

희토 및 질소시용이 치커리의 성장과 질산태질소 함량에 미치는 영향

허삼남 · 이성운

Effects of Rare Earth and Nitrogen Application on the Growth and Nitrate Content of Chicory

S. N. Hur and C. Y. Li

ABSTRACT

The effect of rare earth(RE) at three different levels of nitrogen on the growth and nitrate content of chicory (*Cichorium intybus* L.) were studied in terms of leaf size, fresh and dry weight increase, and chlorophyll and nitrate content grown in plastic pots within glasshouse. Leaf size was enlarged as the level of nitrogen applied was high, and leaf width, length, and thickness of leaf were increased by RE treatment showing significant difference at high nitrogen(N+1) plot. As the level of nitrogen applied was high, as fresh and dry weight per plant was increased significantly($p<0.05$), and sprinkling cabbage with RE increased fresh and dry matter yield to 2~12, 4~6.2% more, respectively. Dry matter content of Chinese cabbage was increased by RE sprinkling. At all levels of nitrogen fertilized chlorophyll contents were increased by RE treatment. As the level of nitrogen was high, as the content of chlorophyll was highly increased by RE. Nitrate was accumulated more at high level of nitrogen application, but nitrate was decreased by RE application, 40% decrease at very high nitrogen plot(N+2). RE stimulated the growth of chicory with high chlorophyll content, and showed the possibility producing high quality agricultural products low in nitrate content.

(Key words : Rare earth, Chicory, Leaf size, Chlorophyll, Nitrate, Nitrogen)

I. 서 론

우리나라는 제한된 면적에서 농산물을 생산하여야 되기 때문에 그동안 증산일변도의 농업 정책으로 인하여 다량의 비료와 농약 사용을 하게 되었다. 그 결과 비료 중 특히 질소질비료의 다량 사용으로 인한 토양내 nitrate 유출로

강물이 오염되고 물고기는 물론 가축과 사람의 건강까지 위협하고 있다. Nitrate가 축적된 사초를 가축이 다량 섭취하여 질산염 중독을 일으켰다는 사례가 가끔 발생되고 있다(김, 1983; 윤 등 1990).

질산태질소는 식물의 정상적인 대사작용과 생장에 절대적으로 필요한 양분중의 하나이지

만 질소질비료를 다량사용하여 식물체가 질소 성분을 많이 흡수할 경우 nitrate reductase 효소의 활력 감소와 광합성 능력의 저하로 식물체 내에 높은 수준의 질산염이 축적된다. 습한 조건 하에서는 질산염 축적이 많지 않지만 (Hanway 및 Englehorn, 1958; Wright 및 Davison, 1964) 일시적인 건조는 식물체의 대사를 저하로 질산염 축적이 증가된다(Case, 1957). 또한 토양중 유효태 미량원소의 부족이나 그늘 (Crawford 등, 1961), 일조시간 부족, 과도한 퇴비 사용, 낮은 기온, 그리고 제초제인 2,4-D 같은 화학물질 등에 의해 식물체내 질산염이 다량 축적된다고 한다(中村 등, 1971; Uesaka 및 Miyazaki, 1964).

질산염을 다량 섭취하게 되면 반추기축의 제 1위에서 질산염이 아질산염으로 환원이 되어 혈액중 hemoglobin과 결합하여 methemoglobin을 형성하여 혈액의 산소 운반능력이 저하되어 조직의 산소결핍증(anoxia)을 야기시키며 심하면 폐사가 될 수도 있으나 약할 때는 생장저해, 유산, 산유량 감소, 번식장애 등이 유발되기도 한다(Wright 및 Davison, 1964).

사초중의 질산염 함량은 재배시에 살포되는 비료의 종류, 살포량, 살포시기에 영향을 많이 받으며, 특히 질소 시용량과 사초 내 질산염 축적량과는 밀접한 연관이 있기 때문에 본 연구는 치커리에 대한 질소질비료 시비수준에 따른 식물체 생장 및 질산염 축적과, 천연 산소제로 알려진 회토처리에 의한 식물체 성장과 엽록소 함량 증진, 질산염 강하 효과 등을 조사함으로써 안전식품 생산에 의한 농가소득 향상은 물론 국민 건강 증진에 기여할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시작물 및 육묘

치커리(*Cichorium intybus* L., 농우)를 2002년

9월 7일에 파종하였는데 상토는 vermiculite : perlite : peat moss를 1:1:1로 섞어 프러그 육묘 하였다. 영양액을 3~4일 간격으로 엽면살포하였고, 매일 상토의 수분상태를 관찰하면서 수분을 보충하였다.

2. 처리내용

Vermiculite와 perlite를 반반씩 섞은 상토를 $\varnothing 20 \times 20$ cm인 pot에 일정량씩 넣어 pot 당 1주씩 9월 27일에 식재하였으며, 처리당 4반복, 분할구 배치법으로 배치하여 전북대학교 농과대학 생리실험실에서 재배하였다. 영양액은 Lincoln액을 일부 수정하였으며, 질소량은 보통수준(N+0), 보통수준+보통수준의 1/4량 첨가(N+1), 보통수준+보통수준의 1/2량 첨가(N+2)의 세 수준으로 하여 1주일 간격으로 일정량을 관주하였다. 물은 토양의 수분상태를 관찰하면서 약 1주일 간격으로 보충하여 주었다.

회토는 동성 엔씨티에서 제공한 회토미량원소비료 “다조아” 1,000배액을 3회(2002년 9월 28일, 10월 24일, 11월 19일)에 걸쳐 엽면살포하였으며 12월 11일에 수확하였다.

3. 엽록소 정량

생초 1g을 80% ethyl alcohol 20ml로 추출하여 80% acetone을 가한 용액을 UV Visible Spectrophotometer(Pharmacia Biotech, England)로 663 및 645nm에서 각각 chlorophyll-a와 b를 측정하여(Aron, 1949) Bruinsma (1961) 방법으로 계산하였다.

4. 질산태 질소

Paul 및 Carlson(1968) 방법을 수정하여 분석하였는데, 65℃에서 건조한 40 mesh 크기의 시료 500mg에 이온수 100ml를 첨가하여 1분간 혼합한 다음 활성탄 4g을 넣어 잘 혼합하여 여

과하였다. 여과액 25ml에 Nitrover 5 Nitrate Reagent Power Pillow 1개를 넣고 즉시 뚜껑을 닫은 후 정확히 1분간 흔들어 NeoMet Ion Meter(Multi-Analyzer, Istek Inc.)의 nitrate electrode로 mV값을 측정한 다음 semi-logarithmic graph를 이용하여 질산태질소 함량을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

표 1에서 보는 바와 같이 치커리 잎의 두께는 질소비료 시비수준이 높을수록 증가하였으며, 회토치리로 잎 두께가 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 엽장은 질소 시비수준에 크게 영향을 받지 않았으나 엽폭은 질소 시비량이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향이였다. 회토치리가 잎의 크기에 미치는 영향은 회토치리로 엽장과 엽폭이 모두 증가하였으며, N+2 처리구에서 회토치리효과가 가장 크게 나타났다($p<0.05$). 포기당 엽수는 질소수준이나 회토치리로 약간의 영향은 받았으나 통계적인 유의성은 없었다.

張 등(2000)은 화본과 사초인 wild rye, sudangrass, 양초(*Leymuschinesis* Tzvel)에 회토를 분무사용한 결과 초장이 각각 19.1, 12.5, 9.3% 증가하였으며, 두과 사초인 sainfoin, milk vetch, alfalfa는 초장이 19.5, 16.9, 6.4%가 각각 증가

되었고 생산량도 증수되었다고 보고하였다. 본 실험에서는 회토치리로 치커리 잎의 크기와 두께가 증가하였으며 포기당 엽수도 약간 증가하는 경향이였으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

표 2는 치커리의 엽중 엽록소 함량을 나타내고 있는데, 질소 시비수준이 증가할수록 단위 부피당 총 엽록소 함량이 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 회토치리로 총 엽록소 함량이 증가되었으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

寧 등(1988)이 종합정리한 자료에 의하면 작물에 회토를 사용하면 엽록소 함량이 현저히 제고되었다고 하였는데, 대두는 25.1, 땅콩 5.8, 벼 3.0, 면화 13.4, 자운영은 30.0%가 증가되었다고 하였다. 儲 등(1994)도 회토의 일종인 염화세륨은 螺旋 海藻類의 엽록소와 단백질 형성을 촉진한다고 보고한 바 있다. 다른 보고에 의하면 질소비료 사용량이 증가할수록 엽록소 함량이 증가하는 경향(박, 1998; 이 등, 1999; 홍 등, 2001)이라고 하였으나 본 실험결과에서는 질소사용 수준이 증가할수록 단위 엽 부피당 엽록소 함량이 오히려 줄어들었는데 이것은 질소 시비량 증가로 포기당 식물체 부피와 건물중은 증가하지만 건물율이 감소하여 단위 부피당 엽록소 함량이 감소된 것으로(표 1, 3) 판단되기 때문에 앞으로 이 부분의 확인 실험이 요구되었다.

Table 1. Effect of rare earth and nitrogen application on the growth of chicory leaves

Leaf	N+0 ¹⁾		N+1 ¹⁾		N+2 ¹⁾	
	Control	RE ²⁾	Control	RE ²⁾	Control	RE ²⁾
Thickness(mm)	0.38 ^e	0.44 ^{bc}	0.39 ^{dc}	0.48 ^{ab}	0.43 ^{cd}	0.49 ^a
Length(cm)	8.0 ^{bc}	9.2 ^a	8.0 ^{bc}	8.2 ^{bc}	7.3 ^c	8.4 ^{ab}
Width(cm)	5.5 ^b	5.8 ^b	5.6 ^b	5.8 ^b	5.7 ^b	6.7 ^a
No./plant	6.4	7.0	7.0	7.2	7.1	7.2

^{a-e} Means within a row with different superscripts differ($P<0.05$).

¹⁾ N+0; moderate N, N+1; moderate N+1/4 moderate N, N+2; moderate N+1/2 moderate N.

²⁾ Rare earth.

Table 2. Effect of rare earth and nitrogen application on the chlorophyll content of chicory leaves

Chlorophyll content	N+0		N+1		N+2	
	Control	RE	Control	RE	Control	RE
Total chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	6.911 ^{ab}	7.095 ^a	6.053 ^{cd}	6.340 ^{bc}	5.264 ^c	5.586 ^{de}
Chlorophyll-a ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.288	3.291	2.895	3.101	2.524	2.684

^{a-c} Means within a row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

광합성에 있어서 빛의 화학반응에 중요한 역할을 하는 엽록소-a 함량은 총 엽록소 함량과 마찬가지로 질소 시비수준이 증가할수록 단위 부피당 엽록소-a 함량이 감소하였으며, 회토 처리로 엽록소-a 함량이 증가하였다(표 2). 질소 시비수준이 증가할수록 엽록소-b에 대한 엽록소-a의 비율(a/b)은 증가하였으며, 회토 처리는 엽록소 a/b을 높였다(그림 1).

張 등(2000)도 회토사용으로 엽록소-a 함량이 증가되었으며 엽록소-a의 형광광도가 높아져 광합성능이 뚜렷이 개선되었다고 “농목양식업에서의 회토응용”이라는 책에 기술하였다.

표 3에 의하면 질소 시비수준을 증가할수록

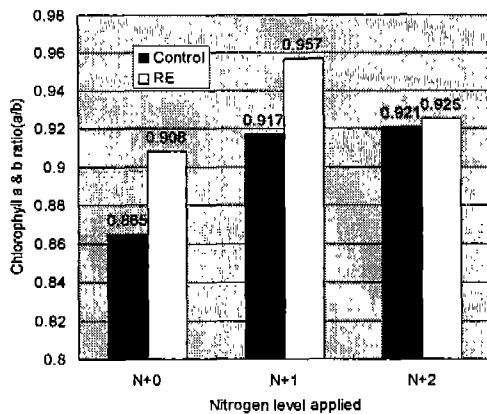


Fig. 1. Effect of rare earth and nitrogen application on chlorophyll a and b ratio of chicory leaves.

생체수량이 증가하였으며, 같은 수준의 질소시비에서 회토처리는 6.7~17.0%의 수량 증가를 가져왔는데 N+2 처리구에서만 통계적인 유의성이 있었다. 재배기간은 충분하였으나 생육도 중 충분한 난방이 되지 않았고 단일과 저온으로 치커리가 정상적으로 자라지 못하였다.

건물수량에서도 질소수준이 증가할수록 건물수량이 증가하였으며, 회토처리로 건물수량이 9.0~10.8%가 증수되었다. 중국에서 농산물 생산을 위한 회토의 응용에 관한 장(2001)의 종합고찰에 의하면 회토는 작물의 지상부와 뿌리 계통의 생체중과 건물중을 증가시켜 식량작물과 특용작물은 10~25%, 과일류 20~40%, 채소류는 20~40% 증산되었다고 하였는데 본 실험에서도 유사한 증수효과를 얻을 수 있었다.

특이한 점은 질소 시비량 증가로 건물율이 감소되었으나, 회토사용으로 건물율이 4.6~5.8% 증가되었다(표 3). 이것은 회토사용으로 무기양분의 흡수가 촉진되었기 때문인(張 등, 2000) 것으로 판단되었다.

張 등 (2000)에 의하면 회토처리는 질소환원효소의 활성도를 높여 무기태질소를 아미노산과 단백질로 전환시킴으로서 식물체내 질산태 질소 함량을 감소시키며 아미노산과 총질소 함량이 증가하여 영양생장이 촉진된다고 하였다. 본 실험에서는 그림 2에서 보는 바와 같이 질소시비량이 많아질수록 배추의 질산태질소 함

Table 3. Effect of rare earth and nitrogen application on the yield of chicory

Species	N+0		N+1		N+2	
	Control	RE	Control	RE	Control	RE
Fresh weight (g/plant)	7.59 ^c	8.10 ^{bc}	7.93 ^{bc}	8.52 ^{bc}	9.0 ^b	10.53 ^a
Dry matter (g/plant)	0.83 ^c	0.92 ^b	0.85 ^c	0.94 ^b	0.91 ^b	1.12 ^a
DM %	10.9	11.4	10.7	11.0	10.1	10.6

^{a-c} Means within a row with different superscripts differ(P<0.05).

량이 크게 증가하였으며, 반면 질소시비량이 증가할수록 회토시용효과가 크게 나타나 질산태질소 함량이 크게 줄어들었다. N+0구와 N+1구는 질산태 질소 함량이 각각 392와 440ppm이었으나 N+2구는 558ppm으로 크게 증가되었다. 회토처리로 질산태 질소 감소율이 N+0구와 N+1구에서는 각각 9.2와 28.6%이었으나 N+2처리구에서는 45.9%로 크게 감소하였다.

질소질비료의 다량사용은 사초 중의 질산염과다 축적으로 가축의 건강을 위협할 뿐만 아니라 토양의 질산염 집적으로 인한 토양과 수질오염으로 환경문제를 야기시키고 있다. 다행

히 본 실험을 통하여 천연 신소재인 회토 사용으로 치커리의 질산염 함량을 45% 이상 감소시켜 질산염 문제를 해결할 수 있는 가능성을 시사함으로써 국내외적으로 의미가 크다고 하겠다.

IV. 요약

질소 사용에 의한 치커리의 질산염 축적과 회토처리가 질산염 강하에 미치는 영향을 검토하기 위하여 질소 시비수준에 따른 치커리 잎의 성장과 수량, 엽록소 함량, 질산염 함량 등을 조사하였으며, 회토처리가 치커리의 생육속진과 질산태질소 함량 감소에 미치는 영향 등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 질소 시비수준이 증가할수록 치커리 잎이 두꺼워지고 잎 크기도 커졌으며, 같은 수준의 질소 시비구에서 회토처리로 잎이 두꺼워지고 잎의 크기도 커졌다. N+2구에서 회토처리 효과가 가장 뚜렷하였다(p<0.05).

2. 질소처리 수준이 높아질수록 치커리 엽중 총 엽록소 함량과 엽록소-a 함량은 감소되었으나 엽록소-b에 대한 엽록소-a의 비율은 증가되었다. 회토처리로 총 엽록소 함량, 엽록소-a 함량 및 엽록소 a/b율이 모두 증가되었으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

3. 생체와 건물수량이 질소 시비수준 증가에

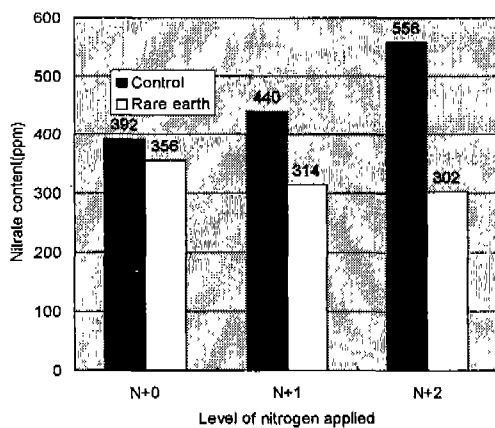


Fig. 2. Effect of rare earth(RE) and nitrogen application on nitrate content of chicory leaves.

따라 증가하였으며, N+2구에서 유의성이 인정되었다(p<0.05). 회토 사용으로 생체수량은 6.7~17.0%, 건물수량은 9.0~10.8% 증가되었다. 질소 사용증가로 건물율이 감소되었으나 회토사용은 건물율을 4.6~5.8% 증가시켰다.

4. 질소 사용수준이 높을수록 치커리의 질산태 질소 함량이 증가하였으나, 회토 엽면살포로 그 함량이 감소되었으며 N+2 처리구에서는 45.9%나 감소되었다.

5. 회토사용은 식물 성장에 필수적 요인인 엽록소 함량을 증가시켜 식물 성장을 촉진하고, 특히 식물체내 질산태질소 강하효과가 뚜렷하여 안전 농산물생산의 가능성을 보여 주었다.

V. 인 용 문 헌

- Aron, D.I. 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.
- Bruinsma, J. 1961. A comment on the spectrophotometric determination of chlorophyll. Biochim. Biophys. Acta 52:576-578.
- Case, A.A. 1957. Some aspects of nitrate intoxication in livestock. J. Amer. Vet. Med. Assoc. 130:323-329.
- Crawford, R.F., W.K. Kennedy and W.C. Johnson. 1961. Some factors that affect nitrate accumulation in forages. Agron. J. 53:159-162.
- Hanway, J.J. and A.J. Englehorn. 1958. Nitrate accumulation in some Iowa crop plants. Agron. J. 50:331-334.
- Paul, J.L. and R.M. Carlson. 1968. Nitrate determination in plant extracts by the nitrate electrode. J. Agr. Food Chem. 16(5):766-769.
- Uesaka Shoji, and Akira Miyazaki. 1964. The concentrations of nitrate in grass and legumes varying with cutting dates. Jap. J. Zootech. Sci. 36(3):81-85.
- Wright, M.J. and K.L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advance Agron. 16:197-247.
- 儲鐘稀, 牟夢華, 張和民, 高德祿, 吳兆明. 1994. 氯化銣對螺旋藻光合放氧、色素和蛋白質形成的影響. 中國稀土學報 12(4):344-347.
- 寧加賁, 任勝云, 郭志强, 穆傳杰, 曹建功, 戚志仁, 陳學斌, 李光明, 肖蘇林, 劉穗, 劉翠娥, 張秀菊. 1988. 稀土在農業上應用. 湖南科學技術出版社, 中國.
- 張宏江, 包玉敏, 張宇生. 2000. 稀土在農牧養殖業中的應用. 包頭市金稀土生物應用有限公司 pp. 35-80.
- 中村亮二郎, 吉田條二, 中村 豊, 加藤次, 狹野順三. 1971. 野外乳牛硝酸中毒野草 アオビ硝酸鹽含量. 日畜會報 43(5):286-288.
- 김길수. 1983. 청예사료에 의한 젖소 초산염 중독. 축산진흥 10:113-115.
- 박장현. 1998. 질소비료 사용에 따른 두물차의 수량 및 품질. 1988년도 춘계 총회 및 학술대회 초록집. 전남농촌진흥원 보성차시험장.
- 윤창, 전우복, 이돈우. 1990. 질소 시비수준이 Italian ryegrass 및 청예 옥수수의 질산염 축적에 미치는 영향. 한축지 32:49-54.
- 이준석, 이종형, 조광래. 1999. 전작물 재배기술 개발연구: 생두용 강낭콩. 경기도 농업기술원 시험연구보고서 99-100.
- 장우생. 2001. 농작물 생산을 위한 회토의 연구 및 응용. "稀土礦物の 농업적 이용"에 관한 국제 심포지엄. 전북대 농과연, pp 5-8.
- 홍순달, 김기인, 박효택, 강성수. 2001. 시설재배 토마토 잎의 엽록소 측정치와 토양 질소공급 능력의 상호관계. 한국토양비료학회지 34(2):85-91.