

RESEARCH ARTICLE

토양검정법에 의한 전남지역 논잡초 발생양상과 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 분포

정장용¹·윤영범¹·장세지¹·현규환¹·신동영¹·이정란²·권오도³·국용인^{1*}

¹순천대학교, ²국립농업과학원, ³전라남도농업기술원

Occurrence Patterns of Paddy Weeds and Distribution of Resistant Weeds to an ALS Inhibiting Herbicide in Jeonnam by a Soil Assay Method

Jang Yong Jeong¹, Young Beom Yun¹, Se Ji Jang¹, Kyu Hwn Hyun¹, Dong Young Shin¹, Jeongran Lee², Oh Do Kwon³, Yong In Kuk^{1*}

¹Dept. of Development in Oriental Medicine Resources, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

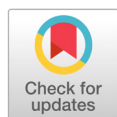
²National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

³Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 58213, Korea

Abstract

This study was to investigate the occurrence patterns of paddy weeds, their resistance levels to an ALS inhibiting herbicide, and to estimate the areas of resistance in these paddy fields. We used soil collected from 358 paddy fields of Jeonnam province in 2017. Based on their life cycles, weeds were 96% annuals and 4% perennial. Additionally, according to morphological classification, 59% were broad leaves, 28% were sedges and 13% were grasses. Different areas within Jeonnam province contained different numbers and occurrence rates of weed species. However, generally, we observed *Lindernia dubia* var. *dubia*, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*, *Ludwigia prostrata*, *L. procumbens*, *Cyperus difformis*, *Scirpus juncooides*, *Eleocharis Kuroguwai*, *Echinochloa oryzoides*, and *E. crus-galli* var. *echinata*. We also observed seven weeds resistant to an ALS inhibiting herbicide. They were *M. vaginalis*, *S. juncooides*, *C. difformis*, *L. dubia*, *Ludwigia prostrata*, *E. oryzoides*, and *E. crus-galli* var. *echinata*. Although there were differences in the number and occurrence rate of resistant weed species to an ALS inhibiting herbicide among areas in Jeonnam province, the *M. vaginalis*, *C. difformis*, and *S. juncooides* occurred in 23 cities and counties in Jeonnam including Gwangju metropolitan city. Based on the rates (52%) of resistant occurrence to an ALS inhibiting herbicide in Jeonnam province, the area of weed resistant paddy fields was estimated to be 91,543 ha.

Keywords: ALS inhibitor herbicide, Herbicide resistance, Paddy field, Resistant weed, Weed control



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:

Phone. +82-61-750-3286

Fax. +82-61-750-3280

E-mail. yikuk@suncheon.ac.kr

Received: September 3, 2018

Revised: September 20, 2018

Accepted: September 20, 2018

© 2018 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 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

농경지에서 잡초는 작물의 수량과 품질을 저하시키고, 병해충의 서식지를 제공하며, 수확 시 농작업을 방해 하는 등의 다양한 문제를 일으킨다. 이러한 잡초를 효과적으로 방제하기 위해서는 농경지에 발생하는 잡초의 초종 및 분포를 주기적으로 파악하는 것이 중요하다. 우리나라 논에 발생한 잡초는 1971년부터 10년 주기로 1981년, 1991년과 그리고 2000년과 2013년에 조사한 결과 우점 잡초종은 시대가 변함에 따라 변화되고 있음을 확인하였다(Ha et al., 2014; Kim, 1983; Lee et al., 2016; Oh et al., 1981; Park et al., 1995; Park et al., 2001; Park et al., 2002). 이러한 우점 잡초종 중 일부는 제초제에 저항성으로 보고되었다(Kwon et al., 2000; Park et al., 2014). 2017년까지 총 69개국의 91개 작물경작지에서 251종(단자엽식물 105종, 쌍자엽식물 146종)이 제초제에 저항성으로 보고되었다(Heap, 2017). 국내 논에서 발생한 sulfonylurea (SU)계 제초제들에 대한 저항성 논잡초들은 1998년 충남 서산 간척지 논에서 물옥잠(*Monochoria korsakowii* Regel & Maack)이 최초로 보고된 이후 물달개비(*M. vaginalis* Presl.), 물피(*Echinochola crus-galli* (L.) P. Beauv.)와 논피(*E. oryzicola* Vasing.)를 포함한 14개 초종에서 저항성이 보고되고 있으며 점점 그 군락 및 개체수가 확대되고 있는 실정이다(Kuk et al., 2003; Park et al., 2011; Park et al., 2013). 이들 SU계 제초제 저항성 논잡초는 수년간 동일계통의 제초제가 연용 되어 저항성화 된 것으로 보고되고 있다(Itoh and Wang, 1997; Kwon et al., 2000; Park et al., 2014).

제초제 저항성 논잡초의 발생면적 또한 2008년에 약 60,130 ha에서 2012년에는 약 176,870 ha로 급격히 증가하고 있다(Lee et al., 2012; Lee et al., 2013; Park et al., 2011). 그러므로 문제 잡초에 대한 적정 방제기술을 개발하기 위해서는 주기적으로 변하는 잡초의 군락을 조사할 뿐만 아니라 저항성 발생을 판단하고 분석하는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 연구는 토양검정법을 이용하여 전라남도 지역 논에서 발생되고 있는 잡초발생 양상과 acetolactate synthase (ALS) 저해제 제초제 저항성 여부를 검증하여 저항성 잡초 발생 논면적을 예측하고자 수행하였다.

재료 및 방법

논토양 채취

논잡초 발생양상과 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 발생 양상을 조사하기 위하여 광주광역시를 포함한 전라남도 23개 시·군에서 2017년 3월부터 4월까지 토양을 채취하였다(Fig. 1). 각 시·군별 지점간 최소 2 km 이상 떨어진 곳에서 광주(16점), 강진(20점), 고흥(15점), 곡성(15점), 광양(15점), 구례(15점), 나주(17점), 담양(15점), 목포(5점), 무안(15점), 보성(20점), 순천(15점), 신안(15점), 여수(15점), 영광(15점), 영암(15점), 완도(15점), 장성(15점), 장흥(21점), 진도(15점), 함평(15점), 해남(19점), 화순(15점)으로 총 358지점을 채취하였다. 논토양 채취는 각 지점 3-4군데에서 0(표층)-20 cm 깊이로 3-5 kg 흙을 채취하여 혼합하였다. 이들 채취한 토양은 사용하기 전까지 실내 조건에 보관하였다.

토양검정법에 의한 전남지역 논잡초 발생 현황

각 조사지점에서 채취하여 보관 중인 토양을 2017년 5월 11일에 사각 포트(12×18×10 cm)에 충전하고 담수하여 씨레질 조건이 되도록 토양을 손으로 혼합하여 주었다. 토양에 담수(물 높이 2 cm 내외 유지) 후 30일에 사각포트에 발생한 잡초 종류와 개체수를 조사하여 논잡초 발생현황을 파악하는데 자료로 사용하였다. 본 연구는 순천대학교 건물 옥상에서 완전임의로 배치하고 3반복으로 수행하였다.

토양검정법에 의한 전남지역 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 발생 현황

위의 “토양검정법에 의한 전남지역 논잡초 발생 현황” 실험과 동일하게 준비된 사각포트에 피가 2엽기까지 발생하였을 때 SU계 Imazosulfuron (3%)과 pyrimidinyl oxybenzoic계 pyriminobac-methyl (1.2%) 혼합제를 표준량인 5,000 mL/ha로

처리하였다. 처리 후 30일에 생존한 개체수를 조사하여 ALS 저해제 저항성 잡초 발생율을 산출하였다.

전남지역 ALS 저해제 제초제 저항성 발생 논면적 예측

위의 실험 “토양검정법에 의한 전남지역 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 발생 현황”에서 지역별 저항성 발생율을 근거로 하여 각 시·군의 논 면적(Statistics Korea, 2017)으로 저항성 발생면적을 추정하였다.

결과 및 고찰

전남지역 논잡초 발생 양상

2017년 전남지역에서 채취한 토양에 발생한 잡초를 생활사별 볼 때 일년생이 96.1%로 다년생 3.9%보다 많이 분포하였다(Fig. 2a). 여수시, 목포시, 장성군, 신안군, 화순군 및 담양군 지역은 모두 일년생잡초가 분포하였다. 이처럼 다년생잡초 발생이 적었던 이유는 본 연구에서 사용된 토양은 토층에서 20 cm 깊이로 채취하였으나 올방개와 같은 다년생 초종의 경우 20 cm 이상의 깊이에서도 괴경이 분포하기 때문인 것으로 추측된다(Chun and Shin, 1994). 또한 토양 채취 후 보관 중에 괴경이 건조되거나 활력이 떨어졌을 것으로 생각된다. 실제 논에서 발생한 잡초 조사에서는 1971년, 1981년 그리고 1992년 잡초 발생 분포의 경우 일년생보다 다년생잡초가 증가하였으나 반대로 1992년과 2012년 잡초발생 분포의 경우에는 일년생잡초가 다년생잡초보다 많은 경향을 보였다(Kim et al., 1997). 또한 전남지역에 발생한 잡초 중 형태적 분포를 보면 광엽잡초 59.0%, 사초과 28.3%, 화본과 12.7%순으로 많았다(Fig. 2b). 2012년 경북 논잡초 조사 결과(Kim and Kim, 2013)에서도 광엽잡초가 85.7%로 나타났다. 이처럼 광엽잡초 발생이 많았던 것은 물달개비와 같은 초종이 SU계 제초제에 저항성이 되었기 때문으로 사료된다.

전남지역의 논에 발생하는 잡초 종류는 미국외풀, 물달개비, 여뀌바늘, 발톱외풀, 알방동사니, 올챙이고랭이, 올방개, 논피, 물피로 총 9종으로 조사되었다(Table 1). 수집 지역에 따른 초종별 발생율을 볼 때 미국외풀이 우점하는 지역과 발생율은 화순군 57.6%, 고흥군 55.6%, 장성 45.8% 순으로 나타났으며, 물달개비가 우점하는 지역과 발생율은 장흥군 40.7%, 순천시 34.6%, 보성군 25.3% 순으로 나타났다. 여뀌바늘이 우점하는 지역과 발생율은 담양군 30.1%, 여수시 29.7%, 영암군 23.6% 순으로 나타났으며, 발톱외풀이 우점하는 지역과 발생율은 광주광역시 14.3%, 함평군 13.5%, 목포시 12.0% 순으로 나타났

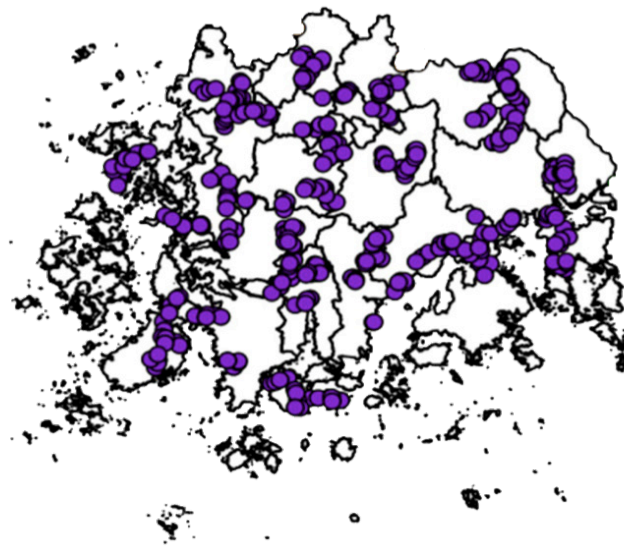


Fig. 1. Area of soil collection.

다. 알방동사니의 경우 신안군 51.5%, 완도군 45.7%, 해남군 41.1% 순으로 나타났으며, 올챙이고랭이의 경우 강진군 14.3%, 곡성군 10.4%, 광양시, 영광군 8.1% 순으로 나타났다. 논피의 경우 진도군 36.6%, 영광군 31.5%, 해남군 26.0% 순으로 나타났으며, 물피의 경우 신안군 34.8%, 보성군 14.1%, 무안군 11.5% 순으로 나타났다.

Table 2는 전남 지역별 논 잡초 발생 초종과 순위를 나타낸 것으로 화순군 5초종으로 가장 적은 초종이 발생하였으며, 여수시, 목포시, 신안군, 구례군은 6개 초종이 발생하였고, 영광군, 무안군, 완도군, 장성군, 장흥군, 고흥군, 담양군은 7개 초종이 발생하였고, 진도군, 나주시, 보성군, 강진군, 순천시, 영암군은 8개 초종이 발생하였고, 광주광역시, 해남군, 함평군, 광양시, 곡성군은 9개 초종으로 가장 많은 초종이 발생하였다. 그러나 Im et al. (2015)이 2013년 전남지역 9개 시·군의 237지점에서 잡초분포 조사를 한 결과 일년생잡초가 33종, 다년생 잡초가 15종 발생하였다. 이러한 차이는 본 연구에서는 실제 논에서 발생된 잡초종을 조사한 것이 아니라 논토양을 채취하여 그 논에서 발생한 잡초종을 조사했기 때문이다. 지역별로 논에 발생하는 주요 잡초는 미국외풀, 알방동사니, 물달개비, 여뀌바늘, 논피 순으로 대부분 지역에서 이와 유사한 순위로 나타났다. 특히 위의 대부분 잡초들이 SU계 제초제에 저항성으로 판명되었고(Lee et al., 2013) 그것 때문에 논에서 우점화 되는 것으

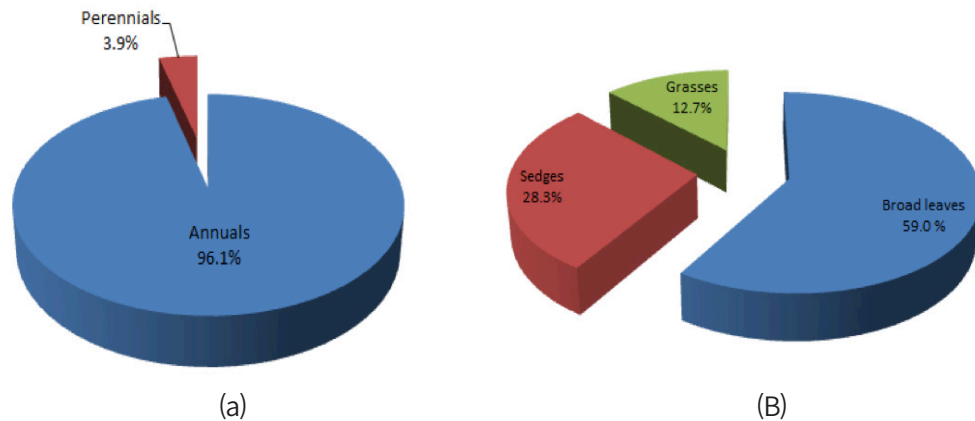


Fig. 2. Distribution (%) of weeds based on with life cycle (a) and morphological classification (b) in soil collected in paddy fields of Jeonnam province.

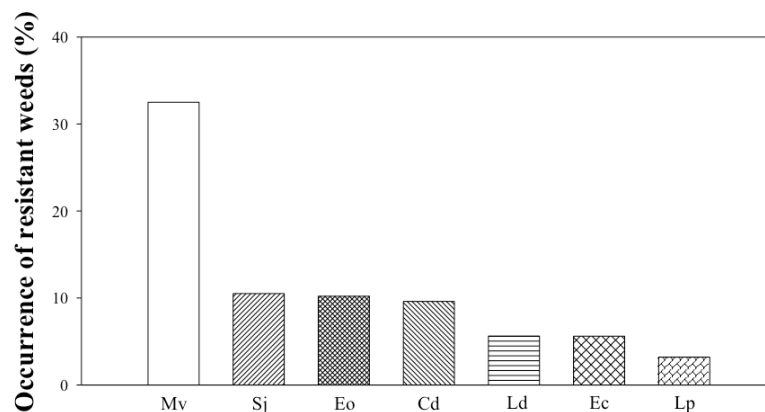


Fig. 3. Occurrence (%) of resistant weeds to an ALS inhibiting herbicide in soil collected from paddy fields of Jeonnam province. Mv, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*; Sj, *Scirpus juncooides*; Eo, *Echinochloa oryzoides*; Cd, *Cyperus difformis*; Ld, *Lindernia dubia* var. *dubia*; Ec, *Echinochloa crus-galli* var. *echinata*; Lp, *Ludwigia prostrata*.

Table 1. Occurrence rate (%) of weeds in soil collected from paddy fields of Jeonnam province.

Area	Occurrence of weeds (%)								
	Broad leaf				Sedges			Grasses	
	Ld	Mv	Lp	Lb	Cd	Sj	Ek	Eo	Ec
Gwangju	21.1	13.1	17.1	14.3	14.9	0.6	1.1	8.0	9.7
Yeosu	34.0	5.7	29.7	-	26.4	-	-	1.4	2.8
Yeonggwang	21.8	19.4	0.8	8.9	9.7	8.1	-	31.5	-
Jindo	29.8	6.9	5.3	-	14.5	3.8	0.8	36.6	2.3
Naju	28.6	23.6	4.7	-	31.2	2.9	0.7	4.7	3.6
Boseong	22.9	25.3	3.6	-	14.5	1.6	2.0	16.1	14.1
Haenam	13.0	8.9	0.7	3.4	41.1	0.7	0.7	26.0	5.5
Muan	18.4	18.4	10.3	-	32.2	6.9	-	2.3	11.5
Mokpo	24.0	16.0	-	12.0	40.0	-	-	4.0	4.0
Hampyeong	27.7	12.2	6.1	13.5	31.8	0.7	4.7	2.0	1.4
Gangjin	37.0	8.4	7.8	-	6.5	14.3	1.3	16.9	7.8
Wando	15.2	20.3	12.3	-	45.7	0.7	-	3.6	2.2
Jangseong	45.8	4.8	8.4	7.2	28.9	-	-	2.4	2.4
Gwangyang	45.2	13.7	5.6	1.6	18.5	8.1	2.4	1.6	3.2
Suncheon	35.3	34.6	4.6	0.7	20.9	-	1.3	2.0	0.7
Jangheung	34.0	40.7	11.3	-	6.0	3.3	-	2.0	2.7
Shinan	1.5	6.1	4.5	-	51.5	-	-	1.5	34.8
Yeongam	42.7	3.6	23.6	-	26.4	0.9	0.9	0.9	0.9
Hwasun	57.6	12.1	5.1	-	23.2	-	-	-	2.0
Goheung	55.6	12.0	0.9	-	29.1	0.9	0.9	0.9	-
Damyang	39.7	11.6	30.1	4.1	12.3	-	-	0.7	1.4
Gurye	40.3	14.0	-	-	36.4	3.1	-	3.1	3.1
Gokseong	32.1	4.7	15.1	3.8	23.6	10.4	2.8	1.9	5.7
Jeonnam	31.9	15.9	9.2	2.0	24.4	3.0	0.9	8.0	4.7

Ld, *Lindernia dubia* var. *dubia*; Mv, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*; Lp, *Ludwigia prostrata*; Lb, *Lindernia procumbens*; Cd, *Cyperus difformis*; Sj, *Scirpus juncooides*; Ek, *Eleocharis Kuroguwai*; Eo, *Echinochloa oryzoides*; Ec, *Echinochloa crus-galli* var. *echinata*.

Table 2. Distribution of dominant weeds in soil collected from paddy fields of Jeonnam province.

Rank	Area																							
	Gwangju	Yeosu	Yeonggwang	Jindo	Naju	Boseong	Haenam	Muan	Mokpo	Hamgyeong	Gangjin	Wando	Jangseong	Gwangyang	Suncheon	Jangheung	Shinan	Yeongam	Hwasun	Goheung	Damyang	Gurye	Gokseong	
1	Ld	Ld	Eo	Eo	Cd	Mv	Cd	Cd	Cd	Cd	Ld	Cd	Ld	Ld	Ld	Mv	Cd	Ld	Ld	Ld	Ld	Ld	Ld	Ld
2	Lp	Lp	Ld	Ld	Ld	Ld	Eo	Mv	Ld	Ld	Eo	Mv	Cd	Cd	Mv	Ld	Ec	Cd	Cd	Cd	Lp	Cd	Cd	Cd
3	Cd	Cd	Mv	Cd	Mv	Eo	Ld	Ld	Mv	Lb	Sj	Ld	Lp	Mv	Cd	Lp	Mv	Lp	Mv	Mv	Cd	Mv	Lp	Lp
4	Lb	Mv	Cd	Mv	Lp	Cd	Mv	Ec	Lb	Mv	Mv	Lp	Ld	Sj	Lp	Cd	Lp	Mv	Lp	Eo	Mv	Eo	Sj	Sj
5	Mv	Ec	Lb	Lp	Eo	Ec	Ec	Lp	Eo	Lp	Ec	Eo	Mv	Lp	Eo	Sj	Eo	Eo	Ec	Sj	Lb	Ec	Ec	Ec
6	Ec	Eo	Sj	Sj	Ec	Lp	Lb	Sj	Ec	Ek	Lp	Ec	Eo	Ec	Ek	Ec	Ld	Ec	-	Lp	Ec	Sj	Mv	Mv
7	Eo	-	Lp	Ec	Sj	Ek	Lp	Eo	-	Eo	Cd	Sj	Ec	Ek	Ec	Eo	-	Sj	-	Ek	Eo	-	Lb	Lb
8	Ek	-	-	Ek	Ek	Sj	Sj	-	-	Ec	Ek	-	-	Eo	Lb	-	-	Ek	-	-	-	-	Ek	Ek
9	Sj	-	-	-	-	-	Ek	-	-	Sj	-	-	-	Lb	-	-	-	-	-	-	-	-	Eo	Eo
Sum	9	6	7	8	8	8	9	7	6	9	8	7	7	9	8	7	6	8	5	7	7	6	9	9

Ld, *Lindernia dubia* var. *dubia*; Mv, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*; Lp, *Ludwigia prostrata*; Lb, *Lindernia procumbens*; Cd, *Cyperus difformis*; Sj, *Scirpus juncooides*; Ek, *Eleocharis Kuroguwai*; Eo, *Echinochloa oryzoides*; Ec, *Echinochloa crus-galli* var. *echinata*.

로 생각된다. 하지만 2013년 전국 논잡초 발생조사에 의하면 피, 물달개비, 올방개, 올챙이고랭이, 벧풀 순으로 우점하였다 (Ha et al., 2014). 이러한 발생양상의 차이는 과거와 다른 잡초방제 방법 즉 제초제의 종류 및 처리방법, 경운과 정지법의 변화, 재배시기의 이동 및 시비량 뿐만 아니라 앞에서 언급한 것처럼 잡초분포 조사 방법 차이 등에 의해 기인되는 것으로 사료된다.

전남지역 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 발생양상

광주광역시를 포함한 전남지역 23개 시·군에서 발생한 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초종을 조사한 결과는 Table 3와 같다. 전남지역에서는 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 물달개비, 올챙이고랭이, 논피, 알방동사니, 미국외풀, 물피, 여뀌바늘 7초종이 발생하였다. 이들 초종은 이미 국내에서 ALS 저해제 제초제에 저항성으로 판명되었다(Lee et al., 2013). 지역별로 발생한 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초는 광주광역시, 해남군과 광양시에서 위의 7초종이 모두 발생하였으며, 무안군에서 여뀌바늘, 완도군에서 올챙이고랭이를 제외한 6초종이 발생하였고, 여수시에서 올챙이고랭이와 물피, 영광군, 함평군에서 물피와 여뀌바늘, 진도군과 나주시, 강진군, 신안군에서 미국외풀과 여뀌바늘, 장성군에서 알방동사니와 물피를 제외한 5초종이 발생하였다. 그 밖의 지역에서는 4초종 이하가 발생하였다. 특히 물달개비는 23개 시·군 모두에서 발생하여 가장 문제시 되는 제초제 저항성 논잡초로 나타났으며, 이러한 결과는 2012년 제초제 저항성 논잡초 중 물달개비의 발생비율

Table 3. Occurrence rates (%) of resistant weeds to an ALS inhibiting herbicide in soil collected from different areas in Jeonnam province.

Area	Number of survey areas	No. of surviving areas (resistance %)							Resistant weed (No.)
		Mv	Sj	Eo	Cd	Ld	Ec	Lp	
Gwangju	16	9 (56.3)	2 (12.5)	5 (31.3)	3 (18.8)	12 (75.0)	2 (12.5)	1 (6.3)	7
Yeosu	15	7 (46.7)	-	3 (20.0)	1 (6.7)	1 (6.7)	-	2 (13.3)	5
Yeonggwang	15	6 (40.0)	2 (13.3)	1 (6.7)	6 (40.0)	3 (20.0)	-	-	5
Jindo	15	9 (60.0)	2 (13.3)	3 (20.0)	1 (6.7)	-	1 (6.7)	-	5
Naju	17	8 (47.1)	2 (11.8)	1 (5.9)	5 (29.4)	-	2 (11.8)	-	5
Boseong	20	11 (55.0)	-	5 (25.0)	-	-	3 (15.0)	1 (5.0)	4
Haenam	19	9 (47.4)	1 (5.3)	5 (26.3)	6 (31.6)	1 (5.3)	2 (10.5)	1 (5.3)	7
Muan	15	4 (26.7)	4 (26.7)	3 (20.0)	1 (6.7)	2 (13.3)	3 (20.0)	-	6
Mokpo	5	3 (60.0)	-	-	2 (40.0)	-	-	-	2
Hampyeong	15	5 (33.3)	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	4 (26.7)	-	-	5
Gangjin	20	7 (35.0)	5 (25.0)	5 (25.0)	2 (10.0)	-	2 (10.0)	-	5
Wando	15	4 (26.7)	-	1 (6.7)	2 (13.3)	1 (6.7)	2 (13.3)	2 (13.3)	6
Jangseong	15	6 (40.0)	1 (6.7)	1 (6.7)	-	5 (33.3)	-	1 (6.7)	5
Gwangyang	15	2 (13.3)	5 (33.3)	3 (20.0)	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	7
Suncheon	15	6 (40.0)	3 (20.0)	-	1 (6.7)	-	-	-	3
Jangheung	21	5 (23.8)	4 (19.0)	-	-	-	-	-	2
Shinan	15	2 (13.3)	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	-	3 (20.0)	-	5
Yeongam	15	2 (13.3)	-	2 (13.3)	1 (6.7)	-	-	-	3
Hwasun	15	5 (33.3)	-	-	1 (6.7)	-	-	-	2
Goheung	15	3 (20.0)	-	-	-	-	-	3 (20.0)	2
Damyang	15	2 (13.3)	-	-	1 (6.7)	1 (6.7)	-	-	3
Gurye	15	3 (20.0)	2 (13.3)	-	-	-	-	-	2
Gokseong	15	2 (13.3)	3 (20.0)	-	-	-	-	-	2
Jeonnam	342	111 (32.5)	36 (10.5)	35 (10.2)	33 (9.6)	19 (5.6)	19 (5.6)	11 (3.2)	7

Mv, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*; Sj, *Scirpus juncooides*; Eo, *Echinochloa oryzoides*; Cd, *Cyperus difformis*; Ld, *Lindernia dubia* var. *dubia*; Ec, *Echinochloa crus-galli* var. *echinata*; Lp, *Ludwigia prostrata*.

이 39.1%로 가장 많이 발생했었다는 보고와 유사하였다(Lee et al., 2013). 각 지역별 발생한 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 초종별로 볼 때 물달개비 32.5%, 올챙이고랭이 10.5%, 논피 10.2%, 알방동사니 9.6%, 미국외풀, 물피 5.6%, 여뀌바늘 3.2% 순으로 발생하였다. 특히 광주광역시를 포함한 전남 23개 시·군에서 발생한 저항성 논잡초 중 물달개비, 알방동사니, 올챙이고랭이는 전남지역에서 고르게 발생하여 가장 문제되고 있는 잡초종임을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 저항성 초종에 포함되지 않은 발뚝외풀, 좁개구리밥, 물별이끼 등이 ALS 저해제 제초제 표준량 처리로도 생존하여(자료 미제시) 추후 이들 초종들의 감수성 계통과 농도시험 등을 통해 저항성 여부를 확인해야 할 것으로 사료된다. 따라서 제초제 저항성잡초를 효율적으로 관리하기 위해서는 이들 저항성잡초의 발생 정도를 파악하는 것이 선행되어야 한다.

ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 예상 발생 면적

광주광역시를 포함한 전남지역 23개 시·군에서 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초의 발생비율은 광주광역시 100%, 여수시 80%, 영광군, 진도군 73.3%, 나주시 70.6%, 보성군 70%, 해남군 68.4%, 무안군 66.7%, 목포시, 함평군 60%, 강진군 55%, 완도군, 장성군, 광양시 53.3%, 순천시 46.7%, 장흥군 42.9%, 신안군 40.0%, 영암군, 화순군 33.3%, 고흥군, 담양군 26.7%, 구례군, 곡성군 20% 순으로 나타났으며 전남지역 전체에서는 51.5%의 발생하였다. 이를 바탕으로 전남지역의 총 벼 재배면적이 177,753 ha (Statistics Korea, 2017)임을 기준하여 91,543 ha가 제초제 저항성 논잡초의 예상 발생면적으로 확인되었다 (Table 4). Lee et al. (2012)의 연구 결과에 의하면 2012년 전남 지역의 제초제 저항성 논잡초 발생비율이 36.9% 이었던것에 비해 2017년에 조사한 본 연구에서는 51.5% 발생하여 2012년에 비해 제초제 저항성 논잡초 발생비율이 14.6% 증가한 것

Table 4. Occurrence rates (%) of resistant weeds to an ALS inhibiting herbicide in soil collected from different areas in Jeonnam province.

Area	Survey region (No.)	Area of resistant occurrence (No.)	Resistance (%)	Total area (ha)	Predicted area (ha)
Gwangju	16	16	100.0	5,931	5,931
Yeosu	15	12	80.0	2,592	2,074
Yeonggwang	15	11	73.3	11,316	8,295
Jindo	15	11	73.3	6,403	4,693
Naju	17	12	70.6	14,192	10,020
Boseong	20	14	70.0	8,368	5,858
Haenam	19	13	68.4	21,621	14,789
Muan	15	10	66.7	9,955	6,640
Mokpo	5	3	60.0	161	97
Hampyeong	15	9	60.0	8,163	4,898
Gangjin	20	11	55.0	10,470	5,759
Wando	15	8	53.3	2,551	1,360
Jangseong	15	8	53.3	4,895	2,609
Gwangyang	15	8	53.3	1,488	793
Suncheon	15	7	46.7	5,928	2,768
Jangheung	21	9	42.9	9,226	3,958
Shinan	15	6	40.0	9,707	3,883
Yeongam	15	5	33.3	16,327	5,437
Hwasun	15	5	33.3	5,765	1,920
Goheung	15	4	26.7	14,062	3,755
Damyang	15	4	26.7	6,623	1,768
Gurye	15	3	20.0	3,046	609
Gokseong	15	3	20.0	4,892	978
Jeonnam	342	176	51.5	177,753	91,543

로 나타났다. 이처럼 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 발생이 증가한 것은 우리나라 논에 등록된 제초제 중 약 70% 이상을 차지하는 ALS 저해제 제초제 연용의 결과로 사료된다. 따라서 효율적인 저항성 잡초관리 시스템을 개발해야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgements

This study was carried out with the support of Research project in Rural Development Administration (Project No. PJ01245706), Republic of Korea.

요약

본 연구는 토양검정법을 이용하여 전라남도 지역 논에서 발생되고 있는 잡초발생 양상과 ALS 저해제 제초제 저항성 여부 검증 및 저항성 잡초 발생 논면적을 예측하고자 수행하였다. 2017년 전남지역 358 필지에서 채취한 토양에 발생한 잡초의 경우 생활사별로 분류한 경우 일년생 96.1%와 다년생 3.9% 발생하였고, 형태적으로 분류한 경우 광엽잡초 59.0%, 사초과 28.3%, 화본과 12.7% 순으로 발생하였다. 비록 전남에서도 시·군별 논잡초 발생 초종수와 초종별 발생율에 차이가 있으나 미국외풀, 물달개비, 여뀌바늘, 발톱외풀, 알방동사니, 올챙이고랭이, 올방개, 논피, 물피 등이 발생하였다. 또한 전남지역에서는 ALS 저해제 제초제 저항성 논잡초 물달개비, 올챙이고랭이, 알방동사니, 미국외풀, 여뀌바늘, 물피, 논피 7초종이 발생하였다. 비록 전남 시·군별 ALS 저해제 제초제 저항성 잡초 초종수와 발생율은 다르나 이중 물달개비, 알방동사니, 올챙이고랭이는 광주광역시를 비롯한 전남 23개 시·군에서 발생하였다. 전남지역의 ALS 저해제 저항성 발생율(51.5%)에 기초한 저항성 논잡초 발생 논면적은 91,543 ha로 평가되었다. 따라서 이러한 정보를 활용하여 제초제 저항성 논잡초 효율적 관리 방안을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: ALS 저해제, 제초제 저항성, 논, 저항성 잡초, 잡초방제

References

- Chun, J.C. and Shin, H.S. 1994. Effect of depth of tuber burial, soil temperature, and soil moisture on tuber sprouting of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. *Kor. J. Weed Sci.* 14(1):49-55. (In Korean)
- Ha, H.Y., Hwang, K.S., Suh, S.J., Lee, I.Y., Oh, Y.J., et al. 2014. A survey of weed occurrence on paddy field in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 3(2):71-77. (In Korean)
- Heap, I. 2017. The international survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org> (Accessed Jul. 10, 2017)
- Im, I.B., Im, B.H., Park, J.H., Jang, J.H., Im, M.H., et al. 2015. Weeds on rice paddy field of Jeonnam western region. *Kor. J. Weed Sci.* 4(4):295-307. (In Korean)
- Itoh, K. and Wang, G.X. 1997. Occurrence of sulfonylurea resistant *Lindernia micrantha* D. Don. in Japan. *J. Weed Sci., Tech.* 42(Suppl.):16-17. (In Japanese)
- Kim, S.C. 1983. Statu of paddy weed flora and community dynamics in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 3(2):223-245. (In Korean)
- Kim, S.J., Kim, Y.H., Lee, W.H., Choi, C.D., Kim, C.Y., et al. 1997. Weed occurrence in lowland rice field in

- Gyeongbuk province. Kor. J. Weed Sci. 17(3):262-268. (In Korean)
- Kim, S.K. and Kim, H.Y. 2013. The distribution and occurrence of sulfonylurea-resistant weeds in paddy fields of Gyeongbuk province. Kor. J. Weed Sci. 2(2):131-137. (In Korean)
- Kuk, Y.I., Kwon O.D., Shin, D.Y., Kwon, B.S., Jeong, A.G., et al. 2003. Germination and growth of sulfonylurea herbicide-susceptible and -resistant *Monochoria vaginalis*, *Lindernia dubia*, and *Rotala indica* biotypes and rice yield loss by the resistant weeds. Kor. J. Weed Sci. 23(2):143-152. (In Korean)
- Kwon, O.D., Koo, S.J., Kim, J.S., Lee, D.J., Lee, H.J., et al. 2000. Herbicide response and control of sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in paddy fields in Chonnam province, Korea. Kor. J. Weed Sci. 20(1):46-52. (In Korean)
- Lee, I.Y., Kim, C.S., Lee, J.R., Park, T.S., Moon, B.C., et al. 2016. Changes in weed vegetation in paddy fields over the last 50 years in Korea. Kor. J. Weed Sci. 5(1):1-4. (In Korean)
- Lee, I.Y., Park, J.S., Seo, Y.H., Kim, E.J., Lee, S.G., et al. 2012. Occurrence trends of herbicide resistant weeds in paddy fields in Korea. Kor. J. Weed Sci. 32(2):121-126. (In Korean)
- Lee, I.Y., Won, T.J., Seo, Y.H., Kim, E.J., Yun, Y.T., et al. 2013. Occurrence trends of SU-herbicide resistant weeds in paddy fields in Korea. Kor. J. Weed Sci. 2(3):318-321. (In Korean)
- Oh, Y.J., Ku, Y.C., Lee, J.H. and Ham, Y.S. 1981. Distribution of weed population in the paddy field in Korea. Kor. J. Weed Sci. 1(1):21-29. (In Korean)
- Park, J.E., Lee, I.Y., Moon, B.C., Kim, C.S., Park, T.S., et al. 2002. Occurrence characteristics and dynamics of weed flora in paddy rice field. Kor. J. Weed Sci. 22(3):272-279. (In Korean)
- Park, J.E., Lee, I.Y., Moon, B.C., Park, T.S., Lim, S.T., et al. 2001. The occurrence characteristics of weed flora in paddy rice field. Kor. J. Weed Sci. 21(4):327-334. (In Korean)
- Park, K.H., Oh, Y.J., Ku, Y.C., Kim, H.D., Sa, J.K., et al. 1995. Changes of weed community in lowland rice field in Korea. Kor. J. Weed Sci. 15(4):254-261. (In Korean)
- Park, T.S., Lee, I.Y., Seong, K.Y., Cho, H.S., Kim, M.H., et al. 2013. Alternative herbicides to control herbicide resistant and troublesome weeds in paddy fields. Kor. J. Weed Sci. 2(3):248-253. (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 field of Korea. Kor. J. Weed Sci. 31(2):119-133. (In Korean)
- Park, T.S., Seong, K.Y., Cho, H.S., Seo, M.C., Kang, H.W., et al. 2014. Current status, mechanism and control of herbicide resistant weeds in rice fields of Korea. *CNU J. Agric. Sci.* 41(2):85-99. (In Korean)
- Statistics Korea. 2017. Statistics of agricultural area. Statistics Korea, Daejeon, Korea.