

大豆 및 강낭콩內 微量元素의 濃度 및 分布에 미치는 DTPA의 영향

車 鍾 煥
(東國大學校)

Effects of DTPA on Microelements in Soybean and Bush Bean

Cha, Jong Whan
(Dongguk University, Seoul)

ABSTRACT

Hawkeye(Fe-chlorosis resistant) and PI 54619-5-1(Fe-chlorosis sensitive) soybeans were grown with and without DTPA(diethylene triamine pentaacetic acid) in Yolo loam soil. The major purpose of the study was to compare leaf-stem distribution of microelements for different treatments which increase concentrations of microelements in plants to evaluate the role of the chelating agent in increasing translocation of the microelements.

Plant responses and yields were recorded and Fe, Mn, Zn, Cu, Al, Co, N, Sn, Pb and Mo contents of leaves and stems were determined by emission spectrography.

Sulfur(soil pH4) increased leaf concentrations of Mn, Zn, Cu, CO, Ni, Sn and Pb.

DTPA, particularly at 50ppm in soil, increased leaf concentrations of Fe, Mn, Zn, Cu, CO, Ni and Mo. It increased Ti in leaves for the PI 54619-5-1 soybeans only. DTPA increased the ratios of the concentration in leaves to that in stems for Fe, Zn, Cu, Al, Ti, CO, Ni and Mo.

Sulfur which increased the microelement concentration in both leaves and stems did not have this effect.

DTPA increased the ratio at soil pH 6 and 8.5 in leaves to that in stems of the bush bean plants for Fe, Zn, Cu, Ni, but to a lesser extent in bush beans than in soybeans. PI 54619-5-1 soybeans tended to contain less of most of the metals than did Hawkeye soybeans.

서 론

合成 chelate agents는 微量元素의 有效度에 많은 영향을 준다는 사실이 여러 植物에서 알려졌다.

그러나 이들 chelate agents의 重要な 역할은 土壤內 용액중의 微量元素들이 可容態로 유지되어 있거나 土壤에서부터 뿌리에 흡수되어 上昇할 수 있는 條件下

에 있어야만이 고려의 대상이 되는 것이다.

結局 chelate agents가 chelated金屬으로서는 植物根에 吸收될 수 없다는 것이다.

그러나 진정한 뜻은 chelate agent가 植物내에서 微量元素의 轉移를 쉽게 하는 수단으로 쓰이는 것은 아니다.

따라서 本 實驗의 主目的은 植物의 莖 및 葉內 Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Mo 등 微量元素의 分布에 미치는 chelate agents의 영향을 확인하려는 것이다.

材材 및 方法

本 實驗에서 第1實驗의 材料植物은 Hawkeye 大豆 (Fe-chlorosis resistant, 以下 HA로 表示함)와 PI 54619-5-1(Fe-chlorosis sensitives 以下 PI로 表示함)이다.

使用된 chelate는 DTPA (diethylene triamine pentaacetic acid)이다. 또한 本 研究에 使用된 土壤은 Yolo loam으로 이는 非石灰性이며 clay가 약 20% 有機物이 25%, 陽 ion 置換能은 19m^l 程度로 含有하고 있었다.

한 處理區로서 pH 6인 Yolo loam은 若干의 酸性土壤이 더 현저히 나타내도록 5% S로 수정하였다.

다음 處理는 材料植物을 移植한 後에 酸性의 Yolo loam 土壤에 5ppm 및 50 ppm 水準으로 DTPA를 處理하였다. 이때 DTPA는 Fe나 다른 金屬이 포함안된 Na鹽으로 사용하였다.

材料植物은 發芽後 PI나 HA大豆 모두 12일동안 土壤 500g에서 生育시켰다.

各 處理區別 반복실험회수는 4이고 N는 NH₄ NO₂로 土壤 乾物當 10ppm의 水準으로 모든 處理에 한번씩

Table 1. Yields and microelement contents of Hawkeye and PI 54619-5-1 soybean leaves from plants grown in nonacidified and acidified Yolo loam soil with and without DTPA

Soil treatment	Soil pH	Leaf yield mg/plant	Leaf color or condition	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	Ti	CO	Ni	Sn	Pb	Mo
ppm of dry weight														
Hawkeye soybeans														
Control	6.0	463	Green	62	91	54	7.4	5	3.8	1.3	1.3	0.8	2.5	16.9
5%S	4.3	122	Edge leaf burn	74	669	97	15.9	29	4.2	6.1	7.8	1.9	5.6	3.9
5ppm DTPA	6.0	447	Green	81	81	51	8.3	4	1.1	2.1	9.9	0.7	2.3	7.4
50ppm DTPA	6.5	367	Green	228	254	131	39.0	6	2.6	8.6	18.9	1.0	2.9	38.9
PI 54619-5-1 Soybeans														
Control	6.0	510	Green	59	67	46	4.7	6	2.6	0.7	2.2	0.7	2.0	10.6
5%S	4.3	188	Necrotic	53	656	74	11.3	8	1.4	5.9	7.9	1.4	3.0	4.7
5ppm DTPA	6.0	530	Green	60	57	23	6.3	4	37.1	2.4	9.4	0.7	2.2	7.7
50ppm DTPA	6.5	420	Green	159	202	33	25.2	4	28.2	6.2	12.2	1.3	3.2	18.7
LDS .05		85		16	40	19	3.0	2.7	2.3	0.7	1.8	0.5	1.4	6.0
LDS .01		112		21	53	25	4.0	3.6	3.0	0.9	2.4	0.8	1.9	8.0

施用하였다.

12日 後收穫하여 葉과 莖을 분리시키고 1/10N HCl과 제중유수로 씻고 乾燥시킨 後 무게를 秤量하여 生産量을 調査하고 이어서 이들 材料를 잘라서 emission spectrograph로 各種 無機機物을 分析하였다.

다음 第2實驗으로 강낭콩의 微量元素에 미치는 DTPA의 영향을 두 다른 pH值에서 조사하였다.

즉 Yolo loam 土壤에 50ppm DTPA만 處理한 實驗區와 MgCO₃ 處理로 이루어지는 높은 石灰條件인 pH8.5의 실험구를 대조 하여보았다.

MgCO₃ 量은 土壤의 pH가 8.5가 되도록 Yolo loam 土壤에 조절했다.

다음 條件은 MgCO₃ 처리에 의해 pH 8.5로 한 後 이곳에 DTPA (Na鹽) 50ppm을 土壤에 處理한 것이다. N의 施肥條件은 前述한 바와 같다.

處理後 12日동안 植物을 生長시켜 收穫하여 葉과 莖으로 分離하고 大豆와 같은 方法으로 定量分析을 하였다.

本 實驗은 1972年 5月 1日부터 始作된 것이다.

結果 및 考察

表 1에서 50%S 處理區는 生産량이 많이 감소되었음을 관찰할 수 있다. pH 4.3에서 Fe가 HA에서는 若干 增加되는 듯 했으나 PI에서는 增加되지 않았다.

Table 2. Ratio of metal concentrations in leaves to those in stems for the treatments in Table 1.

Soil treatment	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	Ti	Co	Ni	Sn	Pb	Mo
Hawkeye soybeans											
Control	2.9	7.1	2.1	1.6	0.9	0.9	1.2	2.6	1.4	1.4	1.1
5%S	1.3	2.2	0.6	1.8	0.6	0.4	1.6	1.4	1.5	1.2	1.0
5ppm DTPA	4.9	6.0	1.8	1.9	2.2	1.0	2.2	6.1	1.0	1.4	1.5
50ppm DTPA	10.1	5.7	3.2	5.1	2.5	4.0	5.2	12.1	1.5	1.9	2.7
PI 54619--5-1 soybeans											
Control	3.7	5.4	1.2	2.0	2.9	2.2	1.1	3.2	1.5	1.4	0.8
5%S	2.1	3.2	0.9	1.5	1.1	0.7	1.8	2.1	2.4	2.4	1.0
5ppm DTPA	6.0	5.8	1.6	2.5	2.4	2.4	1.4	5.6	1.0	1.0	0.6
50ppm DTPA	12.1	6.4	4.1	7.5	2.5	2.1	2.8	7.4	1.3	1.3	1.2
LSD .05	1.5	1.2	1.0	1.4	1.2	0.8	1.6	1.3	0.6	0.5	0.4
LSD .01	2.0	1.5	1.3	1.9	n s	1.1	2.1	1.7	0.8	0.6	0.6

Table 3. Effect of soil application of MgCO₃(pH8.5) and DTPA on elemental concentrations in bush bean leaves and stems of plants grown in plants grown in Yolo loam soil(pH6) (dry weight basis)

Soil treatment	Yield mg/plant	Fe	Zn	Mn	Cu	Ni	Pb	Mo	
		ppm of dry weight							
Leaves									
Control	620	101	11.3	105	11.2	2.1	6.8	2.4	
DTPA	628	200	23.4	326	43.0	17.9	6.8	3.0	
2%MgCO ₃	499	45	20.4	110	11.4	1.6	34.9	6.9	
2% MgCO ₃ +DTPA	429	62	4.6	340	37.7	14.0	39.8	6.5	
LSD .05	102	20	7.4	140	12.1	8.4	8.4	2.9	
LSD .01	132	27	10.4	197	16.9	12.0	11.8	3.8	
Stems									
Control	192	28	11.4	22	3.5	0.8	3.2	9.8	
DTPA	223	36	18.9	61	9.7	2.8	3.0	13.3	
2% MgCO ₃	207	14	23.1	14	4.9	1.0	14.2	41.6	
2% MgCO ₃ +DTPA	223	15	25.5	45	7.0	0.8	12.8	30.8	
LSD .05	n s	7	6.1	24	1.4	1.0	5.2	6.3	
LSD .01	n s	10	8.5	35	2.0	1.4	7.3	8.8	

S는 葉内の Mn, Zn, Cu, Al, Ni, Sn, CO 및 Pb의 含量을 增加시키고 Mo의 含量을 감소시켰다(表 1).

葉 및 莖內 微量元素의 濃度比를 表 2에서 분 수 있다. S 處理로 莖 葉內 微量元素의 水準은 對照區에 比 해 줄기에서 Fe, Mn, Zn, Al 및 Ti 등 含量比率 이 상당히 增加되었다.

DTPA의 높은 농도에서 Fe, Cu, CO, Ni, Zn 및

Mo가 植物의 葉에서 增加되었다. 이들 元素들은 葉莖 內 含量의 濃度比率이 DTPA의 50ppm에서 S 처리와는 反對로 Fe, Zn, 및 Ni 등은 크게 增加되었다(表 2). 즉 chelate agents가 植物體內에 微量元素의 전이를 쉽게하 는 수단으로 이용하지는 않는다고 Wallace 등 (1966)말 은 했으나 本實驗 結果는 DTPA는 直接 間接으로 植物 內에 많은 微量元素의 移轉을 조장함을 시사하고 있다.

Table 4. Ratio of yield and metal concentrations in leaves to those in stems for the treatments in Table 3.

Soil treatment	Yield mg/plant	Fe	Zn	Mn	Cu	Ni	Pb	Mo
			ppm of dry weight					
Control	3.22	3.61	0.99	4.78	3.20	2.63	2.12	0.24
DTPA	2.82	5.56	1.23	5.34	4.43	6.39	2.27	0.23
2% MgCO ₃	2.41	3.21	0.88	7.86	2.33	1.60	2.46	0.17
2% MgCO ₃ +DTPA	1.93	4.13	1.83	7.55	5.39	17.50	3.11	0.21
LSD .05	n s	0.90	0.42	2.78	0.93	1.24	n s	n s
LSD .01	n s	1.29	0.55	n s	1.23	1.63	n s	n s

Essington(1963)등은 ⁹¹Y DTPA를 土壤에 施用하였을 때 葉內에서 ⁹¹Y와 DTPA의 상당한 量을 發見했음을 報告했다. 더 最近에 Wallace는 DTPA가 土壤에 施用되면 ²⁴¹Am의 葉 및 莖內 ²⁴¹Am의 比率를 土壤 pH值가 金屬 chelate 安定性を 最高로 이마지했을 때 增加시킴을 알았다.

이들 모든 觀察은 DTPA가 줄기로부터 잎에까지 微量元素의 轉移를 쉽게함을 암시하는 것으로 본다.

강낭콩에 對한 表 4의 data는 葉 및 莖內 微量元素의 比가 大豆에서와같이 DTPA의 영향이 같은 경향으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 단 그 比率가 若干 낮은 值를 보이고 있다.

이들 元素는 pH 6에서 보다 pH 8.5에서 그 比率가 낮아졌다. DTPA는 Ni의 葉 및 莖內의 含量比率에서 가장 큰 影響을 나타냈다.

DTPA는 葉에서 Fe, Zn, Mn, Cu 및 Ni의 濃도를 크게 增加시켰다(表 3).

同時에 많은 微量元素의 增加를 유발시킨 이런 能力은 DTPA가 植物에서 Fe결핍에 關係되며 Fe를 더 特수화하는 다른 chelate agents보다 더 效果的으로 작용하는 理由로 설명될 수 있다.

EDDHA는 그 自身이 植物에 依해 吸收되지 않고도 植物에 Fe 移動을 增加시킨다(Wallace, et al. 1966) 그 理由를 EDDHA가 Fe 移動을 間接적으로 增進시키는 것은 Cu吸收를 감소시키기 때문으로 보았다. 그러나 이와같은 가설은 본 研究에서 DTPA로 인한 Fe, Zn, Mn, Cu 및 Ni 등의 結果를 증명 못한다. 왜냐하면 DTPA는 植物內에 Cu 및 다른 元素들의 水準을 增加시키는 경향을 보였기 때문이다. DTPA는 ⁹¹Y에서 Essington 등(1963)에 依해 제시된 바와 같이 植物內에 金屬 chelate로써 이들 元素의 轉移를 直接 增進시킬 수 있음을 보인 것이다.

筆者와 Wallace등(1971)은 강낭콩에 依해 吸收되는 DTPA/Fe 比率이 EDDHA/Fe의 比率에서 보다 더 密接함을 觀察한 바있다.

이것은 DTPA가 微量元素의 增加되는 轉移속에 또 한되어 質을 암시한 것으로 볼 수 있다.

Fe는 植物이 吸收하기 前에 EDDHA로부터 분리될 수 있다. 그것은 EDDHA의 실험 結果 前述한바와 같이 그 자신은 食物에 흡수되지 않고도 Fe흡수를 强한다는 것이다 (Wallace & Müller 1966).

DTPA의 높은 농도는 植物이 원하지 않는 元素들의 농도를 增加시킬 수 있다.

또는 Fe 기능을 방해하는 重金屬 元素의 吸收로 어떤 경우에는 毒性을 나타내는 水準까지 增加시킨다.

Zn, Cu, Co 및 Ni은 DTPA의 높은 농도로 增加되었고 이들 四元素들은 Fe의 作用을 방해하는 경향이 있다.

EDDHA는 Fe 黃化現象을 유도하는 많은 金屬을 抑制하지 않으므로 植物內 Fe 黃化現象에 對해서는 DTPA보다는 더 效果的이다.

最近 모든 연구는(1970년경 부터 조사된 필자등의 논문들) HA 大豆가 PI大豆보다 각 微量元素를 더 많이 포함한다고 결론 짓고 있다. HA는 Fe 黃化現象에 상당한 저항성을 소유하고 있다. HA가 Fe 黃化現象에 대한 이런 저항력이 微量元素의 많은 축적에 特別한 關係가 있는 것 같지 않고 HA가 PI보다 많은 微量元素를 더 많이 吸收하는 自身의 能力에 關係되어진 것 같다.

要 約

HA(Fe-chlorosis resistant)와 PI(Fe-chlorosis sensitive) 大豆가 Yolo loam 土壤에서 DTPA를 加하거나 안한 곳에서 자라게 했다.

本 研究의 主目的은 微量元素의 轉移를 增加시키는 chelating agent의 역할을 評價하기 爲함이다. 즉 微量元素의 濃度를 增加시키는 여러 處理에서 이들 微量元素의 葉 및 莖內 分布를 比較하기 爲한 것이다.

한 處理區로서 土壤에 S를 使用하여 酸性土壤으로 유도시켰다.

植物의 反應과 生産量을 조사하여 Fe, Mn, Zn, Cu, Al, Ti, Co, Ni, Sn, Pb 및 Mo 등의 葉 및 莖內 含量을 emission spectrography에 의해 定量하였다.

S는 葉內 Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Sn 및 Pb 含量을 增加시켰다.

土壤內 50ppm DTPA는 Fe, Zn, Cu, Co, Ni 및 Mo의 葉內 含量을 增加시켰다. DTPA는 Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Mo 등의 莖內 含量에 比較 葉內 含量의 比를 더 增加시켰다.

DTPA는 土壤 pH 6과 8.5에서 강낭콩의 줄기보다도 葉內 Fe, Zn, Cu, Ni의 濃도를 增加시켰다.

PI 大豆는 HA 大豆보다 大部分의 金屬을 적게 포함하는 경향이 있었다.

本 論文은 美國UCLA에서 Dr. Arthur Wallace의 도움으로 이루어진 것이다.

考 參 文 獻

Brown, J.C. 1969. Metal chelation in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 59-61
 Brown, J.C., L.O. Tiffin, A.Q. Specht, and J.W. Resnick 1961. Stability and concentration of metal chelates, factors in iron chlorosis of plants. Agron. J. 53: 85-90.
 Brown, J.C., L.O. Tiffin, A.Q. Specht, and J.W. Resnick 1961. Iron absorption by roots as affected by plant species and concentration of chelating agent. Agron. J. 53: 81-85
 Chaberek, S., and A.E. Martell 1959: Organic sequestering agents. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.
 Elgawhary, W.M., W.L. Lindsay, and W. D. Kemper 1970. Effect of complexing agents and acids on the

diffusion of zinc to simulated root. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 211-214
 Essington, E., H. Nishita, and A. Wallace 1963. Effect of chelating agents on the uptake of Y-91, Ru-106, Ce-144, and Pm-147 by beans grown in a calcareous soil. Soil Sci. 95: 331-337.
 Hale, V.Q., and A. Wallace 1962. Effect of chelating agents and iron chelates on absorption of manganese by bush beans. In A. Wallace (ed. and publisher) A decade of synthetic chelating agents in inorganic plant Los Angeles, Calif.
 Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1970. Equilibrium relationships of Zn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , and H^+ with EDTA and DTPA in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 62-68.
 O'Conner, C. A., W. A. Lindsay, and S.R. Olson 1971. Diffusion of Fe and Fe chelates in soil. Soil Sci Soc. Amer. Proc. 35: 407-410.
 Tiffin, L. O., J. C. Brown. 1961. Selective absorption of iron from iron chelates by soybean plants. Plant Physiol. 36: 710-714.
 Tiffin, L.O., J.C. Brown, and R.W. Krauss 1960. Differential absorption of metal chelate components by plant roots. Plant Physiol. 35: 362-367.
 Wallace, A. 1972. Effect of citrus rootstock and chelating agent on specific activities of iron and zinc in shoots of grafted plants following Fe-59 and Zn-65 application to soil. IAKA Symp. Vienna, on Use of isotopes and rad. in res. on soil, 531-537.
 Wallace, A. and Collaborators. 1971. Mineral element analyses of plants by means of an emission spectrograph. In A. Wallace (ed. and publisher) Regulation of the micronutrient status of plants by chelating agents and other factors, Los Angeles, Calif., 1-4.
 Wallace, A. and Collaborators 1971. On the ratio of iron to chelating agent absorbed by plants as measured by Fe-59 and C-14 tracers. *Ibid.* p. 40-42.
 Wallace, A. and Collaborators 1971. Influence of two chelating agents applied without iron on response and mineral composition of iron chlorosis-resistant Hawkeye soybeans. *Ibid.* p. 21-24.
 Wallace, A., and P.C. DeKock 1966. Translocation of iron in tobacco, sunflower, soybean, and bush bean plants. In A. Wallace (ed. and publisher) Current topics in Plant nutrition, Los Angeles, Calif. 3-9
 Wallace, A., and R.T. Mueller 1966. Absorption of iron and chelating agents by *Chlorella vulgaris*. In A. Wallace (ed. and publisher) 41-43.
 (1983. 6. 10접수)