

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 founded in 1981 and 1987, respectively.

과거 50년간 우리나라 논잡초 군락의 변화

이인용^{1*} · 김창석¹ · 이정란¹ · 박태선² · 문병철³ · 박재음¹

¹국립농업과학원, ²국립식량과학원, ³농촌진흥청 연구정책국

Changes in Weed Vegetation in Paddy Fields over the Last 50 Years in Korea

In-Yong Lee^{1*}, Chang-Seog Kim¹, Jeongran Lee¹, Tae-Seon Park², Byeng-Chul Moon³, and Jae-Eup Park¹

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

³Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

ABSTRACT. The Rural Development Administration of Korea conducted a series of surveys of paddy weeds from 1971 to 2013 in approximately 10-year cycles and the results have been used for the efficient weed management of paddy fields. In 1971, annual weeds such as *Rotala indica*, *Eleocharis acicularis* f. *longiseta*, and *Monochoria vaginalis* were dominant. In 1981, the population of *Echinochloa* species decreased whereas broadleaf weeds such as *M. vaginalis*, *Sagittaria pygmaea*, and *S. trifolia* were dominant. In 1991, perennial weeds such as *Eleocharis kuroguwai*, *S. pygmaea*, and *S. trifolia* were dominant over annual weeds. In 2000, *M. vaginalis* was the most abundant species, followed by *E. kuroguwai*, *Echinochloa* species, and *S. trifolia*. In 2013, herbicide-resistant *Echinochloa* species and *M. vaginalis* were most dominant, followed by *E. kuroguwai*, *Scirpus juncooides*, and *S. trifolia*. It has been predicted that the prevalence of *Echinochloa* species will continue to increase and that perennial weeds will be more abundant than annual ones in the near future. The occurrence of herbicide-resistant weeds and exotic weeds will also increase due to global warming and changes in agricultural patterns.

Keywords: *Echinochloa* spp., Herbicide-resistant weeds, Paddy field weeds, Perennial weeds

Received on December 12, 2015; Revised on March 4, 2016; Accepted on March 9, 2016

*Corresponding author: Phone) +82-63-238-3320, Fax) +82-63-238-3838; E-mail) leein Yong@korea.kr

© 2016 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/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

우리나라에서 논에 잡초가 발생하면, 70~80년대까지는 완벽한 잡초방제가 이루어져야 하는 것으로 인식하였으나, 최근에는 일정 수준의 잡초 발생을 허용하는 관리로 그 양상이 변화하였다. 이런 잡초관리를 위해서는 논에 발생하는 잡초 발생현황을 우선적으로 파악하는 것이 중요하다. 따라서, 농촌진흥청에서는 1971년부터 10년 단위로 전국적의 논잡초 발생을 조사하여 효율적인 잡초관리 기초자료로 이용되고 있다.

1971년, 1981년, 1991년은 농촌진흥청 작물시험장을 중심으로(Oh et al., 1981; Park et al., 1995), 2000~2001년에는 농업과학기술원과 작물시험장, 호남작물시험장, 영남작물시

험장 공동으로 논잡초 발생 조사를 실시하였다(Park et al., 2002). 그리고 2013년에는 국립농업과학원과 7개 도 농업기술원, 농업계 대학 및 연구소에서 전국 규모로 논잡초 발생 조사를 하였다(Ha et al., 2014).

농경지에 발생하는 잡초군집의 군락변화에 관여하는 주요 요인으로는 첫째, 작부체계와 재배법 등의 변화, 둘째, 토지 기반정비에 의한 입지조건의 변화, 셋째, 잡초 방제법의 변화라고 하였다(Kim and Shin, 2007). 이 중에서 '가장 중요한 요인은 제초법의 변화 즉 제초제의 사용이다'라고부 언하였다(Kim and Shin, 2007). 따라서 지난 50년간 논잡초 발생변화 결과를 분석하여 효율적인 논잡초관리의 기초자료로 제공하고자 한다.

50년간 논잡초 발생현황

우리나라의 논잡초 발생변화는 1971년부터 2013년까지 10년 주기로 5회 조사한 결과를 통해 확인할 수 있다(Table 1). 즉 손제초제 위주로 잡초방제를 하던 1971년도에는 주로 마디꽃, 쇠털골, 물달개비 등 일년생잡초가 많이 조사된 반면에, 1981년에는 뷰타클로르 성분의 제초제 도입으로 피의 발생이 현저히 줄어들고, 물달개비와 올미, 벼풀 등의 광엽잡초가 우점하였다(Kim et al., 1992). 1991년에는 논 일발처리제 제초제 사용으로 일년생잡초 보다는 올방개, 올미, 벼풀 등과 같은 다년생잡초가 우점하였다(Kim et al., 1992). 2000년 조사에는 설펜닐우레아계 제초제 저항성잡초 발생으로 물달개비가 가장 많이 발생되었고 그 다음으로 올방개, 피, 벼풀 등이었다(Park et al., 2002). 2013년 조사에서는 제초제 저항성잡초인 피와 물달개비의 발생량 증가로 이들이 최우점하였으며, 그 다음으로 올방개, 올챙이고랭이, 벼풀 등의 순을 보였다(Ha et al., 2014).

이와 같이 1981년과 1992년 조사에서 일년생잡초에서 다년생잡초로 점차 군락(群落, population)의 변화를 보이는 요인은 여러 가지가 있지만 그 중 잡초방제법의 변화, 특히 손제초법의 감소와 아울러 일년생잡초에 효과가 큰 제

초제의 연속적 사용(連用) 및 재배방법의 변천이 논잡초 군락 변화에 크게 영향을 미쳤던 것으로 생각된다. 그리고 2000년에 다시 일년생잡초의 비율이 늘어난 것은 설펜닐우레아계 제초제에 저항성을 보이는 물달개비의 발생량 증가와 다년생잡초를 방제할 수 있는 혼합제의 제초성분의 투입량 감소에 따른 원인으로 생각할 수 있다. 2013년 최근에는 제초제 저항성잡초의 발생이 많은 관계로 피, 물달개비가 우점 순위 1, 2위를 차지하였고, 방제가 어려운 다년생잡초인 올방개와 올챙이고랭이, 벼풀 순으로 발생이 많았다.

논잡초 발생 전망

우리나라의 논잡초 발생상황을 보면, 먼저 일부 일년생잡초의 발생이 많지만 전반적으로 다년생잡초의 발생이 증가했음을 알 수 있다. 그 원인으로서는 조기 이앙에 의한 다년생잡초 발생기간이 연장되었고, 가을갈이(추경)와 봄갈이(춘경)를 하면 잡초종자 또는 지하경을 동·건사 시킬 수 있어 잡초발생을 억제시킬 수 있으나(Kim and Shin, 2007) 그 비율이 적어 다년생잡초 피경이 지속적으로 확산되는 수단을 제공한 것으로 생각된다.

Table 1. Dominant weeds and their dominance degrees by survey year (Kim, 1983; Kim et al., 1992; Park et al., 2002; Ha et al., 2014).

Rank	Dominant weed ^a and dominance degree by year				
	1971	1981	1991	2000	2013
1	ROTIN (40.7) ^z	MONVA (22.2)	ELEKU (19.6)	MONVA (12.7)	ECH spp. (17.3)
2	ELEAL (11.8)	SAGPY (17.5)	SAGPY (15.6)	ELEKU (9.5)	MONVA (12.4)
3	MONVA (11.3)	SAGTR (9.0)	SAGTR (13.2)	ECH spp (9.5)	ELEKU (7.8)
4	CYPDI (7.8)	POTDI (9.0)	ECH spp. (12.2)	SAGTR (9.1)	SCIJU (6.2)
5	ECH spp. (7.1)	CYPSE (8.5)	MONVA (11.2)	BIDTR (5.8)	SAGTR (6.1)
6	POTDI (3.5)	ROTIN (6.0)	SCIJU (6.0)	LUDPR (4.9)	LUDPR (4.7)
7	LINPR (3.4)	ANEKE (4.4)	CYPSE (4.6)	ANEKE (4.4)	BIDTR (4.5)
8	ANEKE (2.5)	LINPR (3.9)	POTDI (3.3)	LINPR (4.0)	AESIN (4.1)
9	ELEMA (2.2)	ELEKU (3.4)	LUDPR (2.6)	ROTIN (2.8)	PERHY (3.5)
10	PERHY (1.9)	LUDPR (3.0)	ANEKE (2.5)	ECLPR (2.7)	ANEKE (3.3)

^aROTIN: *Rotala indica* (마디꽃); ELEAL: *Eleocharis acicularis* f. *longiseta* (쇠털골); MONVA: *Monochoria vaginalis* (물달개비); CYPDI: *Cyperus difformis* (알방동사니); ECH spp.: *Echinochloa* spp. (피속류); POTDI: *Potamogeton distinctus* (가래); LINPR: *Lindernia procumbens* (발목외풀); ANEKE: *Aneilema keisak* (사마귀풀); ELEMA: *Eleocharis maritima*=*Scirpus planiculmis* (새섬매자기); PERHY: *Persicaria hydropiper* (여뀌); SAGPY: *Sagittaria pygmaea* (올미); SAGTR: *Sagittaria trifolia* (벼풀); CYPSE: *Cyperus serotinus* (너도방동사니); LUDPR: *Ludwigia prostrata* (여뀌바늘); SCIJU: *Scirpus juncooides* (올챙이고랭이); BIDTR: *Bidens tripartita* (가막사리); ECLPR: *Eclipta prostrata* (한련초); AESIN: *Aeschynomene indica* (자귀풀).

^zData in parentheses indicate the % of ratio against total.

Table 2. Changes of *Echinochloa* spp. dominance degree by survey years (Kim, 1983; Kim et al., 1992; Park et al., 2002; Ha et al., 2014).

Year	1971	1981	1991	2000	2013
Dominances degree (%)	7.1	2.3	12.2	9.5	17.3

Table 3. Areas infested by herbicide-resistant weeds by year in rice paddy fields of Korea (Park et al., 1999; Park et al., 2003; Park et al., 2011; Lee et al., 2013).

Year	1998	2000	2005	2012
Weed ^z (No. of weed species)	1	5	8	11
Infested area (ha)	10,000	30,036	67,515	176,870

^z1998: *Monochoria korsakowii* (물옥잠); 2000: Add 4 species [*Monochoria vaginalis* (물달개비), *Lindernia dubia* (미국외풀), *Rotala indica* (마디꽃), *Scirpus juncooides* (올챙이고랭이)]; 2005: Add 3 species [*Cyperus difformis* (알방동사니), *Sagittaria pygmaea* (올미), *Scirpus planiculmis* (새섬매자기)]; 2012: Add 3 species [*Blyxa aubertii* (올챙이자리), *Eleocharis acicularis* f. *longisetata* (쇠털풀), *Echinochloa oryzicola* (논피, 강피)].

논잡초 발생상황에서 두 번째 특이한 점은 Table 2와 같이 피의 지속적인 우점을 들 수 있다. 1971년에는 피의 우점도가 7.1%이었으나, 뷰타클로르 성분의 제초제가 살포된 1981년에는 2.3%로 감소되다가 1991년에는 12.2%로 늘어났다(Kim et al., 1992). 2000년 조사에서도 전체적으로 일년생잡초가 줄어드는 추세이지만 피는 줄어들지 않고 오히려 더 증가하여 우점하는 양상을 보이다가(Park et al., 2002), 2013년 조사에서는 17.3%로 전국적으로 최우점하였다(Ha et al., 2014). 2013년에 피 우점도가 높은 것은 제초제를 사용하지 않은 친환경 논 면적이 늘어난 것도 하나의 원인이 될 수 있으나 충남과 전남북에서 ACCase저해 제초제에 저항성을 보이는 피가 발생(Im, 2009; Lim et al., 2010)되었기 때문인 것으로 생각된다.

잡초 군락변화의 세 번째 특징은 설포닐우레아계(이하 SU계) 제초제 저항성잡초의 발생 증가이다. 1998년에 물옥잠이 충남 서산 간척지에서 처음으로 SU계 제초제 저항성잡초로 확인(Park et al., 1999)된 이후 2000년에는 물달개비(Kwon et al., 2000), 미국외풀(Kuk et al., 2002), 마디꽃(Kuk et al., 2002), 올챙이고랭이(Park et al., 2006)가 추가되어 5종으로 30,036 ha에서 발생되었다(Park et al., 2011). 2005년에는 알방동사니(Im et al., 2003), 올미(Im et al., 2005), 새섬매자기(Park et al., 2009) 3종이 추가되었고 발생면적도 67,515 ha로 확대되었다(Park et al., 2011). 2012년에는 올챙이자리(Kwon and Kuk, 2007), 쇠털풀(Kwon et al., 2009), 논피(강피)(Im, 2009; Lim et al., 2010) 3종이 추가되어 총 11종의 SU계 제초제 저항성 논잡초가 176,870 ha로 발생초종 및 발생면적이 지속적으로 증가되는 경향을 보였다(Lee et al., 2013). 그리고 Park et al. (2013)이 보고한 벼풀을 추가하면 2015년 9월말 현재 우리나라에서 SU

계 제초제 저항성잡초는 12종이다(Table 3). 그리고 저항성잡초로 추정되는(Lee et al., 2013) 발톱외풀, 여뀌바늘, 갯드렁새도 SU계 제초제 저항성잡초로 확인되면, 발생초종뿐만 아니라 발생면적도 확대될 것으로 생각된다.

향후 논잡초 발생은 위에서 언급한 바와 같이 피의 발생량이 계속 증가할 것이고, 다년생잡초가 일년생잡초보다 발생비율이 높아질 것으로 판단된다. 또 제초제 저항성잡초의 종류와 발생면적도 증가될 것이며, 기후변화와 작물재배 등의 변화로 외래잡초 등이 발생이 확대될 것이다. 제초제 저항성잡초의 경우는 우리나라와 벼 재배형태 및 제초제 사용이 유사한 일본에서는 이미 논잡초 24종(2015년 8월 20일 현재)이 제초제에 저항성잡초라고 보고(www.wssj.jp/~hr)한 것처럼 우리나라에도 더 많은 제초제 저항성 논잡초가 발생될 수 있다는 것을 암시하고 있다.

요 약

농촌진흥청에서는 1971년부터 2013년까지 10년 주기로 논잡초 발생 분포조사를 실시하여 논잡초의 효율적인 관리에 이용되고 있다. 1971년에는 주로 마디꽃, 쇠털풀, 물달개비 등 일년생잡초가 많이 발생된 반면에, 1981년에는 피의 발생이 줄어들고, 물달개비와 올미, 벼풀 등의 광엽잡초가 우점하였다. 1991년에는 일년생잡초 보다는 올방개, 올미, 벼풀 등과 같은 다년생잡초가 많았다. 2000년에는 물달개비가 가장 많이 발생되었고 그 다음으로 올방개, 피, 벼풀 등이었다. 2013년에는 제초제 저항성잡초인 피와 물달개비가 최우점하였으며, 올방개, 올챙이고랭이, 벼풀 등의 순이었다. 향후 논잡초 발생은 피의 발생량이 계속 증가할 것이고, 다년생잡초가 일년생잡초보다 발생비율이 높아질 것으로 예상된다. 또 이러한 추세는 기후변화와 재배방식 등의 농업패턴 변화로 제초제 저항성 잡초와 외래잡초의 발생이 증가될 것이다.

주요어: 논잡초, 다년생잡초, 제초제 저항성잡초, 피

Acknowledgement

This study was carried out with support from the “Research Program for Agricultural Science & Technology Development” (Project No. PJ009319), National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- 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. *Weed Turf. Sci.* 3(2):71-77. (In Korean)
- Herbicide Resistant Weeds in Japan. 2015. <http://www.wssj.jp/~hr/> (Accepted Aug. 20, 2015).
- Im, I.B. 2009. Control and emergence of herbicides resistant *Echinochloa oryzicola* in paddy field of Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 29(Supp 2):103-104. (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 the paddy of Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 23(1):63-70. (In Korean)
- Im, I.B., Kuk, Y.I., Kang, J.G., Kim, S. and Hwang, J.B. 2005. Resistance to sulfonylurea herbicide of *Sagittaris pigmaea* Miq. collected in paddy field of Korea and its control. *Kor. J. Weed Sci.* 25(1):28-35. (In Korean)
- Kim, K.U. and Shin, D.H. 2007. New Principal of Weed Control Science. Kyungbuk National University Press, Daegu, Korea. p. 80, pp. 105-106. (In Korean)
- Kim, S.C. 1983. Status of paddy weed flora and community dynamics in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 3(2):223-245.
- Kim, S.C., Oh, Y.J. and Kwon, Y.W. 1992. Weed flora of agricultural area in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 20(1):46-52.
- Kwon, O.D., Ku, 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.
- Kwon, O.D. and Kuk, Y.I. 2007. Effect of several herbicides on *Blyxa aubertii* L. and *Chara braunii* Gmelin in paddy field. *Kor. J. Weed Sci.* 27(2):122-131. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Cho, S.H. and Shin, H.R. 2009. Alternative herbicides for *Elocharis acicularis* resistant to sulfonylurea in Jeonnam, Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 29(3):251-260. (In Korean)
- Kuk, Y.I., Lee, D.J. and Kwon, O.D. 2002. Resistant responses of the remaining weeds to sulfonylurea herbicides in Jeonnam, Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 22(2):163-171. (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. *Weed Turf. Sci.* 2(3):318-321. (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. *Kor. J. Weed Sci.* 30(Supp 1):45-46. (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, 1981. *Kor. J. Weed Sci.* 1(1):21-29. (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, 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, 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. *Weed Turf. Sci.* 2(3):248-253. (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. *Kor. J. Weed Sci.* 29(2):159-166.
- Park, T.S., Kim, C.S., Park, J.E., Oh, Y.K. and Kim, K.U. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 19(4):340-344.
- Park, T.S., Moon, B.C., Cho, J.R., Kang, C.K. and Park, J.E. 2006. Management and competition of sulfonylurea-resistant *Scirpus juncooides* Roxb. in rice field. *Kor. J. Weed Sci.* 26(1):98-107. (In Korean)
- Park, T.S., Lee, I.Y. and Park, J.E. 2003. Resistance in Korea: Where are we now? and Where are we going. *Kor. J. Weed Sci.* 23(1):1-10. (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)