

호밀품종의 조만성과 연맥 - 호밀의 파종량이 혼파사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향

고한종 · 박형수 · 김수곤 · 김동암
 서울대학교 농생명공학부

Yield and Quality of Forage Mixture as Affected by Maturity of Rye Cultivar and Oat-Rye Seeding Rate

H. J. Ko, H. S. Park, S. G. Kim and D. A. Kim
 School of Agric. Biotechnol., Seoul National University

ABSTRACT

Evaluation works of oat in mixture with rye on forage yield have not been reported. The objective of this study was to determine yield and quality of forage mixture as affected by maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate at Suweon from 1999 to 2000. The experiment was arranged in a split plot design with three replications. Main plots consisted of maturity of rye, such as early(cv. Koolgrazer) and late(cv. Kodiak)maturing cultivars. Sub-plots consisted of seeding rate (T1: Oat 200 and rye 0kg/ha, T2: Oat 150 and rye 40kg/ha, T3: Oat100 and rye 80kg/ha, T4: Oat50 and rye 120kg/ha, and T5: Oat0 and rye 160kg/ha). Crude protein(CP) content of oat-rye mixture harvested in the fall was not influenced by maturity of rye cultivar, but that of oat-rye mixture was increased from 13.6 to 19.3% as the seeding rate of rye increased($P<0.05$), however, maturity of rye cultivar significantly affected CP content of oat-rye mixture in the spring($P<0.01$). Acid detergent fiber(ADF) content of oat-rye mixture harvested in the spring was not significantly affected by rye cultivar, but the ADF was decreased from 27.8 to 20.7% as the seeding rate of rye increased($P<0.01$). When rye was harvested in the spring, ADF content of late maturing cultivar 'Kodiak' was shown as 28.0%. This was lower than that of early maturing cultivar 'Koolgrazer' which was shown as 35.8%($P<0.01$). Among treatments, neutral detergent fiber(NDF) and *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) of oat-rye mixture showed a similar trend made on ADF. In this experiment, the highest forage yield (12.356kg/ha) was obtained from early maturing rye cultivar and seeding rates of 100kg/ha of oat and 80kg/ha of rye mixture. A significant interaction between maturity of rye cultivar and seeding rate was found($P<0.01$). The above results indicate that an early maturing rye cultivar at the seeding rate of 100kg/ha in mixtures with 80kg/ha of oat could be recommended as a succeeding cropping system after corn for silage.

(Key words : Early maturity, Late maturity, Dry matter yield, Succeeding cropping system)

I. 서 론

농경지 면적이 협소한 우리나라의 조건 하에

서는 밭 사료포 위주의 2모작 작부체계가 싼값으로 양질의 조사료를 생산하기 위해 필수적이라는 것은 많은 연구자(이, 1988; 김 등, 1993;

한 및 김, 1996)와 축우 사육 농가에게 인식되어 왔으며, 이러한 작부체계는 사일리지용 옥수수(*Zea mays* L.)를 주작물로 재배하고, 연맥(*Avena sativa* L.)이나 호밀(*Secale cereale* L.)을 농가의 실정에 따라 후작물로 재배하는 방식을 가장 많이 이용하고 있다.

호밀은 맥류 가운데서 척박한 토양조건 하에서 가장 잘 자랄 수 있으며(Walker 및 Morey, 1962), 환경에 대한 적응성이 다른 사료작물에 비하여 우수하고, 내한성이 강하여(Briggle, 1959) 우리 나라의 중·북부지역에서 월동이 가능하므로 조사료가 부족한 이른 봄철에 축우 농가의 중요한 조사료 공급원이라고 할 수 있다.

연맥은 맥류 가운데 품질이 우수할 뿐만 아니라 기호성도 높고 다엽성이며 방목, 청초 및 건초의 형태로 이용이 가능하며 호밀 다음으로 척박지와 산성토양에 대한 적응성이 강하여 상당히 넓은 범위의 환경에서도 재배가 가능하다(김, 1983). 연맥은 맥류 중에서 내한성이 밀, 보리보다 낮고(Steponkus, 1978), 월동성이 높지 못해서 우리나라의 추파연맥의 시험결과 중·북부지방에서 월동이 가능한 품종이 없었다고 하였다(김 등, 1993).

Zavitz(1927)는 보리, 연맥, 봄밀 및 완두의 단파와 여러 가지 조합의 혼파시험에서 단파의 평균수량보다 혼파의 평균수량이 높았다고 보고하였으며, Milthorpe(1961)는 단일재배시에도 경쟁과 같은 기작이 존재하고 있으므로 2초종 이상의 혼파를 제안하였다. Moore(1974)는 alfalfa의 단파와 혼파시험에서 단순 혼파한 alfalfa와 bromegrass의 협동작용이 alfalfa단파나 alfalfa와 다른 여러 가지 초종의 복잡한 혼파에 비해 사초건물 수량이 많았다고 보고하였다. 또한 연맥과 콩과작물과의 혼파시험(Chapko 등, 1991)에서 혼파가 단파에 비해 조사료 수량이나 단백질 함량이 높았다고 보고하였으며, 국내에서는 연맥과 유채의 혼파에 관한 연구(이, 1998), 호밀과 red clover의 혼작에 관한 연

구(전 등, 1996)에서 혼파의 이점과 가능성을 제시하였다.

화본과와 콩과식물을 조합하는 일반적인 혼파조합과는 달리 화본과 초종들로만 이루어진 혼파조합에 관한 시험들도 이루어졌는데, 봄연맥과 가을밀을 가을에 파종하여 그 해 가을과 이듬해 봄에 수확한 결과 연맥과 밀의 단파에 비하여 혼파시 많은 수량을 보였고(Under-sander, 1996), 연맥과 보리의 혼파시험에서도 혼파가 단파에 비해 높은 수량을 나타내어(Stoskopf, 1981), 같은 과(family)에 속하는 초종간의 혼파에 대한 가능성을 보여주었다. 그러나 사초용 호밀과 연맥의 단일재배시 발생하는 연맥의 겨울철 월동성, 호밀의 파종과 수확 지연에 따른 주작물의 수량저하와 같은 두 사초의 단점을 상호보완하며 단위면적당 최대의 수량을 얻기 위한 숙기와 혼파시 적정 파종량 비율에 관한 연구는 수행되지 않았다.

따라서 본 연구는 숙기가 다른 두 호밀의 정부장려품종인 'Koolgrazer'(조생) 및 'Kodiak'(만생)과 연맥의 정부장려품종인 'Swan'의 파종량을 달리하여 혼파 재배시 이들 혼파된 사초의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 호밀 품종의 조만성과 연맥-호밀 혼파 파종량의 영향을 구명할 목적으로 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험의 포장시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속실험목장의 사초시험포장에서 1999년 8월 25일부터 2000년 4월 28일까지 실시하였다. 시험포장은 수단그래스계 잡종을 재배한 후 휴경 중인 포장으로, 시험포장의 토양은 pH가 5.7로 약산성이었고, 유기물 함량은 2.2%로 중 정도였으며, 유효인산의 함량은 587mg/kg으로 상당히 높았고, 염기치환용량(CEC) 또한 매년 포장의 퇴비와 비료 시용 결과로 호밀과 연맥의 생육에는 충분한 양이었다.

본 시험이 수행된 시험기간 중 수원지방의

가을철 평균기온은 예년과 비슷하였으나 겨울은 평균기온보다 높았다. 강수량은 파종 후 가을장마로 발아에 필요한 수분은 충분하였고 봄에는 강수량이 적었다. 또한 일조량은 예년과 비슷한 분포를 보였다.

사초용 호밀과 연맥의 혼파시 호밀 품종의 숙기 및 연맥-호밀의 파종량이 생육특성, 수량 및 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Table 1에서 보는 바와 같이 숙기가 다른 호밀의 품종(Koolgrazer, Kodiak)을 주구로 공시하고 호밀과 연맥(Swan)의 혼파량(연맥 200kg/ha + 호밀 0kg/ha, 연맥 150kg/ha + 호밀 40kg/ha, 연맥 100kg/ha + 호밀 80kg/ha, 연맥 50kg/ha + 호밀 120kg/ha 및 연맥 0kg/ha + 호밀 160kg/ha)을 세구로 한 분할구 배치법으로 10처리 3반복으로 설계 배치하였다. 시험구의 크기는 4.8m² (1.2×4m)로 하였으며, 파종은 1999년 8월 25일에 직접 손으로 산파하였다. 시비량은 기비로 ha당 질소는 100kg, 인산은 150kg, 칼리는 100kg을 사용 하였으며, 이듬해 3월 10일에 ha당 질소 90kg, 칼리 80kg을 추비로 주었다.

모든 처리구는 1999년 10월 21일과 2000년 4

월 28일에 예취기(Agria 4300-R, Italy)를 이용하여 center strip(76cm×4m) 하였다. 수확한 사초는 생초량을 칭량한 다음 4~5개의 부위로부터 총 500g 정도의 시료를 취하여 75℃의 순환식 열풍 건조기 내에서 72시간이상 충분히 건조한 후 건물물을 구하여 ha당 건물수량을 계산하는데 이용하였고, 건조된 시료는 전기믹서로 1차 분쇄한 후 20 mesh의 Wiley Mill로 다시 분쇄하여 2중 마개 플라스틱 시료 보관병에 넣어 분석에 사용하였다.

NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(acid detergent fiber)를 Goering 및 Van Soest법(1970)에 의하여 분석하였고, 조단백질 함량은 AOAC법(1990)에 의거하여 Kjeldahl법을 이용하였다. *In vitro* 소화율(IVDMD)은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였으며, ADF와 NDF가 건물소화율과 섭취량과의 높은 상관관계를 가진 사실을 근거로 추정 한 상대사료가치(RFV)는 분석된 ADF 및 NDF치로 계산하였으며(Holland 등, 1990) 계산식은 다음과 같다.

Table 1. Treatment descriptions

Main plot (Maturity)	Subplot (Seeding rate)	Replication
 kg/ha	
Early (Koolgrazer)	Oat 200 + Rye 0 (T1)	3
	Oat 150 + Rye 40 (T2)	3
	Oat 100 + Rye 80 (T3)	3
	Oat 50 + Rye 120(T4)	3
	Oat 0 + Rye 160(T5)	3
Late (Kodiak)	Oat 200 + Rye 0 (T1)	3
	Oat 150 + Rye 40 (T2)	3
	Oat 100 + Rye 80 (T3)	3
	Oat 50 + Rye 120(T4)	3
	Oat 0 + Rye 160(T5)	3

$$RFV = \frac{(88.9 - (0.779 \times ADF(\%)) \times (120/NDF(\%)))}{1.29}$$

통계분석은 SAS package program(Ver. 6.12)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 평균간 비교는 최소 유의차검정(LSD)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혼파사초의 사료가치

(1) 조단백질(CP) 함량

연맥-호밀의 혼파시 조단백질 함량의 변화는 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 가을철 수확시 호밀 품종의 숙기는 유의적인 차이가 없는 반면 호밀의 파종량이 많은 처리구(T2, T3, T4 및 T5)에서 각각 13.6, 13.8, 16.2 및 19.3%로 조단백질 함량이 유의적인 증가를 보였다(P<0.05).

반면, 이듬해 봄 호밀의 조단백질 함량은 호밀 품종의 숙기에 따라 유의적인 차이를 보여 주어 만생품종인 Kodiak이 조생품종인 Koolgrazer보다 5% 정도 더 높은 조단백질 함량을 보였다(P<0.01). 조단백질 함량을 Rohweder 등(1977)이 제시한 화분과 건초 등급과 비교하면 가을 수확시는 3등급(CP 함량 13~18%)에 속하는 양질의 조사료이며, 이듬해 봄 수확시는 숙기에 따라 조생품종인 Koolgrazer는 4등급(CP 함량 8~12%)에 해당되고, 만생품종인 Kodiak은 3등급에 해당되었다.

(2) ADF 함량

사초의 소화율에 관계되는 연맥-호밀 혼파시 호밀 품종의 숙기 및 혼파량에 따른 ADF 함량은 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 가을 수확시 호밀품종의 숙기에 따른 ADF 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 혼파량(T1,

T2, T3, T4 및 T5)에 따른 ADF 함량은 각각 28.7, 27.2, 26.4, 23.7 및 20.7%로 호밀의 파종량이 증가된 연맥-호밀 혼파구에서 사초의 ADF 함량이 감소하였다(P<0.01). 연맥-호밀의 혼파량에 따라 출수기에 도달한 연맥의 비율이 많은 처리구에서 ADF 함량이 높았으나, 모든 처리구의 ADF 함량이 Kawas 등(1983)이 미국 사초 기준에서 제시한 화분과 목초의 최우수 ADF 함량인 31~35% 보다 낮아 사초 품질이 우수한 것으로 생각된다.

이듬해 봄 수확시 호밀의 ADF 함량은 호밀 품종의 숙기에 따라 유의적인 차이를 보였는데(P<0.01), 조생품종인 Koolgrazer가 35.8%로 28.0%를 보인 만생품종인 Kodiak에 비해 7.8%가 높았다. 또한 혼파량간에도 유의적인 차이를 나타냈다(P<0.05). 권(1991)의 호밀 시험에서도 조생품종인 Koolgrazer의 ADF 함량이 24.9%로 만생품종인 Kodiak ADF 함량인 19.8% 보다 ADF 함량이 증가하였다고 보고하여 본 시험의 ADF 함량과 같은 경향을 보였다.

(3) NDF 함량

사초의 섭취량과 관계되는 NDF 함량은 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 가을 수확시 NDF 함량은 호밀 품종의 숙기에 따라 유의적인 차이가 없었으나 연맥-호밀의 파종량에 따른 NDF 함량은 ADF 함량 변화와 같이 호밀의 파종량이 많은 처리구에서 낮아졌다(P<0.01).

한편, 이듬해 봄 수확시는 연맥-호밀의 혼파량에 따른 NDF 함량의 변화는 없었으나 호밀 품종의 숙기에 따라 조생품종인 Koolgrazer는 60.1%를 보였고 만생품종인 Kodiak은 53.7%의 NDF 함량을 나타내 유의적인 차이가 인정되었다(P<0.01). 본 시험에서 분석된 NDF 함량을 기준으로 화분과 건초의 품질등급과 비교해 보면 가을 수확시는 모든 처리구에서 1등급(NDF 함량 50%이하)의 최상의 품질을 보여주었으며, 봄 수확시는 조생품종인 Koolgrazer는

Table 2. Effect of the maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate on crude protein(CP), acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) and relative feed value(RFV) of oat-rye forage.

Maturity	Oat-rye Seeding rate	CP	ADF	NDF	IVDMD	RFV
..... %						
Early (Koolgrazer)	T1	11.8	28.9	47.8	73.9	129
	T2	12.7	26.4	44.6	77.1	143
	T3	14.2	26.3	43.7	76.3	146
	T4	16.9	23.8	41.9	79.2	156
	T5	20.3	20.2	39.0	81.0	175
	Mean	15.3	25.1	43.4	77.5	150
Late (Kodiak)	T1	14.1	28.4	46.3	75.0	134
	T2	14.4	28.0	44.4	74.0	140
	T3	13.3	26.5	44.4	76.3	143
	T4	15.4	23.5	40.8	78.3	161
	T5	17.8	21.1	40.7	82.1	166
	Mean	15.0	26.0	43.3	77.1	149
Mean	T1	13.0	28.7	47.1	74.5	132
	T2	13.6	27.2	44.5	75.1	142
	T3	13.8	26.4	44.1	76.3	145
	T4	16.2	23.7	41.4	81.6	159
	T5	19.3	20.7	39.9	79.2	171
LSD(P<0.05)	Maturity (M)	NS	NS	NS	NS	NS
	Seeding rate (S)	0.5	0.8	0.9	1.5	6.4
	Interaction (M × S)	**	NS	NS	**	NS

NS = not significant.

** = Significant at the 0.01 probability level.

3등급(NDF 함량 55~60%), 만생품종인 Kodiak 은 2등급(NDF 함량 50~55%)의 우수한 품질로 높은 섭취량을 보일 것으로 생각된다.

(4) *In vitro* 건물 소화율

호밀 품종의 숙기 및 연맥-호밀의 파종량이 사초의 *in vitro* 건물 소화율에 미치는 영향은 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 가을 수확시 호밀 품종의 숙기(Koolgrazer 및 Kodiak)에 따른 *in vitro* 건물 소화율은 77.5 및 77.1%로 유

의적인 차이가 없었으며 혼파량(T1, T2, T3, T4 및 T5)에 따라 74.5, 75.6, 76.3, 78.8 및 81.6%로 높아졌다(P<0.01).

이듬해 봄 수확시에는 조생품종인 Koolgrazer 가 75.0%로 86.2%를 나타낸 만생품종인 Kodiak 보다 11% 정도 낮은 *in vitro* 건물 소화율을 보였고(P<0.01), 혼파량에 따라서도 유의적인 차이를 보여주었다(P<0.01). 또한 호밀 품종의 숙기와 연맥-호밀의 혼파량간에도 고도의 상호작용이 인정되었다(P<0.01).

Table 3. Effect of the maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate on crude protein(CP), acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) and relative feed value(RFV) of rye.

Maturity	Oat-rye seeding rate	CP	ADF	NDF	IVDMD	RFV
	 %				
Early (Koolgrazer)	T2	9.1	34.5	59.5	71.1	97
	T3	9.2	35.7	59.9	76.1	95
	T4	10.1	36.9	61.2	76.3	92
	T5	11.8	35.9	59.7	76.3	95
	Mean	10.1	35.8	60.1	75.0	95
Late (Kodiak)	T2	14.9	27.6	53.0	86.8	119
	T3	14.4	27.5	51.9	87.2	122
	T4	14.8	28.6	55.3	85.0	111
	T5	16.2	28.2	54.4	85.6	115
	Mean	15.1	28.0	53.7	86.2	117
Mean	T2	12.0	31.1	56.3	79.0	108
	T3	11.8	31.6	55.9	81.7	109
	T4	12.5	32.8	58.3	80.7	103
	T5	14.0	32.1	57.1	81.0	105
LSD(P<0.05)	Maturity (M)	0.9	0.7	1.6	1.0	4.0
	Seeding rate (S)	1.3	1.0	NS	1.4	NS
	Interaction (M)×(S)	NS	NS	NS	**	NS

NS = not significant.

** = Significant at the 0.01 probability level.

In vitro 건물 소화율과 ADF 함량간에는 부의 상관관계가 보고되어 왔는데, Cherney 등 (1983)은 ADF 함량과 *in vitro* 건물 소화율간에 -0.88(P<0.01)의 높은 상관관계가 있다고 보고하였으며, Van Soest 및 Robertson (1980)도 소화율과 ADF 함량간의 상관관계를 -0.75로 보고한 바 있다. 본 시험에서도 ADF 함량과 *in vitro* 건물 소화율간 상관계수가 가을 수확시는 -0.90(P<0.01), 봄 수확시는 -0.92(P<0.01)의 고도의 상관관계를 보였다.

(5) 상대 사료 가치(RFV)

사초에 있어서 RFV 값은 ADF와 NDF가 소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진 사실

에 근거한 추정 계산치로서, ADF 41%와 NDF 53%를 가진 RFV 값을 100으로 나타냈으며, RFV 값이 100은 성숙한 알팔파에 해당된다 (Holland 등, 1990).

호밀 품종의 숙기 및 연맥-호밀의 혼파량이 RFV 값에 미치는 영향은 Table 2, 3에서 보는 바와 같다. 가을 수확시 호밀 품종의 숙기에 따른 RFV 값은 유의적인 차이가 없었으나, 혼파량에 따라서는 호밀의 파종량이 많아짐에 따라서 유의적으로 증가되었다(P<0.01). 고능력우의 젖소 군에 대하여 124이상의 RFV 값을 가진 사초를 공급해야 한다(Holland 등, 1990)는 연구 보고에 비추어 볼 때 가을철 수확된 모든 처리구의 사초는 고능력우 급여에 적합한 최상

급의 조사료임을 알 수 있었다.

이듬해 봄 수확시 RFV 값은 호밀 품종의 숙기에 따라 유의적인 차이를 보였으나($P < 0.01$), 혼파량에 따른 차이는 유의성 있는 변화를 나타내지 않았다($P > 0.05$). 봄 수확시 RFV 값이 가을 수확시 RFV 값에 비해 떨어졌지만 조사료가 부족한 이른 봄철에 성숙한 알팔파에 해당되는 품질의 호밀 사초를 다량 확보할 수 있다는 이점이 있다.

2. 혼파사초의 수량

(1) 건물(DM) 수량

연맥-호밀의 혼파시 호밀 품종의 숙기 및 혼파량이 ha당 사초의 건물수량에 미치는 영향은 Table 4, 5에서 보는 바와 같다.

가을 수확시 호밀 품종의 숙기에 따른 건물수량은 차이가 없었으나, 혼파량(T1, T2, T3, T4 및 T5)에 따라 각각 5,436, 4,204, 3,281, 2,329 및 1,268kg/ha로 연맥의 파종량이 많은 처리구에서 유의적으로 높은 건물수량을 보였다($P < 0.01$). 또한 호밀 품종의 숙기와 혼파량간 교호작용효과도 유의성이 인정되었다($P < 0.05$).

이듬해 봄 수확시 조생품종(Koolgrazer)과 만생품종(Kodiak)이 각각 8,145 및 4,134kg/ha의 건물수량을 나타내 Koolgrazer가 Kodiak에 비해

Table 4. Effect of the maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate on dry matter(DM), crude protein(CP) and *in vitro* digestible dry matter(IVDDM) yields of oat-rye mixture.

Maturity	Oat-rye seeding rate	Forage yield		
		DM	CP	IVDDM
	 kg/ha.....		
Early (Koolgrazer)	T1	5,258	622	3,886
	T2	4,128	525	3,187
	T3	3,353	475	2,893
	T4	2,220	374	1,758
	T5	1,470	306	1,191
	Mean	3,286	460	2,598
Late (Kodiak)	T1	5,613	790	4,213
	T2	4,279	615	3,164
	T3	3,209	425	2,449
	T4	2,258	346	1,769
	T5	1,065	190	874
	Mean	3,285	473	2,494
Mean	T1	5,436	706	4,048
	T2	4,204	570	3,155
	T3	3,281	450	2,671
	T4	2,329	400	1,764
	T5	1,268	248	997
	LSD($P < 0.05$)	Maturity (M)	NS	NS
	Seeding rate (S)	202	30	163
	Interaction (M) × (S)	*	**	**

NS = not significant.

* = Significant at the 0.05 probability level.

** = Significant at the 0.01 probability level.

Table 5. Effect of the maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate on dry matter(DM), crude protein(CP) and *in vitro* digestible dry matter(IVDDM) yields of rye.

Maturity	Oat-rye seeding rate	Forage yield		
		DM	CP	IVDDM
	 kg/ha		
Early (Koolgrazer)	T2	6,145	556	4,370
	T3	9,003	827	6,852
	T4	8,380	838	6,395
	T5	9,053	1,073	6,906
	Mean	8,145	824	6,131
Late (Kodiak)	T2	2,332	347	2,022
	T3	3,300	475	2,880
	T4	4,567	674	3,884
	T5	6,338	1,015	5,423
	Mean	4,134	628	3,552
Mean	T2	4,239	452	3,196
	T3	6,152	651	4,866
	T4	6,474	756	5,140
	T5	7,696	1,044	6,165
LSD(P<0.05)	Maturity (M)	223	44	164
	Seeding rate (S)	316	63	232
	Interaction (M)×(S)	**	**	**

NS = not significant.

** = Significant at the 0.01 probability level.

약 4,011kg/ha의 증수를 보였고(P<0.01), 혼파량(T2, T3, T4 및 T5)에 따라 각각 4,239, 6,152, 6,474 및 7,696kg/ha로 유의적인 차이를 나타냈다(P<0.01). 또한 호밀 품종의 숙기 및 혼파량 간 교호작용효과도 고도의 유의성이 인정되었다(P<0.01).

Undersander(1996)는 봄연맥과 겨울밀의 혼파 시험에서 봄연맥과 겨울밀의 단파시 각각 2,470~4,940 및 1,230~2,470kg/ha의 수량을 보인데 반해 혼파시 7,410~12,360kg/ha의 수량 증가를 보고하였으며, 완두와 혼파시는 0~1,200kg/ha의 수량증가 뿐만 아니라 조단백질의 함량을 높여 사초의 품질을 향상시키는 이점이 있다고 하였다.

본 시험에서 가을과 봄에 생산된 사초의 건물수량을 합한 총건물수량을 보면 Table 6에서 보는 바와 같이, 조생품종인 Koolgrazer가 9,802 kg/ha로 6,592kg/ha를 보인 만생품종인 Kodiak에 비해 약 3,210kg/ha의 증수를 보였고(P<0.01), 혼파량에 따른 건물수량에서는 T3(호밀 80kg/ha + 연맥 100kg/ha)의 혼파비율에서 9,433 kg/ha의 가장 높은 건물수량을 나타냈다(P<0.01). 또한 호밀 품종의 숙기 및 연맥-호밀의 혼파량간 교호작용효과도 고도의 유의성을 보였다(P<0.01).

한편, 총건물수량과 총가소화 건물 수량간에는 +0.98의 고도의 정의 상관관계가 나타났으며, 총건물수량과 총가소화 건물간의 회귀식은

Table 6. Total dry matter(DM), crude protein(CP) and *in vitro* digestible dry matter (IVDDM) yields as affected by the maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate.

Maturity	Oat-rye seeding rate	Total forage yield		
		DM	CP	IVDDM
..... kg/ha				
Early (Koolgrazer)	T1	5,258	622	3,833
	T2	10,273	1,082	7,636
	T3	12,356	1,302	9,412
	T4	10,600	1,212	8,153
	T5	10,523	1,378	8,026
	Mean	9,802	1,119	7,412
Late (Kodiak)	T1	5,613	790	4,213
	T2	6,611	962	5,064
	T3	6,510	900	5,328
	T4	6,825	1,020	5,653
	T5	7,402	1,205	6,270
	Mean	6,592	975	5,306
Mean	T1	5,436	706	4,023
	T2	8,442	1,022	6,350
	T3	9,433	1,101	7,370
	T4	8,713	1,116	6,903
	T5	8,963	1,292	7,148
	LSD(P<0.05)	Maturity (M)	232	46
	Seeding rate (S)	367	72	270
	Interaction (M) × (S)	**	**	**

NS = not significant.

** = Significant at the 0.01 probability level.

다음과 같다.

$$Y = 820.331 + 1.160 (X) \quad R^2 = 0.98$$

Y : Total dry matter yield (kg/ha)

X : Total *in vitro* digestible dry matter(kg/ha)

(2) *In vitro* 가소화 건물 (IVDDM) 수량

연맥-호밀의 혼파시 호밀 품종의 숙기 및 혼파량이 *in vitro* 가소화 건물 수량에 미치는 영향은 Table 4, 5에서 보는 바와 같다.

가을 수확시 호밀 품종의 숙기, 즉 조생 (Koolgrazer) 및 만생(Kodiak)에 따른 가소화 건

물수량은 각각 2,598 및 2,494kg/ha로 유의적인 차이가 없었지만(P>0.05), 혼파량(T1, T2, T3, T4 및 T5)에 따라 각각 4,048, 3,155, 2,671, 1,764 및 997kg/ha로 연맥의 파종량이 많은 혼파조합에서 유의적으로 증가하였다(P<0.01).

이듬해 봄 수확시 조생품종인 Koolgrazer가 6,131kg/ha로 3,552kg/ha를 보인 만생품종 Kodiak에 비해 약 2,601kg/ha의 증수를 보였으며(P<0.01), 혼파량(T2, T3, T4 및 T5)에 따라 각각 3,196, 4,866, 5,140 및 6,165kg/ha의 가소화 건물수량을 보여 호밀의 파종량이 많은 혼파비율에서 유의적으로 증가되었다(P<0.01). 또

한 호밀 품종의 숙기 및 혼파량간에도 고도의 상호작용효과가 인정되었다($P < 0.01$).

In vitro 가소화 건물수량은 건물수량과 소화율에 따라 결정되는데 일반적으로 숙기가 진행됨에 따라 소화율은 저하되는 반면 건물수량은 증가되어 *in vitro* 가소화 건물수량은 증가하게 된다.

본 시험에서 가을 수확과 봄 수확시의 *in vitro* 가소화 건물 수량의 총수량에 대한 호밀 품종의 숙기와 혼파량의 영향을 살펴보면, 조생품종인 Koolgrazer가 7,412kg/ha로 5,306kg/ha를 보인 만생품종인 Kodiak보다 높은 가소화 건물수량을 나타내었으며($P < 0.01$), 혼파량에서는 T3(호밀 80kg/ha+연맥 100kg/ha)에서 7,370kg/ha로 가장 높은 가소화 건물수량을 보였다($P < 0.01$). 또한 호밀 품종의 숙기 및 혼파량간에도 고도의 상호작용이 인정되어($P < 0.01$), 혼파량에 따른 가소화 건물수량은 호밀 품종의 숙기에 따라 다르다는 것을 알 수 있었다.

(3) 조단백질(CP) 수량

가을 수확시 호밀 품종의 숙기에 따른 조단백질 수량은 차이가 없었고, 혼파량(T1, T2, T3, T4 및 T5)에 따라 각각 706, 570, 480, 400 및 248kg/ha로 연맥의 파종량이 줄어들수록 조단백질 수량은 유의적으로 감소하였다($P < 0.01$). 조단백질 함량은 연맥의 파종량이 줄어들수록 증가하는 경향이 있으나 건물수량면에서 낮기 때문에 조단백질 수량이 낮게 나타났다. 또한 호밀 품종의 숙기와 혼파량간 상호작용효과도 고도의 유의성이 인정되었다($P < 0.01$).

이듬해 봄 수확시 조생품종인 Koolgrazer가 824kg/ha의 조단백질 수량을 보여 만생품종인 Kodiak의 628kg/ha에 비해 약 196kg/ha의 증수를 보였고($P < 0.01$), 호밀의 파종량이 많은 혼파 비율에 따라 유의적인 증가를 나타냈다($P < 0.01$). 또한 호밀 품종의 숙기 및 혼파량간 상호작용 효과도 고도의 유의성이 인정되었다($P < 0.01$). 권(1991)은 호밀시험에서 조단백질 수

량은 조생품종이 만생품종보다 유의적으로 높았다고 보고하여 본 시험과 같은 결과를 보였다.

이상의 결과를 종합할 때 호밀이나 연맥을 옥수수의 후작물로 재배시 단파보다는 혼파를 하는 것이 사초의 수량과 생육에 바람직하며, 단파에 비하여 혼파된 사초의 사료 가치가 향상되는 것을 알 수 있었다. 혼파시 호밀과 연맥의 혼파량은 ha당 호밀 80kg과 연맥 100kg이 적절하였고, 호밀 품종의 숙기는 주작물인 옥수수의 파종시기와 건물수량의 증수를 고려할 때 만생품종보다는 조생품종을 선택하는 것이 유리하다고 생각된다.

IV. 요 약

본 시험은 사초용 연맥(*Avena sativa* L.)과 호밀(*Secale cereale* L.)의 혼파시 호밀 품종의 숙기 및 혼파량이 사초의 생육특성, 수량 및 사료가치에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1999년 8월부터 2000년 4월까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속 실험목장 사초시험 포장에서 실시되었으며, 호밀 품종의 숙기가 다른 조생품종인 'Koolgrazer'와 만생품종인 'Kodiak'을 주구로 하고 혼파량(T1: 연맥 200kg/ha+호밀 0kg/ha, T2: 연맥 150kg/ha+호밀 40kg/ha, T3: 연맥 100kg/ha+호밀 80kg/ha, T4: 연맥 50kg/ha+호밀 120kg/ha 및 T5: 연맥 0kg/ha+호밀 160kg/ha)을 세구로 하는 분할구 시험법으로 3반복 설계 배치하였다. 연맥-호밀 혼파조합에서 가을 수확시 호밀 품종의 숙기는 사초의 조단백질 함량에 영향이 없었으나 호밀의 파종량이 증가함에 따라 조단백질 함량은 13.6%에서 19.3%로 높아졌다($P < 0.05$). 그러나 봄 수확시 만생품종이 15.1%로 10.1%인 조생품종에 비해 높았다($P < 0.01$). 사초의 ADF 함량은 가을 수확시는 호밀 품종의 영향이 없었으나 호밀의 파종량이 증가함에 따라 27.8%에서 20.7%로 감소했다($P < 0.01$). 봄 수확시 만생품종이 28.0%로

조생품종의 35.8%보다 낮았다($P < 0.01$). 또한 NDF 함량과 *in vitro* 건물소화율도 비슷한 경향을 보였다. 최고의 조사료 건물수량은 ha당 조생종 호밀 품종 80kg과 100kg의 연맥을 혼파한 처리구에서 12,356kg/ha의 건물수량을 나타내었다. 또한 호밀 품종의 숙기와 혼파량간의 유의적인 교호작용효과가 인정되었다($P < 0.01$). 본 시험의 결과를 종합할 때 옥수수의 후작으로 연맥이나 호밀의 재배시 단파보다는 혼파를 하는 것이 건물수량의 증수, 사료품질의 향상에 바람직하며, 혼파량은 ha당 호밀 80kg과 연맥 100kg이 적절하다. 또한 호밀 품종의 숙기는 만생품종보다 조생품종이 사초의 건물수량 증가와 조기수확의 이점이 있다고 생각된다.

V. 인 용 문 헌

1. A. O. A. C. 1990. Official method of analysis. (15th ed.) Washington, DC.
2. Briggie, L. W. 1959. Growing rye. U. S. D. A. Farmers Bull. No. 2145, 16pp.
3. Chapko, L. B., Brinkman, M. A. and Albrecht, K. A. 1991. Oat, oat-pea, barley, and barley-pea for forage yield, forage quality, and alfalfa establishment. J. Prod. Agric. 4:486-491.
4. Cherney, J. H., Marten, G. C. and Goodrich, R. D. 1983. Rate and extent of cell wall digestion of total forage and morphological components of oats and barley. Crop Sci. 23:213-216.
5. Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis(apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric. Handbook 379. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
6. Holland, C., Kezar, W., Kautz, W. P., Lazowski, E. J., Mahanna, W. C. and Reinhart, R. 1990. Pioneer forage manual : A Nutritional Guide. Pioneer Hi-bred International, Inc. : pp.1-55.
7. Kawas, J. R., Shaver, R. D., Wooford, J. A., Jorgensen, N. A. and Rohweder, D. A. 1983. Forage quality for dairy cattle. Proc. Minn. Nutr. Conf., 4th. pp. 67-77.
8. Milthorpe, F. L. 1961. "The nature and analysis of competition between plants of different species," in Mechanisms in Biological Competition. Symp. for the Soc. of Exp. Biology. 15:330-355.
9. Moore, C. E. 1974. Production and Handling of Forages. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Pub. 369.(20pp.)
10. Moore, J. E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forages. University of Florida, Department of Animal Science.
11. Rohweder, D. A., Barnes, R. H. and Neal Jorgensen. 1977. Marketing hay on the basis of analysis. pp.24-46. Proc. 10th Res.-Ind. Conf. Am. Forage Grassl. Council.
12. SAS. 1999. SAS User's Guide. SAS Institute, Gary, NC, USA.
13. Steponkus, P. L. 1978. Cold hardness and freezing injury of agronomic crops. Adv. Agron. 30: 51-98.
14. Stoskopf, N. C. 1981 Understanding Crop Production. Reston Publishing Company, Virginia. pp. 193-220.
15. Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18:104-111.
16. Undersander, D. 1996. Alternate Forage Crops. The Forager, Wisconsin Forage Council. Vol. 20. No. 2.
17. Van Soest, P. J. and Robertson, J. B. 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. Proc. of a workshop held in Ottawa, Canada.
18. Walker, M. E. and Morey, D. D. 1962. Influence of Rates of N, P and K on Forage and Grain Production of Gator Rye in South Georgia. Univ. of Ga. Expt. Sta. Cir. N.S. 27, 15pp.
19. Zavitz, C. A. 1927. Forty Years' Experiments With Grain Crops. Guelph, Canada Ontario Agric. Coll. Bull. No. 332.
20. 권응기, 김병완, 성경일, 김창주. 1996. 호밀과 유채의 혼파비율이 생육특성, 사초수량 및 영양소 수량에 미치는 영향. 한초지. 16(2):147-154.
21. 권찬호. 1991. 조·만생 사초용 호밀의 파종 및 수확시기가 생장, 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.

22. 김동암, 김원호. 1993. 추파사료작물이 사일리지 용 옥수수의 생장, 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 13(2):122-138.
 23. 김동암, 김종관, 권찬호, 김원호, 한건준, 김종립. 1993. 청예사료용 연맥품종의 수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 13(1):66-77.
 24. 김동암. 1983. 사료작물 - 그 특성과 재배방법. 선진문화사. 서울
 25. 이무영. 1988. 중북부지방에 있어서 작부체계가 사초의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
 26. 이성철. 1998. 가을철에 숙기가 다른 연맥과 유채 품종의 혼파가 사초의 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 18(4):355-360.
 27. 전병태, 이상무, 문상호. 1996. 사초용 호맥과 Red Clover의 혼작에 관한 연구. 한초지. 16(3): 199-207.
 28. 한건준, 김동암. 1996. 품종과 보존제의 처리가 춘계수확 연맥의 특성과 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 16(4):307-314.
- (접수일자 : 2002. 1. 22 / 채택일자 : 2002. 3. 28)