한작지(Korean J. Crop Sci.), 63(3): 248~256(2018)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2018.63.3.248

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

콩의 보리 활물피복(活物被覆, living mulch) 재배에 의한 잡초발생 및 토양유실의 감소

서종호[1,†] · 문중경[4] · 정건호[2] · 서민정[2] · 허석철[3] · 구자환[2] · 황정동[1] · 배현경[1] · 김상열[1]

Reduction in Weed Occurrence and Soil Erosion by Barley Living Mulch in Soybean Production

Jong-Ho Seo[1,†], Jung-Kyung Moon[4], Gun-Ho Jung[2], Min-Jung Seo[2], Seok-Chul Heo[3], Ja-Hwan Gu[2], Chung-Dong Hwang[1], Hyeon-Kyung Bae[1], and Sang-Yeol Kim[1]

ABSTRACT Reduction in the occurrence of weed and erosion of slope soil by living mulch barley simultaneously sown with soybean were investigated at the Upland Experimental Field in Suwon City in 2013 and 2014. The aboveground dry matter of 200-300, 100-200 kg/10a of living mulch barley was obtained at 40 and 60 after sowing, respectively. The occurrence of weeds was significantly reduced by barley living mulch. The early growth of soybean was reduced significantly because of the competition with barley living mulch, but the late growth of soybean after natural drying of barley living mulch was recovered considerably. The soybean grain yield with barley living mulch was similar to that of the normal soybean cultivation, showing no significant difference between no mulch and living mulch treatments. With respect to soil erosion on the slope soil, the amount of run-off water decreased by 20-50% and the amount of soil loss decreased by 70-90% by barley living mulch. The reduction in soil erosion by the use of plastic film + barley living mulch was similar to that of only barley living mulch. The barley living mulch in soybean production can be a promising cultivation technique as it reduces weed occurrence and soil erosion without grain yield reduction.

Keywords : barley, living mulch, soil erosion, soybean, weed

주작물의 전후로 재배하여 이용하는 피복작물은 토양침식 방지, 잡초방제, 병해충 방지, 질소용탈 억제 등 주로 친환경적 효과를 목적으로 이용되어 왔다. 그런데 작물의 재배 중간에도 그 효과의 증진을 위해 간·혼작으로 피복작물을 도입하고자 하는 노력이 이루어져 왔는데, 이전에는 주로 과수원의 초생재배로 이용되다가 1980년대 이후 일반 작물에서도 이용할 수 있는 기술을 많이 개발되었다. 활물피복(living mulch)이라고 하는 용어는 1979년 미국의 코넬대학의 Robert Sweet가 채소재배 시 녹비 이외의 목적으로 재배되는 피복작물(cover crop)을 나타내는 용어로 사용한 것이 최초라고 한다(Paine & Harrison, 1993). Hartwig & Ammon (2002)은 주작물의 파종 전에 고사시켜 토양을 피복하는 것을 피복작물(cover crop), 주작물의 생육기에도 식생을 유지하는 것을 활물피복(living mulch)으로 구분하고 있다. 일본에서는 영어발음 그대로 리빙멀치(リビングマルチ)라고 부르고 있으며, 중국에서는 살아있는 피복물이라는 의미에서 휴오푸가이(活覆盖)라고 용어를 사용하고 있다. 이 기술이 발전하지 못한 우리나라에서는 공식적인 명칭이 없는데, 영어의 의미를 한자어로 국역하여 활물피복(活物被覆)이란 용어를 쓰는 것이 좋을 것 같다.

활물피복 기술은 환금성의 채소 재배에 많이 이용하는 기술

[1)]국립식량과학원 남부작물부 (Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Miryang 50424, Korea)
[2)]국립식량과학원 중부작물과 (Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Suwon 16429, Korea)
[3)]국립식량과학원 (National Institute of Crop Science, Wanju 55365, Korea)
[4)]국립농업과학원 (National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea)

[†]Corresponding author: Jong-Ho Seo; (Phone) +82-55-350-1172; (E-mail) sseo@korea.kr
<Received 15 July, 2018; Revised 11 September, 2018; Accepted 12 September, 2018>

ⓒ 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인데 식용옥수수와 유기농 콩 등 소득성 밭작물에도 다소 연구되었는데, 옥수수에서는 화이트클로버와 헤어리벳치(Martin *et al*., 1999 ; Fukino *et al*., 2007), 콩에서는 호밀과 이탈리안 라이그라스 등을 이용한(Ateh & Doll, 1996; Uchino *et al*., 2016; Thelen *et al*., 2004) 활물피복 기술이 개발되었다. 우리와 농업여건이 비슷한 일본에서는 국내에서 종자를 구하기 어려운 호밀을 대신하여 보리를 이용한 콩의 활물피복 기술이 동북농업연구센터를 중심으로 개발되어 보급되고 있다(Miura *et al*., 2005; Yoshno *et al*., 2012). 또 일본 종묘회사(カネコ) 에서는 활물피복용으로 적합한 보리 품종(てまいらず, 百万石 등) 을 육성하여 시판하고 있다. 우리나라에서는 콩의 재배 시 호밀, 유채 등을 이용한 활물피복 시험이 다수 이루어졌지만(Seo *et al*., 2011; Lee *et al*., 2008; Hwang *et al*., 2008) 농가에 보급되지는 않고 있다.

작물의 활물피복 기술은 주작물과 간·혼작된 활물피복작물 간의 빛, 양·수분의 경합에 따라(Martin *et al*., 1999; Shigenori & Yoshiaki, 2002) 일반 표준재배와 달리 새로운 생육 패턴을 나타내고 다른 재배관리 기술이 필요하고 또 활물피복 작물의 종자를 확보해야 하므로 농가에서 쉽게 채택할 수 있는 농법이 아니다. 특히 유기농 재배에서는 약품으로 소독된 종자를 사용할 수 없는데 외국에서 수입하는 모든 종자는 검역 상 소독 처리됨으로 국내에서 자체 생산된 미소독 종자만 이용할 수 있다. 따라서 국내에서 쉽게 종자를 생산할 수 있는 보리가 활물피복작물로서 가장 유망 시 된다고 할 수 있다.

활물피복의 이용목적은 토양침식 방지, 잡초방제, 병해충 방지, 질소용탈억제, 토양온도 조절 등 다양한 생태·환경적인 효과를 얻고자 하는 것인데, 특히 작물 재배 시 시급한 효과로 생력적인 잡초억제를 들 수 있다. 활물피복 보리는 봄에 파종할 때 잡초보다 빨리 입모·생육하여 토양을 덮어버리기 때문에 콩 생육초기 발생 잡초를 억제할 수 있고 그에 따라 생육후기에 발생하는 잡초의 제거노력도 훨씬 경감시킬 수 있다. 일본에서는 활물피복용 보리와 토양처리제를 동시에 처리하여 활물피복용 보리가 여름에 고사할 때 치고 올라오는 잡초를 줄이는 방법을 사용하고 있다. 이런 기술은 농촌 인력이 감소하고 있고, 이상기상에 의해 장마철 강우가 지속될 때 중경제초 작업을 실시할 수 없는데, 이 때 매우 유용한 기술이라고 할 수 있다. 또 현재 논과 밭에서 독한 외래잡초뿐만 아니라 제초제 내성 잡초가 현저히 증가하고 있는 데 이런 방제하기 힘든 잡초를 잡는 데도 활물피복 기술이 크게 도움을 줄 수 있다.

활물피복 기술에서 토양유실의 억제 효과도 중요하다. 콩은 소득성이 낮기 때문에 주로 경사지의 밭에서 많이 재배되어 왔는데, 파종 시 과도한 경운은 토양유실을 가져 왔다. 이상기상의 증가에 따라 장마철 강우의 세기가 증가하는 경향이어서 경사지에서 토양유실이 현저히 증가하고 있다. 우리나라 밭 대부분(90%)이 경사지에 위치하고 있어, 콩의 경사지 재배 시 토양유실의 억제기술의 개발은 지속적인 영농을 위해 절대적으로 필요하다. 옥수수 재배 시 화이트클로버 활물피복은 90% 이상의 토양유실 억제 효과가 있다고 했는데(Seo *et al*., 2005), 콩의 재배 시 보리의 활물피복도 살아있는 지상부가 토양을 피복하고 보리의 섬유뿌리가 토양을 붙잡고 있기 때문에 경사지에서 두과 활물피복 못지않게 토양유실을 현저히 억제시킬 수 있을 것으로 보인다. 또 콩의 재배 시 잡초억제를 위해 두둑을 만들고 두둑에 검정비닐을 피복하는 경우가 많은데 두둑 사이의 고랑은 피복할 수 없어 잡초가 발생하고 비닐피복에 의해 두둑으로 스며들지 못한 유거수가 고랑으로 몰리면서 토양유실을 많이 증가시키는데(Lee *et al*., 2012) 고랑에 파종한 활물피복 보리에 의한 토양유실의 억제효과도 상당할 것으로 보인다.

따라서 본 시험에서는 콩의 보리 활물피복 이용기술의 개발을 위한 자료 확보를 위해 콩과 동시에 보리를 파종하는 조건하에서 잡초 및 경사지 토양유실의 억제효과를 살펴보기 위하여 2013년 및 2014년 2년간 국립식량과학원 밭작물 시험포장에서 실시하였다.

재료 및 방법

잡초억제효과 시험

2013년 및 2014년 2년 모두 토양처리제초제(에탈플루랄린과 리뉴론 혼용) 처리 및 무처리 조건에서 각각 보리 활물피복 및 무피복의 2 처리를 두어 주로 생육초기의 잡초억제효과를 살펴보고자 하였는데, 피복처리는 난괴법 4반복으로 실시하였고 한 시험구의 면적은 가로 4.4 m, 세로 10 m였다.

보리와 콩의 파종방법으로 토양을 경운·정지하고, 먼저 비료 및 보리종자를 산파하여 비료와 보리종자를 토양과 혼화하였다. 비료는 콩 복비를 이용하였는데 시비량은 37.5 kg/10a (N-P_2O_5-K_2O = 3.0-3.0-3.4 kg/10a)였으며 활물피복보리구는 콩에 대한 복비 외에 2013년도는 질소비료(요소)를 3.0 kg N/10a 추가로 동시에 시용하였고, 2014년은 지난 해 12월 초에 파종한 헤어리벳치+호밀 혼파녹비(지상녹비건물중 370 kg/10a, 질소함량 2.5%, 녹비질소량 9 kg N/10a)를 파종 전 15일에 토양에 투입하고(5월 14일) 추가 질소비료시용은 생략하였다. 경토층(0-15 cm)은 pH 6.0, 유기물함량 15 g/kg, 유효인산은 180 mg/kg의 양토였고 가밀도는 1.3 g/cc였다. 활물피복용 보리종자의 파종량은 15 kg/10a였다. 그 다음 콩 파종은 국립식량원에서 자체 제작한 로타리동시휴립파종기를 이용하였는데 이랑폭 72

(A) (B)

Fig. 1. Mechanized planting of soybean at the same time as ridge formation (A), difference in soybean growth ; left: barley living mulch, right: no mulch (B).

(A) (B)

Fig. 2. Device for soil loss measurement during soybean cultivation (A), the machine used for partial collection of run-off water in plastic buckets (B).

cm의 1열 이랑(이랑높이 20 cm)을 작성하면서 주간 15 cm 간격으로 파종하였다(Fig. 1A). 콩 파종기는 2013년은 5월 23일 2014년도는 5월 26일 이었다. 제초제 처리구는 콩 파종 후 3일에 토양처리제초제를 시용하였는데 콩과 보리에 동시에 약해가 없는 에탈플루랄린(상표명 쏘나란)과 리뉴론(상표명 아파론) 액제를 혼용하여 살포하였다.

보리피복량, 잡초발생량 및 콩식물체 생육량을 각각 건물중으로 조사하였는데, 2013년은 파종 후 40, 60일에, 2014년은 40, 53일에 실시하였다. 추가적으로 수확기에 콩 식물체 생육량을 조사하였는데 수확기에는 낙엽된 콩잎을 제외한 지상부를 조사하였다. 보리피복량 및 잡초발생량은 반복 시험구당 0.72 m^2 (0.72×1 m)의 지상부를 예취하여 보리 및 잡초를 분리하여 건조시켜 조사하였다. 콩 식물체도 0.72 m^2 (0.72×1 m)의 개체를 예취하여 건조시켜 조사하였다. 2013년은 콩 식물체의 적심작업은 하지 않았지만 2014년도는 2013년도와 비슷하게 무피복구에서 콩 생육이 과번무되어 무피복구만 개화기에 적심작업을 실시하였다. 콩 종실수량은 반복 시험구당 8.64 m^2 (2.88×3 m)의 면적을 2번 반복하여 수확하고 평균하여 조사하였는데, 건조 후 손으로 탈곡하고 조사하였는데 수분함량 13%로 보정하였다. 조사된 성적은 통계처리프로그램 SAS를 이용하여 분석하였다.

토양유실억제 시험

2013년 및 2014년 2년간 경사지 보리 활물피복의 토양유실 억제 효과를 구명하기 위하여 수원시 탑동 밭작물시험포장에 경사도 20%의 경사지 5a (500 m^2)를 인위적으로 조성하여 18 m^2 (3.6×5 m)의 토양유실 시험구를 각각 3 반복으로 설치(선라이트 설치)하고 유거수가 유실구에서 흘러 집수판을 통하여 하단의 콘크리트 집수구에 수집하는 장치를 설치하였는데 (Fig. 2A), 수집되는 물은 집중호우 시에도 집수통이 감당할 수 있게 유거수분취기를 활용(유거수의 1/20을 집수) 하였다 (Fig. 2B). 토양은 양토(loam)였다. 집수통은 1 m^3 용량의 콘크리트 통을 묻어 유거수를 수집하였다. 유거수 조사는 강우에 따른 유거수가 분취기 통해 어느 정도 모이면 전체 물량을 조사하였으며 이어서 모인 유거수를 잘 저어서 토양입자와 물이 잘 혼합하게 하였고, 물량의 일부를 채취하여 실험실에서

거름종이를 통해 여과·건조하여 물속에 있는 토양입자의 량을 조사하였고, 또 집수구 아래 침적된 토양입자는 유거수 제거 후 바닥 청소하면서 채취·건조하여 전체물량에 포함된 토양에 추가하였다.

2013년도는 경사지 피복처리는 보리피복과 무피복을 두었으며, 콩 품종은 신기였는데 콩 파종은 5월 20일에 하였는데 활물피복구는 보리와 동시에 파종하였다. 콩의 재식거리는 72×15 cm였으며 보리는 산파하였다. 시비량은 콩복비를 37.5 kg/10a (N-P_2O_5-K_2O = 3.0-3.0-3.4 kg/10a)를 시용하였고 활물피복구는 보리 초기생육을 위해 요소를 추가로 3 kg N/10a 시용하였다. 보리 파종량은 15 kg/10a였다. 수확기 콩 식물체 특성조사는 1 m (0.72 m^2)를 수확하여 조사하였다. 콩 종실수량은 조사는 21.6 m^2 (2 m 3줄)의 면적을 수확하여 조사하였다.

2014년도는 2013년도와 시험방법은 같았는데, 처리에서 이랑작성+검정비닐피복+이랑사이보리피복의 처리를 추가적으로 두었다. 이랑폭 72 cm 중 이랑중간 60 cm를 검정비닐로 덮었으며 이랑사이의 폭 24 cm는 보리를 파종하였는데 파종량은 5 kg/10a였다. 콩 품종은 대원콩으로 하였으며 파종기는 5월 22일이었다. 수확기는 종실 수량조사는 2013년과 같았으며, 최종 생육량은 낙엽이 진 식물체 0.72 m^2 (1 m 1줄)를 건조하여 측정하였다.

결과 및 고찰

보리 활물피복에 의한 잡초억제 및 콩의 생육·수량 변화

Fig. 3은 시험이 실시된 2013년 및 2014년의 활물피복 보리 또는 콩의 생육기간 동안의 평균기온과 일자별 강우량을 나타낸 것이다. 기온에서는 2013년이 보리가 발아하는 5월 하순이 2014년에 비해 기온이 낮았지만 보리가 생육하는 6월 상·중순은 오히여 기온이 증가하였다. 콩의 개화 및 착협기에 해당하는 8월은 2014년의 평균기온이 현저히 감소하였다. 강우량에서는 50~80 mm의 강우일수는 2013년이 많았지만 110 mm 이상의 호우일수가 2014년에만 7월 중순과 8월 하순의 2 차례 있었다.

Table 1과 2는 2013년 및 2014년 보리 활물피복처리 유무에 따른 무제초제구와 제초제(토양처리제)구에서의 파종후 40일, 파종후 53~60일 및 수확기에서의 보리 지상부건물중(피복량), 잡초건물중 및 콩식물체의 건물중의 변화를 각각 나타낸 것이다.

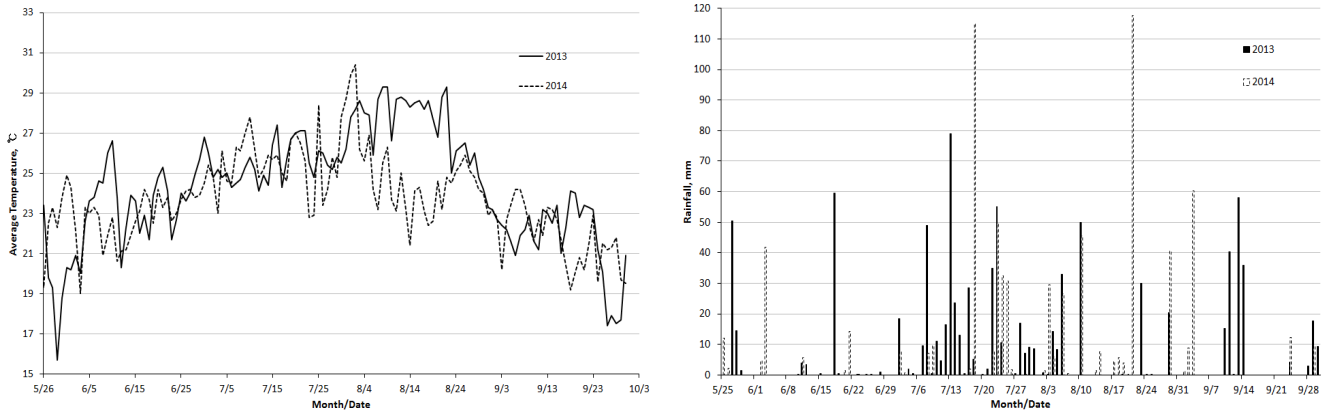

Fig. 3. Changes in the average temperature (left) and rainfall (right) during growing seasons in 2013 and 2014.

Table 1. Changes in dry matter of aboveground barley, weeds and soybean plant affected by the treatment of soil with herbicide and soil covering in 2013.

Soil covering	Soil-applied Herbicide	Barley DM† (kg/10a)		Weeds DM (kg/10a)		Soybean DM (kg/10a)		
		DAS† 40 (July 4)	DAS 60 (July 24)	DAS 40 (July 4)	DAS 60 (July 24)	DAS 40 (July 4)	DAS 60 (July 24)	Harvest (Oct.10)
No mulch	No applied	-	-	143 a‡	135 a	149 a	362 a	637 b
	Applied	-	-	17 b	76 b	119 a	348 a	761 a
Living mulch	No applied	321	110 b	1 b	10 c	45 b	141 b	556 b
	Applied	359	206 a	0 b	0 c	37 b	146 b	576 b

†DAS : Days after seeding, ‡DM : Dry matter
‡Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2. Changes in DM of aboveground barley DM, weeds, and soybean plant affected by the treatment of soil with herbicide and soil covering in 2014.

Soil covering	Soil-applied Herbicide	Barley DM† (kg/10a)		Weeds DM (kg/10a)		Soybean DM (kg/10a)		
		DAS† 40 (July 15)	DAS 53 (July 28)	DAS 40 (July 15)	DAS 53 (July 28)	DAS 40 (July 15)	DAS 53 (July 28)	Harvest (Nov. 6)
No mulch	No applied	-	-	202 a‡	146 a	103 a	142 b	687 a
	Applied	-	-	27 b	68 b	100 a	188 a	704 a
Living mulch	No applied	209	136	20 b	38 b	54 b	56 c	477 b
	Applied	181	155	2 b	9 b	38 b	55 c	499 b

†DAS : Days after seeding, ‡DM : Dry matter
‡Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

보리를 콩의 활물피복작물로 이용 시 잡초억제 효과를 얻기 위해서는 충분한 지상부건물중(피복량)을 확보하여야 하는데 지상부건물중은 파종 후 50일경에 150 kg/10a 이상이 되어야 한다고 한다(NARO, 2014). 본 시험에서 2013년도의 활물피복 보리의 피복량(건물중)을 보면 무제초제구와 제초제구가 파종 후 40일째의 321 및 359 kg/10a, 파종 후 60일에 110 및 206 kg/10a를 나타내어 잡초를 억제하기에 충분한 보리의 지상부 생육량을 얻을 수 있었다. Namiko *et al.* (2009)는 보리와 콩을 동시 파종 시 30일에서 보리의 생육량이 같은 시기의 콩의 생육량보다 2~8배에 해당하였다고 하였는데, 2013년의 파종후 40일째 콩의 생육량(건물중)은 37, 45 kg/10인 것에 비해 보리의 생육량(건물중)은 321, 359 kg/10으로 약 8.5배였다. 따라서 생육초기에는 콩에 비해 보리가 빨리 발아·생육하여 토양을 덮는 것을 알 수 있었다. 그리고 파종후 60일에도 고사된 보리가 분해되지 않고 토양을 덮고 있어 콩의 생육초기에 보리의 피음에 의해 충분히 잡초생장을 억제할 수 있는 것을 알 수 있었다.

활물피복-제초제무시용구에서 충분한 보리의 피복량을 확보함에 따라 잡초의 발생이 현저히 감소하였는데 무피복구에서 잡초건물중이 파종후 40 및 60일에 143 및 135 kg/10a를 나타낸 것에 비해 보리 활물피복구는 1, 10 kg/10a를 나타내어 거의 잡초발생을 억제하는 것을 알 수 있었다. Namiko *et al.* (2009), Shigenori *et al.* (2003, 2004, 2005)은 보리 활물피복에서 초기 잡초의 억제 효과로서 보리가 콩보다 일찍이 생육하여 파종 후 30일에 LAI가 무피복구에 비해 9배 이상, 파종 후 50일에 5배 이상으로 증가할 정도로 토양을 초기에 덮어버리기 때문에 잡초의 발생이 현저히 억제 되었다고 하였으며, 그것의 효과는 토양처리제의 효과와 비슷하였다고 하였다. 본 시험에서도 무피복구에서 제초제 무시용 시 파종 후 40 및 60일에 잡초발생량이 각각 17, 76 kg/10a를 나타내었는데 파종 후 60일의 잡초량은 무피복-제초제 시용구보다 감소하였다. 보리활물 피복구에서는 제초제 처리 유무간의 잡초발생량은 차이가 없어 보리활물 피복의 잡초억제 효과가 큰 것을 알 수 있었다. 콩 식물체의 생육량을 보면 보리활물피복 시 보리에 의해 생육이 현저히 감소됨을 알 수 있는데 파종후 40일에서 37~45 kg/10a, 파종후 60일에서 141~146 kg/10a으로 무피복구의 약 1/3으로 감소되었다. 그러나 활물피복 보리가 하고됨에 따라 콩은 생육 후반기에 많이 회복되었는데 수확기에서는 556~576 kg/10a을 나타내어 무피복구의 637~761 kg/10a에 근접하는(약 80%) 콩 건물중을 나타내었다.

2014년도도 2013년도와 비슷한 경향을 보였는데 활물피복 보리건물중은 2014년도보다 다소 감소하여 무제초제구와 제초제구가 각각 파종 후 40일째의 209 및 181 kg/10a, 파종후 60일에 136 및 155 kg/10a를 나타내었다. 2014년도와 비교했을 때 파종 후 40일 째의 콩의 생육량은 큰 차이가 없었지만 보리의 생육량이 건물중으로 110~170 kg/10a 정도 감소하였는데, 이는 2014년이 보리의 초기생육이 왕성한 6월 상중순의 기온이 2013년보다 낮았으며(Fig. 3), 또 보리에 대한 시비가 2013년은 질소화학비료를 시용한 것에 비해 2014년은 헤어리벳치 녹비를 시용한 것에 의한 차이가 아닌가 추측되는 데 이에 대해서는 앞으로 시험을 통해 정확히 규명하는 것이 필요다고 생각된다. 보리 활물피복에 의해 잡초의 발생이 감소하였는데 무피복-무제초제구에서 잡초건물중이 파종후 40 및 60일에 202 및 146 kg/10a를 나타낸 것에 비해 무피복-제초제구, 보리활물피복의 무제초제 및 제초제구는 2~68 kg/10a로 잡초발생량이 현저히 적어졌는데 보리활물피복은 토양처리제 처리 유무 간의 차이가 없었다. 보리의 활물피복에 따른 잡초억제효과의 년차간 비교에서는 파종 후 60일째(2014년은 53일째)의 잡초발생량을 보면 보리 피복량이 많았던 2013년도는 제초제 유무와 관련없이 보리 활물피복구에서 잡초량이 가장 적고, 다음으로 무피복-제초제구, 무피복-무체초제구 순으로 잡초발생량이 증가하였지만, 2014년은 보리활물피복구의

두처리 및 무피복구-제초제구가 비슷한 잡초량을 나타내었고 무피복구-무제초제구에서만 잡초발생량이 증가하였는데, 이는 2014년도가 2013년도에 비해 보리 활물피복량이 적어짐에 따라 제초 효과가 감소되었기 때문이었다. 따라서 보리활물피복에서 콩의 생육초기에 안정적인 잡초억제 효과를 얻기 위해서는 충분한 보리 피복량을 얻는 것이 가장 중요한 것으로 사료되었다. Shigenori *et al.* (2005)은 보리 활물피복구에서 토양제초제를 동시에 처리하였을 때 추가적 잡초억제 효과를 얻을 수 있었다고 하였지만 본 시험에서는 2년 모두 보리 활물피복구에서 토양처리 제초제 유무에 따른 잡초발생량은 차이를 보이지 않았는데, 이는 활물피복량이 충분하였기 때문으로 보인다. 본 시험에서는 파종 후 40일에 2013년은 보리의 피복량이 320 kg/10a 이상, 2014년은 180 kg/10a 이상을 보여 NARO (2014)에 제시한 파종 후 50일경의 150 kg/10a의 기준은 모두 초과하였다.

콩 식물체의 생육량도 2013년과 같이 보리 활물피복 시 보리에 의해 생육이 감소되어 파종후 40일에서 38~54 kg/10a, 파종후 53일에서 55~56 kg/10a으로 무피복구의 약 1/3으로 감소되었다. 그러나 콩의 생육 후반기에서 보리활물피복구에서 많이 회복되었는데 수확기에서는 477~499 kg/10a을 나타내어 무피복구의 687~704 kg/10a의 약 70%에 해당하는 콩 건물중을 나타내었다. Namiko *et al.* (2009)도 보리활물 피복구에서 파종 후 50일부터 콩의 생육이 회복되기 시작하였다고 하고 Shigenori *et al.* (2005) 수확 시 콩의 전체 건물중은 적거나 비슷하다고 하여 생육 초반에 활물피복보리와의 경합에 의해 억제되었던 콩의 생육이 보리가 고사하면서 생육후반기에 충분히 회복되었다고 보고하였다.

2013년 및 2014년 콩 종실수량은 Table 3에 나타내었다. 2013년도는 종실수량을 보면 보리활물피복-제초제구가 285 kg/10a로 가장 높고 무피복-제초제구가 127 kg/10a로 가장 낮았는데 무피복구가 보리 활물피복구보다 감소하였다. 현재 중부지역에서 콩(장류콩)의 파종적기는 6월 중순이라고 하는데 Park *et al.* (2014)도 중부지역(수원)에서 콩의 파종기 시험에서 콩의 수량성이 6월 하순, 6월 상순, 5월 하순 파종의 순으로 감소하였다고 한다. 본 시험에서도 5월 23~26일에 파종한 무피복구는 콩은 생육 중·후반기에 생장이 과다한 것으로 보였고 오히려 보리활물피복구가 콩의 초기 생육을 억제하여 적정한 생육량을 확보함에 따라 수량이 무피복구에 비해 증가된 것으로 보였다. 2014년에는 무피복구에서만 콩의 과번무를 제어하기 위해 개화기에 순지르기를 하였는데, 그에 따라 수량감소는 보이지 않았고 300 kg/10a 이상의 수량성을 나타내었다. 보리 활물피복구의 2014년 콩 종실수량은 2013년과 비슷한 값을 나타내었고 무피복구와는 수량성에서 통계적 유의성이 없었다. Shigenori *et al.* (2003, 2004, 2005)과 NARO (2014)에서도 최종 콩 종실수량은 보리활물피복구가 관행의 무피복-제초제구보다 조금 감소하든지 비슷한 경향을 보인다고 하여 보리활물피복 도입에 따른 최종 종실수량 확보에는 큰 문제가 없다고 하였는데, 본 시험에서도 2013년 관행의 무피복-제초제구에서 콩의 과번무로 인해 수량이 감소한 것 외에는 보리활물피복과 무피복구간의 종실수량의 차이를 보이지 않아 잡초억제에 따른 제초노력 절감을 고려할 때 충분히 경제성이 있는 재배법이라고 할 수 있었다. 또 콩을 활물피복용 보리와 같이 5월 하순에 파종하면 보리의 충분히 피복량을 확보하여 잡초를 억제할 수 있을 뿐만 아니라 콩의 과번무를 조절하여 안정적인 수량성 확보의 가능성도 나타내었다.

보리 활물피복에 의한 토양유실량의 감소

Table 4와 5는 2013년 및 2014년의 강우량에 따른 경사지 포장의 유거수량 및 토양유실량을 나타낸 것이다. 우선 2013년의 유거수량 및 토양유실량을 보면(Table 4) 피복처리간 유거수량은 강우가 집중된 7월 중순부터 8월 초순까지 차이가 나타났는데 보리활물피복구에서 유거수량이 감소하였다. 그렇지만 콩생육 전기간에서 무피복과 보리피복간 유의한 차이를 나타내지는 못했다. 토양유실량은 조사기간별로 보리피복구가 무피복구보다 강우량이 많을 때 증가하였지만 반복간 차이가 심해 피복처리간 유의차는 없었다. 그러나 전 기간의 토양유실량을 합했을 때는 보리활물피복이 226 kg/10a으로 무피복의 675 kg/10a 보다 449 kg/10a 정도 토양유실량이 감소

Table 3. Changes in soybean yields affected by the treatment of soil with herbicide and soil covering.

Soil covering	Soil-applied Herbicide	Year 2013	Year 2014†	Average
No mulch	No applied	151 bc‡	313	232
	Applied	127 c	317	222
Living mulch	No applied	212 b	252	232
	Applied	285 a	251	268

†Soybean in the plots with no mulch in 2014 was decapitated on July 29 (flowering date) due to over-growth.
‡Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 4. Changes in run-off water and soil loss affected by soil covering treatments in 2013.

	Treatment	Period (Month. Date)						Total period (6.11~9.12)	Index
		6.11~6.22	6.23~7.14	7.15~7.23	7.24~8.8	8.9~8.12	8.13~9.12		
Run-off water (m^3/10a)	No mulch	12	93	62	35	24	18	245	100
	Living mulch	7	36	22	16	18	18	117	48
	LSD (0.05)	ns	ns	35	15	6	ns	ns	-
Soil loss (kg/10a)	No mulch	33	396	110	88	45	3	675	100
	Living mulch	9	150	16	33	14	4	226	34
	LSD (0.05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	443	-
Rainfall (mm)		68	216	139	109	50	106	688	-

Table 5. Changes in run-off water and soil loss affected by soil covering treatments in 2014.

	Treatment	Period (Month. Date)					Total period (7.18~9.5)	Index
		7.18	7.19~25	7.26~8.12	8.13~8.22	8.23~9.5		
Run-off water (m^3/10a)	No mulch	38	40	5	45	6	134	100
	PF+LM	44	33	3	34	4	118	88
	Living mulch	26	22	1	60	1	109	81
	LSD (0.05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
Soil loss (kg/10a)	No mulch	444	374	15	215	19	1,068	100
	PF+LM	42	22	2	27	7	100	9
	Living mulch	29	15	1	46	1	91	9
	LSD (0.05)	ns	213	12	166	ns	934	-
Rainfall (mm)		115	120	101	118	69	523	-

Table 6. Changes in plant characteristics and grain yield affected by soil covering treatments in 2013 and 2014.

Treatment	Year 2013				Year 2014	
	Stem height (cm)	Stem thickness (mm)	Node No. per stem	Grain yield (kg/10a)	Soybean DM at harvest (kg/10a)	Grain yield (kg/10a)
No mulch	92	9.7	17.8	95	663	300
PF+LM	-	-	-	-	668	309
Living mulch	85	8.8	18.2	107	403	211
LSD (0.05)				ns	167	ns

한 것으로 나타났다.

2014년의 피복처리간 유거수량 및 토양유실량을 보면(Table 5) 유거수량은 피복 3처리간 모두 조사시기별 또는 전 기간별 차이를 나타내지 못했다. 그러나 토양유실량은 조사기간 및 전 기간 합계에서 처리간 뚜렷한 차이를 나타내었는데, 7월 19일에서 8월 22일까지 무피복이 보리활물피복 및 비닐+보리활물피복 보다 월등히 많았고 전기간 합에서도 무피복이 1,068 kg/10a인데 비해 비닐+보리와 보리활물피복구가 100 kg/10a 및 91 kg/10a을 나타냄으로서 약 91% 정도 토양유실량이 감소되었다. 비닐+보리활물피복구의 토양유실량은 보리활물피복구와 차이를 나타내지 않아 비닐사이 고랑에 보리를 파종하여 피복만 하여도 토양유실은 보리피복과 거의 동일한 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. Seo *et al.* (2005)는 경사지 옥수수 재배시 헤어리벳치 피복과 클로버 활물피복에 의해 90% 이상, Lee *et al.* (2012)는 고령지의 경사지 콩 재배에서도 호밀예취 피복에 의해 95%의 토양유실 억제효과가 있었다고 보고하였는데 본 시험에의 경사지 콩 재배 시 보리활물 피복도 다른 피복작물과 같은 90% 이상의 우수한 토양유실억제 효과

를 보여 산지 또는 경사지에서 콩을 재배할 때 충분한 잡초억제 효과와 더불어 토양유실 억제효과도 기대할 수 있었다.

2년간의 수확기 콩의 생육상태 및 종실수량을 보면(Table 6), 2013년에서는 보리활물피복구에서 경장, 경태 등이 감소했지만 주경절수 등이 증가하여 전체적인 종실수량은 무피복구와 큰 차이가 없었다. 2014년은 수확기 콩식물체 건물중은 무피복 및 비닐+보리활물피복에 비해 보리활물피복에서 보리와의 경합에 의해 감소되는 경향을 보였다. 그러나 보리활물피복구는 나머지 두 처리와 수량성 차이는 없었다. 비닐+보리활물피복구는 무피복구와 생육 및 수량이 거의 같은 경향을 보여 비닐피복 중간의 이랑에 보리피복을 하여도 보리와의 경합에 의한 콩에의 영향은 미미한 것으로 보였다.

적 요

농촌인력 감소와 지구 이상기상 증가에 따라 콩 재배 시 생력적인 잡초방제 및 토양유실억제 기술이 요구된다. 콩과 동시에 파종한 활물피복용 보리의 잡초발생 및 경사지 토양유실의 억제 효과가 2013, 2014년 2년간 수원 시험포장에서 조사되었다. 활물피복 보리의 지상부 피복량은 파종 후 40일에 200~300 kg/10a, 파종후 60일에 100~200 kg/10a의 건물중을 얻을 수 있었으며 이에 따라 콩의 초기 생육상태에서 잡초발생이 현저히 줄어들었다. 잡초발생량에서 보리 활물피복은 토양처리제와 같은 억제효과를 나타내었다. 콩 식물체 초기생육량은 활물피복 보리와의 경합으로 인해 많이 감소하였는데 활물피복 보리가 하고 됨에 따라 콩의 후기생육은 많이 회복되어 수확기에서는 무피복구의 70~80%를 나타내었다. 콩 종실수량은 2013년에 무피복구가 생육이 과번무하여 활물피복구보다 감소하였다. 그러나 2014년에 무피복구에서 적심 처리하였을 때 종실수량이 증가하였는데 보리활물피복구와 수량의 차이가 없었다. 따라서 활물피복 재배도 관행재배(무피복)와 비슷한 수량성을 확보하는 것이 가능하였다. 경사지의 토양유실 시험에서는 보리 활물피복에 의해 유거수량이 약 20~50%, 토양유실량이 약 70~90% 감소하여 토양유실 억제효과가 컸다. 2014년 비닐+보리활물피복도 토양유실억제 효과는 보리활물피복구와 같았다. 콩과 동시에 파종한 보리의 활물피복 이용은 종실수량의 큰 감소 없이 생력적으로 잡초를 관리할 수 있고 경사지의 토양을 보전하는 효과가 커서 앞으로 유망 시 되는 기술이라고 할 수 있다.

사 사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호 : PJ01154902)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Ateh, C. M. and J. D. Doll. 1996. Spring-planted winter rye as a living mulch to control weeds in soybean. Weed Tech. 10(2) : 347-353.

Fukino, T., F. Tamai, and M. Fukuyama. 2007. Growth and yield of sweet corn cultivated with white clover living mulch. Jpn. J. Crop Sci. 76(3) : 401-409.

Hartwig, N. L. and H. U. Ammon. 2002. Cover crops and living mulches, Weed Sci. 50(6) : 688-699.

Hwang, J. B., S. B. Song, Y. K. Hong, K. D. Park, and S. T. Park. 2008. Effect of barley, wheat and rape cover to weed smothering in growing soybean in dry paddy field. Kor. J. Weed Sci. 28(4) : 414-419.

Lee, B. M., H. J. Jee, K. Y. Ryu, J. H. Park, and J. H. Lee. 2008. Effects of rye sowing dates on weed occurrence in organic soybean field. Kor. J. Weed Sci. 28(2) : 11-116.

Lee, J. T., G. J. Lee, J. S. Rye, J. S. Kim, K. H. Han, and Y. S. Zhang. 2012. Evaluation of surface covering methods for reducing soil loss of highland slope in soybean cultivation. Kor. J. Soil Sci. Fert. 45(5) : 725-732.

Martin, R. C., P. R. Greyson, and R. Gordon. 1999. Competition between corn and a living mulch. Can. J. Plant Sci. 79(4) : 579-586.

Miura, S., H. Kobayashi, and A. Oyanagi. 2005. Cultivation of soybean with winter-type barley living mulch in Tohoku region of Japan. Jpn. J. Crop Sci. 74(4) : 410-416.

Namiko, Y., K. Hiroyuki, U. Tomoko, and S. Yumi. 2009. Spatial structure of soybean-wheat/barley-weed community in soybean cultivation using barley/wheat as living mulch. J. Weed Sci. Tech. 54(3) : 139-146.

NARO. 2014. Manual for a soybean cultivation by living mulch system of winter cereals. http://www.naro.affrc.go.jp/publicit_report/publication/pamphlet/tech-pamph/018444.html.

Paine, L. K. and H. Harrison. 1993. The historical root of living mulch and related practices. HortTechnology. 3(2) : 137-143.

Park, C. H., C. G. Kim, J. H Gu, G. H. Jung, J. H. Seo, O. K. Han, D. U. Kim, J. J. Hwang, and Y. U. Kwon. 2014. Effects of different planting dates on growth and yield component in two ecotypes of soybean at paddy field condition in the mid part of Korea. Korean J. Int. Agric. 26(4) : 482-490.

Seo, J. H., J. Y. Park, and D. Y. Song. 2005. Effect of cover crop hairy vetch on prevention of soil erosion and reduction of nitrogen fertilization in sloped upland. Kor. J. Soil Sci. Fert. 38(3) : 134-141.

Seo, J. H., Y. U. Kwon, J. E. Lee, G. H. Jung, J. H. Seong, C. G. Kim, and W. H. Kim. 2011. Effects of spring-sown rye

living mulch on weed suppression and soybean production. Kor. J. Crop Sci. 56(3) : 192-198.

Shigenori, M., K. Hiroyuki, and O. Atsushi. 2005. Cultivation of soybean with winter-type barley living mulch in Tohoku region of Japan. Jpn. J. Crop Sci. 74(4) : 410-416.

Shigenori, M., K. Hiroyuki, I. Kazuhiro, and O. Atsushi. 2003. Soybean cultivation with barley living mulches. Tohoku J. Crop Sci. 46 : 81-82.

Shigenori, M., K. Hiroyuki, I. Kazuhiro, and O. Atsushi. 2004. Effect of weed suppression in a soybean-barley living mulch system. Tohoku J. Crop Sci. 47 : 71-72.

Shigenori, M. and W. Yoshiaki. 2002. Growth and yield of sweet corn with legume living mulches. Jpn. J. Crop Sci. 71(1) : 36-42.

Thelen, K. D., D. R. Mutch, and T. E. Martin. 2004. Utility of interseeded winter cereal rye in organic soybean production systems. Agron. J. 96 : 281-284.

Uchino, H., S. Uozumi, E. Touno, H. Kawamoto, and S. Deguchi. 2016. Soybean growth traits suitable for forage production in an Italian ryegrass living mulch system. Field Crops Res. 193 : 143-153.

Yoshino, N., H. Kobayashi, T. Uchida, Y. Shimazaki, M. Ao, and H. Tobina. 2012. Meteorological factors determining the growth of barley and wheat used as living mulch in soybean cultivation. Jpn. J. Crop Sci. 81(1) : 18-26.