

Research Article

강원 고지대에서 봄 파종 이탈리아 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.)의 파종 간격에 따른 종자 생산성 비교 연구

정은찬¹, Li Yan Fen¹, 김학진², 김맹중², 지희정³, 김종근^{1,2,*}

¹서울대학교 국제농업기술대학원, ²서울대학교 그린바이오과학기술연구원, ³국립축산과학원 초지사료과

Comparative study of Seed Productivity of Spring Sown Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.) Depending on Seeding Distance in Gangwon Highland

Eun Chan Jeong¹, Yan Fen Li¹, Hak Jin Kim², Meing Joong Kim², Hee Chung Ji³, 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 study on the growth characteristics and seed productivity of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam., IRG) planted in the Spring in Gangwon Highland according to the seeding distance (20, 30 and 40 cm). The field was located in highland around 600 m above sea level. The experimental design was randomized block design with three replication and the tested IRG variety was 'Greencall' developed by National Institute of Animal Science (NIAS). IRG was sown on March 26, 2020, and harvested on July 2. The plant height was the shortest at 80.5 cm in the 40 cm seeding distance plot ($P<0.05$), and there was no significant difference between the 20 and 30 cm seeding distance. The number of spike per square meter (m^2) was significantly higher in the 20 cm seeding distance plot than that of 40 cm (937 vs. 571). The dry matter (DM) content of seed and straw after harvesting was 49.70 and 33.36 % on average, and there was no significant difference between treatments ($P>0.05$). However, there was a significant difference in the fresh and DM yield of seeds and straw ($P<0.05$). DM yield of seeds was significantly higher in 20 cm distance than that of 40 cm, and the yield of straw was the same trend. On the other hand, there was no significant difference in DM yield between 20 cm and 30 cm and also in the feed value of straw after seed harvesting among seeding distance. The average CP, ADF, NDF, and TDN contents were 6.91, 36.76, 61.75 and 59.86%, respectively, and the RFV value was 91. Considering the above results, the production of Italian ryegrass seeds sown in the spring in the highlands of the Gangwon is lower than that of autumn sowing, but it is judged that it needs to be reviewed in case it is unavoidable. In the future, there should be an economic analysis and the development of technology that can increase production.

(Key words: Italian ryegrass, Greencall, Seed, Production, Straw)

I. 서론

이탈리안 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.)는 우리나라의 대표적인 양질 자급 조사료이다. 2018년 기준 월동 사료작물 중 이탈리안 라이그라스는 169,000 ha에서 재배되고 있으며, 이는 전체 월동 사료작물의 96.6%에 해당하는 것으로, 나머지 3.7%는 호밀, 보리 등이 재배된다(MAFRA, 2019). 이렇게 재배 면적이 월등히 많은 이유는 월동성, 높은 사료가치, 입모중 파종

이 가능한 점 등이 있으며 국내 적응 품종의 개발과 보급도 한 요인이 된다.

이렇게 이탈리안 라이그라스 재배면적이 확대됨에 따라 종자 시장에도 영향을 미쳐 종자 소요량이 급증하고 있으며 국내에서 개발된 품종뿐만 아니라 수입적응성인증품종도 보급이 늘어나고 있다. 그러나 국내에서의 이탈리안 라이그라스 종자 생산은 장마 기간 등 기상여건으로 인해 어렵다고 판단되어 국내에서 육성된 품종도 대부분 해외에서 생산하여 국내로 다시 도입하여 이용하

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

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	
6.08	45.39	0.18	153.67	6.08	4.29	2.07	0.08	36.27

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

고 있는 실정이다(Jeong et al, 2020).

국내에서의 이탈리아 라이그라스 종자 생산에 관한 다양한 연구들이 진행이 되었으나(Kim et al., 2010; Choi et al., 2002; Park et al., 1987; Park et al., 1984) 대부분이 정상적인 생산을 위해 가을철에 파종하여 이듬해 5-6월경에 수확을 하는 형태로 시험이 수행되었다. 그러나 최근의 가을철 날씨는 늦은 가을 장마로 인해 이탈리아 라이그라스의 파종이 지연되거나 불가하게 되어 종자 수급에 큰 어려움을 초래할 우려가 있다. 이에 봄철에 이탈리아 라이그라스를 파종을 하여 당해연도에 종자를 생산할 수 있는지에 대한 기술적 검토가 필요하다고 판단이 된다. 일부 봄 파종 이탈리아 라이그라스 종자 생산과 관련된 연구가 있었지만 종자 생산 가능성에 대한 검토(Nam et al., 2019) 그리고 국내 육성 품종에 따른 생산성 평가(Jeong et al., 2020) 등으로 연구가 다양하지 못한 실정이다.

농촌진흥청 국립축산과학원에서는 숙기가 빠른 극조생 이탈리아 라이그라스 종자를 개발하였으며(Ji et al., 2015; Ji et al., 2018), 이런 품종(Greenfarm, Greencall)을 이용한다면 채종 시기를 앞당길 수 있어 국내에서의 종자 생산 가능성을 위한 연구를 수행할 필요가 있다. 종자 생산의 기계화에 있어 중요한 특성은 도복 저항성이다. 이 특성은 파종 간격에 의해 차이를 보일 수 있기 때문에(Choi et al., 2002) 재배시 적정한 파종 간격이 요구되며, 이를 통해 종자 생산성의 효율을 높일 수 있다.

따라서 본 시험은 강원 산간지역에서 봄철에 파종한 극조생종 이탈리아 라이그라스 “Greencall”의 파종 간격이 생육 특성, 종자 생산성, 종자 특성 및 짚의 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 이탈리아 라이그라스의 재배

본 연구는 강원도 평창군에 위치한 서울대학교 평창캠퍼스내 조사료 시험포에서 수행되었다(N 37°32'40", E 128°26'33", Sea level 550m). 종자 생산을 위한 재배시험 포장은 전작물로 옥수수를 재배한 후 휴한중인 포장으로 시험포장의 화학적 특성

은 Table 1에서 보는 바와 같이 약산성이고, 유기물 함량은 높았고, 총 질소 및 유효인산의 함량은 낮은 편이었다

시험에 공시된 이탈리아 라이그라스 품종은 국립축산과학원에서 새로이 육성한(Ji et al., 2018) 극조생종 ‘그린콜(Greencall)’이었다. 시험 설계는 파종간격 3처리(20, 30 및 40 cm)를 난괴법 3반복으로 실시하였다. 종자 생산을 위한 파종은 2020년 3월 26일에 하였으며, 시험구는 6m(2m×3m) 크기로 하였고, 파종량은 종자생산에 위한 권장 파종량인 20 kg/ha으로 하였다. 시험에 이용된 종자는 공시된 파종간격으로 균일하게 조파를 하였고, 시비량은 질소 90 kg, 인산 120 kg 및 칼리 120 kg/ha로 설정하여 파종당일 포장전면에 균일하게 살포하였다.

2. 이탈리아 라이그라스의 수확

재배된 이탈리아 라이그라스는 종자 생산을 위해 2020년 7월 2일에 수확을 하였다. 수량조사를 위한 수확 전에 초장, 생육상황, 질병 및 도복 등에 대하여 생육조사를 실시하였고, 수확은 전체 중에서(10줄, 7줄 및 5줄) 가장자리 줄을 제외하고 가운데 3줄을 수확하여 수량 조사를 하였다. 수확된 시료는 즉시 종자와 짚을 분리(마지막 마디)하여 각각의 수량을 측정하였다. 측정된 시료 중 종자는 넓게 펴서 그늘에서 건조를 하였고, 일부 시료에 대하여 종자와 짚을 각각 65°C 순환식 열풍건조기에서 72시간 건조한 후 건물함량을 조사하였고, 건물수량은 조사된 수량에 건물함량을 곱하여 ha 단위로 환산하였다.

한편 단위면적당(m²) 이삭수는 파종 당일 quadrat(20×30 cm)을 설치하고, 해당 면적에서 생산된 이삭수를 산정한 후 m² 당 이삭수로 환산하였다.

3. 종자특성 평가 및 사료가치 분석

생산된 종자의 특성조사는 각각의 시험구에서 10개의 개체를 선정하여 조사를 진행하였다. 각각의 조사 항목 및 방법은 Jeong et al.(2020)과 동일한 방법으로 수행을 하였다.

채종 후 부산물로 남은 짚에 대한 사료가치 분석도 선행 연구와 동일한 방법으로 수행이 되었는데, 조단백질 함량은 AOAC(1995), NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 함량은 Goering 및 Van Soest (1970)법, 그리고 TDN(total digestible

nutrient) 함량은 Holland et al.(1990)에 의거 ADF 함량으로 추정하여 계산하였다(TDN % = 88.9 - (0.79 × ADF %)). RFV(relative feed value)는 ADF 함량으로 DDM(digestible dry matter)을 추정하고(% 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 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을

사용하였다. 시험에 쓰인 위액은 평소 조사료를 자유채식 한 한우에서 아침사료를 급여하기 전에 채취하여 이용하였다.

4. 기상 상황

시험기간 동안의 기상(기온 및 강수량)은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 전체적인 기온은 평년보다 낮은 편이었으며 4월에는 평년에 비해 12.1℃가 낮았다. 5월~7월까지는 예년보다 낮은 기온을 보였으나 큰 차이는 없었다. 강수량은 5월에 예년보다 많았지만, 3월과 4월에는 예년보다 적었고, 6월과 7월에도 낮게 나타났다. 강수일수에 있어서는 3월과 4월에는 예년에 비해 적었지만 5월~7월은 예년보다 많았다. 특히 7월은 장마철에 해당되어 강수일수가 19일이나 되어 잦은 강우로 인해 종자 건조에 어려움이 있었다.

5. 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

봄 파종한 이탈리아 라이그라스의 파종 간격 별 초장 및 생육 특성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 초장은 20 및 30 cm 파종 간격 구에서 84.3 및 86.2 cm로 길었으며, 두 파종 간격 간에는 유의적인 차이는 없었다. 그러나 40 cm 파종 간격 구에서는 80.5 cm로 유의적으로 짧았다($P < 0.05$). 출수기는 모두 5월 8일로 파종간격에 따른 차이는 없었으며, 질병 저항성과 도복 저항성에 있어서는 30 cm 파종 간격 처리에서 약간 강한 것으로 나타났지만, 모두 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$).

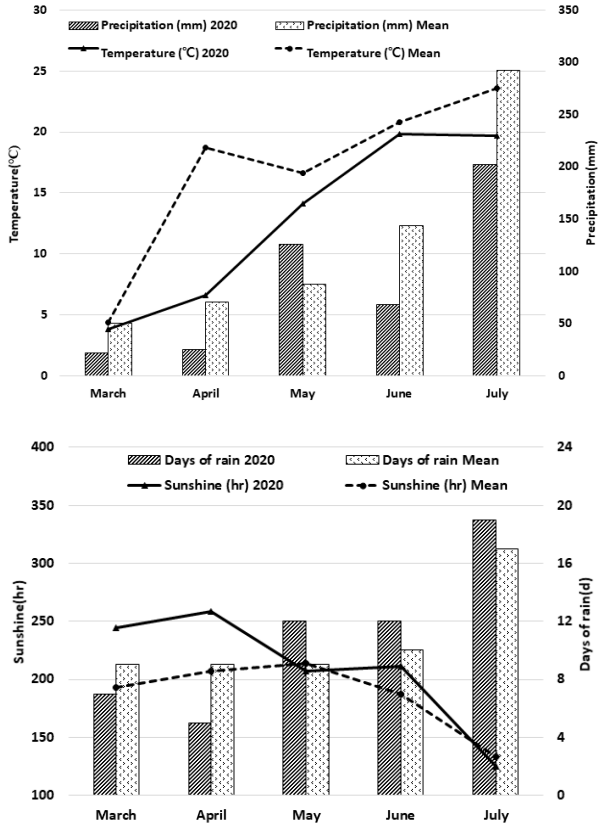


Fig. 1. Monthly meteorological data around the experimental periods in Pyeongchang.

Table 2. The agronomic characteristics of Italian ryegrass sown in Spring depending on the seeding distance

Seeding distance	Plant height (cm)	Heading date	Lodging resistance (1~9)*	Disease resistance (1~9)
20 cm	84.3	May 8	3.67	1.33
30 cm	86.2	May 8	2.67	1.00
40 cm	80.5	May 8	3.67	1.67
Mean	83.7	-	3.33	1.33
LSD(0.05)	2.83	-	NS	NS

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

* NS : not significant

Choi et al.(2002)에 의하면 파종간격을 15, 30 및 45 cm로 하였을 때 초장, 출수기, 개화기 및 도복 저항성에서 유의적인 차이가 없다고 보고하고 있다. 본 시험과는 큰 관련이 없지만 파종간격이 넓고 이른 봄 질소시비량이 적을 때 도복 저항성이 높게 나타났다고 하였다. 또한 파종간격이 좁아도 질소 사용량을 줄이면 도복 저항성이 높아진다고 하였다. 본 시험에서도 30 cm 파종간격에서 도복 저항성이 가장 높았지만 처리간에 유의성은 없었다($P>0.05$).

한편 Nam et al.(2019)은 가을(입모중 파종, 9월 24일)과 봄(차년도 2월 13일)에 파종한 코윈어리의 출수기가 가을철 파종시 4월 19일이었고, 봄 파종(이듬해 2월)시에는 5월16일로 많은 차이가 있었다고 하였다. 한편 농촌진흥청(RDA, 2020)의 신품종에 대한 소개 자료에서 보면 중부지방 가을에 파종한 그린콜의 출수기를 4월 25일로 제시하고 있어 본 시험과는 차이가 있었다. 이는 봄 파종과 높은 고도 및 위도에 따른 차이로 해석이 된다. Terry et al.(2010)의 보고에 의하면 일장과 저온감응 정도에 따라 이탈리아 라이그라스의 출수기가 달라지며, 실제 출수기는 고도와 위도 그리고 연차에 따라 다르다고 하여 본 결과를 뒷받침하고 있다.

2. 종자 특성

종자의 특성은 이삭의 길이에서 30 cm 파종 간격 시험구에서 48.9 cm로 가장 길었고 20 cm 파종 간격 시험구에서 47.9 cm로 가장 짧았다. 그러나 처리 간에 유의성은 없었다($P>0.05$). 이삭당 종자의 수는 30 cm 파종 간격 시험 구에서 156.1개로 가장 많았고, 20 cm 파종 간격 시험 구에서 124.8개로 가장 적었으나, 마찬가지로 처리 간에 유의성은 없었다($P>0.05$). 이삭당 종자무

게에 있어서 30 cm > 40 cm > 20 cm 순으로 나타났으며 처리 간에 유의성은 없었다. 천립중 무게는 3처리 간에 비슷한 무게를 보이며 유의적인 차이를 보이지 않았다. 포장에서의 단위면적당 이삭수를 평가함에 있어서도 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

Aleksandar et al.(2009)은 가뭄이 있는 해에는 파종 간격이 좁을수록 이삭길이가 유의적으로 길었으나 비가 많이 오는 시기에는 유의적인 차이가 없었다고 하였다. 본 시험에서 대체적으로 강우가 절대량은 평년에 비해 적었으나, 강우일수는 평년보다 오히려 많아서 수분 공급이 적당하게 이루어져 유의성이 없었다고 판단이 된다.

한편 Choi et al.(2002)이 수행한 가을파종 이탈리아 라이그라스의 종자구성 요소 보고에서 파종 간격이 좁을수록 단위면적당 이삭 수는 많은 경향이었고 이삭의 길이와 천립중은 파종간격이 넓을수록 길고 무거워 졌다고 하였다. 본 시험에서는 단위면적당 이삭수는 파종간격이 좁을수록 유의적으로 높았지만, 나머지 특성은 비슷한 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 없었다($P>0.05$).

Lee et al.(2015)은 오차드그라스 종자 생산 시험에서 휴폭이 넓을수록 이삭의 길이가 더 길었고 좁을 경우에는 이삭수 및 종자수량이 더 높았다고 보고하였는데 본 시험에서는 이삭의 길이가 휴폭이 넓어짐에 따라 약간 길어졌으나 유의성은 없었으며 이삭의 수는 특별한 경향을 보이지 않았다.

3. 종자 및 짚의 생산성

파종 간격별 종자와 짚의 생산성은 Table 4에서 보는 바와 같다. 평균 건물함량은 종자가 49.70% 그리고 짚은 33.36%로 종자가 더 높았다. 파종 간격 별 종자에서 20 cm 파종간격에서 건

Table 3. The characteristics of the spikes and the seed of Spring sown Italian ryegrass depending on the seeding distance

Seeding distance	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	47.93	124.8	0.48	2.3	937
30 cm	48.91	156.1	0.57	2.4	732
40 cm	48.30	145.2	0.49	2.5	571
Mean	48.38	142.0	0.51	2.4	747
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	320.9

* NS : not significant

Table 4. Fresh and dry matter (DM) yield of seed and straw depending on the seeding distance

Seeding distance	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	IVDMD (%)	TDN (%)	RFV
20cm	7.33	36.54	61.90	61.92	60.03	91
30cm	6.54	36.28	61.53	59.57	60.24	92
40cm	6.84	37.46	61.81	62.59	59.31	90
Mean	6.91	36.76	61.75	61.36	59.86	91
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* NS : not significant

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 seeding distance in Gangwon region

Seeding Distance	Seed			Straw		
	DM(%)	Fresh yield (kg/ha)	Dry yield (kg/ha)	DM(%)	Fresh yield (kg/ha)	Dry yield (kg/ha)
20cm	50.18	3,363	1,685	32.63	11,115	3,543
30cm	49.11	2,807	1,379	34.21	9,422	3,215
40cm	49.80	2,497	1,244	33.23	8,524	2,763
Mean	49.70	2,889	1,436	33.36	9,687	3,174
LSD(0.05)	NS	417.4	203.7	NS	1,136.7	419.2

* NS : not significant

물함량이 50.18%로 가장 높았으며, 깊은 30 cm 파종간격에서 34.21%로 가장 높았으나 모두 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$).

종자의 생산성은 20 cm 파종간격에서 1,685 kg/ha로 가장 높았으며 30 cm 파종간격 처리구에서 1,379 그리고 40 cm 파종간격 시험구에서 1,244 kg/ha로 나타나 20 cm 파종간격에서 생산량이 가장 많았다($P>0.05$). 한편 봄 파종된 이탈리아 라이그라스의 종자 생산량은 가을에 파종한 시험보다 낮은 경향을 보였는데, 이는 식물체의 vernalization과 관련된 것으로, Bruce et al.(2015)은 이런 이유로 늦은 가을에 파종한 경우는 수량이 낮아 권장하기 어렵다고 하였다.

국내에서의 종자 생산 시험에 의하면 가을철 파종된 이탈리아 라이그라스의 생산성은 지역, 연도, 재배이력, 품종 등에 따라 다르게 나타났다. Kim et al.(2013)의 전북 김제에서 입모중 파종 시 30 kg/ha 파종량으로 1,400 kg/ha 수량을 얻었다고 보고한 바 있으며, Nam et al. (2019)은 전남 강진에서 벼 후작 재배시 종자 생산량이 2,507 kg/ha이었고, 봄 파종시에는 940 kg/ha 이었다고 하였다. Choi et al.(2002)은 중부지역에서 만생종인 화산 101호를 이용한 종자생산 시험에서 2년 평균이 30 cm 파종간격에서 1,554 kg/ha로 나타났다고 하여, 봄철 파종한 본 시험의 생산성(평균 1,436 kg/ha)은 낮은 편이었다.

한편 짚의 수량에 있어서 생초 수량은 20 cm 파종간격에서 30 cm 및 40 cm 파종간격에 비해 유의적으로 높았으나 건물수량은 20 cm 와 30 cm 간에는 차이가 없었고 40 cm 파종간격에서는 유의적으로 낮았다($P<0.05$). Lee et al.(2015)의 톨 페스큐 종자생산 시험에서 파종간격(15, 30 및 45 cm)에 따른 채종 짚의 생산성은 간격이 좁을수록 유의적으로 높게 나타났다고 하여 본 시험과 비슷한 결과를 보고하였다.

4. 짚의 사료가치

채종된 짚의 사료가치는 Table 5에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 6.54~7.33%로 낮았으며, 20cm 파종 간격 처리구에서 7.33%로 상대적으로 높은 값을 보였지만, 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 대부분의 사료가치를 나타내는 항목에 있어 처리 간에 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). RFV 값에 있어서도 80~86으로 채종 후의 부산물이기에 낮은 값을 나타내었다. 전체적으로 종자를 탈곡한 후의 부산물이어서, 품질 성분에 있어 유의적인 차이는 없었다.

한편 Ji et al.(2018)은 정상적으로 생육된 그린콜의 사료가치는 조단백질이 10.3%, 소화율이 69.5% 그리고 TDN이 60.8%라고 하여, 종자 생산 후 부산물로 이용되는 짚의 사료가치는 whole plant와는 차이가 있었다.

Nam et al.(2019)은 수확시기에 따라 사료가치가 다르게 나타났는데 가장 빠른 수확구(출수 후 35일)에서 조단백질과 TDN 함량이 가장 높았고 가을에 파종한 채종 짚의 평균 조단백질 함량이 5.7%, TDN 함량은 54.4%로 조사되었다고 보고하여 본 시험보다는 낮은 함량을 보였다.

IV. 요약

본 시험은 강원지역에서 봄철 파종한 이탈리아 라이그라스 (*Lolium multiflorum* Lam.)의 파종 간격(20, 30 및 40 cm)에 따른 생육특성과 종자 생산성을 비교하기 위해 수행되었다. 시험포장은 해발 600 m 내외의 고지대로 최근 육성된 극조생종 그린콜 (Greencall) 품종을 공시하여 난괴법 3반복으로 수행하였다. 시험구의 파종은 2020년 3월 26일에 하였으며 수확은 출수일로부터 60일째인 7월 2일에 하였다. 출수기 5월 8일 이었으며 도복 및 질병 저항성은 처리 간에 차이는 없었다($P>0.05$). 초장은 40

cm 파종 간격 시험구에서 80.5 cm로 가장 짧았으며 20 및 30 cm 파종간격간에는 차이가 없었다. 종자의 특성중 이삭의 길이, 이삭당 종자수, 아삭당 종자무게 및 천립중에 있어서는 유의적인 차이가 없었으나 단위면적당(m²) 이삭두는 20 cm 파종간격이 40 cm에 비해 유의적으로 많았다(937 vs 571). 종자 및 채종 후 짚의 생산량은 건물함량의 경우 평균 49.70 및 33.36으로 처리간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 종자와 짚의 생초 및 건물수량은 유의적인 차이를 보였는데 20 cm 파종간격이 40 cm 보다 종자의 건물수량이 유의적으로 높았고 짚의 수량도 같은 경향이였다. 한편 20 cm와 30 cm 간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 채종 후 짚의 사료가치는 파종간격간에 유의적인 차이는 나타나지 않았고 평균 조단백질, ADF, NDF, TDN 함량은 각각 6.91, 36.76, 61.75 및 59.86%로 나타났으며 RFV 값은 평균 91 이었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 강원지역 고지대에서 봄에 파종한 이탈리아 라이그라스의 종자 생산량은 가을 파종보다는 낮지만, 부득이한 경우를 대비하여 검토할 필요가 있다고 판단되며, 추후 생산을 높일 수 있는 기술의 개발과 경제성 분석이 있어야 할 것이다.

V. 사 사

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

VI. REFERENCES

- A.O.A.C. 1995. Official method of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, Washington D.C.
- Aleksandar, S., Savo, V., Radojka, M., Dejan, S. and Nenad, D. 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*. 33:425-433. doi:10.3906/tar-0812-12
- Bruce, C., Heather, L. and Matin, E. 2015. The effect of late fall seeding time on the seed production of Italian Ryegrass. *Canadian Journal of Plant Science*. 95:641-645. doi:10.4141/cjps-2015-021
- Choi, G.J., Chung, E.S., Rim, Y.W., Lim, Y.C., Kim, K.Y., Sung, B.R. and Park, G.J. 2002. Effects of drill widths and nitrogen application levels in early spring on the growth characteristics and seed productivity of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 22(3):221-226. doi:10.5333/KGFS.2002.22.3.221
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook 379*, U.S. Government Print Office, Washington, D.C.
- 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.J. and Kim, J.G. 2020. Seed productivity by varieties of Italian Ryegrass sown in spring in Gangwon Highlands. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 40(4):221-226. doi:10.5333/KGFS.2020.40.4.221.
- Ji, H.C., Hwang, T.Y., Kim, K.Y., Choe, H.S., Hong, K.H., Choe, K.W., Lee, K.W. and Lee, S.H. 2015. A very early-maturing Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* Lam.) New variety, 'Greenfarm3ho'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35(1):31-35. doi:10.5333/KGFS.2015.35.1.31
- 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
- Kim, K.Y., Choi, K.J., Ji, H.J., Hwang, T.Y., Lee, K.W., Park, G.S., Park, S.M. and Kim, H.J. 2013. Seeding rate and nitrogen rate for seed production on broadcasting of Italian ryegrass seeds before rice harvest. *The Proceedings of 2013 Symposium and Conference of Korean Society of Grassland and Forage Science*. 150-151.
- Kim, M.J., Seo, S., Kim, J.G., Choi, K.J., Kim, K.Y., Lee, S.H., Chang, S.S., Kim, T.I., Kwon, E.G., Jeon, B.S. and Choi, K.C. 2010. Effect of seeding rates of cold tolerant Italian Ryegrass varieties on those seed production. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30(3):247-256. doi:10.5333/KGFS.2010.30.3.247
- Lee, S.H., Kim, K.Y., Ji, H.C., Hwang, T.Y., Park, H.S. and Lee, K.W. 2015. Effect of the drill widths and nitrogen application levels in early spring on seed productivity of domestic tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.). *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 35(2):119-124. doi:10.5333/KGFS.2015.35.2.119
- MAFRA. 2019. The current situation of forage increase production and supplementation policy. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- 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, A.A., Han, O.K., Kim, W.H. and Sun, S.S. 2019. Growth characteristics and productivity of spring sowing time and mixed sowing of winter forage crop. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 39(4):207-215. doi:10.5333/KGFS.2019.39.4.207
- Park, B.H. and Lee, N.J. 1984. Seed production studies in Italian

- Ryegrass(*Lolium multiflorum* L. italicum) I. Effects of seeding time and seed rates of Italian Ryegrass Tetrone on seed production. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 4(3):226-234.
- Park, B.H., Bae, S.T., Park, H.C., Kang, J.H. and Lee, N.J. 1987. Seed production studies in Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* L. italicum) III. Effects of autumn and spring defoliation on seed yield of Italian Ryegrass. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 7(1):49-54.
- RDA(Rural Development Administration). 2020. Forage crop-Italian ryegrass (IRG) safety cultivation technology in the central region. Nongsaro. <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdyDtl.ps?pageIndex=1&pageSize=10&menuId=PS00067&sText=&sStdPrdlstCode=LP065601&sStdTchnlgyCode=GC05&sRdaStdPrdlstCode=LP&sRdaStdTchnlgyCode=&kidofcomdyNo=21132&sOldDtShowAt=N&sKeyword=&sNameOrderAt=Y&sSearchText=&sSearchTextM=>
- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT user guide: Statics, Version 9.0 (7th ed.). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Terry, L., Peter, B., Neil, G. and Mary-Anne, L. 2010. Annual, Italian and short rotation ryegrass varieties, 2010. States of New South Wales. https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/331746/annual-italian-and-short-rotation-ryegrass-varieties-2010.pdf
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Grassland and Forage Science. 18(2):104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- (Received : February 2, 2021 | Revised : March 15, 2021 | Accepted : March 16, 2021)