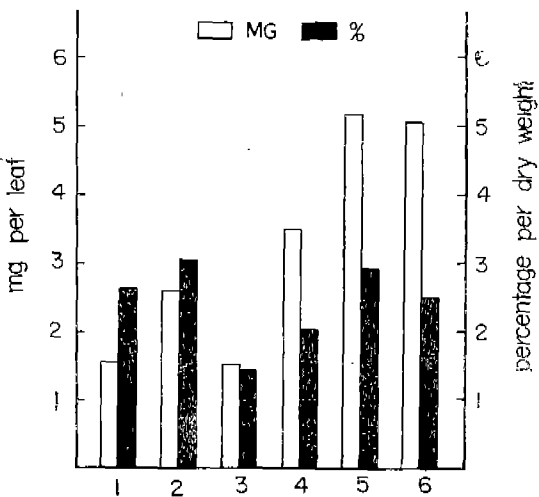


Fig. 1-4. Total contents and amounts of potassium on the phosphorus deficient soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

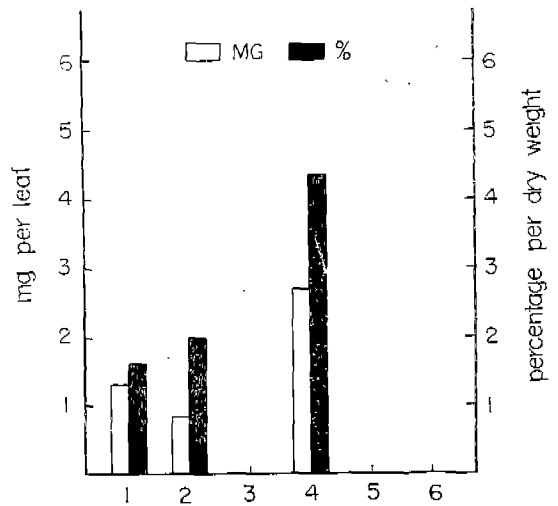


Fig. 1-6. Total contents and amounts of potassium on the potassium deficient soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

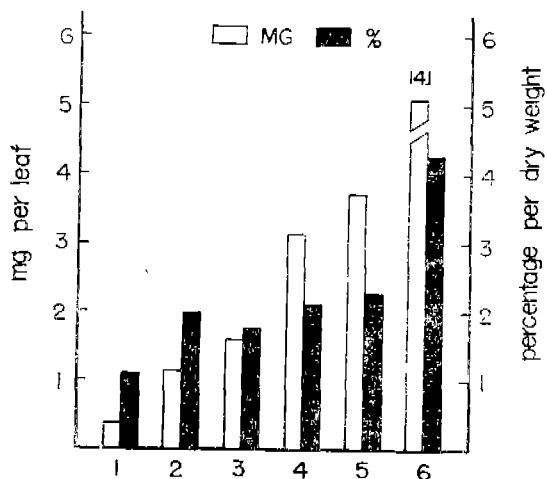


Fig. 1-7. Total contents and amounts of potassium on the potassium excess soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

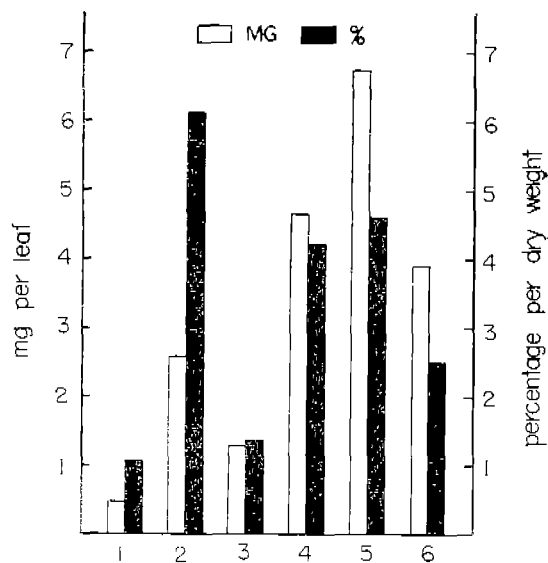


Fig. 1-9. Total contents and amounts of potassium on the phosphorus and potassium excess soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of pod formation.

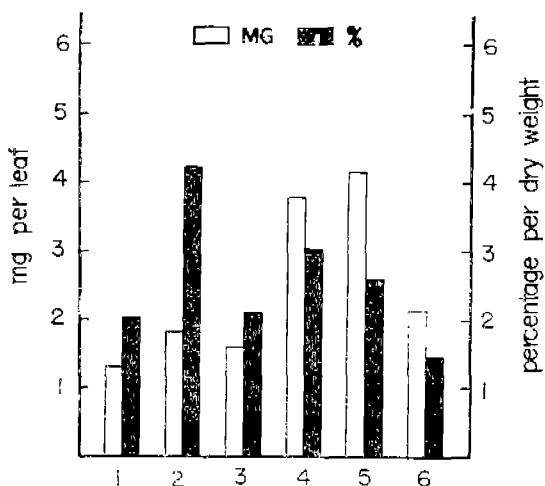


Fig. 1-8. Total contents and amounts of potassium on the phosphorus and potassium deficient soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf 6; leaf at the period of pod formation.

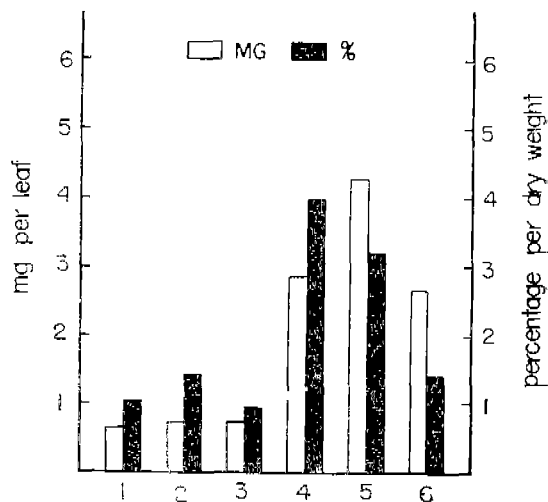


Fig. 1-10. Total contents and amounts of potassium on the nitrogen excess and phosphorus-potassium deficient soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6; leaf at the period of formation.

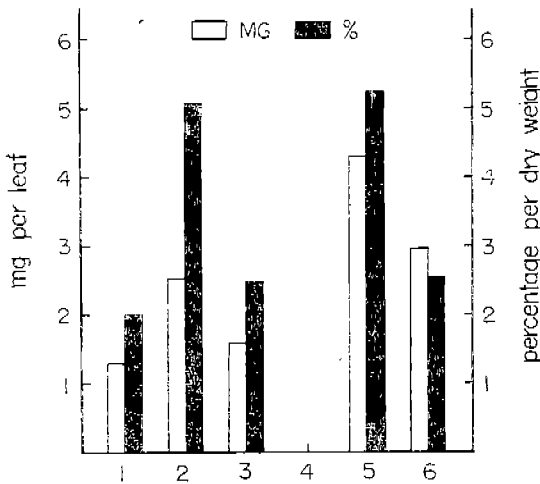


Fig. 1-11. Total contents and amounts of potassium on the potassium excess and nitrogen-phosphorus deficient soybean leaf.

1: Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6: leaf at the period of pod formation.

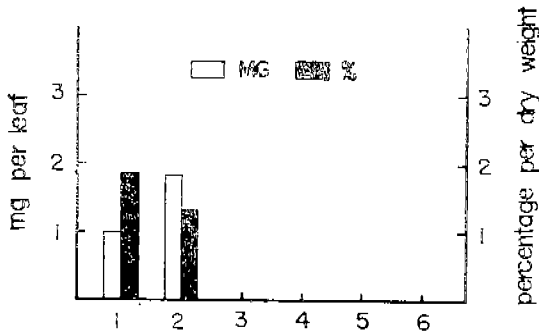


Fig. 1-12. Total contents and amounts of potassium on the phosphorus excess and nitrogen-potassium deficient soybean leaf.

1; Adult leaf, 2; 1st compound leaf, 3; 2nd compound leaf, 4; 3rd compound leaf, 5; 5th compound leaf, 6: leaf at the period of pod formation.

또한 第五複葉에서 加里의 含有率(2.8%)이 가장 많이 검출되었는데 이 時期는 生育完成期로써 新葉의 發生 및 分化가 저하되고 物質合成이 왕성히 일어나는 시기라 Evans(1966) 및 康 (1969)의 報告에서와 같이

加里는 窒素代謝 및 炭水化合物代謝에 영향을 미치지 때문에 加里의 含量이 많으리라 사료된다. 窒素缺乏區 (Fig. 1-2)에서는 對照區에서와 비슷한 傾向을 나타내었으나 成葉에서 가장 낮은 含有率(1.46%)을 나타내었고 第五複葉에서 가장 많은 含有率(3.26%)을 나타내었으나 特異할 만한 程度의 變動은 찾아 볼 수 없었다. 窒素過剩區 (Fig. 1-3)에 있어서는 第三複葉에서 加里의 含量이 記載되지 못하였으나 亦是 對照區와 비슷한 增減의 傾向을 나타내었다. 特異할 만한 점은 第一複葉에서 가장 많은 含有率(6.1%)을 나타내었는데 이는 幼植物에서 加里는 단백질合成시 酵素活性劑로서 반드시 필요하며 窒素가 증가함에 따라 加里의 含量도 增加한다는 報告(Haeder, 1971)로 미루워 보아 窒素의 過剩施肥로 因해 體內의 窒素化合物의 增加에 기인한 것이라 생각된다. 磷酸缺乏區 (Fig. 1-4)에서도 역시 對照區에서와 비슷한 傾向을 나타내었으나 別로 뚜렷한 變異는 찾아 볼 수 없었다.

磷酸過剩區 (Fig. 1-5)에서도 亦是 對照區에서와 비슷한 傾向이었으나 缺乏區에서보다 더 많은 含有率을 나타내었다. 第一複葉에서 가장 많은 含有率(3.8%)을 나타내었고 이어서 減少하였다가 着莢期에 갈수록 加里의 含有率이 漸增하였음이 特異의이었다. 이는 磷酸과 加里가 第二期 生長期에 갈수록 增加한다는 報告 (Peneva et al., 1971)와 一致한 結果였다. 加里缺乏區 (Fig. 1-6)에서는 第二複葉에서의 資料는 記載되지 못하였으나 第五複葉 以後의 不記載는 生育이 中斷되었기 때문에 分析不能에 基因되었다. 加里過剩區 (Fig. 1-7)에서는 對照區와 비슷한 傾向을 나타내었으나 着莢期에 加里의 含有率(4.3%)이 急增하였다.

이는 種子形成에 의해 蛋白質合成이 旺盛히 일어나기 때문이라 생각된다 (Evans et al., 1966). 磷酸加里缺乏區 (Fig. 1-8)에서는 第一複葉에서 가장 많은 含有率(4.2%)을 나타내었고 第二複葉에서 減少, 다시 第三複葉에서 增加하였다가 以後 減少하였는데 이는 磷酸과 加里의 缺乏으로 因한 當然한 結果라 하겠다. 磷酸加里過剩區 (Fig. 1-9)에서는 對照區에서와 비슷한 傾向을 나타내었으나 第一複葉에서 가장 많은 含有率(6.1%)을 나타내었고 一般의으로 他 實驗區에서 보다 加里의 含量이 비교적 더 많이 검출되었다. 이는 Monroe et al.(1969)의 實驗結果에서와 같이 加里를 過剩施肥한 結果라 하겠다.

窒素過剩 磷酸加里缺乏區 (Fig. 1-10)에서는 第三複葉 및 第五複葉에서 각각 4.0%, 3.2%로 가장 많은

含有率을 나타내었는데 이는 第五報(Lee et al., 1971)에서와 같이 前期에 生育이 저조하고 後期에 生育이 良好한 點으로 보아 三要素의 不均等한 施肥에 起因한 結果라 생각된다. 加里過剩窒素磷酸缺乏區(Fig. 1-11)에서는 第三複葉에서의 資料가 不記載되었으나 對照區와 같은 傾向이었다. 特異한 단한 것은 加里單獨過剩區에서와 같이 加里를 過剩施肥하므르써 他 實驗區에서보다 葉內에 加里의 含量이 比較적 많았다. 磷酸過剩 窒素加里 缺乏區(Fig. 1-12)에서는 第二複葉 以後에는 生育이 停止 되었다. 特히 窒素와 加里가 缺乏되므로 因해 植物體內의 代謝活動이 阻礙되었기 때문이 더 磷酸이 전혀 이를 補充하지 못하였음을 示唆하였다

(2) 葉位別 加里의 分布

葉序를 기준하여 成葉, 第一複葉, 第二複葉, 第三複葉, 第五複葉, 着莢期로 區分하여 加里의 含量 및 含有率을 檢출하여 Fig. 2(2-6)에 表示하였다.

成葉(Fig. 2-1)에 있어서는 磷酸單獨 磷酸加里 同時 缺乏區 및 加里過剩 磷酸窒素 缺乏區 등이 對照區에서보다 加里의 含有率이 많았고 磷酸過剩區에서 가장 낮은 含有率(0.8%)을 나타내었다. 其他 試驗區에서는 약간의 差異는 있었으나 特異한 程度의 差異는 찾아 볼 수 없었다. 磷酸單獨 및 磷酸加里 同時 缺乏區에서 比較的 많은 含有率을 나타낸 것은 磷酸의 缺乏은 加里가 어느 정도 cover하여 온 結果라 할 수 있고 加里

過剩 窒素磷酸缺乏區에서 加里의 含有率이 높은 것도 加里過剩施肥로 因한 磷酸과 加里의 交互作用이라 推測된다.

이러한 現象은 Navasero(1969)의 벼의 實驗結果와도 一致하였다. 第一複葉(Fig. 2-2)에서는 窒素過剩區(6.1%) 磷酸加里過剩區(6.1%) 및 窒素磷酸缺乏, 加里過剩區(5.1%) 등에서 加里의 含有率이 他 試驗區에서보다 顯著히 增加하였다. 一般의 傾向은 窒素 磷酸加里等 各要素의 缺乏區에서보다 過剩區에서 加里의 含有率이 많이 나타났다.

이러한 現象은 各 要素로 因한 細胞伸長 및 細胞內容의 充實化로 因한 加里의 活潑한 體內代謝에 基因한 結果라 할 수 있다(康, 1969). 窒素過剩 磷酸加里缺乏區와 磷酸過剩 窒素加里缺乏區에서 加里過剩 窒素磷酸缺乏區에 比하여 加里의 含有率이 顯著히 적은 것은 加里의 缺乏症에 基因한 結果라 할 수 있고 磷酸과 加里의 交互作用은 生育이 進行되던 不可能하다는 것을 立證하여 주었다.

第二複葉(Fig. 2-3)에서는 第一複葉에서와 비슷한 傾向을 나타내었으나 含有率은 比較적 적었다. 이는 이 時期가 生育이 旺盛한 時期로 葉의 크기 및 乾燥量이 增加하고(Cooper et al., 1967; Lee et al., 1971) 加里는 移動性이 크고 成葉에서 보다 新葉에서 많이 含有되어 있으며(Funabiki, et al., 1968; Giuseppe,

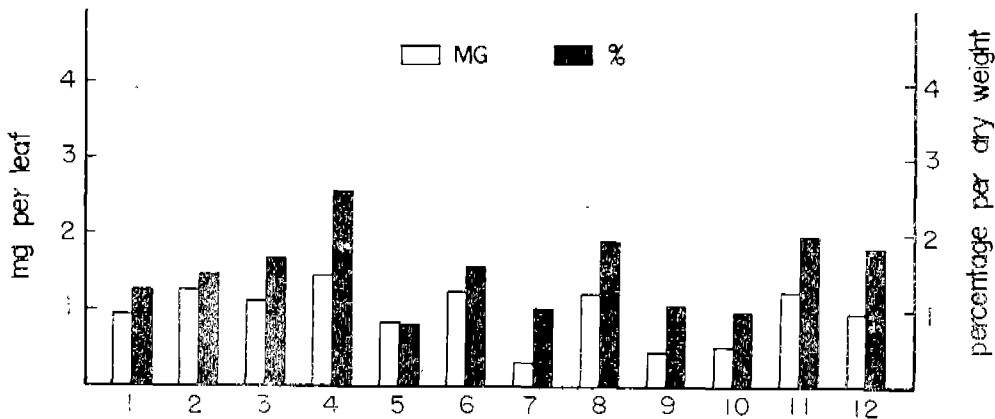


Fig. 2-1. Total contents and amounts of potassium on the adult leaf of the soybean.

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; phosphorus excess, nitrogen-potassium deficiency.

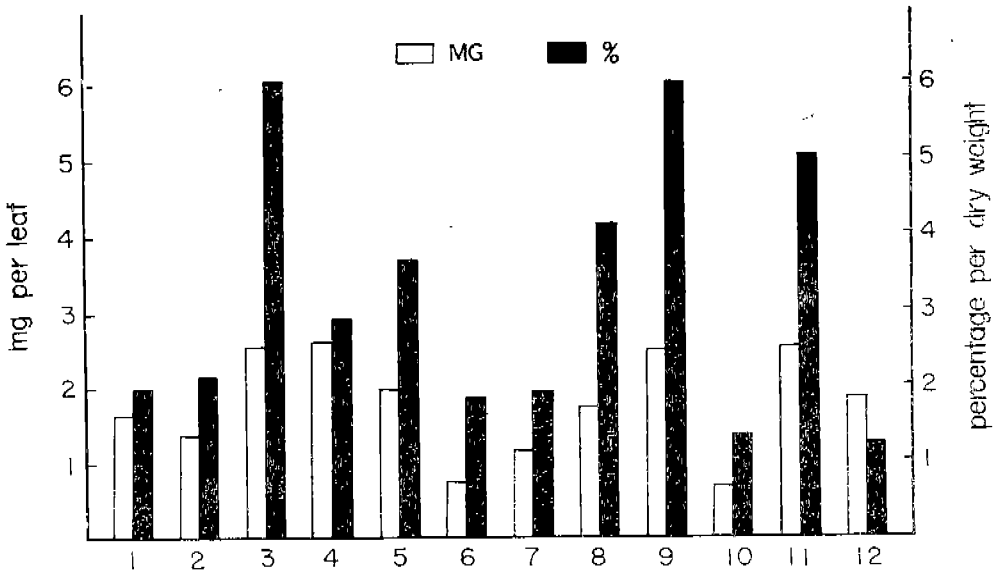


Fig. 2—2. Total contents and amounts of potassium on the 1st compound leaf of soybean.

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; phosphorus excess, nitrogen-potassium deficiency.

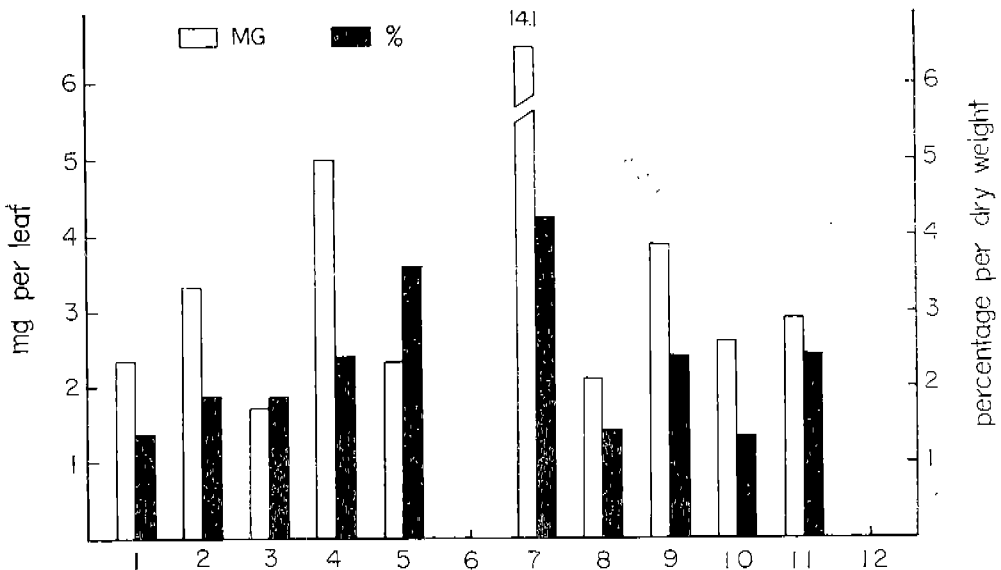


Fig. 2—3. Total contents and amounts of potassium on 2nd compound leaf of the soybean.

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; phosphorus excess, nitrogen-potassium deficiency.

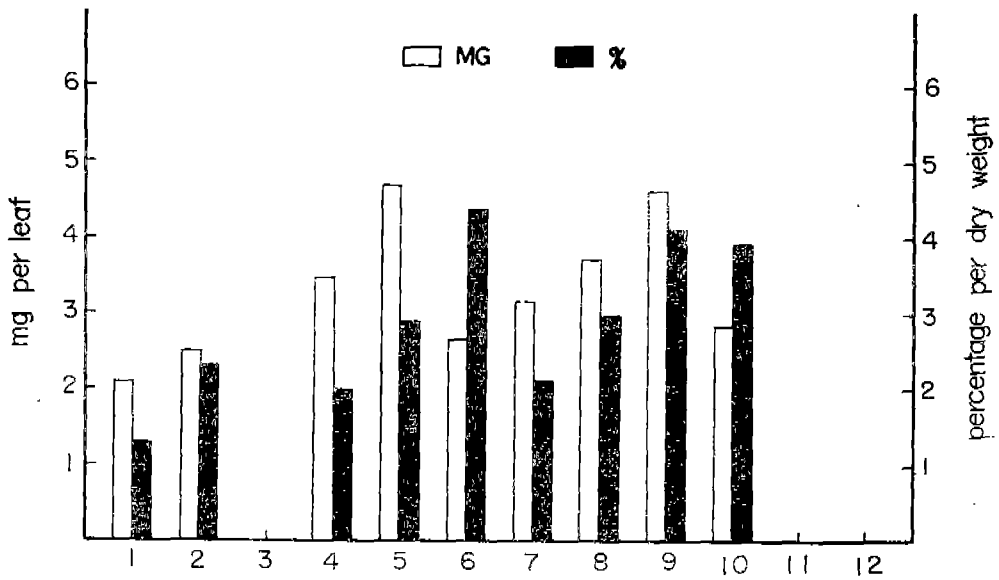


Fig. 2-4. Total contents amounts of potassium on the 3rd compound leaf of the soybean

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; phosphorus excess, nitrogen-potassium deficiency.

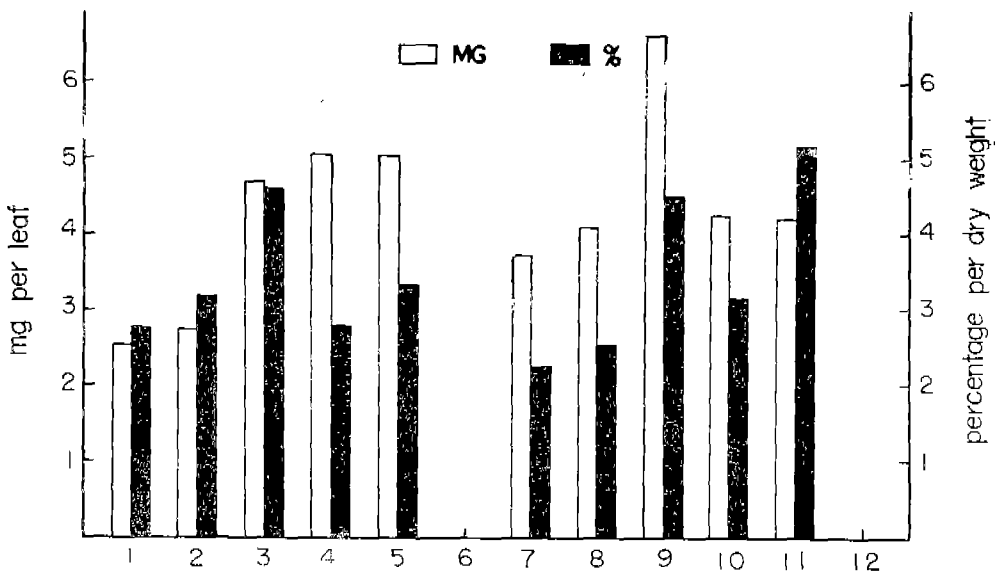


Fig. 2-5. Total contents and amounts of potassium on the 5th compound leaf of the soybean.

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; phosphorus excess, nitrogen-potassium deficiency.



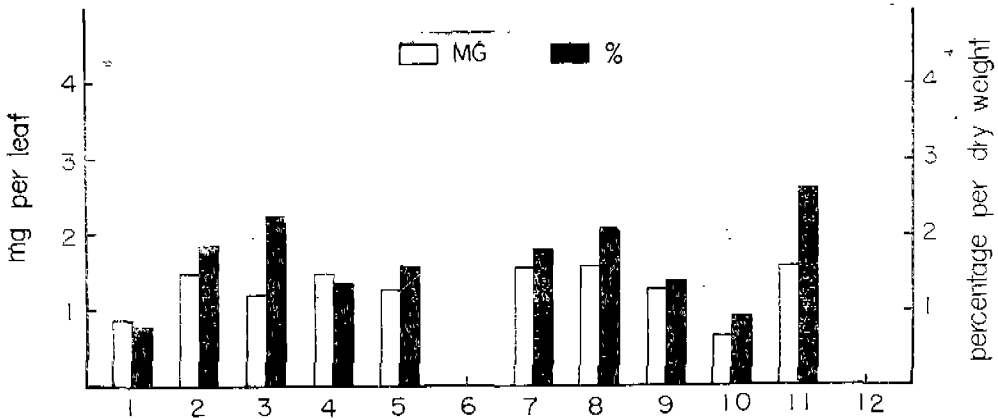


Fig. 2-6. Total contents and amounts of potassium on the soybean leaf at the period of pod formation.

1; Control, 2; nitrogen deficiency, 3; nitrogen excess, 4; phosphorus deficiency, 5; phosphorus excess, 6; potassium deficiency, 7; potassium excess, 8; phosphorus-potassium deficiency, 9; phosphorus-potassium excess, 10; nitrogen excess, phosphorus-potassium deficiency, 11; potassium excess, nitrogen-phosphorus deficiency, 12; potassium excess, nitrogen-potassium deficiency.

1968), 또한加里는 공변세포에 많이 축적되어 팽압을 증가시켜 증산작용을 촉진시키며 이때加里ion을 많이 상실했기 때문이라 생각된다. (Ketallapper, 1963; Fischer, 1968a, 1971)

第三複葉(Fig. 2-4)에서는加里缺乏區에서加里의含有率(4.4%)이顯著히增加한 것이特異的이었다. 이는第五報에서의 같이加里缺乏으로因하여生育이停止되고體内に遊離狀態의加里가增加되기 때문이라 생각된다. 第五複葉(Fig. 2-5)에서도亦是各要素를過剩施肥하므로加里의含有率이增加되었다. 特異한 경우는磷酸加里缺乏窒素過剩區 및窒素過剩區로서窒素를過剩施肥하므로加里의含量이顯著히增加하였다. 이는加里가窒素代謝에 반듯이關係하고(康, 1969; Haeder, 1971) 더욱이體内の窒素含量이 높아지면加里의含量이 많아지기 때문이라 생각된다(Monroe et al., 1969).

着莢期(Fig. 2-6)에 있어서도前記한 경우와 비슷하였으나 비교적 적은량의含有率을 나타내었다. 이時期는新葉의發生이 적고pod가形成되는時期로Haeder(1971)의報告와 같이種子內로 많은량의加里가移動한結果라 하겠다.

要 約

大豆가生育함에 따라發生하는葉序를基準으로 하

여葉位別로加里의含量을調査함으로써장차大豆의加里代謝에對한基礎的인研究資料로 삼으려고本實驗을施行하였다.

資料는葉位別과各營養素別로區分하여比較檢討하였다. 結果는 다음과 같다.

1) 營養別加里의分布:大豆葉에 있어生育이旺盛한時期인第一複葉에서, 또한新葉의發生은 적지만 단백질合成 및 탄수화물대사가 활발한時期인第五複葉에서加里의含有率이顯著히 높았고第二複葉에서는第一複葉에서보다 더 낮은加里의含有率을 나타내었는데 이는第五報에서의 같이葉이伸長되고乾燥량이增加되었으며同時に加里가成葉에서부터新葉으로移動하고旺盛한 증산작용의結果加里의含有率이 저하되었으리라 생각된다. 또한,着莢期에加里의含有率이 저하된 것은加里가種子內로 많이移動한結果라고 생각된다.

2) 葉位別加里의分布:窒素 磷酸加里를過剩施肥함으로써加里의含有率이 높았으며 그效果는磷酸을過剩施肥한 경우에서보다窒素를過剩施肥한 경우에서 보다더顯著한增加를 나타내었다. 幼植物에서는磷酸缺乏으로因한生育阻害現象을加里가 어느정도cover하여 주었으나生育이進前월에 따라 그效果는不可能하였다.

三要素中 加里缺乏으로 인한 生育阻害現象이 가장 顯著하였으며 第三複葉 以後에는 新葉의 發生 및 分化가 停止되었다. 또한 三要素中 어느 한 要素를 過剩시키고 다른 두 要素를 缺乏시키면 正常的인 生育을 할 수 없었다.

### 參 考 文 獻

- Barker, A.V., and Maynard 1969. *Potash Review Subject* 3 32th Suite.
- Bradfield, E.G. 1970. *J. Sci. Fd. Agri.* 21; 554~558.
- Chevalier, M. 1971. *Potash Review Subject* 16, 53th Suite.
- Cooper, R.B., R.E. Blaser, and R.H. Brown 1967. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31: 231~235.
- Davies, J.N., and G.W. Winsor 1967. *J. Sci. Food Agric.* 18: 459~466.
- Evans, H.J., and G.J. Sorger 1966. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 17:47~77.
- Fischer, R.A.. 1971. *Plant Physiol. Lancaster* 47; 555~558.
- 1968a. *Science* 160:784~785.
- Forster, H. 1972. *Potash Review Subject* 16, 15th Suite.
- Funabiki, S., and T. Sakamoto 1963. *Potash Review Subject* 8, 19th Suite.
- Giuseppe, C. 1963. *Potash Review Subject* 8, 19th Suite.
- Haeder, H.E. 1971. *Potash Review Subject* 3, 40th Suite.
- Hehl, G., and K. Mengel 1972. *Landw Forsch.* XXIII 27/11 Sh, 117~129.
- Islam, A., and J. Bolton 1970. *J. Agr. Sci. Camb.* 75: 571~576.
- 康榮燾 1969. 韓土肥誌 2: 49~51.
- Ketallpper, H.J. 1963. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14:249~270.
- Koch, K., and K. Mangel 1970. *Landw Forsch.* 23: 353~362.
- Lee, S.H., and Y.H. Kang 1971. *Yonsei Non-Chon* 8: 243~257.
- Monroe, C.A., G.D. Cooper, and C.R. Skogley 1969. *Ahron, J.* 61:194~296.
- Nguyen, S.T., R. Paquin, L.T.O. Gradu, and G.T. Ouellette 1972. *Canada J. Plant Sci.* 52:41~42.
- Nowakowski, T.Z., and M. Byers 1972. *J. Sci. Fd. Agr.* No. 11 1313~1333, Great Britain.
- 杉山達夫·五島善秋 1965. 日土肥誌 36: 317~320.
- Okamoto, S. 1969. *Soil Science Plant Nutrition* 15, No. 6.
- Patnaik, S., and C.T. Abichandani. 1970. 11 Riso. 19: 17~35.
- Penva, P., and Moinova, K. 1971. *Plant Sci.* 8:79~86.
- Salmon, R.C. 1971. *Rhod. J. Agr. Res.* 9:123~126.
- Tanaka, A. 1960. *J. Facul Agr. Hokkaido University,* 51: 450~549.
- Terrt, N., and Ulich 1973. *Plant Physiol.* 51:783~786.
- Verma, O.P., and G.P. Verma 1970. *Buttettin of the Indian Society of Soil Science* No. 8.
- Wallace, T. 1951. Her Majester's Stationary Office, London, p. 107
- Zehler, E., and H. Forster 1972. *Potash Review Subject* 3, 22th Suite.

(1974. 9. 12 전수)