韓雜草誌 17(1) : 31~43 Kor. J. Weed Sci. 17(1) : 31~43(1997)

蒐集 雜草性벼(*Oryza sativa*)의 分類, 生長 및 除草劑 耐性差異

鞠龍仁 · 具滋玉 · 千相旭*

Difference of Classification, Growth and Herbicidal Tolerance in Collected Weedy Rice(*Oryza sativa*)

Kuk, Y.I., J.O. Guh and S.U. Chon*

ABSTRACT

This study was carried out to investigate classfication of weedy rice (*Oryza sativa*) based on isozymes esterase and peroxidase, growth and developmental difference of weedy rices and rices grown under dry and water condition, and weedy rice control and tolerant difference of weedy rices in various herbicides using weedy rices collected from thirteen strains of Chonnam, one Chonbuk, two Kyeongki and two rice cultivars.

1. The collected weedy rices were classified into three groups based on isozyme esterase and peroxidase using polyacrylamide gel electrophoresis(PAGE) method. The classified groups were not same each other.
2. Plant height was taller in collected weedy rices than rice cultivars at 18 days after seeding under dry and water conditions, but number of leaves, shoot fresh weight, root fresh weight and root length were not significantly different between collected weedy rices and rice cultivars. In addition, growths of collected weedy rices were greater in dry- than water-condition.
3. After thiobencarb(*S*-4-chlorobenzyl diethythiocarbamate), molinate(*S*-ethyl hexahydro-1*H*-azepine-1-carbothioate) and oxadiazon(5-tert-butyl-3(2,4-dichloro-5-isopropoxyphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-one) were applied at 6 days before seeding, the weedy rices controlled 100% by thiobencarb at 2.1kg ai/ha and 0.24kg ai/ha oxadiazon treatment but controlled 26% to 67% by molinate at 6.5kg ai/ha.

Rice due to the herbicides was injured severely(25% to 100%) in flood condition at time of rice seeding after oxadiazon at 0.48kg ai/ha and 2.1kg ai/ha thiobencarb application, except for molinate which injured rice slightly(4% to 13%) in drain condition. The collected weedy rices to all experimented herbicides showed slight intraspecific variations. The intraspecific variations of weedy rices decreased in the order of thiobencarb > molinate > oxadiazon.

Key words : Weedy rice, rice, isozyme, molinate, thiobencarb, oxadiazon

* 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

〈1996. 9. 10 접수〉

緖 言

최근 직파재배 면적의 증가와 함께 종전의 이앙재배에서 크게 문제되지 않았던 적미(잡초성벼)의 발생이 급증하고 있다. 적미는 현미의 종피부분에 적색계 색소를 함유하고 있는 벼를 일컫는 말로서 주로 아시아, 호주, 중남미 및 미국 남부의 벼 직파재배지역에 많이 발생하여 주요 문제 잡초로 취급되고 있다[8,10,12,21].

적미의 주요 특성은 종자의 강한 휴면성과 多蘖性으로 많은 穗數를 형성하고 長稈이며 도복이 심하다. 또한 이삭은 길고 늘어지며 탈립이 심하고 대체로 長芒이나 다소의 短, 無芒을 함유한다[6,8,10]. 우리 나라 농가 포장에 현재 남아있는 적미는 장립형과 단립형의 2군으로 분류될 수 있고[19], 이들은 모두 재배벼와 완전한 親和性을 보이지는 않으나 장립형 적미는 Indica에 단립형 적미는 Japonica에 상대적으로 親和性이 높다는 사실이 규명되었다[18].

벼의 품종군을 분류하는 방법에는 형태적, 생리적인 형질로 분류하거나 생화학적인 방법을 적용하여 동위효소의 Polymorphism을 적용하기도 한다[3,4,11]. 또한, 최근에는 제한효소로 DNA를 절단하여 나타나는 Polymorphism으로 구분하는 RAPD(Randomly Amplified Polymorphic DNA) 방법을 적용하기도 한다[2]. 우리 나라 재래 적미에 대한 동위효소 esterase를 분석한 결과 이들은 모두 Japonica와 같은 반응을 보인다고 하였다[3]. 또한 趙 등[4]은 6개 동위효소를 이용하여 한국 재래 적미와 재배벼 및 외국 적미와의 類緣關係가 서로 다름을 보고하였다.

잡초성벼는 생리학적, 생물학적 특성이 재배벼와 거의 유사하기 때문에 제초제에 의한 효과적인 방제는 어렵다고 하였다[6]. 담수직파재배에서 적미는 계속적인 담수와 파종전 Molinate 처리로 방제될 수 있다고 하였다[21,22]. Molinate를 사용하지 않고 계속적인 담수상태에서는 적미를 단지 60%의 방제가 가능하지만 파종전 6.7kg ai/ha Molinate와 담수처리를 조합하여 처리시 93%가 방제되었다고 하였다[1,21]. 이때 벼의 약해를 줄이기 위해 제초제의 해독제인 NA(1.8-naphthalic anhydride)를 종자에 처리하면 벼가 보호되므로 방제효과가 높아지고, 또한 Molinate를 늘려 사용할 수 있어 방제효과가 높아진다고 하였다[9,16]. 이밖에 파종 전에 Thiobencarb와 Oxadiazon을 처리하는 방법과 파종전 Molinate를 처리한 다음 Fenoxaprop를 유수분화기나 수잉기에 처리하거나, Sethoxydim을 유수분화기에 처리하거나 출수시에 Amidochlor를 처리하여 잡초성벼 방제효과를 보았다고 하였다[23]. 그러나 이러한 처리는 모두 30% 내외의 약해를 보였다.

한편 제초제에 내성이 강한 재배품종을 파종한 후 제초제를 처리하여 방제한다는 보고가 있으나[17] 제초제에 의한 실제적이고 효과적인 방제는 미흡하다.

본 연구는 1)동위효소 분석에 의한 수집 잡초성벼 분류 2)담수 및 직파재배 조건에서 수집 잡초성벼와 벼의 생장량 차이 3)수종의 제초제에 대한 잡초성벼의 방제가능성 및 수집 잡초성벼간의 제초제 내성차이를 규명하여 우리 나라에서 문제시 되는 잡초성벼의 효율적인 방제법을 제시하고자 하였다.

材料 및 方法

잡초성벼는 1995년 전남지역의 농가포장에서 수집하여 종실의 크기, 까락의 유무, 간장 및 수장이 서로 다른 잡초성벼와 전북 및 경기지방 잡초성벼를 공시하였다(표 1). 또한 재배벼와 차이를 알아보고자 동진벼와 다산벼를 공시하였다. 이들 수집한 잡초성벼 종자는 사용전까지 10℃ 냉장고에 보관하였다. 본 실험은 1996년 5월부터 8월까지 전남대학교 농과대학 온실(주간 30±2℃, 야간 25±2℃)에서 수행되었다.

1. 동위효소 분석에 의한 수집 잡초성벼 분류

공시재료(표 1)는 침종하고 최아시켜 암상태에서 1주일간 육묘하여 지상부 0.5g을 채취하여 2㎖의 효소 추출 완충액(0.1M Tris-HCl buffer, pH 7.5)을 첨가하여 마쇄 후 10,000g로 20분간

Table 1. Morphological characteristics of collected weedy rices and cultivated rices used in this study.

Reginons collected	Seed			Awn	Culm length(cm)	Panicle length(cm)
	Length(L)	Width(w)	L/W raito			
Weedy rices						
Chonnam A	7.48^{f*}	2.99^{cd}	2.50	Awnless	88^{bcde}	17^{cd}
Chonnam B	8.66^{bc}	3.16^{bc}	2.74	Awn	94^{abcd}	15^{d}
Chonnam C	7.97^{e}	3.16^{bc}	2.54	Awnless	91^{bcd}	15^{d}
Chonnam D	9.13^{a}	3.25^{bc}	2.81	Awnless	73de	20^{bcd}
Chonnam E	7.55^{f}	3.55^{a}	2.13	Awn	82^{cde}	20^{bcd}
Chonnam F	8.39^{cd}	3.13^{bcd}	2.68	Awnless	104^{abc}	22^{bc}
Chonnam G	7.60^{f}	3.58^{a}	2.12	Awnless	105^{abc}	22^{bc}
Chonnam H	7.93^{e}	3.00^{cd}	2.64	Awn	101^{abc}	14^{d}
Chonnam I	8.00^{e}	2.99^{d}	2.68	Awnless	105^{abc}	21^{bc}
Chonnam J	8.18^{de}	3.11^{bcd}	2.63	Awnless	74de	18^{bcd}
Chonnam K	8.22^{de}	3.01^{cd}	2.73	Awnless	74de	18^{bcd}
Chonnam L	8.17^{de}	3.01^{cd}	2.71	Awn	75de	16^{cd}
Chonnam M	7.72^{f}	3.54^{a}	2.18	Awnless	94^{abcd}	19^{bcd}
Chonbuk	8.85^{ab}	3.09^{cd}	2.86	Awnless	109^{ab}	24^{ab}
Kyeongki A	8.22^{de}	3.13^{bcd}	2.63	Awnless	108^{ab}	22^{bc}
Kyeongki B	8.10^{de}	3.01^{cd}	2.69	Awnless	115^{a}	24^{ab}
Rices						
Dongjin	7.53^{f}	3.52^{a}	2.13	Awnless	83^{cde}	21^{bc}
Dasan	8.60^{bc}	3.29^{b}	2.61	Awnless	73de	26^{a}

* : Values followed by the same letters are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

원심분리하였다. 원심분리 후 그 상등액이 10 % 농도가 되도록 sucrose를 첨가하여 전기영동 시료로 사용하였다.

전기영동은 Davis[7]의 polyacrylamide gel 전기영동법(PAGE)을 사용하여 16cm×18cm×1.5mm 규격의 수직형 전기영동 장치를 사용하였다.

전극 완충액은 0.05M Tris와 0.38M glycine (pH 8.3)을 1 : 9(v/v)의 비율로 희석하여 처음에는 100V에서 1시간 영동시킨 후 약 3시간 동안 200V에서 전기영동시켰다.

Esterase 염색은 acetone 원액 1㎖에 녹인 α-naphthyl acetate 30mg과 fast blue RR salt 50mg을 100ml의 0.1M Tris-HCl 완충액(pH 7.2)에 녹인 후 gel을 36℃에서 약 20분간 침적하여 발색시켰다.

Peroxidase 염색은 benzidin 용액(benzidin 1g, acetic acid 9ml, 증류수 40ml)과 0.03% H_2O_2 및 증류수를 1 : 1 : 4(v/v)의 비율로 만들어 약 5분간 침적하여 발색시켰다. 염색후에는 gel을 5% acetic acid에 고정·탈색한 후 band 특성을 조사하였다.

2. 건답 및 담수직파재배시 수집 잡초성벼와 재배벼의 생장량 차이

건답직파는 수집 잡초성벼 및 벼를 24시간 침종하여 pot(0.2m^2)에 1cm 깊이로 파종하였다. 담수직파의 경우 수집 잡초성벼는 24시간 침종하고 재배벼는 침종 및 최아시켜 토중직파하였으며, 담수깊이는 2cm로 하였다. 파종량은 14kg/10a 수준으로 하였고, 토양은 논토양(식양토 : 전남대 포장)을 사용하였고 그 밖의 방법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 수행하였다.

초장과 엽수는 파종 후 5, 7, 13 및 18일에 조사하였고, 지상부중, 지하부중 및 근장은 파종 후 18일에 조사하여 건답 및 담수직파 조건하에서 수집 잡초성벼와 재배벼와의 생장량 차이를 비교하였다.

3. 수집 잡초성벼 방제 및 제초제 내성차이

수집 잡초성벼는 24시간 침종하여 준비한 pot에 실지 논포장에서 써레질하는 것처럼 인위적으로 흙탕물을 만들어 주었다. 이때 잡초

성벼를 파종하고 동시에 제초제를 처리하였다.

공시 제초제는 7% G Molinate 2.25, 4.5 및 6.5kg ai/ha와 7% G Thiobencarb 1.05 및 2.1kg ai/ha 수준으로 그리고 12% EC Oxadiazon은 0.12, 0.24 및 0.48kg ai/ha 수준으로 파종전 6일에 처리하였다.

벼는 침종하고 최아시켜 담수상태하에서 표면산파 방법과 담수상태의 물을 배수하여 파종하는 방법으로 수행하였다. 이때 배수는 5일간하였고, 그 후 2cm 깊이로 담수하였다.

약효 및 약해조사는 처리후 8, 10, 14 및 20일에 달관평가에 의해 조사하였다. 또한 초장은 처리후 11일에 지상부 생체중은 처리후 24일에 조사하여 무처리에 대한 백분율로 계산하여 수집 잡초성벼와 재배벼의 약효 및 약해를 조사하였다.

結果 및 考察

1. 동위효소에 의한 수집 잡초성벼 분류

공시된 재료들의 esterase 동위효소를 전기영동에 의해 분석한 결과는 그림 1과 같다. 전반적으로 4~7개 band가 분리되었으나, 수집 잡초성벼간의 차이는 3개 band의 유무로 구분할 수 있었다. I군은 a, b, c band가 모두 있고, II군은 a 및 c band만, III군은 a band만 있는 것으로 구분하였다. 즉 I군은 전남 A, B, C, D, E, I, K와 전북 수집종이 속하였고, II군은 전남 H, J 및 L수집종이 그리고 III군은 전남 G 및 M과 경기 A 및 B가 속하였다. 잡초성벼는 크게 형태적으로 장립형과 단립형의 2군으로 분류되지만 생리학적, 생화학적 형질의 차이가 있어 수집 잡초성벼간의 유연관계가 서로 다른 것으로 보고되었다[2,3,18,19]. 趙 등[4]은 esterase 동위효소를 등전점 전기영동한 결과 pH 3-10 범위에서는 2개군으로 pH 4.00-4.55사이에 dimeric으로 작용하는 5개 band형을 A, B, C, D, E, F로 구분하여 한국 재래 적미와 외국 적미를 분류하여 단립형 수집종은 동일하게 같은 군으로 분류되고 장립형 적미는 단립형 적미에서 특이적인 band를 동시에 가지는 것으로 나타나 본 연구에서 단립형인 전남 G와 M은 같은 III군을 보여 이들 연구결과와 유사하였다.

또한, 11개 10-mer primer와 2개 specifc se-

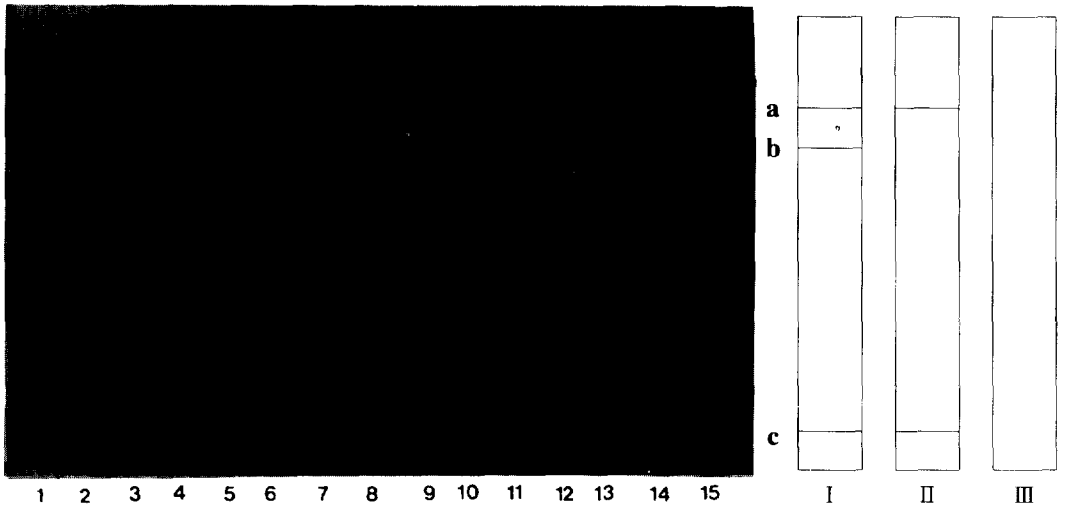
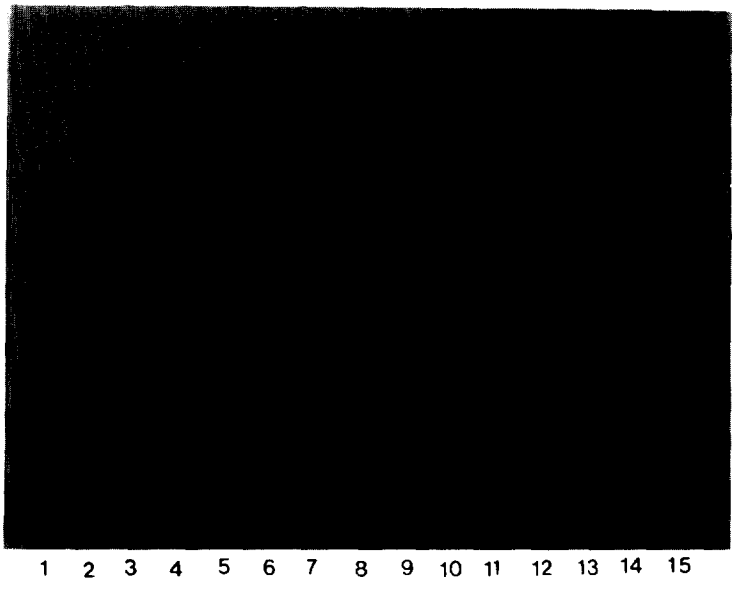


Fig. 1. Typical zymograms of esterase isozyme in collected weedy rice seedings analyzed by polyacrylamide gel electrophoresis(PAGE). Lane 1 ; Chonnam A, 2 ; Chonnam B, 3 ; Chonnam C, 4 ; Chonnam D, 5 ; Chonnam F, 6 ; Chonnam G, 7 ; Chonnam H, 8 ; Chonnam I, 9 ; Chonnam J, 10 ; Chonnam K, 11 ; Chonnam L, 12 ; Chonbuk, 13 ; Chonnam M, 14 ; Kyeongki A, 15 ; Kyeongki B.



I	II	III
3,8	5	1,2
9,10	6	4,7
11,13		12
14		15

Fig. 2. Typical zymograms of peroxidase isozyme in collected weedy rice and rice seedings analyzed by polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE). Lane 1 ; Chonnam A, 2 ; Chonnam B, 3 ; Chonnam C, 4 ; Chonnam D, 5 ; Chonnam F, 6 ; Chonnam G, 7 ; Chonnam H, 8 ; Chonnam I, 9 ; Chonnam J, 10 ; Chonnam K, 11 ; Chonnam L, 12 ; Chonbuk, 13 ; Kyeongki A, 14 ; Rice Dongjin, 15 ; Rice Dasan.

quence primer에 의한 RAPD marker로 분석하여 24개 잡초성벼를 구분할 수 있어 수집 잡초성벼간에 많은 다형성 band가 발견되었다[2].

따라서 이처럼 국내에서 수집된 잡초성벼내에도 유전적 배경이 다양함을 보여 이들에 대한 방제방법 및 제초제 내성이 상이할 것으로 예상된다.

Peroxidase 동위효소를 분석한 결과는 그림 2와 같이 6-10개 band가 분리되었으나, 수집 잡초성벼간의 차이는 a, b, c band의 유무에 따라 3군으로 구분할 수 있었다. 즉 I군은 전남 C, I, J, K, L과 경기 A 및 재배벼 동진벼로 분류되었고 II군은 전남 F 및 G로 그리고 III군은 전남 A, B, D, H, 전북 및 재배벼 다산벼로 분류되었다.

Peroxidase 동위효소는 esterase 동위효소처럼 수집 잡초성벼가 3군으로 분류되었으나 esterase에서 동일군으로 분류되었던 잡초성벼들과는 일치하지 않았다.

趙 등[4]은 pH 4.0-6.5범위에서 peroxidase 동위효소를 분석하여 수집한 잡초성벼를 1개 band 유무에 따라 I군과 II군으로 구분하였다. 또한, 등전점 전기영동법을 적용하여 esterase, malic enzyme, phosphoglucose isomerase, peroxidase, hexokinase 및 amylase의 6개 동위효소의 반응에 대해 일부 수집종은 동일한 특성을 보였으나, 동위효소간에 다른 반응을 보여 수집 잡초성벼의 유전적 배경이 다양함을 나타내어[4] 본 연구의 결과와 유사함을 확인하였다.

2. 건답 및 담수직파재배시 수집 잡초성벼와 재배벼의 생장량 차이

건답 및 담수직파재배 조건에서 수집 잡초성벼와 재배벼의 초장의 변화는 표 2와 같다.

건답직파의 경우, 재배벼 동진벼와 다산벼는 파종후 5-18일까지도 초장의 차이는 없었으며, 수집 잡초성벼는 파종후 7일 이내에는 재배벼와 차이가 없었고, 파종후 13일에는 재배벼 동진벼 보다는 전반적으로 초장이 컸으나 재배벼 다산벼보다는 일부 수집종에서만 차이를 보

Table 2. Plant height of collected weedy rices and cultivated rices grown under dry and water condition.

Reginons collected	Dry condition				Flood condition			
	5DAS*	7	13	18	5DAS	7	13	18
	..... Plant height(cm)							
Weedy rices								
Chonnam A	2.1^{d**}	5.8^{cd}	19.0^{de}	32.8^{cd}	1.2^{bcde}	6.7^{cde}	10.9^{cde}	26.2^{abc}
Chonnam B	2.0^{d}	8.4^{b}	21.5^{bcd}	40.3^{a}	0.7^{f}	7.8^{bcd}	12.1^{bc}	27.0^{ab}
Chonnam C	3.8^{bc}	9.2^{b}	22.1^{bc}	30.8^{cdef}	1.5^{b}	5.3^{e}	10.0^{cde}	19.7^{de}
Chonnam D	2.8^{cd}	9.2^{b}	26.9^{a}	39.0^{a}	1.2^{bcde}	6.5^{cde}	11.8^{bcd}	22.7^{bcde}
Chonnam E	1.9^{d}	5.5^{d}	16.2^{ef}	27.9^{fg}	0.6^{f}	5.3^{e}	8.5^{e}	20.5^{cde}
Chonnam F	2.6^{d}	7.7^{bc}	20.5^{bcde}	33.2^{cd}	1.0^{defg}	8.6^{b}	12.7^{abc}	25.8^{abc}
Chonnam G	2.3^{d}	7.8^{bc}	15.3^{fg}	30.8^{cdef}	0.7^{fg}	6.8^{cde}	10.4^{cde}	20.8^{cde}
Chonnam H	3.0^{bcd}	8.4^{b}	21.8^{bc}	34.7^{bc}	1.5^{b}	8.2^{bc}	12.3^{bc}	27.9^{ab}
Chonnam I	2.5^{d}	8.5^{b}	23.0^{b}	38.4^{ab}	1.5^{b}	8.2^{bc}	12.1^{bc}	27.9^{ab}
Chonnam J	3.0^{bcd}	8.6^{b}	23.2^{b}	27.3^{fg}	1.3^{bcd}	8.4^{bc}	15.0^{a}	26.3^{abc}
Chonnam K	2.3^{d}	9.3^{d}	26.8^{a}	39.2^{a}	0.9^{defg}	8.0^{bc}	15.4^{a}	26.7^{abc}
Chonnam L	2.7^{d}	8.0^{b}	23.1^{b}	32.7^{cd}	1.5^{b}	8.1^{bc}	14.3^{ab}	24.4^{abcd}
Chonnam M	1.9^{d}	5.1^{d}	14.0^{g}	26.0^{g}	0.8^{defg}	5.2^{e}	8.2^{e}	19.0^{abcd}
Chonbuk	6.0^{a}	13.9^{a}	27.9^{a}	31.9^{cde}	2.1^{a}	11.8^{a}	15.6^{a}	29.3^{a}
Kyeongki A	1.9^{d}	5.8^{cd}	17.8^{ef}	27.3^{fg}	0.5^{g}	6.0^{de}	12.0^{bcd}	24.3^{abcd}
Kyeongki B	2.6^{d}	7.1^{bc}	18.6^{e}	31.6^{cdef}	0.7^{efg}	6.1^{de}	12.8^{abc}	23.4^{abcde}
Rices								
Dongjin	3.0^{bcd}	8.6^{b}	15.6^{fg}	26.0^{g}	1.0^{cdef}	5.8^{e}	11.2^{bcde}	19.9^{de}
Dasan	4.0^{b}	7.5^{bc}	18.7^{e}	27.6^{fg}	1.4^{bc}	5.3^{e}	8.8^{de}	17.8^{e}

* DAS : Days after seeding

였다. 그러나 파종후 18일째에는 수집 잡초성벼 모두에서 재배벼보다 초장이 훨씬 컸다. 특히, 전북 수집종은 파종후 5-18일에서 재배벼 및 다른 수집 잡초성벼보다 초장이 큰 경향을 보였고 발아일수도 2일 이내(자료제시생략)를 보였다. 이러한 결과는 담수직파재배에서도 유사한 경향을 보였다. 그러나 수집 잡초성벼의 초장은 건답직파재배보다는 담수직파재배에서 훨씬 적은 경향을 보였다. 이는 담수상태에서 적미 종자의 발아력과 생육이 극히 낮다는 보고[20]와 본 연구는 일치하는 경향을 보인다. 이처럼 담수상태에서 발아력이 낮은 것은 잡초성벼가 호기발아성인 것으로 추측된다.

Sonnier[22]는 직파재배시 물관리 방법에 의한 적미방제 시험에서 파종 당시는 배수처리하고 활착후 단계적으로 담수처리할 때 적미발생이 적어 물관리에 의한 적미방제 방법을 보고한 바 있다.

따라서 이처럼 수집 잡초성벼가 재배벼보다 초장이 큰 특성은 광경합에서 더욱 유리하게 작용함을 의미한다. 본 연구의 결과로 보아 잡초성벼 방제는 벼보다 초장이 크지 않은 초기(파종 13일 이전)에 방제되어야 할 것이며, 그렇지 못한 경우에는 재배벼의 수량감소는 불가피 할 것으로 생각된다.

Kwon 등[13]도 drill 파종시 재배벼와 적미의 초장을 비교하였는데 적미의 초장이 재배벼보다 유의적으로 큰 경향을 보였고, 특히 출현후 60일에는 재배벼보다 46-55% 초장이 큰 경향을 보였다. 또한 Clavijo 등[5]도 4품종의 재배벼보다 적미가 초기생장이 빠르다는 결과와 본 연구 결과는 유사함을 알 수 있었다.

엽령과 엽전개속도는 광합성 능력뿐만 아니라 토양처리형 제초제의 감수성 및 내성 발현 시기를 나타내는 한 지표가 된다. 따라서 건답과 담수조건하에서 잡초성벼와 재배벼와의 엽수차이를 알아보았다(표 3).

건답이나 담수조건에 관계없이 엽수는 잡초성벼와 재배벼와 유의적인 차이를 볼 수 없었다.

Table 3. Number of leaves of collected weedy rices and cultivated rices grown under dry and water condition.

Reginons collected	Dry condition			Flood condition		
	7DAS	13	18	7DAS	13	18
	..... No. of leaves					
Weedy rices						
Chonnam A	1.17^{f}	2.45^{c}	4.00^{abc}	1.42^{efg}	2.50^{ab}	3.50^{a}
Chonnam B	1.05^{f}	2.50^{c}	4.02^{abc}	1.46^{defg}	2.02^{abc}	2.83^{c}
Chonnam C	1.55^{cd}	3.00^{ab}	4.00^{abc}	1.45^{defg}	2.17^{bc}	3.02^{bc}
Chonnam D	1.20^{ef}	3.00^{ab}	4.20^{ab}	1.13^{g}	1.88^{c}	3.03^{bc}
Chonnam E	1.10^{f}	2.90^{bc}	3.80^{abc}	1.15^{g}	2.00^{bc}	3.20^{abc}
Chonnam F	1.52^{cd}	3.00^{ab}	4.00^{abc}	1.75^{abcd}	2.23^{bc}	3.02^{bc}
Chonnam G	1.57^{cd}	3.05^{a}	3.83^{abc}	1.77^{bcd}	2.52^{ab}	3.20^{abc}
Chonnam H	1.72^{bc}	3.00^{ab}	4.17^{ab}	1.83^{abc}	2.42^{abc}	3.17^{abc}
Chonnam I	1.45^{cde}	3.00^{ab}	4.33^{a}	1.81^{abc}	2.27^{bc}	3.30^{ab}
Chonnam J	1.20^{ef}	3.00^{ab}	4.00^{abc}	1.80^{abc}	2.10^{bc}	2.83^{c}
Chonnam K	1.12^{f}	2.70^{abc}	3.68^{bc}	1.25^{fg}	2.02^{bc}	3.00^{bc}
Chonnam L	1.17^{f}	2.68^{bc}	3.52^{c}	1.65^{bcde}	2.20^{bc}	3.03^{bc}
Chonnam M	1.60^{c}	2.52^{c}	3.83^{abc}	1.28^{fg}	2.17^{bc}	3.01^{bc}
Chonbuk	2.00^{a}	3.05^{a}	4.17^{ab}	2.00^{a}	2.87^{a}	3.53^{a}
Kyeongki A	1.30^{def}	3.00^{ab}	3.67^{bc}	1.18^{fg}	2.22^{bc}	3.02^{bc}
Kyeongki B	1.53^{cd}	2.77^{abc}	3.67^{bc}	1.32^{fg}	2.08^{bc}	3.17^{abc}
Rices						
Dongjin	1.83^{ab}	3.03^{ab}	4.02^{abc}	1.48^{cdef}	2.05^{bc}	3.22^{abc}
Dasan	1.65^{c}	3.00^{ab}	4.03^{abc}	1.25^{fg}	2.33^{bc}	3.02^{bc}

Table 4. Shoot fresh weight, root fresh weight and root length of collected weedy rices and cultivated rices at 18 days after seeding under dry and water condition.

Reginons collected	Dry condition			Flood condition		
	S.F.W[1]	R.F.W[2]	R.L[3]	S.F.W	R.F.W	R.L
Red rice						
Chonnam A	0.95^{cd}	0.36^{cd}	10.1^{bcde}	0.40^{bcd}	0.33^{abcd}	10.4^{ab}
Chonnam B	1.24^{ab}	0.43^{abcd}	12.2^{bc}	0.31^{d}	0.33^{abcd}	11.3^{ab}
Chonnam C	1.08^{bcd}	0.53^{a}	9.2^{bcde}	0.27^{d}	0.25^{d}	11.2^{ab}
Chonnam D	1.43^{a}	0.41^{abcd}	8.5^{cde}	0.25^{d}	0.20^{d}	11.5^{ab}
Chonnam E	0.84^{d}	0.31^{d}	8.8^{e}	0.30^{d}	0.29^{cd}	12.0^{ab}
Chonnam F	1.09^{bcd}	0.40^{abcd}	10.9^{bcde}	0.41^{abc}	0.41^{ab}	12.5^{ab}
Chonnam G	0.89^{d}	0.42^{abcd}	11.8^{bcde}	0.32^{d}	0.28^{d}	13.4^{ab}
Chonnam H	1.04^{bcd}	0.43^{abcd}	11.5^{bcde}	0.35^{cd}	0.36^{abcd}	14.2^{ab}
Chonnam I	1.37^{a}	0.49^{abc}	9.1^{bcde}	0.49^{a}	0.43^{a}	11.8^{ab}
Chonnam J	1.08^{bcd}	0.41^{abcd}	12.8^{b}	0.37^{bcd}	0.40^{abc}	15.6^{a}
Chonnam K	1.09^{bcd}	0.31^{d}	10.5^{bcde}	0.37^{bcd}	0.29^{cd}	10.1^{b}
Chonnam L	0.89^{d}	0.34^{d}	8.2^{e}	0.34^{cd}	0.27^{d}	11.5^{ab}
Chonnam M	0.65^{e}	0.30^{d}	11.1^{bcde}	0.29^{d}	0.29^{cd}	10.9^{ab}
Chonbuk	0.92^{cd}	0.39^{abcd}	12.2^{bcd}	0.45^{ab}	0.43^{a}	14.6^{ab}
Kyeongki A	0.92^{cd}	0.53^{a}	8.3^{de}	0.36^{bcd}	0.31^{bcd}	15.2^{ab}
Kyeongki B	0.86^{d}	0.38^{bcd}	10.7^{bcde}	0.37^{bcd}	0.34^{abcd}	14.9^{ab}
Rices						
Dongjin	0.98^{cd}	0.43^{abcd}	9.3^{bcde}	0.31^{d}	0.26^{d}	13.1^{ab}
Dasan	1.13^{bc}	0.52^{ab}	16.3^{a}	0.32^{cd}	0.33^{abcd}	11.6^{ab}

1 : Shoot fresh weight(g) per 3 plants, 2 : Root fresh weight(g) per 3 plants, 3 : Root length(cm)

본 연구 결과는 파종후 18일까지 잡초성벼와 재배벼와의 엽수 차이를 보였으나, Kwon 등[13]은 적미와 벼 출현후 20일부터 120일까지 엽수를 조사하여 생육초기인 출현후 20일 이전까지는 적미와 벼간에 차이가 없어 본 연구의 결과와 유사하였다. 그러나 출현후 40-60일까지는 적미가 재배벼보다 훨씬 많은 엽수를 보였고, 출현후 60일 이후에는 오히려 재배벼의 엽수가 많았다. 이것은 재배벼 잎보다 적미의 잎이 빨리 발달하고 노화됨을 의미한다.

Table 5. Effect of thiobencarb, molinate and oxadiazon applications on visual rate(0-9: 9, completed kill) of collected weedy rices and rice cultivars.

Treatment (kg ai/ha)	DAA[c]	Weedy rices collected(flood)[a]						Rice cultivars[b]			
								Flood[d]		Drain[e]	
		1	2	3	4	5	6	1	2	1	2
Thiobencarb	8	8	8.2	8.7	7.5	8	7.7	0.5	0.5	0	0
(1.05kg)	10	9	5	9	7.5	4	7	7.5	8	0	0
	14	9	6	9	6	3	2.5	7.0	4	0.5	0
	20	9	4	9	5	4	2	5.0	4	0.5	0
Thionbencarb	8	8.7	9	8.7	7	8.2	8.8	0.5	1	1	1
(2.1kg)	10	9	9	9	9	5	9	8	8	2	1
	14	9	9	9	9	4	9	8	8	2	1
	20	9	9	9	9	5	9	7	8	1	0
Molinate	8	7.5	6.8	5.2	5	3.8	0.5	0	0	0	0
(2.25kg)	10	2	1	2	2	0.5	0.5	0.5	0	0	0
	14	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	20	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Molinate	8	8	7	8.5	6	7	1	0	0.5	0	0
(4.5kg)	10	3	2	5	4	2	0.5	0	2	0	0
	14	2	2	3	2	2	0	0	0	0	0
	20	2	1	3	2.5	2	0	0	0	0	0
Molinate	8	-	-	6	8	8.5	6	-	-	0	0
(6.5kg)	10	-	-	6	9	7	3	-	-	0	0
	14	-	-	2	7	4	3	-	-	0	0
	20	-	-	2	7	2	2	-	-	0	0
Oxadiazon	8	-	-	9	9	9	6	-	-	0	0
(0.12kg)	10	-	-	8.5	9	9	5	-	-	0	0
	14	-	-	7	7	6	5	-	-	0	1
	20	-	-	8	7	5	3	-	-	0	0
Oxadiazon	8	9	9	8.8	9	9	9	1	1	0	0
(0.24kg)	10	9	9	9	9	9	9	6	8	0.5	1.5
	14	9	9	9	9	9	9	4	5	0	2
	20	9	9	9	9	9	9	2	3	1	0
Oxadiazon	8	9	9	9	9	9	9	2	1	-	-
(0.48kg)	10	9	9	9	9	9	9	8	8.5	-	-
	14	9	9	9	9	9	9	8	9	-	-
	20	9	9	9	9	9	9	8	8.5	-	-

[a] Weedy rices collected 1 : Chonnam A, 2 : Chonnam C, 3 : Chonnam F, 4 : Chonnam G, 5 : Chonbuk, 6 : Kyeongki B

[b] Rice cultivars 1 : Dongjin, 2 : Dasan

[c] DAA : Days after application

[d] Flooded condition at time of rice seeding after herbicide application

[e] Drained condition at time of rice seeding after herbicide application

잡초성벼와 재배벼의 파종후 18일째 지상부 및 지하부 생체중과 근장의 차이는 표 4와 같다. 즉 건답 및 담수조건의 관계없이 재배벼와 잡초성벼는 유의적인 차이를 볼 수 없었다.

그러나 담수조건보다 건답조건에서 수집 잡초성벼의 엽수, 근장, 지상부 및 지상부 생체중이 큰 것은 건답조건에서 양호한 통기조건과 적절한 수분이 뿌리생장을 촉진시켰을 것으로 생각되며, 담수조건에서 뿌리는 산소부족과 입묘불안정에 기인하여 적었던 것으로 보인다[14].

건답 및 담수조건하에서 재배벼와 잡초성벼의 생장량은 다른 생장지표보다 초장에서 많은 차이를 보였다. 이는 잡초성벼가 비경합적인 환경조건에서도 재배벼보다 간섭정도에서 더욱 생물학적인 효과가 존재함을 의미한다.

이처럼 벼보다 잡초성벼가 생육초기에 초장이 크거나 생육특성 차이가 유사하기 때문에 경합으로 인한 수량감소는 불가피하기 때문에 잡초성벼를 생육초기에 방제해야 할 것으로 보인다.

3. 수집 잡초성벼 방제 및 제초제 내성차이

잡초성벼는 형태적 및 발생 생태적 특성이 재배벼와 매우 유사하기 때문에 방제상 어려움이 크다[6]. 이에 따라 고도의 선택적인 제초제의 개발이 요청되며 이러한 관점에서 벼의 안정성 있는 3종의 토양처리형 제초제를 사용하여 수집 잡초성벼 방제 및 잡초성벼간의 내성 차이를 처리후 8, 10, 14 및 20일에 달관평가에 의해 조사하였다(표 5).

Thiobencarb 1.05kg ai/ha 처리에서 전남 A와 F종은 처리후 20일에 완전 방제(달관 : 9)가 가능하였으나, 그밖의 수집종에서는 2-5의 달관결과를 보여 수집 잡초성벼간의 내성 차이를 보였다. 그러나 Thiobencarb 2.1kg 처리에서는 전북 수집 잡초성벼를 제외하고는(달관 : 5) 완전 방제되었다. 재배벼의 약해는 Thiobencarb 2.1kg 처리 6일후에 최아한 벼를 담수상태에서 표면산파했을 때는 벼의 약해는 회피할 수 없었다(7-8). 그리고 Thiobencarb 1.05kg 처리후 20일에도 동진벼와 다산벼 모두 4-5의 높은 약해를 보였다. 이러한 벼의 약해를 줄이기 위해서는 1.8-naphthalic anhydride(NA) 또는 Calcium peroxide를 벼 종자에 처리하면 벼가 보호되므로 방제효과가 높아진다고 하였다[9,16]. 그러나 담수상태의 물을 배수하고 최아한 벼종자를 표면산파 했을시에는 Thiobencarb 약량에 관계없이 두품종 모두 약해가 적었다(0-1). 따라서 파종전 6일에 담수상태에서 Thiobencarb를 처리한 후 배수후 파종해야 약해를 줄일 수 있을 것이다. Richard 등[17]은 적미와 벼간에 어떤 분명한 생화학적 특성 때문에 적미가 벼보다 Thiobencarb에 더 감수성이라고 보고하여 본 연구 결과, 잡초성 방제에 Thiobencarb의 사용가능성을 시사하였던 것과 유사한 결과로 해석된다.

Molinate 2.25와 4.5kg 수준의 처리에서 잡초성벼는 처리후 8일에만 방제효과가 다소 있었을뿐 처리후 시간이 경과될수록 방제효과는 적었다. Molinate 6.5kg 처리에서 수집 잡초성벼간에 내성차이는 인정되었다. 즉, 전남 G 수집종은 7정도의 달관결과를 보였고, 그밖의 수집종에서는 2정도의 결과를 보였다. Thiobencarb와 다르게 Molinate는 파종 당시 담수 또는 배수조건에 관계없이 6.5kg 수준에서도 벼의 약해를 보이지 않았다. 이는 Molinate 자체가 벼의 안정성있는 화합물이고 벼보다는 적미가 Molinate에 민감하다는 보고와 일치하였다[17].

방제적인 측면에서 Smith[21]는 계속적인 담수재배로 4.5 및 6.7kg/ha 수준으로 Molinate를 파종전 토양혼화처리시 87-93%가 방제되었다고 보고하였다. 또한 Molinate 4.5kg 수준으로 drill 파종했을 때 단지 47-51%가 방제되었고[9], 담수직파시 75-83% 방제효과를 보여[1] 본 연구의 결과와 큰 차이를 보였다. 이는 처리방법 및 처리조건의 차이 등에 연유된것으로 생각된다. 따라서 Molinate 단독처리에 의한 잡초성 벼의 완전방제는 어려워 파종전 Molinate를 처리하고 그후 유수분화기에 Fenoxaprop를 처리하거나 출수시에 Amidochlor을 처리하는 방법 등이 보고되었다[23].

Table 6. Effect of thiobencarb, molinate and oxadiazon applications on plant height and shoot fresh weght of collected weedy rices and rice cultivars.

Treatment (kg ai/ha)	Weedy rices collected(flood)[a]						Rice cultivars[b]			
							Flood[d]		Drain[e]	
	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2
	Plant height(cm) at 11DAA[c](% of untreated)									
	Control(%)						Injury(%)			
Control	11.2 (0)	14.3 (0)	10.5 (0)	9.0 (0)	24.8 (0)	18.8 (0)	8.5 (0)	8.3 (0)	7.8 (0)	8.7 (0)
Thiobencarb (1.05kg)	0 (100)	9.3 (35)	0 (100)	3.8 (58)	13.8 (44)	8.3 (56)	3.3 (61)	2.3 (72)	7.5 (13)	10.2 (0)
Thiobencarb (2.1kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	12.2 (51)	0 (100)	2.3 (73)	1.4 (83)	6.5 (17)	9.5 (0)
Molinate (2.25kg)	11.2 (0)	13.5 (6)	10.3 (2)	8.7 (3)	24.5 (1)	18.4 (2)	8.2 (4)	8.3 (0)	8.5 (0)	8.8 (0)
Molinate (4.5kg)	10.3 (9)	13.7 (4)	8.3 (21)	7.6 (16)	21.0 (15)	17.8 (5)	8.1 (5)	7.9 (5)	8.0 (0)	11.7 (0)
Molinate (6.5kg)	- -	- -	4.5 (57)	0 (100)	8.0 (68)	14.6 (22)	- -	- -	7.8 (0)	10.5 (0)
Oxadiazon (0.12kg)	- -	- -	0 (100)	0 (100)	0 (100)	6.5 (65)	- -	- -	7.8 (0)	9.7 (0)
Oxadiazon (0.24kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	6.3 (26)	4.2 (49)	8.3 (0)	9.3 (0)
Oxadiazon (0.48kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	- -	- -
	Shoot fresh weight(g/3 plants) at 24 DAA(% of untreated)									
Control	0.71 (0)	0.77 (0)	0.68 (0)	0.75 (0)	0.96 (0)	0.61 (0)	0.67 (0)	0.69 (0)	0.72 (0)	0.78 (0)
Thiobencarb (1.05kg)	0 (100)	0.40 (48)	0 (100)	0.30 (60)	0.66 (31)	0.53 (13)	0.33 (51)	0.38 (45)	0.69 (4)	0.80 (0)
Thiobencarb (2.1kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0.52 (46)	0 (100)	0.18 (73)	0.25 (64)	0.64 (11)	0.74 (5)
Molinate (2.25kg)	0.86 (0)	0.88 (0)	0.72 (0)	0.80 (0)	0.94 (2)	0.65 (0)	0.72 (0)	0.65 (6)	0.75 (0)	0.78 (0)
Molinate (4.5kg)	6.65 (8)	0.81 (0)	0.54 (21)	0.59 (21)	0.81 (16)	0.60 (2)	0.70 (0)	0.62 (10)	0.73 (0)	0.80 (0)
Molinate (6.5kg)	- -	- -	0.50 (26)	0.25 (67)	0.60 (38)	0.40 (34)	- -	- -	0.68 (6)	0.72 (8)
Oxadiazon (0.12kg)	- -	- -	0.20 (71)	0.20 (73)	0.40 (58)	0.35 (43)	- -	- -	0.69 (4)	0.70 (10)
Oxadiazon (0.24kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0.50 (25)	0.48 (30)	0.64 (11)	0.68 (13)
Oxadiazon (0.48kg)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)	- -	- -

Oxadiazon은 0.24kg이상 처리에서 수집 잡초성벼 모두는 완전방제가 되었으나, 0.12kg 처리에서는 처리후 14일째 5-7 정도의 달관평가의 결과를 보였고, 수집 잡초성벼간의 내성차이는 크지 않았다. Oxadiazon 0.48kg 처리에 의한 벼의 약해는 벼를 담수상태에서 표면산파했을 때 약해정도가 심해 벼가 고사하였으나, 0.24kg 처리에서는 처리후 시간이 경과될수록 약해정도가 적었고, 처리후 20일째에 두 품종 모두 각각 2-3의 달관결과를 보였다. 그러나 배수상태에서 벼를 표면산파했을시는 거의 약해가 없었다(0-1). 3종의 약제를 처리후 11일과

24일에 초장과 생체중에 의한 수집 잡초성벼 방제 및 재배벼 약해에 대한 결과는 표 6과 같다.

처리후 11일에 수집 잡초성벼의 방제효과는 Thiobencarb 1.05kg 처리에서는 35-100%로 수집 잡초성벼간에 큰 내성차이를 보였다. Thiobencarb 2.1kg 처리에서는 전북 수집종이 51%이고 그 밖의 수집종은 100%를 보였다. 그러나 Molinate 처리에서는 Thiobencarb보다 훨씬 적은 방제효과를 보였다. 즉 Molinate 4.5kg 처리에서도 20%이하의 낮은 방제효과를 보였다. 그러나 6.5kg 처리에서는 최저 22%에서 최고 100%까지의 큰 차이를 보였다. 이는 잡초성벼내에서도 제초제 선택성 정도가 다르기 때문이다. 이와 유사한 결과를 수집종 피에서 제초제에 대한 종내변이가 있음을 밝힌 바와 같다[15]. 이처럼 제초제에 대한 잡초성벼의 종내변이는 유아나 유근의 흡수정도, 제초제 성분의 분해능력 차이 등에 의한 것으로 추측할 수 있다. Oxadiazon 처리에서는 0.24kg 이상 처리에서는 100% 방제효과를 보였고, 0.12kg 처리에서는 경기 A 수집종은 65%를 보이고 그밖의 수집종은 100%를 보였다. 벼의 약해는 앞의 달관평가와 유사한 결과를 보였다. 즉, Thiobencarb 1.05 및 2.1kg 처리와 Oxadiazon 0.24kg 이상처리에서는 약제 처리후 벼 파종은 배수조건에서 실시해야 할 것이다. 처리후 24일째 지상부 생체중에 대한 결과도 처리후 11일에 초장의 결과와 유사하였다. 본 연구 결과는 온실조건에서 수행된 결과이므로 보다 상세한 실험이 포장실험에서 수행되어야 할 것으로 보인다. 잡초성벼의 방제에 성공하려면 어떤 한가지 방법에 의해서만 해결되지 않으므로 종합적인 방제가 되어야 할 것으로 보인다. 잡초성벼는 휴면기간이 길고 생리적 특성이 재배벼와 아주 비슷하고 제초제에 대한 종내변이가 상이하므로 제초제에 의한 효과적인 방제가 어렵다. 그러므로 우선 혼입되지 않은 종자사용과 잡초성벼 생산을 줄이는 재배적인 방제가 바람직하다. 또한 잡초성 벼의 저온발아성이 높은 점을 이용하여 초기에 출아시켜 제초제로 방제하거나 적절한 담수상태 유지로 발생을 경감시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 잡초성벼 방제의 새로운 기술개발 가능성도 엿보인다. 예를들면, 제초제 Alachlor에 저항성이 있는 벼가 동정되었으므로 잡초성벼 방제에 Alachlor를 폭넓게 사용할 수 있을 것이며, Glyphosate에 저항성인 벼도 동정되어 이들에 대한 내성품종이 육성되면 잡초성벼 방제기술이 개선될 것이다. 또한 잡초성벼에 활성적이고, 벼에는 보다 안전한 제초제를 개발하거나, 잡초성벼의 휴면성을 타파하여 토양 잔존양을 줄이고, 재배벼에 영향을 주지 않으면서 잡초성벼의 유수분화를 억제하는 생장조절제 등의 새로운 농약들이 조속히 개발되어야 할 것이다.

摘 要

본 연구는 전남 13계통, 전북 1계통 및 경기 2계통의 수집 잡초성벼와 재배벼에 대하여 동위효소 esterase와 peroxidase에 의한 잡초성벼 분류, 건답 및 담수조건하에서 잡초성벼와 재배벼의 생장차이 및 수종의 제초제에 대한 잡초성벼의 방제 및 잡초성벼내의 제초제 내성차이를 알아보고자 하였다.

1. Polyacrylamide gel 전기영동법에 의해 동위효소 esterase와 peroxidase를 분석한 결과 이 동위효소에 의해 수집 잡초성벼는 3개군으로 분류되었으나, 그 두효소의 분류군은 서로 일치하지 않았다.
2. 건답 및 담수조건에서 파종후 18일에 초장은 수집 잡초성벼가 재배벼보다 훨씬 컸으나, 그밖의 엽수, 지상부중, 지하부중 및 근장은 잡초성벼와 재배벼간에 유의적인 차이가 없었다. 그리고 수집 잡초성벼의 생장은 담수조건보다는 건답조건에서 훨씬 빨랐다.
3. 파종 6일전에 Thiobencarb, Molinate 및 Oxadiazon을 처리후 잡초성벼의 방제는 2.1kg Thiobencarb와 0.24kg Oxadiazon 처리에서 100% 방제되었다. 그러나 6.5kg Molinate 처리에서는 단지 26-67%가 방제되었다. 벼의

약해는 Molinate를 제외하고 2.1kg Thiobencarb와 0.48kg Oxadiazon 처리후 담수상태에서 벼를 파종할 때에는 약해가 아주 심했다(25-100%). 그러나 제초제 처리후 담수상태의 물을 배수하고 처리했을 경우에는 약해가 아주 경미하였다(4-13%). 공시 제초제에 대한 수집 잡초성벼간의 종내 내성은 49%정도의 차이를 보였고 약제별 제초제의 종내 내성차이는 Thiobencarb > Molinate > Oxadiazon 순이었다.

參 考 文 獻

1. Baker, J.B., E.A. Sonnier and J.W. Shrefler. 1986. Integration of molinate use with water management for red rice(*Oyza sativa*) control in water-seeded rice(*Oryza sativa*). Weed Sci. 34 : 916-922.
2. Cho, Y.C., T.Y. Chung, Y.H. Park and H.S. Suh. 1995. Genetic polymorphisms and phylogenetic relationships of Korea red rice(weedy rice in *Oryza sativa* L.) based on randomly amplified polymorphic DNA(RAPD) markers. Korean J, Breed. 27(1) : 86-93
3. 趙英哲. 1990. 국내 수집 잡초성벼의 재배품종에 대한 잡종친화성. 서울대 석사학위논문.
4. 趙埈賢·徐學洙·鄭泰永·殷戊永. 1993. 한국 재래 적미 수집 및 특성 검정 Ⅳ. 동위효소에 의한 한국 재래 적미와 재배벼 및 외국 적미와의 유연관계. 韓育誌. 24(4) : 327-334.
5. Clavijo, J. and J.B. Baker. 1986. Early development of red rice and four rice cultivars. Proc. South. Weed Sci. 39 : 478.
6. Cohn, M.A. and J.A. Hughes. 1981. Seed dormancy in red rice(*Oryza sativa*). Ⅰ. Effect of temperature on dry-after-ripening. Weed Sci. 29(4) : 402-404.
7. Davis, B.J. 1964. Disc electrophoresis-Ⅱ. Method and application to humans serum proteins. N.Y. Acad. Annals 121 : 404-427.
8. Diarra, A., R.J. Smith, Jr. and R.E. Talbert. 1985. Interference of red rice(*Oryza sativa*) with rice(*O. sativa*). Weed Sci. 33(6) : 644-649.
9. Diarra, A., R.J. Smith, Jr., and R.E. Talbert. 1985. Red rice(*Oryza sativa*) control in drill-seeded rice(*O. sativa*). Weed Sci. 33 : 703-709.
10. Diarra, A., R.J. Smith, Jr., and R.E. Talbert. 1985. Growth and morphological characteristics of red rice(*Oryza sativa*) biotypes. Weed Sci. 33 : 310-314.
11. Glaszmann, J.C. 1985. A varietal classification of Asian cultivated rice(*Oryza sativar* L.) based on isozyme polymorphism. In Rice Genetics. IRRI, Los Banos, Philippines. pp. 83-90.
12. Jennings, P.R. and R.C. Aquino. 1968. Studies on competition in rice. Ⅲ. The mechanism of competition among phenotypes. Evolution 22 : 529-542.
13. Kwon, S.L., R.J. Smith, JR., and R.E. Talbert. 1992. Comparative growth and development of red rice(*Oryza sativa*) and rice(*O. sativa*). Weed Sci. 40 : 57-62.
14. 李錫淳·金純哲. 1991. 벼 건답휴립직파재배에서 효과적인 제초제 사용법. 韓雜誌11(1) : 3-10.
15. 任日彬. 1989. 한국산 피(*Echinochloa crus-galli*(L.) Beauv.) 수집종의 잡초생태학적 분류에 관한 연구. 전남대학교 석사학위논문 p.81.
16. Price, J.B., IV. 1977. Red rice control in rice using herbicides plus safeners. Thesis. Texas A & M University. p.26.
17. Richard, E.P. Jr. and J. Baker. 1979. Response of selected rice(*Oryza sativa*) lines to molinate. Weed Sci. 27(2) : 219-223.
18. 徐學洙·趙埈賢·許文會. 1993. 한국 재래 적미 수집 및 특성 검정 Ⅲ. 한국 재래 적

미와 재배벼 및 외국 적미와의 잡종친화성. 韓育誌. 24(4) : 322-326.

19. 徐學洙 · 朴淳直 · 許文會. 1992. 한국 재래 적미 수집 및 특성검정 I. 지리적 분포와 종실특성. 韓作誌. 37(5) : 425-430.
20. 徐學洙 · 河雲龜. 1993. 한국 재래 적미 수집 및 특성 검정 V. 수심 및 토심에 따른 발아특성. 韓作誌. 38(2) : 128-133.
21. Smith, R.J. Jr. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice. Weed Sci. 29 : 663-666.
22. Sonnier, E.A. 1977. Red rice studies. Water management experiment. Annual Progress report 69 : 92-100. Rice Experiment Station, Louisiana State University.
23. Todd, L. 1986. Selectivity and efficacy of fenoxaprop-ethy in rice. Proc. South. Weed Sci. Soc. 39 : 66.