

벼 최소경운 건답직파재배를 이용한 잡초성벼 방제

성기영^{1*} · 이정태² · 박태선¹ · 조현숙¹ · 서명철¹ · 김미향¹ · 강항원¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터

Control of Weedy Rice Using Minimum Tillage Direct Seeding of Rice on Dry Paddy

Ki-Yeong Seong^{1*}, Jeong-Tae Lee², Tae-Seon Park¹, Hyeon-Suk Cho¹, Myung-Chul Seo¹,
Mi-Hyang Kim¹, and Hang-Won Kang¹

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

²Highland Agriculture Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea

(Received on July 24, 2013; Revised on September 02, 2013; Accepted on September 05, 2013)

ABSTRACT. This study was tried to control the weedy rice using minimum tillage direct seeding of rice on dry paddy. Minimum tillage direct seeding on dry paddy is tilled with 4 cm in width at 27 cm intervals by 1-shaped rotary blade. Using this cultivation method can control weedy rice effectively by minimizing the soil disturbance. In this study, weedy rice was firstly emerged at April 28 in 2012. After 11 days emergence rate of weedy rice at May 9 was 61.9%. At this time rice was sown and then herbicides was treated at 10 and 15 days after sowing. When herbicides was treated at 10 days after sowing the control effect was 89-96%, and when treated at 15 days the control effect was 97-99%. However emergence of weedy rice differ according to the year and year. It was thought to be affected by April average temperature and total precipitation. So, for effective weedy rice control and stable rice yield, it was considered that irrigation at April 15-20 to induce the emergence of weedy rice is required.

Key words: Direct seeding, Dry paddy, Minimum tillage, Rice, Weedy rice

우리 농사는 농가노동력의 고령화, 지구대적 기후변화, 고유가 시대 등 3중고를 겪고 있다. 이런 와중에 2015년 쌀 관세화를 앞두고 쌀 산업에 큰 위기와 기회를 동시에 맞이하는 시점에 와 있다. 그리하여 다시 벼 직파재배의 중요성을 실감하게 된다. 그러나 우리나라 직파재배면적의 보급은 극히 미미한 실정이다.

벼 직파재배면적은 1990년대 초부터 농가에 보급되어 급격히 증가하여 1995년도에 118천 ha(Yoon, 2009)에 이르렀다가, 건답직파재배 시 잡초성벼 발생문제로 면적이 점차 감소하기 시작하여(Im et al., 2004; Kim et al., 2002) 2007년도에는 44천 ha(Yoon, 2009)까지 감소하였다. 최근에는 답수직파재배에서도 잡초성벼가 문제(Son, 2011) 되면서 우리나라 직파재배는 고사직전의 상황에 처하게 되었다.

직파재배답에서 잡초성벼가 주요 문제 잡초로 대두되면

서 방제를 위해 많은 연구가 시도되었다. 하지만 아직도 이앙재배로 전환하는 방법 이외 실용적으로 이렇다 할 만한 방제방법은 없는 실정이다. 잡초성벼는 재배벼와 같은 동일종(*Oryza sativa* L.)이기 때문이다. 품종적으로 가장 쉽게 생각되는 방법이 제초제 저항성 품종을 육성해 내는 방법이다. 그런데 제초제 저항성 형질전환 벼는 안정성 문제가 완전히 해결되지 않았기 때문에 아직 농가에 실용화 되기는 어렵다고 보아야 한다(Chung et al., 1998). 미국의 경우 형질전환 벼 대신 Imazethapyr 제초제 저항성 벼 품종을 선발 육성하여 재배하고 있다(Linscombe, 2010). 하지만 우리나라에서는 이러한 벼 품종을 선발 육성하려는 시도는 하지 않고 있다. 재배적으로는 여러 가지 방법이 있겠지만(Chung et al., 2003; Kim et al., 1999; Ryang et al., 1998; Ma et al., 1999) 논을 무경운 상태로 유지하고 잡초성벼가 거의 다 발생할 시점에 비선택성 제초제를 이용하여 제거하는 방법이 있다. 우리나라에 잡초성벼를 방제하기 위한 연구들 중에서 가장 실용적으로 접근하고 있는 방법이다. 잡초성벼를 방제하기 위한 벼 무경운 재배

*Corresponding author:

Phone) +82-31-290-6786, Fax) +82-31-290-6773

E-mail) seongky@korea.kr

방법은 담수표면산파(Chung et al., 2000; Im et al., 2004)나 건답직파(Kim et al., 2002) 재배를 이야기하고 있다.

무경운 담수표면직파는 종자가 표토위에 뿌러지므로 잡초성벼가 방제된다 할지라도 잡초방제 등 여러 가지 재배관리 문제 때문에 아직 정착되고 있지 않다. 그리고 무경운 건답직파재배는 이론적으로는 실용성이 큰데 농가에 보급될 수 있는 파종기 개발이 아직 여의치 않아 계속 연구가 진행되질 못하고 있는 실정이다.

본 시험에서 잡초성벼 방제에 있어 벼 무경운 건답직파와 거의 비슷한 효과를 볼 수 있는 벼 최소경운직파 재배 기술을 개발하고, 이를 이용하여 잡초성벼 방제를 시도한 결과를 간략히 보고하고자 한다.

건답직파기를 이용한 건답 직파

본 시험은 2011년 국립식량과학원 작물환경과에서 벼 최소경운 건답직파기를 개발한 계기로 실시하게 되었다.

벼 최소경운 건답직파 재배는 동계에 무경운 상태로 유지되어 온 논포장에서 조파간격 27 cm, 경운폭 4 cm로 하여 파종할 곳만 경운하는 벼 건답직파 재배법이다. 벼 최소경운 건답직파 파종기계는 1자날 로타리를 이용하여 최소경운의 파종골을 형성하고 이 파종골에 범씨를 줄뿌림하는 파종기계이다. 이 파종기계로 벼를 파종하면 벼 파종전에 발생한 무경운 부위의 잡초들은 그대로 성장을 진행하는 특징이 있고 85%의 무경운 효과가 있다. 벼 최소경운 건답직파와 비교하기 위해 벼 무경운 건답직파도 동시에 실시하였다. 벼 무경운 건답직파 파종기계는 개발되어 있지 않기 때문에 복토직파기에서 비료골 내는 장치를 개조·이용하여 27 cm 간격으로 무경골을 형성하고 규산질비료로 복토하는 방법으로 파종을 하였다.

2011년 벼 수확후 국립식량과학원 작물환경과 논포장(강서동)과 답작 논포장(신흥동)에 잡초성벼를 손으로 파종하고 논흙으로 2~3 mm 정도 복토하였다. 2012년 벼 품종은 남평벼로 하였고, 건종자 70 kg ha⁻¹을 각 4월 30일과 5월 9일에 파종하였다. 벼 출아전 잡초성벼 방제를 위한 비선택성제초제와 토양처리제초제의 혼합액은 파종후 10일 및 15일에 처리하였다. 비선택성제초제는 glyphosate 2050 g a.i. ha⁻¹를 처리하였고, 토양처리제초제는 butachlor 1764 g a.i. ha⁻¹를 처리하였다. 물량은 1.5 ton ha⁻¹으로 하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 조사는 잡초성벼 입모수를 이용하여 방제가를 조사하였다.

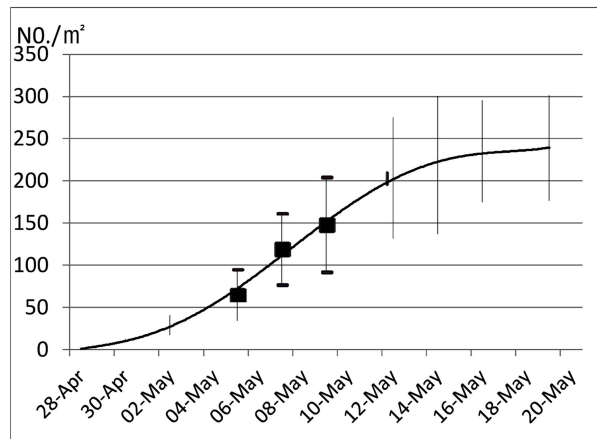


Fig. 1. Weedy rice emergence from April 28 to May 19 on 2003 in Suwon, Korea. Bars indicate standard deviation.

이 시험에 대한 설명을 보완하기 위해 2003년 국립식량과학원 답작 논포장(신흥동)에서 조사하고 미 발표되었던 시기별 잡초성벼 발생 자료를 이용하였으며, 또한 잡초성벼 최초 발생시기를 조사하였던 2003년, 2005년, 2006년, 2012년 2013년의 미발표 자료를 기상자료와 함께 정리하여 이 시험의 내용 설명을 보완하였다.

잡초성 벼 발생

Fig. 1은 2003년 국립식량과학원 답작 논포장에서 조사한 자료이다. Fig. 1를 보면 전형적인 성장곡선을 그리고 있다. 이 그림에서 잡초성벼는 수원 기준으로 4월 28일경에 발생을 시작하여 5월 20일경에 거의 다 발생하였다.

Table 1은 Fig. 1이 그려진 원본자료를 이용하고 5월 19일 최다 발생한 것으로 생각하고 이 때를 기준으로 하여 잡초성벼 발생 비율을 표시하였다. 이를 보면 잡초성벼는 발생후 4일정도가 되면 10%선을 넘어가고 발생후 9일정도가 되면 50% 발생이 되며 발생후 21일이 되면 거의 다 발생하는 양상을 보이고 있었다.

벼 최소경운 건답직파재배에서 경운하지 않은 부위의 잡초성벼는 그대로 성장을 계속하므로 잡초성벼 발생 중에 파종을 할 수 있다는 장점이 있다. 벼 최소경운 건답직파 시 범씨를 건조상태에서 5월 초에 파종을 하면 대체로 파종 후 13일경에 벼가 출아를 한다고 생각할 때, Table 1의 자료에서 판단해 보면 잡초성벼가 4월 28일 발생하고 9일정도 경과한 5월 7일경 잡초성벼가 50%정도 발생하는

Table 1. Emergence rate of weedy rice from April 28 to May 19 on 2003 in Suwon, Korea.

contents	Apr. 28	Apr. 30	May 2	May 5	May 7	May 9	May 12	May 14	May 16	May 19
Days after first emergence	0	2	4	7	9	11	14	16	18	21
emergence rate (%)	0.0	4.4	12.0	27.1	50.2	61.9	84.9	91.6	98.3	100

Table 2. Control of weedy rice by treatment of herbicides glyphosate and butachlor mixture^a just before rice emergence on 2012.

Seeding date	Herbicide treatment date	Cultivation method	No. ^b of weedy rice (m ⁻²)		Efficacy of weeding (%)	
			Clay loam soil	Sandy loam soil	Clay loam soil	Sandy loam soil
April 30	May 10	Minimum tillage	18	14	83cd ^c	86cd
		No tillage	20	19	80d	82d
	May 15	Minimum tillage	15	9	85bcd	91bc
		No tillage	11	11	89bc	89c
May 9	May 19	Minimum tillage	11	5	89bc	95ab
		No tillage	9	4	91b	96ab
	May 24	Minimum tillage	1	1	99a	99a
		No tillage	2	3	98a	97ab
April 30	Untreatment	Minimum tillage	103	103	-	-
		No tillage	101	104	-	-

^aGlyphosate 5 L ha⁻¹ + butachlor 3 L ha⁻¹^bSurveyed at June 11^cThe same letters on a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

때에 벼를 파종하면 잡초성벼를 효율적으로 방제할 수 있을 것으로 판단되었다.

잡초성 벼 방제

Table 2와 3은 앞의 Fig. 1을 바탕으로 실제 시험포장에서 파종시기와 제초제 처리시기를 달리하여 얻은 결과이다.

Table 2에서 보는 바와 같이 2011년 4월 30일에 파종할 경우에 제초제 처리시기가 5월 10일과 15일인데 이 때는 아직 발생하지 않은 잡초성벼가 많이 존재하므로 신흥통에서 80~89%, 강서통에서 82~91%의 방제가로 효과적인 잡초성벼 방제를 할 수 없었다. 하지만 5월 9일에 파종할

경우에는 제초제 처리시기인 5월 19일과 5월 24일에는 잡초성벼가 이미 거의 발생을 다한 상황이므로 잡초성벼 방제효과가 신흥통에서 89~99%, 강서통에서 95~99%로 아주 높았다. 이로써 벼 최소경운 건답직파 재배를 이용하면 실용적으로 잡초성벼 방제가 가능하다고 판단되었다.

Table 3은 벼 입모수와 쌀 수량을 표시한 성적이다. 식양질인 신흥통 논토양에서 5월 9일 파종을 하고 5월 24일 제초제를 처리한 곳에서 수량이 다소 떨어지는 경향이 었다. 벼가 제초제 피해를 받아서 이삭수 확보에 차질이 생긴 것으로 판단되었다. 늦게 파종을 할 경우 벼 출아기간이 당겨지므로 파종후 15일보다는 더 빨리 처리하여야

Table 3. Panicle number and yield of milled rice in minimum and no Tillage direct seeding of rice on dry paddy field on 2012.

Seeding date	Herbicide ^a treatment date	Cultivation method	No. of panicle (m ⁻²)		Yield of milled rice (kg 10a ⁻¹)	
			Clay loam soil	Sandy loam soil	Clay loam soil	Sandy loam soil
April 30	May 10	Minimum tillage	391	323	541a ^b	407a
		No tillage	356	322	524ab	424a
	May 15	Minimum tillage	370	322	530ab	423a
		No tillage	330	325	523ab	419a
May 9	May 19	Minimum tillage	358	319	540a	396ab
		No tillage	337	311	515ab	408a
	May 24	Minimum tillage	320	306	439c	371ab
		No tillage	310	293	428c	384ab
April 30	Untreatment	Minimum tillage	330	298	526ab	343b
		No tillage	328	288	513b	367ab

^a Glyphosate 5 L ha⁻¹ + butachlor 3 L ha⁻¹^b The same letters on a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 4. Emergence of weedy rice and april average temperature and precipitation.

Year	April average temperature (°C)	April total precipitation (mm)	First emergence date	Precipitation before emergence of weedy rice
2003	12.4	182.0	April 28	Apr. 18-20 55 mm, Apr. 22-23 15.5 mm, Apr. 25 27 mm
2005	12.6	85.6	May 2	Apr. 18-20 21.5 mm
2006	11.3	59.9	May 8	Apr. 19-20 17 mm, May 5-6 62 mm
2012	12.1	125.5	April 28	Apr. 21-22 41 mm, Apr. 25-26 16.5 mm
2013	9.7	69.5	May 10	Apr. 20 13 mm, Apr. 23-25 14.5 mm, Apr. 29 18.5 mm

적정 이삭수를 확보하고 쌀수량도 떨어지지 않을 것으로 생각되었다.

그런데 잡초성벼는 기후조건에 따라 발생정도가 심한 차이를 보이기 때문에 완전방제가 곤란하다. Table 4는 수원지역에서 잡초성벼 발생 시작시기를 조사한 해의 4월 평균기온과 강수량에 관한 자료이다. 이를 보면 매해 본 시험에서처럼 잡초성벼 발생에 차이가 있었다. 2005년의 경우 5월 2일에 발생을 시작하였는데, 이때의 4월 평균기온은 2003년이나 2012년과 비슷하였으나 강수량이 적어 잡초성벼 발생이 늦어진 것으로 보인다. 이러한 해에는 파종기를 5월 중순으로 미루면 잡초성벼를 실용적으로 방제할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 2006년이나 2013년의 경우는 각각 5월 8일과 5월 10일에 첫 발생을 시작하였는데 이러한 해에는 5월 19일경에 파종을 하여야 실용적으로 잡초성벼 방제를 할 수 있으나 이럴 경우는 파종이 늦어짐에 따라 벼 수량이 감소될 수 있다.

본 시험을 수행한 같은 국립식량과학원의 논에서 1999년도에 시험하였던 Chung et al. (2000)의 연구보고에 의하면 4월 15일에 관개하여 3일간 담수상태로 유지하여 잡초성벼가 발생하도록 유도한 결과, 4월 21일에 발생을 시작하여 5월 10일에 거의 발생을 완료하였다고 하였다. 1999년도는 4월 평균기온이 12.8°C이고 강수량은 73.6 mm이었다. Table 4와 비교를 해 보면 2005년과 비슷한 결과를 얻었다. 만약 자연상태로 두었다면 5월 초에나 발생을 시작할 상황이었다고 본다면 4월 15일경에 관개를 한 사실이 잡초성벼 발생에 크게 영향을 주었다고 판단되었다. 같은 해 1999년 경기도농업기술원에서 시험(Han et al., 1999)한 자료를 보면 5월 10일 담수직파구에 파종 전 20일 즉 4월 20일에 담수한 결과 5월 10일 파종직전 잡초성벼 발아율이 50.7%에 이르고 72%의 방제효과를 얻었다. 즉 4월 20일경 관개효과도 잡초성벼 출아에 크게 작용했다는 결론이다. 그리고 Im et al. (2004)은 2002년도에 무경운 논에 4월 6일에 담수하여 잡초성벼 발생을 촉진시킨 뒤 5월 6일 glyphosate를 처리하면 91.4%의 방제효과를 얻었다고 하였다.

그리고 Kwon et al. (1996)이 1995년에 시험한 자료에 의하면 계통 및 처리에 따라 약간씩 다르지만 전체 가을에 파종된 잡초성벼는 사질식양토에서는 5월 1일에서 5월 6일 사이에, 양토에서는 5월 6일에서 5월 10일 사이에 첫 발생을 하였다. 이 해 4월 평균기온은 10.7°C이었고 강수량은 33.7 mm이었다. Table 4의 2006년과 2013년과 비교에서 잡초성벼 발생이 양토에서는 비슷하지만 일반적으로 토양수분 보유력이 양토보다 높은 사질식양토에서 약간 빨리 발생하며, 1995년 4월 20일에서 23일 사이에 강수량이 30.7 mm로 4월의 전 강우가 이 때 집중된 것이 사질식양토의 잡초성벼 발생에 영향을 미쳤다고 생각한다면 4월의 온도와 강수량이 잡초성벼 발생에 영향을 주었다고 이야기할 수 있다.

결론적으로 4월 기온과 강수량이 잡초성벼 발생에 불리한 상황이 될 때에는 4월 15~20일경 임의로 관개를 하여 잡초성벼 출아를 촉진시키고 벼 최소경운 건담직파재배를 이용하면 효율적인 잡초성벼 방제가 이루어지리라 기대한다.

요 약

본 연구는 벼 최소경운 건담직파재배기술을 이용하여 논 잡초성벼 방제를 시도하기 위하여 2011년에 수행되었다. 벼 최소경운 건담직파재배는 1자형 로타리날을 이용하여 무경운 상태의 논에서 조파 27 cm간격으로 폭 4 cm의 파종골을 내어 파종하는 벼 건담직파재배 기술이다. 이 재배 기술은 파종 작업시 경운을 최소화하기 때문에 잡초성벼 방제가 가능하다. 2012년의 경우 4월 28일 잡초성벼가 발생을 시작하였고 5월 9일경 잡초성벼 발생 비율이 61.9%이었다. 이때 파종을 하고 파종후 10일 제초제를 처리하면 89~96%, 파종후 15일에 처리하면 97~99%의 잡초성벼를 방제할 수 있었다. 하지만 해에 따라 잡초성벼 발생은 4월 중 기온과 강수량에 영향을 받아 달라질 수 있다. 따라서 잡초성벼를 효과적으로 방제하면서 안정적인 쌀 수량을 확보하기 위해서는 4월 15~20일경 관개하여 잡초성벼 발생을 유도하여 적정파종시기가 당겨지는 방법이 좋을 것으

로 판단되었다.

주요어: 건답, 직파, 최소경운, 벼, 잡초성벼

References

- Chung, N.J., Kang, Y.S., Park, J.H. and Lee, M.H. 1998. Recent techniques for weedy rice control in USA. Korean J. Intl. Agri. 10(4):8-12. (In Korean)
- Chung, N.J., Kim, J.H., Kang, Y.S. and Kim, J.K. 2003. Weedy rice control by maleic hydrazide(MH) II. Effects of MH application on weedy rice control and germination frequency of cultivated rice in direct-seeded dry paddy field. Korean J. Weed Sci. 23(1):48-53. (In Korean)
- Chung, N.J., Yoon, Y.H., Kim, C.K. and Kang, Y.S. 2000. Weedy rice control by no-tillage direct seeding on flooded paddy field. Korean J. Crop Sci. 45(3):195-198. (In Korean)
- Han, S.U., Park, J.S. and Rho, Y.D. 1999. The establishment of emergence inhibition technique for effective weedy rice control. Reserch Report 1999. Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung, Korea. (In Korean)
- Im, I.B., Kang, J.K. and Kim, S. 2004. Physio-ecological characteristics and control of weedy rice in the rice paddy. Korean J. Weed Sci. 24(1):56-63. (In Korean)
- Kim, J.S., Cho, H.C. and Ma, S.Y. 1999. Control of red rice and barnyardgrass with oxadiazon, molinate and thiobencarb preseeding soil-incorporated in dry-seeded rice. Korean J. Weed Sci. 19(4):313-319. (In Korean)
- Kim, S.Y., Moon, B.C., Park, S.T., Shin, S.O., Yang, S.J., et al. 2002. Control of water foxtail(*Aleopecurus aequalis* var. *amurensis* Ohwi.) and weedy rice(*Oryza sativa* L.) by paraquat and glyphosate in no-tillage dry seeded rice. Korean J. Weed Sci. 22(4):343-349. (In Korean)
- Kwon, Y.W., Lee, B.W. and Kim D.S. 1996. Seedling-emergence of rice, weedy rice, and *Echinochloa* species sown before wintering and in the early spring. Korean J. Weed Sci. 16(2):88-99. (In Korean)
- Linscombe, S. 2010. Clearfield technology clears out red rice. Rice Today october-december 2010. pp. 44-45.
- Ma, S.Y., Kim, J.S. and Ryang, H.S. 1999. Allelopathic effect of barley to red rice and barnyardgrass. Korean J. Weed Sci. 19(3):228-235. (In Korean)
- Ryang, H.S., Kim, J.K., Kyoung, E.S., Kim, J.S. and Ma, S.Y. 1998. Establishment of control system of weedy rice(*Oryza sativa*) and barnyardgrass(*Echinochloa crus-galli*) in direct-seeded rice. Korean J. Weed Sci. 18(2):106-115. (In Korean)
- Son, J.Y. 2011. Research for cultural and physiological characteristics in direct seeding on flooded paddy field. Reserch Report 2011. National Institute of Crop Science, Suwon, Korea. (In Korean)
- Yoon, Y.H. 2009. The study of weedy rice emergence in direct seeding on flooded paddy field. Reserch Report 2009. National Institute of Crop Science, Suwon, Korea. (In Korean)