

# 강한 산성토양에서 Si의 과잉 흡수에 의한 오이 생육장애 양상

김유학\* · 김명숙 · 강성수 · 이형용<sup>1</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과, <sup>1</sup>평택시농업기술센터

## Growth Inhibition of Cucumber by Absorbing Excess Al at Low Soil pH

Kim Yoo-Hak\*, Myung Sook Kim, Seong Soo Kang, and Hyeong Yong Lee<sup>1</sup>

Soil and Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration  
<sup>1</sup>Agricultural Technology Center of Pyeongteak, Pyeongteak 451-873, Korea

**On-site diagnosis applied to soil having a symptom of yellowing and whitening in cucumber leaf and stem. Soil pH determined 4.2 by methods of on-site analysis and 4.5 by soil test analysis. High aluminum in soil solution extracted with water saturation was detected. Leaf and stem tissue were abundant in Al content but not in Ca. Also, N content of leaf and stem was low compared to normal N ranges. This symptom of cucumber assumed to be from the Al and nitrous acid gas toxicity by low soil pH and Eh. Conclusively, symptom in leaf and stem of cucumber was alleviated and cucumber normally recovered during cultivation period by applying calcium hydroxide solution to correct soil pH up to 6.5. These results showed that low soil pH resulted in aluminum toxicity and N deficiency to plant growth in on-site farming.**

**Key words:** Low pH, Aluminium toxicity, Cucumber, On-site soil diagnosis

### 서 언

토양 pH는 작물의 생육에 있어서 양분의 유효도(Ohno and Erich, 1990; Sikka and Kansal, 1995)와 질소의 공급(Kim et al, 2010; Kim et al, 2011; Lee et al., 2008)에도 큰 영향을 주기 때문에, 작물을 건강하게 재배하기 위해서는 토양 pH를 적정하게 유지하여야 한다. 토양의 pH가 낮아지면 Al과 Fe의 용해도가 높아지고 해리된 Al과 Fe은 규산과 양이온과의 침전을 형성하여(Lindsay, 1979) 양분의 흡수가 저해된다. 이 뿐만 아니라 토양의 pH가 낮아지면 질소도 NO<sub>2</sub>(g) 등의 가스로서의 휘산이 야기되어(Bancroft et al., 1979; Lindsay, 1979; Taylor and Eaton, 1966) 작물이 이용할 수 없게 되고 휘산된 가스에 의한 2차 피해도 우려된다(Kim et al., 1987; Kim et al., 2010). 토양의 pH가 올라가면 수산화물에 의한 알칼리토금속의 용해도 저하(Lindsay, 1979)와 암모니아 가스에 의한 질소의 휘산(Kim et al., 2010) 등이 야기된다.

토양의 낮은 pH로 인한 식물의 생육 증상은 알루미늄 독성에 의한 황화증상이 나타나고, 아질산 가스가 발생하면 잎은 황갈색의 반점이 나타나고 엽선단은 세포가 고사하게 된다(Taylor and Eaton, 1966; Phipps and Cornforth, 1970).

본 연구는 토양 pH가 낮은 토양에서 발생한 생육장애의 원인을 찾기 위하여 토양과 식물체를 분석하고 오이 재배지 토양을 현장에서 분석하여 처방한 사례를 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

**분석방법** 토양화학성분과 토양용액의 분석방법은 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하였으며, 토양용액은 포화추출액법으로 용액을 채취하여 염농도와 수용성 양분을 ICP(Integra XMP, GBC)로 분석하였다. 현장에서의 분석방법은 pH는 토양:물=1:5(v/v)로 하여 잘 저어준 후 측정(KS M ISO 10380)하였으며 이 용액을 여과하여 EC와 수용성 양분을 test kit(Merck)으로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

**생육상황** 오이 잎에 불규칙적으로 조직이 괴사된 증상이 나타나고 심한 잎은 황화현상과 시드는 증상이 나타났으며 아주 심한 경우에는 백화현상이 나타나기도 하였다(Fig. 1). 같은 포장에서 오이의 생육은 봄재배에는 정상이었으나 가을 재배에서 이상증상이 나타났다.

접수 : 2012. 11. 9 수리 : 2012. 12. 10

\*연락처 : Phone: +82312900328

E-mail: kim.yoohak@korea.kr



**Fig. 1. Injury symptom of cucumber occurred at low soil pH.**

**토양 및 식물체 분석결과** 토양을 채취하여 분석한 결과 Table 1과 같이 pH가 4.5로 매우 낮았고 EC가 4.66 dS m<sup>-1</sup>으로 높았으나 유효인산을 비롯한 화학성분들은 정상범위를 유지하고 있었다.

현지에서 토양을 분석한 결과는 Table 2와 같이 pH가 매우 낮았고 토양의 산화환원전위도 60 mV로 매우 환원되어

있었다. 토양에 비료를 주었으나 흡수하지 못하여 NO<sub>3</sub>-N로 되면서 pH가 낮은 것으로 판단되었다. 채취한 토양의 포화용액을 분석한 결과는 Table 3과 같았다. 토양용액의 pH도 매우 낮았고 Al이 해리되어 Ca의 흡수를 저해하고 있었다.

오이가 흡수한 양분을 분석한 결과 Al이 1,430 mg kg<sup>-1</sup>으로 매우 높았는데 이는 Table 3과 같이 토양용액으로 Al이 해리되어 나오기 때문에 흡수가 많은 것으로 나타났다. 오이의 질소농도는 0.7%로 생육중기의 건전한 오이의 질소농도인 3.26%~5.61% 보다 매우 낮았으며 CaO의 함량도 1.7%로 건전한 오이의 3.02%~3.89% 보다 매우 낮은 것으로 나타났다 (2010, NAAS). 다른 양분은 정상 오이와 비슷한 수준을 유지하였다.

**소석회 포화액 처리에 의한 pH 교정효과** 토양의 pH가 낮으므로 소석회 포화액을 만들어 5 mL 부피의 토양에 넣어 pH 6.5로 조정하는 양을 측정한 결과 1주에 450 mL가 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 오이 1주에 각각 225 450, 675 mL의 소석회 포화액을 뿌리 둘레 반경 10cm 지점에 시용한 결과 소석회 450 mL를 처리한 오이에서 어린 잎이 정상적으로 자라기 시작하였으며 상품성 있는 열매를 생산하였다. 그러므로 오이가 황화현상을 나타낸 것은 토양의 pH가 낮아 알루미늄이 많이 해리되어 흡수되면서 필수 양분의 흡수가 저해되어 생긴 것으로 판단되었다. 그리고 잎에 불규칙적으로 생긴 고사현상은 토양의 pH가 낮

**Table 1. Chemical properties by soil test analysis in soil with injury symptom to cucumber leaf and stem tissue.**

pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cation				LR
				K	Ca	Mg	Na	
1:5 H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>
4.5	4.66	23	260	1.00	6.1	2.1	0.55	430

**Table 2. Chemical properties by on-site diagnosis in soil with injury symptom to cucumber leaf and stem tissue at on site.**

pH	EC	Eh	NO <sub>3</sub>
1:2 H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	mV	mg L <sup>-1</sup>
4.2	1.85	60	500

**Table 3. Chemical properties of soil solution by saturation extract on the soil cultivating cucumber leaf with injury symptom.**

pH	EC	Al	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	S	Si	Zn
	dS m <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>													
5.2	4.21	2.0	0.3	440	0.06	0.21	93	158	9.98	0.02	136	0.04	18,775	12	1.23

**Table 4. Nutrient contents of cucumber leaf with injury symptom.**

T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- % -----							----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
0.7	2.2	5.1	1.7	0.8	0.6	0.01	1,430	70	6	703	458	0	153

고 동시에 매우 환원되어 있어서  $\text{NO}_2(\text{g})$  (Kim et al., 2011)의 발생으로 야기된 것으로 판단되었다. 이 토양은 다음해에 석회소요량을 분석하여 석회를 이용한 결과 생육이상증상이 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 pH가 낮은 토양은 알루미늄의 해리가 증가하여 양분의 흡수를 방해하고 알루미늄의 흡수가 과다하게 되어 생육이상증상이 나타나는 것을 알 수 있었다.

## 요 약

산성화된 토양에서 생육하는 오이가 황백화 되면서 시드는 증상이 발생하여 현장에서 토양을 검사하여 진단하고 현장에서 토양 pH를 측정된 결과 4.2로 매우 낮은 강산성이었고, 실험실에서 분석한 결과 4.5로 나타났다. 토양을 풍건하여 토양 pH를 측정된 결과 4.5로 강산성이었다. 그래서 토양을 포화추출법으로 용액을 채취하여 분석한 결과 Al이 해리되어 나오고 있었고 식물체를 분석한 결과 Al이 고농도로 흡수되어 있었으며 질소와 Ca의 함량이 매우 낮았다. 현장에서 pH를 교정하기 위하여 소석회 포화액과 탄산칼슘을 처리한 결과 pH를 6.5로 조절할 수 있는 소석회 450 mL plant<sup>-1</sup>를 처리한 주에서 어린 잎부터 정상적인 생육을 하였다. 이 결과로부터 강한 산성토양에서 나타난 오이의 황백화 증상은 Al이 해리되어 식물체로 과잉 흡수되고 이로 인하여 질소와 칼슘의 부족으로 야기된 것으로 나타났다.

## 사 사

이 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호:PJ0064282012) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

- Bancroft, K., I.F. Grant, and M. Alexander. 1979. Toxicity of  $\text{NO}_2$ : Effect of nitrite on microbial activity in an acid soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 38(5):940-944.
- Kim, B.Y., J.K. Cho and M.S. Kim. 1987. Studies on the preventive measures of vegetable crops to gases. 2. Effect of nitrogen dioxide gas on chinese cabbage, radish, tomato and cucumber. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 20(3):223-229.
- Kim, Y.H., B.R. Choi and M.S. Kim. 2010. The Toxicity of Nitrogen Dioxide Gas on Fig Plant. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 43(6):978~980.
- Kim, Y.H., M.S. Kim, S.S. Kang and S.W. Yoon. 2011. Case Study of N Deficiency Symptom of Strawberry in the Soil Applied with Sea Deposit Compost. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 44(6):1023-1026.
- Lee, C.H., D. K. Lee., M. A. Ali., and P.J. Kim. 2008. Effects of Oyster Shell on Soil Chemical and Biological Properties and Cabbage Productivity as a Liming Materials. *Waste Management.* 28:2702-2708.
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical equilibria in soils.* John Wiley & Sons. New York.
- NAAS. 2010. Fertilizer recommendation criteria for crops. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
- NIAS. 2000. *Methods of soil chemical analysis.* National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Ohno, T., and M.S. Erich. 1990. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agri. Ecosys. Environ.* 32:223-239.
- Phipps, R.H. and I. S. Cornforth. 1970. Factors effecting the toxicity of nitrite nitrogen to tomatoes. *Plant and Soil* 33:457-466.
- Sikka, R., and B.D. Kansal. 1995. Effect of fly-ash application on yield and nutrient composition of rice, wheat and on pH and available nutrient status of soils. *Bioresour. Tech.* 51:199-203.
- Taylor, O. C. and F. M. Eaton. 1966. Suppression of plant growth by nitrogen dioxide. *Plant. Physiol.* 41:13-135.