

벼 直播栽培의 雜草發生 生態와 效果的인 防除法

金 純 哲*

Weed Ecology and Effective Weed Control Technology in Direct - Seeded Rice

Soon-Chul Kim*

ABSTRACT

The paper was reviewed the research results on weed dynamics and effective control methods in direct-seeded rice crop.

Direct seeding method resulted in drastic increment of weed growth compared to transplanting method and also changed in troublesome weed flora. Two to three fold more weeds were harvested at the direct seeded rice and weed flora of dominant species shifted toward C₄ type grass weeds. Some of the important troublesome weeds in direct seeded rice were *Echinochloa crus-galli*, *Oryza sativa* ssp *spontanea*, *Leptochloa chinensis*, *Setaria viridis*, *Digitaria adscendens*, *Sesbania exaltata*, *Aeschynomene indica*, Algae, etc. Yield loss due to weed competition was about 40-60% for water-seeded and about 70-100% for dry-seeded rice while these for transplanted rice were about 25-35% for mechanical transplanting and about 10-20% for manual transplanting, respectively. Integrated weed management concept was needed to approach weed control effectively. Several cultural technologies were very effective to suppress the weed growth. These were tillage operation, water management, seeding date and seeding rate. Crop residues of barley, rice, wheat, oat and Italian ryegrass were also effectively suppressed the paddy weeds particularly to *Potamogeton distinctus*, a perennial broadleaf weed. A pathogen of *Epicoccossorus nematosporus* identified from *Eleocharis kuroguwai* was an excellent potential bioagent to control the most troublesome perennial sedge weed of *E. Kuroguwai* without arising any detrimental effect. The herbicidal efficacy of this pathogen was as high as bentazon herbicide.

Plant growth regulator of paclobutrazol(pp-333) was another possible alternative to reduce the herbicide use.

In current, herbicide exhibited the most conspicuous results to control weeds in direct-seeded rice even though the application technologies were not fully established. Recommendations for herbicide application were suggested for in both water-and dry-seeded rice in USA, Japan and Korea, respectively. To make better and comprehensive recommendations further studies on weed ecology and herbicide development were emphasized.

Key words : Direct-seeded rice, Weed ecology, Weed control.

* 嶺南作物試驗場 農村振興廳 Yeongnam Corp Experiment Station Rural Development Administration.

緒 言

벼는 現在 우리나라 農家所得의 40%, 農作物所得의 59%를 차지하는 實質的인 農家 所得作物이다. 우리나라의 生産性은 世界的으로 가장 높은 水準을 維持하지만 生産費는 美國에 比해 4.2倍 높아 國際市場 競爭力이 매우 脆弱한 實情이다.

國內的으로도 最近의 農村 勞動力의 質의 低下 및 量的인 不足現狀과 農村勞賃의 急上昇은 勞動力이 必要한 時期에 適期供給이 어려울 뿐 아니라 벼農事는 더以上の 所得作物로서의 位置를 喪失하고 있다.

生産費 構成 要因中에서 美國과 우리나라가 크게 差異를 보이는 것은 土地用役費와 勞力費인데 우리나라에서는 이두要因이 全體의 約 75%(土地用役費 50.2%, 勞力費 24.4%)를 차지하는데 反해 美國은 不過 20% 未滿이다(金等, 1990). 따라서 우리나라의 경우 生産費를 줄이기 위해서는 土地用役費와 勞力費를 줄이는 方案이 摸索되어야 하는데 土地用役費는 根本的으로 人口에 比해 土地가 狹小하여 땅값이 비싸서 일어나는 現狀이므로 政府次元에서 大規模의 干拓 事業에 의해 産農地를 供給하지않는한 解決할 길이 없으며, 또한 이分野는 作物 研究者의 領域밖의 일이므로 作物研究者로서는 勞力費를 節減시킬수 있는 方法 模索이 現實的으로 가장 바람직한 일이 될것이다.

美國은 1970 年代初에 이미 10a 當 所要 勞動時間이 2~3時間에 不過한 省力 機械化一貫 作業體系가 確立되어 오늘에 이르고 있는데 比해 우리나라는 아직 59時間이 所要되고 있다. 現在의 機械移秧 栽培方法으로는 54時間 까지 節減시킬수 있고 最近에 開發, 普及中에 있는 어린모 栽培技術에 의해 40時間代까지는 可能할 것으로 豫想되지만 根本的으로 美國과의 競爭은 不可能한 實情이다(Rutger and Crant, 1980; 農振廳, 1992).

이와같은 現實에 比해 最近에는 農村振興廳 傘下 試驗研究機關에서 벼直播 栽培에 관한 研究가 活潑히 이루어지고 있는데 主要 直播栽培類型으로는 湛水直播(表面, 土中), 이토直播, 乾畚直播(畦立, 平面) 등이다. 지금까지 얻어진 結果로

볼때 現在의 주어진 條件下에서 브리 細條播機를 利用한다면 10a 當 所要勞動時間을 35時間 까지 節減이 可能하고 經營費도 40% 節減 할수있음이 立證되었으며(金等, 1991) 더우기 앞으로 農作業機의 大型化와 여러作業의 同時 修行이 可能하게 되면 10時間代 以內까지 可能하여 國際競爭力이 있을것으로 豫想된다. 直播栽培에서 가장 問題가 되는것은 立毛確保, 雜草防除, 倒伏問題인데 그중에도 雜草防除가 가장 어려운 問題로 認識되고 있다. 移秧栽培와는 달리 直播栽培에서는 雜草 發生을 抑制하지 못하면 대개의 경우 벼收量은 거의 期待 할수 없게된다.

本論文은 벼 直播栽培에서 가장 問題가 되는 雜草防除 問題를 그동안 얻어진 結果와 報告된 論文을 土臺로 直播栽培에서의 雜草發生 生態와 效果의인 防除體系를 要約, 整理하여 報告하는 바이다.

雜草의 一般 生態

現在 世界的으로 벼 栽培地에 發生되는 雜草 種類는 60科 50屬 350余種으로 要約할 수 있으나 (Smith, 1983) 벼 收量에 深刻하게 影響을 끼치는 雜草는 15余種으로 要約할 수 있고, 이들의 收量減少 影響은 벼 栽培樣式 및 發生量에 따라 다르나 지금까지 報告된 研究結果를 要約하면 表 1과 같다. 表 1에서 보는바대로 벼收量은 草種別로는 2%에서 100%까지 큰 變異를 보이고, 또한 同一草種에서도 2%에서 76%까지 넓은 變異를 보여주고 있어, 벼栽培條件에 따라 雜草發生의 影響이 크게 달라지게 된다는 것을 가르켜 주고있다. 이 表에서 注目하여야 할 점은 直播栽培가 주로 施行되고 있는 美國, 오스트리아, 匈牙利 등에서 發生되는 主要 草種이 자귀풀(*Sesbania* sp and *Aeschynomene* sp) 금방동사니(*Cyperus* *iria*). 피(*Echinochloa* sp). 드렁새(*Leptochloa* sp). 赤米(*Oryza sativa* ssp *spontanea*)等 이라는 點을 볼때 앞으로 이들에 대한 關心이 주의깊게 要求되고 있다. 現代直播栽培 技術의 歷史가 比較的 긴 美國에서 發生되는 主要草種들 中에서 자귀풀, 피, 드렁새의 경우 發生期間이 길어질수록 벼收量 減少率을 增加시키며, 이 中에서 피를 防除하지 않으면 約 70%의 減收를 招來하고 다 음으로는 드렁새 35%, 자귀풀 17~19%로 나타

Table 1. Interference of selected weed species in rice^{a)} (Smith, 1983).

Taxon or group	Country	Rice culture ^{b)}	Yield loss(%)	Reference
<i>Aeschynomene virginica</i>	USA	DP	4-19	Smith(1968)
<i>Cyperus difformis</i>	Taiwan	TP	49-90	Chang(1970)
<i>C. difformis</i>	Australia	DP	33-44	Swain(1973)
<i>C. iria</i> and <i>Echinochloa colona</i>	Egypt	TP	36	Tag El-Din et al(1979)
<i>C. rotundus</i>	Philippines	DU	29-51	DeDatta(1979)
<i>Echinochloa</i> spp.	Australia	DP	76-100	Kleining & Noble (1968)
<i>Echinochloa</i> spp.	Hungary	DP	60-63	Szilvassy(1979)
<i>E. colona</i>	Philippines	DP	2-76	Mercardo & Talatala(1977)
<i>E. crus-galli</i>	Japan	TP	5-75	Noda et al(1968)
<i>E. crus-galli</i>	Taiwan	TP	71-92	Chang(1970)
<i>E. crus-galli</i>	USA	DP	25-95	Smith(1968)
<i>E. crus-galli</i>	Korea	DP	91	Kim(1989)
<i>Eleocharis kuroguwai</i> and <i>Cyperus serotinus</i>	Korea	TP	59	DeDatta(1977)
<i>Heteranthera limosa</i>	USA	DP	6-27	Smith(1968)
<i>Leptochloa panicoides</i>	USA	DP	35	Smith(1975)
<i>Marsilea mimuta</i>	Taiwan	TP	45-87	Chang(1970)
<i>Monochoria vaginalis</i>	Taiwan	TP	31-86	Chang(1970)
<i>Oryza sativa</i> ssp. <i>spontanea</i>	USA	DT	49-65	Sonnier(1974)
<i>Scirpus maritimus</i>	Philippines	TP	18-48	De Datta(1977)
<i>Sesbania exaltata</i>	USA	DP	10-40	Smith(1968)
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Taiwan	TP	3-27	Chang(1970)

a) Losses based on weed competition and comparison experiments conducted by weed scientists.

b) DP=direct-seeded paddy rice(dry-or water -seeded, irrigated or rainfed), DU=direct-seeded dryland rice (rainfed), TP=transplanted paddy rice(irrigated or rainfed).

났다(表 2). 雜草發生으로惹起되는 벼被害는 直接的인 收量減少以外에도 벼의 倒伏抵抗性を 弱화시키고(表 3), 또한 벼가 利用하여야 할 窒素 吸收量を 雜草(피)가 3 倍 以上이나 많이 吸收 利用하여 肥料의 損失에도 크게 影響을 미친다 (表 4). 다음은 既存의 移秧栽培方法에서 直播栽培 方法으로 바뀐에 따라 發生되는 雜草의 問題點을 몇가지 豫想할수 있다. 移秧栽培와 直播栽培의 가장 重要한 差異點은 물管理와 벼 生育량이

다. 移秧栽培에서는 항상 一定 깊이의 물이 繼續 維持되고 벼도 移秧當時 이미 相當한 生育量을 가지는데 反해 直播栽培에서는 播種當時 벼는 겨우 發芽를 끝냈거나 發芽가 되지 않는 種子로 湛水狀態나 발狀態로 播種이 되며, 湛水狀態로 播種이 된다 하더라도 播種後 5~10日頃 着根을 위한 그누기를 하여야 하기때문에 表土가 露出되게 된다. 이러한 狀態에서는 벼 보다 發芽速度가 빠른 雜草의 發生機會가 커지고 또한 發芽에 必要

Table 2. Yield loss in direct-seeded paddy rice due to competition with different weed species^{a)} (Smith, 1983).

weed	Yield loss(%) with a given period of competition			
	4wk	8wk	12wk	Seasonlong
<i>Sesbania exaltata</i>	2	6	9	19
<i>Aeschynomene virginica</i>	2	8	8	17
<i>Heteranthera limosa</i>	15	27	-	21
<i>Echinochloa crus-galli</i>	8	35	43	70
<i>Leptochloa panicoides</i>	-	-	-	35

a) Data adapted from Smith(1968, 1975).

Table 3. Lodging tolerance of rice as affected by the growth of *Echinochloa* species(YCES, 1989).

Dry weight of <i>Echinochloa</i> spp(g/m ²)	Lodging index		Field lodging(0-9)
	3rd internode	4th internode	
7	94	89	0
51	95	88	0
414	173	157	9

* Rice cultivar : Palgongbyeo (japonica).

Table 4. Nitrogen uptake of weeds growing in association with rice^{a)}. (Mukhopadhyay, 1953).

Plant species	Nitrogen uptake (kg/ha)	
	Weeds present	Weeds few or absent
Rice	26	106
<i>Echinochloa</i> spp.	75	0.6

a) Adapted from Boerema (1963).

한 水分要求度가 다른 雜草의 發生이 크게 優占하게 된다.

이와같은 理由로 直播栽培에서 發生되는 主要 優占雜種은 表 5에서 보는 바와 같이 生存力과 競爭力이 대단히 강한 C₄型的 雜草인 피, 드렁새, 강아지풀(*Setaria* sp), 왕바랭이(*Eleusine* sp), 바랭이(*Digitaria* sp) 등과 環境適應力이 매우 높은 赤米와 자귀풀 등이다. 移秧栽培에서는 벼를 위시한 大部分의 雜草가 C₃型 雜草인데 反해 直播栽培에서는 C₄型的 雜草가 크게 優占하게 되는것이 特徵이다.

一般的으로 C₄型植物은 環境適應性, 특히 水分不足과 같은 不良環境에 대한 適應力이 大端히 높다. 反對로 C₃型 植物들은 湛水狀態와 같이 水

분이 지나치게 많을 경우는 오히려 生育이 抑制된다. 參考로 논과 周邊 밭에 發生하는 主要 雜草들의 물에 對한 反應을 살펴보면 表 6과 같다. 마디꽃, 물별, 물달개비, 알방동사니, 밭뚝외풀, 등과 같은 C₃型 雜草들은 6cm 湛水區에서 全體 發生量의 89%를 차지한데 反해 피, 바람하늘죽이, 강아지풀, 바랭이, 쇠비름, 비름, 등과 같은 C₄型 雜草의 乾物重은 겨우 11%에 不過하여 C₄型 雜草들은 물에 對해서는 相對的으로 弱하다는 것을 보여주고 있다. 이와는 反對로 飽和狀態나 밭狀態에서는 C₄型 雜草들이 全體 乾物中の 93~94%를 차지하고 있다. C₄型 雜草들은 湛水狀態에서 밭狀態로 水分條件이 變함에 따라 乾物中도 增加하고 있음을 보여주고 있다.

벼 栽培樣式은 雜草의 種類를 달라지게 할뿐아니라 發生되는 雜草의 乾物重에도 크게 影響을 미친다. 벼栽培는 既存의 손移秧栽培에서 機械移秧 栽培로, 그리고 以後에는 直播栽培 方法으로 必然的으로 바뀌어질 것으로 보여지는데, 이와같은 栽培樣式 變化는 雜草의 發生量도 함께 增加하게 될것이다. 表 7은 벼 栽培樣式 變化에 따라 雜草發生量 變化를 나타낸 것으로 손移秧栽培에

Table 5. important weed species at the direct-seeded irce (kim, 1990).

<i>Echinochloa</i> sp.	C ₄	annual grass
Barnyard grass		
<i>Oryza sativa</i> ssp. spontanes	C ₃	annual grass
Red rice, weedy rice		
<i>Leptochloa</i> sp.	C ₄	annual grass
Sprangle top		
<i>Setaria</i> sp.	C ₄	annual grass
Foxtail, Bristle grass		
<i>Eleusine</i> sp.	C ₄	annual grass
Foxtail, Bristle grass		
<i>Digitaria</i> sp.	C ₄	annual grass
C ₄ rabgrass, Finger grass		
<i>Sesbania exaltata</i>	C ₃	annual broadleaf
Hemp sesbania		
<i>Aeschynomene indica</i>	C ₃	annual broadleaf
Indian joint-vetch, Sensitive joint-vetch		

Table 6. Distribution of summer weeds with different photosynthetic pathways as affected by 3 soil moisture regimes^{a)} (Matsunaka, 1983).

Photosynthetic pathway	Weed species	Total weed dry weight (g/90cm ²)		
		Submerged	Water saturated	Dryland
C ₃ type	<i>Rotala indica</i> var. <i>uliginosa</i>	3.55	0.05	0
	<i>Elatine orientalis</i>	1.55	0	0
	<i>Dopatrium junceum</i>	1.50	+ ^{b)}	0
	<i>Monochoria vaginalis</i>	0.70	0	0
	<i>Eleocharis acicularis</i>	0.60	+	0
	<i>Cyperus difformis</i>	0.35	0	0
	<i>Ericaulon sieboldianum</i>	0.20	0.15	0
	<i>Lindernia pyxidaria</i>	0.20	+	0
	<i>Polygonum bluemei</i>	0	1.20	2.20
	<i>Poa acroleuca</i>	0	0.25	0.05
	<i>Acalypha australis</i>	0	0.05	0.05
	<i>Chenopodium album</i>	0	+	1.10
Subtotal (g)	8.65	1.70	3.85	
(%)	(89)	(6)	(7)	
C ₄ type	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	0.70	7.95	5.75
	<i>Cyperus microiria</i>	0.25	3.90	4.85
	<i>Fimbristylis littoralis</i>	1.10	1.10	1.55
	<i>Amaranthus blitum</i>	0	0.10	0.05
	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>platocola</i>	0	3.20	5.55
	<i>Setaria viridis</i>	0	9.25	10.10
	<i>Digitaria ciliaris</i>	0	3.60	25.35
	<i>Portulaca oleracea</i>	0	+	0.35
	Subtotal (g)	1.05	20.10	54.0
	(%)	(11)	(94)	(93)
Total (C ₃ +C ₄ types)	9.70	30.80	57.85	
(%)	(100)	(100)	(100)	

a) Adapted from Tanaka (1976). Submerged: 6cm standing water depth, water saturated: 80~90% of maximum moisture capacity; dryland: 40~60% of maximum moisture capacity. +^{b)}=weed found, but dry weight accumulation too low to measure.

Table 7. Yield loss due to weed competition in various rice cultivation methods (YCES, 1990).

Cultivation method	Weed weight (g/m ²)	Index	Yield loss (%)
Hand transplanting	741	100	10-20
Mechanical transplanting			
· Aged seedling (35-day-old)	843	114	25-30
· Infant seedling (8-day-old)	1,020	138	30-35
Direct seeding			
· Water seeded	1,643	222	40-60
· Dry seeded	2,300	310	70-100

비해 기계移秧栽培에서는 14%(中苗)-38%(어린 모)의 雜草發生量이 增加하고 直播栽培에서는 湛水直播가 2.2배, 乾畝直播는 3.1배 더 雜草發生量이 많아지고 있음을 보여준다. 雜草發生에 따

른 畝收量 減少率도 마찬가지로 손移秧栽培가 10~20%로 가장 적고, 中苗機械移秧 25~30%, 어린모機械移秧 30~35%, 湛水直播 40~60%, 乾畝直播 70~100%로 가장 收量損失이 컸다. 이

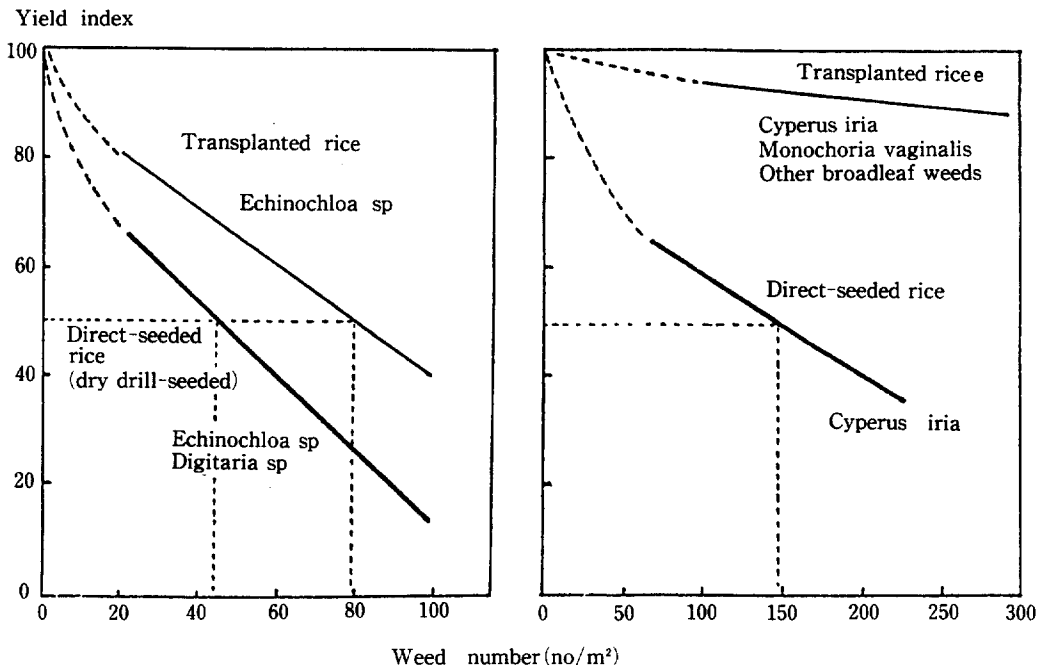


Fig. 1. Degree of yield loss due to weed competition in transplanted rice and direct-seeded rice (Bugu, 1988).

는 다시말해直播栽培에서雜草防除의問題點과重要性을 잘 나타내주고 있다.

벼直播栽培에서 또다른變化는 같은數의雜草가發生되더라도移秧栽培에서比해收量減少程度가 훨씬 커진다는事實을 들 수 있다.移秧栽培에서 벼收量이 50%減少되는데必要的 피發生數가 m²當 約 80本인데比해直播栽培에서는 約 45本에서 이미 50%程度收量을減少시키고 있다.방동산이類 또는其他一年生廣葉雜草의 경우에 있어서도 같은傾向으로 約 150本の금방동산이(*Cyperus iria*)는 50%程度收量을減少시키지만移秧栽培에서는 300本에서도 20%未滿의收量減少를 보이고 있다(그림 1). 이것은移秧栽培의 경우 벼는基本的으로水分競爭은問題가 되지 않으나直播栽培에서는水分을包含한養分競爭이 그만큼 크기 때문인 것으로 생각할 수 있다.

主要問題雜草의生理,生態的特性

直播栽培에서代表的인問題雜草는 피, 바랭이, 드렁새, 자귀풀, 앵미(赤米) 등인데 이 중에

서 가장防除가 힘들고收量減少가 큰것은 피와 앵미이며 이들의獨特한生理,生態的特性을 살펴보면 다음과 같다.

가. 피(*Echinochloa species*)

피는世界的으로 約 50種이分布되고 있으나實際 벼栽培地에서問題되는種類는 3~4種에 이른다.우리나라에 자라는 피種類에 대해서는 아직確實히 밝혀진 바가 없으나大體로 강피(*Echinochloa crus-galli* P.Beauv. var *oryzicola* Ohwi), 물피(*E. crus-galli* P.beauv. var *caudata* Kitagawa) 및 돌피(*E. crus-galli* P.Beauv)가主從을 이루고 있다.벼와 피의重要的發芽生理的인差異點은初期發芽速度와不完全잎의잎生理差異를 들 수 있다.피의 경우는 C₄型植物에屬하므로 매우 적은土壤水分에서도發芽가可能하고同一環境條件에서도 C₃型植物에屬하는 벼 보다는發芽速度와初期生育速度가 매우 빠르다.또한 벼의 경우發芽過程中鞘葉,不完全잎,第1本葉...의順으로잎이展開되는데不完全잎의 경우는葉身과葉鞘의區分이 없고 그리고 잎에는葉綠素를 가지고 있지않으

로 第 1本葉부터 비로소 光合成 作用을 始作할 수 있는데 反해 皮的 경우는 稍葉 다음에 바로 葉綠素를 가진 거의完全한 모양의 잎이 發展되기 때문에 光合成 作用에 의한 獨立營養生長 可能時期가 벼보다는 4~5日 빨라지게 된다(그림 2). 植物生態系에서 初期發芽期 및 營養 生長初期에 어떤 한 特定 草種에 아주 조그만한 有利點이 주어진다면 이 草種의 以後 生長에 決定的으로 대단히 重要한 役活을 하게 된다. 實際 圃場狀態에서 澆水表面 直播와 澆水土中直播 方法에 따른 벼와 皮的 葉數進展 過程을 살펴보면 그림 3과 같다.

大體로 同一한 葉數에 到達하는 時期는 皮的 경우 土中直播에서는 約 6日, 表面直播에서는 約

3日 벼보다 빨라지고 있으며 第 1本葉의 葉綠素 有無를 考慮한다면 皮的 獨立生長 可能時期는 이 보다 3~4日 더 빨라지게 된다. 지금까지는 初期發芽와 初期生育 特性을 살펴보았으며, 生殖生長 轉換期도 벼와 皮的는 매우 큰 差異點을 가지고 있다. 물론 品種, 草種 그리고 施肥量에 따라 多少間의 差異는 있으나, 大體로 種子를 生産할 수 있는 경우는 60~80%인데 反해 皮的는 不過 10~30%로서 種族保存에 必要한 種子生産能力이 매우 높은 效率性을 갖고 있다(表 8). 이 밖에도 皮的는 生産種子 무게는 매우 적어 收穫指數가 9~19%이지만(表9), 種子數는 벼보다 越等히 많아(表10) 最初種子生産에 必要한 相對乾物重과 더불어 매우 效果的인 種族保存 方法으로 進行하여 왔음을 알수있으며, 完全한 除去내지 防除에도 그만큼 어려울 것이라는 것은 쉽게 推測되며 벼를 栽培하는 한 皮에 對한 研究도 끊임없이 이루어져야 할 것이다.

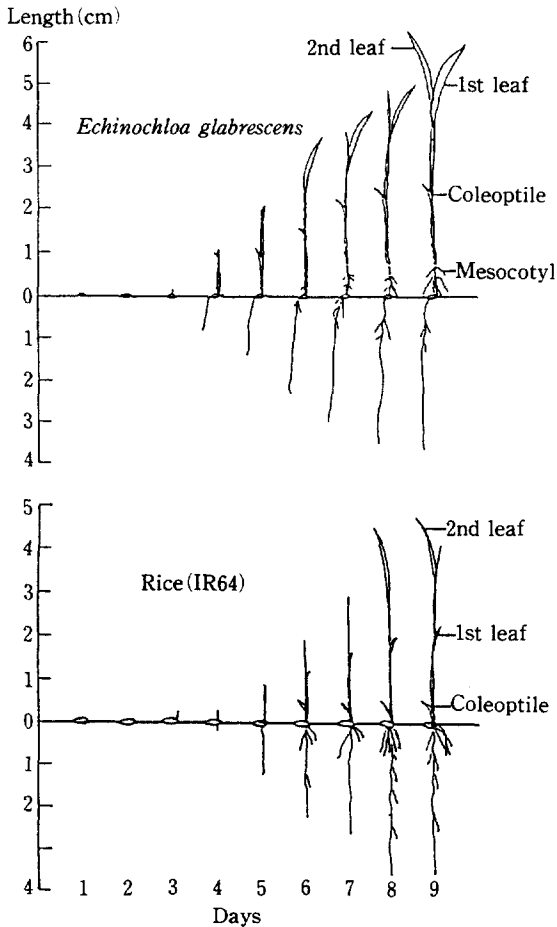


Fig. 2. Comparison of seedling development between rice and *Echinochloa glabrescens*. Average of ten replications(Kim and Moody, 1989).

나. 雜草性 벼 [weedy rice, 赤米(red, rice) 또는 앵미, 野生稻(wild rice)]

피 다음으로 注目하여야 할 問題雜草는 雜草性 벼 [weedy rice, 赤米(앵미), red rice, 野生稻, wild rice]이다.

野生벼(wild rice)와 雜草性벼(weedy rice)는 때때로 함께 使用되고 있으나 嚴格히 區分 되어진다. 世界的으로 벼屬인 *Oryza*屬에 屬하는 種은 約 20餘種되며 이中에서 栽培種으로 栽培되고 있는것은 *Oryza sativa*와 *Oryza glaberrima* 두 種으로 *O. sativa*는 主로 아시아 地域에, *O. glaberrima*는 主로 아프리카 地域에서 栽培되고 있다. 野生벼는 栽培種의 先祖格으로 *O. rufipogon*, *O. nivara*, *O. longistaminata*, *O. barthii*, *O. punctata*, *O. officinalis* 등이 主從을 이루며 이中 *o. rufipogon*과 *O. longistaminata*는 多年生에 屬한다(Wirjahardja et al., 1983). 한편 雜草性 벼(weedy rice)의 大部分은 栽培種인 *O. sativa*와 野生種인 *O. nivara*의 交雜에서 由來 되었으며 以後부터는 栽培種과의 끊임없는 交雜으로 여러가지 中間形態의 種들로 分化되어져 있다. 그러나 이들을 통틀어 雜草性벼(*O. sativa* ssp *spontanea*)로 부르고 있다. 이와같은 關係를 간추려 要約한것이 그림 4에서 보여주고 있다. 實際, 벼栽培地에 發生하는 雜草性벼(weedy

Table 8. Relative dry weight at flowering compared to maximum dry weight of different plant species as affected by fertilizer level (Kim and Moody, 1989).

Species	Relative dry weight (%)			
	F0 ^{a)}	F90	F180	Mean
Rice				
IR 64	54	65	66	62
UPLRI-5	97	93	40	77
Weeds				
<i>Echinochloa glabrescens</i>	4	9	15	9
<i>E. crus-galli</i> ssp. <i>hispidula</i>	40	21	21	27
<i>E. colona</i>	33	22	22	26
<i>Monochoria vaginalis</i>	4	3	2	3
<i>Ludwigia octovalvis</i>	50	29	35	38
<i>Cyperus difformis</i>	4	4	10	6
<i>Fimbristylis miliacea</i>	9	9	11	10
Mean	33 ^{b)} (100)	28 (85)	25 (76)	29

a) F : fertilizer level, kg/ha.

b) Relative value.

Table 9. Harvest index of different plant species as affected by fertilizer level (Kim and Moody, 1988).

Species	Harvest index (%)			Mean
	FO ^{a)}	F90	F180	
Rice				
IR 64	48.9	46.0	48.0	47.6
UPLRI-5	21.9	20.3	20.7	21.0
Weed				
<i>Echinochloa glabrescens</i>	17.1	17.3	16.6	17.0
<i>E. crus-galli</i> ssp. <i>hispidula</i>	25.1	19.3	7.7	17.4
<i>E. colona</i>	10.0	9.1	8.7	9.3
<i>Monochoria vaginalis</i>	12.0	10.5	9.8	10.8
<i>Ludwigia octovalvis</i>	4.6	5.7	8.4	6.2
<i>Cyperus difformis</i>	10.1	14.3	13.0	12.5
<i>Fimbristylis miliacea</i>	9.0	14.8	17.0	13.6
Mean	17.6 ^{b)} (100)	17.5 (99)	16.7 (95)	17.3

a) F : fertilizer level, kg/ha.

b) Relative value.

rice)는栽培歷史, 投下技術水準, 栽培樣式, 土壤管理方法, 種子更新體制 等에 따라 一部 野生벼(wild rice)를 包含한 매우 多樣한 中間形態의 特性을 가진것으로 構成되어있다. 우리나라에서는 옛부터 雜草性벼를 赤米 또는 앵미로 부르고 있으며 1914年 全南 靈光郡에서 42種이 蒐集되었고 京畿, 全南, 慶北, 平南에서도 48種이 收集되고 있으며 赤米 混入率이 約 20%까지 었다고 報告된 바 있다(金, 1989). 世界的으로 벼 栽培地에는 거의 例外없이 赤米(또는 雜草性벼)가 發生되

고 있고 이로인해 收量減少는 물론 品種低下를 招來하는 重要한 問題雜草로 되어있다. 赤米의 一般的 特性, 分布, 生態型, 防除法을 要約하면 表11과 같으며(Baker and Sonnier, 1983), 一般 栽培벼와 거의같은 生理, 生態的 特性을 가지므로 栽培벼와의 選擇의 防除가 매우 어려우며 경우에 따라서 3~4년 休閑을 하여야 하는 경우가 있다. 이와같은 理由로 因해 아직까지 滿足할만한 防除方法은 報告되고 있지않다. 이들 赤米의 가장 特徵的인 特性으로는 大端히 強한 休眠性, 불

Table 10. Seed productivity of different plant species as affected by fertilizer level (Kim and Moody, 1989).

Species	Seed number per plant			Plasticity (%)
	F0 ^{a)}	F90	F180	
RICE				
IR 64	2, 200	3, 400	6, 100	64
UPLRi-5	200	900	1, 300	85
Weeds				
Echinochloa glabrescens	2, 900	7, 000	11, 300	74
E. crus-galli ssp. hispidula	2, 100	7, 100	16, 600	87
E. colona	4, 900	11, 100	15, 100	68
Monochoria vaginalis	12, 400	38, 700	119, 000	90
Ludwigia octovalvis	94, 400	184, 800	268, 000	65
Cyperus difformis	100, 100	179, 800	278, 500	64
Fimbristylis miliacea	50, 500	114, 100	146, 700	66
Mean	29, 967 ^{b)} (100)	60, 767 (203)	95, 844 (320)	74

a) F : fertilizer level, kg/ha.

b) relative value.

Leaf stage

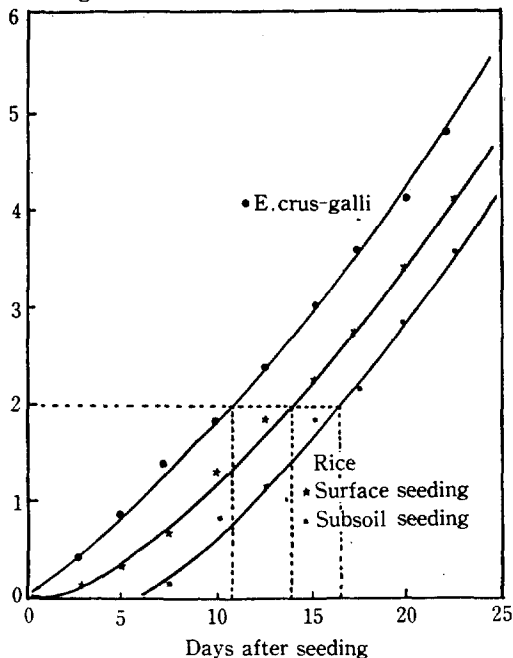


Fig. 3. Leaf development of rice and Echinochloa species in water-seeded rice (YCES, 1990).

은 색소를 가진 종피, 대端히 弱한 脫粒性, 쌀알이 쉽게 부서짐 등을 들 수 있고 湛水狀態에서는 發芽를 거의 하지 못하여 移秧栽培 및 湛水直播를 하면 發生量이 急格히 減少 하게 된다. (Cohn and butera, 1982 ; Barrentine et al.,

1984 ; Smith, 1981 ; Diarra et al., 1985). 表 12는 移秧栽培와 乾畚直播 栽培에 따른 雜草性벼 發生量의 年次間의 變化를 보여 주는 것으로 移秧栽培에서는 種子만 每年 바뀌 주면 거의 問題가 되지 않으나 直播栽培에서는 해를 거듭 할수록 急速度로 增加하는데, 그 增加 傾向은 種子를 바꾸 주지 않고 每年 같은 種子를 쓸 경우 더욱 深刻하였다.

그 동안 우리나라에서는 畚移秧栽培와 中苗機械 移秧栽培를 繼續하는 동안 最大 收穫量을 위해 栽培管理 中에서 撒頭撤尾한 土壤管理와 물管理를 可及的이면 적게 投入하는 農作業의 省力化와 省略化 現像이 增加되면서 耕耘, 整地作業의 最小化乃至 省略化와 不良한 물管理로 因하여 雜草性 벼의 發生이 增加되고 있다. 過去에 發生하였던 赤米(앵미)는 大部分이 쌀알이 붉은색을 띠고 있으나 最近의 雜草性벼(weedy rice)는 栽培벼와의 自然交草(out cross)이 繼續되면서 쌀알이 흰색을 가지는 雜草性벼의 發生이 많아지고 있다.

最近 우리나라에 發生되는 赤米(앵미)는 크게 長粒型과 短粒型으로 區分되며 長粒型은 主로 慶尙南北道와 全羅南道에서 發生되며 短粒型은 全國에 걸쳐 發生되고 있음이 報告되고 있다(徐等, 1990). 한편 1990년 密陽을 中心으로 隣近地域에서 雜草性벼의 發生과 生理生態의 特性을 調査한 結果를 要約하면 表13과 같다. 雜草性벼가

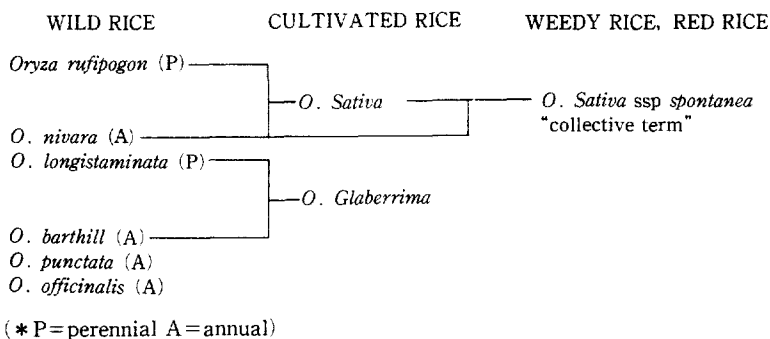


Fig. 4. Relationship between wild rice and weedy rice (adapted from Baker and Sonnier 1983 and Wirjahardja et al 1983).

Table 11. Characteristic, distribution, biotype and control of red rice (*Oryza sativa ssp. spontanea*) (adapted from Baker and Sonnier, 1983).

<p>Characteristic</p> <ul style="list-style-type: none"> · Strong and long seed dormancy · Red pericarp (deep red-pink) · Easy shattering · Soft or brittle kernel <p>Distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> · America : USA (Southern part), Guyana, Brazil, Surinam, Venezuela, Colombia · Europe : Italy, Bulgaria · Africa : <i>O. sativa</i> cultivated area <p>Biotypes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strawhull · hispid on surface · usually awnless · medium-grain size · mature prevalent than blackhull type - Blackhull · long awns · slightly smaller grain size than strawhull · mature about 140 days 	<p>Control method</p> <p>Cultural control</p> <ul style="list-style-type: none"> · Red rice-free seed · Clean equipment · Water management · High seeding rate · Row seeding · Deep plowing · Early maturing cultivar · Crop rotation · Summer fallow <p>Chemical control</p> <ul style="list-style-type: none"> · EPTC (Soil incorporation) · Molinate (Soil incorporation) · Thiobencarb (preemergence) · Alachlor (preemergence) · Metolachlor (preemergence) · Propazine (preemergence) · Glyphosate (postemergence) · Paraquat (postemergence) · Antidote, NA (seed treatment) + Molinate <p>Integrated Control</p>
--	--

Table 12. Changes in the rate of occurrence of weedy rice in association with rice seed regime and cultivation method (YCES, 1987-1991). (unit : %)

Year order	Transplanting		Direct seeding (Dry)	
	Same Seed	Yearly new seed	Same Seed	Yearly new seed
1	0.01	0.01	0.025	0.025
2	0.02	0.01	0.57	0.27
3	0.09	0	4.86	2.63
4	0.26	0.01	20.45	10.67

Table 13. Agronomic traits of weedy rice collected in the same field (YCES, 1990).

Trait	Cultivated rice	Weedy rice ^{a)}		
		Early (A)	Intermediate (B)	Late (C)
Heading date	Aug25d	Aug30c	Sep.5b	Sep.26a
Culm length(cm)	66b	94a	91a	89a
Panicle number/hill	11.8b	21.6a	20.6a	18.1a
Panicle length(cm)	15.6c	25.5b	27.5b	26.7ab
Floret number/panicle	84c	206b	275b	255a
Spikelet fertility(%)	97.3a	56.1b	9.6b	0.4a
Grain length/width	2.11ab	2.26ab	2.16ab	2.39a
Lodging index(3rd internode)	286a	141b	149b	162b
Culm diameter(mm)	3.47c	5.80b	6.29a	6.31b
Culm wall thickness(mm)	0.43c	0.90b	1.38a	1.09b
Grain shattering(%) ^{b)}	10.3c	47.8a	42.5a	25.6b
Awn length(cm)	0c	1.3b	4.5a	4.0a

In a row means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

a) A=Similar maturity with cultivated rice and relatively high grain fertility.

B=Intermediately late maturity with very low grain fertility.

C=Extremely late maturity with almost infertile grain.

b) Data obtained by hand grasp.

發生하는 圃場에서 外見上으로 쉽게 區分할 수 있는 形質은 草長, 熟期, 이삭길이 및 穎花數, 種자의 까락, 等を 들수 있는데 이들의 中間形質들의 種類와 發生頻도는 特히 同一種자의 使用基幹과 大端히 密接한 關係가 있고 發生數는 使用種子期間과 더불어 土壤管理과 물管理에 따라 크게 影響을 받는다. 特定 圃場에서 雜草性 벼가 最初로 發生할수 있는 可能性은 土壤中에 있던 野生벼 또는 赤米(앵미)의 休眠種자가 耕耘, 整地作業의 省略化 乃至 最小化와 不良한 물管理로 因하여 發芽를 하게되고(野生벼와 赤米의 休眠期間은 大體로 10年 以上이고 環境條件에 따라서는 크게 延長됨) 發芽된 種자의 一部는 栽培種과 의 自然交雜을 통해 F1을 生産하게 된다. 大部分의 F1은 不稔이지만 때에 따라서는 1~2個의 種子를 맺게되며 이것은 다시 다음 해에는 F2가 되고 一部는 다시 栽培種과 自然交雜이(여교잡) 되풀이되면서 漸次 栽培種을 담아가게 되면서 熟期도 빨라지고 稔實比率도 높아지고 種子까락의 길이도 漸次 짧아지게 된다. 따라서 해를 거듭하면서 一部는 F1狀態로 繼續維持되면서 다른 한편에서는 F2, F3, F4...의 世代들도 함께 發生되는 것으로 推定 되었다(그림 5). 이것은 調查된 大部分의 圃場에서 雜草性 벼는 거의가 株內에서 發生하고 있고 株間에서는 거의 發生이 없었던點과 栽培種과 野生種 또는 赤米(앵미) 사이의 中

間種의 種類와 數는 同一種자의 使用年數와 密接한 關係를 보인데서 뒷받침하여 주었다. 調查區域에서 쉽게 肉眼으로 區分할 수 있는 雜草性벼는 크게 3種類로 나눌 수 있는데 區分指標는 熟期, 稔實比率 및 까락의 길이 었다.

물론 이들 3種類的 中間形質이 種子使用年數에 따라 連續的인 變異個體로 發生되고 있음은 두말할 나위가 없지만 現場調査上의 어려움 때문에 3種類로 局限하여 調查하였으며, 이들 3種類중 첫 種類는 거의 野生種 狀態로서 栽培種과의 熟期差異는 거의 1個月 程度였고 稔實比率는 0.4%, 그리고 까락의 길이는 約 4cm였으며, 둘째 種類는 野生種보다 熟期가 約 10日 앞당겨졌고 稔實比率도 10%前後로 까락의 길이도 4.5cm 前後이며, 마지막 세번째 種類는 熟期가 栽培種에 거의 가깝고(栽培種보다 約 5日 늦음), 稔實比率도 50%以上이고 까락의 길이도 1cm 前後이다.

雜草性벼는 栽培種보다 稈長도 23~28cm 더 길며, 穗數도 많고, 이삭길이가 10cm以上 더 길어 이삭당 穎花數가 122個에서 무려 200個 程度까지 더 많은 超大型 이삭을 갖는것이 特徵이다. 또한 雜草性벼는 稈長이 큰데도 不久하고 줄기의 굵기와 두께가 두꺼워 倒伏에도 大端히 높은 抵抗性을 갖고 있는데 反해 脫粒性이 大端히 높은 特徵을 갖고있다(表 13). 雜草性벼의 發生은 播種時期에 따라서도 影響을 받는데 播種時期가 빠른

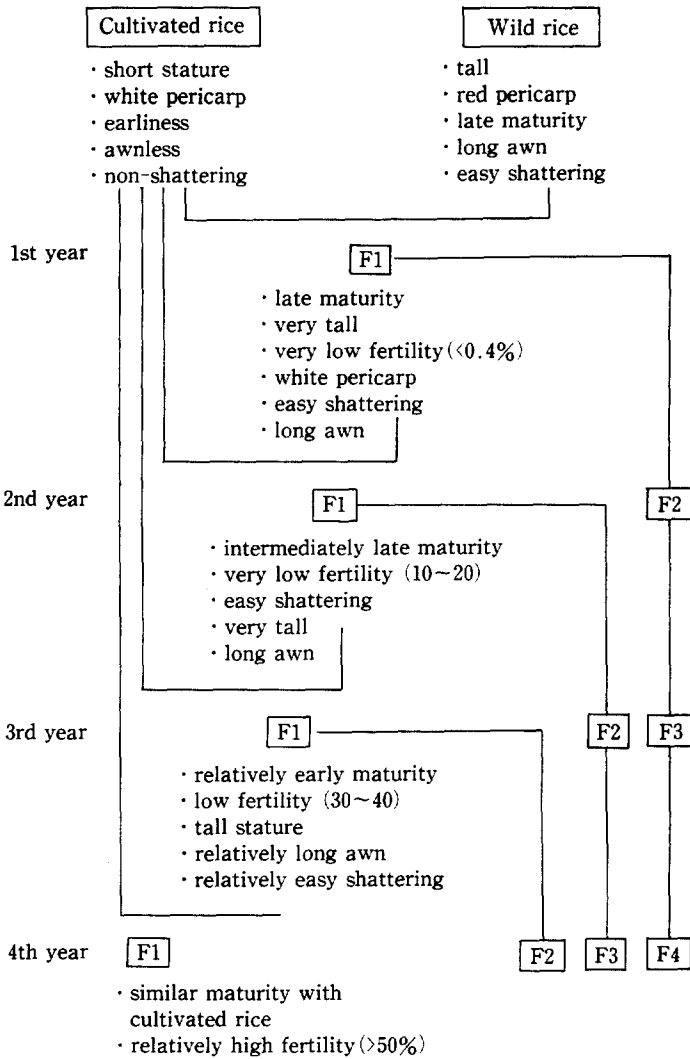


Fig. 5. Postulated schematic diagram of the development of weedy rice (YCES, 1990).

Table 14. Occurrence of weedy rice as affected by seeding date in direct seeded rice (YCES, 1990).

Seeding date	Occurrence(%)	Relative index(%)
February 10	3.6	180
March 10	3.1	155
April 10	2.9	145
May 10	2.0	100
May 20	1.1	55
May 30	0.8	40
June 10	0.5	25
June 20	0.4	20

수룩 發生量은 增加하고 反對로 播種時期가 늦어 질수록 發生量은 減少하였는데(表 14) 이는 休眠性이 강하여 年中 發芽可能期間이 限定되어 있기 때문에 推定된다.

以上 說明한 雜草性벼(野生稻, 赤米 또는 영미)는 이미 乾畚直播 栽培歷史가 大端히 오래된 美國과 一部 南美國家 즉 아르헨티나와 콜롬비아의 벼 栽培地에서는 大端히 重要한 問題雜草로 擡頭되고 있기 때문에 우리나라에서도 벼直播栽培 技術을 農家에 普及함과 同時에 이에對한 徹底한 事前研究 및 對備策을 講究해야 할 것으로 본다.

效果的인 防除法

지금까지 앞에서 言及한바와 같이 直播栽培는 雜草 發生量이 엄청나게 많기 때문에 이를 效果的으로 防除 하기위해서는 여러가지 防除方法中 어느 特定方法에 依存하는 것보다는 環境에 나쁜 影響을 주지 않으면서 反復的으로 施行할수있는 모든 可能的한 方法을 總動員하는 綜合管理體系 (Integrated Weed Management) 概念으로 解決하는것이 바람직하다. 本論文에서는 國內 試驗研究 結果가 어느 程度얻어진 耕種的方法, 生物的方法 및 化學的方法을 各各 區分하여 說明하고자 한다.

가. 耕種의 防除

벼를 栽培하기위해 行해지는 모든 栽培要因 즉, 品種, 耕耘, 整地, 施肥, 물管理, 播種量 등은 直, 間接的으로 雜草發生에 影響을 미친다. 雜草發生에 對한 初期의 아주 조그마한 影響은 後期에 나타나는 雜草 發生樣相은 엄청나게 크게 影響을 미치므로 모든 栽培要因들에 對한 可能的한 作物에는 有利的한 方向으로 그리고 雜草 發生에는 不利한 方向으로 適用시키는 것이 바람직하다. 그러나 不幸히도 대개의 경우 雜草發生을 抑制시키는 栽培要因들은 投下 energy나 費用을 더 要求하므로 生産費 節減 및 省力化 側面에서는 逆行하고 있다. 우리나라에서는 아직까지 直播品種이 開發되어있지 않은 實情이다. 品種選定에 있어 既存의水稻用品種을 利用하고 있으나 根本的으로 直播栽培用 品種을 育成하여야 하는데 直播栽培用品種으로 갖추어야 할 具備條件으로는 低溫發芽性, 初期伸張性, 少蘖性(2~6個/株), 倒伏抵抗性 등을 들수있다 (Dingkuhn et al., 1991; Vergara et al., 1991). 雜草와의 競爭에 있어서는 倒伏이 問題되지않는 範圍內에서 初期伸張性이 높고 可及的 키가 큰 品種이 有利하다

Table 15. Effect of tillage operation on weed occurrence (YCES, 1990, 1992).

(UNIT : NO/10a, %)

Tillage regime	Alopeculus aequalis	Echinochloa crus-galli	Weedy rice
Optimum	150(9)	670(22)	65(14)
Minimum	730(44)	1850(62)	190(40)
Zero	1670(100)	2980(100)	475(100)

* Optimum tillage = Autumn plow + Spring plow - 2 Rotavations.

* Minimum tillage = rotavation only.

(University California, 1983; UCPMG, 1991). 耕種的 要因 中에서 土壤의 耕耘, 整地 目的은 種子를 播種할수있도록 土壤表面에 있는 畝作物의 殘留物을 땅속에 묻어주고 表面을 부드럽게 해주는데 있으나, 雜草防除에도 重要的 影響을 미친다. 秋耕은 特히 多年生 雜草의 地下莖을 表土로 露出시켜 越冬時間中에 乾燥死 및 凍死를 助長시켜 發生量을 크게 줄이며, 春耕은 이미 發生된 雜草의 뿌리를 表土에 露出시켜 말라죽게 하지만 土壤이 充分히 乾어있는 狀態에서의 春耕은 오히려 草種에 따라서는 雜草의 어린묘를 分散시키는 結果를 招來할수도 있다. 乾畝直播의 경우 春耕과 秋耕을 할경우 毒새풀의 發生量을 90%以上 줄일수 있으며 雜草性벼는 86%, 그리고 피는 78% 各各 줄일수 있었다(表15).

다음은 C₄型 禾本科 雜草와 C₃型 雜草性벼는 물管理 方法에 따라 매우 크게 影響을 받는다. 피와 드렁새는 10~15cm 常時湛水깊이에서는 發芽를 하지 못하지만 짧은기간 만이라도 土壤에 露出되면 쉽게 發芽를 하여 자리를 잡게 된다 (UCPMG, 1991: University California, 1983). 한번 뿌리를 土壤에 내려면 以後에 아무리 물管理를 잘하더라도 더 以上 防除를 할수 없게된다.

雜草性 벼도 물管理 方法에 特히 敏感한데 알은 水深이라도 繼續的으로 湛水를 하면 發生은 顯著히 줄일수 있지만 途中에 表土가 露出된다던가, 아니면 發芽後에 湛水를 하게되면 그 發生量

Table 16. Water management effect on red rice(Rice Research Station, Crowley, Louisiana, 1974-1984).

Water Management	Red rice	
	Stand(plants/m ²)	Seed production(no/m ²)
Continuous flood	33(100)	4,293(100)
Intermittent flood	140(424)	7,091(165)
Delayed flood	882(2673)	14,020(327)

* () : Index.

Table 17. Effect of seeding rate on the occurrence of *Echinochloa crus-galli* as affected by seeding method in direct seeded rice (YCES, 1990).

Seeding rate (kg/10a)	Water-seeded		Dry-seeded	
	Occurrence (no/10a)	Index	Occurrence (no/10a)	Index
3	1550	100	2670	100
6	1220	79	2540	95
9	860	55	2500	94
12	640	41	2330	87
15	345	22	2050	77

* Seeding method : broadcasted.

은 약 27배나 많아지고 종자 생산량도 3.3배 많아짐을 表16에서 볼수있다. 한편播種량도雜草發生량과關係가 깊은데播種량을增加시키면피發生량이顯著히減少되는데그減少程度는湛水直播에서越等히 높다(表 17). 이것은乾畚直播의 경우 벼씨가表土에出現할때는 이미 거의大部分의피種자는出現을完了한狀態가 되기때문으로생각된다.

다음은 2毛作地의 경우 作付形態에 따라發生되는雜草의種類와量이 크게 달라진다. 특히米-麥 2毛作 作付體系에서는 벼짚이나 보릿짚에 allelopathic 物質인 phenol 化合物 4~5種을含有하고 있어, 이들이雜草發芽 및生育에影響을 미친다. 嶺南地域은 傳統的으로 2毛作 地帶가 많고 지금도 약 60%의 논이 2毛作으로 利用되고 있다(金과 李, 1989). 2毛作 地帶에서는 앞作物의 殘留物이 뒷作物의 生育은 물론雜草發生에 크게影響을 미치는 경우가 허다하다. 嶺南地域의 2毛作地帶中에는 米麥 2毛作의 作付形態가 가장 많은데 보릿짚과 벼짚이雜草發生에 크게影響을 미치며, 이미 이에 對한 研究가 相當數 報告되고 있다(郭과 金, 1984; 權과 金, 1985; Kim et al., 1987; Barnes and Putnam, 1986; 富久, 1989). 이 중에서 富久의 研究結果를 參考하여보면(그림 6), 보릿짚을 넣을경우 벼栽培地에發生되는雜草中에서 피와 바랭이類(*Echinochloa* sp, *Digitaria* sp)는 52%(3t/ha)에서 80%(6t/ha)까지發生이 抑制되고 방동사니類(*Cyperus* sp)는 37%(3t/ha)에서 66%(6t/ha)까지發生이 抑制되나 比較的 防除가 쉽고, 벼收量에 크게影響을 미치지 않는 一年生 廣葉雜草는 오히려增加하고 있다. 한편 벼짚이 들어간 보리栽培地에서도 벼짚을 ha當 4.5톤 또는 9.0톤을 施用하면

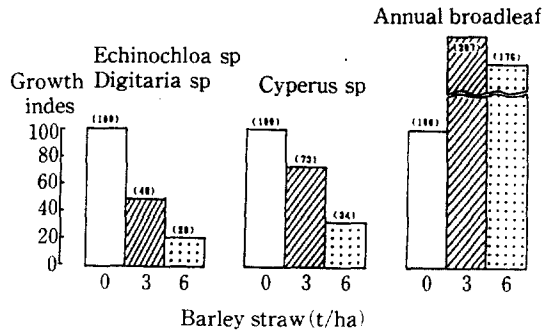


Fig. 6. Effect of barley straw on weed growth in rice crop (Bugu, 1989).

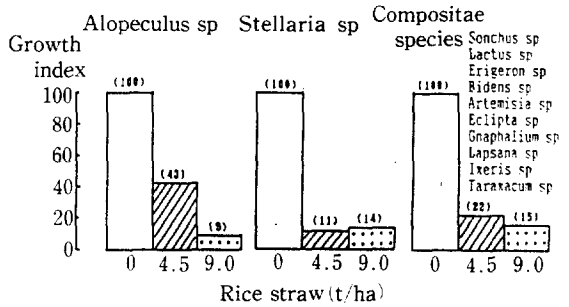


Fig. 7. Effect of rice straw on weed growth in barley crop (Bugu, 1989).

보리栽培地域에 가장 問題가 되는雜草인 독새풀 (*Alopecurus* sp), 벼룩나물類(*Stellaria* sp) 및 菊花科 雜草들(Compositae species)은 그發生量이 57%-90%(독새풀), 약 90%(벼룩나물), 또는 78%-85%(菊花科 雜草)까지減少됨을 보여주고 있다(그림 7).

國內 試驗成績中에서는 보리栽培面積이增加하면 논多年生 廣葉雜草인 가래의發生이顯著히減少하는것이 報告되었으며(表 18), 또한 벼乾畚直播栽培時 보리, 호맥, 이탈리아라이그라스와 2毛作 作付體系로 栽培할 경우雜草性벼, 피, 드렁새의發生量이 크게減少하는데 그減少程度는雜草性벼의 경우 33~76%, 피는 27%~35%, 드렁새는 47%~72%의範圍를 보여주고 있어(表 19), 米麥 2毛作地帶에서는 보릿짚 또는 벼짚을 土壤으로 還元시키는 것은 土壤의 肥沃度와 物理性 改善은 물론 生態的인 雜草防除 次元에서도 大端히 重要한 意味를 가지고 있으며 아울러, 現在의 보릿짚 燒却에 따른 公害問題와 土壤의 有機物質源의 浪費를 막을수 있어 國家的으

Table 18. Relationship between the barley cultivation and the infestation of *potamogeton distinctus* (Kim and Hong, 1992).

Relative barley area (%)	Relative infestation area of <i>P. distinctus</i> (%)
5	17.7
10	15.6
15	13.5
20	11.5
25	9.4
30	7.4
35	5.3
40	3.2

* Regression equation $y=19.7-0.14x$
($r=-0.866$ **).

로도 1石 2鳥의 效果를 招來할수 있다. 이밖에도 耕種要因中에서 雜草發生에 直接的으로 影響을 미치는 것은 施肥方法과 施肥量을 들수 있으며, 一般的으로 施肥量이 增加하면 肥料反應이 雜草가 높기때문에 雜草發生量이 增加 하는것으로 알려져있다(Univ. California, 1983). 그러나 直播栽培에서 이 分野에 對한 國內試驗 成績이 아직 없어 今後 研究가 修行되어야할 重要한 分野로 생각된다.

나. 生物的 防除

雜草防除에 있어 生物的 防除法을 使用한 歷史는 매우 오래되었지만 지금까지는 生物的要因의 導入, 增殖, 浸入(加害)의 過程을 거치는 classical 防除法에 依存하여 왔으며, 最近에는 除草劑와 같이 病原性胞子를 稀釋한 溶液을 散布하여 그效果가 즉시 나타날수있는 mass-exposure(또는 inundative) 防除法이 開發되어 主로 使用되고 있다. 現在 이와같은 方法으로 使用中에 있는 生物除草劑는 Collego™ [*Colletorichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. F. sp. *aeschynomene*], Devine™ [*Phytophthora palmivora*

MWV Pathotype(P.P)], Lubao[®] (*Colletorichum gloeosporioides*) 等으로서 (Smith, 1986 ; Riding, 1986 ; Emilie and Janke, 1990) 主로 拔雜草 防除用으로 使用되고 있다. 더우기 最近의 環境保存型 持續農業(Sustainable agriculture)의 重要性이 強調됨에 따라 除草劑 使用量을 줄이는 한가지 對替方案으로 生物的防除에 대한 關心이 높아지고 있다. 不幸히도 벼에 있어서는 아직 實用化가 된 生物除草劑가 없으나 그可能性에 對해서는 日本과 韓國에서 雜草로 가장 問題가 되는 올방개에 對해 報告되고 있다 (Suzuki, 1986, 1987, 1988, 1989 ; Kim et al., 1992).

1992년부터 嶺南作物試驗場에서는 올방개에 發生되는 指紋무늬病源菌(*Epicoccosorus nematosporus*)를 分離하여 生物除草劑로서의 可能性을 檢討하고있다. 30餘種의 作物과 雜草에 對한 寄主範圍 試驗結果 本病源菌은 올방개 以外에는 加害하지 않았으며, 胞子 懸탁액의 密度가 1.1×10^5 以上이면 90%以上の 發病效果와 84~92% 까지의 枯死效果를 보였다(表 20). 그 結果 올방개 防除效果가 卓越한 除草劑 bentazon과 對等한 程度로 雜草防除 效果와 地下莖 形成抑制效果를 보였고(表21), 接種 20日 以後부터는 오히려 bentazon보다 防除效果가 높게

Table 20. Herbicidal efficacy of pathogen, *Epicoccosorus nematosporus* on *Eleocharis kuruwai* (Kim and Hong, 1992).

Concentration (no. conidia/ml)	Plant infected (%)	Plant killed (%)
1.2×10^3	35.7 a	15.4 a
1.0×10^4	68.6 b	53.6 b
1.1×10^5	91.1 c	83.5 c
1.0×10^6	96.7 c	90.1 c
0.8×10^7	96.1 c	92.3 c

* Data was collected at 20 days after spray.

Table 19. Occurrence of weeds as affected by related crop in rice based cropping system (Kim, 1990).

Related Crop	Relative weed growth (%)		
	Weedy rice	<i>Echinochloa</i> sp	<i>Leptochloa</i> sp
Rice single crop	100 a	100 a	100 a
Barley	44 b	65 b	43 b
Rye	67 b	73 b	53 b
Itarian ryegrass	34 b	68 b	28 b

Means in a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at the 5% level.

Table 21. Effect of pathogen spray on tuber formation of *Eleocharis kuroguwai* (Kim and hong, 1992).

Treatment	Tuber number (no/m ²)	Control rate (%)	Tuber weight (g/m ²)	Control rate (%)
Epicoccosorus nematosporus (7.6+10 ⁵ conidia/ml)	80 a	83	37 a	84
Bentazon (0.2g ai/m ²)	16 a	97	14 a	94
Control	458 b	0	226 b	0

a) Applied amount of pathogen : 500ml/m²

Table 22. Herbicidal efficacy of pathogen, *Epicoccosorus nematosporus* on *Eleocharis kuroguwai* (Kim and Hong, 1992).

Treatment	Days after spraying			
	5	10	15	20
	Infection rate (%)			
Pathogen ^{a)}	51	83	96	99
Bentazon ^{b)}	84	93	82	81
	Death rate (%)			
Pathogen	8	37	63	91
Bentazon	32	91	87	83

a) pathogen : 7.6×10⁵ conidia/ml, 500ml/m²

b) bentazon : 0.2 g ai/m²

나타났다(表22). 본試驗研究結果는 앞서 日本에서 報告된 結果와 거의 같으며 生物除草劑로서 實用化를 하기 위해서는 벼栽培環境適應性, 殺菌, 殺蟲劑에 對한 耐性, 病原性 增大, 製劑 等の 問題가 解決 되어야하므로 이에 對한 研究가 進行中에 있고, 또한 앞으로 이 方面의 研究가 더욱 活潑히 이루어져야 할 것으로 생각한다.

다. 化學的 防除

除草劑에 의한 雜草防除는 現實的으로 가장 確實한 方法이며 1945年 2.4-D의 開發 以後 거의 絶對的인 位置를 차지하고 있다. 除草劑使用은 現代農業 發展을 可能케 하였고 雜草防除의 勞動으로 부터 解放시켜 주었으나, 部分的으로는 바람직하지 못한 結果를 招來하기도 하였다. 특히 最近의 農業環境 즉 水質 및 土壤 汚染問題가 強調되면서 除草劑의 使用量도 最少化 시키기 위한 努力이 強調되고 있다. 直播栽培에서의 合理的인 效果의인 除草劑 使用은 美國에서 相當히 發展되어 있으므로 美國의 除草劑 使用現況을 湛水直播과 乾畚直播로 나누어 檢射하고 아울러 日本과 우리나라의 研究結果를 要約 整理하고자 한다.

(1) 美國(USA)

美國에서의 벼 直播栽培는 1920年代初부터 발 狀態로 散播나 條播方法으로 始作하였다. 그러나 이때는 皮(*Echinochloa* sp)發生으로 경우에 따라 3~4年씩 休閑을 하여야 하였다. 以後 1920年 後 半부터 1930年代初에는 皮를 防除하기 위한 手段으로 말이나 小型 트랙터를 利用한 湛水直播 方法이 開發되었다. 이때만 하여도 벼 收量性은 大 端히 낮고 作業效率도 매우 낮았다.

1929년에 처음으로 飛行機를 利用한 湛水直播을 試圖하였으나 特別한 進展이 없다가 2次大戰 直後 戰爭에 使用되었던 飛行機를 利用하여 本 格的인 湛水直播栽培가 始作되었고 지금은 캘리포니아의 모든 벼 栽培는 飛行機에 의해 播種되고 있으며, 作用效率도 時間當 177ha面積에 播種할 수 있으며 ha當費用은 \$12에 不過하다 (Seaman, 1983). 飛行機 1臺가 運搬할 수 있는 種子量은 催芽種子로 1,035kg까지 되는 것으로 알려 졌다 (Seaman, 1983). 美國에서 栽培되는 벼 栽培面積은 約 975,000ha이며 平均 收量性은 ha當 約 6.5ton으로 매우 높은 收量性을 보여준다 (IRRI, 1988).

主要 栽培地域으로는 California, Arkansas, Louisiana, Mississippi, Texas 等이며 California는 美國全體 벼의 約 20%를 차지하고 거의 100% 湛水直播를 하며, Arkansas는 美國全體 벼의 約 40%를 차지하고 92%가 乾畚直播를 하고 있으며 나머지 3個州는 美國全體의 約 40%를 차지하고 湛水直播와 乾畚直播가 거의 50~60%의 比率로 栽培되고 있다 (Seaman, 1983; Konnai, 1988). 또한 벼 栽培地는 大豆 및 옥수수와 1~2年 週기로 輪作을 하는 地域이 많다.

벼 栽培地에 發生되는 問題雜草는 栽培樣式과 地域에 따라 多少 다르지만 湛水直播地域인 California 地域과 南部地域의 問題雜草는 각각 表 23과 表 24와 같다. 雜草防除에 所要되는 除草費用도 栽培樣式과 雜草發生 狀態에서 따라 다

Table 23. Major weeds of California rice fields^{a)}(Seaman 1983).

Taxon	Kind ^{b)}
<i>Aquatic weeds</i>	
<i>Alisma triviale</i> Pursh	N, pe. (an.)
<i>Ammannia coccinea</i> Rottb.	N, an.
<i>Bacopa eisenii</i> (Kell.) Penn.	N, an.
<i>B. rotundifolia</i> (Michx.) Wettst.	A, an.
<i>Cyperus difformis</i> L.	A, an.
<i>Echinodorus berteroi</i> (Spreng.) Fassett	N, an.
<i>Eleocharis obtusa</i> (Willd) Schult	N, an.
<i>Eleocharis</i> (L) R. & S.	N, pe.
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	A, an.
<i>Najas guadelupensis</i> (Spreng.) Morong	N, an.
<i>N. graminea</i> Del.	A, an.
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	N, pe.
<i>Sagittaria longiloba</i> Engenlm	N, pe.
<i>S. montevidensis</i> Cham. & Schlect. ssp. <i>calycina</i> (Engelm.) Bogin	N, an.
<i>Scirpus fluviatilis</i> (Torr.) Gray	N, pe.
<i>S. mucronatus</i> L.	A, pe. (an.)
<i>Typha latifolia</i> L.	N, pe.
<i>Semiaquatic weeds</i>	
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L) Beauv. var. <i>crus-galli</i>	A, an.
<i>E. ozyzoides</i> (Ard.) Fritsch	A, an.
<i>E. phyllopogon</i> (Stapf) Koss.	A, an.
<i>Leptochloa fascicularis</i> (Lam.) Gray	N, an.

a) Adapted from Barrett and Seaman (1980).

b) A=alien, N=native, an=annual, pe=perennial, pe. (an.)=perennial growing mainly as an annual.

Table 24. Major weeds of southern U.S. rice fields^{a)}(Seaman 1983).

Taxon	Kind ^{b)}
<i>Aquatic weeds</i>	
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	A, pe.
<i>Ammannia coccinea</i> Rottb.	N, an.
<i>Bacopa rotundifolia</i> (Michx.) Wettst.	A, an.
<i>Cyperus erythrorhizos</i> Muhl.	N, an.
<i>C. iria</i> L.	A, an.
<i>Eleocharis obtusa</i> (Willd.) Schult.	N, an.
<i>E. parvula</i> (R. & S.) Link	N, an.
<i>E. quadrangulata</i> (Michx.) R. & S.	N, pe.
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	A, an.
<i>H. reniformis</i> R. & P.	A, an.
<i>Lindernia anagallidea</i> (Michx.) Penn.	N, an.
<i>L. pyxidaria</i> L.	A, an.
<i>Rhynchospora corniculata</i> (Lam.) Gray	N, pe.
<i>Sagittaria montevidensis</i> Cham. & Schlect.	A, an.
<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	A, an.
<i>Semiaquatic weeds</i>	
<i>Aeschynomene indica</i> L.	A, an.
<i>A. virginica</i> (L) B. S. P.	N, an.
<i>Brachiaria platyphylla</i> (Griseb.) Nash.	N, an.
<i>Caperonia castanaefolia</i> (L.) St. Hil.	A, an.
<i>Commelina communis</i> L.	A, an.
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	A, an.
<i>E. crus-galli</i> (L.) Beauv. var. <i>crus-galli</i>	A, an.
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	N, an.
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	A, an.
<i>Leptochloa fascicularis</i> (Lam.) Gray	N, an.
<i>L. panicoides</i> (Presl) Hitchc.	N, an.
<i>Ludwigia decurrens</i> Walt.	N, an.
<i>Oryza sativa</i> L. (red rice).	A, an.
<i>Sesbania exaltata</i> (Raf.) Cory	N, an.

a) Adapted from Smith et al (1977).

b) A=alien, N=native, an.=annual, pe.=perennial.

Table 25. Weed control costs compared with other production costs of water-seeded rice in California^{a)} (Seaman, 1983).

Operation	Cost (US\$/ha)
Weed control by costliest alternatives :	
Thiobencarb, custom-applied, 4.5 kg a.i./kg	81
Bentazon, custom-applied, 1.1 kg a.i./ha	53
CuSO ₄ .5H ₂ O, custom-applied, 13.4 kg a.i./ha	27
Total	161
Other crop-production costs :	
Cultural (land preparation to harvest)	834
Fixed (machinery, depreciation, etc.)	367
Total	1,201
Total production costs	1,362
Crop production value (7.85 t/ha yield)	2,355
Net returns : weed control = 12% of the total costs, = 13% of all other costs, = 7% of production value.	

a) Adapted from Wick et al (1981).

Table 26. Weed control costs compared with other production costs of water-seeded rice on Louisiana^{a)} (Seaman, 1983).

Operation	Cost (US\$/ha)
Weed control by best available alternatives :	
Molinate, custom-applied, 4.5 kg a.i./kg	73
2, 4, 5-T, custom-applied, 1.1 kg a.i./ha	25
Total	98
Other crop-production costs :	
Cultural (land preparation to harvest)	779
Fixed (machinery, depreciation, etc.)	209
Total	988
Total production costs	1,086
Crop production value (4.4 t/ha at US\$30)	1,320
Net returns : weed control = 9% of the total costs, = 10% of all other costs, = 7% of production value.	

a) Adapted from Musick and Zacharias (1981).

르지만 大體로 ha當 \$1,000에서 \$1,200程度 支出 하는 것으로 밝혀졌다(表25, 表26). 除草劑 使用 에 있어서 湛水直播는 除草劑의 藥害 危險이 높기 때문에 細心한 主意가 要求된다. 一般의 中, 後期 莖葉處理劑인 MCPA, molinate, propanil, bentazon은 特히 高溫, 乾燥風에 의해 藥害 發生危險이 높다. 除草劑選定은 前年度 圃場의 雜草發生狀態, 本年度의 發生雜草 種子, 環境條件, 벼生育段階 等を 考慮하여야 하며 除草劑 種類에 따라서는 安全 벼生育期間 과 雜草防除 最適期間을 同時에 考慮하여 使用하는 것이 바람직하다. 美國 벼直播栽培地에 使用되는 主要 除草劑의 安全벼生育期間(그림 8)과 피(그림 9)

와 알방동사니(그림 10)의 除草劑 敏感期間을 그림으로 나타내보았는데, 特히 thiobencarb의 使用適期가 가장 짧아 實際使用上 制限을 받고있다. 除草劑 使用上 基本이 되는것은 可及의 除草劑 使用은 雜草의 어린묘 狀態에서 그리고 벼生育 段階로서는 늦어도 節稈伸張이 始作되기 以前에 完了되어야 하는데, 이時期를 놓치면 雜草 防除도 어려울뿐아니라 벼 生殖生長期의 MCPA, 2,4-D處理는 벼收量에 直接的으로 影響을 미치게 된다.

美國의 主要 벼栽培地인 California, Arkansas, Texas, Louisiana 州에서 使用中인 除草體系를 要約 整理하면 그림 11(湛水直播) 및 그림

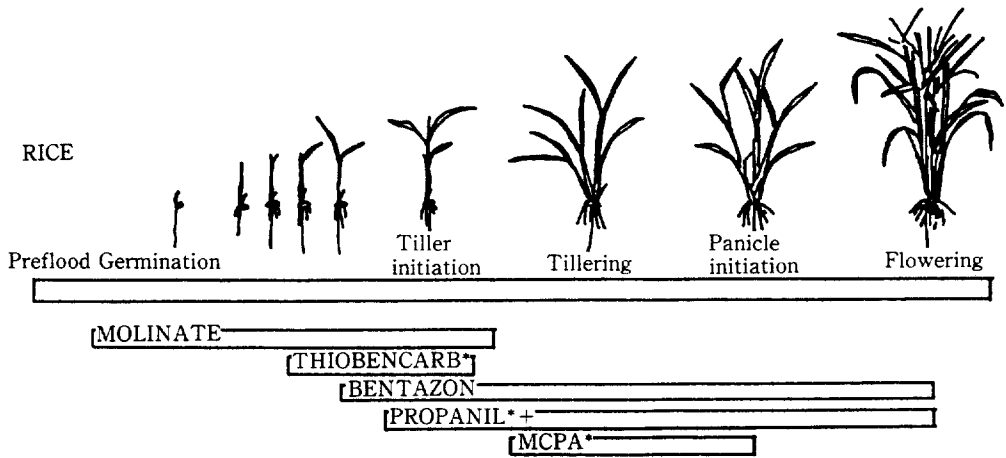


Fig. 8. Rice development in relation to when herbicides should be used (Univ. California, 1983).

* requires permit from county agricultural commissioner

+ propanil may be used as early as the third leaf stage if weather is cool. In hot weather damage can occur prior to tillering.

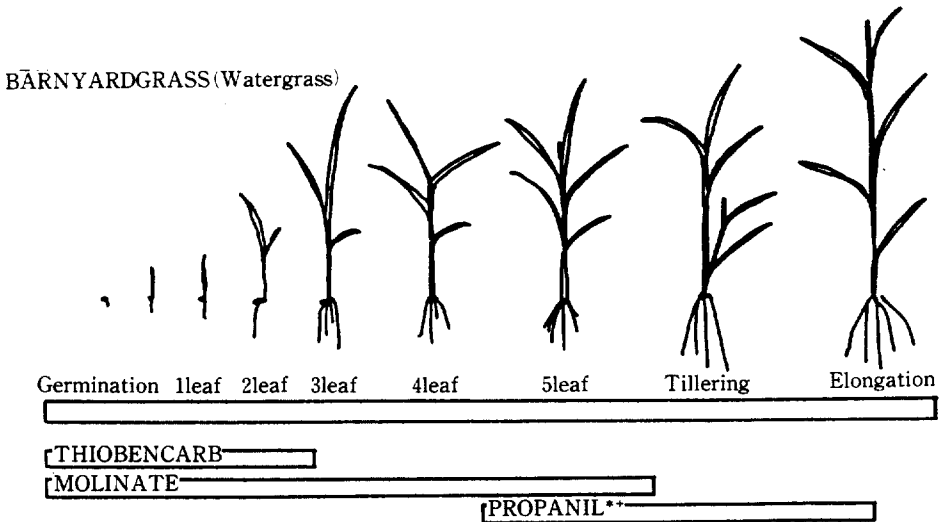


Fig. 9. Stages in barnyardgrass or watergrass development and herbicide timing for most effective control (Univ. California, 1983).

* requires permit from county agricultural commissioner.

+ if propanil is used earlier than this, water must be lowered to expose foliage. Rice may be injured prior to tillering if conditions not correct.

12(乾畚直播)와 같다(UCPMG, 1991; Univ. California, 1983; Univ. Arkansas, 1990; Texas Agr. Ext. Ser., 1988). California의 湛水直播는 播種當時 5~10cm 깊이로 湛水하여 播種하고 뿌리가 土壤에 着根할때까지 5cm 前後의 淺水로 維持하며, 벼 5~6葉期 以後는 15~20cm

深水管理를 한다. 美國 湛水直播栽培地에서 가장 널리 사용되는 除草劑는 molinate로서 播種直後에서부터 5葉期까지 使用되며 thiobencarb는 피 1~3葉期까지 使用하고, propanil은 落水後에 隣近 果樹地域에 影響이 없는 경우에 한해 피 2.5~4.0葉期에 맞춰 使用하며, 必要에따라 벼 最

SMALLFLOWER UMBRELLAPLANT

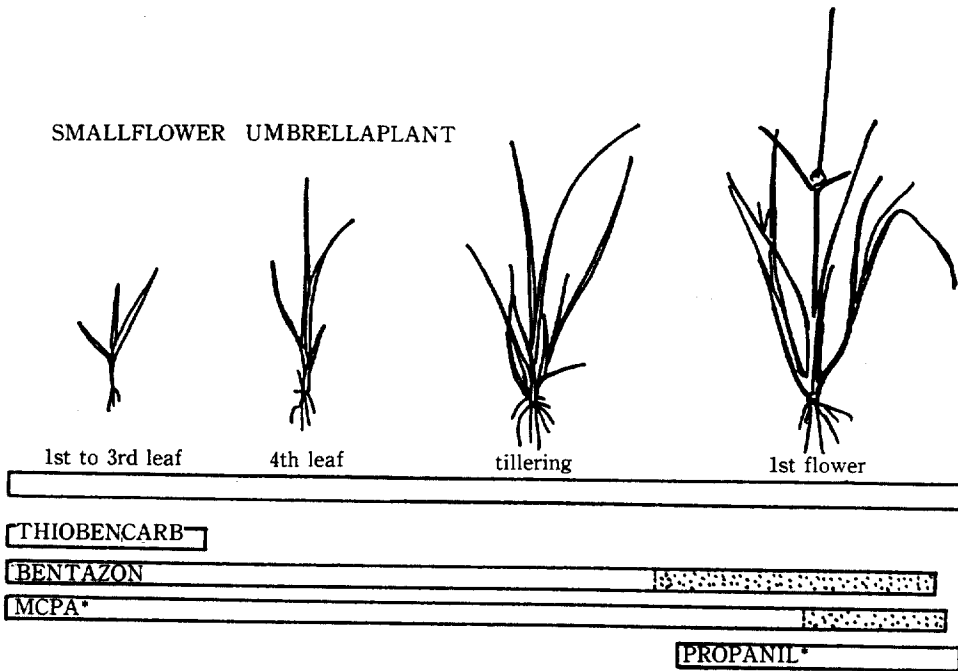


Fig. 10. Activity of herbicides on smallflower umbrellaplant at various leaf stages (Univ. California, 1983).

*requires permit from county agricultural commissioner
 ————— control = kill ▨ burn back only

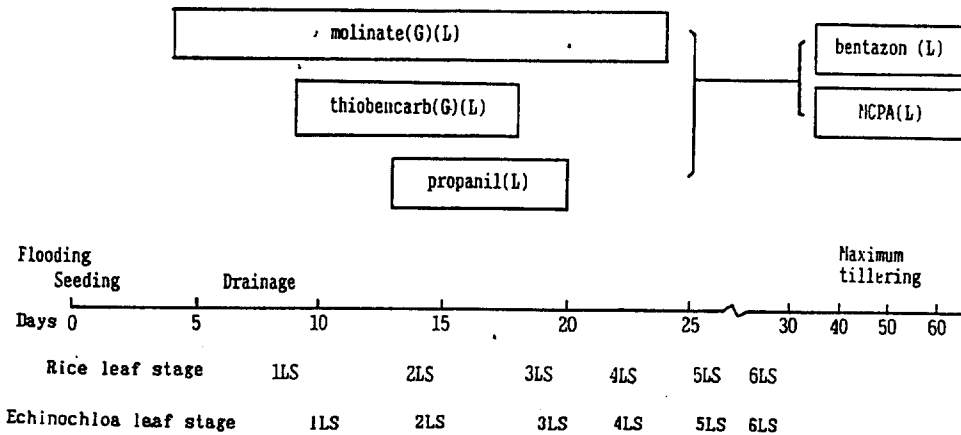


Fig. 11. Recommendations of herbicide application for water-seeded rice in USA (Seaman, 1983).
 * = leaf stage G = granule L = liquid

高分藥期를 前後 生育後期 莖葉處理用 除草劑인 bentazon과 MCPA液劑를 處理한다. Propanil과 molinate는 主로 禾本科 雜草防除를 위해, MCPA, fenoprop 및 bentazon은 廣葉雜草와 방동사니類 雜草防除를 위해, 그리고 endothal 아

민鹽 粒劑는 水中 雜草防除를 위해 使用되며, 때에 따라 藻類(algae)防除를 위해 黃酸銅(copper sulfate)을 使用하고 있다. 한편 thiobencarb는 피 및 알방동사니 등의 防除를 위해 使用된다. 南部 乾畚直播 地域에서는 2,4-D와 페녹시 系統의

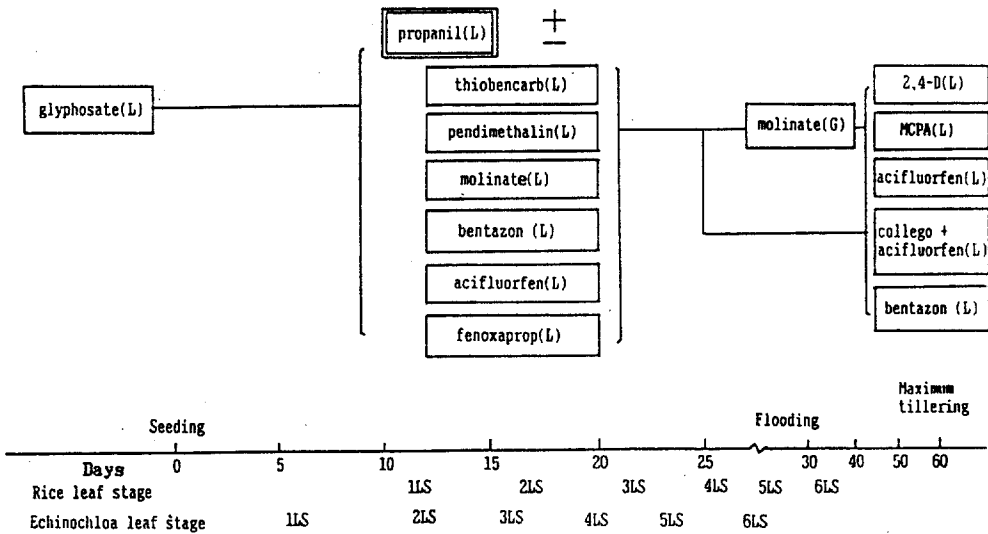


Fig. 12. Recommendations of herbicide application for dry-seeded rice in USA (Seaman, 1983).
 *LS=leaf stage L=liquid G=granule

除草劑가 가장 널리 사용되며 播種直後 土壤處理劑는 사용하지 않으며 피 1-3葉期에 莖葉處理로 propanil과 함께 또는 單獨로 thiobencarb, pendimethalin, molinate, bentazon, acifluorfen, fenoxaprop 등을 處理하며 後期 最高分蘗期 前後에도 2,4-D, MCPA, acifluorfen, 微生物 孢子製劑인 Collego와 acifluorfen合劑, bentazon 등을 必要에 따라 使用하며 경우에 따라 湛水時期인 파종 25~30日 사이 molinate를 莖葉兼 土壤處理도 한다. 앞서 言及한 바와같이 乾畚直播에서는 赤米(red rice)가 중요한 問題雜草로 發生되므로 이를 防除하기 위해 精選된 種子使用, 大豆 또는 옥수수 및 수수와의 輪作 그리고 phenoxy계 除草劑, pendimethalin 및 molinate 處理에 의해 어느 程度 效果의인 防除을 얻을수 있다. 播種前 雜草除去를 위해 glyphosate를 處理하는 경우가 있으나 paraquat는 登錄되어 있지 않아 使用되지 않는다.

(2) 日本

日本에서 發生되는 主要 雜草는 韓國, 臺灣과 거의事情이 비슷한데(表 27) 最近에는 除草劑使用으로 因해 벼풀, 올미, 올방개, 너도밤동사니와 같은 多年生 雜草의 發生이 크게 問題되고 있다. 日本에서는 直播栽培 研究가 試驗 研究水準에서는 相當히 많은 研究가 蓄積되어있다. 日本의 벼 直播栽培面積은 1974년에 約 55,000ha로

最高值를 보였고 이때 乾畚直播과 湛水直播의 比率은 約 4:1이었다. 以後 機械移秧 栽培方法이 定着되면서 直播栽培 面積은 減少하여 지금은 10,000ha에도 미치지 못하고 있다(鷲尾養, 1989). 이와같이 技術水準의 蓄積에 비해 農家普及이 극히 微弱한데, 가장 중요한 阻害要因으로 是 첫째 出芽, 立毛 不安定, 둘째 雜草防除, 셋째 登熟期 倒伏으로 區分하고 있다. 그중에서도 무엇보다 機械移秧 보다 安全性이 떨어지고, 乾畚直播는 播種當時 잦은 降雨로 播種時期를 正確히 맞출수없고, 그리고 湛水直播로서는 日本의 機械移秧이 대개의 경우 稚苗(15~20日)이므로 稚苗 機械移秧보다 收量的인 面으로나 省力的인 面에서 큰 長點이 없기 때문에 分析된다. 日本에서 湛水直播의 경우 雜草防除 體系를 要約하면 그림 13과 같다. 播種直後 pyrazolate를 處理한 후 一年生 雜草가 問題될 경우 播種 15日前後하여 pyrazolate/thiobencarb, chlornitrofen, butachlor, chlornitrofen/dymron 粒劑를 處理하고 있으며, 多年生 雜草가 問題될 경우 播種 15日을 前後하여 dimepiperate/benzylpromethyl 또는 chlornitrofen/dymron 粒劑를 處理하거나, 播種 20日을 前後한 thiobencarb/dimetryn 粒劑處理, 또는 播種 25日 前後한 thiobencarb/dimetryn/MCPB 粒劑處理를 하며 必要에 따라 是는 生育前後 最高分蘗期에 莖葉處理用 除草劑

Table 27. Principal weeds in East Asia : Japan(J), Korea(K), and Taiwan, China(T) (Chisaka and Noda, 1983).

Scientific name ^{a)}	Annual or perennial	Location
Echinochloa crus-galli	A	J, K, T
Monochoria vaginalis	A	J, K, T
Cyperus difformis	A	J, K, T
Eleocharis acicularis	P	J, K, T
Rotala indica	A	J, K, T
Sagittaria trifolia	P	J, K, T
Eleocharis kuroguwai	P	J, K
Scirpus juncoides var. hotarui	A or P	J, K
Cyperus serotinus	P	J, K
Sagittaria pygmaea	P	J, K
Cyperus iria	A	J, K
Paspalum paspalodes	P	J, K
Potamogeton distinctus	P	J, K
Elatine triandra	A	J, K
Eclipta prostrata	A	J, K
Marsilea quaderifolia	P	T
Scirpus maritimus	P	K
Ludwigia prostrata	A	J
Alternanthera sessilis	A	T
Alisma canaliculatum	P	J
Ammannia baccifera	-	T
Aneilema japonica	A	K
Lindernia pyxidaria	A	T
Cyperus amuricus	A	K
Leersia japonica	P	K

a) In order of decreasing importance as estimated by K. Noda.

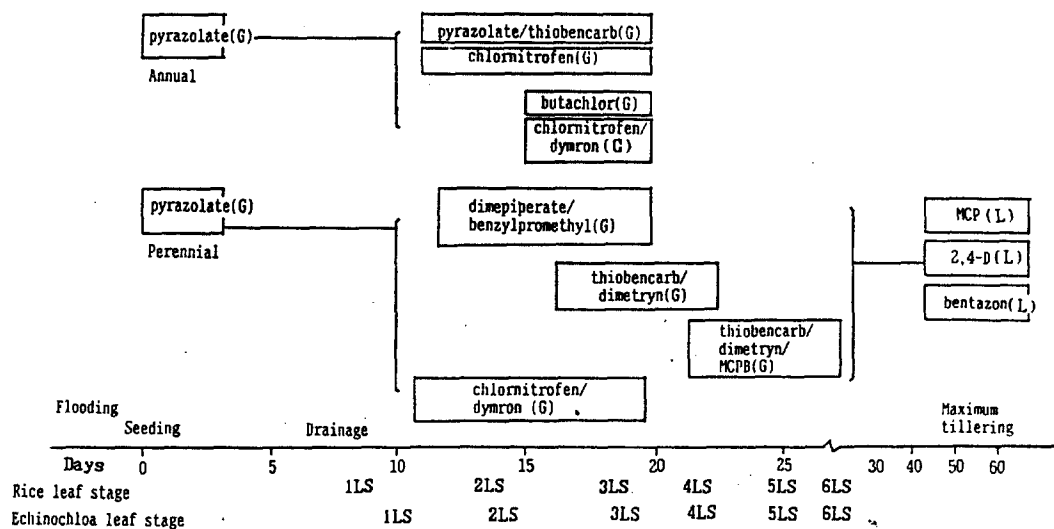


Fig. 13. Recommendations of herbicide application for water-seeded rice in Japan(Daechong, 1988).
LS=leaf stage L=liquid G=granule

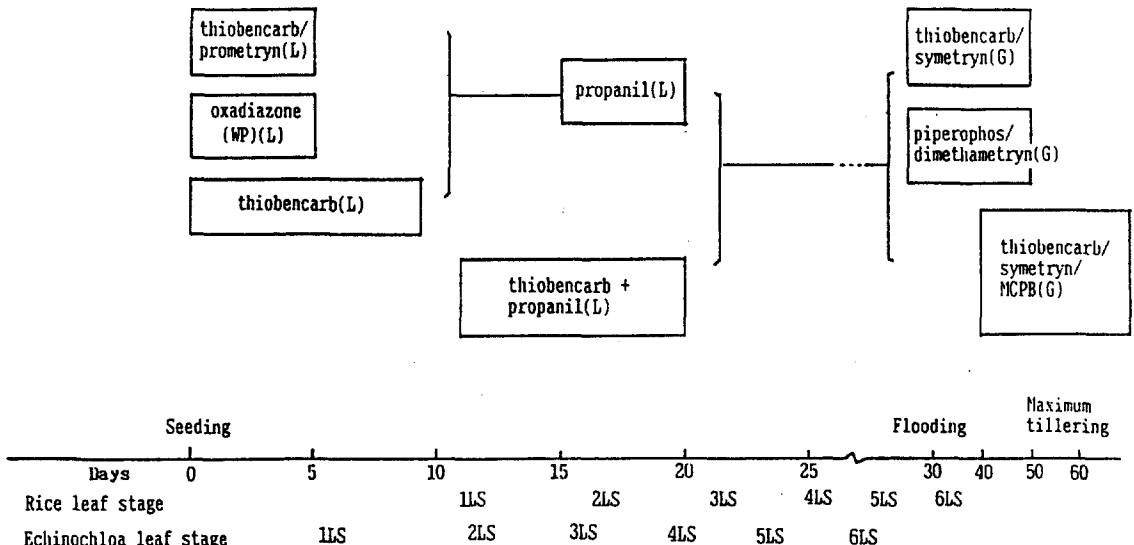


Fig. 14. Recommendations of herbicide application for dry-seeded rice in Japan (Daechong, 1988).
 LS=leaf stage G=granule WP=wettable power

MCP, 2,4-D 또는 betazon을 處理하게 된다. 한편 乾畚直播의 경우는(그림 14)播種覆土後 피와 벼가 發生하기前에 thibencarb/prometryn, oxadiazon 또는 thiobencarb 液劑를 處理하며, 피 2~4葉期에 必要에 따라 propanil 單劑나 propanil+thiobencarb 混合劑를 處理한다. 以後 灌水가 始作되는 播種 30~40日을 前後하여 雜草 發生 狀態에 따라 thiobencarb/simetryn, piperophos/dimethametryn 또는 thiobencarb/symetryn/MCPB 粒劑를 處理하는 것이 가장 바람직한 結果를 가져오는 것으로 밝혀졌다.

(3) 韓國

우리나라의 벼直播栽培는 全南地方의 干拓地 灌水直播 約 870ha와 忠南 西山의 干拓地 灌水直播 約 4,000ha가 있고, 完全 乾畚直播인 陸稻栽培가 約 3,000ha 있으며 其他 一部 地域에서 農家自體의 便易데로 變形된 形態의 直播栽培가 極히 一部 栽培되고 있고, 最近에는 農村振興廳 主管下에 施行되는 乾畚直播栽培示範事業이 全國 各市, 郡別로 1~2ha씩 栽培되고있어, 이의 餘波로 隣近農家의 自律的인 選擇으로 1992年現在 全國의으로 約 1,700ha의 乾畚直播栽培가 實施되고 있고, 이와같은 趨勢는 해를 거듭할수록 急速度로 增加될 展望이다. 지금까지 가장크게 擡頭되는 問題點은 雜草防除이며 이에對한 體系的인 研究는 極히 微弱한 實情이다(金, 1990). 우리나라

라에서의 벼直播栽培 歷史는 千年이 넘지만(金, 1990), 現在의 直播栽培 概念과는 큰 差異를 보인다. 지금의 直播栽培는 우선 收量性이 移秧栽培와 差異가 없어야 하고 作業自體도 劃期的으로 省力化 되어야 한다는 것이 前提條件이된다. 1980年代 後半부터 直播栽培에 對한 認識이 높아져 農村振興廳 傘下 試驗研究機關에서 試驗에 着手 하였는데 처음에는 대개의 경우 灌水直播에 置重하였다. 그러나 보리 播種機가 開發됨에 따라 現在는 乾畚直播 研究에 더욱 힘을 기울이고 있으나, 아직 많은 分野에서 研究結果의 技術 蓄積이 微弱한 實情이다. 雜草防除 研究分野에서는 嶺南作物試驗場에서 1987년부터 乾畚直播에 對한 研究가 比較的 活潑히 이루어져 進展을 보이고 있다. 지금까지 얻어진 主要 研究結果를 要約整理 하면 除草劑 處理時期를 播種直後 벼 發芽前 土壤處理(播種後 2~3日 以內), 벼 發芽後 土壤出現前 土壤處理(播種後 10日 前後), 벼 發芽後 土壤出現前後 混合劑의 土壤 및 莖葉處理(播種後 12~15日), 後期 莖葉處理(播種後 30~35日), 常時 灌水後 生育後期用 水稻用 除草劑 處理(播種後 40~50日)로 나눌수 있다(表 28). 播種後 初期 約 30日間은 拔狀態로 維持되므로 이때 問題되는 雜草는 主로 C.型 禾本科 植物인 피, 바랭이, 드렁새, 강아지풀 이므로, 初期에 이들 雜草를 效果의으로 防除하지 못하면 엄청난 收量 減

Table 28. Days for seedling emergence from seeding of rice and *Echinochloa* species in association with seeding date(YCES, 1990-1992).

Seeding date	Mean air-temperature ^{a)}	Days for seedling emergence	
		Rice	Echinochloa sp
April 5	11	20	14
April 15	13	18	16
April 25	14	16	10
May 5	16	14	9
May 15	18	13	8
May 25	19	11	7
June 5	21	10	6
June 15	22	9	5
June 25	23	8	4

a) Mean air-temperature for 10 days from seeding in normal year.

소가 招來된다.

앞서 말한 바와같이 除草劑를 處理할때 使用時期를 놓치게 되면 나타나는 結果는 엄청나게 큰 差異를 보이므로 處理時期를 正確하게 調節하여 주는것이 무엇보다 重要하다. 初期의 發芽前 土壤處理時期와 後期の 莖葉處理時期는 比較的 쉽게 調節할수 있지만 混合劑 莖葉兼 土壤處理時期는 그 可能時期가 매우 짧을 뿐아니라 制限을 받는다. 물론 이時期에 使用되는 混合劑는 propanil 과의 混合劑 이므로, 비록 propanil 이 벼에 對해서는 比較的 높은 安全性을 가지지만 氣象狀態에 따라(35℃ 以上の 高温, 18℃ 以下の 低温)그리고 有機磷系 또는 carbonyl系 殺蟲劑와의 近接散布에 의해 벼도 藥害를 甚하게 받을수 있으므로 가장 理想的인 時期는 피를 비롯한 禾本科 雜草는 이미 出現이 完了되고 벼는 出現時期에 따라 다르므로 表 28과 같이 地域別로 播種時期別로 벼와 雜草의 出現期間의 調見表를 作成하면 쉽게, 그리고 安全하게 使用할수있다. 예를 들면 密陽의 경우 4月 5日 播種하면 벼는 20日, 피는 14日後면 表土에 出芽 하게된다. 그러므로 이 時期에는 播種後 14日에서부터 19日사이에 propanil 混合劑를 安全하게 處理할수 있고 6月 15日 播種의 경우는 播種後 5~7日 사이가 가장 適合한 時期가 되며, 이 期間中에서도 雜草가 充分히 發生한 後에 處理하는것이 바람직하므로 可及的 늦게 處理하는것이 바람직하다. 여기서 잊어서는 안될 가장 重要한 事項은 물管理 方法이다. 벼씨와 雜草 種子는 아무리 溫度條件이 알맞아도 適當한 土壤水分이 뒷받침 되지 않으면 發芽 하지 않으므로 播種後 一定期間內에 發芽를 시킬수

있게 하기위해서는 必要에 따라 언제든지 灌水를 할수있는 栽培方法이 되어야 한다.

最近 試驗中에 있는 트랙타 附着 乾畚直播 方法 中에는 平面 直播方法과 畦立直播方法이 있는데, 平面 方法의 경우는 灌水를 自然 降雨에 依存하여야 하므로 벼와 雜草의 發芽時期를 豫測하기가 어려우며, 畦立直播方法은 必要에 따라 언제든지 高랑을 利用하여 灌水할수있어 벼와 雜草의 發芽時期를 거의 正確하게 豫測할수 있는 長點을 갖고 있다. 大部分의 播種直後 土壤處理用 粒劑型 除草劑는 土壤水分狀態와 除草效果는 密接한 關係를 보이고 있다. 畦立直播栽培에서 高랑에만 灌水하여 床面 위까지 灌水시켜주는 것이 除草效果가 높게 나타났다. 大體로 水溶性이 높은 butachlor가 thiobencarb보다, 그리고 bensulfuron-methyl 混合劑 보다 pyrazosulfuron-ethyl 混合劑가 高랑灌水 狀態에서 높은 除草 效果를 보였고 床面위 灌水狀態에서는 이들 除草劑間 差異는 없었다(表 29). 벼 生育時期別 推薦 除草劑를 綜合的으로 要約하면 그림 15와 같다.

播種前 毒새풀과 같이 發生 雜草가 많을 경우 非選擇性 除草劑인 glyphosate와 paraquat의 莖葉處理가 效果의이며, 播種直後 10日間은 粒劑의 形態로 butachlor와 molinate의 單劑 또는 pyrazosulfuron-ethyl 과의 混合劑 그리고 mefenacet 또는 quinclorac과 pyrazosulfuron-ethyl 또는 bensulfuron-methyl과의 混合劑를 處理할수 있고 乳劑의 形態로는 butachlor와 pendimethalin 處理가 바람직하다. 한편 播種後 10~20日 사이에는 propanil과 butachlor 또는 pendimethalin 의 混合劑의 土壤 및 莖葉處理가

Table 29. Herbicidal efficacy of several soil applied herbicides as affected by irrigation regime (YCES, 1991).

Herbicide	Flushing		Canal Irrigation	
	Phytotoxicity	Herbicidal efficacy	Phytotoxicity	Herbicidal efficacy
	(1-9)	(%)	(1-9)	(%)
• butachlor (180g)	1.2	83	1	60
• thiobencarb (280g)	1.0	85	1	45
• chlomethoxyfen/ butachlor (270g)	1.0	86	1	60
• pyrazolate/ butachlor (285g)	1.0	85	1	55
• pyrazoxyfen/ butachlor (285g)	1.0	86	1	60
• butachlor/bensul- furon-methyl (80.1g)	2.0	95	1	65
• mefenacet/bensul- furon-methyl (78.9g)	1.5	94	1	50
• thiobencarb/bensul- furon-methyl (153.9)	1.5	94	1	60
• molinate/pyrazosul- furon-ethyl (151 ℓ)	1.5	96	1	85
• thiobencarb/pyrazosul- furon-ethyl (152 ℓ)	1.5	95	1	76

* () Active ingredient per 10a.

* Flushing : 3~6 hours flooding.

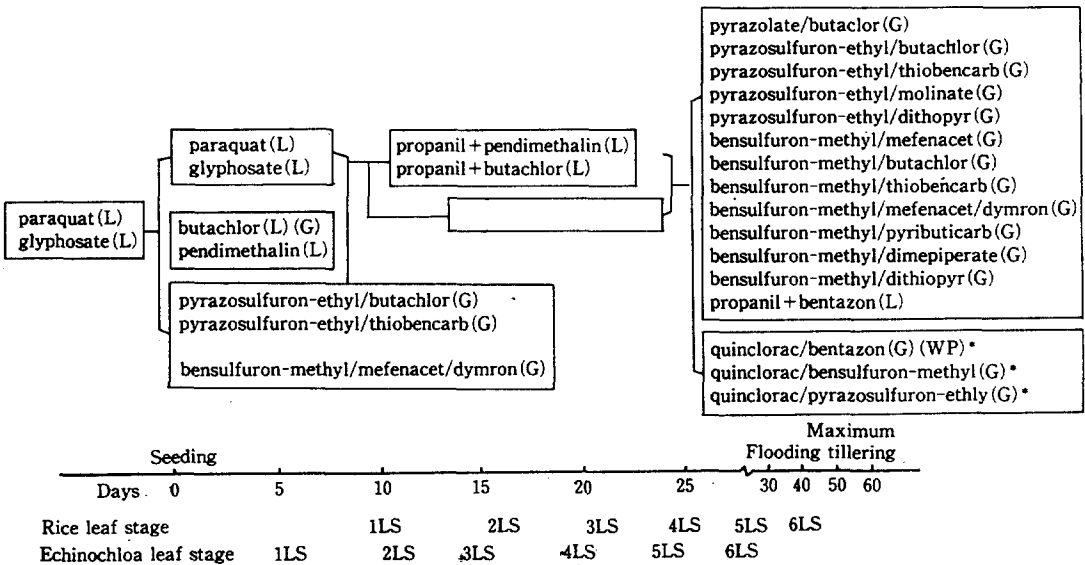


Fig. 15. Recommendations of herbicide application for dry-seeded rice in Korea (YCES, 1987-1992).

G = granule L = liquid WP = wettable power LS = leaf stage

* limited in rice-vegetable double cropping

理想的이나 廣葉雜草와 방동사니類 雜草가 優占的으로 發生할때는 bentazon과 propanil의 混合劑 使用이 좋다. 앞서 言及한 바와같이 이 時期中에서도 可及的 벼가 出現하기 以前의 處理가 安全하다. 앞서 두時期에 雜草防除를 效率的으로 實施하지 못하였을 경우, 발狀態의 마지막 時期이면서, 湛水直前인 播種後 30日 前後에는 quinclorac/bentazon 水和劑 處理가 現在로서는 가장 確實한 方法으로 認定되나 quinclorac 이 벼后作으로 園藝作物을 栽培할 경우 甚한 藥害症狀을 보이므로(Ryang et al., 1991; Lee et al., 1991a, b; Oh et al., 1989; Koo et al., 1991) quinclorac의 混合劑 使用이 制限을 받는다. 앞서 說明한 발狀態 期間中의 3時期 處理는 어느 時期에 處理하여도 相關이 없으나 3時期中 한번의 處理로 발狀態 期間의 雜草問題를 解決하는 것이 바람직하므로 播種後 10~20日 사이의 混合劑處理 1회가 效果面에서 가장 確實할 것으로 판단된다. 播種 35~40日 頃 부터는 移秧畝과 마찬가지로 湛水가 始作되는데 이때부터는 移秧畝 雜草防除方法에 준하면된다. 대개의 경우 初期約 1個月間의 발狀態에 1回, 그리고 40日 以後 湛水期間中에 1回의 體系 處理가 現實的으로 바람직 한 것으로 보여진다. 本項에서는 言及이 없었지만 앞의 問題草種 生態問題에서 言及한바와 같이 乾畚直播를 繼續할 경우 豫想되는 雜草性벼 (weedy rice)는 거의 모든 特性이 栽培벼와 같아 除草劑로서는 쉽게 防除가 곤란할 것으로 豫想되므로 이에對한 長期的인 對策樹立이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

湛水直播에서 發生되는 優占雜草는 湛水狀態에 따라 크게 달라지게 된다. 즉 繼續的인 湛水狀態로 維持될 것인지, 아닌지, 그리고 湛水깊이는 어느程度로 할 것인지에 따라 發生 雜草는 다르게 나타낸다. 理論的으로는 10cm 以上の 湛水深으로 繼續維持하면 全體的으로 發生되는 雜草量 特히 禾本科雜草의 發生이 크게 減少되지만 實際狀況에 있어서는 畚土壤의 面積이 때때로 露出되거나, 또는 灌溉水深이 알려져 1~2cm 以內가 될 경우가 허다하다. 그리고 湛水直播栽培는 播種後 5~10日 사이에 落水를시켜 그누기를 하지 않으면 법씨가 土壤에 뿌리를 잘 내리지 못하고 浮苗와 쓰러진묘가 發生하기 쉽고 또한 後期에 倒伏抵抗性이 弱해진다. 이러한 理由로해서 乾畚

直播와 마찬가지로 피가 重要한 優占草種이 된다. 이밖에도 乾畚直播와는 달리 괴불 및 이끼와 같은 湛水藻類와 자귀풀, 올챙고랭이, 알방동사니, 금방동사니, 쇠털골, 물달개비, 사마귀풀, 여뀌바늘 등이 優占하게된다. 湛水直播栽培에서 特히 初期除草劑에 對한 藥害危險性이 매우 높다. 아직까지 滿足할만한 除草體系가 確立되어있지 않은 實情이나, 지금까지 部分的으로 얻어진 試驗成績을 綜合해보면 다음과 같다. 湛水直播는 播種方法에 따라 表面直播(散播, 條播), 土中直播(條播), 이토直播(條播, 散播) 등으로 크게 區分할수 있으며 表面直播와 이토直播는 倒伏의 危險性이 매우 높으며, 土中直播는 均一한 立毛 確保가 가장 問題時 된다. 湛水直播에서는 湛水狀態로 除草劑를 處理하여야 하므로 播種當時 법씨의 發芽狀態에 따라 除草劑에 對한 反應이 크게 달라진다. 大部分의 初期 土壤 處理用 除草劑의 경우 법씨를 催芽 시키지 않은 狀態로 播種을 하게되면 立毛가 매우 不良해지고 모生育도 크게 障害를 받는다(表 30). 따라서 湛水直播에서는 반드시 催芽를 시킨 種子를 使用하여야 하고, 播種 直後에는 pyrazolate가 가장 安全性이 높은 除草劑이지만 生産이 되지 않는 狀態이며, 以外 除草劑는 雜草가 發芽 하기 始作하는 播種後 10日 前後하여 處理 하는 것이 藥害危險을 줄일수 있는 方法이된다.

벼가 일단 着根이되고 地上部가 水面위로 나오게되면 生育 中期用 莖葉處理를 할수 있어 選擇의 幅과 安全性이 높아진다. 生育中期 處理는 一般 移秧栽培나 乾畚直播栽培와 特別히 다른점은 없으나 發生되는 草種의 差異에 따라 除草劑의 選擇이 달라져야 한다. 生育後期 處理用으로는 mefenacet/bensulfuron-methyl 粒劑나 butachlor/bensulfuron-methyl 粒劑의 播種後 20~25日 頃 處理, quinclorac과 bentazon 또는 bensulfuron-methyl 混合粒劑의 播種後 25~30日 頃 處理, quinclorac과 bentazon의 混合 水和劑의 播種後 30~40日 處理 등이 있으나 除草體系選定은 雜草發生 狀態에 따라 適切한 除草劑를 選定, 必要한 경우에 限해 處理하는 것이 가장 바람직 할 것이다. 湛水直播 栽培에서 바람직한 除草體系를 要約하면 그림 16과 같다. 여기에서도 quinclorac 混合劑 使用은 벼后作으로 園藝作物이 栽培되는 地域에서는 使用을 禁하여야 한다.

Table 30. Seedling establishment and growth of rice as affected by seed regime in water-seeded rice (YCES, 1991).

Herbicide	Intact Seed		Pre-germinated Seed	
	Seedling stand (no/m ²)	Growth retardance (%)	Seedling stand (no/m ²)	Growth retardance (%)
• butachlor (180g)	25	85	78	37
• thiobencarb (210g)	19	88	80	42
• pyrazolate (300g)	68	45	96	4
• pyrazolate/butachlor (285g)	30	67	79	24
• chlomethoxyfen/butachlor (270g)	36	76	83	36
• pyrazoxyfen/piperophos (270g)	33	80	76	30
• untreated control	74	0	99	0

* () : Active ingredient per 10a.

* Herbicides were applied 2 days after seeding.

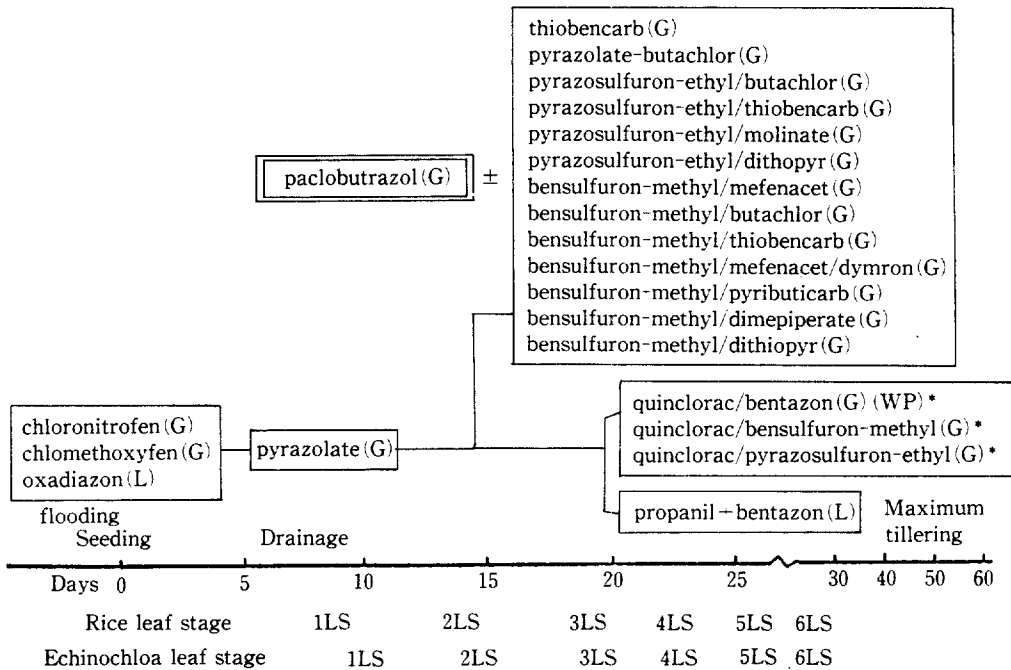


Fig. 16. Recommendations of herbicide application for water-seeded rice in Korea (YCES, 1989-1992).

G=granule L=liquid WP=wettable LS=leaf stage

* limited in rice-vegetable double cropping

지금까지 湛水直播에 對한 除草體系를 言及하였으나 그간의 研究成果가 極히 未洽한 實情이고 또한 使用上 조그만한 誤謬로 벼藥害를 誘發할 可能性이 높기 때문에 보다 많은 積極的인 研究가 早速히 修行되어야 하겠다. 이밖에도 現在는 그다지 重要性이 浮刻되지 않는 湛水藻類에 對한 防除對策樹立에도 關心을 기울여야 하며, 栽培品種도 湛水直播 栽培에 알맞는 耐倒伏性, 低溫發

芽性, 및 初期伸長性이 높은 品種이 하루빨리 育成되어야 하겠다. 끝으로 生長調節劑의 利用 可能性을 考慮할 수 있는데, 直播栽培의 경우 移秧栽培에 비해 根本的인 倒伏抵抗性이 弱하므로 栽培의 側面에서 生長調節劑 利用으로 既存의 除草劑 使用量과 環境에 對한 影響을 줄이고 벼倒伏抵抗性을 向上 시킬수만 있다면 雜草中 가장 問題가 되는 올방개와 피 防除效果가 認定되어

Table 31. Effect of plant growth regulators on growth of *Eleocharis kuroguwai* (YCES, 1987).

Dosage (mg/pot) ^{b)}	5 DBE		0 DAE		20 DAE ^{a)}	
	Tuber weight	100 tuber weight	Tuber weight	100 tuber weight	Tuber weight	100 tuber weight
	Uniconazole (0.04 G)					
10	87.3	60.1	98.1	60.5	128.4	64.5
20	86.3	56.4	90.4	55.5	110.0	58.2
40	63.1	40.1	65.9	36.0	87.8	42.5
	Paclobutrazol (0.6 G)					
10	21.5	18.9	34.2	26.1	67.3	30.8
20	0.8	16.8	21.0	21.2	65.3	29.2
40	0	0	17.4	16.9	42.2	16.2
0	156.4	63.2	(untreated control)			

a) application time, DBE : days before emergence, DAE : days after emergence.

b) Pot size : 1/2000 a.

Table 32. Herbicidal efficacy of paclobutrazol in water-seeded rice (YCES, 1990).

Chemical	Application (DAS)	Culm length (cm)	<i>Echinochloa</i> suppression (%)	Grain yield (kg/10a)	Lodging index
paclobutrazol (180g ai/10a)	20	65	43	198	125
paclobutrazol + butachlor + propanil (180 + 100 + 100g ai/10a)	20	62	70	512	117
hand weeded	20, 40, 60	77	76	526	158

(表 31, 32), 除草劑 使用量輕減과 倒伏抵抗性 向上의 한方法으로 利用이 可能할것으로 判斷되어 이 方面의 研究도 繼續 進行되어야 할 것으로 본다.

今後 研究方向

今後 벼 直播栽培에서 豫想되는 問題點을 解決하기 위해서는 다음과 같은 몇가지 研究 方向을 提示하고자 한다.

가. 雜草管理 概念導入

벼 直播栽培의 成敗는 雜草를 어떻게 效果的으로 다스릴 수 있느냐에 달려있다고 볼 수 있다. 雜草는 生存을 위해 恒常 作物보다 한발앞서 進行하고 環境에 適應해 나가기 때문에 研究의 目的을 雜草의 完全根切에 두는 것이 바람직하다. 雜草管理의 基本原理로서는 첫째 모든 可能한 雜草防除 方法을 總動員하고, 둘째 이러한 方法들이 한번 使用으로 끝나서는 안되고 繼續하여 反復施行이 可能하여야 하며, 셋째 이들 方法이 環境에 나쁜 影響을 끼치지 않아야 한다는 前提條

件을 滿足시켜야 한다.

나. 長期 벼 直播栽培에서 豫想되는 問題點 導出

벼 直播를 連續의으로 그리고 長期的으로 栽培할 경우 特定 雜草의 優占化 또는 새로운 問題雜草의 出現等 問題點을 導出하여 이에對한 適切한 對應方法이 講究되어야 한다.

다. 栽培環境 및 栽培樣式에 따른 試驗研究 優先順位 決定

벼 直播栽培 對象地域의 氣候生態의인 差異를 비롯하여 栽培環境 및 栽培樣式이 다를 수 있으므로 이들 各 對象別 問題點의 優先順位가 다를 수 있다. 따라서 對象地域 및 栽培樣式別로 가장 時急히 解決하여야 할 課題부터 研究가 修行되어야 한다.

라. 새로운 優良除草劑 및 解毒劑 選拔

現實的으로 雜草防除에서의 除草劑 役割은 거의 絶對的이라 볼 수 있다. 直播栽培의 경우 除草劑의 選拔과 安全性이 더욱 크게 要求되므로

除草效果가 높으면서 藥害가 적고 또한 環境에 미치는 影響이 가장 적은 새로운 除草劑의 選拔이 要求되고 아울러 除草劑의 藥害를 輕減시켜 줄 수 있는 解毒劑(Antidote)의 開發에 힘을 기울여야 할 것으로 본다.

마. 問題 雜草의 生理, 生態의 特性 究明

피, 雜草性벼, 드렁새, 자귀풀, 바랭이, 강아지풀, 참새피 등과 같이 벼 直播栽培地에서의 發生되는 問題雜草에 對한 基本生理, 生態의 特性이 持續적으로 이루어져야 할 것이다.

引用 文 獻

1. Baker, J.B. and Sonnier, E.A. 1983. Red rice and its control. p327~333 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
2. Barrentine, W.L., J.E. Street and M.E. Kurtz. 1984. Postemergence control of red rice (*Oryza sativa*). Weed Sci. 32 : 832~834.
3. Barnes, J.P and A.R. Putnam. 1986. Evidence for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye(*Secale cereale*). Weed sci. 34 : 384~390.
4. Bhan, V.M., 1983. Effects of hydrology, soil moisture regime, and fertility management on weed populations and their control in rice. p47~56 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
5. 富久保男. 1988. 剛山縣における 水稻乾番直播 雜草防除. 日本 植調 22(7) : 26~33.
6. _____. 1989. 水稻不耕起 直播栽培における 麥わら被覆に 除草效果. 日本植調 23(1) : 13~18.
7. Catizone, P. 1983. Farmers weed control technology in rice in southern Europe. p181~191 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
8. Chisaka, H. and K. Noda. 1983. Farmers weed control technology in mechanized rice systems in east Asia. p153~164 in Weed control in rice. Int. Rice Res Inst. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
9. Cohn, M.A. and J.A. Hughes. 1981. Seed dormancy in red rice(*Oryza sativa*)I. Effect of

temperature on dry-afterripening. Weed Sci. 29 : 402~404.

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. Dingkuhn, M., F.W.T. Penning de Vries, S. K. DeDatta, and H.H. Van Laar. 1991. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. p17~38 in Direct seeded flooded rice in the tropics. Int. Rice Res. Inst. P.O.Box 933, Manila, Philippines.
12. 大塚一雄. 1988. 水稻 湛水直播栽培に 雜草防除. 日本 植調 22(8) : 2~9.
13. Herlt, R.W. 1981. Focusing research on future constraints to rice production. Presented to the Int. Rice Res. Conf, IRRI, Los Banos, April.
14. 鷲尾養. 1989. 水稻 湛水土壤中 直播栽培における 最近の 雜草防除. 日本 植調 22(8) : 2~9.
15. International Rice Research Institute. 1988. World rice statistics 1987. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Laguna, Philippines. p257.
16. 竹内安智. 1989. アメリカにおける 雜草防除の 現状と 動向(2). 日本 植調 22(12) : 2~7.
17. Kataoka, T., 1980. Recent changes in rice culture methods and weed control methods. Japan Pestic. Conf. 37 : 26~29.
18. Kim, S.C. and Y.K. Hong. 1992. Herbicide reduction technology for weed control in irrigated rice in Korea. Paper presented at the 1992 International Rice Reserch conference held in Int. Rice Res. Inst., Philippines, April 21-25, 1992. 30p.
19. Kim, Soon Chul and Keith Moody. 1989. Germination and seedling development of rice and *Echinochloa* species. Korean J. Weed Sci 9(2) : 108~115.
20. Kim, Soon Chul and Keith Moody. 1989. Adaptation strategy in dry matter and seed production on rice and weed species. Korean J. Weed Sci. 9(3) : 183~200.
21. 金純哲. 1990. 벼 直播栽培의 雜草防除. '90 慶南農振 심포지엄. 37-77. 農振廳 慶南 振興院.

22. 金在鐵. 1989. 赤米種의 生理生態의 特性 및 벼 와의 競合에 關한 研究. 忠北大學大學院 博士學位論文 p34.
23. 金剛權·任正男·郭龍鎬·金石東. 1990. 農畜産物의 輸入開放에 따른 對應技術開發. 農産物의 輸入開放에 대한 對應方案. 農業科學 심포지엄, 韓國農業 科學 協會. 11 : 25~50.
24. 郭尙洙·金吉雄. 1984. 보리 殘留物속에 含有된 主要 phenolic acids가 雜草 發芽에 미치는 影響. 韓雜草誌 4(1) : 39~51.
25. 權淳泰·金吉雄. 1985. 麥類作物(밀, 호밀)의 殘留物로부터 同定된 phenolic compounds가 雜草의 發芽 및 生育에 미치는 影響. 韓雜草誌 5(2) : 121~130.
26. Kim, K.U., I.J. Lee, H.J. Jeong and D.S. Kim. 1987. Potential allelopathic substances identified from annual crop straws. 11th Conf. Asian-Pacific Weed Sci. Soc. 303~310.
27. 金純哲. 1990. 慶南農業技術 I. 總論, 一般作物篇, 벼 2-50-67, 慶尙南道, 慶尙大農業資源 利用研究所.
28. Kushibuchi, K. 1988. Rice cultivation in Japan -Present conditions and prospects-National Agric. Res. Center, Japan. p29.
29. Louisiana State university Agricultural Center (LSUAC). 1987. Rice production handbook. Louisiana Univ. Agr. Center. 64p.
30. Matsunaka, S. 1983. Evolution of rice weed control practices and research : world perspective. p5~17 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst.(IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
31. Koo, S.J., Y.W. Kwon and K.Y. Cho. 1991. Differences in herbicidal activity, phytotoxic symptom and auxin activity of quinclorac among plant species compared with 2,4-D. Weed Research(Japan) 36(4) 311~317.
32. Kwon, S.T. and K.U. Kim. 1985. Effect of phenolic compounds identified from crop residues(wheat, rye) on the germination and growth of various weeds. Korean Journal of Weed Science Society 5(2) : 121~130.
33. Kwak, S.S. and K.U. Kim. 1984. Effects of major phenolic acids identified from barley residues on the germination of paddy weeds. Korean Journal of Weed Science Society 4(1) : 39~51.
34. Lee, H.K., G.H. Yoo, J.Y. Park and I.Y. Lee. 1991a. Phytotoxic response of tomato to quinclorac. Korean Journal of Weed Science Society 11(Supplement) : 78.
35. Lee, H.K., G.H. Yoo, I.Y. Lee, J.H. Choi and Y.S. Park. 1991b. The growth of vegetables by application of quinclorac to rice crop. Korean Journal of Weed Science Society 11(Supplement) : 79.
36. Michael, P.W. 1983. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. p291~306 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst(IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
37. Mukhopadhyay, S.K. 1983. Weed control technology in rainfed wetland rice. p109~118 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst(IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
38. 農林水産部. 1990. 農林水産 統計年報.
39. 農村振興廳. 1990. 韓國의 農業主要指標. 農業經營資料 62號. 農振廳. 1990. 6.
40. Oh, S.M., H.K. Lee, J.S. Park and K.H. Lee. 1989a. Responses of weeds and crops by quinclorac application. Korean Journal of Weed Science Society 9(Supplement) : 63~65.
41. Putnam, A.R. and J. Defrank. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. Crop Protection 2 : 173~181.
42. Rutger, J.R. and W.R. Grant. 1980. Energy use in rice production. p93~98 in Handbook of energy utilization in agriculture. David Pimentel. CRC press Inc. Boca Raton, Florida. 475p.
43. Ryang, H.S. E.S. Choi, M.S. Jang and J.H. Lee. 1991. Response of quinclorac and n-proamide to upland crops. Korean Journal of Weed Science Society 11(Supplement) : 24~25.
44. Seaman, D.E. 1983. Farmers weed control technology for water-seeded rice in north America. p167~177 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst.(IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
45. 徐學洙·하운구·허문희. 1990. 韓國 在來赤

- 米(粳) 蒐集 및 特性檢定 II. 地域的 分布
와 種實 特性. 韓國作物學會誌 35(別冊 2
號) : 14~15.
46. Smith, R.J.JR. 1981. Control of red rice(*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). weed Sci. 29 : 663~666.
47. _____. 1983. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. p19~36 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Int. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
48. Texas Agricultural Extension Service(TAES). 1988. Rice production guidelines. Texas A&M Univ. Agri. Res. and Ext. Center. 61p.
49. University of Arkansas. 1988. Rice production handbook. Cooperative Extension Service. Univ. Arkansas, USDA and County Governments Cooperation. 61p.
50. University of California. 1983. Integrated pest management for rice. Univ. California, Div. Agri. Sci. Pub. 95p.
51. Vergara, B.S., Venkateswarlu, M. Janoria, J. K. Ahn, J.K. Kim and R.M. Visperas. 1991. Rationale for a low-tillering rice plant type with high-density grains. p39~53 in Direct seeded flooded rice in the tropics. Int. Rice Res. Inst. P.O.Box. 933, Manila, Philippines. 117p.
52. Suzuki, H.S. 1988. Biological control of *Eleocharis Kuroguwai*. using pathogen 1. Agriculture and horticulture (Japanese). 63(6) : 61~64.
53. _____. 1988. _____. 2. _____. 63(7) : 87~89.
54. _____. 1988. _____. 3. _____. 63(8) : 69~74.
55. Suzuki, H.S. 1989. Biological control of *Eleocharis kuroguwai*. Japanese Journal of Plant Protection 43(2) : 77~81.
56. Usami, Y., H. Koizumi, H. Saka and M. Satoh. 1989. Distribution of *Erigeron philadelphicus* L. Resistant to paraquat in Ibaraki prefecture. Weed Science (Japan) 34(1) : 57~61.
57. Yabuno, T. 1983. Biology of *Echinochloa species*. p307~318 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst(IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.
58. Wirjahardja, S., Guhardja, E. and Wiroatmodjo, J. 1983. Wild rice and its control, p319~325 in Weed control in rice. Int. Rice Res. Inst. (IRRI), Los Banos, Laguna, Philippines.