

고랭지 결구상추의 관비재배시 돈분뇨 발효액비 시용효과

김원배, 권영기, 장석우, 임상철¹⁾
농촌진흥청 고령지농업시험장, ¹⁾상지대학교 자원식물학과

Effect of Application on the Growth of Head Lettuce under Fertigation Conditions in Highland

Won-Bae Kim, Young-Gi Kwon, Suk-Woo Jang, and Sang-Cheol Lim¹⁾
Nat' l Alpine Agri. Exp. Station, R.D.A., Pyonchang 232-290, Korea.
¹⁾Dept. of Botanic Resources, Sangji Univ., Wonju 220-702, Korea

ABSTRACT

The growth of leaves in field-grown head lettuce(cv. Urake) was compared after conventional application of N-P-K fertilizer or after application of various dilutions of livestock waste solution. Plants treated with livestock waste solution diluted 25 times (Ef. 25) or 50 times (Ef. 50) had greater growth than that for any other treatment. The number of leaves was greater with Ef. 25 than that with other treatments, although the increase was not statistically significant. Total head yield increased by fertigation with livestock waste solution compared to yield resulting from conventional fertilization. Plant tissue weight was increased according to the increase in concentration of applied livestock waste solution. The soil chemical properties, pH, electrical conductivity, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, available P exchangeable Ca and Mg, all increased with the increased application of livestock waste solution. In conclusion, fertigation of the dilute livestock waste solution on the range of Ef. 25 to Ef. 50 could improve yield and quality in head lettuce.

Key words : head lettuce, livestock waste, highland, soil chemical properties

서 언

환경에 대한 국민적 의식이 점차 높아짐에 따라 모든 분야에서 환경오염원에 대한 규제가 강화되고 있으며 가장 중요하게 대두된 문제중의 하나가 바로 가축분뇨의 처리문제이다. 가축분뇨가 처리되지 않

고 그대로 방류될 경우 BOD, SS 등의 상승요인으로 작용하여 하천 및 상수원의 수질악화를 초래하게 되는 것은 주지의 사실이다. 우리나라의 가축분뇨 발생량은 한육우 2,736천두, 젖소 544천두, 돼지 7,066천두, 닭 88,251천두를 기준으로 할 때 45,732천톤으로 축종별로는 한우가 19,973천톤(44%), 젖소가 6,354천톤(14%), 돼지가 15,540천톤(34%), 닭이

Corresponding author : 김 원 배, 우 232-950, 농촌진흥청 고령지농업시험장 원예과
Fax 033-330-7715, E-mail : wbkim55@rda.go.kr

Table 1. Chemical components of livestock waste solution using for this study. (Unit : mg kg⁻¹)

OM	T-N	T-P	Cation					Heavy metal			
			Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Cd	Zn
2,935	3,515	1,878	2,745	740	1,596	384	234	28	19	0.002	50

Table 2. Physi-chemical properties of soil before cultivation of head lettuce.

pH	EC1:5 (1: 5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mmol kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mmol kg ⁻¹)	Ex.cation(cmol(+) kg ⁻¹)			
						Ca	Mg	K	Na
5.10	31.6	29.6	1,151.3	3.76	7.48	4.63	2.43	0.99	0.14

3,865천톤(8%)의 분뇨를 발생시키고 있다(농림부, 1998). 매년 가축분뇨의 양이 계속 증가되는 추세에 있으나, 재활용율이 낮아 토양, 대기 및 수질오염의 원인이 되기도 한다(김 등, 1993). 농산 및 임산 부산물은 대부분 재활용되고 있으며 가축분뇨는 63%정도가 유기질비료로 생산되어 토양에 환원되는데 시설원에 및 채소재배지에 다량 사용되는 사례가 많다(정, 1994). 유기물은 토양미생물에 의하여 분해되어 각종 영양성분을 작물에 서서히 공급하는 한편 토양입단화작용과 양이온 치환용량, 완충능을 증대시키고 유용미생물이 증가되는 등의 시용효과가 인정되고 있다. 가축분뇨 액비라 함은 축사에서 발생하는 뇨 및 오수에 분이 함유되어 수분함량이 90% 이상인 액상물로서 혐기상태 또는 호기적 연속 폭기 상태에서 부숙된 가축분뇨, 정화처리후 배출되는 1차 처리수 및 가축의 생뇨를 의미한다. 액비중에는 생분에 비하여 질소성분이 인산성분보다 상대적으로 높은 것이 특징이다. 가축분뇨 액비화는 슬러지 축사의 분뇨뿐만 아니라 정화처리 후 방류수로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 축사의 뇨폐수는 정화처리 후 방류시 현행 수질규제기준을 충족시키는데 한계가 있다. 따라서 정화 처리시설을 설치한 축산농가도 정화 후 방류수의 액비화는 환경측면에서 매우 바람직한 수단이다. 유기성 폐자원의 원료는 대부분 외국에서 도입된 축산사료의 분뇨가 대부분 차지하고 있으며 이를 채소의 비료원으로 활용하면 환경오염 부담을 경감하는 효과도 있으며 재배된 채소를 외국에 수출함으로써 국제 경쟁력 제고와 농가 경영의 합리화를 도모하는 효과가 있다. 본 연구에서는

여름철 고랭지에서 재배되고 있는 양채류인 결구상추를 대상으로 액상 돈분뇨를 활용하여 관비재배시 시용효과와 이때의 적정 농도를 구명함으로써 환경오염부담을 경감하고 농가의 고품질 생산을 위한 기술향상과 소득증대를 기하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험의 공시 돈분뇨 발효액은 경기도 여주군에 위치한 접골농장에서 발생한 슬러지돈사에서 나온 돼지액상분뇨로 상지대 이명규 교수팀이 개발한 급속부숙기술(CABR) 로 고농도 액상분뇨를 무취화, 감량화, 발효액비화하여 이용하였다(강 등, 1996). 그 발효처리 액상분뇨(Efflux)의 성상은 Table 1과 같다.

시험장소는 강원도 평창군 도암면 횡계 2리(해발 800m)에서 실시하였으며 시험전 토양의 이화학적 특성은 Table 2와 같다.

본 시험에서 대조구로서 화학비료시용구를 두어 N, P₂O₅, K₂O를 기비로 ha당 120, 150, 70kg(농촌진흥청 표준시비량)씩 시험포장에 사용하였다. 본 시험에 이용한 액상분뇨는 상지대학교 발효액으로 고온 호기성 발효기를 이용하여 제조된 원액을 이용하였다. 이 원액을 기준으로 5배 희석구, 10배 희석구, 25배 희석구, 50배 희석구를 두고 관비방법은 7월 20일부터 주당 0.6리터씩 1일 80리터를 공급하였으며 수확하기 전까지 공급하였다. 시험구 배치는 5처리 3반복의 난괴법으로 실시하였다. 시험구는 6월 9일 파종하여 30일간 육묘한 결구상추(유레이크) 묘를 7월 8일 흑백비닐 피복 후 40×30cm의 재식거리(2조

식)로 1구당 120주씩 정식하였다. 엽장, 엽폭 등 양적형질의 생육조사는 7월 21일에 1차, 7월 31일에 2차, 8월 18일에 3차로 조사하였으며 8월 27일에 수확하여 생육 및 수량을 조사하였다. 토양의 이화학성은 채취한 시료를 실험실로 운반하여 풍건 조제한 후 토양화학분석법(농업기술연구소, 1988)에 준하여 분석하였다. 유효인산은 Mo-blue법으로, 질산태 질소와 암모니아태 질소는 토양시료를 2M KCl추출액으로 침출하여 Kjeldahl법으로 정량하였고, 토양 중 양이온은 토양 10g을 1M Ammonium acetate 100 ml로 침출하여 Atomic absorption spectrophotometer (SHIMADZU AA-680)로 분석하였다. 식물체 분석은 80°C 열풍건조기에서 건조후 분쇄된 시료를 산분해 용액(H₂SO₄ + H₂O₂)으로 습식 분해하여 전질소는 Kjeldahl법으로, 총인산은 Vanadate법으로, 그리고 Ca, Mg, K는 atomic absorption spectrophotometer (SHIMADZU AA-680)로 분석하였다.

結果 및 考察

Table 3. Plant growth of head lettuce under fertigation conditions in highland.

Treatment	Plant growth(cm)					
	July 21		Aug. 18		Aug. 27	
	Leaf length	Leaf width	Leaf length	Leaf width	Leaf length	Leaf width
Control ^z	13.0	4.8	17.3	19.4	19.3	19.4
Ef. 5	13.2	4.6	20.1	21.8	20.7	22.4
Ef. 10	13.2	4.6	23.2	22.7	23.7	23.6
Ef. 25	14.2	5.0	24.0	26.3	24.6	22.1
Ef. 50	14.0	4.9	23.8	24.9	24.3	24.3

^z N : P₂O₅ : K₂O = 120 : 150 : 70kg/ha

Table 4. Mineral nutrient contents of head lettuce harvested according to the different application concentrations under fertigation conditions in highland.

Treatment	Components(%)									
	T-N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
	Aug.18	Aug.27	Aug.18	Aug.27	Aug.18	Aug.27	Aug.18	Aug.27	Aug.18	Aug.27
Control ^z	1.85	3.92	0.03	0.02	0.17	0.29	0.66	1.00	3.89	5.31
Ef. 5	2.58	4.15	0.03	0.04	0.08	0.33	0.67	0.46	5.53	5.59
Ef. 10	4.42	3.89	0.03	0.03	0.45	0.27	0.62	0.38	7.54	4.68
Ef. 25	4.16	4.09	0.03	0.03	0.59	0.39	0.42	0.54	4.75	5.55
Ef. 50	4.95	3.53	0.04	0.03	0.54	0.40	0.57	0.52	7.23	5.30

^z N : P₂O₅ : K₂O = 120 : 150 : 70kg/ha

1. 결구상추의 생육

결구상추의 재배시 유기자원으로서 돈분뇨 발효액의 활용 가능성을 검토하고, 이것을 시용농도별로 처리할 경우 작물생육에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 생육상황을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 결구상추의 7월 21일 조사에서는 엽장 13.2~14.2 cm이고, 엽폭 4.6~5.0 cm으로 나타났으나 유의적인 차이는 볼 수 없었다. 8월 18일 조사에서는 엽장이 17.3~24.0 cm, 엽폭이 19.4~26.3 cm으로 돈분뇨 발효액 5배 희석구의 엽장이나 엽폭이 Control구와 비슷하게 나타났으며, 또한 생육 후기로 갈수록 생육이 왕성한 것으로 나타났다. 엽장, 엽폭 모두 돈분뇨 발효액 25배 희석구와 50배 희석구에서 높았으나 돈분뇨 발효액 5배 희석구를 제외한 처리구간 큰 차이는 보이지 않았다.

2. 결구상추의 양분흡수

결구상추내 T-N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO 등 무기성분 함량은 Table 4와 같이 Control구에 비하여 돈분

Table 5. Head weight of head lettuce harvested according to the different application concentrations under fertigation conditions in highland.

Treatment	Head weight(g)	
	Aug. 18	Aug. 27
Control ^z	219.6 (100) ^y	468.1 (100)
Ef. 5	226.3 (103)	480.5 (103)
Ef. 10	262.0 (119)	568.3 (121)
Ef. 25	354.2 (161)	625.9 (134)
Ef. 50	356.9 (163)	640.1 (137)
LSD(0.05)	58.1	71.2

^z N : P₂O₅ : K₂O = 120 : 150 : 70kg/ha

^y Percentage of head weight of Ef. 5, 10, 25 and 50 times application was compared to control

Table 6. Physi-chemical properties of soils after head lettuce harvesting according to the different livestock waste solutions.

Treatment	pH (1:5)	EC (μ S cm ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg Kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mmol kg ⁻¹)	NO ₃ -N	Ex. cation(cmol(+) kg ⁻¹)			
							Ca	Mg	K	Na
Control ^z	5.26	140.7	32.8	1129.5	6.05	6.70	5.14	1.38	1.03	0.04
Ef. 5	5.11	149.1	31.4	1158.7	3.28	7.75	4.62	1.20	0.78	0.09
Ef. 10	5.27	102.5	28.1	033.3	4.88	5.45	4.90	1.28	0.57	0.11
Ef. 25	5.63	161.2	29.3	1201.0	4.00	8.03	5.45	1.60	1.52	0.06
Ef. 50	5.44	128.7	31.2	1176.2	5.25	5.60	4.73	1.51	0.98	0.08

^z N : P₂O₅ : K₂O = 120 : 150 : 70kg/ha

노 발효액 처리구에서 높은 것으로 나타났다. 전질소는 3.53~4.15 %이며 Ef. 5배액에서 4.15%로 토양 중의 질소농도가 높을수록 식물체의 질소 흡수량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 이 등(1995)이 토양 중의 질소함량이 높을수록 벼에서 질소 흡수량이 증가하였고, 이 등(1998)이 상추 양액재배에서 NO₃ 농도가 높을수록 체내의 NO₃ 함량이 증가하였다는 보고와 유사한 결과였다. 유효인산의 함량은 0.02~0.04%로 시용 수준에 관계없이 유사한 것으로 나타났으며 반면에 CaO와 K₂O는 토양에서의 농도가 높고 돈분뇨 발효액 처리농도가 낮은 Ef. 25배 희석구와 Ef. 50배 희석구에서 높게 나타났다.

3. 결구상추의 수량성

결구초기와 결구 최성기의 결구상추 1구중은 Table 5에서 보는 바와 같이 전술한 처리별 엽의 생육과 같은 경향으로 돈분뇨 발효액 처리구에서 화학비료를 표준량 시비한 Control구에 비해 무거운 것으

로 나타났다. 결구초기인 8월 18일 수확시 1구중은 Ef. 50배 희석구와 Ef. 25배 희석구에서 Control구보다 각각 63%, 61% 무거웠으며 그다음 Ef. 10배 희석구, Ef. 5배 희석구 순 이었다. 결구최성기인 8월 27일 수확시 처리별 1구중도 마찬가지로 양상이었으나 8월 18일 수확시의 경우보다 Ef. 50배 희석구와 Ef. 25배 희석구의 Control구 대비 구중증가율이 각각 39%, 34%로 낮게 나타났다.

이와같은 결과로 보아 결구상추의 관비재배시 돈분뇨 발효액의 시용은 결구 촉진에 의한 수량 증대에 효과적임을 알 수 있었으며 이때의 처리농도는 Ef. 50배액이 적당한 것으로 판단되었다.

4. 토양의 이화학적 특성

Table 6은 표토의 시험후 토양의 이화학적 특성을 나타낸 것이다. 시험전 토양의 화학적 특성표 2와 대체적으로 비슷하였다. pH는 5.1~5.6의 범위로 평균 5.3이며 고농도인 돈분뇨 발효액 5배 희석구에서 낮

게 나타났다. 이와같은 결과는 윤 등(1993)이 발효돈분을 토양에 시용하였을 때 시용량이 증가할수록 pH가 낮아졌다는 보고와 일치하며, 김 등(1996)이 결구상추의 수경재배시 암모니아태 질소의 농도가 높을수록 pH가 낮아진다고 보고한 바가 있다. 전기전도도는 102.5~161.2 uS/cm의 범위로 평균 131.8 uS/cm였으며 이는 시험전의 31.6 uS/cm에 비하여 전체적으로 증가한 경향을 보였다. 그 중에서도 돈분뇨 발효액 Ef. 25배액 처리구에서 161.2 uS/cm로 가장 높았다. 유기물함량은 시험 전에 29.6 g kg⁻¹였으나, 시험 후에는 28.1~32.8 g kg⁻¹로 평균 30.6g kg⁻¹였으며 시험 전보다 약간 증가한 경향을 보였다. 토양중 유효인산함량은 시험전에 1,151.3 mg kg⁻¹이었고, 시험후에는 Control구에서 1,129 mg kg⁻¹인데 비하여 돈분뇨 발효액구에서는 1,033.3~1,201.1 mg kg⁻¹의 범위로 돈분뇨 발효액 25배 희석구에서 1,201.1 mg kg⁻¹로 인산이 약간 증가한 경향을 보였다. 토양 중 무기태질소 함량을 보면 질산태질소 함량이 시험 전에 비하여 시험 후 전반적으로 줄어든 경향이였으며, 암모니아태질소 함량은 증가한 것으로 나타났다. 치환성양이온 함량은 시험 전에 비하여 별 다른 변화가 없었다.

사사

본 연구는 농림부 1998년도 농림기술개발연구과제비(과제관리번호:197043-3)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드리는 바입니다.

적 요

돈분뇨 발효액비를 양채류인 결구상추의 재배에 비료원으로 활용하면서 환경오염 부담을 경감하고자 강원도 고령지 지역인 대관령에서 수행한 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 돈분뇨 발효액을 토양에 처리하였을 때 대조구인 화학비료시용구에 비해서 결구상추의 생육이 증가하는 경향을 보였으며, 수량은 돈분뇨 발효액 처리구에서도 저농도인 50배

희석구에서 가장 높았다. 돈분뇨 발효액 처리시 결구상추에 흡수되는 영양소 함량은 대조구인 화학비료시용구에 비해 증가되는 경향이였으며, 돈분뇨 발효액 희석구와 비교할 때 유의성있는 차이를 보여주지 않았다. 시험전 토양에 비해 돈분뇨 발효액을 처리한 후 pH, EC, 토양의 질소(NH₄-N, NO₃-N), Av. P₂O₅, Ex. Ca 및 Mg함량은 뚜렷한 변화가 없었다. 본 시험결과 돈분뇨 발효액에는 많은 양의 비료성분을 함유하고 있어 과다 시용시에는 작물피해는 물론 토양이나 지하수를 오염시킬 수 있기 때문에 결구상추의 경우 관비재배시 50배 희석하여 시용하면 작물생육과 환경측면에서 매우 바람직하다고 판단되었다.

추가주요어 : 결구상추, 돈분뇨 발효액, 고령지 토양이화학성

인용문헌

- 정광용. 1994. 유기성산업폐기물의 농업적이용. 유기농업의 현황 및 발전 방향에 관한 심포지엄(농업과학기술원). pp. 203~229.
- 강석진, 이명규, 임상철. 1996. 축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효 시스템 개발. 농림부 연구보고서
- 김승한 외 4인. 1996. NO₃-N, NH₄-N의 비율이 산채류의 생육에 미치는 영향, 원예학회 발표요지 Vol. 14. No. 2.
- 김수생, 신항식. 1993. 유기성폐기물의 자원화와 폐기물관리. 한국유기성폐기물 자원화학회지 1(1): 5~19.
- 이용호, 이병일, 김기덕, 이재욱, 권영삼. 1998. 양액의 온도 및 pH에 따른 상추와 미나리의 NO₃⁻ 함량 및 글루타민 합성효소의 활성. 한원지 39(2):157~160.
- 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청 pp.20~123.

(접수일 2001. 1. 2)

(수리일 2001. 2. 7)