농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 30, No. 3, pp. 235-246 (2026)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2026.30.3.235
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183
Check for updates

동물대체시험법 적용 확대를 위한 농약 품목의 국내 자극성 분류 기준과 GHS 간 조화성 평가

조유미[1] · 김남석[1] · 신지영[1] · 홍소혜[1] · 양시영[1] · 문지현[1] · 정미혜[1] · 박수진[2]*
[1]농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 독성위해평가과, [2]농촌진흥청 농자재산업과

Evaluation of GHS Compatibility of Korean Irritation Classification Criteria for Pesticide Products to Expand the Use of Non-Animal Test Methods

Youmi Jo[1], Namseok Kim[1], Ji-Young Shin[1], So-Hye Hong[1], Si Young Yang[1], Jihyun Moon[1], Mihye Jeong[1], and Soo-Jin Park[2]*

[1]Toxicity and Risk Assessment Division, Department of Agro-Food Safety & Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration (RDA), Wanju 55365, Republic of Korea
[2]Agro-materials Industry Division, Rural Development Administration (RDA), Jeonju 54875, Republic of Korea

(Received on August 24, 2026. Revised on September 13, 2026. Accepted on September 14, 2026)

Abstract Although non-animal testing has increased internationally, their application in evaluating pesticide formulations remains limited in Korea. Skin and eye irritation of pesticide products are classified, under the Korean pesticide control act, into four categories: severe, moderate, mild, and no irritation. Internationally accepted non-animal test methods provide information that could support classification under the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS), under which irritation is classified into Category 1, Category 2, and No Category. Our study compared classification of irritation under the Korean regulation with those obtained by applying the GHS criteria to the same animal study data. For skin irritation, the Korean classification of severe, moderate, and no irritation corresponded to GHS Category 1, Category 2, and No Category, respectively. Mild irritation (2.9%) was classified as GHS No Category. For eye irritation, the classification patterns were similar for the two systems. There were differences for some moderate (2.2%) and mild (2.9%) irritation, as they differed when linked with the skin irritation classification and the criteria for reversibility. Our findings indicate that when existing animal study data are used, the classification of some pesticide formulations might change when transitioning to a GHS-based system. Therefore, potential classification changes must be evaluated prior to regulatory transition. Our study provides a foundation to improve the irritation classification system for pesticide formulations in Korea.

Key words: Eye irritation, Globally harmonized system of classification and labeling of chemicals (GHS), Korean pesticide control act, Pesticide formulations, Skin irritation

서 론

농약 품목은 유효성분인 원제뿐만 아니라 용제, 계면활성제 및 기타 부자재로 구성된 복합 혼합물로, 제품의 조성과 제형에 따라 피부 및 안점막에 다양한 정도의 자극을 유발할 수 있다(Cserhati T and Forgacs E, 1997; UN, 2025). 농약은 제조 및 살포 과정에서 살포자와 농작업자 등의 피부와 눈에 노출될 가능성이 있으므로(Jaga K and Dharmani C, 2006; MacFarlane et al., 2013), 피부 및 안자극성 평가는 농약 안전관리를 위한 중요한 항목 중의 하나이다. 이러한 평가 결과는 농약의 표시 사항과 취급 시 주의 사항 설정에도 직접 활용된다(European Parliment and council, 2008; RDA, 2026a; US EPA, 2026).

*Corresponding author
E-mail: jiny0451@korea.kr

화학물질 분류·표지의 세계조화시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, GHS)은 국가와 산업 분야별로 상이한 화학물질의 유해성 분류 및 정보전달 체계를 국제적으로 조화시키기 위해 마련되었다(UN, 2025). GHS에서는 피부 유해성에 대해 피부부식성(Category 1), 피부자극성(Category 2) 및 분류되지 않음(No Category)으로 구분하고, 안구 유해성은 심한 눈손상(Category 1), 눈자극성(Category 2), 분류되지 않음으로 구분한다. 국제적으로 공인된 피부 및 안자극성·부식성 동물대체시험법은 시험법에 따라 판정이 가능한 GHS 범주에 차이가 있으나, GHS에 따른 분류를 지원할 수 있는 정보를 제공하도록 개발되었다(OECD 2025a; OECD 2025b; OECD 2025c; OECD 2025d).

반면 국내 농약 품목의 피부 및 안자극성은 강도, 중도, 경도 및 없음의 4단계로 구분되며, 현재 농약 품목의 자극성 평가는 주로 동물시험 결과에 근거하고 있다(RDA, 2026b). 국내 농약 품목의 자극성 분류 기준은 2020년에 개별 동물의 관찰 항목별 평균 점수와 손상의 회복 여부를 평가하도록 개정하여(RDA, 2020) GHS의 평가 원칙과 상당 부분 조화를 이루게 되었다. 그러나 국내 농약 관리 체계의 4단계 분류와 본 연구에서 적용한 GHS Category 1, Category 2 및 No Category의 3단계 분류는 분류범주 수와 의미가 서로 일치하지 않아 동일한 시험자료를 적용하더라도 최종 분류 결과에 차이가 발생할 가능성이 있다.

최근 동물복지 향상과 동물시험 감소에 대한 국제적 요구에 따라 농약 독성 평가 분야에서도 다양한 동물대체시험법을 적용하고 있으나(EC, 2026; EPA 2016), 국내에서는 주로 농약 원제를 중심으로 이루어지고 있다(RDA, 2026b). 향후 농약 품목으로의 동물대체시험법을 확대·적용하기 위해서는 국제적으로 공인된 동물대체시험법에서 사용하는 GHS 분류체계와 현행 국내 농약 품목 분류 체계 간의 연계 가능성을 검토할 필요가 있다. 특히 현행 OECD 피부자극성 대체시험법으로는 선택적 범주인 피부자극성 Category 3을 독립적으로 판별하기 어렵다(OECD, 2025c). 또한 안자극성 대체시험법만으로는 안자극성 Category 2A와 2B를 구분하기 어려우므로(OECD, 2025d), 국내 경도 자극성 범주의 처리 방식은 동물대체시험법 도입 시 별도로 검토할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 농약 품목의 피부 및 안자극성 동물시험 자료를 국내 농약관리법 기준과 GHS 기준에 따라 분류하고 그 결과를 비교하였다. 이를 통해 두 분류체계 간의 차이를 확인하고, 향후 농약 품목에 GHS 기반의 동물대체시험법을 적용하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

대상농약 선정

본 연구에서는 농약 품목의 자극성에 대한 국내 분류 기준과 GHS 분류 기준 간의 조화성을 평가하기 위해 2024~2025년 제출된 138건의 화학농약 등록신청 자료를 분석 대상으로 하였다. 화학물질 및 혼합물을 대상으로 개발된 GHS 기반 동물대체시험법과의 연계성을 고려하여 미생물 농약은 분석 대상에서 제외하였으며, 동일 조성·함량·제형의 반복 신청자료는 각각 독립된 시험성적서를 포함하였을 경우, 별도 분석단위로 처리하였다. 각 농약에 대해 등록신청 시 제출된

Table 1. Classification criteria for skin and eye irritation of agrochemical formulations under the Korean Pesticide Control Act

Classification	Classification criteria under the Korean pesticide control act	
	Skin irritation	Eye irritation
Severe	A pesticide with a pH ≤ 2 or ≥ 11.5; or a pesticide causing skin damage including corrosion or tissue destruction in at least one animal immediately or during the 4-h exposure period, with the effects persisting through Day 14	A skin-corrosive pesticide; or a pesticide with a pH ≤ 2 or ≥ 11.5; or a pesticide with effects on the cornea, iris, or conjunctiva in at least one animal that are not expected to reverse or do not fully reverse within 21 days; or a pesticide with a mean corneal opacity score ≥ 3 or iritis score ≥ 1.5 in at least two of three animals
Moderate	A pesticide with a mean erythema/eschar or edema score of ≥ 2.3 and ≤4.0 in at least two of three animals; or a pesticide causing persistent inflammation including alopecia, hyperkeratosis, hyperplasia, or scaling in at least two animals through the end of the observation period, normally 14 days	A skin-moderate irritant pesticide; or a pesticide with a mean corneal opacity or iritis score ≥ 1, or conjunctival redness or chemosis score ≥ 2, in at least two of three animals with the effects fully reversing within 21 days
Mild	A pesticide with a mean erythema/eschar or edema score of ≥ 1.5 and < 2.3 in at least two of three animals	a pesticide with effects meeting the criteria for moderate eye irritation but fully reversing within 7 days
Non-irritant	Does not meet the criteria for mild, moderate or severe skin irritation	Does not meet the criteria for mild, moderate or severe eye irritation

Mean scores are calculated separately for each animal using observations recorded at 24, 48, and 72 hours after application. For delayed skin reactions, observations recorded on three consecutive days after the onset of the reaction are used.

토끼를 이용한 자극성 시험성적서를 수집하였으며, 시험성적서에 기재된 관찰 시간별 개체의 자극반응 점수, 회복 여부를 검토하였다. 또한 2024년부터 2025년까지 제출된 자료에서는 자극성을 나타낸 품목의 수가 제한적이었으므로, 자극성 범주 간 비교 사례를 보강하기 위해 2018~2023년 제출자료 중 피부 또는 안자극성이 국내 기준상 경도 이상인 54건을 목적 표집하여 보조 분석에 활용하였다. 이 자료는 자극성 양성 사례를 보강하기 위해 목적 표집을 한 자료이므로 전체 등록 품목의 자극성 분포를 대표하지 않는다.

농약관리법 및 GHS 기준에 따른 자극성 분류 비교

본 연구에서 사용된 독성자료는 농약 등록을 목적으로 제출되어 국립농업과학원에서 보유하고 있는 등록신청 자료를 활용하였으며, 본 연구의 목적에 따라 후향 분석하였다.

수집된 피부자극성 및 안자극성 *in vivo* 시험성적서를 바탕으로 각 농약 품목의 자극성을 농약관리법상 분류 기준(RDA, 2026b)과 GHS 분류 기준(UN, 2025)에 따라 분류하였다. 피부자극성은 시험 동물별 홍반·가피 및 부종 점수와 회복 여부, 지연(Delayed) 자극성 반응 관찰 등을 이용하여 국내 기준에 따라 강도, 중도, 경도 및 없음의 분류와 GHS 기준에 따라 Category 1, Category 2 및 No Category로 분류·비교하였다(Table 1, Table 2).

안자극성은 시험 동물의 각막혼탁, 홍채염, 결막발적 및 부종 점수와 회복 여부를 이용하여 국내 기준에 따른 4단계 분류와 GHS 기준에 따른 3단계 분류로 비교하였다(Table 1, Table 2).

결과분석

피부 및 안자극성에 대해 각각 교차 분류표(Table 5, Table 6)를 작성하고, 국내 분류 범주별 GHS 재분류 결과의 분포를 산출하였다. 두 분류체계는 분류범주 및 세부 판정기준이 서로 다르므로, 2024~2025년 등록신청 품목에 대해서는 국내 자극성 범주의 분포와 범주별 GHS 재분류율 및 95% 신뢰구간을 산출하였다. 목적 표집한 2018~2023년 품목은 표본 선정의 특성을 고려하여 빈도(n)로 제시하였다.

결과 및 고찰

국내 기준과 GHS 기준에 따른 피부자극성 분류 비교

2024년부터 2025년까지 등록을 위해 제출된 농약 품목

Table 2. GHS classification criteria for skin corrosion/irritation and serious eye damage/eye irritation

Classification	GHS classification criteria	
	Skin irritation	Eye irritation
Category 1	A pesticide with a structure-activity relationship similar to that of known corrosive substances; or a pesticide with a pH ≤ 2 or ≥ 11.5; or a pesticide showing a positive result in an internationally validated in vitro skin corrosion test; or a pesticide causing irreversible skin damage extending through the epidermis into the dermis in at least one animal following exposure for up to 4 hours	A skin-corrosive pesticide; or a pesticide with a structure-activity relationship similar to that of substances known to cause serious eye damage; or a pesticide with a pH ≤ 2 or ≥ 11.5; or a pesticide showing a positive result in an internationally validated in vitro serious eye damage test; or a pesticide meeting either of the following criteria in an animal study: – effects on the cornea, iris, or conjunctiva in at least one animal that are not expected to reverse or do not fully reversed within 21 days; or – a mean corneal opacity score ≥ 3 or iritis score ≥ 1.5 in at least two of three animals
Category 2	A pesticide with a structure-activity relationship similar to that of known skin irritant substances; or a pesticide showing a positive result in an internationally validated in vitro skin irritation test; or a pesticide with a mean erythema/eschar or edema score of ≥ 2.3 and ≤4.0 in at least two of three animals, based on observation at 24, 48, and 72 h or, for delayed reactions, on three consecutive days after the onset of the skin reaction; or a pesticide causing persistent inflammation in at least two animals through the end of the observation period, normally 14 days	A pesticide with a structure-activity relationship similar to that of known eye irritant substances; or a pesticide showing a positive result in an internationally validated in vitro eye irritation test; or a pesticide with a mean corneal opacity or iritis score ≥ 1, or conjunctival redness or chemosis score ≥ 2, in at least two of three animals with the effects fully reversing within 21 days
No Category	Does not meet the criteria for Category 1 or Category 2	Does not meet the criteria for Category 1 or Category 2

Mean scores are calculated separately for each animal using observations recorded at 24, 48, and 72 hours after application. For delayed skin reactions, observations recorded on three consecutive days after the onset of the reaction are used.

Table 3. Comparison of skin and eye irritation classification of pesticide formulations according to the Korean pesticide regulation and GHS criteria (2024-2025)

No	Agrochemical formulations	Content	Skin corrosion/irritation		Serious eye damage/irritation	
			Korean classification	GHS	Korean classification	GHS
1	Fenquinotrione.Florpyrauxifen-benzyl.Propyrisulfuron GG	9.4(6+1+2.4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
2	Fenquinotrione.Florpyrauxifen-benzyl.Triafamone SC	5.48(4+0.5+0.98)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
3	Fenquinotrione.Florpyrauxifen-benzyl.Tetflupyrolimet SC	5.5(3+0.5+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
4	Fenquinotrione.Florpyrauxifen-benzyl.Tetflupyrolimet SC	5.5(3+0.5+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
5	Fenquinotrione.Imazosulfuron.Pyraclonil GR	1.52(0.67+0.25+0.6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
6	Fenquinotrione.Imazosulfuron.Tetflupyrolimet SC	7.5(4+1.5+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
7	Fenoxasulfone.Florpyrauxifen-benzyl.Metazosulfuron SC	5.1(3+0.5+1.6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
8	Thiocyclam hydrogen oxalate WG	75	NI	No Cat.	NI	No Cat.
9	Tiafenacil WG	30	NI	No Cat.	NI	No Cat.
10	Thidiazuron WP	1	Mi. I	No Cat.	Mi. I	Cat.2
11	Triafamone SC	40.3	NI	No Cat.	NI	No Cat.
12	Tribasic copper sulfate WG	40	NI	No Cat.	NI	No Cat.
13	Tefluthrin GR	0.5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
14	Tefluthrin GR	0.5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
15	Tefuryltrione.Tetflupyrolimet SC	6(4+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
16	Tefuryltrione SC	26.5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
17	Tetflupyrolimet EC	1.9	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
18	Chlorothalonil.Pyraclostrobin SC	33(25+8)	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
19	Chlorothalonil.Propamocarb hydrochloride SC	62(31+31)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
20	Chlorothalonil.Oxolinic acid SC	38(30+8)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
21	Chlorantraniliprole.Thiacloprid SC	10.7(2.7+8)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
22	Chlorantraniliprole.Thiacloprid SC	10.7(2.7+8)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
23	Chlorantraniliprole.Chlorfenapyr SC	12.2(3.2+9)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
24	Chlorantraniliprole.Indoxacarb WG	7(3+4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
25	Chlorantraniliprole.Novaluron SC	13.7(5.2+8.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
26	Chlorantraniliprole GR	0.06	NI	No Cat.	NI	No Cat.
27	Chlorantraniliprole WG	5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
28	Chlorantraniliprole WG	5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
29	Chlorantraniliprole WG	5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
30	Chlorantraniliprole WG	5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
31	Chlorantraniliprole SC	18.35	NI	No Cat.	NI	No Cat.
32	Chlorantraniliprole SC	18.35	NI	No Cat.	NI	No Cat.
33	Indoxacarb WP	10	NI	No Cat.	NI	No Cat.
34	Ipfencarbazone.Simetryn EC	4(1.5+2.5)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
35	Iptriazopyrid SC	5	NI	No Cat.	NI	No Cat.
36	Oxytetracycline dihydrate WG	34	NI	No Cat.	NI	No Cat.
37	Oxadiazon.Simetryn EC	8.5(6+2.5)	Mi. I	No Cat.	Mi. I	Cat.2
38	Oxadiazon SC	32.7	NI	No Cat.	NI	No Cat.
39	Afidopyropen.Pyridaben SC	15.13 (1.13+14)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
40	Afidopyropen.Dimpropyridaz DC	7(1+6)	NI	No Cat.	SI	Cat.1
41	Acetamiprid.Fluxametamide WG	14(8+6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
42	Acynonapyr.Fenazaquin SC	20(15+5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
43	Abamectin.Tebupirimfos GR	1.1 (0.45+0.65)	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
44	Abamectin.Chlorantraniliprole SC	6(1.714+4.286)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
45	Abamectin.Chlorantraniliprole SC	6(1.714+4.286)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
46	Amisulbrom SC	40	NI	No Cat.	NI	No Cat.
47	Cinmethylin.Penoxsulam DC	27.3(25+2.3)	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
48	Spirotetramat SC	22	NI	No Cat.	NI	No Cat.
49	Spirotetramat SC	44	NI	No Cat.	NI	No Cat.
50	Spiromesifen SC	20	NI	No Cat.	NI	No Cat.
51	Cyclopyranil.Simetryn EC	3(0.5+2.5)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
52	Cyclaniliprole.Sulfoxaflor SC	5.35(2.25+3.1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.

Table 3. Continud

No	Agrochemical formulations	Content	Skin corrosion/irritation		Serious eye damage/irritation	
			Korean classification	GHS	Korean classification	GHS
53	Cyenopyrafen.Spirodiclofen SC	36(20+16)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
54	Cyantraniliprole.Etofenprox SE	24(4+20)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
55	Bifenthrin.Dimpropyridaz GR	1.75(0.4+1.35)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
56	Broflanilide.Thiacloprid SC	7.5(2.5+5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
57	Bromobutide.Fenoxasulfone.Florpyrauxifen-benzyl SC	21.5(18+3+0.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
58	Bromobutide.Fenoxasulfone.Propyrisulfuron SC	22.5(18+3+1.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
59	Bromobutide.Imazosulfuron.Tetflupyrolimet GR	3.08(2.5+0.25+0.33)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
60	Bromobutide.Imazosulfuron.Tetflupyrolimet SC	21.5(18+1.5+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
61	Bromobutide.Imazosulfuron.Ipfencarbazone GR	3.8(3+0.25+0.55)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
62	Buprofezin.Dimpropyridaz SC	25(20+5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
63	Bentazone-sodium.Fluazifop-P-butyl ME	33.5(30+3.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
64	Bentazone-sodium.Fenoxaprop-P-ethyl ME	31.4(30+1.4)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
65	Bentazone-sodium.Fenoxaprop-P-ethyl ME	31(30+1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
66	Benzobicyclon.Florpyrauxifen-benzyl.Propyrisulfuron DT	7.83(5+0.83+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
67	Benzobicyclon.Imazosulfuron.Tetflupyrolimet GR	3.75(2+0.75+1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
68	Benzobicyclon.Oxaziclomefone.Pyrazosulfuron-ethyl GR	1.04(0.7+0.27+0.07)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
69	Bensulfuron-methyl.Fenquinotrione.Tetflupyrolimet GR	1.17(0.17+0.67+0.33)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
70	Bensulfuron-methyl.Fenquinotrione.Mefenacet SC	25.02(1.02+3+21)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
71	Bensulfuron-methyl.Benzobicyclon.Mefenacet GR	4.27(0.17+0.6+3.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
72	Methyl-tetraprole DC	10	NI	No Cat.	SI	Cat.1
73	Methoxyfenozide.Thiacloprid SC	16(8+8)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
74	Metam-potassium SL	54	SI	Cat.1	NI →SI	NI →Cat. 1
75	Metazosulfuron.Tetflupyrolimet SC	4(2+2)	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
76	Metamitron SG	15	NI	No Cat.	SI	Cat.1
77	Dimpropyridaz.Metaflumizone WG	25(10+15)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
78	Difenoconazole SC	10	NI	No Cat.	NI	No Cat.
79	Dithiopyr.Penoxsulam EC	16.5(15+1.5)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
80	Dithianon.Pyraclostrobin SE	32(24+8)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
81	Dichlobentiazox.Thifluzamide.Fipronil GR	4.6(1+3+0.6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
82	Dimethomorph SC	18	NI	No Cat.	NI	No Cat.
83	Dimesulfazet.Pyraclonil.Tetflupyrolimet GR	1.26(0.33+0.6+0.33)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
84	Dimesulfazet.Florpyrauxifen-benzyl.Pyraclonil GR	1.01(0.33+0.08+0.6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
85	Dimesulfazet.Metazosulfuron.Pyraclonil GR	1.13(0.33+0.2+0.6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
86	Dimesulfazet.Metazosulfuron DT	4(2+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
87	Dimesulfazet.Metazosulfuron DT	8(4+4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
88	Dimesulfazet.Metazosulfuron SC	4(2+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
89	Dinotefuran WG	20	NI	No Cat.	NI	No Cat.
90	Deltamethrin.Fluxametamide SC	7.6(1.6+6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
91	Deltamethrin.Tetraniliprole SC	7.6(1.6+6)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
92	Nicosulfuron.Tolpyralate OD	6.2(3.1+3.1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
93	Novaluron.Spirotetramat SC	32(10+22)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
94	Glyphosate-isopropylammonium AL	1.02	NI	No Cat.	NI	No Cat.
95	Glufosinate-P WT	49	NI	No Cat.	NI	No Cat.
96	Glufosinate-P SL	9.8	NI	No Cat.	NI	No Cat.
97	Glufosinate-P SL	9.8	NI	No Cat.	NI	No Cat.
98	Glufosinate-ammonium.MCPA SL	22(15+7)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
99	Glufosinate-ammonium.MCPA SL	22(15+7)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
100	Glufosinate-ammonium SL	14	NI	No Cat.	NI	No Cat.
101	Fenquinotrione.Florpyrauxifen-benzyl.Propyrisulfuron SC	4.7(3+0.5+1.2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
102	Fenquinotrione.Pyrazosulfuron-ethyl.Tetflupyrolimet GG	12.84(8+0.84+4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
103	Fenquinotrione.Pyrazosulfuron-ethyl.Tetflupyrolimet GR	1.07(0.67+0.07+0.33)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
104	Fenquinotrione.Pyrazosulfuron-ethyl.Tetflupyrolimet GR	1.07(0.67+0.07+0.33)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
105	Fenquinotrione.Pyrazosulfuron-ethyl.Tetflupyrolimet DT	6.44(4.02+0.42+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.

Table 3. Continud

No	Agrochemical formulations	Content	Skin corrosion/irritation		Serious eye damage/irritation	
			Korean classification	GHS	Korean classification	GHS
106	Fenquinotrione.Pyraclonil.Pyriminobac-methyl GR	1.2(0.5+0.6+0.1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
107	Pentoxazone.Simetryn EC	6.5(4+2.5)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
108	Fentrazamide SC	27	NI	No Cat.	NI	No Cat.
109	Forchlorfenuron EC	0.1	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
110	Polyoxyethylene proheptyl siloxane SL	73	NI	No Cat.	NI	No Cat.
111	Probenazole.Flupyrimin GR	11(10+1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
112	Prohexadione-calcium SC	20	NI	No Cat.	NI	No Cat.
113	Prohexadione-calcium SC	20	NI	No Cat.	NI	No Cat.
114	Flazasulfuron.Isoxaben WG	5.5(1.5+4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
115	Florpyrauxifen-benzyl.Rimsulfuron WG	70(30+40)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
116	Florpyrauxifen-benzyl.Metazosulfuron.Pyraclonil DT	3.6(0.5+1.6+1.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
117	Florpyrauxifen-benzyl.MCPA EC	10.6(0.6+10)	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
118	Florpyrauxifen-benzyl.Triafamone SC	1.5(0.5+1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
119	Florpyrauxifen-benzyl.Triafamone GR	0.24(0.08+0.16)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
120	Fluroxypyr-meptyl.MCPA ME	11(6+5)	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
121	Flumioxazin.S-metolachlor GR	2.3(0.1+2.2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
122	Flumioxazin.S-metolachlor GR	2.3(0.1+2.2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
123	Fluopyram.Abamectin SC	5.5(4+1.5)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
124	Fluopicolide.Fluoxapiprolin SC	6(5+1)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
125	Fluindapyr.Tiadinil.Cyantraniliprole GR	7.35(1+6+0.35)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
126	Fluindapyr.Flutriafol SC	41.8(20.9+20.9)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
127	Flupyrimin SC	10	NI	No Cat.	NI	No Cat.
128	Fluxametamide.Pyrifluquinazon EC	6(3.5+2.5)	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
129	Fluxapyroxad.Isotianil SC	16(3+13)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
130	Pyrazosulfuron-ethyl.Tefuryltrione.Tetflupyrolimet DT	12.84 (0.84+8+4)	NI	No Cat.	NI	No Cat.
131	Pyraclostrobin SC	11	NI	No Cat.	NI	No Cat.
132	Pyroxasulfone.Simazine WG	57.5(7.5+50)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
133	Pyridaben EW	10	NI	No Cat.	NI	No Cat.
134	Pyridaben EW	10	NI	No Cat.	NI	No Cat.
135	Pyridachlometyl SC	20	NI	No Cat.	NI	No Cat.
136	Pyridachlometyl SC	33	NI	No Cat.	NI	No Cat.
137	Pyridachlometyl EC	5	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
138	Pyrimisulfan.Tetflupyrolimet GG	3(1+2)	NI	No Cat.	NI	No Cat.

Severe (SI), Moderate (Mo. I.), Mild (Mi. I) or No (NI)

138개 품목을 국내 기준과 GHS 기준에 따라 분류하였다(Table 3). 국외 연구(Corvaro et al., 2017)와 유사하게 등록 신청된 품목의 피부자극성은 국내 기준에서 '없음'이 88.4% (122개)로 대부분을 차지하였다. 자료가 비자극성 범주에 편중된 점을 고려하여 국내 범주별 GHS 재분류율과 95% 신뢰구간을 평가하였다. 국내 기준에서 '없음'으로 분류된 122개 품목은 모두 GHS No Category (100%)로 구분되었다. 또한 국내 기준에서 강도로 분류된 1개 품목(0.7%)은 GHS Category 1 (100%)로, 중도로 분류된 11개(8%) 품목은 모두 GHS Category 2 (100%)로 구분되었다. 따라서 피부자극성 없음, 중도 및 강도의 범주에서는 국내 분류와 GHS 분류가 각각 No Category, Category 2, Category 1로 대응하였다(Table 5). 이는 2020년 국내 기준 개정 시, 개별 동물의 홍반·가피 및 부종 평균 점수와 반응 지속 여부 등 GHS의 주요 판정 원칙이 국내 품목 자극성 구분 기준에 반영되었기 때문으로 판단된다.

반면 국내 기준과 GHS 분류 기준의 두 분류체계 간의 차이는 경도 범주에서 확인되었다. 국내 기준에서 경도로 분류된 4개 품목(2.9%)은 모두 GHS No Category로 재분류되었다(Table 5). 이에 2024~2025년 등록신청 자료에서 피부자극성을 나타낸 품목의 수가 제한적이었으므로, 2018~2023년 등록신청 자료를 추가 분석한 결과, 2024~2025년의 분석 결과와 마찬가지로 피부자극성 강도, 중도, 없음은 각각 Category 1, Category 2, No Category로 대응하였으나, 경도의

Table 4. Comparison of Korean and GHS classification of pesticide formulations with skin or eye irritation from 2018-2023

No	Agrochemical formulations	Content	Skin corrosion/ irritation		Serious eye damage/ irritation	
			Korean classification	GHS	Korean classification	GHS
1	Fenquinotrione.Mefenacet.Pyrazosulfuron-ethyl GG	30.5(5+25+0.5)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
2	Clomazone.Oxadiargyl EC	4.2(2.5+1.7)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
3	Chlorfenapyr.Fluxametamide EC	10(3+7)	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
4	Chlorfenapyr EC	5	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
5	Chlorothalonil.Fluazinam FG	5.3(5+0.3)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
6	Captan WG	80	NI	No Cat.	SI	Cat.1
7	Gibberellin A4+7 SL	1.8	NI	No Cat.	SI	Cat.1
8	Iminoctadine triacetate EW	25	NI	No Cat.	SI	Cat.1
9	Imazosulfuron.MCPA WG	53(20+33)	NI	No Cat.	SI	Cat.1
10	6-Benzylaminopurine EC	7.4	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
11	Oxyfluorfen EC	23.5	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
12	Oxyfluorfen EC	23.5	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
13	Oxolinic acid OD	20	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
14	Oxadiargyl.Simetryn EC	4.1(1.6+2.5)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
15	Oxadiargyl.Simetryn EC	4.1(1.6+2.5)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
16	Oxadiargyl EC	1.7	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
17	Oxadiargyl EC	1.7	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
18	Oxadiargyl EC	1.7	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
19	MCPA.Metazosulfuron WP	37(25+12)	NI	No Cat.	SI	Cat.1
20	MCPA SL	50	NI	No Cat.	SI	Cat.1
21	S-metolachlor EC	25	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
22	Azoxystrobin.Propiconazole EC	15.2(5.7+9.5)	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
23	Acetamiprid.Emamectin benzoate SL	16(10+6)	NI	No Cat.	SI	Cat.1
24	Acetamiprid.Emamectin benzoate DC	22.01(18.82+3.19)	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
25	Acetamiprid.Buprofezin EC	19(4+15)	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
26	Acynonapyr SC	20	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
27	Acynonapyr DC	20	Mo. I	Cat.2	Mo. I	Cat.2
28	Cinmethylin EC	50	Mi. I	No Cat.	Mi. I	Cat.2
29	Bifenthrin.Chromafenozide SC	10(2+8)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
30	Bifenthrin.Dichlorvos EC	20.5(0.5+20)	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
31	Bifenthrin.Dimethoate EC	48(2+46)	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
32	Broflanilide.Emamectin benzoate EC	6.65(4.5+2.15)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
33	Broflanilide EC	5	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
34	Metam-sodium SL	42	Mo. I	Cat.2	NI	No Cat.
35	Dichlorvos.Emamectin benzoate EC	21(20+1)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
36	Dicloromezotiaz SC	10	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
37	Glyphosate-isopropylammonium.Triclopyr-TEA SL	38.3(35+3.3)	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
38	Glufosinate-ammonium.Indaziflam SC	22.39(21.74+0.65)	Mo. I	Cat.2	SI	Cat.1
39	Fosetyl-aluminium WG	60.7	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
40	Prodiamine WG	63	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
41	Prochloraz-manganese WP	50	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
42	Flazasulfuron.Mecoprop WP	30(5+25)	NI	No Cat.	Mi. I	Cat.2
43	Florpyrauxifen-benzyl.Tefuryltrione GR	0.84(0.17+0.67)	Mi. I	No Cat.	Mo. I	Cat.2
44	Fluensulfone GR	9.71	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
45	Flufenoxuron.Fluxametamide DC	10(3+7)	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.
46	Fluxametamide SC	7	Mi. I	No Cat.	SI	Cat.1
47	Fluxametamide.Metaflumizone EC	7(4+3)	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
48	Pyraclostrobin EC	22.9	Mo. I	Cat.2	NI→Mo. I	No Cat.

Table 4. Continued

No	Agrochemical formulations	Content	Skin corrosion/ irritation		Serious eye damage/ irritation	
			Korean classification	GHS	Korean classification	GHS
49	Pyraclostrobin EC	22.9	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
50	Pyraflufen-ethyl EC	1.6	Mi. I	No Cat.	NI	No Cat.
51	Pyridaben EW	10	Mo. I	Cat.2	Mi. I→Mo. I	Cat.2
52	Pyridaben.Pyrifluquinazon WG	25(20+5)	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
53	Pyridate EC	25	NI	No Cat.	Mo. I	Cat.2
54	Hexaconazole.Pyraclostrobin EW	11(1+10)	Mo. I	Cat.2	Mi. I→Mo. I	Cat.2

Severe (SI), Moderate (Mo. I.), Mild (Mi. I) or No (NI)

Table 5. Distribution of irritation classifications for pesticide formulations according to the Korean and GHS criteria (2024–2025)

Skin (n=138)		n (%)	GHS classification n (%; 95% CI)		
			Category 1	Category 2	No Category
Korean classification	Severe	1 (0.7)	1 (100; 20.7-100)	0	0
	Moderate	11 (8)	0	11 (100; 74.1-100)	0
	Mild	4 (2.9)	0	0	4 (100; 51.0-100)
	No	122 (88.4)	0	0	122 (100; 96.9-100)
Eye (n=138)		n (%)	GHS classification n (%; 95% CI)		
			Category 1	Category 2	No Category
Korean classification	Severe	7 (5.1)	7 (100; 64.6-100)	0	0
	Moderate	10 (7.2)	0	7 (70; 39.7-89.2)	3 (30; 10.8-60.3)
	Mild	4 (2.9)	0	4 (100; 51.0-100)	0
	No	117 (84.8)	0	0	117 (100; 96.8-100)

Korean classification percentages were based on the total (n=138), whereas GHS percentages and Wilson 95% confidence intervals were calculated within each Korean irritation category

품목은 No Category로 분류되었다(Table 6).

국내 농약 품목의 피부자극성 경도 기준은 시험 동물 3마리 중 최소 2마리에서 홍반·가피 또는 부종의 평균 점수가 1.5 이상 2.3 미만인 경우로(RDA, 2026b; Table 1), GHS에서 선택적으로 적용하는 피부자극성 Category 3의 판정 범위와 대체로 상응한다(UN, 2025). 그러나 본 연구에서는 농약 품목에서의 GHS 기반 동물대체시험법 적용 가능성과 현재 동물대체시험법으로는 자극성 세부 범주로 구분하는데 한계가 있다는 점(OECD, 2025c; OECD 2025d)을 고려하여 Category 1, Category 2, No Category로 구성된 3단계 체계를 적용하였다. 이에 따라 홍반·가피 또는 부종의 평균 점수가 2.3 이상 4.0 이하인 경우를 Category 2로 분류하고, Category 1 또는 Category 2 기준에 해당하지 않을 경우를 No Category로 분류하였다(UN 2025; Table 2). 따라서 국내 경도 기준에 해당하는 품목은 GHS Category 2의 판정기준을 충족하지 못하여 모두 No Category로 구분하였다(Table 5).

이러한 차이는 시험 결과 자체의 차이라기보다는 국내 4단계 분류체계와 본 연구에서 적용한 GHS 3단계 분류체계 간 판정 범위의 차이에서 기인한다. 따라서, 국내 농약 품목에 동물대체시험법을 적용하기 위해 현행 국내 4단계의 피부자극성 분류체계를 GHS 3단계 분류체계로 전환하고, 기존 동물시험의 자료로 재분류할 경우, 기존 경도 자극성 품목의

Table 6. Additional analysis of skin irritation classification using an independent registration dataset (2018-2023)

Skin (n=54)		GHS classification		
		Category 1	Category 2	No. Category
Korean classification	Severe	0	0	0
	Moderate	0	26	0
	Mild	0	0	8
	No	0	0	20
Eye (n=54)		**GHS classification**		
		Category 1	Category 2	No. Category
Korean classification	Severe	12	0	0
	Moderate	0	18	11
	Mild	0	7	0
	No	0	0	6

분류 및 표시가 변경될 가능성을 고려해야 한다. 이에 국내 경도 자극성 범주의 유지 필요성과 분류 변경에 따른 표시 및 취급상 안전관리 영향 등을 규제적 측면에서 면밀히 검토할 필요가 있다.

국내 기준과 GHS 기준에 따른 안자극성 분류 비교

피부자극성 분류 비교와 마찬가지로, 국내 분류 기준에 따른 범주별 분포와 국내 범주별 GHS 재분류율 및 95% 신뢰구간을 평가하였다. 국외 연구(Choksi et al., 2024)와 유사하게 2024년부터 2025년까지 138개의 등록 신청된 품목 중, 안자극성은 대부분 '없음'으로 84.8%(117개)를 차지하였고, 모두 GHS No Category(100%)로 구분되었다. 또한 국내 기준에서 강도로 분류된 7개 품목 (5.1%)는 비가역성을 보였으므로 모두 GHS Category 1(100%)로 구분되었다 (Table 5).

국내 기준에서 안자극성 중도로 분류된 10개 농약 품목 중 7개 품목은 Category 2(70%)로 구분되었으나, 나머지 3개 품목(Ipfencarbazone.Simetryn EC, Bentazone-sodium. Fenoxaprop-P-ethyl ME, Pyroxasulfone.Simazine WG)은 No Category(30%)로 구분되었다(Table 3, Table 5). 2018~2023년 자료를 활용하여 추가로 분석한 결과, 29개의 품목이 국내 기준에서는 중도였으나, 이 중 11개의 품목이 GHS에서는 No Category로 구분되었다(Table 4, Table 6). 이들 14개 품목(2024~2025년 3개 품목 및 2018~2023년 11개 품목)은 안자극성시험 결과만으로는 비자극성이었으나, 국내 기준에서는 피부 중도 자극성 품목을 안자극성 중도로 분류하는 규정에 따라 분류된 품목이었다(RDA, 2026b; Table 1). GHS 분류체계에서는 피부부식성 정보가 심한 눈손상 물질 Category 1 분류를 위한 단계적 평가의 근거로 활용될 수 있다. 반면 피부자극성 Category 2만으로 눈자극성 Category 2를 자동으로 부여하지 않고 안구에 대한 시험결과 등이 해당 분류 기준을 충족할 때 적용된다. 따라서 2024~2025년 등록신청 농약 품목 3개 품목 및 2018~2023년 등록신청 농약 품목 11개 품목은 안구 GHS Category 2 기준을 충족하지 않아 No Category로 분류되었다. 이러한 결과는 동일한 안자극성 시험자료를 사용하더라도 피부자극성 결과와 안자극성 분류 연계 여부에 따라 국내 기준과 GHS 기준의 분류 결과가 달라질 수 있음을 보여준다. 특히 국내 기준은 피부 중도 자극성을 중도 안자극성으로 연계함으로써 보다 보수적인 분류가 적용될 수 있었다. 그러나 GHS 분류체계에서는 피부자극성 Category 2를 눈자극성 Category 2로 자동 분류하지 않으므로, 향후 자극성에 대한 분류체계 검토 시, 피부 Category 2 결과를 안구 Category 2 분류에 연계하는 현행 규정 방향을 유지할 것인지에 대한 검토가 필요하다.

국내 기준에서 안자극성 경도로 분류된 4개 농약 품목 (Thidiazuron WP, Oxadiazon.Simetryn EC, Cinmethylin. Penoxsulam DC, Fluroxypyr-meptyl. MCPA ME)은 Category 2로 구분되었다(Table 3, Table 5). 국내 기준에서는 중도 안자극성의 점수 기준을 충족하더라고 해당 영향이 7일 이내에 완전히 회복되는 경우, 경도로 분류한다(RDA, 2026b; Table 1). 반면 본 연구에서 적용한 GHS 3단계 기준에서는 Category 2에 해당하는 안구 영향이 21일 이내 완전히 회복되는 경우를 모두 Category 2로 분류하였다. 이에 따라 국내 기준에서 7일 이내 회복되어 경도로 분류된 4개 품목은 GHS Category 2로 구분되었다. 다만 4개의 경도 품목은 7일 이내 회복 여부로 판단하는 GHS 세부 분류를 적용하면 GHS Category 2B에 대응할 것으로 사료된다. 2018~2023년 자료를 활용한 추가 분석에서도 동일한 양상은 확인되었다. 이러한 결과는 GHS 기반 동물대체시험법의 판정 가능 범위를 고려하여 향후 농약 품목에 동물대체시험법을 도입할 시, 피부자극성과 마찬가지로 경도 안자극성 범주 유지의 필요성을 검토할 필요가 있다.

자극성 분류체계의 차이와 동물대체시험법 적용을 위한 고려 사항

국내 농약 품목에 GHS 분류체계를 적용했을 때의 영향은 이전 연구에서도 보고된 바 있다(You et al., 2016). 해당 연구에서는 59개 농약 품목의 동물시험 성적을 국내 농약관리법 기준과 GHS 기준에 따라 재분류하였다. 그 결과 피부 및 안자극성에서 각각 25.5%와 45.8%가 No Category로 구분되는 등 차이가 발생함을 보여주었다. 이후 2020년 국내 분류기준이 개정되면서 GHS의 주요 판정 요소를 대부분 반영하게 되었으며, 이에 따라 본연구에서 확인한 결과, 국내 분류기준에 따른 구분과 GHS 분류 기준에 따른 구분이 상당 부분 일치하였다. 그러나 여전히 분류범주의 수와 일부 세부 판정기준의 차이로 인해 동일한 동물시험 자료에서도 최종 분류가 달라질 수 있음을 확인하였다.

피부자극성의 경우, 국내 경도 범주는 GHS 3단계 분류체계에서 직접 대응하는 범주가 없으며, 안자극성에서도 GHS Category 2를 2A와 2B로 세분하지 않을 경우, 국내 경도와 중도가 하나의 범주인 Category 2로 포함될 수 있다. 또한 국내 기준의 경우, 중도의 피부자극성일 경우 중도의 안자극성으로 구분되지만, GHS 기준의 경우는 Category 2 피부자극성의 결과만으로 안자극성 Category 2를 직접 부여하지 않는다. 이러한 분류체계와 피부-안자극성 연계 규정의 차이가 일부 품목에서 상이한 분류 결과가 도출되는 주요 원인으로 판단된다.

국제적으로 농약 품목의 자극성 분류는 유럽과 같이 GHS 기반 CLP 분류체계를 적용하거나(European Parliament and Council, 2008), 미국 및 한국과 같이 국가별 자체 기준으로 분류하고 있다(US EPA, 2026). 한편, 국제적으로 인정된 동물대체시험법은 대부분 GHS 분류체계에 기반하여 결과를 판정하고 있다(OECD 2025a; OECD 2025b; OECD 2025c; OECD 2025d). 따라서 국내 분류체계를 GHS와 조화하는 것은 국제적으로 통용되는 분류·표시 체계와 일관성을 높이고, 동물대체시험법의 규제적 활용을 용이하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 또한 국내외 분류체계 또는 기준의 차이로 인해 동일한 시험자료에서 상이한 분류 결과가 도출 될 가능성을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 점을 고려하여 향후 국내 농약 품목의 분류체계에 대해서도 GHS 분류체계와 조화하는 방향으로, 단계적으로 검토할 필요가 있다.

국내 농약 품목의 피부 및 안자극성 평가에 GHS 기반 동물대체시험법을 도입할 경우, 신규 시험자료에 대해서는 시험법별 적용 영역과 한계를 고려하여 통합시험평가전략 또는 Defined approach를 통해 GHS 분류 결과의 적용 가능성을 검토할 수 있다. 그러나 기존 등록 농약 품목은 재등록 시 기제출된 자극성 동물시험성적서를 활용할 수 있으므로, 기존 동물시험 결과를 GHS 기준으로 재분류했을 경우 국내 기준에 따른 기존 분류와 차이가 발생할 수 있음을 본 연구에서 확인하였다. Daniel et al. (2025)는 농약 품목을 대상으로 BCOP, EpiOcular 등 동물대체시험법을 조합하여 GHS와 EPA 안자극성 분류를 예측하는 defined approaches를 제안하고, 그 활용 가능성을 확인하였다. 따라서 GHS 기반 동물대체시험법의 제도적 도입에 앞서, GHS 3단계 분류체계로 전환할 경우, 국내 기존 분류와의 차이 및 규제적 영향을 검토할 필요가 있다. 한편, 기존과 같이 경도 범주를 유지할 경우에는 동물대체시험법 및 기타 자료를 활용하여 해당 범주를 판정할 수 있는 단계적 평가 전략 마련이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: RS-2024-00400007)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Author Information and Contributions

Youmi jo, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Senior Researcher, https://orcid.org/0009-0008-6733-7181, Writing manuscript, Data analysis and review.

Namseok Kim, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher, https://orcid.org/0000-0003-4046-1744, Data analysis and Review.

Ji-Young Shin, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Senior Researcher, https://orcid.org/0000-0003-3177-161X, Data analysis and proofreading.

So-Hye Hong, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Senior Researcher, https://orcid.org/0000-0001-9958-5552, Review and editing.

Si Young Yang, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Senior Researcher, https://orcid.org/0009-0000-7308-969X, Data analysis and editing.

Jihyun Moon, Toxicity and Risk Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Scientific Officer, https://orcid.org/0009-0002-9245-3113, Data proofreading and review

Mihye Jeong, Crop Production Technology Research Division, National Institute of Crop Science, Principal Researcher, https://orcid.org/0009-0007-8724-1059, Data analysis and review

Soo-Jin Park, Agro-materials Industry Division, Rural Development Administration, Senior Researcher, https://orcid.org/0000-0002-2522-3185, Project administration and review.

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

Choksi N, Latorre AO, Catalano SMI, Grivel A, Baldassari J, Pires J, et al. (2024) Retrospective evaluation of the eye irritation potential of agrochemical formulations. Regul. Toxicol. Pharmacol. 146:105543. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2023.105543

Corvaro M, Gehen S, Andrews K, Chatfield R, MacLeod F, Mehta J, et al. (2017) A retrospective analysis of in vivo eye irritation, skin irritation and skin sensitisation studies with agrochemical formulations: Setting the scene for development of alternative strategies. Regul. Toxicol. Pharmacol. 89:131-147. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.06.014

Cserháti T and Forgács E (1997) Separation and quantitative determination of non-ionic surfactants used as pesticide additives. J. Chromatogr. A 774(1-2):265-279.

Daniel AB, van der Zalm AJ, Raabe HA, Clippinger AJ, Choksi NY, Reinke EN, Allen DG, Kleinstreuer NC (2025) Defined approaches to predict GHS and EPA classifications for ocular irritation potential of agrochemical formulations. Cutan. Ocul. Toxicol. 44(3):233-249. https://doi.org/10.1080/15569527.2025.2499552

European Commission (EC) (2026) Roadmap towards phasing out animal testing for chemical safety assessments. C(2026) 3497 final. European Commission, Brussels, Belgium. Available from: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/roadmap-towards-phasing-out-animal-testing-chemical-safety-assessments_en (accessed August 18, 2026)

European Parliament and Council (2008) Regulation (EC) No 1272/2008 of 16 December 2008 on classification, labeling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. Off. J. Eur. Union L353:1-1355.

Jaga K, Dharmani C (2006) Ocular toxicity from pesticide exposure: A recent review. Environ. Health Prev. Med. 11(3):102-107. https://doi.org/10.1265/ehpm.11.102

MacFarlane E, Carey R, Keegel T, El-Zaemay S, Fritschi L (2013) Dermal exposure associated with occupational end use of pesticides and the role of protective measures. Saf. Health Work 4(3):136-141. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2013.07.004

OECD (2025a) Test No. 431: In vitro skin corrosion: Reconstructed human epidermis (RhE) test method. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264264618-en.

OECD (2025b) Test No. 437: Bovine corneal opacity and permeability test method for identifying i) chemicals inducing serious eye damage and ii) chemicals not requiring classification for eye irritation or serious eye damage. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264203846-en.

OECD (2025c) Test No. 439: In vitro skin irritation: Reconstructed human epidermis test method. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264242845-en.

OECD (2025d) Test No. 492: Reconstructed human cornea-like epithelium (RhCE) test method for identifying chemicals not requiring classification and labeling for eye irritation or serious eye damage. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264242548-en.

Rural Development Administration (RDA) (2020) Registration Standards for Pesticides and Active Ingredients. RDA Notification No. 2020-4, Rural Development Administratio., Jeonju. Korea. (In Korean). Available from: https://www.law.go.kr/LSW//admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000187173 (accessed August 18, 2026)

Rural Development Administration (RDA). (2026a). Labeling Standards for Pesticides, Technical Ingredients, and Pesticide-Utilizing Materials. RDA Notification No. 2026-18. Pesticide Control Act. Jeonju Korea. (In Korean). Available from:https://www.law.go.kr/LSW//admRulLsInfoP.do?admRulId=30237&efYd=0(accessed August 18, 2026)

Rural Development Administration (RDA) (2026b) Registration standards for pesticides and technical ingredients. RDA Notification No. 2026-15, Pesticide Control Act. Jeonju Korea. (In Korean). Available from: https://www.law.go.kr/LSW//admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000282626 (accessed August 18, 2026)

You AS, Oh JA, Park S, Jo Y, Lee JB, Lee N, Lee JY, Ihm Y (2016) Comparison of differences between the results of irritation classification after irritation calculation with GHS criteria and RDA directives in plant protection products. Korean J. Pestic. Sci. 20(4):326-340. https://doi.org/10.7585/kjps.2016.20.4.326

United Nations(UN) (2025) .11th reviseded., United Nations, NewYork and Geneva. Available from: https://unece.org/transport/dangerous-goods/ghs-rev11-2025 (accessed August 18, 2026)

US EPA (2016) Process for evaluating & implementing

alternative approaches to traditional in vivo acute toxicity studies for FIFRA regulatory use. Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. Available from: https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/process-establishing-implementing-alternative (accessed August 18, 2026)

US EPA (2026) Title 40, Code of Federal Regulations, §156.62: Toxicity Category. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-E/part-156/subpart-D/section-156.62 (Accessed Aug. 20, 2026).

동물대체시험법 적용 확대를 위한 농약 품목의 국내 자극성 분류 기준과 GHS 간 조화성 평가

조유미[1] · 김남석[1] · 신지영[1] · 홍소혜[1] · 양시영[1] · 문지현[1] · 정미혜[1] · 박수진[2]*

[1]농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 독성위해평가과, [2]농촌진흥청 농자재산업과

요 약 국제적으로 동물대체시험법의 활용이 확대되고 있으나, 국내 농약 품목의 자극성 평가에 대해서 적용은 제한적이다. 국내 농약 품목의 자극성 평가는 강도, 중도, 경도 및 없음의 4단계로 분류되나, 국제적으로 공인된 동물대체시험법에서는 GHS Category 1, Category 2, No Category의 3단계 분류를 적용하고 있다. 본 연구에서는 향후 농약 품목에 GHS 기반 분류체계 및 동물대체시험법을 적용하기 위한 기초자료를 확보하고자, 현행 국내 농약관리법에 따른 자극성 분류와 GHS 기준 적용 결과를 비교하였다. 피부자극성의 경우, 강도, 중도 및 자극성 없음은 각각 Category 1, Category 2, No Category와 대응하였으나, 경도 피부자극성(2.9%)은 3단계의 GHS 분류체계에서 No Category로 분류되었다. 안자극성의 경우, 피부자극성 분류와 안자극성 분류의 연계 여부 및 자극반응의 회복 기간에 대한 기준 차이로 인해 일부 중도(2.2%), 경도(2.9%)의 안자극성 품목에서 분류 차이가 확인되었다. 따라서 향후 국내 농약 품목에서 동물대체시험법 적용과 국제적인 조화를 위해 GHS 기반 분류체계 전환할 경우, 자극성 분류 변화를 사전에 검토할 필요가 있으며, 본 연구 결과는 국내 농약 품목의 자극성 분류체계 개선을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어: GHS, 피부자극성, 안점막자극성, 농약품목, 농약관리법