

무경운 답수표면산파에 의한 잡초성벼 방제

정남진*† · 윤영환* · 김정곤* · 강양순*

*작물시험장

Weedy Rice Control by No-tillage Direct Seeding on Flooded Paddy Field

Nam-Jin Chung*†, Young-Hwan Yoon*, Chung-Kon Kim* and Yang-Soon Kang*

*National Crop Experiment Station, RDA, 441-100 Suwon, Korea

ABSTRACT: Weedy rice has typical characters such as easy shattering, dormancy, and longevity. These characters let it undergo the winter and occur year by year. It is very difficult to control weedy rice once the field have contaminated with its seeds. Therefore, the control method for weedy rice was focused on the no-tillage direct seeding in this experiment. The germination ability of seeds shattered on the soil surface in the next spring was 92.7% in weedy rice, and 4.3% in cultivated rice. The possible depth of weedy rice emergence were 1.5 cm, 3.0 cm and 6.8 cm in no-tillage, wet seeding and dry seeding paddy field, respectively. The paddy field contaminated with weedy rice was maintained as no-tillage, and then irrigated in early spring (April 15). We could induce weedy rice on the soil to emerge with irrigation, and then kill by using non-selective herbicide, paraquat. Weedy rice was controled 92.2% of total emerged by this method. After seedling establishment of cultivated rice, molinate, thiobencarb, oxadiazon, dithiopyr, butachlor were soil-applied to suppress the emergence of weedy rice seeds buried in the soil. Oxadiazon was the most effective to repress the weedy rice among soil-applied herbicides tested. The highest control value was 96.4% as the result of combination of paraquat and oxadiazon.

Keywords : weedy rice, no-tillage direct seeding on flooded paddy field, herbicide, direct seeding.

우리나라에서 벼 재배는 대부분 이앙에 의해 이루어지고 있으나 벼 농사를 대규모화하여 생력화하기 위해서는 직파재배의 보급이 필수적이다. 직파재배는 1990년대 초부터 농가에 보급되기 시작하면서 '97년까지 전체 벼 재배면적의 10.5%까지 증가하였으나 그 이후 다소 감소된 경향을 보여 1998년에는 6.1%, 1999년에는 6.7%의 보급율을 보였다. 최근 직파재배 보급이 저조한 이유는 벼농사가 아직 대규모로 이

루어지지 않으며, 직파재배 파종기의 기상조건에 따라 그 성패가 좌우되는 불안전성이 있기도 하지만, 가장 큰 이유는 잡초성벼의 발생 때문이다.

잡초성벼가 일단 포장에 발생되면 급격히 번식되고 이로 인하여 재배벼의 수량과 품질을 크게 감소시킨다(Kwon, 1989; Smith 등, 1989). 잡초성벼는 재배벼와 같은 종에 속하고 외부형태와 생리적 특성이 거의 같기 때문에 선택적인 방제가 불가능하며 경종적방법에 의해서도 아직 효율적인 방제기술이 개발되지 않은 상태다.

잡초성벼는 일반적으로 탈립성과 휴면성이 강하고 나쁜 환경 조건에서도 생존력이 강할 뿐만 아니라(김, 1989; Azami 등, 1994), 특정 계통에서는 광발아성도 갖고 있어서(정, 2000) 종자가 토양속으로 일단 유입되면 작기 동안 부정기적으로 발생하여 완전 방제가 불가능하게 된다.

이상의 관점에서, 본 시험은 잡초성벼 종자가 토양속으로 유입되지 않도록 무경운상태로 토양을 유지하면서 토양위에 탈립되어 있는 종자를 파종전에 완전 방제할 수 있는 가능성을 검토하고, 또한 토양 내에 휴면중인 잡초성벼 종자의 발생을 억제하는데 효율적인 제초제의 선발을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 작물시험장 답작 시험포장에서 1999년에 수행하였다. 시험 포장은 잡초성벼가 우점되어 있는 논을 선정하였고, 선정된 시험포장의 잡초성벼 발생량은 300개체/m² 이상이였다. 공시품종은 잡초성벼와의 가시적 구별을 위하여 자도를 이용하였으며, 파종은 4 kg/10a의 마른 종자를 종자소독하여 최아시킨 후 손으로 답수표면산파하였다.

무경운답 토양표면에 탈립된 잡초성벼의 월동 후 생존력을 알아보기 위하여 1999년 수확기에 탈립된 잡초성벼 종자와 자도 종자를 토양표면위에 뿌리고, 이 종자들을 鳥類로부터 보호하기 위해 간격이 3 cm 정도인 철망으로 틀을 만들어 덮어 2000년 4월 15에 채집하여 발아율을 조사하였다. 발아율 조사

†Corresponding author: (Phone) +82-331-290-6832 (E-mail) njchung@nces.go.kr

<Received May 2, 2000>

는 침종한 시간을 기준으로 하여 매일 같은 시간에 실시하였으며, 페트리디시 당 종자 100립을 파종하여 3반복으로 실험하여 얻은 값을 평균하여 사용하였다.

무경운답, 이앙답, 그리고 건답의 토층별 잡초성벼 발생량 조사는 각각의 시험포장에서 임의로 30×30 cm² 넓이의 토양을 5반복으로 선정하여 그 곳에 발생된 잡초성벼를 뿌리까지 채취한 후 식물체에 남아있는 매몰깊이로 종자의 깊이를 추정하였다.

4월 하순의 평년 일평균 기온인 13°C에서 잡초성벼 종자의 발아에 필요한 소요일수를 측정하기 위하여 최고 20°C, 최저 8°C인 인큐베이터에서 일별 발아율을 조사하였다.

포장실험에서는 4월 15일에 무경운 포장에 관개하여 3일간 담수상태를 유지한 후 자연적으로 물이 줄어들도록 방치하여 잡초성벼와 피를 포함한 기타 잡초의 발생을 유도하였다. 5월 10일에 토양 표면이 거의 마른 상태에서 비선택제초제인 paraquat dichloride를 73.7 ml ai/10a 처리하고 3일 후에 관개하였다. 관개 후 2일에 종자를 파종하였으며, 재배벼가 입모된 후에 molinate 150 g ai/10a, thiobencarb 210 g ai/10a, oxadiazon 24 g ai/10a, dithiopyr 9 g ai/10a, butachlor 150 g ai/10a를 처리하여, 비선택성 제초제 처리전까지 발생되지 않은 잡초성벼의 출아를 억제하여 대조구와 잡초성벼 출아수를 조사하였다. 기타 재배법은 농촌진흥청의 표준재배법에 준하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다. 통계분석은 SAS 프로그램에서 Duncan의 다중범위검정을 이용하여 처리하였다.

결과 및 고찰

포장을 무경운으로 유지하면 탈립된 잡초성벼는 토양표면에서 월동한다. 잡초성벼가 토양표면에서 월동할 경우, 수확기부터 그 이듬해 파종기까지 종자의 생존 여부를 알아보기 위하여 포장에 떨어진 잡초성벼를 채집하여 발아율을 조사한 결과는 Fig. 1과 같았다. 잡초성벼는 92.7%의 발아율을 보였고, 재배벼는 4.3%의 발아율을 보여, 재배벼는 대부분의 종자가 겨울동안 포장에서 발아력을 상실하지만 잡초성벼는 90% 이

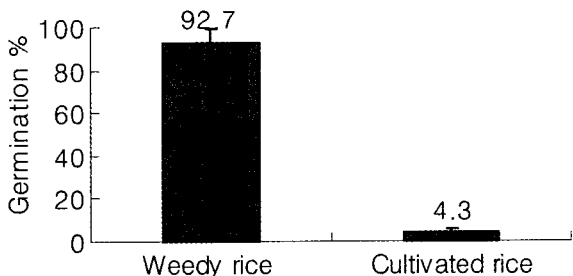


Fig. 1. Germination ability of weedy rice and cultivated rice seeds shattered on the paddy soil surface in the next spring. Bars indicates standard deviation.

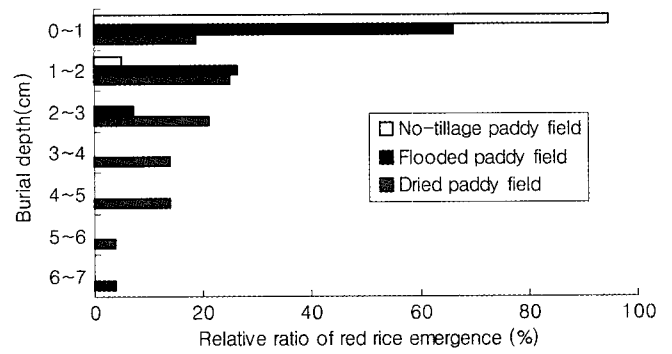


Fig. 2. Effect of cultivation methods on relative ratio of weedy rice emergence by burial depth in the paddy field.

상의 종자가 생존한다는 것을 알 수 있었다.

柳島純雄(1965)은 잡초성벼가 재배벼보다 높은 월동력을 갖는 것은 영을 통한 수분의 투과성이 한가지 원인이 되기 때문이라고 하였는데, 이러한 원인 이외에도 잡초성벼 영(穎)에 존재하는 항산화물질의 영향(Ramarathnam 등, 1989)도 큰 것으로 생각된다.

무경운 1년차 포장에서 발생된 잡초성벼의 토양내 위치를 건답 및 무논과 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 무경운답에서의 잡초성벼 발생 위치는 토양 표토 부위에 주로 분포하여 건답과 무논보다 발생깊이가 낮았다. 건답직과 상태에서 잡초성벼는 지표로부터 6.8 cm 깊이까지 발생하였고, 담수직과에서는 3.0 cm, 그리고 무경운답에서는 1.5 cm 깊이까지 발생하였다.

토양깊이에 따른 잡초성벼의 발생분포를 보면, 건답직과담수에서는 표토로부터 1~2 cm 사이의 토층에서 잡초성벼 출아량이 가장 많았고 그 이하로 감소하는 경향이나 5 cm 깊이까지는 비교적 고른 분포율을 보였다. 그러나 5 cm 이하의 토심에서는 출아율이 급격히 감소하여 총 출아량의 10% 정도를 차지하였다. 담수직과재배 답에서는 토심이 깊어질수록 잡초성벼 출아수가 건답직과보다 현저히 감소하여 지표부터 1 cm 깊이까지 66.3%, 1~2 cm 깊이에 26.4%, 그리고 2~3 cm에 7.3%가 발생하였다. 이는 토양이 포화된 상태이므로 토심이 깊어질수록 산소량이 감소되기 때문으로 생각된다. 무경운 재배답에서는 표토에서 1 cm 깊이까지 95.1%가 발생하여 잡초성벼가 대부분 표토에서 발생되었으며 5% 정도가 1.0~1.5 cm에서 발생하였다. 무경운답에서의 잡초성벼의 지중발생량은 건답이나 담수직과보다 크게 억제된다는 것을 알 수 있다. 이는 무경운에 의해 토양의 가비중과 경도가 높아져 토양내 액상과기상이 상대적으로 감소하여 경도가 높아지기 때문으로 생각된다(조 등, 1995; 홍 등, 1996).

토양에 탈립되어 있는 잡초성벼 종자를 제거하려면 재배벼 파종전에 출아시킬수 있어야 한다. 일반적으로 본 시험을 수행한 수원지역의 담수표면직과 적기는 5월 10일 경으로 이 시기 이전에 잡초성벼가 발아할 수 있으려면 발아에 필요한 최

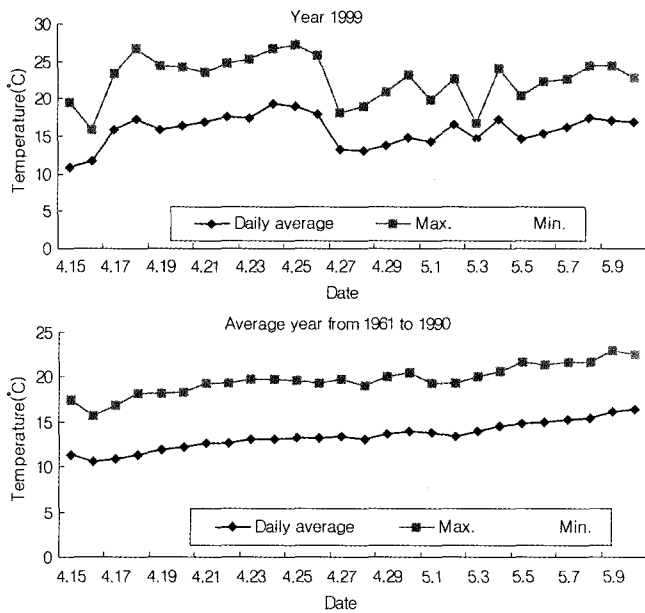


Fig. 3. Time course of temperature (°C) from April 15 to May 10 in 1999 and average for 30 years from 1961 to 1990 in Suwon.

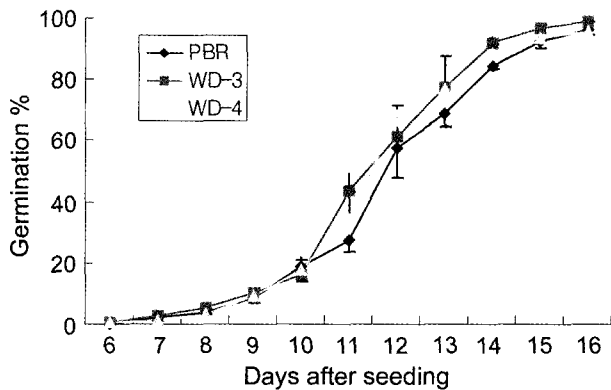


Fig. 4. Time course of the germination of three weedy rice lines under 20/8°C temperature regime representing average high and low temperature from late April to early May (April 15~May 10) in the middle area of Korea.

소한의 온도가 필요하다. 따라서 4월 15일부터 5월 10일까지의 기온 경과를 알아보았다. 시험을 수행한 1999년과 평년(1961년부터 1990년까지 30년 평균)의 평균, 최고, 최저 기온은 Fig. 3과 같다. 이 기간동안의 평년 평균기온은 13.4°C였고 최고기온은 19.7°C, 최저기온은 7.5°C였으며 시험을 수행한 1999년의 평균기온은 15.8°C, 최고기온은 22.7°C, 최저기온은 10.1°C로 평년보다 2~3°C 높은 기온경과를 나타냈다.

수원지역에서 수집된 잡초성비인 PBR, WD-3, WD-4의 발아소요일수를 평년기온인 최고 20°C, 최저 8°C에서 검토하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 침종후 7일부터 발아하기 시작하여 14~15일 후에는 종자의 90%이상 발아되었다. 따라서

Table 1. The control value of weedy rice by paraquat treatment before seeding in no-tillage rice field. Investigation time was 30 days after seeding. Values are mean \pm SD.

Treatments	Emergence (plant/m ²)	Control value (%)
Control	316.7 \pm 88.6	0
Paraquat	24.7 \pm 12.7	92.2 \pm 4.4

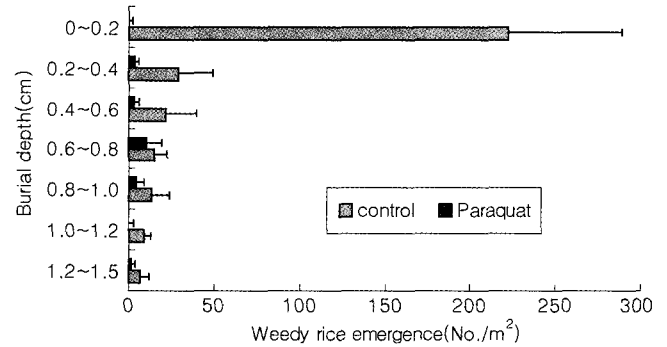


Fig. 5. Comparison of the emergence of weedy rice at different burial depths between control and paraquat treatment plot in no-tillage paddy field. Bars indicates standard deviation.

4월 중순에 관개를 하여 종자가 흡습되도록 하면 5월 초순까지는 포장 표면에 있는 대부분의 종자를 출아시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1은 잡초성비 발생이 심했던 포장을 무경운으로 유지한 후 4월 15일에 관개하여 5월 10일에 비선택성 제초제인 paraquat을 처리하여 방제한 결과이다. 제초제를 처리하지 않은 대조구의 잡초성비 발생량 316.7개/m²에 비하여 제초제 처리구는 24.7개/m²로 92.2%의 방제 효과가 있었다. 따라서 대부분의 잡초성비는 5월 10일 이전에 출아하였고 24.7개/m²의 잡초성비만이 그 이후에 출아했다는 것을 알 수 있다.

비선택성 제초제 처리구와 무처리구에 발생한 잡초성비 종자의 토양내 위치는 Fig. 5와 같다. 무처리구의 잡초성비 발생은 토양 표면(0~0.2 cm 깊이)에서 70% 정도가 발생하였고 나머지 30%가 표토로부터 0.2~1.5 cm 아래의 토양에서 발생하였다. 비선택성 제초제 처리 후에 발생한 잡초성비는 지표로부터 0.6~0.8 cm이하의 토심에 41.9%(10.4개)로 가장 많았고 0.8~1.0 cm에 18.7%(4.7개)였으며 토양 표층부위에는 2.7%(0.7개)로 거의 발생하지 않았다.

즉, 비선택성 제초제에 의해 잡초성비를 방제한 포장에서 발생한 잡초성비종자의 토양 내 위치는 토양표면에서 발생한 잡초성비는 거의 없고 토양속에 묻혀있던 종자였다. 따라서 비선택성 제초제 처리에 의해 토양표면에 존재하는 잡초성비는 모두 방제되었다는 것을 알 수 있다.

무경운 포장에서 토양내에서 발생한 잡초성비는 전전년도에 탈립된 잡초성비가 경운을 통하여 토양내에 유입되어 휴면상태로 있던 것으로 생각된다. 그러므로 무경운 포장을 계속 유

Table 2. The control value of weedy rice by means of paraquat followed by soil-applied herbicides in no-tillage direct seeding.

Treatments	Control value (%)	Control effect by soil applied herbicide (%)	Chemical injury (0~9)
Paraquat [†]	92.2	-	0
Paraquat fb. Molinate [‡]	94.8	33.3 b*	3
Paraquat fb. Thiobencarb	95.5	42.9 ab	3
Paraquat fb. Oxadiazon	96.4	53.3 a	3
Paraquat fb. Dithiopyr	95.2	38.5 ab	1
Paraquat fb. Butachlor	95.3	40.0 ab	1

*Means with the same letter within columns are not significantly different by DMRT, $\alpha=0.05$.

[†]Paraquat treatment : May 10.

[‡]Soil-applied herbicide treatment : May 28.

지할 경우 생산된 잡초성벼 종자의 토양내 유입을 차단할 수 있고, 잡초성벼 종자가 출아될 수 있는 파종심(지중 0~1.5 cm)도 낮기 때문에 토양내에서 발생하는 잡초성벼는 급격히 감소할 것으로 생각된다.

이상에서 검토한 바와 같이 무경운 1년차에 비선택성 제초제 처리 이후에도 토양속의 잡초성벼가 발생하므로, molinate, thiobencarb, oxadiazon, dithiopyr 그리고 butachlor 등 5종류의 토양처리 제초제를 이용하여 후기에 발생하는 잡초성벼 출아를 억제하고자 하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 공시된 토양처리제 중 oxadiazon을 처리한 시험구에서 잡초성벼 출아억제율이 53.3%로 방제효과가 가장 높았으며, molinate가 33.3%로 가장 낮았다. 비선택성인 paraquat과 방제효과가 가장 높았던 oxadiazon 처리에 의해서 96.4%까지 잡초성벼를 방제할 수 있었다.

본 시험결과, 토양표면에 탈립되어 있는 잡초성벼 종자는 4월 중순경의 관개와 5월 상순의 비선택성제초제 처리에 의해 파종 전까지 대부분 방제할 수 있었다. 잡초성벼가 만연된 포장에서 이러한 방제법은 이앙재배 등 여러 재배유형에서 잡초성벼를 경감하는데 적용될 수 있고, 최근에 보급된 무경운 세조파기에 의한 직파에도 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 특히, 무경운 재배 연수가 경과될수록 토양 내에 남아있는 잡초성벼 종자는 고갈될 것이므로 무경운에 의한 잡초성벼의 완전방제는 가능할 것으로 판단된다. 그러나 무경운으로 재배된 벼의 뿌리는 대부분 표토에 분포하고 줄기매몰심도 낮아서 도복의 위험이 크다(조 등, 1995). 따라서 무경운 답수표면산파에 의한 잡초성벼 방제는 도복문제를 해결하기 위한 품종의 육성이나 적절한 재배법의 개발이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

적 요

무경운 답수표면산파재배시 잡초성벼의 발생양상과 비선택성 및 토양처리제를 이용한 잡초성벼 방제 결과는 아래와 같다.

1. 무경운에 의해 토양표면에서 월동한 잡초성벼의 생존율은 92.7%였고 재배벼는 4.3%였다.
2. 토양내의 잡초성벼 발생심도는 건답에서 6.8 cm, 무논에서 3.0 cm, 그리고 무경운답에서 1.5 cm로, 무경운답의 잡초성벼 발생은 건답과 무논에 비하여 토양 표층부위에서 주로 발생하였다.
3. 4월 하순의 우리나라 중부지역 평균기온인 13°C에서 잡초성벼 발아에 소요되는 일수는 14~15일이었다.
4. 무경운상태에서 포장 표면위에 떨어져 있는 잡초성벼의 발아를 유도한 후 비선택성 제초제인 paraquat 처리한 결과 92.2%의 잡초성벼를 방제할 수 있었으며, 토양처리제 중 가장 높은 출아억제율을 보인 제초제는 oxadiazon으로 53.3%의 방제효과가 있었다.
5. Paraquat과 oxadiazon의 체제처리에 의해 96.4%의 잡초성벼를 방제할 수 있었다.

인용문헌

- Azami, M., H. Watanabe and M. Z. Abdullah. 1994. Weeds over several seasons of direct seeded rice Seberang perai, Malaysia, Proceeding of 4th International Conference on Plant Protection in the Topics, 28-31 March 1994, Kuala Lumpur. pp. 221-227.
- Cho, H. J., I. S. Jo, B. K. Hyun and J. S. Shin. 1995. Effect of Different Tillage Practices on Changes of Soil Physical Properties and Growth of Direct Seeding Rice. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 28(4):301-305.
- Chung N. J. 2000. Germination-Photoblastism and Genetic Background of a Korean Weedy Rice. Seoul National University. Ph. D Dissertation.
- Hong, K. P., J. Y. Kim, D. J. Kang, W. K. Shin and Z. R. Choe. 1996. Varietal Differences on Growth Characteristics of Direct-sown Rice under No-tillage Paddy Field. *Korean J. Crop Sci.* 41(5):551-557.
- Kim, J. C. 1989. Physio-Ecological Characteristics of Red Rice (Local Name "Salebyeo", *Oryza sativa* L.) Spontaneously Occurring in Korea and Its Competition with Cultivated Rice (*Oryza sativa* L.). 1. Germination, Morphological and Growing Characteristics and Dry Matter Productive Ability of Red Rice. *RDA. J. Agri.* 31(3): 34-52.
- Kwon, S. L. 1989. Red rice (*Oryza sativa*) interference and management in rice. Dissertation of Ph.D. Univ. of Arkansas.
- Ramarathnam, N., T. Osawa, M. Namiki, and S. Kawakishi. 1989. Chemical studies on novel rice hull antioxidants. II. Identification of isovitexin, a C-glycosyl flavonoid. *J. Agric. Food Chem.* 37(2): 316-319.
- Smith, R. J. Jr. 1989. Economics of weed control in U.S. rice. Proc. Asian-Pacific. *Weed Sci. Soc.* 12(3):39-51.
- Suh, H. K., S. Z. Park, and M. H. Heu. 1992. Collection and Evaluation of Korean Red Rices II. Regional Distribution and Seed Characteristics. *Korean J. Crop Sci.* 37(5):425-430.
- 柳島純雄. 1965. 雜草の立場からみた赤米(トウコン)の越冬と出芽について. *雜草研究* No. 4. pp.67-70.