

Research Article

영남산간지역에서 호밀과 트리티케일의 파종 및 수확시기가 생산성과 사료가치에 미치는 영향

이혁준^{1,†}, 한옥규^{2,3,†}, 주영호¹, 이성신¹, Dimas Hand Vidya Paradhista¹, 구자환³, 민형규⁴, 오정식⁴, 김삼철^{1,*}
¹경상대학교 응용생명과학부(BK21Plus, 농업생명과학연구원), 진주, 52828, ²국립한국농수산대학 식량작물학과, 전주, 54874,
³국립식량과학원 중부작물부, 수원, 16429, ⁴산청군 농업기술센터, 산청, 52221

Effect of Sowing and Harvesting Dates on Forage Productions and Feed Values of Rye and Triticale in Youngnam Mountain Area

Hyuk-Jun Lee^{1,†}, Ouk-Kyu Han^{2,3,†}, Young-Ho Joo¹, Seong-Shin Lee¹, Dimas Hand Vidya Paradhista¹,
Ja-Hwan Ku³, Hyeong-Gyu Min⁴, Jung-Sik Oh⁴ and Sam-Churl Kim^{1,*}

¹Division of Applied Life Science (BK21Plus, Institute of Agricultural and Life Science),
Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

²Department of Crop Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju, 54874, Korea

³Central Area Crop Breeding Division, NICS, RDA, Suwon, 16429, Korea

⁴Sancheong Agricultural Technology Center, Sancheong, 52221, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of sowing and harvesting dates on agronomic characteristics and feed values of rye and triticale at Sanchoeng, South Korea. The experimental design consisted of the different sowing and harvesting dates as follows; rye (*Secale cereale* L., cv. Gogu) of sowing (October 15, 25, and November 5) in 2015 and harvesting (April 20, May 1 and May 11) in 2016, and triticale (*X Triticosecale*, cv. Joseong) of sowing (October 15, 25, and November 5) in 2015 and harvesting (May 18, 28, and June 7) in 2016. In rye, fresh and dry matter (DM) yields increased ($p<0.05$) with the delayed-harvesting date. Crude protein (CP) content and relative feed value (RFV) decreased ($p<0.05$) with the delayed-harvesting date, but neutral detergent fiber (NDF) content increased ($p<0.05$). In triticale, fresh and dry matter (DM) yields increased ($p<0.05$) with the delayed-harvesting date. The CP content decreased ($p<0.05$) with the delayed-harvesting date, but NDF content and RFV increased ($p<0.05$). This study concluded that rye sown in the middle of October then harvested in early May, and the triticale sown at the end of October then harvested at the end May are recommended to increase dry matter yield and feed value.

(Key words: Rye, Triticale, Forage yield, Harvesting date, Sowing date)

I. 서론

최근 전세계적으로 빈번히 발생하고 있는 이상 기상현상은 국내·외적으로 조사료의 안정적인 수급에 대한 불안을 야기하고 있다. 결국 이러한 상황이 지속되면 조사료 가격을 상승시키는 요인으로 작용하여 궁극적으로 국내 축산 농가의 생산비 부담을 가중시킬 것으로 예측되어 국내 조사료 자급을 위한 기반 마련이 반드시 필요하다.

우리나라에서 사료비는 한우 생산비의 50% 이상을 차지할 정도로 그 비중이 높다. 따라서 국가적으로도 국내 생산량이 적고 가격이 비싸 수입에 의존하고 있는 곡물사료를 제외한 조사료를 80% 이상을 자급하고 있을 뿐만 아니라 양질의 조사료를 생산하기 위한 노력도 지속적으로 진행되고 있다(Han et al., 2018a; Heo et al., 2005; Kang et al., 2009). 또한 과잉 생산되고 있는 쌀의 수급 조절을 위해 논 대체작물로 조사료를 생산하는 방안도 연구되고 있다(Kim et al., 2018).

[†]These authors contributed equally to this study

*Corresponding author: Sam Churl Kim, Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agri. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea. Tel: +82-55-772-1947, Fax: +82-55-772-1949, E-mail: kimsc@gnu.ac.kr

국내에서 겨울 유희 논에 재배가 가능한 대표적인 사료작물은 호밀, 귀리, 이탈리아인 라이그라스, 트리티케일, 청보리 등이 있다 (Lee, 2019). 호밀(*Secale cereale* L.)은 척박한 토양에서 잘 자라고, 내한성이 좋으며, 불량한 환경에서도 안정적으로 생산이 가능하여 국내 어느 지역에서도 재배가 용이하다(Han et al., 2012; Kwon and Kim, 1994; Ko et al., 2002). 또한 호밀은 늦가을까지 방목이나 예취가 가능하고 봄에 일찍 생초를 생산할 수 있는 사료작물로서 단위면적 당 생산성이 또한 우수하다(Briggle, 1959; Park et al., 1999). 국내에서 개발된 호밀 품종은 올호밀, 곡우호밀, 이그린, 올그린, 씨드그린 등 다수가 있다(Han et al., 2018b, Heo et al., 2009). 밀과 호밀의 교잡종인 트리티케일(*X Triticosecale*)은 밀과 호밀의 특성을 지니고 있다고 보고되었다(Esen and Celik, 1997; Hils et al., 2007). 국외에서는 주로 곡물사료로 이용하거나 바이오에탄올 추출용으로 재배되고 있지만(Mergoum et al., 2009), 국내에서는 주로 조사료 생산용으로 재배되고 있다(Han et al., 2012). 국내에서 개발된 조사료용 트리티케일 품종은 신기호밀, 신영, 조성, 신성, 세영 등이 있다(Han et al., 2016; Han et al., 2017; Han et al., 2019). 트리티케일은 농가에서 자가 채종이 가능한 작물로 불량한 생육 환경에서도 잘 자라고 식물체의 잎 비율이 높아 기호성이 우수하며, 동계 사료작물의 작형이 불안정할 때에도 안정적인 생산성을 보여 점차 수요가 증가하고 있다(Han et al., 2012; Han et al., 2016; Mergoum et al., 2009).

한편, 호밀이나 트리티케일과 같은 동계 사료작물은 파종시기에 따라 생육과 수량에 영향을 미치는데, Park et al. (1999)은 파종시기가 늦어질수록 생육에 부정적인 영향을 미친다고 보고하였으며, Kim et al. (2006)과 Lee and Lee (2006)는 생육시기가 진행될수록 수량은 증가하나 영양적 가치가 떨어져 품질이 저하된다고 보고하였다. 하지만 조사료용 호밀과 트리티케일의 파종 및 수확시기 연구는 주로 중북부지방에서 이루어졌고, 남부지방에서 이루어진 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 영남 산간지역에서 답리작 재배에 적합한 호밀과 트리티케일의 파종 및 수확시기를 결정하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재배방법

본 시험은 경남 산청군 오부면 소재(35°29'53.5"N, 127°53'21.9"E)에서 실시하였다. 호밀과 트리티케일의 품종은 국내육종 품종인 곡우와 조성을 각각 사용하였다. 호밀과 트리티케일의 파종은 2015년 10월 15일, 10월 25일 및 11월 5일에 파종을 실시하였다. 파종방법은 휴립광산파로 하였으며, 파종량은 호밀이 150 kg/ha, 트리티케일 200 kg/ha로 하였다. 시비량은 질소, 인산 및 칼리를 각각 ha 당 118, 74 및 39 kg씩 주었는데, 그 중 질소는 파종 당시 밑거름으로 50%, 이듬해 봄에 웃거름으로 50%를 나누어 주었다. 기타 재배방법은 농촌진흥청 표준재배법에 따라 수행하였다(RDA, 2003). 수확은 다음해에 농촌진흥청 농사시험연구소 기준(RDA, 2003)에 의해 실시하였는데 출수 후 목질화가 빠른 호밀은 출수기로부터 1주일을 기준으로 한 4월 20일, 5월 1일 및 5월 11일에, 트리티케일은 출수기로부터 30일을 기준으로 한 5월 18일, 5월 28일 및 6월 7일에 각각 실시하였다. 시험구 당 면적은 6 m × 2 m = 12 m² 이었으며, 시험구 배치는 파종시기를 주구, 수확시기를 세구로 한 2요인 난괴법 3반복으로 배치하였다.

시험포장 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 토양비옥도는 pH 5.7, 유기물 27.9 g/kg, 유효인산 166.7 mg/kg, 유효규산 185.7 mg/kg, 칼륨 0.3 cmol⁺/kg, 칼슘 5.3 cmol⁺/kg 및 마그네슘 1.2 cmol⁺/kg으로 기준범위를 벗어나지 않았다.

재배 시험기간인 2015년과 2016년 산청지역의 기온과 강수량은 Table 2와 같다. 시험기간의 평균기온은 최근 5년간 평균기온과 큰 차이를 보이지 않았으나, 시험기간 중 4월과 5월의 평균 강수량은 각각 39.0 mm와 40.3 mm로 다른 기간에 비해 약간 많았다.

2. 조사방법

초장은 농촌진흥청 농사시험연구소기준(RDA, 2003)에 준하여 측정하였다. 생초수량은 각 시험구 12 m²에서 가운데 6 m²을 예취하여 10a 당 수량으로 환산하였고, 생초 1 kg을 채취하여 65°C 순환식 열풍건조기에 72시간 이상 건조를 시킨 후 무게를 측정하여 건물물(dry matter, DM %)과 건물 수량을 계산하였다. 건조된 시료는 cutting mill(Shinmyung Electric, Korea)로

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

pH (1:5)	OM* (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Av. SiO ₂ (mg/kg)	Ex. cat. (cmol ⁺ /kg)		
				K	Ca	Mg
5.7	27.9	166.7	185.7	0.3	5.3	1.2

*OM = organic matter, Ex. cat. = exchangeable cation.

Table 2. Means of temperature and precipitation during the experimental period in Sancheong, South Korea

Year	Month	Mean temp. (°C)	Precipitation (mm)
2015	April	13.0	165.6
2016		14.2	233.7
2015~2016		13.6	199.7
2012~2016		13.0	160.7
2015	May	18.7	96.1
2016		19.1	161.2
2015~2016		18.9	128.7
2012~2016		17.6	107.8
2015	June	21.1	95.7
2016		22.0	73.1
2015~2016		21.6	84.4
2012~2016		21.3	71.0
2015	October	14.4	61.0
2016		15.5	190.9
2015~2016		15.0	126.0
2012~2016		15.6	104.9
2015	November	12.4	108.0
2016		8.2	17.5
2015~2016		10.3	62.8
2012~2016		9.3	74.7

분쇄하여 1 mm screen을 통과시킨 후 분석용 시료로 이용하였다. 조단백질(crude protein, CP) 함량은 AOAC(1990) 분석법에 준하여 Kjeldahl(B-324, 412, 435 and 719 Titrimo, BUCHI, Germany) 장치를 이용하였고, neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Van Soest et al.(1991)법에 준하여 Ankom²⁰⁰ fiber analyzer(Ankom Technology, USA)를 이용하여 분석하였다. 상대적 사료가치(relative feed value, RFV)는 ADF 함량으로 DDM(digestible dry matter)을 추정하였고(% DDM = 88.9 - (% ADF × 0.779)), NDF함량으로 DMI(dry matter intake)를 산출한 후(% DMI = 120 / NDF) 계산하였다(RFV = (DDM × DMI) / 1.29). 가소화양분총량(total digestible nutrients, % TDN) 함량은 88.9 - (0.79 × ADF %)의 계산식으로 산출하였다(Holland et al., 1990). CP 수량은 조단백질 함량에 건물수량을 곱하여 계산하였고, TDN 수량은 Holland et al.(1990)에 의한 공식으로 산출한 후 건물수량을 곱하여 계산하였다.

3. 통계처리

시험에서 얻어진 결과값은 GLM SAS program(v. 9.1 program, 2002)을 이용하여 통계분석을 실시하였다. 분석모델에는 파종시

기(sowing date effect), 수확시기(harvesting date effect) 및 각 요인의 상호효과(interaction effect)를 포함하여 분석하였다. 또한 Tukey test를 이용하여 시험구 간 유의성 검정을 실시하였다 ($p < 0.05$).

III. 결과 및 고찰

1. 호밀의 생육 특성

파종 및 수확시기가 호밀의 생육 특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 초장은 수확시기가 늦어질수록(4월 20일 < 5월 1일 < 5월 11일) 큰 것으로 나타났다($p < 0.001$, 147.5 vs. 153.0 vs. 158.0 cm). 파종시기와 수확시기의 관계로 보면 10월 25일에 파종하여 5월 11일 수확 시 가장 컸고, 11월 5일에 파종하여 4월 20일에 수확하였을 때가 가장 작았다($p < 0.05$). 조사료 수량에서는 파종시기에 크게 영향을 받지 않았으나($p > 0.05$) 수확시기가 늦어질수록(4월 20일 < 5월 1일 < 5월 11일) 생초수량($p = 0.006$, 3,647 vs. 3,981 vs. 4,036 kg/10a), 건물수량($p = 0.023$, 799 vs. 946 vs. 967 kg/10a) 및 TND 수량($p = 0.043$, 451 vs.

Table 3. Effects of sowing and harvesting date on agronomic characteristics of rye forage

Seeding date	Harvest date	Plant length (cm)	Forage yield (kg/10a)			
			Fresh	DM	CP	TDN
Oct. 15	Apr. 20	150 ^{bc}	3,838	803 ^c	70.7 ^b	460 ^c
	May 1	153 ^{ab}	3,963	883 ^b	62.9 ^c	481 ^d
	May 11	154 ^{ab}	3,967	928 ^{ab}	56.1 ^d	487 ^d
Oct. 25	Apr. 20	150 ^{bc}	3,651	803 ^c	69.9 ^b	448 ^f
	May 1	155 ^{ab}	4,077	995 ^a	75.4 ^{ab}	529 ^a
	May 11	160 ^a	4,147	1,010 ^a	77.7 ^a	535 ^a
Nov. 5	Apr. 20	143 ^c	3,451	792 ^c	66.5 ^d	446 ^f
	May 1	151 ^{abc}	3,903	946 ^{ab}	75.9 ^{ab}	505 ^c
	May 11	160 ^a	3,993	977 ^{ab}	73.2 ^b	522 ^b
	SEM	3.372	263.53	86.33	2.921	10.12
Contrast	SOW	0.330	0.175	0.459	0.145	0.111
	HAR	<0.001	0.006	0.023	0.546	0.043
	SOW×HAR	0.062	0.651	0.084	0.121	0.253

^{a-f}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, TDN = total digestible nutrients.

SOW = sowing date, HAR = harvesting date, SOW×HAR = sowing date×harvesting date.

505 vs. 515 kg/10a)이 많았다. 파종시기와 수확시기와의 관계를 고려할 때 건물수량과 TDN 수량은 10월 25일 파종, 5월 11일 수확에서 가장 많았으며($p < 0.05$), 11월 5일 파종, 4월 20일 수확 시 가장 적었다($p < 0.05$). Schädlich (1987)에 의하면 가을철에 호밀의 파종시기가 늦어질수록 초장이 작아진다고 보고하였고, Nam et al. (2019)도 파종시기가 늦어짐에 따라 초장이 짧아지는 경향을 보였는데, 본 시험에서는 유의성이 없어 선행연구와 다소 차이가 있었다. 한편 건물수량은 수확시기가 늦어질수록 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 Kwon and Kim (1994), Lee et al. (2004) 및 Song et al. (2009)이 수확시기가 늦어짐에 따라 호밀의 건물수량이 유의적으로 증가한다고 보고한 결과와 유사하였다. 따라서 본 시험에서는 호밀을 10월 중순에 파종하여 5월 초에 수확하는 것이 생산성 증대에 유리할 것으로 판단되었다.

2. 호밀의 사료가치

파종 및 수확시기가 호밀의 사료가치에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 조단백질 함량은 파종시기가 늦어질수록 (10월 15일 < 10월 25일 < 11월 5일) 증가하는 반면($p = 0.042$, 7.47 vs. 7.79 vs. 7.97%), 수확시기가 늦어질수록(4월 20일 > 5월 1일 > 5월 11일) 감소하였다($p = 0.020$, 8.63 vs. 7.72 vs. 6.88%). 또한 수확시기가 늦어질수록(4월 20일 < 5월 1일 < 5월 11일) 건물물($p = 0.020$, 22.5 vs. 23.9 vs. 24.7%), NDF($p < 0.001$, 67.1 vs.

70.4 vs. 72.2%) 및 ADF($p < 0.001$, 41.0 vs. 44.6 vs. 45.5%) 함량은 증가한 반면 TDN($p < 0.001$, 56.4 vs. 53.7 vs. 53.0%) 함량은 감소하였다. 한편, 조단백질 함량은 10월 15일에 파종하여 5월 11일에 수확하였을 때 가장 높았던 반면 10월 25일에 파종하여 4월 20일에 수확하였을 때 가장 낮았다($p < 0.05$, 8.70 vs. 6.05%). NDF와 ADF 함량은 10월 15일에 파종하여 5월 1일에 수확한 구에서 가장 높게 나타난 반면 11월 5일에 파종하여 4월 20일에 수확하였을 때 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 건물물, NDF와 ADF 함량, RFV 및 TDN 함량은 파종시기 및 수확시기 간에 상호작용이 있었다(SOW × HAR interaction, $p < 0.05$). Kim et al.(2006)와 Lee et al.(2004)은 수확시기가 늦어질수록 건물 함량이 증가하고 조단백질 및 TDN 함량이 감소한다고 보고하였고, Heo et al. (2005)에서도 수확시기가 늦어질수록 조단백질 함량은 감소하는 반면, 건물, NDF 및 ADF 함량이 증가한다고 하여 본 시험과 유사한 결과를 나타내었다. 생육이 진행되면서 조단백질 함량은 점차적으로 감소하는데, Kim et al. (1992)와 Kwon et al. (2008)에 의하면 이는 전체 건물중에 대한 줄기의 비중이 높아져서 상대적으로 조단백질 함량이 감소하는 것이라고 보고하였다. Kim et al. (2006)과 Song et al. (2012)에 의하면 만기수확한 호밀이 조기수확 보다 NDF와 ADF 함량이 증가하는 이유는 수확이 늦을수록 줄기 건물중의 비율이 증가하여 상대적으로 섬유소 함량이 증가하였기 때문이라고 하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 한편, 본 시험에서는 상대사료가치인 RFV는 수확시기가 늦어질

Table 4. Effects of sowing and harvesting date on chemical compositions of rye forage

Seeding date	Harvest date	DM (%)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)	DDM (%)	RFV	TDN (%)
Oct. 15	Apr. 20	22.8 ^{ab}	8.81 ^a	68.3 ^{bcd}	42.3 ^b	55.9 ^b	76.3 ^b	55.5 ^b
	May 1	23.5 ^{ab}	7.55 ^{ab}	70.1 ^{abc}	43.6 ^{ab}	54.9 ^{bc}	73.0 ^c	54.5 ^{bc}
	May 11	24.8 ^a	6.05 ^b	72.4 ^a	46.1 ^a	53.6 ^c	68.1 ^d	52.5 ^c
Oct. 25	Apr. 20	22.0 ^b	8.70 ^a	67.6 ^{cd}	41.9 ^b	56.3 ^b	77.5 ^b	55.8 ^b
	May 1	24.0 ^{ab}	7.58 ^{ab}	70.0 ^{abc}	45.2 ^a	53.7 ^c	71.4 ^c	53.2 ^c
	May 11	24.8 ^a	7.10 ^{ab}	72.0 ^{ab}	45.5 ^a	53.5 ^c	69.1 ^{cd}	53.0 ^c
Nov. 5	Apr. 20	22.9 ^{ab}	8.39 ^a	65.3 ^d	39.0 ^c	58.6 ^a	83.4 ^a	58.1 ^a
	May 1	24.2 ^{ab}	8.02 ^{ab}	71.2 ^{abc}	45.0 ^a	53.9 ^c	70.3 ^{cd}	53.4 ^c
	May 11	24.5 ^a	7.49 ^{ab}	72.1 ^a	45.0 ^a	53.8 ^c	69.5 ^{cd}	53.4 ^c
	SEM	1.259	0.570	1.139	0.668	0.270	2.291	0.527
Contrast	SOW	0.632	0.042	0.812	0.171	0.171	0.562	0.171
	HAR	0.020	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	SOW×HAR	0.019	0.079	0.024	0.002	0.003	0.003	0.003

^{a-d}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber.

Dry digestible matter (DDM) = $88.9-0.779 \times \text{ADF}$, Dry matter intake(DMI) = $120/\text{NDF}$, Relative feed value(RFV) = $(\text{DDM} \times \text{DMI})/1.29$, Total digestible nutrients(TDN) = $88.9-(0.79 \times \text{ADF})$.

SOW = sowing date, HAR = harvesting date, SOW×HAR = sowing date×harvesting date.

수확 감소하였는데($p<0.001$, 79.1 vs. 71.6 vs. 68.9), 이는 숙기가 진행됨에 따라 조단백질 함량이 감소하고 NDF와 ADF 함량이 증가하여 상대적으로 사료가치가 낮아지고 있음을 뒷받침하고 있는 것이다(Kim and Kim, 1994; Kwon et al., 2008).

3. 트리티케일의 생육 특성

파종 및 수확시기가 트리티케일의 생육 특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 초장은 파종시기가 빠를수록(10월 15일 > 10월 25일 > 11월 5일) 크게 나타난 반면($p=0.001$, 141.2 vs. 136.7 vs. 135.0 cm), 수확시기는 늦을수록(5월 18일 < 5월 28일 < 6월 7일) 작게 나타났다($p=0.006$, 135.7 vs. 136.8 vs. 140.7 cm). 특히 10월 15일에 파종하여 6월 7일에 수확하였을 때 가장 크게 나타난 반면, 11월 5일에 파종하여 5월 18일에 수확하였을 때 가장 작게 나타났다($p<0.05$). 조사료 생산성에서는 파종시기가 빠를수록 생초수량($p=0.003$, 4,968 vs. 4,595 vs. 4,353 kg/10a), 건물수량($p=0.030$, 1,824 vs. 1,708 vs. 1,520 kg/10a), CP 수량($p=0.012$, 89.4 vs. 72.6 vs. 64.2 kg/10a) 및 TDN 수량($p=0.035$, 1121 vs. 1031 vs. 970 kg/10a)이 많은 반면, 수확시기가 늦어질수록 생초수량($p=0.008$, 4,048 vs. 4,844 vs. 5,024 kg/10a), 건물수량($p=0.042$, 1,644 vs. 1,708 vs. 1,715 kg/10a) 및 TDN 수량($p=0.033$, 958 vs. 1037 vs. 1128 kg/10a)이 많은 것으로 나타났다. 특히 건물수량과 TDN 수량은 10월 15일에 파종하여 6월

7일에 수확하였을 때 가장 많은 반면 11월 5일에 파종하여 5월 18일에 수확하였을 때 가장 적었다($p<0.05$). 본 시험에서 파종시기가 늦어질수록 초장, 생초수량 및 건물수량이 작거나 감소하였는데, 이는 파종시기가 늦어질수록 이듬해 생육도 늦어져 여름에 가까운 고온에서 빠르게 성장하여 줄기가 가늘기 때문인 것으로 사료되었다(Ju et al., 2010). Yun and Ataku (1998)의 연구에서도 파종시기가 빠를수록 건물수량이 높게 나타난다고 하여 본 시험과 유사한 결과를 나타내었다. 한편 수확시기가 늦어질수록 초장과 건물수량이 증가하였는데, Brignall et al. (1988)과 Song et al. (2009)에서도 수확시기가 늦어질수록 트리티케일의 건물수량이 증가한다고 보고하여 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Song et al. (2012)에 의하면 눈에 재배한 사료용 맥류는 예취시기가 늦어질수록 초장이 커지고, 건물수량이 증가하였는데, 이는 이삭의 등숙과 함께 건물중이 증가하면서 건물수량이 증가한 것이라고 고찰하였다. 따라서 본 시험지역에서는 트리티케일을 10월 말에 파종하여 5월 말에 수확하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

4. 트리티케일의 사료가치

파종 및 수확시기가 트리티케일의 사료가치에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 파종시기에 따른 사료가치는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나($p>0.05$), 수확시기가 늦어질수록(5월 18일 < 5월 28일 < 6월 7일) 건물물($p<0.001$, 32.7 vs.

Table 5. Effects of sowing and harvesting date on agronomic characteristics and yield of triticale forage

Seeding date	Harvest date	Plant length (cm)	Forage yield (kg/10a)			
			Fresh	DM	CP	TDN
Oct. 15	May 18	139 ^{ab}	4,749	1,659 ^{ab}	89.6 ^a	1,005
	May 28	140 ^{ab}	4,983	1,784 ^{ab}	89.0 ^a	1,086
	June 7	144 ^a	5,173	2,029 ^a	89.5 ^a	1,272
Oct. 25	May 18	134 ^b	3,845	1,640 ^{ab}	86.4 ^b	974
	May 28	137 ^{ab}	4,827	1,707 ^{ab}	70.7 ^c	1,050
	June 7	139 ^{ab}	5,112	1,709 ^{ab}	60.9 ^e	1,070
Nov. 5	May 18	133 ^b	3,549	1,475 ^b	67.2 ^d	895
	May 28	134 ^b	4,723	1,565 ^{ab}	66.2 ^d	973
	June 7	139 ^{ab}	4,787	1,633 ^{ab}	59.3 ^e	1,040
	SEM	2.950	619.16	192.88	2.555	27.12
Contrast	SOW	0.001	0.003	0.030	0.012	0.024
	HAR	0.006	0.008	0.042	0.035	0.033
	SOW×HAR	0.678	0.644	0.225	0.222	0.125

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, TDN = total digestible nutrients.

SOW = sowing date, HAR = harvesting date, SOW×HAR = sowing date×harvesting date.

Table 6. Effects of seeding and harvesting date on chemical compositions of triticale forage

Seeding date	Harvest date	DM (%)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)	DDM (%)	RFV	TDN (%)
Oct. 15	May 18	32.1 ^b	5.40 ^a	61.7 ^{ab}	35.8 ^{ab}	61.0 ^{cd}	92.0 ^{ef}	60.6 ^{cd}
	May 28	36.0 ^b	4.99 ^{abc}	60.5 ^{ab}	35.5 ^b	61.3 ^c	94.3 ^{de}	60.9 ^c
	June 7	43.0 ^a	4.41 ^{cd}	56.3 ^c	33.2 ^{cd}	63.1 ^{ab}	104.2 ^{ab}	62.7 ^{ab}
Oct. 25	May 18	33.4 ^b	5.27 ^{ab}	63.7 ^a	37.4 ^a	59.8 ^d	87.3 ^f	59.4 ^d
	May 28	35.3 ^b	4.14 ^{de}	58.7 ^{cde}	34.7 ^{bc}	61.8 ^{bc}	98.1 ^{bcde}	61.5 ^{bc}
	June 7	42.6 ^a	3.56 ^c	56.5 ^c	33.2 ^{cd}	63.0 ^{ab}	103.8 ^{ab}	62.6 ^{ab}
Nov. 5	May 18	32.7 ^b	4.56 ^{bcd}	60.8 ^{bc}	35.7 ^b	61.1 ^c	93.5 ^d	60.7 ^c
	May 28	34.8 ^b	4.23 ^{cde}	58.0 ^{de}	33.8 ^c	62.6 ^b	100.4 ^{bc}	62.2 ^b
	June 7	41.5 ^a	3.63 ^c	55.4 ^c	31.9 ^d	64.0 ^a	107.6 ^a	63.7 ^a
	SEM	1.419	0.198	0.788	0.296	0.179	3.208	0.185
Contrast	SOW	0.260	0.123	0.109	0.122	0.001	0.001	0.001
	HAR	<0.001	0.020	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	SOW×HAR	0.651	0.867	0.098	0.114	0.043	0.023	0.043

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

DM = dry matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber.

Dry digestible matter (DDM) = $88.9 - 0.779 \times \text{ADF}$, Dry matter intake (DMI) = $120 / \text{NDF}$, Relative feed value (RFV) = $(\text{DDM} \times \text{DMI}) / 1.29$, Total digestible nutrients (TDN) = $88.9 - (0.79 \times \text{ADF})$.

SOW = sowing date, HAR = harvesting date, SOW×HAR = sowing date×harvesting date.

35.4 vs. 42.4%), DDM($p<0.001$, 60.6 vs. 61.9 vs. 63.4%), RFV ($p<0.001$, 90.9 vs. 97.6 vs. 105.2%) 및 TDN($p<0.001$, 60.2 vs. 61.5 vs. 63.0%) 함량은 증가하는 반면, CP($p=0.020$, 5.08 vs. 4.45 vs. 3.87%), NDF($p<0.001$, 62.1 vs. 59.1 vs. 56.1%) 및 ADF ($p=0.001$, 36.3 vs. 34.7 vs. 32.8%) 함량은 감소하였다. 특히 11월 5일에 파종하여 6월 7일에 수확하였을 때 DDM 함량, RFV 및 TDN 함량은 가장 높게 나타난 반면 10월 25일에 파종하여 5월 18일에 수확하였을 때 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). DDM 함량, RFV 및 TDN 함량은 파종시기 및 수확시기 간에 상호작용이 있었다(SOW × HAR interaction, $p<0.05$). 본 시험에서는 수확시기가 늦어질수록 건물률이 증가하였는데, 이는 생육시기가 늘어날수록 고온으로 인한 목질화 또는 노화로 식물체 내 수분 감소하였기 때문으로 판단되었다(Kang et al., 2009). 수확시기가 늦어질수록 NDF와 ADF 함량이 감소하였는데, 이는 출수 후 생육이 진행될수록 종실이 발달함에 따라 전체 식물체에 대한 종실 비율의 증가와 종실의 전분축적이 NDF와 ADF 함량을 감소하는 것으로 판단되었다(Song et al., 2009; Song et al., 2012). 또한 수확시기가 늦어질수록 TDN 함량과 RFV가 증가하였는데, 이는 종실 비율이 증가하고 이로 인해 전체 식물체 비율에 대한 전분 함량이 증가하고 상대적으로 NDF와 ADF 같은 섬유소 함량이 감소하여 상대적으로 TDN 함량이 증가한 것으로 판단되었다(Song et al., 2012). 한편 Hwang et al. (1985)에 의하면 생육이 진행됨에 따라 조단백질 함량이 감소한다고 보고하였고, Song et al. (2009)에서도 유사한 결과를 나타내었는데, 이는 전체 건물중에 대한 줄기의 비중이 높고 줄기의 조단백질 함량이 수확이 늦어질수록 감소하기 때문이라고 판단되었다.

IV. 요약

본 연구는 영남산간지역에서 호밀과 트리티케일에 적합한 파종 및 수확시기를 확립하고자 2015년부터 2016년까지 수행하였다. 호밀과 트리티케일의 품종은 국내에서 육성된 곡우와 조성을 각각 사용하였다. 호밀과 트리티케일 파종은 10월 15일, 10월 25일 및 11월 5일에 파종하였고, 호밀은 다음해인 4월 20일, 5월 1일 및 5월 11일에, 트리티케일은 5월 18일, 5월 28일 및 6월 7일에 수확하였다. 호밀은 생산성 측면에서 볼 때 수확시기가 늦을수록 초장, 생초수량 및 건물수량이 증가하였다. 사료가치 측면에서는 수확시기가 늦을수록 건물률, NDF 및 ADF 함량이 증가한 반면, 조단백질과 TDN 함량 및 RFV가 감소하였다.

트리티케일의 생산성 측면에서는 파종시기가 빠를수록 초장, 생초수량 및 건물수량은 증가하였으나 수확시기가 빠를수록 초장, 생초수량 및 건물수량은 감소하였다. 사료가치 측면에서는 수

확시기가 늦을수록 건물률, DDM 함량, RFV와 더불어 TDN 함량이 증가한 반면, 조단백질, NDF 및 ADF 함량이 감소하였다.

이상의 결과에서 영남산간지역에서 동계사료작물로 호밀과 트리티케일을 재배할 경우 호밀은 10월 중순까지 파종하여 5월 초에 수확하고, 트리티케일은 10월 말에 파종하여 5월 말에 수확하는 것이 조사료 생산성과 사료가치 향상면에 유리할 것으로 판단되었다.

V. 사사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01131405)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Briggle, L.W. 1959. Growing rye. USDA. Farmers' Bull. No. 2146.
- Brignall, D.M., Ward, M.R. and Whittington, W.J. 1988. Yield and quality of triticale cultivars at progressive stages of maturity. Journal of Agriculture Science. 111:75-84.
- Esen, A. and Celik, N. 1997. Effect of cutting stage on yield and quality of triticale (*X Triticosecale* Witt) cultivars. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 17:89-92.
- Han, O.K., Ku, J.H., Min, H.G., Lee, H.J., Joo, Y.H., Lee, S.S., Oh, J.S., Jung, K.H. and Kim, S.C. 2018. Effect of sowing and harvest time on forage yield and feed value of spring and fall oats at Youngnam mountain area. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 38:126-134.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Cho, S.K., Choi, I.B., Kim, K.J., Oh, Y.J., Park, K.H., Kim, D.W., Ku, J.H., Kweon, S.J. and Ahn, J.W. 2017. 'Saeyoung', a winter forage triticale cultivar of high-yielding and tolerance to cold. Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science. 37:125-131.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Oh, Y.J., Ahn, J.W. and Ku, J.H. 2019. 'Choyoung' triticale cultivar for forage of early-heading, resistance to lodging and high seed production. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 39:68-74.
- Han, O.K., Park, H.H., Park, T.I., Oh, Y.J., Song, T.H., Kim, D.W., Chae, H.S., Hong, K.H., Bae, J.S., Kim, K.S., Yun, G.S., Lee, S.T., Ku, J.H., Kweon, S.J., Ahn, J.W. and Kim, B.J. 2016. A new early-heading, high-yielding triticale cultivar for forage, 'Shinseong'. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 36:142-149.

- Han, O.K., Park, T.I., Park, H.H., Song, T.H., Ju, J.I., Jeung, J.H., Kang, S.J., Kim, D.H., Choi, H.J., Park, N.G., Kim, K.J., Hwang, J.J., Baek, S.B. and Kwon, Y.U. 2012. 'Joseong', a new early-heading forage triticale cultivar for paddy field of double cropping. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32:193-202.
- Han, O.K., Song, J.H., Ku, J.H., Kim, D.W., Kwon, Y.U., Lee, Y.Y., Park, C.H., Kweon, S.J. and Ahn, J.W. 2018. Development of optimal seed production methods using domestic rye cultivar in Central and North area of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 38:44-52.
- Heo, H.Y., Park, H.H., Hwang, J.J., Kim, H.S., Han, O.K., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, D.W., Kim, S.Y., Kim, S.J. and Park, K.H. 2009. A new early-heading and high forage yielding rye variety "Egreen". *Korean Journal of Breeding Science*. 41:620-624.
- Heo, J.M., Lee, S.M., Lee, I.D., Lee, B.D. and Bae, H.C. 2005. Effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. *Journal of Animal Science and Technology*. 47:877-890.
- Hills, M.J., Hall, L.M., Messenger, D.F., Graf, R.J., Beres, B.L. and Eudes, F. 2007. Evaluation of crossability between triticale(*X Triticosecale* Wittmack) and common wheat, durum wheat and rye. *Environmental Biosafety Research*. 6:249-257.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. The pioneer forage manual-A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des Moines, Iowa, USA.
- Hwang, J.J., Seong, B.R., Youn, K.B., Ahn, W.S., Lee, J.H., Chung, K.Y. and Kim, Y.S. 1985. Forage and TDN yield of sereal winter crops at different clipping data. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:301-309.
- Ju, J.I., Lee, D.H., Seong, Y.G., Han, O.K., Song, T.H., Lee, K.W. and Kim, C.H. 2010. Comparisons of growth, yield and feed quality at spring sowing among five winter cereals for whole-crop silage use. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:205-216.
- Kang, D.S., Kim, D.H., Shin, H.Y., Son, G.M., Rho, C.W. and Kim, J.G. 2009. Studies on cropping system for year-round cultivation of forage crops in Gyeongnam province. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:137-152.
- Kim, D.A., Kwon, C.H. and Han, K.J. 1992. Effect of harvesting dates on forage yield and quality of winter rye. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 12:173-177.
- Kim, J.D. and Kim, J.A. 1994. Effect of seeding date and fall harvest method on the growth characteristics, forage yield and quality of winter rye. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 14:238-246.
- Kim, J.G., Liu, C., Zhao, G., Kim, H.J., Kim, M.J., Kim, C.M. and Ahn, E.K. 2018. Study on the forage cropping system linked to whole crop rice and winter crop in South region. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 38:202-209.
- Kim, S.G., Kim, J.D., Kwon, C.H., Ha, J.K. and Kim, D.A. 2006. Forage yield and quality in rye cultivars with different harvesting dates. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 26:97-104.
- Ko, H.J., Park, H.S., Kim, S.G. and Kim, D.A. 2002. Yield and quality of forage mixture as affected by maturity of rye cultivar and oat-rye seeding rate. *Journal of Animal Science and Technology*. 44:239-250.
- Kwon, C.H. and Kim, D.A. 1994. Studies on the seeding and harvesting dates of early and late maturing varieties of forage rye. II. Yield and nutritive value influenced by seeding and harvesting dates. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 12:246-252.
- Kwon, Y.U., Baek, S.B., Heo, H.Y., Park, H.H., Kim, J.G., Lee, J.E., Lee, C.H. and Shin, J.C. 2008. Changes in forage quality of plant parts with harvesting time in five winter cereal crops. *Journal of Crop Science*. 53:144-149.
- Lee, B.S., Kim, J.D., Kwon, C.H. and Chung, K.W. 2004. Effect of variety and harvest date on the forage production and quality in winter rye. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 46:227-234.
- Lee, H.S. and Lee, I.D. 2006. A comparative study of dry matter yield and nutritive value of autumn sown forage crops in Daejeon area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 26:249-256.
- Lee, S.M. 2019. A comparison on dry matter yield and feed value of winter forage crops cultivated after rice harvest in the Central inland region. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 39:31-38.
- Mergoum, M., Singh, P.K., Pena, R.J., Lozano-del Rio, A.J., Cooper, K.V., Salmon, D.F. and Gomez Macpherson, H. 2009. Triticale : A "New" crop with old challenges. *Handbook of plant breeding, Cereals*. Carena, M.J.(ed.), Springer, ND, USA. pp. 267-269.
- Nam C.H., Kim, K.S., Park, M.H., Yun, A.A., Park, J.H., Han, O.K., Kim, W.H. and Sun, S.S. 2019. Growth characteristics and productivity of spring sowing time and mixed sowing of winter annual forage crops. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 39:207-215.
- Park H.S., Kim, D.A. and Kim, J.D. 1999. Seeding rate and planting date effects on forage performance and quality of winter rye. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 19:105-114.
- RDA. 2003. Agricultural research based on the test. Korea Rural

Development Administration.

- SAS. 2002. User's guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schadlich, F. 1987. Effect of sowing time and sowing rate on stand development, stem stability and yield of winter rye. *Field Crop Abstracts*. 40:396.
- Song, T.H., Han, O.K., Yun, S.G., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, K.H. and Park, K.H. 2009. Changes in quantity and quality of winter cereal crops for forage at different growing stages. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:129-136.
- Song, T.H., Park, T.I., Han, O.K., Kim, K.J. and Park, K.H. 2012. Feed value and fermentative quality of haylage of winter cereal crops for forage at different growing stages. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32:419-428.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Yun, S.G. and Ataku, K. 1988. Effect of planting dates and nitrogen fertilization rates on the forage yield and feeding value of introduced triticale. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 18:113-122.

(Received : March 6, 2020 | Revised : March 13, 2020 | Accepted : March 13, 2020)