

電氣刺戟 處理時間이 赤丸20일 무의 收量形質 및 可食部內 NO₃⁻ 含量에 미치는 影響

권오달
삼육대학교 원예학과

The Effects of the Length of Electrical Stimulation Treatment Time on the Yield Components and NO₃⁻ Content in Edible Parts in 2 Cherry Type Radishes(*Raphanus sativas* L.).

Kwon O-Dal
Dept. of Horticulture, Sahmyook University

〈 목 차 〉

ABSTRACT
I. 結 論
II. 實驗材料 및 方法

III. 實驗結果
IV. 要 約
參考文獻

ABSTRACT

The results of the experiment about the effect of the length of electrical stimulation treatment time on the yield components and NO₃⁻ content in edible parts of 2 cherry type radishes(*Raphanus sativas* L.) were like followings.

1. The 2 hours electrical stimulation promoted the length of leaf and the enlargement of the root diameter of 'Comet' and 'Sakuranbo' cultivars, and their root diameters were increased by 14.7% and 12.8% respectively than that of the control.
2. The plot which showed the highest root fresh weight was the 2 hours stimulation plot in 'Comet' and 8 hours stimulation plot in 'Sakuranbo', and these results were approximately 39% higher than that of the control.

3. All of the electrically stimulated plots of 'Comet' and 'Sakuranbo' showed higher NO_3^- content in roots than the control. And the amount of NO_3^- in their roots showed a remarkable positive correlation with the root diameter, the root fresh weight and the total fresh weight.

I. 緒 論

식물은 외부 자극, 즉 환경의 변화에 대해 반응하여 생리와 形態形成 誘發에 영향을 받는다고 한다(Tompkins와 Bird, 1972). 接觸刺戟(Garner와 Bjorkman, 1966; Latimer와 Thomas, 1991; Lauren과 Bjorkman, 1977; Tanaka와 Shimaji, 1992; You와 Sang, 1997), Impedance와 Brushing(Choi 등, 1998)에 의한 물리적 자극이 줄기 直徑의 增大 및 草長 抑制, 그리고 音樂處理(Burton, 1982; Hippe, 1984; Kirkby와 Mengel, 1967; 權, 1998; 權, 2001; Obolensky, 1953)에 의한 종자 발아 촉진, 양분 흡수력 및 생육 촉진, 체내 화학성분의 변화에서 오는 병충해 발생억제, 糖度の 증가, 生體重 및 根重의 증가 등이 보고되었다. Spillane(1986)은 식물이 갖고 있는 전기적 성질이 유기적 단위인 세포가 무전기처럼 고주파를 발사하거나 흡수할 수 있는 電磁氣 放射體로써 電磁氣波에 끊임없이 영향을 받아 손으로 만지거나 바람이 불 때에도 이 자극이 식물체에 전달되며, Wane(1993)은 식물체에 가해지는 자극이 전기적 신호로 전해지면 이것이 細胞內 防禦機作이나 生理活性作用을 일으킬 수 있다고 한다. 그리고 John 등(1995)은 모든 생물학 유기체들이 특별한 수용체나 자각기전에 의해서 환경적이고 화학적인 신호를 자각하므로 식물 세포는 여러 가지 물리학적 자극에 대해서 막전위가 변하는 초기 반응을 보이기 때문에 식물의 뿌리에서 이온을 흡수하고 방출하는 데에는 전기적 환경이 중요하다고 하였다.

식물의 이러한 전기적 특성을 고려하여 전기를 식물의 생장과 관련지어 보려는 시도는 프랑스의 Jean Antoine Nollet와 핀란드의 Selim Lemstrom에 의해 이루어 졌으며, 電氣處理로 발아하는 종자의 발아와 생장에 촉진적인 효과를 얻어 딸기의 수확량은 2배, 보리의 수확량은 약 35% 증가 추세를 보였고, Cocks는 무의 根莖과 根長의 생장이 증가되었다(Tompkins와 Bird, 1972)고 하였다.

본 연구에서는 토양에 전기적 자극을 처리하여 赤丸 20일 무의 收量構成要因 및 가식부내 窒酸含量에 미치는 영향에 대하여 연구함으로써 식물의 생장에 미치는 전기적 자극이 채소재배에서의 생산력 증대 및 품질향상에 기여할 수 있는 기초자료를 얻고자 한다.

II. 實驗材料 및 方法

본 실험은 電氣刺戟의 處理時間이 赤丸20日 무의 收量構成要因과 可食部 內的 窒酸含量에 미치는 영향을 조사하기 위하여 삼육대학교 원예학과 실습 온실 내에서 2000년 6월 19일부터 7월 20일까지 수행되었다. 실험에 사용된 赤丸20日 무는 일본 坂田 種苗社가 1999년에 생산한 'Comet'와 'Sakuranbo' 두 품종이 공시되었으며, 본 실험을 수행하기 전에 실험의 타당성을 조사하기 위하여 2000년 2월부터 4월까지 2회에 걸쳐 실내 예비실험을 하였다.

본 실험은 電氣刺戟의 水準과 處理時間으로 나누어 실험되었는데, 電氣刺戟의 수준에 따른 실험의 결과에 의하여 본 電氣刺戟 處理時間에 따른 실험이 실행되었다.

선행된 실험의 결과에(權, 2001) 의하여 가장 좋은 성적을 보인 3볼트 처리구를 기준으로 하여 0시간, 2시간, 8시간, 24시간의 電氣刺戟 시간을 적용하여 4처리 3반복으로 실험을 수행하였다. 처리 시간은 오전 8시를 기준으로 하여 2시간구는 10시까지, 8시간구는 16시까지 그리고 24시간구는 연속 처리하였다.

실험구의 준비는 60×40×15cm 크기의 육묘 상자의 안쪽 바닥에 직경 2mm의 구리선을 5cm 간격으로 양극(+)과 음극(-)을 나누어 매설하였으며 電氣刺戟 처리를 위한 전원의 공급은 3볼트 용 AC Adapter를 사용하였고, 매설된 구리선의 양극에 Adapter의 양극을 각각 직렬로 연결하였다. 그 후 육묘용 상토 '바로키'를 충전하고 충분히 관수 하였다. 수분이 상토에서 평형을 이룬 후에 줄 사이 10cm로 하여 상자의 가로로 4줄의 뿌림 골을 파고 매 줄마다 3cm 간격, 0.5cm 깊이로 1점파를 15점파를 하였는데, 한 상자에 'Comet'와 'Sakuranbo'를 각각 두 줄씩 파종한 이것을 1처리의 1반복으로 하였다. 수분이 마르지 않도록 하기 위하여 매일 오후 2시에 한 상자 당 500cc의 물을 고운 물뿌리개로 고루 관수하였고, 본 실험을 위한 별도의 시비는 하지 않았다. 관리는 파종 후 1주에 점파된 2립 중 1개체 씩 솟아주었고, 3주째에는 포기 사이 6cm 간격으로 솟아 주었다.

실험에 대한 조사는 파종 후 4주에 실시하였으며, 수량을 구성하는 葉數, 葉長, 根徑 그리고 莖葉과 뿌리의 生體重을 조사하였다. 收量形質들에 대한 조사가 마친 후에 처리구 별로 莖葉과 뿌리를 따로 搾汁하여 독일 Merk社 제품인 RQ flex 窒酸 簡易 測程器로 가식부위 내의 窒酸含量을 아울러 조사하였다. 그리고 조사된 모든 결과들은 SAS로 통계처리 되었다.

III. 實驗結果

電氣刺戟 처리의 시간이 赤丸 20日 무의 두 품종 'Comet'와 'Sakuranbo'의 收量形質과 可食部內 窒酸含量에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실험되었다. 葉數, 葉長, 根徑의 생장에 미치는 영향은 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. The effects of the length of electrical stimulation treatment time on the growth of yield components in 2 cherry type radishes.

Treatments	Cultivars		Mean
	Comet	Sakuranbo	
No. of leaves			
Control	8.63a ^z	7.97a	8.29a
2Hrs	8.50ab	7.90a	8.20a
8Hrs	8.79a	7.92a	8.35a
24Hrs	8.08b	7.38b	7.73b
Mean	8.50	7.79	8.14
Length of leaf(cm)			
Control	20.60b ^z	18.00bc	19.30c
2Hrs	22.69a	19.33a	21.01a
8Hrs	21.41b	18.88ab	20.14b
24Hrs	20.91b	17.74c	19.33c
Mean	21.40	18.49	19.89
Diameter of root(mm)			
Control	15.27b ^z	14.74a	15.01b
2Hrs	17.48a	16.58a	17.03a
8Hrs	17.38ab	16.59a	16.87a
24Hrs	15.95ab	15.60a	15.77ab
Mean	16.46	15.88	16.19

^z Mean separation within columns by DMRT, 5% level.

Table 1에 의하여 收量形質들과 電氣刺戟 處理時間에 대한 결과를 비교하여 볼 때, 우선 품종적인 차이가 매우 뚜렷하게 나타났으며, 처리별 평균에서 'Comet' 품종은 'Sakuranbo'에 비하여 葉數, 葉長 그리고 根徑이 9.11%, 15.74%, 3.65% 더 높았다. 이에 대한 收量形質들의 電氣刺戟 처리시간별 결과들을 비교 분석하여 보면, 葉數는 두 품종 모두 지나치게 電氣刺戟의 處理時間이 길 때 葉數分화가 늦어지는 것으로 나타났다. 'Comet' 품종에서 무처리구의 葉數는 8.63매이었는데 처리구의 평균 葉數는 8.46매 그리고 24시간구는 8.08매이었다. 따라서 24시간구는 葉數가 가장 낮았으며 8시간구는 무처리구 보다 다소 높게 나타났으나 유의성은 없는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 'Sakuranbo' 품종에서도 동일 경향으로 나타나서 품종적 특징이 인정되었다.

葉長은 두 품종 평균에서 2시간구와 8시간구가 무처리구에 비하여 월등히 높게 나타났으며 24시간구는 무처리구와 유의성이 없는 것으로 조사되었다. 특히 2시간구가 가장 효과적이었으며 8시간 이상의 처리는 무처리구와 유사하였다. 그리고 2시간구는 무처리구와 비교할 때 'Comet' 품종은 10.15%, 'Sakuranbo' 품종은 7.39% 증대되었다. 根徑의 생장은 두 품종의 평균으로 볼 때 2시간구가 17.03mm로서 가장 효과가 컸으며 8시간구도 매우 높아 무처리구 15.01mm에 비하여 각각 13.46%와 12.39% 증대된 것이다. 또한 모든 처리구는 무처리구 보다 높아서 처리구 평균은 무처리구보다 10.32% 증가를 보여 주었다. 품종별로도 'Comet'와 'Sakuranbo' 두

품종 모두에서 처리구들이 높게 나타났으며 2시간구, 8시간구, 24시간구의 순위로 處理時間이 짧을수록 증대효과가 더 컸다. 그 결과로 2시간구는 무처리구에 비하여 'Comet'에서 14.47%, 'Sakuranbo'에서는 12.48% 높게 나타났다. 이상과 같이 Table 1에 나타난 3가지 收量形質들이 보여준 결과를 종합하여 보면 葉數를 제외하고 2시간 처리로 葉長과 根徑의 비대 생장에 매우 효과적임을 알 수 있다. 여기에는 품종적인 영향도 크게 작용하여 'Comet'가 'Sakuranbo'보다 수량이 높은 것으로 나타났다.

電氣刺戟 處理時間이 赤丸20일 무의 收量構成要因 중 生體重에 미치는 영향을 조사한 결과 Table 2와 같다. 지상부 莖葉重은 두 품종의 평균에서 2시간구가 가장 효과적이었으며, 處理時間이 길수록 효과가 감소되었는데 8시간 이상의 처리는 무처리 보다도 낮았다. 이러한 결과는 두 품종 모두에서 동일하였으며, 무처리와 비교할 때 'Comet'는 22.31%, 'Sakuranbo'는 4.59% 증가하므로 특히 'Comet' 품종의 電氣刺戟 처리효과는 매우 크게 나타났다.

Table 2. The effects of the length of electrical stimulation treatment time on the fresh weight in 2 cherry type radishes.

Treatments	Cultivars		Mean
	Comet	Sakuranbo	
Leaf fresh Wt.			
Control	6.68b ²	6.10a	6.39b
2Hrs	8.17a	6.38a	7.28a
8Hrs	6.58b	6.10a	6.34b
24Hrs	6.39b	5.32b	5.86c
Mean	6.95	5.98	6.44
Root fresh Wt.			
Control	5.58b	4.45b	5.10b
2Hrs	7.76a	5.23ab	6.50a
8Hrs	6.82ab	6.21a	6.51a
24Hrs	6.21b	4.70b	5.45b
Mean	6.59	5.15	5.86
Total fresh Wt.			
Control	12.25b	10.55bc	11.40b
2Hrs	15.93a	11.61ab	13.78a
8Hrs	13.39b	12.32a	12.85a
24Hrs	12.60b	10.02c	11.31b
Mean	13.54	11.12	12.32

² Mean separation within columns by DMRT, 5% level.

20일 무는 이용면에서 뿌리의 생장이 잎줄기보다 더 중요한 收量形質로 여겨지며 품질과 수량의 차이를 좌우한다. 電氣刺戟 處理時間에 따른 根重의 증대 효과는 'Comet'는 2시간구에서, 'Sakuranbo'는 8시간구에서 가장 높게 나타났다. 그리고 電氣刺戟 처리구의 영향이 매우 커서 2품종 평균으로 비교했을 때, 처리구 평균도 무처리구 보다 20.65% 증가했으며, 모든

처리구는 무처리구 보다 높았다. 품종별로는 'Comet'의 2시간구와, 'Sakuranbo'의 8시간구가 무처리구 보다 각각 39.07%와 39.55%의 증가를 나타냈다. 이는 두 품종의 처리구 평균 중량 6.93g과 5.38g과 비교해도 약 15%와 19% 증가한 수치이다.

總生體重은 莖葉重 보다도 根重에 의해 크게 영향을 받는 것으로 보인다. 따라서 根重의 결과와 유사하여 'Comet'는 2시간구, 'Sakuranbo'는 8시간구에서 가장 효과적이었던 것과 같이 두 품종의 평균에서 유의차는 인정되지 않으나 두 처리구가 總重量을 증대시키는 주 요인이 되고 있음을 보여준다.

이러한 결과에 대하여 權(2001)은 電氣刺戟의 정도에 따른 차이는 있지만 적절한 電氣刺戟이 20일 무의 根徑 비대와 生體重 특히 根生體重 증가에 효과적이었음을 보고했고, Cocks는 무의 根徑과 根長의 증가를, Lemstrom은 딸기와 보리의 수량에서 2배와 35%의 증가를 보았다 (Tompkins와 Bird, 1972)고 하였다. Wane(1993)은 植物體에 가해지는 刺戟은 電氣的 信號로 전해지며 이렇게 전달되어진 電氣的 信號가 細胞內 防禦機作이나 生理活性作用을 일으킬 수 있다고 하였고, Spillane(1986)은 植物體內에는 10~15mV의 약한 電氣가 흐르고 있어서 音樂을 틀어주었을 때에도 크기는 다르지만 분명히 植物體에 刺戟이 傳達되어진다고 보고를 했다. 한편 康과 申(1987)은 陰電荷를 띠고 있는 식물의 세포는 전자삼투현상에 의하여 H⁺를 치환시키기 위해서 양이온을 끌어야 하며, 이온 사이의 인력에 의하여 陰電荷를 띠고 있는 토 양입자들은 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, Mn²⁺ 등의 양이온을 입자의 표면에 끌어 당겨 흡착시킨다고 하였고, 孟(1984)은 이동되는 물질이 이온일 경우에는 전하를 띠고 있기 때문에 전기포텐셜에 의하여 막을 투과하는 양상이 결정되므로 양이온의 이동 방향은 전기화학 포텐셜의 차이에 따라 결정되기 마련이라고 했다.

본 실험에서의 電氣刺戟 처리가 수량을 구성하는 요인들의 생장을 촉진 또는 증대시키는 효과가 실제로 이온의 흡수력에 미친 영향에 의한 것인지, 식물체에 가해지는 자극에 의한 것인지, 아니면 상호작용에 의한 것인지에 대하여서는 지속적으로 연구하여야 할 과제이다.

電氣刺戟 處理時間이 가식부내 窒酸含量에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

莖葉의 窒酸含量은 2시간구와 8시간구가 높게 나타났고, 뿌리의 窒酸含量은 두 품종 모두 무처리구 보다 처리구가 높게 나타났다. 이러한 결과로 莖葉의 질산 함량은 무처리구에 비하여 2시간구의 'Comet'는 100%, 'Sakuranbo'는 22% 증가했으며, 8시간구에서도 각각 25%와 16.67%씩 증가하였다. 그리고 뿌리의 窒酸含量은 무처리와 비교할 때 8시간 처리구에서 가장 높았는데 'Comet'는 14.29%, 'Sakuranbo'는 50%의 증가를 보였으며, 2시간구에서도 각각 71.43%와 25%의 증가를 기록했다. 뿐만 아니라 24시간구에서도 42.85%와 12.5%의 증가를 보이므로 電氣處理로 뿌리의 질산 흡수력을 높여주는 것으로 보인다.

Table 3. The effects of the length of electrical treatment time on the accumulation of NO₃⁻ in edible parts.

Treatments	Cultivars		Mean
	Comet	Sakuranbo	
Leaf			
Control	240 ± 15.28	540 ± 40.42	390 ± 25.17
2Hrs	480 ± 10.00	660 ± 11.54	570 ± 2.89
8Hrs	300 ± 23.09	630 ± 20.82	465 ± 20.21
24Hrs	150 ± 28.87	300 ± 28.87	225 ± 14.43
Mean	292 ± 19.31	532 ± 25.41	412 ± 15.07
Root			
Control	210 ± 8.82	240 ± 11.55	225 ± 6.01
2Hrs	360 ± 6.67	300 ± 15.28	330 ± 6.01
8Hrs	450 ± 11.55	360 ± 6.67	405 ± 6.67
24Hrs	300 ± 5.78	270 ± 6.67	285 ± 6.01
Mean	330 ± 8.21	292 ± 10.04	311 ± 6.18

² Mean ± standard error.

電氣刺戟 處理時間이 赤丸20일 무의 收量構成要因이 되는 形질들의 生長과 可食部內 NO₃⁻ 含量에 미치는 影響을 조사한 結果 상호간의 높은 상관관계가 있음이 Table 4에 나타난 바와 같다. 특히 2시간구와 8시간구의 電氣刺戟이 뿌리의 窒酸含量을 높이게 되었고 뿌리의

Table 4. Correlation coefficient among yield components and content of NO₃⁻ in edible parts of 2 cherry type radishes.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A. No. of leaves	X							
B. Length of leaf	+0.797**	X						
C. Diameter of root	+0.437	+0.671*	X					
D. Top fresh wt.	+0.672*	+0.865**	+0.566	X				
E. Root fresh wt.	+0.655*	+0.889**	+0.860**	+0.765**	X			
F. Total fresh wt.	+0.698*	+0.931**	+0.785**	+0.917**	+0.958**	X		
G. Content of NO ₃ ⁻ in leaf	-0.120	-0.156	+0.296	+0.228	+0.043	+0.131	X	
H. Content of NO ₃ ⁻ in root	+0.383	+0.476	+0.884**	-0.083	+0.742**	+0.584*	+0.193	X

*, ** : Significant difference at .05 and .01 levels of provability, respectively.

질산 함량은 赤丸20일 무의 수량을 좌우하는데 가장 중요한 요인이 되는 根徑, 根重, 總重量과 높은 正의 상관관계가 있음이 나타났다. 그리고 莖葉 내 窒酸含量을 제외한 그 이외의 다른 形질들과는 직접적인 상관관계는 없었다고 하더라도 根徑, 根重, 總重量 등과 다른 形질들간에는 거의 모두 높은 正의 상관관계를 유지하고 있는 것으로 볼 때 간접적인 影響을 주고

있음을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서의 電氣刺戟 처리는 赤丸20일 무의 질산흡수에 커다란 영향을 주었고, 질산 흡수의 증가는 收量構成要因들의 생장을 증대시킨 중요한 요인이 되었음이 나타났다.

그런데 질소는 식물의 성장 발육에 반드시 필요한 성분이며, 식물은 窒酸鹽을 매개체로 질소를 공급받는데(Frommberger, 1985; Heisler 등, 1974), 일반적으로 과다하게 시비되는 경우가 많은(孫, 1990) 窒酸은 靑藍症, 筋肉의 弱화, 脈搏 및 呼吸速度的 增加 등을 유발하는 인체에 유해한 성분으로 작용할 수 있기 때문에 문제가 되고있다(Burton, 1982; Hippe, 1984; Phillips, 1971; Selenka, 1983). 식물체내 窒酸鹽의 축적은 질소고정화 과정의 진행도와 고정화된 질소의 대사과정에 의하여 좌우되고 시비량, 시비시기, 비료형태, 기상조건, 광도, 토양온도 및 수분공급 등과 같은 환경요인에 의해 영향을 받으며 흡수된 식물체내 질산염 함량은 부위마다 다르게 나타나는 것으로 보고(Cho 등, 1998; Maynard 등, 1976; Won 등, 1997)되고 있다. 그런데 電氣處理의 수준이 높을수록 窒酸含量이 높았다고 보고한 權(2001)의 결과와 마찬가지로 본 실험에서도 電氣處理 시간에 따라 窒酸含量의 차이를 보이는 것은 전기의 영향이 질산의 흡수에 영향을 크게 미치고 있음을 나타낸다. 그러나 이와 같은 결과가 NO_3^- , K^+ , Cl^- 등 대단히 빠른 속도로 흡수되는 무기 이온이(康과 申, 1987) 電氣刺戟에 어떻게 작용하고, 흡수되어 가식부에 집적되는지는 알 수 없다. 다만 가식부내 질산의 함량이 높았던 처리구에서 根徑과 根重이 높게 나타난 점으로 보아 NO_3^- 은 양이온과 상호작용을 하므로 NO_3^- 을 수준이상으로 높이면 양이온 흡수가 촉진된다고 한 康과 申(1987)의 보고나 식물의 뿌리에서 이온을 흡수하고 방출하는데는 전기적 환경이 중요하다고 한 보고와 일련의 관계가 있는 것이 아닌가 사료된다.

그리고 본 실험에서 電氣處理 시간에 따른 收量形質들 중 특히 根徑과 根重에서의 효과는 적절한 電氣處理로 질소의 흡수율을 높일 수 있으며 더불어 수량의 증대를 도모할 수 있는 방안이 되지 않을까 생각되어 진다. 따라서 채소의 과다한 질소시비에 의한 질산의 축적과 불필요한 시비량을 줄이는데 기여될 것으로 사료되어 이에 대한 구체적인 적용방안에 대하여 더욱 자세한 연구의 필요성이 요구된다.

IV. 要 約

電氣刺戟의 處理時間이 赤丸20일 무의 收量形質과 可食部 內 窒酸含量에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 電氣刺戟 2시간처리가 葉長生長과 根徑肥大를 촉진시키는데 효과적이었으며, 'Comet'와 'Sakuranbo'의 根徑은 무처리구에서 보다 각각 14.7%와 12.8% 증가하였다.

2. 根生體重에서 'Comet'는 2시간구가, 'Sakuranbo'는 8시간구가 가장 높았고, 이것은 무처리구 보다 각각 39%이상 높은 것이었다.
3. 모든 電氣處理구의 뿌리 내 窒酸含量은 무처리구 보다 높았다. 그리고 뿌리의 窒酸含量은 根徑, 根重, 그리고 總重量과도 높은 正의 相關關係를 가고 있는 것으로 나타났다.

參考文獻

- Burton, W.G. 1982. Post-harvest physiology of food crop. Verlag Longman, London.
- Cho, S.M., K.W. Han, and J.Y. Cho. 1996. Nitrate reductase activity by change of nitrate form nitrogen content on growth stage of radish. Korean J. Environ. Agric. 15 : 383-390.
- Choi, J.M., J.J. Choi, H.J. Chung, and J.S. Choi. 1998. Growth of oriental hybrid lily 'Star Gazer' affected by application method and concentration of uniconazole in pot plant production. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39 : 776-779.
- Frommberger, R. 1985. Nitrat, nitrit, nitrosamine in lebensmitteln pflanzenlicher herkunft. Ernährungs-Umschau 32(2) : 47-50.
- Garner, L.C. and T. Bjorkman. 1966. Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in tomato transplants : sensitivity to dose, frequency and timing of brushing. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 : 894-900.
- Heisler, E.G., J. Siciliano, S. Krulick, J. Feninberg, and J.H. Schwartz. 1974. Changes in nitrate and nitrite content, and search for nitrosamines in storage abused spinach and beet. J. Agr. Food. Chem. 22 : 1029-1032.
- Hippe, J. 1984. Einfluss sterke differenzierter Nährstoffgaben auf die Bildung von N-nitrosamin, die Konzentration ihrer Vorstufen sowie die Gehalte einiger anderer wertbestimmender Inhaltsstoffe in Kartoffeln, Kohlrabi, Kopfsalat and Tomaten unter besonderer Berücksichtigung der quantitativen analytischenfassung von in diesen Zusammengang bedeutenden indermolekuluren ickstoffverbindungen, Dissertation. University of Gottingen.
- John, M.W., Zhen-Ming Pei and I.S. Julian. 1995. Roles of ion Channels in initiation of signal transduction in higher plants. The Plant Cell 7 : 833-844.
- 康榮熹, 申榮五. 1987. 植物營養學. 圖書出版 아카데미 書籍. pp.11~69.

- Kirkby, E.A. and K. Mengel. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* 42 : 6-14.
- 權五達. 1998. 機能音樂의 處理가 赤丸20일 무의 發芽率 및 收量構成要因에 미치는 影響. 三育大學校 論文集 30 : 301-307.
- 權五達. 2001. 電氣刺戟의 水準이 赤丸20일 무의 生育에 미치는 影響. 三育大學校 論文集 33 : 151-156.
- Latimer, J.G. and P.A Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. *HortTechnology* 1 : 109-110
- Lauren. C.G. and T. Bjorkman. 1997. Using impedance for mechanical conditioning of tomato transplant to control excessive stem elongation. *HortScience* 32 : 227-229.
- 孟柱善. 1984. 植物生理學. 先進文化社. p.216.
- Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti, and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28 : 71-115.
- Obolensky, G. 1953. Stimulation of plant growth by ultrasonic waves, *Radio-Electronics*.
- Phillips, W.E. 1971. Naturally occurring nitrate and nitrite in foods in relation to infant methaemoglobinaemia -a review- *Food and Cometics Toxicology.* 9 : 219.
- Selenka, F. 1983. Gesundheitliche Bedeutung des nitrates in der Nahrung In : Nitrate- ein problem fuer unsere trinkwasser versprgung. *Arbeitender DLG. Band 177 :* 7-24. DLG Verlag. Frankfurt.
- 孫尙穆. 1990. 窒素施肥量에 따른 감자 塊莖內的 NO_3^- , Glutamine, Asparagine, Protein 含量變化. 檀國大學校 論文集 24 : 715-724.
- Spillane, M. 1986. A 'sound' diet for plant. *Bulletin of Sonic bloom Co.*
- Tanaka, K. and Shimaji. 1992. Production of tomato seedling at high planting density by mechanical stimulation. *Environ. Control in Biol.* 30 : 59-64.
- Tompkins, P. and C. Bird. 1972. *The secret life of plants.* Harper & Row, Publishers, Inc, New York.
- Wane, R. 1993. Excitability in plant cells. *American scientist* 81 : 140-151.
- Won, K.P., N.K. Kim, Y.S. Sho, S.Y. chung, H.K. Yun, K.J. Ryu, Y.M. Joen, E.Y. Kim, and M.I. chang. 1997. Nitrate contents of some vegetables grown in Korea. *Annual Rpt. of KFDA.* 1 : 50-56.
- You, S.N. and C.K. Sang. 1997. The effect of mechanical stress on the growth and development in various floricultural crops. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 18 : 88-100.