

설폰닐우레아계 제초제 저항성 논잡초 발생동향

이인용^{1*} · 원태진² · 서영호³ · 김은정⁴ · 윤여택⁵ · 조승현^{6*} · 권오도⁷ · 김상국⁸ · 정완규⁹
박태선¹⁰ · 김창석¹ · 이정란¹ · 문병철¹ · 박재읍¹
¹국립농업과학원, ²경기도 농업기술원, ³강원도 농업기술원, ⁴충청북도 농업기술원,
⁵충청남도 농업기술원, ⁶전라북도 농업기술원, ⁷전라남도 농업기술원, ⁸경상북도 농업기술원,
⁹경상남도 농업기술원, ¹⁰국립식량과학원

Occurrence Trends of SU-Herbicide Resistant Weeds in Paddy Fields in Korea

Lee In-yong^{1*}, Won Tae-jin², Seo Young-ho³, Kim Eun-jung⁴, Yun Yeo-tack⁵, Cho Seng-hyun^{6*},
Kwon Oh-do⁷, Kim Sang-kuk⁸, Chung Wan-gyu⁹, Park Tae-seon¹⁰, Kim Chang-seok¹,
Lee Jeongran¹, Moon Byung-chul¹ and Park Jae-eup¹

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Gyeonggido Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 445-784, Korea

³Gangwondo Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea

⁴Chungchngbukdo Agricultural Research & Extension Services, Chengwon 363-883, Korea

⁵Chungchngnamdo Agricultural Research & Extension Services, Yesan 340-861, Korea

⁶Jeollabukdo Agricultural Research & Extension Services, Iksan 570-704, Korea

⁷Jeollanamdo Agricultural Research & Extension Services, Naju 520-715, Korea

⁸Gyeongsangbukdo Agricultural Research & Extension Services, Daegu 702-708, Korea

⁹Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-985, Korea

¹⁰National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

(Received on September 10, 2013; Revised on September 12, 2013; Accepted on September 13, 2013)

ABSTRACT. National Academy of Agricultural Science and eight province Agricultural Research & Extension Services investigated the occurring area of herbicide resistant weeds in paddy field of Korea. In order to estimate the occurring areas of herbicide resistant weeds, we collected paddy soils randomly from 3,200 sites in 2011 and 2012, and treated 30 kg ha⁻¹ of pyrazosulfuron-ethyl+pyriminobac-methyl GR to the paddy soil. 176,870 ha, approximately 22.1% of cultivated area excluding organic and eco-friendly cultivated area, was estimated to be infested by SU-herbicide resistant paddy field weeds. Several species of resistant weeds were occurred at Jeonranam-do with 44.3%, followed by 30.5% at Chungchungnam-do, 27.8% at Chungchungbuk-do, and 24.5% at Jeonrabuk-do, respectively. *Monochoria vaginalis* showed the highest distribution with 57,018 ha, 32.2% followed by *Scirpus juncooides*, and *Lindernia procumbens*, respectively.

Key words: Herbicide resistant weed, Paddy field weeds, Sulfonylurea herbicides

제초제 저항성이란 농업적으로 추천된 제초제 처리농도에서 효과적으로 방제되던 잡초 가운데 연용으로 인하여 방제되지 않고 생존하거나 번식하는 생태형으로 유전능력을 갖는 것을 말한다(Kim and Shin, 2007). 이런 제초제

저항성잡초를 국내에서 처음으로 보고한 것은 Park et al. (1999)이다.

Park et al., (1999)은 충남 서산 간척지논에서 10여년동안 농가에서 사용하였던 pyrazodulfuron-ethyl+molinate 5.07% 입제에 대한 논잡초 방제효과가 낮다는 농가의 민원을 과학적으로 입증하는 과정에서 물옥잠이 설폰닐우레아(SU)계 제초제에 대해 저항성이 있다는 것을 확인하였

*Corresponding author:

Phone) +82-31-290-0418, Fax) +82-31-291-0503

E-mail) leein Yong@korea.kr

다. 그 후 많은 잡초연구자들에 의해서 물달개비, 미국의 풀, 마디꽃, 올챙이고랭이, 알방동사니, 올미, 새섬매자기, 쇠틸골 등 10종이 SU계 제초제 대해 저항성을 보고하였다(Im et al., 2003; Im 2010; Im et al., 2004; Kuk et al., 2004; Kwon et al., 2002; Kwon et al., 2009; Park et al., 2009, 2001). 그러나 Park et al.(2011)은 우리나라는 일본과 제초제 사용 패턴이 유사하여 SU계 제초제 저항성잡초는 더 늘어날 것이라고 하였다.

한편 충남 서산 간척지와 전북 김제지역에는 화분과잡초(피) 방제용 제초제인 cyhalofop-butyl 등 ACCase 저해 제초제에 저항성을 보이는 논피(강피)와 물피 생태형이 보고되어(Im, 2009; Im et al., 2009; Lim et al., 2010; Park et al., 2010), 제초제 저항성잡초의 발생양상이 다변화되고 있음을 확인하였다. 그리고 ALS억제제와 ACCase 저해제간에 교차저항성을 보이는 피가 발생되고 있다고 보고되었다(Lee et al., 2011; Lim et al., 2010; Park et al., 2010).

현재(2013년 9월 10일) 제초제 저항성잡초는 전 세계적으로 61개국 66작물에서 218초종(쌍자엽 129초종, 단자엽 89초종)이 발생되고 있으며, 저항성을 유발하는 제초제는 148종이다(www.weedscience.com). 이들 제초제 저항성 잡초는 1980년대에는 주로 triazine계 제초제가 주를 이루었고, 1990년대 및 2000년대에는 SU계 제초제에 대한 보고가 급격히 증가하였다.

제초제 저항성잡초를 효율적으로 관리하기 위해서는 이들 잡초의 발생정도를 파악하는 것이 무엇보다 시급하고 중요하다. 이런 제초제 저항성잡초 발생 모니터링을 통하여 농가에서 사용하는 제초제의 사용패턴 파악으로 향후 어떤 잡초가 저항성으로 유발될 수 있다는 것도 추론할 수 있고, 제초제 저항성잡초의 확산을 억제하기 위한 방안도 제시될 수 있다.

이에 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 2011년과 2012

년 2년동안 8개도 농업기술원과 공동으로 제초제 저항성 잡초 발생 모니터링을 실시하여 그 발생면적을 추정한 결과를 보고하는 바이다.

SU계 제초제 저항성잡초 검정을 위한 논토양 채취

SU계 제초제 저항성잡초 발생조사는 2011년과 2012년, 2년동안 8개도 농업기술원에서 각각 실시하였다. 각 도별로 벼 재배양식, 지대, 토양특성 등을 고려하여 8개 지역을 임의로 나누고 각 도별로 400지점, 전국 3,200지점에서 논흙을 채취하였다. 조사지점은 각 도별 모든 시군이 포함되도록 하였다. 논흙은 각 지점당 0~20 cm 사이의 흙을 2~3 kg씩 3~4군데에서 채취한 후 혼합하여 각도 농업기술원의 온실에서 시험하였다.

SU계 제초제 저항성잡초 검정방법

채취한 논흙은 와그너 포트(1/5,000a) 또는 4각 포트(40×50×10 cm)에 넣고 물로 진탕한 다음, 10일 후에 SU계 혼합 제초제인 피라조선폴론에틸·피리미노박메틸입제를 30 kg ha⁻¹ 처리하였다. 약제처리 후 20일에 생존한 잡초를 SU계 제초제 저항성잡초로 간주하고 각 도별 SU계 제초제 저항성잡초 발생면적을 추정하였다.

SU계 제초제 저항성 논잡초 발생현황

도별 SU계 제초제 저항성잡초 발생면적을 보면, Table 1과 같이 전국 벼 재배면적(유기 및 친환경농업 벼 재배면적 제외)의 22.1%인 176,870 ha로 확인되었다. 2008년에는 106,951 ha (Park et al., 2011), 2011년에는 167,081 ha (Lee et al., 2012)와 비교하면 각각 60,130 ha와 9,789 ha가 늘어났다. 이런 결과는 Lee et al., (2012)이 보고한 바와 같이 SU계 제초제 저항성을 보인 광엽잡초와 ACCase 저해제와 ALS에 대해 교차 저항성을 보인 피의 발생면적이

Table 1. Occurrence rate of sulfonylurea herbicide resistant weeds in 2011 and 2012 by provinces.

Province	Area of Cultivated rice (ha) [*]	Ratio of occurred herbicide resistant weeds (%)	Area of herbicide resistant weeds (ha)
Gyeonggi-do	91,727	12.0	11,039
Gangwon-do	34,772	24.5	8,519
Chungchengbuk-do	46,758	28.7	13,438
Chungchengnam-do	151,026	29.2	44,099
Jeollabuk-do	132,678	18.4	24,413
Jeollanam-do	117,848	44.3	52,206
Gyeongsangbuk-do	141,005	15.8	22,280
Gyeongsangnam-do	84,017	1.0	876
Total	799,831	22.1	176,870

^{*}Of rice cultivation acreage(854,000 ha), acreage of organic and environment-friendly farming (54,169 ha) was excluded.

늘어났기 때문에 판단된다. 이미 Lee et al. (2011)과 Lim et al. (2010)은 충남과 전남북에서 ACCase 저해제와 ALS 억제제에 저항성을 보이는 강피의 발생을 확인하였고 방제방법을 보고한 바 있다.

발생비율을 보면, 전라남도가 논 면적의 44.3%로 제일 많이 발생되었고, 그 다음으로는 충청남도로 29.2%, 충청북도 28.7%, 강원도 24.5%, 전라북도 18.4% 순이었다. 이들 제초제 저항성 논잡초의 발생현황이 전라남도과 충청남도, 전라북도 등과 같이 상대적으로 높은 이유는 Lee et al. (2012)이 보고한 바와 같이 간척지와 담수직파논에 많아 벼에 상대적으로 안전한 SU계를 선호하고 연용하였기

때문에 판단된다.

SU계 제초제 저항성 초종별 발생현황

SU계 제초제 저항성 논잡초의 초종별 발생면적은 Table 2와 같다. 발생면적이 가장 넓은 초종은 물달개비로서 57,018 ha로 전체 저항성 논잡초의 32.2%를 차지하였으며, 그 다음으로 올챙이고랭이(33,803 ha, 19.1%), 논피(강피), 알방동사니, 미국의풀 순이었다. Park et al. (2011)은 우리나라와 일본의 농업상황을 비교하면서 향후에는 물달개비와 올챙이고랭이의 발생면적이 늘어나 우점할 것이라는 보고와 유사하다.

여뀌바늘은 학계에 정식으로 SU계 제초제 저항성잡초로 보고된 바는 없지만, Park (2012)에 의해 저항성잡초로 확인되었다. 그리고 발뚝외풀도 SU계 저항성잡초로 보고되지는 않았지만, 미국의풀과 같은 현삼과 일년생잡초이고 어릴 때에는 식별이 쉽지 않아 미국의풀을 발뚝외풀로 오류하였을 가능성도 배제할 수 없다. Lee et al., (2009)에 의하면 발뚝외풀속에는 발뚝외풀, 미국의풀, 논뚝외풀 등 6종이 있으며, 육안으로 쉽게 분류할 수 없다고 하였다.

2008년 조사결과와 비교하면, 발생면적이 줄어든 잡초는 물달개비, 새섬매자기인 반면에 늘어난 잡초는 올챙이고랭이, 미국의풀, 마디꽃, 벼풀, 쇠털골, 논피(강피)이다. 온실 검증으로 발생 확인이 안 된 제초제 저항성잡초로 물옥잠은 주로 충남 서산 간척지논에서 발생되고 있으며, 올챙이자리는 전남 나주와 해남 간척지 논에서 문제되고 있다. 새롭게 제초제 저항성잡초로 의심되는 갯드렁새, 발뚝외풀, 등애풀은 감수성 계통과 비교하여 농도시험 등을 통해 제초제 저항성 잡초 여부의 확인이 필요하다.

요 약

제초제 저항성 논잡초 발생면적은 국립농업과학원과 전국 8개도 농업기술원 공동으로 2011년과 2012년에 조사하였다. 8개도 3,200지점에서 논흙을 채취하여 피라조선틸·론에틸·피리미노박메틸입제를 30 kg ha⁻¹ 처리하여 설펜일우레아(SU)계 제초제 저항성 논잡초의 발생면적을 추산하였다. 전국 벼 재배면적(유기 및 친환경농업 벼 재배면적 제외)의 22.1%인 176,870 ha에서 SU계 제초제 저항성 논잡초가 발생되었다. 발생비율을 보면, 전라남도가 논 면적의 44.3%로 제일 많이 발생되었고, 그 다음으로는 충청남도로 30.5%, 충청북도 27.8%, 강원도 24.5% 순이었다. 제초제 저항성 논잡초 중 발생면적이 가장 넓은 초종은 물달개비로서 전체 32.2%(57,018 ha)를 차지하였으며, 그 다음으로 올챙이고랭이, 발뚝외풀 순이었다.

Table 2. Occurrence area of sulfonylurea herbicides resistant weeds in rice paddy fields.

Weed species Weed	Occurrence area (ha)			
	2004	2006	2008	2012
<i>Monochoria vaginalis</i>	34,327	42,012	62,560	57,018 (32.2%)
<i>Scirpus juncooides</i>	494	906	12,060	33,803 (19.1%)
<i>Echinochloa oryzicola</i>	-	-	17	13,581 (7.7%)
<i>Cyperus difformis</i>	12,800	13,171	14,230	13,085 (7.4%)
<i>Lindernia dubia</i>	32	33	33	11,301 (6.4%)
<i>Ludwigia prostrata</i>	-	-	-	10,719 (6.0%)
<i>Rotala indica var. uliginosa</i>	5	5	5	2,047 (1.2%)
<i>Sagittaria pygmaea</i>	-	17	17	701 (0.4%)
<i>Eleocharis acicularis for. longiseta</i>	-	5	27	589 (0.3%)
<i>Sagittaria trifolia</i>	-	-	-	191 (0.1%)
<i>Scirpus maritimus</i>	4,000	6,000	8,000	111 (0.1%)
<i>Monochoria korsakowi</i>	10,000	10,000	10,000	-
<i>Biyxa aubertii</i>	-	2	2	-
<i>Lindernia procumbens (assumed)</i>	-	-	-	33,135 (10.7%)
<i>Diplachne fusca (assumed)</i>	-	-	-	353 (0.2%)
<i>Dopatrium junceum (assumed)</i>	-	-	-	236 (0.2%)
Total	61,658	72,241	106,951	176,870

주요어: 논잡초, 설포닐우레아계 제초제, 제초제 저항성잡초

Acknowledgment

This study was supported by a AGENDA (No.PJ0077 98) grant of Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- 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)
- Im, I.B. 2010. Control and emergence of sulfonylurea herbicides resistant *Lemna paucicostata* in paddy field of Korea. Korean J. Weed Sci. 30(Supp. 1): 60-61. (In Korean)
- Im, I.B., Kang, J.G., Kim, S. and Kuk, Y.I. 2004. Control of sulfonylurea resistant *Lindernia dubia* (L.) Pennell in the rice paddy field. Korean J. Weed Sci. 24(1):7-13. (In Korean)
- Im, I.B., Kim, S., Kang, J.G. and Na, S.Y. 2003. Weed control of small flatsedge (*Cyperus difformis* L.) with resistant response to sulfonylurea herbicides in th paddy of Korea. Korean J. Weed Sci. 23(1):63-70. (In Korean)
- Im S.U., Park, M.W., Yook M.J. and Kim, D.S. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(2):178-184. (In Korean)
- International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.com> (Accessed Sep. 10, 2013)
- Kim, K.U., Shin, D.H. 2007. The principle of weed science. pp. 352-358. Kyungpook National University Press. Daegu, Korea.
- Kuk, Y.I., Kwon, O.D. and Im, I.B. 2004. Effective herbicides by application timing for control of sulfonylurea resistant *Monochoria vaginalis*, *Lindernia dubia*, and *Rotala indica* in wet-seeding and machine transplanting rice culture. Korean J. Weed Sci. 24(1):30-42. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Lee, D.J., Shin, H.R., Park, I.J., et al. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant *Monochoria vaginalis* biotypes to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(2):147-153. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Cho, S.H. and Shin, H.R. 2009. Alternative herbicides for *Eleocharis acicularis* resistant to sulfonylurea in Jeonnam, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(3):251-260. (In Korean)
- Lee, I.Y., Kwon, O.D., Kim, C.S., Lee, J. Shin, H.R., et al. 2011. Weeding effect of *Echinochloa oryzoides* resistant to ACCase and ALS inhibitors by leaf stages. Korean J. Weed Sci. 31(2):183-191. (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. Korean J. Weed Sci. 32(2):121-126. (In Korean)
- Lee, W.J., Oh, Y.J., Kim, C.S. and Kang, C.K. 2009. Anatomical and palynological characteristics of *Lindernia*. Korean J. Weed Sci. 29(Supp. 2):111. (In Korean)
- Lim, S.H., Song, J.S., Zhang C. and Kim, D.S. 2010. ACCase inhibitor cyhalofop-butyl resistance in *Echinochloa oryzicola* collected in Chungnam and Jeonbuk province, Korea. Korean J. Weed Sci. 30(Supp. 1):45-46. (In Korean)
- Park, T.S. 2012. Report of 'Study of the monitoring and management in herbicidal resistant weeds'. RDA Report (not printed). (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., Kim, C.S., Moon, B.C., Lee, I.Y. Lim, S.T., et al. 2001. Occurrence and control of *Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *dubia*, sulfonylurea resistant biotype in paddy fields in southern areas of Korea. Korean J. Weed Sci. 21(1):33-41. (In Korean)
- Park, T.S., Kim, C.S., Park, J.E., Oh Y.K., Kim, K.U., et al. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 19(4):340-344. (In Korean)
- 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 oryzoides* to ACCase and ALS inhibitor, and effect of alternative herbicides. Korean J. Weed Sci. 30(3):291-299. (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. Korean J. Weed Sci. 31(2):119-133. (In Korean)