

# 마그네슘 시비농도가 잎들깨의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향 Effect of Magnesium Concentrations in Fertigation Solution on Growth and Nutrient Uptake of *Perilla frutescens*

최종명 · 박종윤<sup>1</sup>

배재대학교 과학기술바이오대학,<sup>1</sup> 금산군 농업기술센터

*Division of Horticulture & Landscape Architecture, Paichai University,*

*Daejeon 302-735, Korea*

*Gumsan Agricultural Development Technology Center,*

*Chungnam 302-213, Korea*

## 서 론

잎들깨 재배는 대부분 시설재배 형태로 이루어지고 있으며, 재배농가에서 보편적으로 과다하게 시비하고 있어 표토에 많은 비료성분들이 집적되는 원인이 되고 있다.

만약 토양에 집적된 무기원소들이 적절한 균형을 이룬다면 피해가 덜 발생할 수 있다. 그러나 무기원소의 흡수과정에서 발생하는 길항작용 및 상조작용, 토양 pH 변화를 통한 화학평형의 변화 등이 원인이 되어 불균형 상태로 존재하는 경우가 많다. 이는 필연적으로 특정 무기원소의 결핍 또는 과잉의 원인이 되어 생리장해를 유발하고 수량 감소의 원인이 된다.

무기원소와 관련한 생리장해가 발생하면 식물체 외관상 나타나는 증상이나 식물체 분석 결과를 기초로 원인을 찾아야 한다. 이는 외관상 발현되는 증상의 특징, 식물체 및 토양중 한계농도에 관하여 수행된 선행 연구결과와 비교하므로써 진단이 가능함을 의미하나 잎들깨에서는 관련 연구가 전무한 상황이다.

본 연구는 Mg 시비농도를 조절하여 결핍증상을 인위적으로 유발하고, 시비농도에 따른 식물 생육 반응, 식물체 및 토양 무기원소 농도를 구명하여 잎들깨 재배를 위한 최적 영양 조건의 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

양액조성은 Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)을 변화시켜 Mg농도를 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0mM로 조절하고 pH를 6.0으로 조절한 후 관주하였다(Table 1). 매 관비 또는 관수 시 용탈율(leaching percentage)을 35~40%로 유지하므로써 무기염의 배지 내 집적을 방지하였다.

식물생육 조사는 양액을 관주하기 시작한 날로부터 65일째에 엽수, 경장, 엽장, 엽폭, 줄기직경, 엽록소, 지상부 생체중 및 지상부 건물중을 조사하였고, 엽록소 함량은 Chlorophyll

Meter(Minolta, Model SPAD-502)를 사용하여 측정하였다.

지상부 무기물 분석은 전질소(T-N)함량(Eastin, 1978)을 분석하고, 시료의 일부는 Ternary solution( $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4=10:1:4$ )으로 회화한 후 ICP(Thermo Elemental Tracescan, USA)로 마그네슘 및 기타 무기원소를 분석하였다.

엽병의 무기원소 농도는 양액관주 65일 째에 엽병을 채취하여 유발에 담고 마쇄하였는데, 생체시료 1g 당 증류수 5mL와 2N HCl을 0.5mL 첨가한 후 15분 간격으로 3회 교반하였으며 총 60분을 기다려 부유물이 침전된 후 NO. 2 여과지로 여과시키고, 그 용액을 분석에 이용하였다.

토양분석은 양액관주 시작일로부터 65일에 양액을 관주하고 2시간을 기다려 토양시료를 채취하였고, 증류수:토양을 2:1 조절하여 토양용액을 추출하였으며(RDA, 1988), 추출 후 pH, EC, 및 무기원소 농도를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Mg 시비수준별 식물 성장 및 결핍 증상

Mg 결핍의 초기증상은 노엽에서 발현되었다. 초기에는 노엽의 엽맥 사이가 갈변하였고, 증상이 심화되면서 엽맥 사이의 갈변현상이 심화되면서 노엽 선단부의 가장자리가 괴사하는 현상이 나타났다. 결핍이 심화되면서 노엽 으로부터 상층부로 결핍증상이 확산되었는데, 최초 결핍증상이 발현되었던 노엽에서 괴사된 부위가 점차 노엽의 안쪽으로 확산되는 현상도 나타났다(Fig. 1과 2).

엽장과 엽폭은 20mM Mg 시비구에서 가장 길거나 넓었으며, Mg 무시비구에 대한 통계적인 차이가 인정되었다. 줄기직경은 무처리부터 1.0mM 시비구까지 굵어지다가, 2.0mM 이상으로 Mg 시비농도가 증가할 경우 가늘어지는 2차회귀곡선이 0.1% 수준에서 성립하였다. 생체중과 건물중도 무시비구부터 2.0mM 시비구까지 Mg 시비농도가 증가할수록 생체중과 건물중이 증가하여 2.0mM 시비구에서 식물체당 24.59g 및 4.44g의 생체중 및 건물중을 생산하여 가장 무거웠다. 그러나 4.0mM로 Mg 시비농도를 높인 처리에서는 20mM 시비구와 비교할 때 생장이 저조하였다(Table 2).

### 2. 지상부의 무기원소 함량

Mg의 시비농도를 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0mM로 조절한 처리의 지상부 전체 건물중은 식물체당 각각 1.91, 2.86, 2.96, 4.44 및 2.78g으로 조사되었고, Mg 함량은 각각 0.16, 0.40, 0.70, 0.91 및 1.09%로 분석되었다(Fig. 3). 생육이 가장 우수하였던 Mg 2.0mM 시비구의 건물중 및 Mg 함량이 4.44g 및 0.91%였으며, 최대성장량의 90%인 3.99g을 생장억제를 피할 수 있는 최저한계점으로 설정할 때(Bennett, 1993), 건물중 기준으로 0.7% 이상의 Mg 함량을 유지하도록 시비하여야 할 것으로 판단되었다.

### 3. 엽병추출액의 무기원소 농도

관비용액의 Mg 농도가 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0mM로 높아짐에 따라 지상부 생체중은 식물

체당 12.8, 18.4, 21.0, 24.6 및 16.9g 였고, 엽병추출액의 Mg 농도는 727, 1654, 1952, 1978 및 2098mg · kg<sup>-1</sup>으로 분석되었다(Fig. 4). 생육이 가장 우수하였던 2.0mM 시비구의 생체중 인 24.6g의 90%에 해당하는 22.1g을 수량감소를 방지할 수 있는 최저 한계점으로 판단할 때(Bennet, 1993) 생산량 저하를 방지하기 위해서는 엽병추출액의 Mg 농도가 1700mg · kg<sup>-1</sup>이상이 되도록 시비해야 할 것으로 판단되었다.

#### 4. 토양 무기원소 농도

지상부 생장이 가장 우수하였던 Mg 2.0mM 시비구의 건물중이 4.44g였고, 90%에 해당하는 3.79g을 수량감소를 피할 수 있는 최저 한계점으로 간주한다면, 토양용액 중 Mg 농도가 9.0mg · L<sup>-1</sup> 이상을 유지하도록 시비해야 한다고 판단되었다(Fig. 5).

### 요약 및 결론

본 연구는 마그네슘의 시비농도를 인위적으로 조절하여 잎들깨를 관비재배하면서 마그네슘의 시비수준이 생장과 결핍증상 발현에 미치는 영향을 구명하고, 생육을 우수하게 유지할 수 있는 식물체 및 토양의 한계농도를 밝히기 위하여 수행하였다. Mg을 0mM부터 4.0mM까지 높일 경우 2.0mM에서 생육이 가장 우수하였고, 0.5mM 이하나 4mM에서 2.0mM 처리보다 생육이 저조하였다. 마그네슘 결핍증상은 노엽에서 엽맥간 황화현상으로 시작되었고, 증상이 심화되면 황화된 부위가 갈변하면서 고사하고 그 면적이 확대되었으며, 상층부의 잎으로 증상이 확산되었다. 생육이 가장 우수하였던 Mg 2.0mM 시비구의 생체중과 건물중이 식물체당 24.59g 및 4.44g 였으며, 이 처리의 지상부의 건물중 기준으로 한 Mg 함량, 엽병추출액의 Mg 농도, 그리고 토양 용액의 Mg 농도가 각각 0.91%, 1,978mg · kg<sup>-1</sup>, 토양 Mg 농도가 14.31mg · L<sup>-1</sup> 였다. 따라서 최대생육의 90%를 수량감소를 방지할 수 있는 최저한계점으로 설정할 경우 지상부 Mg 함량은 0.7%, 엽병추출액은 1,700mg · kg<sup>-1</sup>, 토양 Mg 농도는 1:2 추출법을 적용한 농도가 9.0mg · L<sup>-1</sup>를 유지하도록 시비해야 할 것으로 판단되었다.

### 인 용 문 헌

1. Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. AS Press, St. Paul, Minn.
2. Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. Anal. Biochem. 85:591-594.
3. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Univ. of Calif. Agri. Exp. Sta. Circular 347.

Table 1. Composition of nutrient solution used to induce magnesium deficiency symptoms.<sup>z</sup>

| K<br>(mM) | K <sup>+</sup>   | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | Cl <sup>-</sup> |
|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|
|           | ----- (mM) ----- |                  |                  |                 |                              |   |                               |                 |
| 0         | 0                | 5                | 2                | 5               | 15                           | 0   | 2                             | 0               |
| 2         | 2                | 5                | 2                | 4               | 15                           | 0.5   | 2                             | 0               |
| 4         | 4                | 5                | 2                | 3               | 15                           | 1.0   | 2                             | 0               |
| 6         | 6                | 5                | 2                | 1               | 15                           | 2.0   | 2                             | 0               |
| 8         | 8                | 5                | 2                | 1               | 15                           | 4.0   | 2                             | 0               |

<sup>z</sup>Micronutrients (in g per L solution): FeSO<sub>4</sub> • 4H<sub>2</sub>O 0.937g, MnCl<sub>2</sub> • 4H<sub>2</sub>O 0.181g, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.286g, ZnSO<sub>4</sub> • 7H<sub>2</sub>O(0.022g, CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O 0.008g, H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> • H<sub>2</sub>O 0.009g.



Fig. 1. Differences in crop growth of *Perilla frutescens* at 24 days after planting as influenced by elevated magnesium concentrations in the fertilizer solution (Mg concentrations from left to right: 0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mM).



Fig. 2. Magnesium deficiency appeared on older leaves with interveinal yellow-green chlorosis (A). Marginal chlorosis and necrosis also developed on some of older leaves (B and C).

Table 2. Influence of elevated magnesium concentration in fertilizer solution on growth characteristics of *Perilla frutescens* at 65 days after transplanting.

| Mg (mM)                          | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | plant height (cm) | Number of internodes | Chlorophyll contents SPAD | Fresh weight (g/plant) | Dry weight (g/plant) |
|----------------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
| 0.0                              | 9.48             | 8.58            | 5.22               | 17.72             | 4.00                 | 31.28                     | 12.76                  | 1.91                 |
| 0.5                              | 12.40            | 12.15           | 6.37               | 19.28             | 4.50                 | 33.86                     | 18.38                  | 2.86                 |
| 1.0                              | 12.78            | 12.25           | 6.93               | 21.20             | 5.00                 | 32.21                     | 21.03                  | 2.96                 |
| 2.0                              | 13.30            | 12.42           | 6.52               | 23.38             | 5.00                 | 30.53                     | 24.59                  | 4.44                 |
| 4.0                              | 11.98            | 11.03           | 6.07               | 21.97             | 10.0                 | 25.23                     | 16.85                  | 2.78                 |
| LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup> | 0.26             | 0.24            | 0.17               | 0.96              | 0.29                 | 1.23                      | 4.88                   | 0.92                 |
| Linear                           | ***              | **              | NS                 | ***               | ***                  | ***                       | *                      | *                    |
| Quadratic                        | ***              | ***             | ***                | ***               | ***                  | ***                       | ***                    | **                   |

<sup>z</sup>Least significant difference in each column by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

NS,\*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at  $P = 0.05, 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

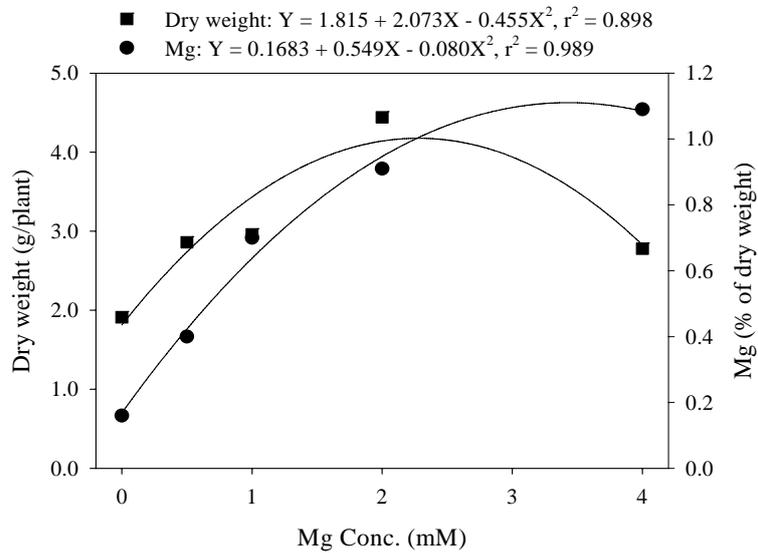


Fig. 3. Effect of elevated magnesium concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight and magnesium content of the whole above ground plant tissue at 65 days after planting.

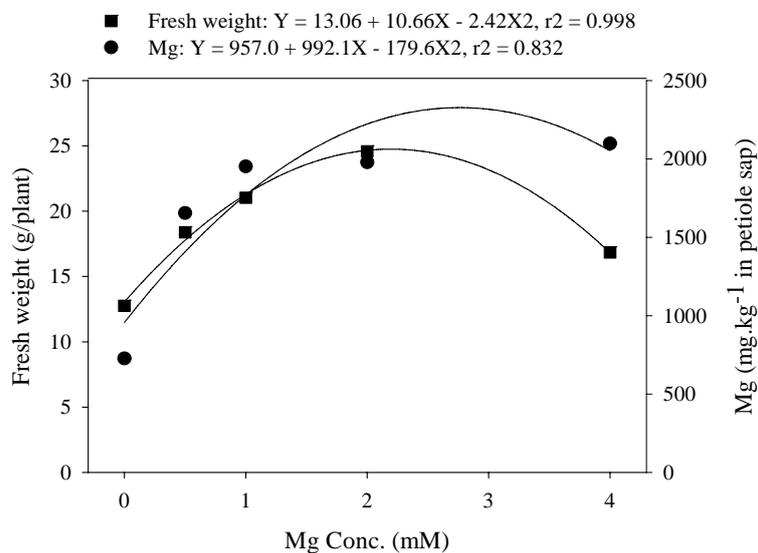


Fig. 4. Effect of elevated magnesium concentration in the fertilizer solution on changes in fresh weight of above-ground plant tissue and magnesium concentrations in petiole sap at 65 days after planting.

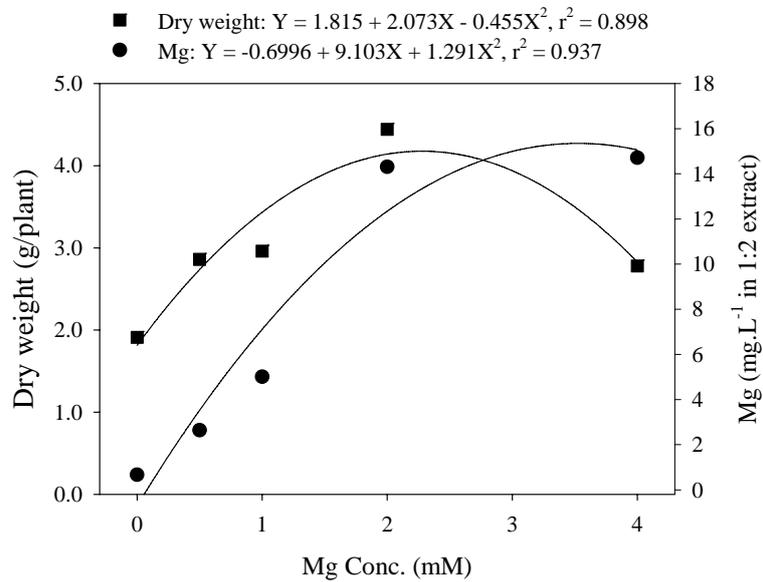


Fig. 5. Effect of elevated magnesium concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight of above-ground plant tissue and magnesium concentration in soil solution of root media at 65 days after planting.