

청우밀의 수확시기가 생산성 및 조사료 가치에 미치는 영향

오서영^{*}, 서종호¹, 최지수¹, 김태희¹, 오성환²

¹국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과, ²농촌진흥청 연구정책국 연구정책과
(2023년 06월 22일 접수; 2023년 07월 29일 수정; 2023년 08월 04일 수락)

Effects of Harvesting Time on Yield and Forage Value of a Winter Wheat Cultivar ‘Cheongwoo’

Seo Young Oh^{1*}, Jong Ho Seo¹, Jisu Choi¹, Tae Hee Kim¹, Seong Hwan Oh²

¹Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science,
National Institute of Crop Science, Miryang 50424, Republic of Korea

²Department of Research Policy, Research Policy Bureau, Rural Development Administration,
Jeonju 54875, Republic of Korea

(Received June 22, 2023; Revised July 29, 2023; Accepted August 04, 2023)

ABSTRACT

In order to raise the self-sufficiency rate of domestic forage and obtain informations necessary for production of high-quality winter forage, forage yield and feeding value were analyzed in the above-ground parts of a winter wheat ‘Cheongwoo’ harvested at five different growth stages, and the appropriate harvest time was determined. The yield increased until 30 days after heading, and then decreased afterwards. The proportion of spike in the above-ground part was less than 40% until 30 days after heading, but increased to more than 60% afterward. At 30 days after heading, the protein content and relative feed value (RFV) also reached peaks, while acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were low. The mineral nutrient contents are within the standard range required for feeding ruminant livestock or do not exceed the maximum allowable level. Therefore, the best time to harvest above-ground parts of a winter wheat ‘Cheongwoo’ for use as a forage for feeding ruminant livestock is around 30 days after heading, when considering forage yield and feed values. As a result it would match well in time with the transplantation of rice seedlings or the sowing of rice-alternative field crops in the double cropping system.

Key words: Feeding value, Forage yield, Paddy field, Winter forage, Winter wheat cultivar ‘Cheongwoo’



* Corresponding Author : Seo Young Oh
(osoonja@korea.kr)

I. 서 론

조사료는 반추가축의 주 영양소 공급원으로 반추위의 발달과 기능을 좋게 하기 위해서는 반드시 일정량 이상의 조사료를 급여해야 하고 양질의 조사료 위주의 가축사양이 필요하다. 젖소의 경우 급여하는 사료 중에 조사료의 함량이 적으면 위의 pH가 낮아짐과 동시에 초산의 생성이 감소되고 상대적으로 프로피온산 생성이 증가되어 우유생산량과 유지방 함량의 감소로 이어지게 된다(RDA, 2022). 국내 조사료 자급률은 꾸준히 증가하여 2021년 기준 82.7% 수준이지만, 대다수의 농가가 사료가치가 낮은 볏짚을 조사료로 이용하고 있다(MAFRA, 2017; RDA, 2022). 또한 매해 18% 이상을 수입에 의존하고 있는 현실에서 이상 기상에 의한 생산량 감소나 해상 운임 상승 등으로 인해 가격이 폭등하고 있어 국내 축산농가의 경영을 악화시키는 요인으로 작용하고 있다. 정부는 2011년부터 양질의 조사료 증산 정책을 수립하여 조사료 재배면적 확대, 생산성 향상 및 유통의 합리화를 추진하고 있다. 이에 지역별 여건에 알맞은 양질의 조사료를 대량 재배하여 축산농가에 공급된다면 농가소득을 증대시키면서 자급률 향상에 기여하고 축산경영 개선에도 도움이 된다.

한편 사료작물의 종류에 따라 사료가치와 가축의 기호성에 차이가 있다(Oh et al., 2023). 이탈리아인 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.; IRG)는 국내에 많이 재배되고 있고 사료가치와 가축의 기호성이 우수하지만(Park et al., 2020), 다른 동계 맥류에 비하여 내한성이 낮고 도복율이 높은 편이다. 남부지역 논에서 수확된 동계 사료작물 중에 밀(*Triticum aestivum* L.)과 청보리(*Hordeum vulgare* L.)는 이탈리아인 라이그라스 보다 건물 수량이 많고 사료가치도 높은 것으로 알려졌지만(Oh et al., 2023), 아직까지는 재배면적이 많지 않다.

밀은 총생산량 측면에서 전 세계적으로 가장 많이 재배되고 있는 작물이며, 주로 곡물 수확량에 중점을 두어 연구되고 있지만 사료용 목적으로 이용되기도 한다(Oh et al., 2022; Oh et al., 2023). 국내에서 사료용 맥류의 재배는 작부체계상 겨울철에 주로 이루어지고 있으며 수확시기는 뒷그루인 벼의 적기 파종에 영향을 미치지 않도록 조절하여야 한다. 그리고, 조사료의 이용효율을 높이기 위해서는 생산성을 높이고 더불어 양질의 조사료를 수확해야 하므로 적절한 품종을 선발하

고 적정 수확시기를 확립하는 연구가 필요하다. 본 연구진이 동계 맥류를 대상으로 조사료 생산량과 사료가치를 분석한 결과, 청우밀이 건조 수량이 많고 조단백질 함량이 높을 뿐 아니라 가소화양분총량(TDN)과 상대적 사료가치(RFV)도 우수하여, 양질의 조사료로 이용 가능성을 제시한 바 있다(Oh et al., 2023). 더군다나 무기질 함량도 소와 어린 암소가 필요로 하는 적정 범위에 있었다. 그러나, 이들 조단백질 및 무기성분 함량 등의 품질 변수들은 품종의 내재적 요인 이외에도 토양 조성, 재배환경, 계절적 요인, 작물의 성숙단계와 같은 외적인 요인에 의해서도 달라지므로 이에 대해서도 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구는 국내 조사료 자급률을 높이고 양질의 동계 조사료를 생산하기 위하여 청우밀을 대상으로 출수기 후 생육 단계별 생산성 및 사료가치를 분석하여 적정 수확시기를 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 식물재료 및 재배조건

경상남도 밀양의 국립식량과학원 남부작물부 논 시험포장을 이용하여 벼를 수확한 이후에 비료를 살포하여 경운하고 동절기에 청우밀(*Triticum aestivum* L. cv. Cheongwoo)을 재배하였다. 종자는 2021년 10월 25일에 16 kg/10a을 휴립광산과 하였으며, 출수 후 10일부터 50일까지 10일 간격으로 이삭을 포함한 지상부를 수확하였다. 비료는 N-P₂O₅-K₂O를 9.4-8.3-4.1 kg/10a로 시비하였으며, 이중 인산과 칼리는 전량 기비로 처리하였고, 질소는 기비로 40%, 월동 후 추비로 60% 처리하였다. 기타 재배관리는 남부작물부 밀 표준재배법에 준하여 실시하였다.

2.2. 기상환경 및 토양의 이화학적 특성 분석

대기 기상은 연구기간(2021년 10월~2022년 5월) 동안 시험지 인근의 밀양기상대(N35°49'147" E128°74'412", 8 m above sea level)에서 측정된 대기온도, 상대습도, 강우량, 풍속 등을 대상으로 하였다. 실험 현장의 토양은 미사질양토로 전작 작물인 벼를 수확한 후에 4반복으로 채취하여, 토양 산도와 전기전도도를 측정하고, 토양 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) 함량 등의 이화학적 특성을 분석하였다(NIAST, 2000).

2.3. 생육 특성 및 수확량 조사

청우밀의 생육 특성은 농촌진흥청 밀 연구조사 분석 기준(RDA, 2012)을 토대로 조사하였다. 즉, 출수기는 전체 경수 중에 40%가 출수한 날을 기준으로 하였고, 수확시기는 출수 후 10일부터 50일까지 10일 간격으로 하였다. 수확량은 1 m × 1 m의 방형틀을 4반복으로 하여 조사하였다. 즉, 생초수량은 방형틀 내의 지상부를 예취하여 무게를 측정하였고, 건물수량은 60°C 순환식 건조기에 90시간 이상 건조하여 측정하였으며, 10a당 수량으로 제시하였다. 건물물은 생초수량과 건물수량을 이용하여 산출하였고, 지상부 건물수량 중 이삭이 차지하는 비율도 산출하였다.

2.4. 식물체 내 무기성분 함량의 분석

청우밀 지상부의 무기성분 함량은 수확한 지상부를 70°C 순환식 건조기에 90시간 이상 건조한 후 소형파쇄기(HR2860, Philips, China)로 균일하게 분쇄하고, 1 mm 체를 통과한 분말을 4°C 냉장실에 보관하여 시료로 사용하였으며, 농촌진흥청 농업과학기술원 표준 분석법에 준하여 분석하였다(NIAST, 2000). 다량원소(K, Ca, Mg, Na)와 미량원소(Fe, Mn, Zn, Cu)는 분해용액(HNO₃:H₂SO₄:HClO₄=10:1:4)을 첨가하여 전처리 및 여과 과정을 거친 후 유도결합플라즈마 분광광도계(Inductively Coupled Plasma Spectrophotometry-Mass, ICP-Integra XL, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Victoria, Australia)를 이용하여 분석하였으며, 건물중 1g당 함량으로 제시하였다.

2.5. 식물체 내 유기성분 함량의 분석

청우밀 지상부의 사료가치는 앞의 무기성분 분석 시 분쇄하여 4°C 냉장실에 보관하고 있는 시료를 이용하여 조단백질, 조회분 등의 사료 품질을 분석하는데 사용하였다. 조단백질 함량은 시료를 질소/단백질 분석기(Kjeltec 8400, Foss, Hillerod, Denmark)를 이용하여 측정하였으며, 조회분 함량은 700°C 직접회화법을 이용하여 측정하였다(AOAC, 1988). 산성세제불용섬유소(ADF; acid detergent fiber)와 중성세제불용섬유소(NDF; neutral detergent fiber)는 ANKOM²⁰⁰⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, NY, USA)를 이용하여 측정하였으며 Goering and Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다.

2.6. 사료가치 분석

사료가치를 나타내는 측도인 가소화양분총량(TDN; total digestible nutrients)과 상대적 사료가치(RFV, relative feed value)는 앞서 분석된 ADF값을 이용하여 산출하였다. TDN은 88.9-(0.79×ADF)의 계산식을 이용하여 산출하였고(Holland *et al.*, 1990), RFV는 DDM (digestible dry matter, DDM=88.9-(ADF×0.779))과 DMI (dry matter intake, DMI=120/NDF)를 토대로 (DDM×DMI)/1.29의 계산식을 이용하여 산출하였다(Rohweder *et al.*, 1978).

2.7. 통계분석

모든 통계분석은 SPSS 통계 패키지 18.0 (SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 수행하였으며, 수확시기에 따른 차이를 알아보기 위하여 일원 분산분석을 실시하였으며, Duncan의 다중검정($p < 0.05$)으로 평균치 간의 차이에 대한 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 재배지역의 환경요인

청우밀의 재배기간(2021년 10월 25일~2022년 5월 31일) 동안 논 포장 인근의 대기온도와 상대습도, 강수량, 풍속, 일조시간 등의 변화를 살펴보았다(Table 1). 일평균 기온은 8.8°C(최저기온 평균 2.2°C, 최고기온 평균 16.2°C)이고, 일평균 상대습도는 53.3%, 누적 강수량은 174.0 mm, 평균풍속은 1.2 m/sec, 누적 일조시간은 1,626.1 hr이었다. 밀을 포함한 대다수 맥류의 재배 한계선은 1월 평균기온이 -8°C, 최저기온 평균도 -14°C 이내이다(RDA, 2022). 본 연구지역인 밀양은 1월 평균기온이 1.0°C이고 최저기온 평균도 -5.0°C로 높아서 밀 재배에 큰 문제는 없을 것으로 보인다. 다만, 재배기간 동안 강수량이 낮아 가뭄에 의한 피해로 출수가 늦어지거나 수확량이 낮아질 수 있다. 또한, 평균 풍속이 2.0 m/sec 이상일 때가 1월부터 5월까지 21일로 빈번하게 발생하여 도복에 의한 피해가 우려되었으나, 본 연구에서는 도복 피해는 발생하지 않았다. 도복은 작물의 생산량에 크게 영향을 미치는 요소이며, 강한 바람이나 세차게 내리는 비 등에 의해 발생할 수 있다. 본 연구진은 동일 기간 동안 남부작물부 내 인접한 곳에서 재배된 이탈리아 라이그라스가 재배면적의 50% 이상 도복되는데 반하여, 밀은 도복이 되지 않음

Table 1. Changes of weather factors in the paddy field during the winter wheat growing season (October 2021- May 2022)

Month	Air temperature (°C)		Average humidity (%)	Cumulative precipitation (mm)	Average wind speed (m/sec)	Cumulative sunshine duration (hr)
	Average	Mean minimum				
October	16.5	23.4	72.3	61.2	0.8	217.3
November	8.8	17.0	67.3	49.4	0.9	195.1
December	2.8	10.0	58.2	3.0	1.2	202.8
January	1.0	8.4	45.7	0.0	0.9	189.0
February	2.1	8.9	37.4	0.0	1.5	232.8
March	9.6	16.5	57.4	58.7	1.2	201.5
April	15.2	22.6	54.7	59.6	1.3	240.0
May	20.0	27.8	47.9	3.3	1.3	296.8
Culture period of wheat (25 Oct. 2021~30 May 2022)	8.8	16.2	53.3	174.0	1.2	1,626.1

을 확인하였다(Oh *et al.*, 2023). 밀은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 풍속이 3.4 m/sec에서 줄기 기부가 휘어지며 (Liang and Guo, 2008), 본 재배기간 동안에는 풍속이 3.0 m/sec 이상을 나타내는 기간이 없었다.

토양산도는 6.33으로 약한 산성을 나타냈고 전기전도도는 0.46 dS·m⁻¹로 밀 재배를 위한 적정 기준보다 낮았다. 토양 유기물과 K⁺ 함량은 각각 21.2 g·kg⁻¹, 0.5 cmol·kg⁻¹로 밀 재배 적정기준 범위 내에 있었으며, 유효인산(Av. P₂O₅)과 Mg²⁺ 함량은 각각 48.2 mg·kg⁻¹, 1.85 cmol·kg⁻¹로 적정범위보다 낮고 Ca²⁺ 함량은 7.57 cmol·kg⁻¹로 적정 범위를 다소 초과하였다 (Table 2). 그러나, 실험 현장의 토양 조건은 대체적으로 밀 재배를 위한 토양의 적정기준(NAAS, 2022)을 크게 벗어나지는 않았다. 하지만, 유효인산 함량이 적정 범위보다 매우 낮아 적절한 시비가 필요한 것으로 보이며, 이는 밀 파종 전에 기비로 전량 공급되는 인산 시비로 가능하다.

3.2. 생육 특성 및 생산량

청우밀의 출수 후 수확시기별 지상부의 생산량 변화를 살펴보았다(Fig. 1). 지상부의 생초수량은 출수 후 30일에 5,888 kg/10a로 가장 많았으며 이후에는 점차 감소하였다(Fig. 1A). 건물수량 역시 출수 후 30일까지 증가하고 이후에 감소하였다(Fig. 1B). 수분함량은 출수 후 30일까지는 60% 이상으로 높았으나, 이후에는 점차 감소하여 출수 후 50일에 25.2%까지 낮아졌다 (Fig. 1C). 그리고 지상부의 이삭 건물수량은 출수 후 40일까지 점차 증가하고 이후에는 일정하게 유지되었으며, 잎과 줄기는 30일까지 증가하나 그 이후에는 크게 감소하였다(Fig. 1D). 따라서 너무 이른 시기나 늦은 시기에 수확하면 생초수량과 건물수량이 낮아 생산성이 낮아지게 되므로, 출수 후 30일 전후에 수확하는 것이 조사료 생산성 측면에서 바람직할 것으로 보인다. 그리고, 출수 후 30일까지는 이삭 비율이 40% 이하로 낮고 잎과 줄기가 차지하는 비율이 60% 이상이어서 가축 기호성을 고려하였을 때에도 출수 후 30일 전후가 가장 이상적인 수확시기로 보인다. 밀이 성숙단계에 접어들수록 이삭 비율이 높아지면서 깔꺾고 거친 까락이 많아지게 되면 가축들이 선호도가 떨어지게 된다. 거친 줄기나 까락이 포함된 보리를 사용하여 사육된 소의 혀에서 염증과 같은 병변이 발생하는 경우도 있다 (Karren *et al.*, 1994). 더군다나 수확시기가 그보다 늦어지게 되면 수분함량이 급격하게 감소하여 종실이 딱

Table 2. Chemical conditions of soil in paddy field in southern Korea

Soil condition	pH (1:5)	EC ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	OM ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	T-N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Av. P_2O_5 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Exchangeable cations ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)			
						K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Paddy field before culture	6.33 ^z	0.46	21.2	1.99	48.2	0.50	7.57	1.85	0.16
Optimum soil conditions for wheat cultivation ^y	6.5-7.0	<2.0	20-30	-	150-250	0.45-0.55	6.0-7.0	2.0-2.5	-

^zValues are expressed as means of six replicates.

^yChemical characteristics of soils in the wheat field were cited from National Academy of Agricultural Science (2022).

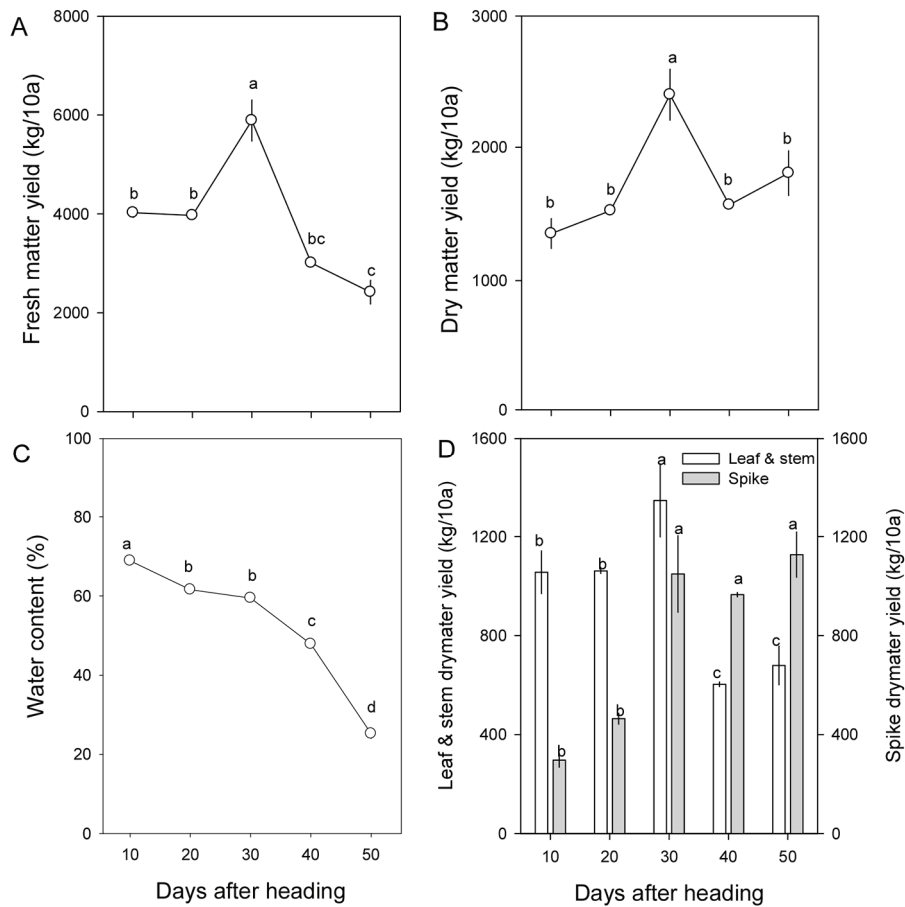


Fig. 1. The change of fresh matter yield (A), dry matter yield (B), water content (C), and dry matter yields of leaf & stem, and spike (D) in shoots of *T. aestivum* L. cv. Cheongwoo. Values are expressed as means \pm standard error of four replicates. Different letters within each column indicate significant differences among different pre-cropped soils by ANOVA and Duncan's multiple test ($p<0.05$).

딱해지게 되어 가축 기호도가 더 낮아지게 된다. 귀리의 사일리지 제조 시 수분 함량이 약 55~65%에서 수확하였을 때 사료가치가 우수한 것으로 보고된 바 있어 (Song *et al.*, 2010), 출수 후 30일의 청우밀은 풋베기

(청예사료)용으로 뿐만이 아니라 곤포 사일리지 제조에도 유리할 것으로 보인다. 또한 이삭 내 종실은 등숙이 되면 종실 외피와 종실 자체가 딱딱해지기 때문에 가축이 소화하기 어려워진다. 이에 반해 잎 비율

이 높으면 단백질 함량이 높고 부드러운 가축이 선호하게 되는 바(Kwon *et al.*, 2008), 조사료 생산 시 각 부위별 비율이 수확시기를 결정하는 중요한 기준으로 작용할 것으로 보인다.

3.3. 수확시기 별 무기질 함량

청우밀 지상부의 무기질 함량은 출수 후에 대략 25.7~42.3 mg·g⁻¹ DW 내에 있으며, 반추가축에 적절하게 제공할 수 있는 농도이다. 무기질 함량 중에 다량원소는 출수 후 수확시기와 무관하게 K > Ca > Mg > Na 순으로 나타났으며, 미량원소도 수확시기와 무관하게 Fe > Mn > Zn > Cu 순으로 낮았다(Table 3). K와 Ca는 출수 후 10일에 각각 34.3 mg·g⁻¹과 3.9 mg·g⁻¹으로 가장 높았으며, 수확시기가 늦어질수록 점차 감소하였다. Mg와 Na는 출수 후 20일에 가장 낮았고 그 전후에는 그보다 높았다. 다량원소 중에 K는 모든 수확시기에서 소가 필요로 하는 적정 범위보다 3배 많고, Ca과 Mg는 적정 범위 내에 있었으며, Na 함량은 적정량보다 다소 낮았다(NRC, 2001). 미량원소 중에 Fe과 Mn은 출수 후 30일에 감소하였다가 다시 증가하였으며, Cu는 반대로 출수 후 30일에 증가하였다가 이후에는 감소하였다. 그리고 Zn는 출수 후 30일까지 증가하고 그 이후에는 변화가 없었다. 동계 사료작물 중에 밀 품종들의 Mn, Zn, Cu 함량은 귀리나 이탈리아 라이그라스에 비하여 낮았으나, 반추동물의 필요로 하는 양보다는 높은 것으로 보고된 바 있다(Oh *et al.*, 2023; Greene, 2000). 모든 수확시기에서 Fe 함량은 적정기준보다 5배 이상으로 높은 상태에 있었다. 반면, Mn 함량이 출수 후 30일 전이나 후에는 최대 허용 수준을 초과하지는 않았다(NRC, 2001). 무기질이 생체 내에서 역할은

다량 및 미량 무기원소들의 종류에 따라 다양하지만 주요 기능은 pH 완충작용과 생리적 기능 조절이라 할 수 있다(Sathiyavani *et al.*, 2017). 적절한 양의 무기질은 질병에 대한 면역 수준을 높이고 생식 건강을 위해 다양한 대사 과정에 활용되는 소, 양, 염소 등의 반추동물에게 필수적이다. 청우밀은 출수 후 30일에 모든 무기질 성분들이 반추가축이 필요로 하는 적정기준 범위에 있거나 다소 높은 상태에 있으면서도 최대 허용수준을 초과하지 않고 있어서 의미가 있다고 볼 수 있다. 전반적인 무기질 함량은 회분 함량으로 그 과다를 유추해 볼 수 있는데, Fig. 2B에서 살펴본 바와 같이 출수 후 30일 이후에는 회분 함량의 변화가 없어 무기질 함량과 유사함을 확인할 수 있다.

3.4. 수확시기 별 유기 성분 함량

조단백질, 조회분, 산성세제불용섬유소(ADF)와 중성세제불용섬유소(NDF) 함량의 변화를 조사하였다(Fig. 2). 조단백질 함량은 출수 후 30일까지 높은 함량을 보여 평균 7.6%로 가장 높았으며, 그 이후로 유의하게 감소하여 출수 후 50일에는 5% 이하로 낮았다(Fig. 2A). 조회분은 출수 후 30일까지 점차 감소하였고 이후에는 큰 변화 없이 일정하게 유지되었다(Fig. 2B). 그리고 ADF는 출수 후 30일까지 감소하였고 그 이후에는 거의 변화가 없었으며(Fig. 2C), NDF는 출수 후 20일까지 크게 감소하였고, 그 이후에는 변화가 없었다(Fig. 2D). 조사료의 단백질 함량은 사료가치를 높이는 요인이다. 사료의 단백질은 우유 생산에 직접적인 영향을 미치는 가장 중요한 영양 품질 속성이며, 작물의 성장 단계에 따라서 달라질 수 있다. 사료용 맥류는 이삭이 나온 후부터 일수가 경과함에 따라 단백질 함량이 감

Table 3. Change of nutrient content in shoots of *T. aestivum* L. cv. Cheongwoo grown in paddy fields of southern Korea

Days after heading (days, DAH)	Macro-nutrients (mg·g ⁻¹ DW)				Micro-nutrients (µg·g ⁻¹ DW)				Total nutrients (mg·g ⁻¹ DW)
	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	
10	34.3 ^a	3.9a	2.3a	0.19b	475.5b	71.9a	31.9b	5.6ab	42.3a
20	27.9b	3.7ab	2.0b	0.15d	668.5a	60.4b	26.3c	5.3ab	34.5b
30	24.0bc	3.0b	2.4a	0.16cd	267.4c	42.6c	38.4a	6.4a	29.9bc
40	19.6d	3.0b	2.3a	0.18bc	405.8b	79.8a	38.3a	5.4ab	25.7c
50	22.1cd	3.3ab	2.3a	0.22a	381.0bc	79.8a	38.5a	5.0b	28.4bc

^aValues are expressed as means±standard error of four replicates.

^bDifferent letters within each column indicate significant differences among different pre-cropped soils by ANOVA and Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

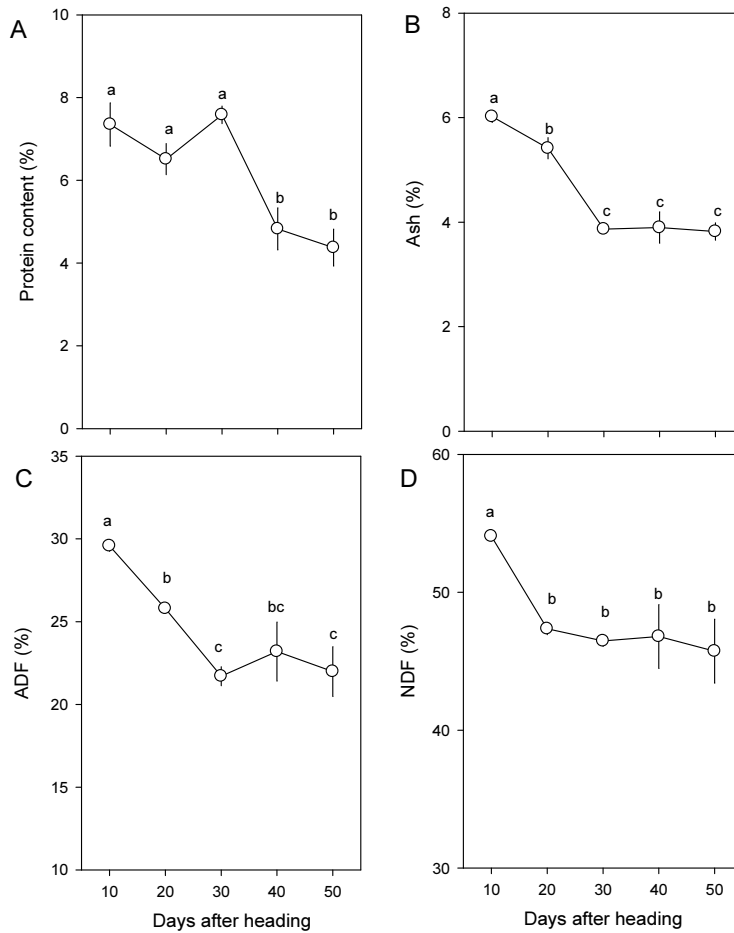


Fig. 2. The change of crude protein content (A), ash content (B), acid detergent fiber (ADF, C), and neutral detergent fiber (NDF, D) in shoots of *T. aestivum* L. cv. Cheongwoo. Values are expressed as means±standard error of four replicates. Different letters within each column indicate significant differences among different pre-cropped soils by ANOVA and Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

소하게 되는데, 이는 단백질 함량이 높은 잎 비율은 일수가 경과함에 따라 점차 감소하는데 반해, 단백질 함량이 낮은 줄기나 곡물의 비율이 증가한데서 기인한다고 볼 수 있다(Kwon *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2020). ADF와 NDF는 부정적인 요인으로 0에 가까울수록 소화율과 섭취율 개선에 유리하다(Kwon *et al.*, 2008). ADF와 NDF가 출수 후 시간 경과에 따라 감소하는 것은 출수 후 이삭 비율의 증가와 종실이 점차적으로 성숙되면서 전분이 축적된 결과인 것으로 보인다. 청우밀의 수확시기는 단백질 함량이 최고점에 이르고 ADF와 NDF 또한 최저점을 보이는 출수 후 30일 전후가 조사료로 활용하기 위한 수확적기로 판단된다.

3.5. 수확시기 별 사료가치

사료가치를 평가하는 변수인 가소화양분총량(TDN)과 상대적 사료가치(RFV)는 출수 후 30일까지 증가한 후 그 이후에는 변화가 없었다(Fig. 3). TDN은 가축이 소화하여 이용할 수 있는 양분의 에너지 함량으로 출수 후 30일에 70% 이상으로 가장 높다. 그리고 RFV는 151 이상이면 특등급, 125~150 범위이면 1등급 조사료인 것으로 보고 있는데(RDA NICS, 2012), 본 연구에서 청우밀은 출수 후 20일 이후에는 130 이상으로 건초품질 1등급에 해당하며, 출수 후 30일에는 140을 초과한다. 청우밀은 출수 후 이삭이 성숙하면서 조사료의 단백질과 회분 함량이 감소하지만, 조사료 중 이삭이 차지하는 비율이 점차 증가하고 TDN과 RFV도 높

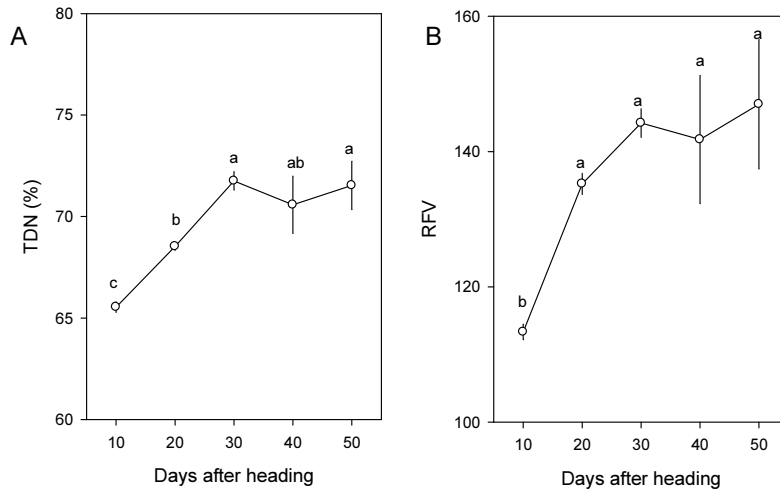


Fig. 3. The change of feeding values (TDN and RFV) in shoots of *T. aestivum* L. cv. Cheongwoo. Values are expressed as means±standard error of four replicates. Different letters within each column indicate significant differences among different pre-cropped soils by ANOVA and Duncan's multiple test ($p < 0.05$).

아졌다. 이러한 결과는 청보리에서 수확시기가 늦어질수록 식물체가 점차 목질화되면서 단백질 함량이 낮아지지만, 종실이 점차 성숙되면서 사료가치가 높아진다는 보고와 유사하다(Song *et al.*, 2011). 그리고 2모작 작부체계 시 후작인 벼의 이앙이나 발작물의 파종을 고려하였을 때에도 출수 후 30일 전후에 수확하는 것이 시기적으로 적절한 것으로 판단된다.

조사료는 생산량뿐만 아니라 성분이나 가축의 기호성 등에 의해서 그 가치가 달라지게 되는데, 사료작물을 재배하여 생산하는 궁극적인 목적은 반추가축에게 급여하기 위함이다. 수확량, 양분 수준과 사료가치 등은 작물의 생육 단계에 따라 서로 달라지므로 사료작물의 수확시기는 가축의 생산성에 중요한 영향을 미친다고 할 수 있다. 청우밀은 지상부의 생초 수량과 건초 수량이 출수 후 30일에 가장 많아 출수 후 30일 전후에 수확하는 것이 조사료 생산성 측면에서 바람직하며, 풋베기(청예사료)용으로 뿐만이 아니라 곤포 사일리지 제조에도 유리할 것으로 나타났다. 그리고, 출수 후 30일까지는 이삭 비율이 낮고 잎과 줄기가 차지하는 비율이 높아 가축 기호성을 고려하였을 때에도 출수 후 30일 전후가 가장 이상적인 수확시기로 보인다. 더군다나 출수 후 30일에는 단백질 함량이 최고점에 이르고 소화율과 섭취율 개선에 불리한 요소인 ADF와 NDF는 최저점을 보여 조사료 원료로 활용하기 위한 수확시기로 나타났다. 그리고, 가축이 소화하여 이용할 수 있는

양분의 에너지 함량을 나타내는 TDN은 70% 이상으로 높고, 상대적 사료가치인 RFV는 출수 후 30일에 140을 초과하여 건초품질 1등급에 해당하였다. 또한 이 시기에 무기질 성분들도 반추가축이 필요로 하는 적정기준 범위에 있거나 다소 높은 상태에 있으면서도 최대 허용수준을 초과하지 않고 있다. 또한 농가에서 사료작물을 수확한 이후에 후작물로 벼나 기타 소득 작물을 재배하는 2모작 작부체계를 수행함에 있어서도 출수 후 30일에 청우밀을 수확하면 후작인 벼의 이앙이나 발작물 파종에도 유리할 것이다. 이상의 결과를 토대로 청우밀은 수확량이 많고 사료가치가 높아 양질의 동계 사료작물로 이용할 수 있으며, 토지이용 여건 등을 종합적으로 고려하였을 때 최적 수확시기는 출수 후 30일 내외로 판단된다. 최근 기후변화에 의해 맥류에 붉은곰팡이병이 빈번하게 발생하거나 잦은 강우 등으로 인해 수발아가 발생하고 있는 바, 조사료의 안정적인 생산을 위해서는 좀 더 우수한 특성을 가지는 품종을 육성하거나 최적 재배법 개발에 중점을 두어야 할 것으로 보인다.

적 요

국내 조사료 자급률을 높이고 양질의 동계 조사료를 생산하기 위하여 청우밀을 대상으로 출수기 후 생육 단계별로 조사료 생산성과 사료가치 등을 분석하여 적정

수확시기를 살펴보았다. 청우밀의 생육단계별 지상부 생산량은 출수 후 30일까지 증가하고 그 이후에는 감소하였다. 지상부에서 이삭이 차지하는 비율은 출수 후 30일까지는 40% 이하로 낮았지만 그 이후에는 60% 이상으로 증가하였다. 그리고 출수 후 30일에 청우밀 지상부의 단백질 함량과 상대적 사료가치(RFV)가 최고점에 달하는 반면 산성세제불용섬유소(ADF)와 중성세제불용섬유소(NDF)는 낮았다. 또한 청우밀 지상부의 무기질 성분들이 반추가축이 필요로 하는 적정기준 범위 내에 있거나 최대 허용 수준을 초과하지 않았다. 따라서 반추가축의 조사료로 활용하기 위한 청우밀의 수확시기는 조사료 생산성, 사료가치 등을 고려하였을 때 출수 후 30일 전후가 적절한 것으로 판단된다. 그리고 출수 후 30일에 조사료를 수확하면 시기적으로 2모작 작부체계 시 후작인 벼의 이앙이나 밭작물 파종에도 유리할 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다사업(과제명: 논이용 사료작물 생산 최적 작부체계 개발, 과제번호: PJ0143 81032022)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1998: *Official Methods of Analysis*. 16th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA. 620-632.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest, 1970: Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). USDA, Washington.
- Greene, L. W., 2000: Designing mineral supplementation of forage programs for beef cattle. *Journal of Animal Science* **77**(1), 1-9.
- Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart, 1990: The pioneer forage manual. A nutrition guide. Pioneer Hi-Bred International. Inc. Des moines, IA, 1-55.
- Karren, D. B., L. A. Goonewardene, and J. A. Bradley, 1994: The effect of feed type on mouth lesions in slaughter cattle. *Canadian Journal of Animal Science* **74**(3), 571-573.
- Kwon, Y. U., S. B. Baek, H. Y. Heo, H. H. Park, J. G. Kim, J. E. Lee, C. K. Lee, and J. C. Shin, 2008: Changes in forage quality of plant parts with harvesting time in five winter cereal crops. *Korean Journal of Crop Science* **53**(2), 144-149 (in Korean with English abstract).
- Lee, J., B. I. Ku, K. B. Shim, M. N. Shin, and W. T. Jeon, 2020: Feed value of whole-crop silage rice by cultivars and plant parts at different transplanting and harvest dates. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science* **40**(3), 138-148.
- Liang, L., and Y. Guo, 2008: Finite element analysis of single wheat mechanical response to wind and rain loads. In International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture, Boston, MA, Springer, US, 841-846.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2017: Major statistical indicators of agricultural and livestock products 2017.
- National Academy of Agricultural Science (NAAS), 2022: Fertilization standard on crops (5th revision). NAAS. Suwon, Korea pp.466 (in Korean).
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAS), 2000: Analytical methods of soil and plant. NIAS, Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
- National Research Council (NRC), 2001: Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council, 7th Rev. Edn. National Academy Press, NAS-NRC, Washington, DC, USA. 408pp.
- Oh, S. Y., J. H. Seo, J. Choi, and S. H. Oh, 2022: Effects of pre-cropping with rice (*Oryza sativa* L.) alternative crops on grain yield and flour quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L. 'Jokyoung') on the paddy fields. *Korean Journal of Plant Resources* **35**(5), 686-695 (in Korean with English abstract).
- Oh, S. Y., J. H. Seo, J. Choi, T. H. Kim, and S. H. Oh, 2023: Growth, productivity and forage values of winter cereal crops at paddy field in the southern region of Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **25**(2), 61-70 (in Korean with English abstract).
- Park, N. G., J. H. Woo, S. M. Shin, H. S. Park, and W. U. Hwang, 2020: Palatability and yield of winter annual frage crops under horse grazing system in Jeju. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science* **40**(2), 106-110 (in Korean with English abstract).
- RDA National Institute of Crop Science (RDA NICS), 2012: The design of optimal management model of sectional self-supply forage for competitiveness of Korean beef cattle. (in Korean).
- Rohweder, D., R. Barnes, and N. Jorgensen, 1978: Proposed hay grading standards based on laboratory

- analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science* **47**, 747-759.
- Rural Development Administration (RDA), 2022: Forage crops. Agricultural Technical Guide Textbook-91. Goodnalc Publishing Co., Seoul, Korea, 342pp. (in Korean).
- Sathiyavani, E., N. K. Prabakaran, and K. K. Surendar, 2017: Role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **6**, 2810-2837.
- Song, T. H., O. K. Han, S. K. Yun, T. I. Park, and K. J. Kim, 2011: Effect of harvest time on yield and feed value of whole crop barleys with different awn types. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* **31**(4), 361-370 (in Korean with English abstract).
- Song, T. H., O. K. Han, S. K. Yun, T. I. Park, K. H. Kim, and K. J. Kim, 2010: Effect of pre-wilting time on the change of moisture content and its silage quality at different harvest stages of whole crop oat. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* **30**(2), 135-142 (in Korean with English abstract).