

시설재배 수박 엽 적정양분함량 설정

이주영* · 박재홍 · 장병춘 · 이기상 · 현병근 · 황선웅 · 윤영상¹ · 송범현²

농업과학기술원, ¹공주대학교, ²충북대학교

Establishment of Critical Ranges of Inorganic Nutrition Contents in Leaves of Watermelon(*Cucurbita citrullus* L.) in Protected Cultivation

Ju-Young Lee,* Jae-Hong Park, Byoung-Choon Jang, Ki-Sang Lee, Byung-Keun Hyun, Seon-Woong Hwang, Young-Sang Yoon¹, and Beom-Heon Song²

National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, Korea

¹Department of Plant Resources, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

²Department of Crop science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

This study was carried out to elucidate the relationship between yields and inorganic nutrient contents, and then establish of critical range of inorganic nutrient contents in leaves of watermelon in protected cultivation in Gochang from 2004 to 2006. In considering the yields and nutrient contents of watermelon, the critical ranges of macro-nutrient contents in leaves of watermelon at 20 days after transplanting were in N 5.0~6.6%, P 0.30~0.57%, K 3.5~4.2%, Ca 1.7~3.8% and Mg 0.20~0.42%, respectively. The critical ranges of micronutrient content, such as Fe, Mn, Zn, Cu and B, were not found the regular trend with different growth stages. However, the critical range of micronutrient contents in leaves of watermelon at 20 day after transplanting were in Fe 96~128, Mn 67~201, Zn 40~60, Cu 6~9 and B 41~82mg kg⁻¹, respectively. Finally, these results might be used at the indicator for critical nutrient contents for diagnosis of nutritional disorder in watermelon in protected cultivation.

Key words: Watermelon, Nutrition content, Critical range, Protected cultivation

서 언

수박은 고소득 원예작물로서 최근 시설재배면적의 급격한 확대와 함께 국지적으로 재배상 문제점이 흔히 나타나고 있다. 그 중에서 양분결핍 및 과잉장애 발생이 빈발하고 있으나, 지금까지 수박에 대한 주요 생육시기별 적정 양분함량 기준이 설정되어 있지 않아 농사현장에서 발생하는 영양장애에 대한 명확한 대책구명이 어려운 실정이다.

원예작물의 식물영양에 관한 연구는 1990년 상추, 토마토 및 오이의 다량요소와 미량요소의 결제처리시험, 1992년 토마토의 양분결핍 처리에 의한 엽위별 분석, 1996년 과채류 6작물, 엽채류 3작물과 2007년 네트 멜론에 대한 엽 부위별 적정범위 및 결핍 농도 구명 시험이 수행되었다. 이외에도 농업현장에서 발생하는 빈번한 생리장애에 따른 무기양분의 분석 등이 이루어져 왔으며(Jang et al., 2004; Lee et al., 2007;

NIAST, 1990~2004; Ryu, 1982), 특히 1995~1998년에는 양채류 및 산채류를 포함한 일반 채소류의 흡수량을 검토하여 유사 작물을 5~6개 작물군으로 구분한 바 있다. 또한 2004년도에는 배추 및 고추에 대한 토양유형별 조사에 의하여 양분의 공급량을 구명하는 바 있다(NIAST, 1990~2004). 한편 작물생산성을 유지하는 동시에 환경오염 경감을 위한 최적 양분관리 방안으로는 작물체중 양분함량을 적정상태로 유지하는데 초점을 두어 양분의 공급량과 공급시기를 결정하는 방안이 오래전부터 제기되어 많은 연구자들에 의하여 검토된 바 있다(Hayashi, 1990; Joiner et al., 1983; Jones, 1985; Roppongi, 1998). 또한 양분 적정함량의 수준을 알기 위해 식물체의 생장 혹은 수량과 양분함량의 관계가 연구되기도 하였다(Okhi, 1987; Smith, 1962; Walworth & Sumner, 1987).

농업현장에서 발생하는 영양장애에 대한 종합적인 양분지표가 생육단계별로 설정되어 있지 않아 많은 민원을 해결 하는데 문제가 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 시설재배 조건에서 수박의 주요 생육시기별 무기양분의 적정함량 범위를 설정하는 동시

접수 : 2008. 4. 22 수리 : 2008. 6. 18

*연락처 : Phone: +82312900320,

E-mail: juylee@rda.go.kr

에 농가 현장에서 발생하는 영양장애 발생의 신속한 원인 구명과 적절한 시비관리로 안전농산물을 생산할 수 있는 양분지표의 기초 자료를 얻기 위하여 2004년부터 2006년까지 3년간 시설재배지의 주요 박과작물인 수박에 대하여 수량과 식물체 엽중 무기양분함량의 관계를 분석하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 한국토양비료학회지 40권 6호에서 다루어진 시설재배 멜론 엽의 적정양분함량 설정에 이어 수박 엽중 무기성분 함량을 경시적으로 파악하기 위하여 수박주산단지인 고창에 소재하는 우수재배 농가포장을 대상으로 수행하였다. 농가에서 채취한 시료점수는 총 191점으로 정식 후 10일 21점, 20일 18점, 30일 20점, 40일 22점, 50일 23점, 60일 24점, 70일 20점, 80일 22점 그리고 90일에는 21점으로 전 생육기간을 통해 가급적 동일한 농가포장에서 시료를 채취하여 측정하였다.

엽분석은 N, P, K, Ca 및 Mg 등의 다량성분과 Fe, Mn, Zn, Cu 및 B 등의 미량성분의 함량을 조사하였다. 엽의 무기성분 분석방법은 농촌진흥청에서 발간한 토양 및 식물체 분석법(RDA, 2000)에 준하였다.

적정양분 범위 설정은 이들 무기양분의 농도 변화가 비교적 컸기 때문에 무기성분 함량과 수량과의 상관도가 가장 높은 정식 후 20일 엽 시료를 대상으로 하여 무기성분 함량과 수량간에 2차 회귀식을 활용하였다. 최고수량을 보일때의 엽중 양분농도를 최고치로 하여 수박 수량 60~72 ton ha⁻¹ 범위에서 최저 농도까지를 적정양분함량 범위로 하고 그 이하는 결핍으로 판단하였으며, 최고치 이상일 때는 과다양분함량 범위로 결정하였다.

또한 조사한 무기양분의 평균함량값에 표준편차를 가감하여 산술적으로 양분함량 범위를 설정하고 2차 회귀식으로 구한 양분함량 범위와 비교하였다. 수박

수량은 엽의 양분함량 범위를 설정하는데 사용하였고, 조사방법은 농촌진흥청 농업기술연구 조사 기준(RDA, 2003)에 준하여 농가포장에서 직접 채취·조사하였다. 그러나 Fe, Mn, Zn, Cu 및 B의 양분범위 설정은 각 양분범위 차이가 크고 최고수량일 때의 각 양분 농도를 구할 수 없어서 평균값에 표준편차값을 가감하여 함량범위의 상한값과 하한값으로 하였다.

결과 및 고찰

고창군 수박 주산단지에서 시설하우스 18~24개 농가포장을 대상으로 정식 후 10일부터 10일 간격으로 9회에 걸쳐 식물체 엽 분석 결과는 Fig. 1 및 2와 같다.

엽내 N과 K 함량은 정식 후 20일경에 최고치를 보이다가 그 이후에는 감소하는 경향을 보이지만 P 함량은 정식 후 60일까지는 일정한 수준을 보이다가 70일에서 최고치를 보였고 그 후에 감소하는 경향을 보였다. Ca은 정식 후 20일부터 50일까지는 감소하였으나 그 이후는 증가하였고, Mg는 정식 후 50일까지는 일정한 수준을 유지하다가 50일부터 70일까지 증가하였고 그 후에 감소하였다. 이러한 결과를 종합해 보면 양분별로 식물체에 대한 요구도는 차이가 있어 N과 K는 식물체가 성장함에 따라 어느 정도까지는 증가되지만 그 이후에는 식물체의 생장속도가 더 커서 엽중의 무기성분 함량은 낮아지는 것으로 생각된다. P는 생육초기에 필요한 성분으로 N, K와 같은 함량변화를 보일 것으로 생각되었지만 시설재배지 토양에 P가 너무 많이 축적되어 정식 후 20일부터는 감소하다가 정식 후 70일에서 증가하였으나 다시 감소한 것으로 판단된다. 한편 Ca과 Mg는 함량 자체에 차이는 있으나 함량변화는 N, K와 비슷한 양상을 보였다. 그러나 변화양상이 P와는 달리 Ca는 정식 후 50일까지 감소하다가 정식 후 80일까지는 급격히 증가하였으나 다시 수확기에 감소하였다. Mg에 있어서

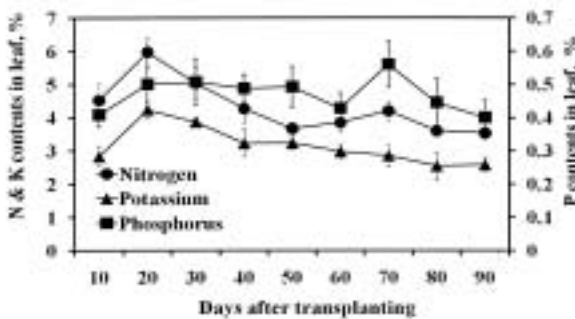


Fig. 1. N, P and K contents of watermelon leaf at days after transplanting in protected cultivation. Each value is the mean \pm S.D.

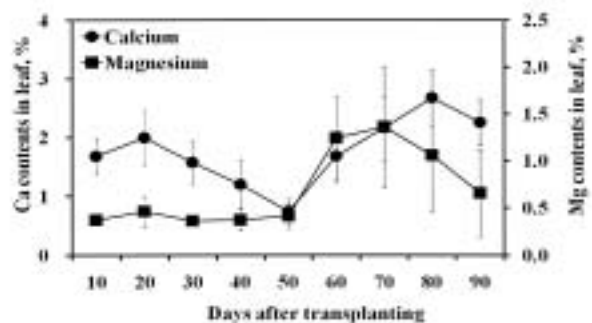


Fig. 2. Ca and Mg contents of watermelon leaf at days after transplanting in protected cultivation. Each value is the mean \pm S.D.

는 생육초기에 일정한 함량을 보이다가 정식 후 50일부터 70일까지 증가하였고 정식 후 70일에서 수확기까지 다시 감소하였다. 따라서 양분범위 설정을 위한 시료는 정식한 수박이 영양생장기에서 생식생장기로 전환하기 위한 최대 양분흡수가 필요한 시기로 양분함량 변이가 가장 민감하였던 정식 후 20일로 정하고, 본 시험에서도 정식 후 20일 엽 시료를 사용하였다.

Fig. 3부터 Fig. 7까지는 정식 후 20일에 채취한 수박 엽내 다량원소인 N, P, K, Ca 및 Mg에 대한 최고

수량과 양분범위가 결핍, 적정 및 과잉일 때의 회귀식의 기울기를 나타낸 성적이다. 각 양분별 최고 수량을 생산할 때의 농도를 보면 N는 6.3%, P는 0.57%, K는 4.2%, Ca는 3.8% 및 Mg는 0.42%로 나타났다.

양분함량의 적정 범위를 보면 N는 5.0~6.3%, P는 0.30~0.57%, K는 3.5~4.2%, Ca는 1.7~3.8%, Mg는 0.20~0.42%로 나타났으며, 하한값 이하는 결핍범위이고 상한값 이상은 과잉범위로 표시하였다.

Jones(1991)에 의하면 개화초기 수박의 지상부 상위로부터 5번째 완전전개엽의 무기성분의 총분량(sufficient)을 보면, N 4.0~5.5%, P 0.30~0.80%, K 4.0~5.0%, Ca 1.7~3.0%, Mg 0.50~0.80% 범위로 결정하였고, 하한치 이하는 낮음(low), 상한치 이상은 높음(high)으로 표시했다. Okhi(1987)는 양분함량 적정범위를 설정하기 위해 Jones의 방법과 같이 90% 이상의 최고수량에 대한 최저양분함량부터 최고 양분함량까지의 범위를 양분적정함량으로 기준을 설정한 바 있으며, 이와는 달리 Smith(1962)는 식물의 성장(혹은 수량)과 양분함량과의 관계를 결핍부터 과잉까지 농도의 전 범위를 5단계(A & B, 심한 결핍 ; C, 약한 결핍 ; D, 적정범위 ; E, 과잉 범위)로 구분하여 양분함량을 설정한 바 있다. 여기서는 Jones와 Okhi의 방법을 이용하여 양분 적정함량을

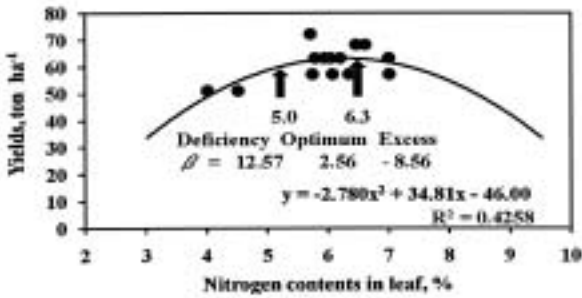


Fig. 3. The relation between N contents of leaf and yield in watermelon at 20day after transplanting in protected cultivation. β : regression coefficient.

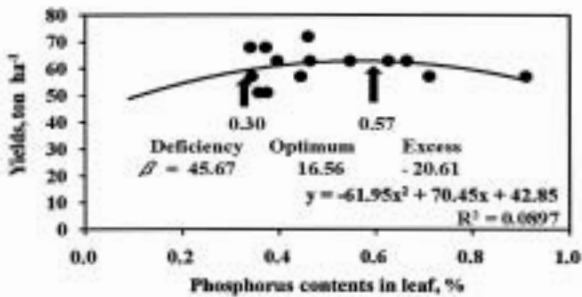


Fig. 4. The relation between P contents of leaf and yield in watermelon at 20day after transplanting in protected cultivation. β : regression coefficient.

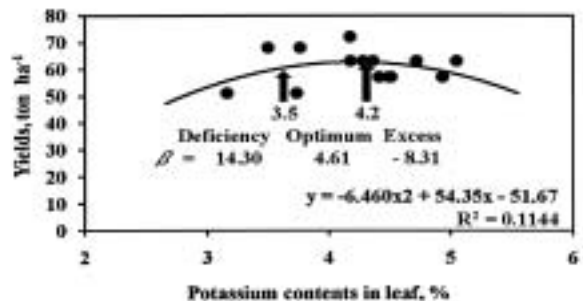


Fig. 5. The relation between K contents of leaf and yield in watermelon at 20day after transplanting in protected cultivation. β : regression coefficient.

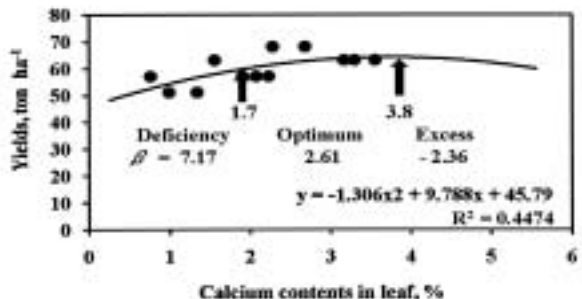


Fig. 6. The relation between Ca contents of leaf and yield in watermelon at 20day after transplanting in protected cultivation. β : regression coefficient.

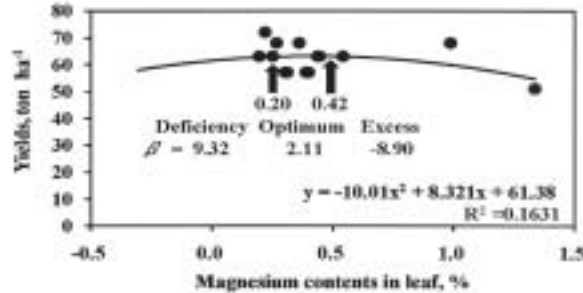


Fig. 7. The relation between Mg contents of leaf and yield in watermelon at 20day after transplanting in protected cultivation. β : regression coefficient.

설정하였다.

수박 정식 후 20일째에 분석한 성적과 비교하여 보면 N 성분은 Jones(1991)의 성적에 비해 훨씬 높았고, 그와는 달리 K와 Mg 성분에 있어서는 훨씬 낮게 나타났다. 그 외의 성분은 약간의 차이가 있을 뿐 대체로 비슷한 경향을 보였다. 이를 자세히 살펴보면 P 성분은 적정범위가 더 좁아졌고, Ca은 적정범위가 더 넓어졌다. 이러한 원인은 기후, 또는 수박의 품종 및 재배법에 따른 차이가 나타난 것으로 생각되며 조사 시기에 따른 차이는 Table 1과 같이 생육시기별로 차이가 크지 않았다.

한편 결핍과 과잉범위에서 양분함량에 따른 수량증가 및 감소폭을 보면 P>Mg>K>N>Ca 순으로 엽중 P의 함량 차이에 따라 수량의 증감폭이 컸다. 일반적으로 N 성분이 수량 및 생육에 가장 영향이 크다고 알려져 있지만 본 시험에서 조사한 시설수박에서는 N 함량에 따른 수량 증감폭이 매우 작았다. 이 결과는 수박작물의 고유특성이며 수박은 영양생장보다는 과실을 잘 키워야 된다는 사실을 알고 있기 때문에 영양생장기 이후 생식생장기의 양분관리 및 비배관리가 중요하다.

현장에서 조사한 N, P, K, Ca 및 Mg 함량을 평균

한 자료와 수박의 수량과 엽중 무기성분 함량과의 2차 관계식에 의해 도출한 적정범위를 비교하였다 (Table 2). 수박 엽의 다량원소 함량은 수량을 고려한 엽중 무기성분 함량과 큰 차이가 없었다. N과 P 함량은 현장조사치가 2차식 값의 95% 및 88%로 약간 낮았고, K 함량에서만 현장조사치가 2차식 값보다 101%로 비슷하였으며, Ca과 Mg에 있어서는 수박과는 달리 현장조사치가 2차식 값 52% 및 58%로 매우 낮았다(Lee et al., 2007).

지금까지의 결과는 수박의 무기성분 흡수가 왕성할 때 수량을 고려한 엽중 양분의 적정범위를 나타낸 것이지만, 더 자세히 검토해 보면 무기성분별로 흡수양상이 다르다. N, K는 영양생장기인 초기에 함량이 높았지만, 생육이 경과할수록 감소되는 경향을 보인 반면 Ca과 Mg는 낮았던 초기의 양분함량이 정식 후 50일까지는 NPK의 흡수양상과 비슷하거나 약간 감소하였지만 생식생장기에는 N, K와 달리 많이 증가하였다. 따라서 주요 생육시기별로 적정양분 범위를 설정해야 할 필요가 있으며 농업현장에서 발생하는 영양장애에 대한 양분지표를 광범위하게 사용해야만 고품질 및 단위당 수량을 높여 농가소득이 향상 될 것이다.

Table 1. The inorganic nutrition contents of watermelon leaf at days after transplanting in protected cultivation.

Nutrition content	Days after transplanting								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
N (%)	4.53 [†] (4.03~5.02) [‡]	5.97 (5.55~6.39)	5.04 (4.57~5.51)	4.27 (3.83~4.71)	3.67 (3.49~3.84)	3.85 (3.57~4.13)	4.20 (3.91~4.49)	3.60 (3.44~3.76)	3.54 (3.34~3.74)
P (%)	0.41 (0.37~0.45)	0.50 (0.42~0.59)	0.51 (0.44~0.58)	0.49 (0.45~0.53)	0.49 (0.43~0.55)	0.43 (0.38~0.47)	0.56 (0.49~0.63)	0.44 (0.37~0.52)	0.40 (0.35~0.45)
K (%)	2.84 (2.53~3.15)	4.24 (3.97~4.50)	3.87 (3.71~4.02)	3.23 (2.83~3.64)	3.24 (3.05~3.43)	2.98 (2.74~3.22)	2.86 (2.53~3.18)	2.55 (2.16~2.94)	2.59 (2.37~2.82)
Ca (%)	1.68 (1.37~1.99)	1.99 (1.52~2.45)	1.57 (1.20~1.94)	1.20 (0.78~1.61)	0.73 (0.52~0.95)	1.68 (1.24~2.11)	2.16 (1.61~2.71)	2.67 (2.19~3.15)	2.25 (1.85~2.64)
Mg (%)	0.37 (0.34~0.40)	0.46 (0.30~0.62)	0.36 (0.34~0.38)	0.37 (0.26~0.48)	0.41 (0.28~0.55)	1.24 (0.81~1.67)	1.36 (0.72~2.00)	1.06 (0.45~1.66)	0.65 (0.19~1.12)
Fe (mg kg ⁻¹)	107 (91~123)	112 (96~128)	110 (79~140)	77 (60~94)	71 (58~83)	89 (75~103)	117 (87~146)	72 (57~88)	69 (58~80)
Cu (mg kg ⁻¹)	3 (3~4)	8 (6~9)	11 (7~14)	28 (0~68)	14 (7~22)	5 (2~8)	15 (4~26)	12 (8~16)	10 (6~14)
Mn (mg kg ⁻¹)	84 (46~123)	134 (67~201)	96 (30~161)	100 (17~184)	69 (40~99)	183 (78~287)	151 (99~202)	198 (94~302)	282 (171~393)
Zn (mg kg ⁻¹)	42 (37~46)	50 (40~60)	53 (32~74)	35 (18~51)	24 (17~30)	39 (26~52)	97 (44~149)	51 (33~69)	35 (24~47)
B (mg kg ⁻¹)	52 (37~67)	62 (41~82)	47 (39~55)	70 (44~96)	33 (28~38)	62 (43~80)	74 (53~96)	117 (72~161)	43 (29~58)

[†] Arithmetic mean content of an farm field.

[‡] min. value ~ max. value.

Table 2. Comparison macronutrient contents of an actual measurement with a calculated measurement in watermelon leaf at 20 days after transplanting in protected cultivation.

Nutrition content (%)	Critical range		(A/B) × 100
	Actual measurement (A)	Calculated measurement (B)	
N	5.97 (5.55~6.39)	6.30 (5.00~6.30)	95
P	0.50 (0.42~0.59)	0.57 (0.30~0.57)	88
K	4.24 (3.97~4.50)	4.20 (3.50~4.20)	101
Ca	1.99 (1.52~2.45)	3.8 (1.70~3.80)	52
Mg	0.46 (0.30~0.62)	0.8 (0.20~0.42)	58

Arithmetic mean content of an actual measurement.

Content of displaying maximum yields.

적 요

시설재배 수박에 대한 적정 양분함량 기준을 설정하기 위하여 2004년부터 2006년까지 고창에서 시설수박의 엽 중 무기양분함량과 수량을 조사하였다. 그 결과 3년간 조사한 수박 재배 농가 포장을 대상으로 생육단계별 적정 양분함량 범위를 설정하였다. 수박 수량과 생육단계별 엽 중 무기양분함량은 정식후 20일이 가장 유의성 있는 상관을 보였으며 이 때 엽 중 다량원소 적정 함량 범위는 N 5.0~6.3%, P 0.30~0.57%, K 3.5~4.2%, Ca 1.7~3.8%, Mg 0.20~0.42% 이었다. Fe, Mn, Zn, Cu 및 B 등의 미량원소 적정함량 범위는 Fe 96~128 mg kg⁻¹, Mn 67~201 mg kg⁻¹, Zn 40~60 mg kg⁻¹, Cu 6~9 mg kg⁻¹ 및 B 41~8 mg kg⁻¹ 이었고, 적정 양분함량 범위로 설정한 값의 하한치를 양분 결핍, 상한치를 양분 과잉으로 판단했다. 본 시험연구결과와 제시한 수박의 생육단계별 적정 양분함량 범위 기준은 농업현장에서 빈번히 발생하는 수박의 영양장애를 해결하기 위한 양분지표로 사용할 수 있을 것이라 생각된다.

인 용 문 헌

- Hayashi, I. 1990. New technique for cut-flower cultivation : Part 2. Rose. Sungmundang, Tokyo, p. 23-48.
- Hong Y.P., I.B. Hur and K.S. Lee. 1996. Standard of nutrition diagnosis for horticultural crop. Report of agricultural experiment. agricultural environment : p. 368-377. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Jang B.C., J.Y. Lee and S.S. Choe. 2004. Defect and measure of plant physiological disorder. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Joiner J., R., Pole and C. Convert. 1983. Nutrition and fertilization

of horticultural crops. 7:20-68.

- Jones, J.B., 1985. Soil testing and plant analysis : Guides to the and fertilization of horticultural crops. 7:1-68.
- Jones, J.B., 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Inc.
- Kim, H.T. 2004. Technique on temperature management and air change under plastic film house. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Lee C.S., Y.H. Park, J.Y. Lee and S.K. Lee. 1996. Recommendation on rate of nitrogen application in Plastic Film House. Res. Rept. RDA 38(1):402-409.
- Lee J.Y., J.H. Park, B.C. Jang, K.S. Lee, B.K. Hyun, S.W. Hwang, Y.S. Yoon, B.H. Song. 2007. The establishment of critical ranges of inorganic nutrition contents in leaves of Net melon(*Cucurbita citrullus* L.) in protected cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(5):471-475.
- Lee J.Y., S.S. Choe, P.S. Lee, S.C. Kim, B.C. Jang, Y.S. Yoon, S.W. Hwang, and M.H. Park. 2002. The critical range of inorganic nutrition in major horticultural crops in Korea. Autumn abstract of Korean J. Soil Sci. Fert. OS2-11:63-65.
- NAES. 2002. Rates of fertilizers application for fruit vegetables in Japan. National Agricultural Experiment Station.
- NIAST. 1990~2004. Report of agricultural experiment(agricultural environment). National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Okhi, K. 1987. Critical nutrient levels related to plant growth and some physiological processes. J. Plant Nutrition 10:1583-1590
- Park N.S. 2004. Management of cultivation and environment for melon-export. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Park Y.H., J.Y. Lee, S.C. Kim and P.J. Kim. 2001. Survey on fertilizer application rates in farmer's fields. Complete report of evaluation study on environmental affects by fertilizer use in cultivation lands. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. p. 3-38.
- Park Y.H., Y. Lee, S.C. Kim, J.S. Noh, K.R. Park and J.Y. Lee. 2004. Integrated management of crop nutrition in plastic film

- house. Report of National Institute of Agricultural Science and Technology(Agricultural environment). p 459-476.
- RDA. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2003. Standard methods for agricultural experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2004. Monitoring project on agri-environment quality in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2006. Fertilization standard of crop plants. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Roppongi, K. 1998. Study on nutrient management in vegetable greenhouse soil by real time diagnosis. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 69:235-238.
- Ryu I.S. 1982. Study on physiological disorder of main vegetable crop-producing area. Outline of agricultural experiment result. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Smith, P.F. 1962. Mineral analysis in plant tissue. Annual Review of Plant Physiology 13:81-108.
- Walworth, J.L, and M.E. Sumner. 1987, The diagnosis and recommendation Intergrated System, p. 188-194 In : B. A. Stewart(ed.) Advances in soil science. Springer-verlag, Inc., New York, NY.