

The Effect of Soil Textures on the Flowering characteristics and Green Manure Yield of Crimson Clover (*Trifolium incarnatum* L.) in Upland Soil

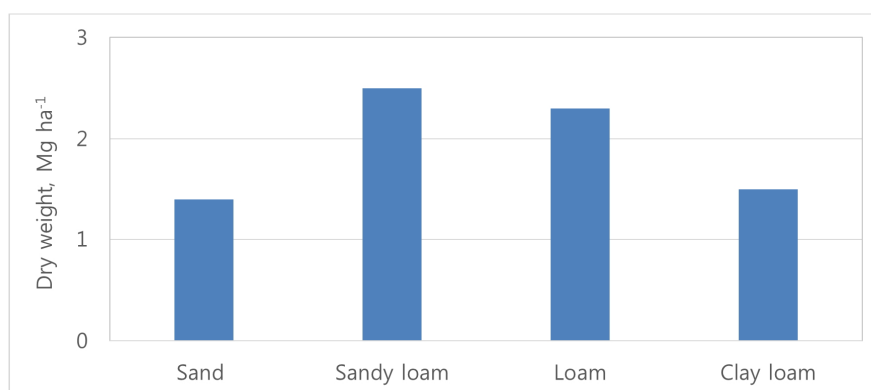
Hyeon-Suk Cho*, Myung-Chul Seo, Tea-Sun Park, Jun-Hwan Kim, Wan-gyu Sang,
Pyeong Shin, and Geon Hwi Lee

National Institute of Crop Science, Wanju-Gun, 55365, Korea

(Received: October 24 2016, Revised: November 10 2016, Accepted: November 14 2016)

Crimson clover, a legume crop, is a landscape crop and green manure crop that can be sowing in spring and autumn. Its red flower blooms in May, and serves various roles such as landscape composition, weeds suppressing, prevention of soil loss and nutrient on sloping land and supplying nitrogen and organic matter in soil. Thus, in order to utilize this crop in agriculture land, we evaluated the growth characteristics of crimson clover cultivated in four different soil textures; sand, sandy loam, loam, and clay loam. The nitrogen content of crimson clover was 15.8 g kg^{-1} and C/N ratio was 20.3. Its plant height was 42.5 cm in sandy loam and 49.5 cm in loamy, respectively, approximately 20 cm longer than the sand and clay loam. The crimson clover in sandy loam and loam bloomed about seven days earlier than those in sand and clay loam. Regarding number of flower per hill and flower length, there were no difference among the soil textures. Dry weight of crimson clover for sandy loam and loam was 2.5 Mg ha^{-1} and 2.3 Mg ha^{-1} , respectively, $0.8 \sim 1.1 \text{ Mg ha}^{-1}$ higher than that of sand and sandy loam. Plant height and dry weight of crimson clover increased with delaying harvest time. Nitrogen contribution in loam and clay loam was 51.3 kg ha^{-1} and 53.5 kg ha^{-1} , respectively. Therefore, in terms of flowering properties and dry weight, the proper soil texture for the growth and development of crimson clover was sandy loam and loam.

Key words: Crimson clover, Soil texture, Paddy soil, Green manure, Flowering characteristics



The Dry weight of crimson clover as affected by soil texture in upland soil.

*Corresponding author: Phone: +82632385282, Fax: +82632385255, E-mail: chohs@korea.kr

§Acknowledgement: This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ00933204)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

경관겸용 녹비작물은 녹비작물이 농경지에 재배되는 동안 경관작물의 역할과 녹비작물의 역할을 동시에 수행하는 작물을 말한다. 이 작물들은 토양에 종자가 파종되어 생육하면서 개화가 진행되는 동안에는 경관작물의 역할을 수행하고 개화기 이후 농경지에 환원되어 토양에 유기물과 양분을 공급할 때는 녹비작물의 역할을 수행하게 된다. 녹비작물은 작물이 푸를 때 토양에 환원하여 이용하는 작물로 토양의 유기물 공급, 화학비료 대체 등 토양의 물리·화학적 특성을 개량하거나 양분을 공급하는 것을 목적으로 이용되어 왔다 (Jeon et al., 2011; Kang et al., 2013; Gardner et al., 2000; Rayns and Rosenfeld, 2010; Wagger, 1989). 그러나 최근에는 녹비작물의 이용 범위가 확대되어 지력증진 외에 잡초억제, 과수원 초생재배, 경사지 토양 양분유실 방지, 휴경지 보전, 경관조성, 밀원효과, 대기오염 정화 등 다양한 역할을 수행하고 있으며 최근 들어 눈에 띄게 부각되는 역할 중 하나가 바로 경관조성이다 (Anderson, 2010; Berry, 2008; Cho et al., 2015; Glen, 2012; RDA, 2009; Wszelaki, 2010). 특히 주 5일 근무와 맞물려 가족 단위의 나들이가 잦아지고 있으며 경관보전직불금 등 정부의 정책적인 지원에 힘입어 농촌 및 지자체에서는 지역 단위별 축제, 마을단위의 관광 및 체험학습 등이 다양한 형태로 개최되고 있다. 이 때 경관작물들은 축제장 주변이나 마을주변의 경관조성에 쓰이기도 하고 양귀비축제, 코스모스축제, 해바라기축제, 유채축제, 메밀축제 등과 같이 경관작물을 주제로 하는 축제에 주인공 역할을 수행하기도 한다 (Cho et al., 2014; RDA, 2009).

크림손클로버 (Crimson clover, *Trifolium incarnatum* L.)는 지중해 및 남유럽을 기원으로 하는 두과작물로 18세기부터 목초 및 녹비작물로 재배되어져 왔다 (Kim et al., 1999; Kim et al., 2009; Lee, 2009). 크림손클로버는 포복성인 다른 클로버류와는 다르게 줄기가 곧게 직립으로 자란다. 식물체의 초장은 약 70 cm 정도로 작으며 꽃은 줄기의 꼭대기에 진홍색으로 핀다. 크림손클로버는 습윤한 기후를 좋아하고 지속적인 건조나 봄 한발에 민감하고 -2°C 이하에서 동해의 피해를 받기 때문에 우리나라에서는 대전이남지역과 제주도 등 일부 지역에서만 재배되어 왔다 (Clark, 2007). 크림손클로버의 토양조건은 배수만 잘되면 사질토양에서 식질토양까지 다양한 농경지에서 재배가 가능하지만 특히 부식질이 많은 토양에서 생육은 더 양호한 것으로 알려져 있다 (Anderson, 2010). 어린 식물체의 뿌리활력이 좋아 농경지에 재배하면 지력증진 효과가 뛰어나고 식물체의 질소함량이 높아 녹비 또는 양질의 목초사료로 이용되었다 (Kim et al., 1999; Kim et al., 2009). 크림손클로버의 진홍색 꽃색은 멀리에서도 눈에 띄어 경관조성 효과가 뛰어나 귀농한 농업인 또는 사과, 포도, 오디 등 과수원의 초생재배용으로 재배되어 경관조성

뿐만 아니라 잡초 억제, 토양 유실방지, 토양에 유기물 공급, 천적유인 등 다양한 역할을 수행하면서 농민들의 관심이 점차 증가되고 있다 (RDA, 2009; RDA, 2013).

크림손클로버 번식은 종자로 하며 파종방법은 조파, 산파, 단단한 상자파종 모두 가능한지만 산파보다는 조파가 수확하여 이용하기에 더 유리하기 때문에 경관조성 효과와 작업능률을 고려할 때 대면적 재배에는 조파하는 방법이 더 좋다. 크림손클로버를 녹비용, 경관조성, 초생재배용으로 이용할 때 클로버 하나만을 파종하여 이용하거나 보리, 밀, 톨페스큐 등의 화본과 작물과 혼합 파종하여 이용하기도 한다 (Jeon et al., 2011; Lee and Park, 2002). 화본과 작물과 혼합 파종을 하면 초록색과 붉은색이 어울려 개화기간이 길어지고 크림손클로버의 부족한 건물수량을 확보하여 공급함으로써 유기물 공급 효과를 증대시킬 뿐만 아니라 크림손클로버가 고정한 질소를 화본과 작물에 공여해 줌으로써 화본과 작물의 생육을 촉진시키는 장점이 있다 (Ranells and Wagger, 1997; Jeon et al., 2011; Lee and Park, 2002). 크림손클로버를 농경지에 녹비용으로 이용할 때는 개화직전에 이용해야 질소공급과 경운작업이 유리하고 경관겸용 녹비작물로 이용할 때는 개화 후 다음 작물 파종 2~3 주전에 토양에 환원하는 것이 다음 작물 생육에 안전하다 (Cho et al., 2014; RDA, 2009). 따라서 본 시험은 다양한 효과를 수행할 수 있는 크림손클로버를 농경지에 활용하기 위하여 중부 지역(수원)에서 네 가지 토성의 발토양에 봄에 파종하여 토양 특성에 따른 생육 및 개화특성, 녹비수량, 질소생산량 등을 조사하였다.

Materials and Methods

본 시험은 국립식량과학원 밭 포장에서 2009년 4월 8일부터 7월 1일까지 85일 동안 시험하였다. 토성 종류에 따른 크림손클로버의 생육을 관찰하기 위하여 시험 토양은 사토 (S, Sand), 사양토 (SL, Sandy loam), 양토 (L, Loam), 식양토 (CL, Clay loam)의 4개의 토양에서 크림손클로버는 50 kg ha^{-1} 을 파종하였다. 파종방법은 세조파기를 이용하여 $25 \times 5 \text{ cm}$ 로 골을 만든 다음 손파종 방법을 이용하였다. 크림손클로버를 재배하는 동안 화학비료인 질소 (T-N), 인산 (P_2O_5), 칼리 (K_2O)는 모두 무시비 하였다. 기타 재배방법 및 크림손클로버 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 작물 재배요령 및 조사방법에 준하여 실시하였다 (RDA, 2003). 크림손클로버의 생육 및 건물수량은 클로버 파종 후 57일인 6월 3일부터 7월 1일까지 약 7일 간격으로 5회 실시하였다. 생육조사는 $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 내의 식물체 지상부를 모두 채취하여 그 중 20주를 골라 초장, 마디수를 측정하였고, 개화특성으로 개화시, 꽃길이, 주당 꽃수, 꽃당 꽃수를 조사하였다. 꽃당꽃수는 크림손클로버가 작은 꽃들이 모여 1개의 통꽃을 만들기 때문에 꽃 1개에 포함되어 있는 작은 꽃의 수를 말한다. 건물중은 생육조사가

끝난 20주를 포함하여 50×50 cm² 내의 지상부 식물체를 80°C의 열풍건조기에 넣어 48시간동안 열풍 건조한 다음 무게를 측정하여 ha당 면적으로 환산하였다. 크림손클로버의 양분함량은 지상부 식물체 5주를 따로 채취하여 50°C에서 24시간 열풍 건조기에서 건조한 다음 마쇄하여 분석시료로 사용하였다. 토양의 화학적 특성은 시험 전에 토양표토 (0~15 cm)를 채취하여 그늘에서 건조한 다음 마쇄하고 2 mm 체를 통과시켜 분석용 시료로 조제하였다. 토양 및 식물체의 화학적 특성 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법에 의거하여 분석하였다 (NIAST, 2000). 먼저 식물체 분석은 전질소 (T-N) 함량, 전탄소 (T-C) 함량, 탄질율 (C/N율)은 원소분석기 (CNS-2000, LECO Corp., USA)로 측정하였고, 인산함량 (P₂O₅)과 칼리함량 (K₂O)은 식물체를 Microwave (mars-5, CEM, USA)로 완전 분해한 다음 ICP (Integra-XP, GBC Scientific Equipment Ltd, Australia)를 이용하여 정량하였다. 토양의 화학성분 함량 분석은 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 초차전극법 (Orion 520A pH meter, Orion Research Inc, USA)으로 측정하였다. 유기물은 건식 연소법을 이용하는 원소분석기 (CNS-2000, LECO Corp., USA)를 이용하여 전 탄소 (T-C)함량을 분석하고 여기에 토양유기물로 환산 계수인 1.724를 곱하여 계산하였다. 양이온 함량은 1M-NH₄OAc로 추출하여 ICP (Integra-XP, GBC Scientific Equipment Ltd, Australia)로 분석하였다.

통계분석은 SAS 9.2 버전을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple test를 수행하였다.

Results and Discussion

시험전 토양의 화학적 특성 토성별 시험 전 발 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같이 사토의 유기물 함량은 4.8 g kg⁻¹, 유효인산은 129 mg kg⁻¹, 치환성칼리는 0.56 cmol_c kg⁻¹이었으며

사양토의 유기물 함량은 13.6 g kg⁻¹, 유효인산은 153 mg kg⁻¹, 치환성칼리는 0.76 cmol_c kg⁻¹이었다. 양토는 유기물 함량 9.3 g kg⁻¹, 인산 140 mg kg⁻¹, 치환성칼리 0.79 cmol_c kg⁻¹이었고, 식양토는 유기물 함량 19.3 g kg⁻¹, 유효인산 105 mg kg⁻¹, 치환성칼리는 1.08 cmol_c kg⁻¹이었다. 토성별로 토양의 화학적 특성은 토성간에 차이는 있었으나 4개 토성 모두 작물 재배에 유기물 함량은 다소 낮았고 유효인산과 치환성 칼리는 작물재배에 적절한 상태였다. 특히 사토는 대부분의 화학성분 함량이 낮았으며, 양토는 유기물 함량은 약간 낮았으나 다른 무기성분은 다른 토성과 비슷하였다 (Kang, 2014).

크림손클로버의 양분함량 Table 2는 개화시기의 크림손클로버 식물체의 무기 양분함량을 나타낸 표로 질소함량은 15.8 g kg⁻¹이고 탄소함량은 319.8 g kg⁻¹, C/N 율은 20.3으로 질소함량은 다른 두과작물인 헤어리베치 (40 g kg⁻¹)나 자운영 (3.2 g kg⁻¹)보다 많이 낮았다 (RDA, 2009; Cho et al., 2015; Yang et al., 2009). 크림손클로버가 토양에 환원되었을 때 분해되는 속도와 관계가 있는 탄질율 (C/N율)은 20.3으로 헤어리베치 (10.3)나 자운영 (10.3)보다는 높았으나 토양에 환원하면 빠른 시간 내에 분해되어 양분을 공급할 수 있는 25보다는 낮아 녹비작물로 토양에 환원되면 짧은 시간 내에 분해되어 작물에 양분을 공급할 수 있을 것으로 판단되었다 (Cho et al., 2015; Yang et al., 2009). 그 외에 무기성분인 인산함량은 9.2 g kg⁻¹, 칼슘함량은 12.6 g kg⁻¹, 마그네슘함량은 7.0 g kg⁻¹, 칼륨함량은 8.3 g kg⁻¹으로 화분과 작물보다 칼륨함량은 낮았으나 다른 무기성분들은 화분과 작물보다 많이 크림손클로버를 녹비작물로 토양에 환원하면 질소뿐만 아니라 인산, 칼리, 칼슘 등의 무기성분도 함께 공급되었다 (Cho et al., 2014; Gardner et al., 2000; RDA, 2009).

크림손클로버의 개화특성 및 건물수량 Table 3은 크

Table 1. Chemical properties soil before the experiment by the different soil texture.

Soil texture	pH	OM ¹	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cations		
				Ca	Mg	K
	(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		
Sand	5.74	5	129	1.6	0.5	0.6
Sandy loam	5.78	14	153	2.4	0.7	0.8
Loam	6.33	9	140	3.7	1.2	0.8
Clay loam	5.63	19	105	3.8	1.0	1.1

¹OM : organic matter

Table 2. Nutrient content of crimson clover.

T-N	T-C	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	C/N
g kg ⁻¹						
15.8	319.8	12.6	7.0	8.3	9.2	20.3

Table 3. The growths and dry weight, flowering characteristics of crimson clover in spring seeding by different soil texture.

Soil texture	Plant height cm	No. of node per hill	Flowering characteristics			Dry weight Mg ha ⁻¹
			Flowering time m.d.	Flower length cm	No. of flower per hill	
Sand	28.2b	5.64b	7.01	2.3ab	1.0ab	39.8bc
Sandy loam	42.5a	6.67a	6.24	2.7a	1.6a	43.3ab
Loam	49.5a	7.20a	6.24	3.2a	1.0ab	51.9a
Clay loam	24.0b	4.00c	7.01	2.2ab	0.7bc	45.3ab

※Survey day : 2009. 7. 1.

^aab : Same letters in a column are not significantly different with Duncan's multiple test at 5% level.

^bNo. of flower per flower : Number of small flowers included in single flower.



Fig. 1. The flowering stage of crimson clover (left) and crimson clover being planted on slope land (right).

림손클로버의 생육 및 개화특성 그리고 건물수량으로 파종 후 85일에 조사하였다. 토성별 크림손클로버의 초장은 모든 토성에서 50 cm 미만으로 작았고 초장이 길었던 토성은 사양토, 양토로 각각 42.5 cm, 49.5 cm였다. 사토와 식양토의 초장은 각각 28.2 cm, 24.0 cm로 사양토나 양토보다 약 20 cm 가 짧았으며 주당 마디수는 초장과 같은 경향이였다. 사양토와 양토에서 식양토와 사토보다 2~3개가 더 많아 초장과 같은 경향이였다. 크림손클로버의 개화시기는 생육이 좋았던 사양토, 양토에서 6월 24일로 사토, 식양토보다 약 7일이 빨랐으며 꽃길이는 2.2~3.2 cm였고 주당 꽃수는 0.7~1.6개였다. 크림손클로버는 줄기 끝에 꽃이 피는 두상화서로 작은 꽃들이 모여 원뿔형의 꽃모양을 이루며 1개의 원뿔에는 39.8~51.9 개의 꽃들로 이루어져 있었다. 크림손클로버의 꽃색은 진한 홍색으로 눈에 잘 띄기 때문에 경관조성, 관상용으로 각광을 받고 있다 (Fig. 1). 식물체의 건물수량은 사양토, 양토에서 각각 2.5 Mg ha⁻¹, 2.3 Mg ha⁻¹으로 사토, 식양토보다 약 0.8 ~ 1.1 Mg ha⁻¹이 많이 수확되었다. 가을에 파종되는 작물을 봄에 파종하면 가을파종보다 영양생장 기간이 짧아 얼마 크지

못하고 개화가 시작되기 때문에 식물체의 키도 작고 건물수량도 떨어지는데 본 시험에서도 크림손클로버의 초장 및 건물중은 가을 파종 (건물수량 2.7 Mg ha⁻¹)보다 적었으며 이는 4개 토성 모두 같은 경향이였다 (RDA, 2013). Jeon et al. (2011)은 크림손클로버를 논토양에 녹비로 사용할 때 파종량을 증가시키거나 클로버를 보리와 혼합 파종하면 건물수량이 증가하다고 하였고, Lee et al. (2009)는 비옥도가 좋은 목초지에서 다른 두과작물보다 크림손클로버의 생육이 가장 좋았다고 하였으며, RDA (2013)은 논토양에 크림손클로버를 재배할 때 봄에 추비를 사용하면 건물수량이 증가한다고 하였다. 따라서 크림손클로버를 봄에 파종하여 경관용 또는 녹비용으로 재배할 때는 비옥도가 좋은 토양을 이용하거나 비옥도가 낮거나 토양 조건이 불리한 식양토의 경우에는 화학비료 사용, 파종량 증가, 혼합 파종방법 등을 이용한다면 멋진 경관조성과 함께 건물수량도 증대 될 것으로 사료되었다.

두과작물은 뿌리에 뿌리혹박테리아가 공생하고 있어 공중 질소를 고정하여 이용하므로 척박한 토양에서도 생육이 가능하지만 화본과 작물에 비하여 초기생장 속도가 늦은 편이

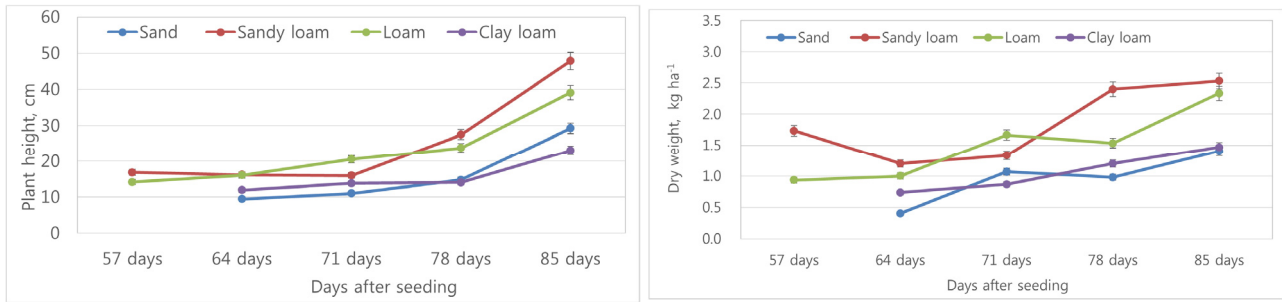


Fig. 2. The changes of plant height (left) and dry weight (right) of crimson clover by harvest time in different soil texture.

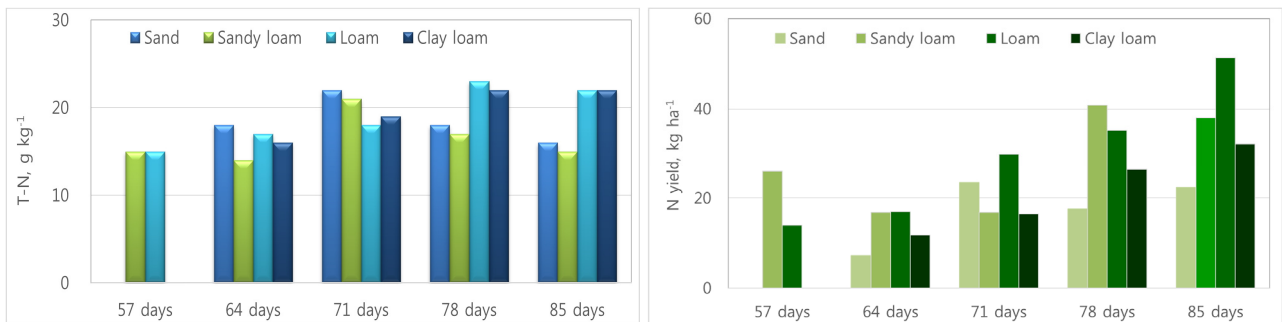


Fig. 3. The changes of nitrogen content (left) and nitrogen yield (right) of crimson clover by harvest time in different soil texture.

다 (RDA, 2013). 더군다나 작물을 봄에 파종하면 낮은 기온에서 발아되어 자라야 하기 때문에 생장속도는 더 느리게 진행된다. 크림손클로버를 봄에 파종하면 초장이 20 cm 이상 자라는데 파종 후 약 71일이 넘게 걸렸으며 생육이 불량하였던 사토, 식양토는 약 78일 이상이 소요되었다 (Fig. 2). 식물체의 초장은 파종 후 78일 이후부터 급격하게 길어졌으며 이는 4개의 토성 모두 같은 경향이었다. 크림손클로버는 1°C에서도 발아는 되지만 유식물이 생장하는데 상당히 높은 온도가 필요하다고 하였는데 파종 후 78일이면 6월 중순에 해당하여 기온이 20°C 이상 올라가기 때문에 생육이 빨리 이루어졌던 것으로 사료되었다 (Berry, 2008). 또한 크림손클로버 초장이 20 cm 이상 자라는데 70일 이상 많은 시일이 소요되었던 것도 봄에 파종된 클로버가 발아는 되었으나 생육기간 내내 온도가 낮아 생육이 느리게 성장하였기 때문으로 사료되었다. 크림손클로버의 건물수량도 초장과 같이 초장이 길었던 사양토에서 수량이 가장 많았고 양토, 식양토, 사토의 순이었다. 수확시기에 따른 크림손클로버 건물수량은 모든 토성에서 수확시기가 늦어질수록 건물수량은 증가하였다. 크림손클로버의 건물수량은 파종 후 71일까지는 증가 정도가 완만하였으나 그 이후에는 급격하게 증가되었는데 이 시기가 6월 초 중순으로 대기온도가 높았기 때문으로 사료되었다. 또한 생육 및 수량 증가 정도는 생육이 좋은 사양토와 양토에서 훨씬 급격하게 증가되어 사토나 식양토보다 건물수량이 약 2배 정도 많아졌다. 크림손클로버가 두과 작물로 공중질소를 고정하여 사용하지만 토양의 비옥도가 높은 토양에서 생육이 좋아 부식질이 많은 토양에서 생육은 더 양호하

다는 Anderson (2010)의 보고와 같은 경향을 보였으며 토양의 비옥도가 비슷한 경우에는 물빠짐이 안 좋은 식질보다는 배수가 양호한 사양토, 양토에서 생육이 더 좋았다.

크림손클로버의 수확시기에 의한 질소함량 및 질소

생산량 두과작물은 뿌리에 뿌리혹박테리아가 있어 공중질소를 고정하여 사용하기 때문에 식물체의 건물수량은 화분과 작물보다 적으나 질소함량 (T-N)이 높아 양분공급 효과가 우수한 것이 특징이다 (Cho et al., 2014; Gardner et al., 2000; RDA, 2013; Wszelaki, 2010). 크림손클로버의 수확시기에 따른 T-N함량은 Fig. 3과 같이 파종 후 71일까지 계속 증가하여 71일과 78일에 가장 높았고 이후 감소하였다. 토성별로는 사토, 사양토는 파종 후 71일에 식물체의 T-N함량이 가장 높았고, 양토, 식양토는 파종 후 78~85일에 가장 높았다. Cho et al. (2014)는 식물체의 T-N함량은 식물체가 영양생장 기간에는 증가하여 개화 전에 최대로 높았다가 생식생장 시기인 개화기 이후 다시 낮아진다고 하였는데 크림손클로버는 사토, 식양토는 파종 후 약 85일 (7월 1일)에 개화되었으며 사양토와 양토는 파종 후 약 71일 (6월 24일)에 개화가 시작되어 위 연구결과와 같은 경향이었으나 사토는 약간 상이한 결과를 보였는데 이는 사토의 양분함량이 낮았기 때문으로 사료되었다.

크림손클로버의 질소생산량은 수확시기가 가장 늦은 파종 후 85일에 가장 많았으며 토성별로는 사토는 파종 후 71일, 나머지 토성은 수확시기가 늦을수록 증가하여 파종 후 85일에 가장 많아 식물체의 T-N함량과는 다른 경향을 보였다. 수

확시기가 늦을수록 질소생산량이 증가한 이유는 식물체의 T-N함량은 개화기 이후 감소되었으나 감소폭이 낮았던 반면 식물체 수량이 급격히 증가되었기 때문이었다 (Fig. 2) 토성별로는 질소생산량은 사토는 파종 후 71일에 23.5 kg ha⁻¹로 가장 많았고, 사양토는 파종 후 78일에 40.8 kg ha⁻¹, 양토, 식양토는 파종 후 85일에 각각 51.3 kg ha⁻¹, 53.5 kg ha⁻¹의 질소가 생산되었다. 식양토와 양토의 질소생산량은 사토보다 약 2배나 많은 양이었다. 따라서 질소생산량만을 보면 크림손클로버는 양토와 식양토에서 가장 양호하였다.

Conclusion

크림손클로버는 두과작물로 가을과 봄에 모두 파종이 가능한 경관작물이면서 녹비작물이다. 크림손클로버는 붉은색 꽃이 5월에 피어 경관조성, 잡초억제, 경사지 보호 등 경관작물의 역할과 개화 후 토양에 환원되면 질소 및 유기물을 공급하는 녹비작물의 역할을 한다. 이렇게 두 가지 역할을 하며 다양한 효과를 가지고 있는 크림손클로버를 농경지에 이용하기 위하여 사토, 사양토, 양토, 식양토의 밭 토양에 파종하여 경관 조성 효과와 녹비효과를 검토하였다.

크림손클로버 식물체의 T-N함량은 15.8 g kg⁻¹이고 C/N율은 20.3이었다. 크림손클로버의 생육은 사양토와 양토에서 양호하였으며 초장도 사양토, 양토에서 각각 42.5 cm, 49.5 cm로 사토나 식양토보다 약 20 cm가 더 길었다. 개화시기는 사양토, 양토에서 6월 24일에 개화되어 사토, 식양토보다 약 7일이 빨랐으며 꽃길이, 주당 꽃수는 토성간에 차이가 없었다. 건물수량은 사양토, 양토에서 다른 토성에 비하여 월등히 많은 2.5 Mg ha⁻¹, 2.3 Mg ha⁻¹이 각각 생산되었으며 이 양은 사토, 식양토보다 약 0.8~1.1 Mg ha⁻¹이 많은 양이었다. 크림손클로버의 초장 및 건물수량은 수확시기가 늦을수록 증가하는 경향이었으며 사양토, 양토에서 우수하였으나 식물체의 질소함량은 파종 후 71일, 78일에 가장 높았고 질소생산량은 수확시기가 늦을수록 증가하여 파종 후 85일에 가장 많았다. 토성별 질소생산량은 사토는 파종 후 64일, 사양토는 파종 후 78일에 가장 많았으며 양토, 식양토는 파종 후 85일에 많았다. 따라서 개화특성, 개화시기, 건물수량을 볼 때 크림손클로버의 생육 및 녹비수량은 사양토와 양토에서 양호하였으며 사토, 식양토와 같이 생육이 불량한 경우에는 경관조성 효과와 녹비생산량을 증진시키기 위하여 화학비료 사용, 파종량 증가, 훈파 등의 방법이 요구되었다.

References

Anderson, N.P. 2010. Improving cover crops with crimson clover. 2016. <http://www.oregonclover.org>.
Berry, M.W. 2008. the effectiveness of winter cover crops in

reducing soil erosion and nutrient loss on site prepared forestland. Stephen F. Austin state university; 1-45. <https://books.google.co.kr>.
Cho, H.S., K.Y. Seong, T.S. Park, M.C. Seo, M.H. Kim, and H.W. Kang. 2014. The characteristics of growth and green manure yield by different kinds of landscape crops cultivated in summer in upland soil, Korean J. Soil Sci. Fert. 47(5): 324-331.
Cho, H.S., M.C. Seo, J.H. Kim, W.G. Sang, P. Shin, and G.H. Lee. 2015. Screen of green manure crops for cultivation on agricultural land with spring season in the central regions of Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 48(6):689-696.
Clark, A. 2007. Managing Cover Crops Profitably, 3rd ed. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD.130~134, <http://www.mccc.msu.edu/>
Gardner, E.H., T.A. Doerge, D.B. Hannaway, H. Youngberg, and W.S. McGuire. 2000. Crimson clover, vetch, field peas. Western Oregon—West of Cascades. Fertilizer Guide <https://catalog.extension.oregonstate.edu/fg30>.
Glen, C. 2012. Improve Your Garden Soil with Cover Crops. Pender county center. <https://pender.ces.ncsu.edu>.
Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, I.S. Oh, B.S. Choi, and U.G. Kang. 2011. Effect of monoculture and mixtures of green manure crimson clover (*Trifolium incarnatum*) on rice growth and yield in paddy. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):847-852.
Kang, J.G., S.H. Lee, K.B. Lee, K.D. Lee, G.H. Gil, J.H. Ryu, K.H. Park, S. H. Lee, H. S. Bae, S.A Hwang, and S.W. Hwang. 2013. Effect of Cultivation and Application of Green Manure Crop on Soil Physico-chemical Properties in Saemangeum Reclaimed Tidal Land, Korean J. Int. Agric. 26(1):54-61.
Kang, S.S., M.S. Kim, M.S. Kong, M.J. Chae, Y.K. Sonn, C.H. Lee, Y.H. Kim, and D.B. Lee. 2014. Setting up the optimum ranges of soil chemical properties according to agricultural land use. Korean Soil Sci. Fert. fall conference proceedings: 120. <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02492488>.
Kim, D.A., J.D. Kim, K.J. Han, K.N. Lee, and J.G. Kim. 1999. Losses in yield and quality of forage legumes during field curing in spring. J. Korean Grassl. Sci. 19(2):127-132.
Kim, W.H., J.K. Lee, H.S. Park, S.H. Hwang, Y.C. Lim, H.C. Ji, H.W. Lee, B.K. Yoon, and S. Seo. 2009. Selection of growth characteristics and yield of annual legumes on paddy field. J. Korean Grassl. Sci. 29(4):307-312.
Lee, J.K., S.H. Yoon, M.W. Jeong, J.G. Kim, H.S. Park, Y.C. Lim, W.H. Kim, S.H. Lee, and H.C. Ji. 2009. Effects of rare earth on growth characteristics and productivities of crimson clover and hairy vetch. J. Korean Grassl. Sci. 29(1):19-24.
Lee, H.W. and H.S. Park. 2002. Nitrogen fixation of legumes and cropping system for organic forage production. Korean J. Org. Agric. 10:49-63.
NIAS. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
Ranells, N.N. and M.G. Waggar. 1997. Nitrogen-15 recovery

- and release by rye and crimson clover cover crops. Information Systems Division, National Agricultural Library. <http://www.nal.usda.gov/>.
- Rayns, F. and A. Rosenfeld. 2010. Green manures – effects on soil nutrient management and soil physical and biological properties. Factsheet 24/10, Soil grown crops; <http://www.efrc.com/>
- RDA. 2003. Standard measurement and analysis in agricultural research and development, RDA, Suwon.
- RDA. 2009. Study of Environment-friendly Fertilizer Reduction using Green Manure Crops(4th), RDA, Suwon.
- RDA. 2013. Research on using green manure for cropping system, decreasing erosion and increasing fertilizer efficiency(5th), RDA, Suwon.
- Wagger, M.G. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agron. J.* 81: 533-538.
- Wszelaki, A. 2010. Cover Crops: Crop Rotation, Weed Control and Nutrient Contributions, <http://organics.utk.edu/>
- Yang, C.H., J.H. Ryu, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Lee, N.H. Beak, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(5):371-378.