

추파 유채(*Brassica napus* L.)의 생육시기에 따른 비구조성 탄수화물 함량의 변화

전해열 · 김태환* · 김병호** · 강우성***

Changes in the Non-Structural Carbohydrate Content during Growth Period in Forage Rape(*Brassica napus* L.)

Hae Yeal Jean, Tae Hwan Kim*, Byung Ho 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. Non-structural carbohydrates(NSC) in leaves and roots of forage rape seeded on Oct. 3 were analyzed during a growth period.

The greatest change in NSC content was observed between the wintering and the early spring period. The total content of soluble sugar in leaves and roots highly increased from the late fall(Nov. 7) to the wintering period (Feb. 4), and then rapidly decreased on the early regrowth period(Mar. 31). The contents of fructose and glucose were relatively lower, and their quantitative change also was smaller than those of other sugars through entire growth period. The highest accumulation of sucrose occurred from the late fall to wintering period, and then greatly decreased in the early regrowth period. Sucrose content in roots was 2.3 times higher than that of leaves in wintering period. Starch was the largest pool of NSC and its content in leaves and roots showed a similar pattern with that of sucrose through entire growth period. Starch contents in leaves and roots were 38mg and 189mg/gDM in the late fall(Nov. 7), 187 and 497mg/gDM(Feb. 4) in the wintering period and 69 and 79mg/gDM(Mar. 28) in the early regrowth period, respectively.

The results clearly showed that the main reserve forms of NSC are starch and sucrose, and that they are highly stored in roots in overwintering forage rape.

I. 서 론

유채중에서 사료용으로 개발된 품종은 경엽이 무성하고 풋베기로 이용할 때 단위면적당 건물수량이 높고 초기생육이 빠르기 때문에 파종후 8~12주 동안의 짧은 생육기간으로 품질이 좋고 높은 수량의 사초를 공급할 수 있으며(김 등, 1986), 한랭한 기후조건 하에서도 생육이 계속되어 다른 목초와 야초의 생육이 정지되고 품질이 저하되는 늦가을이나 초겨울에도 청초생산이 가능하여(Harper and Compton, 1980; 조

와 김, 1988), 좁은 사료작물포를 효율적으로 이용할 수 있는 단경기작물로서 뿐만 아니라 청초공급이 부족한 초겨울이나 초봄에 청예공급원으로서 작물적 가치가 인정되고 있다. 최근 사초용 유채의 단경기작물로서 가능성에 대한 연구들은 벼 조기재배, 옥수수 및 콩과작물의 후작으로 재배하는 작부체계에 적합한 청예작물임을 보여주고 있다. 김 등(1986)은 새로 육성된 사초용유채와 옥수수후작으로 일반적으로 많이 재배되고 있는 연맥, 호밀, 순무 및 라이그라스를 중부지방에서 추계생산성을 비교한 시험결과에서

밀양 산업대학교 축산학과(Dept. of Animal Science, Miryang National Univ., Miryang 627-130, Korea)

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

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

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

사초용유채는 조숙성이고 직립형이어서 이용하기가 편리하고 건물수량이 높아서 옥수수 후작으로 우수한 잠재력을 가진 사료작물이라 하였다.

한편, 우리나라 중부 이북지방에서 유채의 재배상황은 옥수수나 콩과 작물의 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 총 수량의 증가를 얻을 수 있었다고 보고하므로써, 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 제시하여 월동작물인 유채를 추파하여 늦가을이나 이른 겨울에 예취이용하고 이듬해 봄 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 월동중의 식물체내의 물질대사와 밀접한 관계를 가지게 되므로 월동기간중의 물질대사의 특이성을 이해하는 것이 매우 중요할 것이다.

대부분의 월동작물의 경우, 장기간의 저온조건이 진행되는 월동기간중 작물의 성장조건은 심각한 변화를 받게 되는데 이는 작물생장에 대한 상대적 온도의 영향 및 식물체내 대사의 변화에 의한 것이다 (Clarkson 등, 1986; White 등, 1987). 월동중 식물체내 대사적 변화중 가장 뚜렷한 것은 저장조직내의 유기화합물의 축적으로 나타나는데, *Medicago sativa*와 같은 다년생 사료작물(Nelson과 Smith, 1968, Frankhauser 등, 1989; Volenec 등, 1991), *Malus domestica*와 같은 과수(Tromp, 1983) 및 많은 초본식물(Sagisaka, 1987)에서 보고된 바 있다. 월동기간중 축적된 유기화합물은 저온에 대한 저항성(cyprotection)을 높이는데 이용되며(MacKenzie 등, 1988), 이른 봄 작물의 성장이 재개됨에 따라 저장유기물은 급격히 분해 감소되면서 성장재개에 필요한 영양소 및 에너지 공급원으로서 이용되어진다

(Cooper와 Watson, 1986; Volenec 등 1991). 이러한 결과들은 월동기간중의 유기화합물의 저장수준이 월동율과 월동후 재생수량에 밀접한 영향을 미치게 됨을 간접적으로 제시한다.

따라서 월동중의 뿌리내 비구조성 탄수화물의 구성형태 및 함량변화 등에 대한 대사적 연구는 이 기간중 저장조직과 주요 저장유기물의 형태에 대한 구명과 아울러 식물체내의 유기물의 축적과 분해기전에 대한 이해에 중요한 기초자료가 될 것이며, 궁극적으로 월동율과 재생수량의 제고에 의한 작물의 생산력 및 이용효율을 극대화시킬 수 있을 것이다.

이러한 가설하에서 본 시험은 남부지방에서 추파유채의 월동전 및 월동후의 연속적 이용에 의한 생산성 및 이용효율을 증진시킬 수 있는 가능성을 검토하고자 우선 생육기간중(월동기간을 중심으로)의 탄수화물대사를 생리학적으로 구명하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험설계 및 작물재배

본 연구는 1991년 10월부터 1994년 5월까지 경상대학교 농과대학 초지학연구실에서 수행하였다. 사초용 유채 7품종의 숙기, 생육특성 및 수량에 대한 예비시험으로부터 만생종이며, 엽면적, 지상부위의 청예수량 및 사료적가치가 높다고 평가된 Swiss 품종을 공시하여 경상대학교 부속농장 사료작물포장에서 실시하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하여, 1991년 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 개화최성기(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 시작되기전인 해빙기(2월 하순)에 추비로 공급하였다. 퇴비는 1,000kg/10a를 전량기비로 사용하였다. 기타 재배관리 및 생육기간중 특성조사는 일반관행법에 준하여 실시하였다. 시험기간중 기상조건은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

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			Max.	Mean	
'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.

2. 조사항목 및 분석방법

1) 수 량

생육시기에 따른 각 수확일에 예취하여 잎과 줄기 및 뿌리를 분리하여 청예수량을 측정하였고 실험실로 운반하여 60°C, 48시간 동안 **Drying oven**에서 건조시킨 후 각 식물조직의 건물수량을 칭량한 다음, 1mm의 **Wiley mill**로 분쇄하여 **CaCl₂** 존재하의 항온조건에서 분석시까지 보관하였다.

2) 가용성 당

Ethanol 가용성 당의 분석을 위해 -20°C에서 보관중이던 시료를 상온에서 해빙시킨 다음, 2.5g의 시료를 25ml의 **ethanol 80%(V/V)**에 추출하였는데, 추출동안 pH를 안정화시키기위해 2.5mg의 **CaCO₃**를 첨가하였으며, 5ml의 **mannitol(1mg/1ml)**을 **internal standard**로 첨가하여, 1시간 동안 추출하였다. 여과한 다음 **ethanol** 액상추출물을 **rotary evaporator**를 이용하여 40°C에서 완전히 건조될 때까지 증발시킨 다음 5ml의 증류수로 잔여물을 용해 하였다. 얻어진 시료를 0.45µm **Acrodisc**를 이용하여 여과한 다음 **ependorf tube**에 수거하였다. 20µl의 시료를 **HPLC(Pharmacia, LKB, LCC 2252)**에서 **Carbohydrate Analysis Column (Waters associates)**을 통하여 80% **Acetonitrile(flow rate, 2ml/min)**을 용매로 하여 **단당류와 이당류를** 분리하였다.

3) 전 분

준비된 건물시료(200mg)로 부터 시료내의 환원당, 색소 및 **phenols**을 배제시키기 위해 **ethanol 80%(v/v)**에서 1시간 추출한 다음, 여과잔여물내의 **ethanol**을 40°C **drying oven**에서 완전히 증발시켰다. 시료내 전분을 용해시키기 위해 8 N **HCL**을 포함한 20ml의 **dimethylsulfoxide**에 시료를 넣고 60°C에 30분간 **incubation**시킨 다음 냉각시켜 5 M **NaOH** 로서 pH를 4에서 5의 범위로 조정 한 후 최종 volume을 100ml로 맞추어 여과하였다. 준비된 시료를 **Test-Combination KIT(Boehinger Mannheim GmbH, 1987)**를 이용해 일련의 효소적 방법에 의해 전분함량을 측정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 가용성 당의 함량

10월 3일 파종하여 이듬해 개화기까지의 전생육기간중 잎과 뿌리내의 단당류와 이당류의 총량의 변화는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 잎의 경우 월동전(11월 7일)에 건물 1g당 78mg에서 월동중(2월 4일)에는 182mg으로 증가하였다. 월동후 작물의 초기재생기(3월 31일)에는 67mg으로 급격히 감소하였다. 초기재생기 이후의 가용성 당의 총 함량은 완만한 변화폭

을 보였다. 뿌리의 경우, 월동전의 건물 1g당 65mg에서 월동기의 352mg으로 전 생육기간중 가장 높은 가용성 당의 축적을 보여 주었다. 월동후 초기재생기에는 157mg으로 급격히 감소하였고 이후 완만하게 감소하다가 개화초기(4월 25일) 이후 감소폭이 컸다.

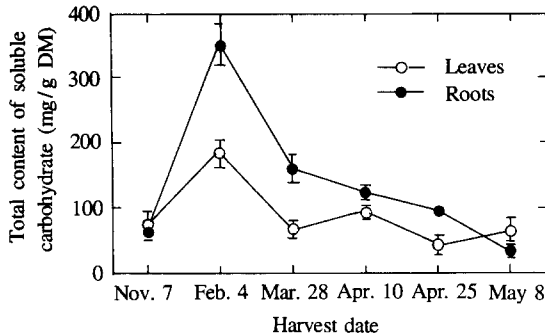


Fig. 1. Changes in the total content of soluble carbohydrate in leaves and roots of *Brassica napus* L. during a growth period. Each value is the mean \pm SE of three replicates.

추파한 유채의 생육기간중 잎과 뿌리내의 가용성 당의 각 구성당류의 함량을 Fig. 2에 나타내었다. 잎의 경우, 월동전(11월 7일)에 단당류인 Fructose와 Glucose 건물 1g당 함량은 각각 34와 18mg이었다가 월동기(2월 4일)는 각각 21과 12mg으로 약간 감소하였다. 잎에서의 단당류의 감소현상은 이듬해 개화초기 까지 완만하게 진행되었다. 전 생육기간중 Fructose는 8mg에서 34mg, 단당류의 경우, Glucose는 5mg에서 18mg의 범위로서 경우 상대적 함량 뿐만 아니라 생육시기에 따른 변화폭이 작음을 보여 주었다. 이당류인 Sucrose는 월동전(11월 7일)에서 월동기(2월 4일) 동안 26mg에서 149mg으로 증가하였다가 월동후 초기재생기에는 40mg으로 감소하였다. 영양생장이 왕성한 추대기까지 다시 잎내의 Sucrose는 증가하다가 개화기에 접어들면서 감소하는 경향이었다.

뿌리의 경우 전 생육기간중 Fructose와 Glucose 함량은 각각 4mg에서 15mg의 범위와 3mg에서 9mg의 범위로 매우 낮은 변화 경향을 보였는데, 전 생육기간중 이듬해 봄 초기재생기에 각각 가장 높은 함량이었다. Sucrose 함량은 월동전(11월 7일)에 80mg에서 월동기(2월 4일)에는 345mg으로 월동전 수준에 비해

약 4.3배 증가하였다. 월동중 축적 Sucrose의 함량은 초기재생기(3월 31일)에는 133mg으로 감소하였다. 이후 뿌리내의 Sucrose의 함량은 점차 감소하는 경향이였다. 전 생육기간중 잎과 뿌리 공히 이당류인 Sucrose 함량이 단당류보다 높게 유지되었다.

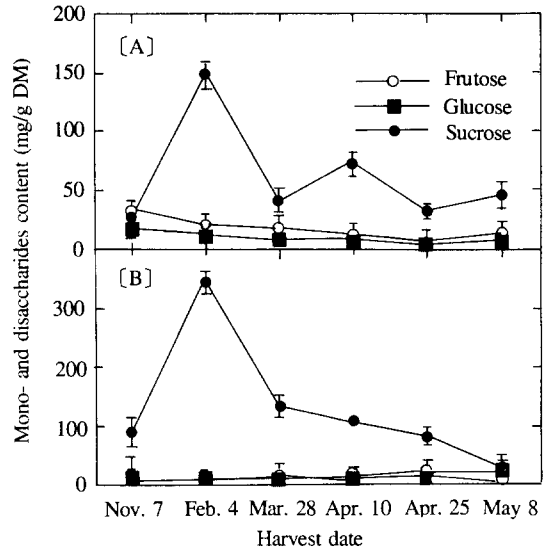


Fig. 2. Changes in the contents of mono- and disaccharides in leaves (A) and roots (B) of *Brassica napus* L. during a growth period. Each value is the mean \pm SE of three replicates.

2. 전분함량

전 생육기간중 잎과 뿌리내의 전분함량의 변화는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 잎의 경우 월동전(11월 7일)에 건물 1g당 38mg에서 월동중(2월 4일)에는 186mg으로 증가하였다. 월동후 작물의 초기재생기(3월 31일)에는 69mg으로 급격히 감소하였다. 초기재생기 이후 완만한 변화폭을 보였다. 뿌리내 전분함량은 역시 생육시기에 따른 함량변화는 전반적으로 잎의 경향과 비슷하였으나, 상대적 함량 및 월동전후의 변화폭은 잎보다 훨씬 높았다. 월동기(2월 4일)의 각 비구조성 탄수화물의 함량을 비교할 때, 잎의 경우 Fructose, Glucose, Sucrose 및 전분 함량은 건물 1g당 각각 21, 12, 149 및 187mg, 뿌리의 경우 각각 4, 3, 345 및 497mg으로, 전분이 월동기간중 가장 높은 함량으로 구성되어 있어 주요 저장탄수화물의 형태임을 보여주었고, 뿌리가 잎보다 이당류 및 전분의 함

량이 각각 약 2.3배 및 2.7배 높아 월동중 비구조성 탄수화물의 저장조직으로 중요성을 보여주었다.

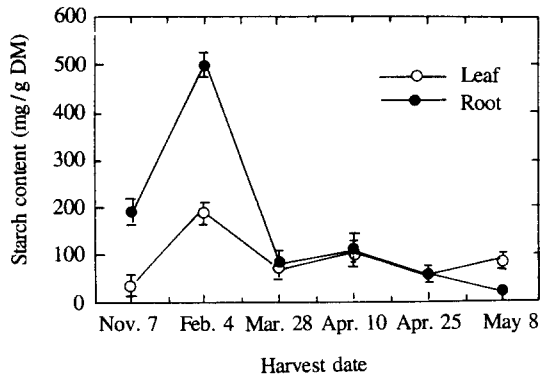


Fig. 3. Changes in starch content in leaves and roots of *Brassica napus* L. during a growth period. Each value is the mean \pm SE of three replicates.

IV. 고 찰

추파한 유채의 생육시기에 따라 비구조성 탄수화물의 각 구성함량을 분석한 결과 잎과 뿌리 공히 Fructose와 Glucose 보다는 Sucrose와 전분의 함량이 높았다. 생육시기에 따른 Fructose와 Glucose 함량의 변화폭 역시 Sucrose와 전분의 그것 보다 훨씬 작았다. Sucrose와 전분의 경우 월동기간중 증가와 이듬해 봄 초기재생기의 급격한 감소현상이 가장 뚜렷하였다. 이러한 결과로부터 전 생육기간중 식물체내 당당류 함량은 어느정도 일정하게 유지되며, 환경적 변이에 따른 당의 요구에는 이당류나 다당류의 동화로부터 충족되고 사용후 잉여의 당은 이당류나 다당류의 형태로 다시 축적되는 대사적 현상을 간접적으로 설명해 준다.

본 시험에서 월동기의 잎에서 Sucrose와 전분의 함량은 월동전에 비해 약 5.7배와 4.9배 각각 증가하였고, 뿌리에서 약 4.5배와 2.6배 각각 증가하였다. 월동기 동안에 축적된 Sucrose와 전분은 월동후 초기 재생기에 급격히 감소하였다. 월동기간중 비구조성 탄수화물의 높은 축적과 월동후 작물의 성장이 재개되는 이른 봄에 급격히 감소하여, 저장된 탄수화물의 새로운 조직의 성장에 필요한 유기영양소나 에너지 공급에 이용됨을 간접적으로 보여준다. 이러한 월동

기간중 뿌리내 비구조성 탄수화물의 축적과 월동후 성장재개에 따른 감소경향에 대해 Volenec 등(1991) 및 Frankhauser 등(1989)은 축적된 전분은 환원당으로 전환되어 월동중 저온환경 스트레스에 대한 저항에 필요한 에너지공급원으로 이용된다고 추측하였고, Cooper와 Watson(1986) 및 MacKenzie 등(1988)은 지상 부위의 성장이 낮아 잎에 의한 광합성능력이 낮은 이른 봄에 작물의 성장 재개에 필요한 유기영양소나 에너지를 공급하기 위해 환원당으로 전환되어 잎으로 전이 되어진다고 했다.

비구조성 탄수화물의 함량변화가 가장 뚜렷하였던 월동기 및 월동후 초기재생기 동안의 각당의 축적 또는 감소경향을 살펴보기 위해 잎과 뿌리의 일당 개체당 건물축적량 및 각 당의 일당 개체당 축적 또는 감소량을 살펴 본 바 Table 2와 같았다. 일당 개체당 건물 축적량은 잎과 뿌리 공히 월동전과 월동후 초기재생기(11월 7일~2월 4일) 동안 가장 낮았다가 점차 증가하여 춘계영양생장기에서 추대기(3월 31일~4월 17일) 동안에는 잎과 뿌리의 성장이 급격히 진행되었다. Fructose와 Sucrose의 경우 잎에서 생육일수가 경과됨에 따라 점차 증가하는 경향이었으나, 뿌리에서는 춘계영양생장기에서 추대기(3월 31~4월 17일) 동안 약간 증가 하였다가 이후 감소하였다. Sucrose와 전분은 잎과 뿌리 공히 월동전과 월동후 초기재생기(11월 7일~2월 4일) 동안에 축적하다가 월동후 초기 재생기와 춘계영양생장기(2월 4일~3월 31일) 동안에는 감소하였다. 월동후 초기재생기에서 춘계영양생장기 동안의 일당 개체당 감소량은 잎에서는 Sucrose가, 뿌리에서는 전분이 가장 높았다. 이와 같은 월동기간중의 축적과 감소경향으로 부터 이당류인 Sucrose와 다당류인 전분의 월동중 저장유기물로서의 특성을 잘 알 수 있었다.

이러한 결과는 많은 다년생 작물의 월동기간중 축적된 비구조성 탄수화물이 이듬해 봄 작물의 성장이 재개함에 따라 급격히 감소한다고 한 결과(Graber 등, 1927; Grandfield, 1943; Smith, 1962, 1964; Rapport and Travis, 1984; Frankhauser 등, 1989; Volenec 등, 1991)들과 잘 일치한다. 한편 많은 다년생 초본식물에서 월동기간중 뿌리조직내의 총 질소, 가용성단백질 함량 역시 월동기간중 축적하였다가 이른 봄 급격히 감소하는 비슷한 경향을 보고하고 있어(Jung과 Smith, 1961; Smith와 Sliva, 1969; Heilmeier 등, 1968),

월동기간중 저장조직(특히 뿌리)내의 유기화합물의 축적은 월동중 대사의 뚜렷한 현상이며, 이는 장기간의 저온조건하에서 지상부위의 낮은 성장율에 의한 유기화합물의 낮은 요구도와 이에 따른 목부를 통한 전이량의 현저한 감소(Nicolas 등, 1985)와 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 따라서 광합성산물의 식물체내 축적 정도는 지상부위의 성장율(내부적 요인)이나 광도 및 일장(외부적 요인)에 의해 조절됨을 보여준다.

본 시험으로 부터 얻어진 월동기간중 이당류와 다당류의 식물체내 축적과 월동후 작물의 성장이 재개됨에 따라 감소되는 결과들로부터 차후 연구되어야 할 과제는 저장탄수화물의 이용경로(내성에 필요한 에너지공급원, 잎과 뿌리의 호흡, 재생)에 대한 양적평가와 아울러 저장수준이 내한성 및 재생활력에 미치는 영향에 대한 구명이 필요할 것으로 사료된다.

Table 2. Daily accumulated contents per plant of dry matter and non-structural carbohydrate through the wintering and the early regrowth period.

Fractions	Periods (month/date)					
	11/7~2/4	2/4~3/28	3/28~4/17	11/7~2/4	2/4~3/28	3/28~4/17
	LEAVES			ROOTS		
 mg/plant/day mg/plant/day		
Dry matter	+ 52.9	+ 129.4	+ 1,238.5	+ 11.5	+ 11.8	+ 230.9
Fructose	+ 1.0	+ 2.1	+ 11.6	+ 0.2	+ 1.4	+ 0.4
Glucose	+ 0.6	+ 0.7	+ 9.1	+ 0.2	+ 1.8	+ 1.0
Sucrose	+ 8.9	- 6.0	+ 118.5	+ 3.0	- 5.3	+ 3.9
Starch	+ 11.1	- 3.2	+ 153.9	+ 3.3	- 7.8	+ 3.7

V. 적 요

추과유채(품종: Swiss)의 월동전 이용과 이듬해 봄 재생수량에 대한 연속적 이용의 가능성을 검토하기 위한 기초자료를 마련하고자 10월 3일 파종하여 월동전 및 월동후 개화기까지의 주요 생육시기에 잎과 뿌리내 비구조성 탄수화물의 함량을 분석하였다.

전 생육기간중 비구성 탄수화물의 함량변화는 월동기와 이듬해 봄 초기재생기에 가장 뚜렷하게 나타났다. 가용성 당의 총 함량은 잎과 뿌리 공히 월동전(11월 7일)에서 월동중(2월 4일)에 높게 증가하였다가 월동후 작물의 초기재생기(3월 28일)에는 급격히 감소하였다. 초기재생기 이후의 가용성 당의 총 함량은 완만한 변화폭을 보였다. Fructose와 Glucose는 다른 당류에 비해 상대적으로 낮은 함량이었으며 전 생육기간중 변화폭도 작았다. Sucrose는 잎과 뿌리 공히 월동전에서 월동기 동안에 증가하였다가 월동후 초기재생기에는 급격히 감소하였다. 월동기(2월 4일)의

잎과 뿌리내 Sucrose 함량은 각각 149mg과 345mg으로 뿌리가 잎 보다 약 2.3배 높은 함량이었다. 잎과 뿌리내 전분함량은 월동전인 11월 7일에 건물 1g당 각각 38 및 189mg에서 월동중인 2월 4일에는 각각 187 및 497mg으로 증가 하였다가 이듬해 봄 초기영양 성장기(3월 28일) 각각 69mg 및 79mg으로 감소하였다.

이상의 결과들로부터 추파한 유채의 월동기간 동안 비구조성 탄수화물이 축적저장되었다가 이듬해 봄 성장이 재개됨에 따라 급격히 감소하며, 주요 저장형태는 이당류나 다당류형태로 뿌리에 많이 저장됨을 알 수 있었다.

VI. 인용문헌

1. Boehringer Mannheim GmbH. 1987. Methods of biochemical analysis and food analysis. Borhringer, Mannheim. Germany.

2. Clarkson, D.T., M.J. Hopper and L.H.P. Jones. 1986. The effect of root temperature on the uptake of nitrogen and the relative size of the root system in *Lolium perenne*. 1. Solutions containing both NH_4^+ and NO_3^- . Plant Cell and Environment. 9:535-45.
3. Cooper CS, Watson CA. 1986. Total available carbohydrate in roots of sainfoin(*Onobrychis viciaefolia Scop.*) and alfalfa(*Medicago sativa L.*) when grown under several management regimes. Crop Sci. 8:83-85.
4. Frankhauser, J.J., J.J. Volenec and G.A. Brown. 1989. Composition and structure of starch from taproots of contrasting genotypes of *Medicago sativa L.* Plant Physiol. 90:1189-1194.
5. Graber, L.F., N.T. Nelson, W.A. Luekel and W.B. Albert. 1927. Organic food reserves in relation to the growth of alfalfa and other perennial herbaceous plants. Wis. Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 80.
6. Grandfield, C.O. 1943. Food reserves and their translocation to the crown buds as related to cold and drought resistance in alfalfa. Agric. Res. 67:33-47.
7. Harper, F. and I.J. Compton. 1980. Sowing date, harvest data and the yield of forage *Brassica* crops. Grass and Forage Sci. 35:147-157.
8. Heilmeyer, J., E.D. Schulze and D. M. Whale. 1986. Carbon and nitrogen partitioning in the biennial monocarp(*Arctium tomentosum Mill.*). Oecologia. 70:466-474.
9. Jung, G.A. and D. Smith. 1961. Trends of cold resistance and chemical changes overwinter in the roots and crowns of alfalfa and medium red clover. I. Changes in certain nitrogen and carbohydrate fractions. Agron. J. 53:359-363.
10. 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.
11. MacKenzie, J.S., R. Paquin and S.H. Duke. 1988. Cold and heat tolerance. In A.A. Hanson ed. Alfalfa and alfalfa improvement. Ame. Soc. of Agrom. Madison, WI. pp. 259-302.
12. Nelson, C.J., and D. Smith. 1968. Growth of birds-foot trefoil and alfalfa III. Changes in carbohydrate reserves and growth analysis under field conditions. Crop Sci. 8:25-28.
13. Nicolas, M.E., R.J. Simpson, H. Lambers and M.J. Dalling. 1985. Effects of drought on partitioning of nitrogen in two wheat varieties differing in drought tolerance. Ann. Bot. 55:743-754.
14. Rapoport, H.F. and R.L. Travis. 1984. Alfalfa root growth, cambial activity, and carbohydrate dynamics during the regrowth cycle. Crop Sci. 25:899-903.
15. 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.
16. Smith Dale. 1962. Carbohydrate root reserves in alfalfa, red clover, and birdsfoot trefoil under several management schedules. Crop Sci. 2:75-78.
17. Smith, D. and J.P. Silva. 1969. Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of alfalfa from greenhouse experiments under light and dark conditions. Crop Sci. 9:464-467.
18. Tromp, J. 1983. Nutrient reserves in roots of fruit tress, in particular carbohydrates and nitrogen. Plant and Soils. 71:401-413.
19. Volence, J.J., P.J. Boyce and K.L. Hendershot. 1991. Carbohydrate metabolism in taproots of *Medicago sativa L.* during winter adaptation and spring regrowth. Plant Physiol. 96:786-793.
20. White, P.J., D.T. Clarkson and M.J. Earnshaw. 1987. Acclimation of potassium influx in rye(*Secale cereale*) to low root temperature. Planta. 171:377-85.
21. 江原薫. 1954. 飼料作物學. (上) 菜種編. 養賢堂.
22. 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.
23. 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.
24. 安桂洙, 權炳善. 五斗一郎. 1989. 飼草用油菜

- (*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)의 生産性과 飼料價値에 관한 研究. I. 南部地域에 適應한 飼草用油菜의 品種選拔. 韓畜誌. 31(3):179-191.
25. 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.
26. 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.