

마늘의 養液栽培에 관한 研究

2. 養液中 K와 Na 比率이 마늘植物體內 몇 가지 成分 및 葉綠素含量에 미치는 영향

張 田 益

Studies on the Nutrient Solution Culture of *Allium sativum*

2. Effect of K and Na Content Ratio in Nutrient Solution on the Contents of Several Elements and Chlorophyll in 'Aomori' Garlic

Chang, Jeun-ik

Summary

The effects of KCl and NaCl levels on the contents of several elements and chlorophyll in 'Aomori' garlic plants grown in nutrient solution at the Agriculture and Forestry Center, Tsukuba University were determined to obtain basic information for fertilization method. The results obtained are summarized as follows.

1. Nitrogen and phosphorus contents in the top were greater in plants grown in nutrient solution without KCl or with lower KCl levels.
2. Potassium and sodium were absorbed and accumulated in garlic plants regardless of KCl and NaCl levels. Plants grown in nutrient solution without KCl contained KCl and Na.
3. Application of NaCl in nutrient solution did not affect absorption and accumulation of Ca and Mg in plants.
4. Sodium content was much higher in roots than in leaves and Na content in roots was rather at the higher KCl levels.
5. It is expected that garlic can be grown by application of Na instead of K considering that chlorophyll content was greater at the higher levels of NaCl.

序 論

마늘의栽培地가 대부분 海岸에 位置해 있고, 옛날 우리 祖上들은 마늘의 生育이 시원치 못할 때는 바닷물을 길어다 주었으며, 濟州의 南쪽 海上에 있는 1ha 정도의 地蹄島라는 섬에서는 매우 큰 球의 마늘이 生産되었었다.

植物에 대한 Na의 機能에 대해서는 生理學의 研究가 여러 學者들에^{1,2,3,4)} 의해 報告되고 있는데 高橋¹⁹⁾는 Na가 特定植物에 있어서는 有效한 生理作用을 하는 反面에 어떤 植物에 대해서는 害作用을 하므로 必須元素의 범주에 들지 못한다고 報告하였고, 大澤^{15,16)}는 培養液을 利用한 몇 가지 菜蔬에 대해서 그 被害濃度를 究明했으며 Levitt¹⁴⁾는 自然界에서 鹽害의 大部分은 Na鹽類 특히 NaCl이 主가 된다고 하였다.

또 Worley²²⁾ 등은 高구마에 Na를 供給해 본 결과 收量이나 品質에 影響을 주지 않았다고 하였으며, 杉山^{17,18)} 등은 Na의 效果는 K₂O施肥에 관계없이 效果가 認定되는 作物, K₂O施肥量이 不充分한 경우에만 效果가 認定되는 作物, K₂O의 施用量에 관계없이 Na效果가 認定되는 作物로 分類하여 발표했다. 그리고 田中²¹⁾ 등은 사탕무우에, 可崎¹¹⁾ 등은 옥수수과 강남콩을 가지고 NaCl의 影響을 研究했으며, 杉山¹⁷⁾ 등은 菜蔬類의 生育에 대한 K와 Na의 濃度關係를 究明했는데 어느 경우에나 Na의 濃度가 높아짐에 따라 被害程度가 나타난다고 報告하고 있다.

한편 高橋¹⁹⁾는 Na가 必須元素와 같은 機能을 나타내는 植物로서는 棉實이며, Red beet와 Sugar beet에 그 效果가 현저하다고 하였는데 특히 사탕무우 栽培에는 질레硝石이 不可缺少한

要素이며 代替的으로는 食鹽을 施用해도 그 增收效果는 뚜렷하다고 하였으며 더우기 사탕무우의 葉緣의 黃化 壞死는 Na의 缺乏에 의한 것이라고 内田²¹⁾ 등은 主張했으며, Cooke⁹⁾는 사탕무우, 근대, 당근에서는 Na가 增收에 결정적 역할을 한다고 보고 하였다.

筆者 등은 마늘 土壤栽培에 海水를 施用한 試驗을 實施한 바 있는데 地上部生育에 效果가 認定되었으며 植物體內的 無機成分 含量은 N>K>P>Na>Ca>Mg順이었는데 海水와 NaCl 處理區에서 Na含量이 많았다. Zink²⁴⁾의 報告에 의하면 N>K>Ca>P>Mg>Na의 順으로 無機成分을 吸收한다고 하였는데 千⁸⁾도 마늘은 生育段階에 따라 Na를 必要로 한다고 하였다.

高樹²⁰⁾는 마늘의 養液栽培에 適合한 培養液組成 濃度에 관한 研究에서 K의 濃度는 1.5~6.0mM (KCl로 施用할 경우에는 約 3.0~12.0mM) 이라 推定하였고 이때 NH₄ : NaCl가 2 : 2인 경우의 球形 開始直前 地上部 生育狀態는 各 處理間에 有意的인 生育差가 認定되지 않았으나 後半期의 生育과 球重增加는 가장 좋았다고 하였다.

따라서 養液栽培法을 利用하여 KCl과 NaCl의 몇 가지 組合水準이 마늘의 植物體內 成分含量에 미치는 影響을 究明하여 施肥法改善의 基礎資料를 얻고져 日本의 Tsukuba大學 農林센타 溫室에서 遂行하였다.

材料 및 方法

寒地型 마늘인 靑森마늘 種鱗片 7.0~8.0g의 것을 선발하여 供試하였으며 養液의 組成과 KCl과 NaCl의 處理水準은 附表1과 같았다. 全

Attached table 1. Combination of nutrient elements.

Chemicals	Con.	Remark	Treatments	
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	3mM	Ca : 6mM NO ₃ : 6mM	KCl1mM 0mM	NaCl1mM 0mM
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2	Mg : 4mM SO ₄ : 4mM	10mM 15mM	10mM 20mM
NH ₄ H ₂ PO ₄	2	NH ₄ : 2mM PO ₄ : 6mM	30mM	30mM 40mM
NH ₄ NO ₃	3	NH ₄ : 3mM NO ₃ : 3mM		

* Micro-elements : H₃BO₃, ZnSO₄ · 7H₂O, MnSO₄ · 4H₂O, CuSO₄ · 8H₂O, Na₂MO₄ and Fe-EDTA added.

* pH : 6.0±2.0

窒素含量分析은 Kjeldahl method, P는 Vanado molybdate method, K, Ca, Mg 및 Na는 原子吸光法에 依하였다. 全葉綠素의 含量分析은 Lab. manual for phyto. studies of rice, Chapter 10에 依하였으며 試料의 採取는 栽植 100餘日 경과된 1月 6日에 하였다. 其他는 試驗1과 같았다.

結果 및 考察

N의 含量은 表1과 2에 나타난 바와 같이 KCl의 低濃度에서 많았으며 統計的으로는 有意差가 認定될 정도로 N의 吸收에 影響을 주었으며 NaCl은 影響을 주지 않았다. P의 含量도 N와 비슷한 傾向이었는데 KCl과 NaCl 모두 낮은 水準에서 含量이 많았고 KCl은 P의 吸收蓄積에 影響을 주었으며 NaCl의 濃度의 影響은 認定할 수 없었다. 이에 대한 生理的 考察은 筆者가 寡聞한 탓으로 대단히 어려운 실정인데 無KCl 또는 NaCl의 낮은 濃度에서 含量이 많은 것으로

보아 어떤 拮抗作用이^{16,20)} 있다고 思料되었다.

K의 含量은 表1,2와 그림1에서 보는 바와 같이 KCl의 施用區에서 5.0~6.0% dry wt. 범위였는데 KCl을 전혀 주지 않은 區에서도 2.3~3.3% dry wt. 含有된 것은 種鱗片內에 이미 含有되어 있었던 것인지(表3) 사용한 수돗물 아니면 培地로 利用한 rock wool에 含有되어 있었던 것인지(表4) 설명하기 대단히 어려웠다. 앞으로 마늘의 生長에 따라 經時的으로 分析 究明할 課題라 생각되었다.

Ca와 Mg含量은 KCl을 施用하지 않은 區에서 많은 傾向이었고 統計的으로도 有意性이 認定되었다. Mg의 含量에 있어서는 KCl×NaCl 相互作用에 有意性이 認定되었는데 KCl의 同一水準에서 NaCl가 적은 區에, NaCl 同一水準에서는 KCl이 많은 水準쪽에 含量이 많았다.

Na含量도 表1과 2 및 그림1에서 보는 바와 같이 K의 含量에 比해서는 매우 적은 量이었는데 NaCl을 많이 施用한 區에서 많아 有意性도 認定되었으나 無施用區에서도 0.2~0.3% dry wt. 정도 吸收되어 있는 것은 微量要素로 施用

4 亞熱帶農業研究

Table 1. Element content in top parts of 'Aomori' garlic plant grown in nutritnet solution culture.

Treat. KCl+NaCl	N	P	K	Ca	Mg	Na
(% of dry wt)						
0.0+40mM	5.0	0.39	3.2	1.1	0.45	0.49
30	5.5	0.43	3.2	1.1	0.72	0.51
20	5.3	0.46	2.7	1.1	0.70	0.39
10	5.9	0.52	2.2	1.1	0.70	0.29
0.0	5.9	0.52	2.3	1.2	0.68	0.21
10+40	5.2	0.40	5.0	0.9	0.40	0.57
30	5.3	0.38	5.9	0.7	0.34	0.25
20	4.9	0.37	5.3	0.9	0.34	0.30
10	5.0	0.33	5.4	0.7	0.32	0.28
0.0	4.9	0.32	5.7	0.7	0.44	0.17
15+40	5.4	0.42	5.1	1.1	0.42	0.33
30	5.0	0.38	5.8	0.8	0.33	0.36
20	5.3	0.38	5.5	0.7	0.30	0.45
10	4.6	0.36	5.7	0.8	0.29	0.35
0.0	5.1	0.37	5.5	0.7	0.68	0.29
30+40	5.3	0.37	5.5	0.9	0.55	0.70
30	4.5	0.36	4.9	0.8	0.29	0.48
20	4.6	0.37	5.1	1.0	0.36	0.32
10	4.5	0.34	5.3	1.1	0.40	0.28
0.0	4.3	0.32	4.8	1.0	0.37	0.25

한 $\text{Na}_2\text{M}_2\text{O}_4$ 과 種鱗片 自體內에 또는 用水內에 含有되었던 것이 그냥 蓄積되었거나 吸收된 것 이라 思料되었다.

마늘의 根部에 含有되어 있는 成分量은 表5 와 그림2에 나타낸 바와 같이 N와 P는 全處理 區間에 큰 差가 없었으나 地上部 보다는 含量이 많았다.

K는 NaCl의 濃度가 높을수록 含量이 많았는데 KCl의 同一水準에서는 NaCl 濃度가 낮은 區에서 K의 含量이 많았고, 이 경우에 Na의 含量

은 큰 差異가 없었지만 地上部에서 보다는 含量이 많아 뿌리의 參透壓 등 생리적 기능에 關係 있는 것으로 생각되었는데 大澤¹⁵⁾가 報告한 바 몇 가지 菜蔬의 根中K含量은 NaCl 施用條件에 서는 일반적으로 減少하였다는 내용과는 相反된 結果였다.

마늘은 耐鹽性이 강한 菜蔬라 할 수 있는데 (試驗1), NaCl 處理濃度에 따른 地上部 植物體內 K含量을 보면 Na와 拮抗作用이 인정되어 NaCl 濃度增大에 따라 含量低下가 뚜렷하다고

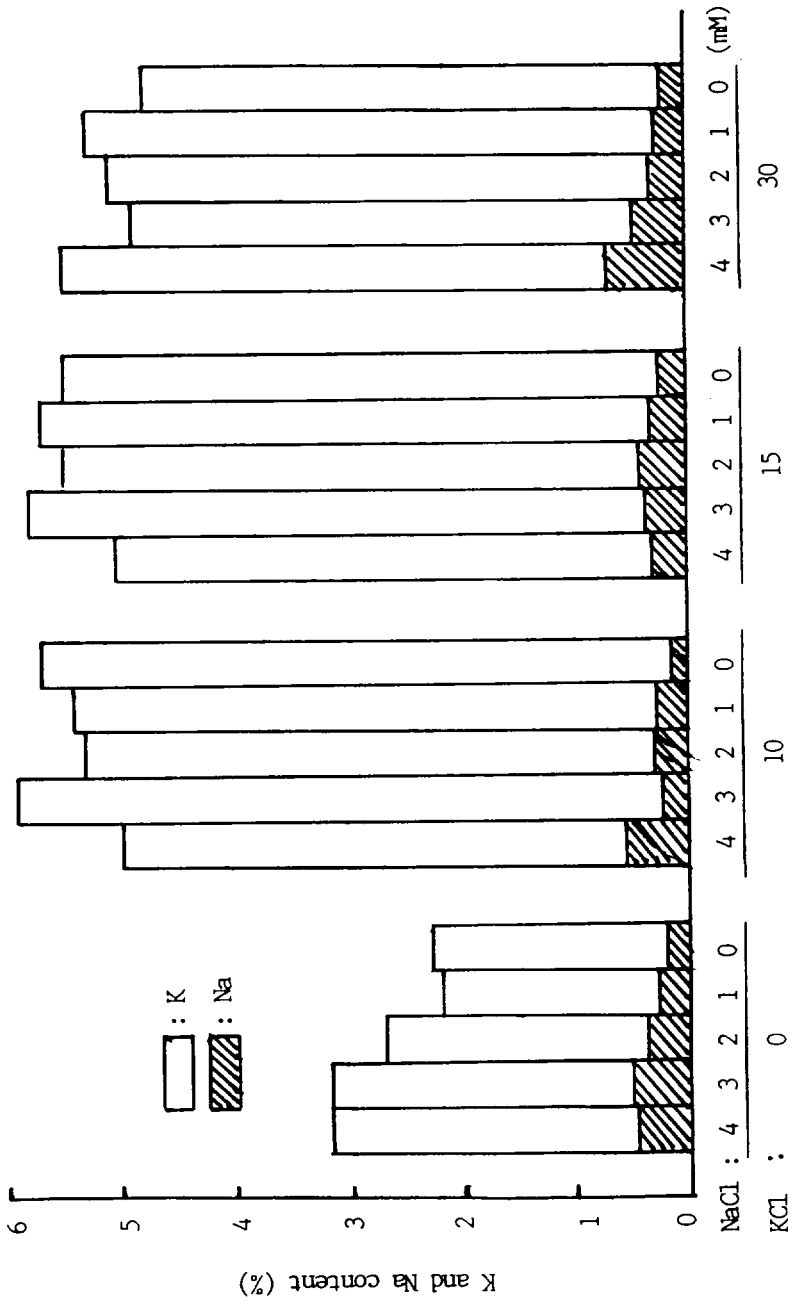


Fig. 1. Effect of KCl and NaCl ratio in nutrient solution on K and Na content in 'Amoori' garlic plant (top part).

* planting date : Sept. 12, 1989

Observed date : Jan. 6, 1990

Numerals of 4, 3, 2, 1 and 0 means 40, 30, 20, 10 and 0 mM respectively.

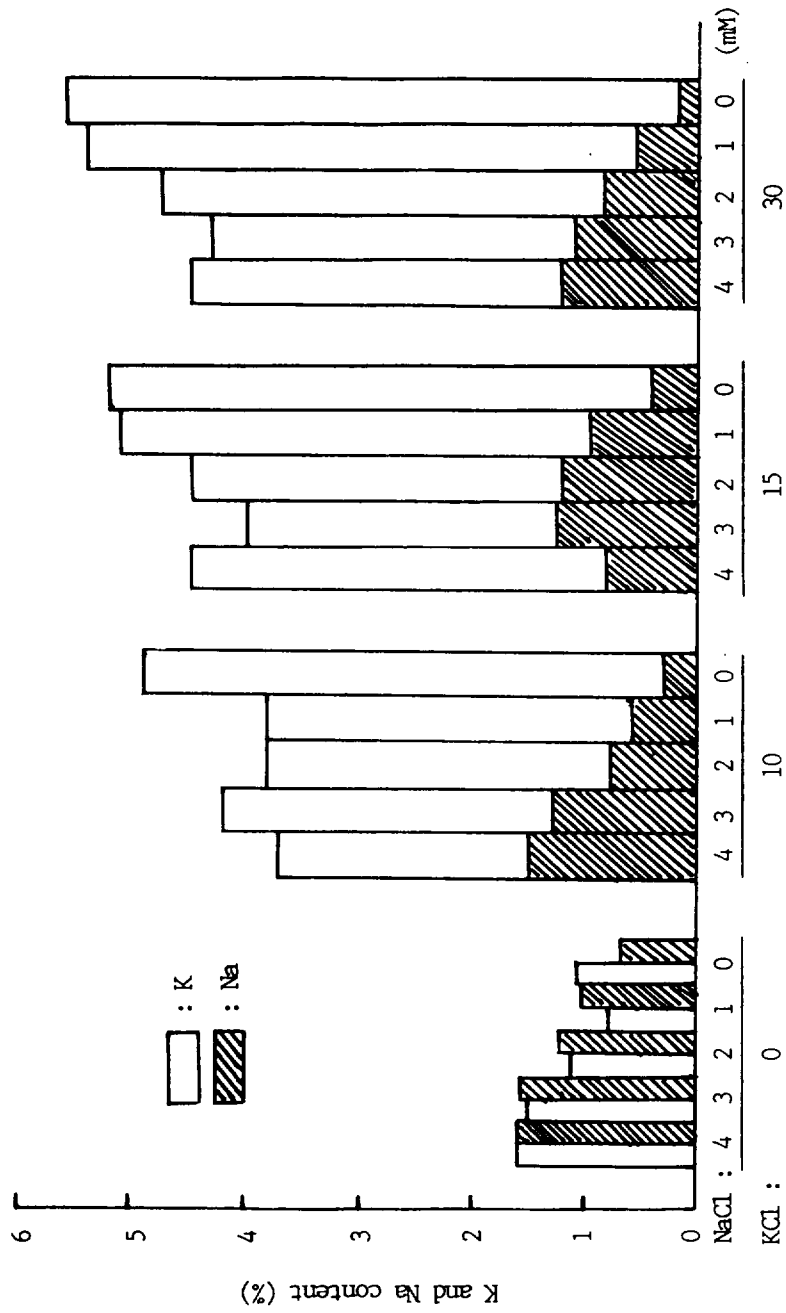


Fig. 2. Effect of KCl and NaCl ratio in nutrient solution on K and Na content in 'Amori' garlic roots.

* See Fig. 1.

Table 2. F-value of element in garlic plants by ANOVA.

Elements	Top-parts		Roots		Treatments
	F.	Sign.	F.	Sign.	
N	7.15	**	0.11	NS	KCl
	0.28	NS	0.59	NS	NaCl
	1.43	NS	0.71	NS	KCl×NaCl
P	39.64	**	10.08	**	KCl
	0.28	NS	2.38	NS	NaCl
	5.14	NS	0.56	NS	KCl×NaCl
K	90.26	**	92.57	**	KCl
	0.92	NS	1.74	NS	NaCl
	1.48	NS	1.13	NS	KCl×NaCl
Ca	4.86	**	0.51	NS	KCl
	0.43	NS	1.64	NS	NaCl
	0.47	NS	1.68	NS	KCl×NaCl
Mg	16.54	**	1.01	NS	KCl
	2.08	NS	0.003	NS	NaCl
	2.48	*	1.20	NS	KCl×NaCl
Na	1.41	NS	6.41	**	KCl
	8.62	**	19.99	**	NaCl
	1.81	NS	1.20	NS	KCl×NaCl

Table 3. Elements content in seed clove of var. 'Aomori' garlic.

Ca	Na	Mg	K
ppm			
32.97	280.51	179.07	3,992.20

Table 4. Elements content in tap water and rock wool used for nutrient solution culture.

	N	P	K	Ca	Mg	Na
Tap water (ppm)	0.5	3.1	5.6	20.0	10.0	15.0
Rock wool (%)	0.33	0.03	0.68	0.80	1.1	0.87

Table 5. Element content in roots of 'Aomori' garlic plants grown in water culture.

Treat. KCl+NaCl	N	P	K	Ca	Mg	Na
(% of dry wt)						
0.0+40mM	7.0	0.48	1.6	0.8	0.39	1.60
30	5.4	0.46	1.5	0.9	0.43	1.57
20	7.1	0.52	1.1	0.8	0.39	1.24
10	7.0	0.51	0.8	0.8	0.38	1.05
0.0	6.9	0.51	1.1	0.8	0.39	0.70
10+40	7.0	0.50	3.7	0.8	0.33	1.51
30	6.5	0.50	4.2	1.3	0.45	1.25
20	6.8	0.59	3.8	0.6	0.29	0.84
10	6.9	0.50	3.8	0.6	0.51	0.63
0.0	6.3	0.66	4.9	1.7	0.63	0.34
15+40	8.0	0.51	4.5	0.7	0.33	0.83
30	6.3	0.49	4.0	0.7	0.33	1.26
20	6.6	0.51	4.5	1.2	0.58	1.21
10	7.2	0.49	5.1	0.8	0.45	0.97
0.0	6.1	0.55	5.2	0.9	0.37	0.41
30+40	5.7	0.37	5.4	0.9	0.37	1.21
30	6.5	0.41	4.3	0.9	0.41	1.10
20	7.8	0.41	4.9	1.1	0.39	0.86
10	5.8	0.41	5.4	0.5	0.26	0.57
0.0	7.6	0.43	5.6	0.7	0.26	0.21

Table 6. Total chlorophyll content in 'Aomori' garlic grown in nutrient solution culture (mg/10 g).

Treatment KCl+NaCl	Chlorophyll	Treatment KCl+NaCl	Chlorophyll	Treatment KCl+NaCl	Chlorophyll	Treatment KCl+NaCl	Chlorophyll
	mg/100g		mg/100g		mg/100g		mg/100g
0.0+40	155.8	10+40	111.7	15+40	151.4	30+40	106.4
0.0+30	132.4	10+30	131.9	15+30	127.6	30+30	101.4
0.0+20	147.7	10+20	117.5	15+20	119.2	30+20	140.5
0.0+10	113.5	10+10	123.0	15+10	113.5	30+10	138.1
0.0+0.0	98.6	10+0.0	114.2	15+0.0	115.8	30+0.0	123.7

F-test: Effect of KCl and NaCl treatments are not significant respectively, interaction effect of KCl and NaCl treatments are significant at 5% level ($F=2.400$, $S_x=11.50360$).

한 大澤¹⁶⁾의 보고와 같은 경향이였다. 또 그는 같은 Allium屬의 양파에 있어서 葉先端이 枯死하는 것은 특수 이온의 害보다는 鹽類의 過剩吸收에 의해서 水分吸收가 어려워 發生한 症狀이라 推論하였다. 따라서 지금까지 마늘의 生育中에 發生하는 葉先端部의 枯死現象을 막연히 生理障害라고 여겨 왔던 問題가 明確하게 밝혀질 것으로 생각된다. 試驗1에서 밝힌 바와 같이 KCl과 NaCl이 전혀 없거나 낮은 水準에서 地上部 生長이 매우 旺盛하였던 것으로 보아 마늘의 葉先端枯死의 原因이 밝혀질 것으로 기대된다.

葉綠素含量을 表6에서 보면 KCl은 水準이 낮을수록, NaCl은 濃도가 높을 수록 含量이 많아졌는데 無KCl區에서 보면 NaCl의 水準이 높을수록, 30mM의 KCl區에서는 반대로 NaCl이 적을수록 많았다.

康과 申¹⁰⁾에 의하면 Na에 의한 K의 代置에 대해서, 여러 가지 酵素系의 活性化作用에 關여하는 것이 K의 主要機能인데 같은 1價 이온인 Na가 그 機能을 擔當하기에는 대단히 艱難하다고 한 바 代替可能性은 극히 制限된 範圍의 作物에 可能하다고 하며 高濃度의 Na에 接하게 되면 菜豆의 葉綠體의 微細構造가 파괴되어 葉綠體損傷이 일어난다고 하였다. 本 試驗에서 無KCl區, 高濃度 NaCl區에서 葉綠素含量이 많은 것은 위와 같이 葉綠體에 어떤 損傷이나 害

作用이 없었다고 思料되었으며, 따라서 마늘은 耐鹽性이 強한 作物이며 더우기 K대신에 Na의 有效機能도 認定할 수 있다고 推察되었다.

摘 要

마늘에 대한 KCl과 NaCl의 效果를 究明하여 施肥方法의 基礎資料를 얻고져 寒地型 靑森마늘을 가지고 Tsukuba大學 農林센터에서 養液栽培方法을 利用하여 試驗栽培를 하였으며 植物體內 몇 가지 無機成分과 葉綠素를 分析한 結果는 다음과 같았다.

1. 마늘地上部の N와 P 含量은 KCl이 없거나 낮은 濃度에서 많았다.
2. K와 Na의 含量은 KCl과 NaCl의 處理水準에 關係없이 吸收蓄積되었는데 KCl과 NaCl을 전혀 施用하지 않은 區에서도 含有되어 있었다.
3. NaCl 施用은 Ca와 Mg의 吸收蓄積에 影響을 주지 않았다.
4. 뿌리의 Na含量은 葉中含量보다 훨씬 많았으며 KCl水準이 높은 區에서 오히려 많았다.
5. 葉綠素는 NaCl 高濃度區에서 그 含量이 많은 것으로 보아 마늘에 있어서는 K代身에 Na를 施用해도 栽培가 可能할 것으로 期待된다.

引 用 文 獻

1. 糠谷 明, 增井正夫, 石田 明. 1980. 砂耕と 養液耕における メロンの 耐鹽性. 日園學雜 49(1) : 93~101.
2. 糠谷 明, 增井正夫, 石田 明. 1980. 異なる 鹽類土壤における メロンの 耐鹽性. 日園學雜 48(4) : 468~474.

10 亞熱帶農業研究

3. Allen, M. B. and Arnon, D. I. 1955. *Physiol. Plantarum* 8 : 653~660.
4. 安鶴洙, 1969. 마늘에 있어서 몇가지栽培條件이 生育 및 磷酸吸收에 미치는 影響, 農化學會誌 11 : 167~171.
5. Brownell, P. F. and Crossland, C. T. 1972. *Plant Physiology* 49 : 794~797.
6. 車鍾煥, 1973. Na鹽 處理에 依한 두 沙漠植物의 體內 陽, 陰이온 關係, 韓國土壤學會誌 6(3) : 193~197.
7. 曹秀悅, 李盛兩, 鄭時練, 李瑯雨, 1973. 無機質이 마늘의 成長 및 成分에 미치는 影響, 韓國學誌 13 : 1~7.
8. 千景福, 1981. 마늘의 養分吸收 過程의 特徵, 韓國學誌 22(1) : 17~23.
9. Cooke, G. W. 1975. *Fertilizing for Maximum Yield*. London. E. L. B. S. : 57~64.
10. 康榮熹·申榮五, 1987. 植物營養學, 圖書出版 아카데미서적, 서울 pp.288~294.
11. 河崎利夫·森次益三, 1978. 作物による 二價陽 이온의 吸收及び 移行對する 高濃度の 鹽化ナトリウム, 鹽化カリウムの 影響, 日 土肥誌. 49(1) : 46~52.
12. 川崎重治, 1971. ニンニクに關する研究 球の溫度處理に關する研究, 日 園學 春 研發要旨
13. 川崎重治, 1972. ニンニホの早期出荷栽培, 葉根菜の品種と栽培, 誠文堂 新光社, p : 243~245.
14. Levitt, J. 1972. *Responses of Plant of Enviromental Stresses*. New York, Academic Press : 211~530.
15. 大澤考也, 1963. 蔬菜の耐鹽性に關する 浸透壓の作用と 이온의 特異的 作用, 日園學雜 32(3) : 211~223.
16. 大澤孝也, 1965. 蔬菜の耐鹽性に 關する 研究 とくに無機營養に 關して, 大阪府立大學紀要, 農學·生物學, 16卷 13~57.
17. 杉山信男, 岩田正利, 1980. ハツカダイコンの生育に對する カリ施肥の效果と體內 カリ濃度との 關係, 日園學雜, 49(3) : 361~374.
18. 杉山信男, 岩下浩太郎, 久我芳昭, 1981. 蔬菜の生育に對する カリ施肥の效果と 葉中 カリ濃度及び ナトリウム濃度との關係 日園學雜 50(1) : 78~85.
19. 高橋英一, 1981. 植物の 營養と環境, 日本 農及園, 56(1) : 71~76.
20. 高樹英明, 1987. ニンニクの營養生理と施肥に關する 研究(第1報) 養液栽培に適合した 培養液組成·濃度, 山形大學紀要(農學), 10 : 2. 381~396.
21. 内田幸生, 高橋德治, 檀原宏文, 1976. ニンニクの養分吸收 過程의 特徵, 日土肥誌 47 : 1~5.
22. Worley, R. E. and S. A. Hamon, 1974. Effect of substituting Na for K on yield quality and leaf analysis of sweet potatoes growth on tifton loamy sand, *Amer. Soc. Hort. Sci.* 9(6) : 580~582.
23. 山崎 傳, 1975. 微量要素と 多量要素, 土壤作物の診斷 對策, 博文社 p : 329~332.
24. Zink, F. W. 1963. Rate of growth and nutrient absorption of late garic, *Amer. Soc. Hort. Sci.* 83 : 579~584.

Resume

本試験は養液栽培方法を利用してニンニクの施肥法改善の基礎資料を得るため寒地型青森ニンニクを使用、KClとNaCl組成比率の差異影響に對して、日本のTsukuba大學農林センターで1989年7月から1990年1月まで遂

行したものである。試験遂行にあたり直接設計して下さいました Tsukuba大學農林學系の池田英男先生 ならびいろいろ測定と分析を擔當協力をした留學生池性韓氏 に厚かく感謝を表します。