

잎의 크기가 다른 White Clover 品種들의 몇가지 形態 및 生理的 特性間的 關係

姜晉鎬 · Geoffrey E. Brink*

Relationship between Morphological and Physiological Characters of White Clover Cultivars with Different Leaf Size

Jin Ho Kang and Geoffrey E. Brink*

Summary

Several benefits provided by white clover (*Trifolium repens* L.) can be elevated as relationship between its morphological and physiological characteristics is clarified. The experiment was done to analyze the relationship between them in the clover with different leaf size. Individual plants of Osceola (large leaf), Grasslands Huia (medium leaf) and Aberystwyth S184 (small leaf) were grown in 15cm plastic pot containing a 1:2:1 soil:sand:Promix mixture for 55 days, and then clipped to remove all fully expanded leaves every 7, 14 or 28 days. To measure the cultivar response, plants were sampled for morphological and physiological parameters on the date (0) after final harvest and 1, 3, 7, 14 and 28 days after the final harvest and then their relationship was analyzed.

Osceola had greater leaf area per trifoliolate but less no. of leaves per plant to result in similar total leaf area per plant of all cultivars. Stolon length and no. of growing tips per plant declined with smaller leaf size although the result in biomass was reverse. Stolon of all cultivars showed the greatest fluctuation in total nonstructural carbohydrate during the regrowing period but nitrogen concentrations of all their fractions and dinitrogen fixation did similar patterns. Stolon and root of Osceola, moreover, were the highest ones. Biomass, stolon length and total leaf area per plant of all cultivars were positively correlated to carbohydrate concentration of all fractions and dinitrogen fixation. In Osceola relationship between nitrogen concentration of stolon and the characters showed in Osceola was positively done.

I. 緒 論

세계적으로 많은 품종이 육성·등록되어 있으며 잎의 크기에 따라 大葉種, 中葉種, 小葉種으로 분류되는 white clover는 混播草地에서의 適正比率이 30% 정도인 것으로 알려져 있다. 따라서 white clover가 도입된 混播草地에서 이러한 비율을 長期間 유지할 수 있는 관리방법이 우선적으로 모색되어야 하나 잎의 크기에 따라 관리방법, 특히 放牧週期에 대한 반응이 아주 다른 것으로 보고되고 있다(Frame 등,

1986; Lowther 등, 1989).

잎의 크기에 따라 분류되는 white clover 品種들의 특성으로 大葉種은 小葉種에 비하여 複葉이 크고, 匍匐莖은 굵고 짧으며, 放牧週期가 길 경우 생장이 양호하다고 할 수 있다. 그러나 小葉種은 複葉이 작은 대신 葉數가 많고, 匍匐莖이 길고 가늘며, 葉柄長이 짧아 殘存葉數가 많은 것으로 보고되고 있다. 따라서 大葉種에 비하여 小葉種은 放牧週期가 짧은 繼續放牧에서 상대적으로 생장이 우수한 것으로 요약될 수 있을 것이다(Wilman 등, 1982ab; 강 등, 1982).

경상대학교 농학과(Dept. of Agronomy, Gyeongsang Natl. University, Chinju 660-701, Korea)

* 미국 미시시피주립대학(USDA, ARS, Forage Research Unit, P.O. Box 5367, Mississippi State, MS 39762, USA)

방목으로 인한 탈엽 후 잎을 새롭게 전개시키거나 생장에 필요한 energy는 殘存葉의 광합성 또는 체내의 저장물질에 의존한다고 할 수 있다. 匍匐莖이 굵은 大葉種은 뿌리보다는 匍匐莖에 저장되어 있는 탄수화물을 우선적으로 이용하고, 이후 일정기간 匍匐莖에 다시 탄수화물을 축적시키는 반면, 小葉種은 이러한 저장조직의 기능보다는 잔존엽의 광합성에 주로 의존하는 것으로 보고되고 있다(Danckwerts 등, 1989; Hart, 1987; Hartwig 등, 1990). 따라서 잎의 크기가 다른 white clover 품종들은刈取後 殘存葉의 多少와 영양분의 저장기능(sink capacity)의 정도에 따라 생장은 크게 영향을 받을 것으로 보인다.

예취에 따른 체내 질소의 轉流는 탄수화물과는 달리 뿌리에 저장된 질소가 먼저 이동되고, 예취가 빈번한 상황에서는 匍匐莖의 질소도 잎 또는 성장부위로 전류되거나(Marriott 등, 1990; Ryle 등, 1989), 荳科인 white clover에서 이러한 체내 질소의 轉流는 窒素固定量에 따라 영향을 크게 받을 것이다. 특히 white clover는 잎의 크기가 클수록 窒素固定은 많은 것으로 보고되고 있어서 (Goodman 등, 1986; Ledgrad 등, 1990), 放牧週期の 變動으로 인하여 잎의 크기가 다른 white clover 품종들의 체내 질소함량 또는 窒素固定은 영향을 받을 것으로 보인다.

이상의 시험들은 하나의 품종을 공시하거나, 품종간 반응만 조사한 결과로써 放牧方法에 관계없이 잎의 크기가 다른 품종들의 生長, 形態 및 生理的 特性間 相互關係를 검토한 논문은 많지 않다. 本 試驗은 混播草地에서 white clover의 管理에 필요한 情報를 提供하기 위하여 再生期間中 잎의 크기가 다른 white clover 품종들의 몇가지 生長, 形態 및 生理的 特性을 측정하여 이들간의 관계를 분석코자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 1990년 3월부터 12월까지 미국 Mississippi 州에 있는 美農務省 溫室 및 分析實驗室에서 행하여 졌으며, 分析試料를 확보하기 위한 white clover의 재배 및 관리는 姜等(1994)이 행한 방법과 같다.

處理는 再生期間中 잎의 크기가 다른 white clover 품종들의 生長, 形態 및 生理的 特性間의 관계를 분

석코자, 大葉型 Osceola, 中葉型 Grasslands Huia (Huia) 및 小葉型 Aberystwyth S184(S184)의 3個 品種을 주구에 供試하고, 세구에 예취주기를 배치한 분할구 8반복으로 실시하였다. 刈取週期 處理를 위한 最初刈取는 과종 후 55일에 複葉(trifoliolate)이 Carlson stage 0.9(Carlson, 1966) 이상으로 전개된 잎들을 3cm의 높이로 절단하였다. 最初刈取를 실시한 후 7日, 14日 및 28日 間隔으로 刈取하여 刈取週期를 달리하였다.

各 供試品種의 질소와 탄수화물의 分配 및 窒素固定의 차이를 추적하기 위하여 28日 동안의 刈取處理가 끝나는 날(0 day)과 마지막 刈取後 1, 3, 7, 14, 28日에 植物體를 水洗한 후 뿌리를 절단하여 Acetylene Reduction Assay 方法(Hardy 등, 1968)으로 窒素固定率을 측정하고는 건조하여 분석시료로 이용하였다. 地上部는 調查期間中 5℃의 低溫室에 보관하면서 잎, 엽병 및 포복경으로 분리하여 100℃에 30分 경과 시킨 후 75℃에 48시간 乾燥·坪量하였으며, 粉碎前 잎과 엽병을 혼합하였다. 各 部位別 시료는 0.5mm로 粉碎하여 plastic병에 보관하였고, 분석 직전 회전기(tumbler)를 이용하여 시료를 균일하게 혼합하였으며, total nonstructural carbohydrate (TNC)는 Anthrone 方法(Baur-hoch 등, 1990), 질소는 Micro-kjeldahl 方法(Bremner, 1965)으로 분석하였다.

刈取週期の 變動에 대한 各 供試品種의 生長, 形態 및 生理的 特性 變化는 이미 보고된 바 있으며(姜 등, 1994, 1995) 各 供試品種別 이들 형질은 완전임의 배치법 24반복으로 통계분석하여 평균으로 표시하였고 供試品種別로 이들 특성간의 相關을 분석하였다.

III. 結果 및 考察

1. 生長 및 形態別 特性

28일의 재생기간동안 各 供試品種의 株當乾物重, 株當匍匐莖長, 分枝莖數, 複葉 크기, 株當葉面積과 株當葉數의 經時的 變化는 그림 1과 같다. 예취 후 28일의 재생기간동안 大葉種 Osceola에서 재생기간이 길어질수록 株當乾物重의 증가가 큰 것으로 나타났다. 株當 匍匐莖長과 分枝莖數는 大葉種 Osceola에서 가장 짧고 적은 반면, 小葉種 S184에서 가장 길고 많아 잎의 크기가 작을수록 이러한 형질은 많아

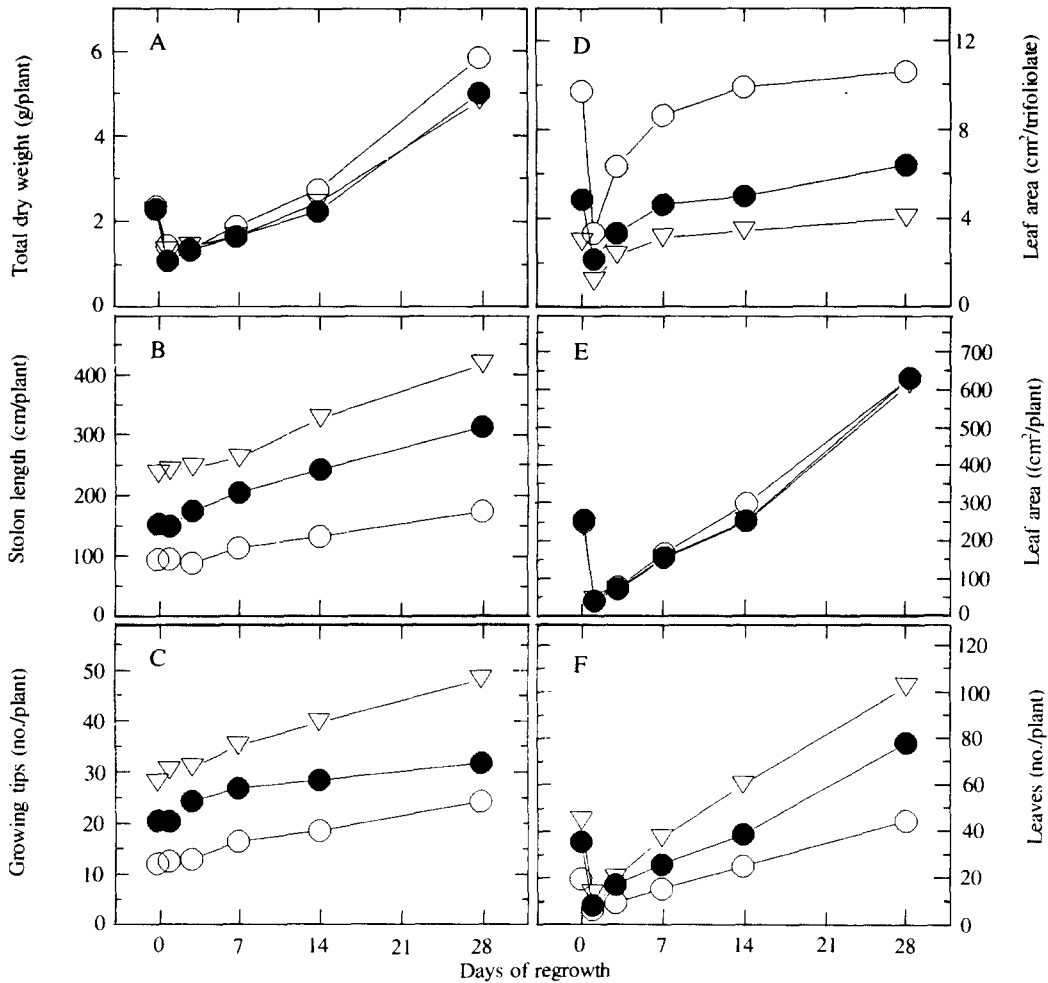


Fig. 1. Varietal effect on biomass (A), stolon length (B), growing tips (C), leaf area per trifoliolate or plant (D, E) and no. of leaves (F). Symbols indicate ○, Osceola; ●, Huia and ▽, S184.

진다고 할 수 있다. 複葉은 大葉일수록 커서 기존의 분류와 동일한 것으로 나타났으나(Fig. 1 D) 株當葉數는 예취 후 재생기간이 길어질수록 大葉種 Osceola에서 적고 小葉種 S184에서 많은 것으로 나타났다. 株當葉面積은 供試品種간 차이는 없는 것으로 조사되었는데 大葉種 Osceola는 複葉이 큰 대신 葉數가 적고 小葉種 S184는 반대의 현상으로 나타났던 결과라 할 수 있다.

2. TNC, 窒素含量 및 窒素固定

예취주기에 대한 各 供試品種의 部位別 TNC 및 질소 함량의 변화는 그림 2와 같다. TNC 함량은 各 供試品種 공히 잎과 엽병에서의 변화가 가장 적었던

반면, 匍匐莖에서의 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 各 供試品種의 部位別 TNC 含量을 비교하여 보면 잎과 엽병에서는 大葉種 Osceola가 예취 후 3일에 현저히 떨어졌다가 7日後에는 회복되었고 匍匐莖에서도 大葉種 Osceola가 예취 14일 이후부터 급격히 증가되었으며, 뿌리는 大葉種 Osceola에서 예취 28일 후에 가장 높은 것으로 조사되었다.

各 部位의 질소함량은 28일의 재생기간 동안 收穫이 일어나는 잎과 엽병에서 가장 높고 匍匐莖이 가장 낮았다. 잎과 엽병의 질소함량은 예취 후 7일까지는 품종간 차이가 있었으며, 匍匐莖에서는 예취 후 7일에 大葉種 Osceola에서 가장 낮은 반면, 28일에는 小葉種 S184에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

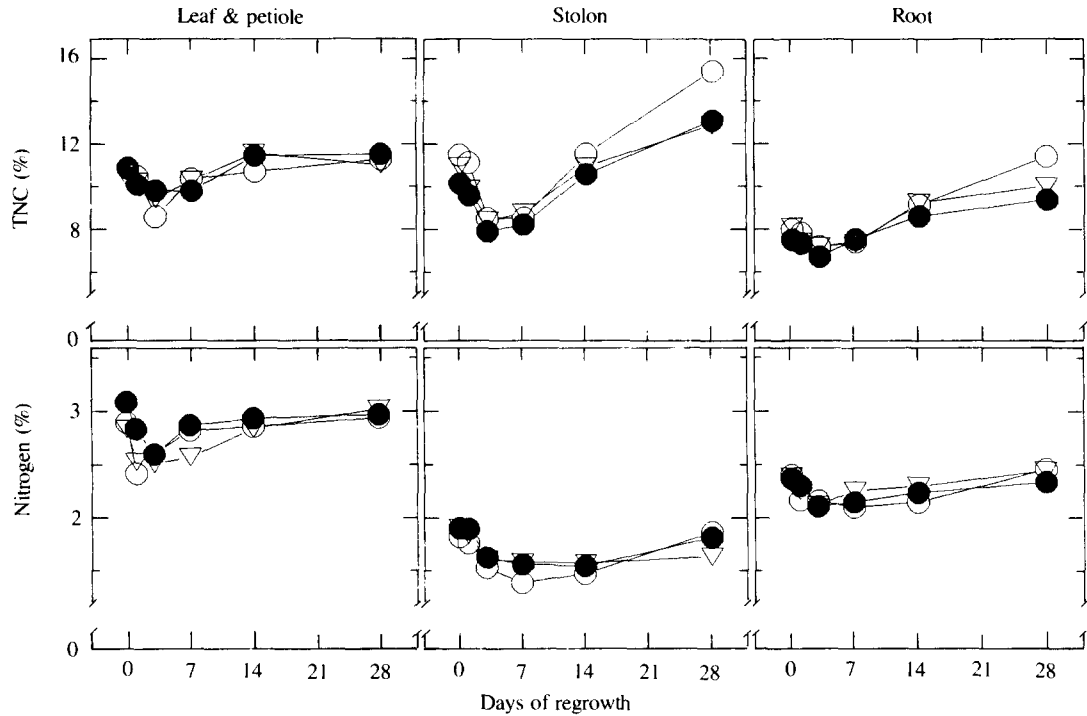


Fig. 2. Total nonstructural carbohydrate and nitrogen content of white clover fractions as affected by regrowing period. Symbols indicate ○, Osceola; ●, Huia and ▽, S184.

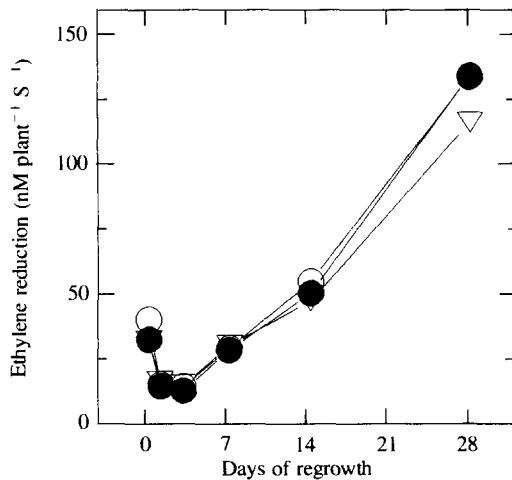


Fig. 3. Ethylene reduction rate of white clover cultivars as affected by regrowing period. Symbols indicate ○, Osceola; ●, Huia and ▽, S184.

28일의 재생기간 동안 各 供試品種別 질소고정은 그림 3과 같다. 질소고정은 품종간 거의 비슷한 변화

를 보이거나 예취 후 28일에서 小葉種 S184가 가장 낮은 것으로 측정되었다.

3. 生長, 形態 및 生理的 特性間的 關係

이상의 株當乾物重, 形態 및 生理的 特性間的 相關을 분석한 결과는 표 1과 같다. 供試品種 모두 株當乾物重, 匍匐莖長 및 株當葉面積은 잎과 엽병, 포복경 및 뿌리, 즉 各 部位의 TNC 함량과 질소고정과는 正의 相關을 보였다. 그러나 株當乾物重, 匍匐莖長, 株當葉面積과 各 部位別 窒素含量間的 關係에서 大葉種 Osceola는 匍匐莖의 질소함량과 正의 相關을 보인 반면, 小葉種 S184는 잎과 엽병의 질소함량과 正의 相關을 보였다.

이상의 결과는 小葉種에 비하여 大葉種은 株當乾物重이 많은 반면, 株當葉數, 匍匐莖長 및 分枝莖數는 적거나 작으며, 匍匐莖 및 뿌리의 탄수화물 함량은 재생기간이 길수록 높으며, 또한 성장기간중 질소 고정량도 많다는 기존의 보고와 일치하는 경향이였다(Goodman 등, 1986). 따라서 이러한 시험결과를 이

Table 1. Simple correlation coefficients between morphological characters of white clover cultivars and its fraction concentrations of total nonstructural carbohydrate and nitrogen or dinitrogen fixation.

Characters	Cultivar	TNCCLP [†]	TNCCST	TNCCR	ARR	NCLP	NCST	NCR
Biomass [‡]	Osceola	0.54**	0.87**	0.96**	0.98**	0.30	0.58**	0.20
	Huia	0.64**	0.85**	0.79**	0.96**	0.32	0.33	-0.03
	S184	0.52**	0.87**	0.89**	0.95**	0.50**	-0.25	-0.08
Stolon length	Osceola	0.54**	0.71**	0.79**	0.76**	0.39*	0.59**	0.31
	Huia	0.54**	0.66**	0.66**	0.82**	0.48**	0.19	-0.07
	S184	0.55**	0.84**	0.83**	0.87**	0.39*	-0.17	0.12
Leaf area	Osceola	0.50**	0.78**	0.93**	0.98**	0.33	0.43*	0.23
	Huia	0.66**	0.84**	0.81**	0.98**	0.27	0.29	-0.03
	S184	0.51**	0.82**	0.87**	0.98**	0.51**	-0.37	-0.05

*, ** Significant at the 0.05 or 0.01 probability, respectively.

[†] TNCCLP = total nonstructural carbohydrate (TNC) concentration of combined sample of leaf and petiole (%), TNCCST = TNC concentration of stolon (%), TNCCP = TNC concentration of root (%), ARR = acetylene reduction rate (nM C₂H₂/h/plant), NCLP = nitrogen concentration of combined sample of leaf and petiole (%), NCST = nitrogen concentration of stolon (%), and NCR = nitrogen concentration of root (%).

[‡] Biomass = total dry weight (g/plant), Stolon length = total stolon length (cm/plant), and Leaf area = total leaf area (cm²/plant).

용하여 生長, 形態의 形質과 生理的 形質間에 나타난 이상의 相關關係로 부터 white clover 품종들은 잎의 크기에 관계없이 各 部位의 TNC 함량과 질소고정율이 높을수록 個體重, 匍匐莖, 葉面積의 확보, 즉 생장이 조장될 것으로 예측된다. 한편으로 大葉種은 재생기간동안 他器官보다 匍匐莖에서의 질소 축적이 많이 이루어져야 하며 小葉種은 잎과 엽병에서의 질소 함량이 높아야 생장이 원활하게 될 것이다. 따라서 white clover는 탄수화물 함량과 窒素固定을 증대시키기 위한 관리방법과 아울러 大葉種은 匍匐莖에 어느 정도 질소를 축적시킬 수 있는 예취간격의 확보, 즉 放牧週期間의 間隔에 대한 조절이 필요할 것이며, 小葉種은 예취 후 새롭게 전개되어 질소함량이 극히 낮은 新葉보다는 상대적으로 질소함량이 높은 殘存葉을 많이 유지할 수 있는 放牧強度의 조절이 필요할 것으로 보인다.

IV. 摘 要

White clover의 形態 및 生理的 特性間的 關係를 밝혀 관찰 가능한 形質을 조절함으로써 窒素固定 等

white clover가 갖는 長點을 극대화 할 수 있을 것이다. 本 試驗은 刈取 後 再生期間동안 잎의 크기가 다른 white clover 品種(Osceola, Huia, S184)의 生長, 形態 및 生理的 特性間的 關係를 밝혀 放牧草地에서의 white clover 관리에 필요한 情報를 提供하고자 실시 하였으며 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 複葉의 크기는 大葉種에서 크고 小葉種에서 작았으나 葉數는 相反된 結果로 나타난 반면, 株當葉面積은 재생기간내내 全 供試品種에서 비슷하였다. 株當匍匐莖長과 分枝莖數는 大葉일수록 짧고 적었으며, 株當乾物重은 재생기간이 길수록 大葉種 Osceola에서 큰 것으로 나타났다.

2. 탄수화물함량은 匍匐莖에서 변화가 가장 크나, 供試品種간에는 大葉種 Osceola의 포복경 및 뿌리에서 높았다. 窒素固定 및 窒素含量은 全 供試品種에서 대체로 유사한 변화를 보였다.

3. 供試品種 모두 잎과 엽병, 匍匐莖 및 뿌리의 탄수화물 함량과 질소고정과 株當乾物重, 株當匍匐莖長 및 株當葉面積과 正의 相關이 있었다. 그러나 大葉種 Osceola는 匍匐莖의 질소함량과 이들 形態의 形質과 正의 相關이 있었던 반면, 小葉種 S184는 잎과

엽병의 질소함량과 正의 相關이 있는 것으로 분석되었다.

V. 引用文獻

1. Baur-hoch, B., F. Machler, and J. Nosberger. 1990. Effect of carbohydrate demand on the remobilization of starch in stolons and roots of white clover (*Trifolium repens* L.) after defoliation. *J. Exp. Bot.* 41:573-578.
2. Bremner, T.M. 1965. Total nitrogen. p. 1149-1179. In C.A. Balck et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy Monograph 9.* ASA and ASSA, Madison, WI, USA.
3. Carlson, G.E. 1966a. Growth of clover leaves - Developmental morphology and parameters at ten stages. *Crop Sci.* 6:293-294.
4. Chapman, D.F., M.J. Robson, and R.W. Snaydon. 1990. Short term effects of manipulation the source: sink ratio of white clover (*Trifolium repens*) plants on export of carbon form, and morphology of developing leaves. *Physiol. Planta.* 80:262-266.
5. Danckwerts, J.E., and A.J. Gordon. 1989. Long-term partitioning, storage and remobilization of ¹⁴C assimilated by *Trifolium repens* (cv. Blanca). *Ann. Bot.* 64:533-544.
6. Frame, J. and P. Newbould. 1986. Agronomy of white clover. *Adv. in Agron.* 40:1-48.
7. Goodman, P.J. and M. Collison. 1986. Effect of three clover varieties on growth, ¹⁵N uptake and fixation by ryegrass-white clover mixtures at three sites in Wales. *Grass Forage Sci.* 41:191-198.
8. Hardy, R.W.F., R.D. Holsten, E.K. Jackson, and R. C. Burns. 1968. The acetylene-reduction assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.* 43:1185-1207.
9. Hart, A.L. 1987. Physiology. p. 125-151. In M.J. Baker and W.M. Williams (ed.) *White clover.* C.A. B. International. Wallingford, UK.
10. Hartwig, U., B.C. Boller, B. Baur-Hock, and J. Nosberger. 1990. The influence of carbohydrate reserves on the response of nodulated white clover to defoliation. *Ann. Bot.* 65:97-105.
11. Ledgrad, S.F., G.J. Brier, and M.P. Upsdell. 1990. Effect of clover cultivar on production and nitrogen fixation in clover-ryegrass swards under dairy cow grazing. *N.Z.J. Agric. Res.* 33:243-249.
12. Lowther, W.L., J.H. Hoglund, and M.J. Macfarlane. 1989. Aspects that limit the survival of legume seedlings. p. 265-275. In G.C. Marten, A.G. Matches, R.F. Barnes, R.W. Brougham, R.J. Clements, and G.W. Sheath (ed.) *Persistence of Forage Legumes.* ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.
13. Marriott, C.A., and A. Haystead. 1990. The effect of defoliation on the nitrogen economy of white clover: regrowth and the remobilization of plant organic nitrogen. *Ann. Bot.* 66:465-474.
14. Ryle, G.J.A., C.E. Powell, M.K. Timbrell, and J.P. Jackson. 1989. Carbon and nitrogen yield, and N₂ fixation in white clover plants receiving simulated continuous defoliation in controlled environments. *Ann. Bot.* 63:675-686.
15. Wilman, D. and J.E. Asiegbu. 1982a. The effect of clover variety, cutting interval and nitrogen application on herbage yields, proportions and heights in perennial ryegrass-white clover swards. *Grass Forage Sci.* 37:1-13.
16. Wilman, D. and J.E. Asiegbu. 1982b. The effect of clover variety, cutting interval and nitrogen application on the morphology and development of stolons and leaves of white clover. *Grass Forage Sci.* 37:15-27.
17. 강진호, G.E. Brink. 1992. 最初刈取時期 및 刈取間隔이 葉의 크기가 다른 white clover 品種들의 生長에 미치는 影響. 韓作誌. 37(3):264-273.
18. 姜晉鎬, G.E. Brink. 1994. 刈取週期가 white clover의 再生 및 形態의 特性에 미치는 影響. 韓作誌. 39(3):245-255.
19. 姜晉鎬, G.E. Brink. 1994. 刈取週期가 white clover의 窒素固定과 窒素 및 炭水化合物 分配에 미치는 影響. 韓作誌. 40(1):26-32.