

바다부유물질로 만든 퇴비를 사용한 토양에서 발생한 딸기의 질소결핍증 해결 사례연구

김유학* · 김명숙 · 강성수 · 윤성원

국립농업과학원

Case Study of N Deficiency Symptom of Strawberry in the Soil Applied with Sea Deposit Compost

Yoo-Hak Kim*, Myung Sook Kim, Seong Soo Kang, and Sung won Yoon

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

Nitrogen content in soil is a major factor for the crop growth. Ammonium nitrogen in soils is volatilized when soil pH is high. The growth and development problem of strawberry such as color of leaves turning into purple was found when soils were treated with the compost prepared from suspended solids of high pH from the sea. From in-situ analysis it was found that soil pH was 8.33 and nitrate, phosphorous, and potassium contents were relatively low. Nitric acid was added to adjust pH of irrigating water as 1.7, 1.9, and 2.3, then KNO_3 0.25 g L^{-1} and KH_2PO_4 0.25 g L^{-1} were added. It was resulted that soils with pH 1.7 produced the most developed strawberries. Strawberry was recovered by irrigation containing the same solution. From the results, the growth and development problem of the strawberry resulted from low nitrate absorption rate. It was concluded that the growth and development of strawberries were recovered by the reduced soil pH using nitric acid.

Key words: Strawberry, N deficiency, Sea deposit compost, Ammonia volatilization, pH

서 언

질소는 작물의 생육에 가장 큰 영향을 주는 원소이다. 토양에서 유기태 질소는 무기화되어 암모늄태 질소를 거쳐 질산태 질소로 되어 작물에게 이용된다. 암모늄이온과 암모니아 가스와의 평형식으로부터 토양의 pH가 높으면 암모늄태 질소가 공기 중으로 휘산되는 것을 알 수 있다 (Lindsay, 1979). 암모니아 가스가 휘산되면 질소가 작물에게 흡수되지 못할 뿐만 아니라 (Chapman, 1966), 작물에게 해를 가하기도 한다 (Kim et al., 2010; Vines et al., 1960).

시설하우스에서 작물을 재배하는 농가는 퇴비와 비료를 많이 사용하기 때문에 토양의 전기전도도 (EC, electrical conductivity)가 증가하고 있다. 퇴비의 작용기는 대부분 카복실기 (R-COOH)나 알콜기 (R-OH) 등의 음이온이기 때문에 양이온은 흡착하는 반면에 음이온은 용탈하게 한다. 또한 퇴비의 작용기에 양이온이 흡착되어 있지 않으면 작용기의 pKa 부근은 매우 낮은 pH를 나타내지만 양이온의 함

량이 많아질수록 pH는 높아진다 (Jackson, 1963; Hargrove and Thomas, 1981). 토양 pH가 7.5 이상 높아지면 작물의 생육과 양분흡수가 나빠지게 된다 (Kim et al., 2010). 우리나라 시설재배지도 토양의 EC가 증가하면 pH가 높아지는 경향이므로 (Kim et al., 2005), 퇴비와 비료 등을 많이 사용하는 시설재배지 토양은 pH관리가 토양관리의 핵심기술이다.

본 연구는 바닷물에 부유되어 밀려온 유기물질로 제조한 퇴비를 사용하여 딸기를 재배한 농가에서 딸기의 생육부진 증상이 발생함에 따라 농가 현장에서 토양을 분석한 후 토양 pH를 낮추는 처방을 하여 딸기의 생육이 회복된 사례에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

퇴비특성과 재배관리 바다의 부유물질을 1년 이상 퇴비화를 하고 우분과 패화석을 원료로 하여 농가에서 제조한 퇴비를 현장에서 측정된 pH는 8.1이었고, 풍건한 다음 측정했을 때는 6.7로 낮게 나타났으며, 퇴비는 농가에서 토양과 혼합한 뒤의 상토 상태로 판단되었다. 이 퇴비와 우분퇴비

접수 : 2011. 11. 10 수리 : 2011. 12. 16

*연락처 : Phone: +82312900328

E-mail: kim.yoohak@korea.kr

Table 1. Characteristics of composts used by farming.

Compost	pH	EC	OM	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			
						K	Ca	Mg	Na
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
Sea deposit	6.7	0.51	72	8.5	7	0.20	3.1	2.7	2.62
Cow manure	7.3	0.93	94	3.0	839	1.44	2.2	1.3	0.42

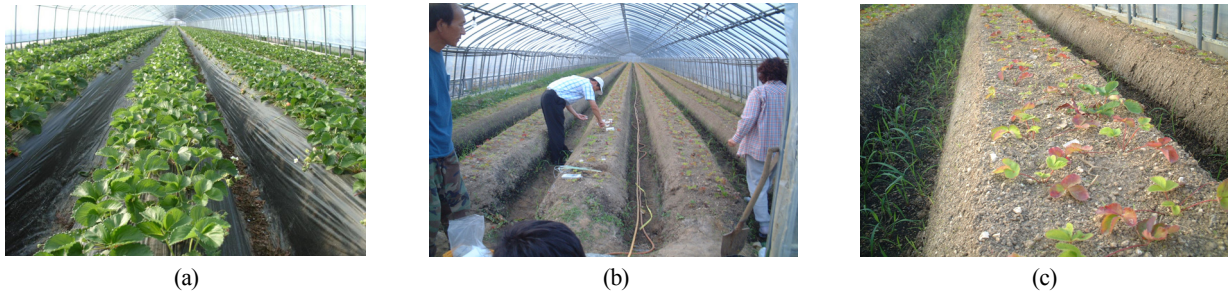


Fig. 1. (a) Growth status of strawberry after applying compost made of sea deposit material, (b) the experimental design with four levels of HNO₃ treatment, and (c) the effect of HNO₃ on abnormal strawberry grown in high pH soil.

의 특성은 상토분석법 (RDA, 2002)에 준하여 분석하였으며 Table 1과 같이 유효인산함량과 치환성 칼륨함량은 우분을 원료로 하여 만든 퇴비보다 낮은 반면 치환성 나트륨함량과 전질소함량은 높았다. 농가는 관행방법에 의해 딸기를 재배하기 위하여 바다 부유물질을 이용하여 제조한 퇴비를 토양에 퇴비추천량 20 Mg ha⁻¹보다 15배나 많은 300 Mg ha⁻¹을 사용하였고, 또 다른 토양에는 우분에 패화석 15%를 넣고 만든 퇴비를 퇴비추천량의 약 4.5배가량 많은 90 Mg ha⁻¹를 사용한 상태이었다. 바다부유물질로 만든 퇴비를 사용한 토양에는 육보품종을 2006년 9월 5일에 정식하였고 우분으로 제조한 퇴비를 사용한 포장에는 설향품종을 9월 12일에 정식하였다. 재식거리는 모두 105 (2조) × 20 cm이었다.

딸기 생육이상 증상 우분으로 제조한 퇴비를 사용한 토양에서 재배된 딸기는 정상이었으나 바다부유물질로 만든 퇴비를 넣고 딸기를 재배한 토양에서는 시들음증을 동반한 이상증상이 Fig. 1(a)와 같이 나타났다. 딸기의 생육은 매우 저조했고, 식물체는 황화현상이 나타났으며 심한 것은 적갈색으로 변하였다. 정식 후 두 토양 모두에 수용성 고토를 1회 관주한 상태이었다. 생육이상증상의 원인분석을 위해 토양을 채취하여 현장분석한 후, 실험실에서 풍건 건조 후 분석하였으며 식물체 시료를 채취하여 양분농도를 분석하였다.

현장분석방법 토양을 현장에서 분석한 방법은 토양 pH는 ISO 10390방법 (ISO, 2005)으로 Eh는 ISO 11271방법 (ISO, 2002)으로 측정하였다. EC는 토양 : 물 = 1:5 (v/v)로 현탁한 용액에 전기전도도 전극을 넣어 측정 후 측정치를 dS m⁻¹로 환산한 후 5를 곱하였다. pH를 측정한 토양현탁

액을 No. 2여지로 여과하여 NO₃-N과 PO₄-P를 test strip (Merkoquant, MERCK)으로 측정하였다. K는 Reflectometer (RQflex plus 10, MERCK)와 test strip (Reflectoquant, MERCK)으로 측정하였다. SO₄는 여과액 2.5 mL에 BaCl₂ 약 10-20 mg을 넣고 BaSO₄ 침전의 발생정도를 탁도로 측정하였다. Cl은 여액 2.5 mL에 Ag(NO₃)₂를 약 10-20 mg을 넣고 AgCl 침전의 발생정도를 탁도로 측정하였다.

토양 및 식물체 분석방법 토양과 식물체는 농촌진흥청 국립농업과학원의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다.

질산처리 현지에서 토양의 pH를 낮추기 위하여 양액의 pH를 질산으로 1.7, 1.9, 2.3으로 조정된 용액 20 L에 KNO₃ 5 g과 KH₂PO₄ 5 g을 넣어서 2 m × 0.5 m로 설정한 구에 처리하였다.

결과 및 고찰

퇴비를 사용하고 난 뒤 약 15일 후부터 딸기의 생육이상 증상이 발생하여 27일 째인 10월 2일의 생육상태는 Fig. 1(a)와 같았다. 현장에서의 신속한 원인구명과 생육장애 회복을 위한 처방을 위해 현장에서 습토조건으로 토양을 분석하였다. 바다부유물질로 만든 퇴비시용 토양의 현장분석결과는 Table 2와 같았다. 현장에서 토양을 분석한 결과 우분으로 제조한 퇴비를 사용한 토양은 pH가 정상범위를 유지하고 있었으나 바다부유물질 퇴비를 사용한 토양은 pH가 8.3으로 매우 높았고 Table 3과 같이 건조하여 조제된 토양

Table 3. Chemical properties of soils applied with the sea deposit and cow manure composts when strawberry was under N deficiency.

Soils	pH	EC	OM	T-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation				CEC
								K	Ca	Mg	Na	
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		cmolc kg ⁻¹				
Sea deposit compost	7.9	0.83	44	2.1	7	3	643	0.91	10.0	3.7	0.99	16
Cow manure compost	7.6	1.13	37	1.9	17	4	728	0.80	11.3	3.3	0.44	14

Table 4. Nutrient contents of strawberry cultivated in soils applied with two types of composts.

Soils	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	%					mg kg ⁻¹				
Sea deposit compost	0.57	0.16	0.99	1.29	0.33	496	12	307	78	49
Cow manure compost	1.88	0.23	1.94	1.38	0.45	230	2	105	24	35

으로 분석한 pH도 7.9로 매우 높았으며 치환성양이온의 함량도 매우 높은 토양이었다. 현장분석결과 토양의 질산태질소는 7 mg L⁻¹으로 아주 낮았으며 건조토양으로 분석한 결과도 7 mg kg⁻¹로 매우 낮았다. 토양의 총 질소는 2.1 g kg⁻¹로 질소함량이 높은 토양이었으나 질산태질소 함량이 매우 낮았는데 이는 암모니아 화성작용으로 생기는 암모늄태질소가 높은 pH에서 암모니아 가스로 되어 휘산되므로 (Lindsay, 1979) 질산화작용이 거의 일어나지 않은 것으로 판단되었다. 암모니아 가스가 발생하면 암모니아 가스에 의한 장애를 받기도 하고 (Kim et al., 2010), 뿌리로 흡수되는 질소의 부족으로 딸기는 황화증상을 나타내고 심하면 자색으로 변한다 (Chapman, 1966).

딸기 식물체의 지상부 양분함량을 조사한 결과 (Table 4), 축분퇴비사용 포장에 비해 바다부유물질로 만든 퇴비를 처리한 포장에서 자란 딸기 지상부에서 질소와 인산 및 칼륨의 함량이 매우 낮은 것으로 나타나 질소 인산 칼륨의 공급이 필요할 것으로 판단되었다.

현장에서 분석한 결과로부터 (Table 2) 토양의 pH를 낮추기 위하여 Fig. 1(b)와 같이 현장에서 질산 (HNO₃) 수준별 처리시험을 실시하였다. 현지에서 pH 2.0인 HNO₃ 5 mL를 토양 5 cm³에 처리한 결과 pH가 5.6이었고 10 cm³에 처리한 결과 pH가 6.7으로 나타났는데 이는 표토 10 cm인 너비 0.5 m의 이랑 2 m를 pH 6.7 부근으로 조절하는데 pH 2.0 용액이 50 L가 소요되는 양이다. 그러나 0.5 × 2 m의 면적에는 50 L의 양이 많은 것으로 판단되어 20 L로 pH를 6.7부근으로 조절할 수 있도록 pH를 1.7가 되도록 질산을 희석하였다. 또한 현장분석결과 수용성인산과 칼륨 함량도 매우 낮아 인산 및 칼륨의 공급을 위하여 질산으로 pH를 1.7로 조절할 용액에 질소와 칼륨공급원으로 KNO₃와 인산 공급원으로 KH₂PO₄를 각각 0.25 g L⁻¹씩 녹여 관주한 결과 Fig. 1(c)

와 같이 질산으로 pH를 1.7로 조절한 구에서 딸기의 생육이 가장 좋았다. 딸기의 생육 회복상태를 피해농가에서 육안으로 관찰하여 확인한 다음 전 포장에 질산으로 관수를 하여 질산 수준에 따른 시험후 토양분석은 실시하지 못하였다.

이상의 결과로부터 토양 pH가 높은조건에서는 암모니아 휘산에 따른 작물의 질소기아 현상이 발생할 소지가 있으며, 이때 질소기아를 극복하고 피해를 최소화할 수 있는 방안으로 질산희석액을 관비하면 효과가 크다는 사실을 알 수 있었다. 아울러, 토양의 종류에 따라 pH교정정도가 달라질 수 있으므로 사전에 pH수준시험으로 적절한 질산농도 수준을 찾는 것이 중요하며, 동시에 인산과 칼륨을 적정량 공급할 경우 장애를 회복하는데 더욱 효과적이라 판단된다.

요 약

pH가 높은 바다부유물질로 만든 퇴비를 사용한 토양은 암모니아 휘산이 야기되어 토양 중 질산태 질소함량이 낮고, 딸기는 질소를 흡수하지 못하여 생육이상증상이 유발되었다. 이 토양의 pH를 질산을 처리하여 낮추어 주고 부족한 질소와 인산 및 칼륨을 공급한 결과 회복되었다. 이 결과로부터 pH가 높은 토양에서 발생하는 질소결핍증은 토양의 pH를 낮추어 주어야 회복시킬 수 있다고 판단되었다.

인 용 문 헌

- Chapman, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. pp. 310-323. University of California.
- Hargrove, W.L. and G.W. Thomas. 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminium and plant growth in acid soils. In Chemistry in the soil environment. ASA

- special publication No. 40. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. pp. 151-166.
- ISO. 2002. Soil quality - Determination of redox potential - field method. International organization for standardization (ISO 11271). www.iso.org.
- ISO. 2005. Soil quality - Determination of pH. International organization for standardization (ISO 10390). www.iso.org.
- Jackson, M.L. 1963. Aluminium bonding in soils: A unifying principle in soil science. Soil Science Society of America Proceedings. 27(1):1-10.
- Kim, Y.H., M.S. Kim, and H.K. Kwak. 2005. pH dependence on EC in soils amended with fertilizer and organic materials and in soil of plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert. 38(5):247-252.
- Kim, Y.H., H.Y. Lee, M.S. Kim, and S.S. Kang. 2010. Injury symptom of egg plant grown in a high pH rockwool amended with ammonium phosphate. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(6):975-977.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. pp. 268-280. John Wiley & Sons. New York.
- NIAST, 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- RDA, 2002. Methods of artificial soil analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Vines, H.M. and R.T. Wedding. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiology. 35:820-825.