韓草誌(J. Korean Grassl. Sci.) 15(3) : 157 ~ 163, 1995

저장탄수화물과 질소의 월동성과 재생활력에 대한 이용성
Ⅰ. 저온처리가 유채(*Brassica napus* L.)의 생육, 질소 및 비구조성 탄수화물의 총 함량에 미치는 영향

김병호 · 김태환* · 김기원** · 정우진 · 전해열***

Partitioning of Carbon and Nitrogen Reserves during Winter Adaptation and Spring Regrowth
Ⅰ. Effects of low temperature on growth, total content of nitrogen and non-structural carbohydrate in forage rape (*Brassica napus* L.)

Byung Ho Kim, Tae Hwan Kim*, Ki Won Kim**, Woo Jin Chung and Hae Yeal Jean***

Summary

The objective of this study is to obtain the basic data for investigating the effects of organic reserves on winter survial or regrowth yield. Dry matter, nitrogen and non-structural carbohydrate content of plants grown under 5 ℃ or 20℃ of culture temperature during 25 days were investigated.

The dry matter content of leaves and roots were significantly reduced under 5℃ compared with 20℃ culture condition. Comparing with the dry matter per plant under 20℃, those in leaves and roots under 5℃ decreased to 25% and 10%, respectively, after 25 days of temperature treatment.

Total nitrogen content in leaves under 20℃ and 5℃ increased to 68% and 39% compared to the initial lenel (day 0), respectively, during 25 days after temperature treatment, Nitrogen content in roots highly increased under 5℃ while there was a little change under 20℃ condition. The nitrogen contents in roots under 5℃ and 20℃ were 39.0 and 30.8mg/g DM, respectively, after 25 days of temperature treatment.

Total contents of soluble carbohydrate in both leaves and roots under 5℃ were higher than those under 20℃ condition. After 25 days of temperature treatment under 5℃, their contents in leaves and roots were 1.4 and 2.0 times higher than those of under 20℃ condition. Starch ntent in roots under 20℃ was less changed, while that of under 5℃ greatly increased from 64.8 to 178.7mg/g DM during 25 days.

These results clearly showed that an accumulation of both nitrogen and non-structural carbohydrate in the plants occured under low temperature condition.

Ⅰ. 서 론

우리나라의 경우 사초용 유채(*Brassica napus* L.)는 수도조기재배, 옥수수 및 콩과작물의 후작으로 재배하는 작부체계에 적합한 청예작물로서 토지이용도를 높이고, 다른 목초나 야초의 생육이 정지되고 품질이

"이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 지방대육성과제 연구비에 의하여 연구되었음."

경상대학교 농과대학(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)

** 진주산업대학교(Dept. of Dairy Resources, Chinju National Univ., Chinju 660-280, Korea)

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

저하되는 늦가을에 우수한 청초생산원으로써 유용하게 재배되고 있는데 안과 권(1989)은 도입된 몇가지 품종과 우리나라에서 육성된 품종들의 숙기 및 수량을 조사한 결과 옥수수나 콩과작물의 후작작물로서 적합하다고 했다.

한편, 우리나라 중부이북지방에서 유채의 재배상황은 옥수수나 콩과작물의 후작으로 이른 가을 파종하여 월동전에 예취하여 1회 이용으로 그치고 있으나, 江原(1954)과 平石(1956)은 유채가 광엽식물로서 내한, 내습성이 있어서 추파후 월동시켜 이른봄에 청예사료로서 이용성이 높다고 하였고, 김과 한(1984)은 우리나라 남부지역에서 추파한 만생종의 경우 89~96%의 높은 월동율을 보고하였으며, 월동후 녹사료가 부족한 4월 중, 하순에 예취 이용하는 것이 효율적이라고 제시하였으며, Kalmbacher 등(1982)은 추파한 유채의 예취이용시기나 추파시기의 적절한 조절에 의해 월동후 총 수량의 증가를 얻을 수 있었다고 보고하므로서, 월동작물인 유채를 추파하여 늦가을이나 이른 겨울에 예취이용하고 이듬해 봄 재생수량에 대한 연속적 이용에 대한 가능성을 제시하였다. 이러한 가능성은 유채와 같이 월년생으로 생육기간이 제한된 사료작물의 효율적 이용이나 생산성을 제고하는데 매우 중요한 의미가 있을 것으로 사료된다. 월동후의 작물생산성은 월동율이나 월동중의 식물내 체내의 물질대사나 밀접한 관계를 가지게 되므로 월동기간중의 물질대사의 특이성을 이해하는 것이 매우 중요할 것이다.

대부분의 월동작물의 경우, 장기간의 저온조건이 진행되어 월동기간중 작물의 성장조건은 심각한 변화를 받게 되는데 이는 작물생장에 대한 상대적 온도의 영향 및 식물체내 대사작용의 변화에 의한 것이다(Clarkson 등, 1986; White 등, 1987). 월동중 식물체내 대사적 변화중 가장 뚜렷한 것은 저장조직내의 유기화합물의 축적으로 나타나는데, Nelson과 Smith (1968), Frankhauser 등(1989) 및 Volence 등(1991)은 *Medicago Sative*의 월동중 저장 조직내의 질소 및 비구조성 탄수화물의 농도가 높게 증가됨을 보고하였다. 본 시험에 앞서 실시된 추파한 유채의 이듬해 개화기까지의 생육기간중의 질소 및 비구조성 탄수화물의 함량을 분석한 결과, 총 질소함량의 경우 잎에서는 늦가을(4.71%)에서 월동기(3.70%) 동안 감소하였으나, 뿌리에서는 늦가을(3.49%)에서 이듬해 봄 재생초기(4.84%) 사이에 높게 증가하였다(정 등, 1994). 비구조성 탄수화물의 경우 잎과 뿌리에서 늦가을에서 월동기 동안 증가하였으며, 그 증가폭은 잎보다 뿌리에서 높았다(전 등, 1994). 이러한 결과들은 대부분의 월동작물의 경우 환경온도에 의해 생장조건의 심각한 변화를 받게 되고 장기간의 저온조건이 지속되는 월동기간 동안의 변이가 가장 뚜렷함을 잘 보여준다.

따라서 본 시험은 남부지방에서 추파유채의 월동전 및 월동후의 연속적 이용에 의한 생산성 및 이용효율을 증진시킬 수 있는 가능성을 검토하고자 월동기간중의 저장유기물 함량이 월동율 및 이듬해 봄 재생활력에 대한 작물학적 중요성을 규명하는데 목적을 두었다. 본 보에서는 월동기의 대표적 생육환경이 저온생육조건하에서 질소 및 탄수화물대사에 대한 생리학적 규명을 위해 저온조건(5℃)과 생육적온(20℃)에서의 건물함량, 식물체내 질소 및 비구조성 탄수화물의 함량변화를 비교 분석하였다.

Ⅱ. 材料 및 方法

1. 작물재배

사초용 유채(*Brassica napus* L. cv. 청풍)의 종자 외피를 살균하기 위해 알콜 80% 용액에 20분간, 20% sodium hypochlorite에 10분간 차례로 침지시킨 후 충분히 헹구어낸 종자를 sand bench에서 발아시켜서 3엽기에 20 L 플라스틱 포트에 30주씩 이식하여 수경재배하였다. 사용된 영양용액의 조성 및 농도는 Table 1과 같으며, 5일마다 영양용액의 교환을 해 주었다. 영양용액의 pH를 안정화 시키기 위하여 $CaCO_3$를 첨가해 주었고, 공기발생기에 의해 지속적으로 공기를 주입하였다. 환경조절실에서 16h/8h(주/야간)의 광주기에서 형광 phytor 튜브에 의해 300 $\mu mol \cdot m^{-2}S^{-1}$ 광조건을 균일하게 조절해 주었다. 20/15℃(주/야)에서 수경재배한 5주령의 유채를 5℃와 20℃ 온도처리를 각각 달리하여 온도처리(광주기 및 조도는 각 온도처리에서 동일)후 25일차까지 5일 간격으로 지상부위인 잎과 지하부위인 뿌리로 분리하여 시료를 준비하였다. 얻어진 시료는 60℃, 48시

간 건조시킨 후 건물 중량을 칭량하고 분쇄하여 $CaCl_2$ 존재하의 진공상태에서 보관하였다가 분석에 이용하였다.

Table 1. Composition of the nutrient solution used for hydroponic culture of *Brassica napus* L. cv. Chungpoong

Macro elements	mM	Oligo elements	μM
NH_4NO_3	1.0	H_3BO_3	14.0
KH_2PO_4	0.4	$MnSO_4$	5.0
K_2HPO_4	0.15	$ZnSO_4$	3.0
K_2SO_4	1.0	$CuSO_4$	0.7
$CaCl_2$	3.0	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.7
$MgSO_4$	0.5	$CoCl_2$	0.1
		Fe-Na-EDTA	200.0

2. 분석방법

Total N의 측정은 건물시료 200mg을 3% salicylic acid에 의해 NO_3^-를 환원시킨 후 Kjeldahl mineralization시키고, Conway dish에서 microdiffusion 후에 수거된 NH_4Cl을 ammonia color reagent와 발색반응 시킨 후 410nm에서 ammonium 함량을 측정하였다.

가용성당의 분석은 −20℃에서 보관중이던 시료를 상온에서 해빙시킨 다음, 2.5g의 시료를 ethanol 80% (V/V)에 추출하여, ethanol 액상추출물을 vacuum evaporator를 이용하여 40℃에서 완전히 건조될 때까지 증발시킨 다음 5ml의 증류수로서 잔여물을 희석하였다. 희석된 시료를 0.45nm Acrodisc를 이용하여 여과한 다음 eppendorf tube에 수거하여 HPLC 분석용 시료를 준비하였다. mannitol(1mg/1ml)을 internal standard로 하여 20μl의 시료를 HPLC(Pharmacia, LKB, LCC2252)에서 Carbohydrate Analysis Column (Waters associates)를 통하여 80% Acetonitrile (flow rate, 2ml/min)을 용매로 하여 단당류와 이당류를 분리하였다. 가용성당의 총 함량은 분리한 단당류와 이당류를 함으로 나타내었다.

전분함량의 분석은 건물시료(200mg)의 ethanol 추출후 여과잔여물을 8 N HCl을 포함한 20ml의 dimethysulfoxide에 의해 전분을 용해시킨 후, 준비된 시료를 Test-Combination KIT(Boehinger Mannhein GmbH, 1987)를 이용해 일련의 효소적 방법에 의해 전분함량을 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 건물함량

20℃와 5℃의 온도처리후 25일간의 잎과 뿌리의 건물함량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 잎과 뿌리중의 성장율은 공히 20℃ 처리가 5℃ 처리조건보다 높았는데, 잎의 경우 온도처리 10일차까지는 온도처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않다가, 15일차 이후 20℃ 처리구에서 개체당 건물증가폭이 현저히 높았다. 온도처리후 25일차의 개체당 잎의 건물수량은 5℃ 처리구와 20℃ 처리구가 각각 약 1,860.3mg과 3,000.4mg으로, 5℃ 처리구가 20℃ 처리구에 비해 38%의 감소를 보였다. 한편 뿌리의 경우 잎에서 보다 훨씬 빠르게 온도처리에 따라 영향을 받았는데 온도처리후 5일차 5℃ 처리구의 개체당 건물수량은 20℃ 처리에 비해 약 13%의 감소를 보였다. 온도처리후

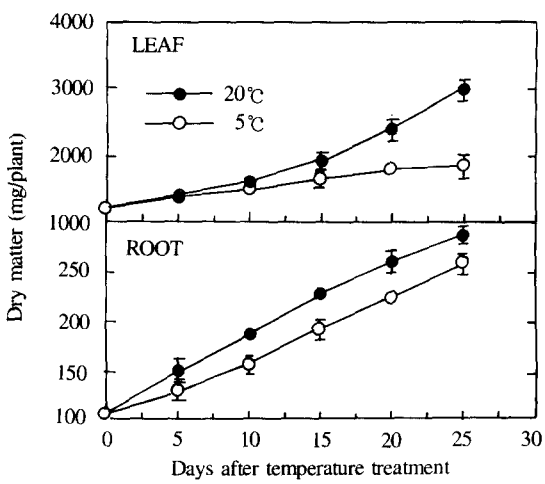

Fig. 1. Changes in the dry matter of leaf and root during 25 days under two regimes of culture temperature. The plants were grown hydroponically in a growth cabinet on the temperature of 20℃ / 15℃ (day / night) during 4 weeks, and then placed on the constant thermic regimes of 5℃ or 20℃. Each value is the mean ± SE for n = 3.

25일차의 개체당 건물수량은 5℃ 처리구와 20℃ 처리구가 각각 258.5와 286.3mg이었다. 이러한 결과는 저온 생육조건하에서 작물의 성장은 현저한 제한을 받게 됨을 잘 나타내 주는데, 추파한 귀리(*Secale cereale*)의 저온생육조건(5/3℃)하에서 일당 건물축적율은 20/16℃ 조건에 비해 훨씬 낮았다고 한(Griffith와 McIntyre, 1993) 보고와 잘 일치한다. 이러한 저온 생육조건에서의 성장율의 감소는 잎에서 아미노산, 당 그리고 저장유기물이 축적되는 반면 새로운 조직의 성장에 이용되는 비율이 현저히 감소됨에 따라 동화물질의 전이가 훨씬 감소되는 생리적 현상(Koster와 Lynch, 1992; Pollock와 Engles, 1988; Solhaug, 1991)과 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다. Griffith와 McIntyre(1993)는 저온생육조건하에서 단위 photon flux당 건물축적량이 현저히 감소하며 순광합성 능력이 감소된다고 하였다.

2. 질소함량

20℃와 5℃의 온도처리에 따른 잎과 뿌리에 있어서 질소함량의 변화를 나타낸 것은 Fig. 2에 나타내었다. 잎중의 질소함량은 온도처리후 일수가 경과함에 따라 20℃ 처리구가 5℃ 처리구보다 질소축적이 훨씬 높았는데, 온도처리후 25일 동안 건물 1g당 질소함량은 20℃ 처리구의 경우 26mg(day 0)에서 43.7mg(25일차)으로 증가하였고, 5℃ 처리구는 25.5 mg(day 0)에서 35.4mg(25일차)으로 증가하였다. 온도처리후 25일차의 잎중 총 질소함량은 20℃ 처리구가 5℃ 처리구보다 1.2배 높은 함량이었다.

뿌리중의 질소 함량은 5℃ 처리가 20℃ 처리구에 비해 월등히 높았는데 5℃ 처리후 초기 10일 동안의 증가폭이 가장 뚜렷하였다. 온도처리후 25일차에 있어서 5℃ 처리구는 온도처리일(day 0)에 비해 약 45 %의 증가를 보인 반면, 20℃ 처리구에서는 유의적인 변화가 없었다. 온도처리후 25일차의 뿌리내 질소함량은 5℃와 20℃ 처리구에서 건물 1g 당 각각 39.0와 30.8mg으로 5℃ 처리구가 20℃ 처리구에 비해 약 27 % 높았다. 이러한 결과는 5℃ 저온처리가 뿌리중 질소축적을 잘 나타내었다.

이상의 결과로부터 저온조건하에서 성장 및 대사적 특성은 잎과 뿌리 성장의 제한을 받게 되며 뿌리내 질소의 축적되는 현상으로 요약할 수 있다. 지상부위와 뿌리성장율은 이들 기관간의 분자적 교감(molecular signal)에 의해 저장물질의 분해와 물질의 전이가 조절되는데(Clarkson 등, 1986) 이같은 뿌리내 질소축적은 지상부위의 낮은 성장율에 따른 동화산물의 요구도에 의한 물관분에 의한 물질전이의 감소와 도관부에 의한 물질전이의 증가(Cooper와 Clarkson, 1989; Engels 등, 1992)와 관련된 것으로 사료된다.

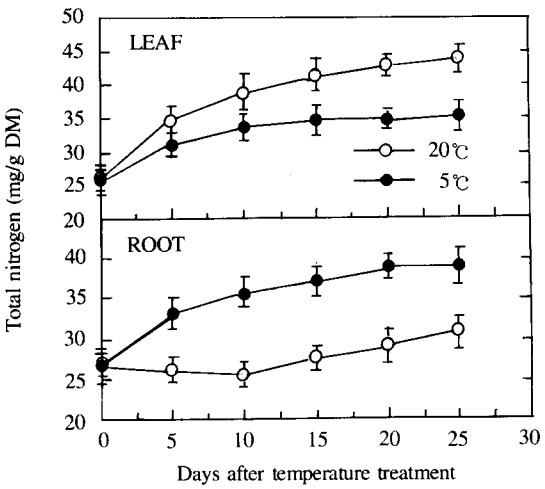

Fig. 2. Changes in the content of total nitrogen in leaf and root during 25 days under two regimes of culture temperature. The plants were grown hydroponically in a growth cabinet on the temperature of 20℃ / 15℃ (day/night) during 4 weeks, and then placed on the constant thermic regimes of 5℃ or 20℃. Each value is the mean±SE for n=3.

3. 비구조성 탄수화물 함량

20℃와 5℃ 온도처리후 잎과 뿌리내의 가용성당의 총 함량의 변화는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 잎의 경우 온도처리후 10일차 까지는 비슷한 수준을 유지하다가 온도처리후 15일차 이후 20℃ 및 5℃ 처리구 공히 생육일수가 진행됨에 따라 가용성당의 총 함량은 증가하였다. 그 증가율에 있어서 20℃ 처리구보다 5℃ 처리구가 높았는데, 온도처리 25일차의 건물 1g 당 가용성당의 함량은 20℃ 처리구와 5℃ 처리구에

서 각각 27.0mg과 38.1mg으로 5℃ 처리구가 20℃ 처리구보다 1.4배 높았다. 뿌리의 경우 역시 5℃ 처리구가 20℃ 처리구보다 가용성당의 축적율이 훨씬 높았는데 온도처리후 25일동안 5℃ 처리구의 경우 건물 1g 당 8.7mg에서 58.2mg으로 증가하여 일당 2mg의 축적을 보였고 20℃ 처리구에서는 10.8mg에서 28.9 mg으로 증가하여 일당 0.7mg의 축적을 보였다. 이상의 결과는 5℃ 처리에 의해 잎과 뿌리조직내에서 공히 가용성당의 축적이 일어나며, 저온처리에 따른 가용성당의 축적율은 잎보다 뿌리에서 훨씬 높음을 잘 보여주었다.

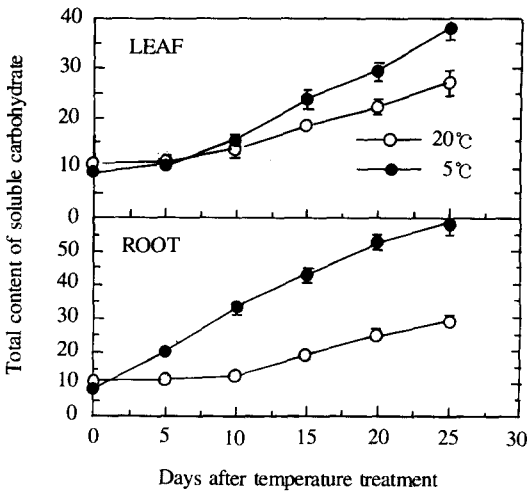

Fig. 3. Changes in the total content of soluble charbohydrate in leaf and root during 25 days under two regimes of culture temperature. The plants were grown hydroponically in a growth cabinet on the temperature of 20℃ / 15℃ (day/night) during 4 weeks, and then placed on the constant thermic regimes of 5℃ or 20℃. Each value is the mean ± SE for n = 3.

20℃와 5℃의 온도처리후 25일간의 뿌리내 전분함량을 Fig. 4에 나타내었다. 20℃ 처리구의 경우 건물 1g당 62.2에서 42.8mg 범위로 온도처리에 따른 낮은 변화의 폭을 보인 반면, 5℃ 처리구에서는 온도처리일(day 0)의 64.8mg에서 일차가 경과함에 따라 지속적으로 증가하여 온도처리 25일차에는 178.7mg으로 일당 4.6mg의 전분축적을 보였다. 저온처리구에 따른 전분함량의 증가경향은 온도처리후 초기 10일간의 증가폭이 매우 뚜렷하였다. 이는 저온스트레스에 대한 초기반응으로 사료된다. 온도처리후 25일차에서 건물 1g당 함량은 5℃ 처리구가 20℃ 처리구보다 약 4.2배 높은 전분함량을 보였다. 이같은 다당류의 뿌리내 축적현상은 식물이 저온스트레스를 받을때 뿌리의 활력과 영양소 흡수력의 현저한 감소(Bravo와 Uribe, 1981; Mckay와 Barber, 1984; Macduff과 Wild, 1989)와 순 광합성능력의 감소(Griffith와 McIntyre, 1993)에 따른 외부적 에너지 공급이 매우 제한을 받게 됨에 따라, 저장조직(source organ)에서의 저장당분의 축적이 일어남과 동시에 생장기관(sink organ)에서는 저장당이 즉시 이용가능한 환원당으로 전환되어 요구되는 에너지를 공급하기 위한 전기적 생리적 반응으로 사료된다.

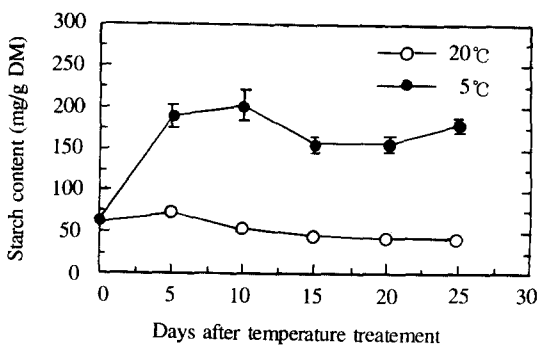

Fig. 4. Changes in starch content in roots during 25 days under two regimes of culture temperature. The plants were grown hydroponically in a growth cabinet on the temperature of 20℃ / 15℃ (day/night) during 4 weeks, and then placed on the constant thermic regimes of 5℃ or 20℃. Each value is the mean ± SE for n = 3.

이상의 결과들로부터 저온생육조건하에서 잎과 뿌리의 성장이 제한을 받게 되며(특히 뿌리), 무기태 질소흡수력 및 순 광합성능력의 감소에 따른 영양소나 에너지의 외부공급의 감소와 더불어 식물체내 물질전이의 현저한 감소가 동반됨을 추측할 수 있다. 이같은 조건하에서 필요한 에너지나 영양소는 저장유

기물의 분해에 의한 환원당 및 환원질소의 전이에 의해 공급되어져야 할 것이다. 따라서 저온조건하에서 식물체내 질소 및 탄수화물의 주요저장 형태 및 이들 저장유기화합물의 분해 및 전이에 영향을 미치는 여러가지 요인들(이온의 흡수정도, 뿌리내 대사산물의 농도 및 잎과 뿌리 성장비율)의 상관관계에 대한 규명이 차후 심도있게 검토되어야 할 것으로 사료된다.

Ⅳ. 적 요

월동기간중의 저장유기물 함량이 월동율 및 이듬해 봄 재생활력에 대한 작물학적 중요성을 규명하는데 기본목적을 두고, 월동기의 대표적 생육환경인 저온생육조건하에서 질소 및 탄수화물대사에 대한 생리학적 규명을 위해 저온조건(5℃)과 생육저온(20℃)에서의 건물함량, 식물체내 질소 및 비구조성 탄수화물의 함량변화를 비교분석하였다.

온도처리후 25일차의 개체당 건물수량은 잎의 경우 5℃ 처리구가 20℃ 처리구에 비해 약 38% 감소하였고, 뿌리의 경우 약 10%가 감소하였다.

총 질소함량은 잎의 경우, 온도처리후 25일동안 20℃ 처리구와 5℃ 처리구에서 온도처리일(day 0)에 비해 약 68%와 39%가 각각 증가하였다. 뿌리의 경우, 온도처리후 25일 동안 낮은 변화폭을 보인 반면, 5℃ 처리구에서는 온도처리일(day 0)에 비해 약 45%가 증가하였다. 온도처리후 25일차의 뿌리내 총 질소함량은 5℃와 20℃ 처리구에서 건물 1g당 각각 39.0와 30.8mg이었다.

가용성당의 총 함량은 잎과 뿌리 공히 5℃ 처리구가 20℃ 처리구보다 높은 함량이었다. 5℃ 처리후 25일차의 잎과 뿌리내 함량은 20℃ 처리구에 비해 각각 1.4배와 2.0배가 높았다. 뿌리내 전분함량은 20℃ 처리구에서는 낮은 폭의 변화를 보인 반면, 5℃ 처리구에서는 온도 처리일(day 0)의 64.8mg에서 온도처리 25일차의 178.7mg으로 증가하여 20℃ 처리구에 비해 4.2배 높았다.

이상의 결과들은 저온생육조건하에서 잎과 뿌리의 성장이 제한을 받게 되며 저장조직내의 질소 및 비구조성 탄수화물의 축적이 일어남을 잘 보여준다.

Ⅴ. 참고문헌

1. Boehringer Mannheim GmbH. 1987. Methods of biochemical analysis and food analysis. Boehringer Mannheim, Germany. p. 118.
2. Bravo, F.P. and E.G. Uribe. 1981. Temperature dependence of the concentration kinetics of absorption of phosphate and potassium in corn roots. Plant Physiol. 67:815-819.
3. 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.
4. 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.
5. Deane-Drummond, C.E. and A.D.M. Grass. 1983. Compensating changes in ion fluxes into barly (*Hordeum vulgare*) seedling in response to differential root/shoot growth temperature. Ibid. 34:1711-1719.
6. Engels, C., L. Munkle and H. Marshner. 1992. Effect of root zone temperature and shoot demand on uptake and xylem transport of macronutrients in maize(*Zea mays* L.). J. Exp. Bot. 43(249):537-547.
7. 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.
8. Griffith, M. and H.C.H. McIntyre. 1993. The interrelationship of growth and frost tolerance in winter rye. Physiol. Plant. 87:335-344.
9. 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 Forage Sci. 37:217-225.
10. Koster, K.L. and D.V. Lynch. 1992. Solute accumulation and compartmentation during the cold acclimation of winter rye. Plant Physiol. 98:108-113.

11. Macduff, J.H. and A. Wild. 1989. Interactions between root temperature and nitrogen deficiency influence preferential uptake of NH_4^+ and NO_3^- by oilseed rape. J. of Exp. Bot. 40(211):195-206.
12. Mackay, A.D. and S.A. Barber. 1984. Soil temperature effects on root growth and phosphorus uptake by corn. Soil Sci. Soc. of Ame. J. 48:818-23.
13. Nelson, C.J. and D. Smith. 1968. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa Ⅲ. Changes in carbohydrate reserves and growth analysis under field conditions. Crop Sci. 8:25-28.
14. Pollock, C.J. and C.F. Engels. 1988. Low temperature and the growth of plants. In plants and temperature : Proceedings of the society for Experimental Biology. eds. S.P. Long and F.I. Woodward. pp. 157-180. Company of Biologists. Cambridge.
15. Solhaug, K.A. 1991. Effects of photoperid and temperature and sugars and fructans in leaf blades, leaf sheaths and stems, and roots in relation to growth of *poa pratensis*. Physiol. Plant. 82:171-178.
16. Volenec, 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.
17. 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.
18. 江原薰. 1954. 飼料作物學(上). 菜種編. 養賢堂.
19. 金丙鎬, 韓鐘煥. 1984. 靑刈油菜의 品種別 飼料價値에 관한 硏究. Ⅰ. 生育特性 및 收量. 韓畜誌. 26(3):265-268.
20. 安桂洙, 權炳善. 1989. 飼料用油菜(*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)의 生産性과 飼料價値에 관한 硏究. Ⅱ. 三要素施肥水準이 飼料用油菜의 生育特性, 收量 및 飼料價値에 미치는 影響. 韓畜誌 31(3):192-199.
21. 鄭宇鎭, 金丙鎬, 金太桓, 姜宇成. 1994. 秋播油菜(*Brassica napus* L.)의 生育期間中 窒素化合物의 含量變化. 韓草誌 14(4):324-330.
22. 전해열, 김태환, 김병호, 강우성. 1994. 추파유채(*Brassica napus* L.)의 생육시기에 따른 비구조성 탄수화물 함량의 변화. 한초지 14(4):331-338.
23. 平石勝善. 1956. 秋力ら春にカけての 靑刈史料の栽培. 畜産の硏究. 10(10):1163-1164.