

콩과 피복작물 리빙멀치에 따른 옥수수 무경운 재배지의 잡초군락 변화

최봉수¹, 김충국*, 성기영, 송득영, 전원태, 조현숙, 정광호, 강위금

Change of Weed Community in No-till Corn with Legume Cover Crops as Living Mulch

Bongsu Choi¹, Chung-Guk Kim*, Ki-Yeong Seong, Duk-Young Song, Weon-Tai Jeon
Hyun-Suk Cho, Kwang-Ho Jeong and Ui-Gum Kang

ABSTRACT Cover crop can be used to suppress weeds by competition for light and nutrient. Objective of this study was to evaluate the effectiveness of legume cover crops on change of weed community in no-till corn cultivation. Two legume cover crops, hairy vetch and crimson clover were grown in the field, and succeeding corn was sown on 4 May, 2010. The distribution of weed was surveyed at 15 April, 1 June, and 20 August. At 15 April, the weed biomass in hairy vetch field was higher than in crimson clover field. The dominant weeds were *Capsella bursa-pastoris* L. and *Stellaria aquatica* L. in hairy vetch and crimson clover fields, respectively. At vegetative stage of corn, occurred weeds in hairy vetch and crimson clover fields were four and six species, respectively, while the weed was occurred with nine species in conventional. Also the dry weight of weed was decreased by 82 and 75% in hairy vetch and crimson clover fields compared to conventional. On the other hand, after harvest of corn, occurred weed in hairy vetch, crimson clover and conventional was five, four and five species, respectively. Dry weight percentage of occurred weed in conventional was 23.5%, and the value was higher than 13.8 and 14.7% in hairy vetch and crimson clover fields, respectively. *Stellaria aquatica* L. as winter annual weed only occurred in cover crop field during corn growing season. It is these possibilities that low soil temperature and light interception by soil cover of legume cover crop.

Keys words: cover crop; crimson clover; green manure; hairy vetch; weed community.

¹ 농촌진흥청 국립식량과학원, 441-857, 경기도 수원시 권선구 수인로 125(National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-31-290-6756, Fax) +82-31-290-6773, E-mail) kimcg@korea.kr

(Received November 22, 2010; Examined January 10, 2011; Accepted February 7, 2011)

서 언

경작지에서 잡초의 발생은 작물수량을 상당량 감소시키기 때문에 잡초방제는 농업 생산에 있어서 중요한 위치에 있으며, 이중 제초제의 이용은 보다 효과적인 잡초방제의 수단이다. 그러나 최근 다수확에서 친환경 안전 농산물 생산이라는 패러다임의 변화로 합성농약 및 화학비료 사용을 줄이고 있는 실정이며, 이에 따른 다양한 연구가 진행되고 있다. 이러한 변화의 흐름속에서 피복(녹비)작물을 이용해 친환경 안전농산물을 생산하기 위한 연구가 꾸준히 증가하고 있다.

피복작물은 수분, 광, 양분의 경합에 의해 경작지에서 잡초의 발생을 억제시키고, 일부 피복작물은 잡초의 생육을 억제시키는 알레로파시 효과를 가지고 있다(Barnes와 Putnam 1983). 이들 작물은 잡초방제를 위한 윤작시스템의 기본적인 구성요소이며, 피복작물 잔유물에 의한 잡초종자의 사멸효과를 기대할 수 있어 잡초의 밀도 및 초종변화에 큰 영향을 준다(Cromar 등 1999). 또한 이들 피복작물은 질소 용탈을 줄이고, 토양의 생물다양성 증가, 물리성 개선, 수분보유력 증진 등 토양의 건전성(quality)을 증진시킬 수 있어 지속농업을 영위하기 위해 중요한 역할을 하고 있다(Sarrantonio와 Scott 1988).

피복작물을 이용한 멀칭효과는 초종, 기후 및 시기에 따라 잡초의 발생에 영향을 미치는데(Herrero 등 2001), 피복작물과 연계한 작물 관리시스템은 단기간 또는 장기간에 걸쳐 잡초의 밀도와 생산량에 영향을 미친다(Ngouajio 등 2003). 작부체계의 변화는 농업 생태계의 현저한 변화를 가져오며 이러한 변화는 잡초와 병해충의 발생밀도 및 관리에 영향을 미친다(Ngouajio 등 2003). 이로 인한 식물군락의 변화는 토양의 교란시기와 맞물려 계절변이가 나타나는데 봄 경운으로 가을 밭아 잡초를, 가을 경운으로 봄 밭아 잡초를 현저히 감소시켰다고 보고하였다(Crawley 2004).

또한 피복작물에 의한 리빙멀칭은 주 작물의 재배 기간 동안 지표면을 피복하는 것으로, 만일 리빙멀칭 작물이 다년생이라면 이 작물은 종자를 재파종 할

필요 없이 해마다 피복상태를 유지할 수 있으며(Hartwig 1983), 그 이듬해 무경운 또는 최소경운을 통해 피복작물의 생육을 최소로 억제하여 작물재배를 위해 효율적인 이용이 가능하다(Hartwig과 Ammon 2002).

이에 본 연구는 피복작물의 장점을 이용하여 친환경 작물재배로써 무경운 옥수수 재배시 콩과피복작물인 헤어리베치와 크림손클로버를 리빙멀칭(living mulch)에 따른 경작지의 잡초 군락변화를 조사하였다.

재료 및 방법

피복작물 및 옥수수 재배

본 연구는 국립식량과학원 작물환경과 시험포장에서 실시하였으며, 녹비피복작물인 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth.)와 크림손클로버(*Trifolium incarnatum* L.)는 2009년 10월에 파종(산파)하였다.

피복작물이 생육중인 가운데 후작물인 옥수수(*Zea mays* L.)는 2010년 5월 4일(크림손클로버의 개화기)과 6월 9일(헤어리베치의 개화기)에 재식거리 70×25cm 간격으로 인력 점파하였다. 대조구로써 관행구는 월동 후 4월 1일에 춘경을 실시하였고, 옥수수 파종 전 시비와 함께 경운 및 정지작업을 실시하였다. 관행구는 옥수수 재배를 위한 시비량으로 질소-인산-칼리(N-P₂O₅-K₂O)를 각각 145-30-60kg ha⁻¹수준으로 사용하였다. 그 중 인산과 칼리는 전량 기비하였으며, 질소는 파종 직전 50% 기비와 옥수수 생육이 6-7엽기에 도달한 6월 7일에 나머지 50%를 추비로 분시하였다. 관행구는 잡초방제를 위해 옥수수 파종 후 토양처리제로써 알라클로르입제를 1.5kg ai ha⁻¹수준으로 처리하였으며, 2010년 8월 11일과 18일에 옥수수를 수확하였다.

잡초 발생 조사

콩과 피복작물-옥수수 작부체계에서 피복작물의 멀칭효과를 알아보기 위하여 토양 피복에 의한 경작지의 잡초 발생형태를 조사하였다. 경작지 잡초 조사는 옥수수 파종전인 4월 15일, 옥수수가 한창 생

육중인 7월 1일, 옥수수 수확 후인 8월 20일의 3회에 걸쳐 실시하였다. 경작지의 첫 조사(4월 15일)에서 관행구는 춘경으로 인해 잡초조사를 생략하였고, 이를 제외한 헤어리베치와 크림손클로버구에서만 실시하였다. 한편 7월 1일 조사에서는 헤어리베치가 왕성한 생육 후 고사하는 중으로 잡초와 뒤섞여 있어 초종의 구분은 가능하였지만 개체수의 확인은 불가능하였다.

각 시기별 잡초군락의 변화를 알아보기 위하여 1×1m의 조사틀을 이용하였으며, 조사틀 내의 모든 잡초를 채취하여 초종별 분류를 통한 잡초의 발생본수 및 생체중을 조사하였고, 건조기를 이용하여 70℃에서 2일간 건조시킨 후 건물중을 조사하였다.

결과 및 고찰

옥수수 파종당시 피복작물은 토양을 전면 피복하고 있는 상태였다. 피복작물의 개화기는 헤어리베치와 크림손클로버가 각각 6월 상순과 5월 상순이었고, 토양 피복과 함께 피복작물의 가장 왕성한 시기는 헤어리베치와 크림손클로버가 각각 4월 하순~6월 상순, 4월 하순~5월 중순까지로 생체중이 각각 ha당

20과 30ton 이상의 바이오매스를 생산하였다.

이른 봄 피복작물 생육 중 발생한 잡초를 조사하여 표 1에 나타내었다. 각 경작지에서 발생한 잡초의 개체수는 헤어리베치구에서 크림손클로버구의 76% 수준으로 낮았으며, 발생 초종은 헤어리베치구에서 냉이, 쇠별꽃, 점나도나물 및 꽃다지의 4종, 크림손클로버구에서 냉이, 쇠별꽃 및 꽃다지의 3종으로 모두 월년생인 것을 알 수 있었다. 헤어리베치구에서 발생한 잡초 중 냉이는 단위 면적당 162본으로 가장 많았고, 건물중도 51.1g으로 가장 높았으며, 이는 전체 발생량의 83.6%를 차지하였다. 한편 크림손클로버구는 헤어리베치구와 달리 냉이와 쇠별꽃의 개체수가 많았으며 쇠별꽃의 건물중이 전체의 57.0%로 가장 높았다.

옥수수 파종 전 관행구의 잡초 발생은 성적으로 제시하지는 않았지만 경운 전에는 월동 후 냉이가 우점하였으며, 작기가 시작됨과 동시에 춘경이 행해지므로 경운 전 발생한 잡초가 물리적으로 제거되며 이는 관행구의 경우 경운 후 새롭게 발생하는 잡초와의 상관성은 낮을 것으로 생각된다.

매년 경운을 행하는 농업생태계에서 경운 시기는 잡초 발생과 매우 밀접한 관련이 있는데, 땅속에 있던 잡초 종자가 발아하기 좋은 조건의 지표면으로 올라

Table 1. Effects of legume cover crops on occurrence and growth of weed species in cover crop fields at 15 April.

Weed species	Life cycle	No. of plant (plants m ⁻²)		Fresh weight (g m ⁻²)		Dry weight (g m ⁻²)	
		Hairy vetch	Crimson clover	Hairy vetch	Crimson clover	Hairy vetch	Crimson clover
<i>Capsella bursa-pastoris</i> L. (냉이)	W.a ¹⁾	162	170	223.0	142.7	51.1	35.7
<i>Stellaria aquatica</i> L. (쇠별꽃)	W.a	70	146	34.4	283.9	7.5	53.9
<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i> (Nakai) Mizushima (점나도나물)	W.a	10	-	7.1	-	1.2	-
<i>Draba nemorosa</i> L. (꽃다지)	W.a	14	22	4.5	17.8	1.3	4.9
Total		256	338	268.9	444.4	61.2	94.5

¹⁾W.a, Winter annual.

Table 2. Effects of legume cover crops on occurrence and growth of weed species in corn field with or without cover crops in summer season.

Weed species	Life cycle	No. of plant (plants m ⁻²)			Fresh weight (g m ⁻²)			Dry weight (g m ⁻²)		
		Conventional	Hairy vetch	Crimson clover	Conventional	Hairy vetch	Crimson clover	Conventional	Hairy vetch	Crimson clover
D.c ¹⁾	a ²⁾	250.7	-	72.1	1400.0	-	95.7	207.1	-	9.7
E.c	a	15.0	-	8.6	80.5	-	22.7	10.2	-	2.0
C.a	a	13.6	-	-	37.7	-	-	7.2	-	-
P.b	a	24.3	-	-	181.8	-	-	29.1	-	-
P.o	a	17.1	-	-	48.9	-	-	4.0	-	-
A.a	a	0.7	-	0.7	2.3	-	1.5	0.4	-	0.1
O.c	a	4.3	-	-	2.0	-	-	0.3	-	-
A.l	a	-	N.C ³⁾	-	-	41.6	-	-	5.8	-
C.h	W.a	1.4	N.C	2.1	2.8	5.7	13.0	0.2	0.9	2.3
R.c	W.a	-	N.C	1.4	-	53.1	92.8	-	6.2	11.3
R.i	W.a	9.3	-	-	8.5	-	-	1.7	-	-
S.a	W.a	-	N.C	24.3	-	289.0	280.8	-	33.1	37.8
Total		336.4	N.C	109.3	1764.5	389.4	506.5	260.1	46.0	63.2

¹⁾D.c, *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.(바랭이); E.c, *Echinochloa crus-galli*(돌피); C.a, *Chenopodium album* var. *centrorubrum* Makino(명아주); P.b, *Panicum bisulcatum* Thumb.(개기장); P.o, *Portulaca oleracea* L.(쇠비름); A.a, *Acalypha australis* L.(깨풀); O.c, *Oxalis corniculata* L.(괘이밥); A.l, *Amaranthus lividus* L.(개비름); C.h, *Calystegia hederacea* Wall.(애기메꽃); R.c, *Rumex crispus* L.(소리쟁이); R.i, *Rorippa islandica* (Oeder) Borb.(속속이풀); S.a, *Stellaria aquatica* L.(쇠별꽃).

²⁾a, annual; W.a, winter annual.

³⁾N.C, not counted.

온다하여도 기온, 수분 등 외적 요인과 잡초의 생활사와 같은 내적요인이 발아에 영향을 미치기 때문이다. Smith(2006)는 봄 경운시 이른 봄 출아하는 일년생 광엽잡초 및 화본과 C₄식물이 우점하였고, 가을 경운시 늦게 출아하는 광엽잡초 및 화본과 C₃식물에 의해 군락이 형성된다고 하였다.

이른 봄 발생했던 잡초는 여름이 되면 기온변화로 인해 경작지에서 대부분 사라지고 새로운 잡초종으로 변화하였다(표 2). 옥수수의 생육 중기 경작지의 잡초는 관행구에서 바랭이를 비롯하여 9종으로 다양하였으며, 잡초의 밀도도 가장 높았다. 반면 헤어리베치구는 쇠별꽃, 애기메꽃, 소리쟁이, 개비름의 4종, 크림손클로버구는 바랭이, 피, 쇠별꽃, 애기메꽃, 소리쟁이, 깨풀의 6초종이었으며, 잡초의 건물생산량은 헤어리베치와 크림손클로버구에서 각각 관행구의 18과 25% 수준으로 현저히 낮았다.

관행구는 바랭이를 비롯한 하계잡초가 대부분 발생한 것과 비교하여 헤어리베치구와 크림손클로버구에서는 쇠비름, 소리쟁이, 개비름(헤어리베치구에서만 발생)과 같이 관행구에서는 발생하지 않았던 잡초들이 발생하였다.

초종이 다양했던 관행구에서 바랭이는 전체 잡초 건물중의 80%를 차지하며 가장 우점하는 잡초로 나타났다. 그 다음으로 개기장, 돌피 순이었다. 반면 헤어리베치구는 쇠별꽃이 대부분이었고 소리쟁이, 개비름 순이었고, 크림손클로버구는 쇠별꽃, 소리쟁이, 바랭이 순으로 우점하였다. 크림손클로버는 6월 이전에 고사가 시작되었는데 이에 따라 헤어리베치구보다 잡초종자의 발아가 촉진되었고, 잡초종이 증가한 것으로 판단된다.

헤어리베치는 지표면과 접하는 부분부터 부숙하기 시작하였는데, 헤어리베치구에서 쇠별꽃은 일부 부숙

Table 3. Effects of legume cover crops on growth of weed species in no-till corn field after harvest.

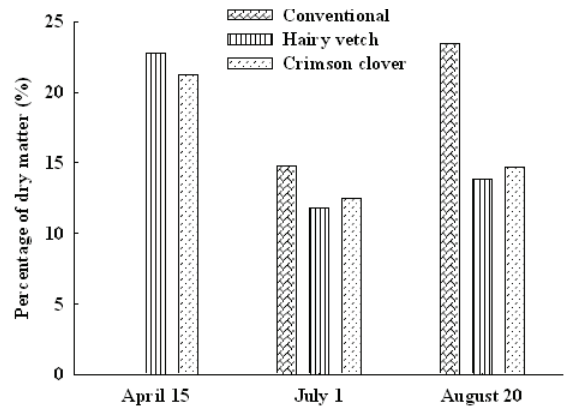
Weed species	Fresh weight(g m ²)			Dry weight(g m ²)		
	Conventional	Hairy vetch	Crimson clover	Conventional	Hairy vetch	Crimson clover
D.a ¹⁾	878.6	642.9	775.0	206.4	93.4	114.9
E.c	52.8	157.8	164.3	11.8	18.7	23.6
P.b	16.8	-	-	5.0	-	-
P.o	38.9	-	-	8.7	-	-
A.a	1.4	-	-	0.3	-	-
S.a	-	110.	31.9	-	13.6	4.4
C.h	-	18.7	-	-	2.4	-
R.c	-	41.4	70.2	-	6.3	9.7
Total	988.5	971.2	1041.4	232.2	134.3	152.7

¹⁾D.c, *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.(바랭이); E.c, *Echinochloa crus-galli*(돌피); P.b, *Panicum bisulcatum* Thumb.(개기장); P.o, *Portulaca oleracea* L.(쇠비름); A.a, *Acalypha australis* L.(개풀); S.a, *Stellaria aquatica* L.(쇠별꽃); C.h, *Calystegia hederacea* Wall.(애기메꽃); R.c, *Rumex crispus* L.(소리쟁이).

이 진행되는 과정이었지만 여전히 피복작물 외에 가장 우점하는 잡초로 나타났다. 이러한 경향은 피복작물의 생육에 따라 지표면의 온도를 저하시키는 원인으로 잡초의 발아가 지연된 것으로 판단된다.

옥수수 수확 후 각 재배지에서 이전과 달리 초종의 변화가 일어났는데 옥수수 생육 중기 조사에서 9종의 잡초가 발생했던 관행구는 초종이 현저히 감소하여 바랭이를 비롯한 5종으로 나타났으며, 헤어리베치와 크림손클로버구에서 각각 5종과 4종이 발생하였다(표 3). 관행구는 바랭이가 86%로 가장 우점하였으며, 헤어리베치구는 바랭이(69%), 돌피(14%), 쇠별꽃(10%) 순이었고, 크림손클로버구는 바랭이와 돌피가 주 우점잡초로 전체 잡초 건물중의 91%에 달하였다. 한편 토양 피복에 의한 낮은 지온과 광 차단 등으로 쇠별꽃과 같은 이른 봄에 발생하는 잡초가 지속적으로 생육할 수 있었던 원인으로 판단된다.

옥수수 수확 후 발생 잡초의 생체중은 관행구와 피복작물구에서 비슷하였으며, 그 중 크림손클로버구에서 1041.4g m⁻²으로 근소하게 높았지만 건물생산량은 관행의 66%수준이었다. 피복작물 이용에 대한 연구로서 헤어리베치의 피복 멀칭이나 예취 피복에 의해 첫 6주간은 잡초 발생을 현저히 감소시켰으나, 그 후로는 오히려 잡초 발생을 증가시켰다고 보고하였

**Fig. 1.** Seasonal change in dry matter percentage of weed species in no-till corn field with or without cover crops.

으며(Teasdale 1993), 피복작물을 이용하여 간작한 밭 재배지는 작물만 재배한 경작지보다 토양과 광에 영향을 받기 때문에 잡초 발생을 감소시켰다고 보고하였다(Smith와 Gross 2007).

관행구에서 전체 잡초의 건물중은 232.2g m⁻²으로 건물율이 23.5%에 달하는 반면 헤어리베치와 크림손클로버구의 건물율은 각각 13.8과 14.7%로 현저히 낮았다(그림. 1). 관행구의 우점잡초인 바랭이가 생육 후기로 접어들어 건물율이 높아졌으나 헤어리베치와 크림손클로버 등 피복되어 있는 상태에서 발생한 잡

초는 출아 및 생육이 관행구보다 지연되어 건물율이 낮은 것으로 판단된다.

피복작물 재배구에서는 옥수수 수확 후에도 쇠별꽃을 지속적으로 확인할 수 있었다. 쇠별꽃은 목질화가 아닌 부숙으로 이어져 바랭이 보다 건물율이 낮았으며, 이에 따른 발생잡초의 총 건물율에서 관행구와 차이가 있는 것으로 나타났다. 반면 냉이와 꽃다지 등 봄 발생 잡초는 뿌리를 포함하고 있어서 이를 건물화하였을 때의 건물율이 높게 나타났는데, 바랭이가 대부분 이었던 관행구는 7월에 왕성한 생육이었으며, 옥수수 수확 후에는 종자의 등숙기로 접어들어 건물율이 높아졌다.

한편 성적으로 제시하지 않았지만 헤어리베치의 영양생장기에 파종(5월 4일)한 옥수수는 출아 후 피복층을 뚫지 못하고 지표면에서 피복작물과 함께 고사하여 최종 생존율이 38%로 현저히 낮았으나 헤어리베치의 개화기에 파종(6월 9일)한 옥수수는 생존율을 80%까지 확보할 수 있었다. 반면 크림손클로버의 개화기 및 생육후기(결실기)에 파종한 옥수수는 생존율이 각각 76과 83%로 헤어리베치구보다 높았는데 이는 덩굴을 형성하지 않는 직립형으로 출아 후 광이용이 가능하기 때문으로 판단된다. 이들 옥수수는 관행구 건물수량이 26.2ton ha⁻¹에 비하여 헤어리베치와 크림손클로버구에서 각각 6.6과 20.2ton ha⁻¹ 수준이었는데, 이는 옥수수의 생존율과 깊은 관련이 있었다. 또한 잡초와의 양분경합에 의해 옥수수의 수량도 감소하는데, Teasdale(1993)은 무경운 옥수수 재배에서 피복작물 이용이 체초제 절감에 효과적이었지만 옥수수 수량이 관행의 46% 수준으로 감소되었다고 보고하였다.

각 작물별 파종기 차이는 잡초 발생양상을 조사하는데 고려해야 할 주요사항이다. 경운이 동반되는 관행구의 경우 작물 파종을 위한 경운시기의 차이가 잡초의 발아적온에 영향을 미치므로 경운시기 별 발생 초종이 현저히 달라진다. 예를 들어 이른 봄 경운은 4~5월에 성기를 이루는 명아주, 개여뀌 등(구 등 1995)의 발생을 유발할 것이고, 늦은 봄 경운은 7~8월에 성기를 맞는 바랭이, 비름 등(구 등 1995)과 같은 잡초의 발생을 유발할 것이다. 한편 옥수수의 생존

율이 높았다면 피복작물의 생육 후 고사하는 시기에 옥수수가 왕성하게 생육할 수 있어 토양표면의 피복율을 증가시키므로 바랭이와 같은 하계잡초의 발생이 지연 또는 감소하였을 것으로 판단된다.

이러한 결과를 바탕으로 헤어리베치의 피복상태에서 옥수수 재배는 크림손클로버보다 파종시기가 지연되지만 옥수수의 생육 및 잡초방제효과 등을 고려할 때 크림손클로버 보다 효과적인 것으로 판단된다. 한편 옥수수 수확 후 표면을 덮고 있는 잡초를 활용하여 헤어리베치와 크림손클로버의 산과에 의한 발아율 향상을 기대해 볼 만하며, 향후 self-reseeding 효과에 대한 검토와 현재 시험포장의 유지를 통한 장기적인 식생변화 연구가 가능할 것으로 기대된다.

요 약

이른 봄 녹비피복작물 생육에 따른 잡초의 발생은 헤어리베치구에서 크림손클로버구의 76%수준이었으며, 발생한 잡초종은 헤어리베치구에서 4종(냉이, 쇠별꽃, 점나도나물 및 꽃다지), 크림손클로버구에서 3종(냉이, 쇠별꽃 및 꽃다지)이었다. 두 피복작물 재배지에서 발생한 잡초 중 냉이는 다른 초종보다 현저히 많았고, 이에 따른 건물생산량도 가장 높았다. 크림손클로버구는 냉이 외에도 쇠별꽃의 개체수가 많았으며, 건물생산량도 쇠별꽃이 가장 높았다. 옥수수 생육중기의 경작지 발생 잡초는 관행구에서 9종으로 다양하였으며, 잡초의 개체수도 가장 많았다. 한편 헤어리베치구와 크림손클로버구의 발생 잡초는 각각 4종과 6종이었으며, 건물생산량은 각각 관행구의 18과 25% 수준으로 낮았다. 옥수수 수확 후 각 재배지 발생 잡초는 관행구에서 초종이 현저히 감소하여 바랭이를 비롯한 5종, 헤어리베치와 크림손클로버구에서 각각 5종과 4종이었다. 잡초의 건물율은 관행구에서 23.5%였으며, 헤어리베치와 크림손클로버구는 각각 13.8과 14.7%로 관행구에 비해 현저히 낮았다. 한편 피복작물 재배구는 토양 피복에 의한 낮은 지온과 광차단 등으로 인하여 관행구에서 발생하지 않았던 쇠별꽃이 지속적으로 생육하였다.

감사의 글

본 연구는 2010년 농촌진흥청 박사후연구과정의 지원으로 수행되었습니다.

인용 문헌

- 구자옥, 변종영, 전재철. 1995. 잡초방제학. 향문사. pp. 25-26.
- Barnes, J. P., and A. R. Putnam. 1983. Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *J. Chem. Ecol.* 9:1045-1057.
- Crawley, M. J. 2004. Timing of disturbance and coexistence in a species-rich ruderal plant community. *Ecology* 85:3277-3288.
- Cromar, H. E., S. D., Murphy and C. J., Swanton. 1999. Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Sci.* 47:184-194.
- Hartwig, N. L. 1983. Crownvetch-a perennial legume living mulch for no-tillage crop production. *Proc. Northeast. Weed Sci. Soc.* 37(suppl.): 28-38.
- Hartwig, N. L. and H. U. Ammon. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Sci.* 50:688-699.
- Herrero, E.V., J. P., Mitchell, W. T., Lanini, S. R., Temple, E. M., Miyao, R. D., Morse and E. Campiglia. 2001. Use of cover crop mulches in a no-till furrow-irrigated processing tomato production. *HortTechnology* 11:43-48.
- Ngouajio, M., M. E. McGiffen and C. M. Hutchinson. 2003. Effect of cover crop and management system on weed populations in lettuce. *Crop Prot.* 22:57-64.
- Sarrantonio, M., and T. W. Scott. 1988. Tillage effects on availability of N to corn following a winter green manure crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1661-1668.
- Smith, R. G. 2006. Timing of tillage is an important filter on the assembly of weed communities. *Weed Sci.* 54:705-712.
- Smith, R. G., and K. L. Gross. 2007. Assembly of weed communities along a crop diversity gradient. *J. Appl. Ecol.* 44:1046-1056.
- Teasdale, J. R. 1993. Reduced-herbicide weed management systems for no-tillage corn (*Zea mays*) in a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. *Weed Tech.* 7:879-883.