



저장 병해 방제를 위하여 처리된 Diphenylamine의 행적

유요종* · 경기성¹ · 김장억^{2*}

농촌진흥청 연구정책국, ¹충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ²경북대학교 농업생명과학대학 응용생물과학부

Behaviors of Diphenylamine Treated on Garlic for Contol of Storage Pathogens

Oh Jong You*, Kee Sung Kyung¹ and Jang Eok Kim^{2*}

Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

¹Department of Environmental and Biological, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 13207, Korea

²School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

(Received on June 7, 2017. Revised on June 27, 2017. Accepted on June 27, 2017)

Abstract To elucidate the absorption and mobility of pesticides, radio-labelled compound, [¹⁴C]diphenylamine, was treated for garlic and its radioactivity was measured. Just after labelled and cold compounds were treated together on the garlic leaf, they were spreaded rapidly to the whole leaf. When garlic was dipped in the diluted solution of labelled and cold compound and stored at -4°C and room temperature, a periodic investigation showed that treated pesticide was lessened in outer skin while it was risen in clove, root, and inner skin. In Danyang garlic stored at -4°C, the distribution of pesticide was higher in outer skin than in inner one but at room temperature it was reversed. In Namdo garlic stored at -4°C and room temperature, the distribution of pesticide both was 40% higher in outer skin that inner one. When diluted solution of labelled and cold diphenylamine was put into soil, garlic absorbed less than 1% of total treated amount, while the rest was remained in the soil layer of 10 cm depth. The radioactive amount absorbed by garlic was distributed in the order of outer skin > flower stem > inner skin > root > clove.

Key words Diphenylamine, dipping, drenching, garlic, radioactivity

<< ORCID

Oh Jong You

<http://orcid.org/0000-0001-6220-9457>

서 론

마늘은 수확이 5-6월에 집중되므로 연중 공급을 위해서는 장기 저장이 필수적인데 주로 상온에서 생체로 저장하는 작물로 수확시기 및 보관방법에 따라 저장성이 결정된다. 마늘을 종구로 사용하고자 할 경우에는 상온저장이(Park et al., 1992; Hwang, 1988; Bae et al., 2002) 필수적이므로 수확 후 건조가 중요하지만, 우리나라에서 마늘을 수확하는 6

월은 장마기를 앞두고 있어서 저장전 예건 처리가 어렵다(Ko, 1983).

마늘은 생산량을 증대시키는 재배과정도 중요하지만 수확한 마늘의 부패나 손실 없이 보관하는 것도 매우 중요하다. 마늘의 저장성에는 다양한 요인들이 관여하고 있으며 그 중 생리적 요인, 병해충에 의한 피해, 재배환경, 수확 전후 강우량, 수확시기 및 저장시 온·습도 등에 따라 영향을 많이 받는다(Ko, 1983). 이 중 병원균에 의한 부패는 마늘의 저장성과 이용률을 가장 크게 저하시키는 원인이 되고 있다. 보통 과일과 채소는 수확 후 소비되는 과정에서 총생산량의 12% 정도가 손실되는 반면, 23%가 수확 후 저장기간 동안

*Corresponding author

E-mails: zzan@korea.kr, jekim@knu.ac.kr

에 손실 된다(Harvey, 1978).

마늘의 저장성을 향상시키기 위하여 다양한 물리화학적 방법으로 시험이 진행되어져 왔다. 마늘 부패병을 억제하고 저장성을 향상시키기 위하여 저장온도 및 습도(Park et al., 1992; Hwang, 1988; Park et al., 2000; Bae et al., 2002), CA (controlled atmosphere) 저장(Kang et al., 2001), 환경 기체를 조절할 수 있는 포장방법(MA, modified atmosphere) (Hong et al., 1994), 방사선 조사방법(Kwon, 1983; Lee et al., 2004), 냉동저장방법(Shin et al., 2000) 열풍건조 등의 다양한 물리적인 저장방법에 대한 시험들이 수행되어 왔다. 한편 화학적인 처리방법으로는 마늘의 저장성을 향상시키기 위하여 키토산 처리(Lee, 2002), 농약처리(Rosenberger et al., 1991; Park, 1997; Na et al., 1998; Spotts et al., 2002; Kim et al., 2003; Sholberg et al., 2005)에 대한 시험들이 진행되어 졌다. 특히, 마늘 저장 조건 중 습도가 증가함에 따라 저장 병원균이 많이 증가하는데 이 중 저장 마늘의 부패에 관여하는 푸른곰팡이병균(*Penicillium hirsutum*)과 마름썩음병균(*Fusarium oxysporum*) 발생을 억제하기 위한 농약 선발 시험결과, diphenylamine과 prochloraz 및 tebuconazole이 병원균의 발생을 억제하는 효과가 확인되었다(You et al., 2007). 또한 이들 농약으로 단양재래종, 의성재래종 및 남도종을 침지, 경엽살포 및 관주처리한 후 6개월 동안 저장하면서 농약별 안전성을 평가한 결과, diphenylamine이 0.008~0.52 mg/kg, prochloraz가 0.02~0.57 mg/kg, tebuconazole이 0.03~1.67 mg/kg이었으며, 열구 형태인 남도종에서 잔류량이 높은 경향을 나타내었다(You et al., 2009).

한편 미국, 유럽연합 등 선진국에서는 수확한 농산물의 부패병 발생을 억제하고 저장성을 좋게하기 위하여 수확 후에 처리 할 수 있는 postharvest 농약의 사용을 허용해주고 있으며, 잔류허용기준도 재배기간 중에 살포하는 경우보다 높게 설정해 주고 있다. 특히 미국에서는 마늘에 설정된 잔류허용기준은 cyromazine 0.2 mg/kg, pendimethalin 0.1 mg/kg, oxamyl 0.2 mg/kg, bromide 50 mg/kg, propylene oxide 300mg/kg 등 다양한 농약이 있으며 이 중 postharvest 용 농약으로는 bromide 및 propylene oxide를 사용할 수 있다(US/EPA, 2017). 이처럼 미국에서는 농작물 생산과정 중에 발생하는 병해충과 같이 수확한 농산물을 저장하는 과정 중에 발생하는 병해충도 효율적으로 방제하기 위하여 안전성이 검증된 다양한 약제의 사용을 허용하고 있다. 하지만 국내에서는 수입농산물에 대한 검역과정에서 외래병해충 유입을 방지하기 위하여 일부 훈증제 혹은 훈연제 사용을 허용해주고 있으며, 국내에서 수확한 농산물의 저장성을 높이기 위해서 수확 후 병해충 방제용 농약 사용은 허용하지 않고 있다.

마늘 저장 중에 발생하는 부패병을 방제하기 위한 농약 처리 방법은 수확 전처리와 수확 후 처리로 나눌 수 있으며, 수확 전 처리로는 경엽 또는 관주 처리가 있고 수확 후 처

리로는 침지 또는 훈증 처리 등이 있다. 마늘의 효율적인 수확 후 관리 기술 개발을 위하여 우리나라에서도 postharvest 농약의 등록을 허용하는 것도 검토할 과제로 생각된다.

본 연구에서는 수확한 마늘의 부패병 방제를 위하여 처리한 diphenylamine의 행적을 조사하면서 처리방법에 따른 마늘 부위별 농약 분포비율을 조사하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험 화합물

시험에 사용한 화합물 [14 C]diphenylamine(비방사능 11.46 MBq/mg, 순도 99.47%)은 SK 케미칼에서 제조하여 사용하였으며, 화학구조와 방사능 표지위치는 Fig. 1과 같고, 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 그리고 순도 99.5%의 비표지 diphenylamine (DPA)은 Dr. Ehrenstorfer (Germany)로부터 구입하여 사용하였다

시험 작물

우리나라 마늘은 한지형과 난지형으로 구분할 수 있는데 한지형 마늘의 대표종으로 단양재래종, 난지형 대표종으로 남도종을 각각 시험에 사용하였다. 경엽 및 관주 처리시험에는 단양재래종을 사용하였으며, 침지시험에는 두 종에 대해 모두 시험을 진행하였다.

방사능 계측

마늘과 토양중의 방사능 계측은 Kyung (1994)과 Ihm (2003)의 방법에 따라 마쇄한 마늘 시료 0.1 g (토양시료 0.2g)을 Combusto-cone에 정확히 칭량하여 넣고 연소를 측

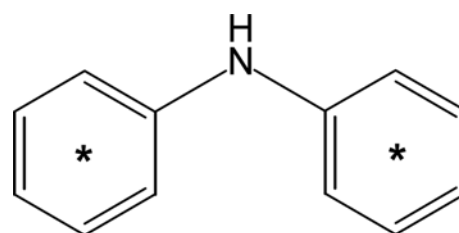


Fig. 1. Structural formula and radio-labelled position (*) of diphenylamine.

Table 1. Physicochemical properties of the fungicide diphenylamine

Molecular weight	169.22
Molecular formula	(C ₆ H ₅) ₂ NH
Vapor pressure	8.52 × 10 ⁻² Pa at 25°C
Solubility in water	0.039 mg/mL at 25°C
log Kow	3.6 at 25°C
Stability	Stable under ordinary conditions

진시키는 보조제로 cellulose powder 0.5 g 첨가한 후 Combusto-pad로 덮고 pellet presser로 압축하여 tablet 형태의 연소용 시료를 조제하였다. 연소용 시료는 Biological oxidizer (Model 407, Packard, U.S.A)로 2분 동안 연소시켰으며, 이때 발생한 $^{14}\text{CO}_2$ 를 7 ml의 Carbo-sorb E (Packard, U.S.A)에 흡수시킨 후 8 mL의 Permafluor E (Packard, U.S.A)를 첨가하여 액체섬광계수기(liquid scintillation counter, LSC, Tri-Carb 1600 TR, Packard, U.S.A)로 방사능을 측정하였다.

경엽처리에 따른 diphenylamine 흡수

Diphenylamine을 생육중인 마늘에 경엽 살포했을 때 이동 특성을 알아보기 위하여 diphenylamine를 처리하지 않은 시험토양 1 kg (건물중 기준)을 plastic pot에 담고 마늘을 파종하여 온도가 20°C 온실에서 30일 재배 후 시험약제를 경엽처리하였다. 마늘 잎에 경엽처리한 diphenylamine의 농도는 2,000 mg/kg 되도록 하였으며 ^{14}C -표지는 700,000 dpm/ μL 으로 조제하여 microsyringe를 이용하여 마늘 하엽부터 위쪽으로 4엽째에 주대로부터 10cm 지점의 중앙에 5 μL 씩 도포처리하고 처리한 약제가 마른 후 0.5, 1, 3, 5, 7, 15일 간격으로 시료를 채취하였다. 수확한 마늘은 수돗물로 뿌리에 부착된 토양을 제거한 후 40°C의 열풍건조기를 이용하여 건조시켰다. 흡수된 방사능 분포를 알아보기 위한 autoradiography는 건조한 식물체를 20 × 40 cm의 imaging plate (BAS-MS 2040, Fuji Photo Flim Co., LTD.)에 7일 동안 노출시켜 image analyzer (Personal Molecular Imager FX system, BIO-RAD Lab.)로 현상하여 autoradiogram을 얻었다

침지처리에 따른 diphenylamine 행적

마늘 수확 후 침지에 따른 저장기간별 약제 흡착 및 침투 양상을 알아보기 위하여 전체농도가 2,000 mg/kg 되도록 하였으며 ^{14}C -표지는 700,000dpm/ μL 으로 조제하여 ^{14}C 표지 및 비표지 diphenylamine을 처리하였다. 시험마늘은 수확한 단양재래종과 남도종을 2일 동안 예건한 후 10분 동안 침지 처리하고 14일 동안 음건하였다. 음건한 마늘은 크기가 비슷한 것끼리 5뿌리씩 플라스틱 그물에 나누어 담아 충북 단양군 단양마늘시험장 내에 소재한 통풍이 양호한 창고에서 2008. 6월~12월까지 저장하면서 매월 1회 방사능을 측정하였다. 방사능 측정은 겉껍질, 속껍질 인편 및 뿌리에 대하여 수행하였다. 방사능 측정용 시료 중 껍질과 뿌리는 40°C 열풍건조기(FC-1D-2, 우주과학)로 건조한 다음 건물중을 측정 한 후 분쇄하여 데시케이트에 보관하였다. 인편은 진공동결 건조기(Labconco, USA)로 -80°C에서 5일 동안 건조한 후 건물중을 측정하고 분쇄하여 데시케이트에 보관하였다.

관주처리에 따른 diphenylamine 행적

마늘 재배시기별 diphenylamine 관주에 따른 흡수양상을 조사하기 위하여 관주 후 1, 7, 14일째에 수확하여 방사능을 측정하였다. 관주시험은 마늘이 5 cm 내외로 자랐을 때 직경 30 cm × 높이 45 cm, PVC pipe로 제작한 lysimeter를 굴삭기를 이용하여 서서히 눌러 마늘 1주에 1개씩 40 cm 정도 깊이로 토양에 박은 다음 전체농도가 2,000 mg/kg 되도록 하였으며 ^{14}C -표지는 700,000 dpm/ μL 으로 조제하여 ^{14}C 표지 및 비표지 diphenylamine 희석액 500 mL를 관주한 후 30분 뒤에 증류수 1 L를 추가 관주 하였다. 강우에 의한 영향을 줄이기 위하여 라이시메타에 주위 2 m까지 비닐을 이용하여 비가림을 하였다. 약제처리구의 수확한 마늘은 겉껍질(잎), 속껍질, 화경, 인편 및 뿌리에 대하여 방사능을 측정하였으며, 토양은 5cm 단위로 토심 30 cm까지 방사능을 측정하였다. 시료조제는 겉껍질, 속껍질, 화경 및 뿌리는 열풍 건조기로 건조하였고 인편은 진공동결 건조기(Labconco, USA)로 -80°C에서 5일 동안 건조하였으며, 토양은 음건한 후 데시케이트에 보관하였다.

결과 및 고찰

경엽처리에 따른 diphenylamine 흡수 양상

마늘은 수확 전 병원균 밀도를 낮추어 주기 위해 경엽에 약제를 살포하면 저장 중 부패를 줄일 수 있다고 알려져 있

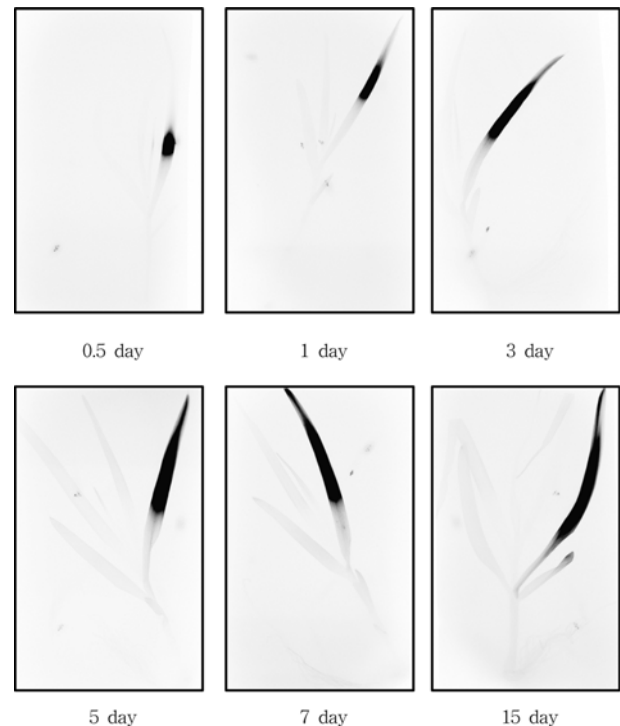


Fig. 2. Time-sequenced autoradiograms in the shoot of garlic plants treated with [^{14}C]diphenylamine.

Table 2. Changes of radioactivity distribution in Danyang var. of garlic applied by dipping whole bulbs into [¹⁴C]diphenylamine solution

Stored temperature	Analyzed portion	% distribution of radioactivity after treatment						
		0	1	2	3	4	5	6 mon.
-4°C	Clove	0.9	1.0	0.8	1.1	1.3	1.3	1.4
	Exodermis	55.6	51.5	49.6	47.0	48.9	50.7	48.5
	Endodermis	31.5	36.0	37.5	38.9	38.3	34.4	37.3
	Root	12.0	11.5	12.0	12.9	11.5	13.7	12.7
Room temp.	Clove	0.7	1.0	1.1	1.3	1.1	1.2	1.2
	Exodermis	54.3	42.4	30.0	30.8	31.1	27.1	26.3
	Endodermis	31.7	42.0	53.0	52.8	49.1	54.4	54.6
	Root	13.3	14.6	16.0	15.1	18.7	17.3	17.9

는데(Kim et al, 2003) 본 연구에서는 마늘 잎에 경엽처리한 diphenylamine의 이동성을 구명하기 위하여 ¹⁴C-표지 및 비표지 diphenylamine을 마늘 하단부로부터 네번째 성엽 가운데에 처리한 후 처리 당일부터 15일까지 경시적으로 시료를 채취하여 얻은 diphenylamine의 autoradiogram은 Fig. 2와 같다. 마늘 잎에 처리된 diphenylamine의 이동성은 커서 약제처리 후 0.5일부터 약제를 처리한 잎에서 다른 잎으로 이동하였으며, 처리 후 3일째에는 뿌리까지 이동하였다. 이는 diphenylamine이 뿌리까지 이동한 후 다른 잎으로 이동하였다는 것을 보여주는 것으로 주로 엽맥을 통하여 식물 전체로 이동되고 있음을 확인할 수 있었다. 약제 처리 5일째부터는 잎 선단뿐만 아니라 뿌리로 지속적으로 이동하여 7일째에는 뿌리에도 집적되기 시작하였으며 15일째에는 다른 잎의 선단에 까지 diphenylamine이 집적되고 있음을 보여주고 있다. 이 결과로 볼때 마늘 지상부에 살포된 diphenylamine은 잎 표면에 부착된 후 엽맥을 통하여 식물 전체로 이동하여 잔류되기 때문에 수확 후 *P. hirsutum* 등으로 인하여 마늘 종구에 발생하는 저장병을 대상으로 한 방제에 효과적일 것으로 기대된다.

침지처리에 따른 diphenylamine 행적

수확한 마늘을 diphenylamine 용액에 침지하였을 경우 이동성을 구명하기 위하여 ¹⁴C-표지 및 비표지 diphenylamine 희석액에 침지한 후 6개월 동안 저장하면서 매월 1회 조사한 ¹⁴C 방사능의 분포비율은 품종별로 Table 2와 같다.

Table 2는 단양재래종을 침지처리한 후 -4°C와 상온에서 6개월 동안 저장하면서 조사한 마늘 부위별 ¹⁴C 방사능의 분포 비율을 나타내었다. -4°C의 저온 저장에서 인편 중에 분포하는 ¹⁴C 방사능 비율은 0.9~1.4%이고, 마늘 잎으로 구성된 겉껍질에는 47.0~55.6%이며, 속껍질과 뿌리에는 각각 31.5~38.9%, 11.5~13.7% 분포하고 있었다. 저온 저장의 경우 각 부위별 저장기간에 따른 변화가 크지 않은 것으로 조사되었으며 특히, 저장기간이 길어질수록 겉껍질은 낮아지고 속껍질의 경우 약간 증가하는 것으로 나타났다. 이러한

결과는 겉껍질에 존재하던 약제가 속껍질로 이동하여 속껍질의 농도가 약간 증가한 것으로 생각된다. 상온 저장에서 인편은 0.7~1.3%이고, 겉껍질에는 26.3~54.3%이며, 속껍질과 뿌리에는 각각 31.7~54.6%, 13.3~18.7% 분포하고 있었는데 저온 저장과는 달리 저장기간 중 각 부위별 약제 분포가 크게 달라지는 것으로 나타났다. 저온 저장에 비해 겉껍질에서의 약제 분포의 감소가 크게 나타났으며 속껍질에서는 크게 증가했으며 뿌리에서도 증가하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 상온저장시에는 저온저장에 비해 마늘의 생리적 활성이 상대적으로 높아 약제의 흡수이행이 더 크기 때문에 나타난 결과로 생각된다. 한편 저장온도와 상관없이 겉껍질과 속껍질의 ¹⁴C 방사능 분포 비율이 상대적으로 높았으며 저장기간별로 겉껍질에서는 시간이 지날수록 감소하는 반면 인편, 뿌리 및 속껍질에서는 조금씩 증가하는 경향을 나타내었으며 변화의 폭은 상온 저장에서 큰 특징이 있었다.

남도종을 침지처리 하여 -4°C와 상온에서 6개월 동안 저장하면서 조사한 마늘 부위별 ¹⁴C 방사능의 분포 비율은 Table 3에서 보는 바와 같다.

-4°C의 저온 저장에서 인편 중에 분포하는 ¹⁴C 방사능 비율은 0.5~0.7%이고, 겉껍질에는 24.5~29.1%이며, 속껍질과 뿌리에는 각각 55.8~59.0%, 11.8~16.3% 였으며, 상온 저장에서 인편은 0.4~0.7%이고, 겉껍질에는 14.3~22.4%이며, 속껍질과 뿌리에는 각각 65.2~70.2%, 11.7~16.3% 분포하고 있었다. 저장온도별로 마늘 각 부위의 경시적 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 특히 남도종과는 달리 겉껍질과 속껍질에서 저장온도별로 경시적인 변화가 적은 것으로 조사되었다. 마늘의 각 부위별로는 단양재래종이 저온 저장시 겉껍질에, 상온저장에서는 속껍질에 ¹⁴C 방사능이 많이 분포한 것과는 달리 남도종에서는 저장온도와 상관없이 초기부터 겉껍질보다 속껍질에서 분포비율이 40%이상 높게 나타났다. 이는 남도종 경우 생태학적으로 겉껍질이 벌어지는 열구 형태로 수확되기 때문에 침지시 단양재래종과는 달리 속껍질까지 약제가 스며들기 때문인 것으로 판단된다. 하지

Table 3. Changes of radioactivity distribution in Namdo var. of garlic applied by dipping the whole bulbs into [¹⁴C]diphenylamine solution

Stored temperature	Analyzed portion	% distribution of radioactivity after treatment						
		0	1	2	3	4	5	6 mon.
-4°C	Clove	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7
	Exodermis	28.9	27.7	25.6	24.5	29.1	27.1	27.0
	Endodermis	58.8	59.0	57.5	59.0	55.8	57.0	57.8
	Root	11.8	12.7	16.3	15.9	14.6	15.3	14.6
Room temp.	Clove	0.4	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6
	Exodermis	16.0	14.3	16.2	16.1	22.4	19.5	17.9
	Endodermis	70.2	69.3	68.7	67.2	65.2	66.7	68.1
	Root	13.5	15.8	14.6	16.3	11.7	13.1	13.4

Table 4. Radioactivity distribution^{a)} in Danyang var. of garlic applied by drenching [¹⁴C]diphenylamine solution to the soil

% distribution of radioactivity					
Clove	Exodermis	Endodermis	Root	Flower stem	Soil
0.01	0.27	0.02	0.01	0.06	99.63

^{a)}Radioactivity was measured 14 days after soil drenching.

Table 5. Changes of radioactivity distribution in Danyang var. of garlic applied by drenching [¹⁴C]diphenylamine solution to the soil

Analyzed portion	% distribution of radioactivity after treatment		
	1	7	14 days
Clove	0.82	1.15	1.65
Exodermis	77.33	76.67	74.44
Endodermis	6.34	4.29	4.17
Root	1.19	1.59	1.90
Flower stem	14.32	16.30	17.83

만 겉껍질과 속껍질의 ¹⁴C 방사능 분포비율에서는 저온 저장보다 상온 저장에서 겉껍질은 약 10%정도 낮아지고 반대로 속껍질에서는 약 10% 정도 높았다. 이는 저장 2개월 이후의 단양재래종과 유사한 경향으로 상온저장시 diphenylamine의 분해보다는 저온 저장에서 마늘 껍질 세포의 활력 저하로 diphenylamine의 침투이행이 저하되는 것으로 생각되어 진다. 만약 상온저장 중에 발생하는 diphenylamine의 분해 때문이라면 남도종의 경우 겉껍질뿐만 아니라 속껍질도 대기에 노출되어 있기 때문에 diphenylamine의 분해는 동일한 조건에서 이루어지므로 겉껍질과 속껍질과의 ¹⁴C 방사능 분포 비율이 비슷할 것으로 판단된다.

이러한 사실은 농산물을 약제에 침지할 경우 생리적 특성 및 약제의 이화학적 특성에 따라 약제의 침투가 다양하게 일어난다는 것을 반증하는 것으로 농산물 및 약제별 침투이행에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

관주처리에 따른 diphenylamine 행적

¹⁴C 표지 및 비표지 diphenylamine 용액 500 mL를 관주

하여 14일 동안 재배한 마늘과 토양 중의 방사능을 측정 한 결과는 Table 4과 같다. 처리한 ¹⁴C 방사능의 대부분은 토양에 잔류되었으며 마늘이 흡수하는 양은 0.37%로 아주 낮았다. 이는 마늘의 특성상 구(bulb)가 토심 10 cm 내외에 있고 뿌리가 직근성으로 토심 10~50 cm까지 뻗어 있어 뿌리가 친근성인 작물보다는 처리약제를 상대적으로 적게 흡수하는 것으로 생각된다. 특히 토양에서 수직이동성이 적은 약제의 경우에는 마늘에서 뿌리를 통한 흡수량은 더욱더 적을 것으로 판단된다. 또한 저장성을 높이기 위해 살포하는 농약은 수확 몇 주 전에 살포하는 것이 일반적인데 이 시기는 마늘이 수확기에 접어들게 되어 생리적인 활성이 낮아져 있는 상태이므로 상대적으로 토양으로부터 마늘로의 흡수이행이 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

마늘을 재배하는 동안 관주한 diphenylamine의 이동성 및 마늘에 흡수되는 양상을 구명하기 위하여 관주 후 1, 7, 14 일째에 수확한 마늘 중의 부위별 ¹⁴C 방사능 흡수 양상은 Table 5와 같다. 마늘에 흡수되는 ¹⁴C 방사능의 약 80% 정도는 껍질에 존재하고 있으며, 다음으로 화경, 뿌리, 인편

Table 6. Vertical distribution of radioactivity in soil with Danyang var. of garlic applied by drenching [¹⁴C]diphenylamine solution to the soil before harvest 14 days

Soil depth (cm)	¹⁴ C Remaining in soil (%)
0~5	76.7
5~10	13.5
10~15	6.6
15~20	1.7
20~25	0.9
25~30	0.6

순으로 분포하고 있다. Diphenylamine 관주 후 시간이 경과 할수록 잎을 포함한 껍질 중의 ¹⁴C 방사능 잔류량은 감소하는 대신에 인편, 화경 및 뿌리 중에 함유된 방사능량은 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 이는 마늘 중 생육이 왕성한 잎으로 먼저 [¹⁴C]diphenylamine이 흡수이행 되고 있음을 보여주고 있으며, 특히 마늘은 인편뿐만 아니라 잎과 화경을 모두 섭취하는 작물이므로 화경에 많은 양의 [¹⁴C] 방사능이 이행됨에 따라 추후 입제약제를 처리하거나 회석약제를 관주하고자 할 경우에는 반드시 잎과 화경에 대하여도 잔류분석을 실시하는 등 안전성평가가 필요할 것으로 판단된다.

또한 [¹⁴C]diphenylamine을 마늘이 재배되고 있는 토양에 관주하여 수직 이동성을 조사한 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 표토 5 cm까지 전체 약제의 76.7%가 분포하고 있으며 10 cm 까지 90% 정도가 존재하고 있어 수직이동성은 낮은 약제인 것으로 생각되며 이는 대부분의 다른 약제들과 유사한 경향이였다(Ihm, 2003).

¹⁴C 방사능의 토층별 분포비율과 마늘에 흡수되는 비율을 고려할 때 마늘과 같이 심근성 작물의 재배기간 중 발생하는 병해충을 방제하기 위해서는 단위면적당 투여되는 약제 성분량이 많은 입제 혹은 관주처리보다는 경엽처리가 살포 약제의 농산물중 잔류량 측면에서 보다 안전할 것으로 사료된다.

Literature Cited

- Bae R. N., S. D. Yun, Y. K. Ahn, I. G. Mok and C. I. Lim (2002) Differences in Growth and Bulb Development as Affected by Storage Temperatures of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(2):95-99.
- Electronic Code of Federal Regulations (CFR) (2017) US/EPA (<http://www.epa.gov>).
- Harvey, J. M. (1978) Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. Ann. Rev. Phytopathol. 16:321-341.
- Hong S. I., Y.J. Kim and N. H. Park (1994) Changes of gas composition in package of fresh garlic by packing materials. Korean J. Food Sci., Technol., 26:713-717.
- Hwang, J. M. (1988) Effects of temperature and humidity conditions before and after planting on bulb dormancy and development in garlic (*Allium sativum* L.). Seoul National University.
- Ihm Y. B. (2003) Fate of the Insecticide Imidacloprid in the Environment. Chungbuk National University
- Kang J. S. and G. H. Hong (2001) Effects of Storage Gas Concentrations on the Qualities of Garlic (*Allium sativum* L.) Bulb during CA Storage. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8(3):258-263.
- Kim Y. K., S. B. Lee, S. S. Lee, H. S. Shim and I. H. Choi (2003) Cultural and Chemical Approaches for Controlling Postharvest Diseases of Garlics. The Korean Journal of Pesticide Science 7(2):139-148
- Ko H. Y. (1983) Study on the Long Term Storage of Garlic Bulbs. Chonbuk National University.
- Kwon J. H. (1983), Effects of irradiation on the storeability of garlic and its pungent flavor components. Kyungpook National University.
- Kyung K. S. (1994) Elucidation of the Behaviour of Some Selected Toxicants in the Environment ¹⁴C-Radiotracer Techniques. Chungbuk National University
- Lee, S. H. (2002) Antifungal effect of chitosan on fungi from kiwi fruit, sweet potato, garlic and grape, Woosuk University.
- Lee, H. J., Y. K. Park, J. S. Yang and M. H. Kang (2004) Change of fragmentation by irradiation doses and storage gamma-irradiated potato, garlica and ginger. Korean J. Food Culture. 19(3):251-258.
- Na S. Y., M. R. Cho, H. Y. Jeon, M. S. Yiem, D. G. Oh and K. W. Park (1998) Damage of Garlic Gall Mite, *Aceria Tulipae* (Keifer), on Stored Garlic and its Chemical Control. Korean J. Appl. Entomol. 37(1):81-89.
- Park Y. B., Hwang J. M. and Lee B. Y., (1992) Effects of Seed Storage Temperature on the Quality during Storage, Plant Growth and Bulb Development of Garlic (*Allium sativum* L.) J. Kor. Soc. Hort. Sci. 33(2):103-110.
- Park Y. M. (1997) Occurrence and Prevention of the Spotty Symptoms on Garlic Cloves after Harvest. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(6):704-708.
- Park Y. M., J. M. Hwang and H. T. Ha (2000) Storability of garlic bulbs as influenced by postharvest clipping treatments and storage temperature. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(4):315-318.
- Rosenberger, D. A., Wicklow, D. T., Korjagin V. A. and Rondinaro, S. M. (1991) Pathogenicity and benzimidazole resistance in *Penicillium* species recovered from flotation tanks in apple packinghouses. Plant Dis. 75:712-715.
- Shin, D. B., Y. C. Lee and J. H. Kim (2000) Changes in quality of garlic during frozen storage. Korean J. Food Sci., Technol., 32:102-110.
- Sholberg, P. L., C. Harlton, P. Haag, C. A. Lévesque, D. O'Gorman and K. Seifert (2005) Benzimidazole and diphenylamine sensitivity and identity of *Penicillium* spp. that cause postharvest blue mold of apples using-tubulin

- gene sequences. *Postharvest Biol. Technol.* 36:41-49.
- Spotts, R. A., L. A. Cervantes and T. J. Fecteau (2002) Integrated control of brown rot of sweet cherry fruit with a preharvest fungicide, postharvest yeast, modified atmosphere packing, and cold storage temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 24:251-257.
- You O. J., Y. D. Jin, S. G. Hwang, Y. H. Lee, Y. B. Ihm, J. B. Kim, O. K. Kwon, K. S. Kyung and J. E. Kim (2009) Safety assesment of pesticides treated on garlic to control black rot during the storage. *The Korean Journal of Pesticide Science* 13(3):148-158.
- You O. J., Y. H. Lee, Y. D. Jin, J. B. Kim, S. G. Hwang, S. H. Han and J. E. Kim (2007) Antifungal activity of pesticides to control dry rot and blue mold during garlic storage. *The Korean Journal of Pesticide Science* 11(4):331-338.

저장 병해 방제를 위하여 처리된 Diphenylamine의 행적

유오종* · 경기성¹ · 김장역^{2*}

농촌진흥청 연구정책국, ¹충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ²경북대학교 농업생명과학대학 응용생물과학부

요 약 마늘에 처리한 농약의 흡수 및 이동성을 구명하기 위하여 [¹⁴C]diphenylamine 표지 화합물을 이용하여 방사능을 측정하였다. ¹⁴C-표지 및 비표지 diphenylamine을 마늘 잎에 도포 처리한 결과 약제처리 후 0.5일부터 약제를 처리한 잎에서 엽맥을 통하여 식물 전체로 이동되고 있음을 확인하였다. 마늘을 ¹⁴C-표지 및 비표지 diphenylamine 희석액에 침지하여 -4°C와 상온에서 저장한 결과 저장기간 동안 경시적인 ¹⁴C 방사능 분포는 단양종의 경우 겉껍질에서는 감소하는 반면 인편, 뿌리 및 속껍질에서는 조금씩 증가하는 경향을 보이고 있다. 단양마늘의 저장방법에 따른 ¹⁴C 방사능 분포 비율은 -4°C 저장에서는 겉껍질이 속껍질보다 높았으나 상온저장에서는 반대로 나타났으며, 남도마늘에서는 -4°C와 상온 저장에서 모두 속껍질의 방사능 분포 비율이 높았으며, 특히 상온저장에서는 겉껍질보다 속껍질 중의 방사능 분포비율이 약 40% 이상 높았다. 또한 ¹⁴C-표지 및 비표지 diphenylamine 희석액을 관주하였을 경우에는 마늘이 흡수하는 ¹⁴C 방사능은 1% 미만이었으며 나머지는 토양 10 cm 이내의 깊이에 90% 정도 존재하였다. 마늘에 흡수된 방사능은 잎으로 구성된 겉껍질 > 화경 > 속껍질 > 뿌리 > 인편 순으로 많이 분포되었다.

색인어 다이페닐아민, 침지, 관주, 마늘, 방사능