

다른 지역에서 이탈리아 라이그라스의 종자 생산성 비교

변지은¹ · 이홍주¹ · 황선구^{2,†} · 류종원^{2,†}

Comparison of the Seed Productivity of Italian Ryegrass in Different Regions

Ji-Eun Byeon¹, Hong-Ju Lee¹, Sun-Goo Hwang^{2,†}, and Jong-Won Ryoo^{2,†}

ABSTRACT To study whether the area under the cultivation of Italian ryegrass (IRG) has increased with rise in global temperatures, we investigated the effects of climatic variables on seed productivity in different parts of Gangwon-do, South Korea. Specifically, IRG was cultivated in the western (Gangneung), central (Wonju), and northern (Chuncheon) parts of Gangwon-do. The heading date of IRG in Gangneung was earlier than that in the other regions. Moreover, the values of agronomic traits, including spikelets per spike, grains per spike, and thousand-grain weight, were lower in Chuncheon. However, there were no differences spikelets per spike and grains per spike between Wonju and Gangneung. Additionally, the thousand-grain weight and seed production were higher in Gangneung. Statistical correlation analysis between climatic variables and agronomic traits revealed that the mean daily minimum temperature was positively correlated with seed formation-related traits in April and seed maturity-related traits in May. In the light of rising minimum temperatures in Gangwon-do, Gangneung, Chuncheon and Wonju are suitable areas for IRG cultivation with optimal seed productivity.

Keywords : Gangwon province, Italian ryegrass, seed productivity, seed yield component

가축 사육두수 증가와 사료비의 증가는 생산비 상승뿐만 아니라 국제 곡물가격의 급등으로 국내산 조사료를 이용하려는 농가가 늘어나고 있다(NIAS, 2012). 이와 달리 국내 조사료 재배는 대체적으로 감소하고 있지만 이탈리아 라이그라스 재배는 지속적으로 증가하는 추세이다(Kang *et al.*, 2020). 이탈리아 라이그라스는 내습성이 우수하여 답리작 재배에 적합할 뿐만 아니라 사료가치와 생산성이 높고 소가 잘 먹는 사료작물로 2000년 이후 청보리와 호밀 위주의 답리작 재배에서 이탈리아 라이그라스 재배면적이 증가하고 있는 추세로 호밀보다 영양가치와 기호성이 높다(Kim *et al.*, 2016b; Kim *et al.*, 2015a; Kim *et al.*, 2012). 이탈리아 라이그라스는 청예, 건초, 사일리지 등 다양 방법으로 이용될 수 있지만, 우리나라에서 유통되는 대부분의 조사료는 사일리지 형태이다(Kim *et al.*, 2015a; NIAS, 2012).

우리나라는 사료작물을 재배하는 면적이 제한적이기 때

문에 미래의 기후조건에서 재배 가능한 최적지를 파악하여 기후변화에 적응할 수 있는 생산 체계를 설계하는 것이 필요하다(Kim *et al.*, 2014). 적기 파종은 사료작물의 안정적인 수확량 확보를 위해 중요한데 지속적인 강우는 적정 파종시기를 놓치게 하며, 월동 중 이상 한파는 월동률이 감소하는 결과를 초래하므로 잦은 강우나 이상 한파는 안정적인 재배에 부정적인 영향을 끼친다(Nam *et al.*, 2019).

우리나라의 높은 기온 상승으로 목초나 사료작물에 대한 재배 지역이 남부지방에서 중부지방으로 북상하고 있지만 우리나라에서 이탈리아 라이그라스 종자는 남부지역 논에서 생산하는 것이 가장 적합하며, 남부지역에서는 청보리, 귀리 등과 혼파하여 사초의 생산성과 품질을 향상시키기 위한 사료작물로 재배되고 있다(Kim *et al.*, 2012; NIAS, 2016; Kim *et al.*, 2015a). 중부지역에서는 이탈리아 라이그라스를 입모종으로 파종 후 벼를 늦게 수확해 이탈리아

¹상지대학교 스마트팜학과 박사과정 (Ph.D Student, College of Life and Environment Science, Sangji University, Wonju 26339, Korea)

²상지대학교 스마트팜학과 교수 (Professor, College of Life and Environment Science, Sangji University, Wonju 26339, Korea)

[†]Corresponding author: Sun-Goo Hwang; (Phone) +82-33-730-0512; (E-mail) sghwang9@sangji.ac.kr
Jong-Won Ryoo; (Phone) +82-33-730-0516; (E-mail) jwryoo@sangji.ac.kr

<Received 25 June, 2021; Revised 7 September, 2021; Accepted 8 September, 2021>

라이그라스 재배에 실패하는 사례가 발생하고 있다(Kim *et al.*, 2016a). 이탈리아인 라이그라스는 다른 동계 사료작물에 비하여 추위에 약한 편으로 2000년대 중반까지만 하더라도 남부지역을 중심으로 재배되었지만 국내에서 개발한 이탈리아인 라이그라스 조생 품종은 추위에 강하고 수확시기가 빨라서 우리나라 중부 및 중북부지역에서도 재배할 수 있게 되었으며, 답리작 및 혼파 등으로 재배면적이 지속적으로 증가하고 있다(Kim *et al.*, 2015b; NIAS, 2016; Kim *et al.*, 2010).

코윈어리 등 국내에서 육성된 이탈리아인 라이그라스 조생 품종은 내한성이 강하고 습해에 강할 뿐만 아니라 숙기가 빨라 벼 이앙시기에 지장이 없어 중부지역 답리작 재배에 적합하기 때문에 종자 수요량이 증가하고 있다(NIAS, 2016). 그러나 국내에서 육성한 신품종 이탈리아인 라이그라스 종자는 대부분 외국에서 채종하여 국내에서 보급하기 때문에 국산자급 확대를 위해서는 국내 종자 생산체계 구축이 필요하다(NIAS, 2016; Kang *et al.*, 2020).

Kim *et al.* (2012)에 연구에 의하면 IRG 재배 적지 구분 시 토양의 요인을 고려하였을 때 강원도의 39.3%가 재배 가능지 이상이었으며, 강원도 영동지방의 경우 고성, 속초, 양양, 강릉, 동해, 삼척에서 재배 가능지 이상으로 나타났고 영서지방은 철원, 양구, 춘천, 원주, 횡성, 평창, 정선에서 재배 가능지 이상으로 나타났다(Kim *et al.*, 2012). 기후의 요인을 고려하였을 때는 강원도의 6.4%가 재배 가능지 이상으로 나타났다(Kim *et al.*, 2012). 토양 요인과 기후 요인을 모두 고려했을 때 IRG의 재배 가능지 및 최적지는 고성, 속초, 양양, 강릉, 동해, 삼척의 해안 지역과 춘천 일부, 원주 일부 지역이다(Kim *et al.*, 2012). 본 연구는 강원도 지역 중 춘천, 원주, 강릉에서의 이탈리아인 라이그라스 품종인 코윈어리의 종자 생산량을 파악하고 종자 생산량과 기상과의 관계를 분석하여 춘천, 원주, 강릉의 이탈리아인 라이그라스 재배 가능성을 검토하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

시험 지역 및 재배방법

이탈리아인 라이그라스(Italian ryegrass; IRG) 품종 중 코윈어리(*Lolium multiflorum* cv. Kowinearly)의 강원지역 종자 생산량 및 재배 가능성을 알아보기 위해 2018년부터 2020년까지 춘천(Chuncheon; 춘천시 신북읍[37°56'10"N, 127°46'56"E]), 원주(Wonju; 원주시 가현동[37°23'19"N, 127°54'59"E]), 강릉(Gangneung; 강릉시 왕산면[37°40'16"N, 128°50'29"E]) 지역에서 코윈어리 재배 시험을 2년간 실

시하였다.

년도별 코윈어리 파종 시기 및 파종량은 1년차(2018~2019)에는 춘천은 9월 27일, 원주는 9월 20일, 강릉은 9월 28일에 40 kg/ha를 파종하였으며, 1년차에 도복이 심하여 종자생산량이 적어 2년차(2019~2020)에는 춘천, 원주는 9월 20일, 강릉은 10월 1일에 30 kg/ha를 파종하였다. 1년차, 2년차 모두 처리구별 면적은 20 m²였으며, 3반복으로 인력조파를 실시하였다. 비료는 N-P₂O₅-K₂O를 기준으로 90-120-120 kg/ha를 시비하였으며, 질소는 기비로 40 kg/ha, 봄철 추비로 50 kg/ha를 시비하였고, 인산과 칼리는 모두 기비로 시비하였다.

조사방법

지역별로 출수기를 조사하였으며, 출수기는 전체 경수의 50% 정도 출수한 날로 하였다. 또한 도복 정도를 알아보기 위해 출수기부터 출수 후 4주까지의 도복율을 조사하였고 이탈리아인 라이그라스의 재배 가능성을 알아보기 위해 수량 구성요소 및 종자 생산량, 지역별 기상을 조사하였다. 수량 구성요소는 종자수확 전에 반복별로 15개체, 종자 생산량은 1 m² (1 m × 1 m)의 시료를 채취해 조사하여 환산하였으며, 기상은 기상청에서 다운로드하였다.

통계처리

도복율, 수량구성요소, 종자생산량 등의 지역별 차이를 알아보기 위해 유의성 검정을 실시하였으며, 또한 기상과 이탈리아인 라이그라스의 수량구성요소 및 종자생산량의 상관관계를 알아보기 위해 상관분석을 실시하였다. 유의성 검정은 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's new multiple range test)에 의하여 분석하였으며, 이는 R package Agricolae을 이용하여 평균 제곱오차를 고려해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다. 상관분석은 춘천, 원주, 강릉의 기상환경(4월, 5월의 평균 최저기온, 평균기온, 평균 최고기온, 강수량)을 독립변수로 사용하여 종속변수(수량구성요소[이삭 길이, 이삭당 소수, 이삭당 립수, 등숙율, 천립중], 종자생산량)를 Pearson's correlation coefficients에 의하여 측정하였으며, 상관계수(r)에 대한 통계적 유의성은 $n-2$ 자유도의 normal t-test로 분석하였다.

결과 및 고찰

출수기

2019년 코윈어리의 출수기는 강릉이 파종 후 221일 뒤인 5월 7일에 춘천과 원주에 비하여 빠르게 출수하였으며, 춘

천과 원주는 파종 후 각각 226일과 230일에 출수기였다 (Table 1). 이와 같은 지역별 출수 소요 기간은 2020년에서도 유사한 양상을 보였으며, 강릉(파종 후 221일), 춘천(파종 후 234일), 원주(파종 후 236일) 순으로 나타났다. 2010년 중부 경기지방인 수원에서는 코윈어리의 파종 후 출수기는 226일이었으며, 1년차 실험의 춘천과 동일하였다(Seo *et al.*, 2013). 중부 호서지방인 충남 천안에서는 2012년에 220일, 2013년에 229일, 2014년에 206일의 출수기를 보였으며 이전 연도와 비교하여 2014년에 상대적으로 짧아진 출수기를 보였다(Kim *et al.*, 2016b; Ko *et al.*, 2015). 또한, 2014년에 남부 호남지방인 전남 구례에서는 파종 후 206일에 출수하였으며, 남부 영남지방인 경북 성주에서는 199일에 출수하였다(Ko *et al.*, 2015). 2014년의 남부 및 중부 호서지방은 춘천, 원주, 강릉과 비교하여 빠른 출수기를 보였다. 이탈리아 라이그라스의 출수기 차이는 파종 시기와 재배지역의 기온, 생육 중 기상적 영향을 복합적으로 받는다 고 예측하였다(Kim *et al.*, 2015a). 본 시험과 여러 선행 연구들을 종합해본 결과 남부지방과 중부지방의 일부 지역이 중북부지방인 춘천, 원주, 강릉보다 출수기가 빠른 경향을 보였지만 현재 지구 온난화로 기온이 상승할수록 춘천, 원주, 강릉의 이탈리아 라이그라스는 빠른 출수기를 보일 것이다.

도복

도복으로 인해 종자가 탈립되어 종자생산량에 영향을 미치기 때문에 도복율을 조사할 필요가 있으므로 이에 따른

이탈리안 라이그라스 생육단계별 도복율은 Table 2와 같다. 춘천, 원주, 강릉 세 지역에서 출수기 때는 도복이 없었다. Seo *et al.* (2013)의 연구에서도 출수기까지 도복이 일어나지 않았으며, 출수기 이후 생육이 진행될수록 도복이 심해져 개화 후기에는 반 이상이 도복되었다(Seo *et al.*, 2013). 본 시험에서도 생육이 진행될수록 도복이 심해졌으며, 춘천은 출수 후 3주부터 도복이 시작되었으나 출수 후 4주에는 40.3%의 도복율을 보였다. 원주의 경우 출수 후 1주부터 도복이 시작되어 출수 후 4주에 50.4%가 도복되었으며, 강릉은 출수 후 2주부터 도복이 시작되었으며, 출수 후 4주에 20.3%의 도복율을 보였다. 이탈리아 라이그라스는 원주에서 가장 높은 도복율을 보였으며 춘천, 강릉 순으로 나타났다. 남부 호남지방인 김제 새만금 간척지에 코윈어리를 파종하였을 때 최고 62%까지 도복이 증가하였으며, 출수 20일에는 16.2%, 30일에는 31.2%의 도복율을 보였다(Kang *et al.*, 2020). 이처럼 도복이 심해질수록 이탈리아 라이그라스 종자의 탈립이 심해지기 때문에 종자생산량에도 영향을 미치게 되므로 최적 수확 시기는 도복율을 고려하여 설정해야 한다.

수량구성요소

이탈리안 라이그라스의 이삭길이는 2년 동안 강릉(22.9 cm[‘19], 21.4 cm[‘20])이 가장 길었으며, 원주(20.9 cm[‘19], 18.5 cm[‘20]), 춘천(17.8 cm[‘19], 15.9 cm[‘20]) 순으로 나타났다(Table 3). 이삭당 소수는 2년 동안 원주(22.0개[‘19], 20.7개[‘20])와 강릉(20.8개[‘19], 22.7개[‘20])에서 유의한

Table 1. Sowing and heading dates of Italian ryegrass during different experimental periods.

Region	2019			2020		
	Sowing date (Month, Day)	Heading date (Month, Day)	Days to heading	Sowing date (Month, Day)	Heading date (Month, Day)	Days to heading
Chuncheon	27 Sep.	11 May	226	20 Sep.	11 May	234
Wonju	21 Sep.	9 May	230	20 Sep.	13 May	236
Gangneung	28 Sep.	7 May	221	01 Oct.	9 May	221

Table 2. Lodging rate of Italian ryegrass in different regions following the heading date.

Region	Heading date	7 DAH ²⁾	14 DAH	21 DAH	28 DAH
Chuncheon	0.0	0.0b ¹⁾	0.0c	20.3±1.27b	40.3±2.23b
Wonju	0.0	10.2±0.95a	20.2±2.06a	39.8±2.25a	50.4±1.76a
Gangneung	0.0	0.0b	5.0±0.40b	10.1±0.31c	20.3±2.00c

Results are the mean ± SD of 3 independent experiments.

¹⁾ Means separation within columns by Duncan's new multiple range test at 5% level of significance.

²⁾ DAH means the days after heading.

차이를 보이지 않았으나 춘천(19.1개[‘19], 16.6개[‘20])은 상대적으로 적은 수를 나타내었다. 이와 유사하게 이삭당립수도 원주(141.6개[‘19], 139.1개[‘20])와 강릉(145.2개[‘19], 126.2개[‘20])에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 춘천(95.5개[‘19], 59.1개[‘20])이 가장 적은 수를 나타내었다. Kang *et al.* (2020)의 연구에서 남부 호남지방인 김제 새만금 간척지에 코윈어리를 파종하였을 때 이삭당립수가 추파 시 출수 30일에 242.6개로 춘천, 원주보다 100개 이상 많았을 뿐만 아니라 재배적지인 강릉과 비교하였을 때도 높은 수치를 보였다(Kang *et al.*, 2020). 등숙율은 2019년에 강릉이 93.1%로 가장 높았지만 2020년에는 춘천, 원주, 강릉 모두 등숙율이 80% 이상으로 큰 차이를 보이지 않았다. 천립중은 2년 동안 춘천(2.06 g[‘19], 2.58 g[‘20])과 원주(2.21 g[‘19], 2.52 g[‘20])에서 유의한 차이가 없었으나 강릉(2.82 g[‘19], 3.12 g[‘20])은 상대적으로 높은 수치를 보였다.

2년간 종자생산량은 강릉(171.7 kg/10a[‘19], 250.6 kg/10a[‘20])이 가장 높았으며, 원주(68.9 kg/10a[‘19], 178.2 kg/10a[‘20])와 춘천(55.8 kg/10a[‘19], 157.1 kg/10a[‘20])은 유의한 차이를 보이지 않았다. 남부 호남지방인 전북 김제시에서 코윈어리를 파종 시 파종량과 비료량이 많을수록 종자생산량이 많았으며, 질소를 기비로 40 kg/ha, 추비로 50 kg/ha를 사용하였을 때 파종량이 30 kg/ha인 처리구는 1.5 ton/ha, 40 kg/ha인 처리구는 1.7 ton/ha의 종자가 생산되어 강릉의 코윈어리 종자생산량은 2019년과 2020년 모두 남부지방인 김제보다 많았다(Kim *et al.*, 2013). 이탈리아 라이그라스의 재배 최적지인 강릉을 100으로 했을 때 생산지수는 춘천(32.1[‘19], 63.6[‘20])과 원주(40.2[‘19], 71.8[‘20])가 평균적으로 60이하를 보여 춘천과 원주는 재배 최적지로 판단하기 어려울 것으로 보인다.

재배지역별 기상환경

이탈리안 라이그라스는 동계 사료작물에 비하여 추위에 약한 편으로 이탈리안 라이그라스 재배 및 종자 채종 가능성을 검토하기 위해 기상환경을 조사할 필요가 있으며, 이탈리안 라이그라스 월동 후 유수형성기(Panicle formation stage)부터 종자 결실기(Maturity stage)까지의 기상은 Table 4와 같다. 4월의 평균 최저기온의 경우 2019년에 춘천과 원주는 평년보다 각각 0.1°C, 1.1°C 높았으며, 강릉은 평년보다 0.4°C 낮았다. 2020년 평균 최저기온은 춘천, 원주, 강릉 모두 평년보다 낮았다. 4월의 평균기온의 경우에는 2019년에 춘천, 강릉이 평년보다 0.3°C 낮았으며, 2020년에는 춘천, 원주, 강릉 모두 평년보다 낮았다. 4월의 평균

최고기온은 춘천, 원주, 강릉 모두 2019년, 2020년에 평년보다 낮았다. 4월의 강수량은 춘천, 원주는 2019년, 2020년에 평년보다 강수량이 적었으며, 강릉은 2019년에는 강수량이 평년보다 16.8 mm 많았지만 2020년에는 3.1 mm 적었다. 5월의 평균 최저기온은 춘천, 원주, 강릉 모두 2019년, 2020년에 평년보다 높았으며, 5월의 평균기온도 세 지역 모두 2019년, 2020년에 평년보다 높았다. 5월의 평균 최고기온은 춘천, 원주의 경우 2019년에는 평년보다 각각 2.6°C, 2.0°C 높았고 2020년에는 평년보다 각각 0.1°C, 0.4°C 낮았으며, 강릉의 5월 평균 최고기온은 2019년에는 평년보다 3.8°C, 2020년에는 평년보다 0.5°C 높았다. 5월의 강수량은 춘천, 강릉의 경우 2019년에 평년보다 각각 76.9 mm, 82.5 mm 적었으며, 2020년에는 평년보다 각각 14.3 mm, 8.5 mm 많았다. 원주는 5월 강수량이 2019년, 2020년 모두 평년보다 적었다.

수량구성요소, 종자생산량과 기상과의 상관관계

지역 간 수량성 차이와 출수기 전·후 4월과 5월의 기후조건(최저·평균·최고기온, 강수량) 사이의 상관관계를 분석하였다(Table 5). 4월의 기후조건 중 이삭길이는 최저기온($r=0.98$), 평균기온($r=0.96$), 강수량($r=0.85$)과 양의 상관관계를 보였으며, 이삭당 소수는 최저기온($r=0.82$), 이삭당립수는 최저기온($r=0.78$), 평균기온($r=0.75$)과 양의 상관관계를 보였다. 따라서 출수 전 4월의 최저기온이 너무 낮지 않고 적정 평균기온을 나타내면서 강수량이 늘어야 이삭이 길어지며, 최저기온이 낮으면 이삭당 소수와 이삭당립수가 적어진다. 5월의 기후조건 중 등숙율은 최저기온($r=0.77$)과 양의 상관관계를 보였으며, 천립중은 4월의 최고기온($r=-0.97$)과 음의 상관관계, 5월의 최저기온($r=0.83$)과는 양의 상관관계를 보였다. 5월의 평균 최저기온이 높을수록 등숙율이 높아지며, 4월 평균 최고기온이 낮아지고 5월 평균 최저기온이 높아질 때 천립중이 증가한다. 종자생산량은 4월 최고기온($r=-0.98$), 5월 최고기온($r=-0.79$)과 음의 상관관계를 보였으며, 5월 최저기온($r=0.72$)과는 양의 상관관계를 보였다. 종자생산량은 4월의 최고기온이 낮아지고 5월에 최저기온이 높아짐과 동시에 최고기온이 낮아질 때 증가한다. 또한, 이삭과 종자의 형성에 관련한 형질인 이삭길이, 이삭당 소수, 이삭당립수는 모두 4월의 최저기온과 밀접한 양의 상관관계를 나타냈으며, 종자의 성숙과 관련한 등숙율, 천립중, 종자생산량은 모두 5월의 최저기온과 높은 관련성을 보였다. 그러나 상관관계 분석결과 종자생산량과 4월, 5월의 강수량의 유의성을 발견하지 못하였다. 이는 겨울철 사료작물인 이탈리안 라이그라스의 종자생산량이 4월과 5

Table 3. Seed yield components of Italian ryegrass in different regions.

Region	Length of spike (cm)		No. of spikelet per spike		No. of grain per spike		Percent ripening (%)		Thousand grain weight (g)		Seed production (kg/10a)		Production index	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Chuncheon	17.8±0.38c	15.9±1.78c	19.1±0.97b ¹⁾	16.6±1.18b	95.5±12.77b	59.1±19.10b	69.4±1.38c	88.8±3.67a	2.06±0.04b	2.58±0.09b	55.8±20.08b	157.1±20.98b	32.1±9.08b	63.6±14.05b
Wonju	20.9±0.44b	18.5±0.39b	22.0±1.20a	20.7±1.34a	141.6±9.09a	139.1±13.10a	84.5±3.65b	88.6±0.63a	2.21±0.10b	2.52±0.26b	68.9±13.82b	178.2±7.32b	40.2±7.49b	71.8±9.61b
Gangneung	22.9±0.31a	21.4±0.80a	20.8±1.37ab	22.7±0.82a	145.2±18.23a	126.2±23.18a	93.1±2.66a	84.6±8.58a	2.82±0.20a	3.12±0.38a	171.7±14.67a	250.6±25.70a	100.0±0.00a	100.0±0.00a

Results are the mean ± SD of 3 independent experiments.

¹⁾ Means separation within columns by Duncan's new multiple range test at 5% level of significance.

Table 4. Climatic conditions at the panicle formation stage in April and at the maturity stage in May.

Region	Years	April (panicle formation stage)				May (Maturity stage)			
		Average of daily minimum temperature (°C)	Average of daily temperature (°C)	Average of daily maximum temperature (°C)	Precipitation (mm)	Average of daily minimum temperature (°C)	Average of daily temperature (°C)	Average of daily maximum temperature (°C)	Precipitation (mm)
Chuncheon	2019	4.5	11.3	18.3	49.4	11.4	19.0	26.5	27.1
	2020	3.2	10.5	17.5	14.4	12.9	18.1	23.8	118.3
	Average of experimental years	3.9	10.9	17.9	31.9	12.2	18.6	25.2	72.7
Wonju	Normal year ¹⁾	4.4	11.6	19.1	62.3	10.8	17.1	23.9	104.0
	2019	5.9	11.9	17.9	45.7	12.4	19.2	25.9	10.4
	2020	4.7	11.0	17.2	15.7	13.3	18.2	23.5	80.0
Gangneung	Normal year	4.8	11.8	19.0	66.7	11.1	17.3	23.9	93.5
	2019	7.5	12.6	17.1	85.5	15.8	21.0	26.2	4.5
	2020	7.1	11.8	16.4	65.6	14.3	18.3	22.9	95.5
Gangneung	Average of experimental years	7.3	12.2	16.8	75.6	15.1	19.7	24.6	50.0
	Normal year	7.9	12.9	17.9	68.7	12.9	17.6	22.4	87.0

The meteorological data was downloaded from Korea Meteorological Administration (<https://web.kma.go.kr/eng/index.jsp>).

¹⁾ Normal year means an average of meteorological data for 30 years.

Table 5. Correlation of seed yield components with climatic conditions in April and May.

	April				May			
	Average of daily minimum temperature (°C)	Average of daily temperature (°C)	Average of daily maximum temperature (°C)	Precipitation (mm)	Average of daily minimum temperature (°C)	Average of daily temperature (°C)	Average of daily maximum temperature (°C)	Precipitation (mm)
Length of spike	0.98***	0.96***	-0.45	0.85**	0.69	0.69	0.23	-0.58
No. of spikelet per spike	0.82*	0.70	-0.44	0.55	0.35	0.22	-0.05	-0.37
No. of grain per spike	0.78*	0.75*	-0.31	0.50	0.46	0.48	0.16	-0.57
Percent ripening	0.29	0.20	-0.61	0.03	0.77*	0.22	-0.36	0.18
Thousand grain weight	0.55	0.29	-0.97***	0.37	0.83*	0.03	-0.62	0.42
Seed production	0.37	0.07	-0.98***	0.14	0.72*	-0.18	-0.79*	0.59

The meteorological data was downloaded from Korea Meteorological Administration (<https://web.kma.go.kr/eng/index.jsp>). A normal t-test with n-2 degrees of freedom P-values indicate statistical significance (* <0.05, ** < 0.01, *** < 0.001)

월의 최저기온 상승에 의하여 증가할 것이며, 우리나라의 기온 상승으로 강원도에서 재배 가능지역이 늘어날 것으로 보인다.

적 요

본 연구는 중북부 지방인 강원지역 중 춘천, 원주, 강릉에서의 이탈리아 라이그라스 품종인 코윈어리의 종자 생산량 및 기상과의 관계를 분석하여 재배 가능성을 검토하기 위해 2018년부터 2020년까지 재배 시험을 실시하였다.

1. 이탈리아 라이그라스 코윈어리 품종의 출수기는 1년차(2018~2019), 2년차(2019~2020) 모두 강릉이 파종 후 221일로 춘천(파종 후 226일[‘19], 파종 후 234일[‘20])과 원주(파종 후 230일[‘19], 파종 후 236일[‘20])보다 빨랐으나 남부지방과 중부지방의 일부 지역보다는 세 지역 모두 출수기가 늦었다.
2. 등숙율은 1년차(2018~2019)에는 강릉이 93.1%로 가장 높았으나 2년차(2019~2020)에는 춘천, 원주, 강릉 모두 80% 이상의 등숙율을 보여 유의한 차이가 없었고, 천립중은 1년차(2018~2019), 2년차(2019~2020) 모두 강릉(2.82 g[‘19], 3.12 g[‘20])이 춘천(2.06 g[‘19], 2.58 g[‘20]), 원주(2.21 g[‘19], 2.52 g[‘20])보다 무거웠다.
3. 이탈리아 라이그라스 코윈어리 품종의 종자생산량은

춘천(55.8 kg/10a[‘19], 157.1 kg/10a[‘20])과 원주(68.9 kg/10a[‘19], 178.2 kg/10a[‘20])는 유의한 차이가 없었으며, 강릉(171.7 kg/10a[‘19], 250.6 kg/10a[‘20])은 춘천과 원주보다 종자생산량이 많았다.

4. 상관관계 분석에서 이삭길이, 이삭당 소수, 이삭당 립수는 4월의 최저기온, 등숙율, 천립중, 종자 생산량은 5월 최저기온과 양의 상관관계를 보여 4월과 5월의 최저기온 상승에 의하여 이탈리아 라이그라스 종자 생산량이 증가할 것으로 보인다.

춘천, 원주, 강릉 모두 이탈리아 라이그라스 재배가 가능하지만 춘천과 원주의 경우 재배 최적지로 보기는 어렵다. 하지만 지구 온난화로 기온이 상승하고 있기 때문에 시간이 지날수록 춘천과 원주도 이탈리아 라이그라스의 종자생산량이 증가하여 재배가 최적의 지역으로 될 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 간척지 IRG 종자안정 생산기술개발(PJ013830082020) 과제와 2021년도 상지대학교 교내연구비의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌(REFERENCES)

- 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, H. A., S. W. Hyun, and K. S. Kim. 2014. A study on the prediction of suitability change of forage crop Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) using spatial distribution model. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 16(2) : 103-113.
- Kim, K. D., K. I. Sung, Y. S. Jung, H. I. Lee, E. J. Kim, J. G. Nejad, M. H. Jo, and Y. C. Lim. 2012. Suitability classes for Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) using soil and climate digital database in Gangwon province. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 32(4) : 437-446.
- Kim, K. S., S. K. Lee, Y. S. Choi, D. H. Park, H. J. Ji, J. S. Jung, K. C. Choi, and W. H. Kim. 2015a. Effect of seeding date and varieties of Italian ryegrass on forage yield and quality of early spring-seeded at paddy field in southern region. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 35(1) : 50-56.
- Kim, K. Y., G. J. Choi, H. C. Ji, S. H. Lee, T. Y. Hwang, K. W. Lee, G. S. Park, S. M. Park, and H. J. Kim. 2013. Seeding rate and nitrogen rate for seed production on broadcasting of Italian ryegrass seeds before rice harvest. *Proceedings of the Korean Society of Grassland Science Conference* 51 : 148-149.
- Kim, K. Y., G. J. Choi, S. H. Lee, T. Y. Hwang, G. W. Lee, H. C. Ji, and S. M. Park. 2016a. Effect of harvest time of rice after seeding of Italian ryegrass on growth characteristics and dry matter yield of IRG in paddy field. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 36(4) : 287-292.
- Kim, K. Y., G. J. Choi, S. H. Lee, T. Y. Hwang, G. W. Lee, H. C. Ji, and S. M. Park. 2016b. 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.
- Kim, K. Y., S. H. Lee, H. C. Ji, T. Y. Hwang, K. W. Lee, and S. M. Park. 2015b. Growth characteristics and yield comparisons of domestic and foreign Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) Varieties in Yecheon area of Korea. *Journal of Korean Society of Grassland and Forage Science* 35(1) : 43-49.
- 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 seed production. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 30(3) : 247-256.
- Ko, K. H., J. K. Kim, and J. D. Kim. 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.
- Nam, C. H., K. S. Kim, M. H. Park, A. A. Yun, J. H. Park, O. K. Han, W. H. Kim, and S. S. Sun. 2019. Growth characteristics and productivity of spring sowing time and mixed sowing of winter annual forage crops. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 39(4) : 207-215.
- National Institute of Animal Science (NIAS). 2012. Development of techniques for long-term conservation and quality improvement of forages. Report, RDA; 13.
- National Institute of Animal Science (NIAS). 2016. Development of commercial technology for spread of new forage variety bred in Korea. Report, RDA; 1-14.
- Seo, S., W. H. Kim, M. J. Kim, S. H. Lee, M. W. Jung, K. Y. Kim, H. C. Ji, H. S. Park, J. G. Kim, and G. J. Choi. 2013. Optimum harvest stage of Italian ryegrass 'Kowinearly' according to one and two harvests during spring season. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 33(1) : 15-20.