

미량원소 엽면 처리에 의한 엽채류의 질산태 질소 축적 억제

엄진섭 · 박누리 · 박상규 · 박 신 · 정종배*

대구대학교 자연자원대학 생명환경학부 농화학전공

(2001년 9월 5일 접수, 2001년 10월 5일 수리)

본 연구에서는 키토산 화합물을 함유한 미량원소 엽면 살포제를 엽채류에 처리하여 질산태 질소 축적 저감 효과를 조사하였다. Ca, Cu, Mn, Mo, Zn 등의 무기영양원소에 키토산과 키토산올리고당을 각각 첨가한 2 종류의 미량원소 액제를 온실조건에서 포트에 재배한 상추와 시금치에 정식 후 3주와 4주째에 엽면 살포하였다. 정식 후 5주째에 수확하여 생육량, 엽록소와 미량원소 함량 및 Brix 당도, 그리고 질산태 질소와 질산환원효소 활성을 조사하였다. 엽면 살포 액제의 시용을 통하여 작물의 생육 촉진과 함께 질산태 질소의 축적을 10-23% 정도 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 미량원소와 키토산 화합물의 흡수를 통하여 엽록소와 미량원소 함량이 증가되었고 결국 광합성을 비롯한 관련 대사과정들과 질산 환원효소의 활성을 증대시킬 수 있으며 따라서 동시에 질산의 축적을 저감시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 이러한 엽면 처리를 통한 질산태 질소의 축적 저감 효과를 극대화하기 위해서는 엽면처리 미량원소의 종류와 함유 비율, 처리 농도, 처리 시기 및 회수의 최적화 등에 대한 검토와 연구가 더 이루어져야 할 것이며, 질소 시비량과 재배환경의 조절 측면의 연구와 대책 또한 동시에 마련되어야 할 것으로 보인다.

Key words : lettuce, micronutrients, nitrate, nitrate reductase activity, spinach

서 론

과다한 화학비료의 사용은 토양이나 수질 오염의 원인이 될 뿐만 아니라 작물체내에 비료성분의 과다 축적을 유발하여 농산물의 상품적 가치를 저하시키게 되며 결국 이를 소비하는 사람이나 가축의 건강을 위협할 수 있다. 최근 채소류에서 과다한 질산태 질소 축적 현상이 농산물의 안전성 면에서 심각한 문제로 지적되고 있다. 사람에게 대한 질산태 질소의 위해성 문제는 논란이 많으나, methemoglobinemia 현상의 유발과 함께 발암물질로 알려진 nitrosoamine의 생성에도 관여한다는 사실은 일반적으로 인정되고 있다.¹⁻³⁾

따라서 현재 선진국에서는 채소류를 비롯한 농산물 중의 질산태 질소 함량 허용기준을 설정해 나가고 있으며, 우리나라에서도 이를 신중히 고려하고 있다.

농산물 중의 과다한 질산태 질소의 축적은 근본적으로 기준 시비량을 무시하고 퇴비와 화학비료를 통한 질소 비료의 과다한 투입이 농가 현장에서 관행적으로 이루어지고 있기 때문이다.⁴⁻⁷⁾ 따라서 국내에서도 채소류에 대한 시비 기술의 개선을 통한 질산태 질소 축적문제를 해결하려는 연구들이 다수 이루어져 왔으나 아직 뚜렷한 성과를 거두지는 못하고 있으며, 안전농산물의 생산이나 국민 보건 측면에서 아직 숙제로 남아 있다.⁵⁻⁸⁾

작물체는 토양 중에서 질소를 주로 질산염 형태로 흡수하며, 작물체 내에 흡수된 질산태 질소는 세포질에서 암모늄태로 환원되어 유기화합물로 동화된다. 질산태 질소의 환원은 질산환

원효소(nitrate reductase)에 촉매작용으로 이루어지며, 이 과정에는 Fe, Mo 등의 미량 무기원소가 전자전달체 또는 효소의 cofactor로서 필요하다.⁹⁾ 또한 질산태 질소의 환원과정에서 NADH₂⁺가 전자와 수소의 공여를 위해 필수적이며, 이는 광합성과정에서 제공되는 것이므로 광 조건이나 광합성과정에 관여하는 미량 무기원소가 질산태 질소의 환원에 중요하게 작용할 것이다.^{10,11)} 따라서 적절한 미량원소의 공급으로 질산환원효소와 광합성 활성을 증대시키면 작물체 내의 질산태 질소의 환원을 촉진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

현재까지 엽채류의 시설재배에서 여러 가지 미량원소 비료들이 사용되고 있으나 질산태 질소의 축적 문제를 해결하기 위한 목적의 미량원소 비료는 없는 것으로 파악된다. 따라서 엽채류에 사용하여 질산태 질소의 환원을 촉진시킬 수 있는 미량원소 엽면 처리제의 개발은 질산태 질소의 축적 문제를 해결할 수 있는 방안이 될 수 있을 것이다.

질산태 질소의 축적 외에 잔류농약은 특별한 가공 없이 섭취하는 엽채류의 경우 소비자의 건강을 크게 위협하는 요소가 된다. 작물의 병해 방제에 있어 합성농약을 대체할 수 있는 천연물질의 탐색과 이용에 대한 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있다. 질산태 질소의 환원에 관여할 수 있는 미량원소들과 엽채류에서의 병해 발생을 억제할 수 있는 천연항균물질의 혼합제제를 개발하면 질산태 질소와 잔류농약 문제를 동시에 해결하여 안전한 엽채류의 생산이 가능할 것이며 농가 소득과 국민 보건 향상에도 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 미량원소와 키토산 및 키토산올리고당을 함유한 엽면 살포 액제를 엽채류에 살포하고 우선 작물의 생육과 미량원소 흡수에 따른 질산태 질소의 축적 억제 효과를 조사하였다.

*연락처

Phone: 82-53-850-6755; Fax: 82-53-850-6759

E-mail: jbchung@taegu.ac.kr

재료 및 방법

시판 상추와 시금치. 작물체 내 미량원소의 함량이 질산태 질소의 축적에 영향을 미칠 수 있는지를 규명하기 위해 시중 백화점과 재래시장에서 16개의 상추와 14개의 시금치 시료를 2000년 5월에 수집하였다. 자세한 재배 내력은 불명확하였으나 관행적인 농법으로 재배 생산된 것 외에 수정방식이나 유기농 방식으로 생산된 것들도 포함되어 있었다. 수집된 시료는 냉동 보관하며 질산태 질소 함량과 미량원소 함량을 아래 방법으로 분석하였다.

엽면처리용 미량원소액제의 제조. 엽채류 잎 중의 질산태 질소의 축적을 효율적으로 억제하기 위하여 질산 환원과 동화에 관련된 Mo, Ca, Cu, Zn, Mn 등의 무기영양원소에 키토산과 키토산올리고당을 각각 첨가한 2 종류의 미량원소 엽면 살포제를 (주)태훈바이오에서 제조하였으며 자세한 조성은 다음 Table 1과 같다.

작물 재배 및 미량원소 액제의 살포. 비교적 다량으로 소비되고 있는 신선 엽채류인 상추와 시금치를 실험 대상작물로 선정하였으며 청치마 품종의 상추와 에이스 품종의 시금치 종자를 시중에서 구입하였다. 가로, 세로, 깊이가 각각 58, 18, 13 cm인 플라스틱 포트에 토양을 채우고 21-17-17 복합비료를 포트당 7g씩 사용하여 7cm 깊이까지 골고루 혼합되도록 하였다. 토양의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 종자를 육묘용 상토에 파종하여 20일간 육묘한 후 생육이 고른 유묘를 포트당 10주씩 정식하여 온실에서 매일 1회 수돗물로 관수하며 재배하였다.

무처리구, 키토산을 함유한 액제(A제) 처리구, 키토산올리고당을 함유한 액제(B제) 처리구로 나누었으며 작물별로 각 처리구당 2개의 포트를 배치하였다. 정식 후 3주와 4주째에 미량요소 액제 2,000배 희석액을 포트당 30 ml씩 소형분무기로 엽면에 살포하였다.

정식 후 5주째에 수확하였으며 생육량, 질산태 질소 함량, 질산 환원효소 활성 (Nitrate reductase activity, NRA), Brix 당도, 엽록소 함량, 미량요소 흡수량 등을 조사하였다.

조사 및 분석 방법. 작물의 생육량은 처리구당 10주씩을 대상으로 지상부의 생체중과 건물중으로 조사하였다. 질산 환원효소의 활성은 Scheible 등의 방법으로 처리구당 5주를 대상으로 성장이 최대에 도달한 잎을 분석 시료로 하여 다음과 같이

측정하였다.¹²⁾ 오전 11시경 채취한 신선한 잎 시료를 액체 질소로 급속 냉동시키고 막자사발에서 잘 분쇄한 후 완충용액 (100 mM HEPES-KOH (pH 7.5), 5 mM Mg(OAc)₂, 1 mM EDTA, 10% glycerol, 5 mM DTT, 1% BSA, 0.1% Triton X-100, 0.5 mM PMSF, 20 μM FAD, 25 μM leupeptin, 5 μM Na₂MoO₄, 1% PVPP)을 가하여 효소를 추출하였다. 효소의 활성은 추출액 1 부피당 5 부피의 25°C 효소 활성 측정용 완충용액 (100 mM HEPES-KOH(pH 7.5), 5 mM KNO₃, 5 mM EDTA, 0.25 mM NADH)을 가한 후 30분간 25°C에서 반응시킨 후 300 μl의 반응액에 75 μl의 150 μM phenazine methosulphate와 25 μl의 zinc acetate를 가하여 반응을 중지시켰다. 15분 후 300 μl의 1% sulphanilamide(3 N HCl에 용해)와 300 μl의 0.02% N-(1-naphthyl)-ethylenediamine을 가하고 20분간 실온에서 반응시킨 후 14,000×g에서 원심분리한 후 상등액의 흡광도를 540 nm에서 측정하여 NO₂-N의 생성량을 정량하였다.

당도는 신선한 잎 시료를 막자사발로 갈아서 14,000×g에서 원심분리한 후 상등액을 분석시료로 하여 Brix 당도계(ATAGO ATC-1, Japan)로 측정하였다. 엽록소 함량은 신선한 잎 시료 0.5 g당 80% acetone 5 ml을 가하여 막자사발에서 갈고 10 ml의 80% acetone을 더하여 잘 혼합한 후 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 100 ml로 하여 652 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 질산태 질소 함량은 60°C 건조기에서 건조시킨 시료를 분쇄하여 끓는 물로 추출하고 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 flow injection autoanalyzer FIA-5000 (FOSS Tecator, Sweden)로 분석하였다. 작물체내 미량원소 함량은 건조시킨 잎 시료를 H₂SO₄와 H₂O₂로 분해한 후 Inductively coupled plasma emission spectrometer (Varian Australia Pyt Ltd., Mulgrave, Australia)로 측정하였다.

결과 및 고찰

엽채류 중의 무기영양원소와 질산태 질소 함량의 관계. 시중에서 구입한 상추와 시금치 잎 중의 질산태 질소 함량과 Cu, Mn, Mo, Zn 등 무기영양원소의 함량을 분석하여 작물체 내 무기영양원소의 함량이 질산태 질소의 축적과 일정한 상관관계를 갖는지 여부를 조사하였으며 그 결과를 Fig. 1과 2에 나타내었다.

Table 1. Composition of micronutrient solutions containing chitosan or chitosan oligomer

Formula	Lactic acid	Mo	Ca	Cu	Zn	Mn
Formula A (chitosan 1%)	0.66	1	0.5	0.02	0.02	0.02
Formula B (chitosan oligomer 5%)	2.00	1	0.5	0.02	0.02	0.02

Table 2. Selected properties of soil used in the experiment

pH (1 : 5 H ₂ O)	OM	NO ₃ -N	Total N	Exch. Cations				DTPA Extractable Cations					Texture
				Ca	Mg	K	Na	Cu	Mg	Mn	Mo	Zn	
	%	mg/kg	%	cmol/kg				mg/kg					
6.9	3.19	129	0.13	11.8	8.2	6.8	1.2	1.9	230	6.5	0.1	12.9	Sandy loam

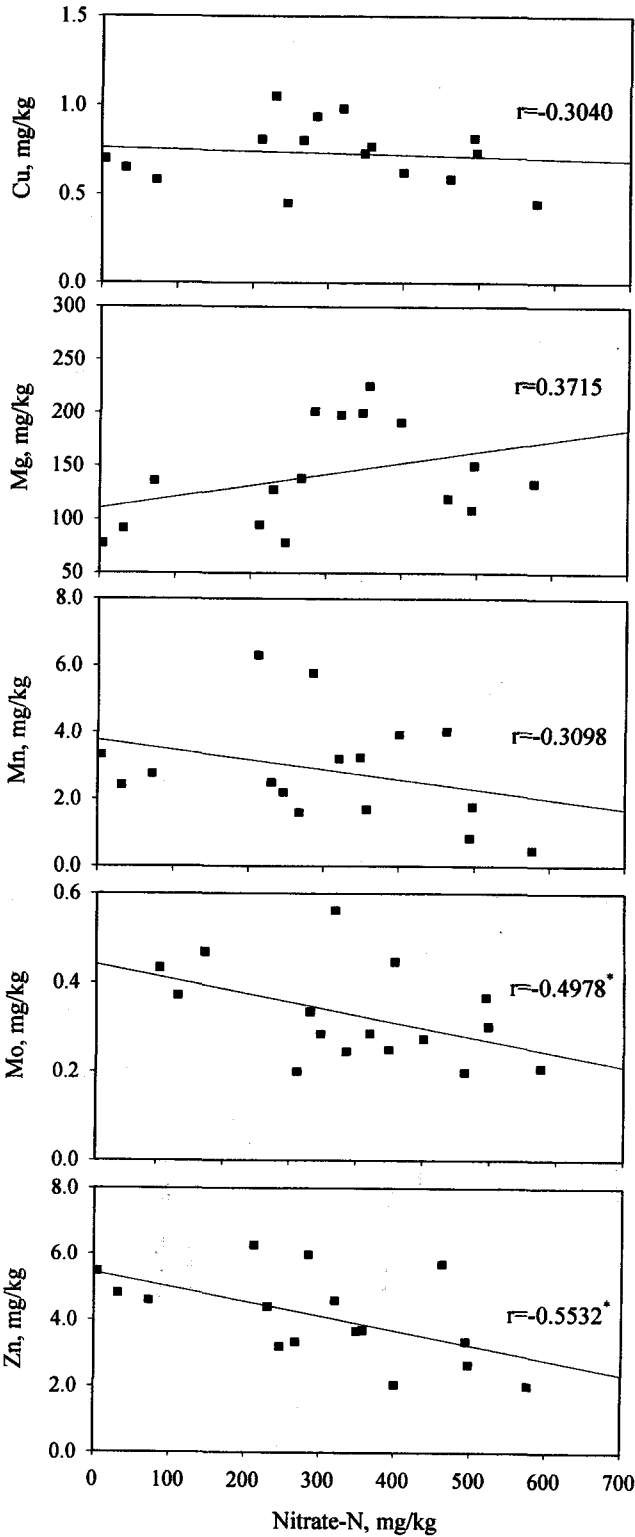


Fig. 1. Relationships between nitrate and micronutrient concentration in lettuce.

상추에서 조사된 결과를 Fig. 1에 나타내었는데, 질산태 질소와 미량원소의 함량이 다양한 범위로 측정되었으며 Mo과 Zn의 경우 식물체 내의 함량이 높을수록 질산태 질소 축적량이 감소하는 경향으로 나타났고, Mg의 경우는 질산태 질소의 함량이 많을수록 Mg의 함량도 증가하는 것으로 나타났다. Fig.

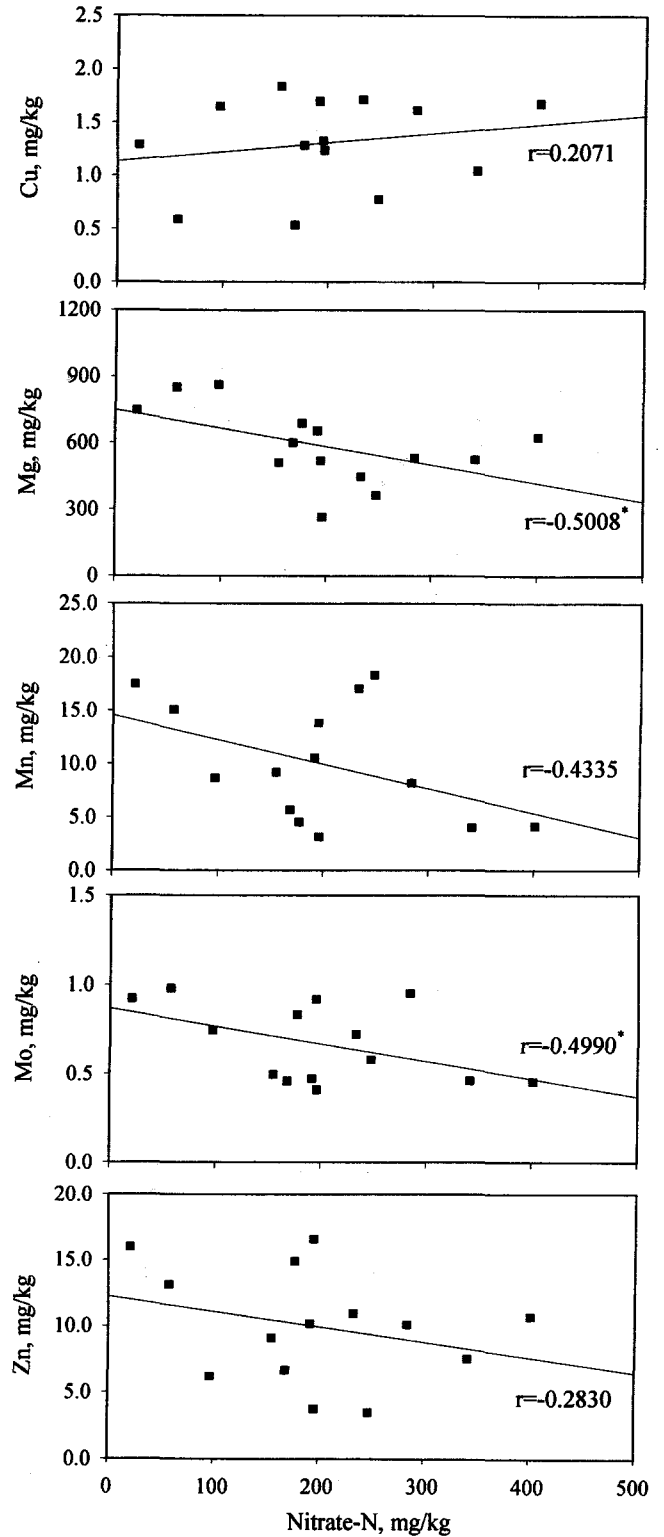


Fig. 2. Relationships between nitrate and micronutrient concentration in spinach.

2에 나타낸 것처럼 시금치의 경우에는 Mg, Mn, Mo, Zn 등의 미량원소 함량이 높을수록 식물체내 질산태 질소의 함량이 낮은 경향으로 나타났고, Cu는 체내 질산태 질소의 함량이 많을수록 Mg의 함량도 증가하는 것으로 나타났다. 두 작물에서 모두 특히 Mo의 함량이 질산태 질소의 함량과 통계적으로 유의

성이 있는 뚜렷한 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 앞에서 언급한 바와 같이 Mo이 질산 환원효소의 구성 성분으로 질산의 환원에 직접 관여하기 때문인 것으로 볼 수 있을 것이다.⁹⁾

무기원소 중에서 Mo은 특히 질산의 환원에 직접 영향을 미치게 되는데 이는 Mo이 질산 환원효소인 nitrate reductase의 구성 성분이기 때문이다.⁹⁾ Mo이 결핍될 경우 식물체내에 질산이 축적되며 가용성 아미노 질소 함량이 감소하는 경향을 보이게 된다.¹³⁾ Mn 또한 질산태 질소의 동화에 간접적으로 관여하는데, Photosystem II에서 필수 원소이며 따라서 물의 분해과정에서 발생하는 전자를 ferredoxin으로 전달하여 질산의 환원에 이용될 수 있게 하기 때문일 것이다. 그 외 Cu, Mg, Zn 등 엽록소의 생성, 광합성과정, 단백질 합성과정 등에서 작용하는 미량원소들 또한 궁극적으로 식물체내의 질산태 질소의 동화과정에 영향을 미칠 수 있을 것이다.⁹⁾

따라서 질산태 질소의 식물체내 축적 정도는 토양 중의 질산태 질소 함량, 햇빛과 온도 조건 등 여러 가지 재배환경의 영향을 받지만^{5,8)} 적절한 미량 무기영양원소 함량 또한 식물체내의 질산태 질소의 축적에 상당 부분 영향을 미칠 것으로 판단된다.

작물 생육과 잎 중의 엽록소 및 당 함량. 키토산과 키토산올리고당을 함유한 2종류의 미량원소 엽면 살포 액제의 처리가 상추와 시금치의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. 엽면 살포 액제에 함유된 Cu, Mn, Mo, Zn 등의 미량원소들은 다양한 대사과정에 관여하여 식물의 생장을 촉진시킬 수 있으며, 키토산 화합물들 또한 외적에 대한 자기 방어 기능을 증대시킬 뿐만 아니라 세포를 활성화시킴으로써 식물의 생장을 촉진시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁴⁻¹⁸⁾ 상

추의 경우를 보면, 미량원소 액제를 처리한 경우 무처리에 비하여 A와 B제 모두에서 생체중이 20% 이상 증가하였으며 건조중량은 14% 이상 증가하였다. 시금치의 경우에도 무처리에 비하여 미량원소 액제를 처리한 경우 5-6% 정도 생체중이 증가한 것으로 조사되었다.

미량원소 엽면 처리별 식물체 엽록소 함량과 당도를 조사한 결과는 Table 4에 나타내었다. 키토산 함유 미량원소 엽면 살포제를 처리한 경우 무처리에 비하여 잎 중의 엽록소 함량이 현저히 증가하는 것으로 나타났다. 키토산 엽면 처리가 엽록소 함량을 증가시키는 현상은 여러 연구 결과에서 밝혀지고 있는데 아직 이러한 현상에 대한 자세한 기작은 알려져 있지 않다.¹⁸⁾ 키토산과 함께 처리된 미량원소들 또한 엽록소 함량의 증가에 관여하였을 것으로 판단된다. 당도는 키토산 함유 미량원소 엽면 살포제를 처리한 경우에 오히려 낮게 조사되었다. 이는 엽면 살포구에서 생체량의 증가에 다른 희석효과의 결과로 보이기도 하며 한편 미량원소의 흡수 증가에 따른 질산의 환원과 이어지는 동화작용의 축진을 통한 가용성 당류의 감소에도 기인하는 것으로 판단된다.

잎 중의 미량원소 함량. 키토산과 키토산올리고당을 함유한 2종류의 미량원소 엽면 살포 액제의 처리가 상추와 시금치 잎 중의 미량원소 함량에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 5에 나타내었다. 무처리구에 비하여 A제 및 B제 처리구에서 Cu, Mn, Mo, Zn 등의 모든 미량원소의 함량이 증가하였으며 A제에 비하여 B제에서 흡수가 더 많이 일어나는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 엽면 처리를 통하여 이들 미량원소의 식물체 내 함량을 증대시킬 수 있는 것으로 판단할 수 있다. 특히 질산 환원효소의 구성 성분인 Mo의 함량은 다른 원소들에 비하여 현저히 증가하였으며 이러한 Mo 함량의 증가는 질산태

Table 3. Yield response of vegetables to micronutrient foliar application

Vegetable	Fresh Wt.			Dry wt.		
	Control	Formula A	Formula B	Control	Formula A	Formula B
		g			g	
Lettuce	19.02 a	23.07 b	23.29 b	1.26 a	1.44 b	1.44 b
Spinach	8.20 a	8.71 b	8.57 ab	0.85 a	0.90 b	0.88 ab

*Values with different letters in a row are significantly different according to the Duncan's multiple range test at P<0.05.

Table 4. Chlorophyll content and Brix value in vegetables as affected by foliar application of micronutrients

Vegetable	Chlorophyll			Brix value		
	Control	Formula A	Formula B	Control	Formula A	Formula B
		mg/g			°Brix	
Lettuce	16.3	21.8	20.9	5.45	5.05	3.65
Spinach	16.1	18.2	17.4	6.80	6.15	6.20

Table 5. Concentration of micronutrients in vegetables as affected by foliar application of micronutrients

Vegetable	Control				Formula A				Formula B			
	Cu	Mn	Mo	Zn	Cu	Mn	Mo	Zn	Cu	Mn	Mo	Zn
		mg/kg				mg/kg				mg/kg		
Lettuce	3.98	34.08	0.10	55.09	4.94	34.27	5.51	58.54	4.55	36.08	2.44	58.54
Spinach	4.73	33.14	0.10	85.03	5.04	35.98	6.40	88.84	5.70	44.76	10.04	99.92

Table 6. Nitrate concentration and nitrate reductase activity in vegetables as affected by foliar application of micronutrients

Vegetable	NO ₃ -N			NRA		
	Control	Formula A	Formula B	Control	Formula A	Formula B
	mg N/kg dry wt.			µg NO ₂ -N/g fresh wt./30 min		
Lettuce	7,417 a	6,752 b	6,632 b	0.396 a	0.473 b	0.428 ab
Spinach	4,190 a	3,252 b	3,616 b	2.638 a	3.389 b	3.080 b

*Values with different letters in a row are significantly different according to the Duncan's multiple range test at P<0.05.

질소의 식물체 내 축적을 억제하는데 있어서 크게 작용할 것으로 판단된다.

잎 중의 질산태 질소 농도와 질산 환원효소 활성. 키토산 함유 미량원소 액제의 엽면 처리에 따른 식물체 잎 중의 질산태 질소 농도와 질산 환원효소 활성을 조사한 결과는 Table 6에 나타내었다. 본 연구에서 사용한 엽면 처리 액제는 식물의 광합성을 촉진시켜 질산의 환원에 필요한 에너지원과 전자와 수소 공급원(NADH⁺)의 생성을 원활히 하고 질산의 환원효소의 cofactor인 Mo를 공급할 수 있게 조제되었으므로 이 액제의 처리에 따라서 질산태 질소의 식물체내 축적을 억제할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.⁹⁾

Table 6에 나타난 결과를 보면, 무처리인 경우 상추와 시금치에서 각각 7,417 mg/kg과 4,190 mg/kg의 비교적 높은 질산태 질소의 축적을 보였는데 상추의 경우 엽면 살포제 처리에 따라 10% 정도의 질산태 질소 함량을 감소시킬 수 있었으며, 시금치의 경우 A제 처리에서 23%, B제 처리에서 14% 정도 질산태 질소 축적을 감소시킬 수 있었다. 질산 환원효소의 활성을 보면 엽면 살포 액제의 처리에 따라서 활성이 현저히 증가하였으며 특히 시금치에서 그 증가 현상이 더욱 현저하였다. 따라서 키토산 함유 미량원소의 엽면 처리로 엽록소와 미량원소 함량을 증가시킬 수 있고 결국 광합성을 비롯한 체내 대사과정과 질산 환원효소의 활성을 증대시킬 수 있으며 따라서 동시에 질산의 축적을 저감시킬 수 있는 것으로 판단된다.

경제성이 우선적으로 고려되는 현대 농업은 매우 집약적이며 따라서 시설재배 기술과 함께 화학비료와 농약에 의존하게 되며 결국 생산된 농산물의 안전성이 여러 측면에서 우려되고 있으며 신선 야채류의 경우 특히 질산태 질소의 축적이 문제가 된다.

본 연구의 결과에서 미량원소 액제의 엽면 살포를 통하여 생육 촉진과 함께 일부 질산태 질소의 축적을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 키토산 화합물과 미량원소의 엽면 처리가 엽록소와 미량원소 함량을 증가시킬 수 있으며 결국 광합성을 비롯한 체내 대사과정과 질산 환원효소의 활성을 증대시킴으로써 생육 촉진과 함께 질산태 질소의 축적을 저감시킬 수 있는 것으로 판단된다. 이러한 질산태 질소의 축적 저감 효과를 극대화하기 위해서는 엽면 처리 미량원소의 종류와 함유 비율, 처리 농도, 처리 시기 및 회수의 최적화, 그리고 Mg 첨가 효과 등에 대한 검토와 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

현재 안전성 측면에서 작물체 중의 질산태 질소 함량 기준이 설정되어 있지는 않지만 처리구 작물체 중의 질산태 질소의 함량은 아직 그 위해성이 문제가 될 수 있는 높은 수준이었다. 결국 미량원소의 엽면 처리만으로는 질산태 질소의 축적 문제

를 만족스럽게 해결할 수 없을 것으로 보이며, 따라서 이러한 미량원소의 처리와 함께 질소 시비량과 재배환경의 조절 측면의 연구와 대책이 동시에 마련되어야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물저장·가공 및 산업화연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Miyajaki, A. (1977) Nitrate problems in food. *Stud. Food Hyg.* **27**, 45-58.
- Wolff, I. A. and Wasserman, A. E. (1972) Nitrate, nitrite, and nitrosoamines. *Science* **177**, 15-19.
- Ohshima, B. (1981) Quantitative estimation of endogenous nitroation in human by monitoring N-nitrosoprolin excreted in the urine. *Cancer Res.* **41**, 3658-3662.
- Brown, J. R. and Smith, G. E. (1966) Soil fertilization and nitrate accumulation in vegetables. *Agron. J.* **58**, 209-212.
- Sohn, S. M. and Oh, K. S. (1993) Influence of nitrogen level on the accumulation of NO₃⁻ on edible parts of chinese cabbage, radish and cucumber. *J. Korean Soc. Soil Fert.* **26**, 10-19.
- Sohn, S. M., Oh, K. S. and Mun, W. T. (1994) Differences on the nitrate accumulation in edible parts of chinese cabbage and radish cultivated by conventional and organic farming method. *Korean J. Organic Agric.* **3**, 87-97.
- Sohn, S. M., Han, D. H. and Kim, Y. H. (1996) Chemical characteristics of soils cultivated by the conventional farming, greenhouse cultivation and organic farming and accumulation of NO₃⁻ in chinese cabbage and lettuce. *Korean J. Organic Agric.* **5**, 149-165.
- Sohn, S. M., Oh, K. S. and Lee, J. S. (1995) Effects of shading and nitrogen fertilization on yield and accumulation of NO₃⁻ in edible parts of chinese cabbage. *J. Korean Soc. Soil Fert.* **28**, 154-159.
- Guerrero, M. G., Vega, J. M. and Losada, M. (1981) The assimilatory nitrate-reducing system and its regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **32**, 169-204.
- Aslam, M. and Huffaker, R. C. (1984) Dependency of nitrate reduction on soluble carbohydrates in primary leaves of barley under aerobic conditions. *Plant Physiol.* **75**, 623-628.
- Steingrover, E., Oosterhuis, R. and Wieringa, F. (1982) Effect of light treatment and nutrition on nitrate accumulation in spinach(*Spinacea oleracea* L.). *Z. Pflanzenphysiol.* **107**, 97-102.
- Scheible, W., Lauerer, M., Schulze, E., Caboche, M. and Stitt, W. (1994) Nitrate reductase activity in spinach leaves is regulated by light and nitrogen. *Plant Physiol.* **106**, 1111-1118.

- M. (1997) Accumulation of nitrate in the shoot acts as a signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. *Plant J.* **11**, 671-691.
13. Possingam, J. V. (1956) Mineral nutrition and amino acids in tomato. *Aust. J. Biol. Sci.* **9**, 539-551.
14. Yi, J. H., Kim, I. H., Choe, C. H., Seo, Y. B. and Song, K. B. (1998) Chitosan-coated packaging papers for storage of agricultural products. *Agric. Chem. Biotech.* **41**, 442-446.
15. Allan, C. R. and Hadwiger, L. A. (1979) The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. *Exper. Mycol.* **3**, 285-287.
16. Hirano, S. and Nagao, N. (1989) Effects of chitosan, pecticacid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agric. Biol. Chem.* **53**, 3065-3066.
17. Chibu, H. and Shibayama, H. (1999) Effects of chitosan application on shoot growth of several crop seedlings. *Report Marine Highland Biosci. Cent.* **9**, 15-20.
18. Chibu, H., Shibayama, H. and Arima, S. (1999) Effects of chitosan application on the growth of radish seedlings. *Jpn. J. Crop Sci.* **68**, 199-205.

Suppression of Nitrate Accumulation in Vegetables by Foliar Application of Micronutrients

Jin-Sup Eom, Nu-Ri Park, Sang-Gyu Park, Shin Park and Jong-Bae Chung* (Dept. of Agricultural Chemistry, College of Natural Resources, Taegu University, Kyongsan 712-714, Korea)

Abstract: Suppression of nitrate accumulation in vegetables through foliar application of micronutrients was investigated. Spinach and lettuce were grown in pots under greenhouse condition. Micronutrient solutions containing Cu, Mn, Mo, and Zn were used; chitosan was added into one and the other contained chitosan oligomers. The micronutrient solutions were sprayed on the leaves at 3 and 4 weeks after transplanting of 20-day-old seedlings. Plants were harvested at 5-weeks after transplanting. Yield, contents of chlorophyll, Brix value, micronutrient, and nitrate, and nitrate reductase activity were measured. Fresh weights of lettuce and spinach were significantly increased by the foliar application of micronutrients. Contents of chlorophyll and micronutrients were higher in micronutrient-treated plants, while those of nitrate were reduced by about 10 and 14-23% in lettuce and spinach, respectively. Compared to the control plants, nitrate reductase activity was higher in plants treated with micronutrients. Results of this study indicate the effect of micronutrients on the suppression of nitrate accumulation was relatively small in comparison to the contents of nitrate in leaves of spinach and lettuce. To maximize the effect, nutrient composition in solution, application time, and frequency should be further examined, taking into consideration nitrogen level in soil and other environmental factors including light condition.

Key words: lettuce, micronutrients, nitrate, nitrate reductase activity, spinach

*Corresponding author