Korean J. Soil Sci. Fert. Vol.50, No.6, pp.644-652, 2017

Korean Journal of Soil Science and Fertilizer

Article

https://doi.org/10.7745/KJSSF.2017.50.6.644
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

# Effects of Spring Seeding on Growth and Carbon Uptake of Clover Species in Upland Soil

Hyeoun-Suk Cho*, Myung-Chul Seo, Jun-Hwan Kim, Wan-gyu Sang, Pyeong Shin, and Geon Hwi Lee
National Institute of Crop Science, Wanju-Gun 55365, Korea

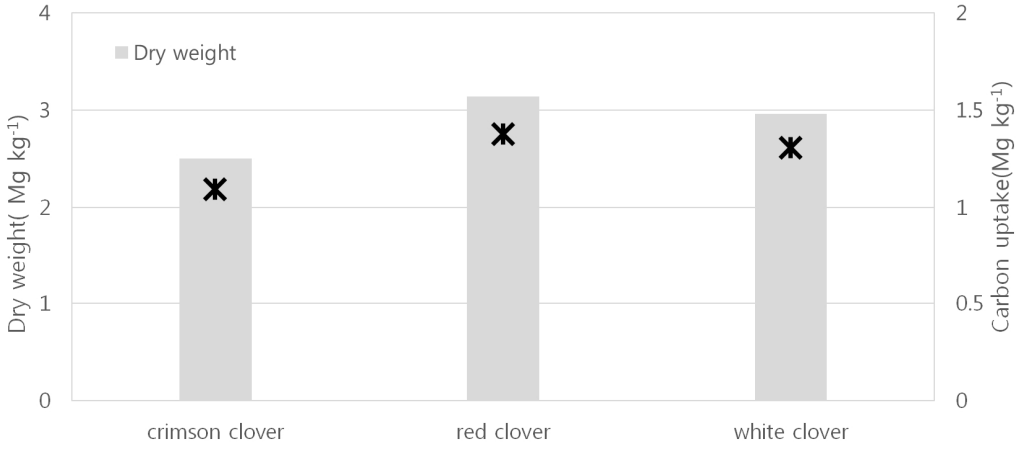
***Corresponding author:** chohs@korea.kr

**Received:** November 1, 2017
**Revised:** November 27, 2017
**Accepted:** November 27, 2017

A B S T R A C T

Clover, a legume crop, is a landscape crop and green manure crop that can be sowing in spring. Clover serves various roles such as landscape composition, weeds suppressing, prevention of soil loss and nutrients on sloping, atmosphere purification, and supplying nitrogen in soil. Thus, in order to utilize this crop in agricultural land, we observed its effect on growth and carbon uptake in upland soil. The plant height of clover species increased with late harvesting time and was 46.0~55.0 cm at 90 days after seeding (DAS) and the longest in red clover. The dry matter increased at 85 DAS, after that, decreased slightly. The dry matter of white clover and red clover was 3.0 Mg $ha^{-1}$ and 3.1 Mg $ha^{-1}$, respectively, and crimson clover was 2.5 Mg $ha^{-1}$, significantly lower than other clover. Crops bloomed at 90 DAS were white clover and crimson clover, the period from sowing to flowering was 78 days for crimson clover and 85 days for white clover. The nitrogen content of the clover species was 12.0~29.3 g $kg^{-1}$, with the highest of 29.3 g $kg^{-1}$ for white clover. The carbon content of clover species was similar in all clover species, but carbon uptake was high in white clover and red clover, and lowest in crimson clover. The carbon uptake of the plant increased to 85 DAS and then decreased. Based on the clover growth and carbon uptake, white clover and red clover were promising when sown in spring.

**Keywords:** Cover crop, Carbon uptake, Clover, Dry weight




Dry weight and carbon uptake of three clovers at 90 days after seeding in upland soil.

© The Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 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.

## Introduction

풋거름작물은 식물체가 푸를 때 토양에 환원하여 이용하는 작물을 뜻한다. 이 작물은 농경지의 물리·화학적인 특성을 개량하거나 화학비료를 대체하기 위하여 이용되어 왔다 (Gardner et al., 2000; Kang et al., 2013; Rayns and Rosenfeld, 2010). 그러나 이 작물들의 이용 범위가 점차 확대되어 지력증진 외에 잡초억제, 과수원 초생재배, 경사지 토양·양분유실 방지, 휴경지 보전, 경관조성, 밀원효과, 대기정화 등 다양한 효과에 연구가 진행되고 있다 (Anderson, 2010; Berry, 2008; Glen, 2012; Kim et al., 1999; Wszelaki, 2010). RDA (2013)는 풋거름작물을 이용하면 헤어리베치는 질소비료 100 %를 대체할 수 있고, 자운영은 70%, 보리는 40%까지 대체 될 정도로 양분공급 효과가 뛰어나다고 하였다. Seo et al. (2005)는 경사지에 헤어리베치나 호밀을 재배하면 관행구 (나지재배) 대비 약 95%의 토양유실이 방지되었다고 하였다. 또한 Cho et al. (2012)는 동계 휴경기간에 풋거름작물을 재배하면 보리는 1.24 ton $ha^{-1}$ 이산화탄소 ($CO_2$)를 흡수하고 헤어리베치는 1.22 ton $ha^{-1}$의 이산화탄소를 흡수하여 일시적으로 대기 중의 이산화탄소 농도를 낮추어 주는 효과가 있다고 하였다.

클로버는 다년생 콩과작물로 초지 사료작물로 개발되어 이용되었으나 최근에는 과수원이나 휴경지 관리, 경사지 토양 유실 억제, 경관조성 등을 위하여 재배되고 있다 (Lee et al., 2003). 클로버는 우리나라 전 지역의 논·밭의 뚝방, 과수재배지, 하천변 등에 재배되며 배수가 양호한 토양을 좋아한다. 또한 식물체 스스로 공중질소 고정능력이 있어 질소비료 공급 면에서 효과가 우수하다. 그러나 식물체의 생육속도가 느리고 초장이 짧아 녹비 수량이 적은 단점이 있다 (Cho et al., 2015; RDA, 2009). 클로버는 C/N율이 25 미만으로 낮아 토양 환원시 분해가 빨리 진행되어 후작물에 양분공급 효과가 뛰어나다고 하였다 (Lee and Park, 2002). 특히, 레드클로버, 화이트클로버는 생육기간이 길고 개화지속 기간이 길어 경관용으로 이용되고 있다. 크림손클로버는 생육 기간은 화이트클로버나 레드클로버보다 짧지만 진한 붉은색의 독특한 꽃모양이 눈에 뛰게 예뻐 경관조성뿐만 아니라 꽃꽂이에도 이용되고 있다 (Cho et al., 2016; Eo et al., 2010; Oh et al., 2012). 클로버의 생육특징은 화이트클로버 (white clover, *Trifolium repens L.*)와 레드클로버 (red clover, *Trifolium pratense L.*)는 런너 형태로 토양표면을 피복하고 있으며 식물체의 각 마디에서 뿌리를 내려 토양에 밀착하는 효과가 뛰어나 토양 및 양분유실 방지에 탁월하다 (RDA, 2009). 화이트클로버와 레드클로버는 년중 파종이 가능하고 한번 파종으로 이른 봄부터 늦은 가을까지 년 중 생육이 가능하여 장기간 토양표면 식생을 유지 할 수 있다 (RDA, 2009). 반면에 크림손클로버 (Crimson clover, *Trifolium incarnatum* L.)는 다른 클로버와 다르게 식물체는 직립성을 띠며, 초장은 약 70 cm 정도 까지 자란다. 개화시기는 화이트클로버나 레드클로버보다 빠르고 줄기의 꼭대기에 약 5 cm 가량의 진홍색 꽃이 일시에 개화하여 경관조성 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다 (Cho et al., 2016). 클로버는 종자로 파종하여 재배하고 있으며 대부분 단일파종하여 이용하지만 Kim et al. (2005)와 Jeon et al. (2011)은 레드클로버나 크림손클로버로 휴경지를 관리할 때 클로버 단일파종 보다는 다른 작물과의 혼합파종 하는 것이 더 효과적이라고 하였다. 클로버는 내한성이 강한 작물로 우리나라에서 가을에 파종하여 월동이 가능하다고 하였으나 Kim et al. (2007)은 논토양에서 크림손클로버의 녹비 생산량은 겨울철 월동율에 따라 차이가 크다고 하였으며, RDA (2013)는 우리나라에서 가을에 파종하면 지역이나 동계 기온 등에 따라 월동율에 차이가 심하여 안정적인 녹비량을 생산하는데 어려움이 있었다고 하였다.

따라서, 지역이나 겨울기간의 기상조건에 따라 월동률의 차이가 심한 클로버를 농경지에 재배하여 경관작물 또는 풋거름작물로 이용할 때 안정적인 생육을 위하여 봄에 파종하였으며, 이에 적합한 클로버를 선발하고자 중부지역 (수원)에서 화이트클로버, 레드클로버, 크림손클로버 3종을 봄에 파종하여 클로버의 생육 및 수량, 탄소흡수량 등을 조사하였다.

## Materials and Methods

본 시험은 국립식량과학원의 밭 토양에서 2009년 4월 8일에부터 7월 7일까지 약 90일 동안 시험하였다. 이 때 클로버는 화이트클로버 (*Trifolium repens L.*), 레드클로버 (*Trifolium pratense L.*), 크림손클로버 (*Trifolium incarnatum L.*) 3종을 사용하였다. 클로버 파종량은 화이트클로버와 레드클로버는 20 kg $ha^{-1}$, 크림손클로버는 50 kg $ha^{-1}$을 파종하였다. 파종방법은 세조파기를 이용하여 25 × 5 cm로 골을 만든 다음 손 파종 하였으며 클로버 재배기간에는 화학비료인 질소 (T-N), 인산 ($P_2O_5$), 칼리 ($K_2O$)는 모두 무시비 하였다. 기타 재배방법 및 수량조사는 농촌진흥청 작물 재배요령 및 조사방법에 준하여 실시하였다 (RDA, 2003). 클로버의 생육 및 수량조사는 클로버 파종 후 64일 (6월 10일)부터 파종 후 91일 (7월 7일)까지 약 7일 간격으로 5회 실시하였다. 생육조사를 위하여 50 × 50 $cm^2$ 격자 내의 식물체 지상부를 모두 채취한 다음 그 중 20주를 골라 초장, 마디수 등 생육특성을 측정하였고, 개화특성으로 개화시, 꽃길이, 주당 꽃수를 조사하였다. 클로버의 건물중은 생육조사가 끝난 20주를 포함하여 50 × 50 $cm^2$ 내의 지상부 식물체 전체를 80°C의 열풍건조기에 넣어 48시간을 열풍 건조한 다음 무게를 측정하여 ha당 면적으로 환산하였다. 클로버의 양분함량을 분석하기 위해 식물체 5주를 따로 채취하여 50°C에서 24시간 열풍 건조기에서 건조한 다음 마쇄하여 사용하였다. 이 때 식물체 시료는 지상부만 잘라서 채취하였다. 토양의 화학적 특성 분석을 위한 토양시료는 파종 전에 토양 표토 (0~15 cm)를 채취하여 그늘에서 건조한 다음 마쇄하고 2 mm 체를 통과시켜 조제하였다. 토양 및 식물체의 화학적 성분분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법에 의거하여 분석하였다 (NIAST, 2000). 먼저 식물체는 전질소 (T-N) 함량, 전탄소 (T-C) 함량, 탄질율 (C/N율)을 원소분석기 (CNS-2000, LECO Corp., USA)로 측정하였고, 인산 ($P_2O_5$)과 칼리 ($K_2O$), 칼슘 (CaO), 마그네슘 (MgO)은 식물체를 Microwave (mars-5, CEM, USA)로 완전 분해한 다음 ICP (Integra-XP, GBC Scientific Equipment Ltd, Australia)를 이용하여 정량하였다. 토양의 화학적 특성인 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 초자전극법 (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 유기물 환산계수인 1.724를 곱하여 토양유기물을 계산하였다. 양이온 함량은 1M-$NH_4OAc$로 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** 밭토양의 화학적 특성은 Table 1과 같이 시험토양은 양토였다. 토양의 유기물 함량 9.3 g $kg^{-1}$, 인산 140 mg $kg^{-1}$, 치환성칼리 0.8 $cmol_c$ $kg^{-1}$으로 작물 재배하기에 유기물 함량은 낮고 유효인산과 치환성칼리는 작물재배에 적절한 상태였으나 전반적인 토양지력은 약간 낮은 편이었다.

Table 1. Soil chemical properties in the experimental field.

| Soil texture | pH | OM† | Avail. $P_2O_5$ | Exch. cations | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ca | Mg | K |
| | (1:5) | g $kg^{-1}$ | mg $kg^{-1}$ | ---------- $cmol_c$ $kg^{-1}$ ---------- | | |
| loam | 6.33 | 9.3 | 140 | 3.7 | 1.2 | 0.8 |

†OM: organic matter.

**클로버 종류의 화학적 특성** 클로버의 화학적 특성은 파종 후 91일 (7월 7일) 시료를 분석하였으며 그 결과는 Table 2와 같이 클로버의 질소함량은 12.0~29.3 g $kg^{-1}$으로 클로버 종류에 따른 차이가 컸고, 화이트클로버 (29.3 g $kg^{-1}$)에서 가장 높았고 크림손클로버 (12.0 g $kg^{-1}$)에서 가장 낮았다. 클로버의 질소함량은 같은 두과작물인 헤어리베치 (40 g $kg^{-1}$)나 자운영 (32 g $kg^{-1}$)보다는 낮았으나 두과를 제외한 보리 (13 g $kg^{-1}$) 등 화본과 작물이나 기타 경관작물보다 높았다 (RDA, 2009; Cho et al., 2015). 탄소함량은 427~441 g $kg^{-1}$으로 클로버 종류 간에 차이가 없었으며 C/N율은 질소함량이 높은 화이트클로버에서 15.1로 가장 낮았고 레드클로버는 22.7, 크림손클로버는 36.0이었다. C/N율은 분해속도와 관련된 항목으로 C/N율이 25보다는 낮으면 식물체가 토양에 환원되면 짧은 시간 내에 분해되어 작물에 양분을 공급할 수 있다고 하였는데 화이트클로버나 레드클로버는 C/N율이 낮아 토양 환원시 분해가 이루어질 것으로 사료되었다. 그러나 크림손클로버는 C/N율이 36으로 높아 토양 환원 후 분해에 오랜시간이 필요하거나 부숙을 촉진시키기 위해서는 질소원의 추가공급이 필요할 것으로 판단되었다 (Cho et al., 2015). 그 외에 무기성분인 인산함량은 4.9~9.2 g $kg^{-1}$, 칼슘함량은 12.6~25.1 g $kg^{-1}$, 마그네슘함량은 7.0~8.4 g $kg^{-1}$, 칼륨함량은 8.3~12.9 g $kg^{-1}$으로 작물재배에 꼭 필요한 질소, 인산, 칼리 외에 칼슘 (Ca), 마그네슘 (Mg) 등의 무기성분들을 함유하고 있어 토양에 환원하면 이들 무기원소도 공급되었다 (Cho et al., 2014; Gardner et al., 2000).

**Table 2.** The chemical characteristics of clover species.

| Clovers | T-N | T-C | CaO | MgO | $K_2O$ | $P_2O_5$ | C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g $kg^{-1}$ | | | | | | |
| White clover | 29.3 | 441 | 24.5 | 8.2 | 11.5 | 6.2 | 15.1 |
| Red clover | 18.9 | 427 | 25.1 | 8.4 | 12.9 | 4.9 | 22.7 |
| Crimson clover | 12.0 | 431 | 12.6 | 7.0 | 8.3 | 9.2 | 36.0 |

※ Sampling date : 2009. 7. 7.

**클로버 종류의 개화특성 및 건물수량** Table 3은 클로버의 생육 및 개화특성, 그리고 건물수량으로 조사시기는 파종 후 91일 (7월 7일)에 실시하였다. 클로버의 초장은 46.0~55.0 cm로 화이트클로버에서 가장 짧았고 레드클로버에서 가장 길었다. 주당 엽수는 화이트클로버가 14.5개로 가장 많았고, 레드클로버와 크림손클로버는 각각 8.0개, 9.0개였으며, 주당 분지수는 크림손클로버와 레드클로버는 거의 없는 반면 화이트클로버는 2.3개 였다. 봄에 파종 (4월 8일)하여 약 90일 동안의 재배기간에 개화된 클로버는 크림손클로버와 화이트클로버였고, 레드클로버는 개화되지 않았다. 크림손클로버는 6월 24일, 화이트클로버는 7월1일에 개화하여 개화소요일수는 각각 78일, 85일이었다. Kim et al. (2005)에 의하면 크림손클로버는 숙기가 빨라 개화가 빠른 반면 레드클로버는 숙기가 늦어 개화되는데 시간이 많이 소요된다고 하였는데 본 시험에서도 레드클로버는 파종 후 91일 동안 개화되지 않아 화이트클로버나 크림손클로버보다 개화소요일수가 더 길 것으로 판단되었다. 클로버의 건물수량은 화이트클로버나 레드클로버는 각각 3.0 Mg $ha^{-1}$, 3.1 Mg $ha^{-1}$으로 비슷한 반면 크림손클로버는 2.5 Mg $ha^{-1}$으로 다른 클로버보다 낮았다.

클로버 꽃은 Fig. 1과 같이 크림손클로버 꽃은 줄기 끝에 꽃이 피는 두상화서로 작은 꽃들이 모여 원뿔형의 꽃모양을 이루며 꽃색은 진한 붉은색을 띠고 꽃길이는 2.7 cm, 주당 꽃수는 1.6개였다 (Cho et al., 2016). 화이트클로버와 개화되지 않은 레드클로버는 잎겨드랑이에서 꽃자루가 20~30 cm의 꽃자루가 나와 꽃자루 끝에 여러 개의 꽃이 산상으로 달린다. 꽃색은 화이트클로버는 흰색, 레드클로버는 분홍색을 띠었다 (RDA, 2009).

Table 3. The growth characteristics of three clovers at 90 days after seeding in upland soil.

| Soil texture | Plant height | No. of leaves per hill | No. of branching per hill | Flowering characteristics | | | Dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Flowering time | Flower length | No. of flower per hill | |
| | cm | | | m.d. | cm | | Mg ha$^{-1}$ |
| White clover | 46.0 ab† | 14.5 a | 2.3 a | 7.01 | - | - | 3.0 a |
| Red clover | 55.0 a | 8.0 b | 1.1 b | - | - | - | 31 a |
| Crimson clover | 49.5 ab | 9.0 b | 1.4 b | 6.24 | 4.3 | 1.6 | 2.5 b |

※ Survey date: 2009. 7. 7.
†Same letters in a column are not significantly different with Duncan's multiple test at 5% level.

(a) (b) (c)

Fig. 1. The pictures of growth of clover; white clover (a), red clover (b), and crimson clover (c).

**수확시기별 클로버 종류의 초장 및 건물중의 변화** 봄에 파종된 클로버의 수확 시기별 생육을 보면 Fig. 2 (left)와 같이 초장은 파종 후 점차 증가되어 마지막 수확시기에 가장 길었다. 이는 3종류의 클로버 모두 같은 경향이었으며 초장이 가장 긴 클로버는 레드클로버로 파종 후 91일에 55 cm였다. 다른 클로버는 파종 후부터 수확시기까지 50 cm미만으로 짧았다. Berry (2008)는 크림손클로버는 1°C에서도 발아는 되지만 유식물이 생장하는데 상당히 높은 온도가 필요하다고 하였는데 클로버도 파종 후 초장이 10 cm이상 자라는데 약 63일이 소요되었다. 클로버의 건물중은 Fig. 2 (right)와 같이 수확시기까지 점차 증가되었으며 화이트클로버와 레드클로버의 건물중은 파종 초기부터 파종 후 85일까지 급격히 증가하였으며 파종 후 91일에는 감소되었다. 이 때 수량은 레드클로버, 화이트클로버 모두 3.8 Mg ha$^{-1}$이었다. 크림손클로버의 건물중은 파종 후 71일까지 급격히 증가하고 그 이후부터는 완만한 증가를 보였다. 생육 후반기에 건물중이 감소한 이유는 개화가 진행된 클로버는 개화 이후에는 식물체의 생장은 멈추고 종자가 맺힌 다음에는 고사되기 때문으로 사료되었다.

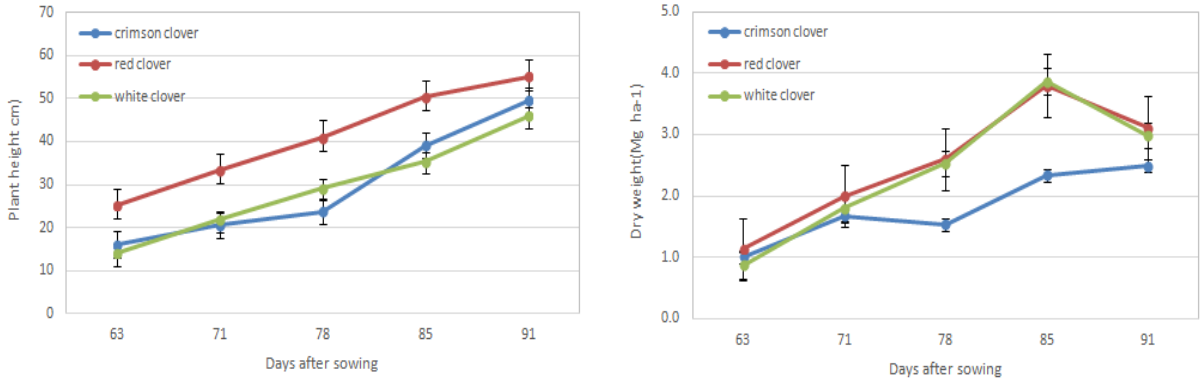



Fig. 2. The changes of plant height (left) and dry weight (right) of three clovers in different growth stages.

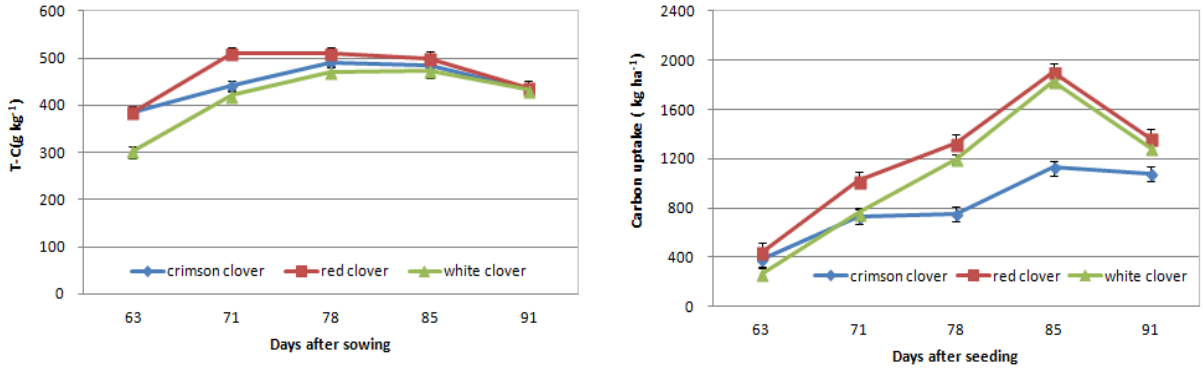



Fig. 3. The changes of total carbon content (left) and carbon uptake (right) of three clovers in different growth stages.

**클로버의 수확시기에 의한 탄소함량 및 탄소생산량의 변화** 토양에 작물을 재배하지 않고 나지상태로 방치하면 토양 및 양분이 유실되고 잡초발생으로 농경지 관리가 어려워진다. 그러나 휴경기간에 농경지에 작물을 재배하면 작물이 자라면서 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출함으로써 온실가스의 주범인 이산화탄소를 흡수하여 일시적인 온실가스 저감 효과를 갖게 된다. 클로버 식물체의 총탄소 함량(T-C)은 Fig. 3 (left)과 같이 파종 후 78일까지는 계속 증가하였으나 그 이후 감소되었으며 이는 화이트클로버, 레드클로버, 크림손클로버 모두 같은 경향이었다.

수확시기별 클로버가 흡수한 탄소함량은 Fig. 3 (right)과 같이 파종 후 85일까지는 점차 증가하였으나 이 후에는 감소되었으며 이는 클로버의 건물중과 같은 패턴이었다. 레드클로버와 화이트클로버의 탄소흡수량은 파종 후부터 파종 85일까지 급격히 증가하여 파종 85일에 약 1,800 kg $ha^{-1}$의 탄소가 클로버 식물체에 축적되었다. 반면에 크림손클로버의 탄소흡수량은 파종 후 약 71일까지는 급격하게 증가하였으나 그 이후에는 서서히 증가되어 파종 후 85일에는 다른 클로버보다 탄소흡수량이 약 1.8배 적었다.

**클로버의 수확시기에 의한 질소함량 및 C/N율의 변화** 양분공급과 밀접한 관계가 있는 클로버의 질소함량을 생육시기별로 보면 Fig. 4 (left)와 같이 클로버의 질소함량은 크림손클로버와 레드클로버는 파종 후 78일까지 증가한 후 감소되었으며, 화이트클로버는 85일까지 증가한 다음 감소되었다. 생육기간 중 질소함량은 화이트클로버에서 높았고 크림손클로버에서 낮았으며 크림손클로버와 화이트클로버는 생육초기의 질소농도가 천천히 증가하는 반면 레

드클로버는 급격히 증가한 다음 현저히 빠르게 감소되었다. 파종 후 71일부터 85일까지 화이트클로버와 레드클로버의 질소함량이 30 g $kg^{-1}$으로 높아 질소함량이 높았던 자운영 (32 g $kg^{-1}$)과 비슷하였다 (Cho et al., 2015; RDA, 2009).

생육시기별 클로버의 C/N율은 Fig. 4와 같이 3클로버 모두 파종 후 서서히 증가되었으며 질소함량이 낮은 크림손클로버를 제외한 레드클로버와 화이트클로버는 생육 91일 동안 모두 25미만으로 낮아 토양 환원시 빠르게 분해가 이루어질 것으로 판단되었다 (Cho et al., 2015; Yang et al., 2009). 그러나 질소함량이 낮은 크림손클로버의 C/N율은 생육초기부터 다른 두 클로버보다 높았으며 파종 후 78일 이후에는 25이상으로 높아져 풋거름용으로 농경지에 환원하고자 할 때는 파종 후 78일 전후에 경운하거나 78일 이후에 토양에 환원하면 부숙 촉진을 위한 질소원을 공급해 주는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

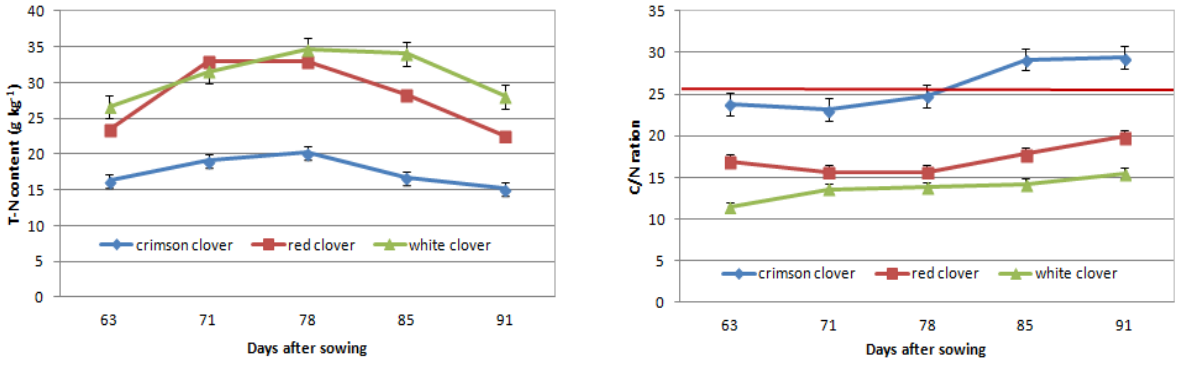



Fig. 4. The changes of T-N content (left) and C/N ratio (right) of three clovers in different growth stages.

## Conclusions

클로버는 두과작물로 봄에 파종이 가능한 경관작물이면서 풋거름작물이다. 클로버는 처음에는 사료작물로 이용되었으나 요즘에는 경관조성, 잡초억제, 경사지 보호뿐만 아니라 토양에 환원되어 질소비료를 공급하기도 한다. 이런 다양한 효과를 주고 있는 클로버의 활용도를 제고하기 위하여 화이트클로버, 레드클로버, 크림손클로버 3종을 농경지에 재배하면서 클로버의 생육특성과 탄소흡수량을 조사하였다.

화이트클로버, 레드클로버, 크림손클로버 모두 초장은 수확시기가 늦을수록 증가되었으며 생육기간인 90일 동안 클로버 초장은 약 46.0~55.0 cm이었고. 레드 클로버에서 가장 길었다. 클로버의 건물수량은 파종 후 85일까지 증가되었으나 그 이후부터는 파종 후 90일까지는 서서히 감소되었다. 클로버의 건물수량은 수량이 가장 많았던 레드클로버가 3.1 Mg $ha^{-1}$이었고, 화이트클로버는 3.0 Mg $ha^{-1}$, 크림손클로버는 2.5 Mg $ha^{-1}$으로 가장 적었다. 봄에 파종하여 생육 90일 동안 화이트클로버와 크림손클로버가 개화되었고 건물수량이 가장 많은 레드클로버는 개화되지 않았다. 클로버는 파종부터 개화까지 걸리는 일수는 크림손클로버가 78일로 짧았으며 화이트클로버는 85일이 소요되었다. 클로버 식물체의 질소함량은 12.0~29.3 g $kg^{-1}$ 으로 클로버 종류에 따른 차이가 컸으며 질소함량이 가장 높은 클로버는 화이트클로버에서 29.3g $kg^{-1}$이었다. 반면에 식물체의 탄소함량은 3종의 클로버 모두 비슷하였으며 탄소흡수량은 건물수량이 높은 레드클로버에서 가장 많았다. 식물체의 탄소흡수량은 건물수량과 같은 패턴으로 파종 후 85일까지 증가한 다음 파종 후 90일에는 감소되었다. 클로버를 봄에 파종하여 이용할 때는 풋거름수량이나 탄소흡수량, 질소함량 등을 기준으로 볼 때 크림손클로버보다 화이트클로버와 레드클로버가 우수하였다.

## Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (PJ0093322017)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

Anderson, N.P. 2010. Improving cover crops with crimson clover. 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. Stephent 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., K.Y. Seong, T.S. Park, M.C. Seo, W.T. Jeon, W.H. Yang, H.W. Kang, and H.J. Lee. 2012. Changes in carbon amount of soil and rice plant as influenced by the cultivation of different green manure crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(6):1058-1064.

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.

Cho, H.S., M.C. Seo, T.S. Park, J.H. Kim, W.G. Sang, P. Shin, and G.H. Lee. 2016. The effect of soil textures on the flowering characteristics and green manure yield of crimson clover (*Trifolium incarnatum L.*) in upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert.49(6):705-711.

Eo, J.N., S.B. Kang, K.C. Park, K.S. Han, and Y.K. Yi. 2010. Effects of cover plants on soil biota: a study in an apple orchard. Korean J. Enviro. Agri. 23(2):115-120.

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.

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, J.D., S.G. Kim, C.H. Kwon, S.J. Abuel, S.H. Chae, and M.K. Kim. 2005. Comparison of forage yield and quality, and soil improvement of legumes. J. Korean Grassl. Sci. 25(3):151-158.

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.

Kim, W.H., S. Seo, Y.C. Lim, K.J. Choi, J.K. Lee, and B.K. Yoon. 2007. Selection of promising crimson clover cultivar in paddy field. J. Korean Grassl. Sci. 27(3):151-154.

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.

Lee, J.K., J.W. Chung, J.G. Kim, S.H. Yoon, B.H. Paek, K.J. Na, S.C. Lee, and J.S. Lee. 2003. Growth characteristics

and productivities of white clover (*Trifolium repens*) varieties at the alpine areas, J. Korean Grassl. Sci. 23(2):115-120.

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.

NIAST. 2000. Analytical methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

Oh, Y.J., S.B. Kang, Y.I. Song, J.H. Choi, and W.K. Paik. 2012. Effects of cover plants on soil microbial community in organic apple orchards, Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5):822-828.

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.

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

Wszelaki, A. 2010. Cover Crops: Crop Rotation, Weed Control and Nutrient Contributions, http://organics.utk.edu/.