



ORIGINAL ARTICLES

다채, 돌나물, 바질, 배초향 및 참나물 중 Cyantraniliprole의 잔류특성 및 식이섭취 노출평가

강혜림^{1,2*} · 최연우¹ · 유형규¹ · 경기성² · 김 균¹

¹주피엔케이에이치에스이, ²충북대학교 농업생명과학대학 환경생명화학과

Residual Characteristics and Dietary Exposure Assessment of Cyantraniliprole in Vitamin, Graveyard Moss, Basil, Korean Mint, and Chamnamul

Hye-Rim Kang^{1,2*}, Yeon-Woo Choi¹, Hyung-Gu You¹, Kee-sung Kyung², and Kyun Kim¹

¹Residue Research Team, P&K HSE, Daejeon 34027, Korea

²Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

(Received on December 8, 2025. Revised on December 9, 2025. Accepted on December 9, 2025)

Abstract Cyantraniliprole is a diamide insecticide that acts by binding to ryanodine receptors, leading to muscle paralysis in target pests. This study investigated the residual characteristics and dietary exposure of cyantraniliprole in vitamin, graveyard moss, basil, Korean mint, and chamnamul. Cyantraniliprole was applied to each crop, and samples of vitamin and graveyard moss were collected at 0, 3, 7, and 14 days after the final application, whereas samples of basil, Korean mint and chamnamul were collected at 0, 3, 5, 7, and 14 days after final application. The mean residual levels of cyantraniliprole ranged from 0.02 to 5.01 mg/kg in vitamin, 1.54 to 3.82 mg/kg in graveyard moss, 0.06 to 4.37 mg/kg in basil, 0.30 to 29.34 mg/kg in Korean mint, and 1.17 to 9.79 mg/kg in chamnamul. The biological half-lives of cyantraniliprole in all tested crops were calculated to range from 2.6 to 10.3 days. The estimated daily intake was less than 0.09% of the acceptable daily intake, confirming that all five crops were within a safe range. These findings provide fundamental data for establishing the safe use guidelines for cyantraniliprole in the tested crops.

Key words: Cyantraniliprole, Herb, Pesticide residue, Vegetable

서론

2020년 국민의식조사 결과에 따르면, 농업과 농촌의 현재 기능에 대해 안정적 식량 공급, 식품 안전성 향상, 지역 활성화, 환경보전 순으로 중요하다고 보고하였으며, 도시민이 농축산물 구입 시 가장 우선적으로 고려하는 사항으로 ‘안전성’인 것으로 보고하였다(KREI, 2020). 이처럼 소비자의 인식이 변화하면서 안전한 농산물의 요구는 지속적으로 증대되고 있다(Park, 2022b). 이에 국제사회는 농약의 안전한

사용으로 농업 생산성을 제고함과 동시에 보건 및 환경에 대한 영향을 최소화하기 위하여 농약 안전관리를 위한 정책적·윤리적 지침과 법적 규제 기준을 수립하였으며(KREI, 2025), 국내에서도 PLS(Positive List System)를 도입하여, 생산자들이 농산물 별로 등록된 농약에 한해 안전사용기준과 잔류허용기준 내에서 사용하고, 잔류허용기준이 없는 농약과 미등록 농약에 대하여 일률기준인 0.01 mg/kg를 적용하여 농약 안전관리를 강화하고 있다.

국립농산물품질관리원에서 공개한 농산물 잔류농약 분석 결과에 의하면 2024년부터 2025년 상반기 54,889개 품목 중 부적합은 총 926건으로 그중 채소류는 626건(67.6%)이었고 (NAQS, 2025), 2025년 식품안전관리지침에 따르면 2022년

*Corresponding author
E-mail: hrkang@pnkhse.co.kr

10월부터 2년간 유통 농산물별 잔류농약 부적합 현황 중 검출농약의 수가 많은 품목으로 상추, 들깨잎, 시금치, 파, 열무순으로 확인되었으며, 고들빼기, 다채, 돌나물, 참나물 등의 작물과 고수(잎), 바질(잎), 방아잎 등의 향신식물도 포함되어 있었다(MFDS, 2025). 2019년부터 3년간 인천광역시 유통 농산물 잔류농약을 분석한 결과 잔류허용기준을 초과하여 부적합 판정을 받은 농산물 중 엽채류가 67.8%로 가장 높았으며(Park et al., 2022), 유통 농산물 중 엽채류와 엽경채류에서 부적합율이 높다는 것은 여러 선행연구에서 보고하고 있다(Ryu et al., 2025; Lim et al., 2024). 또한 부산광역시 및 온라인에서 유통되는 향신식물에 대한 잔류농약 실태조사 시, 잔류농약 검출은 32.1%이었고, 잔류농약 허용기준 초과는 14.3%이었다. 그중 허브류 72건 중 21건(29.2%)이 검출되었고, 11건(15.3%)이 기준초과 하였으며, 방아, 민트, 고수, 바질 등이 포함되어 있었다(Jung et al., 2023).

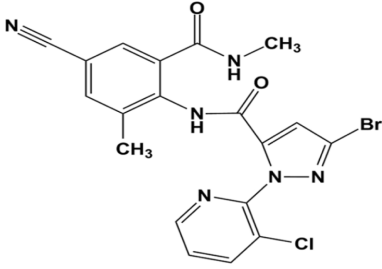
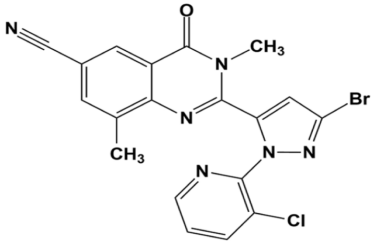
식품의약품안전처에서 2021년 11월부터 3년간 조사된 유통단계 농산물 부적합농약 현황 및 2020년 11월부터 4년간

조사된 생산단계 농산물 부적합농약 현황에 모두 cyantraniliprole 검출이 확인되었고(MFDS, 2025), 광주지역 유통 채소류에서 검출된 농약성분 중 검출 빈도가 높은 상위 17종에 cyantraniliprole이 포함되어 있었다(Ryu et al., 2025).

Cyantraniliprole은 디아마이드(diamide)계 살충제로 신경근육연접(neuro-muscular junction)에서 칼슘이온(Ca^{++})의 방출을 조절하는 라이아노딘 수용체(ryanodine receptor)와 결합하면서 근육의 수축을 야기하여 곤충의 근육을 마비시키는 작용기구를 가지고 있으며(RDA, 2025), 과수나 채소에 발생하는 담배가루이를 비롯하여 아메리카잎굴파리, 나무이류, 매미충류, 총채벌레류, 나방류, 노린재류 등의 방제에 효과가 있다고 알려져 있다(Lee et al., 2014).

본 연구에서는 재배면적이나 소비량에 대한 자료가 미흡한 작물 중 채소류인 다채, 돌나물, 참나물 및 허브류인 바질과 배추향을 대상으로 cyantraniliprole을 살포한 후 각 작물별 수확일에 맞추어 시료를 채취하여 cyantraniliprole의 잔류특성을 구명하고, 생물학적 반감기 산출 및 식이섭취를 통한

Table 1. Chemical structures and physicochemical properties of cyantraniliprole and IN-J9Z38

Pesticide	Cyantraniliprole
Chemical structure	
IUPAC name	3-bromo-1-(3-chloro-2-pyridyl)-4'-cyano-2'-methyl-6'-(methylcarbamoyl)pyrazole-5-carboxanilide
Chemical formula	$C_{19}H_{14}BrClN_6O_2$
V.p.(mPa)	5.133×10^{-15} (20°C)
K_{ow}	1.94
Solubility	Water 14.2 mg/L(20~25°C) Acetone 6.54, Acetonitrile 2.45, Dichloromethane 5.05, Ethyl acetate 1.96, Hexane 0.000067, Methanol 4.73, n-Octanol 0.79, a-Xylene 0.29 (all in g/L, 20~25°C)
Metabolite	IN-J9Z38
Chemical structure	
IUPAC name	2-[3-bromo-1-(3-chloropyridin-2-yl)-1H-pyrazol-5-yl]-3,8-dimethyl-4-oxo-3,4-dihydroquinazolin-6-carbonitrile
Chemical formula	$C_{19}H_{12}BrClN_6O$

노출평가를 실시하여 위해여부를 확인하였다. 그리고 현재 설정되어 있는 안전사용기준 및 잔류허용기준의 적정성을 확인하고, 설정되어 있지 않은 경우에는 설정하기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

시험약제 및 시약

다채, 돌나물, 바질 3종에는 cyantraniliprole 5% 유제(프로큐어, 경농), 배초향에는 cyantraniliprole 5% 분산성액제(토리치, 농협케미컬) 및 참나물에는 cyantraniliprole 10% 유현탁제(엑시렐, 동방아그로)를 시험약제로 사용하였다. Cyantraniliprole의 표준품은 AccuStandard (USA) 제품의 순도 94.0%, 97.5% 및 1,000 mg/L standard solution을 사용하였으며, 대사체 IN-J9Z38의 표준품은 FMC Corporation (USA) 제품을 분양받아 사용하였고, 시험약제의 화학구조 및 물리화학적 특성은 Table 1과 같다. 시료 전처리 추출 과정에서 사용된 QuEChERS Extract Kit (4 g magnesium sulfate, 1 g sodium chloride, 1 g trisodium citrate dihydrate, 0.5 g disodium hydrogencitrate sesquihydrate)는 BEKOlut (Germany) 제품을 사용하였다. 표준용액 조제, 전처리과정 및 기기분석에서 사용한 acetonitrile과 기기분석 이동상 조제에 사용한 formic acid는 B&J (USA) 제품을 사용하였다.

포장시험

시험일정은 2022년 4월부터 2024년 5월까지 수행하였으며, 시험작물로는 다채, 돌나물, 바질, 배초향 및 참나물 5개의

작물을 충청북도 괴산군 등에서 시설포장을 임차하여 수행하였다(Table 2).

포장구획으로 약제 처리구는 각 3반복 및 무처리구 1반복으로 구성하였으며, 약제처리는 다채 및 돌나물은 수확전 처리일을 다르게 설정하여 약제처리구를 설정하였고, 바질, 배초향 및 참나물은 수확 7일전 2회 처리하였다(Table 3). 약제처리는 시험농약을 희석하여 펌프식 분무기(AE-40N, 아성정공, 대한민국)를 이용하여 약액이 흐를 때까지 충분히 묻도록 골고루 살포하였다.

시료채취는 다채와 돌나물은 처리구별로 수확 당일에 모두 시료를 채취하였으며, 바질, 배초향 및 참나물은 0일차(약제처리 후 2시간), 3, 5, 7, 14일차에 채취하였으며, 일정한 크기의 시료를 채취한 후 바로 실험실로 운반하여 변질있을 제거한 시료전체를 분석 전까지 -20°C 이하에서 냉동보관하였다.

검량선 작성 및 회수율시험

2022년 돌나물 및 바질 시험에 사용한 cyantraniliprole은 표준품(94.0%)을 일정량 취하여, acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였으며, 분양받은 대사체 IN-J9Z38 200 mg/L은 acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였다. 두 개의 저장표준용액에서 일정량을 취하여 acetonitrile로 녹여 10.0 mg/L 혼합저장표준용액을 조제하였다.

2023년 다채 및 배초향 시험에 사용한 cyantraniliprole은 표준용액 1,000 mg/L 중 1 mL을 9 mL의 acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였으며, 분양받은

Table 2. Summary of residual pesticide field trials

Test crops	Period	Location
Vitamin	April 2023	Goesan-gun, Chungcheongbuk-do
Graveyard Moss	April ~ May 2022	Namyangju-si, Gyeonggi-do
Basil	May 2022	Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do
Korean mint	June 2023	Goesan-gun, Chungcheongbuk-do
Chamnamul	April ~ May 2024	Goesan-gun, Chungcheongbuk-do

Table 3. Summary of the application information of cyantraniliprole in test crops

Test crop	Formulation	A.I. ^{a)} (%)	Dilution rate (times)	Application times	Pre-harvest application intervals
Vitamin	EC ^{b)}	5	1,000	2	21-14
Graveyard Moss					14-7
Basil	EC ^{b)}	5	2,000	2	7-0
Korean mint	DC ^{c)}	5	1,000	2	7-0
Chamnamul	SE ^{d)}	10	2,000	2	7-0

^{a)}Active ingredient, ^{b)}Emulsifiable concentrates, ^{c)}Dispersible concentrates, ^{d)}Suspo emulsion

대사체 IN-J9Z38 200 mg/L은 acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였다. 두 개의 저장표준용액에서 일정량을 취하여 acetonitrile로 녹여 10.0 mg/L 혼합저장표준용액을 조제하였다.

2024년 참나물 시험에 사용한 cyantraniliprole은 표준품(97.5%)을 일정량 취하여, acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였으며, 분양받은 대사체 IN-J9Z38 200 mg/L은 acetonitrile에 녹여 100 mg/L 농도의 저장표준용액을 조제하였다. 두 개의 저장표준용액에서 일정량을 취하여 acetonitrile로 녹여 10.0 mg/L 혼합저장표준용액을 조제하였다.

각각 저장표준용액에서 일정량을 취한 후 acetonitrile로 희석하여 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25 및 0.5 mg/L의 작업표준용액을 조제하였다. 무처리 시료 전처리용액(1 mL)을 완전 농축 후 작업표준용액(1 mL)으로 재용해하여, matrix matched working standard solution을 제조하였다. 이후 시료분석 전후로 liquid chromatography-mass spectrometer (LC/MSMS, LC/MS-8050, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에 2회 주입하여, chromatogram상의 peak 면적을 기준으로 표준검량선을 작성하였다.

회수율 시험은 정량한계(Limit of Quantification, LOQ) 수준과 LOQ의 10배의 수준으로 무처리 시료 10 g에 1.0 및 10.0 mg/L cyantraniliprole과 IN-J9Z38 혼합 표준용액을 각각 0.1 mL 처리한 후 상기한 잔류농약 분석과정과 동일한 방법으로 3반복 분석하여 산출하였다.

잔류시료 분석

마쇄한 각 시료 10 g을 50 mL conical tube에 넣고, acetonitrile 10 mL를 가하여 660 rpm으로 5분간 진탕 추출하였다. 진탕 추출한 후, QuEChERS kit (4 g magnesium sulfate, 1 g sodium chloride, 1 g trisodium citrate dihydrate 및 0.5 g disodium hydrogen citrate sesquihydrate)을 가하고 추가적으로 5분간 진탕 추출하였다. 추출액을 3,000 rpm으로 5분간 원심분리 후 상등액 1 mL을 취하고 0.22 µm syringe filter(PTFE)로 여과 후 LC-MS/MS로 분석하였다(Tables 4, 5).

대사체를 포함하는 cyantraniliprole의 총 환산잔류량은 농촌진흥청의 “농약의 잔류분 정의” 지침에 따라 산출하였다(NAS, 2018).

$$\text{Total Cyantraniliprole (mg/kg)} = \text{Cyantraniliprole} + (\text{IN-J9Z38} \times 1.04^{\text{a}})$$

$$^{\text{a}}1.04 = \frac{473.72(\text{Molecular weight of Cyantraniliprole})}{455.7(\text{Molecular weight of IN-J9Z38})}$$

생물학적 반감기 및 감소 상수

잔류량을 일차 반응속도식($C_t = C_0 \times e^{-kt}$)에 대입하여 감소상수를 산출하였다. 일차 반응속도식에서 C_t 는 특정 경과일

Table 4. Analytical condition of LC-MS/MS

Instrument	Shimadzu, LC/MS-8050 (Japan)
Column	OSAKA SODA CAPCELL PAK MG III C18 (150 mm I.D × 2.1 mm L., 2.7 µm)
Flow rate	0.3 mL/min
Injection volume	1 µL
Mobile phase	A: 0.1% formic acid in Water B: 0.1% formic acid in Acetonitrile A/B = 30/70 (v/v)
MS Zones	
Ion source	ESI
Ion source polarity	Positive
Heat block Temp.	400°C
Drying Gas	10 L/min
Neb Gas flow	3.0 L/min
Interface Voltage	4,500 V

Table 5. Multiple Reaction Monitoring (MRM) conditions of cyantraniliprole and its metabolite

Compounds	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	CE (V) ^{a)}
Cyantraniliprole	475.0	286.00	-15
		444.05	-19
IN-J9Z38	457.0	188.05	-31
		299.00	-36

^{a)} Collision Energy

후 잔류량, C_0 는 초기 잔류량, k 는 감소상수, t 는 경과시간을 나타내며 산출된 k 값을 이용하여 생물학적 반감기($t_{1/2}$)를 다음식에 따라 산출하였다: $t_{1/2} = \ln 2/k$.

식이섭취 노출평가

시험 작물 중 cyantraniliprole의 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI) 대비 일일섭취추정량(Estimated Daily Intake, EDI)인 %ADI를 토대로 평가하였다(Kang et al., 2024; Noh et al., 2011). EDI는 각 처리구에서 시료 중 cyantraniliprole의 최고잔류량과 식품섭취량을 곱한 후 한국인 평균 체중인 60 kg을 고려하여 각 작물의 섭취에 따른 잔류농약 노출평가를 진행하였다. 작물별 일일섭취량은 국민영양통계(KHIDI, 2023)를 이용하였으며, 바질과 배초향은 일일섭취량이 존재하지 않아 허브류에 분류되어 있는 작물 중 고수에 대한 일일섭취량(0.00001 kg/day)을 적용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

분석법 확립 및 회수율시험

시험작물 중 cyantraniliprole 및 대사체 IN-J9Z38의 표준

Table 6. Linear equation of calibration curve for the quantification of cyantraniliprole and IN-J9Z38 in the test crops

Test crop	Pesticide	Linear equation	R ²
Vitamin	Cyantraniliprole	$y = 9,311,868.3231x + 6,776.9363$	0.9992
	IN-J9Z38	$y = 1,258,844.9068x + 1,129.1687$	0.9993
Graveyard Moss	Cyantraniliprole	$y = 14,544,410.1447x + 40,813.6691$	0.9995
	IN-J9Z38	$y = 2,381,589.0314x + 1,152.1259$	0.9972
Basil	Cyantraniliprole	$y = 9,555,131.0844x + 579.9894$	0.9992
	IN-J9Z38	$y = 1,304,949.8415x + 1,793.2330$	0.9995
Korean mint	Cyantraniliprole	$y = 4,648,897.8428x + 8,355.0028$	0.9999
	IN-J9Z38	$y = 989,086.7700x + 149.8950$	0.9997
Chamnamul	Cyantraniliprole	$y = 5,069,064.4879x + 2,916.6173$	0.9988
	IN-J9Z38	$y = 1,116,451.9477x - 1,796.4285$	0.9995

Table 7. Recovery rates of the analytical method of cyantraniliprole and IN-J9Z38 in the test crops

Test crop	Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Mean recovery \pm S.D. ^{a)} (%)	C.V. ^{b)}
Vitamin	Cyantraniliprole	0.01	83.1 \pm 3.2	3.9
		0.1	87.0 \pm 1.3	1.5
	IN-J9Z38	0.01	93.9 \pm 3.0	3.2
		0.1	100.0 \pm 3.2	3.2
Graveyard Moss	Cyantraniliprole	0.01	82.8 \pm 0.8	1.0
		0.1	82.3 \pm 1.0	1.2
	IN-J9Z38	0.01	93.0 \pm 1.9	2.0
		0.1	87.0 \pm 4.5	5.1
Basil	Cyantraniliprole	0.01	96.7 \pm 8.2	8.5
		0.1	83.9 \pm 2.2	2.6
	IN-J9Z38	0.01	112.8 \pm 3.9	3.5
		0.1	92.7 \pm 2.4	2.6
Korean mint	Cyantraniliprole	0.01	92.9 \pm 1.1	1.1
		0.1	95.8 \pm 0.7	0.7
	IN-J9Z38	0.01	94.6 \pm 5.1	5.4
		0.1	96.6 \pm 5.0	5.2
Chamnamul	Cyantraniliprole	0.01	96.7 \pm 6.1	6.3
		0.1	89.1 \pm 4.9	5.5
	IN-J9Z38	0.01	113.9 \pm 0.3	0.3
		0.1	95.8 \pm 1.3	1.4

^{a)}Mean value of triplicate samples with standard deviation

^{b)}Coefficient of variation

검량선의 회귀방정식은 모두 결정계수(R^2)가 0.995 이상이었다(Table 6). 정량한계(Limit of Quantification, LOQ)는 모두 0.01 mg/kg이었으며, 회수율 결과는 회수율 범위 70~120%와 변이계수(coefficient of variation, C.V.) 20% 이내로 농약 및 원제의 등록기준(RDA, 2025b)과 SANTE/11312/2021 가이드라인(European Commission, 2024) 기준을

만족하였다(Table 7).

Cyantraniliprole의 잔류특성

다채와 돌나물에서의 cyantraniliprole 잔류량은 각각 0.02~5.01 mg/kg, 1.54~3.82 mg/kg이었으며, 수확 14일전 2회 처리구의 평균 잔류량은 수확전 2회 처리구 대비 99%와

Table 8. Residual amounts of cyantraniliprole in the test crops

Test crop	Days after final application	Concentration (mg/kg) ^{a)}			Mean±SD ^{b)}
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	
Vitamin	21-14	0.06	0.04	0.02	0.04±0.02
	14-7	0.91	0.75	0.53	0.73±0.19
	10-3	2.16	2.23	1.72	2.04±0.28
	7-0	4.32	4.18	5.01	4.50±0.44
Graveyard Moss	21-14	1.80	1.67	1.76	1.74±0.07
	14-7	1.67	1.54	1.63	1.61±0.07
	10-3	2.01	2.49	2.27	2.26±0.24
	7-0	3.82	3.16	3.78	3.82±0.37
Basil	14	0.1	0.07	0.06	0.08±0.02
	7	1.19	1.34	1.05	1.19±0.15
	5	2.04	2.54	2.42	2.34±0.26
	3	2.40	2.43	2.51	2.45±0.06
	0	3.79	4.28	4.37	4.15±0.31
Korean mint	14	0.43	0.30	0.30	0.34±0.08
	7	4.70	4.32	4.27	4.43±0.24
	5	7.35	7.59	6.17	7.04±0.76
	3	17.62	15.62	14.23	15.83±1.70
	0	25.23	26.42	29.34	27.00±2.12
Chamnamul	14	1.17	1.31	1.73	1.40±0.29
	7	6.05	6.25	6.34	6.21±0.15
	5	5.88	6.74	6.49	6.37±0.44
	3	7.73	7.61	7.96	7.77±0.18
	0	9.36	9.27	9.79	9.48±0.28

^{a)}Total Cyantraniliprole(mg/kg) = Cyantraniliprole + (IN-J9Z38 × 1.04^{a)})

^{b)}Standard deviation

51% 감소하였다. 바질, 배초향 및 참나물의 잔류량은 각각 0.06~4.37 mg/kg, 0.30~29.34 mg/kg 및 1.17~9.79 mg/kg이었으며, 약제살포 14일후 잔류량은 약제살포일 평균 잔류량 대비 98%, 99% 및 85% 감소하였다.

다채 중 cyantraniliprole의 MRL은 설정되어 있지 않아, 엽채류 MRL 3.0 mg/kg과 비교한 결과, 수확 3일전 2회 처리구부터 MRL 이하로 확인되었다. 들나물과 참나물의 MRL은 모두 10.0 mg/kg으로, 들나물은 수확전 2회 처리구에서, 참나물은 약제살포 당일부터 MRL 이하로 확인되었다. 바질과 배초향은 허브류(생) MRL 10.0 mg/kg과 비교한 결과, 바질은 약제살포 당일, 배초향은 약제살포 5일후부터 MRL 이하로 확인되었다(Table 8).

본 시험에서는 5개 작물에 약제성분 및 재배조건(시설재배)은 동일하였으며, 유효함량, 제형, 시험시기 및 시험작물을 다르게하여 시험을 진행한 결과, 배초향의 초기 잔류량이 평균 27.00 mg/kg으로 5개 작물 중 가장 높았으며, 다채, 들나물, 바질 및 참나물의 초기 잔류량보다 각각 약 6.0, 7.5, 6.5 및 2.8배 높은 잔류량을 확인하였다. 시료의 평균 초장은

다채, 들나물, 바질, 배초향 및 참나물 순으로 각각 15.3 ± 3.5 cm(n=20), 11.1 ± 1.5 cm(n=20), 13.8 ± 1.8 cm(n=20), 21.6 ± 2.7 cm(n=20) 및 27.1 ± 3.2 cm(n=20)이었으며, 각 작물의 모든 시료는 생육정도가 비슷한 크기의 시료를 채취하였다. 이전 연구에서 시료의 무게는 비슷하나, 평균 초장이 크면 더 많은 표면적에 농약 부착이 용이하며, 잎의 표면이 거칠고 줄기와 함께 시료를 채취하는 작물에서 농약의 부착량이 더 높다고 보고하였다(Kang et al., 2024). 다채, 들나물, 바질 3개의 작물의 초장은 비슷하였으나, 들나물은 잎의 크기가 매우 작고, 표면이 매끈하였으며, 다채는 잎과 줄기가 비슷한 비율의 크기로 구성되어 있기때문에 잎의 면적이 3개의 작물 중 가장 큰 바질이 농약의 부착에 유리할 수 있다고 판단되었다. 또한 배초향 및 참나물 2개의 작물의 초장이 비슷하였으며, 배초향은 잎의 크기가 참나물에 비해 크며 표면이 거칠고, 줄기마다 잎이 붙어있는 형태를 가지고 있어 농약의 부착에 유리할 수 있다고 판단되었다.

본 시험에서 살포약제의 유효함량과 희석배수로 산출된 이론적 살포농도 대비 초기 잔류량에 대한 부착율을 산출한 결

과, 다채, 돌나물, 바질, 배초향 및 참나물에서 각각 9.0, 7.6, 16.6, 54.0 및 19.0%이었다. 이전 연구에 따르면 cyantraniliprole 10.26% 유상수화제 2,000배 희석하여 상추, 부추 및 알타리무 지상부에 살포한 결과, 초기 잔류량은 각각 11.89, 13.70 및 5.71 mg/kg이었으며(Lee, 2019), 이론적 살포농도 51.3 mg/L 대비 초기 잔류량에 대한 부착율은 각각 23.2, 26.7 및 11.1%이었다. 또한 시금치에 cyantraniliprole 5% 분산성액제 1,000 배 희석하여 살포한 결과 초기 잔류량이 4.43 mg/kg이었으며(Park, 2023), 이를 이론적 살포농도로 계산하였을 경우 50 mg/L이었고, 초기 잔류량에 대한 부착율은 8.9%이었다.

본시험에서 다채, 돌나물 및 바질은 동일제형을 사용하여 시험하였으며, 작물별 부착율을 SPSS프로그램(ver.29, IBM Corporation, USA)를 이용하여, 일원분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)을 실시하여 비교하였다. 분석 결과, 제작물 간 부착율은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F(2, 6) = 78.47, p < 0.001$). 집단 간 차이를 확인하기 위해 Tukey HSD 사후검정을 수행한 결과, 바질은 다채 및 돌나물과 유의한 차이를 나타낸 반면($p < 0.001$), 다채와 돌나물 간에는 유의한 차이가 확인되지 않았다($p = 0.140$). 이러한 결과는 동일한 제형을 살포하더라도 작물의 종류 및 시험조건 등에 따라 부착율이 달라질 수 있다고 판단되었다. 또한 이전 연구에서 수행한 자료에 따르면, 4종의 작물에서 3종의 농약 성분을 제형만 달리하여 살포하고, 잔류량으로부터 회귀선을 구한 후 분산 분석한 결과, 제형간의 잔류성에는 차이가 없는 것으로 보고하였으며(Kim et al., 1997), 제형별 부착성은 각 작물에 따라 다를 수 있고, 제형간 차이는 시험의 방법 또는 시기에 따라 다소 차이가 있다는 것과 표면에 털의 영향에 따라 다른 작물과 제형에 따른 부착성은 달라질 수 있다고 보고되었다(Han, 2013).

생물학적 반감기 및 감소 상수

각 작물에 cyantraniliprole 약제처리 후 일자별 평균 잔류량을 확인하여 경시적인 잔류량 변화로부터 반감기를 산출하였다. 작물별 평균 잔류량을 이용하여 회귀분석을 실시하였으며, 회귀식을 산출한 결과 다채 $y=4.5050e^{-0.2645x}$ ($R^2=0.9995$), 돌나물 $y=3.2211e^{-0.0673x}$ ($R^2=0.7249$), 바질 $y=4.1985e^{-0.1633x}$ ($R^2=0.9578$), 배초향 $y=27.5530e^{-0.2378x}$ ($R^2=0.9810$) 그리고 참나물 $y=9.9518e^{-0.0937x}$ ($R^2=0.9159$)이었으며, 각각의 식을 이용하여 산출된 반감기는 다채, 돌나물, 바질, 배초향 및 참나물 각각 2.6일, 10.3일, 4.2일, 2.9일 및 7.4일로 확인되었다(Fig. 1).

이전의 연구에서 풋고추 중 cyantraniliprole의 생물학적 반감기는 2.8~3.2일이었으며(Poornima et al., 2025), 달래는 1.14일로 짧은 반감기를 나타내었다(Sardar et al, 2023). 본 연구 중 다채, 바질 및 배초향의 반감기는 이전 연구에서 발표된 반감기와 비슷하게 짧게 산출되었으며, 이는 3개 작물은

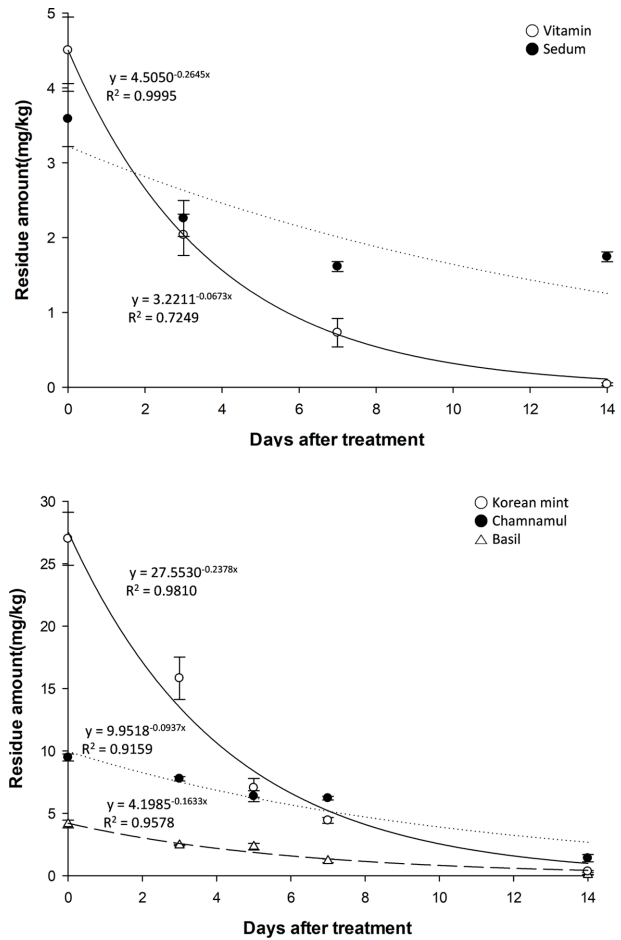


Fig. 1. Degradation patterns of cyantraniliprole in test crops.

약제살포 후 수확일까지 성장속도가 급격하여 수확일까지 경과됨에 따라 약제 노출이 적은 잎이 수확 크기까지 성장하였기 때문에 희석되어 잔류량 감소에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 그 외 돌나물과 참나물은 한번 채취하면 같은 크기로 성장하는데 시간이 소모되기 때문에 성장에 의한 영향은 적은 것으로 판단되었다. 이전 연구에서도 들깻잎, 아스파라거스 및 어수리는 단기간에 성장속도가 매우 빨라 비대생장을 증가에 의해서 희석효과가 반감기에 영향을 미치는 가장 큰 요인으로 보고되었다(Park et al., 2022c; Kim et al., 2015; An et al., 2019).

식이섭취 노출 평가

각 작물의 식이 섭취량을 고려하여 각 처리구의 최대 잔류량기준으로 %ADI를 산출한 결과, 다채 0.00005~0.00439%, 돌나물 0.00211~0.00447%, 바질 0.00003~0.00128%, 배초향 0.00013~0.00858% 및 참나물 0.0156~0.08874%이었다(Table 9). 위해지수는 0.09% 미만으로 위해성 판단 기준 값인 1이하로 식이 섭취량에 의한 위해 가능성은 매우 낮은 것으로 평가된다. 돌나물과 참나물에는 MRL과 안전사용기

Table 9. Risk assessment of cyantraniliprole in the test crops

Test crop	Days after final application	Highest residue (mg/kg)	Daily food intake (kg/day)	ADI ^{a)}	EDI ^{b)}	%ADI ^{c)}
				(mg/kg·b.w./day)		
Vitamin	21-14	0.06	0.00003	0.057	3.00×10^{-8}	0.00005
	14-7	0.91			4.55×10^{-7}	0.00080
	10-3	2.23			1.12×10^{-6}	0.00196
	7-0	5.01			2.51×10^{-6}	0.00439
Graveyard Moss	21-14	1.80	0.00004	0.057	1.20×10^{-6}	0.00211
	14-7	1.67			1.11×10^{-6}	0.00195
	10-3	2.49			1.66×10^{-6}	0.00291
	7-0	3.82			2.55×10^{-6}	0.00447
Basil	14	0.10	0.00001	0.057	1.67×10^{-8}	0.00003
	7	1.34			2.23×10^{-7}	0.00039
	5	2.54			4.23×10^{-7}	0.00074
	3	2.51			4.18×10^{-7}	0.00073
	0	4.37			7.28×10^{-7}	0.00128
Korean mint	14	0.43	0.00001	0.057	7.17×10^{-8}	0.00013
	7	4.70			7.83×10^{-7}	0.00137
	5	7.59			1.27×10^{-6}	0.00222
	3	17.62			2.94×10^{-6}	0.00515
	0	29.34			4.89×10^{-6}	0.00858
Chamnamul	14	1.73	0.00031	0.057	8.94×10^{-6}	0.01568
	7	6.34			3.28×10^{-5}	0.05747
	5	6.74			3.48×10^{-5}	0.06109
	3	7.96			4.11×10^{-5}	0.07215
	0	9.79			5.06×10^{-5}	0.08874

^{a)}Acceptable daily intake

^{b)}Estimated daily intake

^{c)}Risk index; (EDI/ADI) × 100

준이 설정되어 있으며, 대체는 MRL은 설정되어 있지 않지만, 안전사용기준은 설정되어 있었다. 바질과 배초향은 허브류(생)에 포함되어 MRL이 설정되어 있지만, 안전사용기준은 아직 이루어지지 않았으며, 본 연구 결과는 향후 기준을 설정하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2022, 2023, 2024년 농촌진흥청 농약직권등록사업(과제번호 : PJ01683409, RS-2023-00215004, RS-2024-00349287)의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Author Information and Contributions

Hye Rim Kang, P&K HSE, Researcher, <https://orcid.org/>

0009-0002-8879-2411

Yeon Woo Choi, P&K HSE, Researcher, <https://orcid.org/>
0009-0009-0463-5349

Hyeong Gyu Yu, P&K HSE, Researcher, <https://orcid.org/>
0009-0005-9722-2228

Kee Sung Kyung, Department of Environmental and Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-6120-6027>

Kyun Kim, P&K HSE, Researcher

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- An JM, Shin SJ, Kim MG, Hwang HR, Chang SY et al., 2019. Residual Characteristics of Etofenprox, Pyrifluquinazon, Spirotetramat and Sulfoxaflor in Cow Parsnip(*Heracleum moellendorffii* L.) of Minor Crop. *Korean J. Pesti. Sci.* 23(2):61-69.
- European Commission, 2024. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed (SANTE/11312/2021). https://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl_article.asp?CntID=727 (Accessed: June 18, 2025).
- Han GT, 2013. Investigation of Deposition and Biological Half-Life of some Pesticides in Peach during Cultivation. Master Diss., Chungnam National University, Daejeon, Korea.
- Jung MG, Kim HJ, Cho HN, Jeong JY, Lee SY et al., 2023. A Survey on Pesticide Residues in Herbs and Spices being Distributed in Korea. *Korean J. Pesti. Sci.* 27(3):210-220.
- Kang HR, Choi YW, You HG, Kyung KS, Kim K., 2024. Residual Characteristics of Acetamiprid in Herbs Basil and Korean Mint. *Korean J. Pesti. Sci.* 28(4):361-366.
- Kim JB, Song BH, Chun JC, Im GJ, Im YB, 1997. Effect of sprayable formulations on pesticide adhesion and persistence in several crops. *Korean J. Pesti. Sci.* 1(1):35-40.
- Kim JW, Lee JM, Lee DS, Kang ST, Kim DW, et al., 2015. Residual characteristics of insecticide acetamiprid in asparagus under greenhouse condition. *Korean J. Pesti. Sci.* 19(3):204-209.
- Korea Health Industry Development Institute(KHIDI), 2023. National nutrition statistics food intake. Cheongju, Korea. <https://www.khidi.or.kr/nutristat?year=2023&menuId=MENU01649> (Accessed: June 17, 2025).
- Korea Rural Economic Institute (KREI), 2020. 2020 Public Opinion Survey on Agriculture and Rural Areas. Naju, Korea.
- Korea Rural Economic Institute (KREI), 2025. Policy Innovation for Strengthening Pesticide Safety Management in Southeast Asia: A Systematic approach through international development cooperation. Naju, Korea.
- Lee JW, 2019. Residual Properties and Risk Assessment of Cyantraniliprole on Some Minor Crops. Master, Kangwon National University, Chuncheon, Korea.
- Lee MH, Lee HK, Lee HG, Lee SG, Kim JS et al., 2014. Effect of Cyantraniliprole against of *Bemisia tabaci* and Prevention of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV). *Korean J. Pesti. Sci.* 18(1):33-40.
- Lim SY, Mun SJ, Lee DV, Yang YS, Kim YK et al., 2024. Risk Assessment for Pesticide Residues in Agricultural Products in Gwangju. *Korean J. Pesti. Sci.* 28(1):22-42.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS), 2025. Food Safety Management Guidelines, Cheongju, Korea. https://www.mfds.go.kr/brd/m_218/view.do?seq=33624&utm_source=chatgpt.com(Accessed: June 18, 2025).
- National Agricultural products Quality management Service (NAQS), 2025. Agricultural products pesticide residue analysis results. Gimcheon, Korea. https://data.mafra.go.kr/opendata/data/indexOpenDataDetail.do?data_id=20170912000000000791(Accessed: June 17, 2025).
- National Institute of Agricultural Science (NAS), 2018. Pesticide residue definitions for agricultural products. Wanju, Korea.
- No HH, Lee KH, Lee JY, Park HK, Park SH et al., 2011. Characteristics of Pesticide Residues in Leafy Vegetables Collected from Wholesale and Traditional Markets in Cheongju. *Korean J. Pesti. Sci.* 15(4):453-462.
- Park BK, Kwon SH, Yeom MS, Han SY, Kang MJ, et al., 2022. A safety survey of pesticide residues on agricultural products marketed in Incheon from 2019 to 2021. *J. Food Hyg. Saf.* 37(4):249-259.
- Park HK, 2022b. Elucidation of Factors Affecting the Residue of Foliar Applied Pesticides in Leafy and Stalk Vegetables. PhD Diss., Chungbuk National University. Cheongju, Korea.
- Park JU, Bae BJ, Woo SW, Jeong HJ, Fang YJ, 2022c. Residual Characteristics and Risk assessments of Afidopyropen, Pydiflumetofen and Mefentrifluconazole in Perilla Leaves. *Korean J. Pesti. Sci.* 26(1):65-73.
- Park MS, 2023. Reduction in residual cyantraniliprole levels in spinach after various wathing and blanching methods. Master Diss., Daegu University, Daegu, Korea.
- Poornima, G., Naik, R. Harischandra, Pallavi, M. S., Saraswati, M., Ratnamma, P. et al., 2025. Determination of cyantraniliprole in green and red chilli fruits and Indian soil using LC-MS/MS and its dietary risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis.* 141(2025):107294.
- Rural Development Administration(RDA), 2025. Pesticide Safety Information System, <https://psis.rda.go.kr/psis/content/contentMain.ps?menuId=PS00313>(Accessed: Sep. 17, 2025).
- Rural Development Administration(RDA), 2025b. Registration standards for pesticides and raw materials. Jeonju, Korea.
- Ryu KY, Ryu MG, Park HM, Kim AY, Lee JR et al., 2025. Risk Assessment of Pesticide Residues in Vegetables at Local Food Markets in Gwangju (2022-2024). *Korean J. Pesti. Sci.* 29(1):9-22.
- Sardar SW, Choi JY, Jo YJ, Ahmed I. AES., 2023. Residues and Safety Assessment of Cyantraniliprole and Indoxacarb in Wild Garlic (*Allium vineale*). *J. Toxics.* 11(3), 219.

다채, 돌나물, 바질, 배초향 및 참나물 중 Cyantraniliprole의 잔류특성 및 식이섭취 노출평가

강혜림^{1,2*} · 최연우¹ · 유형규¹ · 경기성² · 김 균¹

¹주피엔케이에이치에스이, ²충북대학교 농업생명과학대학 환경생명화학과

요 약 Cyantraniliprole은 디아미이드(diamide)계 살충제로, 라이아노딘수용체에 결합하여 근육을 마비시키는 작용기작을 가진다. 본 연구에서는 채소류인 다채, 돌나물 및 참나물과 허브류인 바질 및 배초향을 대상으로 cyantraniliprole의 잔류특성을 구명하고, 섭취에 따른 식이섭취 노출평가를 수행하였다. 시험농약을 각의 작물별로 처리한 후, 수확시 채취한 시료를 분석하였다. Cyantraniliprole의 평균 잔류량은 다채에서 0.02~5.01 mg/kg, 돌나물에서 1.54~3.82 mg/kg, 바질에서 0.06~4.37 mg/kg, 배초향에서 0.30~29.34 mg/kg, 참나물에서 1.17~9.79 mg/kg 범위로 검출되었다. 시험 작물에서 cyantraniliprole의 반감기는 2.6~10.3일로 산출되었다. 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 0.09% 미만으로, 5개 작물에서 모두 안전한 수준으로 평가되었다. 본 연구 결과는 해당 작물 중 cyantraniliprole의 안전사용기준 설정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

색인어 Cyantraniliprole, 채소, 허브, 잔류특성