

## 중국 제초제 저항성 잡초 발생 현황 및 대책

吳明根<sup>1\*</sup>, 徐 鳳, 楊德亮, 楊 杰

## Herbicide Resistance Challenge in Paddy Field of China

Wu Minggen.<sup>1\*</sup>, Feng Xu, De Liang Yang and Jie Yang

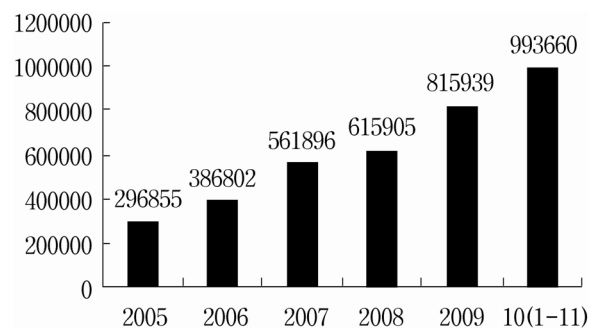
**ABSTRACT** China is one of most important countries for production and consumption of herbicide. Although the chemical weeding technology promoted the development of agricultural modernization in Chinese, it led to the negative effects to agriculture. In particular, the weeds resistant herbicide in paddy field had been serious challenge for safe production of rice. The chemical control technology for weed resistant herbicide with effective, low cost and safety characteristic will be key problem being solved in futhure.

**Key words:** China, herbicide-resistance; weed; paddy.

### 중국 제초제 생산현황

중국은 세계의 최대 제초제 생산단지, 판매시장 및 사용지역으로 부각되고 있다. 통계적으로 2000년 7월 까지 중국에 등록된 제초제 생산기업은 404개이었으나, 2010년 5월까지 851개로 증가되었다. 또 10년간 제초제 종류는 4배, 생산량은 5배 증가되었으며, 등록된 제초제 중 논 제초제가 가장 많아 약 40%를 점유하고 있다(그림 1, 표 1).

제초제 사용과 더불어 제초제에 의해 환경오염 등 여러 가지 문제점들이 표출되고 있으며, 그중 논에 발생되고 있는 제초제 저항성 잡초의 효과적인 방제가 쌀 안전생산에 있어서 시급히 해결할 문제로 부각되고 있다. 1991년 광둥성 논에서 butachlor 저항성 피류가 발견된 이래(Hung 1993) 제초제 저항성 잡초 발생 지역의 확대, 저항성 잡초종의 다양화, 교차저항성 생



**Fig. 1.** Change trend of herbicides production in China (Unit : M/T).

(Resource of data : Business information net news of China, 2011).

태형잡초 출현 등 심각한 문제로 되고 있으며, 사초과 잡초 및 잡초성 벼, 외래잡초 등 새로운 문제잡초를 포

<sup>1</sup> 중국 연변대학 농학원, 133002 중국 길림성 연길시 공원가(Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China).

\* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +86-433-2435566, Fax) +86-433-2435600, E-mail) 2819896@hanmail.net

(Received August 20, 2012; Examined August 26, 2012; Accepted September 3, 2012)

**Table 1.** Recent trend of kinds of herbicides and its production in China.

Herbicide	2010			Herbicide	2000		
	No. of factory	kind of registration	rank		No. of factory	kind of registration	rank
bensulfuron-methyl	201	482	1	bensulfuron-methyl	147	307	1
glyphosate	311	423	2	acetochlor	143	247	2
paraquat	248	265	3	butachlor	103	147	3
acetochlor	165	258	4	glyphosate	63	120	4
quizalofop-P-ethyl	186	226	5	metsulfuron-methyl	47	71	5
tribenuron-methyl	133	163	6	atrazine	54	80	6
atrazine	102	146	7	chlorsulron	22	35	7
nicosulfuron	143	145	8	chlorimuron-ethyl	20	33	8
haloxyfop-R-methyl	110	112	9	mefenacet	57	80	9
fomesafon	90	99	10	quizalofop-ethyl	34	53	10
fenoxaprop-P-ethyl	64	86	11	propisochlor	12	19	11
pendimetalin	81	83	12	glyphosate	11	17	12

(Resource of data : Business information net news of China, 2011)

괄한 효과적인 친환경 논잡초 방제기술체계 확립이 시급한 실정이다.

**제초제 저항성 논잡초 발생 현황**

*제초제 저항성 논잡초 발생지역의 특징*

중국의 제초제 사용은 1963년 농지자원이 풍부한 黑龍江省 延壽縣을 시작으로 북으로부터 남으로 보급되었다(王 2004). 제초제 저항성 논잡초의 출현은 남으로부터 북으로, 논으로부터 밭으로, 경제여건이 좋은 지역으로부터 발생 및 전파되어 가고 있다.

제초제 저항성 논잡초 생태형의 변이 및 출현은 잡초개체의 자연적 돌연변이와 제초제 사용에 기인한 것으로서 제초제의 작용특성, 사용방법과 잡초종의 생물학적 특성과 관련있다. 중국 남부지역 논 제초제 저항성잡초 초기 출현 원인은 연중 2~3모작하면서 동일 제초제의 고빈도 사용으로 본다. 1991~1993년 廣東省, 湖北省, 遼寧省 논에서 출현된 저항성 논잡초종으로는 butachlor 저항성 피류이었으며, 저항성 정도 (IR<sub>50</sub>/IS<sub>50</sub>)는 2모작 지역에서 1모작 지역보다 컸고, 3년 후 IR<sub>50</sub>/IS<sub>50</sub> 값은 2배 이상 증대되었다(Wu 2006). 1989년 quinclorac이 등록되면서 1995년을 전후하여 남부 직파재배 논과 이랑 논 중기 경엽처리로 대량 사용되었다. 2004년 호남지역을 시작으로 quinclorac 저항성 생태형 피류(Wu 2006)와 드렁새가 속속 출현되

고 있으며, 지역에 따라 IR<sub>50</sub>/IS<sub>50</sub> 값은 다양한 차이를 보이고 있다. 남부지역 논에서 sulfonylurea계 제초제 사용 시작은 1995년 전후이며, sulfonylurea계 저항성 잡초종으로는 물달개비가 많이 발생되고 있다(Wu 2006).

연중 휴경기가 긴 동북지역에서는 비록 남부지역보다 제초제 사용 역사가 오래 되었지만 제초제 저항성 생태형 잡초 출현은 늦었다. 그러나 21세기 초반부터 물옥잠, 벼풀, 피 등 저항성 생태형 잡초가 급속히 출현되고 있으며(Wu 등 2005), 저항성 생태형으로 추정되는 가막사리, 쇠털골, 세모고랭이, 올챙이고랭이 등 여러 잡초종류가 있고 이들의 제초제 저항성 특징도 남북지역과는 미세한 차이를 보고 있다.

2003년 현재, 吉林省 주요 벼 재배지역의 제초제 저항성 논잡초 발생현황을 조사한 결과(Wu 등 2007a; Wu 등 2007b), 피, 물옥잠, 벼풀을 위주로 하는 제초제 저항성 생태형이 출현되었고 발생면적도 조사면적의 약 30~40%로 발생밀도 및 피해상황이 심각하였다. 2011~2012년도 연변지역에서 1차 제초제 처리로 butachlor+bensulfuron(또는 pyrazosulfuron)을 사용한 지역의 60개점을 선택하여 발생한 피, 물옥잠, 벼풀(종자 또는 생체)을 채취하여 표준량 3배 처리로 제초효과를 조사한 결과, 피는 butachlor와 quinclorac 처리에서 고사되지 않은 sample 비율이 각각 10%, 24%였고,

**Table 2.** Effect of bensulfuron and pyrazosulfuron on the ALS activity between resistant and susceptible biotypes of *M. korsakowii* and *S. trifolia*.

Herbicides	Biotype of weed	Virulence regress equation	R(I <sub>50</sub> )/S(I <sub>50</sub> )
Bensulfuron	<i>M. korsakowii</i> (R)	y = -11.558x+100.90	90.6
	<i>M. korsakowii</i> (S)	y = -20.439x+100.01	
	<i>S. trifolia</i> (R)	y = -12.599x+101.23	57.3
	<i>S. trifolia</i> (S)	y = -22.648x+102.27	
Pyrazosulfuron	<i>M. korsakowii</i> (R)	y = -9.8577x+101.81	86.5
	<i>M. korsakowii</i> (S)	y = -15.827x+102.53	
	<i>S. trifolia</i> (R)	y = -13.798x+97.61	20.0
	<i>S. trifolia</i> (S)	y = -21.018x+95.16	

물옥잠과 벧풀은 bensulfuron 처리에서 고사되지 않은 sample 비율이 각각 75%, 67%이었다.

#### 저항성 제초제 논잡초 종류 및 특성

남부지역 피류와 드렁새는 주로 butachlor와 quinclorac에 대해 저항성을 보이고 있으며, 벼 직파 논에서 IR<sub>50</sub>/IS<sub>50</sub> 값은 최고 511로 나타났다(王 2004). Sulfonylurea 저항성 논잡초 물달개비 경우, bensulfuron 표준 사용량의(15 g a.i ha<sup>-2</sup>) 약 3배 정도에서 방제가가 85%이므로 북방지역의 bensulfuron 표준사용량(45~50 g a.i ha<sup>-2</sup>)을 감안하면 저항성 값은 높지 않는 수준이다.

북방지역 논에서 사용되는 1차 토양처리 제초제 주 품목으로는 acid amide계의 butachlor(또는 mefenacet, pretilachlor)와 sulfonylurea계의 bensulfuron(또는 pyrazosulfuron) 혼합 처리제이다. 1차 토양처리에서 피는 butachlor에 비록 강한 저항성을 보이지 않지만 표준사용량 범위에서 완전 고사가 불가능하여 중·후기 경엽 처리로 quinclorac를 사용하고 있다. 2000년을 전후로 quinclorac 저항성 생태형피의 출현을 시작으로 저항성 생태형 피류의 발생면적이 급속히 확대되어 2008년부터 penoxsulam, cyhalofop 및 metamifop 등 중·후기 피류 방제용 제초제를 도입하여 quinclorac 저항성 생태형 피의 방제용으로 사용하고 있다.

과거 1차 토양처리제로 방제가 가능했던 물옥잠, 벧풀 등 sulfonylurea 제초제에 감수성을 보였던 잡초종들이 2002년을 전후로 대량 발생되어 2차 경엽처리가 불가피한 실정이다. 2004~2006년도 저항성 생태형 물옥잠과 벧풀 ALS의 제초제 bensulfuron, pyrazosulfuron

에 대한 저항성 정도를 분석한 결과, IR<sub>50</sub>/IS<sub>50</sub> 값은 20~90배(Wu 등 2007a; Wu 등 2007b), ALS 아미노산 저항성 변이는 Thr.(324)가 Ala.(324)로 치환된 변의체도 있었다(Wu 등 2010). 비록 sulfonylurea계 bensulfuron과 pyrazosulfuron 두 제초제에는 교차저항성을 보였지만 penoxsulam 제초제에는 감수성을 보여(Wu 등 2005), sulfonylurea계 저항성 생태형 물옥잠과 벧풀 방제에 기타 ALS 활성억제제가 가능함을 시사하였다. 그러나 2010년부터 penoxsulam 제초제의 방제효과도 사용 초기보다 저조하다는 사례가 많아지고 있는 가운데 중·후기 사초과잡초 및 제초제 저항성 광엽잡초 방제용으로 MCP 또는 bentazone을 다시 선호하는 농가가 증가하고 있다.

#### 제초제 저항성 논잡초 방제대책 사고

효과적인 논 제초제 저항성잡초 방제에 관한 연구는 많이 있지만 효과적인 방제기술보급 속도가 아직까지 제초제 저항성 논잡초 발생속도를 초과하지 못하고 있는 실정으로 쌀 안전생산에 큰 영향을 주고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 아래와 같은 연구와 기술보급이 시급하다고 본다.

(1) 전반적인 저항성 논잡초 동정이다. 제초제 표준량 사용시 새로 문제가 되고 있는 잡초종 발생정보를 체계적으로 수집하는 것이다. 즉 지역별 저항성 논잡초 분포, 발생정도 저항성 특징 및 쌀 생산에 미치는 영향 등 정보망을 구축하는 것이 시급하며, 간편하고 실용적인 제초제 저항성잡초 식별기술을 개발 및 보급하여 농가에서도 제초제 저항성 특성을 파악하고 자체적으로 방제할 수 있도록 지도해야 한다.

(2) 효과적인 저항성 잡초방제기술 확립이다. 제초제 저항성 논잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 제초제 개발, 선발과 실용적인 방제기술체계 확립이 시급하다. 특히 복합적인 저항성잡초 발생지역에 1회 토양처리로 여러 종의 저항성잡초 방제가 가능한 wide spectrum 혼합제 생산 및 사용기술 개발이 필요하다. 현재 많은 농가에서 제초제 저항성에 대한 인식이 결핍할 뿐만 아니라 제초제 판매상도 제초제 저항성잡초의 특징을 파악하지 못하고 무분별 혼합제 사용을 선호하고 있다. 2012년 연변지역 논 제초제 사용현황 조사에서 제초제 저항성 생태형잡초가 발생되고 있는 지역 논에 후기 경엽처리로 quinclorac+penoxsulam, quinclorac+cyhalofop, quinclorac+bensulfuron(또는 pyrazosulfuron) 등 여러 가지 혼합제가 판매되고 있으며, quinclorac+penoxsulam+cyhalofop 3종 제초제 혼합처리하는 농가도 있었다.

(3) 저항성 논잡초 출현 예방과 발생원을 차단하는 제초제 저항성잡초 방제체계의 확립이 필요하다. 제초제 저항성잡초의 번식방식 및 확산경로가 다양하며 수시로 비농경지로의 확산과 논으로의 재전파도 가능하므로 저항성잡초 발생원 제거와 전파경로 차단 조치 및 저항성잡초 출현을 예방할 수 있는 제초제 사용기술 보급을 저항성잡초 방제에 있어서 근본적인 방제대책으로 강구해야 한다.

현재 논잡초의 제초제 저항성 돌연변이 기작 등 학술상의 연구는 많이 수행되고 있는 실정이지만 효과적인 실용기술 개발 및 기술보급이 시작에 불과하며, 저항성잡초로 인한 벼 수량감소, 방제비용증대, 환경오염 심화 및 농약잔류문제가 쌀 안전생산에 있어서 시급히 해결할 과제로 제기되고 있다.

## 인용문헌

- Huang, B. Q. 1993. Study on the resistance of barnyardgrass to butachlor. Pesticide and Administration. China 1:18-20.
- Wu, S. G. 2006. Study on the resistance of barnyard grass to quinclorac in paddy field of the middle and lower Yangtse valley in China(M). University of Nanjing.
- Wu, M. G., Cao, F. Q., Du, X. J., Cui, X. H. and Wu, S. Q. 2005. Study proceeding on resistant weed and introduced weed of Yanbian rice area. Weed Sci. China 82(1):8-11.
- Wu, M. G., Cao, F. Q. and Liu, L. 2007a. Effect of sulfonylurea herbicides on the acetolactate synthase activity between resistant and susceptible biotypes of *Monochoria korsakowii*. Acta Phytolacica sinica. China 34(5):545-548.
- Wu, M. G., Wu, S. Q., Piao, Fu, M. J. and Cao, F. Q. 2007b. Effect of sulfonylurea herbicides on acetolactate synthase activity of resistant and susceptible biotypes of arrowhead (*Sagittaria trifolia* L. var. *longiloba* Turcz.). Agrochemicals China 46(10): 701-703.
- Wu, M. G., Wu, Zheng, C. Z. and Li, X. J. 2010. Mutation Point of ALS gene of resistance to sulfonylurea in *Sagittaria trifolia* L. var. *longiloba* Turcz. Jingshu Journal of Agricultural Sci. China 26(1):222-223.
- 王險峰. 2004. 중국 화학 제초 50년 역사와 발전전망. 제7기 중국잡초학회 논문집. pp. 4-18.