

파종 시기에 따른 피복작물의 월동 후 생존과 성장 변화

이지현* · 심상인** · 강충길* · 지형진* · 이현복*** · 이병모*†

*국립농업과학원 유기농업과, **경상대학교 농학과, ***(주)동양레저

Changes of Field Establishment and Growth in Cover Crops Sown at Different Times

Ji-Hyun Lee*, Sang-In Shim**, Chung Kil Kang*, Hyeong-Jin Jee*, Hyeon Bok Lee***, and Byung-Mo Lee*†

*Organic Agriculture Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

**Department of Agronomy, College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

***Inc. Tong Yang Leisure, Anseong 456-932, Korea

ABSTRACT In organic farming systems, integration of cover crops into cropping system are recommended to improve the soil quality, to prevent soil erosion, and to provide biological control of weeds. The aim of the present study was to evaluate the optimal seeding dates of major cover crops. To know optimal seeding dates, crimson clover, alfalfa, rye and hairy vetch were sown on 20. Sep., 27. Sep., 4. Oct., 11. Oct., 18. Oct., 25. Oct. Rye could germinate and grow well in all the tested sowing dates. Hence, it was concluded that the sowing of rye could be conducted later in fall or more earlier in spring than any other cover crops tested in this study. Growth and ground covering capacity were significantly decreased by late sowing in alfalfa and crimson clover. For safe overwintering, alfalfa and crimson clover should be sown before late September. Similarly, field emergence of hairy vetch was found to be sensitive to soil temperature, however, its growth and ground covering capacity after overwintering was enough to compensate the delay in sowing. Germination tests in laboratory revealed that hairy vetch grew faster at 25°C compared to 20°C. The result suggested that germination and growth rate of hairy vetch was rapidly decreased at low temperature. Therefore, it is recommended that hairy vetch should be sown as soon as possible in September for improving stand establishment after overwintering.

Keywords : cover crop, crimson clover, alfalfa, rye, hairy vetch, sowing date, temperature influence

최근 식품의 안전성 문제가 사회적 현안으로 부각되면서 친환경농산물에 대한 국민들의 관심과 수요가 크게 증가하고 있다(농림수산식품부, 2008). 이러한 변화에 따라 친환경농산물 재배 농가도 증가되고 있는데, 통계청이 조사한 농업총조사에 따르면 2007년 친환경농업 실천농가 수는 7만 5,002 가구로 2000년의 6만 275 가구보다 24.4%가 증가되었다(통계청, 2008).

관행적인 재배 시스템에서는 양분 공급과 병해충 관리를 화학 비료나 유기 합성 농약에 의존하고 있어 피복작물에 대한 연구가 극히 미진했으나, 친환경재배 시스템에서는 피복작물 재배가 필수적이며, 또한 이에 따른 연구도 뒷받침되어야 한다고 보고되고 있다(심, 2005). 피복작물은 농업에 여러 측면에서 유익한데, 대표적으로 농약 사용을 줄여 주고 토양 수분 및 온도를 조절해 주며, 토양 비옥도를 증진시키는 것으로 알려져 있다(Andy, 2007). 특히 내동성이 큰 피복작물은 주작물 재배가 끝난 후 재배되어 토양 밑으로 용탈되는 질산태 질소 등을 흡수하여 양분 유실을 억제하며, 강우와 바람으로부터 토양이 유실되는 것을 막아주는 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(Preston, 2003; John, 2002). 더욱이 겨울철에 생산된 피복작물을 토양에 녹비로 환원하지 않고 토양 표면에 피복시키면 토양 표면에 도달하는 광을 차단시키고 allelochemical을 내뿜어 잡초 억제효과를 볼 수 있으며(Nagabhushana *et al.*, 2001; Phatak, 1998), 이른 봄 푸른 식물이 거의 없을 시기에도 잘 자라 들판에 생동감을 줄 수 있다(농촌진흥청, 2002). 일반적으로 화분과 피복작물은 파종이 10월 이후에도 가능하나, 콩과 피복작물은 초기생육이 현저히 늦어 가을에 일찍 파종을 하지 않으면 월동 전 충분한 지상부 및 지하부 생체중을 확보하지 못해

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-0562

(E-mail) leebm@rda.go.kr

<Received May 7, 2009>

월동 시 고사할 경우가 있고, 월동 후에도 재생이 느려 이른 봄에 많은 수량을 기대할 수가 없다는 보고가 있다(서 등, 2000).

심(2005)이 2004년 경남 진주에서 자운영의 파종기를 적기(9월 5일)와 만기(10월 20일)로 다르게 파종한 실험에 의하면 만기에 파종한 자운영은 생육 정지기까지 이루어지는 생육이 미진하여 월동 후에도 회복량이 아주 적었다고 했다. 또한 이듬해 봄에 조사된 만기 파종 자운영의 건물중은 적기에 파종된 자운영의 건물중보다 90%이상 낮게 나타났다.

수원에서 1997년 9월 10일, 10월 1일, 10월 20일에 파종한 후 이듬해 헤어리베치의 지상부 건물중은 각각 5.03, 3.44, 1.11 ton ha⁻¹로 파종 시기가 늦을수록 건물중이 감소되었다. 특히, 파종기가 10월로 늦어지면서 현저히 감소되었다(서 등, 2000).

이와 같이 동계 피복작물에 있어서 파종 시기는 월동 후 회복률과 생산량에 아주 중요한 영향을 미친다. 하지만 피복작물은 농지에서 주작물의 수확이 끝난 후에 파종되기 때문에 주작물의 수확이 늦어질 경우 파종 시기를 놓쳐 안전한 월동이 어려울 수 있다. 본 실험은 4가지 동계 피복작물의 파종 시기에 따른 생육 특성을 알아보고 이를 토대로 적절한 파종 시기를 결정하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에서 피복작물의 공시재료로는 헤어리베치(*Vicia villosa* cv. Hungvillosa), 호밀(*Secale cereale* cv. Maton), 크림손클로버(*Trifolium incarnatum* cv. Contea), 알팔파(*Medicago sativa* cv. Vernal)를 사용하였다.

실내 발아 검정

지름이 9 cm인 페트리디쉬에 Whatman No. 2 여과지 두 장을 깔고, 종이를 눌렀을 때 손가락 주위에 물의 피막이 형성되지 않을 정도의 물을 넣은 다음 헤어리베치, 호밀, 크림손클로버, 알팔파 종자를 각각 100립씩 3반복으로 치상하였다. 항온기 온도를 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C로 조절하여 종자가 든 페트리디쉬를 넣은 후 10일 동안 매일 발아율을 조사하고, 10일 째 되는 날 유아, 유근 길이를 조사하였다. 통계처리는 SAS 프로그램(SAS 9.1)의 DMRT(Duncan's multiple range test)를 수행하여 평균 간 비교를 하였다.

포장 월동률 검정

포장 월동률을 검정하기 위해 농촌진흥청 국립농업과학

원 유기농업과의 무저포트(1 m × 2 m)에서 공시재료를 각각 헤어리베치는 6 kg 10 a⁻¹, 호밀은 10 kg 10 a⁻¹, 크림손클로버는 3 kg 10 a⁻¹, 알팔파는 2 kg 10 a⁻¹의 파종량으로 환산하여 2007년 9월 20일부터 10월 25일까지 7일 간격으로 6회 파종하였다. 10월 11일을 제외한 모든 파종일 후에는 비가 와서 피복작물이 발아하기 충분한 수분 조건이었으나, 10월 11일 파종 후는 비가 오지 않아 관수를 실시하였다.

월동 전 12월 3일에 개체당 지상부 길이, 지상부 생체중, 분지수를 조사하였다. 월동 후 이듬해 4월 4일부터 5월 19일까지 15일 간격으로 지상부 길이를 4회 조사하였고, 마지막 조사일인 5월 19일에는 지상부를 수확하여 생체중을 측정하였다. 피복률은 월동 후 4월 19일에 피복 상황을 촬영한 후 Isolution DT program(IMT i-Solution Inc.)을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

실내 발아 검정 및 생육 조사

온도에 따른 피복식물의 발아 특성과 생육 반응을 조사하기 위하여 생육상 내에서 발아 실험을 수행한 결과 모든 작물이 25°C와 20°C에서는 비슷한 발아율을 보였고, 15°C 이하에서는 온도가 낮아질수록 초기 발아율이 낮게 나타났다(Fig. 1). 크림손클로버는 25°C와 20°C에서는 치상 1일 후에 20% 이상의 발아율을 보였고, 2일 후부터는 80% 이상의 발아율을 나타냈다(Fig. 1a). 15°C와 10°C에서는 치상 2일 후부터 발아하기 시작했으며, 5°C에서는 치상 4일 후부터 발아가 시작되었다. 최종 발아조사일인 처리 10일 후에는 10, 15, 20, 25°C에서 90% 이상의 발아율을 보였으나, 5°C에서는 80.3%의 발아율을 보였다.

알팔파의 경우도 25°C와 20°C에서 치상 1일 후부터 발아되었으며, 15°C와 10°C에서는 2일 후, 5°C에서 4일 후부터 발아가 시작되었다. 15°C와 10°C에서는 10일 후에 20°C 이상의 온도 조건과 비슷한 발아율을 보였으나, 5°C에서 발아율이 53.3% 조사되어 다른 온도 조건에 비해 10% 이상 차이가 나타났다.

호밀은 25°C와 20°C에서 1일 후부터 75%가 넘는 발아율을 보였고, 15°C에서도 30% 이상 발아 해 다른 피복작물에 비해 높은 발아율을 보였다. 10°C에서는 치상 3일 후에 50% 이상의 발아율을 보였으며, 7일 후에는 90% 이상의 발아율을 나타냈다. 5°C에서는 4일 후부터 발아를 시작해 7일 후에는 90% 이상이 발아되었다.

헤어리베치는 25°C와 20°C에서 치상 2일 후까지 발아율이 급격히 증가하였다(Fig. 1d). 15°C와 10°C에서는 처리 2

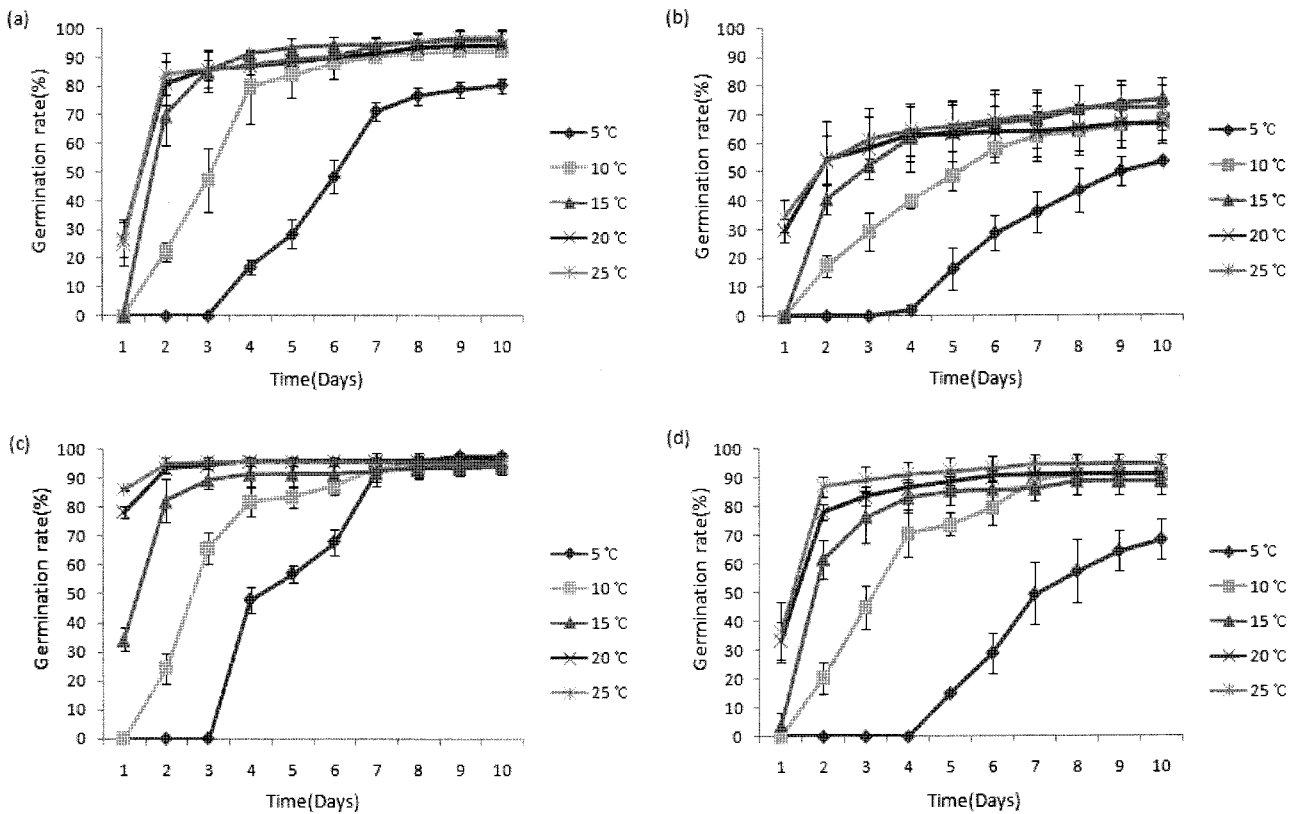


Fig. 1. Germination rate of cover crops at different temperatures. Vertical bars indicate \pm SD. (a: crimson clover, b: alfalfa, c: rye, d: hairy vetch)

일부러 발아하기 시작하여 7일 후에는 85% 이상의 발아율을 보였으며, 5°C에서는 10일 후 발아율이 다른 온도 처리구보다 20% 이상 낮게 나타났다. 유아와 유근 길이는 온도 처리에 따라 뚜렷한 차이가 나타났으며, 모든 피복작물에서 유아와 유근의 생장 억제 경향이 동일하게 나타났다(Fig. 2). 저온은 유아와 유근 생장 모두에 영향을 미치는 것으로 보인다. 크림손클로버, 알팔파, 호밀은 25°C와 20°C에서 유아와 유근 길이 차이가 인정되지 않았고, 15°C이하에서는 20°C에서 보다 생육이 저해되었다. 반면, 헤어리베치는 20°C 처리구보다 25°C에서 유아와 유근의 생육이 더 좋았으며, 20°C와 15°C 온도조건 간에는 차이가 인정되지 않았다. 각 피복작물의 25°C 처리구에 대한 15°C 처리구의 유근의 생장 억제율을 조사한 결과 헤어리베치가 41.7%로 가장 높았고, 알팔파가 41.0%, 크림손클로버가 26.0%, 호밀이 22.9%로 가장 낮게 나타났다. 5°C에서는 모든 피복작물의 유근이 1 mm 이하로 측정되었다(Fig. 2).

본 실험 결과 모든 피복작물에서 15°C 이하의 온도에서 초기발아율이 감소되었고, 온도가 낮아짐에 따라 유아와 유근의 생장이 저해되었으므로, 15°C 이하의 온도에서 파종

된 피복작물은 출현 속도가 늦어져 적정 입모을 확보에 영향을 줄 것으로 보여진다. 저온에서 발아 저하 피해는 헤어리베치 > 크림손클로버 \approx 알팔파 > 호밀 순으로 보여진다. 헤어리베치는 20°C에 비해 25°C에서 생육이 뛰어나므로 9월 파종시 빨리 파종 할수록 많은 입모을 확보 할 수 있고, 크림손클로버와 알팔파도 9월 내에 파종하는 것이 월동에 유리할 것을 예상된다. 호밀은 10월 말에 파종을 하여도 비교적 월동이 양호할 것으로 보여진다.

월동 전 생육 조사

월동 전 생육 조사에서 크림손클로버는 9월 20일 파종구와 9월 27일 파종구 간의 지상부 길이와 생체중 차이는 없었으며, 9월 파종구와 10월 파종구 간에는 차이가 나타났다(Table 1). 알팔파는 분지수와 지상부 생체중이 9월 20일 파종구와 9월 27일 파종구에서는 차이가 나타났으나 지상부 길이는 차이를 보이지 않았다.

호밀은 9월 20일, 9월 27일, 10월 4일 파종구에서 지상부 길이 차이가 나타나지 않았고, 이후 처리구에서는 생육이 억제되었다. 헤어리베치는 9월 20일 파종구가 9월 27일 파

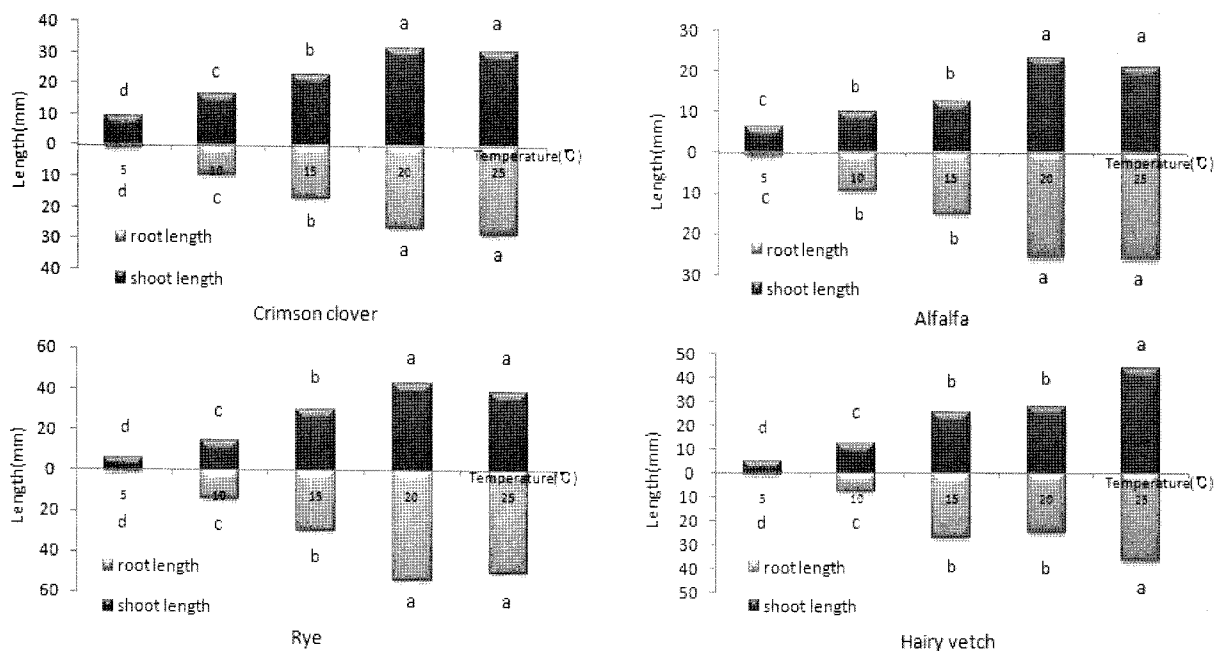


Fig. 2. Root and shoot length of cover crops germinated at different temperatures in growth chamber. Each frame significant differences according to DMRT at 0.05% levels are indicated by different letters.

Table 1. Growth characteristics of cover crops in field before overwintering.

Cover crop	Seeding date	Height (cm)	Fresh weight (g)	No. of branch
Crimson clover	Sep.20	8.6 a	1.973 a	20.7 a
	Sep.27	8.7 a	1.657 a	15.0 b
	Oct.4	5.6 b	0.533 b	7.7 c
	Oct.11	2.9 c	0.128 b	2.0 d
	Oct.18	2.8 c	0.185 b	2.3 d
	Oct.25	2.2 c	0.087 b	0 d
Alfalfa	Sep.20	7.6 a	1.453 a	32.7 a
	Sep.27	6.9 a	0.810 b	15.7 b
	Oct.4	3.8 b	0.149 c	5.0 c
	Oct.11	2.9 bc	0.064 c	1.3 c
	Oct.18	2.2 c	0.020 c	0 c
	Oct.25	1.9 c	0.069 c	0 c
Rye	Sep.20	26.6 a	2.357 b	5.7 b
	Sep.27	23.1 a	4.563 a	10.0 a
	Oct.4	27.0 a	1.610 bc	3.7 bc
	Oct.11	13.1 b	1.087 bc	4.7 bc
	Oct.18	12.6 b	0.830 bc	3.0 cd
	Oct.25	8.6 b	0.193 c	1.0 d
Hairy vetch	Sep.20	41.5 a	12.357 a	15.3 a
	Sep.27	26.5 b	6.047 b	6.7 b
	Oct.4	14.0 c	1.690 c	4.7 b
	Oct.11	8.8 cd	0.653 c	5.7 b
	Oct.18	7.8 cd	0.260 c	2.0 c
	Oct.25	5.8 d	0.153 c	1.0 c

Values in each column are the mean of three replication. Values followed by different letters in a column with respect to each crop are statistically different according to DMRT at 0.05%

종구에 비해 생육이 좋았다. 이것은 실내 항온기 실험 결과와 유사한 결과로 9월 20일의 평균온도가 26.3°C인 반면 일주일 후인 9월 27일 이후에는 평균기온이 20°C 정도로 떨어진 것에 기인한 것으로 보여진다(Fig. 3).

이처럼 크림손클로버, 알팔파, 헤어리베치는 지상부 길이와 생체중이 9월 파종구와 10월 파종구 간에 차이를 보였다. 이것은 9월에는 평균온도와 최저온도가 각각 21.6°C와

19.3°C로 피복작물의 생육에 적합했으나, 10월 이후로는 온도가 20°C 이하로 떨어져 유묘 생장이 억제되어진 것으로 예상된다. 반면, 호밀은 9월 파종구와 10월 파종구 간에 큰 차이가 없어 다른 작물에 비해 파종기 지연에 따른 생장 억제 정도가 낮았다.

월동 후 생육 조사

월동 후 생체중은 월동 전과 비슷한 경향으로 나타났다(Fig. 4). 크림손클로버는 9월 20일 파종구에 비해 10월 4일 파종구에서 생체중이 32.0%가 감소되었고, 알팔파는 52.0%, 호밀은 13.8%, 헤어리베치는 51.8%가 감소되었다. 헤어리베치의 이러한 결과는 9월 이후 파종기가 빠를수록 월동 후 수량이 증가하고 10월 이후 급격히 감소한다는 서 등(2000)의 보고와 일치한다.

월동 후 지상부 길이 조사에서 크림손클로버와 알팔파는 9월 20일 파종구에 비해 10월 파종구의 지상부 길이가 각각 26.8%, 46.3%가 감소된 것으로 나타났다(Fig. 5a, 5b). 이를 통해 크림손클로버와 알팔파는 10월 4일 이후의 파종구에서 월동 후 회복률이 낮다는 것을 알 수 있다. 호밀의 지상부 길이는 모든 처리구가 0~6% 범위에서 차이가 나며 모든 파종구에서 비슷한 값을 보였다(Fig. 5c). 호밀은 저온에서의 발아율이 뛰어나며(Fig. 1), 유아와 유근의 생장 억제가 가장 적고(Fig. 2), 월동 후 파종 시기 별 생체중 차

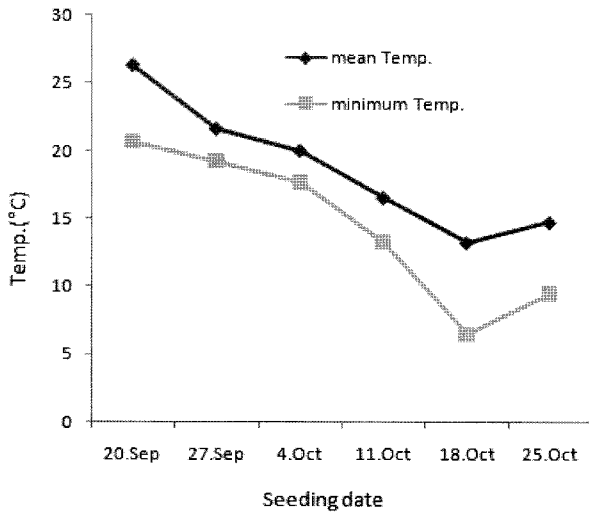


Fig. 3. Mean temperature and minimum temperature at sowing dates in Suwon.

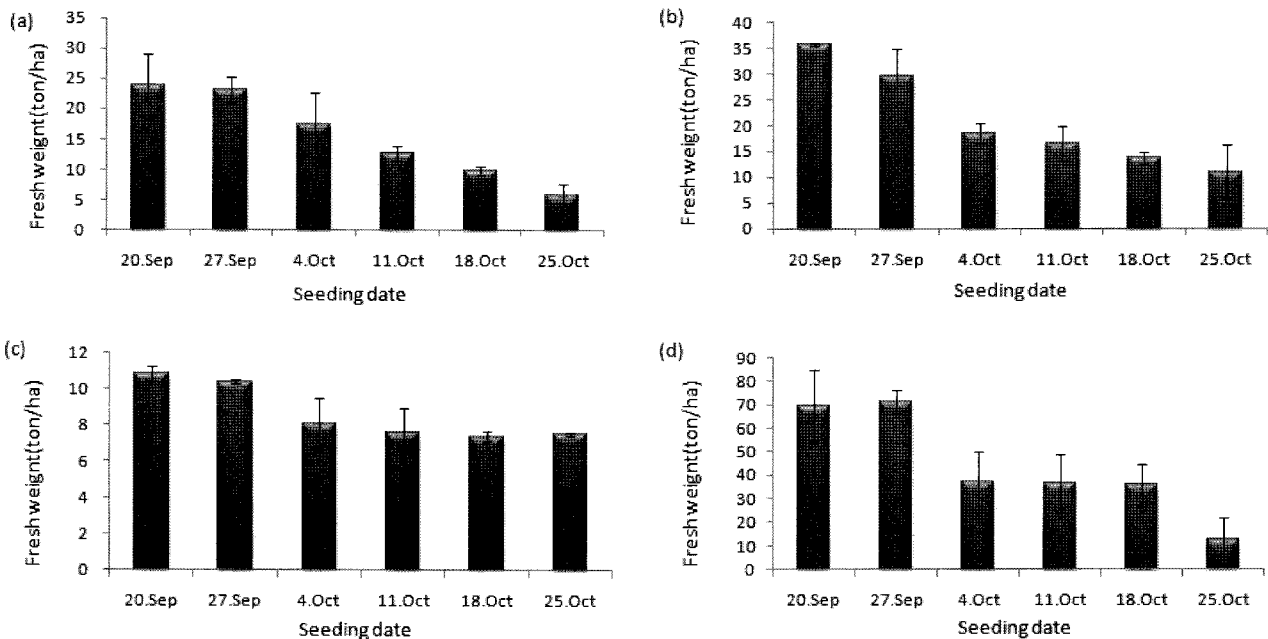


Fig. 4. Comparison of fresh weight of cover crops with different seeding date. Vertical bars indicate ± SD. (a: crimson clover, b: alfalfa, c: rye, d: hairy vetch)

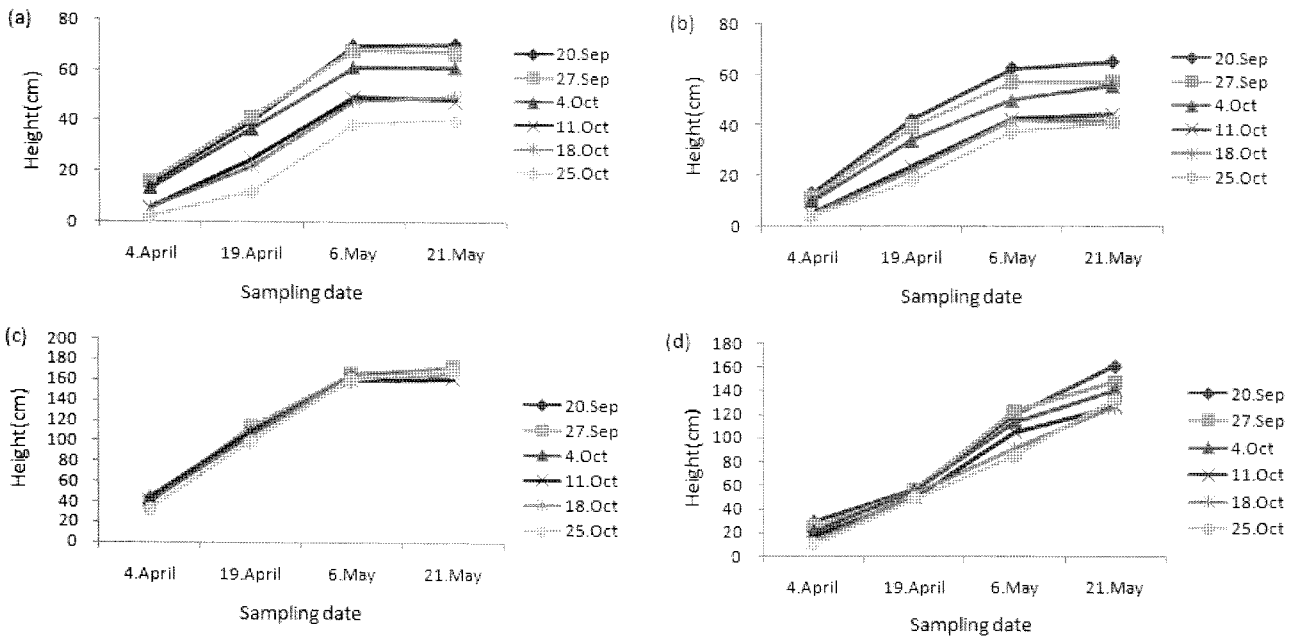


Fig. 5. Comparison of plant height of cover crops sown at different date. (a: crimson clover, b: alfalfa, c: rye, d: hairy vetch)

이와 지상부 길이 차이도 크지 않아 낮은 추파시 저온에서도 안정적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 4, 5). 헤어리베치는 파종일 9월 20일에 비해 이후의 파종구에서 8~21% 감소하여 비교적 큰 차이가 나지 않았다(Fig. 5d). 호밀과 헤어리베치에서 파종일 간에 지상부 길이 차이가 작은 것과 달리 생체중의 차이가 큰 것은 10월에 파종된 종자들은 저온으로 인해 발아율이 낮고, 발아속도도 늦어져 월동 중에 고사한 개체가 있기 때문인 것으로 추측된다. 정확한 원인을 파악하기 위해서는 월동 전 개체수와 월동 후 개체수를 비교하는 조사가 수행 될 필요가 있겠다.

본 연구는 중부 지방에서 실시한 것으로 월동기간 중 온도가 상대적으로 높은 남부 지방의 경우는 본 연구 결과와는 다소 상이하다. 그러나 전반적인 경향은 우리나라 전체적으로 비슷할 것으로 보이며 피복작물을 녹비로 이용하기 위

해 많은 생체량 확보를 원한다면 크립손클로버, 알팔파, 헤어리베치는 9월에 파종하는 것이 좋고, 호밀은 10월 말에 파종해도 생체량 확보에 어려움이 없을 것으로 보여진다.

월동 후 피복률 조사

피복작물의 이용 시 중요한 요소인 월동 후 피복률은 크립손클로버의 경우 9월 20일, 9월 29일, 10월 4일 파종구에서 피복률이 80% 이상으로 높게 나타났으나, 이후의 파종구에서 점차 감소되어 마지막 파종일인 10월 25일에는 11.9%로 나타났다. 알팔파는 9월 20일과 9월 27일 파종구에서는 피복률이 80% 이상을 보였고, 10월 이후의 파종구에서 각각 62.6%, 46.2%, 42.7%, 23.9%로 파종일이 늦어질수록 피복률이 감소되었다. 본 연구가 수행된 중부 지방과 달리 남부 지방에서는 파종기가 다소 지연되어도 무방하므로 이

Table 2. Comparison of ground covering capacity of cover crops with different seeding date.

Cover crop	Ground coverage (%)					
	20.Sep	27.Sep	4.Oct	11.Oct	18.Oct	25.Oct
Crimson clover	89.6 a	87.4 a	85.3 a	53.9 b	39.5 b	11.9 c
Alfalfa	94.5 a	83.6 a	62.6 b	46.2 bc	42.7 c	23.9 d
Rye	95.6 a	97.6 a	88.1 a	90.8 a	89.4 a	90.9 a
Hairy vetch	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	98.7 a

Values in each column are the mean of three replication. Values followed by different letters in a column with respect to each crop are statistically different according to DMRT at 0.05%

상 흑한이 없는 경우 9월 말 까지 파종할 경우 우리나라 어디서나 적절한 월동 후 피복이 일어날 것으로 보여진다. 피복작물 중 호밀과 헤어리베치는 파종 시기에 관계없이 우수한 피복률을 보였다(Table 2). 피복작물을 이용한 잡초 방제에서 피복작물의 초관형성은 광발아성 잡초의 발아를 억제시키는 효과가 있다(Teasdale, 1996)는 결과를 고려해 볼 때 크립손클로버는 10월 초 이전, 알팔파는 9월 안에 파종하는 것이 이른 봄 잡초 방제에 효과적인 것으로 보여지며, 호밀과 헤어리베치는 10월 말까지 파종할 경우 초관 형성은 크게 상관이 없을 것으로 보여진다.

적 요

동계 피복작물의 파종 시기는 월동 후 회복률과 생산량에 아주 중요한 영향을 미치나, 포장에서 피복작물은 주작물의 수확이 끝난 후에 파종되기 때문에 주작물의 수확이 늦어질 경우 파종 시기를 놓쳐 안전한 월동이 어려울 수 있다. 본 실험에서는 4종의 피복작물에서 파종 시기에 따른 생육의 변화를 알아보았다.

1. 실내 발아 조사를 실시한 결과 모든 피복작물에서 25°C와 20°C에서는 비슷한 경향을 보였고, 15°C 이하 처리구에서 온도가 낮아질수록 초기 발아율이 낮게 나타났다. 호밀은 5°C에서 처리 4일 후부터 발아를 시작해 처리 7일 후에는 90% 이상이 발아되었다.

2. 월동 전 생육 조사에서 크립손클로버, 알팔파, 헤어리베치는 지상부 길이와 생체중이 9월 파종구와 10월 파종구 간에 차이를 보였고, 호밀은 9월 파종구와 10월 파종구 간에 큰 차이가 없어 다른 작물에 비해 내한성이 뛰어났다.

3. 월동 후 생체중은 모든 피복작물이 9월 파종구와 10월 파종구 사이에 차이가 나타났다. 호밀과 헤어리베치는 월동

후 지상부 길이가 파종일에 따라 차이가 크지 않았으나, 크립손클로버와 알팔파는 10월 11일 이후 파종구에서 감소했다.

4. 크립손클로버는 10월 4일 이전 파종구에서는 피복률이 80% 이상으로 높게 나타났으며, 이후의 파종구에서는 점차 감소되어 10월 25일 파종구에서는 11.9%로 나타났다. 알팔파는 10월 파종구에서 파종일이 늦어짐에 따라 피복률이 감소되었으며, 호밀과 헤어리베치는 파종 시기에 관계없이 우수한 피복률을 보였다.

인용문헌

- 농림수산식품부. 2008. 대한민국 친환경농산물 구매가이드북. 농촌진흥청. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용. 농촌진흥청 표준영농교본-123. p. 18.
- 서종호, 이호진, 김시주. 2000. 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량변화. 한국작물학회 45 : 400-404.
- 심상인. 2005. 동계 피복 작물로서 자운영의 내한성 증진을 위한 기술 개발. 농림부 최종 연구보고서. p. 12, p. 59.
- 통계청. 2008. 농업총조사. 통계 Data Base.
- Clark, A. 2007. Managing Cover Crops Profitably. 3rd edition. Sustainable agriculture network, Maryland. p. 10.
- Luna, J. 2002. Multiple Impacts of Cover Crops in Farming Systems. Oregon State University.
- Nagabhushana, G. G., A. D. Worsham, and J. P. Yenish. 2001. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agriculture systems. Allelopathy J. 8 : 133-146.
- Phatak, S. C. 1998. Managing Cover Crops Profitably. Sustainable Agriculture Publications, Burlington, VT. pp. 25-33.
- Sullivan, P. 2003. Overview of Cover Crops and Green Manures. ATTRA.
- Teasdale, J. R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agriculture systems. J. Prod. Agr. 9 : 475-479.