

이앙 시기와 재식 밀도에 따른 이탈리아 라이그라스의 생육 및 종실 수량 특성 평가

이윤호^{1,†} · 김정원² · 박혁진³ · 김현기⁴ · 장현수¹ · 김대욱¹ · 윤종탁⁵

Transplanting Date and Planting Density Affect the Growth Characteristics and Seed Yield of Italian Ryegrass

Yun-Ho Lee^{1,†}, Jeong-Won Kim², Hyeok-Jin Bak³, Hyun-Ki Kim⁴, Hyeon-Soo Jang¹, Dea-Yuk Kim¹, and Jong-Tak Yoon⁵

ABSTRACT Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.; IRG) sowing season is delayed due to the autumn rainy season. Therefore, to address this problem, transplanting date and plant density were investigated. Transplant times investigated were October 20th, October 30th, and November 10th and planting densities were 50, 70, and 80 hills per 3.3 m². The plant height, leaf area index, and plant coverage rate were high in the following order: October 20th, October 30th, and November 10th. There was no significant difference among planting densities. In addition, the number of tillers and dry weight before and after wintering were high on October 20th. In terms of yield components, the number of tillers, dry weight, and seed yield per unit area were higher with the transplanting date of October 20th than with transplanting on November 10th. There was no difference in seed yield between the planting densities of 80 and 70 hills per 3.3 m². However, seed yield was low at 50 hills per 3.3 m². In conclusion, the transplanting time for stable seed production is late October, and optimal plant density is 70 and 80 hills per 3.3 m². A stable interplanting number before wintering will contribute to the seed yield.

Keywords : Italian ryegrass, plant seed yield, transplanting date

이탈리안 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.; IRG)는 일년생 및 월년생 벼과 사료 작물로 9월 하순에 파종하여 이듬해 5월에 수확하는 사료용 작물이다. 종자 채종의 경우에는 6월에 수확한다. IRG는 질소비료를 좋아하는 다비성 작물로 비옥한 토양에서 생산성이 높고, 습해에도 강하지만 다소 추위와 건조에 약하다(Kim *et al.*, 2007). 한편 IRG는 초기 생육이 우수하여 사료 가치가 높은 특성을 가지고 있으며, 국내에서 재배되는 동계 사료작물의 83%를 점유하고 있어 종자 공급량도 증가 하고 있다(Kim *et al.*, 2020). 그러

나, 국내 IRG의 종자 소요량의 77%는 해외 채종에 의존하고 있으며, 연간 6,000 톤을 수입하고 있다(MAFRA, 2022).

양질의 IRG 종자를 확보하기 위해서는 파종 시기, 경운 방법, 파종 방법 및 시비량 등 안정 재배기술을 적용해야 한다(Kim *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2020; Bae *et al.*, 2021; Jeong *et al.*, 2021). 이러한 IRG 종자 채종 연구 방법은 직파 재배로 국한되어 있어 파종시기에 가을장마가 발생하는 시기 또는 배수가 불량한 포장의 경우 파종을 위한 장비 등을 활용하기 힘들

¹국립식량과학원 작물재배생리과 농업연구소 (Scientist, Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wnaju 55365, Republic of Korea)

²국립식량과학원 작물재배생리과 학연산 협동과정 석사 (Academy Research Industry Cooperation Program Master, Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wnaju 55365, Republic of Korea)

³국립식량과학원 작물재배생리과 학연산 협동과정 박사 (Academy Research Industry Cooperation Program Doctor, Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wnaju 55365, Republic of Korea)

⁴국립식량과학원 작물재배생리과 석사후 연구원 (Master's Degree Researcher, Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wnaju 55365, Republic of Korea)

⁵국립식량과학원 작물재배생리과 농업연구관 (Senior Scientist, Crop Production & Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wnaju 55365, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Yun-Ho Lee; (Phone) +82-63-238-5269; (E-mail) zooz9005@korea.kr

<Received 19 September, 2023; Revised 22 October, 2023; Accepted 1 November, 2023>

Table 1. Chemical characteristics of soil in the experimental field.

pH (1:5)	C (%)	T-N (%)	OM (g/kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg ⁻¹)	Ex.cation (Cmol ⁺ kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
6.6	0.84	0.08	14.5	64.5	0.2	5.3	1.9

OM, Organic matter; Ex.cation, exchange cation.

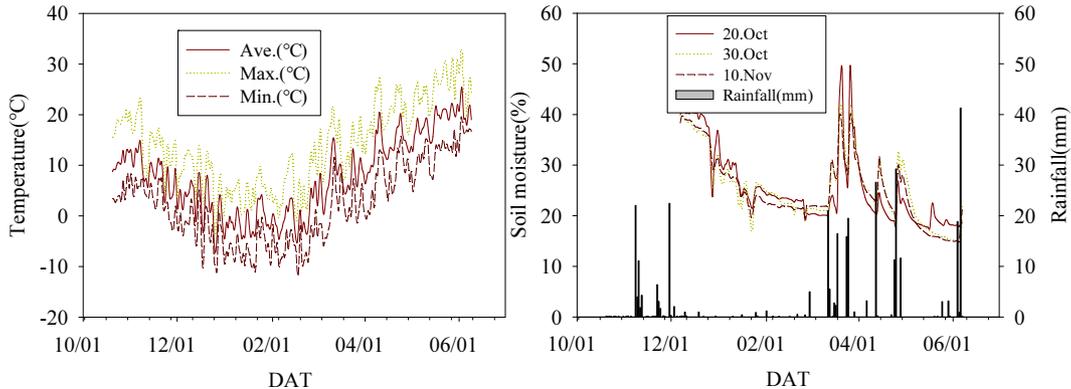


Fig. 1. Daily meteorological data and soil moisture during the cultivation period in the experimental location. DAT, days after transplanting.

기 때문에 적시에 파종을 못하여 지연되는 상황이 종종 발생한다. 이로 인해 파종 후 출현율이 낮아지고 월동전 생육이 느려져서 월동율이 떨어지며 봄에 재생도 불량하여 종자의 수량이 상당히 적어지며 수확시기 또한 늦어지게 된다(Kim *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2016).

따라서 직파재배에서 문제점을 이앙 재배로 대체하면 월동전 초기 입모율, 분얼, 초장 등을 확보하여 월동율을 높여 안정적 종자 수량을 확보 할 것으로 기대된다. 본 연구는 논에서의 이앙 재배를 통해 IRG 안정적인 종자 채종 기술개발 확립의 일환으로 이앙 시기와 재식밀도를 설정함으로써 향후 논에서의 안정적인 IRG 종자 생산 산업에 기초 자료를 제공 하고자 수행 하였다.

재료 및 방법

IRG 이앙 재배 방법

본 연구는 2021년 10월 20일부터 2023년 6월 15일까지 국립식량과학원 답작포장에서 수행하였다. IRG 공시 품종은 조생종 ‘코인어리’를 사용하여 연구를 실시하였다(Choi *et al.*, 2007). 육묘는 상자당 60 g을 파종하여 출아실에서 2~3일간 출아 시킨 후 12일 육묘로 이앙하였다. 이앙 시기를 주구로 재식밀도를 세구로 구분하였다. 이앙 시기는 2021년 10월 20일, 10월 30일, 그리고 11월 10일에 3수준으로 하였다. 각 이앙 시기 포장의 크기는 10×80 m로 재식

밀도는 3.3 m² 당 각각 50주, 70주, 80주 나누어 3반복 난괴법으로 이앙하였다. 시비량은 밑거름으로 ha당 질소 20 kg, 인산 60 kg, 칼리 60 kg으로 하였고, 이른 봄 웃거름으로 ha당 질소 25 kg, 인산 60 kg, 칼리 60 kg을 시비하였다(Bae *et al.*, 2021). 이앙전 시험 포장 토양의 이화학적 결과는 Table 1과 같다. 일반적으로 논 토양 화학적 결과는 pH는 5.5~6.5 사이고, 유기물 함량은 20~30이고, 유효 인산은 80~120사이로 본 시험 포장은 적정 범위보다는 다소 낮았으나 치환성양이온은 적정 범위를 나타냈다.

재배기간 생육 조사 및 기상 변화

재배기간 생육 조사는 초장, 건물중, 경수, 엽면적지수와 군락 피복도(LP-80, Meter Group, USA)를 측정 하였다. 월동전 생육 조사는 12월 중순에 하였고, 월동 후 생육 조사는 3월 하순에 하였으며 출수시는 전체 면적에 10% 이상을 기준으로 하였다. 종자 수확은 6월 5일부터 6월 10일까지 하였다. 수량 조사는 이삭수, 천립중, 총 건물중 및 종실 수량을 조사하였다.

재배 기간 기상 환경과 토양 수분 변화는 Fig. 1과 같다. 기상 자료는 시험 포장에서 5 m 이내에 기상 복합 장치(ATMOS 41, Meter Group, USA)를 설치하였다. 토양 수분 변화는 토양 수분 센서(TEROS 12, Meter Group, USA)를 이용하였다. 재배기간 평균 온도는 10월 20일 이앙이 7.8°C 이었고, 10월 30일 이앙이 7.7°C이고 11월 10일 이앙이

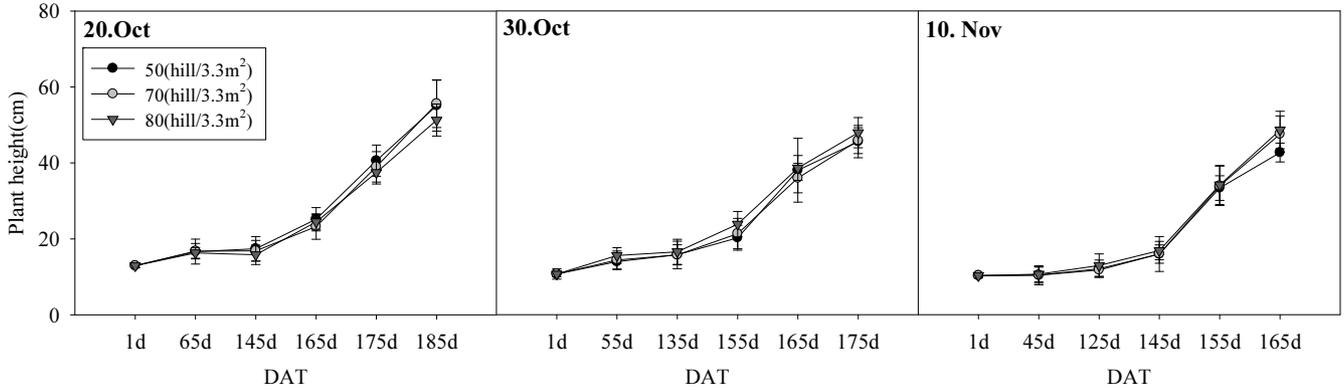


Fig. 2. Plant height of Italian ryegrass according to transplanting date and planting density. DAT, days after transplanting.

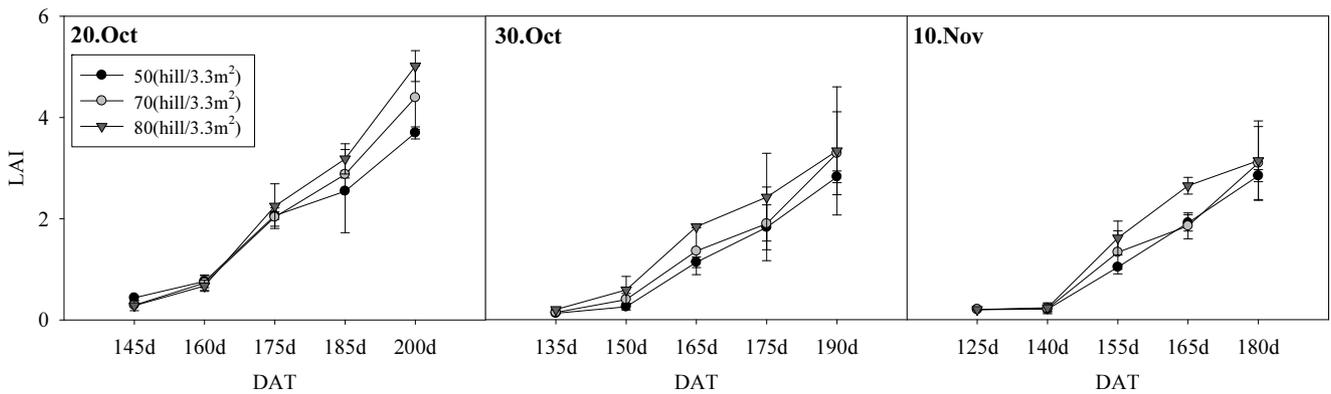


Fig. 3. Leaf area index (LAI) of Italian ryegrass according to transplanting date and planting density. DAT, days after transplanting.

7.5°C이었다. 이양 30일 후 10월 19일, 10월 29일 그리고 11월 9일 이양의 각각 평균 온도는 10.4°C, 10.3°C 및 6.3°C 이었다. 강수량은 10월 20일 이양 한 것이 329.4 mm이었고, 10월 30일 이양은 328.4 mm이었고, 11월 10일 이양은 301.9 mm이었다. 재배기간 토양 수분 변화는 10월 20일 이양이 25.6%이었고, 10월 30일 이양이 25.4%이고 11월 10일 이양이 25.1%를 나타냈었다.

통계처리

통계 분석은 SAS 9.4를 이용하여 분산분석 및 던컨의 다중분석검정으로 P = 0.05 수준에서 유의성을 검정을 하였다.

결과 및 고찰

초장, 엽면적 지수 및 군락 피복도 변화

이양시기와 재식밀도별 초장 변화에 대한 결과는 Fig. 2 와 같다. 이양 후 월동 전까지 10월 20일 이양이 10월 30일 과 11월 10일 이양에 비해 초장이 높았다. 월동 전 초장은

파종일이 늦어 질수록 월동율이 급격하게 떨어지기 때문에 파종 적기에 파종하여 10 cm 이상이 되어야만 월동율이 좋아진다(Kim *et al.*, 2009). 본 연구에서는 11월 10일에 이양 한 것을 제외하고 모두 10cm로 나타나 10월 20일 및 10월 30일에 이양한 것은 9월 하순에 직파한 것도 같은 효과가 있는 것으로 판단된다. 한편, 10월 20일, 10월 30일 및 11월 10일 이양 후 각각 165일, 155일, 및 145일부터 급속하게 신장하였지만, 늦게 이양 할수록 초장의 신장은 짧았다. 이러한 결과는 직파 재배에서도 파종 시기가 늦을수록 초장이 짧다고 보고하였다(Kim *et al.*, 2009). 한편 재식밀도 간에는 초장의 차이는 없었다.

이양시기와 재식밀도별 엽면적 지수 변화는 Fig. 3과 같다. 10월 20일 이양이 10월 30일과 11월 10일 이양에 비해 군락 엽면적 지수가 높았다. 출수기의 엽면적 지수는 10월 20일 이양이 3.0을 넘었으나 10월 20일과 10월 30일 이양은 3.0으로 낮은 유의한 차이를 보였다. 한편 재식밀도에서는 10월 20일 이양의 80주가 50주와 70주에 비하여 엽면적 지수가 높았으나, 10월 30일과 11월 10일 이양의 80주와

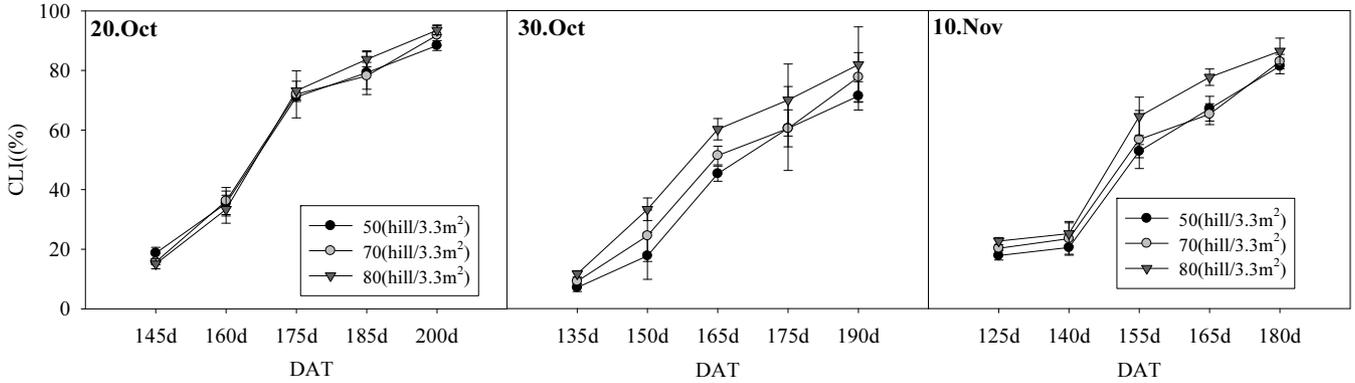


Fig. 4. Plant canopy light interception by Italian ryegrass according to transplanting date and planting density. DAT, days after transplanting.

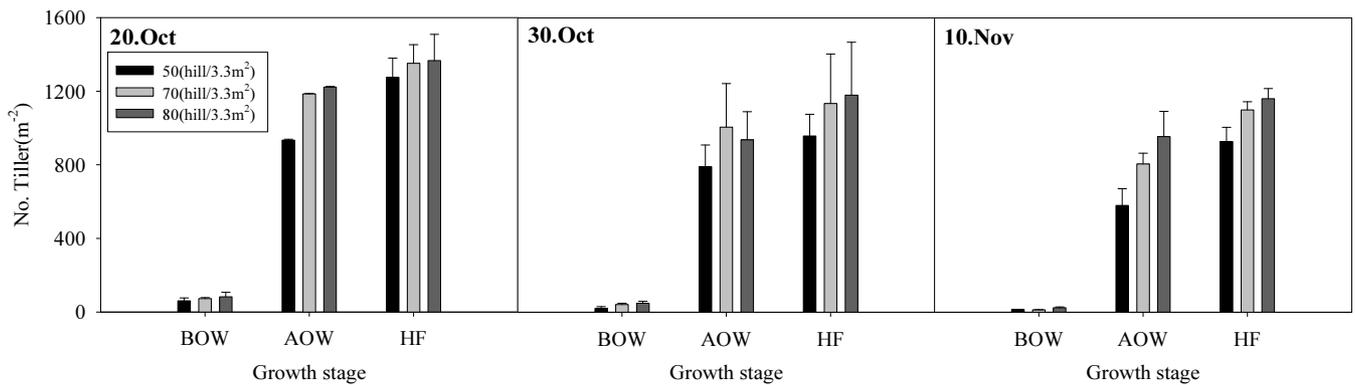


Fig. 5. Number of tillers in Italian ryegrass according to transplanting date and planting density. BOW, Before overwintering; AOW, After overwintering; HF, First heading.

70주 간에는 엽면적 지수의 차이는 나타나지 않았다.

이앙시기와 재식밀도별 군락 피복률 변화는 Fig. 4와 같다. 10월 20일 이앙은 10월 30일과 11월 10일보다 군락 피복률이 높았다. 한편, 10월 20일, 10월 30일 및 11월 10일 이앙은 이앙 후 각각 160일, 150일, 140일에 급격하게 군락 피복률이 높았다. 출수기에서는 10월 20일 이앙은 군락 피복률이 90%를 넘었으나 10월 30일과 11월 10일 이앙은 90% 이하이었다. 한편, 재식밀도에서는 출수기 이후에는 군락피복률의 차이는 나타나지 않았다.

월동 전후 및 출수시의 경수와 건물중 변화

월동 전후 및 출수시의 단위 면적당 분얼수 변화는 Fig. 5와 같다. 이앙 시기에 있어서 월동전 분얼수는 10월 20일 이앙이 평균 72개로 10월 30일 37개와 11월 10일 17개에 비해 높았다. 재식밀도에서는 80주가 70주와 50주에 비해 다소 높았다. 월동 후 분얼수 변화는 10월 20일 이앙이 평균 1114개로 10월 30일 912개와 11월 10일 780개에 비해 유의하게 높았다. 재식밀도 간에는 분얼수는 70주와 80주

가 50주에 비해 높았다. 출수시 분얼수는 10월 20일 이앙이 평균 1332개로 10월 30일 1091개와 11월 10일 1063개에 비해 약간 높았으나 10월 30일 이앙과 11월 10일 이앙 일간에는 유의한 차이는 나지 않았다. 재식밀도에 있어서는 분얼수는 70주와 80주간에는 차이를 보이지 않았으나 50주에서 다소 낮았다. 한편, 출수기에는 10월 20일 이앙은 4월 28일 이고, 10월 30일 이앙은 4월 30일, 11월 10일 이앙은 5월 1일 이었다. Choi *et al.* (2007)에 의하면 ‘코윈어리’의 출수기는 5월 7일이라고 하였으나 본 연구에는 직파 재배가 아닌 이앙 재배에 따른 차이로 생각되며, 또한 IRG 출수기는 각 개체가 일장과 저온 감응 정도에 따라 다르다고 하였다(Terry *et al.*, 2010).

월동 전후 및 출수시의 단위 면적당 건물중 변화는 Fig. 6과 같다. 월동 전 단위 면적당 건물중의 10월 20일 이앙이 평균 34 g으로 10월 30일 이앙 17 g과 11월 10일 이앙이 7 g에 비해 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 재식밀도에서는 80주가 70주와 50주에 비해 건물중이 높았다. 월동 후에는 건물중의 10월 20일 이앙은 평균 45 g이었고 10월 30일 이

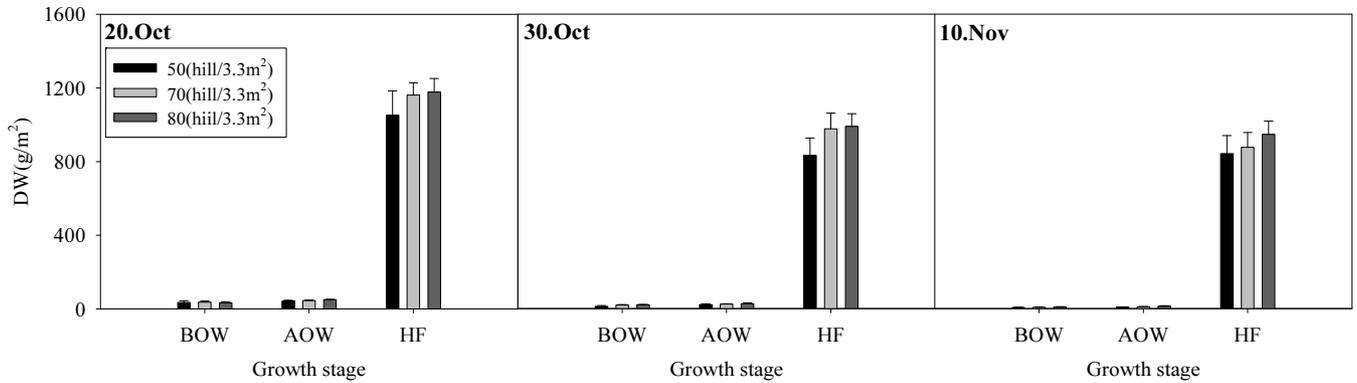


Fig. 6. Plant dry weight of Italian ryegrass according to transplanting date and planting density. BOW, Before overwintering; AOW, After overwintering; HF, First heading.

Table 2. Seed yield and yield components of Italian ryegrass according to transplanting date and planting density.

Transplanting date	Planting density (hill/3.3 m ²)	No of panicle (m ⁻²)	1000 seed weight (g)	Total dry weight (g m ⁻²)	Seed yield (kg/10a)
20.October	50	1329	2.41	1092	188
	70	1417	2.40	1176	211
	80	1436	2.40	1249	215
30.October	50	1152	2.40	918	164
	70	1252	2.49	1044	189
	80	1265	2.48	1066	194
10.Novembers	50	1093	2.46	871	147
	70	1210	2.43	999	181
	80	1246	2.41	1047	185
Transplanting date (TD)					
20 October		1394a	2.40a	1172a	204a
30 October		1223b	2.45a	1009b	182ab
10 November		1183b	2.43a	972b	171b
Planting density (PD)					
50 (hill/3.3 m ²)		1192b	2.43a	960b	166b
70 (hill/3.3 m ²)		1293a	2.44a	1073a	193a
80 (hill/3.3 m ²)		1316a	2.42a	1121a	197a
ANOVA					
TD		0.0047	0.3063	0.0017	0.0243
PD		0.0104	0.8304	0.0130	0.0235
TD×PD		0.9978	0.4751	0.990	0.9950

Mean values in the same column with different lowercase letters are significantly different ($P < 0.05$)

양 24 g과 11월 10일 이양 10 g으로 10월 20일 이양이 높았다. 출수시에는 10월 10일 이양은 1131 g으로 10월 30일 이양 933 g과 11월 10일 984 g에 비해 높았다. 한편 재식밀도에 있어서는 70주와 80주간에는 차이가 나지 않았으나 50주에서는 낮은 건물중을 보였다. 10월 30일 이양과 11월 10일 이양에서는 50주가 70주와 80주에 비해 낮았다. 이러한 결과는 이양 후 30일간 평균 온도는 10월 20일과 11월 10

일 이양간에는 4°C 차이를 보였고 개체 확보에 있어서 50주 보다는 70주와 80주가 개체 확보가 높은 것으로 판단된다.

수량 구성요소 변화

이양 시기와 재식 밀도에 따른 IRG 수량 구성 요소에 관한 결과는 Table 2와 같다. 일반적으로 IRG 채종 적기는 개화 후 30~40일 이라고 하였다(Kim *et al.*, 2010). 이양 시

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(PJ 016079012022)의 지원으로 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Bae, H. S., H. S. Jang, S. H. Ahn, U. H. Kim, J. T. Yun, and D. Y. Chung. 2021. Estimation of optimum N fertilizer and sowing rate for Italian Ryegrass seed production in the saemangeum reclaimed Land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 54(2) : 213-221.
- Choi, G. J., Y. C. Lim, K. Y. Kim, J. K. Lee, H. C. Ji, K. B. Lim, H. S. Park, D. K. Kim, J. S. Moon, and S. Seo. 2007. A Ultra Cold-Tolerant and early-maturing Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) New Variety, 'Kowinearly'. *International Symposium 45th The Kora Society of Grassland and forage Science*. pp.192-193.
- Jeong, E. C., H. J. Kim, Y. F. Li, M. J. Kim, H. J. Ji, and J. G. Kim. 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 Science*. 41(1) : 23-28.
- Kang, C. H., I. S. Lee, and S. J. Kwon. 2020. Identification of ideal seed harvest time for Italian Ryegrass (IRG) 'Kowinearly' variety in reclaimed land. *Korean journal of crop science*. 65(2) : 142-150.
- Kim, J. D., J. A. Shwin, H. J. Gyeong, and H. W. Chan. 2009. Effect of tillage system and fertilizer type on the forage yield and quality of Italian Ryegrass. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 29(4): 313-320.
- Kim, J. D., M. C. Seo, S. H. Lee, K. J. Han, and G. J. Han. 2020. Review of the current forage production, supply, and quality measure standard in south Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 40(3) : 149-155.
- Kim, M. J., G. J. Choi, B. Y. Yook, Y. C. Lim, S. H. Yoon, J. G. Kim, H. S. Park, and S. Seo. 2007. Effect of seeding method on winter survival, dry matter yield and nutrient value of Italian ryegrass in paddy field. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 27(4) : 269-274.
- Kim, M. J., K. J. Choi, J. G. Kim, S. Seo, S. H. Yoon, Y. H. Lim, S. K. Im, E. G. Kwon, S. S. Chang, H. C. Kim, and T. I. Kim. 2009. Effect of varieties and seeding date on over winter and dry matter yield of Italian Ryegrass in paddy field. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 29(4) : 321-328.
- Kim, M. J., S. Seo, J. G. Kim, K. J. Choi, K. Y. Kim, S. H. Lee, S. S. Chang, T. I. Kim, E. G. Kwon, B. S. Jeon, and K. C. Choi. 2010. Effect of seeding rates of cold tolerant Italian Ryegrass varieties on those deed productions. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 30(3) : 247-256.

기에 있어서 10월 20일 이앙은 10월 30일과 11월 10일에 비해 단위 면적당 이삭수, 건물중 및 종실 수량이 높았으나 1000립중에서는 유의한 차이는 나지 않았다. 재식밀도에서는 70주와 80주간에는 이삭수, 건물중 및 종실 수량 유의한 차이는 나지 않았고 50주에서는 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 천립중 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다. Choi *et al.* (2007)에 의하면 파종 간격이 좁을수록 단위면적당 이삭수는 많다고 하였다. 따라서 단위 면적당 이삭수 확보가 된다면 수량 확보가 될 것으로 기대 된다. 이앙시기와 재식밀도간에는 단위 면적당 이삭수, 1000립중, 전체 건물중 및 수량 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구 결과 IRG 종자 생산을 위해서는 11월 이전 이앙을 하여 월동전에 개체 확보를 해야 할 판단되고 11월 이후 이앙을 한다면 단위면적당 개체 확보를 위해 80주 한다면 안정적으로 종자 생산 할 것으로 기대 된다.

적 요

본 연구는 IRG의 파종 시기에 가을 장마로 파종 시기가 지연되는 문제점을 이앙 재배로 보완하고자 IRG의 이앙 시기 및 재식 밀도에 따른 생육 및 종실 수량 특성에 결과이다.

1. 이앙 시기는 10월 20일, 10월 30일 그리고 11월 10일에 하였으며, 재식 밀도는 3.3 m² 당 50주, 70주와 80주로 설정하였다.
2. 초장, 엽면적지수, 군락피복률은 이앙 시기에 따라서 유의한 차이를 보였고, 특히 10월 20일 이앙이 10월30일과 11월 10일 이앙에 비해 높았다. 재식 밀도간에는 유의한 차이를 보이지 않았다.
3. 월동 전후 경수와 건물중 차이는 10월 20일이 10월 30일과 11월 30일에 비해 높았다.
4. 수량구성요소에서 단위 면적당 이삭수, 건물중 및 종실 수량이 10월 20일 이앙이 다른 이앙일에 비해 높았고 1000립중 차이는 나지 않으며, 재식밀에서는 70주와 80주간에는 이삭수, 건물중 및 종실 수량 차이는 보이지 않았지만 50주가 다소 낮았다.
5. 안정적인 종자 생산을 위해서는 11월 이전과 70주와 80주로 이앙을 하게 되면 월동전 개체 확보가 경수로 이어져서 수량 확보를 기대 할 수 있다.

Kim, Y. J., S. J. Jeong, and L. C. Choi. 2016. Effect of different fertilizer levels, split application rate, and seeding methods on dry matter yield and forage quality of Italian ryegrass in early spring on paddy field. *Journal of The Korean Society of Grassland Science*. 36(4) : 303-308.

MAFRA (Ministry of Agricultural Food and Rural Affairs

Republic of Korea) 2022. *Agriculture food and rural affairs statistics yearbook*.

Terry, L., B. Peter, G. Neil, and L. Mary-Anne. 2010. *Annual Italian and short rotation ryegrass varieties. Prime fact 1002. Italian ryegrass varieties. www.Industry.NSW.GOV.AU.*