

인삼 중 azoxystrobin의 재배방법별 잔류특성 및 행적

이재윤 · 노현호 · 박효경 · 김진찬 · 정혜림 · 진미지 · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학학과

Residual Characteristics and Behavior of Azoxystrobin in Ginseng by Cultivation Conditions

Jae Yun Lee, Hyun Ho Noh, Hyo Kyoung Park, Jin Chan Kim, Hye Rim Jeong,
Me Jee Jin and Kee Sung Kyung

Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences,
Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

(Received on March 27, 2015. Revised on March 30, 2015. Accepted on March 30, 2015)

Abstract To determine residual characteristics of azoxystrobin in ginseng under different cultivation conditions such as use of straw mat on cultivation soil and filling gap between ginseng stem and soil surface and also to elucidate its approximate behavior after spraying, 20% azoxystrobin suspension concentrate solution was sprayed 4 times onto 5-year-old ginseng with 10 days interval at a application rate of about 200 L/10 a and then residues in samples were analyzed. The residue level was lower in case of use of straw mat and filling the gap with soil than in case of no use of straw mat and no filling the gap, representing that use of straw mat and filling the gap with soil were contributed to decrease of pesticide residues in ginseng. A large portion of the test pesticide distributed onto ginseng leaf with a higher specific surface area. The amounts of azoxystrobin residues decreased in ginseng leaf, while increased on soil surface, as close to harvest. About 0.1% of azoxystrobin sprayed was distributed in ginseng root and 12.7-20.4% (mean 16.6%) of azoxystrobin could be decreased for dietary intake by removing of rhizome from ginseng root before intake.

Key words Azoxystrobin, ginseng, rhizome, residue, behavior

서 론

인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 과거 단순한 경험에 의한 약효에 근거하여 신비의 명약으로 널리 사용되어 왔으나 1854년 미국의 S. Garriques가 사포닌 혼합물인 panaquilon을 최초 분리한 이후 인삼의 유효성분과 효능을 밝히기 위한 다양한 연구가 진행되었다. 그 결과 현재 항암 효과는 물론 혈압조절, 항당뇨 및 강장 등의 효능이 입증되어 보혈강장제로서 다양한 형태의 인삼 제품이 개발되어 소비되고 있으며, 이에 따라 고품질의 인삼을 재배하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다(Kim과 Lee, 2002; Hong, 2003).

국내 인삼 생산량은 1970년 3,041 ha의 면적에서 1,877톤으로 ha당 약 0.62톤을 생산하였는데 비해 1990년 12,184 ha에서 13,889톤으로 ha당 약 1.14톤, 2013년에는 15,824 ha의 면적에서 21,968톤의 인삼을 생산하여 ha당 약 1.39톤의 생산량을 보였으며, 대체적으로 해를 거듭할수록 재배 면적 및 면적 대비 생산량은 증가하는 추세를 나타냈다. 특히 2005년도 이전에 인삼 생산량이 17,000톤을 넘긴 해는 2002년 한 해가 전부이었지만 2006년 19,850톤을 시작으로 2012년도에는 26,057톤으로 6년간 약 75%의 성장세를 보였다(MAFRA, 2014). 이와 같이 재배 면적 대비 생산량이 지속적으로 증가할 수 있었던 이유는 인삼의 소비가 증가함에 따라 고품질의 인삼을 다량생산 할 수 있도록 지속적인 연구개발을 통한 인삼 재배기술의 확보 및 보급과 음식물인 인삼에서의 병해충 예방 및 방제가 뒷받침되었기 때문으로 판단된다.

*Corresponding author

Tel: +82-43-261-2562, Fax: +82-43-271-5921

E-mail: kskyung@cbnu.ac.kr

인삼은 생육에 서늘한 기후와 최소한의 광량만을 필요로 하기 때문에 재배를 위해서는 태양광을 가리기 위한 차광시설이 필수적이다(Seong 등, 2014). 과거에는 인삼재배 시 벚짚 거적을 이용하여 차광하였는데 폭과 크기가 상이함으로 인하여 생육이 일정하지 않았고 내구성이 낮아 개보수하는 비용이 많이 발생하였다(Kim 등, 1990; Kim과 Lee, 2002). 최근에는 고밀도 폴리에틸렌 필름을 이용한 차광막이 개발되어 사용되고 있지만 이 차광막도 고온기, 장마기 등 극한 자연환경에 취약한 문제가 발생하였고 두께 및 색상 등의 많은 연구를 거쳐 현재 4중직 차광막이 개발되어 보급되었다(Kim 등, 1990; Kim과 Lee, 2002).

인삼은 일광을 차단하는 조건에서 재배되기 때문에 내비·내병성에 취약하고 파종에서 수확까지 4년에서 6년간 한 곳에서 재배되는 다년생 작물로 각종 병해충에 다른 작물에 비하여 노출되는 기간이 길 수밖에 없다(Im 등, 2007). 따라서 적기에 병해충을 방제하는 것이 고품질의 인삼을 생산할 수 있는 가장 빠르고 확실한 방법이다. 하지만 살포된 농약 중 일부는 인삼에 잔류하여 안전성에 논란을 유발하고 또한 잔류농약으로 인한 무역장벽이 생겨 수출 장애에 이르게 되면서 경제적 손실을 초래하였다(Lee, 2005).

과거에는 농약의 안전성 측면보다는 작물에 약해가 없고 약효가 확실한 농약이 주목을 받았지만 사용량이 많아지면서 잔류농약 문제를 인식하게 되었으며(Park 등, 2010), 세계 각국은 자국의 농산물에 대한 농약의 잔류허용기준을 설정할 뿐만 아니라 잔류농약 모니터링을 통하여 잔류농약의 안전성을 평가하고 잔류허용기준을 초과하는 농산물은 폐기 등의 조치를 취하고 있다(Kim 등, 2010). 이러한 문제를 해결하기 위하여 과학적 근거를 바탕으로 안전사용기준과 잔류허용기준을 설정하고 인삼 중 농약 잔류허용기준의 국제적 조화를 통하여 농민의 경제적 손실을 줄임과 동시에 고소득 작물의 입지를 다지고 소비자에게는 보다 안전한 인삼을 제공하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 그 일환으로 식품의약품안전처에서는 다년간의 연구결과를 근거로 2010년 인삼 중 difenoconazole의 Codex 잔류허용기준의 설정을 Codex에 요청하여 2011년에 설정되었다(CCPR, 2011).

Azoxystrobin은 스트로빌루린 계통의 살균제로서 75종의 농산물 및 식품에 잔류허용기준이 설정되어 있으며(MFDS, 2014), 특히 인삼의 점무늬병과 탄저병 방제에 예방 및 치료효과를 동시에 보이는 사용빈도가 높은 살균제이다. Kim 등(2008)은 인삼 재배기간 중 azoxystrobin 등 3종

의 농약에 대한 토양 구멍 유무에 따른 잔류특성연구에서 인삼 뿌리 중 azoxystrobin은 인삼 잎에 묻은 살포액의 흡수 이행을 통한 잔류 보다는 인삼 줄기를 타고 흐르거나 약제 살포시 노출된 인삼 뿌리에 살포액이 직접적인 접촉에 의해 잔류하는 것으로 추정하였다. Wang 등(2010)은 인삼 및 재배환경에서 azoxystrobin 25% SC의 경시적 잔류특성에 대한 연구를 수행하였으며, 기준량 및 1.5배량을 살포한 결과 인삼재배 토양 중 azoxystrobin의 반감기는 7.5-9.9일이었으며, 인삼 중 잔류량은 0.5 mg/kg 미만이었다고 보고하였다.

따라서 이 연구는 인삼 중 농약의 잔류 경로를 구명하기 위하여 경엽 살포된 농약의 인삼 줄기를 통한 이동 및 인삼 재배용 덮개의 유무에 따른 인삼의 농약 잔류에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 경엽 살포된 azoxystrobin의 분포를 조사하고자 농약을 살포하고 인삼, 줄기, 잎 및 토양 중 시험농약의 잔류량을 산출하여 개략적인 행적을 구명하였다.

재료 및 방법

시험약제 및 시험작물

시험농약은 Table 1에 제시한 바와 같이 인삼의 점무늬병과 탄저병 방제에 사용되고 있는 azoxystrobin(제품명: 오티바, 신젠타코리아주식회사)이었으며, 시험작물은 우리나라 대표 약용작물인 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)이었다.

포장 시험

인삼의 재배방법별 잔류특성

일반적으로 인삼은 묘삼을 이식한 후 인삼재배용 덮개로 두둑을 덮어 재배하고 있으며, 생육기간 동안 줄기와 잎이 바람 등의 영향으로 장기간 흔들리면서 인삼 줄기 주변 토양에 구멍이 생겨 살포농약이 인삼의 가식부위인 뿌리로 흘러 들어갈 가능성이 크다. 따라서 경엽 살포된 농약이 토양 표층에 생긴 구멍을 통한 침투 여부를 조사하기 위하여 시험 포장에 생육 중인 인삼 줄기 주변의 구멍이 생긴 정도를 비롯하여 구멍의 직경과 표토에서 뇌두까지의 깊이를 측정하였다. 또한 인삼 뿌리 중 농약 잔류에 미치는 영향을 알아보기 위하여 인삼 재배지의 표토 덮개를 덮은 관행재배 처리구, 관행재배 방법에 구멍을 막은 처리구, 덮개를 제거하고 구멍을 막지 않은 처리구, 그리고 덮개를 제거하고 구멍을 막은 처리구를 배치하여 시험을 수행하였다. 구멍으로 농약이 침투되는 것을 방지하기 위하여 구멍을 막은 처리구

Table 1. Pre-harvest interval of the commercial product of azoxystrobin and its maximum residue limit for ginseng

Active ingredient (%)	Formulation type	Dilution rate	Pre-harvest interval			Maximum residue limit (mg/kg)
			Application interval (day)	Last spraying day before harvest	Maximum application time	
20	Suspension concentrate	2,000	10	7	4	0.1 for fresh ginseng

Table 2. Total weights of the collected samples from each treatment plot sprayed with the recommended dose for mass balance study

Treatment		Total weight (g)			
		Ginseng root	Rhizome	Stem	Leaf
A ^{a)}	Replicate 1	2,744.2	127.5	1,222.2	1,028.0
	Replicate 2	2,703.8	160.3	1,589.8	1,310.7
	Replicate 3	2,301.6	167.9	1,308.9	1,093.4
B ^{b)}	Replicate 1	2,336.0	125.1	832.8	908.6
	Replicate 2	2,267.6	122.2	1,029.3	1,046.7
	Replicate 3	2,993.7	180.8	1,340.8	1,247.7
C ^{c)}	Replicate 1	2,916.5	195.2	1,318.8	1,234.5
	Replicate 2	2,675.2	177.9	1,118.1	1,017.1
	Replicate 3	2,524.9	178.3	1,180.1	1,163.5

^{a)}30 days before harvest.

^{b)}20 days before harvest.

^{c)}10 days before harvest.

는 주변의 토양을 이용하여 구멍을 막았다. 또한 살포농약의 농도가 잔류량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 안전사용기준의 추천살포 농도인 기준량(100 mg a.i./L) 처리구와 별도로 배량(200 mg a.i./L) 처리구를 배치하였으며, 배부식 분무기로 200 L/10 a의 약량을 수확 7일전까지 10일 간격으로 4회 살포한 후 잔류농약을 분석하기 위하여 인삼을 수확하였다. 모든 시험에서 처리구의 크기는 1.2 × 1.8 m이었으며, 3반복으로 시험하였다.

농약의 행적 구명

인삼에 경엽 살포한 시험농약의 행적 및 분포도를 조사하기 위하여 수확예정일로부터 역산하여 수확 30일전, 20일전 및 10일전 약제살포 처리구를 배치하고 토양에 도달한 농약의 양을 측정하기 위하여 토양 표면에 처리구(1.2 × 1.8 m) 당 30개의 은박 접시(지름 10 cm)를 인삼 줄기 사이에 일정한 간격으로 배열하였다. 토양 표면에 배치한 접시의 면적은 시험구 표면적의 약 10.9%이었다. 안전사용기준에 따라 시험농약을 배부식 분무기로 각각의 처리구에 1회 살포(200 L/10 a)한 후 살포액이 완전히 마른 뒤 은박 접시를 수거하고 줄기, 잎 및 인삼을 구분하여 채취하였으며, 수확한 인삼의 경우 물로 세척하여 흙을 제거한 후 분석용 시료로 사용하였다. 수거한 은박접시는 분석 후 검출량을 토대로 처리구의 면적으로 환산하여 토양에 도달한 양을 산출하였으며, 인삼의 경우 뇌두와 몸체로 구분하고 줄기와 잎 중 시험농약을 분석하여 인삼의 부위별 시험농약의 농도와 분포도를 산출하였다. 채취한 모든 시료의 무게는 Table 2에 제시하였다.

잔류농약 분석 시료 조제

믹서기로 분쇄한 뇌두, 뇌두를 제거한 인삼 뿌리, 줄기, 잎 시료 약 5 g (뇌두를 제거한 인삼 뿌리의 경우 약 20 g)

을 300 mL의 tall beaker에 넣고 100 mL의 acetone을 첨가하여 10,000 rpm에서 3분간 추출하였으며, 추출한 시료는 Celite 545를 통과시켜 흡인여과 한 후 50 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 100 mL의 포화식염수와 400 mL의 증류수가 들어있는 분액 여두로 옮기고 50 mL의 dichloromethane을 넣은 후 Recipro shaker (SR-2W, Taitec, 일본)를 이용하여 250 rpm에서 10분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하였다. Dichloromethane 분배액은 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35°C에서 감압농축 하였다. 130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 5 g을 유리 칼럼(1 cm I.D. × 22 cm L.)에 건식 충전한 후 약 2 g의 무수 황산나트륨을 Florisil 상부에 넣고 50 mL의 *n*-hexane으로 칼럼을 세척하여 안정화 시켰다. 상기 농축시료 잔사를 5 mL의 *n*-hexane:dichloromethane (80:20, v/v) 혼합용매에 녹여 칼럼 상부에 가하여 흘러버리고 동용매 5 mL로 씻어버린 후 30 mL의 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (45:50:5, v/v/v) 혼합용매로 흘러버렸으며, 50 mL의 dichloromethane:acetonitrile (50:50, v/v) 혼합용매로 azoxystrobin을 용출하여 35°C에서 감압 농축하였다. 농축건고 시료는 4 mL의 acetone에 재용해하여 GLC-ECD로 시료 중 시험농약을 분석하였다.

은박접시에 묻은 농약의 경우 2 L 규격의 Nalgene 병에 수거한 은박접시를 넣고 1 L의 acetone을 첨가한 후 1시간 동안 진탕추출 하였으며, 예비실험을 통하여 분석 적정농도에 해당하는 추출액 5 mL를 취하여 35°C에서 감압 농축하였다. 농축건고 시료는 2 mL의 acetone에 재용해하여 GLC-ECD로 기기 분석하였다.

기기분석

시료 중 azoxystrobin은 Agilent Technologies 사의 7890A GLC-ECD를 사용하여 분석하였으며, HP-5 capillary column

(30 mL × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness)을 사용하였다. 오븐 온도는 최초 230°C에서 분당 10°C씩 300°C까지 승온시킨 후 7분간 유지하는 방법으로 programing하였으며, 주입구와 검출기의 온도는 각각 250과 310°C이었다. 또한 이동상의 유속은 1 mL/min이었으며, 50 : 1의 분할비 조건에서 1 µL씩 시료를 주입하여 분석하였다.

회수율 시험

확립한 분석법을 검증하기 위하여 회수율 시험을 수행하였으며, 검출한계의 10배와 50배 수준으로 각 무처리 시료에 처리하여 상기 시료분석방법으로 분석하여 회수율을 산출하였다.

결과 및 고찰

회수율 시험

시료 중 azoxystrobin의 검출한계는 Table 3과 같이 인삼 뿌리 0.002 mg/kg, 은박지시 0.004 mg/kg, 너두, 줄기 및 잎의 경우 모두 0.008 mg/kg이었다. 각 분석부위 별 회수율은 Table 3에 제시한 바와 같이 모두 81.1-104.6%이었으며, 이 분석법은 검출한계 0.05 mg/kg 이하, 회수율 70-120%, 변이계수 10% 이하를 권장(RDA, 2012)하고 있는 기준을 감안할 때 적합한 것으로 판단되었다. Bursic 등(2007)은 오이 중 azoxystrobin의 회수율은 평균 87.6%, 변이계수 10% 미만이라고 보고하였으며, Chaido 등(2006)은 포도와 건포도에서 azoxystrobin의 평균 회수율은 각각 86과 99%, 상대표준편차는 각각 12와 15%이었다고 보고하였다.

잔류 특성

재배방법별 잔류특성

인삼의 재배 방법에 따른 시험농약의 잔류량은 Table 4에 제시하였다. 시험농약은 관행재배 처리구(T-1-A)에서 기준

량 0.010-0.012, 배량(T-2-A) 0.017-0.018 mg/kg이 검출되었으며, 관행재배 방법에서 구멍을 막고 재배한 처리구(T-1-B)는 기준량은 검출한계 미만, 배량(T-2-B)은 0.004-0.005 mg/kg이 검출되었다. 인삼 재배 시 줄기와 토양 표면 사이에 생긴 구멍을 막을 경우 시험농약의 잔류량은 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 경엽살포한 살포액이 인삼의 줄기를 타고 흐르거나 앞에서 떨어진 약액이 토양표면의 구멍을 통해 인삼의 지하부까지 도달하는 것으로 판단되었다. 관행재배 방법에 토양표면의 구멍을 막고 안전사용기준에 준하여 약제를 살포할 경우 시험농약의 잔류량은 검출한계 미만으로 나타났다. 인삼 덮개를 제거하고 구멍을 막은 처리구(T-1-D)의 경우도 인삼덮개를 제거하고 구멍도 막지 않은 처리구(T-1-C)에 비하여 잔류량이 감소하였다. 이는 시험농약의 흡수 이행력을 고려하더라도 줄기 주변의 구멍을 통해 유입되는 농약이 인삼의 잔류량에 영향을 주는 주된 요인일 것으로 판단되었으며, 이 결과는 4년근 인삼 재배 토양과 줄기 주변의 구멍을 솜으로 막고 azoxystrobin과 difenoconazole을 살포한 결과 관행재배 방법에 비해 잔류량이 현저히 감소하였다는 Kim 등(2008)의 연구 결과와 유사하였다. 따라서 시험포장에서 재배중인 대부분의 인삼이 줄기와 토양 표면 사이에 구멍(평균 직경 5.9 ± 2.5 cm, n = 20)이 있고 거의 대부분의 재배 중인 인삼의 너두가 노출(표토에서 너두까지의 깊이 2.7 ± 0.5 cm, n = 20)되어 있었던 점을 고려하면 재배과정에서 구멍이 생기지 않도록 하는 재배방법을 개발하거나 인위적으로 구멍을 흙으로 막는 것이 인삼 뿌리 중 농약 잔류를 감소시킬 수 있는 방법으로 판단되었다.

토양 덮개의 유무에 따른 잔류량의 차이는 Table 4에 제시한 바와 같이 토양 덮개를 제거할 경우 덮개를 설치하는 관행재배 방법에 비하여 잔류량이 증가하였다. 이는 인삼 재배포장에 덮개를 설치할 경우 토양으로 떨어지는 살포액을 일차적으로 흡수하여 인삼 줄기와 토양 사이의 구멍으로 유입되는 양이 감소하여 인삼 뿌리 중 잔류량이 감소하는

Table 3. Limits of detection (LODs) and recoveries of azoxystrobin from root, stem and leaf of ginseng and aluminium foil dish

Matrix	Fortification (mg/kg)	Recovery (mean ± SD ^a , %)	LOD (mg/kg)
Root without rhizome	0.02	97.8 ± 4.1	0.002
	0.1	100.9 ± 5.7	
Rhizome	0.08	84.8 ± 3.9	0.008
	0.4	90.0 ± 2.2	
Stem	0.08	91.4 ± 4.0	0.008
	0.4	92.4 ± 2.1	
Leaf	0.08	96.9 ± 5.1	0.008
	0.4	95.5 ± 5.2	
Aluminium foil dish	0.04	98.7 ± 3.8	0.004
	0.2	95.4 ± 5.1	

^aStandard deviation.

Table 4. Residual concentration of azoxystrobin in ginseng sprayed with different concentrations under different cultivation conditions

Application rate	Treatment	Cultivation condition ^{a)}		Residual concentration (mean \pm SD ^{c)} , mg/kg)
		Straw mat	Filling gap with soil ^{b)}	
Recommended	T-1-A	Yes	No	0.011 \pm 0.001
	T-1-B	Yes	Yes	< 0.002
	T-1-C	No	No	0.019 \pm 0.001
	T-1-D	No	Yes	0.006 \pm 0.001
Double	T-2-A	Yes	No	0.017 \pm 0.000
	T-2-B	Yes	Yes	0.005 \pm 0.001
	T-2-C	No	No	0.033 \pm 0.002
	T-2-D	No	Yes	0.010 \pm 0.001

^{a)}According to the traditional cultivation method for ginseng in Korea, soil surface was covered with straw mat during the cultivation period. And there were some gaps caused by movement of stems by wind between soil surface and stem.

^{b)}Filling the gap between soil surface and stem with soil for preventing the downward flow of the sprayed pesticide solution through ginseng stem.

^{c)}Standard deviation.

Table 5. Approximate mass balance of azoxystrobin sprayed onto ginseng

Plot	Rep.	Mass balance (%)					Total
		Rhizome	Root without rhizome	Stem	Leaf	Soil surface ^{d)}	
A ^{a)}	Rep.1	0.04	0.00	2.04	30.70	7.74	40.52
	Rep.2	0.03	0.01	2.27	38.31	5.15	45.77
	Rep.3	0.03	0.00	2.01	29.68	9.78	41.49
B ^{b)}	Rep.1	0.03	0.00	1.35	25.01	13.88	40.27
	Rep.2	0.03	0.00	1.67	28.36	10.70	40.76
	Rep.3	0.04	0.01	2.00	29.48	14.22	45.76
C ^{c)}	Rep.1	0.04	0.01	2.40	22.29	19.68	44.41
	Rep.2	0.03	0.01	2.16	20.03	12.74	34.98
	Rep.3	0.03	0.01	2.02	24.46	11.52	38.03

^{a)}30 days before harvest.

^{b)}20 days before harvest.

^{c)}10 days before harvest.

^{d)}Calculated on the basis of residue on aluminium foil dish

효과가 있는 것으로 판단되었으며, 인삼 재배 시 사용하는 덮개가 인삼 뿌리 중 농약의 잔류를 억제하는데 크게 기여하는 것으로 나타났다.

인삼의 재배기간 동안 바람이나 강우에 의한 인삼 줄기 또는 지상부 전체의 흔들림은 뇌두 또는 심할 경우에는 인삼 뿌리의 노출을 야기시킬 수 있으며, 이 경우 농약에 직접적으로 노출되어 잔류량이 증가하게 될 것으로 예측되었다. 또한 인삼 덮개는 줄기의 흔들림으로 인한 토양표면에 구멍이 존재하더라도 농약 살포액이 구멍에 직접적으로 들어가는 것을 일차적으로 방지하며, 주변의 토양으로 표면의 구멍을 덮으면 농약의 잔류량은 감소하는 것으로 나타났다.

살포 농약의 행적

작물의 각 부위와 처리구 내 토양에 떨어진 시험농약의

인삼 부위별 분포량을 산출한 결과는 Table 5에 제시한 바와 같이 총 살포량 대비 총 검출량은 살포량의 34.98-45.77% 범위이었다. 총 살포량의 0.03-0.04%가 인삼 뿌리에서 검출되었으며, 인삼 뇌두에서 검출된 양은 총 살포량의 0.01% 이하이었다. 줄기와 잎의 검출량은 각각 1.35-2.40와 20.03-38.31%이었으며, 표토에서는 총 살포액의 5.15-19.68%가 검출되었다. 이 연구에 사용된 5년근 인삼의 경우 약제 살포시기에 인삼의 잎이 무성하게 자란 상태였기 때문에 경엽 살포한 농약이 잎을 타고 흘러 시험구 내의 표토가 아닌 고랑에 많은 양이 떨어졌을 것으로 예측되었으며, 이에 따라 총 살포량의 약 46% 미만이 검출된 것으로 판단되었다. 또한 바람에 의한 살포액의 비산 및 처리구 토양 표면에 배치된 은박접시의 분석 결과값을 처리구 면적으로 환산할 때 생기는 실험 오차 등 여러 요인이 작용하여 회수량이

Table 6. Residual concentration and total amount of azoxystrobin detected in root, stem, leaf and aluminium foil dish

Matrix	Plot	Concentration (mg/kg) (mean \pm SD ^d)	Total amount of azoxystrobin detected (μ g) (mean \pm SD)
Rhizome	A ^{a)}	0.021 \pm 0.004	3.08 \pm 0.70
	B ^{b)}	0.023 \pm 0.002	3.28 \pm 0.72
	C ^{c)}	0.038 \pm 0.003	6.95 \pm 0.64
Root without rhizome	A	0.009 \pm 0.001	22.74 \pm 3.77
	B	0.009 \pm 0.001	22.16 \pm 6.23
	C	0.008 \pm 0.001	22.22 \pm 3.07
Stem	A	1.077 \pm 0.061	1,472.74 \pm 144.46
	B	1.094 \pm 0.046	1,159.87 \pm 232.45
	C	1.251 \pm 0.045	1,507.29 \pm 125.35
Leaf	A	20.105 \pm 1.299	23,067.49 \pm 4039.64
	B	18.069 \pm 1.376	19,135.98 \pm 1583.19
	C	13.467 \pm 1.235	15,321.78 \pm 1926.51
Soil surface (aluminium foil dish)	A	-	573.20 \pm 163.25
	B	-	980.60 \pm 173.58
	C	-	1,096.65 \pm 328.03

^{a)}30 days before harvest.

^{b)}20 days before harvest.

^{c)}10 days before harvest.

^{d)}Standard deviation.

다소 낮은 것으로 판단되었다.

총 검출량을 기준으로 산출한 인삼의 각 부위 및 토양의 분포율은 뇌두를 제거한 인삼 뿌리 0.08, 뇌두 0.02, 줄기 4.84, 잎 66.54 및 표토 28.53%로 나타났다. 인삼 잎에서 농약의 분포율이 가장 높은 것은 살포액이 묻은 면적이 다른 부위에 비해 가장 넓고 안전사용기준에 따라 살포 시 대부분의 잎이 충분히 젖을 정도로 살포되었기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 토양 표면에 설치한 은박접시에서 검출된 양이 적은 것은 인삼의 잎에 묻은 살포액이 중력에 의하여 토양 표면에 떨어진 양상이 일정하지 않고 토양 표면에 떨어진 농약이 도달하는 부분이 균일하지 않아 회수된 양이 일정하지 않은 것으로 추정되었다. Park 등(2008)은 작물의 재배환경 중 농약의 행방은 농약의 다양한 물리화학적 성질의 복합적인 작용에 의해 결정되며, 잔류양상 또한 대상 농약의 이화학적 특성, 작물 또는 재배환경에 따라 다를 수 있다고 보고한 바 있다.

분석 부위별 실제 잔류량은 뇌두를 제거한 인삼 뿌리 0.008-0.010, 뇌두 0.016-0.040, 줄기 1.031-1.295 및 잎 12.405-21.145 mg/kg이었으며, 가식부위인 뇌두를 제거한 인삼의 뿌리와 뇌두의 잔류량은 인삼의 잎과 줄기에 비해 잔류량이 매우 낮았다(Table 6). 이는 인삼의 가식부는 토양 내에 있으므로 다른 부위에 비해 살포액의 직접적 노출이 매우 제한적이며, 인삼 뿌리의 표면에 흡착되어 있는 시험농약이 인삼의 흙을 제거하는 단계에서 일부 소실되었을 것으로 판단되었다. Amvrazi (2011)는 작물의 표면에 흡착되어 있는

잔류농약은 세척이나 표면의 흙과 같은 이물질을 제거하는 단계에서 함께 제거 될 수 있으며, 이는 세척의 정도, 방법 등에 따라 제거율이 달라질 수 있다고 보고한 바 있다.

인삼에 살포한 농약의 인삼 부위별 잔류 농도(mg/kg)와 잔류량(μ g)은 Table 6에서 보는 바와 같이 잎과 줄기 순으로 높았으며, 비표면적이 높은 잎에서 현저히 높았다. 특히 뇌두를 제거한 인삼의 뿌리와 뇌두의 경우 시험농약의 잔류 농도는 뇌두에서 높게 나타났지만 뇌두를 제거한 인삼 뿌리 및 뇌두의 총 무게를 고려하여 산출한 시험농약의 잔류량은 뿌리 18.06-29.33, 뇌두 2.63-7.50 μ g으로 실제 인삼의 섭취로 인한 농약의 섭취율은 인삼 뿌리의 잔류량에 좌우될 것으로 판단되었다. 그러나 인삼 섭취 시 인삼에서 뇌두를 제거하는 것이 일반적이므로 인삼 뿌리(3반복 처리구의 평균 잔류량 22.38 \pm 3.97 μ g)에서 뇌두(3반복 처리구의 평균 잔류량 4.44 \pm 1.98 μ g)를 제거할 경우 12.7-20.4%(평균 16.6%)의 잔류농약을 제거하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

생육기별 살포 농약의 잔류 특성

수확 전 약제 살포일의 차이에 따른 농약의 잔류 특성을 알아보기 위하여 수확 30일전, 20일전, 10일전에 약제를 살포한 후 채취한 시료의 부위별 잔류 특성은 Table 5와 6에 제시한 바와 같이 잎과 토양 표면의 검출량은 시간이 지남에 따라 수확기에 가까울수록 잔류량이 잎에서는 감소하고 토양 표면(은박접시)에서는 증가하는 서로 상반되는 결과를 나타내었는데 이는 약제살포 시기가 인삼 수확일에 인접함

에 따라 지상부의 갈변과 잎 또는 줄기의 처짐 현상이 증가하여 살포 농약의 토양 중 노출을 증가시키는 것으로 판단되었다. 또한 시험농약의 분포율은 인삼 뿌리와 뇌두에서 큰 차이가 없었으며(Table 5), 잔류 농도와 잔류량은 인삼 뿌리에서는 큰 차이가 없었으나 뇌두에서는 수확 10일 전 처리구에서 더 높아 살포 농약이 줄기 주변의 구멍을 통해 뇌두와 인삼 뿌리로 이동하였을 가능성을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

- Amvrazi, E. G. (2011) Fate of pesticide residues on raw agricultural crops after postharvest storage and food processing to edible portions, Pesticide - Formulations, Effects, Fate, Stoytcheva (ed.), In Tech, Rijeka, Croatia, pp.575-594.
- Bursic V., S. Lazic, V. Stojšin, F. Bagi and F. Balaz (2007) Determination of azoxystrobin residues in cucumber, 8th Slovenian conference on plant protection, pp.257-260.
- CCPR (2011) Report of the 43th session of the Codex committee on pesticide residues, p.48.
- Chaido, L., J. A. Elizabeth and K. Kalliopi (2006) Residues of azoxystrobin from grapes to raisins, J. Agric. Food Chem. 54:138-141.
- Hong, K. S. (2003) Study on the residues in different parts of non-dried Korean and Chinese ginseng, Yonsei University master's thesis p.1.
- Im, M. H., I. K. Kwang, K. S. Park, K. J. Lee, M. I. Chang, W. K. Yun, W. J. Choi, K. S. Yoo and M. K. Hong (2007) Reduction rate of azoxystrobin, fenhexamid and cyprodinil during ginseng processing, Korean J. Food Sci. Technol. 39(5):575-579.
- Kim, H. K. and K. S. Lee (2002) Effect of coverings on the growth of ginseng and the persistency of procymidone in growing soils, Kor. J. Environ. Agri. 21(1):24-30.
- Kim, J. E., T. H. Kim, Y. H. Kim, J. H. Lee, J. S. Kim, S. K. Paek, S. Y. Choi, Y. N. Youn and Y. M. Yu (2008) Residues of tolclofos-methyl, azoxystrobin and difenoconazole in ginseng sprayed by safe use guideline, Korean J. Medicinal Crop Sci. 16(6):390-396.
- Kim, M. O., H. S. Hwang, M. S. Lim, J. E. Hong, S. S. Kim, J. A. Do, D. M. Choi and D. H. Cho (2010) Monitoring of residual pesticides in agricultural products by LC/MS/MS, Korean J. Food Sci. Technol. 42(6):664-675.
- Kim, Y. H., Y. H. Yu, D. H. Cho and S. H. Ohh (1990) Occurrence of Alternaria Blight and ginseng yield in different shades, Korean J. Plant Pathol. 6(1):42-50.
- Lee, K. J. (2005) A study on the optimal analysis method of residual pesticides (azoxystrobin, fenhexamid) in ginseng, Sungshin Women's University, master's thesis. p.2.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2014) Statistics for ginseng in 2013, p.8.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2014) Pesticides Residue Database, http://fse.foodnara.go.kr/residue/pesticides/pesticides_mrl_korea_view.jsp?pesticideCode=P00228.
- Park, B. J., K. A. Son, M. K. Paik, J. B. Kim, S. M. Hong G. J. Im and M. K. Hong (2010) Monitoring of neonicotinoid pesticide residues in fruit vegetable and human exposure assessment, Kor. J. Pest. Sci 14(2):104-109.
- Park, B. J., S. W. Park, J. K. Kim, K. H. Park, W. I. Kim and O. K. Kwon (2008) Distribution of pesticide applied with different formulations and rice growing stages in paddy fields, Kor. J. Pestic. Sci. 12(1):74-81.
- Rural Development Administration (RDA) (2012) Pesticide Act, Instruction and Directory, pp.401-402.
- Seong, B. J., K. S. Lee, S. H. Han, S. I. Kim, G. H. Kim, S. S. Lee, J. Y. Won, J. D. So and J. W. Cho (2014) Comparison of growth characteristics and quality of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by different shade materials, Korean J. Crop Sci. 59(4):505-510.
- Wang, S. W., Z. G. Hou, J. Zou and Z. B. Lu (2010) Residual decline of azoxystrobin 25% SC in ginseng environment, Agrochemicals 49(6):436-438.

인삼 중 azoxystrobin의 재배방법별 잔류특성 및 행적

이재윤 · 노현호 · 박효경 · 김진찬 · 정혜림 · 진미지 · 경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학학과

요 약 인삼의 재배환경에 따른 잔류특성을 조사하고 살포 농약의 행적을 알아보기 위하여 5년근 인삼포에 덮개 유무와 인삼 줄기의 움직임으로 생긴 구멍을 흙으로 메우는 방법 여부의 서로 다른 조건에서 azoxystrobin (20% SC)을 안전사용기준의 기준량과 배량농도로 수확 7일전까지 10일 간격으로 4회 살포하였으며, 행적 구멍 시험을 위해서는 기준량을 1회 살포한 후 분석시료를 채취하였다. 재배기간 중 덮개를 설치하고 구멍을 막은 경우가 잔류량이 낮아 덮개 설치와 구멍 메우기가 잔류량 감소에 기여하는 것으로 판단되었다. 인삼에 살포한 azoxystrobin은 비표면적이 큰 잎에 가장 많이 분포하였으며, 살포시기가 인삼의 수확기에 근접할수록 잎 중 잔류량은 감소하였으나 토양표면의 검출량은 증가하였다. 뇌두를 포함한 인삼 뿌리 중 시험농약의 분포율은 약 0.1%이었으며, 인삼 섭취 시 뇌두를 제거할 경우 12.7-20.4%(평균 16.6%)의 잔류농약 섭취를 감소시키는 효과가 있었다.

색인어 Azoxystrobin, 인삼, 뇌두, 잔류, 행적