

## 저장탄수화물과 질소의 월동성과 재생활력에 대한 이용성 II. 추파 유채(*Brassica napus* L.)의 파종밀도가 월동중 저장유기물 함량 및 수량에 미치는 영향

김태환\* · 김기원\*\* · 정우진 · 전해열\*\*\* · 김병호

## Partitioning of Carbon and Nitrogen Reserves during Winter Adaptation and Spring Regrowth

### II. Effects of seeding density on the content of organic reserves on the wintering period and forage yield in rape(*Brassica napus* L.)

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

#### Summary

The objective of this study is to obtain the basic data for investigating the effects of organic reserves on winter survival or regrowth yield. Forage rape (*Brassica napus* L.) was sown by three seeding densities of 5, 15 and 25cm interval among plants on Sep. 1, 1994. Field-grown plants were sampled on the before wintering (Dec. 4) and on the wintering period (Jan. 16) to analyze the nitrogen and non-structural carbohydrate reserves. The rate of winter survival and regrowth yield were also measured in the spring of next year.

The dry matter yields from the plots of 5, 15 and 25cm seeding interval were 1,270, 1,019 and 1,062 kg/10a, respectively, on the before wintering. The similar pattern was observed in the crude protein yields affected by seeding density. On the before wintering, both of nitrogen and starch contents per plant significantly increased as the seeding density was lowered. Starch content was relatively higher than that of nitrogen in all plots. On the wintering period, the contents of nitrogen reserves were 6.5, 41.2 and 121.7 mg/plant, those of starch reserves were 1.0, 5.4 and 185.1 mg/plant, respectively, in the plots of 5, 15 and 25cm seeding interval. Nitrogen reserves on the wintering period increased while starch reserves highly decreased in all plots comparing to the before wintering. The rates of winter survival were 10.2, 20.6 and 37.1%, and regrowth yields were 76, 96 and 178 kgD.M/10a, respectively, in the plots of 5, 15 and 25cm seeding interval.

These results clearly showed that seeding density have a close influence on the level of nitrogen and non-structural carbohydrate reserves, and that the rate of winter survival and regrowth yield were controlled by reserves level on the wintering period.

---

“이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 지방대 육성과제 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)

## I. 서 론

유채(*Brassica napus* L.)는 낙농가에서 재배가 쉬우며 저렴한 양질 사료원으로 영양함량이 높아 비유능력을 향상시킬 수 있는 사료작물로 인식되고 있으며(Dorchester, 1953; Strong과 Soper, 1973), 사초용으로 개발된 품종은 경엽이 무성하고 단위면적당 풋베기로 이용할 때에 건물수량이 높고 초기생육이 빨라서 파종후 8-12주 후 동안의 생육기간으로 품질이 좋고 수량이 높은 사초를 공급할 수 있다(Haper와 Compton, 1980; 김 등, 1986). 따라서 우리나라와 같이 국토이용률이 낮고 식량작물위주의 작부체계하에서 양축농가의 조사료 자급도를 향상시키기 위해서는 사초용 유채 재배면적의 확대가 권장되어질만 한다.

한편 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 예취이용하는 것이 효율적이라고 제시하였다. Kalmbacher 등(1982)은 추파한 유채의 예취이용시기나 추파시기의 적절한 조절에 의해 월동후 총 수량의 증가를 얻을 수 있었다고 보고하므로써, 월동작물인 유채를 추파하여 늦가을이나 이른 겨울에 예취 이용하고 이듬해 봄 재생수량에 대한 연속적 이용에 대한 가능성을 제시하였다. 사초용 유채의 재생수량 이용은 녹사료가 부족한 이른 봄에 양질의 청예공급원의 확보 및 경작면적의 집약적 이용측면에서 매우 바람직하다고 사료된다.

우리나라 중부이북지방에서 유채의 재배상황은 옥수수나 콩과 작물의 후작으로 이른 가을 파종하여 월동 전에 예취하여 1회 이용으로 그치고 있으며, 이듬해 봄 재생수량의 확보를 위한 관리 및 이용방법에 대한 정립이 되어 있지 않은 실정이다. 아울러 월동기간중의 대사생리가 월동성이나 월동후 생장을 조절하는 주요한 내부적 생리적 요인이므로 이에 대한 심도 있는 규명이 절실히 요구되나 관련된 연구결과는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구에서 제 1보의 결과(김 등, 1995)는 월동기의 대표적인 생육환경인 저온 생육 조건하에서 잎과 뿌리의 성장은 제한을 받게 되

며 저장조직 내에서 질소 및 비구조성 탄수화물의 축적이 일어남을 잘 보여주었다. 월동중인 다년생 사료작물종의 저장조직내의 질소 및 비구조성 탄수화물의 농도가 높게 증가되는 현상은 광범위하게 보고되고 있다(Nelson과 Smith, 1968; Frankhauser 등, 1989; Volenec 등, 1991). 월동기간중 축적된 유기화합물은 저온에 대한 저항성(cyprotection)을 높이는데 이용되며(MacKenzie 등, 1988), 이른봄 작물의 성장이 재개됨에 따라 저장유기물은 급격히 분해감소되면서 성장재개에 필요한 영양소 및 에너지 공급원으로서 이용되어진다(Cooper와 Watson, 1968; MacKenzie 등, 1988; Volenec 등 1991). 이러한 결과들은 월동기간중의 유기화합물의 저장수준이 월동율과 월동후 재생수량에 밀접한 영향을 미치게 됨을 간접적으로 제시한다.

따라서 본 시험은 월동기간중의 저장 유기물함량이 월동을 및 이듬해 봄 재생활력에 대한 작물학적 중요성이 높다는 가설 하에, 1) 월동전의 관리적 및 이용방법에 따른 월동중 뿌리내 유기물의 저장형태를 살펴보고 2) 저장유기물의 수준이 이듬해 봄의 월동을 및 재생수량에 미치는 영향을 규명함으로써, 남부지방에서 추파유채의 월동전 및 월동후의 연속적 이용에 의한 생산성 및 이용효율을 증진시킬 수 있는 가능성을 검토하는데 그 목적을 두었다. 본 보에서는 파종밀도에 따른 월동중 저장유기물의 함량 변화와 이에 따른 월동전 및 월동후의 사초생산성에 관하여 연구검토 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험기간 및 공시품종

본 시험은 1994년 9월부터 1995년 5월까지 진주 산업대학교 사료작물포장에서 수행하였다. 본 시험에 앞서 실시한 사초용 유채(*Brassica napus* L.) 7품종(Akela, 청풍, Debra, Emerald, English Giant, Germany, Swiss)에 대한 생육조사의 결과에 따른 만생종이며 엽면적이 넓고 지상부위 청예수량 및 사료적 가치가 높았던 청풍을 공시품종으로 하였다.

### 2. 파종 및 포장관리

시험구는 1구의 면적을  $1.0 \times 1.0\text{m}$ 로 하여 3반복으로 완전임의 배치하였다. 파종은 9월 1일에 파종밀도의 처리에 따라 개체간의 거리를 사방 5, 15 및 25 간격으로 점파하였다. 사비량은  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=10\text{-}8\text{-}8\text{kg}/10\text{a}$ 으로 질소는 1/3을 기비로 파종시에 주고 2/3는 해빙기인 2월 하순에 추비로 사용하였고, 퇴비는  $1,000\text{kg}/10\text{a}$ 을 전량기비로 사용하였다. 실험전 포장의 토양조건은 Table 1에 나타난 바와 같다. 기타 재배관리는 일반관행법에 준하였다.

월동전 (12월 4일)에 지표면으로 부터 6cm 높이에서 예취하여 청예 및 건물수량을 측정하고, 저장 유

기물 함량의 분석을 위한 뿌리시료를 채취하였다. 월동중 (1월 16일)에는 분석용 뿌리시료만 채취하였다. 월동후 이른봄에 각 시험구의 월동전 개체수에 대한 생존개체에 대한 비율로 월동율을 구하고 재생기 간중 생육특성을 10일 간격으로 조사하였다. 4월 5일에 전 시험구를 일괄 예취하여 재생수량을 각각 측정하였다. 저장 유기물 함량의 분석을 위해 채취한 뿌리시료는 흙을 제거한 후 증류수로 행군 다음 수분을 제거한 후 개체당 중량을 측정한 후 deep frizer에서 보관하였다.

Table 1. Soil properties of the experimental field

pH (H <sub>2</sub> O, 1:5)	Total nitrogen(%)	Organic matter(%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable cation(me/100g)				Texture
				K	Ca	Mg	Na	
6.3	0.2	3.30	568	0.64	6.3	1.8	0.31	Loam

### 3. 분석방법

Total N의 측정은 건물시료 200mg을 3% salicylic acid에 의해 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>를 환원시킨 후 Kjeldahl mineralization시키고, conway dish에서 microdiffusion 후에 수거된 NH<sub>4</sub>Cl을 ammonia color reagent와 발생반응 시킨후 410nm에서 ammonium 함량을 측정하였다.

가용성당의 분석은 -20℃에서 보관중이던 시료를 상온에서 해빙시킨 다음, 2.5g의 시료를 ethanol 80% (V/V)에 추출하여, ethanol액상추출물을 전 처리과정을 거쳐 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.

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

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 월동전 생육 및 biomass

9월 1일 개체간 거리를 5, 15 및 25cm의 파종밀도로 파종하여 월동전 예취시(12월 5일)의 생육상태 및 수량을 Table 2에 나타내었다. 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 정착율은 각각 50, 70 및 95%로 m<sup>2</sup>당 정착개체수는 178, 35 및 16이었다. 초장은 파종밀도가 높을수록 증가하는 경향이었으나, 개체당 지상부의 청예수량은 파종밀도가 가장 높은 5cm 간격의 파종구에서 89g으로 가장 낮은 성장을 보였으며 15 및 25cm 간격의 파종구는 5cm 간격의 파종구에 비해 각각 3.6 및 6.6배 높은 지상부위의 성장을 보였다. 건물수량은 5cm 간격의 파종구에서 10a당 1,270kg으로 가장 높았으며, 15 및 25cm 간격의 파종구 간에는 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과는 각 파종구에서 건물율이 8, 9 및 11%로 파종밀도가 가장 낮은 25cm 간격의 파종구에서는 줄기와 엽병의 상대적 비율이 증가된데 따른 건물율의 증가에 영향을 받은 것으로 사료된다. 청예수량은 파종밀도가 높을수록 유의적으로 증가하는 경향이었는데, 개체간 파종간격이 5에서 25cm로 넓어짐에 따라 약 40%의 감수를 보였다. 즉 파종밀도가 가장 낮은 25cm 간격의 파종구의 경

Table 2. Growth characteristics and forage yield affected by seeding density on the before wintering (Dec. 05, 1995)

Seeding density	Plant height(cm)	Stem weight(cm)	Shoot F.W(g/plant)	Yield(kg/10a)		
				Fresh	D.M	C.P
5 cm	81±5	0.5±0.1	89±11	15,783±1,699	1,270±205	229±27
15 cm	79±6	1.1±0.3	323±17	11,300± 550	1,019±110	167± 4
25 cm	71±3	1.8±0.1	585±58	9,366± 938	1,062± 93	166± 3

\*D.M = dry matter, C.P = crude protein.

우 개체당 청예수량이 가장 높더라도 10a당 청예수량은 가장 낮아 파종밀도에 따른 단위면적당 청예수량은 각 개체의 성장정도 및 면적당 개체수에 의해 결정됨을 잘 보여준다. 조단백질 생산량은 10a당 각각 229, 167 및 168kg으로 건물수량의 경향과 비슷하였다.

이러한 결과는 유체의 밀식정도가 높을수록 광, 토양, 수분 및 비료성분에 대한 경합이 높아 건물수량을 제외한 나머지 수량구성형질(경직경, 분지수 및 엽수)은 낮게 나타난다고 보고한 안 등(1989)의 결과와 잘 일치한다. 따라서 파종밀도가 개체당 성장정도에는 뚜렷한 영향을 미치지만 단위면적당 수량은 파종밀도에 따른 면적당 정착 개체수에 의해 지배적인 영향을 받음을 알 수 있었다.

## 2. 월동중 뿌리내 저장유기물의 함량 변화

월동전(12월 4일)과 월동중(1월 16일)의 뿌리내 질소함량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 월동전(12월 4일)의 뿌리내 질소함량은 5, 15 및 25cm 간격의 파

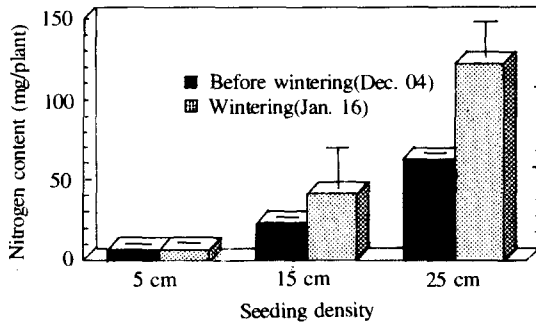


Fig. 1. Total nitrogen content in roots affected by the seeding density on Dec. 4 (before wintering) and on Jan. 16 (wintering). Each value is the mean ± S.E. for n = 3.

종구에서 개체당 각각 6.8, 22.9 및 63.51mg으로 파종밀도가 낮을수록 증가하였다. 파종밀도가 가장 높았던 5cm 간격의 파종구에 비해 15cm 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 3.4배 및 9.4배 증가한 것에 해당되었다. 이러한 현상은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 뿌리내 질소함량은 각각 1.14, 1.04 및 1.07%로 비슷한 수준을 나타냄으로써 질소함량의 절대적 증가보다는 파종밀도에 따른 개체당 뿌리의 성장정도의 차이에 기인된 것으로 사료된다.

월동중(1월 16일)의 뿌리내 개체당 질소함량은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 6.5, 41.2 및 121.7mg으로 파종밀도가 낮을수록 유의적으로 증가하였다. 월동전과 월동중의 질소함량을 비교하면, 5cm 간격의 파종구에서는 유의적 차이가 없었으나 15cm 및 25cm 간격의 파종구에서는 개체당 각각 18.3mg 및 58.2mg이 증가하였다.

따라서 월동전(12월 4일) 예취후 뿌리조직내의 저장질소는 월동중(1월 16일)까지 거의 이용되어지지 않았거나 오히려 축적됨을 보여준다. 이러한 결과는 다양한 사료작물중에서 지상부위(광합성조직)의 예취는 뿌리나 그루터기내의 질소함량의 감소를 초래하며, 저장질소는 재생초기에 재생조직의 성장에 요구되는 질소의 공급원으로써 이용되어진다는 일반적 생리적 현상과 대치함을 보여준다. 본 시험에서 12월 4일 예취후 월동중(1월 16일)까지 뿌리내 질소의 축적현상은 예취후 곧이어 생육 임계온도인 5℃이하의 월동기에 접어들어 지상부위의 재생이 거의 이루어지지 못하여 이 기간동안(12월 4일~1월 16일) 지상부위의 성장은 거의 정지되고 질소의 요구도가 매우 낮아서 저장질소의 전이가 일어나지 않았기 때문으로 추측된다. 이러한 생리적 현상은 월동기간과 같은 장기간의 저온조건하의 앞에서 아미노산의 이용이 감

소됨에 따라 xylem을 통한 아미노산 전이 및 충전이 감소(Engles 등, 1992) 및 phloem을 통한 잉여아미노산의 뿌리로의 전이에 따라 뿌리내 유기물이 축적(Cooper와 Clarkson, 1989)되는 현상과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

월동전과 월동중의 뿌리내 전분함량의 변화는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 월동전의 전분함량 역시 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 개체당 각각 38.3, 128.1 및 497.3mg으로 파종밀도가 낮아질수록 증가하였으나, 질소축적경도와 비교할 때 6~8배 높은 함량을 보였다. 월동중의 전분함량은 1, 2 및 185mg으로 월동전에 비교해 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 공히 높은 함량의 전분감소를 나타냈다.

이러한 결과는 Volenec 등(1991)이 *Medicago sativa*의 주근내 전분함량은 늦가을까지 증가하다 이후 월동기에 접어들면서 감소하며, 이러한 전분의 감소는 sucrose의 상대적 증가로 나타난다고 한 보고와 잘 일치한다. 한편 많은 다년생 사료작물중에서 뿌리내 저장전분은 월동중의 내성 및 이른봄 성장재개에 필요한 carbon원으로 중요하게 이용됨을 많은 연구결과에 의해 보고되어지고 있다(Nelson과 Smith, 1968; Frankhauser 등, 1989; Volenec 등, 1991). 따라서 월동전 1차례의 예취후 월동중까지의 뿌리 조직내의 저장전분은 저온환경에 대한 내성 및 생존을 위한 기본적인 에너지 공급원으로써 높게 이용되는 반면 저장질소는 지상부위의 낮은(혹은 생육정지) 성장율에 따라

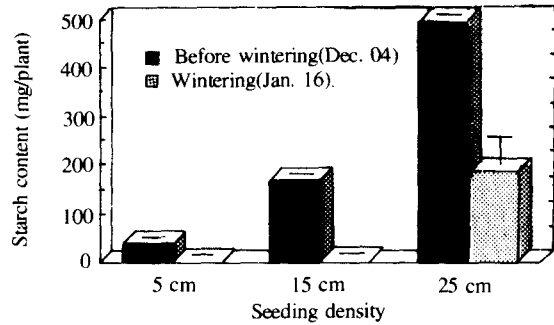


Fig. 2. Starch contents in roots affected by seeding density on Dec. 16(before wintering) or on Jan. 16(wintering). Each value is the mean  $\pm$  S.E. for n=3.

그 이용성이 상대적으로 매우 적음을 간접적으로 잘 보여준다.

### 3. 월동율 및 월동후 재생수량

파종밀도에 따른 이듬해 봄의 월동율 및 재생수량은 Table 3과 같다. 월동율은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 10.2, 20.6 및 37.1%로 비교적 낮은 월동율을 보였다. 재생수량은 파종밀도가 낮을수록 증가하였다. 건물수량의 경우 파종밀도가 가장 낮았던 25cm 간격 파종구의 경우 10a당 178kg으로 가장 높았으며, 5 및 15cm 간격 파종구에서는 25cm 간격 파종구에 비해 각각 57.3% 및 46.1%가 감소하였다. 청에 및 조단백질 수량 역시 10a당 각각 773, 1,473kg

Table 3. The rate of winter survival and forage yield affected by seeding density. Each experimental plot was harvested on December 5 (before wintering, BW) and on April 4 (after wintering, AW).

Seeding density	Wintering rate (%)	Yield(kg/10a)		
		Fresh	D.M	C.P
5 cm	BW	15,783 $\pm$ 1,705	1,270 $\pm$ 205	230 $\pm$ 28
	AW	773 $\pm$ 46	76 $\pm$ 6	16 $\pm$ 1
	Total	16,556 $\pm$ 1,736	1,346 $\pm$ 204	245 $\pm$ 28
15 cm	BW	11,300 $\pm$ 551	1,019 $\pm$ 90	167 $\pm$ 37
	AW	950 $\pm$ 58	96 $\pm$ 6	25 $\pm$ 4
	Total	12,250 $\pm$ 600	1,115 $\pm$ 96	192 $\pm$ 37
25 cm	BW	9,366 $\pm$ 939	1,062 $\pm$ 100	168 $\pm$ 4
	AW	1,473 $\pm$ 72	178 $\pm$ 16	49 $\pm$ 3
	Total	10,839 $\pm$ 955	1,240 $\pm$ 110	217 $\pm$ 7

및 16kg에서 49kg의 범위로 파종밀도가 낮을수록 유의적으로 증가하였다.

총 청예수량(월동전+월동후)은 5, 15cm 및 25cm 간격의 파종구에서 10a당 16,550, 12,250 및 10,840kg으로 파종밀도가 낮을수록 증가하였다. 건물 및 조단백질의 총 수량은 파종밀도가 가장 높은 5cm 간격의 파종구에서 가장 높았으며 15 및 15cm 간격의 파종구간에는 유의적 차이가 없었다. 총 청예수량에 대한 월동후의 재생청예수량의 생산비율은 5, 15 및 15cm 파종구에서 각각 4.7, 7.8 및 13.5%이었으며 조단백질 수량의 경우 7, 13.2 및 22.6%가 재생수량으로부터 확보되어졌다. 이러한 월동후의 낮은 생산성은 월동전의 예취일이 12월 5일 늦었기 때문으로 사료되며, 월동전의 예취일, 예취높이 및 파종일 등과 같은 다른 관리적 요인들과의 복합적인 영향에 대해 검토할 필요성을 제시한다.

#### 4. 월동중 뿌리내 질소 및 전분함량과 월동율 및 재생수량과의 관계

3처리의 파종밀도에 따른 월동중 개체당 뿌리내 질소 및 전분함량과 월동율 및 이듬해 봄 재생수량간의 각각의 상관계수를 Table 4에 나타내었다. 월동중 질소함량 및 전분함량과 월동율간에는 1% 수준의 유의적인 정상관 관계가 인정되었으며 뿌리내 저장전분함량이 질소함량보다 상관계수가 더 높게 나타났다. 차후 더 많은 data에 의한 검정이 요구되지만 본 시험으로 얻어진 결과에 입각해 볼 때 50%이상의 월동율을 확보하기 위해서는 개체당 50mg이상의 저장질소 및 개체당 100mg이상의 저장전분이 확보되어야 하는 것으로 나타났다. 월동중 질소함량 및 전분함량과 이듬해 봄의 재생수량 간에도 역시 1% 수준의 유의적인 정상관 관계가 인정되었다. 저장질소와 재생수량간의 상관계수가 저장전분의 그것보다 높았

Table 4. Correlation coefficient between reserves content on the wintering period (Jan. 16) and wintering rate or regrowth yield

Reserves	Wintering rate	Regrowth yield
Nitrogen	0.892**	0.914**
Starch	0.926**	0.884**

\*\* p<0.01.

다.

## IV. 적 요

월동기간중의 저장 유기물함량이 월동율 및 이듬해 봄 재생활력에 미치는 작물학적 중요성을 규명하는데 기본목적을 두고, 사초용유채(*Brassica napus* L.)를 9월 1일에 3수준으로 파종밀도(개체간 5, 15 및 25cm의 거리)를 달리하여 파종하고 12월 4일에 예취 후 월동시켰다. 월동전(12월 4일)과 월동중(1월 16일)의 수량, 뿌리내 전분 및 질소함량을 각각 분석하고, 이듬해 봄의 월동율 및 재생수량을 각각 조사 분석하였다.

월동전의 건물수량은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 10a당 1,270, 1,019 및 1,062kg이었다. 조단백질 생산량 역시 건물수량과 같은 경향이었으나, 청예수량은 파종밀도가 높을수록 유의적으로 증가하였다. 초장은 파종밀도가 높을수록 증가하는 경향이었으나 경직경, 근중 및 개체당 건물축적율은 낮았다. 월동전 뿌리내 질소 및 전분함량은 공히 파종밀도가 낮을수록 유의적으로 증가하였는데, 개체당 전분축적율이 질소보다 높았다. 월동중의 개체당 저장질소의 함량은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 6.5, 41.2 및 121.7mg 이었고, 저장전분의 함량은 각각 1.0, 5.4 및 185.1mg 이었다. 월동전과 월동중의 함량을 비교할 때 저장질소는 월동전에 비해 증가하였으나, 저장전분은 각 시험구에서 공히 높은 감소를 보였다. 월동율은 5, 15 및 25cm 간격의 파종구에서 각각 약 10.2, 20.6 및 37.1% 이었고, 월동후 재생수량은 10a당 각각 76, 96 및 178 kgD.M이었다.

이상의 결과들은 추파유채의 파종밀도는 월동중 전분 및 질소함량의 수준에 밀접한 영향을 미치며, 월동중 뿌리내 저장 유기물함량이 높을수록 월동율 및 월동후 재생수량이 유의적으로 증가함을 보여준다.

## V. 참고 문헌

1. Boehringer Mannheim GmbH. 1987. Methods of biochemical analysis and food analysis. Boehringer Mannheim, Germany, p. 118.

2. Cooper, H.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. Cooper, C.S. and C.A. Watson. 1968. Total available carbohydrates in roots of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) when grown under several management tegimes. *Crop Sci.* 8:83-85.
4. Dorchster, C.S. 1953. Rape, kale and similar forages. In: Hughes Maurice, H.D., E. Heath and M. Darrels, ed. *The Iowa state college press.* pp. 418-422.
5. 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.
6. 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.
7. Harper, F. and I.J. Compton. 1980. Sowing date, harvest data and the yield of forage *Brassica* crops. *Grass Forage Sci.* 35:147-157.
8. 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.
9. MacKenzie, J.S., R. Paquin and S.H. Duke. 1988. Cold and heat tolerance. In: Hanson, A.A., ed. *Alfalfa and alfalfa improvement.* American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 259-302.
10. 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.
11. Strong, W.N. and R.J. Soper. 1973. Utilization of pelleted phosphorus by flax, rape and buck wheat from a calcareous soil. *Agron. J.* 65:18-21.
12. 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.
13. 江原薫. 1954. 飼料作物學. (上)菜種編. 養賢堂.
14. 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.
15. 김병호, 김태환, 김기원, 정우진, 전해열. 1995. 저장탄수화물과 질소의 월동성과 재생활력에 대한 이용성. I. 저온처리가 유채의 생육, 질소 및 비구조성 탄수화물의 총 함량에 미치는 영향. *한초지* 15(3):157-163.
16. 安桂洙, 權炳善. 1989. 飼料用油菜(*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)의 生産性和 飼料價値에 관한 研究. 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.
17. 平石勝善. 1956. 秋力ら春にかけたの 青刈飼料の栽培. 畜産の研究. 10(10):1163-1164.