

Imidacloprid 피복 요소 혼합제제의 특성 및 시용효과

박기도 · 강위금 · 이재생 · 박창영 · 박경배 · 하호성* · 강규영*
영남농업시험장 · 경상대학교 농과대학*

Properties and Application Effects of Imidacloprid Coated Urea

Ki-Do Park, Ui-Gum Kang, Jae-Saeng Lee, Chang-Young Park, Kyeong-Bae Park,
Ho-Sung Ha,¹⁾ Kyu-Young Kang¹⁾ (National Yeongnam Agricultural Experiment Station, RDA,
Milyang 627-130, Korea · ¹⁾Agricultural College, Gyeongsang Nat'l University, Chinju 660-701,
Korea)

Abstract : This study was conducted to develop labor-saving pesticide-fertilizer mixed formulation through a single application of mixed formulation of an insecticide imidacloprid coated on a slow release urea.

The release of both total nitrogen and imidacloprid into water was delayed with increasing adhesive. Imidacloprid was released out 95% within 24 hours, whereas total nitrogen released in mixed formulation until 40 days was released less extent by increasing adhesive. There was no difference between pesticide-fertilizer mixed formulation and coated urea thereafter. The content of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the soil treated with pesticide and urea seperating was higher until 10 days but gradually decreased compare to that of pesticide-fertilizer mixed formulation or coated urea. The population density of nitrate reducing bacteria and denitrifying bacteria in soil after treatment were lower in the pesticide-fertilizer mixed formulation and coated urea than those of pesticide and urea separate treatment. The residue of imidacloprid in soil was slightly higher in the treatment of pesticide alone than the pesticide-fertilizer mixed formulation and pesticide and urea seperating treatment. The population and control efficacy of small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*, were not significance different among treatments.

Key words : Pesticide, Fertilizer, Residue, small brown planthoppe

서 언

작물재배에 있어 농약과 비료의 사용은 수확물의 수량증대와 품질향상을 위하여 필수적이거나 비료시비 및 농약살포의 생력화를 위하여 농약과 비료를 혼합한 농약비료혼합제의 연구가 일본, 미국, 유럽 등지에서 이루어졌으며^{1,2,3,4,5)}, 국내에서도 수년전부터 수행되고 있다.^{5,6,7,8)}

關本 등^{2,3,4)}에 의하면 복합비료(14-2-17)에 도복경감제 Uniconazole-P를 0.012%, 0.008%, 0.005% 수준으로 혼합한 농약비료혼합제 스미시요토-14, 스미시요토-21, 스미시요토-28을 개발하여 벼에 실험

한 결과를 보면 관행재배에 비하여 스미시요토-14가 8.5%, 스미시요토-21가 9%, 스미시요토-21이 8%의 초장 단감효과가 있었으며, 수량은 스미시요토-14가 6%, 스미시요토-21가 31%, 스미시요토-21이 15% 향상되었다고 보고하였다. 그리고, 스미시요토-21을 수도에 처리하였을 때 성숙기 식물체의 질소흡수율 6.84 kg/10a로 관행의 5.93kg/10a에 비해 15% 이상 높았다고 보고하였다.

庄子¹⁾에 의하면 축조시비전용 Isobutyludene 042와 침투이행성 살충제 칼타염산염을 혼합한 Ercilon042를 벼에 축조시용한 결과, 농약 단독살포보다 용출은 2~3일 지연되었지만 약효가 2개월

이상 지속되었다고 보고하였다.

또한, 일본에서는 화학적으로 반응성이 낮고 농약 성분의 분해를 조장하지 않으며 완효성인 Isobutylaldehyde urea에 제초제 Diamate를 혼합한 제초제 혼입비료 “Yuckrees”와 Isobutylidene비료와 Paclobutrazol을 혼합한 도복경감제 혼입비료 “Emmighty” 등이 시판되고 있다¹⁾.

박 등⁹⁾은 분얼비용 요소에 acrylic acid wax를 수준별로 피복하고 제초제 thiobencarb, mefenacet등 5종을 피복식으로 농약비료혼합제를 제조하여 시험한 결과, 농약주성분이 24시간내에 90%이상 용출되었고 질소는 처리 10일만에 23.8~92.9% 용출되어 처리수준간에 큰 차이를 보였으며, 일년생 및 영년생잡초의 제초효과는 대조인 마무리입제가 85.9%와 93.9%인데 비하여 농약비료혼합제는 87.0%와 98.1%로 높았고 수량에 있어서는 유의성이 없었다고 보고하였다.

본 연구에서는 생력화를 위해 1회의 기비로 더 이상 추비가 필요없는 완효성 피복요소에 생육초기 발생하는 애멸구 방제를 위해 살충제 imidacloprid를 피복하여 제조한 농약비료혼합제로서 농약의 용출조절을 위해 접착제를 일정한 수준별로 첨가하여 그 용출특성을 조사하였고 벼 재배시 용출 및 잔류, 방제가 등을 구명하여 완효성 농약비료혼합제 개발의 기초자료로 활용키 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시제품 제조

농약비료혼합제 제조에 사용된 피복요소는 질소 함량이 40%이며 polyolefin 계 수지로 피복된 Meister S-10⁹⁾, 농약은 살충제로써 벼멸구, 애멸구 등에 우수한 약효를 나타내는 Bayer사의 순도 95% Imidacloprid 원제¹⁰⁾를 사용하였다. 접착제는 (주)Cosseal의 polyacrylic acid type의 high molecular anionic surfactant¹¹⁾, 보조제는 white carbon을 사용하였다.

농약비료혼합제는 피복법으로 제조하였는데 그 과정은 K5SS pilot mixer에 평량한 피복요소와 접착제를 넣어 수분간 섞은 후 imidacloprid와 White carbon을 premixing한 것을 첨가하여 수분간 혼합하였다. 피복요소와 premixer의 혼합과정은 위의 과정을 2~3회 반복한 후 50~60℃의 건조기에서 2~3시간 건조시킨 후 선별하여 시료로 사용하였으며 농약단제는 깨끗이 씻은 모래를 1~2mm 크기로 선별하여 위와 같은 과정으로 표1과 같이 제조하였다.

Table 1. Formulation recipes for mixtures of imidacloprid

Formulation ¹⁾	Component(%)			
	Imidacloprid	Adhesive ²⁾	Adjuvant ³⁾	Carrier ⁴⁾
Pesticide-fertilizer mixed formulation I	0.3	2.0	1.5	96.2
" II	0.3	3.0	1.5	95.2
" III	0.3	4.0	1.5	94.2
Pesticide I	0.3	2.0	1.5	96.2
" II	0.3	3.0	1.5	95.2
" III	0.3	4.0	1.5	94.2

1) Formulation

- Pesticide-fertilizer mixed formulation I :adhesive 2.0%
- Pesticide-fertilizer mixed formulation II :adhesive 3.0%
- Pesticide-fertilizer mixed formulation III :adhesive 4.0%
- Pesticide I : adhesive 2.0%
- Pesticide II : adhesive 3.0%
- Pesticide III : adhesive 4.0%

2) Polyacrylic acid type polymer anionic surfactent

3) White carbon

- 4) Pesticide-fertilizer mixed formulation I, II, III : Coated urea
- Pesticide I, II, III : Sand

2. 농약비료혼합제의 용출특성 분석

시제품의 농약주성분 수중용출은 주성분함량으로 100ppm이 되게 3.33g 평취하여 300ml 삼각flask에 넣은 후, 여기에 100ml의 acetonitrile을 가해서 약 10분간초음파로 추출한후 dimethyl phthalate(DMP)를 내부표준물질로 하여 HPLC로 분석하였다. μ Bondapak C18 radial-pak[3.9mm(I.D)×30mm(L)] column에 water와 acetonitrile을 2.5:1(V/V)로 혼합한 eluent를 1.5ml/min씩 흘렸으며 UV detector의 파장은 270nm였다.

농약비료혼합제와 피복요소중 질소성분의 수중용출율은 500ml 삼각flask에 농약비료혼합제 및 피복요소를 10g씩 넣고 증류수 300ml를 서서히 가한 후 밀봉하여 30℃ 항온기에 보관하면서 처리후 10일부터 100일까지 10일 간격으로 시료를 여과시켜 비료 분석법¹³⁾ 및 토양화학분석법¹⁴⁾에 준하여 Kjeldhal법으로 분석하였다.

3. 농약비료혼합제의 시용효과

시험은 0.3㎡의 직사각형 pot(70×45×20cm)에 표2와 같은 특성을 지닌 미사질양토를 충전한 후 농약비료혼합제와 피복요소는 속효성질소 관행구에 비하여 50% 수준으로, 농약은 A.I.함량으로 0.05kg/10a되게 하였으며, 농약비료혼합제, 농약과 요소, 피복요소, 농약, 무처리등의 5처리 4반복으로 처리하였고, 화영비를 5월7일 파종하여 6월 8일 반복

Table 2. The physico-chemical properties of tested soil

pH	O.M	PSD(%) ¹⁾			Texture	Ex. cations(cmol/kg)			CEC
(1:5) (g/kg)		Sand	Silt	Clay	Class	K	Ca	Na	(cmol/kg)
5.6	25.3	9.1	64.7	26.2	SiL ²⁾	0.17	2.03	0.18	10.32

1) PSD : particle size distribution(USDA)

2) SiL : Silt Loam

당 15주씩 중요이양하였다.

토양중의 NH₄-N 분석은 습토상태의 토양시료와, 식물체중의 질소는 분얼기, 유수형성기, 출수기의 시료를 60℃이하에서 건조시켜 Kjeldhal법¹⁴⁾으로 분석하였다. 질산환원균 및 탈질균의 밀도는 토양 10g에 멸균수로 10³~10⁶ 배 희석한 토양현탁액 1ml를 Giltay 배지¹⁴⁾에 기포가 생기지 않게 도립관을 넣어 멸균한 시험관에 5반복으로 넣은 후 30℃에서 10~14일간 배양한 후 MPN법¹⁴⁾으로 조사하였다.

4. 토양, 식물체중 농약잔류 및 애벌구 방제효과

약제 처리후 경과일수별로 토양 20g을 500ml 삼각플라스크에 취하고 80% acetonitrile 200ml를 가하여 1시간 방치후 30분간 진탕 압출하고 büchner funnel 상에서 감압여과하였다. 이 액을 감압농축시킨 후 20% NaCl 수용액 150ml와 cyclohexane 100ml로 분배하여 cyclohexane층을 제거하고 dichloromethane 70ml로 추출하였다. 추출액에 0.05M K₂CO₃용액 50ml로 색소를 제거하고 무수황산나트륨층을 통과시키고 여액을 감압농축한 다음 ethyl acetate/hexane (1:1,V/V) 혼합용액 4ml에 용해시켜 column clean up을 실시하였다. Silica gel(chromatography용 60/100mesh) 10g을 10% 물로 불활성화시킨 후 glass column(10mm I.D.×35mm L.)에 충전시켜서 ethyl acetate /hexane(1:1,V/V) 혼합용액 60ml로 prewashing한 후, 다시 ethyl acetate 20ml로 용출시켜 버린 다음 ethyl acetate 60ml로 용출한 여액을 수집하여 40℃에서 감압농축하였다. 여기에 water/acetonitrile (2.5:1,V/V) 2ml를 가하여 녹인 후 HPLC로 분석하였다.

식물체중의 imidacloprid 잔유분석은 약제처리후 30일과 60일에 식물체를 채취하여 5~10mm 크기로 고르게 혼합한 시료 20g을 취하여서 토양분석 방법과 동일하게 수행하였다.

약제처리별 애벌구의 방제효과는 애벌구를 6월 12일에 우화 5일된 암수 성충으로 주당 3쌍씩 1일간 접종한 후 10, 20, 30일째에 애벌구 밀도를 조사하여 처리별 방제효과를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 농약비료혼합제의 특성

접착제로 피복된 시제품의 30℃ 물에서의 용출시험 결과는 표 3과 같다. 농약주성분의 용출은 상당히 빨라 처리 후1시간부터 24시간내에 모든 시제품에서 96%이상 용출되었으며 접착제함량간에도 큰 차이가 없었다. 이것은 농약 주성분의 20℃에서 용해도가 510ppm으로 상당히 높고¹⁰⁾ 접착제로 사용한 polyacrylic acid type의 복합 polymer가 계면활성제의 기능을 시에 갖고 있기 때문에 수중에서 물에 의한 방출율이 높았던 것으로 생각된다.

Table 3. Time course release of imidacloprid in mixtures into water at 30℃

Formulation ¹⁾	Release ratio of imidacloprid(%)					
	Hour					
	1	6	12	24	36	48
Pesticide-fertilizer mixed formulation I	36.2	57.9	74.8	97.0	99.8	100
" II	35.8	56.7	73.7	96.4	99.3	100
" III	33.7	54.5	72.6	96.0	98.1	100
Pesticide I	35.2	56.2	74.3	97.2	100	-
" II	33.6	54.8	73.0	96.2	98.2	100
" III	32.2	53.1	72.1	96.3	97.8	100

1) Formulation

Pesticide-fertilizer mixed formulation I :adhesive 2.0%

Pesticide-fertilizer mixed formulation II :adhesive 3.0%

Pesticide-fertilizer mixed formulation III :adhesive 4.0%

Pesticide I : adhesive 2.0%

Pesticide II : adhesive 3.0%

Pesticide III : adhesive 4.0%

시제품과 피복요소중 질소의 수중용출은 표4와 같았다. 농약의 수중용출과 마찬가지로 접착제의 함량이 많을수록 질소용출이 지연되었으나, 40일이후의 질소용출에는 처리간에 뚜렷한 차이가 없었다.

Polyolefin계 피복요소의 질소용출은 pH, 산화환원전위, 유기물, 시비량 등의 화학적인 영향을 크게 받지 않으나, 물리적 조건인 온도에 가장 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다.¹⁹⁾ 피복요소는 20℃의 물에서 총 질소성분의 80%가 용출되는데 약100일이 소요되는 특성¹⁹⁾이 있으며 30℃에서는 약60일 소요되므로써 온도가 상승함에 따라 질소용출이 증가함을 알 수 있었다.

이상의 결과에서 pilot mixer로 피복시켜 제조한 시제품의 질소용출률, 농약 주성분 수중용출률 등에서 처리간에 큰 차이는 보이지 않았지만 접착제가 4% 첨가된 농약비료혼합제와 접착제가 3% 첨가된 농약이 제형의 성상이 균일하고 용출에 비슷한 경

Table 4. Amount of released total nitrogen in mixed formulations and coated urea into water at 30°C

Formulation ¹⁾	Release ratio (%)									
	Day									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Pesticide-fertilizer mixed formulation I	12.7	30.6	49.1	59.2	72.5	80.2	87.9	91.7	95.6	100
" II	11.9	28.8	47.9	58.8	71.9	80.3	88.3	91.5	95.9	99.4
" III	10.4	27.1	46.8	57.9	72.1	79.7	87.8	91.4	95.4	98.9
Coated urea	13.6	31.5	50.4	59.2	72.3	80.8	87.5	91.6	95.8	99.2

1) Formulation

- Pesticide-fertilizer mixed formulation I : adhesive 2.0%
- Pesticide-fertilizer mixed formulation II : adhesive 3.0%
- Pesticide-fertilizer mixed formulation III : adhesive 4.0%

향을 보여 시용효과시험에 사용하였다.

2. 농약비료혼합제의 시용효과

처리후 90일간 토양내 NH₄-N 함량으로 본 결과는 그림 1과 같았다.

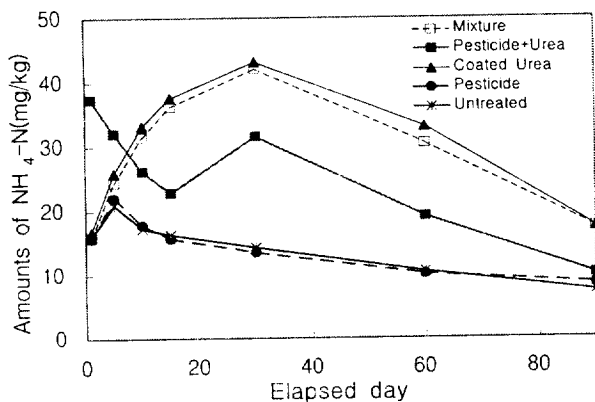


Fig. 1. Changes of amount of NH₄-N in the soil

농약비료혼합제구의 토양중 NH₄-N 함량을 보면 처리직후에는 농약과 속효성질소인 요소를 별도로 시용한구보다 낮았으나 시간이 지날수록 조금씩 증가되기 시작하여 10일 이후에는 농약과 요소구보다 많은 양을 보였고 이런 양상은 90일까지 지속되었다. 농약비료혼합제구와 피복요소구간의 NH₄-N의 양은 피복요소구가 약간 많았으며, 농약구와 무처리구 사이에는 뚜렷한 차이가 없었다.

시비질소중 식물체로 흡수된 양분이동을 조사하기 위하여 벼 주요생육시기인 분얼기, 유수형성기, 출수기의 식물체중의 질소함량과 등숙기의 질소흡수량은 표 5와 같았다. 질소용출량은 농약과 요소구에 비하여 농약비료혼합제구와 피복요소구에서 전 시기에 걸쳐 높았으며, 농약비료혼합제구와 피복요소구간에는 유의성없이 비슷하였고 대체로 등숙기

를 포함한 전 시기에서 농약비료혼합제와 피복요소구의 질소흡수량이 타처리구보다 높은 경향이였다.

Table 5. Changes of nitrogen content in the rice plant and N uptake at different rice growing stages.

Treatment	N content(%)/Growing stage(day)			N uptake (g/pot)
	Tillering stage	Panicle stage	Heading stage	
Mixture	2.23 ^l	1.57 ^c	0.76 ^{bc}	2.32 ^c
Pesticide+Urea	2.11 ^b	1.44 ^b	0.71 ^{ab}	1.94 ^b
Coated Urea	2.27 ^b	1.64 ^c	0.79 ^c	2.43 ^c
Pesticide	1.87 ^a	1.18 ^a	0.64 ^a	1.34 ^a
Untreated	1.82 ^a	1.10 ^a	0.61 ^a	1.22 ^a

l) Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

90일간의 농약비료혼합제 시용효과 시험후 토양의 질산환원균 및 탈질균의 밀도를 조사한 결과는 그림 2와 같았다.

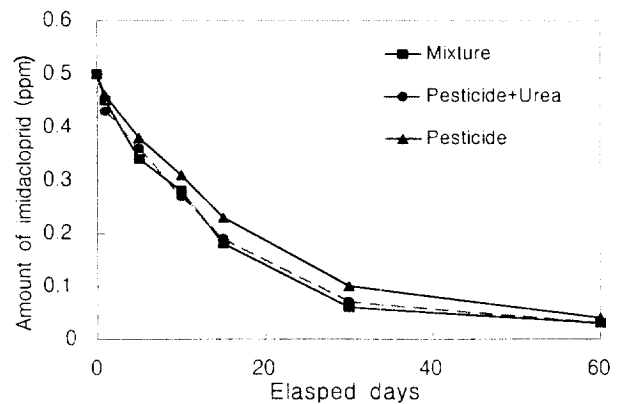


Fig. 2. The population of nitrate reducing bacteria and denitrifying bacteria in soils after experiment

질산환원균과 탈질균은 다 같이 무처리구에서 가장 많이 분포하였고, 농약비료혼합제구 또는 피복요소구에서 적게 분포하였다. 특히 농약비료혼합제구와 피복요소구에서의 균주는 그 밀도가 다른 구보다 낮았던 것은 polyolefin type의 resin이 피복요소구의 질소용출을 완효화시킴으로써 질산환원균의 기질인 질산염 형성이 적었기 때문에 탈질반응으로의 변환이 상대적으로 어려웠던 것으로 생각되었다. 그리고 이러한 시비질소의 휘산에 관계하는 미생물이 농약비료혼합제 또는 피복요소를 시용하므로써 줄어든 것은 시비효율 증진에 바람직한 것으로 생각되었다.

농약비료혼합제 제조시 사용된 imidacloprid는 0.1과 0.3ppm의 농도로 첨가하였을 때 토양에서 각각 88.3%와 89.0%, 식물체에서는 각각 75.3%와 79.0%의 회수율을 보였다. 그리고 imidacloprid의 검출한계는 0.03ppm이며 최소검출량은 5ng이었다.

각 처리구에서 토양중 imidacloprid의 경시적 잔류량의 변화를 보면 그림 3과 같이 처리 후 1일째는 농약비료혼합제구에서 0.45ppm, 농약+요소구, 농약구가 각각 0.44, 0.46ppm으로 처리간에 잔류량의 차이가 거의 없었으나, 5일부터 60일까지는 농약구에서 농약비료혼합제구와 농약+요소구에 비하여 약간 많은 경향을 보였다.

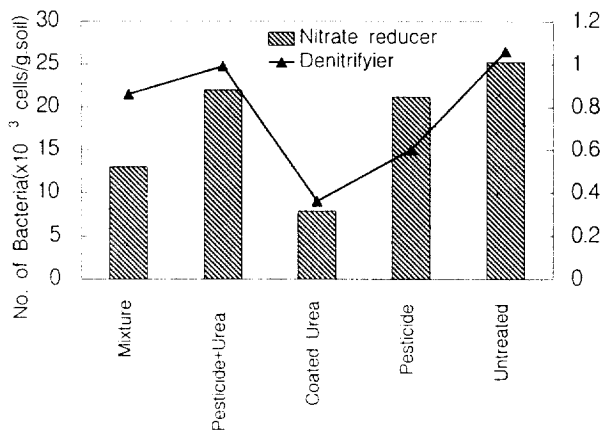


Fig 3. Residual amount of imidacloprid in the soil

그리고 농약비료혼합제구와 농약+요소구에서는 처리 후 30일까지 비슷한 경향을 보였으며 60일 이후에는 검출한계인 0.03ppm미만이었다. 식물체중의 imidacloprid의 잔류정도는 표 6과 같았다.

처리 후 30일과 60일째의 식물체중의 잔류양상은 세처리 모두 검출한계인 0.03ppm 미만으로 검출되어 농약비료혼합제, 농약+요소, 농약단체 처리에 따른 imidacloprid의 식물체중의 잔류에 차이가 없었다.

농약비료혼합제와 농약단체와의 애멸구 방제효과를 조사한 결과는 표 7과 같았다. 약제 처리후 멸구의 방제효과는 시간의 경과에 따라 농약주성분의 분해로 감소하는 경향을 보였으며, 각 처리간 애멸구의 밀도에는 유의성이 없어 농약비료혼합제구와 농약구간에 약효의 차이는 없는 것으로 생각되었다.

Table 6. Residual amount of imidacloprid in the rice straw at different days

Treatment	Residual amount(ppm)a	
	Day	
	30	30
Mixture	<0.03	<0.03
Pesticide+Urea	<0.03	<0.03
Pesticide	<0.03	<0.03

Table 7. The population and control efficacy of small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*, by the application of treatments in different days

Treatment	Population(no) and control efficacy of SBPH ¹⁾			
	10 DAT	20 DAT	30 DAT	
	N ²⁾	N	N	A ³⁾
Mixture	6.11 ^{a)} (96.3) ⁴⁾	10.07 ^{a)} (95.1)	7.18 ^{a)} (89.8)	1.78 ^{a)} (77.8)
Pesticide+Urea	5.47 ^{a)} (96.7)	9.27 ^{a)} (95.5)	7.04 ^{a)} (90.0)	1.67 ^{a)} (79.2)
Pesticide	5.78 ^{a)} (96.5)	10.47 ^{a)} (94.9)	7.87 ^{a)} (88.8)	1.72 ^{a)} (78.6)
Untreated	163.33 ^{b)}	206.93 ^{b)}	70.11 ^{b)}	8.03 ^{b)}

- 1) SBPH : small brown planthopper
 - 2) N : nymph
 - 3) A : adult
 - 4) The values in the parenthesis mean the control efficacy of SBPH
- J) Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

이상의 결과로 볼 때 피복요소와 살충제 imidacloprid를 접착제 polyacrylic acid type polymer를 이용하여 피복식으로 제제한 입상의 농약비료혼합제는 접착제함량간에 큰 차이가 없었으나 접착제의 함량이 많을수록 농약과 질소의 용출이 다소 지연되었다. 농약비료혼합제의 시용효과는 비료의 용출, 흡수율 및 생육 등에 있어서 요소에 비해 효과적이었다며 피복요소와는 비슷하였고 또한 농약비료혼합제 시용에 따른 농약의 토양중 잔류량은 농약단체구에 비하여 약간 적었으며, 애멸구 방제효과는 처리간에 유의성이 없었다. 본 실험에서는 제조된 피복요소에 농약성분을 피복하여 혼합제를 제조하였으나 피복요소내에 농약성분이 함유된다면 농약의 용출조절도 가능할 것으로 생각되며 농약과 비료를 동시에 사용하는 성격적인 뿐만 아니라 앞으로 살충제외에 살균, 제초제를 함유하여 제제화가 된다면 비료와 농약을 동시에 절감사용할 수 있어 환경보전형 농업에 크게 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

벼 재배시 시비 및 농약살포의 성력화를 위하여 완효성요소에 살충제 imidacloprid를 피복하여 제조한 농약비료혼합제의 특성 및 시용효과를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1. 농약비료혼합제중 전질소와 농약주성분의 수중용출률은 접착제의 함량이 많을수록 용출이 지연되었으나, 농약주성분은 24시간내에 모든 시제품에서 95% 이상 용출되었으며, 시제품별 전질소 용출은 처리후 40일까지는 차이가 있었으나 40일

이후부터는 뚜렷한 차이가 없었다

2. 토양중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 처리후 10일까지는 농약+요소구에서, 10일후에는 농약비료혼합제와 피복요소구에서 각각 높았는데, 이중 피복요소구의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량이 약간 높은 경향이였다.
3. 벼 유수형성기와 출수기의 식물체중 질소량 및 질소흡수량은 피복요소구에서 가장 높았다.
4. 시험된 토양중의 탈질균 및 질산환원균 밀도는 농약+요소구보다 농약비료혼합제구와 피복요소구에서 낮았다.
5. 토양중 imidacloprid의 잔류량은 농약처리구에서 농약비료혼합제구와 농약+요소구보다 약간 높았으며, 처리별 벼멸구의 밀도 및 방제효과는 처리구간에 뚜렷한 차이가 없었다.

참 고 문 헌

1. 庄子貞雄. (1995). 新農法への排戦 -生産・資源・環境との調和. 博友社. p. 59~95.
2. 關本 均, 大内誠悟, 馬原 章, 清水勝之助. (1991). 暖地コシヒカリに對する倒伏輕減劑入り肥料の效果[1]. 農業および園藝. 66(10) : 1163~1170.
3. 關本 均, 大内誠悟, 馬原 章, 清水勝之助. (1991). 暖地コシヒカリに對する倒伏輕減劑入り肥料の效果[2]. 農業および園藝. 66(11) : 1279~1284.
4. 關本 均, 大内誠悟, 馬原 章, 清水勝之助. (1993). 水稻倒伏輕減劑入り肥料(SDF)の 效果と利用法. 農業および園藝. 68(3) : 389~396.
5. 박양호, 이병무, 박승순, 이인용, 김영구, 박영선. (1994). 벼 除草劑와 分蘖肥 混合藥劑의 開發. 한국환경농학회지. 13(3) : 279~287
6. 농약연구소 (1993). 시험연구보고서. 농약연구소. p. 22~28.
7. 농약연구소. (1994). 시험연구보고서. 농약연구소. p. 21~26.
8. 농업과학기술원 작물보호부편. (1995). 시험연구 보고서.
9. Sadao Shoji, A. T. Gandeza. (1992). Controlled release fertilizers with polyolefin resin coating. Konno printing Co., LTD. p. 92.
10. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 46/1993. 2 : 109~182.
11. Cosseal CO. LTD. 製品説明書.
12. 鄭永浩, 朴英善. 農藥學. (1990). 全國農業技術者協會. 東和技術. p. 555.
13. 金永一. (1985). 肥料分析法解説. 中央文化社. p. 21~195.
14. 농업기술연구소. (1988). 土壤化學分析法. 농업기술연구소. p. 450.