

秋播油菜(*Brassica napus* L.)의 生育期間中 窒素化合物의 含量變化

鄭宇鎭 · 金丙鎬 · 金太桓* · 姜宇成**

Changes in the Content of Nitrogenous Compound during Growth Period in Forage Rape (*Brassica napus* L.)

Woo Jin Chung, Byung Ho Kim, Tae Hwan Kim* and Woo Sung Kang**

Summary

The objective of this study is to obtain the basic data for investigating the potentiality of continuous utilization (first cutting in the late fall and regrowth yield in next spring) of forage rape seeded in fall. Fresh yield and the content of nitrogenous compound in leaves and roots were measured during a growth period.

Fresh yield accumulation was very low between the late fall(470kg/10a) and the early regrowth period(1,070kg/10a). Total nitrogen content in leaves until the wintering period was decreased from 4.71% to 3.70%, while that in roots slightly increased during this period. The highest content(4.84%) in roots was observed in the early regrowth period, and then rapidly decreased as growth advanced. Protein-N was the largest pool of nitrogenous compound in leaves and roots through entire growth period. Its content in leaves decreased until the wintering period (Feb. 4), and then increased until the bolting stage(Apr. 10). Protein-N in roots highly accumulated from the late fall(11.1mg/gDM) to the early regrowth period(16.9mg/gDM), and then decreased until the early flowering stage. The content of amino acid-N in leaves showed a little change with a range from 5.7 to 8.5mg/gDM during entire growth period, while that in roots rapidly decreased from early regrowth period. The content of $\text{NO}_3\text{-N}$ decreased from 7.0 to 4.3mg/gDM in leaves, while increased from 0.9 to 2.3mg/gDM in roots from the late fall to the wintering period. The content of $\text{NH}_4\text{-N}$ was lower and less variable than other nitrogen compound during entire growth period.

The results clearly showed that protein-N was the main storage form and highly accumulated in roots of overwintering forage rape.

I. 서 론

사초용 유채는 한랭한 기후조건하에서도 생육이 진행되어 다른 목초와 야초의 생육이 정지되고 품질이 저하되는 늦가을 이후에 우수한 청초생산을 가능하게 하여 청예공급기간을 늘이고(조와 김, 1988), 도입된 품종이나 우리나라에서 육성된 사초용 유채품종의 숙기 및 수량면에서 볼때 옥수수나 콩과작물의 후작으로 재배하는 작부체계에 적합한 청예작물으로

써 인정받고 있다(김 등, 1986; 안 및 권, 1989). 우리나라에서 유채의 재배 및 이용상황은 옥수수나 콩과작물의 후작으로 이른 가을 파종하여 월동전에 예취하는 1회 이용으로 그치고 있으나, 江原(1954)과 平石(1956)은 유채가 광엽식물로서 내한, 내습성이 높아 추파후 월동시켜 이른 봄에 청예사료로서 이용성이 높다고 하였고, Kalmbacher 등(1982)은 추파한 유채의 예취이용시기나 추파시기의 적절한 조절에 의해 월동후 총수량의 증가를 얻을 수 있었다고 보고하

경상대학교 농과대학 낙농학과(Dept. of Dairy Sci., College of Agri., Gyeongsang National Univ., Chinju 660-701, Korea)

* 경상대학교 농과대학 축산진흥연구소(Inst. Develop. of Livestock Prod., College of Agri., Gyeongsang National Univ., Chinju 660-701, Korea)

** 畜産試驗場(Livestock Experiment Station, RDA, Suwon 441-350, Korea)

므로써, 추파후 월동전 예취이용과 월동후 재생수량에 대한 연속적 이용의 가능성을 제시하였다. 김과 한(1984)은 우리나라 남부지역에서 추파한 만생종의 경우 89~96%의 높은 월동율을 보고하였으며, 월동후 녹사료가 부족한 4월 중, 하순에 예취이용하는 것이 효율적이라고 제시하였고 추파하여 늦가을이나 이른 겨울에 예취이용하고 이듬해 봄 재생수량에 재생수량에 대한 연속적 이용에 대한 가능성을 역시 제시한 바 있다. 이러한 가능성은 유채와 같이 월년생으로 생육기간이 제한된 사료작물의 효율적 이용이나 생산성을 제고하는데 매우 중요한 의미가 있을 것으로 사료된다. 월동후의 작물생산성은 월동율이나 월동중 식물체내의 물질대사와 밀접한 관계를 가지게 되므로 월동기간중의 물질대사의 특이성을 이해하는 것이 매우 중요할 것이다.

월동중 가장 뚜렷한 대사적 특징은 저장기관내 유기화합물의 축적으로 나타내는데, 몇 가지 다른 종의 작물에서 질소화합물 함량의 계절적 변화에 대해 보고된 바 있다. Cry와 Bewly(1989)는 *Euphorbia esula*의 뿌리내 가용성 단백질 함량은 가을에 접어들면서 축적되다가 이른 봄에 급격히 감소되었다고 했으며, 비슷한 계절적 변화는 *Malus domestica*(Tromp, 1983) 및 월년생인 *Arctum tomentosum*(Heilmeier 등, 1986)의 뿌리에서도 관찰되었다. 40종의 다년생 초본에서 월동중 뿌리내 축적된 유리아미노산의 함량이 월동후 작물이 성장을 재개함에 따라 급속히 감소하며, 이는 지상부위의 성장에 따른 새로운 조직의 형성에 필요한 단백질합성에 이용되었다(Sagisaka, 1987). 최근 Hendershot와 Volenec(1993)은 *Medicago sativa* 뿌리의 물관과 도관조직내 질소농도는 이른 가을과 늦가을부터 점차 증가하여 월동기간중 비슷한 수준으로 유지하다가 월동후 작물의 성장과 더불어 감소하였으며 아미드태 질소(NH₂-N)와 가용성 단백질의 함량이 월동중에 가장 뚜렷한 변화를 보였다고 했다. 한편, 질소의 저장, 분해 및 전이 현상이 예취후 재생중인 *Medicago sativa*(Kim 등, 1991; 1993), *Lolium perenne*(Ourry 등, 1988) 및 *Trifolium subterraneum*(Phillips 등, 1983) 등에서도 관찰되므로써, 저장질소의 대사는 월동기간과 같은 환경적 변이 뿐만 아니라 예취와 같은 물리적 스트레스에 의해서 조절됨을 알 수 있다.

따라서 월동중의 식물체내 질소화합물의 구성형태

및 함량변화 등에 대한 분석은 질소의 주요 저장형태에 대한 조사와 아울러 저장질소의 작물학적 중요성(월동율 및 재생활력)을 구명하는데 중요한 기초자료가 될 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 시험설계 및 작물재배

본 연구는 1992년 10월부터 1993년 5월까지 경상대학교 농과대학 조지학연구실에서 수행되었다. 사초용 유채 7품종의 숙기, 생육특성 및 수량에 대한 예비시험으로부터 만생종이며 연면적, 지상부위의 청예수량 및 사료적 가치가 높다고 평가된 Swiss 품종을 공시하여 경상대학교 부속농장 사료작물포장에서 재배하였다.

시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하여, 1992년 10월 3일에 25cm의 재식거리로 점파하였다. 10월 3일 파종하여 월동전(92년 11월 7일), 월동중(93년 2월 4일), 월동후 초기 재생기(93년 3월 28일), 추대기(93년 4월 10일), 개화초기(93년 4월 25일) 및 개화 최성기(93년 5월 8일)에 각각 지상부위(잎 + 줄기) 및 뿌리를 분리 수확하여 분석용 시료를 준비하였다.

시비량은 N:P:K를 10:8:8(kg/10a)의 비율로 하여 질소시비를 전 질소시비량의 1/3을 기비로 하여 파종시에 2/3는 춘계 영양생장이 시작되기 전인 해빙기(2월 하순)에 추비로 공급하였다. 퇴비는 100kg/10a를 전량기비로 사용하였다. 기타 재배관리 및 생육기간중 특성조사는 일반관행법에 준하여 실시하였다. 시험기간중 기상조건은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

2. 조사항목 및 분석방법

1) 수 량

생육시기에 따른 각 수확일에 예취하여 잎과 줄기 및 뿌리를 분리하여 청예수량을 측정하였고 실험실로 운반하여 60℃, 48시간 동안 Drying oven에서 건조시킨 후 각 식물조직의 건물수량을 칭량한 다음, 1mm의 Wiley mill로 분쇄하여 CaCl₂ 존재하의 항온조건에서 분석시까지 보관하였다.

2) 질소화합물

Table 1. Meteorological factors during experimental period.

Year Month	Temperature (°C)			Relative humidity (%)	Precipitation (mm)	Wind velocity (0.1 m/s)		Sunshine hour (h)
	Min.	Max.	Mean	Mean	Total	Max.	Mean	Total
'92 Sep.	16.9	26.3	21.2	78	247.4	93	18	146.5
Oct.	8.4	21.0	14.1	76	16.8	130	14	208.3
Nov.	0.3	15.1	6.7	71	20.4	103	15	185.7
Dec.	-2.2	9.9	3.3	69	53.9	10	17	168.9
'93 Jan.	-4.6	6.4	-0.3	65	36.0	102	20	156.7
Feb.	-3.1	9.8	2.7	61	68.8	130	26	188.7
Mar.	0.4	13.2	6.4	66	65.2	103	20	185.9
Apr.	4.3	19.7	11.9	58	22.8	115	26	230.5
May	11.3	23.8	17.0	70	160.6	100	21	196.4
Jun.	17.9	26.2	21.6	77	236.2	93	20	117.7

The data were obtained from Chinju Meteorological Station, Kyeongnam, Korea.

건물 200mg을 100ml의 80% 에탄올로 1차, 50%의 에탄올로 2차례 연속적 추출후 각 추출중 암모니아(NH₃)의 손실을 줄이기 위해 1ml의 0.1N H₂SO₄를 첨가해 주었다. 비가용성 질소로부터 가용성 질소의 분리를 위해 여과시킨후 가용성 질소는 50ml로 농축시킨 다음 세구멍 둥근 플라스크에 주입한 후 2g의 MgO를 첨가하여 증류시켜 약 200ml를 삼각플라스크에 수거하였다. 3방울의 지시약을 포함한 0.1N H₂SO₄ 10ml과 함께 수거된 용액으로부터 암모늄태질소(NH₄⁺-N)를 0.1N NaOH로 직접하였다.

1차 증류후, 2g의 Devarda alloy와 3ml의 10N NaOH를 첨가하여 약 30분 증류시켜 약 200ml를 삼각플라스크에 수거한 후 암모늄태질소(NH₄⁺-N)의 직접방법과 동일하게 질산태질소(NO₃⁻-N)를 직접하였다.

아미노산태질소의 추출은 암모늄태질소(NH₄⁺-N)와 질산태질소(NO₃⁻-N)를 추출후 세구멍 둥근플라스크에 남은 잔여분을 여과 시킨후 여과된 용액을 50ml로 농축시켜 약 5ml의 18 N H₂SO₄를 첨가하여 350℃에서 약 6시간 동안 mineralization을 시킨 다음 100배 희석후 5ml의 희석용액을 5ml의 10 N NaOH로 증류하였다.

단백질태질소는 에탄올-비가용성 잔여물을 건조시킨후 350℃에서 6시간 동안 mineralization을 시킨 다

음 증류 및 직접을 아미노산태질소의 방법과 같이 실시하였다.

총 질소함량은 Kjeldahl방법(AOAC, 1990)에 의해 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 청예수량 및 총 질소함량

10월 3일 추파후 이듬해 개화기까지의 생육시기에 따른 청예수량 및 잎과 뿌리내 총 질소함량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 청예수량은 월동전(11월 7일)의 470에서 월동중(2월 4일)의 680kg/10a로 일당 지상부위의 매우 낮은 성장율을 보였다가 월동후 초기 재생기(3월 28일) 이후 청예수량의 증가폭이 점차 증가하였다. 총 질소함량은 잎의 경우 월동전에 4.71%에서 월동중에는 3.70%로 크게 감소하였다가, 월동후 작물의 성장이 진행됨에 따라 점차 증가하여 추대기(4월 10일)에 4.69%까지 증가하였다. 개화기에 접어들면서 잎내의 총질소 함량은 급격히 감소하였다. 한편 뿌리의 경우 총 질소함량은 지상부위의 성장율이 낮았던 월동전 부터 월동후 초기 재생기까지 3.49%에서 4.84%로 가장 높게 증가 하다가 이후 작물의 성장이 진행됨에 따라 지속적으로 감소하여 개화최성기에는 1.74%까지 감소하였다.

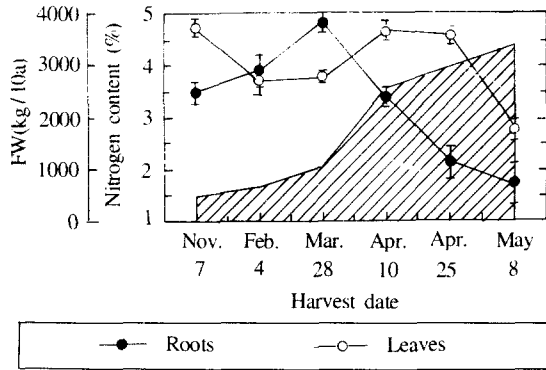


Fig. 1. Fresh yield accumulation and changes in total nitrogen content in leaves(○) and roots(●) of forage rape during a growth period. Each value is the mean \pm SE for n = 3.

2. 뿌리내 질소화합물

추과후 각 생육시기에 따른 뿌리내 각 질소화합물 즉, 암모늄태, 질산태, 단백질태 및 아미노산태 질소의 함량 변화는 Fig. 2와 같다. 생육시기중 질산태 질소와 암모늄태질소는 낮은 수준을 보였는데 질산태질소는 월동전의 건물 1kg당 0.9mg 수준에서 월동중의 2.3mg으로 다소 적은 폭의 증가가 있으나 이후 점차 감소하여 개화최성기에 0.4mg으로 감소하였다. 유채와 같이 잎에서 질산태질소의 동화가 왕성한 식물의 경우 뿌리조직 액포에 축적후 남은 질산태질소의 물관부를 통한 이동(Radin, 1978; Schrader와 Tomas, 1981; Pate와 Atkins, 1983)이 주로 일어나므로 뿌리내 대사성 질산태질소 함량의 변화폭은 낮은 것으로 사료된다. 전 생육시기중 암모늄태질소와 질산태질소는 다른 질소화합물의 함량보다 낮은 함량을 보인 것은 이들 질소화합물은 뿌리로 부터 흡수후 빠른 속도로 동화되어 생장에 필요한 아미노산태 형태가 단백질태 형태로 전환되고 특히 NH_4^+ 는 동화에 필요한 에너지가 NO_3^- 보다 적게 요구되므로 지상부위로의 전이가 빨리 일어나기(Raven과 Smith, 1976) 때문으로 사료된다. 아미노산태질소는 월동전에 건물 1g당 8.2mg에서 월동후 초기 재생기까지 비슷한 수준으로 유지하다가 이후 급격히 감소하였는데, 이는 월동시기중 증가된 도관부내 물질이동에 따라 뿌리내 저장되어 있던 아미노산이나 단백질의 분해에 의한 식물의 성장재개와 더불어 뿌리로 이동된 다소의 아

미노산이 물관부를 통하여 지상부위로 다시 이동(Cooper 및 Clarkson, 1989)이 활발해지기 때문으로 사료된다. 추대기에서는 3.5mg으로 약 3.2배 정도가 감소하였다. 이후 개화최성기까지 지속적으로 적은 폭의 감소를 유지하였다. 단백질태질소는 전 생육시기중 다른 질소화합물에 비해 가장 높은 함량을 보여주었는데 생육기간 중 함량의 변화는 특히 월동시기중에 건물 1g당 11.05mg에서 16.9mg으로 약 53% 증가하였다가 작물의 성장을 재개하는 초기 재생기에 가장 높은 수준인 16.9mg으로 나타났고, 이후 급격히 감소하여 개화초기이후 다소 적은 폭의 감소를 보였다.

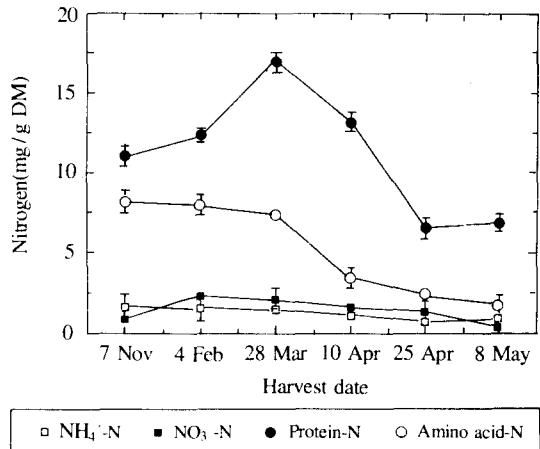


Fig. 2. Changes in the content of nitrogenous compound in roots of forage rape during a growth period. Each value in the mean \pm SE for n = 3.

3. 잎내 질소화합물

잎내 각 질소화합물의 함량변화를 Fig. 3에 나타내었다. 단백질태 질소의 함량이 전 생육기간에 걸쳐 다른 질소화합물의 함량보다 월등히 높은 수준을 유지하였고 아미노산태질소와 암모늄태질소 함량은 생육기간중 적은 폭의 변화를 보였다. 단백질태질소는 월동전의 건물 1g당 28.76mg에서 25.4mg으로 약 13.2% 감소하였다가 추대기에 32.5mg으로 가장 높았는데, 잎과 뿌리중의 단백질태질소 농도변화의 경향을 비교해 보면 잎에서의 단백질태질소의 축적은 뿌리내 저장되어 있던 질소화합물의 동화정도와 밀접

한 관계가 있음을 보여주었다. 초기 재생기에 접어들면서 지상부위의 생장이 급격히 진행됨에 따라 필요한 동화산물의 요구가 증가됨에 따라 뿌리내 저장되었던 유기화합물의 동화가 활발히 촉진되어 물관부를 통한 물질전이가 왕성(Ourry 등, 1988; Phillips 등, 1983) 해지기 때문에 사료된다. 개화초기에 접어들면서 단백질태질소 함량은 급격히 감소하여 추대기에 32.5mg에서 개화최성기에는 21.2mg이었다. 아미노산태질소는 월동전인 늦가을에는 8.2mg으로 단백질태질소에 비해 약 3.5배 정도가 낮았는데 전 생육기간중 변화폭이 완만 하였으며, 개화초기에 가장 낮은 수준인 5.7mg을 나타내었다. 이러한 개화초기 이후 잎에서의 단백질태와 아미노산태질소 함량의 감소현상은 잎에서 종실로의 도관부내 물질전이의 증가에 따른 것으로 사료된다. Kang과 Titus(1980)는 사과나무의 노화중인 잎중의 약 46%의 단백질이 감소되었고, 잎에서의 단백질분해에 따른 도관부조직내의 단백질 함량은 노화기간중 240%의 증가를 보였으며 단위생산량당 아미노산 농도의 증가는 잎에서 감소된 단백질 함량에 해당하는 것이라 했다. 잎의 노화가 경과됨에 따라 도관부 조직내의 아미노산 농도가 급격히 증가하였고, NaCl과 KCl처리는 잎의 노화를 촉진시키며 protease의 활력의 증가와 더불어 단백질분해가 증가되었다고 했다(Kang과 Titus, 1989).

앞모듬태질소는 전 생육기간중 건물 1kg당 2mg 이하의 낮은 수준을 보였다. 질산태질소는 늦가을에는 7.0mg의 수준이었으나 월동중 4.3mg으로 약 62.7% 정도 감소하였으나 월동후 5.83mg으로 월동중에 비하여 약 35% 정도 증가하였다. 이후 개화최성기까지 지속적으로 감소하였다.

이상의 결과는 월동중인 유채의 뿌리내 질소화합물의 주요 저장 형태는 단백질태질소이며, 늦가을 부터 축적되었다가 이른 봄 작물의 생장의 재개 및 성장에 필요한 유기영양소의 공급원으로 이용됨을 간접적으로 시사해 주는 것으로 사료된다.

Euphorbia esula(Cyr와 Bewly, 1989) 및 *Malus domestica*(Tromp, 1983)의 뿌리에서 이와 비슷한 가용성 단백질 함량의 계절적 변화가 보고된 바 있고, 예취후 재생중인 *Lolium perenne*(Ourry 등, 1989) 및 *Medicago sativa*(Kim 등, 1991)에서 재생초기 6~10일 동안의 재생중인 잎과 줄기의 성장에 요구되는 유기영양소는 예취된 뿌리내 저장된 질소(특히 단백질태

질소)의 동화 및 전이에 의존한다고 보고하였다.

따라서 저장질소화합물은 지상부위의 생장이 낮은 월동기간중 저온환경에 대한 최소의 내부대사를 유지하여 작물의 저온저항성이나 생존성을 유지하며, 월동후 작물의 성장재개에 주요한 역할을 하는 것으로 사료된다.

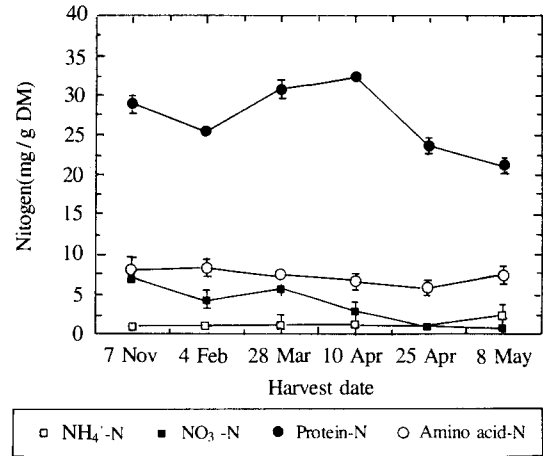


Fig. 3. Changes in the content of nitrogenous compound in leaves of forage rape during a growth period. Each value in the mean \pm SE for n = 3.

IV. 적 요

추파한 유채(품종: Swiss)의 늦가을 예취이용후 이른 봄의 재생수량에 대한 연속적 이용가능성을 검토하기 위한 기초자료를 얻고자 추파후 이듬해 개화기까지의 주요 생육시기에 따른 청예수량과 잎과 뿌리내 질소화합물의 함량 변화를 비교 분석하였다.

청예량 축적은 늦가을(11월 7일, 470kg/10a)과 이듬해 초기 재생기(3월 28일, 1,070kg/10a) 사이에는 매우 낮았다. 잎내 총 질소함량은 월동기(2월 4일)까지는 4.71%에서 3.70%로 감소한 반면, 뿌리에서는 이 기간동안 약간 증가하였다. 초기 재생기(3월 28일)에 뿌리내 질소함량은 가장 높았고(4.84%), 이후 생장이 진행됨에 따라 급격히 감소하였다. 단백질태질소는 전 생육기간중에 잎과 뿌리내에서 질소화합물 중에서 가장 높게 나타났다. 잎내의 단백질태 함량은 월동기(2월 4일)까지 감소하다가 이후 추대기(4월 10일)까지는 점차 증가하였다. 뿌리내 단백질태

질소 함량은 늦가을에 건물 1g당 11.1mg에서 월동후 초기 재생기에 16.9mg으로 높게 축적되었다가 이후 개화 초기까지 감소하였다. 잎내의 아미노산태 질소 함량은 월동기간중 건물 1g당 5.7mg에서 8.5mg의 범위로 적은 폭의 변화를 보였고, 반면 뿌리내에서는 초기 재생기 이후부터 급격히 감소하였다. 늦가을과 월동중 잎내의 질산태질소의 함량은 건물 1g당 7.3mg에서 4.3mg으로 감소한 반면, 뿌리에서는 0.9mg에서 2.3mg으로 증가하였다. 전 생육기간중 압모늄태질소 함량 및 생육시기에 따른 변화폭은 다른 질소화합물보다 적었다.

이상의 결과로 볼때 월동중 뿌리내 질소화합물의 주요 저장형태는 단백질태 질소이며, 아미노산태 질소가 가장 우선적으로 이용되는 질소형태라는 것을 보여준다. 지상부위 생장율이 낮은 월동기간중 저장 단백질은 최소의 내부대사, 저온저항성 및 월동후 작물의 성장재개와 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다.

V. 인용 문헌

1. A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. 15th edition. Washington, D.C.
2. Copper, D. and D.T. Clakson. 1989. Cycling of amino-nitrogen and other nutrients between shoot and roots in cereals. J. Exp. Bot. 40:753-762.
3. Cyr, D.R. and J.D. Bewley. 1989. Carbon and nitrogen reserves of leafy spurge(*Euphorbia esula*) roots as related to overwintering strategy. Physiol. Plant. 77:67-72.
4. Heilmeier, J., E.D. Schulze and D.M. Whale. 1986. Carbon and nitrogen partitioning in the biennial monocarp (*Arctium tomentosum* Mill). Oecologia. 70:466-474.
5. Hendershot, K.L. and J.J. Volenec. 1993. Taproot nitrogen accumulation and use in overwintering alfalfa (*Medicago sativa* L.). J. of Plant Physiology. 141: 68-74.
6. Kalmbacher, R.S., P.H. Everett, F.G. Martin and G. A. Jung. 1982. The management of *Brassica* for winter forage in the sub-tropics. Grass and Forage Sci. 37:217-225.
7. Kang, S.M. and J.S. Titus. 1980. Qualitative and quantitative changes in nitrogenous compounds in senescing leaf and bark tissues of the apple. Physiol. Plant. 50:285-290.
8. Kang, S.M. and J.S. Titus. 1989. Increased proteolysis of senescing rice leaves in the presence of NaCl and KCl. Plant Physiol. 91:1232-1237.
9. Kim, T.H., A. Ourry, J. Boucaud and G. Lemaire. 1991. Changes in source-sink relationship for nitrogen during regrowth of lucerne(*Medicago sativa* L.) following removal of shoots. Australian J. of Plant Physiol. 18:593-602.
10. Kim, T.H., A. Ourry, J. Boucaud and G. Lemaire. 1993. Partitioning of nitrogen derived from N₂ fixation and reserves in nodulated *Medicago sativa* L. during regrowth. J. Exp. Bot. 44(260):555-562.
11. Ourry, A., J. Boucaud and J. Salette. 1988. Nitrogen mobilization from stubble and roots during regrowth of ryegrass. J. of Exp. Bot. 39:39:803-9.
12. Ourry, A., J. Bigot and J. Boucaud 1989. Protein mobilization from stubble and roots, and proteolytic activities during post-clipping re-growth of perennial ryegrass. J. Plant Physiol. 134:298-303.
13. Pate, J.S. and C.A. Atkins. 1983. Nitrogen uptake, transport and utilization. In Nitrogen Fixation(ed. J. S. Broughton). Vol. 3. Legumes. pp. 245-298. Oxford University Press. London.
14. Phillips, D.A., D.M. Center and M.B. Jones. 1983. Nitrogen turnover and assimilation during regrowth in *Trifolium subterraneum* L. and *Bromus mollis* L. Plant Physiol. 71:472-476.
15. Radin, J. W. 1978. A physiological basis for the division of nitrate assimilation between roots and leaves. Plant Sci. Lett. 13:2-25.
16. Raven, J.A. and F.A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulaton. New Phytol. 76:415-431.
17. Sagisaka, S. 1987. Amino acid pools in herbaceous plants at the wintering stage and at the beginning of growth. Plant and Cell Physiol. 28:171-178.

18. Schrader, L.E. and R.J. Thomas. 1981. Nitrate uptake, reduction and transport in the whole plant. In Nitrogen and carbon metabolism(ed. J.D. Bewley) pp. 49-93. Martinus Nijhoff/Dr Junk, Amsterdam.
19. Tromp, J. 1983. Nutrient reserves in roots of fruit tress, in particular carbohydrates and nitrogen. Plant and Soils. 71:401-413.
20. 江原薰. 1954. 飼料作物學. (上)菜種編. 養賢堂.
21. 金東岩, 成慶一, 曹武煥. 1986. 飼草用油菜와 燕麥, 호밀, 라이그라스, 순무間的 秋季生産性比較. 韓畜誌. 28(2)117-120.
22. 金丙鎬, 韓鐘煥. 1984. 青刈油菜의 品種別 飼料價値에 관한 研究. I. 生育特性 및 收量. 韓畜誌. 26(3):265-268.
23. 安桂洙, 權炳善. 1989. 飼草用油菜(*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)의 生産性과 飼料價値에 관한 研究. II. 三要施肥水準이 飼草用油菜의 生育特性, 收量 및 飼料價値에 미치는 影響. 韓畜誌. 31(3):192-199.
24. 曹武煥, 金東岩. 1988. 窒素施肥水準과 添加劑가 飼草用油菜의 飼料價値 및 사일리지 品質에 미치는 影響. I. 刈取時期 및 窒素施肥水準이 收量 및 飼料價値에 미치는 影響. 韓畜誌. 8(1):33-39.
25. 平石勝善. 1956. 秋から春にかけての 青刈飼料の栽培. 畜産の研究. 10(10):1163-1164.