

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32(3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25(1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26(2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea found in 1981 and 1987, respectively.

국내 수도용 제초제의 작용기작별 분류

박재읍^{1*} · 김상수¹ · 김영림¹ · 김민주¹ · 하현영¹ · 이인용² · 문병철³ · 임양빈¹
¹국립농업과학원 농자재평가과, ²국립농업과학원 작물보호과, ³농촌진흥청 연구정책국

Classification According to Site of Action of Paddy Herbicides Registered in Korea

Jae-Eup Park^{1*}, Sang-Su Kim¹, Young-Lim Kim¹, Min-Ju Kim¹, Heun-Young Ha¹,
In-Yong Lee², Byung-Chul Moon³, and Yang-Bin Ihm¹

¹Division of Agro-Materials Evaluation, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-807, Korea

²Division of Crop Protection, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-807, Korea

³Rural Development Administration, Suwon 441-807, Korea

ABSTRACT. This review study was conducted to recommend the effective use of herbicide mixtures in Korea. The herbicide ingredients by Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) was classified into 23 groups according to the mode of action (acetyl CoA carboxylase inhibitors, acetolactate synthase, photosystem I and II inhibitors, protoporphyrinogen oxidase inhibitors, carotenoid biosynthesis inhibitors, enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase inhibitors, glutamine synthetase inhibitors, dihydrodroterate synthetase inhibitors, mitosis inhibitors, cellulose inhibitors, oxidative phosphorylation uncouplers, fatty acid and lipid biosynthesis inhibitors, synthetic auxins, auxin transport inhibitors and potential nucleic acid inhibitors or non-descript mode of action). The rice herbicide mixtures registered in Korea were classified based on the guideline of HRAC. Accordingly, such a classification system for resistance management can help to avoid continuous use of the herbicide having the same mode of action in the same field.

Key words: Herbicide, Herbicide Resistance Action Committee, Herbicide resistant weed, Mode of action

Received on March 19, 2014; Revised on June 13, 2014; Accepted on June 23, 2014

*Corresponding author: (Phone) +82-31-290-0581, (Fax) +82-31-290-0508; E-mail) Jepark73@korea.kr

© 2014 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License & #160; (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인류는 농업을 영위하면서 잡초와의 경쟁을 이어왔다. 그만큼 잡초근절이 힘들고 어렵다는 것을 반증하고 있다. 그나마 제초제의 등장은 먹거리 안정적 생산을 보장해 주어서 농산물 생산 측면에서 볼 때 필수 불가결한 농업자재이다.

농업현장에서 농업생산성 향상 및 농작업 생력화를 위해 제초제 사용이 보편화되면서 특정 제초제에 저항성을 보이는 “제초제 저항성잡초”가 세계적으로 발생하여 인류먹거리의 안정적 생산에 크게 위협을 가하고 있는 실정이다. 미국에서는 캘리포니아 버 재배지역에서 acetyl-CoA carboxylase (ACCCase) 저해 제초제에 대한 저항성 피와 글리포세이트에 저항성잡초인 망초가 발생하여 큰 피해를 주

고 있다(Heap, 1997). 그리고 우리나라와 영농형태가 비슷한 일본에서도 설포닐우레아 (SU)계 저항성 잡초인 물달개비 등 10여종이 눈에 발생하는 것으로 현재 보고되었다 (Miyahara et al., 1988). 우리나라도 피를 포함해 11종이 제초제 저항성잡초로 확인되는 등 전 세계적으로 61개국에서 235여종이 저항성인 것으로 보고되었다(Im, 2009; Kim, 1984; Kwon et al., 2009; Park et al., 2009, 2010, 2011).

제초제 저항성잡초의 발생원인은 다양하나 주로 약효가 우수하고 약효지속기간이 긴 제초제를 일정기간 연용하여 사용할 경우 저항성 개체가 발생 할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다. 특히, 제초제 성분 중에 피를 특이적으로 잘

방제하는 cyhalofop-butyl 등과 같은 ACCase 저해제와 매우 적은 양으로도 물달개비와 같은 광엽잡초 등을 잘 방제하는 acetolactate synthase (ALS)저해제인 pyrazosulfuron과 bensulfuron 등과 같은 SU계 제초제의 연용은 저항성잡초를 많이 발생시키는데 이들 저항성의 주된 원인이 제초제 작용점변이에 있는 것으로 알려지고 있다(Heap, 1997).

따라서, 전 세계적으로 각국의 약제저항성 연구그룹과 다국적 농약개발 회사를 중심으로 제초제 저항성잡초 뿐만 아니라 농약으로부터 병해충 및 잡초가 저항성화 되는 것을 방지하여 농약을 안정적으로 사용할 수 있도록 약제저항성을 관리하고 연구하는 그룹인 가칭 약제저항성관리위원회 (FRAC, IRAC, HRAC)가 구성되어 있다. 그 중에서 잡초가 제초제에 의해서 약제저항성화 되는 것을 관계하는 Herbicide Resistant Action Committee (HRAC, 이하 제초제저항성관리위원회)는 특정약제의 연용과 중복사용을 미연에 방지하여 저항성 잡초 발생을 줄일 수 있도록 제초제별 작용기작을 세분화하여 그룹화한 후 제초제별 사용방법의 가이드라인을 제시한 바 있다(<http://www.hracglobal.com>).

제초제의 작용기작별 그룹화의 기준은 앞에서 논의한 것처럼 제초제저항성관리위원회 (HRAC)가 제안한 제초제 작용기작별 그룹 자료를 인용하였다. 그 핵심내용은 Table 1 과 같이 유사한 작용기작을 보이는 제초제를 다음과 같이 분류하였다. 식물체내에서 지질생합성 과정 중 ACCase의 기능을 저해하는 것으로 알려진 아릴옥시페녹시프로피오네이트계와 사이클로핵산디에논계를 그룹 A로 분류하고 식물의 필수아미노산인 valine, isoleucine 생합성에 관여하는 ALS 혹은 acetohydroxy acid synthase (AHAS)를 저해하는 제초제를 그룹B로, 광계 II에서 광합성을 저해(photosystem inhibitors) 하는 제초제를 그룹C로 분류했고 이것을 더 세분화하여는 트리아진계와 우라실계 등을 그룹 C1, 요소계를 그룹 C2, 벤조티아디아지논계를 C3로 분류하였다. 그리고 광계 I에서 광합성을 저해 (photosysteminhibitors)하는 제초제를 D로 분류, protoporpyrinogen 산화효소 저해제 인 디페닐에텔계를 E그룹으로, carotenoid 생합성을 저해하는 제초제를 F 그룹으로 분류하고 이것을 세분하여 phytoene desaturase step (PDS) 에서 카로티노이드 생합성을 저해하는 제초제를 그룹 F1으로, 4-hydroxyphenyl-pyruvate dioxigenase (HPPD)에서 플라스토퀴논 생합성을 저해하는 제초제를 F2 그룹으로 불확실한 카로티노이드 생합성을 저해하는 제초제를 그룹 F3으로 분류하고 있었다. 방향족 아미노산인 phenylalanine, tyrosine, tryptophan 생합성에 관여하는 5-enol pyruvyl shikimate 3-phosphate (EPSP) 효소를 저해하여 황백화 현상이 발생하는 글라이신계를 G그룹으로, 글루타민 합성효소를 저해하는 제초제를 그룹 H로, dihydropteroate

Table 1. Herbicide mechanism of action according to the herbicide resistance action committee (HRAC).

Herbicide mechanism of action	HRAC Group*
Acetyl CoA Carboxylase (ACCCase) inhibitors	A
Acetolactate Synthase (ALS) or Acetohydroxy Acid Synthase (AHAS) inhibitors	B
Photosystem II inhibitors	C1, C2, C3
Photosystem I inhibitors	D
Protoporphyrinogen Oxidase (PPG oxidase or Protox) inhibitors	E
Carotenoid Biosynthesis inhibitors	F1, F2, F3
Enolpyruvyl Shikimate-3-Phosphate (EPSP) Synthase inhibitors	G
Glutamine Synthetase inhibitors	H
Dihydropteroate Synthetase inhibitors	I
Mitosis inhibitors	K1, K2, K3
Cellulose inhibitors	L
Oxidative Phosphorylation Uncouplers	M
Fatty Acid and Lipid Biosynthesis inhibitors	N
Synthetic Auxins	O
Auxin Transport inhibitors	P
Potential Nucleic Acid Inhibitors or Non-descript mode of action	Z
Not Classified	NC

* HRAC group were classified alphabetically according to their target sites and site of action.

합성효소를 저해하는 제초제를 그룹 I로, 세포분열 저해 제초제를 그룹 K로 분류하고 이것을 세분하여 tubulin과 결합하여 microtubule 중합체 형성을 저해하는 디나이트로아닐린계를 K1 그룹으로, 카바메이트계를 K2로, 초장쇄 지방산 저해제(inhibition of very long chain fatty acid)를 K3 그룹으로 분류되어 있었다. 그리고 세포벽 합성 저해제는 그룹 L, 에너지 생성과정에 작용하는 제초제로 탈공역에 의한 산화적 인산화 과정을 저해하는 제초제는 그룹 M, 식물호르몬 작용 교란을 하는 제초제 중에 IAA와 유사한 작용을 하는 제초제는 그룹 O로, 옥신의 이동을 방해하는 제초제는 그룹 P로 분류하고 마지막으로 작용기작이 불분명한 제초제는 Z그룹으로 분류하고 있었다. 전체적으로 A그룹에서 Z그룹까지 17 대그룹으로 분류하고 세부적으로는 23세부그룹으로 분류하는 안을 제시하고 있다(Ihm et al., 2013). 따라서 이러한 제시안을 기준으로 국내 등록된 수도용 제초제를 작용기작별로 분류하였다.

국내 등록된 수도용 제초제에 대한 작용기작별로 분류하

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registered in Korea.

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of action		
Azimsulfuron-Benzobicyclon WG (푸른논)	B + F2	Bensulfuron-methyl-Mefenacet GR (만석군)	B + K3
Azimsulfuron-Cafenstrole WG (마크윈)	B + K3	Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon-Fentrazamide GR (풀수색)	B + F2 + K3
Azimsulfuron-Penoxsulam WG (플에이스)	B + B	Bensulfuron-methyl-Carfentrazone-ethyl-Metamifop GR (감초논)	B + E + A
Azimsulfuron-Pyriminobac-methyl WG (돌격대)	B + B	Bensulfuron-methyl-Carfentrazone-ethyl-Thiobencarb GR (영일사초왕)	B + E + N
Azimsulfuron-Penoxsulam WP (동방아그로클리어)	B + B	Bensulfuron-methyl-Thiobencarb GR (마이다스)	B + N
Azimsulfuron-Benzobicyclon-Metamifop GR (만능손)	B + F2 + A	Bensulfuron-methyl-Fentrazamide-Mesotrione GR (필드마스터)	B + K3 + F2
Azimsulfuron-Benzobicyclon-Penoxsulam GR (다길)	B + F2 + B	Bensulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl GR (잡초왕)	B + B
Azimsulfuron-Benzobicyclon-Pyriminobac-methyl GR (통제사)	B + F2 + B	Benzobicyclon-Metamifop-Pyrazosulfuron-ethyl GR (대명사)	F2 + B
Azimsulfuron-Bromobutide-Penoxsulam GR (황손)	B + Z + B	Benzobicyclon-Orthosulfamuron-Penoxsulam GR (파숫꾼)	F2 + B + B
Azimsulfuron-Bromobutide-Pyriminobac-methyl GG (떠나네)	B + Z + B	Benzobicyclon-Cafenstrole-Pyrazosulfuron-ethyl GR (영일스타)	F2 + K3 + B
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl GR (태양왕)	B + E	Benzobicyclon-Carfentrazone-ethyl-Penoxsulam GR (쾌속정)	F2 + E + B
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl-Metamifop GR (하이킥)	B + E + A	Benzobicyclon-Carfentrazone-ethyl-Flucetosulfuron GR (여명)	F2 + E + B
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl-Penoxsulam GR (노나내)	B + E + B	Benzobicyclon-Penoxsulam-Pyrazosulfuron-ethyl GR (다메기)	F2 + B + B
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl-Flucetosulfuron GR (논도사)	B + E + B	Benzobicyclon-Penoxsulam-Pyrazolate GR (논조네)	F2 + B + F2
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl-Pyriminobac-methyl GR (관운장)	B + E + B	Benzobicyclon-Fentrazamide-Imazosulfuron GR (논감독)	F2 + K3 + B
Azimsulfuron-Thiobencarb GR (금물결)	B + N	Benzobicyclon-Propyrisulfuron GR (논지기)	F2 + B
Azimsulfuron-Flucetosulfuron GR (금방아)	B + B	Benzobicyclon-Pyrimisulfan GR (돌파구)	F2 + B
Azimsulfuron-Penoxsulam GR (강산애)	B + B	Bentazone-MCPA GR (승전보)	C3 + O
Azimsulfuron-Penoxsulam-Simetryn GR (필사초)	B + B + C1	Benfuresate-Bensulfuron-methyl-Fentrazamide GR (성보필드캡)	N + B + K3
Azimsulfuron-Pyriminobac-methyl GR (풀방패)	B + B	Benfuresate-Bifenox GR (한손)	N + E
Azimsulfuron-Benzobicyclon-Penoxsulam DT (던지는다길)	B + F2 + B	Benfuresate-Cyclosulfamuron-Fentrazamide GR (우리논)	N + B + K3
Azimsulfuron-Carfentrazone-ethyl-Pyriminobac-methyl UG (축포)	B + E + B	Benfuresate-MCPA-Penoxsulam GR (천하대왕)	N + O + B
Azimsulfuron-Pyriminobac-methyl GG (돌격대)	B + B	Benfuresate-Imazosulfuron-Mefenacet GR (삼관왕)	N + B + K3
Azimsulfuron-Benzobicyclon WG (푸른논)	B + F2	Benfuresate-Fentrazamide-Pyrazosulfuron-ethyl GR (걸작)	N + K3 + B
Bensulfuron-methyl-daimuron-Mefenacet GR (마무리)	B + Z + K3	Benfuresate-Fentrazamide-Halosulfuron-methyl GR (정석골드)	N + K3 + B
Bensulfuron-methyl-Mesotrione-Penoxsulam GR (손안대)	B + F2 + B	Benfuresate-Halosulfuron-methyl-Indanofan GR (정식)	N + B + Z
Bensulfuron-methyl-Mesotrione-Pretilachlor-Pyripralid GR (하나쳐)	B + F2 + K3 + B	Butachlor GR (마세트, 매끄란, 논마트, 삼공부타, 아리부타, 선문특부타)	K3
		Butachlor-Cyclosulfamuron GR (신초왕)	K3 + B
		Butachlor-Ethoxysulfuron GR (풀제로)	K3 + B
		Butachlor-Carfentrazone-ethyl GR (위드캡)	K3 + E
		Bromobutide-Imazosulfuron-Mefenacet GR (풀제로)	Z + B + K3
		Bromobutide-Imazosulfuron-Thiobencarb GR (노니랑)	Z + B + N

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registered in Korea (continued).

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of action		
Bromobutide-Imazosulfuron- Penoxsulam GR (노네존)	Z + B + B	Bensulfuron-methyl-Indanofan SC (일사천리)	B + Z
Bromobutide-Imazosulfuron- Pyriminobac-methyl GR (도마타)	Z + B + B	Bensulfuron-methyl-Penoxsulam SC (농장군)	B + B
Bromobutide-Cafenstrole-Imazosulfuron GR (삼지창)	Z + K3 + B	Bensulfuron-methyl-Fentrazamide SC (과분)	B + K3
Bromobutide-Fentrazamide-Imazosulfuron GR (동방아그로볼사조)	Z + K3 + B	Bensulfuron-methyl-Pretilachlor-Pyrifthalid SC (아피로프로)	B + K3 + B
Bromobutide-Propyrisulfuron GR (무초지대)	Z + B	Bensulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl SC (금방매)	B + B
Bromobutide-Flucetosulfuron-Imazosulfuron GR (천하센)	Z + B + B	Benzobicyclon SC (나지마)	B
Bromobutide-Pyrazosulfuron-ethyl- Pyriminobac-methyl GR (삼박자)	Z + B + B	Benzobicyclon-Mefenacet-Penoxsulam SC (폴천왕)	F2 + K3 + B
Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon- Penoxsulam GG (아리던저라)	B + F2 + B	Benzobicyclon-Mefenacet-Pyrazosulfuron-ethyl SC (만냥골드)	F2 + K3 + B
Bensulfuron-methyl-Carfentrazone-ethyl- Penoxsulam GG (핵주먹)	B + E + B	Benzobicyclon-Cyclosulfamuron-Fentrazamide SC (온동네)	F2 + B + K3
Benzobicyclon-Metazosulfuron DT (마타킹)	F2 + B	Benzobicyclon-Oxaziclomefone SC (반들)	F2 + Z
Benzobicyclon-Cyclosulfamuron-Pyriminobac- methyl DT (바둑탄)	F2 + B + B	Benzobicyclon-Imazosulfuron-Metamifop SC (플제로)	F2 + B + A
Benzobicyclon-Imazosulfuron-Penoxsulam GG (벤조비)	F2 + B + B	Benzobicyclon-Imazosulfuron-Mefenacet SC (초길왕)	F2 + B + K3
Benzobicyclon-Penoxsulam DT (문전옥답점보)	F2 + B	Benzobicyclon-Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl SC (다관왕)	F2 + B + B
Benzobicyclon-Penoxsulam-Pyrazosulfuron -ethyl DT (폴타벤, 이티)	F2 + B + B	Benzobicyclon-Imazosulfuron-Penoxsulam SC (아리온노내)	F2 + B + B
Benzobicyclon-Fentrazamide-Penoxsulam DT (피다벤, 이티)	F2 + K3 + B	Benzobicyclon-Thiobencarb SE (초스탑)	F2 + N
Benzobicyclon-Fentrazamide-Pyrazosulfuro n-ethyl UG (탄저탄)	F2 + K3 + B	Benzobicyclon-Penoxsulam SC (문전옥답)	F2 + B
Benzobicyclon-Pyrazosulfuron-ethyl- Pyriminobac-methyl GG (모두처)	F2 + B + B	Benzobicyclon-Penoxsulam-Pyrazosulfuron-ethyl SC (스마트윈)	F2 + B + B
Bromobutide-Imazosulfuron-Penoxsulam UG (노네존)	Z + B + B	Benzobicyclon-Pendimethalin SE (-)	F2 + K1
Bensulfuron-methyl-Mefenacet SC (푸름네, 철웅성)	B + K3	Benzobicyclon-Fentrazamide SC (아리안나플)	F2 + K3
Bensulfuron-methyl-Mefenacet- Oxadiargyl SC (-)	B + K3 + E	Benzobicyclon-Fentrazamide-Imazosulfuron SC (매직샷)	F2 + K3 + B
Bensulfuron-methyl-Mefenacet- Pretilachlor SE (초대박)	B + K3 + K3	Benzobicyclon-Fentrazamide-Penoxsulam SC (천하태평)	F2 + K3 + B
Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon- Mefenacet SC (저격수)	B + F2 + K3	Benzobicyclon-Pretilachlor SE (초보매)	F2 + K3
Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon- Penoxsulam SC (애니플)	B + F2 + B	Benzobicyclon-Propyrisulfuron SC (명감독)	F2 + B
Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon- Fentrazamide SC (조아라)	B + F2 + K3	Benzobicyclon-Pyrazosulfuron-ethyl- Pyriminobac-methyl SC (황금열쇠)	F2 + B + B
Bensulfuron-methyl-Benzobicyclon- Pyriminobac-methyl SC (다센왕)	B + F2 + B	Benzobicyclon-Pyrazosulfuron-ethyl- Pyriminobac-methyl WG (모두처)	F2 + B + B
Bensulfuron-methyl-Bromobutide- Mefenacet SC (아리효자네)	B + Z + K3	Benfuresate-Benzobicyclon-Fentrazamide SE (동방아그로위버스)	N + F2 + K3
		Butachlor CS (마세트300, 논마트)	K3
		Bromobutide-Oxadiargyl SC (킬스타)	Z + E
		Bromobutide-Oxadiazon EC (트랙스타)	Z + E
		Bromobutide-Imazosulfuron-Metamifop SC (불도저)	Z + B + A
		Bromobutide-Imazosulfuron-Mefenacet SC (클로저)	Z + B + K3
		Bromobutide-Imazosulfuron-Penoxsulam SC (크리논)	Z + B + B
		Bromobutide-Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl SC (도마타)	Z + B + B
		Bromobutide-Thiobencarb SC (반석)	Z + N

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registered in Korea (continued).

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of action
Bromobutide·Thiobencarb SE (반석)	Z + N
Bromobutide·Penoxsulam SC (금누리)	Z + B
Bromobutide·Fentrazamide·Imazosulfuron SC (손모아)	Z + K3 + B
Bromobutide·Propyrisulfuron SC (사자후)	Z + B
Bensulfuron-methyl·Penoxsulam SC (농장군)	B + B
Bentazone·Mecoprop-P SL (초강세)	C3 + O
Bentazone·Metamifop ME (대다네)	C3 + A
Bentazone·Cyhalofop-butyl ME (정일품)	C3 + A
Bentazone·MCPB ME (그란피비-45)	C3 + O
Bentazone·MCPA SL (빛사그란엠60, 골드그린S)	C3 + O
Bentazone·Penoxsulam SC (일등공신)	C3 + B
Bentazone-sodium·Fenoxaprop-P-ethyl ME (단골)	C3 + A
Bensulfuron-methyl·Benzobicyclon·Mefenacet SC (저격수)	B + F2 + K3
Bensulfuron-methyl·Benzobicyclon·Penoxsulam SC (애니풀)	B + F2 + B
Bensulfuron-methyl·Benzobicyclon·Fentrazamide SC (조아라)	B + F2 + K3
Benzobicyclon·Imazosulfuron·Mefenacet SC (초킬왕)	F2 + B + K3
Benzobicyclon·Imazosulfuron·Pyriminobac-methyl SC (다관왕)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Fentrazamide·Imazosulfuron SC (매직샷)	F2 + K3 + B
Benzobicyclon·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl WG (모두처)	F2 + B + B
Bromobutide·Imazosulfuron·Mefenacet SC (클로저)	Z + B + K3
Benzobicyclon·Cyclosulfamuron·Flucetosulfuron GG (콩알탄)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl GG (점저미)	F2 + B + B
Bensulfuron-methyl·Mefenacet GR (푸름네, 철웅성)	B + K3
Bensulfuron-methyl·Butachlor GR (만드리)	B + K3
Bensulfuron-methyl·Pretilachlor GR (복도리)	B + K3
Benfuresate·Bensulfuron-methyl GR (논풍)	N + B
Benfuresate·Bifenox GR (한손)	N + E
Butachlor·Pyrazosulfuron-ethyl GR (노네스타, 한들)	K3 + B
Bensulfuron-methyl·Pyributicarb SC (논두렁, 만수레)	B + Z
Bentazone SL (빛사그란, 벤타존, 풀망치, 블랙번, 풀반장, 싸악디, 벤타그란)	C3
Bensulfuron-methyl·Mesotrione·Penoxsulam GR (손안대)	B + F2 + B
Bensulfuron-methyl·Mefenacet·Thiobencarb GR (굳파머)	B + K3 + N
Bensulfuron-methyl·Carfentrazone-ethyl·Metamifop GR (감초논)	B + E + A
Bensulfuron-methyl·Thiobencarb GR (마이다스)	B + N
Bensulfuron-methyl·Carfentrazone-ethyl·Thiobencarb GR (영일사초왕)	B + E + N
Bensulfuron-methyl·Pyriminobac-methyl GR (잡초왕)	B + B
Benzobicyclon·Metamifop·Pyrazosulfuron-ethyl GR (대명사)	F2 + A + B
Benzobicyclon·Carfentrazone-ethyl·Penoxsulam GR (쾌속정)	F2 + E + B
Benzobicyclon·Carfentrazone-ethyl·Flucetosulfuron GR (여명)	F2 + E + B
Benzobicyclon·Penoxsulam·Pyrazosulfuron-ethyl GR (다메기)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Flucetosulfuron·Pyrazosulfuron-ethyl GR (온들넉)	F2 + B + B
Bromobutide·Imazosulfuron·Metamifop GR (초사냥)	Z + B + A
Bromobutide·Imazosulfuron·Thiobencarb GR (노니랑)	Z + B + N
Bromobutide·Imazosulfuron·Penoxsulam GR (노네존)	Z + B + B
Bromobutide·Imazosulfuron·Pyriminobac-methyl GR (도마타)	Z + B + B
Bromobutide·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl GR (삼박자)	Z + B + B
Benzobicyclon·Flucetosulfuron DT (황금불점보)	F2 + B
Benzobicyclon·Flucetosulfuron·Halosulfuron-methyl DT (이편한점보)	F2 + B + B
Bromobutide·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl GG (장군봉)	Z + B + B
Bromobutide·Halosulfuron-methyl·Pyriminobac-methyl GG (금수강산)	Z + B + B
Bensulfuron-methyl·Benzobicyclon·Penoxsulam SC (애니풀)	B + F2 + B
Bensulfuron-methyl·Penoxsulam SC (농장군)	B + B
Bensulfuron-methyl·Pyriminobac-methyl SC (금방매)	B + B
Benzobicyclon·Imazosulfuron·Pyriminobac-methyl SC (다관왕)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Imazosulfuron·Penoxsulam SC (아리온노내)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Thiobencarb SE (초스탑)	F2 + N
Benzobicyclon·Penoxsulam·Pretilachlor SE (만사형통)	F2 + B + K3
Benzobicyclon·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl SC (황금열쇠)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Pyrazosulfuron-ethyl·Pyriminobac-methyl WG (모두처)	F2 + B + B
Benzobicyclon·Halosulfuron-methyl·Pyriminobac-methyl WG (-)	F2 + B + B

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registrated in Korea (continued).

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of action		
Bromobutide-Imazosulfuron·Metamifop SC (불도저)	Z + B + A	Carfentrazone-ethyl-Cyclosulfamuron· Fentrazamide GR (듀크)	E + B + K3
Bromobutide-Imazosulfuron·Penoxsulam SC (크리논)	Z + B + B	Carfentrazone-ethyl-Cyclosulfamuron· Pyriminobac-methyl GR (폴마침)	E + B + B
Bromobutide-Imazosulfuron· Pyriminobac-methyl SC (도마타)	Z + B + B	Carfentrazone-ethyl-Cyclosulfamuron· Pyriftalid GR (올폴)	E + B + B
Bromobutide-Halosulfuron-methyl· Pyriminobac-methyl WG (금수강산)	Z + B + B	Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron·Mefenacet GR (늘풍년)	E + B + K3
Bispyribac-sodium SL (나마니)	B	Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron·Penoxsulam GR (대야망씨)	E + B + B
Bromobutide-Imazosulfuron· Metamifop SC (불도저)	Z + B + A	Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron·Pyriminobac- methyl GR (필드왕)	E + B + B
Bromobutide-Halosulfuronmethyl· Pyriminobac-methyl GG (금수강산)	Z + B + B	Carfentrazone-ethyl-Thiobencarb GR (엄선)	E + N
Benzobicyclon·Metamifop· Pyrazosulfuron-ethyl GR (대명사)	F2 + B	Carfentrazone-ethyl-Penoxsulam GR (씨이저)	E + B
Benzobicyclon·Carfentrazone-ethyl· Flucetosulfuron GR (여명)	F2 + E + B	Cyclosulfamuron·Pyriminobac-methyl DT (타브로)	B + E
Bensulfuron-methyl·Benzobicyclon·Penoxsulam SC (애니폴)	B + F2 + B	Cyhalofop-butyl-Pyrazosulfuron-ethyl UG (청검)	A + B
Benzobicyclon·Penoxsulam·Pretilachlor SE (만사형통)	F2 + B + K3	Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron· Pyriminobac-methyl DT (뉴필드왕, 이티)	E + B + B
Bromobutide-Imazosulfuron·Penoxsulam SC (크리논)	Z + B + B	Carfentrazone-ethyl-Fentrazamide·Pyrazosulfuron- ethyl UG (발포탄)	E + K3 + B
Bentazone·Cyhalofop-butyl ME (정일품)	C3 + A	Cyclosulfamuron·Mefenacet SC (손아네)	B + K3
Bentazone-sodium·Fenoxaprop-P-ethyl ME (단골)	C3 + A	Cyclosulfamuron·Penoxsulam SC (성보나이스)	B + B
Bispyribac-sodium SL (나마니)	B	Fentrazamide·Simetryn EC (스워드)	K3 + C1
Butachlor EC (부타골드, 석권, 유일부타, 아리부타, 논마트, 동방아그로부터, 삼공부타, 매끄란, 마세트)	K3	Fentrazamide·Oxadiazyl EC (오복)	K3 + E
Bifenox·Pendimethalin EC (이글샷)	E + K1	Fentrazamide·Oxadiazon EC (안나지)	K3 + E
Cyclosulfamuron·Mefenacet GR (영일크린얏)	B + K3	Fentrazamide·Imazosulfuron SC(3.75%, 7.5%) (초기확, 메아리)	K3 + B
Cyclosulfamuron·Pyriminobac-methyl GR (영일논마다)	B + E	Fentrazamide·Pyrazosulfuron-ethyl WG (한번매)	K3 + B
Cyhalofop-butyl-Imazosulfuron·Pretilachlor GR (논지기)	A + B + K3	Fentrazamide·Pyrimisulfan SC (수문장)	K3 + B
Carbosulfan·Halosulfuron-methyl·Mefenacet GR (메가톤)	1 + B + K3	Flucetosulfuron WG (스타빅)	B
Cafenstrole·Imazosulfuron GR (논천하)	K3 + B	Flucetosulfuron·Pyrazosulfuron-ethyl WG(15.4%) (폴타임 플러스, 잔디애)	B + B
Cafenstrole·Penoxsulam GR (탑매가)	K3 + B	Fenoxaprop-P-ethyl EC (콜렉트, 매드시)	A
Cafenstrole·Pyrazosulfuron-ethyl GR (플엔콜)	K3 + B	Penoxsulam SC (3%) (살초대첩, 살초대첩에스)	B
Carfentrazone-ethyl·Metamifop· Pyrazosulfuron-ethyl GR (동네방네)	E + A + B	Flucetosulfuron WP (존플러스)	B
Carfentrazone-ethyl·Mefenacet· Pyrazosulfuron-ethyl GR (삼정승)	E + K3 + B	Flucetosulfuron·Mesotrione·Pretilachlor GR (사또)	B + F2 + K3
Carfentrazone-ethyl·Cyclosulfamuron· Mefenacet GR (한가람)	E + B + K3	Flucetosulfuron·Imazosulfuron GG (노네존)	B + B
		Flucetosulfuron·Pretilachlor GR (엔트리원)	B + K3
		Flucetosulfuron·Pyrazosulfuron-ethyl GR (폴타임)	B + B
		Flucetosulfuron DT (단수매)	B
		Fenclorim·Pretilachlor EC (폴네트)	Ⓢ + K3
		Fenoxaprop-P-ethyl EC (콜렉트)	A
		Halosulfuron-methyl GR (하나다)	B
		Halosulfuron-methyl·Mesotrione·Penoxsulam GR (올고래)	B + F2 + B
		Halosulfuron-methyl·Mefenacet GR (농이랑)	B + K3
		Halosulfuron-methyl·Mefenacet·Thiobencarb GR (모드매)	B + K3 + N

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registered in Korea (continued).

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of ction		
Halosulfuron-methyl-Mefenacet-Pyriminobac-methyl GR (골든볼)	B + K3 + B	Carfentrazone-ethyl-Flucetosulfuron-Imazosulfuron GR (아리농부손)	E + B + B
Halosulfuron-methyl-MCPA-Pyriminobac-methyl GR (농부왕)	B + O + B	Carfentrazone-ethyl-Pyrazosulfuron-ethyl-Thiobencarb GR (농부내)	E + B + N
Halosulfuron-methyl-Oxaziclomefone GR (만서미)	B + Z	Carfentrazone-ethyl-Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl GR (안노처)	E + B + B
Halosulfuron-methyl-Pretilachlor-Pyriminobac-methyl GR (논보배)	B + K3 + B	Carfentrazone-ethyl-Halosulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl GR (논짱)	E + B + B
Halosulfuron-methyl-Mefenacet GG(11.04%) (농이랑)	B + K3	Cyhalofop-butyl-Pyrazosulfuron-ethyl UG (천금)	A + B
Halosulfuron-methyl-Mefenacet GG(22.1%) (논사마)	B + K3	Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl DT (뉴필드왕.이티)	E + B + B
Halosulfuron-methyl-Oxaziclomefone DT (이편한)	B + Z	Cyhalofop-butyl-Pendimethalin EC (건파왕)	A + K1
Halosulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl GG(0.28%, 3.36%) (논키피, 선구자)	B + B	Daimuron-Mefenacet-Pyrazosulfuron-ethyl GR (갈채)	Z + K3 + B
Halosulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl DT (주먹탄)	B + B	Dimethametryn-Metazosulfuron GR (필살기)	C1 + B
Halosulfuron-methyl-Mefenacet SC (논사마)	B + K3	Dimethametryn-Mefenacet-Pyrazosulfuron-ethyl GR (희안타)	C1 + K3 + B
Halosulfuron-methyl-Oxaziclomefone WG (이편한)	B + Z	Dimethametryn-Esprocarb-Pyrazosulfuron-ethyl GR (논드림)	C1 + N + B
Halosulfuron-methyl-Mefenacet-Thiobencarb GR (모드매)	B + K3 + N	Dimethametryn-Penoxsulam-Pyrazosulfuron-ethyl GR (논크린골드)	C1 + B + B
Imazosulfuron-Mefenacet-Thiobencarb GR (빅쓰리)	B + K3 + N	Dimethametryn-Pyrazosulfuron-ethyl-Thiobencarb GR (새논)	C1 + B + N
Imazosulfuron-Oxaziclomefone GR (무스탕)	B + Z	Dimethametryn-Halosulfuron-methyl-Penoxsulam GR (나세지)	C1 + B + B
Imazosulfuron-Pretilachlor GR (논지기)	B + K3	Dimethametryn-Halosulfuron-methyl-Pyriminobac-methyl GR (황금마패)	C1 + B + B
Imazosulfuron-Pyrazolate-Simetryn GR (특효탄)	B + F2 + C1	Dithiopyr GR (나바라, 번개, 스퀴프)	K1
Cyclosulfamuron-Fentrazamide SC (골드논)	B + K3	Dimuron-Imazosulfuron-Mefenacet SC (정조준)	Z + B + K3
Cyhalofop-butyl-Imazosulfuron-Pretilachlor SE (손시운)	A + B + K3	Dimuron-Imazosulfuron-Oxaziclomefone SC (동아리)	Z + B + Z
Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron-Mefenacet SE (영일넘버원)	E + B + K3	Dimethametryn-Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl GR (유이란)	C1 + B + B
Clomazone-Pentoxazone EC (풍년초)	F3 + E	2,4-D SL (이사디아민염)	O
Clomazone-Pretilachlor EC (영일제로원)	F3 + K3	2,4-D ethylester WP (경농이사피, 수중이사디)	O
Cyhalofop-butyl EC (풀에끌)	A	Esprocarb-Pyrazosulfuron-ethyl GR (풀박사)	N + B
Cyhalofop-butyl-Propanil EC (피에스타)	A + C2	Flucetosulfuron DT (단수매)	B
Cyhalofop-butyl-Pyribenzoxim EC (뉴트렘퍼)	A + B	Fentrazamide EC (씨래매)	K3
Cyhalofop-butyl-Imazosulfuron-Pretilachlor GR (논지기)	A + B + K3	Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl GR (투망)	B + B
Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron-Penoxsulam GR (대야망씨)	E + B + B	Indanofan-Pyrazosulfuron-ethyl GR (폴도사)	Z + B
Carfentrazone-ethyl-Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl GR (필드왕)	E + B + B	Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl GG (다마타, 투망)	B + B
Carfentrazone-ethyl-Penoxsulam GR (씨이저)	E + B	Imazosulfuron-Mefenacet SC (마그마)	B + K3
Carfentrazone-ethyl-Flucetosulfuron GR (영일담수왕)	E + B	Imazosulfuron-Indanofan SC (운수대통)	B + Z
		Imazosulfuron-Penoxsulam SC (대야망)	B + B
		Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl SC (다마타)	B + B
		Imazosulfuron-Pyrazolate-Simetryn GR (특효탄)	B + F2 + C1
		Imazosulfuron-Pyriminobac-methyl GR (다마타)	B + B
		Mesotrione-Metazosulfuron GR (백발백중)	F2 + B
		Mesotrione-Penoxsulam-Pretilachlor GR (하늘천)	F2 + B + K3

Table 2. Classification of herbicide site of action of herbicide mixtures registrated in Korea (continued).

Herbicide mixtures (commercial name)	Classification of herbicide site of ction
Mesotrione-Pretilachlor GR (다정토)	F2 + K3
Metazosulfuron GR (마타조)	B
Mefenacet-Pyrazosulfuron-ethyl GR (만냥, 일꾼)	K3 + B
Mefenacet-Pyrazosulfuron-ethyl-Thiobencarb GR (-)	K3 + B + N
Mefenacet-Pyrimisulfan GR (대장부)	K3 + B
Metazosulfuron DT (이티스타)	B
Mefenacet-Pyrimisulfan UG (막강탄)	K3 + B
Metazosulfuron SC (완결판)	B
Metazosulfuron WG (안타레스)	B
Mefenacet-Penoxsulam SC (알부자)	K3 + B
Mefenacet-Pyrimisulfan SC (풀아웃)	K3 + B
Metamifop ME (피자바)	A
Metamifop EC (피제로)	A
MCPA SL (팜가드)	O
Orthosulfamuron-Pretilachlor GR (풀장군)	B + K3
Oxaziclomefone-Penoxsulam GR (영일농사모)	Z + B
Oxadargyl EC (톱스타)	E
Oxadiazon EC (새물결, 노넨는, 룬스타, 논스타)	E
Oxadiazon-Pendimethalin EC (해도지)	E + K1
Oxaziclomefone-Pyrazosulfuron-ethyl WG (간퍼내)	Z + B
Oxadiazon-Pretilachlor EW (선수로)	E + K3
Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl GR (내노내)	B + B
Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriktalid GR (아피로맥스)	B + B
Pyrazolate-Thiobencarb GR (차트리)	F2 + N
Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl GG (풍당풍당)	B + B
Penoxsulam SC (살포대첩에스)	B
Penoxsulam-Pyrazosulfuron-ethyl WG (풀사냥)	B + B
Pendimethalin-Pretilachlor EC (새보매)	K1 + K3
Pentoxazone SC (미리네)	E
Pentoxazone EC (초사리)	E
Pentoxazone-Pretilachlor SE (다몬나)	E + K3
Pretilachlor EC (솔네트)	K3
Pretilachlor EW (엘리안)	K3
Pretilachlor-Simetryn EC (도움꾼)	K3 + C1
Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl WG (내노내)	B + B
Pyribenzoxim EC (크린샷)	B
Penoxsulam GR (살초대첩)	B
Pretilachlor GR (솔네트엠, 영일프레티)	K3
Pendimethalin GR (스톱프)	K1

Penoxsulam-Thiobencarb GR (자바내)	B + N
Penoxsulam-Pyrazosulfuron-ethyl GR (산소엔)	B + B
Pyrazosulfuron-ethyl GR (시리우스, 특공대)	B
Pyrazosulfuron-ethyl-Thiobencarb GR (슈퍼유나니)	B + N
Pyrazosulfuron-ethyl-Pyriminobac-methyl GR (내노내)	B + B
Pyrazolate-Thiobencarb GR (슈퍼유나니)	F2 + N
Pyrazolate-Pyrazosulfuron-ethyl-Simetryn GR (직파탄)	F2 + B + C1
Pyrazolate SC (참일꾼)	F2
Profoxydim EC (테트리스)	A
Pendimethalin-Propanil EC (길자비, 셋별, 마르샤)	K1 + C2
Quinoclamine GR (이끼탄, 희망탄)	C
Thiobencarb GR (사단)	N

기 위해 Herbicide Resistant Action Committee가 제시한 그룹분류 기준인 Table 1의 자료를 참고로 하여 국내 등록된 수도용 제초제의 품목별로 함유하고 있는 개별 성분의 작용기작이 유사한 약제별로 분류한 결과는 Table 2와 같다. 한국작물보호협회에서 발간되는 작물보호제 농약지침서에 의하면 현재 등록되어 있는 수도용 제초제는 단일성분의 제품은 butachlor 입제 등 44종, 2종 혼합제품은 azimsulfuron · benzobicyclonWG 등 162종, 3종 혼합 제품은 azimsulfuron · benzobicyclon · metamifopGR 등 180종 및 4종 혼합 제품은 bensulfuron-methyl · mesotrione · pretilachlor · pyriktalid GR 등 1종이 등록되어 사용 중에 있다(KCPA, 2012). 단계 중에서 butachlor GR는 세포분열 저해제이므로 분류기준표에 의거하여 K로 분류되었고 2종 혼합제품인 azimsulfuron · benzobicyclonWG는 acetolactate synthase (ALS) 저해제인 azimsulfuron은 B로 carotenoid biosynthesis 저해제인 benzobicyclon 은 F2로 분류되어 B + F2로 표시하였고, 3종 혼합제인 azimsulfuron-benzobicyclon-metamifop GR는 ALS 인 azimsulfuron은 B로, carotenoid biosynthesis 저해제인 benzobicyclon은 F2로 ACCase 저해제인 metamifop은 A로 분류되어 최종적으로 B + F2 + A로 표시하였다. 4종 혼합제품인 bensulfuron-methyl · mesotrione · pretilachlor · pyriktalid GR는 ALS저해제인 bensulfuron-methyl은 B로 carotenoid Biosynthesis 저해제인 mesotrione은 F2로 mitosis inhibitors 인 pretilachlor은 K3로 AHAS 저해제인 pyriktalid는 B로 분류되어 최종적으로 B + F2 + K3 + B로 표시하였다. 전체적으로 국내 등록된 수도용 제초제 387 제품의 성분에 대해서 작용기작별 분류하여 표시하였다.

이와 같은 작용기작별 분류표시 방식은 미국, 호주 등 외국에서는 이미 오래전부터 도입하여 농약 개발단계부터 등록 후 사용단계까지 약제저항성 관리에 활용을 하고 있는 실정이다. 논잡초가 제초제에 저항성화되는 것을 방지하기

위해서 주요 실천내용을 보면 약제 개발단계에서는 단일 성분의 단계보다 작용기작이 서로 다른 두성분이상을 다 른 함량으로 혼합해서 개발토록 유도하며 등록시 제품 포 장지에 계통그룹 표시를 의무화하여 저항성 정보를 사용 자에게 제공토록 하고 있다. 제공되는 주요한 정보로는 제 초제 사용시 동일한 포장에서 작용기작이 같은 제초제를 연속해서 사용하는 것을 피하도록 하는 가이드라인을 제 시하여 잡초가 저항성화 하지 않도록 제초제 저항성 잡초 를 철저히 관리하고 있었다(Heap, 1997).

국내에서도 제초제를 포함해서 농약의 약제 저항성 안전 관리를 위한 국내 등록된 농약을 대상으로 작용기작을 세 부정리한 농약사용 길잡이라는 자료가 발간되어 배부하기 도 하였다(Ihm et al., 2013).

결과적으로 이러한 작용기작별 약제분류는 국내 등록 제 초제의 성분별 혼합양상에 따른 제품간 잡초 방제력을 비 교할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 농약 사용자는 제품 의 성분정보를 손쉽게 파악할 수 있어 농약살포시 동일한 성분의 약제를 중복살포 한다든지 연용살포를 사전에 방 지할 수 있을 것으로 생각되고 결과적으로 제초제 사용시 가장 큰 문제점인 잡초의 약제 저항성화를 막을 수 있을 것으로 판단된다. 금후 이러한 제초제 작용기작별 분류기 준(안) 자료는 신규 농약 등록시 제품의 포장지에 명기할 수 있도록 하는 새로운 작용기작 표시제도 도입시의 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

요 약

국내에 등록된 제초제의 효율적 사용을 위해서 제초제저 항성관리위원회에서 제시한 제초제 작용기작별 분류를 기 초로 23그룹으로 분류하였다. 세부그룹으로는 acetyl CoA carboxylase 억제제, acetolactate synthase 억제제, photosystem 과 억제제, protoporphyrinogen oxidase 억제제, carotenoid biosynthesis 억제제, enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase 억제제, glutamine synthetase 억제제, dihydropteroate synthetase 억제제, 세포분열 저해제(mitosis inhibitors), cellulose 생합성억제제, oxidative phosphorylation uncouplers, 지방산 및 지질생합성 억제제, synthetic auxins, auxin transport 억제제, potential nucleic acid Inhibitors 혹은 non-descript mode of action으로 나누었다. 이와 같은 그룹화 기준을 토 대로 국내 등록되어 사용중인 논 제초제 성분들을 그룹화 하였다. 따라서, 이러한 약제 작용기작 관련 정보를 농약사 용자에게 제공함으로써 특정약제의 연용과 중복사용을 방 지하여 국내에서 제초제 저항성잡초 발생 문제를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 작용기작, 제초제, 제초제 저항성잡초, 제초제저 항성관리위원회

Acknowledgment

This study was supported by an AGENDA (No.PJ008643) grant of Rural Development Administration Republic of Korea.

References

- HRAC. 2013. Classification of herbicide site of action. <http://www.hracglobal.com> (Accessed Jun. 1, 2014).
- HRAC. 2013. Guideline to management of herbicide resistance. <http://www.hracglobal.com> (Accessed Jun. 1, 2014).
- Heap, I. 1997. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. *Pestic. Sci.* 51:235-243.
- Im, I.B. 2009. Control and emergence of herbicides resistant *Echinochloa oryzicola* in paddy field of Korea. *Korean J. Weed Sci.* 29(Supp. 2):103-104. (In Korean)
- Ihm, Y.B., Park, J.E. and Park, H.M. 2013. *Agrochemicals Using Guide*. National Academy of Agricultural Science. Suwon, Korea. p. 625. (In Korean)
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2012. *Guide of pesticides*. Samjeong Press, Seoul, Korea. pp. 813-1190. (In Korean)
- Kim, K.U. 1984. Resistant of plants to herbicide. *Korean J. Weed Sci.* 4(1):96-106. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Cho, S.H. and Shin, H.R. 2009. Control of sulfonylurea-resistant biotype of *Eleocharis acicularis* in paddy fields in Jeonnam province, Korea. *Korean J. Weed Sci.* 29(Supp. 1):32-34. (In Korean)
- Miyahara, M., Guh, J.O. and Lee, D.J. 1998. Occurrence of resistant weeds to sulfonylurea herbicides in Japan. *Korean J. Weed Sci.* 18(3):268-279.
- Park, T.S., Ku, B.I., Kang, S.K., Choi, M.K., Park, H.K., et al. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa oryzicola* to ACCase and ALS inhibitor, and effect of alternative herbicides. *Korean J. Weed Sci.* 30(3):291-299. (In Korean)
- Park, T.S., Kang, C.K., Park, J.E., Ku, B.I., Park, H.K., et al. 2009. Identification and management of sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis* in reclaimed paddy fields, Korea. *Korean J. Weed Sci.* 29(Supp. 1):35-37. (In Korean)
- Park, T.S., Lee, I.Y., Seong, K.Y., Cho, H.S., Park, H.K., et al. 2011. Status and prospect of herbicide resistant weeds in rice fields of Korea. *Korean J. Weed Sci.* 31(2):119-133. (In Korean)