

湛水 · 乾畚直播 벼栽培에서 雜草의 發生特性 및 效果的인 雜草防除

金顯浩* · 李舜葵* · 李在哲* · 宋寅萬* · 申喆雨* · 文昌植* · 卞鍾英**

Weed Infestation and Effective Weed Control in Direct-Seeded Rice

Kim, H.H*., S.G. Lee*, J.C. Lee*, I.M. Song*, C.W. Shin*, C.S. Moon* and J.Y. Pyon**

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate weed infestation and to determine effective weed control methods in direct-seeded rice.

Twenty two weed species occurred in dry- and water-seeded rice, which was mainly composed of annual weeds. Dominant weed species in dry-seeded rice were *Cyperus difformis*, *Echinochloa crus-galli*, *Aneilema keisak* and *Digitaria sanguinalis* in descending order. Dominant weed species in water-seeded rice were *E. crus-galli*, *C. difformis*, *Monochoria vaginalis* and *Scirpus juncooides*. *E. crus-galli* emerged at 7 days after sowing. In water-seeded rice, *E. crus-galli* emerged at 5 days after sowing, and *M. vaginalis*, *S. juncooides* and *C. difformis* at 8~10 days after sowing. Mean days to emerge important weeds was 20 days in dry-seeded rice and 13 days in water-seeded rice.

Leaf development of weeds was faster than that of rice in dry-seeded rice. In water-seeded rice, *E. crus-galli* was more vigorous than rice, but leaf development of other weeds were slower than that of rice.

Changes in number of weeds and dry weight of weed species varied depending upon weed species in the direct-seeded rice. Dry weight of weeds were increased greatly from 30 days to 60 days after sowing in dry-seeded rice. Number of weeds tended to increase up to 40 days after sowing drastically, and then trend of the increase was dull thereafter. Dry weight and number of weeds increased up to 20~60 days after sowing in water-seeded rice.

Most effective herbicide treatments was foliar application of cyhalofop/bentazon at 20 days after sowing followed by fenoxaprop/bentazon at 45 days after sowing in dry-seeded rice. All herbicide treatments except foliar applications were very effective to control weeds in water-seeded rice. Slight phytotoxicity was observed in foliar applied fenoxaprop/bentazon at 45 days after sowing in water-seeded rice, but it did not affect rice yield.

Key words : Direct-seeded rice, weed infestation, weed control, herbicide, phytotoxicity.

* 충남농촌진흥원 (Chungnam Provincial Rural Development Administration, Taejon 305-313, Korea)

** 충남대학교 농과대학 (Department of Agronomy, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

〈98. 2. 4 접수〉

서 론

최근 우리나라 벼농사는 농촌노동력의 질적, 양적 저하로 생산비절감을 위한 생력재배법이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 또한 UR협상과 WTO출범으로 쌀 수입이 부분적으로 허용되고 있으며 2004년에는 다시 수입물량에 대해 재 협상하기로 되어 있어 쌀 농사는 국내 외적으로 어려운 상황에 처하여 있다.

따라서 쌀의 국제경쟁력 제고를 위해서 생산비를 획기적으로 줄일 수 있는 직파재배 기술이 개발되어 최근 농가에 보급된 이래 전국의 벼 직파재배 면적은 1993년에 7,573ha로 벼 재배면적의 약 0.8%정도를 차지하였으나 1996년에는 110,365ha로 급격히 증가되었고, 앞으로 도 증가될 추세에 있으나 입모확보, 잡초방제, 도복, 미질 저하 등이 문제이며 특히 잡초방제가 가장 어려운 문제로 대두되고 있다.^{2,7,9,11)}

현재 우리나라에서 실용화되고 있는 직파재배 방법은 담수직파와 건담직파재배로 대별되는데, 담수직파재배는 담수표면산파, 무논골뿌림재배로 구별되어 재배하고 있다. 그러나 벼 직파재배는 기존의 기계이앙재배 논과는 달리 논 잡초의 발생량이 많고 잡초발생 시기의 폭이 넓어 잡초군락에 큰 변화를 가져와 벼 배재상 관리문제 뿐만 아니라 쌀 수량에도 영향을 미쳐 감수는 물론 미질에도 나쁜 영향을 미친다.^{7,8,11,19)}

직파재배 논에서는 잡초발생량 뿐만 아니라 발생하는 초종이 다양하고 그 수가 많아 더욱 방제가 어렵다. 특히 건담직파재배는 파종후 30일까지는 건담상태로 유지되므로 이기간에는 이앙재배에서 좀처럼 발생하지 않는 바랭이, 명아주, 냉이, 자귀풀 등과 같은 비수생잡초 들이 피와 함께 발생 우점하며, 입모후 담수상태로 유지되면서 일반 논 잡초들이 출현하게 되어 제초제를 2회 체계처리하여야만 잡초를 효과적으로 방제할 수 있다.^{2,6,7,11,13,15)}

한편, 벼 재배양식이 기존 이앙재배에서 직파재배로 변화됨에 따라 잡초발생 초종에도 큰 변화를 가져왔는데, 특히 피 다음으로 주목하

여야할 문제잡초는 잡초성벼(앵미, weedy rice, red rice)의 출현으로 이에 대한 생리·생태 및 방제에 대한 연구는 최근에 보고^{1,8,9,14,16,17,20,21)}되고 있지만 아직도 미흡한 실정이다.

현재 건담직파논에 고시된 제초제는 Butachlor 입제, Chlornitrofen유제로 토양처리제이며, 경엽처리제로서는 Propanil 혼합제 4종, Cyhalofop-butyl 혼합제 3종, Fenoxaprop-P-ethyl/bentazon 액제와 Pyribenzoxim유제 등이며, 담수직파에서 사용할 수 있는 제초제는 Molinate/pyrazosulfuron-ethyl입제의 14종으로 건담직파용보다 제초제 종류도 더 많고 담수직파가 건담직파보다는 잡초방제 측면에서 더 용이하다고 할 수 있다.

벼 건담직파 논에서 효율적인 잡초방제를 위해 체계처리 방법에 대해 많은 연구^{2,7,9,11,13,15)}가 이루어졌는데, 파종후 입모되기전 비선택성 제초제 또는 파종후 15일 경에 토양 및 경엽처리용 혼합제를 살포하고 파종후 30~35일 후에 경엽처리제를 살포하는 체계처리가 잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 직파재배시 초기에 발생되는 주요 초종을 파악하고 후기 경엽처리용 제초제를 이용한 잡초방제 체계를 확립하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 시험은 1996년 충남농촌진흥원 시험포장에서 수행하였으며 공시품종은 화남벼를 공시하여 건담직파와 담수표면직파로 나누어 실시하였다.

건담직파는 화남벼 종자를 10a당 5kg으로 5월 6일에 조간 30cm 간격으로 줄뿌림하였으며, 질소는 성분량으로 15kg/10a을 기비 : 분얼비 : 이삭거름으로 각각 40-30-30%로 분시하였고 인산은 9kg/10a를 전량 기비로, 염화加里는 11kg/10a를 기비 70%와 이삭거름 30%를 각각 사용하였다.

담수표면산파는 최아된 화남벼 종자 4kg/10a를 씨레질 2일후 담수된 상태에서 손으로 산파하였고 질소는 성분량으로 11kg/10a를 기비

: 분얼비 : 이삭거름으로 50-20-30%로 분시하였고, 인산은 7kg/10a를 전량 기비로, 염화가리는 8kg/10을 기비 70%와 이삭거름 30%를 각각 사용하였다.

잡초발생 및 초기 잡초경합 정도는 제초제 무처리구에서 파종후 10일부터 60일까지 10일간격으로 50×50cm 크기의 quadrat를 이용하여 초종별 본수, 건물중을 2회 조사하여 1m² 환산하였으며 직파재배 잡초방제 체계시험은 건답직파의 경우 1차→2차 체계 처리를 토양→수면, 경엽→수면, 경엽→경엽처리하였고 담수표면 산파에서는 수면→수면, 수면→경엽, 경엽→경엽과 같이 체계처리하였으며 공시 제초제와 처리시기 및 약량은 표 1과 같다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 약효평가는 파종후 30, 60일에, 약해는 약제 처리후 10, 20일후에 생육조사와 달관 평가하였으며 제초제 처리에 따른 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 준하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 잡초발생 특성

직파재배논에서 발생하는 잡초종류 및 발생

량은 파종방법, 전년도 재배방법, 직파재배의 연속재배 유무, 토양월동 잡초종자 및 피경분포에 따라 크게 차이가 있는데, 특히 건답직파재배에서는 파종후 30~40일간 발상태로 유지되기 때문에 피, 바랭이, 강아지풀, 속속이풀 등과 같이 발잡초가 많이 발생하며,^{1,2)} 김 등^{7,9,10,12,16)}은 이러한 잡초들은 C₄ 식물이기 때문에 C₃ 식물인 벼보다 광합성 능률이 높아 생육량이 많고 벼와 경합에서 쉽게 벼의 생육 및 수량에 큰 영향을 준다고 보고한 바 있다.

벼 건답직파재배와 담수표면산파재배시 주요 우점초종과 이들 초종의 출현기를 조사한 결과(표 2), 건답직파논에서는 피가 파종후 7일만에 가장 먼저 출현되었는데 이는 벼가 출현된 시기인 파종후 10일보다 3일정도 빠른 시기였으며, 다음으로 바랭이는 파종후 10일로 벼의 출현시기와 비슷하였고, 나머지 초종들은 파종후 16~30일 사이에 출현되었다.

건답직파논에서 발생하는 주요 초종들의 평균 출현시기는 파종후 20일경으로 이 시기에 잡초와의 경합이 시작되었다. 이 결과는 박 등¹³⁾이 잡초 건물중 및 잡초 초장으로 분석한 벼와 잡초 경합의 결과와도 일치하는 경향이었다.

담수표면산파에서는 주요 초종들이 건답직파보다 빨랐는데 이는 발아에 필요한 수분과

Table 1. Application rates and time of herbicides tested in direct-seeded rice.

Herbicides	Rate (g ai/ha)	Application time (DAS)
Dry paddy fields		
Pendimethalin/molinate fb cyhalofop/pretilachlor/bensulfuron	275 fb 51.9	5 fb 35
Pendimethalin/propanil fb pyrazosulfuron/thiobencarb	250 fb 152.1	15 fb 35
Cyhalofop/pendimethalin fb benfuresate/bensulfuron	149 fb 48	15 fb 45
Cyhalofop/bentazon fb fenoxaprop/bentazon	195 fb 153	20 fb 45
Pendimethalin/propanil fb pyribenzoxim	250 fb 3.0	15 fb 45
Flooded paddy fields		
Pyrazosulfuron/molinate/simetryn fb cyhalofop/pretilachlor/bensulfuron	161.1 fb 51.9	10 fb 35
Bensulfuron/molinate fb pyrozosulfuron/ benthicarb	155.1 fb 152.1	15 fb 35
Cyhalofop/molinate/azimsulfuron fb cyhalofop/bentazon	109.5 fb 195	15 fb 45
Cyhalofop/bentazone fb fenoxaprop/bentazon	195 fb 153	25 fb 45

Table 2. Emergence and dominance of weeds occurred in direct-seeded rice.

Weed species	Dry-seeding				Water-seeding			
	Emergence date	No. of weed/m ²	Dry weight (g/m ²)	Dominance (%)	Emergence date	No. of weed/m ²	Dry weight (g/m ²)	Dominance (%)
<i>Echinochloa crus-galli</i>	June 6	29	76.5	24.8	May 20	119	433.9	81.3
<i>Cyperus difformis</i>	May 22	544	87.4	28.3	May 25	129	36.3	6.8
<i>Cyperus serotinus</i>	June 1	85	43.3	14.0	June 1	6	3.04	0.6
<i>Aneilema keisak</i>	June 15	68	19.5	6.3	May 29	28	3.1	0.6
<i>Digitaria sanguinalis</i>	May 25	33	16.9	5.5	-	-	-	-
<i>Rorippa islandica</i>	June 5	9	12.6	4.1	-	-	-	-
<i>Bidens tripartita</i>	June 10	3	12.2	4.0	-	-	-	-
<i>Scirpus juncoides</i>	June 12	94	9.7	3.1	May 24	88	18.7	3.5
<i>Eragrostis mulicaulis</i>	June 13	48	6.5	2.1	-	-	-	-
<i>Ludwigia prostrata</i>	June 5	11	3.7	1.5	June 5	2	0.38	0.1
<i>Fimbristylis miliacea</i>	June 4	63	4.7	1.2	-	-	-	-
<i>Eleocharis kurguwai</i>	June 14	12	0.9	0.3	June 3	7	1.74	0.3
<i>Monochoria vaginalis</i>	June 12	24	0.9	0.3	May 23	88	33.9	6.4
Others	-	94	13.8	4.5*	-	24	2.94	0.4**
Sum	-	1,117	308.6	-	-	491	534	-

* *Lindernia micrantha*, *Cardamine lyrata*, *Lindernia procumbens*, *Poa sphondylodes*, *Chenopodium album*, *Rotala indica*, *Portulaca olerace* *Cyperus orthostachyus*, *Scirpus fluviatilis*

** *Scirpus fluviatilis*, *Lindernia procumbens*, *Rotala indica* *Lindernia micrantha*

담수에 의한 온도상승 효과로 생각되며 주요 발생잡초중 피가 파종후 5일에 출현되어 가장 빠르고 물달개비, 올챙이고랭이, 알방동사니가 파종후 8~10일에 출현되었으며 나머지 주요 초종들은 파종후 15~20일 사이에 출현되었다.

담수표면직파논에서의 주요 잡초들의 평균 출현시기는 파종후 13일경으로 건답직파보다 약 7일정도 빠른 시기인데 이는 잡초와의 결합시기도 건답직파보다는 빠르게 시작된다는 것을 의미하고 있다. 담수직파에서 사용되는 대부분의 등록약제는 파종후 10일에 처리되는 것을 감안할 때 일찍 발생하는 잡초에 대해서는 제초효과가 다소 미흡할 수 있다는 점을 시사하고 있었다.

건답직파재배논에서 우점초종은 알방동사니(28.3%), 피(24.8%), 너도방동사니(14%), 담수표면산파에서는 피(81.3%)가 완전 최우점초종이었고 알방동사니(6.8%), 물달개비(6.4%), 올챙이고랭이(3.5%)순이었으며, 건답직파재배시 발생된 잡초는 총 22종으로 담수표면산파재배의

12종보다 많았는데 이는 이미 잡초생태 연구가들에 의해 보고된 결과^{3,4,5,13,15)}와도 일치하는 것으로 특히 건답직파재배에서 발생되었던 초종중 비수생잡초인 바랭이, 가막사리, 속속이풀, 쇠비름, 포아풀, 명아주의 출현이 앞으로 더욱 문제잡초로 대두될 수 있을 것으로 생각된다.

직파재배 유형에 따라서 초기 잡초와의 결합을 좀더 구체적으로 검토하기 위해 파종후 주요 잡초들과 벼와의 경시적인 잎의 발달을 조사한 결과(Fig. 1, 2), 건답직파에서는 파종후 10일까지는 피, 바랭이가 벼보다 일찍 출현되어 잎의 발달이 빨랐고, 생육이 진전됨에 따라 그 차이는 더욱 커져 최고분얼기인 파종후 60일에서는 벼보다 1.5~2.5엽이 더 발달된 결과를 보였고, 비교적 출현이 늦었던 올챙이고랭이, 너도방동사니는 파종후 20일까지는 잎의 성장보다 늦었지만, 파종후 30일부터 급격히 성장하여 파종후 60일에서는 벼보다 1엽정도 더 발달되었으며, 올챙이고랭이의 경우는 40일

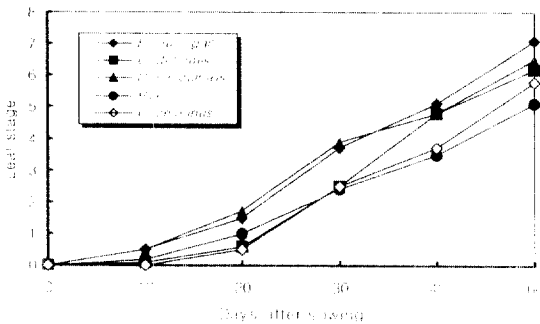


Fig. 1. Growth of important weeds and rice at early growth stage in dry-seeded rice.

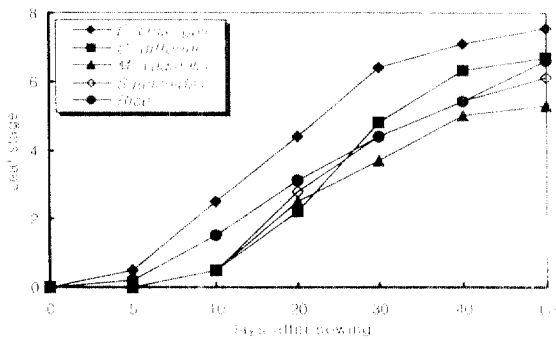


Fig. 2. Growth of important weeds and rice at early growth stage in water-seeded rice.

까지는 벼와 비슷한 일의 성장을 보이다 파종 후 60일에서는 0.8엽의 차이를 나타냈다.

남수표면산과에서 주요 초종의 일의 성장우 건담직파재배와 양상이 다소 다른 결과를 보였는데, 피의 발생이 빨라 파종후 5일부터 60일까지 일의 생장이 벼보다 왕성하였고 나머지 초종들은 파종후 20일까지는 벼보다 일의 전개가 늦었으며, 파종후 30일부터 알방동사니 일의 전개가 벼보다 조금은 빨랐으나 파종 60일에서는 벼와 같은 일의 수를 보였으며 물달개비, 올챙이꼬랭이는 그때까지도 벼보다 일의 생육이 다소 늦은 경향을 보였다.

이와 같은 결과는 직파재배에서 가장 분해 잡초로 인식되는 피가 분수 및 무게 뿐만 아니라 출현시기가 빠르고 성장, 발육면에서 벼와의 경합에 치명적인 해를 줄 수 있다는 점을 시사하고 있었다.

건담직파재배에서 잡초의 발생 개체수와 건물중을 생육성과 시기별로 조사한 결과를 표 3

에서 보면 건담직파논에서는 파종후 60일에 발생초종 22종중 알방동사니, 올챙이꼬랭이, 너도방동사니, 사마귀풀, 바람하늘지기 등의 잡초가 높은 발생밀도를 보여 허^{4,5)} 등이 보고한 결과와도 유사한 경향이며, 그 다음으로 비노리, 바랭이, 마디꽃, 피 등이 높았고 그 외 잡초들은 낮은 밀도를 보였으며 건물중도 발생밀도와 같은 경향을 보였는데 피는 개체당 건물중이 높아 발생밀도는 낮았지만 건물중으로 본 우점도는 두번째로 높았다.

파종후 생육이 진전됨에 따라 주요 초종들의 발생분수는 증가하는 경향이었으나, 가막사리, 속속이풀, 비노리, 여뀌 등은 개체수의 변화가 완만하였고, 피의 경우 파종후 30일까지 증가하다 그후는 변화가 거의 없었으며 주요 초종의 건물중 변화에 있어서도 파종후 30일 이후부터 60일까지 급격히 증가하였는데 허⁴⁾이 잡초건물중 변화를 조사한 결과에서도 파종후 30일 이후 점차 증가하다 파종후 45~90일 사이에 증가하여 벼와의 경합이 강해질 것이라고 보고한 결과와 경향은 유사하였지만 경합 기간에 있어서 약간 상이하였는데 이는 본 시험에서 마지막 조사시기가 벼 최고분얼 기경인 파종후 60일인데서 비롯된 결과라고 생각된다.

남수표면직파재배에 있어서 각 초종의 개체수 및 건물중 변화를 조사한 결과(표 4), 건담직파에서의 양상과는 다르게 나타났는데, 파종후 토양조건이 건담직파와는 달리 남수조건하에 있으므로 잡초의 발생 및 성장속도가 빠르기 때문에 벼와의 경합이 조기에 시작된다고 할 수 있다.

남수표면산과에서는 벼 이앙답에서 보통 발생되는 일반 수생잡초들이 발생되었는데 특히 피, 알방동사니, 물달개비, 올챙이꼬랭이의 발생밀도가 높았으며, 파종후 20일부터 그 개체수가 급격히 증가하여 파종후 40일까지 증가한 다음 그 이후부터는 증가 정도가 완만한 결과를 나타냈다. 각 초종별 건물중 변화에 있어서도 피의 경우 파종후 40일까지 급격히 증가한 다음 그 이후부터는 증가 경향이 완만하

Table 3. Changes in weed growth in direct-seeded rice in dry paddy fields.

Weed species		Days after sowing				
		10	20	30	40	60
<i>E. crus-galli</i>	Number of weeds*	3.2	8.0	23.3	19.4	29
	Dry weight**	0.18	3.92	11.9	30.7	76.5
<i>C. difformis</i>	Number of weeds	-	68	288	512	544
	Dry weight	-	1.45	8.94	61.4	87.4
<i>C. serotinus</i>	Number of weeds	-	8.3	20.9	68.2	85
	Dry weight	-	1.1	3.0	20.5	43.3
<i>A. keisak</i>	Number of weeds	-	-	1.7	59.2	68
	Dry weight	-	-	0.08	12.4	19.5
<i>D. sanguinalis</i>	Number of weeds	4	9	15.8	26.3	33
	Dry weight	0.21	1.19	2.64	7.92	16.9
<i>R. islandica</i>	Number of weeds	-	2	7.7	8.2	9
	Dry weight	-	0.45	1.73	6.38	12.6
<i>B. tritartita</i>	Number of weeds	-	-	1.0	3.0	3.0
	Dry weight	-	-	2.01	7.4	12.2
<i>S. juncooides</i>	Number of weeds	-	-	30	87.2	94
	Dry weight	-	-	0.53	6.12	9.7
<i>E. mulicaulis</i>	Number of weeds	-	-	45	41.4	48
	Dry weight	-	-	3.34	3.54	6.5
<i>L. prostrata</i>	Number of weeds	-	3.1	6.7	9.5	11
	Dry weight	-	0.08	0.18	2.19	3.7
<i>F. miliacea</i>	Number of weeds	-	9.3	35.8	59.2	63.0
	Dry weight	-	0.09	0.32	2.96	4.7
<i>R. indica</i>	Number of weeds	-	-	4.2	9.2	38
	Dry weight	-	-	0.31	2.76	3.57
Others (10 species)	Number of weeds	4.5	8.2	39.2	75.9	128
	Dry weight	0.11	0.42	0.73	11.01	12.21

* Number/m² ** g/m²

였으며, 알방동사니는 파종후 30일까지 큰 변화는 없었지만, 파종후 40일 이후 급격히 증가하는 경향을 보였다.

위의 결과를 토대로 잡초방제측면과 연관시켜 볼 때 건답직파에서는 발생초종이 다양하고 발잡초까지 발생되어 초기에 잡초를 방제하고 파종후 30일부터는 잡초본수 및 건물중이 증가되기 때문에 이 시기에 체계처리하여 잡초를 방제할 수 있는데 이 시기를 놓쳐 잡초를 방제하지 않으면 벼 생육 및 수량에 막대한 피해가 초래될 수 있을 것으로 생각된다.

또한 담수직파에서는 발생 잡초종류는 건답직파보다 적었지만 발생시기 및 성장속도가 빨라 초기에 일발처리 제초제로서 잡초방제가 가능하고 잔존잡초에 대해서는 후기경엽처리에 의한 방제가 가능할 것으로 생각된다.

2. 제초제 처리에 따른 잡초방제효과

건답직파재배시 1차처리한 제초제 Pendimethalin/molinate의 3종약제를 처리하고 파종후 30일에 조사한 결과, 잡초방제 효과는 일년생잡초에서는 93~99%의 높은 방제효과를 보인 반

Table 4. Changes in weed growth in direct-seeded rice in flooded paddy fields

Weed species		Days after sowing				
		10	20	30	40	60
<i>E. crus-galli</i>	Number of weeds*	24	89	125	109	119
	Dry weight**	1.84	37.4	70.6	398	434
<i>C. difformis</i>	Number of weeds	8.4	76	110	132	129
	Dry weight	0.14	1.08	3.28	34.2	36.3
<i>M. vaginalis</i>	Number of weeds	14.2	39	51.7	91	88
	Dry weight	0.06	0.84	1.54	25.4	33.98
<i>S. juncooides</i>	Number of weeds	16.2	87	103	70	88
	Dry weight	0.08	1.01	2.96	14.1	18.7
<i>A. keisak</i>	Number of weeds	-	0.3	0.8	15	28
	Dry weight	-	0.01	0.03	1.54	3.1
<i>C. serotinus</i>	Number of weeds	-	1.0	2.5	4	6
	Dry weight	-	0.08	0.11	1.06	3.04
<i>E. kuroguwaia</i>	Number of weeds	-	0.2	0.3	6	7
	Dry weight	-	0.01	0.01	0.84	1.74
<i>S. fluriatilis</i>	Number of weeds	-	0.1	0.3	3	3
	Dry weight	-	0.02	0.01	0.64	1.28
Others	Number of weeds	6.8	9.9	1.1	23	33
	Dry weight	0.05	0.06	0.03	0.96	2.93

* Number/m² ** g/m²

면, 다년생 잡초방제효과에 있어서는 Cyhalofop/bentazon Me 처리에서 90.4% 방제가를 보였으나, 나머지 처리약제에서는 80.5~86%로 저조하였다(표 5). 이는 초기에 발생되었던 사초과 잡초들이 방제되지 않았던 것이었으며, Cyhalofop/bentazon 약제를 제외하고는 모두 일년생잡초 방제용 약제이기 때문이었다고 생각된다.

그러나 파종후 30일 다년생 잡초에 대한 방제효과는 약간 저조하였지만 발생량이 적어 전체 방제효과면에 있어서 공시된 모든 처리약제에서 90% 이상 방제효과를 나타냈다. 2차 체계처리후 잡초방제효과를 파종후 60일에 조사한 결과, 일년생 잡초에 대해서는 모든 처리에서 90% 이상 우수한 효과를 보였는데, 이는 1차처리시 일년생 잡초에 있어서는 효과적으로 잡초가 방제되어 잔초량이 적었고 2차체계 처리로 늦게 발생되었던 일년생 잡초에 대해서도 효과적으로 방제가 되었기 때문으로 생각된다.

한편, 다년생 잡초방제효과에 있어서는 Cyha-

lofop/pendimethalin을 파종후 20일에 1차처리하고 Benfuresate/bensulfuron을 체계처리하였을 때에는 70.8%로 저조하였는데, 1차처리후 방제가 안된 사초과 잡초들이 후기까지 잔존되어 2차처리시기에 이미 잎의 생육이 진전되어 약효가 미흡하였으며, 후기 경엽처리용 제초제 Fenoxaprop/bentazon Dc와 Pyribenzoxim을 파종후 45일에 각각 체계처리하였을 때 파종후 60일까지 98~100%의 높은 방제효과를 기대할 수 있었다.

최종 총방제가를 종합적으로 보면 다년생 잡초방제효과가 저조하였던 Cyhalofop/pendimethalin fb benfuresate/bensulfuron 처리를 제외하고는 모두 90% 이상 방제효과를 보였으며 가장 효과적인 잡초방제 체계는 Cyhalofop/bentazon Me를 파종후 20일에 처리하고 Fenoxaprop/bentazon EC를 파종후 45일에, 그리고 Pendimethalin/propanil EC를 파종후 15일에 처리하고 Pyribenzoxim EC를 파종후 45일에 체계처리하는 것이 98% 이상의 높은 방제효과를 보였다.

담수표면산과시 제초제 체계처리에 의한 잡

Table 5. Effects of herbicides on weed control in dry-seeded rice.

Herbicides	Dry weight of important weeds (g/m ²)										Efficacy(%)	
	Ec	Cd	Ds	Ak	Bt	Sj	Cs	others	Total	Annual weeds	Perennial weeds	Total
Pendimethalin/molinate fb	30DAS	1.29	0.58	0	0	0.18	0.34	0.05	2.44	93.9	86.4	93.2
cyhalofop/pretilachlor/bensulfuron	60DAS	7.26	4.37	0	0.68	0	3.9	2.29	19.3	95.0	90.0	94.0
Pendimethalin/propanil fb	30DAS	0.05	0	0	0	0.15	0.39	0.14	0.73	99.4	84.7	97.9
pyrazosulfuron/benthiocarb	60DAS	9.94	1.18	0.18	0	0	0.93	0.75	12.98	95.2	98.6	95.9
Cyhalofop/pendimethalin fb	30DAS	0.48	0.47	0	0	0.16	0.88	0.08	2.17	96.8	80.5	94.2
bentfuresate/bensulfuron	60DAS	5.28	8.05	0	0	2.06	15.92	6.27	37.82	92.7	70.8	88.2
Cyhalofop/bentazon fb	30DAS	0.83	0.22	0	0	0.34	0	0	1.39	96.7	90.4	96.1
fenoxaprop/bentazon	60DAS	2.59	0	0	0	0	0	1.63	4.22	98.3	100	98.7
Pendimethalin/propanil	30DAS	0.04	0	0	0	0.32	0.01	0.48	0.85	99.2	84.4	97.6
fb pyribenzoxim	60DAS	2.34	1.14	0.22	0	0.01	0	0.34	4.04	98.2	98.4	98.7
Hand weeding	30DAS	0.03	0.08	0	0	0.32	0.02	0.32	0.45	99.7	90.4	98.7
	60DAS	1.02	0	0	0	0	0	0	1.02	99.6	100	99.7
Untreated control	30DAS	11.9	8.94	2.64	0.82	0.01	0.53	7.87	35.71	-	-	-
	60DAS	76.53	87.4	16.8	19.5	12.2	9.64	54.03	319.5	-	-	-

* Ec : *Echinochloa crus-galli*, Cd : *Cyperus difformis*, Ak : *Anellema keisak*, Bt : *Bidens tripartita*, Sj : *Scirpus juncoides*, Cs : *Cyperus serotinus*

Table 6. Effects of herbicides on weed control in water-seeded rice.

Herbicides	Dry weight of important weeds (g/m ²)										Efficacy(%)	
	Ec	Mv	Cd	Ak	Sj	Cs	Ek	Others	Total	Annual weeds	Perennial weeds	Total
Pyrazosulfuron/molinate/simetryn	30DAS	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
fb cyhalofop/bensulfuron	60DAS	8.76	0	0	0	0	0	0	8.76	98.3	100	98.4
Bensulfuron/molinate fb	30DAS	3.35	0	0	0	0	0	0	3.37	95.5	100	95.7
pyrazosulfuron/benthiocarb	60DAS	17.4	0	0.02	0	0	0	0	17.4	96.6	100	96.7
Cyhalofop/molinate/azimsulfuron	30DAS	0.59	0	0	0	0	0	0	0.59	99.2	100	99.2
fb cyhalofop/bentazon	60DAS	3.28	0	0	0	0	0	0	3.28	99.4	100	99.4
Cyhalofop/bentazon fb	30DAS	6.05	0.02	0.47	0	0	0	1.03	7.57	90.4	91.5	90.7
fenoxaprop/bentazon	60DAS	51.4	0	0	0	0	0	2.02	53.42	90.2	91.8	90.1
Hand weeding	30DAS	0.05	0	0	0	0.05	0	0	0.1	99.9	98.4	99.9
	60DAS	3.45	0	0	0	1.73	0	2.39	7.57	98.7	96.2	98.6
Untreated control	30DAS	70.62	1.54	3.28	0.03	2.87	0.12	0.13	78.59	-	-	-
	60DAS	433.9	33.98	36.3	1.7	18.72	3.04	5.42	534.8	-	-	-

* Ec : *Echinochloa crus-galli*, Mv : *Monochoria vaginalis*, Cd : *Cyperus difformis*, Ak : *Anellema keisak*, Sj : *Scirpus juncoides*, Cs : *Cyperus serotinus*, Ek : *Eleocharis kurguawai*

초방제효과를 표 6에서 보면 1차제초제 처리에서 일년생 및 다년생 잡초에 대하여 90%이상 높은 방제가를 나타냈는데, 특히 파종후 10일 또는 15일에 토양처리제 Pyrazosulfuron/molinate/simetryn입제의 2종 1차처리만으로도 96~100%의 우수한 잡초방제 효과를 보인 반면, Cyhalofop/bentazon Me를 파종후 25일에 경엽처리하였을 때 잡초방제 효과는 입제처리보다 다소 낮았는데, 이는 파종후 25일에 잡초들이 이미 군락이 형성되고 일찍 출현된 초종들은 생육이 왕성하여 방제가 저조한 것에 기인되었다고 생각된다. 2차체계처리시 이미 1차처리에 의해 거의 잡초가 방제되어 2차처리후 모든 공시약제에서 97%이상 높은 방제효과를 보였는데, 1차 Cyhalofop/bentazon Me 처리후 2차 Fenoxaprop/bentazon Dc 체계처리의 경우 90%의 방제효과를 보였다.

3. 제초제 처리에 따른 벼의 약해 및 수량

벼 건답직파재배시 1차 제초제 처리후 모든 공시약제에 있어서 약해는 없거나 경미하였으며 2차처리후에는 Fenoxaprop/bentazon 처리에

서 살포후 약 5일 동안 황백화 현상이 관찰되었고, Pyribenzoxim 경엽처리에서도 전자와 같은 약해 증상을 보였으나 곧 회복되어 벼 생육 및 수량에 영향을 미칠 정도의 약해는 보이지 않았다(표 7). 쌀 수량은 손제초구와 제초제 처리구간에 차이는 없었으며 무제초시 쌀 수량은 88%가 감소된 64kg/10a를 보였다.

벼 답수표면 산과에서는 Cyhalofop/bentazon EC를 1차처리후 1정도의 가벼운 약해 증상을 보였을 뿐 나머지 약제처리에서는 아무런 약해 증상도 없었으며, 2차처리후 Fenoxaprop/bentazon처리에서 황백화 현상 및 생육 부진 등 뚜렷한 약해 증상을 보였으나 벼 수량에는 영향을 미치지 않아 처리제초제간 수량의 차이는 없었다(표 8).

적 요

벼 직파재배시 효율적인 잡초방제 체계를 확립하고자 건답직파재배 및 답수표면산과재배에 따른 잡초의 발생특성과 제초제 체계처리에 따른 잡초방제 효과를 조사하였다.

Table 7. Influence of herbicides on phytotoxicity, growth and yield of dry-seeded rice.

Herbicides	Seedling stand (No./m ²)	Phytotoxicity(0-9)*		Plant height		Yield (kg/10a)	Index
		1st	2nd	30DAS	60DAS		
Pendimethalin/molinate fb cyhalofop/pretalachlor/bensulfuron	148	1	0	16.5	48.3	516a**	98
Pendimethalin/propanil fb pyrazosulfuron/benthiocarb	139	1	0	17.1	47.6	528a	100
Cyhalofop/pendimethalin fb benfuresate/bensulfuron	142	0	0	17.5	47.2	516a	98
Cyhalofop/bentazon fb fenoxaprop/bentazon	141	0	2	16.9	46.7	531a	100
Pendimethalin/propanil fb pyribenzoxim	139	0	1	16.8	47.1	528a	100
Hand weeding	142	-	-	17.2	48.1	529a	100
Untreated control	138	-	-	15.3	43.1	64b	12

* Phytotoxicity was observed at 10 days after application.

** Means followed by a common letters are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 8. Influence of herbicides on phytotoxicity, growth and yield of water-seeded rice.

Herbicides	Seedling stand (No./m ²)	Phytotoxicity(0-9)*		Plant height(cm)		Yield (kg/10a)	Index
		1st	2nd	30DAS	60DAS		
Pyrazosulfuron/molinate/simetryn fb cyhalofop/preti/bensulfuron	170	0	0	19.8	53.2	533a**	98
Bensulfuron/molinate fb pyrazosulfuron/benthiocarb	165	0	0	18.9	54.3	526a	97
Cyhalofop/molinate/azimsulfrun fb cyhalofop/bentazon	181	0	1	19.2	52.1	529a	97
Cyhalofop/bentazon fb fenoxaprop/bentazon	161	1	3	18.7	51.3	536a	99
Hand weeding	175	-	-	19.2	54.9	544a	100
Untreated control	160	-	-	19.4	49.2	39b	7

* Phytotoxicity was observed at 10 days after application.

** Means followed by a common letters are not significantly different at 5% level by DMRT

1. 건답직파재배시 발생된 초종은 22종으로 주로 일년생이 대부분이었으며 주요 우점 초종은 알방동사니(28.3%), 피(24.8%), 너도방동사니(14.0%), 사마귀풀(6.3%), 바랭이(5.5%) 이었고, 담수표면산파재배에서는 12초종이 발생되어 그중 피가 81%로서 최우점초종이었으며, 알방동사니(6.8%), 물달개비(6.4%), 올챙이고랭이(3.5%) 등이 차우점초종이었다.
2. 건답직파답에서 주요 초종의 출현시기는 피가 파종후 7일로 가장 빨랐고, 바랭이는 파종후 10일, 나머지 초종들은 파종후 16~30일에 출현되어 평균출현시기는 파종후 20일경이었으며, 담수표면산파논에서는 피가 파종후 5일에 출현되었고 물달개비, 올챙이고랭이, 알방동사니는 파종후 8~10일로 주요 초종들의 평균출현기는 파종후 13일경이었다.
3. 잎의 성장속도는 건답직파재배의 경우 피와 바랭이는 생육초기부터 최고분얼기까지 벼보다 빨라 파종후 60일에는 벼보다 1.5~2.5엽이 더 발달되었고, 나머지 주요 초종들은 파종후 60일에서 0.8엽이 더 많았으며, 담수표면산파답에서 잎의 생장은 피의 출현이 빨라, 파종후 5일부터 60일까지 벼 잎의 생장보다 왕성하였으며, 나머지 주요 초종들은 벼보다 잎의 발달이 같거나 늦었다.
4. 건답직파재배논에서 초종 개체수 및 건물중은 파종후 30~60일 사이에 급격히 증가하는 경향이었으며, 담수표면산파재배에서 주요 개체수 및 건물중은 피, 알방동사니, 물달개비, 올챙이고랭이에서 발생밀도가 높았으며, 파종후 20일부터 급격히 증가하였고 40일후부터는 그 증가 정도가 완만하였으나, 60일까지 계속 증가하는 경향이였다.
5. 건답직파재배시 가장 효과적인 잡초방제 체계는 Cyhalofop/bentazon Me를 파종후 20일에 처리하고 Fenoxaprop/bentazon Ec를 파종후 45일에, 그리고 Pendimethalin/propanil Ec를 파종후 15일에 처리하고 Pyribenzoxim Ec를 파종후 45일에 처리하는 것이 높은 방제효과를 보였다.
6. 벼 건답직파재배시 제초제 처리후 공시된 모든 처리약제에서 약해는 없거나 경미하였으며, 담수표면산파에서는 Cyhalofop/bentazon Ec 1차처리후 1정도의 가벼운 약해증상을 보였을 뿐 나머지 약제처리에서는 약해가 없었고, Fenoxaprop/bentazon 2차처리시 약해증상을 보였으나 벼의 수량에는 영향을 미치지 않았다.

인 용 문 헌

1. 최충돈 · 문병철 · 김순철 · 오윤진. 1995. 직파재배답에서의 잡초 및 앵미발생 생태. 한잡초지. 15(1) : 75-82.
2. 최충돈 · 문병철 · 김순철 · 오윤진. 1995. 벼 건답직파재배에서의 잡초 발생 및 효과적인 방제 체계. 한잡초지. 15(3) : 175-182.
3. Chun, J.C. and K. Moody. 1987. Differential competitiveness of *Echinochloa colona* ecotypes. 한잡초지. 7(3) : 247-256.
4. 허상만 · 조이기 · 권삼열. 1995. 벼 직파재배 양식에 따른 잡초발생 양상과 경합특성. 제1보. 잡초의 발생분포와 생장. 한잡초지. 15(4) : 278-288.
5. 허상만 · 조이기 · 권삼열. 1995. 벼 직파재배 양식에 따른 잡초발생 양상과 경합특성. 제2보. 직파재배 벼와 잡초와의 경합. 한잡초지. 15(4) : 289-297.
6. 임일빈. 1993. 수도 재배 유형별 잡초발생 양상과 경합특성. 박사학위청구논문. 전남대학교. pp. 24-57.
7. Kim, H.H. and C.S. Moon. 1996. Weed occurrence and control in different direct-seeding methods of rice(*Oryza sativa* L.). Proceeding of Northeast Asian Area Weed Science Symposium of China, Korea and Japan. pp. 27-35.
8. 김순철. 1992. 벼 직파재배의 잡초발생 생태와 효과적인 방제법. 한잡초지 23(3) : 230-260.
9. Kim, S.C. 1989. Technology for economic weed control of rice in Korea. Proc., 12th Conference of Asian-Pacific Weed Science Society. : 57-59.
10. 김순철 · 최충돈 · 이수관. 1991. 벼 건답직파 재배답에서의 잡초발생 생태와 방제. 농시논문집(작물보호편). 33(2) : 63-73.
11. 김순철 · 오윤진. 1995. 벼 직파재배에서의 잡초방제기술. 한 · 일 벼 직파재배 세미나. pp. 100-119.
12. 구자옥 · 권삼열 · 허상만. 1983. 수도 이품종의 재배양식에 따른 잡초 경합구조해석. 한잡초지. 3(1) : 57-68.
13. 박재읍 · 박태선 · 이인용 · 김영구 · 유갑희 · 유범선. 1997. 벼 직파재배 유형별 잡초발생양상과 방제기술. 한잡초지. 17(별1) : 24-28.
14. 박광호 · 이문희 · 서학수 · 최용석 · 정창국. 1997. 잡초성 벼의 생리 · 생태 및 화학적 방제 기능성 연구. 한잡초지. 17(별1) : 38-39.
15. 박태선 · 박재읍 · 유갑희 · 이인용 · 이한규 · 이정운. 1995. 벼 건답재배에 있어서 효과적인 잡초방제. 한잡초지. 15(2) : 99-104.
16. 서학수 · 박순직 · 허문희. 1992. 한국 재래적미 수집 및 특성검정. I. 지리적 분포와 종실특성. 한잡지. 37(5) : 425-430.
17. 서학수 · 하운구. 1993. 한국 재래적미 수집 및 특성검정. V. 수심 및 토심에 따른 발아 특성. 한잡지. 38(2) : 128-133.
18. Smith, R.J. Jr. 1974. Competition of barnyard-grass with rice cultivars. Weed Sci. 22 : 423-426.
19. Smith, R.J. Jr. 1983. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. Weed control. IRRI. International Weed Science Society : 19-36.
20. 손 양 · 박성태 · 김순철. 1996. 파종방법, 복토심 및 답수시기에 따른 잡초성 벼의 발아 및 출아성. 한잡지. 41(별1) : 74-75.
21. 손 양 · 박성태 · 김순철. 1996. 잡초성 벼 종자의 휴면 및 저온발아성과 발아시 내동성 반응. 한잡지. 41(별1) : 76-77.