



장수형 조숙 사일리지용 밀(*Triticum aestivum* L.) ‘조우’ Whole-crop Wheat Cultivar ‘Jou’ with Long Spikes and Early Maturity

손재한¹ · 김경민² · 최창현¹ · 최명구¹ · 최준석¹ · 이명희³ · 강천식^{1*}

Jae-Han Son¹, Kyeong-Min Kim², Changhyun Choi¹, Myoung-Goo Choi¹, Jun-Seuk Choi¹, Myoung-Hui Lee³, and Chon-Sik Kang^{1*}

¹농촌진흥청 국립식량과학원 맥류작물과
Winter Crop Research Division,
National Institute of Crop and Food
Science, RDA, Republic of Korea

²농촌진흥청 국립식량과학원 기획조정과
Planning and Coordination Division,
National Institute of Crop and Food
Science, RDA, Republic of Korea

³농촌진흥청 국립식량과학원 밭작물개발과
Upland Crop Breeding Division,
National Institute of Crop and Food
Science, RDA, Republic of Korea

*Corresponding to

Chon-Sik Kang

TEL. +82-63-238-5380

E-mail. kcs1209@korea.kr

Abstract ‘Jou’ is a new wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar developed by the Rural Development Administration for whole-crop forage with early maturity in 2023. To develop an early maturing forage wheat cultivar suitable for double cropping systems in Korea, an artificial cross was made in 2010 using ‘Taejoong,’ a tall cultivar with high biomass production, as the female parent and ‘Keumkang,’ an early maturing cultivar with superior agronomic traits, as the male parent. After bulk cultivation in Iksan, the pedigree was selected in Iksan and Wanju, and the early maturing tall line, IW2010145-B-B-44-1-5-2-5-1, was selected in 2018. ‘Jou’ exhibited favorable agronomic characteristics, including tolerance to lodging and fusarium head blight and high yield of whole-crop dry matter. The heading and harvest dates of ‘Jou’ were April 17 and May 17, respectively, which were similar to those of ‘Cheongwoo.’ ‘Jou’ had lower spike number per m² (752), and higher 1,000-grain weight (48.1 g) than those of ‘Cheongwoo’ (1,025, and 44.5 g, respectively). In the regional yield trial, the average whole-crop dry matter yield in paddy fields was 14.6 MT ha⁻¹. Although the harvest time of ‘Jou’ is slightly later than that of ‘Cheongwoo,’ it is a tall-type wheat cultivar with relatively early heading among tall cultivars, making it suitable for forage wheat cultivation (Registration No. 10756).

Key words cultivar, Jou, silage, wheat

서언

밀(*Triticum aestivum* L.)은 세계 주요 식량작물로서 연간 1인당 소비량이 38.4 kg으로 쌀 다음으로 소비량이 많은 작물이다. 그러나 국내 밀 자급률은 1.3% 수준에 불과하여 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다(MAFRA 2025). 한편 국내 조사료 생산을 위해 옥수수, 트리티케일, 이탈리안라이그라스 등 다양한 작물이 재배되고 있으며, 맥류의 경우 사료용 청보리 품종이 육성되어 수입 조사료에 비해 낮은 가격과 우수한 사료가치로 경쟁력을 나타내고 있다(Kim & Seo 2006, Kim et al. 2007a, Seo et al. 2007).

최근에는 쌀 과잉 생산 문제를 해소하고 조사료 자급률을 향상시키기 위해 논에서 벼 대신 다른 작물을 재배하도록 유도하는 정부 정책이 추진되고 있다(MAFRA 2017). 그러나 논에서 타 작물을 재배할 경우 가장 큰 어려움은 포장의 배수 관리이다. 논의 배수 불량은 작물의 습해를 초래하여 수량 안정성뿐만 아니라 품질에도 큰 영향을 미칠 수 있다(Kim & Lee 1994, Kim et al. 2006).

사료용 맥류의 생산성 평가는 엽면적지수(leaf area index)와 경엽비율(leaf stem ratio)과 같은 생장지표를 활용하여 맥종별 생산성을 분석하고, 식물체 부위별 건물수량과 사료가치 변화를 조사함으로써 수확시기, 생산성 및 사료가치를

Received: July 5, 2026. Revised: August 3, 2026. Accepted: August 6, 2026.

Copyright © 2026 by the Korean Society of Breeding Science

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

종합적으로 평가해 왔다(Gunn et al. 1999, Martens et al. 2001, Yun et al. 2009). 2002년 이후 ‘영양’, ‘우호’, ‘유연’ 등 청보리 품종이 개발되었으나, 보리는 중북부 지역에서 한해 피해로 인해 재배에 어려움이 있는 것으로 보고되었다(Choi et al. 2007, Kim et al. 2007b, Kim et al. 2007c, Park et al. 2008, Park et al. 2009).

반면 밀은 보리에 비해 내한성이 우수하여 1월 최저 평균기온이 -10°C 이상인 지역에서도 재배가 가능하므로 청보리에 비해 중북부 지역에서 재배 적응성이 높다. 조사료용 밀 품종으로는 2009년에 개발된 ‘청우’와 2018년에 개발된 ‘태우’(2018년)가 있다. ‘청우’는 일반 밀과 유사한 특성을 보이며 ‘태우’는 일반밀보다 이삭이 긴 형태로 수량성이 향상된 품종이다(Kim et al. 2019). 그러나 장수형 밀은 이삭이 길어 일반밀에 비해 완전히 출수하는 시간이 다소 늦어지기 때문에 수확기도 같이 늦어지는 단점이 있다. 따라서 수량성이 높으면서 수확기가 빠른 품종의 개발이 요구되어 왔다.

이에 농촌진흥청에 국립식량과학원은 장수형이면서 조숙 특성을 가진 사일리지용 품종으로 ‘조우’를 개발하였다. 표준품종인 ‘청우’보다 수확기가 약 2일 늦지만 장수형과 조숙성을 동시에 갖고 있어 일반 재배뿐만 아니라 이모작 재배에도 유리하다. 이에 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 수량성이 높고 장수형이며 조숙 특성을 가진 사일리지용 밀 품종 ‘조우’를 육성하였으며, 본 연구에서는 이 품종의 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

농업 형질 조사

본 연구는 2021년부터 2023년까지 3년 동안 지역적응시험을 수행하였으며, 논조건 시험지는 전북 전주, 전남 강진, 경남 진주, 경북 대구 4개소와 밭 조건 시험지는 충북 청주 1개소였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 하였고, 파종방법은 논조건과 밭조건에 따라 달리하였다. 논조건은 휴림광산파로 하였고, 파종 조건은 10 a당 16 kg ($1.5\text{ m} \times 6\text{ m}$) 수준이었다. 밭조건은 세조파로 하였고, 파종 조건은 10 a당 14 kg (재식거리 $25\text{ cm} \times 6\text{ m}$)로 하였다. 파종기는 전주, 강진, 진주는 10월 하순, 청주, 대구는 10월 중순으로 하였다. 시비량은 일반밀보다 30% 증비하여 10 a당 11.83 kg (N), 7.4 kg (P_2O_5), 3.9 kg (K_2O) 수준으로 사용하였으며, N은 파종기와 생육재생기에 각각 4 : 6 비율로 나눠서 시비하였다. 밀 시험계통의 잎색, 잎폭, 줄기색, 이삭형태, 종실모양, 초장, 출수기 등 농업특성과 경수(개/ m^2), 천립중, 종실중 등 수량특성은 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA 2012)에 준하여 조사하였다.

특성 검정

밀의 흰가루병, 붉은곰팡이병, 수발아 저항성 등 특성 검정은 2021년부터 2023년까지 3개년간 전북 전주에서 실시되었고, 내한성은 고위도지역인 경기도 연천에서 평가되었다. 흰가루병 특성 검정은 성체 검정법을 이용하였다. 3월 초에 비닐하우스에서 3 반복으로 파종한 후 차광하여 자연 발생을 유도하였고, 검정 기준은 식물체의 병반 면적율로 하였다. 붉은곰팡이병 검정은 병원균주인 *Fusarium graminearum*을 개화기 이삭에 스프레이로 접종한 후 유산지를 씌워 3일간 병의 발생을 유도하였고, 2주 뒤에 발병률을 조사하였다. 균배양 조건은 페트리디시에서 배양 후 자외선으로 12시간 동안 반응시켜 포자 생성을 유도하였고, 10^4 spore/ml 농도로 하여 접종하였다. 내한성 검정은 10월 상순에 고휴와 저휴에 2반복으로 파종하여 월동 후 고사주율(%)과 고엽율(%)을 기준으로 평가하였다. 수발아는 10월 하순에

3 반복으로 파종하여 개화 후 35일 되는 이삭을 채취한 후, 모래묻이법으로 수발아율(%)을 평가하였다. 파성은 무처리와 춘화처리(4℃, 3주)를 실시한 계통을 각각 온실에 파종하여 일장은 24시간으로 처리하였고, 온도는 주간 20℃, 야간 15℃로 각각 설정하여 계통의 주간엽수와 지엽전개일수를 조사하여 파성을 평가하였다.

사료가치 평가

시료는 국립식량과학원 시험포장에서 재배하였고, 이삭과 총체로 수확하여 70℃에서 72시간 이상 완전히 건조한 후 분쇄하여 분석에 이용하였다. 조단백질(CP; crude protein), 중성세제불용성섬유(NDF; neutral detergent fiber), 산성불용성섬유(ADF; acid detergent fiber)를 분석하였다. 조단백질 함량은 AOAC (1995)법에 따라 분석하였고, NDF와 ADF는 Goering and Van Soest 세제법으로 분석하였다(Van Soest et al. 1991). 가소화양분총량(TDN; total digestible nutrient)는 ADF 함량을 이용하여 계산하였다($TDN = 88.9 - ADF (\%) \times 0.79$).

통계분석

시험성적에 대한 통계분석은 SAS Ver. 9.1 프로그램(SAS 2002)을 이용하여 지역 및 계통간 분산분석을 하고 LSD 검정을 하였고, p -value<0.05 유의수준으로 처리 구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

결과 및 고찰

육성 경위

국내 밀 품종 중 ‘태중’은 초장과 이삭이 길고 식물체 총량이 커서 총체 사료용으로 적합하지만, 출수기가 늦어 국내에서 이모작 재배에 불리하였다. 이에 농촌진흥청에서는 사료용 밀 품종의 숙기 단축을 목표로 2010년도에 장수형이면서 총체 건물수량이 많은 ‘태중’을 모본으로 하고, 조숙이면서 농업형질이 우수한 ‘금강’을 부본으로 인공교배를 실시하여 IW2010145 조합을 육성하였다. 그 후 전라북도 익산에서 F₂ 세대를 집단재배 후 기관 이전에 따라 시험포장을 전주로 옮겨 계통을 전개하여 조숙이면서 장수형인 IW2010145-B-B-44-1-5-2-5-1을 2018년에 선발하였다. 그 후 2019년과 2020년 2년간 생산력검정시험에 공시한 결과 생육특성, 생리장해, 내병성 및 총체 건물 수량성이 우수하여 ‘전주418호’로 계통명을 부여하였다. 2021년부터 2023년까지 3개년 동안 전작 1개소와 답리작 4개소에서 지역적응시험을 수행한 결과, 숙기가 빠르면서 장수형이고, 엽신비율과 이삭비율이 높고 붉은곰팡이병에 강한 특성을 나타냈다. 사일리지 품질은 유기산 중 젖산의 비율이 높아 사일리지 발효 시 1등급으로 우수하여 2023년 직무육성 신품종선정심의회에서 ‘조우(Jou)’로 명명하였다. 이후 2023년 국립종자원에 품종보호 출원(출원 2023-466)을 하여 재배 심사를 하였고, 2025년 종자산업법 제 55조에 따라 품종보호 제 10756호로 품종보호 등록원부에 등록되었다. 자세한 계보도와 계통도는 Figs. 1, 2에 도식화 하였다.

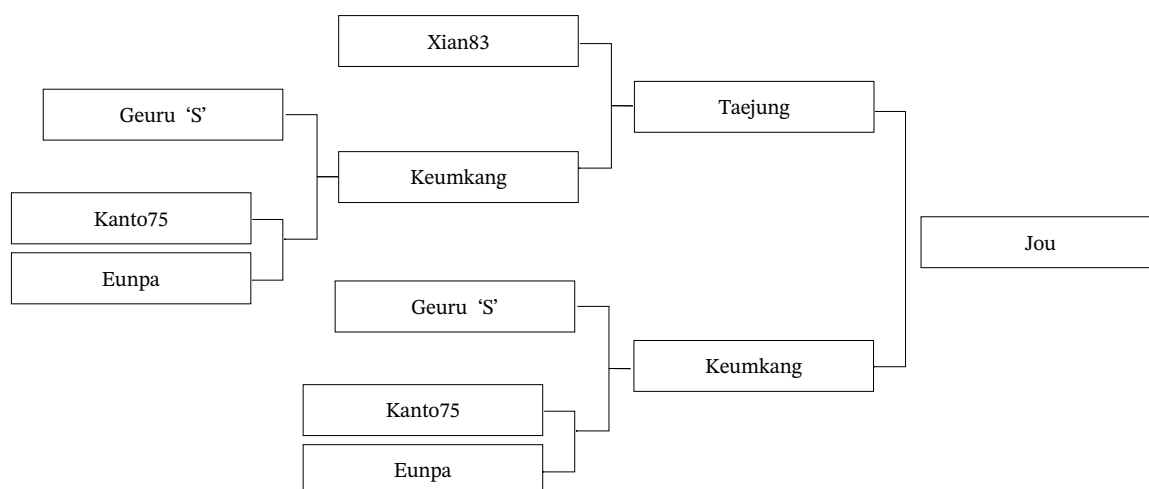


Fig. 1. Pedigree chart of wheat cultivar 'Jou'.

Year	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
Generation	Artificial cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃
	Taejung Keumkang	IW2010145 - B - B - 44 - 1 - 5 - 2 - 5 - 1 - PYT ^z - AYT ^y - RYT ^x - RYT - RYT												
												Jeonju418		
Pedigree	Artificial cross	Mass and line selection							Yield trial		Regional yield trial			

^zPYT : preliminary yield trial, ^yAYT : advanced yield trial, ^xRYT : regional yield trial.

Fig. 2. Pedigree diagram of cultivar 'Jou'.

고유특성

‘조우’의 총성은 중간형이며 파성은 I로 춘파형이고, 엽색은 녹색으로 길이가 긴 편이다. 이삭의 형태는 방추형이면서 장수형의 특성을 나타낸다. 종실 크기는 대립이고 종실색은 적립계로 ‘청우’(Kim et al. 2015)와 같은 특성을 나타냈다 (Fig. 3, Table 1).

Table 1. Inherent characteristics of 'Jou'.

Cultivar	Vernalization	Leaf				Stem		Spike		Awn		Kernel	
		Color	Width	Angle	Length	Color	Thick	Color	Shape	Color	Length	Size	Color
Jou	I	G ^z	M ^y	M	L ^x	LY ^w	M	LY	Spindle	LY	M	L	R
Cheongwoo	III	G	M	M	M	LY	M	LY	Spindle	LY	M	M	R

^zG: dark green, ^yM: middle, ^xL: large, ^wLY: light yellow, ^vR: red.

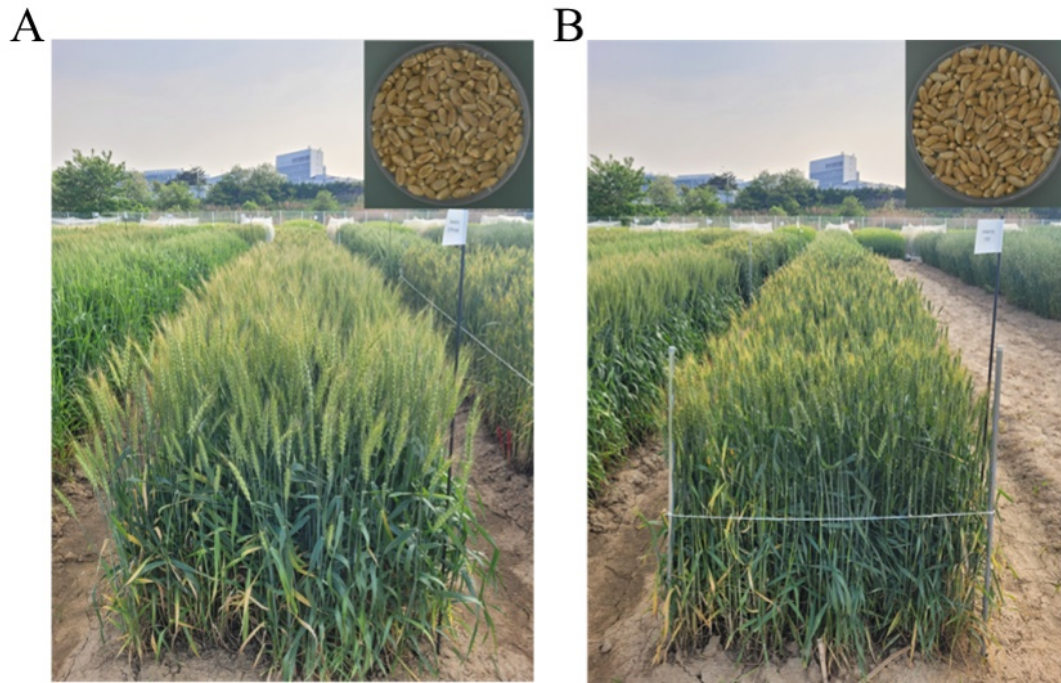


Fig. 3. Plant and grain characteristics of 'Jou'. A; Jou, B; Cheongwoo.

출수기와 수확기

‘조우’의 출수기는 밭과 논 조건에서 각각 4월 22일과 4월 17일로 대조 품종인 ‘청우’보다 2일 늦었다. 사료용밀 ‘태우’의 출수기는 4월 30일로 ‘청우’보다 10일 이상 늦는 것으로 보고되었다(Kim et al. 2019). 지역별로는 진주에서 4월 13일로 가장 빨랐고, 전주 지역이 4월 18일로 가장 늦었다. 수확일은 밭 조건에서 5월 21일, 논 조건에서 5월 17일로 ‘청우’ 대비 밭 조건은 3일, 논 조건에서는 1일 늦게 나타났다. 지역별로는 진주에서 5월 14일로 가장 빠르고 전주와 대구 지역이 5월 18일로 가장 늦었다(Table 2). 그러나 ‘조우’는 사료용으로서 일반밀보다 수확이 빨라 남부지역의 벼 이모작을 위한 작물로서 재배가 가능할 것으로 판단된다.

Table 2. Heading and harvesting date of 'Jou' (RYT^z, 2021~2023).

Field condition	Region	Heading date		Harvesting date	
		Jou	Cheongwoo	Jou	Cheongwoo
Upland	Cheongju	April 22	April 20	May 21	May 18
	Jeonju	April 18	April 18	May 18	May 18
Paddy	Gangjin	April 16	April 13	May 15	May 11
	Deagu	April 17	April 12	May 18	May 12
	Jinju	April 13	April 12	May 14	May 20
Mean	Mean	April 17 ^{ns}	April 15	May 17 ^{ns}	May 16

^zRYT : regional yield trial.

t-test (** < 0.01, * < 0.05, ns = non significant).

생육 및 수량구성 요소

‘조우’의 초장은 98 cm로 ‘청우’(92 cm) 대비 6 cm 길었다. 단위면적당 이삭수는 752 개/m²로 ‘청우’보다 적었지만, 천립중은 48.1 g으로 ‘청우’(44.5 g) 대비 3.6 g 더 높았으며 엽신비율과 이삭비율이 각각 15.3%와 42.3%로 통계적으로 유의하게 높았다(Table 3).

Table 3. Agronomic characteristics of ‘Jou’ (RYT^z, 2021~2023).

Cultivar	Stem length (cm)	Number of spike/m ²	1,000-grain weight (g)	Leaf to stem ratio (%)	Spike ratio (%)
Jou	98 ^a	752	48.1 [*]	15.3 [*]	42.3 [*]
Cheongwoo	92 ^b	1,025 [*]	44.5	11.5	39.0

^zRYT; regional yield trial.

leaf to stem ratio = [leaf dry matter / (stem dry matter + leaf dry matter)] × 100.

Spike ratio = (spike dry matter / total dry matter) × 100.

^{a-b}Values followed by the same letters within same are not significantly different at $p < 0.05$.

t-test (** < 0.01, * < 0.05, ns = non significant).

재해 저항성

‘조우’의 재해저항성과 내병성은 Table 4에서 보는 바와 같다. 도복 정도는 0으로 ‘청우’보다 강하게 나타났으며, 내한성은 고휴재배 고사주율이 84.0%, 저휴재배 0.4%로 ‘청우’(33.2%, 0.0%)에 비해 약하였다. 수발아율은 21.8%로 ‘청우’(6.8%) 대비 15% 높아 수발아 내성이 약하였고, 붉은곰팡이병은 이병률이 12.2%로 저항성을 나타냈고, 흰가루병 정도는 5.7로 중간 정도였다.

Table 4. Lodging, winter hardiness and disease resistance of ‘Jou’ (RYT^z, 2021~2023).

Cultivar	Degree of lodging (0~9) ^y	Withered plant (%) ^x		Pre-harvest sprouting rate (%)	Disease resistance ^w (S-R)	
		High ridge	Low ridge		Fusarium head blight	Powdery mildew
Jou	0	84.0	0.4	21.8	R (12.2%)	MS (5.7)
Cheongwoo	1	33.2	0	6.8	R (12.5%)	MS (5.7)

^zRYT : regional yield trial.

^yRating score: 0 = excellent or strong, 9 = worst or weak.

^xWinter killing rate was tested in Yeoncheon from 2021 to 2023.

^wS : susceptible, R : resistance.

수량성

‘조우’의 생산력검정시험 결과 종실수량은 8.25 MT/ha로 대조 품종인 ‘청우’(6.86 MT/ha) 대비 25% 증수하였다(Table 5). 그 후 3년간 밭 조건 1개소와 논 조건 4개소에서 지역적응시험을 실시한 결과 평균 건물수량은 14 MT/ha로 ‘청우’와 비슷하였지만, 수량이 13.3 MT/ha인 ‘태우’보다 수량이 높았다(Kim et al. 2019). 비록 ‘조우’의 건물수량은 ‘청우’와 비슷하였지만, 경엽율 및 이삭비율이 높아 사일리지 가치가 좋을 것으로 판단된다. 지역별로 전주에서는 수량이 ‘청우’와 비슷하였고, 강진은 22.2 MT/ha로 다른 지역에 비해 매우 높게 나타났으며 대구 지역은 12.1 MT/ha로 가장 낮았다(Table 6).

Table 5. Grain yield of 'Jou' in the advanced yield trial (AYT) at Jeonju (2020).

Cultivar	Grain yield (MT/ha)	Index
Jou	8.25 ^a	125
Cheongwoo	6.86 ^b	100

^{a-b}Values followed by the same letters within same are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 6. Yield characteristics of 'Jou' in the regional yield trials (RYT) tested in the five locations.

Field condition	Location	Jou (MT/ha)				Index	Cheongwoo (MT/ha)			
		2021	2022	2023	Mean		2021	2022	2023	Mean
Upland	Cheongju	1,532	865	1,483	1,293	108	1,404	935	1,261	1,200
	Jeonju	1,092	1,287	1,404	1,261	101	1,075	1,246	1,439	1,253
	Gangjin	1,714	2,097	2,858	2,223	97	1,988	2,025	2,834	2,282
Paddy	Deagu	1,369	1,107	1,180	1,219	97	1,288	1,069	1,431	1,263
	Jinjui	1,479	1,171	1,306	1,319	99	1,412	1,174	1,390	1,325
	Mean	1,414	1,416	1,687	1,506	99	1,441	1,379	1,774	1,531
Mean		1,437	1,305	1,646	1,463 ^{ns}	100	1,433	1,290	1,671	1,465

t -test (** < 0.01, * < 0.05, ns = non significant).

사일리지 사료가치 및 TDN 수량

조단백질 함량은 조사료 품질에 큰 영향을 미치는 인자로 '조우'는 5.8%로 '청우'(6.1%)보다 약간 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 중성세제불용성섬유(NDF)와 산성세제불용성섬유(ADF)는 각각 47.8%와 26.2%였고, 청우와 유의적 차이는 없었다. TDN 수량은 10 a당 998 kg으로 '청우'(1,020 kg/10a)보다 약간 적었다(Table 7). 사일리지 품질에서 pH는 낮을수록 좋으며, '조우'를 이용한 사일리지 pH는 3.9로 확인되었다. 유기산 조성에서 젖산은 0.24%로 '청우'보다 비율이 높게 확인되었으며, 전체적인 사일리지는 1등급으로 우수하였다(Table 8).

Table 7. Feed value of 'Jou' in the regional yield trials.

Cultivar	Crude protein (%)	NDF (%)	ADF (%)	TDN (%)	TDN (kg/10a)	Index
Jou	5.8 ^{ns}	47.8 ^{ns}	26.2 ^{ns}	68.2 ^{ns}	998 ^{ns}	98
Cheongwoo	6.1	44.1	24.6	69.6	1,020	100

t -test (** < 0.01, * < 0.05, ns = non significant).

Table 8. Silage value of 'Jou' in the regional yield trials (RYT, 2021~2023).

Cultivar	pH (1:5)	Organic acid (%)			Flieg's score ^z (0~100)	Silage grade ^y (1~5)
		Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid		
Jou	3.9 ^{ns}	0.24 [*]	0.00	0.00	81 ^{ns}	1
Cheongwoo	4.0	0.19	0.00	0.00	79	2

^zFlieg's score: 81~100 (grade 1), 61~80 (grade 2), 41~60 (grade 3), 21~40 (grade 4), 0~20 (grade 5).

^ySilage grade: Excellent (grade 1), Good (grade 2), Moderate (grade 3), Poor (grade 4), Very poor (grade 5).

t -test (** < 0.01, * < 0.05, ns = non significant).

적요

‘조우’는 2023년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 새롭게 육성한 사일리지용 밀 품종이다. ‘조우’의 파성은 I로 춘파형이고, 잎색은 녹색, 이삭은 황백색에 방추형이고, 종자는 적립의 대립이다. 출수기는 발 조건과 논 조건에서 각각 4월 22일과 4월 17일이며, 수확기는 발 조건과 논 조건에서 각각 5월 21일과 5월 17일로 이모작재배가 가능하다. 단위면적(m²)당 수수는 752개로 ‘청우’보다 적지만, 천립중은 48.1 g으로 ‘청우’보다 3.6 g이 높았다. 건물수량은 발 조건에서 13 MT/ha, 논 조건에서 15 MT/ha로 ‘청우’와 비슷하였다. ‘조우’의 재해저항성은 ‘청우’보다 도복은 강했지만, 내한성과 수발아 저항성은 다소 약하였다. 붉은곰팡이병은 저항성이었고, 흰가루병은 중도 감수성으로 재배 시 주의가 요구된다. ‘조우’는 장수형 밀로서 ‘청우’보다 수확기나 다소 늦지만, 장수형 중에서는 출수가 빨라 사료용 밀로 재배하기에 유리하다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원의 고유연구사업(가공용도별 밀 품종개발 및 육종효율 증진연구(4단계), PJ01677101)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) Official methods of analysis. 1995. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. pp. 69-74.
2. Choi JS, Kim JG, Baek SB, Park KH, Kwon YU, Park HH, Kang MS, Park TI, Heo HY, Seo JH, Cheong YK, Sung BR, Kim JG, Lee JJ, Kim SJ, Ryu IM, Ju JI, Kim DH, Jung KY, Lee SH. 2007. A ruminant palatable hood type barley cultivar “Yuyeon” for whole-crop-forage use. *Korean J Breed Sci* 39: 242-243.
3. Gunn S, Farrar JF, Collis BE, Nason M. 1999. Specific leaf area in barley: Individual leaves versus whole plants. *New Phytologist* 143: 45-51.
4. Kim JG, Choi JS, Park HH, Baek SB, Kang MS, Park KH, Kwon YU, Heo HY, Suh SJ, Nam JH, Lee JJ, Cheong YK, Sung BR, Kim JG, Ryu IM, Ju JI, Kim DH, Jung KY, Lee SH. 2007a. A new smooth awn barley cultivar, “Wooho” suitable for whole crop forage use. *Korean J Breed Sci* 39: 238-239.
5. Kim JG, Chung ES, Ham JS, Seo S, Kim MJ, Yoon SH, Lim YC. 2007b. Effect of growth stage and variety on the yield and quality of whole crop rice. *Korean J Breed Sci* 27: 1-8.
6. Kim JG, Choi JS, Park HH, Baek SB, Kang MS, Park KH, Kwon YU, Heo HY, Seo SJ, Nam JH, Lee JJ, Kim WH, Seo S, Lim YC, Shine JS, Sung BR, Ji HC, Lee SJ, Park TI. 2007c. Selection of promising barley cultivar for silage at paddy field of honam region. *J Korean Soc Grassland Forage Sci* 27: 161-166.
7. Kim JG, Kim WH, Seo S. 2006. Production and utilization technology of forage crops and whole crop rice in paddy field. *Proceedings of J Korean Soc Grassland Forage Sci*. pp. 59-85.
8. Kim KH, Seo JH, Park TI, Han OK, Park KH, Song TH, Park JC, Park CS, Kang CS, Park HH, Park NG, Jeung JH, Ju JI, Kang SJ, Hyun JH, Kim KJ. 2015. A high yield wheat cultivar ‘Cheongwoo’ for whole crop forage. *Korean J Breed Sci* 47: 339-344.
9. Kim KM, Park JH, Kang CS, Kim KH, Choi CH, Park JH, Jeong HY, Kim YJ, Cheong YK, Park TI. 2019. The characteristics of high quality silage wheat cultivar, ‘Taewoo’. *Proceedings of the Korean Society of Crop Science*

Conference p. 187.

10. Kim SH, Lee HJ. 1994. Growth and yield of forage crops affected by soil texture in upland diverted from paddy field. *The Korean J Crop Sci* 39: 577-584.
11. Kim WH, Seo S. 2006. Cultivation and utilization of barley as the main winter crop in paddy field. *Proceedings of the Korean Society of Grassland Science Conference*. pp. 37-57.
12. Marten JRT, Hoepfner JW, Entz MH. 2001. Legume cover crops with winter cereals in Southern Manitoba: Establishment, productivity, and microclimate effects. *Agro J* 93: 1086-1096.
13. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2017. Guidelines for the support of paddy field-use other crops cultivation. pp. 1-13.
14. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2025. Ministry of agriculture, food and rural affairs statistical yearbook. p. 332.
15. Park TI, Han OK, Seo JH, Choi JS, Park KH, Kim JG. 2008. New barley cultivars with improved morphological characteristics for whole crop in Korea. *J Korean Soc Grassland Forage Sci* 28: 193-202.
16. Park TI, Seo JH, Han OK, Choi JS, Kim JG, Park JC, Kim HS, Heo HY, Baek SB, Kwon YU, Park HH, Kang MS, Park KG, Suh SJ. 2009. A new auricleless barley cultivar "Dami" for whole crop forage. *Korean J Breed Sci* 41: 349-353.
17. Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research (I). pp. 43-64.
18. Seo S, Kim WH, Kim JG, Choi GJ, Ko JM, Lim SG. 2007. Selection of promising forage crops and variety for forage production in paddy field. 3 yeongnam region. *J Korean Soc Grassland Forage Sci* 27: 85-92.
19. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J of Dairy Sci* 74: 3583-3597.
20. Yun SK, Park TI, Seo JH, Kim KH, Song TH, Park KH, Han OK. 2009. Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley. *J Korean Soc Grassland Forage Sci* 29: 121-128.