

Research Article

# 생육 개시 기준 질소비료 추비 시기가 이탈리아 라이그라스의 생육특성, 사료가치, 생산성에 미치는 영향

이배훈, 박형수, 오미래, 정종성\*  
국립축산과학원

## Effect of Supplementary Nitrogen Fertilization Application Time according to Regrowth Date on Growth Characteristics, Feed Value, and Productivity of Italian Ryegrass

Bae Hun Lee, Hyung Soo Park, Mirae Oh and Jeong Sung Jung\*  
National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Republic of Korea

### ABSTRACT

This study was carried out to study the effect of supplementary nitrogen fertilization application time according to regrowth date on growth date on growth characteristics, feed value, and productivity of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.; IRG) from 2019 to 2021 in Cheonan region. In order to determine the regrowth time, IRG was cut from experimental plots 3cm above soil level and the time when 1cm grew was judged as the regrowth time. The regrowth dates were February 15<sup>th</sup> and February 12<sup>th</sup> in 2020 and 2021 respectively. The experimental design was a randomized block design with three replications. The treatments were no fertilizer, immediately after the regrowth period, after 10 days of the regrowth period, and after 25 days of the regrowth period. Dry matter yield of IRG was significantly influenced by the supplementary N-fertilization application time. Dry matter yield was reduced for the delayed application time. The dry matter yield of immediately after the regrowth period was approximately 34.8 % higher than that no fertilizer application. In delaying the supplementary N-fertilization application time resulted in increased crude protein content. However, no significant statistical difference was neutral detergent fiber and acid detergent fiber( $p>0.05$ ). After wintering, productivity of IRG reduced for the delayed application time. Therefore, it is essential to application N-fertilizer immediately after the regrowth period for high productivity of IRG.

(Key words: Application time, Italian ryegrass, Nitrogen fertilization, Regrowth)

### I. 서론

양분수지(nutrient balance)는 농경지에 유입되는 양분투입량(input)과 소비되는 양분산출량(output)의 차이로 산정되고 있으며 환경에 미치는 정도를 정량화하여 제시하기 위하여 사용된다(Yang et al., 2020). 우리나라는 양분수지 평균은 질소 기준 ha당 245 kg으로 OECD국가 중 1위를 기록하고 있으며 일본(153 kg/ha)과 비교했을 때 60 % 정도 높은 수치이다(OECD, 2017). 또한 아산화질소(nitro oxide)는 질소 비료를 줄 때 발생하는 것으로 온실가스에 큰 영향을 주고 있으며 전세계 온실가스발생에 6 % 정도 기여하고 있다. N<sub>2</sub>O는 CO<sub>2</sub> 대비 지구온난화에 298배 영향을 주고 있다는 보고가 있다(IPCC, 2006). 또한 질소를 사용했을 짧은 기간에

질산화작용(nitrification)과 탈질화(denitrification)가 발생되면서 N<sub>2</sub>O가 발생되기 때문에 작물의 질소이용 효율을 높이는 것이 무엇보다 중요하다(Abdalla et al., 2016).

이탈리안 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.; Italian ryegrass, IRG)는 답리작으로 재배하는 동계 사료작물이며, 수량과 사료가치가 높아 IRG를 생산하는 농가의 수가 지속적으로 늘고 있다(Choi et al., 2018). 2019년 기준 IRG 생산량이 국내 동계사료작물 중에서 89 % (1,481 천톤, 165 천ha)로 가장 많이 재배되고 있다(MAFRA, 2020). 그러나 볏짚을 제외한 양질조사료 자급률은 61.4 %정도로 조사료 재배면적 확대와 생산량 향상을 통한 양질조사료 자급률 향상이 필요하다(MAFRA, 2021).

Jagtemberg(1970)는 월동을 하는 목초는 이른 봄 추비에 따라

\*Corresponding author : Jeong Sung Jung, National Institute of Animal Science, RDA, 31000, Cheonan, Republic of Korea,  
Tel: +82-41-580-6748, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: jjs3873@korea.kr

생산성이 크게 영향을 받으며 목초의 생육이 왕성해지는 시점이 적합하다고 보고하였다. 생육이 왕성해지는 시점은 크게 적산온도와 지중 온도를 기준으로 판단하고 있다. 해외연구에서는 적산온도 170 ~ 200 °C를 기준으로 질소 추비를 사용하는 것이 생산성이 가장 높았다고 보고하였다(Seo et al., 1989; Wikinson, 1984; Davies and Morgan, 1988). 국내 연구에서는 오차드그라스 기준 적산온도가 100 ~ 125 °C가 되는 시점인 3월 30일에 질소 추비를 추천하였다(Han et al., 1987). 온도를 기준으로 질소 추비시기를 결정할 경우 평균기온이 5일 동안 5.5 °C 유지되는 경우(Davis and Morgan, 1988)와 지중 온도가 8~9 °C 되는 시기(Seo et al., 1988)와 같이 토양 또는 기온을 기준으로 하였다. 봄철은 온도가 올라가는 시기로 목초의 생육이 빨라지게 되며 많은 양의 질소를 필요로 한다 (Salette et al., 1984). 월동 작물은 이른 봄 재생기에 많은 잎을 생성하고 광합성을 하므로 질소 요구량이 증가하며, 만약 이시기에 작물이 이용할 수 있는 질소가 부족할 경우 높은 생산성을 기대하기 어렵고 질소가 많은 경우 작물이 이용하지 못하고 토양으로 손실되어 환경 오염원으로 작용하게 된다(Greenwood et al., 1990; Ortiz-Monasterio et al., 1997; Dreccer et al., 2000). 작물의 질소 이용은 토양 온도와 수분 상태에 따라 상이하게 나타난다(Whitehead, 1995). 토양 온도를 3처리(11 °C, 19.5 °C 및 28 °C)로 구분하였을 때 19.5 °C 에서 뿌리와 줄기 수량과 양분이용률이 높게 나타났다는 보고가 있고(Nielsen and Cunningham, 1964), 목초에서 25 °C이하 에서는 저온보다는 고온에서 광합성이 많이 일어나고 더 많은 질소를 이용하게 되기 때문에 온도가 올라가는 시점에서 질소 부족으로 인한 스트레스를 많이 받게 되고 결과적으로 목초의 수량에 큰 영향을 준다(Blombäck and Henri, 1997).

목초와 달리 IRG는 월동 후 더 많은 질소를 필요로 하기 때문에 재배 시 질소비료를 기비 30 %, 봄 추비 70 %로 나누어 시비 하도록 권장하고 있다. 보리 추비시기 설정 연구에서 생육 개시 시기인 3월 5일 추비를 사용한 것이 3월 25일보다 9 ~ 25 % 증수하였다고 보고하였다(Kim and Lee, 1981). 맥류 추비시기 판

별을 위하여 2월 중순경 지상 1 cm부위에서 잎을 잘라놓고 새잎이 1 cm이상 자라고 식물체를 뽑아 새 뿌리가 2 mm정도 자란 상태를 기준으로 재생기를 판별하여 추비시기를 설정하고 있다 (Kim, 2020).

봄 추비시기는 일괄적으로 남부지방 2월 하순, 중부지방 3월 상순 및 중북부지방 3월 중순으로 제시하고 있다. 그러나 기후조건에 따라 변화되는 IRG의 재생시기와 추비시기를 일치시키는 것은 어려운 실정이다. 또한, 기후변화로 인하여 재생시기가 점차 빨라지고 있고 해마다 재생 시점이 다르기 때문에 재생시기 판단으로 정확한 추비시기를 선택할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 IRG의 월동 후 재생시기 판단을 통해 적정 추비시기를 결정하기 위하여 진행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험설계

본 연구는 IRG의 재생시기 판별과 추비시기를 제시하기 위하여 2019년부터 2021년까지 진행하였다. 시험장소는 충청남도 천안시 축산자원개발부 사료작물 재배지 이었으며, 공시품종은 이탈리아 라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.) 조생종인 코윈어리(Kowinearly)를 이용하였다.

시험처리는 재생기 추비 사용효과를 파악하기 위하여 무비구(control), 재생기 기준 추비 사용구(immediately after the regrowth period, IGP), 재생기 기준 10일 이후 추비 사용구(after 10 days of the regrowth period, 10DGP), 재생기 기준 25일 이후 추비 사용구(after 25 days of the regrowth period, 25DGP)로 하였다. 시험구 당 면적은 2×3 m(6 m<sup>2</sup>)로 난괴법 3반복으로 배치하였고, 파종량은 30 kg/ha이며, 20 cm 간격으로 조파하였다. 시비량은 질소(N)-인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-칼리(K<sub>2</sub>O) 140-120-120 kg/ha를 기

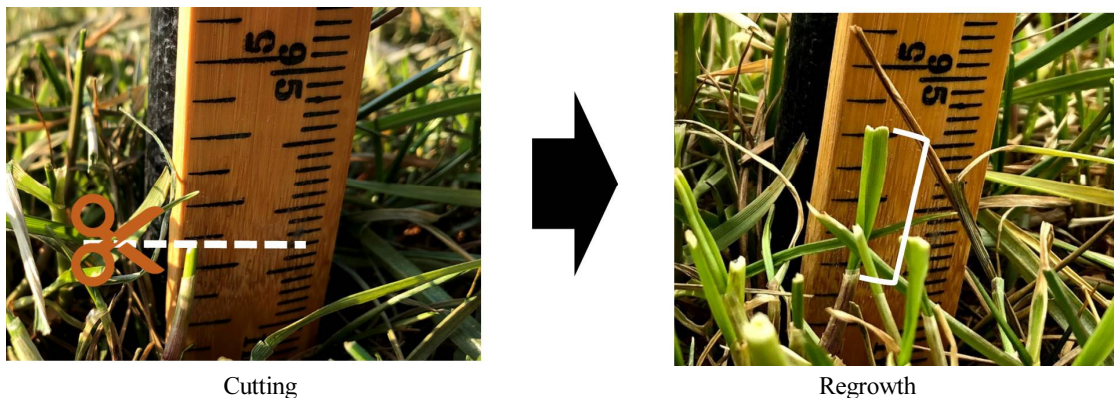


Fig. 1. Regrowth after cutting for Italian ryegrass.

준으로 질소는 기비 30 %, 이른 봄 추비 70 %로 분시하였으며, 인산과 칼리는 모두 기비로 사용하였다.

파종일은 2019년 10월 10일과 2020년 10월 13일이었으며, 수확일은 2020년 5월 10일과 2021년 5월 6일이었다. IRG의 재생 시기 판단을 위하여 지상부로부터 3 cm 부위를 예취하고 1 cm가 재생되는 시점을 재생시기로 판단하였다(Fig. 1). 예취시기는 2020년 2월 11일과 2021년 2월 5일 이었으며 재생시기는 2020년 2월 15일과 2021년 2월 12일로 나타났다.

조사항목은 토양, 출현양분(1:매우양호-9:매우불량), 분얼수(n), 이른 봄 생육(1:매우양호-9:매우불량), 초장(cm), 건물수량(kg/ha), 사료성분(DM, CP, NDF 및 ADF), 대기온도(°C) 및 강수량(mm)이었다. IRG의 사료가치는 AOAC(1990)법에 의거하여 건물(Dry matter, DM)을 분석하였다. 수집된 시료는 열풍건조기에서 65 °C 로 72시간 건조한 후 0.7 mm mesh Mill로 분쇄하여 플라스틱 시료 통에 보관하

였다. CP 함량은 Dumas의 방법 (AAAS, 1884)에 따라 원소분석기 (Vario Max CUBE, Elementar, Germany)를 이용하였다. 질소함량을 구한 후 CP 함량(CP=% N × 6.25)을 산출하였다. Neutral detergent fiber(NDF)와 Acid detergent fiber(ADF) 함량은 Goering and Van Soest(1970)법에 준하여 Ankom fiber analyzer(ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA)로 분석하였다.

## 2. 통계처리

통계분석은 SAS Enterprise Guide(ver. 9.2)를 이용하여 분석하였으며, 처리간의 평균 비교는 Duncan multiple range test (MRT) 검정에 의하여 5 % 유의수준에서 처리구 간의 통계적인 차이를 규명하였다.

Table 1. Chemical characteristics of experimental fields in Cheonan region

pH	T-N* (%)	OM** (g/kg)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	CEC*** (cmol <sup>+</sup> /kg)	Exchangeable cation(cmol <sup>+</sup> /kg)			
					K	Ca	Mg	Na
7.32	0.26	40.32	390.54	9.04	1.33	9.63	3.15	0.14

\*T-N: Total nitrogen.

\*\*OM: Organic matter

\*\*\*CEC: Cation exchange capacity

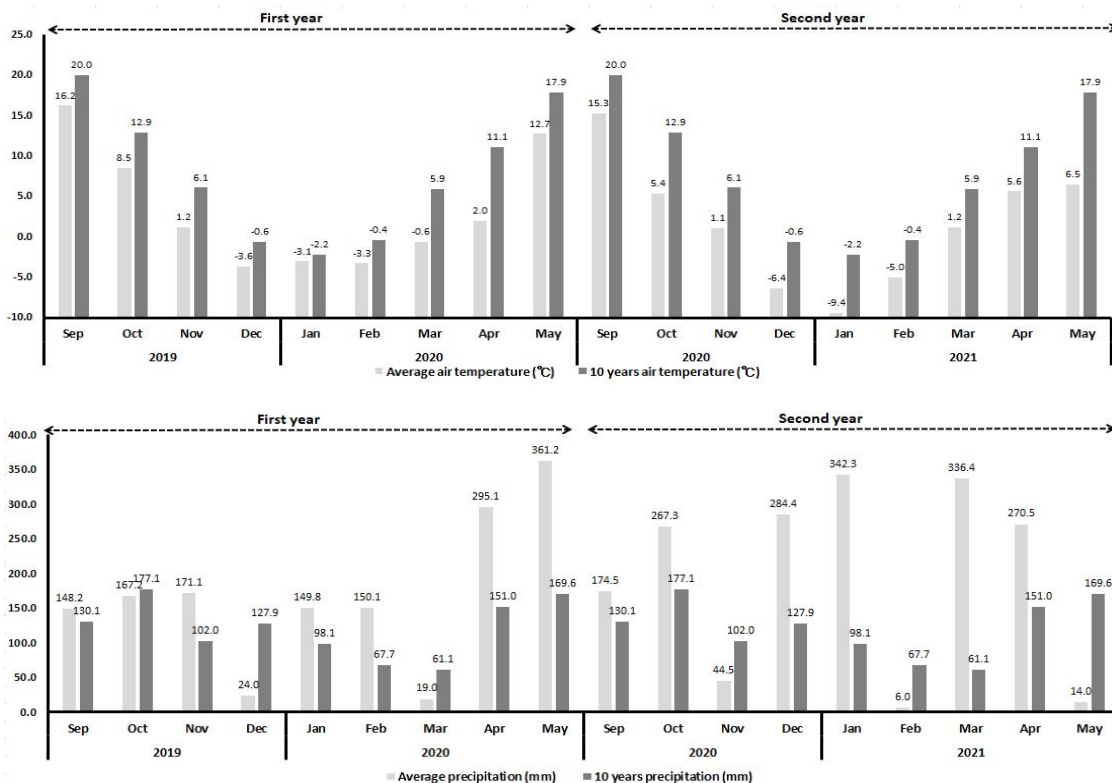


Fig. 2. Average of the air temperature and precipitation during the growing season in Cheonan.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. IRG 재배지의 토양 및 기후 특성

토양의 이화학적 특성은 pH가 7.32로 적정 범위 6.0 ~ 6.5 보다 높았다(Table 1). 유기물함량(적정 범위 25 ~ 30 g/kg) 및 인산함량(적정 범위 80 ~ 120 mg/kg)이 40.32 g/kg 및 390.54 mg/kg로 적정 범위보다 높았다. 또한, 치환성 양이온(K, Ca, Mg, Na)도 적정 범위보다 높은 토양이었다(Lee et al., 2017).

시험기간 평균온도는 10년 평균 온도보다 0.9 ~ 11.4 °C가 낮게 나타났다(Fig. 2). 1월 평균 온도는 2020년 - 3.1 °C, 2021년 - 9.4 °C로 2021년에 더 낮게 나타났으나, IRG가 월동하는데 큰 문제는 없었다. 그러나 IRG가 월동 후 재생하는 2월 평균온도는 - 3.3 °C 및 - 5.0 °C로 10년 평균 온도보다 2.9 ~ 4.6 °C 낮았다. 또한, 2월 평균 온도가 2020년보다 2021년에서 더 낮아 IRG의 재생 시기가 3일 더 늦었다.

평균 강수량은 10년 평균 강수량보다 대부분 많게 나타나 IRG 생육에 유리한 조건이었으며, 1년차 실험기간보다 2년차 실험기

간에서 평균 강수량이 많았다. 1년차 3월에 강수량이 19.0 mm로 10년 평균보다도 적어 IRG가 재생하는데 불리하게 작용한 요인으로 판단된다.

IRG의 월동 후 생육조사를 실시한 결과는 Table 2와 같다. IRG의 평균 초장은 13 cm 이었으며 분얼경은 3.7개로 Lee et al.(2020)이 보고한 코윈어리의 초장(9 ~ 13 cm) 및 분얼경(3.3 ~ 4.2개)과 비슷한 수치였다. 또한, IRG의 출현율 및 재생율은 2로 양호한 수준이었다.

#### 2. 추비 시기에 따른 IRG의 생산성

추비시기에 따른 IRG의 평균 초장은 IGP 처리구와 10DGP 처리구에서 가장 크게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다 ( $p>0.05$ , Table 3). 그러나 2020년 무비구에서 추비한 처리구(IGP, 10DGP 및 25DGP)보다 유의적으로 작게 나타났다 ( $p<0.05$ ). IRG의 초장과 추비시기는 연관성은 나타나지 않았으나, 무비구의 경우 추비구보다 7 ~ 15 cm 작게 나타나고 있어 봄철 추비가 IRG 성장에 중요한 것으로 판단된다.

Table 2. Growth characteristics of Italian ryegrass after winter in Cheonan

year	Plant length (Early spring, cm)	Emergence* (1-9)	Tiller number (No. per plant)	Growth of early spring* (1-9)
Feb. 7, 2020	11	2	3.4	2
Feb. 5, 2021	14	2	3.9	2
Average	13	2	3.7	2

\* 1 : Excellent(strong), 9 : Worst(weak)

Table 3. Plant length and dry matter yield of Italian ryegrass under different N application fertilizer time

Year	Treatment	Plant length (cm)	Dry matter yield (kg/ha)
2020	Control	75 <sup>b</sup>	5,902 <sup>c</sup>
	IGP	88 <sup>a</sup>	8,418 <sup>a</sup>
	10DGP	90 <sup>a</sup>	7,438 <sup>ab</sup>
	25DGP	87 <sup>a</sup>	6,464 <sup>bc</sup>
2021	Control	78	3,988 <sup>b</sup>
	IGP	88	6,743 <sup>a</sup>
	10DGP	85	5,916 <sup>a</sup>
	25DGP	86	5,706 <sup>ab</sup>
Average	Control	77	4,945 <sup>d</sup>
	IGP	88	7,580 <sup>a</sup>
	10DGP	88	6,677 <sup>b</sup>
	25DGP	86	6,085 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> N fertilizer application time of IRG : No fertilizer(Control), Immediately after the regrowth period(IGP), After 10 days of the regrowth period(10DGP), After 25 days of the regrowth period (25DGP)

<sup>2)</sup> <sup>abcd</sup> Means in the same column with different letter were significantly different ( $p<0.05$ )

Table 4. Feed values of Italian ryegrass under different N fertilizer application time

Year	Treatment	ADF	NDF	CP
2020	Control	32.94	61.27	5.80
	IGP	32.10	60.65	10.88
	10DGP	32.44	61.20	9.64
	25DGP	32.04	61.19	9.98
2021	Control	26.49	49.71	7.33 <sup>b</sup>
	IGP	28.40	51.70	11.23 <sup>ab</sup>
	10DGP	28.45	51.76	12.50 <sup>a</sup>
	25DGP	28.50	51.95	13.03 <sup>a</sup>
Average	Control	29.72	55.49	6.57 <sup>b</sup>
	IGP	30.25	56.18	11.06 <sup>a</sup>
	10DGP	30.45	56.48	11.07 <sup>a</sup>
	25DGP	30.27	59.57	12.76 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> N fertilizer application time of IRG : No fertilizer(Control), Immediately after the regrowth period(IGP), After 10 days of the regrowth period(10DGP), After 25 days of the regrowth period (25DGP)

<sup>2)</sup> <sup>ab</sup> Means in the same column with different letter were significantly different ( $p < 0.05$ )

평균 건물생산량은 재생기에 추비한 IGP 처리구에서 유의적으로 가장 많았다( $p < 0.05$ ). 코윈어리의 재배시험결과를 보면 건물생산량이 7.9 ton/ha (Ko et al., 2015), 7.5 ton/ha(Lee et al., 2020)으로 재생기에 추비한 IGP 처리구와 비슷한 수준이었다. 그러나 Kim et al.(2016)이 보고한 8.3 ~ 9.2 ton/ha과 Choi et al.(2018)이 보고한 8.6 ton/ha보다는 적은 수준이었다. 재생기보다 추비시기가 늦어질수록 건물생산량은 점차적으로 감소 하였으며, 추비를 하지 않은 무비구는 IGP 대비 65.2 % 수준이었다. 이는 IRG에서 무비구가 화학비료 처리구에 비해 69 % 수준의 건물생산량을 나타냈다는 보고와 비슷한 결과이었다(Ahn et al., 2016). IGP 처리구의 건물생산량은 2020년과 2021년 모두 처리구 중에서 가장 많게 나타났으나, 2020년보다 2021년의 건물생산량은 적었다. 이는 2년차가 1년차보다 평균온도가 낮고 강수량이 많은 것에 영향을 받은 결과로 판단된다.

추비시기에 따른 IRG의 사료가치는 Table 4와 같다. 평균 CP 함량은 무비구가 6.57 %로 IGP 11.06 %, 10DGP 11.07 % 및 25DGP 12.76 %보다 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 추비시기가 늦어질수록 높아지는 경향이였다. Cho et al.(2013)의 결과에서도 IRG 재배 시 무비구 6.3 %, 돈분액비 처리구 15.7 % 및 화학비료 처리구 15.3 %로 추비 처리구에서 높은 CP 함량을 나타내었다. 그러나 평균 NDF 함량 및 평균 ADF 함량은 처리간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ).

이상의 결과를 종합하였을 때 월동 후 이탈리아 라이그라스의 재생기에 추비를 하는 것이 건물생산량이 높았으며, 추비시기가 늦어짐에 따라 건물생산량이 감소하는 경향을 나타내었다. 따라

서 본 연구에서는 추비시기에 따라 이탈리아 라이그라스의 생산량이 영향을 받는 것을 확인 할 수 있었으며, 향후 현장적용기술 개발을 위한 다양한 재배환경 조건에서 실증 시험이 필요할 것으로 보인다.

#### IV. 요약

본 연구는 IRG의 재생시기 판별과 추비시기를 제시하기 위하여 2019년부터 2021년까지 천안지역에서 수행되었다. 이탈리아 라이그라스(IRG) 재생 시기를 판단하기 위하여 지상부로부터 3 cm 부위를 예취하고 1 cm가 재생되는 시점을 재생시기로 판단 하였다. 재생시기는 2020년과 2021년 각각 2월 15일 2월 12일로 나타났다. 시험처리는 4처리로 무비구, 재생기 추비 사용구(IGP), 재생기 기준 10일 이후 추비 사용구(10GP), 재생기 기준 25일 이후 추비 사용구로 하였다. 재생기에서 2월 평균온도가 2020년보다 2021년에서 더 낮아 IRG의 재생 시기가 3일 더 늦었다. 추비 시기에 따른 IRG의 평균초장은 IGP 처리구와 10DGP 처리구에서 가장 크게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 평균 건물생산량은 추비시기가 늦어질수록 건물생산량은 점차적으로 감소 하였으며, 추비를 하지 않은 무비구는 IGP 대비 65.2 % 수준이었다. 평균 CP 함량은 무비구에서 가장 낮았고 추비시기가 늦어질수록 높아지는 경향이였다. 그러나 평균 NDF 함량 및 평균 ADF 함량은 처리간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 월동 후 이탈리아 라이그라스의 재생기에 추비를 하는

것이 건물생산량이 높았으며, 추비시기가 늦어짐에 따라 건물생산량이 감소하는 경향을 나타내었다. 추비시기에 따라 이탈리아 라이그라스의 생산량이 영향을 받는 것을 확인 할 수 있었으며, 기후변화에 대응하는 추비시기 설정에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 사사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(기후변화에 따른 목초·사료작물의 생산성 실태조사 및 영향 취약성평가(1단계), PJ015079012021) 과 2021년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

## VI. REFERENCES

- AAAS. 1884. American association for the advancement of science. Jean-Baptiste-André Dumas. Science. (72):750-752.
- Abdalla, M., Richards, M., Pogson, M., Smith, J.U. and Smith, P. 2016. Estimating the effect of nitrogen fertilizer on the greenhouse gas balance of soils in Wales under current and future climate. Regional Environmental Change. 16(8):2357-2368. doi:10.1007/s10113-016-0958-7
- Ahn, I., Lee, I.A., Yun, S.K. and Kim, K.Y. 2016. Influence of liquid pig manure application on production increase of winter annual forage in paddy field removed straw in central area from 2015 to 2016. Proceedings of 2016 Annual Congress of Korean Journal of Environmental Agriculture. pp. 88-89.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. doi:10.1007/BF02670789
- Blombäck, K. and Eckersten, H. 1997. Simulated growth and nitrogen dynamics of a perennial rye grass. Agricultural and Forest meteorology. 88(1-4):37-45. doi:10.1016/S0168-1923(97)00053-1
- Cho, K.M., Lee, S.B., Back, N.H., Yang, C.H., Shin, P., Lee, K.B., Park, K.H. and Baek, S.H. 2013. The effect of liquid pig manure on yield of several forage crops and soil chemical properties. Korean Journal of Environmental Agriculture. 32(4):323-331. doi:10.5338/KJEA.2013.32.4.323
- Choi, G.J., Choi, K.C., Hwang, T.Y., Lee, K.W., Kim, J.H., Kim, W.H., Lee, E.J., Sung, K.I. and Jung, J.S. 2018. Effect of difference in cold-tolerance of variety on forage productivity of italian ryegrass in middle regions of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 38(4):210-216. doi:10.5333/KGFS.2018.38.4.210
- Davies, D. and Morgan, T. 1988. Variation in spring temperatures, grass production and response to nitrogen over twenty years in the uplands. Grass and Forage Science. 43(2):159-166. doi:10.1111/j.1365-2494.1988.tb01883.x
- Drecker, M., Schapendonk, A., Slafer, G. and Rabbinge, R. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: Absorption and utilisation efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. Plant and soil. 220(1):189-205. doi:10.1023/A:1004757124939
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). US Agricultural Research Service.
- Greenwood, D., Lemaire, G., Gosse, G., Cruz, P., Draycott, A. and Neeteson, J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Annals of Botany. 66(4):425-436. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a088044
- Han, Y.C., Lee, J.K., Park, M.S., Seo, S. and Lee, B.S. 1987. Effect of final cutting time and cutting height on the winter survival, regrowth and early spring yield of orchardgrass (*Dactylis Glomerata* L.) dominated pasture. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 7(1):18-24.
- IPCC. 2006. IPCC guidelines for internal greenhouse gas inventories.
- Jagtenberg, W. 1970. Predicting the best time to apply nitrogen to grassland in spring. Grass and Forage Science. 25(4):266-271. doi:10.1111/j.1365-2494.1970.tb01202.x
- Kim, C.H. and Lee, D.W. 1981. Research report: Establishment of management practices in barley and wheat. RDA. 1:181-194.
- Kim, K.H. 2020. Research report: Breeding for new variety wheat and barley and expanding supply. RDA. 1.
- Kim, K.Y., Choi, G.J., Lee, S.H., Hwang, T.Y., Lee, G.W., Ji, H.C. and Park, S.M. 2016. Growth characteristics and dry matter yields of domestic and foreign Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivars in Cheonan region. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 36(4):280-286. doi:10.5333/KGFS.2016.36.4.280
- Ko, K.H., Kim, J.K. and Kim, J.D. 2015. Evaluation of agronomic characteristics and forage production of domestic and foreign Italian ryegrass cultivar in Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 35(4):297-302. doi:10.5333/KGFS.2015.35.4.297
- Lee, D.B., Sung, J.K., Lee, Y.J., Lee, S.B., Song, Y.S. and Kim, Y.B. 2017. Standards fertilization by crop (Republic of Korea). RDA.
- Lee, H.J., Byeon, J.E., Ryoo, J.W. and Hwang, S.G. 2020. Comparison of growth characteristics and forage productivity of italian ryegrass in Yeongseo and Yeongdong of Gangwon Province. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science.

- 40(4):251-258. doi:10.5333/KGFS.2020.40.4.251
- MAFRA. 2020. Forage supply and demand statistics. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs.
- MAFRA. 2021. Forage supply and demand statistics. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs.
- Nielsen, K. and Cunningham, R. 1964. The effects of soil temperature and form and level of nitrogen on growth and chemical composition of Italian ryegrass. *Soil Science Society of America Journal*. 28(2):213-218. doi:10.2136/sssaj1964.03615995002800020026x
- OECD. 2017. The nitrogen cycle and policy-towards coherent solutions, environment policy committee. pp. 25-30.
- Ortiz-Monasterior, J.I., Sayre, K.D., Rajaram, S. and McMahon, M. 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. *Crop Science*. 37(3):898-904. doi:10.2135/cropsci1997.0011183X003700030033x
- Salette, J., Lemaire, G., Robichet, J. and Huguët, L. 1984. Concentrations of soluble nitrogen in an autumn-sown Italian rye grass crop: Evolution during spring growth. *Fourrages*, France.
- Seo, S., Han, Y.C. and Park, M.S. 1989. Studies on the grassland management in late-autumn and early-spring IV. Effect of application levels of NPK fertilizer in late-autumn on winter survival, early spring growth and yield of grasses. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 9(2):82-87.
- Seo, S., Park, M.S., Lee, J.K. and Han, Y.C. 1988. Studies on the grassland management in late-autumn and early-spring II. Effect of fertilization application time in spring on growth, crude protein content and yield of grasses for grazing. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 8(3):141-146.
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P. 2013. IPCC, 2013: Summary for policymakers in climate change 2013: The physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press Cambridge Core, UK NY NY USA.
- Whitehead, D.C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International.
- Wilkinson, J.M. 1984. Milk and meat from grass. Granada Publishing.
- Yang, H.Y., Kim, J.G., Oh, B.W. and Seo, I.H. 2020. Improvement of nutrient balance using feed crops for regional nutrient management. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 29(1):89-95. doi:10.12791/KSBEC.2020.29.1.89

(Received : June 12, 2021 | Revised : June 18, 2021 | Accepted : June 23, 2021)