

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
제초제 저항성 잡초 모니터링 및 관리 기술 개발		농업환경	'10~'12	국립농업과학원 작물보호과	이인용
경기도 제초제 저항성 논잡초 발생 모니터링		농업환경	'10~'12	농업기술원 환경농업연구과	원태진
색인용어	제초제, 저항성, 논잡초				

ABSTRACT

A fact-finding survey was conducted to obtain the basic information on weed distribution and farmer's opinions to weed control in paddy fields of Gyeonggi province area. The dominant paddy field weeds included *Echinochloa* spp. (22%), *Eleocharis kuroguwai* (14%), *Sagittaria trifolia* (13%), *Scirpus juncooides* (12%), *Monochoria vaginalis* (9%) and *Sagittaria pygmaea* (7%), and the most widely used herbicides were butachlor 33% CS (25%), benzobicyclon+fentrazamide+imazosulfuron 11.5% SC (9%), cyclosulfamuron+mefenacet 22.2% SC (9%), butachlor 5% GR (6%), and oxadiazon 12% EC (6%). Many paddy rice growers considered *Scirpus juncooides*, *M. vaginalis*, *Sagittaria pygmaea* and *Cyperus difformis* as herbicide-resistant weeds. Sulfonylurea-resistant weeds in paddy fields of 18 regions were widely occurred except for Gapyeong region. The five sulfonylurea resistant biotypes occurred in paddy fields were *M. vaginalis*, *S. juncooides*, *C. difformis*, *L. dubias*, and *S. planiculmis*. It revealed that occurrence rate and area of sulfonylurea-resistant weeds were about 12.0 % and 11,039 area of hectares in Gyeonggi province.

Key words : Herbicides, Resistant weeds, Paddy field weeds

1. 연구목표

농경지에 발생하는 잡초는 작물의 수량과 품질을 저하시키므로 효율적인 잡초방제를 위한 전제 조건은 먼저 농경지에 발생하는 잡초의 종류와 우점도를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 우리나라에서 전국적인 규모로 실시된 논 잡초조사는 1971년 처음 실시되었고, 그 후 1981년, 1991년, 2000년에 10년마다 총 4회를 조사하였으며, 경기지역에서는 이후 1991년 등 4회에 걸쳐 조사되었다. 경기지역의 논 잡초 분포는

1991년에는 화분과 4종, 방동사니과 7종, 광엽 및 기타 14종 등 총 25종이었던 것이 1995년에는 화분과 3종, 방동사니과 5종, 광엽 및 기타 14종 등 총 22종, 2000년에는 화분과 4종, 방동사니과 6종, 광엽 및 기타 12종 등 총 22종, 2005년에는 화분과 3종, 방동사니과 4종, 광엽 및 기타 10종 등 총 17종으로 2000년 22종에 비해 5종 감소하였다(Kim et al., 1992; Kim et al., 1997; Park et al., 2001; Park et al., 2007).

‘제초제 저항성 잡초’란 잡초를 방제하기 위하여 제초제를 잡초 군락 내에 정상적으로 살포하였으나 그동안 방제가 잘 되었던 잡초가 방제되지 않고 생존하여 종자를 맺음으로써 후대까지도 계속 이러한 능력이 유전되는 것을 말한다(Heap, 1997). 1980년대까지는 주로 triazine계 제초제들에 대한 저항성잡초들이 보고되었으나 최근에는 우리나라 논에서 많이 사용되고 있는 설폰닐우레아(SU)계 제초제들에 대한 저항성잡초들이 급격하게 증가되고 있는 실정이다(Park, 2004). 이들 제초제 저항성 초종 중 우리나라에서는 1999년도에 서해안 간척지 논에서 우점한 물옥잠이 SU계 제초제에 대한 저항성잡초로 확인된 이후 현재까지 일년생 9초종, 다년생 2초종으로 총 11종이 논에서 SU계 제초제 저항성잡초로 확인되었다(Park, 2004).

따라서 본 연구는 경기지역의 벼 재배농가를 대상으로 재배양식, 제초제 처리시기, 제초제 처리회수 및 논에서 많이 발생하는 잡초 설문조사와 아울러 도내 지역별 SU계 제초제 저항성 논 잡초 발생 모니터링을 통해 잡초의 종류, 발생비율 및 예측면적을 조사하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 설문조사는 경기도 시군별 벼 재배면적이 2,000ha이상인 남부(평택, 용인), 동부 내륙(여주, 안성), 서부해안(과주), 경기북부(연천) 등 4개 권역 6개 시군을 대상으로 하였다. 2011년 8월부터 10월까지 시군농업기술센터에 논잡초 발생 및 제초제 사용에 관한 16개의 질의로 이루어진 설문지를 400ha당 1개농가 기준으로 127부를 사전에 배포하고, 시군별로 벼 재배 농업인 모임시에 설문조사하여 94점의 설문지를 회수하였다. 주요 조사문항은 벼 재배면적 등 일반현황과 주요 문제잡초 등 논잡초 발생양상, 사용하는 주된 제초제 등 제초제 사용실태 등으로 이루어져 있다.

SU계 저항성 논잡초 모니터링은 2011년, 2012년 각각 3월부터 4월까지 2개월간에 걸쳐 경기도 16개 시군에서 논 대단위 면적 2개소에서 개소당 25필지의 논 토양 시료를 채취하여 초종과 발생분포 비율을 조사하였다. 지역별로 채취한 논 토양을 1/5000a 와그너포트에 담고 물을 넣어 잘 혼합한 다음, 10일 후에 SU계 제초제 pyrazosulfuron+pyriminobac GR 배량인 60kg ha⁻¹를 처리하였으며 물높이는 2cm내외로 유지하였다. 약제처리 후 20일에 생존한 잡초를 지점별로 확인하여 잡초 발생초종과 제초제 저항성 잡초 발생면적을 추산하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 조사농가의 일반 현황

설문 응답자들의 벼 재배면적은 5ha 이상이 30.8%, 1~5ha가 42.5%, 1ha 미만이 26.7%였다(그림 1a). 경기도 벼 재배면적이 5ha 이상인 농가가 2.8%, 1~5ha는 26.5%, 1ha 미만이 70.7%인 2010년 농림어업 총조사의 결과와 비교해 보면, 상대적으로 넓은 면적의 벼농사를 짓는 농업인들이 응답했음을 알 수 있었다.

응답자의 97.9%는 기계이앙, 2.1%는 답수직파를 하였으며(그림 1b), 봄경운을 하는 농업인이 55.4%로 다수였으며, 27.6%는 가을경운을 하였고, 12.8%는 봄과 가을에 2회에 걸쳐 경운하였으며 4.2%는 경운하지 않는 것으로 조사되었다(그림 1c). 가을경운을 하면 올방개와 같은 다년생 잡초의 괴경이 고사되어 이듬해 잡초 발생을 줄일 수 있으나, 봄경운 비율이 낮아 다년생잡초의 발생비율이 높아질 것으로 생각된다.

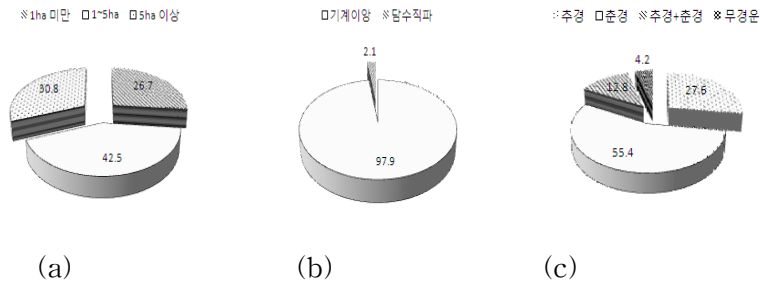


그림 1. 조사 농가의 논 면적(a), 벼 이앙 방법(b), 경운시기(c).

나. 주요 논 잡초 발생현황

경기도내 논에서 주로 발생하는 잡초로 응답한 총 15종 가운데 상위 10종의 논잡초는 피, 올방개, 벼풀, 올챙이고랭이, 물달개비, 올미, 자귀풀, 알방동사니, 가막사리, 여뀌바늘이었으며 다음으로는 너도방동사니, 가래, 사마귀풀, 마디꽃, 새섬매자기 순이었다(표 1). Park 등(2007)이 2005년에 조사한 경기도 주요 논잡초 올방개(30%), 피(16%), 벼풀(14%), 가막사리(10%), 물달개비(8%) 등으로 발생하였다는 결과와 비슷하였다. 벼풀, 올챙이고랭이, 올방개 등 다년생잡초의 비율이 높아진 데에는 동일 제초제를 연용하거나, 경운방식과 벼 재배시기의 변동 및 시비량 증가 등이 원인(Kim 등, 1988)인 것으로 추정된다. 특히, 다년생잡초의 발생이 증가한 큰 원인은 가을 논갈이의 비율이 낮아졌기 때문으로 판단된다.

벼 재배 농업인들이 SU계 제초제 저항성으로 생각하는 논잡초로는 올챙이고랭이, 물달개비, 올미, 알방동사니 등이 있는데(표 1), 경기도에서 물달개비와 올챙이고랭이가 이미 보고된 바 있지만(Park 등, 2005), 나머지 논잡초들은 아직 보고된 바 없기에 금후 SU계 제초제 저항성잡초 발생 모니터링 연구를 통하여 확인할 필요가 있다.

표 1. 주요 우점초종 및 저항성 잡초종 발생율

잡초 종류	비율(%)	저항성 잡초종	비율(%)
<i>Echinochloa</i> spp. (피류)	22.4	<i>Scirpus juncooides</i> (올챙이고랭이)	12.8
<i>Eleocharis kuroguwai</i> (올방개)	13.5	<i>Monochoria vaginalis</i> (물달개비)	7.1
<i>Sagittaria trifolia</i> (벗풀)	12.6	<i>Sagittaria pygmaea</i> (올미)	5.0
<i>Scirpus juncooides</i> (올챙이고랭이)	12.0	<i>Cyperus difformis</i> (알방동사니)	2.5
<i>Monochoria vaginalis</i> (물달개비)	9.2	<i>Scirpus planiculmis</i> (새섬매자기)	0.7
<i>Sagittaria pygmaea</i> (올미)	7.3	<i>Lindernia dubia</i> (미국외풀)	0.4
<i>Aeschynomene indica</i> (자귀풀)	5.0	None(없음)	71.5
<i>Cyperus difformis</i> (알방동사니)	5.0		
<i>Bidens tripartita</i> (가막사리)	3.1		
<i>Ludwigia prostrata</i> (여뀌바늘)	2.5		
Others(기타)	7.4		

다. 논 제초제 사용 현황

논 제초제 처리 횟수는 2회가 85.1%로 가장 많았으며, 3회 처리 11.7%, 1회 처리가 3.2%였다(그림 2a). Park 등(2007)에 의하면 경기지역 논 제초제 처리 횟수는 1회 처리는 38%, 2회 이상 처리는 62%로 조사되었다. 이와 비교하면 1회 처리는 크게 줄어들고 2회 이상 처리가 늘어난 것을 알 수 있다. 이는 올방개, 피 등 방제하기 어려운 잡초의 완전방제를 위하여 제초제를 체계처리하는 경향으로 판단되며, 1회 처리한 농가는 이앙 전에 40%, 초·중기(이앙 후 12일 이내)에 60% 처리한다고 하였다(Lee 등, 2001).

제초제 사용방법은 이앙전, 초·중기로 2회 처리한다는 응답자는 79.8%로 가장 많았으며, 이앙전, 초·중기 및 경엽으로 3회 처리가 14.9%, 이앙 초기와 중기 2회 처리는 3.2%, 이앙후 1회 처리가 2.1%로 나타났다. Lee 등(1998)의 보고에 따르면 잡초방제를 위한 제초제 살포시기는 이앙전 43%, 이앙 초기 41%라고 하였으며, 대부분의 논 제초제는 잡초발아 전 토양처리제로서 경운후 잡초발아전에 제초제를 살포하는 것이 이상적이나 잡초발생상황을 지켜본 다음에 제초제를 살포한다는 비율이 41%로 나타난 것은 일손 부족에 따라 사용 적기에 제초제 살포가 어려운 경우를 보여준다고 하였다.

동일제초제 연속사용에 대해서는 동일제초제를 3년 이하로 연용한다는 응답자가 73.4%로 가장 많았으며, 6년 이상 연용처리 13.8%, 4~5년 연용처리 12.8%로 조사되었다. 4년 이상 동일 제초제를 연용하는 농가가 26.6%라는 결과는 금후 이들 농가에서 SU계 제초제 저항성잡초의 발생 가능성이 높아 올바른 제초제 사용법에 대한 농가지도가 필요하였다(그림 2b).

선호하는 제초제 종류에 따라 제초제 처리시기를 분류한 결과, 초·중기처리 제초제가 64.9%로 가장 많았으며, 이앙전처리 제초제 31.8%, 경엽처리 제초제는 3.3%로

조사되었다. 제초제 사용종류는 총 239종이었으며 가장 많이 선호하는 제초제는 뷰타클로르 캡슐현탁제로 25.1%, 벤조비사이클론·펜트라자마이드·이마조선풀론 액상수화제 8.8%, 사이클로선풀루론·메페나셋 액상수화제 8.8%, 뷰타클로르 입제 5.9%, 옥사디아존 유제 5.9% 순이었다(표 2). Lee 등(1998)에 따르면, 1997년에는 뷰타클로르 입제가 25%, 피라조선풀루네칠·모리네이트 입제가 21%, 모리네이트·시노선풀론 입제 10%, 메페나셋·벤선풀론·다이르론 입제가 10% 등이었다. 뷰타클로르를 제외하고 14년이 지난 설문조사에서 큰 차이를 보이는 것은 벼 재배 양식 및 제초제 처리 방법의 변화에 그 원인이 있다고 생각된다. 당시 상위 10종 가운데 뷰타클로르 입제와 옥사디아존 유제 2종만이 현재도 많이 사용되어지고 있다. 또한 당시에는 10종 가운데 9종이 입제였으나, 지금은 입제 5종, 액상수화제 4종, 유제 1종이었다. 현재 상위 10종의 비율은 70.7%로, Lee 등(1998)이 보고한 81%보다 낮아 품목이 보다 다양해졌음을 알 수 있었다.

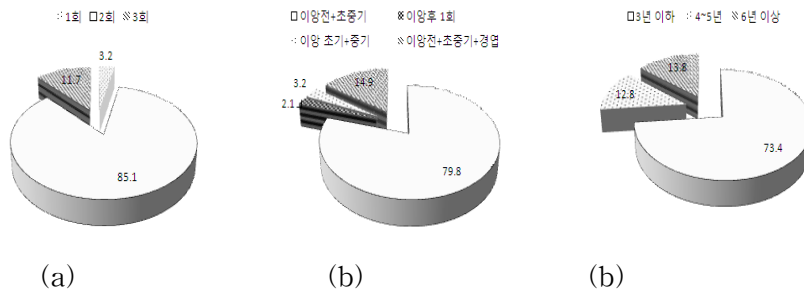


그림 2. 조사 농가의 제초제 사용횟수(a), 사용 방법(b), 동일 제초제 연용 횟수(b)

표 2. 주요 사용 제초제 비율

제 초 제	비율(%)
Butachlor 33% CS	25.1
Benzobicyclon+fentrazamide+imazosulfuron 11.5% SC	8.8
Cyclosulfamuron+mefenacet 22.2% SC	8.8
Butachlor 5% GR	5.9
Oxadiazon 12% EC	5.9
Benzobicyclon+penoxsulam SC	5.4
Mefenacet+pyrazosulfuron-ethyl 21.07% GR	3.3
Imazosulfuron+mefenacet 21.5% SC	2.9
Benfuresate+bifenox 6.5% GR	2.5
Benfuresate+bensulfuron-methyl	2.1
Others	29.3

라. Sulfonyurea(SU)계 제초제 저항성 논잡초 발생 현황

경기지역의 논에 발생하는 SU계 제초제 저항성 잡초종을 포트검정한 결과는 표 3과 같다. 지역별 SU계 제초제 저항성 잡초 발생률은 2~28%였으며, 가장 높은 발생률을 보인 지역은 이천으로 28%였고, 가장 낮은 발생률은 보인 지역은 양주, 고양, 시흥 지역으로 2%였다. 제초제 저항성 잡초종 가운데 발생률이 가장 많은 초종은 물달개비로 50.0%를 차지하였으며 다음은 올챙이고랭이 41.4%, 알방동사니 3.8%, 미국외풀 3.8%, 새섬매자기 1.0% 순이었다. 지역별 제초제 저항성 잡초 발생지역은 여주, 파주, 안성, 포천에서 물달개비, 올챙이고랭이 등 3종이 나타났다. 특히 서해안에 인접한 시흥은 새섬매자기 1종이 나타났다. 그러나, 가평은 다른 지역과는 달리 제초제 저항성잡초가 없는 것으로 나타났다.

표 3. 지역별 SU계 제초제 저항성 논잡초 발생률 및 발생 초종

지역	조사 필지	저항성 잡초		발생필지 내 저항성 잡초 종류					
		발생 필지	발생률 (%)	계	물달개비	올챙이고랭이	알방동사니	미국외풀	새섬매자기
화성	50	4	8.0	4	4	-	-	-	-
평택	50	3	6.0	3	1	2	-	-	-
여주	50	11	22.0	14	8	5	1	-	-
안성	50	8	16.0	9	5	1	-	3	-
김포	50	3	6.0	3	1	2	-	-	-
파주	50	9	18.0	10	8	1	1	-	-
연천	50	6	12.0	7	5	-	2	-	-
포천	50	8	16.0	10	3	6	-	1	-
양주	50	1	2.0	1	1	-	-	-	-
고양	50	1	2.0	1	1	-	-	-	-
양평	50	5	10.0	5	-	5	-	-	-
시흥	50	1	2.0	1	-	-	-	-	1
가평	50	0	0	0	-	-	-	-	-
이천	50	14	28.0	15	7	8	-	-	-
광주	50	9	18.0	9	8	1	-	-	-
용인	50	12	24.0	12	-	12	-	-	-
계	800	95		104	52	43	4	4	1
(%)			11.9	100	50.0	41.4	3.8	3.8	1.0

SU계 제초제 저항성 잡초 발생 예측면적을 조사한 결과는 표 4와 같다. 제초제 저항성 잡초 발생비율과 발생 예측면적은 2011년 13%, 8,336ha이며, 2012년 11%, 2,703ha로 조사되었다. 경기지역 16개 시군의 논 면적 88,702ha중 제초제 저항성잡초 발생 예측면적은 11,039ha인 것으로 추정되었다.

표 4. SU계 제초제 저항성 논잡초 발생 예측면적

년도	조사지역 재배면적 (ha)	저항성잡초 발생비율(%)	저항성잡초 발생 예측면적(ha)
2011	64,127	13.0	8,336
2012	24,575	11.0	2,703
계	88,702	-	11,039

4. 적 요

설포닐우레아(SU)계 제초제 연용에 의한 제초제 저항성 논잡초의 전국적 확산 방지를 위해 경기지역 SU계 제초제 저항성 논잡초 발생 농가 실태조사와 논토양에 대한 제초제 저항성잡초 포트 검정을 실시한 결과는 다음과 같다.

- 가. 농가 설문조사 결과, 경기지역 문제잡초는 약 15종으로 피(22.4%), 올방개(13.5%), 벧풀(12.6%), 올챙이고랭이(12.0%), 물달개비(9.2%), 올미(7.3%), 자귀풀(5.0%), 알방동사니(5.0%) 순으로 많이 발생하는 것으로 조사되었다.
- 나. 저항성잡초에 대한 설문조사에서 올챙이고랭이(12.8%), 물달개비(7.1%), 올미(5.0), 알방동사니(2.5%) 순으로 발생비율이 높아 토양시료 조사와 다소 차이를 보였으며, 특히 "발생이 없다"는 농가응답이 71.5%로 가장 높았다.
- 다. 조사대상 농가의 제초제 처리횟수는 "2회처리"가 85.1%, 제초제 사용방법은 "이양전처리+초·중기 제초제" 체계처리가 79.8%, 동일제초제를 "3년 이하 사용" 농가는 73.4%로 조사되었다.
- 라. 16개 시군의 조사대상 800필지의 논에서 채취한 토양시료를 SU계 제초제 저항성잡초 포트검정 조사한 결과, 저항성 잡초로 물달개비, 올챙이고랭이, 알방동사니, 미국외풀, 새섬매자기 등 5초종이 발생하였다.
- 마. 도내 조사면적 88,702ha 중 제초제 저항성 논 잡초 발생을 11.9%인 11,039ha은 SU계 제초제 저항성 논잡초 발생 예측면적이며, 초종별 발생비율은 물달개비 53.1%, 올챙이고랭이 34.3%, 새섬매자기 6.6%, 알방동사니 3.1%, 미국외풀 2.9%순으로 추정되었다.

5. 인용문헌

Heap, I. 1997. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. Pestic. Sci. 51:235-243.

Kim, K. U. 1988. Principles of Weed Control. Kyungpook National University Press. pp. 305-311.

Kim H.D., Y.H. Kim, Y.C. Ju, M.S. Sung, Y.J. Choi and D.W. Ree. 1992. The survey

of weed population distribution in Kyonggi area. Korean J. Weed Sci. 12(1):46-51.

Kim H.D., J.S. Park, K.K. Su, M.H. Moon, Y.C. Jo, K.Y. Park, Y.J. Choi, C.J. Yu, S.W. Shim and Y.D. Rho. 1997. Survey of weed population distribution and change of dominant weed species on paddy field in Kyonggi area. Korean J. Weed Sci. 17(1):1-9.

Lee I.Y., J.E. Park, T.S. Park, T.W. Kim and B.Y. Oh. 1998. Fact-finding survey on herbicide use in paddy rice at farmer's level. Korean J. of Pesticide Science 2(2):119-125.

Lee I.Y., J.E. Park, T.S. Park, S.T. Lim and B.C. Moon. 2001. Fact-finding survey on paddy, upland and orchard herbicides use at farmer's level. Korean J. Weed Sci. 21(1):58-64.

Park J.S., Y.C. Cho, S.W. Han, G.J. Lim, W.W. Lee, Y.C. Ju and Y.H. Kim. 2001. Weed population distribution and change of dominant weed species on paddy field in Kyonggi region. Korean J. Weed Sci. 21(4):320-326.

Park J.S., H.D. Kim, S.W. Han, J.H. Lee and J.H. Jang. 2007. Weed population distribution and change of dominant weed species in paddy field in Gyonggi region. Korean J. Weed Sci. 27(1):56-65.

Park, T. S. 2004. Identification of sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis*. Pesticide Sci.(in Korean). 8(4):323-237.

Park T.S., B.C. Moon and J.R. Cho. 2005. An overview of resistant weeds to sulfonylurea herbicides in rice field, Korea. Korean J. Weed Sci. 25(2):134-143.

6. 연구결과 활용제목

- 경기지역 제초제 저항성 논잡초의 초종별 점유율 및 방제방법(영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
경기도 제초제 저항성 논 잡초 발생 모니터링	책임자	농업기술원 환경농업연구과	농업연구사	원태진	세부과제총괄	'12
	공동연구자	"	농업연구사	노안성	생육조사	'10~'12
		"	농업연구사	장재은	생육조사	'10~'12
		"	농업연구관	박중수	결과검토	'10~'12
		"	김순재	시험자문	'12	