

원예용 완효성 복합비료의 고추에 대한 시비효과 평가

이창훈¹⁾ · 이 협²⁾ · 하병연³⁾ · 강창순³⁾ · 이용복⁴⁾ · 김필주^{1,5)*}

¹⁾경상대학교 대학원 응용생명과학부, ²⁾진주산업대학교 작물생명과학과, ³⁾(주)남해화학 중앙연구소

⁴⁾농업과학기술원 식물영양과, ⁵⁾경상대학교 농업생명과학원

(2007년 9월 10일 접수, 2007년 9월 20일 수리)

Evaluation of Fertilization Effect of Slow-Release Complex Fertilizer on Pepper Cultivation

Chang-Hoon Lee¹⁾, Hyub Lee²⁾, Byung-Hyun Ha³⁾, Chang-Sun Kang³⁾, Yong-Bok Lee⁴⁾, and Pil Joo Kim^{1,5)*} (¹⁾Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea; ²⁾Department of Crops Biotechnology, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea; ³⁾Product Development Team, Namhae Chemical Co., Yeosu, 555-250, Korea; ⁴⁾Division of Plant Nutrition, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, 441-707, Korea; ⁵⁾Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, South Korea)

ABSTRACT: Slow-release fertilizers (SRF) have been used to reduce nutrient loss through increasing fertilizer efficiency and to save labor. Several SRFs were developed for rice plant in Korea, but there is few for horticultural crop plants. Two slow-release complex fertilizers, 100T and 150T, which made for controlling nitrogen release time up to 100 and 150 days, respectively, were selected for the incubation test to evaluate nitrogen (N) release rate in soil. The N of urea selected as the control was completely released within a week after application. Sixty three and 53% of total N were released from 110T and 150T of slow release fertilizers within 8th weeks after application, respectively. For pepper cultivation, CF110 and CF150, new slow-release complex fertilizer, were made of mixing 40% of conventional fertilizer and 60% of 110T and 150T, respectively, based on the amount of recommended fertilizer for pepper cultivation ($N-P_2O_5-K_2O=190-112-149 \text{ kg ha}^{-1}$), and were totally applied before pepper transplanting in the field as the basal fertilizer. Inorganic N ($NH_4^+-N + NO_3^-N$) concentration in soil was higher in the CF110 treatment than in the control (NPK) at all period of pepper cultivation. In the CF150 treatment, concentration of inorganic N in soil was low compared to control up to 8th weeks after transplanting. However, there was no difference in plant height and nutrient content of pepper leave between CF110 treatment and the control. In comparison, plant height was significantly lower in CF150 than the control and CF110 treatments. Around 4% of fresh pepper yield was increased in CF110 compared to the control, but it was decreased to about 2% by CF150 treatment. Conclusively, CF110 form could be recommended as a slow release fertilizer for pepper cultivation.

Key Words: slow release fertilizer, pepper, complex fertilizer

서 론

일반적으로 농작물 재배에 있어 화학비료 중 질소와 칼륨 성분은 전체 시용량의 약 40-70%를 기비로서 사용하고, 나머지를 몇 차례 걸친 분시가 추천되고 있다. 특히 보비력이 약한 우리나라 농경지 토양에서 작물의 안정된 수량 확보를

위해서 속효성 화학비료의 분시는 반드시 필요한 것으로 받아들여지고 있으며, 이에 따라 요구되는 추가 노동력은 농산물의 가격경쟁력을 저하 시키는 원인이 되고 있다¹⁾.

비료성분의 용출율을 자유롭게 조절할 수 있는 완효성 비료는 양분의 지속적 공급을 통해 비료성분의 손실을 저감하여 이용률을 증진시키고 시비노력 절감과 환경오염의 경감 등의 다양한 이점을 가지고 있어 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 완효성 비료는 반세기 전부터 개발되기 시작하였으며²⁾, 우리나라에서는 1990년대 후반부터 벼에 대한 완효성 비료의 비효평가 시험이 이루어지기 시작하면서 사용

*연락처:

Tel: +82-55-751-5466, +82-31-290-0315

Fax: +82-55-757-0178

E-mail: pjkim@nongae.gsnu.ac.kr, soiltest@daum.net

량이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다^{3,6)}. 그러나 지금까지 개발되어 판매되고 있는 완효성 비료의 대부분은 수도용에 국한되고 있으며, 기타 원예작물용 완효성 비료의 개발은 거의 이루어지지 않고 있다.

농작물 중 원예작물은 농가 수익이 가장 높은 것으로 알려져 있으며, 재배농가로부터 완효성 비료의 개발에 대한 요구가 꾸준히 증가되고 있는 실정이다. 특히 고추는 채소작물로서 원예작물 중 재배면적이 가장 넓으며, 2002년 72,104 ha의 면적에서 재배되어 전체 채소재배면적의 21.6%를 차지하고 있는 중요한 채소작물이다. 비료제조 입장에서 고추용 완효성 복합비료의 개발은 우리나라 원예용 완효성 비료의 이용확대에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 질소성분을 기준으로 토양에서 용출율이 110일과 150일로 조절되어 제조된 완효성 복합비료가 고추생육 및 수량, 그리고 토양의 이화학적 특성에 미치는 영향을 평가하여 고추용 적정 완효성 비료 형태를 추천하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험에 이용된 완효성 비료는 Latex 피복율에 따라 비료성분 용출율이 조절되는 피복 완효성 복합비료이다. 복합비료 중 질소의 용출율을 기준으로 비료성분 용출율이 각각 110일과 150일로 조절되도록 완효성 복합비료 110T와 150T를 제조하여, 실제 토양조건에서 질소 용출율을 다음과 같은 방법으로 평가하였다. 완효성 복합비료 110T와 150T를 2 g 씩 0.5 mm 크기의 그물망에 넣은 후, 시험포장에 10 cm 깊이로 묻어서 8주간 질소 용출율 변화를 조사하였다⁷⁾. 이때 대조구로 요소처리를 동일한 방법으로 설치하였다. 완효성 비료의 질소 용출율은 시간의 경과에 따라 잔존 질소량을 분석하여 [질소 용출율(%)=(B-A)/B×100]의 계산식으로 산출하였다. 여기서 A는 그물망 속에 잔존하는 질소의 총량, B는 시험 전 완효성 비료의 질소 총량을 의미한다.

고추 재배시험은 경남하동군 양보면 소재의 미사질 양토의 일반 밭 토양에서 실시하였다(Table 1). 2005년 5월 19일 대명품종을 재식거리: 40 cm×75 cm으로 정식하여 9월 3일까지

재배 하였다. 재배 기간 중 8월 12일과 9월 3일 두 번에 걸쳐 풋고추의 수량과 초장을 조사하여 생육 및 수량특성을 평가 하였다.

완효성 복합비료, CF110과 CF150은 질소 용출율 시험에 사용된 완효성 복합비료 110T와 150T를 이용해서 다음과 같이 제조되었다. CF110은 고추재배에 대한 NPK 추천시비량(N-P₂O₅-K₂O=190-112-149 kg ha⁻¹)⁸⁾의 60%에 해당하는 110T 완효성비료와 나머지 40%에 해당하는 요소, 염화加里, 용과린을 혼합하여 제조하였다. 그리고 CF150도 CF110과 같은 방법으로 제조 하였다. 이때, CF110과 CF150은 고추 정식 5일 전에 전량 밀거름으로 시비하였다. 대조구인 관행 처리구(NPK)는 추천시비량(N-P₂O₅-K₂O: 190-112-149 kg ha⁻¹) 중 질소의 55%는 요소를 이용하여 정식 5일 전에 밀거름으로 시비하고, 나머지 45%는 15%씩 3회에 걸쳐 분시하였다. 그리고 칼리는 추천시비량의 60%를 밀거름으로 시비하였고, 나머지 20%, 10%, 10%를 질소와 같은 시기에 분시하였다. 이때 인산은 전량 기비로서 사용하였다. 퇴비는 농촌진흥청 시비처방기준⁹⁾에 의해서 정식 5일전에 전 처리구에 15 Mg ha⁻¹을 사용 하였다(Table 2).

완효성 복합비료의 질소 공급효과를 조사하기 위해 고추 재배 기간 중 토양 내 NH₄⁺-N과 NO₃⁻-N의 함량변화를 분석하였고, 시험전후 토양의 이화학적 특성 변화와 수확 후 엽내 무기성분 함량은 농촌진흥청 식물체 및 토양분석법에 준하여 조사하였다⁹⁾.

결과 및 고찰

완효성 비료의 질소 용출 특성

요소처리구의 질소는 처리 후 1주차에 전량 토양으로 용출되었다. 그러나 완효성 복합비료 110T 처리구의 질소 용출율은 1주, 8주차에 각각 10%와 63%로 나타났으며, 토양에 처리 후 8주까지의 질소 용출율과 시간(주)사이에는 $y = -0.727x^2 + 14.33x - 5.03$ (R²=0.995)의 관계가 성립되었다(Fig. 1). 그리고 완효성 복합비료 150T 처리구의 8주차 질소 용출율은 약 53% 이었고, 8주까지의 질소 용출율과 시간(주)사이에는 $y = -0.394x^2$

Table 1. Chemical properties of soils used in the experiment

pH (1:5 with H ₂ O)	OM (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)		
				K	Ca	Mg
4.9	21.7	1.83	68.3	0.15	2.5	0.41

Table 2. Chemical properties of compost used in the experiment

Moisture content (%)	Total concentration (g kg ⁻¹)					
	C	N	P	K	Ca	Mg
35.8	35.2	13.4	5.0	10.3	0.37	2.72

+10.44x-4.92(R²=0.995)의 관계가 성립되었다. 본 시험에서 사용된 두 가지 유형의 완효성 복합비료는 처리 초기(1주차) 질소 용출율은 10% 미만이었다. 그러나 Kang¹⁰⁾ 등의 복에 따르면 논토양에서 Latex로 피복된 완효성 비료의 초기 질소 용출율은 약 25% 이상인 것으로 알려져 있어, 논토양과 본 조사조건인 밭 토양에서의 질소용출 특성 간에는 큰 차이가 있음을 볼 수 있었다. 완효성 비료 질소 용출율은 Latex의 피복 율에 의해 가장 큰 영향을 받지만, 토양의 수분함량과 온도조건에도 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다^{7,10)}.

토양 중 무기태 질소 함량변화

토양 내에서 요소는 urease에 의해서 빠르게 가수분해되어 NH₄⁺-N의 형태로 전환되며, 생성된 NH₄⁺-N는 밭토양과 같이 토양 내 산소공급이 충분한 조건에서는 질산화 작용에 의하여 NO₃⁻-N으로 쉽게 산화되는 특성을 가지고 있다. 본 시험에서 완효성 복합비료의 질소 공급효과를 조사하기 위해 고추생육 기간 중 5번(3, 6, 8, 12, 16주째)의 토양 내 NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 함량변화를 조사하여 Table 3과 같은 결과를 얻었다. 비교구인 NPK 처리구에서 무기태 질소 함량은 시간이 경과함에 따라 크게 감소되었으며, 이때 무기태 질소 중 NO₃⁻-N 함량은

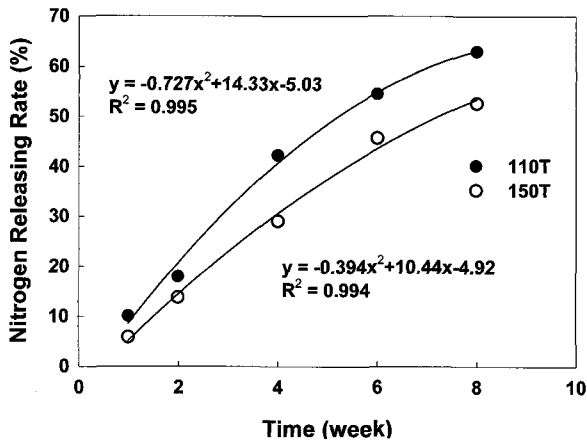


Fig. 1. Releasing patterns of nitrogen from slow-release complex fertilizers (100T and 150T) after field application. Herein, total nitrogen of urea was released within 1 week after application.

NH₄⁺-N 함량보다 약 30-45% 더 높은 것으로 조사되었다.

고추 정식 후 3주차 토양 내 무기태 질소함량은 NPK, CF110, CF150 처리구에서 각각 약 62, 70, 58 mg kg⁻¹로 CF110 처리구가 비교구(NPK) 보다 약 10% 이상 높았으며, CF150 처리구에서는 오히려 약 6% 정도 낮은 것으로 조사되었다. NPK 처리구는 정식 2주차에 28.5 kg ha⁻¹의 질소가 분시 되었으므로 정식 3주차까지 시비된 질소의 총량은 133 kg ha⁻¹이다. 그리고 Fig. 1의 질소용출율과 시간과의 관계식을 이용하여 3주차까지 추정된 질소 용출율은 CF110, CF150 처리구에서 각각 31.4%, 22.8%이고, 이 용출율로부터 추정된 질소 공급량은 각각 111.8 kg ha⁻¹, 102 kg ha⁻¹이다. 따라서 정식 후 3주차까지 실제 포장에 투입된 질소량은 NPK 처리구가 CF110 처리구보다 21.2 kg ha⁻¹이 많았으나 토양에 잔존하는 무기태 질소량은 오히려 낮게 분석되었다. 이는 NPK 처리구에서 완효성 복합비료 처리구에서 보다 시비 질소의 유실이 많게 이루어 졌기 때문으로 사료된다.

생육초기 6주까지 완효성 복합비료 처리구의 토양 내 NH₄⁺-N 함량이 NPK 처리구보다 높았으며, 상대적으로 NO₃⁻-N 함량은 낮은 것으로 조사되었다. 이는 밭 토양에서 질소질 비료 보존 측면에서 큰 의의를 가지는 것으로 평가된다. 즉 밭 토양에서 NO₃⁻-N는 강우와 침투수에 의해 많은 양이 세탈과 용탈을 통해 손실될 수 있으며, 탈질작용을 통해 상당량의 질소가 대기 중으로 손실되는 것으로 알려져 있다¹¹⁾. 이와는 상대적으로 NH₄⁺-N는 토양교질에 비교적 강한 힘으로 흡착되는 특성을 가지고 있어 상대적으로 수분 이동에 의한 손실이 적어 다소 높은 보존력을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서 밭 토양에서 완효성 복합비료를 속효성 요소비료와 동일량 처리 하더라도 토양 내 NO₃⁻-N 함량이 낮아지고 NH₄⁺-N 함량이 높아지는 효과 때문에 질소손실을 다소 줄이는 효과가 있을 것으로 평가된다.

고추의 생육특성

완효성 복합비료 시용에 따른 고추의 양분흡수특성은 Table 4에서 보는 바와 같다. 수확기 고추 엽 중 질소 함량은 NPK와 CF110 처리구 사이 큰 차이는 발생하지 않았으나 CF150 처리구에서는 약 4% 정도 낮은 함량을 보였다. 그리고 엽 중 인

Table 3. Changes of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N concentration (mg kg⁻¹) in soil during pepper cultivation

Nitrogen	Weeks	NH ₄ ⁺ -N					NO ₃ ⁻ -N				
		3	6	8	12	16	3	6	8	12	16
Treatment	NPK	21.8	22.0	21.3	18.5	18.5	39.7	33.1	28.3	24.6	26.9
	CF110	31.4	25.7	19.0	19.1	19.1	38.3	29.2	21.6	24.5	29.3
	CF150	25.7	24.1	20.5	18.7	18.7	32.1	30.0	24.6	26.9	29.1
	LSD _{0.05}	3.1	2.5	ns	ns	ns	4.2	2.3	3.6	ns	2.8

*ns means not significant at p=0.05.

산, 칼슘, 마그네슘 함량은 처리 간에 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으며, 칼리함량은 완효성 복합비료 처리구가 속효성 화학비료 NPK 처리구에 비해 약 25% 증가하는 것으로 조사 되었다. 본 연구에서의 단편적 조사만으로 완효성 복합비료 시용에 따른 고추 엽중 칼리함량 증가에 대한 원인을 명확하게 설명을 할 수는 없으며, 원인에 대한 추가적인 정밀한 평가가 있어야 할 것으로 판단된다.

완효성 복합비료 시용에 의한 수확기 고추의 초장은 처리 간에 뚜렷한 차이가 발생되지 않았다(Table 5). 단지 생육초기(7월 4일) CF150 처리구에서 고추의 초장과 수량이 NPK와 CF110 처리구에 비해 다소 낮은 것으로 조사되었다. 이때 완효성 복합비료 CF110 처리는 풋고추 수량을 비교구(NPK)에 비해 4% 증수되었으며, CF150 처리구에서는 오히려 약 2%의 전체 수량이 감소되었다(Table 5). 특히, 첫 번째 수확에서 완효성 복합비료 CF150 처리구는 NPK에 비해 약 12%가 수량감소가 발생되었다.

결과적으로 완효성 복합비료 CF110은 한 번의 밑거름 시용으로 3번에 걸쳐 비료가 분사된 NPK 처리구와 대등한 질소

공급효과와 초장생육을 보였으며, 수량도 다소 증가시키는 효과가 있었다. 이는 분시에 필요한 노동력을 절감을 통해 농산물이 가격경쟁력을 갖추는데 기여 할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 질소용출율이 150일 조절된 완효성 복합비료 CF150은 고추생육 중반이후에 질소 공급에는 긍정적인 측면이 있었으나, 초기 질소용출이 낮아 생육초기 고추 생육과 수량에 부정적인 영향을 미쳤다.

시험 후 토양의 이화학적 특성

Table 6에서 보는 바와 같이 토양 pH, 유기물, 유효인산, 치환성양이온의 함량은 처리간에 큰 차이가 없었다. 그러나 완효성 복합비료 CF150 처리구는 NPK와 CF110 처리구에 비해 전 질소 함량이 약 18% 높은 것으로 분석되었다. 이는 CF150의 질소가 용출지연으로 토양 중에 잔존하기 때문으로 해석된다. 따라서 CF150 Type의 완효성 복합비료는 작물에게 적절한 시기에 질소를 공급하지 못할 뿐 아니라 지속적인 시용이 발생 시에는 토양 내 질소함량을 증가시켜 환경오염의 유발 가능성이 있을 것으로 평가된다.

Table 4. Nutrient contents of pepper leave after harvesting (unit: g kg⁻¹)

Treatment	N	P	K	Ca	Mg
NPK	37.5	2.8	31.6	10.6	3.1
CF110	37.6	2.7	42.4	10.5	3.1
CF150	36.1	2.8	42.1	10.5	3.0
LSD _{0.05}	0.8	ns	4.5	ns	ns

ns means not significant at p=0.05.

Table 5. Changes of plant height and fresh yield of pepper

Growth & yield	Plant height (cm)			Fresh pepper yield (Mg ha ⁻¹)			
	Investigation (day/month)	4/7	12/8	3/9	12/8	3/9	Total
Treatment	NPK	94	106	107	17.2	16.3	33.5
	CF110	96	108	109	18.2	16.8	35.0
	CF150	85	105	107	15.2	17.5	32.7
LSD _{0.05}	4	ns	ns	1.6	ns	ns	

*ns means not significant at p=0.05.

Table 6. Selected properties of soil after pepper harvesting

Treatment	pH (1:5 with H ₂ O)	OM (g kg ⁻¹)	T-N (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
NPK	5.1	25.4	7.3	164.3	0.55	6.2	1.1
CF110	5.1	26.4	7.1	164.2	0.58	6.1	1.0
CF150	5.2	25.7	8.6	169.4	0.58	6.3	1.0
LSD _{0.05}	ns	ns	0.4	ns	ns	ns	ns

*ns means not significant at p=0.05.

요 약

고추작물의 생육기간 중 양분요구특성에 부합하는 새로운 완효성 복합비료를 개발하기 위해 질소 용출율이 110일과 150일로 조절된 완효성 복합비료 110T와 150T를 제조하여 포장 조건에서 질소용출특성을 조사하였다. 그리고 고추에 대한 관행시비량 기준으로 60%의 완효성 복합비료 110T, 150T와 40%의 속효성 비료를 혼합하여 제조한 원예용 완효성 복합비료 CF110과 CF150의 토양 내 질소 용출 특성과 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향을 관행처리(NPK)와 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

밭 토양조건에서 완효성 질소비료 110T와 150T의 질소 용출율은 시용 8주경과 후 각각 63%, 53%가 용출되어 원예작물인 고추재배에 적용성이 높을 것으로 평가되었다. 원예용 복합비료 CF110과 CF150을 전량 기비로 사용하여 고추를 재배하였다. 고추의 전 생육기간 동안 토양 내 무기태 질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$ 과 $\text{NO}_3^-\text{-N}$) 함량은 원예용 완효성 복합비료 CF110 처리구에서 NPK 처리구에 비해 높았다. 그러나 CF150 처리구에서 토양 중 무기태 질소 함량은 정식 후 8주까지 NPK 처리구에 비해 낮았다. 원예용 완효성 복합비료 CF110 처리구와 NPK 처리구사이의 고추 생육과 무기성분 함량은 뚜렷한 차이가 없었지만, 수량은 CF110 처리구에서 NPK 처리구에 비해 4% 증수 되었다. 그러나 원예용 완효성 복합비료 CF150 처리구는 NPK 처리구에 비해 수확 후 엽중 질소함량이 낮았으며, 수량도 2% 감소되었다. 따라서 고추재배를 위한 적합한 완효성 복합비료는 CF150 보다는 CF110이었다.

감사의 글

본 과제는 (주)남해화학의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이창훈은 교육인적자원부 제2단계 BK21 사업의 장학금을 수혜받았음.

참고문헌

- 이호진, 김수형, 이석순. 1994. 중부와 남부지역 벼 건답 직파재배의 생산성과 수익성. *한작지*. 39(5):512-518.
- Lunt, O. R. 1971. Controlled-release fertilizer achievements and potential. *J. Arg. Food Chem.* 19:797-800.
- Back, J. H., Jang, M. H., Lee, S. H., Lee, S. J., Lim, J. Y., and Kim, B. J. 2001. Effects of slow-release nitrogen fertilizers, latex coated urea and Meister 10, on direct seeded rice in dry soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 34(6):407-412.
- Park, K. D., Kwen, H. Y., Park C. Y., Jeon, W. T., and Kim, C. S. 2002. Effect on co-situs application of coated urea complex fertilizer in dry seeded rice. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 35(5):264-271.
- Lee, K. B., Park, C. W., Park, K. L., Kim, J. G., Lee, D. B., and Kim, J. D. 2005. Nitrogen balance in paddy soil of control-release fertilizer application. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 38(3) 157-163.
- Kim, S. S., Choi, W. Y., Back, N. Y., Choi M. G., Park, H. K., and Nam, J. K. 2006. Recommendation rate of slow release nitrogen fertilizer application for early dry seeding culture of rice in Honam plain area. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 39(5):292-297.
- Yoo, C. H. 1999. Application effects of latex coated urea on fertilizer N-use efficiency and environment in rice paddy. Wonkwang University. Doctoral thesis.
- RDA. 1999. Fertilization Standard of Crop Plants. National Institute of Agricultural Science and Technology. p. 148. RDA, Suwon.
- RDA (Rural Development Administration, Korea). 1988. Methods of Soil Chemical Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA, Suwon.
- Kang, B. H., Ha, B. Y., Park, K. D., Park, M. S., Sohn, B. K., Jung, Y. K., Heo, J. S. and Cho, J. S. 2002. Nitrogen release and polymer degradation properties of polymer-coated urea fertilizer in soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 35(5):264-271.
- 이재홍. 1999. 벼 담수직파재배에서 완효성비료, 요소가 수분해억제제 및 질산화억제제의 시비질소 손실경감효과. 서울대학교 대학원 석사학위논문.