

Research Article

콩 무경운 유기재배 시 피복식물의 잡초억제 효과

조정래¹, 안난희¹, 남홍식¹, 이상민¹, 옥정훈^{2*}

¹국립농업과학원 유기농업과, ²국립농업과학원 토양비료과

Effect of Cover Crop on Weed Control in No-tilled Organic Soybean Field

Jung-Lai Cho¹, Nan-Hee An¹, Hong-sik Nam¹, Sang-min Lee¹ and Jung-hun Ok^{2*}

¹Organic Agriculture Division, National Institute of Agricultural Science, RDA

²Soil and fertilizer Division, National Institute of Agricultural Science, RDA

Abstract

This study was conducted to evaluate weed control effect in organic soybean upland field as affected by cover crops including rye, hairyvetch, and its mixture. The experiment was conducted during two years (2015 and 2016) at the NAS (National Institute of Agricultural Sciences) organic farming experimental field. The cover crops were seeded after tillage at fall crop season in 2014, and then, the soybean field was managed with no tillage system from 2015. The weed suppression rates of cover crops application for rye and mixture (rye+hairyvetch) treatment during 60 days after transplanting were 80% and 30%, respectively. However, weed suppression rate of hairyvetch treatment was not significantly different as compared to control. Weed flora in experimental field were less than general soybean field. The average organic soybean yield was generally low compare to normal year, nevertheless, the soybean yield for rye and mixture treatment in 2016 were significantly higher than PE mulching treatment.

Keywords: Cover crop, No tillage, Organic farming, Soybean, Weed

서론

1997년 친환경농업육성법 제정과 함께 2000년대부터 본격화된 정부의 친환경농업육성정책에 따라 크게 확대되던 친환경유기농업은 2012년 저농약농산물의 폐지에 따라 잠시 정체되었으나 최근 다시 확장되기 시작하였다(NAQS, 2017). 2016년 현재 친환경재배 작물은 논에서 재배하는 벼와 임야에서 재배되는 밤 등 두 작목이 절반 이상의 면적을 차지하고 있으나 농산물의 안전성을 중요시하는 소비자의 요구와 지속가능한 생산시스템으로 전환을 요구하는 시대적 요청에 따라 다양한 작물로 확대될 것으로 전망된다.



OPEN ACCESS

*Corresponding author:

Phone. +82-63-238-2433

Fax. +82-63-238-3822

E-mail. okjh@korea.kr

Received: August 29, 2017

Revised: September 19, 2017

Accepted: September 25, 2017

© 2017 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한편, 1970년대 중반 값싼 비선택성 제초제의 개발을 계기로 무경운을 포함하는 보전경운이 전 세계적으로 확산되기 시작하였다(Derpsch et al., 2010). 보전경운 또는 무경운 재배는 시간과 노력 등 경제적 비용절감뿐만 아니라 토양침식을 방지하고 토양 중 유기물함량의 증진과 토양생태계의 건전화에 기여하는 기술로 유기농업 생산시스템에 잘 부합하여 적극적인 도입이 필요하다고 본다.

Johanson et al. (2012)은 아시아 아프리카의 소농지역에서 무경운 기술은 토양의 악화를 막는 지속가능한 생산시스템으로 적절한 기계의 개발과 함께 잡초관리 대책이 마련되어야 한다고 제안하였다. Yang et al. (2016)은 6-8월에 연간 강수량의 대부분이 쏟아지는 우리나라에서는 뒷그루작물을 재배할 때 앞그루의 두둑을 그대로 활용하는 무경운 기술을 제안하고 토양 물리성의 변화와 토양생물상의 변화 등을 분석하면서 ‘한국형 무경운 기술’로 명명하였다. Cho et al. (2009)은 콩과의 우리나라 자생식물인 얼치기완두와 새완두 등을 피복식물로 재배하고 이듬해 무경운 상태로 고추를 재배했을 때 생육후기까지 잡초관리가 가능함을 확인한 바 있다.

콩 재배 시 호밀과 헤어리베치 등 동계 피복작물의 잡초관리 효과에 대해서는 국내에서도 많은 연구가 수행되었다(Lee et al., 2006; Kim et al., 2008; Hwang et al., 2008; Lee et al., 2011). 호밀 피복 후에 부분경운, 좁은 골 경운 등 보전경운 방법을 도입하여 잡초발생을 줄일 수 있고, 비용절감을 위하여 초생피복용 호밀을 콩과 동시 파종하는 시도가 있었으며(Seo et al., 2013), Lee et al. (2008)도 동계 피복식물인 호밀을 춘파하는 시험을 수행한 바 있다. 그러나 유기농업에서 무경운재배를 통해 토양을 보전하면서 잡초관리 효과를 극대화하기 위해서는 춘파 후 초관을 형성한 상태에서 월동하고 충분한 생체량을 확보하여 표토를 피복한 후 작물을 파종하거나 정식하는 것이 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 콩 무경운 유기재배 시 피복식물에 따른 잡초억제 효과를 알아보기 위한 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2015, 2016년 전라북도 완주군에 위치한 국립농업과학원 유기농업과 시험 포장에서 수행하였다. 무경운 포장의 잡초관리를 위한 피복작물 처리는 호밀 단파 처리와 헤어리베치 단파 처리, 호밀과 헤어리베치 혼파 처리를 두고 관행의 PE 멀칭구와 무처리구와 비교하였다. 피복작물 처리구는 2014년 가을에 경운한 뒤 2015년과 2016년에는 무경운으로 관리하였고, PE 멀칭구와 무처리구는 매년 봄 콩 정식 전에 경운하였다. 2014년 10월 16일, 호밀 단파 처리구와 헤어리베치 단파 처리구는 각각 $12 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, $5 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 파종하였고 혼파 처리구는 각각 $6 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$, $2.5 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 을 파종하였다. 2015년 가을에는 10월 1일 무경운 상태에서 같은 양의 종자를 파종하고 식물잔사와 시용퇴비로 덮어서 발아를 촉진하였다. 호밀과 헤어리베치 피복식물은 월동한 후에 작물 정식 전에 예취기로 절단하여 피복처리 하였다. 피복식물의 생육차이를 고려하여 최대의 생체량을 확보하기 위하여 호밀은 5월 8일, 헤어리베치는 5월 19일 피복처리 하였다. 2016년의 경우 각각 5월 6일과 5월 17일 피복처리 하였다. 시험작물인 콩은 국립식량과학원 남부작물부에서 육성한 참을 품종 종자를 분양 받아 사용하였다. 2015년 시험에서는 생육초기 잡초경합력을 높이기 위하여 육묘 이식재배 하였다. 5월 27일 40구 플러그트레이에 파종하여 육묘한 후 6월 16일, $75 \times 20 \text{ cm}$ 간격으로 정식하였다. 2016년 시험에서는 적정 주수 확보를 위하여 직파재배 하였는데 6월 15일, $55 \times 20 \text{ cm}$ 간격으로 1주 2본씩 3 cm 내외 깊이로 인력 점파하였다. 피복식물 재배구는 별도의 시비를 하지 않았으나 PE 멀칭하는 관행처리구는 $30\text{-}30\text{-}34 \text{ kg ha}^{-1}$ (N-P₂O₄-K₂O)를 전량 기비로 사용하였다. 잡초 조사는 정식(파종)후 30, 60, 90일에 $50 \times 50 \text{ cm}$ 방형구를 사용하여 3반복으로 채취하여 본수와 생체중을 측정하였다. 시험작물인 콩은 성숙기에 최종 생육량을 조사하고 수량을 추정하였다.

결과 및 고찰

시험 기간 동안 전라북도 완주 지역의 기상상황을 보면 평년과 큰 차이가 없었으나 2016년 8월의 평균기온이 1.2°C 높게 나타났고, 강수량은 매우 적었다(Table 1). 시험을 수행한 전북 완주의 국립농업과학원 시험포장은 2012년 새롭게 조성하여 3년동안 숙전화 작업을 진행한 포장이다. 토양분류상 인축통에 속하며 점토함량이 26% 범위이고 경사가 0-2%로 조성되어 토양이 불안정한 상태이므로 강우 시 유거나 침투가 느리다. 2015년 시험전의 토양의 화학성은 Table 2에서 보는 것과 같이 초기보다는 개선되기는 했지만 전반적으로 양분함량이 낮은 척박한 토양이다(Ok et al., 2015).

Table 1. Weather condition in a soybean experiment field from May to September in 2015 and 2016.

Year	Month				
	May	June	July	August	September
	Average temperature (°C)				
2015	19.2	22.7	25.1	25.9	21.6
2016	19.2	22.8	26.5	27.4	22.6
30 yr average	18.2	22.5	25.8	26.2	21.5
	Average precipitation (mm)				
2015	40.6	124.7	121.9	49.0	36.7
2016	84.3	95.8	251.8	35.8	145.4
30 yr average	91.5	167.9	299.6	277.5	137.6

Table 2. Initial chemical properties in experiment soil (September 2014).

pH	EC	T-N	OM	Av.P ₂ O ₅	K	Ca	Mg
(1:5)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		Exch. cations (cmolc kg ⁻¹)	
6.4	0.5	0.7	15.9	71.92	0.94	6.69	1.98

EC: Electric conductivity, OM : Organic matter, Av. P₂O₅: Available phosphate, Exch. cations : Exchange cations.

2014년 가을에 파종한 피복식물의 생장량은 Table 3과 같다. 피복식물의 지상부생장량은 호밀의 경우 m² 당 1,620 g으로 다소 적었으나 토양 표면을 충분히 피복할 수 있는 양이었다. 호밀과 헤어리베치를 혼파한 구가 m² 당 4,784 g으로 제일 많았다. 혼파구의 경우 단파구 파종량의 절반밖에 파종하지 않았으나 헤어리베치의 경우 단파구보다 더 많은 생체량을 보였다.

Table 3. Above ground biomass of cover crop fresh weight (g m⁻²) in 2015 and 2016.

Cover crop	Rye	Hairyvetch	Rye+Hairyvetch
2015	1,620	2,677	1,292+3,492
2016	3,117	6,229	2,441+3,578

2015년도 콩 정식 후 시기별 잡초발생량은 Table 4, 5, 6과 같다. 콩 정식 30일차인 7월 14일 호밀 피복구의 잡초 억제율은 79% 수준으로 호밀 피복에 의한 잡초억제 효과가 높았다. 지상부 생체량이 많았던 호밀/헤어리베치 혼

Table 4. Number and fresh weight of weed and weed control rates according to cover crop mulching at 30 days after soybean planting in 2015.

Treatment	No. of pl. m ⁻²	Fresh weight (g m ⁻²)	Weed control rate (%)	Main weeds ^Z
Rye	136 b	124.4 b	79	ECHCG, CYPIR, DIGCI, SETVI
Hairyvetch	464 ab	568.4 ab	5	ECHCG, CYPIR, DIGCI, POROL
Rye+Hairyvetch	260 b	233.6 ab	61	ECHCG, CYPIR, DIGCI
Control	1,120 a	598.8 a	-	ECHCG, CYPIR, DIGCI, POROL, SETVI

Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$).

^ZECHCG: *Echinochloa crus-galli* (돌피); CYPIR: *Cyperus iria* (참방동사니); DIGCI: *Digitaria ciliaris* (바랭이); SETVI: *Setaria viridis* (강아지풀); POROL: *Portulaca oleracea* (쇠비름).

Table 5. Number and fresh weight of weed and weed control rates according to cover crop mulching at 60 days after soybean planting in 2015.

Treatment	No. of pl. m ⁻²	Fresh weight (g m ⁻²)	Weed control rate (%)	Main weeds ^Z
Rye	112 b	533 b	80	ECHCG, CYPIR, DIGCI, POROL
Hairyvetch	123 b	2,649 a	1	ECHCG, DIGCI, SETVI, POROL
Rye+Hairyvetch	97 b	1,751 b	34	ECHCG, CYPIR, DIGCI
Control	422 a	2,662 a	-	ECHCG, CYPIR, DIGCI, POROL, SETVI

Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$).

^ZECHCG: *Echinochloa crus-galli* (돌피); CYPIR: *Cyperus iria* (참방동사니); DIGCI: *Digitaria ciliaris* (바랭이); SETVI: *Setaria viridis* (강아지풀); POROL: *Portulaca oleracea* (쇠비름).

Table 6. Number and fresh weight of weed and weed control rates according to cover crop mulching at 90 days after soybean planting in 2015.

Treatment	No. of pl. m ⁻²	Fresh weight (g m ⁻²)	Weed control rate (%)	Main weeds ^Z
Rye	30 c	1,493.7 b	45	ECHCG, CYPIR, DIGCI, PERHY
Hairyvetch	52 b	2,428 a	10	ECHCG, CYPIR, DIGCI
Rye+Hairyvetch	41 ab	2,075 ab	23	ECHCG, CYPIR, DIGCI, PERHY
Control	70 a	2,689 a	-	ECHCG, CYPIR, DIGCI, POROL, SETVI

Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$).

^ZECHCG: *Echinochloa crus-galli* (돌피); CYPIR: *Cyperus iria* (참방동사니); DIGCI: *Digitaria ciliaris* (바랭이); SETVI: *Setaria viridis* (강아지풀); POROL: *Portulaca oleracea* (쇠비름); PERHY: *Perdicaria hydropiper* (여뀌).

파구에서도 잡초억제율이 61% 수준으로 잡초 억제효과가 어느 정도 인정되었다. 하지만 헤어리베치 피복구는 무처리구와 거의 차이가 없는 잡초발생량을 보여 헤어리베치의 잡초억제 효과는 상대적으로 호밀과 혼파 처리구와 비교하여 낮은 결과를 나타내었다(Table 4). 전북 완주 유기농업 시험포장의 주요 발생잡초는 돌피, 방동사니, 바랭이, 강아지풀, 쇠비름 등이었다. 그밖에 발생이 확인된 잡초는 여뀌, 별꽃아재비, 망초 등으로 초종이 비교적 단순하였다. 콩의 생육중기인 정식 60일차, 8월 14일날 조사한 잡초발생량은 생육초기인 30일차와 비슷한 경향이였다. 호밀 피복구에서는 잡초발생이 80%까지 억제되었고 호밀과 헤어리베치 혼파구에서도 70% 가까운 잡초억제

을 보였다. 하지만 헤어리베치구는 생육초기와 마찬가지로 무처리구와 비슷한 잡초발생량을 보였다. 생육중기의 주요 초종도 초기와 마찬가지로 돌피, 방동사니, 바랭이, 쇠비름, 강아지풀 등이었고, 여뀌와 망초 외에 새롭게 발생한 잡초는 여름잡초인 깨풀과 명아주, 그리고 개비름, 석류풀, 중대가리풀 등이었다(Table 5). 전 생육기간이 100일 남짓한 올콩의 생육후기인 정식 90일차인 9월 16일의 잡초발생은 초·중기와 다른 양상이었다. 생육중기까지 80%를 유지하던 호밀피복구의 잡초억제율이 59%로 떨어졌고 호밀과 헤어리베치 혼파구의 잡초억제율도 30%에 미치지 못하였다. 이는 호밀을 예취 피복한 5월 19일 이후 약 4개월간 시간이 지나면서 호밀잔사가 분해되어 지면을 완벽하게 피복하지 못했기 때문이다. 하지만 이 시기에는 콩의 알곡이 성숙되어 수확기가 가까운 시점이라 잡초관리에는 문제가 되지 않는 시점이다. 9월 16일 잡초 조사 결과, 발생초종은 초, 중기 조사 때와 차이가 없었다. 속속이풀을 제외하면 새롭게 추가된 초종은 없었으며 돌피, 바랭이, 쇠비름 등 주요 초종이 우점하면서 발생 본수는 오히려 줄어들었다(Table 6).

2016년 작기의 경우, 2015년 가을, 피복작물 파종 시에 무경운 파종이었으나 입모 확보에 문제가 없었고 2016년 5월 피복처리 시에 충분한 생체량을 기록하였다(Table 3). 2015년 작기와 달리 헤어리베치 처리구의 생장량이 많아 호밀/헤어리베치 혼파구와 비슷한 생체량을 기록하였다. 2015년 작기에서 충분한 콩 수량을 확보하지 못하여 2016년에는 2본씩 직파하였는데 입모 상태가 좋지 않아 여러 차례 보파하여 초관 형성이 늦게 되었다. 즉, 잡초발생에 유리한 조건이 조성되었다고 할 수 있는데 잡초발생량은 2015년과 비슷한 양상이었다. Table 7에서 파종 60일차 잡초억제율은 호밀피복구는 무처리구 대비 78%를 보였다. 호밀/헤어리베치 혼파구는 62%의 잡초억제율을 보였으나 헤어리베치 피복구는 2015년과 마찬가지로 무처리구와 커다란 차이가 없는 잡초억제율을 보였다. 우점초종은 2015년도와 마찬가지로 돌피, 바랭이, 강아지풀 등이었고 새로운 초종은 발생하지 않았다.

Table 7. Number and fresh weight of weed and weed control rates according to cover crop mulching at 60 days after soybean sowing in 2016.

Treatment	No. of pl. m ⁻²	Fresh weight (g m ⁻²)	Weed control rate (%)	Main weeds ^Z
Rye	11 b	683 b	78	ECHCG, DIGCI, SETVI
Hairyvetch	25 ab	3,071 a	2	ECHCG, DIGCI, SETVI
Rye+Hairyvetch	18 ab	1,543 b	62	ECHCG, DIGCI, SETVI
Control	48 a	3,114 a	-	ECHCG, DIGCI, SETVI, POROL

Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$).

^ZECHCG: *Echinochloa crus-galli* (돌피); DIGCI: *Digitaria ciliaris* (바랭이); SETVI: *Setaria viridis* (강아지풀); POROL: *Portulaca oleracea* (쇠비름).

Lee et al. (2015)은 2014년 전국적인 잡초조사를 통하여 전북의 주요 우점 잡초는 한련초>쇠비름>방동사니>깨풀>바랭이 순이라고 하였으나 본 시험포장에서는 한련초가 발생하지는 않았다. 또한 2004년에 시행된 농경지발생잡초 정밀조사(RDA, 2005) 결과에 따르면 깨풀은 강원 지역의 경우 명아주, 쇠비름, 바랭이 등에 이어 7위로 낮았으나 충청도 지역에서는 바랭이에 이어 2위, 전라도와 경상도 지역에서는 바랭이, 쇠비름, 방동사니에 이어 3-4위의 우점도를 갖는다고 했으나 본 시험에서는 깨풀의 발생을 확인하는 정도였고 우점종이 아닌 것으로 나타나 이후에 정밀한 초종 조사가 필요한 것으로 생각된다.

Seo et al. (2008)은 호밀피복과 보전경운에 의한 잡초관리 시험을 통하여 피복보다 경운 여부에 따라 잡초발생에 영향을 많이 받으며 이랑 위 부분경운하는 부분을 30 cm, 10 cm로 줄일수록 잡초발생이 적었다고 하였는데, 부

분경운이나 최소경운보다 무경운하는 것이 잡초관리에 있어서는 유리할 것으로 보인다. 또한 Lee et al. (2008)은 호밀 춘파 시에 콩밭의 잡초억제를 위해서는 3월 20일 이전에 파종해야 효과가 있다고 했는데 자연생태계의 원리를 존중하는 유기농업 체계에서는 피복식물의 정상적인 생육을 위해 봄 파종 보다는 파종 적기인 가을에 파종 하는 것이 보다 긍정적인 효과를 가져 올 것으로 생각된다.

피복식물을 이용한 잡초관리 시 무경운 유기재배한 콩의 수량은 2015년과 2016년 모두 평년작에 미치지 못하였다(Table 8). 2015년의 경우 주당 협수는 40개 이상으로 좋은 성적을 보였으나 적정 입모수 확보가 되지 않아 화학 비료를 처리한 관행구에서도 300평으로 환산했을 때 116 kg 밖에 기록하지 못하였다. 무경운 재배구는 관행구 대비 71-35%를 기록하였다. 특히 헤어리베치 피복구는 잡초관리가 되지 않아 최저 수량을 보였다. 2016년에는 직파에 의해 적정 주수를 확보했음에도 불구하고 낮은 수량을 기록하였다. 2016년에는 전국적으로 콩의 평균단수가 낮았는데 이는 Table 1에서 보는 것과 같이 8월달의 고온에 의한 수정장애로 추정된다. Franchini et al. (2012)은 남부 브라질에서 콩의 장기 무경운재배 시험을 통하여 무경운 재배와 윤작을 결합했을 때는 증수효과가 있었으나 일반적인 무경운 재배에서는 증수되기 보다는 초기 2-3년간은 수량 감소가 있으나 4-14년 정도의 안정화기간 이후에는 관행과 비슷한 수량이 가능하다고 하였다. 본 시험에서는 무경운 1, 2년차 수량을 분석한 결과로 불안정한 수량을 보였으며 장기적인 무경운 재배를 통하여 생산성에 미치는 영향을 규명해야 할 것으로 생각된다.

Table 8. Organic soybean yield at harvest according to cover crop and no-tillage system in 2015 and 2016.

Treatment	2015		2016	
	No. of pod pl.-1	Yield (kg · 10a-1)	No. of pod pl.-1	Yield (kg · 10a-1)
Rye	40.9	63.8 c	25.7	137.4 a
Hairyvetch	28.5	42.2 d	17.1	81.1 ab
Rye+Hairyvetch	38.5	82.2 b	31.9	146.4 ab
PE mulching	53.1	116.0 a	16.1	78.2 ab
Control	29.2	58.2 cd	10.8	53.8 b

Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, $P < 0.05$).

요약

전북 완주의 국립농업과학원 유기농업 시험포장에서 2015년과 2016년 콩 무경운 유기재배를 위해 피복식물을 이용한 잡초관리 시험을 수행하였다. 피복식물은 호밀 단파와 헤어리베치를 단파하는 처리와 혼파하는 처리를 두었다. 피복식물은 2014년 가을에는 경운 후에 파종하였으나 2015년 이후에는 무경운 파종하였고, 콩은 2015년과 2016년 모두 무경운 재배하였다. 호밀 피복구에서는 정식 후 60일까지 80% 이상의 잡초억제율을 보여 무경운 재배에서 잡초관리가 가능한 것으로 판단되며, 호밀/헤어리베치 혼파구에서도 30% 이상의 잡초억제율을 보여 잡초관리 가능성을 확인하였다. 하지만 헤어리베치 피복구는 잡초억제 효과는 거의 나타나지 않았다. 유기재배 콩 포장의 발생 초종은 일반 포장에 비하여 많지 않았다. 2016년에 콩 무경운 유기재배 수량은 관행재배와 비교하여 다소 좋은 수량을 나타내었으나 전체적으로 평균수량은 낮게 나타났다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by research project from National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea (Project number PJ 010895).

REFERENCES

- Cho, J.L., Kim, C.S., Kang, C.K., Moon, B.C. and Park, J.E. 2009. Distribution, ecological habits and weed suppressive ability of winter annual belonged to Genus *Vicia* in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 29(1):62-67. (In Korean)
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A. and Li. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 3, 1-25.
- Franchini, J.C., Debiasi, H., Junior, A.A., Tonon, B.C., Bouc, J.R., et al. 2012. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. *Field Crop Res.* 137:178-185.
- Hwang, J.B., Song, S.B., Hong, Y.K., Park, K.D. and Park, S.T. 2008. Effects of barley, wheat and rape cover to weed smothering in growing soybean in cry paddy field. *Kor. J. Weed Sci.* 28(4):414-419. (In Korean)
- Johanson, C., Haque, M.E., Bell, R.W., Thierfelder, C. and Esdaile, R.J. 2012. Conservation agriculture for small holder rainfed farming: Opportunities and constraints of new mechanized seeding systems. *Field Crop Res.* 132:18-32.
- Kim, S., Im, I.B., Kang, J.G., Lee, S.B. and An, X.H. 2008. Effects of weeding and growth characteristics by mulched plant as Chinese milk-vetch and hairy-vetch and seeding density of soybean at soybean cultivation in paddy field. *Kor. J. Weed Sci.* 28(2):139-145. (In Korean)
- Lee, B.M., Jee, H.J., Ryu, K.Y., Park, J.H. and Lee, J.H. 2008. Effects of rye sowing dates on weed occurrence in soybean. *Kor. J. Weed Sci.* 28(2):111-116. (In Korean)
- Lee, I.Y., Oh, Y.J., Hong, S.H., Choi, J.K., Heo, S.J., et al. 2015. Weed flora diversity and composition on upland field of Korea. *Weed Turf. Sci.* 4(3):159-175. (In Korean)
- Lee, J.H., Lee, B.M., Shim, S.I., Lee, Y. and Jee, H.J. 2011. Effects of crimson clover, hairy vetch and rye residue mulch on weed occurrence, soybean growth and yield in soybean field. *Kor. J. Weed Sci.* 31(2):137-174. (In Korean)
- Lee, S.B., Kim, B.S., Kang, J.G., Kim, S. and Kim, J.D. 2006. Effects of barley straw application and tillage method on soil physical property and soybean yield in paddy field. *Kor. J. Crop Sci.* 51(7):593-598. (In Korean)
- NAQS. 2017. <http://www.enviagro.go.kr>. (Accessed Aug. 18, 2017).
- Ok, J.H., Cho, J.L., Lee, B.M., An, N.H. and Shin, J.H. 2015. Monitoring for change of soil characteristics by repeated organic supply of compost and green manures in newly reclaimed organic upland field. *Kor. J. Organic Agri.* 23(4):813-827. (In Korean)
- RDA (Rural Development Administration). 2005. Weed precision survey in crop fields of Korea. Suwon, Korea. pp. 63-194. (In Korean)
- Seo, J.H., Lee, J.E., Cho, Y.S., Lee, C.K., Yoon, Y.H., et al. 2008. Effects of rye cover crop and conservation tillage system on weed occurrence and soybean seedling stand. *Kor. J. Weed Sci.* 28(4):383-390. (In Korean)
- Seo, J.H., Moon, J.K., Kwon, Y.U., Ku, J.H. and Kim, S.J. 2013. Change of weeds occurrence, early growth and yield of soybean at simultaneous planting with rye as living mulch. *Weed Turf. Sci.* 2(3):236-241. (In Korean)
- Yang, S.K. and Jung, W.J. 2016. No-tillage agriculture of Korean-type on recycled ridge I. Changes in physical properties: soil crack, penetration resistance, drainage, and capacity to retain water at plastic film greenhouse soil by different tillage system. *Kor. J. Organic Agri.* 24(4):699-717. (In Korean)