

보리를 이용한 벼 건답직파논에서의 잡초억제 효과

황재복^{1*}, 박성태¹, 송석보¹, 정기열¹, 이용환², 남민희¹

Weed Control by Suppression Ability of Barley as Cover Crop in Dry Direct Seeded Rice Fields

Jae-Bok Hwang^{1*}, Sung-Tae Park¹, Seok-Bo Song¹, Ki-Yeoul Jung¹
Yong-Hwan Lee² and Min-Hee Nam¹

ABSTRACT This environment-friendly study was conducted to investigate the effects of winter barley as cover crop on the suppression of weeds and on the growth of dry direct seeded rice. The present study clarified the effects of winter barley as a cover crop on the weed vegetation, expressed as a multiplied ratio. In cultivation quality of rice, seedling stand was ranged from 104~112 m⁻². And, seeding stand of barley was the highest seedling stand 634 unit per m² in April 10 as compared to the other seeding dates. Furthermore, the dry weight of barley seeded in April 10 was heaviest at 146g m⁻². Rice yield was in 401kg 10a⁻¹ in the April 10, and 517kg 10a⁻¹ in the April 30, because of increased weeds caused by a low weed control. Effects of barley cover crop at same seeding with rice was ranged from 77~87% of control. The economic effect of barley as cover crop was analyzed to be increased by low herbicide using, despite of the slight decrease in rice yield during the period.

Key words: allelopathy; barley; cover crop; direct seeding; rice; weed.

서 언

친환경 농업이 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산을 지속가능하게 하는 농업형태로서 생태계의 물질순환 시스템을 활용한 고도의 농업기술로 농자재

의 투입재의 사용을 최대한 줄이고 자원의 재활용을 가능케 하여 지역자원과 환경을 보전하면서 생산성과 수익성을 확보하고 안전한 식품을 생산하는 농업의 형태라고 할 수 있다(천상욱 2007). 잡초를 관리하는 방법에는 예방하는 방법과 방제

¹ 국립식량과학원 기능성작물부, 627-803 경남 밀양시 내이동 1085번지(Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA., Miryang 627-803, Korea).

² 국립식량과학원, 441-857 경기도 수원시 권선구 수인로 151번지(National Institute of Crop Science, RDA., Suwon 441-857, Korea).

* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-55-350-1253, Fax) +82-55-352-3059, E-mail) hjb0451@rda.go.kr

(Received March 29, 2010; Examined June 1, 2010; Accepted June 16, 2010)

필요기간 내에 잡초를 방제하는 방법의 두 가지가 있으며, 두 가지 방법을 통합하는 방법으로써 작부체계의 도입은 상호 경쟁관계에 있는 작물을 재배함으로써 잡초를 방제하는 것을 예방의 방법이라고 평가하고 있다(Rasmussen 등 2004). 식물 allelochemicals는 토양에서 식물 잔여물의 앞에서 배출되는 침출(leaching), 뿌리에서 배출되는 삼출(exudation), 휘발성 물질로 방출되는 휘산(volatilization), 잔사(litter)의 4 과정으로 식물체로부터 환경으로 방출되는 2차 대사물질로 알려져 있다(Khanh 등 2006). 자연계에는 식물이 자라면서 화학물질을 방출하여 다른 식물의 성장을 억제하거나 식물이 죽은 후 잔존 식물체가 지면 또는 지중에서 분해되면서 방출되는 화학물질이 다른 식물의 성장을 억제하는 경우도 있다. 화곡류는 여러 종류의 페놀류 등을 분비하여 식물생장을 억제하는데 이 화합물들의 농도와 농도지속 기간에 따라 잡초의 생장억제가 달라지며, 잡초방제 효과면에서 피복의 효과로서 광을 어느 정도 차단하고, 토양수분을 보존하며, 페놀류 화합물이 방출되어 잡초의 발생을 경감시킨다고 알려져 있다. 이러한 천연 화합물은 합성농약보다도 친환경적이라고 하며(Duke 등 2000), 무제초제 또는 저투입 재배 기술을 위한 잡초관리에서는 예방 등 효과적인 방법 등을 통합되어야 한다고 하였다(Hansen 등 2007).

타감작용을 일으키는 물질은 주로 phenolic compound로 알려져 있고, 그 외에 tannin, alkaloid compounds 등이 보고되고 있다(藤井 2003). 자연계에는 수많은 식물중에 맥류인 호밀, 보리, 밀, 수수에 이러한 타감작용 물질이 많이 함유되어 있다고 알려져 있다. 동일 포장에서 두 작물 또는 그 이상의 작물이 동시에 생육하는 혼합 재배는 잡초를 억제하는 중요한 방제방법(Sauke와 Ackermann 2006)으로 작물 친환경 경재배에 있어서 녹비작물과 피복작물 등을 이용한 화학비료 절감 및 잡초관리 연구가 활발히 진행되고 있다. 보리의 생체추출물은 잡초의 발아 및 뿌리와 초기생육을 억제되며 그 억제정도는 잡초의 종류, 농도에 따라 반응에 차이를 보인다고 하였다. 또 생체추출물의 농도가 증가함에 따라 잡초발아 및 뿌리와 줄기 생육을 억제하는 정도가 크게 나타난다고 하였다(유

와 정 1997). 또한 보리의 종자와 뿌리에서 방출되는 타감작용 물질은 별꽃(*Stellaria media* L.)과 냉이(*Capsella bursa-pastoris* L.)의 출아와 성장을 억제시키며, 이러한 물질은 살아있는 뿌리에서 방출되는 것이 더 억제된다고 하였다(Overland 1966). 피복작물에 의해 토양표면을 차광하여 토양의 온도를 낮추어 잡초 출아를 억제하며, 또 물리적 장애를 받아 경감한다는 연구가 있으나(서 등 2008), 생육 중 보리를 활용한 벼 건답직파에서의 잡초관리 기술은 연구된 바가 없다. 본 시험은 보리를 벼와 동시에 파종하여 잡초의 발생을 경감하는 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

시험에 사용된 품종으로 큰알보리 20kg 10a⁻¹을 포장 전면에 산파한 후 삼덕벼를 6kg 10a⁻¹로 2004년 3월 20일, 4월 10일, 그리고 4월 30일에 각각 요철골 건답직파하였다. 관개시기는 벼의 생육을 위해 간단 관개를 1~2회 실시하고, 피복용 보리가 토양전면에 피복된 5월 3일, 5월 10일, 그리고 5월 27일에 각각 완전관개를 하고, 이후는 관행직파재배와 같이 관리를 하였다(박 2007). 시비량은 ha당 질소 77kg, 인산 45kg, 칼리 57kg으로 하여 질소는 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 분시하였고, 인산은 전량 기비로 사용하였으며 전체적으로 질소는 관행대비 30% 감비하였다.

생육중 보리를 이용한 처리구에서는 무제초제를 한 구와 제초제를 1회 pyriminobac-metyl+pyrazosulfuron-ethyl+carfentrazone-ethyl을 담수 후 3일에 토양처리하였고, 관행구에서는 담수 후 3일과 20일에 pyriminobac-metyl+pyrazosulfuron-ethyl+carfentrazone-ethyl과 cyhalofop-butyl+bentazone를 각각 체계 처리하기 위해 토양 및 경엽처리하였다. 잡초조사는 5월 28일과 6월 25일에 50×50cm quadrat으로 3반복 채취하여 발생한 잡초의 초종별 본수를 조사하고, 그 시료를 건조기에서 70℃로 48시간 건조시킨 후 계량하여 m²당으로 환산하였다. 벼 생육, 수량 및 수량구성 요소 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준

Table 1. Days to seedling emergence, seedling stand, plant height and degree soil cover by barley.

Seeding date	Seedling emergence (day)	Seedling stand (no. m ⁻²)	Plant height (cm)	Dry weight (g m ⁻²)	Covering degree (%)
Mar. 20	13	520	22	131	90
Apr. 10	8	634	23	146	90
Apr. 30	6	395	16	68	70

* irrigation time : May 3, May 10, and May 27.

에 준하였다(농촌진흥청 2003). 토양은 시험전 토양과 시험후 토양을 채취하였으며 쌀 품위 조사는 자동 판정기(RN-600)를 이용해 디지털 영상분석기법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

보리와 벼 동시파종이 보리의 생육에 미치는 영향

보리와 벼의 동시 직파시 파종시기별 보리의 출아 소요일수, 입모수 및 초기생육을 조사한 결과(표 1), 출아소요일수는 3월 20일 파종에서는 13일, 4월 10일은 8일, 4월 30일은 6일 소요되어 파종시기가 늦을수록 소요일수가 단축되었다. 3월 20일과 4월 10일 파종구에서 보리 20kg 파종시 입모수는 m²당 각각 520개, 634개이었고, 담수시 건물중은 각각 131g,

146g으로 90% 피복되었다. 4월 30일 파종구에는 m²당 395개 이었고, 담수시 건물중이 68g으로 70% 피복되었다. 콩 재배에 있어서 파종 후 50일에 잡초발생의 억제를 위해 보리의 생육량은 건물중으로 m²당 150g정도라고 한 것처럼 피복작물의 생육량 확보로 재배안전성이 중요한 것으로 사료된다(小林 2009).

보리와 벼의 동시 파종이 벼 생육과 수량에 미치는 영향

보리와 벼의 동시 직파시 파종시기별 벼의 입모수와 초기생육을 보면(표 2), 벼 입모수는 m²당 104~112개로 건답직파 적정입모수 90~130개 확보에 큰 문제는 없었다. 초기 벼 생육은 초장이 3월 20일 파종에서는 38.3~39.4cm, 4월 10일 파종에서는 38.7~40.0cm, 4월 30일 파종에서는 33.4~34.8cm이었다. 경수는 4월 10일과 4월 30일 파종하였을 때 m²당 313~353본으로 경수가 확보되었으나 파종시기가

Table 2. Days to seedling emergence, seedling stand, plant height and number of tillers of rice as affected by seeding time.

Seeding date	Treatment	Seedling emergence (day)	Seedling stand (no. m ⁻²)	Plant height (cm)	No. of tiller (no. m ⁻²)
Mar. 20	Barley	31	108	39.4	273
	Herbicide ¹⁾	31	104	38.3	252
Apr. 10	Barley	20	112	38.7	313
	Herbicide	20	104	40.0	353
Apr. 30	Barley	16	105	34.8	323
	Herbicide	16	109	33.4	335
Control ²⁾		20	91	46.1	400

¹⁾pyriminobac-metyl+pyrazosulfuron-ethyl+carfentrazone-ethyl.

²⁾pyriminobac-metyl+pyrazosulfuron-ethyl+carfentrazone-ethyl fb. cyhalofop-butyl+bentazone.

Table 3. Days to seedling emergence, seedling stand, plant height and number of tiller of rice as affected by seeding time.

Seeding date	Treatment	Heading date	Culm length (cm)	Percent ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Yield (kg 10a ⁻¹)
Mar. 20	Barley	Aug. 8	57.5	87.9	25.3	397(76)
	Herbicide	Aug. 8	55.7	87.2	24.8	408(78)
Apr. 10	Barley	Aug. 6	59.1	89.6	25.8	401(77)
	Herbicide	Aug. 6	59.1	89.2	25.8	478(91)
Apr. 30	Barley	Aug. 10	64.2	88.9	25.4	494(94)
	Herbicide	Aug. 10	61.9	89.6	25.3	517(99)
Control		Aug. 4	66.2	85.7	24.7	523(100)

빠른 3월 20일 경수는 m²당 252~273본으로 감소하였다. 관행 제초제 처리구는 입모수가 m²당 91개, 경수는 400본이었다.

보리와 벼의 동시직파시 파종시기별 제초제 무처리구에서 쌀 수량을 보면(표 3), 3월 20일 조기에 파종하였을 때의 쌀 수량은 397kg 10a⁻¹(관행지수 76%), 4월 10일 파종에서는 401kg 10a⁻¹(77%)이었으며, 4월 30일 파종에서는 494 kg10a⁻¹(94%)이었다. 한편 제초제 1회 처리구에서는 3월 20일 파종에서는 408kg 10a⁻¹(78%), 4월 10일 파종에서는 478kg 10a⁻¹(91%), 그리

고 4월 30일 파종에서는 517kg 10a⁻¹(99%)이었다. 관행에서는 523kg 10a⁻¹으로 나타나 질소시비량을 30% 감비한 조건에서 쌀 수량을 4월 30일에 비교하여 보면, 관행대비 무제초제가 94%, 제초제 1회 처리가 99%이었다. 임 등(2005)은 작물부산물, 즉 벃짚은 차광에 의하여 75%, 억제물질에 의하여 5%정도의 잡초발생 억제효과가 있으며, 화분과 잡초는 88%, 광엽잡초는 44%정도 억제효과가 있어 잡초종에 따라 그 효과에 차이가 있다고 하였다. 벼 직파재배에서 재배양식별 10a당 쌀 수량은 휴림건답직파가 502kg

Table 4. Weed dry weight and degree of weed control as affected by seeding date and survey time of barley cover crop.

Seeding date	Treatment	Survey time					
		May 28			Jun. 25		
		Number of weed (plant m ⁻²)	Dry weight (g m ⁻²)	Weed control (%)	Number of weed (plant m ⁻²)	Dry weight (g m ⁻²)	Weed control (%)
Mar. 20	Barley	15	0.4	97	40	15.3	65
	Herbicide	11	0.5	97	24	6.9	845
Apr. 10	Barley	24	1.4	91	32	10.1	757
	Herbicide	24	1.1	92	25	5.7	87
Apr. 30	Barley	2	0.6	96	28	8.9	79
	Herbicide	1	0.3	98	10	6.7	85
Control		9	1.1	92	5	1.6	96
No weed control		150	15.0	-	196	43.4	-

Table 5. Chemical properties of surface soil as affected by barley cover crop in dry direct seeded rice.

Seeding date	pH (1 : 5)	EC (1 : 5)	O.M. (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol+kg ⁻¹)				
					K	Ca	Mg	Na	
Before experiment	4.8	0.3	2.7	263	0.3	3.8	0.9	0.1	
After experiment	Mar. 20	5.7	0.5	2.8	226	0.4	4.5	0.9	0.3
	Apr. 10	5.5	0.3	2.4	189	0.4	3.2	0.6	0.3
	Apr. 30	5.5	0.4	2.4	191	0.3	4.4	0.9	0.3

10⁻¹a, 요철골 건답직파가 490kg 10a⁻¹, 담수표면 산파가 453kg 10a⁻¹ 순이었으며, 기계이앙보다는 직파 재배에서 4~6% 감소된 경향을 보인다(황 등 2004)는 보고와 유사한 경향을 보였다.

보리와 벼의 동시파종에 의한 잡초방제

보리와 벼의 동시직파시 파종시기별 잡초방제가를 보면(표 4), 파종시기가 빠를수록 잡초의 발생량이 증가하였다. 조사시기가 5월 28일 경우, 보리피복만으로도 모든 처리구에서 91% 이상으로 높았으나, 6월 25일 조사에는 파종시기가 빠를수록 사마귀풀 등 특정 초종의 발생량이 증가하여 방제가 현저히 낮아졌다. 보리와 벼의 동시직파시 벼 재배기간 중 잡초의 발생에 따라 경엽처리제를 1회 살포하여 잡초를 방제하면 85% 이상이며, 수량도 91% 이상으로 벼 건답 직파에서 잡초의 발생량을 경감할 수 있을 것으로 판단되었다.

그러므로 보리와 벼의 동시직파시 적정 파종시기는 4월 10일부터 4월 30일이었다. 관행직파 대비 질소를 30% 감비하고, 제초제 사용횟수도 줄일 수 있어서 오리와 왕우렁이 등과 같은 생물자원 이용과 쌀겨, 중경제초기, 그리고 종이멸칭과 같은 유기자원 및 기계적 논잡초 방제와 같이 새로운 친환경 잡초방제 기술로 판단되었다(박 2007).

보리와 벼의 동시파종이 토양의 특성 및 미질에 미치는 영향

보리동시 벼 직파시 파종시기별 토양의 특성 변화를 보면(표 5), 토양산도가 시험전 토양에서는 4.8, 시험 후 5.5로 약간 증가하였고 유기물도 시험전에는 2.7%이었으나 시험 후에는 2.4~2.8%로 변화폭이 낮았으나, 인산은 감소하는 경향이였다. 보리동시 벼 직파시 파종시기별 현미 품위를 보면(표 6), 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으나, 4월 30일 파종하였을 때는 완

Table 6. Grain quality of brown rice as affected by barley cover crop in dry direct seeded rice.

Seeding date	Treatment	Perfect grain	Greenkerneled	Immature opaque	Damaged	Cracked
Mar. 20	Barley	57.0	23.2	15.8	2.6	1.4
	Herbicide	62.9	20.4	12.7	2.7	1.4
Apr. 10	Barley	48.3	26.6	20.1	3.3	1.8
	Herbicide	48.4	24.6	21.4	2.6	3.1
Apr. 30	Barley	64.9	20.1	12.5	2.0	0.6
	Herbicide	65.8	19.7	11.0	2.8	0.9
Control		64.7	20.8	8.0	6.1	0.4

전미 비율이 보리피복구에서는 64.9%, 보리피복구 제초제 1회처리구에서는 65.8%로 관행 64.7%에 비해 공히 높았다. 이은 벼 재배양식별 현미품위로 정상립 비율에 있어서는 기계이앙 83.8%, 건답직파 82.6%, 담수직파 80.4% 순이었고, 동할미는 기계이앙에 비하여 건답직파는 비슷하였으나 담수직파에서는 낮은 반면 청미비율은 건답직파와 5.7%, 기계이앙 6.3%, 담수직파와 11.4%로 담수직파에서 다소 높았으며, 피해립과 사미는 재배양식간 큰 차이를 보이지 않은 경향이라는 보고(황 등 2004)와 유사하였다.

요 약

벼 건답직파 논에서 보리를 산파한 후 벼를 요철골 건답직파를 하여 파종시기별 피복작물에 따른 잡초 발생량 및 벼의 생육 및 수량을 살펴 본 결과, 벼의 입모수는 m^2 당 104~112개로 건답직파 적정입모수 90~130개 확보에 큰 문제는 없었다. 보리의 입모수는 4월 10일 m^2 당 634개 이었고, 담수시 건물중이 146g으로 90% 피복되었다. 쌀 수량은 4월 10일 보리를 이용한 파종구에서 $401kg\ 10a^{-1}$, 4월 30일 보리와 제초제 1회 파종구에서는 $517kg\ 10a^{-1}$ 로 관행대비 77~99%이었으며, 잡초방제가는 77~87%이었다.

인 용 문 헌

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준. pp. 271-290.

박성태. 2007. 제초제 대체 친환경 쌀생산 기술. 농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소. pp. 77-81.

서종호, 이재은, 조영순, 이충근, 윤영환, 권영업, 구자환. 2008. 호밀 피복작물 및 보전경운체계가 잡초발생과 콩 입모율에 미치는 영향. 한국잡초학회지 28(4):383-390.

유창연, 정일민. 1997. 보리, 수수의 식물체 추출물이 잡초의 발아와 초기생육에 미치는 영향. 한국환경농학회지 16(1):67-71.

임일빈, 김재덕, 이상복, 강종국, 김선, 김병수. 2005. 친환경 고품질 쌀생산 기술대 책. 농촌진흥청 호남농업연구소. pp. 91-124.

천상욱. 식물추출물 이용 친환경적 작물보호전략. 2007. 농촌진흥청 영남농업연구소 심포지엄. pp. 3-33.

황동용, 김덕수, 이점식, 안종용, 홍연규, 이희우, 권오경, 김정일. 2004. 재배방법별 고품질 쌀생산 기술 개발. 농촌진흥청 영남농업연구소 시험연구 보고서. pp. 174-189.

Duke S. O., Dyyan F. E., Romagni J. G., and Rimando A. M. 2000. Natural products as sources of herbicides : current status and future trends. Weed Research 40:99-111.

Hansen P. K., Rasmussen I. A., Holst N., and Andreasen C. 2007. Tolerance of four spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties to weed harrowing. European Weed Research Society Weed Research. 47:241-251.

Khanh T. D., Chung I. M., Tawata S., and Xuan T. D. 2006. Weed suppression by *Passiflora edulis* and its potential allelochemicals. Weed Research 46:296-303.

Overland L. 1966. The role of allelopathic substances in the "smother crop" barley. American Journal of Botany 16(5):423-432.

Rasmussen. J., Kurtzmann J. I., and Jensen A. 2004. Tolerance of competitive spring barley cultivars to weed harrowing. Weed Research 44:446-452.

Saucke H., and K. Ackermann. 2006. Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). Weed Research 46:453-461.

藤井 義晴. 2003. アレロパシー研究の軌跡. 第2巻. 農林水産省 農業環境技術研究所. pp. 610-617.

小林 浩幸. 2009. 麥類を用いたリビングマルチ大豆栽培の抑草メカニズムと抑草のための麥類の適正生育量. 東北農業研究センター研究成果ダイジェスト.