

토양조건에 따른 고추와 토마토의 철 및 망간 흡수특성

이주영* · 성좌경 · 박재홍 · 이수연 · 박성용 · 이예진 · 김태완¹ · 송범현² · 장병춘

국립농업과학원 토양비료관리과, ¹한경대학교 식물생명환경과학부, ²충북대학교 식물자원학과

Uptake of Fe and Mn in Red Pepper and Tomato Plants under Different Soil Conditions

Ju-Young Lee,* Jwa-Kyung Sung, Jae-Hong Park, Su-Yeon Lee, Seong-Yong Park,
Ye-Jin Lee, Tae-Wan Kim¹, Beom-Heon Song², and Byoung-Choon Jang

National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

¹Department of Plant Life and Environment Science, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

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

This experiment was performed to understand the relationship between uptake of Fe and Mn by plants, red pepper and tomato, and soil physico-chemical properties under different soil conditions at an environmentally controlled chamber in NAAS(National Academy of Agricultural Science) in 2008. After the dipping for 3 days, four treatments, dipping, dipping+aeration, drainage, drainage+aeration, were set up to investigate the changes in soil redox potential and moisture content. Drainage+aeration changed soil to the oxidation condition from 72 hrs of treatment, and soil moisture content was immediately reduced after treatment. Uptake of Fe and Mn of red pepper was investigated with two treatments, soil only and the mixed[soil(50%) : bed soil(35%) : bark(15%)]. Red pepper leaves taken at 30 days after treatment absorbed excessively Mn from the treatment of soil only and the mixed, and thus uptake of iron was strongly reduced. Also, uptake pattern of Fe and Mn of tomato was examined with four treatment, soil only, soil(50%) + rice straw(50%), soil(50%) + compost(50%) and soil + aeration. Contents of Fe and Mn in tomato leaves was measured at 60 days after treatment. Fe content was the greatest in soil(50%) + compost(50%) whereas Mn content was the highest in soil only. As a result of this experiment, plant growth was stronger influenced by soil moisture content than redox potential or porosity, and the oxidation status of soil was likely to promote that plant predominantly absorbed Mn from soil and thus resulted in Fe deficiency.

Key words : Red pepper, Tomato, Fe, Mn, Soil condition

서 언

영농현장에서 작물을 재배하면서 발생하는 영양생리 장애는 일반적으로 재배 환경이 바뀌고 재배농법의 변화와 투여되는 농자재 등이 다양해지면서 이에 대한 충분한 재배기술이 뒷받침되지 못하는데 그 원인이 있다.

시설재배지는 노지와 달리 강우가 차단되기 때문에 토양에서의 양분 및 수분이 지하부에서 상부로 이동하는 특이성이 있으며, 동일 작물의 연작과 집약적인 영농방법이 토양의 양분불균형을 초래하게 되고, 인위적인 기후환경 관리 잘못으로 작물에 여러 가지 생리

장애가 발생하는 사례가 많다(Jang et al., 2004 ; Jang et al., 2005 ; Jang et al., 2006 ; Jang and Lee 2006). 특히 토양의 산성화와 토양의 지속적인 환원상태는 식물체 내 Fe과 Mn간의 불균형에 의한 영양생리 장애의 발생이 용이하다.

토양 통기와 관계가 있는 외적 인자는 토양수분의 포화상태이며, 토양공극을 완전히 수분이 차지하고 있는 과습 조건 하에서는 토양공기가 배제되고, 대기 중의 산소와 토양물질과의 접촉은 제한을 받게 되므로 산화환원전위가 떨어져 환원상태로 된다(Adema and Grootjans, 2003 ; Aldridge and Ganf, 2003 ; Jespersen et al., 1998).

Fe과 Mn은 원자가의 변화가 쉽게 일어나 산화환원 조건에 따라 쉽게 $Fe^{3+} \rightleftharpoons Fe^{2+}$, $Mn^{4+} \rightleftharpoons Mn^{3+} \rightleftharpoons Mn^{2+}$ 으로 되며, 토양 내 유기물이 많으면 식물체의

접 수 : 2009. 3. 6 수 리 : 2009. 6. 8

*연락처 : Phone: +82312900317,

E-mail: julyee@rda.go.kr

Fe 또는 Mn 결핍증상이 발생하는데, 이것은 유기물과 Fe 및 Mn이 결합하여 불용성의 착화합물을 형성하기 때문이다(Cho et al., 2002 ; Ryu, 1987 ; Yamazaki, 1987).

식물체 중 Fe 과잉은 Mn 결핍을 유발하고 Mn 과잉은 Fe 결핍을 유발하는 길항작용을 하는 것으로 알려져 있다. 작물체 중 Fe 결핍은 알칼리성 비료 사용, 토양 중 P, Mn, Cu의 과다집적, 토양 pH가 6.0 이상이거나 K가 저농도 일때 유발하기 쉽고, 작물의 Mn 독성은 산성 비료 사용, 과인산석회 과다시비, NO₃ 고농도 시비 및 P, Ca, Fe, Mg, Si가 저농도 일때 발생하기 쉽다(Toruia and Douglas, 1998 ; Yamazaki, 1987).

본 연구는 토양의 pH, Eh, 통기성 및 유기물 함량이 식물체 내 Fe과 Mn 흡수 특성에 미치는 영향에 대한 연구결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

토양의 수분함량과 Eh 변화를 알기 위한 시험토양 및 처리 포트시험에 사용한 시험토양은 양분보유능력이 낮고 투수가 매우 잘 되는 사질로서 화강암 모재인 마사토(Saprolite)를 사용하였다. Table 1에서 시험전 토양의 화학성을 보면 pH는 높고, 치환성 Ca함량은 많지만, 유기물, 질산태질소, 치환성의 K 및 Mg 함량 등은 매우 낮은 토양이었다.

처리하는 토양 3 kg을 1/5,000a pot에 충전하여 3일간 침지한 후 배수, 침지, 배수 + Aeration 및 침지 +

Aeration으로 처리하였다. 처리 후 150시간까지 주요 시간대별로 토양수분과 산화환원전위를 측정하였다. 침지처리는 상자(가로 60 cm × 세로 40 cm × 높이 15 cm)에 물을 13 cm 높이로 채운 후 상자내부에 포트를 설치하였다. 배수처리는 포트를 3일간 침지처리 상자에서 침지 후 밖으로 들어 내었다. Aeration 공급 처리는 부피 3 l의 소형 원형 포트에 토양을 1 kg 정도 채운 뒤 튜브와 연결된 air stone을 넣고 전기 기포 발생기(공기압 0.02 Mps)에 연결시킨 후 토양으로 채웠다.

식물체의 Fe과 Mn 흡수 특성을 알기 위한 시험작물 및 처리

시험작물은 고추와 토마토이며, 품종은 고추의 경우 슈퍼마니타(농우바이오), 토마토는 뽕또(농우바이오)를 사용하였다. 고추를 재배한 시험토양은 배수가 양호한 미사질양토이며, 상토는 상품명이 원예범용 바로크(서울바이오)로서 토양 및 상토의 화학적 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 토양의 유효인산 함량은 높은 편이나 유기물, 치환성 K 함량 등 대부분의 화학성분의 함량이 낮았으며, 상토는 토양에 비해 pH는 비슷하지만 EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 K함량 등이 매우 높았다. 시중에서 구입한 바로크(bark)의 화학적 특성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 대체로 상토의 N, P, K 및 Ca등의 함량은 일반원예용 상토보다는 적지만 대체로 화학성분이 어느 정도 함유되어 있었다.

2008년 3월 6일 고추 종자를 국립농업과학원 구내온

Table 1. Chemical properties of soil used in the redox potential experiment.

pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ex. cations			DTPA	
					K	Ca	Mg	Fe	Mn
1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmol _c kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----		
8.5	0.2	0.6	17	3	0.07	5.41	0.78	9	7

Table 2. Chemical properties of soil and bed soil used in the red pepper experiment.

	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ex. cations			DTPA	
						K	Ca	Mg	Fe	Mn
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmol _c kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----		
Soil	5.8	1.4	8.3	895	67	0.17	2.3	1.2	73	20
Bed soil	5.6	13.1	381	1,747	437	6.44	18.5	8.2	37	25

Table 3. Chemical properties of bark used in red pepper experiment.

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Fe	Zn	B
----- % -----					----- mg kg ⁻¹ -----			
0.20	0.03	0.14	0.32	0.06	218	54	14	1

Table 4. Chemical properties of soil used in tomato experiment.

pH	EC	OM	T-N	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations			DTPA	
					K	Ca	Mg	Fe	Mn
1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	cmol kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	
5.8	1.1	7.99	0.7	1,054	0.17	2.1	0.6	80	18

Table 5. Chemical properties of rice straw and compost used in tomato experiment.

Organic matter	pH	EC	OM	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	%			mg kg ⁻¹					
Rice straw	-	-	-	0.56	0.11	1.88	0.41	0.09	436	773	53	1
Compost	7.9	14.5	250	0.95	1.10	1.12	2.17	0.42	2,305	293	740	19

실에서 플러그 포트 (50공)에 파종하였다. 파종 후 약 50일경에 고추 유묘를 1/5,000a 포트에 토양(100%) 단독 및 토양 : 상토 : 바로크(50 : 35 : 15%)를 혼합한 처리로 하여 정식 하였다. 그리고 토마토에 대하여 식물체내 Fe과 Mn의 흡수특성을 알기 위하여 Table 4의 시험토양과 Table 5의 시험자재인 볏짚 및 퇴비의 무기성분 함량을 조사한 결과를 보면 토양은 배수가 양호한 미사질양토로서 유효인산 함량은 많았지만 기타 화학성분 함량은 적었다. 시험자재 중 유기물의 화학성분을 보면 K와 Mn함량은 볏짚에서 많으나 N, P, Ca, Mg 등 함량은 퇴비에서 많았다. 2008년 7월 6일에 국립농업과학원 구내온실에서 토마토 종자를 플러그 포트(50공)에 파종하였다. 파종 후 약 40일경에 토마토 유묘를 1/2,000a 포트 조건에 토양(100%) 및 토양 : 볏짚(50 : 50%), 토양 : 퇴비(50 : 50%) 및 토양(100%) + Aeration 처리를 하여 정식하였다. 정식 60일 후에 처리별로 초장, 엽색도, 토양 Eh, 토양 수분 및 공극률을 측정하였고, 식물체 엽 중 Fe 및 Mn 함량과 토양화학성을 조사하였다. Aeration 처리는 토양 Eh 조사시와 동일한 방법으로 하였으며, 시험구는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

식물체 무기성분 및 Eh 분석 식물체 시료는 80°C에서 48시간 동안 건조 시킨 후 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 시료 0.3 g을 H₂SO₄-Salicylic acid-H₂O₂용액 3.3 ml로 습식 분해하여 여과(Whatman No. 6)한 후 증류수로 10배 희석하여 질소는 CFA(Auto analyzer 3, BRAN+LUEBBE, Germany)을 이용하여 660 nm 에서 측정하였고, 인산은 UV-Spectrometer (Hitachi, Japan)를 이용하여 880 nm에서 측정하였다. K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn 및 B 함량은 ICP(GBC, Intergra XL, Australia)를 이용하여 측정하였다 (Wageningen Agr. Univ., 1989).

토양분석은 농촌진흥청 표준분석법(RDA, 2000 :

RDA, 1988)에 준하여 NO₃-N는 생토 5g에 침출액 (2M KCl) 25 ml를 넣고 30분간 진탕한 후 여과액 (Whatman No. 2)을 CFA로 440 nm 에서 측정한 후 수분을 보정하여 값을 계산하였다. 토양의 pH와 EC는 2 mm 체에 통과된 토양시료를 증류수와 1 : 5의 비율로 하여 측정하였다. 유효인산은 음건한 토양시료 5 g에 침출액(333 mM Acetic acid + 1.5 N Lactic acid + 30 mM Ammonium Fluoride + 213 mM Sodium Hydroxide + 50 mM Ammonium Sulfate, pH 4.25) 20 ml를 넣고 10분간 진탕하여 여과 (Whatman No. 2)한 후, 증류수로 5배 희석하여 UV-Spectrometer를 이용하여 720 nm에서 측정하였다. 양이온 분석은 건토 5 g에 단일침출액(1N CH₃COONH₄, pH 7.0) 2.5ml를 넣고 30분간 진탕한 후 Whatman No. 2 여지로 여과하여 ICP로 측정하였다. 토양 중 가용성 Fe과 Mn 분석은 토양화학분석법(RDA, 1988)으로 건토시료 10 g을 50 ml 튜브에 평량하여 DTPA 침출액(100 mM Triethanolamine, 10 mM Diethylenetriamine penta acetic acid, 5 mM Calcium chloride anhydrous, pH 7.3) 30 ml를 넣고 2시간 진탕하여 여과(Whatman No. 42)하였고, Blank도 동일한 방법으로 처리하여 여과액과 Blank를 260(Fe)과 293(Mn) nm에서 ICP를 이용하여 측정하였다. Eh(산화환원전위)는 기술표준원 KS M ISO 11271에 등록된 방법(KATS, 2006)에 준하여 측정하였다.

시험구 배치 및 통계분석 각 항목에 따른 실험결과는 EXCEL 프로그램을 이용하여 평균치와 표준편차를 산출하였고, 두 처리간의 평균을 비교하기 위해 SAS (ver. 9.1) 프로그램을 이용하여 T-test 검정하였고, 평균치간의 유의성은 ANOVA test 후 최소유의차(LSD) 검정을 하였다.

결과 및 고찰

토양수분 함량 및 Eh 변화 처리별 토양 Eh(산화 환원전위)와 토양수분 함량 분석결과를 Figure 1에서 보면 토양 환원처리 72시간 후 Eh는 배수 + Aeration > 배수 > 침지 > 침지 + Aeration 순으로 높았고, 토양수분함량은 침지 + Aeration > 침지 > 배수 > 배수 + Aeration 순으로 나타났다. 따라서 Eh와 토양수분함량과는 역의 관계가 있음을 알 수 있었다. 토양의 Eh는 토양중의 산화물질 농도와 환원물질 농도의 다소에 따라 변동한다. 산화물이 생기는 조건은 Aeration이 양호한 조건이며, 환원물질의 생성은 토양수분이 많은 상태에서 토양공극이 배제되고 대기 중의 산소와 토양물질과의 접촉은 제한을 받아 Eh가 저하되어 환원상태로 전전이 된다고 한다(Cho et al., 2002). 이와 관련하여 볼 때 본 연구결과에서도 토양 Eh는 수분 함량에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

고추와 토마토의 Fe 및 Mn 흡수 특성 처리 후 30일에 채취한 식물체 엽 중 Fe과 Mn 함량을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 토양 단독처리구의 식물체 엽

중 Mn은 토양 산성에 의해 과잉 흡수되었으며(1,324 mg kg⁻¹), 길항작용에 의해 Fe 흡수장애가 나타났다. 혼합 토양 처리구에서의 식물체 엽 중 Mn 함량(947 mg kg⁻¹)은 토양 단독 처리구에 비해 적었으나 Fe 흡수장애를 일으킬 수 있는 함량인 것으로 나타났다. 산성토양 또는 pH가 6.5 이하인 토양에서는 작물이 Mn 과잉 피해를 받기 쉬우며, Mn 과잉은 작물생육을 저해하는 경우가 많다. 또한 Mn의 과잉은 작물의 Fe 흡수를 억제하여 Fe 결핍증상을 일으킨다(Fox et al., 1978 ; Lee, 1972; Osawa and Ikeda, 1976). 이와 더불어 식물체 내 무기양분의 불균형은 작물 피해를 가중 시키는 것으로 생각된다.

고추 정식 후 30일에 채취한 토양의 화학성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 토양 단독처리의 pH는 4.4로 강산성을 나타냈고, EC는 8.7 dS m⁻¹로 고염 조건이었으며, 유효인산은 1,240 mg kg⁻¹, 질산태 질소함량은 752 mg kg⁻¹로 매우 높게 나타났다. 유기물 함량은 토양 단독처리(37 g kg⁻¹)에서 혼합 토양(61 g kg⁻¹) 보다는 낮았으나 고추 생육을 위한 적정범위에는 근접한 토양이었다. 또한 DTPA 방법으로 토양 중 Fe과 Mn을 분석한 결과 Fe 함량은 처리간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 Mn 함량은 토양 단

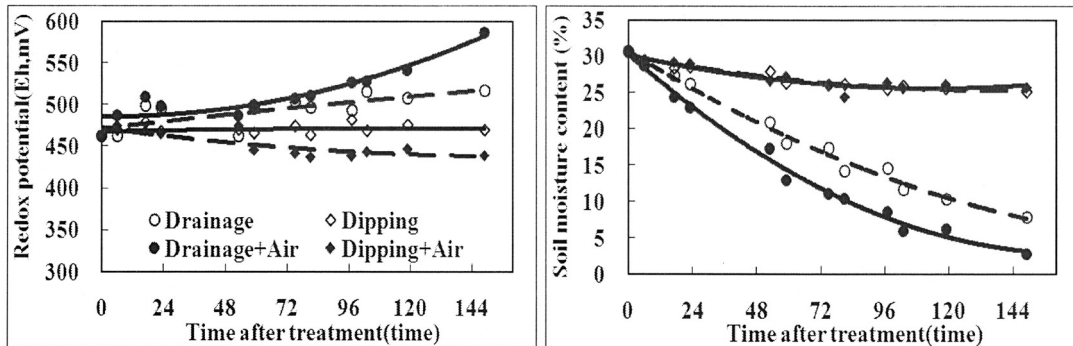


Fig. 1. Redox potential and moisture content of soils with four different treatments.

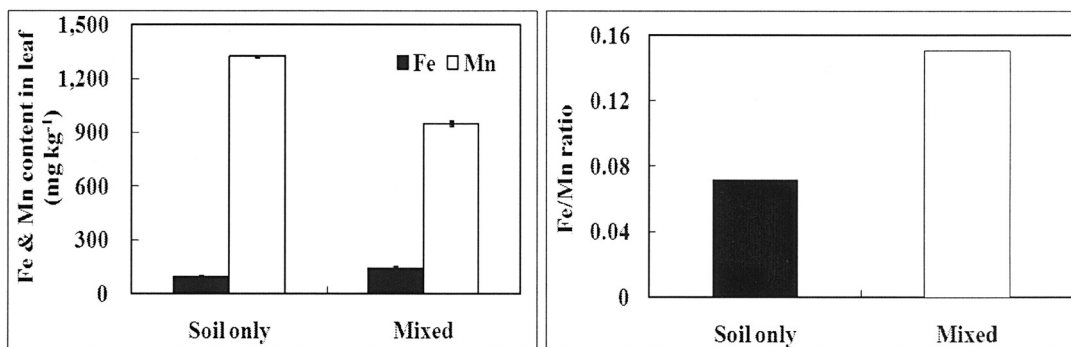


Fig. 2. Fe and Mn contents and Fe/Mn ratio in red pepper leaves grown under different soil conditions at 30 days after planting. Vertical bars indicate standard deviation(n=3).

Table 6. Chemical properties of red pepper normal or disorder soil.

Treatment	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ex. cations			DTPA	
						K	Ca	Mg	Fe	Mn
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmolc kg ⁻¹ -----			---- mg kg ⁻¹ ----	
Soil only	4.4	8.7	37	1,240	752	1.83	5.2	1.4	34	34
Mixed medium [†]	6.3	2.1	61	304	60	0.41	6.9	1.6	34	23
T-test (n=3)	***	***	***	***	***	***	**	ns	ns	**
Critical range [‡]	6.0-6.5	<2	25-35	450 - 550	-	0.70-0.80	5.0-6.0	1.5-2.0	-	-

[†] Mixed medium : soil 50 + bed soil 35 + bark 15

[‡] Critical range : Fertilization standard of crop plant(NIAST, 2006)

독처리(34 mg kg⁻¹)와 혼합처리(23 mg kg⁻¹)간에 유의한 차이를 보였다.

정식 후 60일에 토마토 초장과 엽색도(SPAD value) 및 토양 수분함량과 공극률을 측정된 결과는 Table 7과 같다. 토마토 초장은 토양 단독 처리구(131 cm)와 토양 + Aeration 처리구(126 cm)가 토양(50%) + 볏짚(50%)의 68 cm 및 토양(50%) + 퇴비(50%) 처리구의 57cm에 비하여 증가하였으며, 토마토 엽색도를 측정된 결과 토양 단독 처리구와 토양 + Aeration 처리구는 토양에 볏짚이나 퇴비 처리구에 비하여 두 배 이상 높은 것으로 나타났다. 토양 수분함량을 측정된 결과, 토양(50%) + 퇴비(50%)처리가 49%, 토양(50%) + 볏짚(50%) 처리가 25%, 토양 단독 처리구와 토양 + Aeration 처리구가 각각 11%로 나타났다. 토양의 수분함량이 높을 수록 식물 뿌리의 활력을 저해하여 초장이 감소한다는 연구 보고와 일치하였다(Jo et al., 1983 ; Joiner et al., 1983 ; Okhi, 1987 ; Noh, 1997). 공극률은 비모세관공극(대공극)과

모세관공극(소공극)으로 나누어지는데 토양수분과의 관계는 소공극과 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Cho et al., 2002 ; Ryu, 1987). 또한 볏짚과 퇴비 시용은 토양 통기성의 증가, 수분함량 유지 등 토양의 물리성이 향상된다고 한다(Kim et al., 2001 ; Jo et al., 1983). 본 실험에서 전공극률을 측정된 결과 토양(50%) + 퇴비(50%) 처리가 70%, 토양(50%) + 볏짚(50%) 처리가 63%, 토양 + Aeration 처리구가 53% 및 토양 단독 처리구가 52%로서 볏짚 또는 퇴비의 시용이 토양 통기성을 증대시키는 것으로 나타났다. 그러나 본 실험의 결과로 볼 때 작물의 생육은 공극률 보다는 토양 수분함량에 더 큰 영향을 받는 것으로 평가되었다.

정식 후 60일에 분석한 토양의 화학적 특성을 Table 7에서 보면 처리간에 유의성이 있는 차이를 보였다. 퇴비가 첨가된 토양은 pH, EC, 유기물, 유효인산 및 양이온의 함량이 증가한 것으로 나타났다. 토양 중 Fe 함량은 퇴비가 첨가된 토양보다 토양 단독, 볏짚

Table 7. Plant height and leaf color of tomato and soil characteristics at 60 days after planting.

Treatment	Plant height	Leaf color	Soil moisture	Porosity
	cm	SPAD	%	%
Soil only	131a [†]	17a	11c	52c
Soil + Rice straw(50:50)	68b	7b	25b	63b
Soil + Compost(50:50)	57b	5b	49a	70a
Soil + Aeration	126a	18a	11c	53c

[†] The same letter in a column means no significant difference at p<0.05 (n=3) of LSD.

Table 8. Chemical properties of tomato-grown soil at 60 days after planting.

Treatment	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ex. cations			DTPA		Fe/Mn
						K	Ca	Mg	Fe	Mn	
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- % -----			---- mg kg ⁻¹ ----	ratio	
Soil only	5.7c [†]	0.3c	11c	227b	2bc	0.1c	3.1b	0.6b	69a	9b	7.4
Soil + Rice straw(50:50)	6.5b	0.4b	14b	254b	8a	0.5b	3.1b	0.7b	60b	14a	4.2
Soil + Compost(50:50)	6.9a	1.3a	21a	679a	1c	1.2a	4.2a	2.8a	38c	11b	3.4
Soil + Aeration	5.9c	0.2c	11c	235b	3b	0.1c	3.0b	0.6b	75a	12ab	6.4

[†] The same letter in a column means no significant difference at p<0.05 (n=3) of LSD.

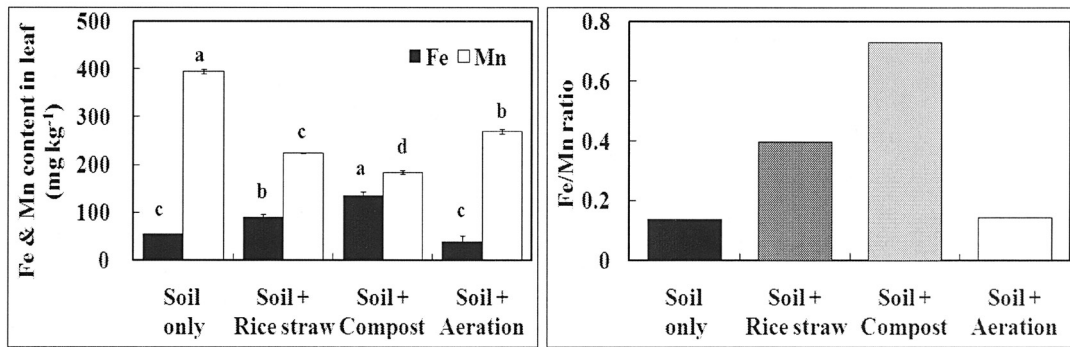


Fig. 3. Fe and Mn contents and Fe/Mn ratio in tomato leaves with four different soil conditions at 60 days after planting. Vertical bars indicate standard deviation(n=3), and data with the different letter mean significant difference at $p<0.05$ of LSD.

침가 및 Aeration 처리인 토양에서 다소 높게 나타났으나, Mn 함량은 처리간에 유의성은 있지만 차이가 크지를 않았다. 식물체 엽 중 Fe와 Mn 함량을 분석한 결과 Fig. 3과 같다. 토양 중 함량과 정반대의 결과를 보였는데, Fe 함량은 토양 (50%) + 퇴비(50%) 처리(134 mg kg^{-1}) > 토양(50%) + 벼짚(50%)처리(89 mg kg^{-1}), 토양 단독 처리(54 mg kg^{-1}) > 토양 + Aeration 처리(39 mg kg^{-1})의 순이었으며, Mn 함량은 토양 단독 처리(395 mg kg^{-1}) > 토양 + Aeration 처리(270 mg kg^{-1}) > 토양 (50%) + 벼짚 (50%)처리(224 mg kg^{-1}) > 토양(50%) + 퇴비(50%)처리(184 mg kg^{-1})의 순이었다. 위의 결과로서 볼 때, 식물체의 Mn 과잉 흡수는 Fe 흡수를 저해하여 토양 중 Fe의 축적을 초래하는 것으로 평가되었다.

이상의 결과를 실제 토양관리에 적용할 경우 산성 토양에서 재배되는 식물체는 토양으로부터 Mn을 우선적으로 흡수함이 용이하여 Fe결핍을 나타내게 하는 원인이 될 수 있기 때문에 양분으로서 칼슘공급과 아울러 석회질비료를 사용하여 약산성이나 중성토양으로 교정해 주는 것이 매우 중요하다고 생각된다.

적 요

토양을 침지한 후 배수, 통기 및 침지를 조합한 처리에서 토양의 Eh와 수분함량을 조사함과 아울러 고추에 대하여 토양단독, 토양+상토+바로크의 혼용처리와 토마토에 대하여 토양단독, 토양+벼짚, 토양+퇴비, 토양+Aeration의 혼용처리를 하여 식물체 엽 중 Fe과 Mn흡수 특성을 구명하기 위하여 포트조건에서 시험을 수행하였다.

토양 환원처리 후 Eh와 토양 수분함량을 조사한 결과, 배수와 Aeration을 처리한 후 72시간부터 토양을 산화상태로 변화시켰으며, 토양 수분함량은 처리와 동시에 감소하기 시작하였다. 정식 후 30일에 채취한 고추 식물체의 엽 중 Fe와 Mn을 분석한 결과, 토양

단독처리구의 식물체 엽 중 Mn은 토양 산성에 의해 과잉 흡수($1,324 \text{ mg kg}^{-1}$) 되었으며, 길항작용에 의해 Fe 흡수장애가 나타났다. 혼합 토양 처리구에서의 식물체 엽 중 Mn 함량(947 mg kg^{-1})은 토양 단독 처리구에 비해 적었으나 Fe 흡수장애를 야기하였다. 정식 후 60일에 채취한 토마토 식물체의 엽 중 Fe와 Mn을 분석한 결과에서 Fe 함량은 토양(50%) + 퇴비(50%)처리에서 가장 높았고, Mn 함량은 토양 단독 처리에서 가장 높게 나타났다. 본 시험의 결과로 볼 때 작물의 생육은 Eh 및 공극률이 토양 수분함량과 밀접한 관계가 있으며, 토양이 산성상태일 때 식물체는 토양으로부터 Mn을 우선적으로 흡수하며, 이는 Fe 결핍을 야기하는 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

- Adema, E.B., and A.P. Grootjans. 2003. Possible positive-feedback mechanisms; Plants change abiotic soil parameters in wet calcareous dune slacks. *Plant Ecol.* 167:141-149.
- Aldridge, K.T., and G.G. Ganf. 2003. Modification of sediment redox potential by three contrasting macrophytes; Implications for phosphorus absorption/desorption. *Mar. Freshwater Res.* 54:87-94.
- Cho, S.J., C.S. Park, and Eom, D. I. 2002. *Soil science.* Hyangmunsa.
- de Santiago, A., D. Isabel, and Antonio, D. 2008. Predicting the incidence of iron deficiency chlorosis from hydroxylamine-Extractable iron in soil.
- Fox, C.D., R.L. Chaney, and M.C. White. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 29:511-567.
- 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.
- Jang, B.C., J.Y. Lee, and J.S. Lee. 2005. Illustrated red pepper culture book - nutrition physiology · gas injury. Hangeuk Agriculture Information Institute.
- Jang, B.C., J.Y. Lee, and J.S. Lee. 2006. Illustrated tomato culture book - nutrition physiology · gas injury. Hangeuk Agriculture

- Information Institute.
- Jespersen, D.N., B.K. Sorrell, and H. Brix. 1998. Growth and root oxygen release by *Typha latifolia* and its effects on sediment methanogenesis. *Aquat.Bot.* 61:165-180.
- Jo, I. S., L. Y. K. Kim, D. U. Choi, J. N. Im, and K. T. Um. 1983. The effects of soil physical properties on root distribution of barley. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 16:126-130.
- Joiner J., R. Pole, and C. Convert. 1983. Nutrition and fertilization of horticultural crops 7:20-68.
- KATS. 2006. Soil quality-determination of redox potential - field method. Korean Standards Association, Korean Agency for Technology and Standards, Gwacheon, Korea.
- Kim, L. Y., H. J. Cho, B. K. Hyun, and W. P. Park. 2001. Effect of physical improvement practices at plastic film house soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:92-97.
- Lee, C.R. 1972. Interrelationships of aluminium and manganese on the potato plant. *Agro. J.* 64:546-547.
- 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.
- Noh, M. Y. 1997. Management of root-zone temperature in substrate culture of tomato. *Kor. Res. Soc. Protected Hort.* 10:97-105.
- Okhi, K. 1987. Critical nutrient levels related to plant growth and some physiological processes. *J. Plant Nutrition.* 10:1,583-1,590.
- Osawa, T. and H. Ikeda. 1976. Heavy metal toxicities in vegetable crops. I. The effect of iron concentrations in the nutrient solution on manganese toxicities vegetable crops. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 45:50-58.
- RDA. 1988. Methods of soil chemical analysis - soil · plant · soil microorganisms.
- RDA. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. 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.
- Ryu, I.S. 1987. Upland soil management and fertilization for high yielding culture. Society of Gari Research.
- Toruia, E.J & A.C. Douglas,. 1998. Manganese toxicity in plants. *Journal of plant nutr.* 21(2):353-386.
- Wageningen Agricultural University. 1989. Soil and plant analysis series of syllabi, part 7 plant analysis procedures. Fifth edition. Wageningen, The Netherlands.
- Yamazaki, T.S. 1987. Micro and macro nutrients. Diagnosis and treatment for soils and crops.