Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 44(2): 118~126, 2024
https://doi.org/10.5333/KGFS.2024.44.2.118

ISSN 2287-5824 (Print)
ISSN 2287-5832 (Online)

Research Article

국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 품종특성 평가

민창우[1], 우제훈[1], 최보람[1], 임은아[2], 이기원[1,*]

[1]국립축산과학원 초지사료과, [2]국립축산과학원 축산자원개발부이전추진팀

Comparative Analysis of Forage Characteristics in Six Medium Maturing of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) Varieties in Korea

Chang-Woo Min[1], Jae Hoon Woo[1], Bo Ram Choi[1], Eun-A Lim[2] and Ki-Won Lee[1,*]

[1]Grassland and Forage Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Republic of Korea

[2]Relocation Service Team for Department of Animal Resources Development, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was conducted in Cheonan, the middle region of South Korea, to evaluate the forage characteristics of six medium maturing Italian ryegrass varieties: ‘Kowinmaster’, ‘IR 601’, ‘IR 602’, ‘IR 603’, ‘IR 604’ and ‘IR 605’. In growth characteristics, 'Kowinmaster' exhibited the earliest heading date on April 30, while 'IR 601' exhibited the latest on May 17. 'IR 601' exhibited the highest lodging resistance, and all varieties demonstrated excellent disease resistance, waterlogging tolerance, and cold tolerance. 'IR 603', 'IR 604', and 'IR 605' demonstrated above-average plant length, with 'IR 604' reaching the longest at 114.8 cm. In productivity, 'IR 602' and 'IR 605' produced the highest total dry matter yield, each exceeding 12,800 kg/ha. Regarding feed values, 'Kowinmaster' recorded the highest RFV and TDN at 119.18 and 66.07%, respectively, with 'IR 605' exhibiting the second highest. 'IR 604' and 'IR 601' demonstrated crude protein concentrations over 9%, with 'IR 604' exhibiting the highest at 9.74%. Analysis of monosaccharide content in Italian ryegrass revealed that 'IR 605' exhibited the highest glucose and fructose content at 23.35 g/kg and 50.70 g/kg, respectively. In summary, 'IR 602' exhibited the highest productivity, 'Kowinmaster' recorded the highest feed value, and 'IR 605' exhibited the highest glucose and fructose content. Therefore, 'IR 605' is considered the most outstanding variety due to its superior productivity, second highest feed value, and significant monosaccharide content.

(Key words: Italian ryegrass, Variety, Medium maturing, Forage characteristics)

Ⅰ. 서론

이탈리안 라이그라스 (*Lolium multiflorum* Lam.)는 수량이 많고 사료가치가 높으며 가축의 기호성이 우수하여 전 세계적으로, 특히 온대 지역에서 광범위하게 사용되고 있는 중요한 사료작물이다(Wang et al., 2015). 또한 파종 후 정착이 빠르고, 생육기간이 짧으며, 월동 후 회복이 빨라 집약적 축산법으로 가축을 사육하는 나라에서 핵심 사료작물로 사용되며(Spangenberg et al., 2000; Cojocariu et al., 2010), 내습성이 우수하여 국내 경작지의 60% 이상을 차지하는 논을 양질의 사료작물 재배지로 활용할 수 있게 하였다(Ji et al., 2011; Oh et al., 2021). 하지만 이탈리안 라이그라스는 다른 동계 작물에 비해 내한성이 떨어져 주로 국내 남부지역에서 재배되고 있었다(Nam et al., 2023; Kim et al., 2021). 따라서 국내에서는 내한성이 우수하며, 생산성과 사료가치가 우수한 이탈리안 라이그라스를 육종목표로 설정하여 많은 연구가 진행되어 왔으며(Choi et al., 2006; 2007; Ji et al., 2018; 2019), 그 결과 중북부지역까지 재배가 확장되어 동계사료작물 재배 면적은 80% 이상을 차지하고 있다(Choi et al., 2011a; Kim et al., 2021; NIAS, 2022). 현재 국내에서 육성된 이탈리안 라이그라스는 숙기별로 극조생종, 조생종, 중생종 그리고 만생종으로 나뉘며 총 20 품종이 출원되었다. 그중에서 이탈리안 라이그라스 중생종 품종은 생산성은 우수하지만 출수일이 늦어 답리작으로 재배시 작부조합을 설정하는데 한계가 있어 출수일이 늦어도 수확시기가 충분한 남부지역에서만 활용되었다(Ji et al., 2023). 한

*Corresponding author: Ki-Won Lee, Grassland & Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 31000, Republic of Korea.
Tel: +82-41-580-6757, E-mail: kiwon@korea.kr

편, 품종의 다양성과 지역에 따라 적합한 품종을 선택하는 농가를 위해 육종되어 왔으며, '코윈마스터'(Choi et al., 2008)를 시작으로 '아이알 601', '아이알 602', '아이알 603', '아이알 604(Ji et al., 2023)' '아이알 605'(Kim et al., 2020), '아이알 606'의 총 6 품종이 출원된 상태이다. 최근 이탈리안 라이그라스 품종의 선호도가 변화하고 있다. 기후변화로 인한 한반도의 식물생육기간이 10년마다 4.2일 씩 길어지고 있으며, 특히 식물생육 시작일의 앞당겨짐이 더 크게 나타나고 있으며(Jung et al., 2015), 따뜻해지고 건조해진 기상조건으로 식물의 개화시가 더욱 빨라지고 있는 것으로 나타났다(Lee et al., 2020). 이러한 연구결과는 중생종 품종의 수확시기가 충분한 지역이 점차 중부지역으로 확대될 것을 시사하고 있다. 또한 쌀 수급 안정화를 위하여 벼 재배를 위해 논토양으로 개발된 간척지의 범용화를 위해 밭작물에 비해 환경저항성이 높은 사료작물을 간척지에 재배하고자 하는 움직임이 대두됨에 따라(Sohn et al., 2009; Back et al., 2011), 출수기에 제한을 두지 않고 생산성이 우수한 중생종 이탈리안 라이그라스 품종의 요구가 증가하고 있다. 국내에서 실시된 이탈리안 라이그라스 중생종 품종 연구는 각기 다른 시기에 다른 환경조건에서 이루어졌기 때문에 실제로 품종 간에 나타나는 차이를 명확하게 비교하기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종을 동일한 재배환경에서 재배했을 때 나타나는 품종 간의 생육특성 및 생산성의 차이와 사일리지 조제 시 발효 품질에 중요한 영향을 미치는 식물체 내 단당류의 함량을 분석하여 품종간 차이를 직접적으로 더욱 명확하게 구명하기 위해 실시하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험장소 및 공시품종

본 연구는 국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 품종특성을 구명하기 위해 2021년 9월부터 2023년 5월까지 실시하였으며, 충청남도 천안시에 위치한 국립축산과학원 초지사료과 시험포장(36° 55′ 54.1″ N, 127° 06′ 21.9″ E)에서 수행하였다. 시험기간 동안 실험장소의 기상조건은 Table 1에 표기하였다. 공시품종으로 국립종자원에 '보호등록'이 되어있는 이탈리안 라이그라스 중생종인 '코윈마스터', '아이알 601', '아이알 602', '아이알 603', '아이알 604' 그리고 '아이알 605'의 총 6 품종을 이용하였다. 생육특성과 생산성을 평가하기 위하여 총 2년간 수행하였으며, 1차년도와 2차년도 모두 9월 27일에 파종하였으며, 각각의 출수기에 맞추어 5월 2일('코윈마스터'), 5월 8일('아이알 602', '아이알 604', '아이알 605') 그리고 5월 15일('아이알 603', '아이알 601')에 1차 수확하였다. 품종별 재생능력 평가를 위해 수확 후 한 달 뒤에 2차 수확을 실시하였다.

2. 재배방법

이탈리안 라이그라스 파종량은 30 kg/ha를 20 cm의 휴폭으로 조파하였으며, 시비량은 N-P_2O_5-K_2O를 각각 200-150-150 kg/ha 만큼 시비하였다. 시비방법으로 질소는 파종 전 20%를 기비하였고, 이른 봄 생육 개시기에 50% 그리고 1차 수확 후 30%로 각각 추비하였다. 인산과 칼리는 파종 전 50%를 기비하였고, 이른 봄 생육 개시기에 나머지 50%를 추비하였다. 재배기간 동안 손제초를 통해 잡초를 관리하였다.

Table 1. Comparative mean temperature (°C) and total precipitation (mm) between normal year and the experimental periods at the study site in Cheon-an, South Korea

Month / Parameters	Mean air temperature (℃)			Total precipitation (mm)		
	Experimental period		Normal year	Experimental period		Normal year
	'21-'22	'22-'23		'21-'22	'22-'23	
Sep.	21.1	20.6	20.6	440.7	1	198.5
Oct.	14.4	13.1	13.3	49	98.9	149.8
Nov.	7.1	8.4	6.6	289.2	297.6	147.2
Dec.	0	-3.7	-0.8	92.9	17	137.9
Jan.	-3.6	-2.3	-2.6	0	307.2	148.9
Feb.	-2.3	0.5	-0.2	296.8	0.5	81.7
Mar.	6.2	7.5	6.3	0	120.5	100.2
Apr.	12.6	12.6	11.7	284.1	127.4	183.7
May	17.8	18.6	17.8	301.9	41.5	151.6

Source : Agricultural Weather Infomation Service (RDA).

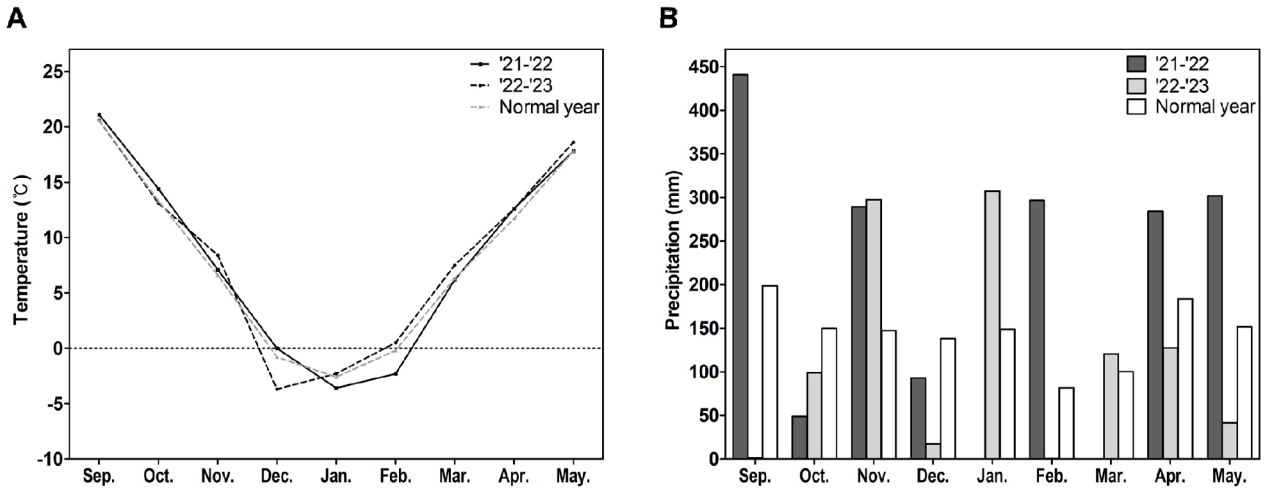

Fig. 1. Comparative mean temperature (A) and precipitation (B) between normal year and the experimental periods at the study site in Cheon-an, South Korea.

3. 생육특성 조사

초장은 지면에서부터 식물체의 줄기나 잎 끝까지의 길이를 측정하여 cm로 표기하였고, 출수기 조사는 매일 오전 9시를 기준으로 실시하였으며, 품종별로 이삭이 40% 이상 형성된 날짜를 출수기로 판단하여 월·일로 기록하였다. 이탈리안 라이그라스의 생육특성 중 내한성, 내도복성, 내습성 및 내병성은 시험구 내 식물체를 관찰하여 달관조사하였으며, 양호하거나 우수한 식물체를 1로 하고 나쁘거나 불량한 식물체를 9로 평점을 부여하여 평가했다.

4. 생산성 조사

이탈리안 라이그라스의 품종별 수량성 조사는 시험구 전면을 수확하여 무게를 측정한 뒤, 1 ha 기준으로 환산하여 이용하였다. 건물수량은 수확당일 각 시험구마다 300-400 g 내외의 시료를 수집하여 65℃ 순환식 열풍건조기에서 72시간 이상 건조 후 건조된 시료의 무게를 측정하여 건물률을 산출하였다. 건물수량의 경우 생초수량을 건물률로 곱하여 산출하였다.

5. 사료가치 조사

이탈리안 라이그라스의 조단백질 함량은 AOAC법(1990)으로 분석하였으며, 가소화 영양소 총량(Total digestible nutrient, TDN) 은 Menke 및 Huss (1980)의 방법을 이용하여 계산하였고, 산성세제 불용 섬유소(Acid detergent fiber, ADF) 함량과 중성세제 불용 섬유소(Neutral detergent fiber, NDF) 함량은 Goering 및 Van Soest (1970)의 방법으로 분석 하였다. 건물섭취량(Dry matter intake, DMI) 가소화 건물(Digestible dry matter, DDM) 그리고 상대사료가치(Relative feed value, RFV)는 아래의 식에 따라 계산하였다(Goering and Van Soest, 1970).

- TDN = 88.9 - (0.79 × ADF %)
- DDM = 88.9 − (0.779 × ADF %)
- DMI (% of Body Weight) = 120 / (NDF %)
- RFV = (DDM × DMI) / 1.29

6. 당분석

이탈리안 라이그라스의 단당류 함량을 조사하기 위해 샘플 시료 1g을 수집하여 20 ml 에탄올과 혼합하여 전 처리한 뒤 HPLC (Thermo Dionex Ultimate 3000; Thermo Fisher Scientific, USA)를 통해 분석하였다. 검출기로는 Corona Discharge Detector (Corona Veo RS; ESA Chelmsford, USA)가 사용되었으며, 칼럼은 ULTRON AF-HILIC-CD (LCC-13131-179; Shinwa Chemical Industries Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하였다.

7. 통계분석

통계처리는 R program (version R-4.4.0, 2024)을 이용하여 *stats* pakage의 *aov* 함수를 이용하여 난괴법으로 분산분석을 실시하여 품종간 평균간의 차이를 비교하였다. 유의적인 차이가 나는 요인에 대하여 *agricolae* pakage (de Mendiburu, 2023)의 *dancan.test* 함수를 이용하여 Duncan's multiple range test 방식으로 5% 유의수준에서 사후검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 생육특성

국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 생육특성 조사결과는 Table 2에 나타내었다. 출수기는 '코윈마스터'가 4월 30일로 가장 빨랐으며, 다음으로 '아이알 602', '아이알 605', '아이알 603', '아이알 604' 그리고 '아이알 601' 순서로 출수기에 도달하였다. 중생종으로 분류된 이탈리안 라이그라스 품종간의 출수기 차이는 가장 빠르게 출수한 '코윈마스터'와 가장 늦게 출수한 '아이알 601'을 비교했을 때 최대 17일의 차이가 발생하였다. 각 품종의 출원당시에 보고된 연구결과에 따르면 국내 육성 중생종 이탈리안 라이그라스의 출수기는 5월 10일('아이알 602', RDA, 2020b)부터 5월 18일까지('아이알 601', RDA, 2020a)로 보고되었다. 본 연구에서 출수기가 각 품종이 육종되었던 당시와 비교하여 빨라졌으며, 품종간 출수기가 빨라진 정도의 차이로 인해 중생종 품종 내 출수기의 범위가 크게 늘어난 것으로 나타났다. 재배기간 동안의 기온을 분석하였을 때, 2차년도의 경우 생육개시기인 2월부터 모든 달의 월 평균기온이 평년보다 높았으며, 1차년도와 2차년도 모두 출수가 시작되는 4월의 월평균 기온이 평년에 비해 높게 나타났다. 기후변화로 건조하고 따뜻해진 봄으로 인해 식물의 첫 개화일이 앞당겨지고 이러한 변화는 개화시가 더 빠른 품종일수록 더 큰 영향을 미친다고 보고되었다(Lee et al., 2020). 중생종 이탈리안 라이그라스 또한 기후변화로 증가한 기온으로 인해 출수기가 빨라졌으며, 특히 출원당시 출수기가 가장 빨랐던 '아이알 602'와 '코윈마스터'가 각각 6일과 13일이나 앞당겨졌다(Choi et al., 2008; RDA, 2020b). 내도복성은 '아이알 601'이 가장 우수하였고(p=0.035), 내병성, 내습성 및 내한성은 6 품종 모두 우수하게 나타났으며, 따라서 국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종은 중부지역인 천안에서의 재배능력이 우수한 것으로 생각된다. 초장은 '아이알 603'이 114.8 cm로 모든 품종 중에서 유의적으로 가장 길었으며, '코윈마스터'가 93.7 cm로 가장 짧은 것으로 나타났다(p<0.001). 품종이 육종되었던 당시와 비교하여 중생종 6 품종 모두 초장이 길게 나타났으며, 본 연구에서 초장이 가장 길었던 '아이알 603'의 경우 출원시 보고된 103 cm 보다 9.8 cm 더 길게 나타났다(RDA, 2020c).

2. 생산성

국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 생산성은 Table 3에 나타내었다. 1차 생초수량은 '아이알 604'가 51,810 kg/ha로 다른 품종에 비해 유의적으로 가장 많은 것으로 나타났다. '코윈마스터'와 '아이알 602'가 각각 43,716 kg/ha와 42,421 kg/ha로 유의적으로 가장 생초수량이 작은 그룹으로 나타났으며, 나머지 품종의 경우 46,000 kg/ha 이상의 생초수량을 기록하였다. 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 건물률은 23.75%-30.80% 수준이었으며, '아이알 602'가 30.80%로 유의적으로 가장 높았다. 건물률이 가장 낮은 그룹에 속한 품종은 '아이알 604', '아이알 601' 와 '코윈마스터'였으며, 그중 '아이알 604'가 23.42%로 가장 낮은 건물률을 기록하였다(p=0.038). 가장 건물수량이 많았던 중생종 품종은 '아이알 602'와 '아이알 605'로 각각 12,935 kg/ha와 12,809 kg/ha를 기록하였으며, 가장 건물수량이 작았던 품종은 10,833 kg/ha를 기록한 '코윈마스터' 품종이었다(p=0.029). 중생종 6 품종 중 건물률과 건물수량이 가장 높은 '아이알 602'가 생산성이 가장 우수한 품종으로 판단된다. 출수기 이후 건물률은 급격히 증가하며, 품종에 증가하는 정도에 차이가 있다. 예를 들어 조생종인 '코윈어리'의 경우 출수시에 14.8%에서 출수 후기에는 19.5%로 4.7% 증가한(Seo et al., 2013) 반면,

Table 2. Growth characteristics of six different medium maturing cultivarsvarieties of Italian ryegrass developed in South Korea

Varieties/ Parameters	Heading date	Lodging tolerance (1-9)	Disease resistance (1-9)	WL tolerance (1-9)	Cold tolerance (1-9)	Plant length (cm)
Kowinmaster	30th April	2.0^{abc}	1	1	1	93.7^{e}
IR 601	17th May	1.0^{a}	1	1	1	94.6^{de}
IR 602	4th May	2.5^{bc}	1	1	1	99.1^{cd}
IR 603	11th May	1.3^{ab}	1	1	1	114.8^{a}
IR 604	13th May	1.3^{ab}	1	1	1	105.5^{b}
IR 605	6th May	2.8^{c}	1	1	1	103.7^{bc}
p-value	-	0.035*	-	-	-	<0.001***
SEM	-	0.28	-	-	-	1.77

$^{a-b}$ means within a row without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).
WL: waterlogging; SEM: standard error of the mean.

Table 3. Forage productivity (fresh yield, dry matter, dry matter yield) of six different medium maturing varieties of Italian ryegrass developed in South Korea

Varieties / Parameters	Fresh yield (kg/ha)	Dry matter (%)	Dry matter yield (kg/ha)
Kowinmaster	43,716^{b}	24.70^{b}	10,833^{c}
IR 601	47,022^{ab}	23.42^{b}	10,991^{bc}
IR 602	42,421^{b}	30.80^{a}	12,935^{a}
IR 603	46,281^{ab}	26.78^{ab}	12,415^{ab}
IR 604	51,810^{a}	23.75^{b}	12,127^{abc}
IR 605	46,087^{b}	28.28^{ab}	12,809^{a}
p-value	0.038*	0.043*	0.029*
SEM	4462.5	1.494	901.5

$^{a-b}$ means within a row without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).
SEM : standard error of the mean.

Table 4. Feed values (NDF, ADF, CP, TDN, DDM, DMI and RFV) of six different medium maturing varieties of Italian ryegrass developed in South Korea

Varieties / Parameters	NDF[1] (%)	ADF[2] (%)	CP[3] (%)	TDN[4] (%)	DDM[5] (%)	DMI[6] (%)	RFV[7]
Kowinmaster	51.83^{e}	28.90^{d}	7.05^{e}	66.07^{a}	66.39^{a}	2.31^{a}	119.18^{a}
IR 601	56.63^{c}	32.19^{c}	9.42^{b}	63.47^{b}	63.82^{b}	2.12^{c}	104.85^{b}
IR 602	58.19^{b}	33.72^{b}	8.42^{c}	62.26^{c}	62.63^{c}	2.06^{d}	100.13^{c}
IR 603	59.26^{a}	34.98^{a}	7.34^{d}	61.27^{d}	61.66^{d}	2.02^{e}	96.79^{d}
IR 604	55.65^{d}	32.19^{c}	9.74^{a}	63.47^{b}	63.82^{b}	2.15^{b}	106.69^{b}
IR 605	55.74^{d}	32.26^{c}	7.09^{de}	63.42^{b}	63.77^{b}	2.15^{b}	106.43^{b}
p-value	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***
SEM	0.291	0.255	0.097	0.201	0.199	0.011	0.877

$^{a-b}$ means within a row without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).
NDF[1] : neutral detergent fiber; ADF[2] : aeutral detergent fiber; CP[3] : crude protein; TDN[4] : total digestible nutrient; DDM[5] : digestible dry matter; DMI[6] : dry matter intake; RFV[7]: relative feed value; SEM : standard error of the mean.

만생종인 '화산 101호'의 경우 15.9%에서 23.1%로 7.2% 증가하였다(Choi et al., 2011b). 따라서 본 연구결과에서 '아이알 602'와 '아이알 605'가 속한 가장 건물률과 건물수량이 높았던 그룹의 경우 출수기에서 수확한 시점 까지 5일의 시간적 간격이 존재했으며, 이로 인해 다른 품종에 비해 수확 당시 생육단계가 후기에 위치해 있었고, 다른 품종과 비교하여 생육단계별 건물률의 증가 정도가 상대적으로 커서 건물수량이 가장 많았던 것으로 생각된다. 이탈리안 라이그라스 중생종의 건물수량의 경우 품종이 육종되었을 당시의 생산량과 비교하여, 대부분 생산량이 증가한 것으로 나타났다(Choi et al., 2008; Kim et al., 2020; NIAS, 2022; Ji et al., 2023). 특히 본 연구에서 건물수량이 가장 많은 그룹에 속한 '아이알 605'의 경우, 2015년에서 2017년 동안 천안에서 실시한 Kim et al. (2020)의 연구결과와 비교하여 3,298 kg/ha가 증가한 것으로 나타났다. 이는 기후변화로 인한 봄철 기온의 증가가 주요 원인으로 생각된다. 건물수량과 양의 상관관계가 높은 요인 중 하나로 봄철 적산온도를 꼽았으며, 해당 요인이 1 단위 증가할 때마다 건물수량이 4.409 단위 증가한다고 보고하였다(Peng et al., 2017). 본 연구에서도 생육 개시기인 2월 이후 평균기온이 평년보다 높았던 것으로 보아, 봄철 기온 증가가 생산량 증가에 기여한 것으로 판단된다.

3. 사료가치

국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 사료가치 분석결과는 Table 4와 같다. NDF 함량은 '아이알 603'에서 59.26%로 모든 품종 중에서 유의적으로 가장 높았으며, 다음으로 '아이알 602'가 58.19%를 기록하였다. 반면 NDF 함량이 가장 낮은 품종은 '코윈마스터'로 51.83%를 기록하여 유의적으로

가장 낮게 나타났으며, 다음으로 '아이알 605'와 '아이알 604'가 각각 55.74%와 55.65%로 두 번째로 가장 낮은 그룹으로 나타났다(p<0.001). ADF 함량의 경우 NDF 함량과 유사하게 '아이알 603'과 '아이알 602'가 각각 34.98%와 33.72%로 첫 번째와 두 번째로 높은 것으로 나타났으며, '코윈마스터'가 28.90%로 가장 낮은 함량을 기록하였다. 또한 건물수량이 가장 많은 그룹에 속한 '아이알 605'의 경우 32.26%로 두 번째로 가장 낮은 함량을 기록한 그룹으로 나타났다(p<0.001). 조단백질은 단백질 및 비단백태 질소 화합물의 총합을 의미하며, 반추위내 미생물 단백질 합성을 위한 아미노산 및 암모니아의 공급과 가축의 아미노산 공급에 중요한 영양소이다(Iqbal et al.,2015; Schwab and Broderick, 2017). 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 조단백질 함량은 평균 8.17% 수준으로 나타났으며, 그중 '아이알 604'와 '아이알 601'의 경우 각각 9.74%와 9.42%로 유의적으로 가장 높은 두 그룹으로 나타났다(p<0.001). 일반적으로 사료작물은 생육이 진행됨에 따라 섬유소의 함량이 점차 증가하고 조단백질 함량은 점차 감소하여 조사료의 사료가치가 변화한다(Fariani et al., 1994). 본 연구에서 중생종 6 품종의 수확 시기가 차이가 있었고, 출수기 이전에 수확이 된 '아이알 604'와 '아이알 601'의 경우 다른 품종과 비교하여 섬유소인 NDF와 ADF 함량이 상대적으로 낮고 CP 함량이 높게 나타난 것으로 생각된다. TDN은 가소화영양소총량은 사료에서 이용가능한 에너지 함량을 나타내며, 가축에게 적절한 에너지 공급을 위해 중요한 값이다(Kim et al., 2019). 본 연구에서 TDN 함량은 '코윈마스터'가 66.07%로 유의적으로 가장 높았으며, '아이알 603'이 61.27%로 가장 유의적으로 낮게 나타났다. '아이알 605'의 경우 두 번째로 TDN 함량이 많은 그룹에 속하였으며, 63.42%를 기록하였다(p<0.001). RFV는 상대사료가치로 사료작물의 잠재적 에너지 섭취량을 추정하는데 이용된다 (Sanson and Kercher, 1996). RFV 함량의 경우 '코윈마스터' 119.18로 가장 유의적으로 높았으며, 두 번째로 가장 높은 그룹으로 '아이알 601', '아이알 604' 그리고 '아이알 605'가 포함되었으며, 그중 '아이알 605'의 경우 106.43을 기록하였다(p<0.001).

4. 당함량

국내 육성 IRG 중생종 6 품종의 당 함량 분석결과는 Table 5에 나타내었다. 사료작물의 유리당 함량은 사일리지의 발효품질에 영향을 미치는 것으로 보고 되었다(Shao et al., 2003; Gao et al., 2021). 본 연구에 이용된 이탈리안 라이그라스의 과당 함량은 21.22 g/k8g-50.70 g/kg 수준으로 나타났다. 그중에서 '아이알 605'가 50.70 g/kg으로 유의적으로 가장 함량이 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 '코윈마스터' 그리고 '아이알 602'의 순서로 높았으며 30.00 g/kg 이상을 기록하였다(p<0.001). 포도당은 유리당 중에서 사일리지 발효 품질과 상관관계가 가장 높은 것으로 보고 되었으며, 사일리지에 첨가제로 포도당을 이용하는 것이 지속적으로 연구되어 왔다(Shao et al., 2007; Asano et al., 2018). 본 연구에서 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 포도당 함량은 14.08 g/kg-23.35 g/kg의 수준으로 나타났으며, '아이알 605'가 포도당 함량이 23.35 g/kg로 다른 품종에 비해 그 함량이 유의적으로 가장 높았고, '코윈마스터'가 20.02 g/kg로 두 번째로 높았으며, 나머지 품종간의 유의성은 나타나지 않았다(p<0.001). 따라서 '아이알 605'를 사일리지로 조제 시 발효 품질이 가장 우수할 것으로 생각된다.

Table 5. The composition of monosaccharide (glucose, fructose and galactose) of six different medium maturing varieties of Italian ryegrass developed in South Korea

Varieties / Parameters	Fructose (g/kg)	Glucose (g/kg)	Galactose† (g/kg)
Kowinmaster	43.58^{b}	20.02^{b}	Undetected
IR 601	21.22^{d}	16.38^{c}	Undetected
IR 602	30.01^{c}	14.08^{c}	Undetected
IR 603	29.09^{c}	16.10^{c}	Undetected
IR 604	22.74^{d}	16.38^{c}	Undetected
IR 605	50.70^{a}	23.35^{a}	Undetected
p-value	<0.001***	<0.001***	-
SEM	1.209	0.779	-

$^{a-d}$ means within a row without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).
†Undetected means less than 20ppm.
SEM : standard error of the mean.

Ⅳ. 요약

본 연구는 국내 육성 이탈리안 라이그라스 중생종 6 품종의 특성을 비교하기 위하여 대한민국의 중부지역인 충청남도 천안시에 위치한 국립축산과학원 시험포장에서 실시하였다. 이탈리안 라이그라스 중생종 품종의 출수기는 '코윈마스터'가 4월 30일로 가장 빨랐으며, '아이알 601'이 5월 17일로 가장 늦었다. 내도복성은 '아이알 601'이 가장 우수하였으며, 내병성, 내습성, 내한성은 모든 품종이 우수하였다. 초장은 '아이알 603', '아이알 604' 그리고 '아이알 605'가 평균 이상이었으며, 특히 '아이알 604'가 114.8 cm로 가장 길었다. 총 건물수량은 '아이알 602'와 '아이알 605'가 12,800 kg/ha 이상으로 가장 많은 그룹으로 나타났다. 사료가치 분석 결과, RFV와 TDN는 '코윈마스터'가 각각 119.18 및 66.07%로 가장 높았고, '아이알 605'가 두 번째로 높은 그룹에 속하였다. 조단백질 함량은 '아이알 604'와 '아이알 601'이 9% 이상으로 나타났으며, 특히 '아이알 604'가 9.74%로 가장 우수하였다. 이탈리안 라이그라스의 단당류 함량 분석결과 '아이알 605'은 포도당과 과당이 각각 23.35 g/kg 및 50.70 g/kg로 다른 품종과 비교하여 함량이 매우 높았다. 이상의 결과를 종합해보면, 이탈리안 라이그라스 국내 육성 중생종 6 품종 중 생산성은 '아이알 602'가 가장 높았고, 사료가치는 '코윈마스터'가 가장 우수한 것으로 나타나며, 포도당과 과당 함량은 '아이알 605'이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서, '아이알 605'의 경우 생산성이 가장 우수한 그룹에 속하며, 사료가치가 두 번째로 높은 그룹에 속하면서, 단당류의 함량이 검출된 모든 항목에서 가장 우수하였기 때문에, 국내 육성 중생종 6 품종 중 가장 우수한 품종으로 판단된다.

Ⅴ. 사사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(다수확 사료작물 신품종 개발 및 생산성 평가, PJ01669904)과 2024년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원에 의해 이루어진 것임.

Ⅵ. REFERENCES

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). 1995. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Asano, K., Ishikawa, T., Araie, A. and Ishida, M. 2018. Improving quality of common reed (*Phragmites communis* Trin.) silage with additives. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 31(11):1747-1755. DOI:10.5713/ajas.17.0807

Back, N.H., Kim, T.K., Yang, C.H., Kim, S., Nam, J.K., Lee, S.B., Choi, W.Y., Kim, S.J. and Lee, K.B. 2011. The growth and yield of winter fodder crops by soil salinities at Saemangeum reclaimed land in Korea. The Journal of the Korean Society of International Agriculture. 23(4):410-414.

Choi, G.J., Ji, H.C., Kim, K.Y., Park, H.S., Seo, S., Lee, K.W. and Lee, S.H. 2011a. Growth characteristics and productivity of cold-tolerant 'Kowinearly' Italian ryegrass in the northern part of South Korea. African Journal of Biotechnology. 10(14):2676-2682. DOI:10.5897/AJB10.1900

Choi, G.J., Lim, Y.C., Ji, H.C., Lee, S.H., Lee, K.W., Kim, D.K., Seo, S., and Kim, K.Y. 2011b. Change in dry matter yields and feed values of Italian ryegrass, Hwasan 101, at different growth stages. Journal of the Korean Society of Grassland Science. 31(2):107-112. DOI:10.5333/KGFS.2011.31.2.107

Choi, G.J., Lim, Y.C., Kim, K.Y., Kim, M.J., Ji, H.C., Lee, S.H., Park, H.S., Moon, C.S., Lee, E.S. and Seo, S. 2008. A cold-tolerant and medium-maturing Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) new variety, 'Kowinmaster'. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 28(3):177-184.

Choi, G.J., Lim, Y.C., Rim, Y.W., Sung, B.C., Kim, M.J., Kim, K.Y. and Seo, S. 2006. A cold-tolerant and early-maturing Italian ryegrass new variety, 'Kogreen'. Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science. 26(1):9-14.

Choi, G.J., Lim, Y.C., Sung, B.R., Kim, K.Y. and Lee, J.K. 2007. A cold-tolerant and early-maturing Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) new variety 'Kospeed'. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 27(3):145-150.

Cojocariu, L., Moisuc, A., Samfira, I., Horablaga, M., Radu, F. and Lalescu, D.V. 2010. The study of the main production characters depending on dose of cattle manure applied to Italian ryegrass. Research Journal of Agricultural Science. 42(1):390-397.

de Mendiburu, F. 2023. Agricolae: Statistical procedures for agricultural research. Available online: https://CRAN.R-project.org/package=agricolae

Fariani, A., Warly, L., Matsui, T., Fujihara, T., and Harumoto, T. 1994. Rumen degradability of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) harvested at three different growth stages in sheep. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 7(1):41-48. DOI:10.5713/ajas.1994.41

Gao, R., Wang, B., Jia, T., Luo, Y. and Yu, Z. 2021. Effects of different carbohydrate sources on Alfalfa silage quality at different ensiling days. Agriculture. 11(1):58. DOI:10.3390/agriculture11010058

Goring, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agronomic Handbook No. 379. ARS. USDA, Washington DC.

Iqbal, M.A., Iqbal, A., Akbar, N., Khan, H.Z. and Abbas, R.N. 2015. A study on feed stuffs role in enhancing the productivity of milch animals in Pakistan-Existing scenario and future prospect. Global Veterinaria. 14(1):23-33. DOI:10.5829/idosi.gv.2015.14.01.91188

Ji, H.C., Kwon, O.D., Kim, W.H., Lim, Y.C., Cho, J.H. and Lee, K.W. 2011. Selection of pasture species at paddy field in southern region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31(2):113-118. DOI:10.5333/kgfs.2011.31.2.113.

Ji, H.C., Shin, S.M. and Yoo, J.H. 2023. Growth characteristics and productivity of new Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) variation, IR 604. Korean Journal of Agricultural Science. 50(3):365-371. DOI:10.7744/ kjoas.500306

Ji, H.C., Whang, T.Y., Lee, K.W., Kim, W.H., Woo, J.H., Hong, K.H. and Choe, K.W. 2018. Growth characteristics and Productivity of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) New Variety, 'Green Call'. Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science. 38(4):247-252. DOI:10.5333/KGFS.2018.38.4.247

Ji, H.C., Whang, T.Y., Lee, K.W., Kim, W.H., Woo, J.H., Hong, K.H. and Choe, K.W. 2019. Growth characteristics and productivity of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) new variety, 'Green Call 2ho'. Journal of the Korea Society of Grassland and Forage Science. 39(3):121-126. DOI:10.5333/KGFS.2019.39.3.121

Jung, M.P., Shim, K.M., Kim, Y. and Choi, I.T. 2015. Change of climatic growing season in Korea. Korean Journal of Environmental Agriculture. 34(3):192-195. DOI:10.5338/KJEA.2015.34.3.27

Kim, J.Y., Lee, B.H., Chemere, B., Min, D.H., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2019. In vivo nutritive value of rice feed for sheep and its application for cattle feed. Journal of Animal Science and Technology. 61(5):254-259. DOI:10.5187/jast.2019.61.5.254

Kim, K.Y., Lee, S.H., Choi, G.J., Park, H.S., Hwang, T.Y., Ji, H.C. and Lee, K.W. 2020. A medium maturing variety of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), 'IR605', with high forage productivity in southern region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 40(3):156-160. DOI:10.5333/KGFS.2020.40.3.156

Kim, M., Kim, J.Y., Jo, M.H., Jo, H. and Sung, K. 2021. Impact of abnormal climate events on the production of Italian ryegrass as a season in the Republic of Korea. The XXIV International Grassland Congress / XI International Rangeland Congress.

Lee, H.K., Lee, S.J., Kim, M.K. and Lee, S.D. 2020. Prediction of plant phenological shift under climate change in South Korea. Sustainability. 12(21):9276. DOI:10.3390/su12219276

Menke, K.H. and Huss, W, 1980. Tierernaehrung und futtermittel-kunde. UTB Ulmer. pp. 38-41.

Nam, D.G., Gwak, S.C., Baek, E.S., Lee, Y.H., Choi, B.R. and Hwang, T.Y. 2023. The current status of breeding research in *Lolium* genus. Journal of Crop Science and Biotechnology. 26:649-659. DOI:10.1007/s12892-023-00226-z

NIAS. 2022. Italian Ryegrass Variety Characteristics and Cultivation Utilization Manual. RDA. Jeonju. Korea. pp. 7-8.

Oh, M., Choi, B.R., Lee, S.Y., Jung, J.S., Park, H.S., Lee, B.H. and Kim, K.Y. 2021. Study on the forage cropping system of Italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 41(2):141-146. DOI:10.5333/KGFS.2021.41.2.141

Peng, J., Kim, M., Kim, Y., Jo, M., Kim, B., Sung, K. and Lv, S. 2017. Constructing Italian ryegrass yield prediction model based on climatic data by locations in South Korea. Grassland Science. 63(3):184-195. DOI:10.1111/grs.12163

R Development Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R fundation for statistical computing. Vienna. Austria. Available online: http://www.r-project.org

RDA. 2020a. IR 601, Application serial number 2020-260. KSVS.

RDA. 2020b. IR 602, Application serial number 2020-257. KSVS.

RDA. 2020c. IR 603, Application serial number 2020-258. KSVS.

Sanson, D.W. and Kercher, C.J. 1996. Validation of equations used to estimate relative feed value of Alfalfa hay. The Professional Animal Scientist. 12(3):162-166. DOI:10.15232/S1080-7446(15)32512-2

Schwab, C.G. and Broderick, G.A. 2017. A 100-year review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. Journal of Dairy Science. 100(12):10094-10112. DOI:10.3168/jds.2017-13320

Seo, S., Kim, M.J., Kim, W.H., Lee, S.H., Jung, M.W., Kim, K.Y., Ji, H.C., Park, H.S., Kim, J.G. and Choi, G.J. 2013. Optimum harvest stage of Italian ryegrass 'Kowinearly' according to one and two harvests during spring season. Journal of the Korean Society of Grassland Science. 33(1):15-20. DOI:10.5333/KGFS.2013.33.1.15

Shao, T., Ohba, N., Shimojo, M. and Masuda, Y. 2003. Effects of addition of glucose and sorbic acid on the fermentationi quality of Guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) Silages. Journal of the Faculty of Agriculture. Kyushu University. 47(2):351-358. DOI:10.5109/4505

Shao, T., Zhang, L., Shimojo, M. and Masuda, Y. 2007. Fermentation quality of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silages treated with encapsulated-glucose, glucose, sorbic acid and pre-fermented juices. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 20(11):1699-1704. DOI:10.5713/ajas.2007.1699

Sohn, Y.M., Jeon, G.Y., Song, J.D., Lee, J.H. and Park, M.E. 2009. Effect of spatial soil salinity variation on the growth of soiling and forage crops seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 42(3):179-186.

Spangenberg, G., Wang, Z.Y., Ye, X.D., Wu, X.L. and Potrykus, I. 2000.

Transgenic ryegrasses(*Lolium* spp.). In:Bajaj, Y.P.S. (Ed.), Transgenic crops I. Biotechnology in agriculture and forestry, vol 46. Springer. Berlin. Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-642-59612-4_12

Wang, J., Cogan, N.O.I., Pembleton, L.W. and Forster, J.W. 2015. Variance, inter-trait correlation, heritability and trait-marker association of herbage yield, nutritive values, and morphological characteristics in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Crop and Pasture Science. 66(9):973. DOI:10.1071/cp15070

(Received : June 20, 2024 | Revised : June 25, 2024 | Accepted : June 26, 2024)