

이앙재배에서 볼 수 없었던 「**잡초성 벼**」 직파재배서 문제잡초로 부상

미국·말레이시아 등, 발생원인·방제법 구명 시급

박 광 호

Postdoctoral Scientist
International Rice Research
Institute(IRRI), Philippines

우리나라를 비롯한 대부분의 세계 주요 벼 재배국가들은 국제농산물 시장의 개방에 따른 경쟁력 제고와 아울러 동남아시아 개발도상국들의 점진적인 산업화의 영향으로 인한 농촌 노동력의 도시유입으로 노동력부족 현상이 이들 국가들의 벼 재배생산에 큰 문제점으로 대두되고 있다.

따라서 최근 많은 동남아시아 주요 벼 재배국가에서도 쌀생산비를 획기적으로 절감할 수 있는 벼 재배방식을 종래의 이앙재배에서 직파재배로 점차 전환하고 있는 실정이다. 더욱이 벼 연구분야에서도 직파재배 적응성이 높은 이상적인 초형(초기입묘율 및 신장성, 강간성, 심근성)을 갖추면서도 단기성이면서 양질복합내재해성 품종개발, 잡초 및 병해충의 종합적 예방 및 방제연구, 관개시설확충, 경지기반조성 등 벼 직파재배도입을 위한 국가별 적극적인 정책, 연구투자를 확대해가고 있다.

벼 직파재배는 지금까지 크게 답수 및 건답직파재배로 구별할 수 있으며 상당한 노력 및 비용절

감은 인정되지만 직파재배 방법별 몇가지 큰 문제점을 각각 가지고 있다. 즉 답수직파재배에서는 초기입묘율 확보, 잡초방제, 도복 등이 큰 문제점으로 알려지고 있으며 건답직파재배에서는 잡초방제, 관개수 확보 등이 가장 큰 문제점으로 보고되고 있다. 따라서 벼 직파(답수 및 건답)재배에서 공통적인 문제점으로 알려지고 있는 잡초방제방법을 주요 벼 직파재배국가별로 최신정보를 종합하여보면 다음과 같다.

1. 미국

미국의 주요 벼 재배지역은 전체 벼 재배면적 111만ha 가운데 아칸소(43%), 루이지애나(20%), 캘리포니아(15%), 텍사스(13%) 및 미시시피주(9%)등이 대부분을 차지하고 있다. 이들 지역의 벼 재배기술은 주로 답수 및 건답직파로 크게 구분할 수 있는데 캘리포니아의 경우는 99%가 답수직파인 반면 아칸소 및 미시시피지역은 90%이상이 건답직파에 의해 재배되고 있다. 한편

루이지애나와 텍사스지역들은 답수 및 건답직파재배가 40~60%씩을 각각 차지하고 있는데 이는 벼 재배지역별 여러가지 재배환경에 의해 큰 영향을 받는 것으로 알려지고 있다. 미국에서 벼 재배지역의 단보당 평균 쌀 생산량은 630kg(정조, 1991)로써 세계 주요 벼 재배지역(이앙재배)과 비교하여 볼때 직파재배에 의해 거의 안정적인 수량성을 유지하고 있는 편이다.

이처럼 미국의 벼 재배는 직파재배에 의해 거의 기술확립이 되어 있다고 할 수 있다. 그러나 미국의 벼 직파재배에서도 잡초발생이 문제점으로 알려지고 있는데 이에 대한 잡초방제 수단으로서는 주로 제초제에 의존하고 있지만 아울러 예방적 방제, 휴한, 적절한 물 및 시비관리 등을 종합하여 잡초방제를 하는 것으로 나타났다. 최근까지 알려지고 있는 미국의 주요 논잡초 방제방법을 직파재배 방법별로 구분하여 보면 다음과 같다.

가. 답수직파

최근 세계 주요국의 벼작파재배 집초방제기술

담수작파재배에서는 피(Barnyardgrass)를 비롯한 화본과잡초들은 파종후에 관개수를 17~20cm 깊게 함으로써 대부분 방제를 하고 있다. 그러나 깊게 관개된 상태에서도 발생된 피에 대해서는 프로파닐, 치오벤카브, 모리네이트를 처리함으로써 그림1에서 보는 바와 같이 효과적으로 방제가 가능하였으며 최근 우리나라에서도 점차 우점, 문제잡초로 보고되고 있는 다년생 잡초의 방제에는 2,4-D, MCPA 등이 아주 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

한편 담수작파시 파종후 초기 담수조류 방제에는 황산동(Copper sulfate)이 우수한 제초제로 알려지고 있다. 전반적으로 담수작파는 담수자체로 인한 잡초발생 억제효과로 건답작파에 비해 비교적 잡초발생이 적어 잡초방제에 크게 어려움이 없는 것으로 보고되고 있다.

나. 건답작파

미국에서 벼 건답작파를 주로 재배하고 있는 아칸소 및 미시시피지역의 잡초방제전략으로서는 기존 잡초방제기술 개선, 새로운 제초제의 개발 및 생산수급정책 조정, 특정제초제의 연용으로 인한 제초제 저항성 방지를 위한 대체방제수단 개발(상대역제작용성 벼품종 및 생물학적 방제이용) 등이다.

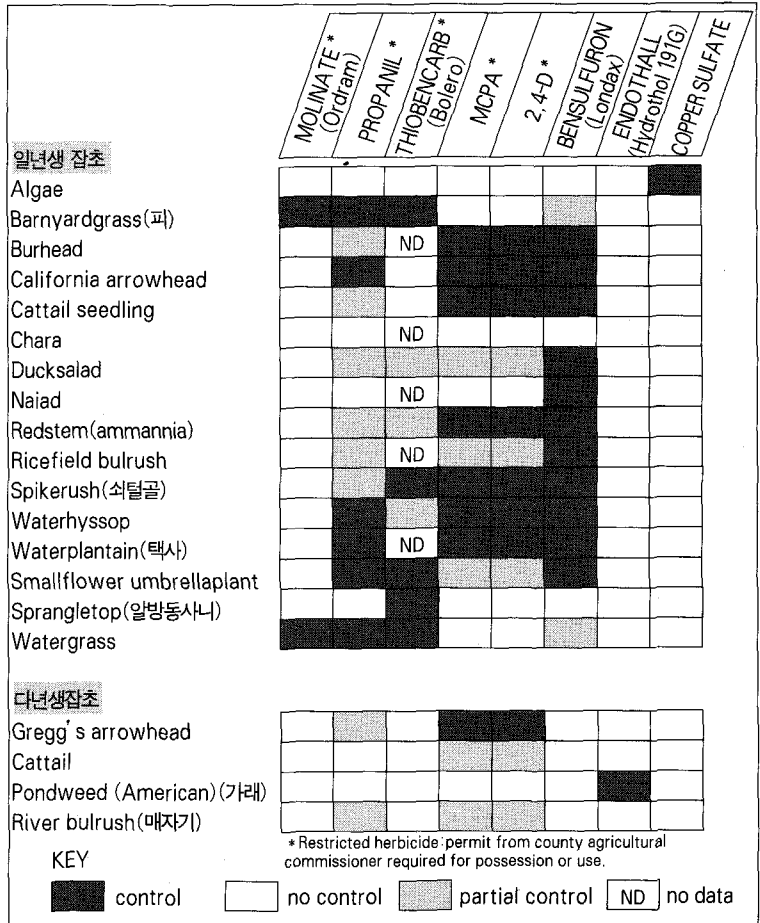
건답작파재배에서 화본과잡초, 특히 피에 대한 탁월한 제초제는 프로파닐 단제 혹은 혼합제인 것으로 나타났다.

또한 직파재배에서 새로운 문제잡초로 보고되고 있는 잡초성 벼(Red rice, Weedy rice)방제에는 아직까지 뚜렷한 제초제가 알려지고 있지 않지만 치오벤카브 및 모리네이트 등이 비교적 우수한 것으로 보고되고 있다.

또한 피 등을 방제하기 위한 초기 발아전 처리제로서 퀴크로락을 사용할 경우에는 벼 종자가 처리전 완전히 토양속에 묻혀져 있어야 하며 사질답에서는 추천량보다 처리약량을 줄이고 식질답에서는 다소 늘리는 것이 더욱 더 효과적인 것으로 나타났다.

아울러 퀴크로락을 처리한후 발생된 잡초는 관개수를 약간 흘려대면 토양입자에 흡착되어 있는

그림1. 미국의 벼 담수작파재배에서 효과적인 제초제



제초제의 활성이 다시 나타나게 되어 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 퀴크로락을 처리한 포장에서 토마토 및 목화를 후작물로 재배할 경우 약해에 유의해야 하는 것으로 알려지고 있다.

아울러 건답직파재배에서 초기 발아전 처리제를 살포하지 못한 포장에서는 벼 출아 1~5일 전 치오벤카브를 처리하면 피, 수생잡초 등에 효과적이며 또한 이 시기에 퀴크로락+치오벤카브, 글리포세이트+치오벤카브, 펜디메탈린 등도 우수한 것으로 보고되고 있다.

벼 생육초기 알개 관개한 시기에 다소 빠른 중기제초제로서는 프로파닐, 프로파닐+벤타존, 프로파닐+Acifluorfen, 프로파닐+벤타존+Acifluorfen 혼합제 등의 처리가 탁월하였다. 중기제초제로서는 프로파닐+모리네이트, 프로파닐+치오벤카브, 프로파닐+펜디메탈린, 퀴크로락+프로파닐 등이 추천되고 있다.

특히 문제초종으로 알려지고 있는 다년생잡초 방제에는 프로파닐+모리네이트+벤설푸론메칠 혼합제가 우수한 것으로 보고되고 있다.

벼의 최고분얼기경 깊게 관개한 이후 효과적인 후기제초제로는 모리네이트, 벤설푸론메칠, 프로파닐, 이사디아민 혹은 엠씨피에이 등이 매우 효과적인 것으로 추천되고 있다.

2. 태국

태국은 전체 벼 재배면적 1천만 ha 가운데 직파재배면적이 64만5천308ha (1989~1990)로 최근 점차 재배면적이 증가되고 있다. 특히 직파재배에서 평균 쌀 수량이 390~430kg/10a로 이앙재배의 평균 쌀생산량보다 높은 편으로 보고되고 있다.

벼 직파재배는 우기보다 건기에 훨씬 많이 하는 편이며 대부분의 직파재배지역은 중부의 평야지와 서부 및 동부의 벼재배 지역들로 서Pathamthani, Chachong-sao, Nakhonpathom, Sup-

han buri 등이다. 직파재배는 이앙재배에 비해 매우 경제적인 것으로 분석되어 농촌노동력이 부족한 일반농가에서 뿐만 아니라 국가정책적 지원도 많이 하고 있는 추세이다(표1).

또한 태국에서 직파재배를 최근 까지 수행한 결과 대체적으로 이앙재배에 비해 성숙기가 빠르고 노동력이 적게 들어 많은 농가에서 선호하는 편으로 알려지고 있다. 그러나 태국에서도 직파재배에서 가장 큰 문제점은 잡초로 인한 수량감소가 37~75%까지 되는 것이다. 특히 직파재배에서는 대부분의 잡초가 벼와 동시에 발

표1. 태국에서 벼 직파 및 이앙재배의 경제성 비교

Expenses	Wet-seeded rice (\$/ha)	Transplanted rice (\$/ha)
Seed bed preparation	-	25
Planting bed preparation	62.50	50
Seeds	26.50	17.50
Transplanting	-	75
합 계	89.0	167.5

표2. 태국의 벼 직파재배에서 우점잡초

잡초명(학명)	발생률(%)
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. (피)	41.33
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	34.97
<i>Cyperus difformis</i> L. (알방동산이)	26.78
<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	25.15
<i>Marsilea crenata</i> Presl	16.58
<i>Jussiaea linifolia</i> Vahl	13.98
<i>Leptochloa chimensis</i> (L.) Nees	13.07
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	11.22
<i>Eclipta alba</i> L.	10.65
<i>Cyperus iria</i> L.	10.40

최근 세계 주요국의 벼직파재배 잡초방제기술

표3. 벼 직파재배에서 화분과잡초의 엽령별 제초제 반응

제 초 제	Rate (kg a.i./ha)	<i>E. glabrescens</i>			<i>E. colona</i>			<i>E. crus-galli</i>		
		1	2-4	>5	1	2-4	>5	1	2-4	>5
Butachlor	1	4.6	1.3	1	5	2.4	1	5	2.6	1
Pretilachlor	0.75	5	1.5	1	5	1.2	1	5	2.7	1
Oxadiazon	1	5	3.8	2.2	5	5	1	5	4.9	1
Pendimethalin	1	4.7	1	1	4.8	2.2	1	5	5	1
Oxyfluorfen	0.25	3.4	4.3	1.4	5	4.9	1	5	5	3.1
Quinclorac	0.50	5	4.9	3.8	5	4.1	1.7	5	5	4.8
Propanil	2	3.0	4.7	3.1	4.9	4.7	1	5	5	2.9
Fenoxaprop-ethyl	0.09	4.8	5	2.6	5	5	2.6	5	5	3.2
Untreated control	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1

아되기 때문에 벼의 유효기에서부터 심한 경합이 이루어지고 잡초가 벼와의 양분, 햇빛, 상대적제작용성(Allelopathy) 등에 의한 상호경합으로 벼 생육을 크게 억제시켜 수량감소에 크게 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 잡초 가운데서도 피가 가장 우점잡초로 나타났으며 벼직파재배로 인하여 잡초군락천이도 크게 변하는 것으로 알려지고 있다(표2).

피가 많이 발생하는 주된 이유는 논 정지작업 및 이토재배 등이 피의 발생에 알맞는 환경을 제공하여 주기 때문이다. 따라서 많은 농가에서는 피의 발생을 최대한 억제하기 위하여 파종후 가능한 오랜기간 논을 말린 결과 크게 발생이 억제되는 것으로 나타났다. 태국의 벼 직파재배는 주로 이토(파종직전 물을 뺀후 최아종자를 파종) 및 건담직파재배를 하고 있으나 이토직파재배에서는 입묘율 불량과 잡초방제가 큰 문제점이며

건담직파재배는 초기에 많은 잡초 발생으로 효과적인 잡초방제기술이 가장 어려움으로 보고되고 있다. 그래서 최근에는 많은 농가가 이토직파재배를 선호하고 있는 편이다.

최근까지 태국에서 벼 직파재배에서 주로 적용하는 주요 잡초방제기술로서는 예방적방제(잡초종자제거, 정지작업-경운시 토양속의 일년생 및 다년생 잡초를 토양으로 노출시켜 말라죽게 하거나 영양번식체를 잘라서 죽게함), 파종량(10kg/10a) 조절(파종량을 늘림으로써 잡초와의 경합능력 향상), 물관리(5~13cm), 시비시기 조절(벼 직파재배에서 기비처리시기를 파종후 20일경에 하였던바 벼의 비료이용효율 증대 및 잡초 발생억제), 제초제 사용, 손제초 등이다. 이들 가운데 특히 제초제 사용은 적정처리시기(잡초엽령) 선택이 무엇보다 중요한 것으로 알려지고 있다(표3).

따라서 태국에서도 1967년 이후 매년 가장 적합한 새로운 제초제 검정을 계속 연구하고 있는 실정이다. 현재까지 태국에서 벼 직파재배에 비교적 효과적인 것으로 알려지고 있는 제초제로는 프로파닐, 엠씨피에이, 모리네이트, 니트로펜, 치오벤카브, 2, 4-D/피페로포스, 2, 4-D/바이페녹스, 2, 4-D/부타클로르, 2, 4-D/옥사디아존, 벤셀푸론메칠, 피페로포스/디메타메트린 등의 1회 혹은 체계 및 혼합처리로 보고되고 있다.

그러나 제초제 약해가 이앙재배에 비하여 높은 것으로 알려지고 있어 벼 직파재배에서 제초제를 처리할 경우에는 처리시기, 기상 조건, 물관리, 약제선택 등에 유의하여야 되는 것으로 보고하고 있다.

특히 피에 탁월한 제초제로서는 DPX-F-5384, BAS514+ DPX-F-5384, BAS 514+옥사디아존,

표4. 말레이시아에서 벼 직파재배로 인한 잡초성 벼의 발생증가

재배양식	Fields (%)	Field with "padi angin" (%)
건답직파	68	70
담수직파	31	19
이앙재배	1	0

자료 : Yazid et al, 1994.

BAS514+부타클로르, 2,4-D+ Ioxynil, B AS514+벤설푸론 등 인 것으로 나타났다.

3. 말레이시아

말레이시아의 벼 직파재배는 1974년 Muda지역 농가에서 처음 도입되었다. 특히 1982년 Beaufort지방 농가에서 노동력 부족으로 2.4ha의 대면적에 직파 재배를 시도한 결과 성공적이어서 1984년이후 벼 재배농가에 급속도로 확대 보급되었다.

현재 전체 논면적 64만ha 가운데 관개답의 20%가 직파재배에 의존하고 있으며 2000년경에는 배로 늘어날 것으로 전망하고 있다.

역시 가장 큰 문제점은 잡초방제이며 피를 비롯한 화본과 잡초가 점차 우점잡초인 것으로 보고되고 있다. 피를 비롯한 화본과잡초에 비교적 효과적인 제초제는 프레틸라크롤, 치오벤카브+프로파닐, 옥사디아존+2,4-D, EPTC+2,4-D, 모리네이트 등으로 나타났다.

말레이시아에서도 잡초성 벼가

벼 직파재배 도입이후 큰 문제점으로 보고되고 있다(표4).

말레이시아에서 처음 잡초성 벼가 발생된 보고는 1985년 Sekinean 및 Padiangin 지방이었다. 특히 잡초성 벼는 성숙기때 쉽게 탈립되는 특성의외에는 일반벼와 거의 같기 때문에 더욱 더 방제에 큰 어려움을 가지고 있다.

한편 잡초성 벼의 기원에 대해서는 아직까지 여러가지 가설이 있지만 주로 재배벼와 야생벼와의 교잡, 비료 및 농약의 과다사용으로 인한 잡초성 벼의 출현조장 등으로 추정하고 있다.

그러나 잡초성 벼는 직파재배에서 벼 자체가 종속변식을 위한 특성으로 쉽게 탈립성을 가지게 하는 자연적인 유전적 분리로 알려지고 있다.

따라서 잡초성 벼는 벼와 형태적 특성 뿐만 아니라 생리생화학적 대사기작도 거의 유사하여 제초제로 방제하기가 매우 어렵다.

현재까지 말레이시아에서 잡초성 벼 방제를 위한 제초제 시험연구에서 모리네이트(4.5kg/10a)를 초기처리함으로써 방제가 가능한 것으로 보고되고 있다.

결론

국제 쌀시장의 개방화로 우리나라를 포함, 세계 주요 쌀 생산국들의 벼 재배기술전략이 주로 쌀 생산비를 최대한 절감할 수 있는 기술연구에 더욱 더 박차를 가하고 있다. 특히 연간 세계 쌀 수출량의 약 18%를 차지하고 있는 미국은 오랜전부터 벼 재배방법으로 직파재배를 도입정착시켜 대단위 단지화하여 대형 농기계의 사용, 이에 적합한 농약 및 비료의 개발로 재배법이 거의 확립되어 최대한의 노동력 절감기술을 이용하여 오고 있다.

그러나 미국 뿐만아니라 최근 벼 직파재배국가에서도 벼 생산비 절감기술로서 최근까지 알려지고 있는 벼 직파재배의 안정적 기술 정착은 효율적인 잡초방제가 가장 큰 문제점으로 보고되고 있다.

특히 이앙재배에서 직파재배로 벼 재배환경 및 생태계 변화는 새로운 우점초종 및 문제초종의 출현이 예상되며 이를 위한 효율적 방제전략에 앞으로 많은 연구를 하여야할 과제로 지적되고 있다. 또한 과거 이앙재배에서 볼 수 없었던 잡초성 벼의 출현은 발생원인과 방제수단을 총동원하여 효율적 예방 및 방제를 해야할 것으로 생각된다. **농약정보**