

Research Article

남부 지역에서 파종간격에 따른 이탈리아 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.) ‘그린콜’ 품종의 종자 및 짚 생산성 비교

Li Yan Fen¹, Wang Li Li¹, 유영상¹, 정은찬¹, Ahmadi Farhad², 이상훈³, 김종근^{1,2,*}

¹서울대학교 국제농업기술대학원, ²서울대학교 그린바이오과학기술연구원, ³국립축산과학원 초지사료과

Comparative Study of Seed and Straw Productivity of Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.) ‘GreenCall’ according to Inter-Row Spacing in the Southern Region

Yan Fen Li¹, Li Li Wang¹, Young Sang Yu¹, Eun Chan Jeong¹,
Farhad Ahmadi², Sang Hoon Li³ and Jong Geun Kim^{1,2,*}

¹Graduate School of International Agricultural Technology, SNU, Pyeongchang 25354, Korea

²Research Institute of Eco-friendly Livestock Science, GBST, SNU, Pyeongchang 25354, Korea

³Department of Grassland and Forage Science, NIAS, RDA, Cheonan 31000, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the change in the productivity of Italian ryegrass seeds according to the inter-row spacing in the southern region of the Korean Peninsula. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) ‘Green Call’ variety was sown in Jinju, Gyeongnam in the fall of 2020 with three inter-row spacings (20, 30 and 40 cm). The experiment was arranged a randomized block design with three replications. The ryegrass was sown on October 17, 2020, and the harvest was on May 31, about 60 days from the first heading stage. There was no difference among treatments with an average of April 27th in heading stage. Plant height was significantly longer at 30 cm seeding interval and the shortest in 20 cm treatment. The length of the spike was the longest in the 40 cm seeding interval, and the number of seeds per spike was the highest in the 20cm seeding interval, but there was no significant difference among treatments. The seed yield was the highest at the 20 cm sowing interval (2,180 kg/ha), and decreased as the spacing increased. The dry matter content of seeds and straw was found to be 44.90% and 45.51% on average, and there was no significant difference among treatments. The amount of remaining straw after harvesting was found to be 7,506 kg/ha on average on DM basis, and was high at the 20 cm seeding interval. In view of the above results, it was found that it is most advantageous to sow at intervals of 20 cm when producing Italian ryegrass seeds through autumn sowing in the southern region.

(Key words: GreenCall, Inter-row spacing, Italian ryegrass, Quality, Seed yield)

I. 서론

정부에서 지속적으로 추진중인 조사료생산기반확충사업과 이에 부응하는 농민들의 노력으로 인해 우리나라의 조사료 자급률은 80%를 유지하고 있다. 2020년 기준 국내 조사료 총 소요량은 4,893천톤 중 국내산은 3,997천톤(81.7%)이며 벧짚이 68%를 차지하고 이탈리아 라이그라스 등의 사료작물이 28%를 차지하고 있다(Jeong, 2021). 국내에서 재배되는 사료작물중에서는 이탈리아 라이그라스의 재배면적이 68천ha (2020년 기준)으로 전체 동계

작물의 82%를 차지할 정도로 농가에 인기가 좋다.

이탈리안 라이그라스의 재배면적 확대는 신품종의 개발과 종자 보급량에도 큰 변화를 주어 2021년 기준으로 약 6,791톤의 종자가 전국에 보급되었으며, 이중 1,560톤(22.9%)이 국내산 종자로 충당이 되고 있다고 한다(NIAS, 2022). 또한 전체 23개 신품종이 출원되어 그중 12품종이 등록 되었으며 미국 종자품종공인협회(AOSCA)에 6품종을 등록하여 해외에서 종자를 생산하여 국내에 보급하고 있다. 국내에서 재배되는 이탈리아 라이그라스 종자의 77.1%가 해외로부터 도입되고 있고 국내산으로 분류되는 22.9%

*Corresponding author: Jong Geun Kim, Graduate School of International Agricultural Technology and GBST, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Korea, Tel: +82-33-339-5728, Fax: +82-33-339-5727, E-mail: forage@snu.ac.kr

종자도 대부분 해외에서 생산하여 도입되고 있는 실정으로 향후 검역 등의 문제로 종자 수입이 중단될 수 있으며 이로 인해 종자 수급에 큰 어려움이 발생할 수 있다(NIAS, 2022).

이런 문제를 극복하기 위해 국내에서의 이탈리아 라이그라스 종자 생산을 위한 다양한 연구가 추진이 되었으나(Jeong et al., 2020; Nam et al., 2020; Jeong et al., 2021) 국내에서의 종자 생산은 기상요인, 기술적인 요인, 생산비 문제, 건조 및 정선 시설의 제약 등으로 활성화되지 못하고 있다. 그러나 국립축산과학원에서는 2020년부터 품종개발, 종자생산기술 및 건조·정선 시설 개발을 목표로 3개 기관과 공동연구를 추진 중에 있으며 이를 통하여 국내에서도 이탈리아 라이그라스 종자를 생산할 수 있도록 노력하고 있다(NIAS, 2020). 해외에서도 파종간격에 따른 다양한 목적의 종자생산 연구가 많이 추진되었으며 톨페스큐(Young et al., 1998), 레드 페이스큐(Fairey and Lefkovitch, 1996), 페레니얼 라이그라스(Deleuran et al., 2009) 및 이탈리아 라이그라스(Simic et al., 2009)에 대한 연구결과들이 보고되고 있다.

그동안 이탈리아 라이그라스의 종자 채종시기는 장마기간과 겹쳐 생산에 어려움이 많았으며 이런 제약으로 인해 활성화되지 못한 부분이 있었다. 그러나 최근 국립축산과학원에서 육성한 극조생품종 그림팜(Ji et al., 2011) 및 그린콜(Ji et al., 2018)은 출수 및 개화시기가 빨라 장마철 이전에 종자생산의 가능성이 있다고 판단이 되었다. 따라서 본 연구는 남부지방에서 가을에 파종한 극조생 이탈리아 라이그라스 신품종인 그린콜을 활용하여 파종간격에 따른 종자 및 채종질의 생산량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 이탈리아 라이그라스 재배

파종간격에 따른 이탈리아 라이그라스의 종자 및 채종질의 생산성을 비교하기 위한 재배지는 경남 진주시 이반성면 장안리(N 35°19'58", E 128°35'01")의 일반 농가의 논에서 수행하였다. 시험을 수행한 포장은 전 작물로 벼를 재배하였으며, 토양의 화학적 특성은 Jeong et al. (2022)의 보고와 같은 토양으로 약산성이며 유기물 및 유효인산 함량은 다소 높았지만 총 질소 함량은 낮았

다(Table 1).

종자생산을 위한 이탈리아 라이그라스 품종은 국립축산과학원에서 육성한 극조생 품종인 ‘그린콜(GreenCall)’을 이용하였으며 20 kg/ha의 양으로 종자를 조파하였다. 조파시 줄간격은 20, 30 및 40cm로 달리하여 6m² (2m × 3m) 크기의 시험구에서 3반복으로 수행하였다. 파종시 시비량은 파종 당일인 2020년 10월 13일 ha당 질소 90 kg, 인산 120 kg 및 칼리 120 kg에 해당하는 양을 포장전면에 균일하게 살포하였다.

2. 이탈리아 라이그라스의 수확

종자 생산을 위한 이탈리아 라이그라스 수확은 출수일로부터 약 60일 후인 5월 31일에 하였다. 수량 조사를 위하여 수확을 하기 전에 생육조사(초장, 생육상황, 질병저항성, 도복저항성 및 월동률)를 하였으며, 수확은 전체 중에서 가장자리를 제외하고 중앙의 4줄을 수확하여 수량 조사를 하였다. 질병 및 도복에 대한 저항성은 달관으로 조사를 하였는데 1~9점으로 평가를 하였으며 1은 가장 강하고 9는 가장 약한 것으로 하였다.

수확한 시료는 즉시 종자와 짚을 분리하여 각각의 수량을 측정하였다. 측정된 시료 중 종자는 넓게 퍼서 그늘에서 건조를 하였고, 짚은 65°C 순환식 열풍건조기에서 72시간 건조한 후 건물함량을 조사하였고 건물수량은 조사된 수량에 건물함량을 곱하여 ha 단위로 환산하였다.

한편 m² 당 이삭수는 파종당일 20 × 30 cm quadrat을 각 시험구에 설치하고 해당 면적에서 생산된 이삭수를 조사한 후 m² 당 이삭수로 환산하였다.

3. 종자특성 평가

종자의 특성조사는 건조된 종자의 일부를 활용하여 평가하였는데, 종자의 특성조사는 각각의 시험구에서 10 개의 개체를 선정하여 조사를 진행하였다. 전체 이삭의 길이는 마디에서 이삭 끝까지의 길이를 측정하였고, 각각의 이삭에서 생산된 종자수와 무게를 측정하였다. 또한 천립중은 이삭에서 분리된 1,000 개의 종자 무게를 측정하였고, 65°C 순환식 열풍건조기에서 72시간 건조한 후 종자의 건물함량을 조사하였다.

Table 1. Chemical properties of soil in experimental field

pH (1:5)	OM (g/kg)	TN (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (mg/kg)				CEC (cmol/kg)
				K	Ca	Mg	Na	
6.13	41.08	0.14	215.34	0.48	5.33	2.17	0.04	28.07

* OM: Organic matter, TN: Total nitrogen, CEC: Cation exchange capacity.

4. 사료가치 분석

짚에 대한 사료가치 분석을 위한 시료는 수확 당일 얻어진 시료를 65°C 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이종마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다.

조단백질 함량은 Dumas (1826)법에 의거하여 분석하였고 NDF (neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 함량은 Goering and Van Soest (1970)법에 따랐으며, TDN (total digestible nutrient) 함량은 Holland et al. (1990)에 의거 ADF 함량으로 추정하여 계산하였다(TDN % = 88.9 - (0.79 × ADF %)). 또한 RFV(relative feed value)는 ADF 함량으로 DDM (digestible dry matter)을 추정하였고(% DDM = 88.9 - (ADF % × 0.779)), NDF 함량으로 DMI(dry matter intake)를 산정한 후(% DMI = 120 / NDF %) RFV 값을 산출하였다(RFV = (% DDM × % DMI) / 1.29). *In vitro* 건물소화율(IVDMD)는 Tilley and Terry법(1963)을 Moore (1970)가 수정한 방법을 사용하였다. 시험에 쓰인 위액은 평소 조사료를 자유채식 한 한우에서 아침사료를 급여하기 전에 채취하여 이용하였다.

5. 기상 상황

시험기간 동안의 기상(기온 및 강수량)은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 기온은 대체적으로 평년보다 높았으나 10월에서 이듬해 1월까지의 평년보다 낮았다. 강수량은 대체적으로 낮은 편이었으나 3월에서 5월까지의 예년에 비해 많았다. 전체적으로는 봄철 생육에

큰 지장이 없었으며 강수량과 높은 기온으로 생육에 큰 도움이 된 것으로 판단되었다.

6. 통계처리

통계처리는 SAS Package program (ver. 6. 12, 2003)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 평균간 비교는 최소 유의차검정(LSD)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성

파종간격에 따른 이탈리아인 라이그라스의 생육특성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 초장은 평균 121cm로 나타났으며 30cm 간격에서 126cm로 가장 길었고 20cm 간격에서 112cm로 가장 짧았다($p < 0.05$).

도복 저항성에서는 종자생산으로 인해 대체적으로 낮은 편이었으며 30cm 간격에서 가장 낮았으나 처리간에 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 그러나 질병 및 내한성에 있어서는 처리간에 차이가 나타나지 않았다.

Ji et al. (2018)은 신품종 ‘그린콜’의 5개 지역 평균 생육특성 성적에서 초장이 96cm이었으며 월동률은 대조품종인 ‘플로리다 80’ 보다 더 우수하였다고 보고하였다(3.3 vs 1.2). 그러나 본 시험에서는 초장이 평균 121cm로 나타나 평균보다 더 길었는데 이

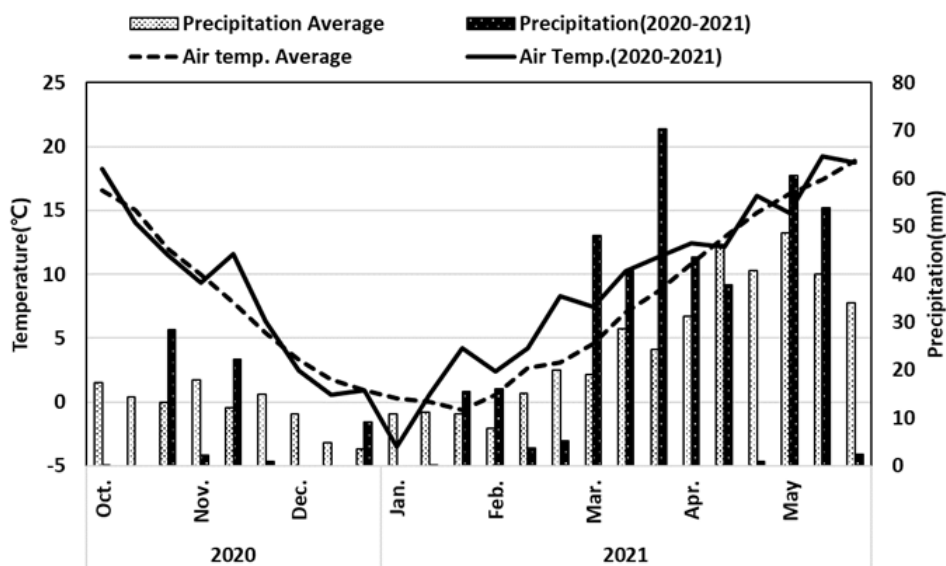


Fig. 1. Monthly meteorological data around the experimental periods in Jinju.

는 진주 지역이 전국 평균보다는 기온이 높아 생육이 왕성하게 일어난 결과로 판단되었다.

한편 Jeong et al. (2022)의 ‘그린콜’ 남부지역 파종량 시험에서 초장이 평균 121cm로 나타났으며 도복은 평균 8.0 그리고 질병 및 내한성은 1.0으로 나타나 본 시험과는 차이가 없었다. 또한 Jeong et al. (2021)은 강원지역 ‘그린콜’ 품종의 파종간격 시험에서 초장은 30cm 파종간격에서 가장 길었고 출수기, 도복 및 내한성에 있어서는 유의적인 차이가 없었다고 보고 하였다.

2. 종자 특성

남부지역에서 이탈리아 라이그라스 파종량이 종자특성에 미치는 영향은 Table 3에서 보는 바와 같다. 이삭의 길이는 평균 62.4cm로 나타났으며 40cm 파종간격에서 가장 길었으나 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 화서당 종자수는 20cm 파종간격에서 194개로 가장 많았으며 30cm 파종간격에서 가장 적었으나 처리간에 유의성은 없었다. 이삭당 종자무게는 평균 0.61g이었으며 이삭당 종자수가 많았던 20cm 파종간격에서 가장 무거웠다. 단위면적당 화서수는 20cm 파종간격에서 유의적으로 많았으며 40cm 파종간격에서 가장 적었다.

Jeong et al. (2021)은 강원지역에서의 이탈리아 라이그라스 종자생산을 위한 파종간격 시험에서 화서의 길이, 종자수, 종자무게 등에 대한 유의적인 차이는 없었으나 단위면적당 화서수에서

는 20cm 파종간격에서 가장 많았다고 하여 본 시험과 일치되는 결과를 보고한 바 있다. 그러나 30cm 및 40cm 파종간격에서는 단위면적당 화서수의 차이는 유의성이 없었다고 하였다.

Han et al. (2016)은 smooth bromegrass 종자 생산 연구에서 파종간격은 종자 생산량, 단위 면적당 분얼수, 화서당 종자수, 천립중에서 유의적인 영향을 주었으나 유효 분얼당 소수수에는 영향을 주지 않았다고 하였는데, 본 시험에서는 종자생산량, 천립중에서는 유의적인 차이가 없었지만, 종자 생산량은 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 Lise et al. (2009)은 파종간격은 유효분얼수 및 식물체 밀도에 영향을 미쳤으나, 도복, 이삭의 길이, 종자 생산량 및 종자 무게에는 영향을 주지 않았다고 보고하였다.

Jeong et al. (2021)의 봄파종 이탈리아 라이그라스 종자생산 연구에서 파종간격이 20cm에서 40cm로 멀어짐에 따라 천립중이 점차 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다고 보고 하였는데 본 시험에서는 파종간격에 따른 일정한 경향 차이가 나타나지 않았다.

3. 종자 및 짚의 생산성

남부지역에서의 파종간격에 따른 이탈리아 라이그라스의 종자 및 짚 생산성에 대한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 종자의 건물함량은 평균 44.90%로 나타났으며 파종간격에 따른 유의적인 차이는 없었다. 종자 수량은 건물 기준으로 평균 1,811 kg/ha

Table 2. The agronomic characteristics of Italian ryegrass depending on the inter-row spacing

Inter-Row Spacing	Plant height (cm)	Heading date	Lodging resistance (1~9)*	Disease resistance (1~9)	Cold resistance (1~9)
20 cm	112	April 27	7	1	1
30 cm	126	April 27	8	1	1
40 cm	119	April 28	7	1	1
Mean	121	-	7	1	1
LSD (0.05)	4.30	-	NS**	NS	NS

* 1: good(strong), 9: bad(weak).

** NS: not significant.

Table 3. The characteristics of the spikes and the seed depending on the inter-row spacing

Inter-Row Spacing	Spike length (cm)	No. of seed per spike	Seed weight (g) per spike	1000-grain weight (g)	No. of spike per m ²
20 cm	61.0	194	0.65	2.1807	1,235
30 cm	60.8	177	0.59	1.7963	1,082
40 cm	65.4	190	0.60	2.0840	935
Mean	62.4	187	0.61	2.0203	1,084
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	101.7

* NS: not significant.

이었으며, 20cm 파종간격에서 가장 많은 종자가 생산되었으며 40cm구에서 가장 적었다. 한편 풍건기준(수분함량 13%)으로는 평균 2,165 kg/ha의 종자가 생산되었다.

Lise et al. (2009)은 페레니얼 라이그라스 종자 생산 연구에서 파종간격이 12, 24, 36 및 48cm로 늘어남에 따라 종자 생산성은 48cm구에서 감소하는 것으로 나타났다고 보고하였는데 본 시험에서도 파종간격이 멀어짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. Borm (1998) 및 Wander (1996)은 목초 종자 생산시험에서 파종간격은 종자생산에 부의 영향을 준다고 하여 본 시험과 일치되는 보고를 하였다. Darwent et al. (1987)도 11개 초종의 목초 종자 생산 시험에서 파종간격이 넓어질수록 종자 생산량이 줄어든다고 하여 본 시험과 일치하는 보고를 한 바 있다.

한편 종자생산 후 짚의 생산은 부수입과도 연관이 있어 조사료로 활용이 가능한 부분이다. 종자수확 후 부산물인 짚의 생산량은 16,580 kg/ha로 나타났으며, 건물함량은 45.51%로 일반적인 이탈리아인 라이그라스보다 높은 편이었으며 건물수량은 평균 7,506 kg/ha로 나타났다. 특히 20cm 및 30cm 파종간격에서는 짚의 수량은 40cm 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

Jeong et al. (2021)의 강원 평창지역에서의 종자생산 연구에서 채종짚의 수량이 파종간격이 좁을수록 높게 나타났다고 하여 본 시험과 일치되었다. 그러나 평균 건물생산량은 3,174 kg/ha로 매우 낮았는데 이는 봄철 재배로 인해 생육기간이 짧았기 때문인

것으로 판단된다. 한편 동유럽에서 시험한 이탈리아인 라이그라스 채종 후의 짚 생산량이 6.00±1.76톤/ha, 건물함량이 40.82~43.64%로 나타났다고 하여 본 시험보다는 다소 낮았다(Hejduk and Macháč, 2019)

4. 짚의 사료가치

채종 후 부산물인 짚의 사료가치는 Table 5에 제시되었다. TDN 함량을 제외하고는 대부분의 항목에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 평균 성분함량은 CP, ADF, NDF, IVDMD, TDN 및 RFV 값은 각각 7.85%, 40.51%, 68.03%, 53.47%, 56.90% 및 79로 나타나 일반적인 이탈리아인 라이그라스보다는 낮은 사료가치를 보여주었다. 조단백질 함량은 파종간격이 넓어질수록 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

그러나 Jeong et al. (2021)의 강원지역 시험보다 높은 함량을 나타내었다(6.91 vs 7.85). ADF 및 NDF 함량에 있어서도 강원 산간지역의 봄철 시험에 비해 높게 나타났으며 소화율은 감소되었다. 따라서 평균적인 RFV 값에 있어서도 본 시험보다 더 높게 나타났(91 vs 79). 한편 TDN 함량은 40cm 파종간격에서 가장 높았고 30cm에서 가장 낮았다.

일년생 및 다년생 라이그라스의 채종 후 짚의 사료가치에 대한 연구 결과를 보면 조단백질 함량은 64.1±26.8 및 81.4±35.1 g/kg으로 페레니얼라이그라스가 더 높게 나타났으며 이탈리아인 라이그

Table 4. Fresh matter (FM) and dry matter (DM) yield of seed and straw depending on the inter-row spacing

Inter-Row Spacing	Seed (kg/ha)				Straw (kg/ha)		
	DM(%)	FM yield	DM yield	Air-dry yield	DM (%)	FM yield	DM yield
20 cm	44.52	4,895	2,180	2,506	44.05	19,279	8,405
30 cm	45.42	4,174	1,898	2,182	47.86	17,390	8,273
40 cm	44.77	3,506	1,572	1,807	44.63	13,221	5,839
Mean	44.90	4,194	1,811	2,165	45.51	16,580	7,506
LSD(0.05)	NS	NS	260.8	294.7	NS	4,266	1,482

* NS: not significant, Air-dry: 13% moisture basis.

Table 5. The content of crude protein (CP), ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility), TDN (total digestible nutrient) and RFV (relative feed value) depending on the inter-row spacing in southern region

Inter-Row Spacing	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	IVDMD (%)	TDN (%)	RFV
20 cm	7.74	41.26	68.51	54.18	56.31	77
30 cm	7.86	41.80	69.43	51.35	55.88	76
40 cm	7.94	38.46	66.15	54.88	58.52	83
Mean	7.85	40.51	68.03	53.47	56.90	79
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	1.40	NS

* NS: not significant.

라스의 ADF 및 NDF 함량도 442 ± 43.3 및 656 ± 76.5 g/kg으로 나타났다고 보고하였는데 지역 및 품종의 차이가 있었지만 본 시험 채종 후 짚의 사료가치보다 더 우수한 것으로 판단되었다 (Hejduk and Macháč, 2019).

IV. 요약

본 시험은 남부지역에서 파종간격에 따른 이탈리아 라이그라스 종자의 생산성 변화를 구명하기 위하여 수행되었다. 이탈리아 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.) ‘그린콜’ 품종을 2020년 가을에 경남 진주지역에 파종하였다. 처리는 3처리의 파종간격(20cm, 30cm, 및 40cm)을 두고 난괴법 3반복으로 수행하였다. 시험구의 파종은 2020년 10월 17일에 하였으며 수확은 출수일로부터 약 60일째인 2021년 5월 31일에 하였다. 출수기는 평균 4월 27일로 처리 간에 차이는 없었다. 초장은 30cm 파종간격에서 유의적으로 길었고 20cm 처리구에서 가장 짧았다. 내도복, 내병성 및 내한성은 처리간에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 도복이 심한 편이었다. 이삭의 길이는 40cm구에서 가장 길었고 이삭당 종자수는 20cm 파종구에서 가장 많았으나 처리간 유의성은 없었다. 종자 수량은 20cm 파종간격에서 2,180 kg/ha로 가장 많았으며 간격이 넓어질수록 줄어들었다. 종자 및 짚의 건물함량은 평균 44.90% 및 45.51%으로 나타났으며 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 채종 후 남은 짚의 수량은 건물기준 평균 7,506 kg/ha로 나타났으며 20cm 파종간격에서 높았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 남부지역에서 가을 파종을 통한 이탈리아 라이그라스 종자생산 시 20cm 간격으로 파종하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ01477503)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- Borm, G.E.L. 1998. Effecten van rijenafstanden. Mechanische onkruidbestrijding op Engels raaigras voor zaadproductie: Op Zand-en dalgrond. PAV Bulletin Akkerbouw, Mei 1998, 4042.
- Darwent, A.L., Najda, H.G., Drabble, J.C. and Elliott, C.R. 1987. Effect of row spacing on seed and hay production of eleven grass species under a peace river region management system. Canadian Journal of Plant Science. 67:755-763.
- Deleuran, L.C., Gislum, R. and Boelt, B. 2009. Cultivar and row distance interactions in perennial ryegrass. Acta Agriculturae Scandinavica. 59:335-341.
- Dumas, A. 1826. Annales de chimie. pp. 33, 342.
- Fairey, N.A. and Lefkovich, L.P. 1996. Crop density and seed production of creeping red fescue(*Festuca rubra* L. var. rubra). 1. Yield and plant development. Canadian Journal of Plant Science. 76:291-298.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U.S. Government Print Office, Washington, D.C.
- Han, Y., Hu, T., Mao, P., Wang, Y., Shen, Z., Zhang, Y., Pan, D. and Wang, X. 2016. Smooth brome grass seed yield and yield component responses to seeding rates and row spacings in two climates. Plant Production Science. 19(3):381-388. doi:10.1080/1343943X.2016.1169152
- Hejduk, S. and Macháč, R. 2019. Yield and Quality of Straw of Italian and Perennial Ryegrass Cultivated for Seed Production. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 67(4):915-923. doi:10.11118/actaun201967040915
- 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, IA. pp. 1-55.
- Jeong, E.C., Kim, H.J., Li, Y.F., Kim, M.J., Ji, H.C. and Kim, J.G. 2020. Seed productivity by varieties of Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.) sown on Spring in Gangwon Province. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 40(4):221-226. doi:10.5333/KGFS.2020.40.4.221
- Jeong, E.C., Kim, H.J., Li, Y.F., Kim, M.J., Ji, H.C. and Kim, J.G. 2021. Seed productivity of Spring Sown Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.) Depending on Seeding Rate in Gangwon Province. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 41(1):23-28. doi:10.5333/KGFS.2021.41.1.23
- Jeong, E.C., Li, Y.F., Wang, L.L., Lee, S.H., AHmadi, F. and Kim, J.G. 2022. Comparative Study of Seed and Straw Productivity of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) ‘GreenCall’ According to Seeding Rates in the Southern Region. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 42(1):41-46. doi:10.5333/KGFS.2022.42.1.41
- Jeong, J.S. 2021. The current status and problems of domestic forage production and distribution. Proceedings of 2021 Symposium and Conference of Korean Society of Grassland and Forage Science. pp. 23-42.

Seed Productivity of IRG According to Inter-Row Spacing

- Ji, H.C., Hwang, T.Y., Lee, K.W., Kim, W.H., Woo, J.H., Hong, K.H. and Cheo, K.H. 2018. Growth characteristics and productivity of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) new variety, 'Green Call'. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 38(4):247-252. doi:10.5333/KGFS.2018.38.4.247
- Ji, H.J., Lee, S.H., Yoon, S.H., Kim, K.Y., Choi, K.J., Park, H.S., Park, N.G., Lim, Y.C. and Lee, E.S. 2011. A Very Early-Maturing Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) New Variety, 'Green Farm' for Double Cropping System. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31(1):9-14. doi:10.5333/KGFS.2011.31.1.9
- Lise, C., Deleuran, R.G. and Birte, B. 2009. Cultivar and row distance interactions in perennial ryegrass. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science. 59(4):335-341. doi:10.1080/09064710802176642
- Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
- Nam, C.H., Kim, K.S., Park, M.H., Yun, I.A., Bae, H.S. and Jang, H.S. 2020. The effect of cultivation environments on seed yield and quality of Italian Ryegrass in Samsan reclaimed land. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 40(2):73-79. doi:10.5333/KGFS.2020.40.2.73
- NIAS. 2020. Annual report. Development of labor-saving and on-demand technique for IRG seed production in Korea. National Institute of Animal Science.
- NIAS. 2022. Domestic developed Italian ryegrass varieties briefing seminar. National Institute of Animal Science.
- SAS. 2003. SAS online Doc. Version 8, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Simić, A., Vučković, S., Maletić, R., Sokolović, D. and Djordjević, N. 2009. The impact of seeding rate and inter-row spacing on Italian ryegrass for seed in the first harvest year. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 33(5):425-433. doi:10.3906/tar-0812-12
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of British Grassland and Forage Science. 18(2):104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Wander, J.G.N. 1996. The effect of row spacing and quantity of seed on the crop structure and seed yield of tall fescue. PAGV Jaarboek 1995/1996 Afgesloten Praktijkonderzoek Akkerbouw, 81A, 143147.
- Young, W.C., Youngberg, H.W. and Silberstein, T.B. 1998. Management studies on seed production of turf-type tall fescue: I Seed yield. Agronomy Journal. 90:474-477.

(Received : May 16, 2022 | Revised : June 14, 2022 | Accepted : June 14, 2022)