

신규 살균제 KNF 1002의 오이 및 고추 중 잔류특성

김태화 · 이재영 · 유용만 · 김장억^{1)*}

(주)경농 중앙연구소, ¹⁾경북대학교 농화학과

(2003년 8월 14일 접수, 2003년 9월 5일 수리)

Residues of a New Fungicide, KNF 1002 in Cucumber and Pepper

Tae-Hwa Kim, Jae-Yeong Lee, Yong-Man Yu and Jang-Eok Kim^{1)*} (Kyungnong Central Research Institute, Gyeongju 780-110, Korea, ¹⁾Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 701-702, Korea)

ABSTRACT : This study was conducted to evaluate the terminal residue of a new fungicide, KNF 1002, in cucumber and pepper under greenhouse and field conditions. When a microemulsion formulation (20%) of KNF 1002 was applied once or twice during 1~7 days before harvest, its terminal residue in cucumber ranged <0.02~0.20 mg/kg under greenhouse condition. In pepper, its figure recorded 0.31~0.79 mg/kg and 0.11~0.28 mg/kg under greenhouse and field conditions, respectively. Much higher level of terminal residues was observed in leaves than those in fruits in pepper, showing 7.38~25.20 mg/kg and 0.11~1.99 mg/kg under greenhouse and field conditions, respectively. Cultivation condition affected evidently the residue level in pepper harvests. Residual pattern of KNF 1002 seemed to be comparable to strobilurin fungicides currently used.

Key words: KNF 1002, residue, cucumber, pepper, fungicide.

서론

현재 우리나라의 신농약 개발기술은 선진국 수준에 크게 못 미치고 있기 때문에 국내 사용 농약 원재의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다^{1,3)}. 국내의 신농약에 대한 연구는 1980년대 후반 지적재산권의 도입으로 특허 권리의 중요성이 부각되면서 새로운 농약의 개발에 많은 관심을 기울이게 되었다⁴⁾. 현재까지 짧은 개발의 시간이었지만 1995년 한국화학연구소와 성보화학이 살충제 flupyrazofos(KH-502, 선봉)를 개발하였으며, 이어서 1997년에는 LG화학에서 제초제 pyribenzoxim(LGC-40863, 피안커)와 살균제 ethaboxam(LGC-30473, 가디안)을 개발한 바 있다^{5,6)}. 현재에도 대학, 국가출연연구소 및 기업체에서 새로운 농약의 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있기 때문에 더욱 우수한 활성을 가지면서 잔류독성이 적고 또한 환경에 미치는 영향도 거의 없는 새로운 약제들이 국내에서도 많이 개발될 것으로 예상된다.

최근 국내 살균제 개발 분야에서는 사용역사나 빈도가 높아 내성문제를 야기하고 있는 기존의 약제들을 대체하기 위하여 기존에 사용되는 약제들과 화학적인 계열이 다르면서

작용기작이 전혀 다른 새로운 약제의 개발에 주력하고 있다. 그 중 국내 살균제 시장에서 급격한 성장세를 보이면서 사용빈도가 늘어난 EBI(ergosterol biosynthesis inhibitor) 작용제 중 triazole계열의 살균제에 대한 내성문제가 보고됨에 따라 triazole계를 대체할 methoxyacrylate계열의 약제가 새롭게 등장하고 있다⁷⁻¹⁶⁾. Methoxyacrylate계열의 약제는 버섯에서 추출된 strobilurin에서 유래한 살균제로서 식물병원균의 cytochrome b와 c1 사이에서 전자전달을 저해하여 호흡을 저해하는 작용기작을 가지고 있어 기존 침투이행성 약제들의 저항성 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 넓은 작용 스펙트럼과 함께 치료 및 예방효과도 우수한 것으로 알려져 있다^{17,18)}. 이 계열의 약제로는 1996년 Zeneca Agrochemicals사에 의해 개발된 azoxystrobin과 BASF사에 의해 개발된 kresoxim-methyl 등이 개발되어 국내외적으로 널리 사용되고 있다. 이들 약제들은 기존의 triazole계 약제가 50 mg/L의 수준에서 약효를 발현하는데 비하여 2.0 mg/L 정도의 저 약량으로도 동일한 효과를 나타내므로 친환경적 약제로 부각되어 널리 사용되고 있는데, azoxystrobin의 경우 1988년의 수입량이 유효성분량으로 3,125 kg 이었으나 2001년에는 18,525 kg 으로 크게 늘어나 그 수입량은 점차 증가되고 있는 추세이다¹⁹⁾.

본 연구에서는 현재 새로운 살균제 그룹으로 등장한 methoxyacrylate계열의 살균제로서 한국화학연구원과 (주)경농에서

*연락처:

Tel: +82-53-950-5720 Fax: +82-53-953-7233

E-mail: jekim@knu.ac.kr

공동으로 개발한 신규합성품 KNF 1002의 작물에 대한 잔류 특성을 방제효과가 우수하게 나타난 오이와 고추를 대상으로 조사하였다.

재료 및 방법

농약

순도 93.3%의 KNF 1002 분석용 표준품은 (주)경농 중앙 연구소에서 합성하여 Preparative HPLC를 사용하여 정제된 것을 사용하였으며, 제품은 (주)경농 중앙연구소에서 제조한 KNF 1002 미탁제(20%, ME)를 사용하여 작물잔류시험을 수행하였다. KNF 1002의 화학명, 화학구조 및 물리화학적 특성들은 Table 1과 같다.

오이 포장시험

오이에 대한 잔류시험은 2003년 4월에 경주시 내남면 이 조리의 시설재배단지내 포장에서 수행하였다. 사용된 오이의 품종은 가시오이였으며, 2003년 1월에 정식 후 12주 경과 후에 약제를 살포하였다. 약제의 처리는 KNF 1002 20% ME(미탁제)를 물로 1,000배 희석하여 200 L/10a (0.2 kg a.i./10a) 수준이 되도록 7일 간격으로 1회 및 2회 살포 하였으며, 살포 후 1, 3, 5, 7일 간격으로 시료를 채취하여 잔류분석을 실시하였다.

고추 포장시험

고추에 대한 잔류시험은 2003년 6월에 경주시 내남면 배 반리의 고추시설재배 포장을 임차하여 수행하였다. 사용된 고추의 품종은 부광이였으며, 고추 육묘를 5월 초순에 정식하고 8주 정도 재배하여 약 1 m 정도의 생육을 보이는 6월 말부터 약제를 처리하였다. 노지재배와의 잔류량의 차이를 알아보

Table 1. Chemical structure and physicochemical properties of a new fungicide, KNF 1002

Chemical structure	
Chemical name	N-methyl-N-(3-methylphenyl)-2-[(1,3,3,3-tetrafluoro-2-phenyl-1-propenyl)oxy]acetamide
Solubility	E-form : 0.206 mg/L (in 25°C, water) Z-form : 0.047 mg/L (in 25°C, water)
Vapour pressure	E-form : 5.1×10^{-8} mmHg (in 20°C) Z-form : 2.58×10^{-8} mmHg (in 20°C)
Partition Coefficient	E-form : Log P_{ow} 4.84 Z-form : Log P_{ow} 4.72

고추 동일한 품종 고추를 노지에서도 재배하면서 잔류시험을 수행하였다. 약제의 처리는 시설 및 노지포장에 KNF 1002 20% ME(미탁제)를 물로 1,000배 희석하여 각각 200 L/10a (0.2 kg a.i./10a) 수준이 되도록 7일 간격으로 1회 및 2회 살포하였다. 시료의 채취 및 보관은 농약의 잔류성 시험 기준과 방법에 준하여²⁰⁾ 시설재배의 경우에는 약제 살포 후 1, 3, 5 및 7일차에 고추와 고춧잎을 각 처리구별로 채취하였으며, 노지재배의 경우에는 폭우로 인하여 3일차와 5일차 시료는 채취할 수 없어 1, 6 및 7일차의 시료를 채취하였다. 처리구별로 고추 시료는 2 kg, 고춧잎 시료는 500 g을 골고루 채취하였으며, 채취된 시료는 30분 이내에 실험실로 운반하여 세정한 다음 일정량을 취하여 잔류분석을 수행할 때까지 냉동보관(-75°C) 하였다.

시험포장의 토양 특성

오이에 대한 잔류시험을 수행한 포장의 토양은 식양토(CL)로서 유기물 함량이 2.9%이었으며, 고추에 대한 잔류시험을 수행한 포장의 토양은 미사질의 사양토(SL)로서 유기물 함량은 1.8%로 나타났다. 이들 두 포장 토양의 물리화학적 특성은 Table 2와 같다.

잔류분석법

오이 50 g 고추 30 g, 고춧잎 15 g의 시료를 취하여 acetone 150 mL를 가한 다음 homogenizer를 이용하여 12,000 rpm으로 5분간 균일하게 마쇄하였다. 이 마쇄액을 Büchner funnel(내경 9 cm)에 여과지와 Celite 545를 깔고 감압여과한 후 50 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 세척하여 앞서의 여과액과 합하였다. 여과액을 1 L 분액여두에 옮기고 5% NaCl 용액 500 mL와 50 mL의 dichloromethane을 넣고 3D-shaker (Glas-Col[®], TERRE HAUTE, USA)로 3분간 격렬히 진탕하여 분석성분인 KNF 1002를 dichloromethane층으로 분배시켰다. 분리된 dichloromethane층을 anhydrous sodium sulfate층을 통과시켜 탈수하였으며, 이 과정을 2회 반복 실시하였다. 이 분배된 용액을 모아서 40°C의 수욕상에서 회전농축기로 감압 농축하였으며, 농축액은 Florisil column chromatography로 정제하였다. Glass column(내경 16 mm, 길이 450 mm)에 hexane을 100 mL 채운 후 130°C에서 8시간 이상 활성화시킨 Florisil 10 g을 습식충진하고, 그 위층에 sodium sulfate 4.0 g을 충

Table 2. Physicochemical properties of soils

Field	Texture ^{a)}	Soil separate			pH ^{b)} (1:5)	O.M. (%)	C.E.C. (cmol/kg)
		Clay	Silt	Sand			
Cucumber	CL	32.0	31.2	36.8	5.2	2.9	16.4
Pepper	SL	6.0	23.5	70.5	5.8	1.8	14.8

^{a)}CL, clay loam; SL, sandy loam.

^{b)}pH (1:5) = soil : water (1 : 5).

진하였다. 준비된 정제용 glass column에 상기의 농축된 시료를 10 mL의 hexane으로 재용해시킨 후, 충전된 column의 상단에 주입하고 표면이 노출되기 직전에 hexane:acetone (90/10, v/v) 30 mL로 용출시켜 이를 버렸다. 이어서 hexane/acetone (80/20, v/v) 60 mL로 용출시켜서 농축플라스크에 받은 후 40°C의 수욕상에서 회전농축기로 감압 농축시키고 acetonitrile에 재용해하였다. 이 용액을 membrane filter를 통하여 여과한 후 HPLC/DAD (254 nm)에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 peak 면적을 표준검량선과 비교하여 KNF 1002의 잔류농도를 산출하였다. 이때의 HPLC 분석조건은 Table 3과 같다.

결과 및 고찰

잔류분석법의 회수율 및 검출한계

KNF 1002의 표준품을 이용하여 조제한 표준액을 오이, 고추 및 고춧잎에 각각 0.1 mg/kg 및 1.0 mg/kg 수준으로 첨가한 후 확립된 잔류분석법에 따라 회수율시험을 실시한 결과는 Table 4와 같다. 표준품 및 시료에서의 대표적인 chromatogram은 Fig. 1과 같다.

Table 3. HPLC operating parameters for analysis of a new fungicide, KNF 1002 in cucumber, pepper and pepper leaf

Model	Agilent 1100 series
Detector	Photo-diode array UV/Vis detector
Column	Waters 120 ODS-AP(250 mm × 4.6 mm); DAISO
Temperature	Column oven ; 30°C
Mobile Phase	Acetonitrile: H ₂ O (70/30,v/v)
Flow rate	1.0 mL/min
Detection	UV 254 nm
Sample size	10 µL
Retention time	E-form : 15.0 min Z-form : 16.8 min

Table 4. Recoveries and detection limits of the analytical method for a new fungicide, KNF 1002 in cucumber, pepper and pepper leaf

Sample matrix	Fortification (mg/kg)	Recovery ^{a)} (%)	MDA ^{b)} (ng)	Detection limit (mg/kg)
Cucumber	0.1	90.2 ± 1.1	2.0	0.02
	1.0	94.7 ± 0.2	2.0	
Pepper	0.1	90.2 ± 2.1	2.0	0.02
	1.0	91.8 ± 1.1	2.0	
Pepper leaf	0.1	88.2 ± 3.1	2.5	0.05
	1.0	91.1 ± 2.2	2.5	

^{a)}Each value is the mean of triplicate samples with standard deviations.

^{b)}Minimum detection amount.

KNF 1002의 회수율은 오이 시료에서 88.9~95.0%, 고추 시료에서 88.8~93.5% 이었으며, 고춧잎 시료에서는 85.1~93.6%로 나타났다. 오이와 고추 시료에서는 최소검출량이 2.0 ng, 검출한계가 0.02 mg/kg 이었으나, 고춧잎 시료에서는 최소검출량이 2.5 ng, 검출한계가 0.05 mg/kg으로 오이와 고추시료에 비해서 조금 높았다. 이는 엽채류의 특성상 고춧잎 시료 속에는 매우 많은 분석방해물질이 함유되어 있기 때문이며 잔류량 또한 상당히 높게 나타나 0.05 mg/kg의 검출한계 수준으로도 잔류량을 검정하는데 문제가 없을 것으로 판단하였다.

시험기간 중의 기상

고추에서의 잔류시험시 시설재배와의 잔류량 차이를 알아보기 위해서 수행한 고추 및 고춧잎의 노지에서 잔류량 시험기간 중의 기상조건은 Fig. 2와 같다. 시험기간 중 평균기온은 21.2±1.8°C이었으며, 총강수량은 269 mm이었다.

오이 중 KNF 1002의 잔류량

시설재배조건에서 경작된 오이에 대한 KNF 1002(20% 미탁제)의 잔류량은 Table 5와 같다. 오이중 KNF 1002의 잔류량은 1회 살포시 살포후 1일 후에 0.18 mg/kg 수준으로 잔류되다가 서서히 감소되어 7일 후에는 검출한계 이하로 나타났다. 1회 살포 후 7일이 경과하여 또 한번 살포된 2회 살포 구에서는 1일 후 0.2 mg/kg 수준으로 나타났으며 이후의 감소되는 경향은 1회 처리 시와 같은 양상으로 7일 후에는 검출한계 이하로 나타났다. 이러한 잔류수준은 약제의 함량이 20%나 되고, 작물과의 부착성 등이 타 제형에 비해서 뛰어난 미탁제인 점을 고려한다면, 매우 낮은 수준의 잔류량인 것으로 사료되며, 이러한 수준의 잔류량은 오이의 작물특성상 비대생장이 타 작물에 비해서 월등히 빠른 점을 감안하더라도 시설재배 조건에서는 매우 낮은 잔류량 이었다고 판단된다. 따라서 신규 살균제 KNF 1002를 20% 미탁제로 개발하여 상품화하였을 경우에도 오이의 병해를 방제하는데 있어서 잔류상의 문제는 발생되지 않을 것으로 사료된다.

Table 5. Residues of a new fungicide, KNF 1002 in cucumber under greenhouse condition

No. of application	Pre-harvest interval (days)	Residue±SD ^{a)} (mg/kg)
1	1	0.18 ± 0.01
1	3	0.05 ± 0.00
1	5	0.02 ± 0.00
1	7	<0.02
2	1	0.20 ± 0.01
2	3	0.06 ± 0.01
2	5	0.02 ± 0.00
2	7	<0.02

^{a)}Mean values of triplicate samples with standard deviations.

고추 중 KNF 1002의 잔류량

KNF 1002(20%, 미탁제)를 7일 간격으로 1회 및 2회 살포한 후 1, 3, 5 및 7일(시설재배)과 1, 6 및 7일(노지재배) 간격으로 채취한 고추시료 중 KNF 1002의 잔류량은 Table 6과 같이 나타났다. 시설재배지의 고추 중 KNF 1002의 잔류량은 1회 살포 후 1일 경과된 시료에서 0.64 mg/kg 수준으로 검출되었으며 7일 후에는 0.31 mg/kg 수준으로 나타났다. 노지의

경우에는 1일 후 0.28 mg/kg, 7일 후 0.11 mg/kg 수준으로 잔류되었다. 2회 살포된 시료에서는 1회시 보다는 다소 높게 나타났으나 감소는 경향은 비슷한 양상으로 나타났다. 최대잔류량은 시설재배 조건에서는 7일 간격으로 2회 살포 후 1일 경과한 시험구에서 평균 0.79 mg/kg으로 나타났으며, 노지재배의 경우에는 7일 간격으로 2회 살포 후 1일 경과한 시험구에서 평균 0.47 mg/kg으로 나타났다. 폭우로 인하여 노지

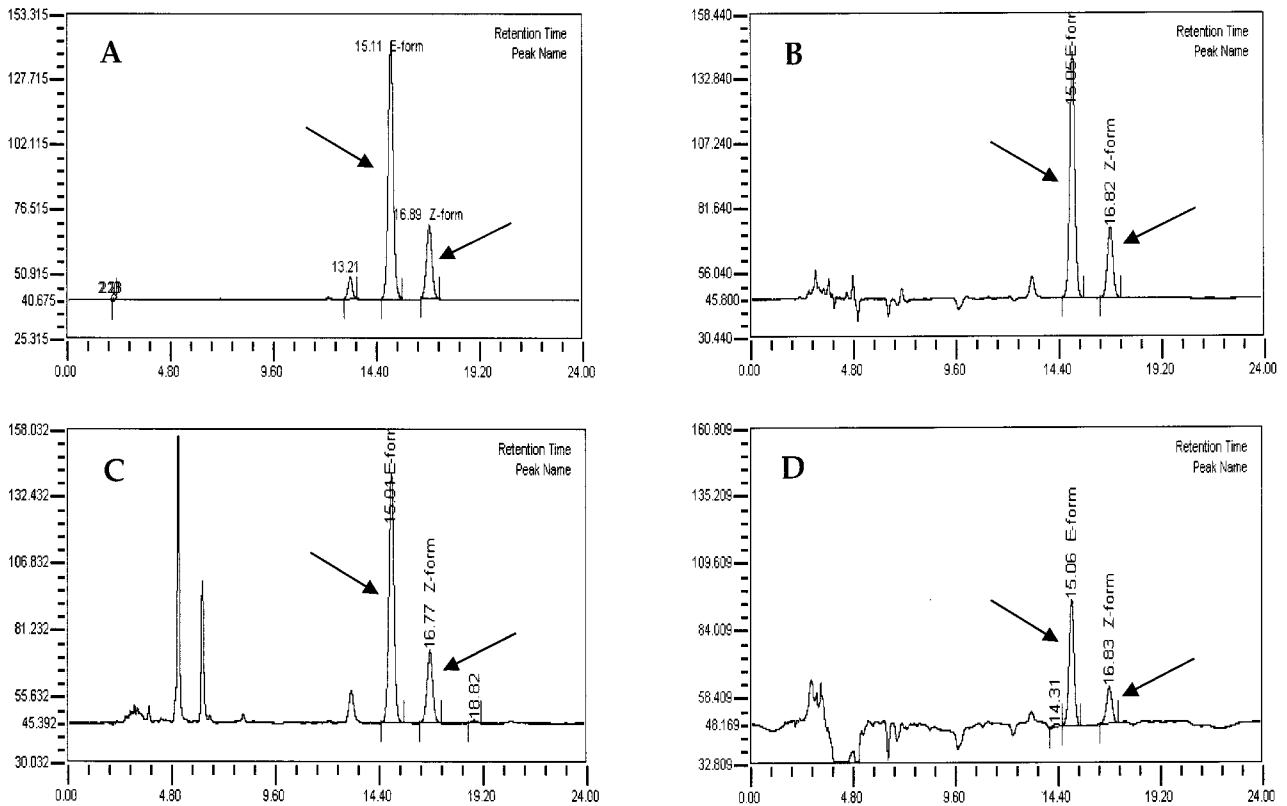


Fig. 1. Typical HPLC chromatograms of a new fungicide, KNF 1002. A, KNF 1002 100 ng; B, fortified with KNF 1002 at 1.0 mg/kg in cucumber; C, fortified with KNF 1002 at 1.0 mg/kg in pepper; D, fortified with KNF 1002 at 1.0 mg/kg in pepper leaf.

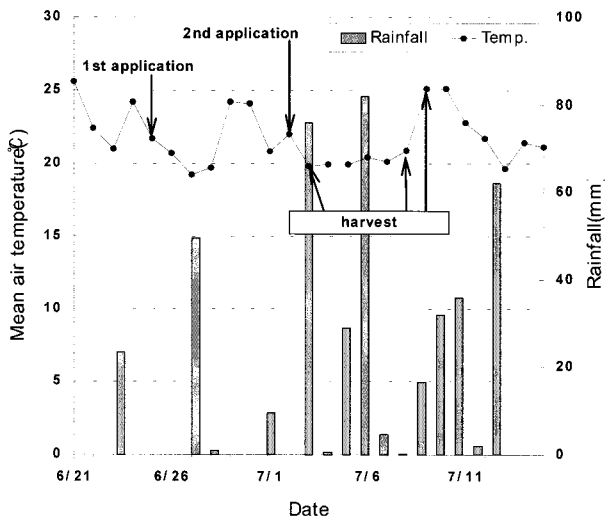


Fig. 2. Temperature and rainfall during the field experiment.

에서는 살포 후 3일 및 5일차 시료를 채취하지 못하였지만, 살포 후 1일차 및 7일차의 노지에서의 잔류량은 시설재배의 47%수준으로 나타났다. 이는 시험기간 중에 10차례 이상의 강우로 약제가 빗물에 의해 유실되어 시설과 노지에서의 잔류량의 차이가 아주 많이 나타날 것으로 판단하였으나 노지재배에서의 잔류량의 감소가 시설재배에 비하여 미미하게 나타났다. 그러나 시설재배에서의 잔류량이 높게 나타나지 않아서 고추에 대한 안전사용기준의 설정에는 문제가 없을 것으로 생각된다.

고춧잎 중 KNF 1002의 잔류량

고춧잎에 대한 KNF 1002의 잔류량은 고추와 동일한 시료 채취 간격으로 시료를 채취 후 잔류분석을 실시하였으며 그 결과는 Table 7과 같다. 고춧잎 시료 중 KNF 1002의 잔류량은 시설재배 조건에서는 7일 간격, 2회 살포 후 1일 경과한

Table 6. Residues of a new fungicide, KNF 1002 in pepper under different cultivating conditions

Cultivating condition	No. of application	Pre-harvest interval (days)	Residue±SD ^{a)} (mg/kg)
Green-house	1	1	0.64 ± 0.04
	1	3	0.49 ± 0.02
	1	5	0.33 ± 0.02
	1	7	0.31 ± 0.02
	2	1	0.79 ± 0.01
	2	3	0.57 ± 0.02
	2	5	0.41 ± 0.01
	2	7	0.39 ± 0.02
Field	1	1	0.28 ± 0.01
	1	6	0.17 ± 0.02
	1	7	0.14 ± 0.01
	2	1	0.47 ± 0.06
	2	6	0.17 ± 0.02
	2	7	0.11 ± 0.01

^{a)}Mean values of triplicate samples with standard deviations.

시험구에서 평균 25.20 mg/kg으로 나타났으며, 1회 살포한 시험구에서는 1일 경과 후 22.29 mg/kg으로서 살포횟수에 따른 잔류량의 차이는 크게 나타나지 않았다. 노지재배 조건에서도 살포 후 1일 경과한 시험구에서의 1회 및 2회 살포구의 잔류량이 각각 1.17 mg/kg 및 1.99 mg/kg으로서 살포횟수에 따른 잔류량의 차이는 크게 나타나지 않았다. 이러한 미미한 차이는 1회 약제 처리 후, 고추의 생장에 의해서 2차 약제가 살포되는 7일 후에는, 1차 약제가 살포된 고춧잎의 위에 자란 신초부위에 대부분의 약제가 처리되었으며, 동일한 채취일에 상품성이 있는 동일한 시료를 1회 및 2회 살포구에서 채취하였으므로, 잔류량의 차이가 크게 나지 않은 것으로 판단된다. 그러나 시설재배와 노지재배와의 잔류량의 차이는 고추에서의 잔류량 비교와 동일한 방법으로 비교해 보았을 때, 살포 후 1일차 및 7일차의 노지에서 잔류량은 시설재배의 6.2% 수준으로 매우 낮게 나타났다. 이와 같이 고추와 고춧잎에 대한 시설과 노지재배에서의 잔류량의 차이가 크게 나타나는 것은, KNF 1002의 이화학적 특성이 수용해도가 매우 낮고, 물-옥탄올 분배계수가 높기 때문에, 고추에 비해서 상대적으로 wax층이 적은 고춧잎의 경우 고춧잎 속으로 침투·이행하지 못하고 잎의 표면에 부착되어 있다가 강우에 의해 대부분의 농약이 의한 유실되어 제거된 것으로 생각된다²¹⁻²³⁾. 그러나 강우에 의한 농약의 유실이 발생하지 않는 시설재배의 경우에는 전 처리구에서 KNF 1002의 고춧잎에 대한 농약의 잔류량이 7.32~26.94 mg/kg 정도로 높게 나타났다.

요 약

Methoxyacrylate계 신규 살균제 KNF 1002의 오이, 고추

Table 7. Residues of a new fungicide, KNF 1002 in pepper leaf under different cultivating conditions

Cultivating condition	No. of application	Pre-harvest interval (days)	Residue±SD ^{a)} (mg/kg)
Green-house	1	1	22.29 ± 0.56
	1	3	16.55 ± 2.85
	1	5	13.38 ± 2.75
	1	7	7.38 ± 0.16
	2	1	25.20 ± 1.60
	2	3	17.17 ± 1.69
	2	5	14.57 ± 0.88
	2	7	10.01 ± 0.64
Field	1	1	1.72 ± 0.10
	1	6	0.25 ± 0.03
	1	7	0.11 ± 0.01
	2	1	1.99 ± 0.07
	2	6	0.49 ± 0.03
	2	7	0.39 ± 0.07

^{a)}Mean values of triplicate samples with standard deviations.

및 고춧잎에 대한 잔류 양상을 조사하기 위하여 포장시험을 수행하였다. HPLC-DAD에 의한 KNF 1002의 잔류분석시 최소검출량은 오이 및 고추에서 2.0 ng 그리고 고춧잎에서는 2.5 ng이었으며, 검출한계는 오이 및 고추에서 0.02 mg/kg 그리고 고춧잎에서 0.05 mg/kg 이었다.

오이에서의 잔류량은 1회 및 2회 처리하여 1일에서 7일 후에 채취된 시료에서 2.0 mg/kg에서 검출한계 미만으로 나타났다. 고추에서의 잔류량은 시설재배지의 경우 최고 0.79 mg/kg에서 0.31 mg/kg 수준으로 나타났다. 노지재배의 경우에는 0.47 mg/kg에서 0.11 mg/kg으로 나타나 시설재배의 47% 수준의 잔류량을 보였다. 고춧잎에서는 시설재배지의 경우 최고 25.20 mg/kg에서 7.38 mg/kg으로 나타났으며 노지재배의 경우에는 1.99 mg/kg에서 0.11 mg/kg 수준으로 나타나 시설재배에 비해서 6.2%정도의 잔류량을 보였다.

참고문헌

1. 조진호 (1999) 세계농약시장의 동향과 우리나라 농약산업의 발전방향, *농약과학소식* 2(2), p.3-5.
2. 2002년 원제등록 현황 (2002), *농약과학소식* 6(2), p.73-76.
3. 농약공업협회 <http://www.koreacpa.org/introframe-03.html>, 2002년도 농약통계.
4. 정영호, 김장익, 김정환, 이영득, 임치환, 허장현 (2000) *최신농약학*, 시그마프레스, p.370-378.
5. 새로운 농약소개 (1998) *농약과학소식* 2(1), p.40.
6. 기관 및 업계동정 (1999) *농약과학소식* 3(2), p.86.
7. Doignon, F., Aigle, M. and Gayon, P. R. (1993) Resistance to imidazoles and triazoles in *Saccharomyces cerevisiae*.

- evisiae as a new dominant marker, *Plasmid* 30(3), 224-233.
8. Canuto, M. M. and Rodero, F. G. (2002) Antifungal drug resistance to azoles and polyenes, *The Lancet Infectious Disease* 2, 550-563.
 9. 새로운 농약소개 (1998) *농약과학소식* 2(1), p.38-39.
 10. 새로운 농약소개 (1998) *농약과학소식* 2(1), p.61.
 11. Wu, Y. X. and Tiedemann, A. V. (2001) Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat, *Pestic. Biochem. Phys.* 71(1), 1-10.
 12. Perez, L., Hernandez, A., Hernandez, L. and Perez, M. (2002) Effect of trifloxystrobin and azoxystrobin on the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on banana and plantain, *Crop Prot.* 21(1), 17-23.
 13. Gullino, M. L., Minuto, A., Galardi, G. and Garibaldi, A. (2002) Efficacy of azoxystrobin and other strobilulins against Fusarium wilts of carnation, cyclamen and Paris daisy, *Crop Prot.* 21(1), 57-61.
 14. Reuveri, M. and Sheglov, D. (2002) Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit, *Crop Prot.* 21(10), 951-955.
 15. Utkhede, R. and Bogdanoff, C. (2003) Influence of lysozyme, yeast, azoxystrobin and myclobutanil on fungal disease of cucumbers growth hydroponically, *Crop Prot.* 22(2), 315-320.
 16. Pirgozliev, S. R., Edwards, S. G., Hara, M. C. and Jenkinson, P. (2002) Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of Fusarium head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain, *Eur. J. Plant Pathol.* 108(5), 469-478.
 17. Tomlin, C. D. S. (2000) In *The Pesticide Manual* (12th ed.), British Crop Protection Council, Surrey, UK, p.54-55.
 18. Tomlin, C. D. S. (2000) In *The Pesticide Manual* (12th ed.), British Crop Protection Council, Surrey, UK, p.568-569.
 19. 농약공업협회 (2003) *농약연보*; 농약원제수입현황, p.250-251.
 20. 농촌진흥청 · 농약공업협회 (2003) 농약등록시험담당자 교육 교재; 잔류성시험의 기준과 방법, 농진청고시 제2003-7호.
 21. Stevens, P. J. G. and Baker, E. A. (1987) Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides. 1. Properties of leaf surface and their interactions with spray droplets, *Pestic. Sci.* 19, 265-281.
 22. 이해근, 이영득, 신용화 (1988) 사과와 감귤중 농약잔류에 관한 조사 연구, *농시논문집(작물보호편)* 30(3), 42-51.
 23. 김진배, 송병훈, 전재철, 임건재, 임양빈 (1997) 제형에 따른 농약의 작물체 부착성 및 잔류성, *농약과학회지* 1(1), 35-40.