

이탈리안라이그라스 코윈어리 품종의 간척지 채종 재배에서의 적정 수확시기 설정

강찬호^{1,†} · 이인석¹ · 권석주²

Identification of Ideal Seed Harvest Time for Italian Ryegrass (IRG) 'Kowinearly' Variety in Reclaimed Land

Chan Ho Kang^{1,†}, In Sol Lee¹, and Suk Ju Kwon²

ABSTRACT This experiment was conducted to set ideal harvest time for Italian ryegrass (IRG) seed in reclaimed land. For IRG 'Kowinearly' variety sown in both autumn and spring, the peak growth in reclaimed land occurred in 20-30 days after heading. Plant height of IRG seedlings in the spring was 90.4% of the fall-sown's plants. The yield of IRG seeds in reclaimed land was generally lower than that of farm land due to poor growth conditions. After heading, the lodging and shattering increased gradually with time. The highest yield of seed in the fall-sown trial treatment was 238 kg/10a. However, in the spring-sown treatment, the highest yield reached 169 kg/10a, which was 71% that of the fall-sown treatment. To set optimum harvesting time for IRG seed, morphological changes in the plant, moisture content of seed, and germination rate were analyzed according to time series after heading. After heading, IRG stem color had turned pink in 18 days and seed color also changed after 20 days. Following 20-25 days after heading, the seed moisture content decreased to below 55% and germination rate increased to over 90%. Therefore optimum harvesting time for IRG 'Kowinearly' variety in reclaimed land was 20-30 days after heading because germination rate and yields were high and shattering percentage was low.

Keywords : Italian ryegrass (IRG), 'Kowinearly' variety, reclaimed land, seed harvest time

국내 조사료 재배는 대체적으로 감소하고 있으나 이탈리안라이그라스(IRG)의 재배면적과 종자공급 점유율은 지속적으로 증가하는 추세이다. 실제 IRG 재배면적은 2018년 15만 2천 ha로 동계사료 작물 중 차지하는 비율이 70%로 2015년에 비해 큰폭으로 증가하였다(NIAS, 2018). 그러나 IRG 종자는 종자 수요량의 70.9%를 수입하여 사용하고 있다(NIAS, 2018). 따라서 국산자급 확대를 위한 국내 종자 생산체계 구축이 필요하며 수입 의존도가 높은 특성상 수입 과정 중 검역상의 문제로 수입 불가 가능성도 상존하고 있어 안정적인 공급방안을 확보하여야 한다. 국내에는 13개 품종이 육성되어 있으나 코윈어리, 그린팜, 그린팜2호 등 3 품종만이 주로 공급되고 있으며 이중 조생종인 코윈어리 품종의 종자 공급이 1,410톤으로 가장 많았다(NIAS, 2018). 수입 종자의 효율적인 국산 대체를 위해서는 대면적 생산

지 확보가 필요하며 간척지는 좋은 후보지이다. 우리나라 간척지 면적은 개발중인 새만금 등을 포함해 13만 5100 ha로 국내 경지면적의 9%에 해당될 만큼 규모가 크다(Kim *et al.*, 2013). 대단위 간척지는 규모화 영농이 가능하도록 설계된 우량 농지로 대면적 조사료 생산에 유리한 조건을 가지고 있다. 새만금 간척지 종합개발 계획에 따르면 농업용지 개발 예정 면적은 전 노출 면적의 30%인 8,570 ha이며 이중 4,469 ha는 곡물생산 등을 위한 친환경 첨단 농산업기반 단지로 계획되어 있어(KDI, 2011) IRG와 같이 국내 자급도가 낮은 수입 의존형 작물 종자를 생산하여 활용하도록 하는 것이 간척지 개발 목적의 원취지에 부합한다고 할 수 있다. IRG 종자 생산에 관한 국내 연구는 파종량(Kim *et al.*, 2010; Young *et al.*, 1996), 내염성 정도(Lee & Choi, 1995; Kim *et al.*, 1993), 예취 시기(Seo *et al.*, 1997; Hatcher & Purris,

¹⁾전라북도농업기술원 연구원 (Researcher, Jeonllabukdo Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54968, Korea)

²⁾전라북도농업기술원 과장 (Administrative Manager, Jeonllabukdo Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54968, Korea)

[†]Corresponding author: Chan Ho Kang; (Phone) +82-63-290-6040; (E-mail) kangho68@korea.kr

<Received 16 January, 2020; Revised 8 April, 2020; Accepted 20 April, 2020>

1945), 수확시기(Burnett & Bakke, 1930), 수확시기의 기상(Ko *et al.*, 1991), 종자성숙도(Bartel, 1941; Hides, 1993; Nutman, 1941), 질소시비량(Bae *et al.*, 2019; Choi *et al.*, 2002), 월동률(Park & Lee, 1984) 등에 따라서 달라질 수 있다고 보고되어 있으나 최근 육성된 'Kowinearly' 품종을 대상으로 염이 높고 유기물 함량이 낮은 등 생육환경이 열악한 간척지에서의 채종 재배에 대한 연구는 보고된 바 없다. 'Kowinearly'는 내한성이 획기적으로 향상된 품종으로 사료작물 재배 한계 지역을 기존 대전 이남에서 한강 이남으로 넓혔고, 수확량도 기존 수입 품종(Florida80)보다 많은 특징을 보유하고 있다. 출수기가 5월 7일로 만생종인 'Hwasan'에 비해 14일 빠른 조생종으로 장마가 시작되기 전에 종자를 수확할 수 있어 종자 생산에 유리한 것으로 평가받고 있다(Choi *et al.*, 2011; Ji *et al.*, 2013). IRG는 종자 수분함량과 탈립에 따라 채종량의 변화가 아주 큰 작물로(Harlan & Pope, 1923; Ryu *et al.*, 1985) 양질의 종자를 최대 수량으로 확보하기 위해서는 정확한 수확 시기를 설정하는 것이 중요하다. 따라서 가장 국내 점유량이 큰 'Kowinearly' 품종의 간척지 채종재배에 있어서 정확한 수확 시기를 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

새만금 간척지 시험포장 조성 및 IRG 파종

시험은 2018년에서 2019년에 걸쳐 김제시 광활면 새만금 노출 지역에 조성된 농촌진흥청 국립식량과학원 간척지 시험포장에서 수행하였다. 바닷물에서 노출된 후 작물 재배지가 이루어지지 않은 처너지로서 생육환경 분석을 위하여 토양분석을 실시하였으며, 기본적인 재배 환경을 조성하기 위하여 시험포장에 2,000 kg/10a 수준으로 분말형 퇴비를 투입하고 8월 하순과 9월 상순 트랙터 부착형 쟁기로 2회 심경하였다. 파종 1주일 전에 농촌진흥청 IRG 채종 재배 시비 기준인(N-P₂O₅-K₂O) 9-15-15 kg/10a에 맞추어 시비하였는데 질소는 기비 4 kg/10a과 다음해 3월 추비 5 kg/10a으로 나누어 분시하였고 나머지는 전량 기비 처리하였다. 휴립 재배 하였는데 이랑 너비는 200 cm, 배수로 간격은 30 cm이었다. 파종은 2 kg/10a 종자량을 20 cm 조간 간격으로 균등하게 나누어 조파하였다. 파종은 추파와 춘파로 나누어 실시하였는데 추파는 전년 10월 16일 하였으며 추파는 월동 후 해동이 이루어진 다음해 2월 14일 실시하였다.

시험지 토양 분석

간척지 생육환경을 명확히 이해하기 위하여 토양을 분석하였다. 토양 삼상은 core 시료를 채취하여 용적밀도와 입자밀도를 구하여 측정하였는데 고상은 (용적밀도/입자밀도)×100으로 액상은 중량수분함량×용적밀도로 기상은 100에서 고상과 액상을 제하여 계산하였다. 토양 화학성은 한 개의 시험구 내에서 균일하게 10개소를 지정하여 측정하였는데 국립농업과학원의 토양화학분석법(NAAS, 2010)에 기준하여 분석하였다. 토성은 micro pipet법으로 입자밀도를 조사하고, 판정은 미국농무부 분류기준을 따랐다(Gee & Bauder, 1986). 토양 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1 : 5 (W/V)로 혼합하고 30분 진탕 후 pH meter (Orion3 star, Thermo Scientific)와 EC meter (ORION SYRT A212, Thermo Scientific)로 각각 측정하였다. 토양 유기물의 측정은 Tyurin법에 따랐으며 T-N은 비색법, 유효인산은 Lancaster법(Cox, 2001)으로 측정하였고 치환성 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)은 1 N CH₃COONH₄ (pH 7.0)으로 치환 추출하여 원자흡광분광광도계(GBC Scientific Equipment Pty Ltd)로 분석하였다.

IRG 재배 및 초기 생육 조사

추파 월동 후 3회 손제초 하였으며 10월 16일 파종하는 추파와 2월 14일 파종하는 춘파로 파종시기를 구분하여 발아특성과 월동율 그리고 월동후 생육을 조사하였다. 추파 45일 후 출현율과 분얼 경수, 엽장, 엽수 등의 월동전 생육을 조사하였고 다음해 3월 12일에 뿌리까지 동사한 개체를 조사하여 월동율을 산출하였다. 생육은 출수전과 출수 20일, 30일, 40일, 50일, 60일 경과로 나누어 조사하였는데 초장과 분지수, 엽수, 줄기 마디수, 절간장과 도복률을 조사하였고 수확 시기의 외형적 지표가 되는 줄기 변색률도 같이 조사하였다. 조사는 농촌진흥청 작물별 생육 조사기준에 따랐고 기상은 현지 시험포장에 기상관측대를 설치하고 수집된 자료를 분석하였다.

IRG 수량요소 및 수량과 수확 종자의 발아율 조사

수확은 출수 후 20일, 30일, 40일, 50일, 60일 경과 시에 하였는데 2 m × 2 m로 구획을 정하고 해당 구획 내 IRG 식물체를 수확하여 수수길이, 수수무게, 수당립수, 천립중을 조사하였다. 출수 후 기간 경과별 탈립율을 조사하고 이를 반영하여 수량을 측정하였는데 조사는 4반복으로 하였으며 반복당 채종 수량을 평균한 후 이를 10 a 면적으로 환산하였다. 정확한 수확 시기를 설정하기 위하여 종자의 생체중과 수분함량 변화를 출수 후 5일 간격으로 조사하였다. 수확 종자의 발아특성을 확인하기 위하여 수확 직후 인위

적으로 휴면을 타파하여 발아율을 측정하였는데 수확된 종자를 NaClO 0.5%로 24시간 처리한 후 45°C에서 6시간 건조하였다. 발아율은 항온인큐베이터에서 측정하였는데 처리온도는 25°C였으며 페트리디쉬에 흡습지를 넣고 충분한 수분을 공급한 후 종자 치상 봉인 후 처리 15일까지 발아 개체를 확인하였다. 최종 발아율은 4°C에서 60일 저온 저장하여 휴면타파 후 측정하였는데 발아율 측정은 수확 직후 조사와 같은 방법으로 하였다.

실험설계 및 통계조사

포장시험은 난괴법으로 처리당 4반복으로 하였고 시험에서 얻은 자료는 SAS package program (ver 8.1)을 이용하여 분산 분석을 실시하였고 처리간의 평균 비교는 Duncan의 다중 검정으로 처리간의 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

간척지 시험포장 토양특성 및 시험기간 기상

시험 포장은 모래 함량이 높은 양질사토였는데 점토 함량 0.3%로 20% 이상인 화홍 간척지 등에 비해 아주 낮은 특성을 보였고 토양 염농도는 0.27 dS/m로 적정 기준인 2.0 dS/m보다 낮았다. 시험 포장의 토양 유기물 농도는 16 g/kg 이었는데 적정 발작물 재배 기준인 20~30 g/kg에 비해서는 부족하였지만 시험포장 조성을 위해 투입한 분말형 퇴비의 영향으로 비관리 간척지 포장의 14 g/kg에 비해서는 약간 개선된 상태로 전환되었다. 유효인산은 47 mg/kg으로 적정 기준에 비해 매우 낮았고 pH는 7.7로 염기성을 띠고 있어 비료 성분의 불용화가 우려되었다. K, Ca, Mg 등의 양이온 함량이 적정 기준보다 높았으며 Na은 0.86 cmole/kg이었다 (Table 1). 전반적으로 토양 pH가 높고 유기물·유효인산이 낮은 등 토양이 미성숙하여 작물의 생육 및 채종량 확보에는 불리한 환경으로 평가되었다. 기온은 11월 중순부터 4월 상순까지는 최저 기온이 0°C 이하로 떨어지는 특성을 나타내었고 최저기온과 최고기온의 차이가 약 25°C가 비교적 일교차가 큰 경향이었다. 10월에서 다음 해 6월까지

평균온도, 최저온도, 최고온도 모두 평년에 비해 낮게 형성되었는데 특히 10월~12월 월동기 최저기온이 1.2~2.2°C 낮았고 등숙기인 5~6월도 평년에 비해 온도 저하가 컸다. IRG 생육 기간인 10월에서 6월 사이 강수량은 평년에 비해 19.4 mm 부족하였다(Table 2).

파종시기에 따른 IRG 월동특성과 초기 생육

10월 16일 파종하는 추파와 2월 14일 파종하는 춘파로 파종시기를 구분하여 발아특성과 월동을 그리고 월동후 생육을 조사하였다. 추파시에는 출현하기까지 12일이 소요되었으나 춘파시에는 출현 소요일수가 21일로 9일 더 길어졌다. 이는 만생종인 'Hwasan 101'과 조생종 'Kospeed'를 천안, 나주에서 춘파시 출현소요 일수는 14일 그리고 출수기는 10일 이상 지연된다는(Kim *et al.*, 2010) 보고와 유사한 결과였다. 지상부 생육에서도 춘파시 전반적으로 생육이 떨어졌는데 분얼경이 주당 2.4개로 추파에 비해 0.3개 적었다. 엽수는 0.8개 적었고 대표적 생육 지표인 엽장도 8.9 cm로 추파에 비하여 35.5% 작았다. 파종 다음해 3월 12일 뿌리까지 동사한 개체를 조사하여 월동률을 조사한 결과 82.9% 이었는데(Table 3) 이는 새만금 간척지에서 보리 등 동계 사료작물 5종의 평균 출현율이 토양 염농도가 0.2%일 때는 출현율이 73% 수준으로 하락한다는(Back *et al.*, 2011) 연구 결과와 유사 하였으며, 염농도와 함께 생육환경이 불량하고 모래 함량이 높아 수분 관리가 어려운 새만금 간척지의 토양 특성이 반영된 것으로 생각되었다.

파종시기 및 출수 후 기간경과에 따른 IRG 생육 및 수량

적정 수확 시기를 설정하기 위하여 출수 일수 경과별 생육상황을 파종기별로 조사하였다. 추파에서 초장은 출수 후 30일까지는 지속 성장하다가 이후에는 일정 높이가 유지되었으며, 분지수는 출수 20일 경과 조사에서 4.2개로 가장 많았다. 줄기 특성을 보면 출수 30일까지 마디수가 지속적으로 증가하다가 이후 일정 수준을 유지하였으며 절간장은 출수 20일까지 길어졌다. 이로 보아 IRG의 지상부 생육 최적기는 출수 후 20일~30일 사이로 평가되었다. 춘파 처

Table 1. Physio-chemical properties of up-land soil of Saemangeum reclaimed land, the experimental site.

Particle Size Distribution (%)			Soil character	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. Cation (cmolc kg ⁻¹)			
Sand	Silt	Clay						K	Ca	Mg	Na
71.8	27.9	0.3	Loamy sand	7.7	0.27	16	47	0.78	1.32	2.18	0.86
Standard				6.0~7.0	2.0>	20~30	150~250	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	

Table 2. Weather conditions during the experimental period.

Month		Average temp. (°C)	High temp. (°C)	Low temp. (°C)	Rainfall (mm)
October	2018	12.8	18.3	7.4	134.0
	Normal years (20)	13.6	18.9	9.2	138.1
		△0.8	△0.6	△1.8	△4.1
November	2018	7.6	13.4	2.1	41.0
	Normal years (20)	8.7	14.0	4.3	52.0
		△1.1	△0.6	△2.2	△11.0
December	2018	1.0	5.5	-3.3	30.5
	Normal years (20)	1.9	6.1	-2.1	37.4
		△0.9	△0.6	△1.2	△6.9
January	2019	-0.5	4.1	-5.0	4.0
	Normal years (20)	0.3	5.0	-4.2	6.7
		△0.8	△0.9	△0.8	△2.7
February	2019	1.3	5.9	-3.1	29.0
	Normal years (20)	2.0	6.8	-2.4	35.7
		△0.7	△0.9	△0.7	△6.7
March	2019	5.9	11.6	0.4	20.5
	Normal years (20)	6.8	12.2	2.0	33.6
		△0.9	△0.6	△1.6	△13.1
April	2019	10.8	16.1	5.5	91.0
	Normal years (20)	11.6	17.0	6.8	78.8
		△0.8	△0.9	△1.3	12.2
May	2019	16.7	22.7	10.3	43.5
	Normal years (20)	17.5	23.6	12.1	44.3
		△0.8	△0.9	△1.8	△0.8
June	2019	20.3	24.5	16.3	88.5
	Normal years (20)	20.8	25.4	17.1	74.8
		△0.5	△0.9	△0.7	13.7

Table 3. Italian ryegrass over-wintering rate and growth phase according to the seeding time.

Division	Seeding date (Year/Month/ Day)	Emergence date (Year/Month/ Day)	Emergence rate (%)	Over-wintering rate (%)	Growth phase		
					Stem Tillering (EA/Plant)	Leaf length (cm)	NO. of leaf (EA/Plant)
Fall sown	2018/10/16	2018/10/28	96.8	82.9	2.7	13.8	3.9
Spring sown	2019/2/14	2019/3/5	86.4	-	2.4	8.9	3.1

리의 지상부 생육 최성기도 역시 출수 후 20일~30일이었는데 추파에 비해서는 전반적으로 생육이 감소하여 초장이 추파 최고 초장의 90.4%이었고(Table 4) 다른 항목에서도 비슷한 수준을 보였다. 종자 수량 및 품질에 영향을 미치는 도복에 있어서 IRG 'Kowinearly' 품종은 추파 시 최고

62%까지 도복이 증가하였는데 출수 20일 16.2%에서 출수 30일 31.2%로 급격히 상승하였고 탈립률 증가와 겹쳐 수량이 감소하고 종자 품질이 떨어졌다. 춘파의 경우에는 전반적으로 도복이 감소하였는데 최고 도복은 출수 60일 경과시 38.2%였고 출수 30일 도복률 비교에서는 추파의 63%

Table 4. Italian ryegrass growth phase according to seeding time following heading.

Division	Plant height (cm)	No. of branch (EA/plant)	No. of leaf (EA/plant)	Lodging rate (%)	Stem			
					No. of node (EA/plant)	Internode length (cm)	Color change rate (%)	
Fall sown	Before heading (5. 3)	83.6 f	3.9 b	13.7 c	2.4 j	3.8 c	19.6 d	9.1 i
	20 days after heading	98.5 c	4.2 a	13.6 cd	16.2 hi	3.8 c	22.4 c	80.4 g
	30 days after heading	102.7 a	4.1 a	14.4 a	31.2 f	4.1 a	22.9 b	93.2 c
	40 days after heading	101.8 ab	3.9 b	13.9 b	49.2 c	3.9 b	23.2 a	94.3 b
	50 days after heading	100.9 b	3.9 b	13.7 c	58.4 b	3.9 b	22.8 b	93.8 b
	60 days after heading	101.5 ab	3.8 bc	14.0 b	62.0 a	3.9 b	22.2 c	96.0 a
Spring sown	Before heading (5. 23)	71.4 h	3.2 e	12.8 g	-	3.5 d	12.8	7.8 i
	20 days after heading	80.6 g	3.6 c	13.2 e	12.4 i	3.4 e	16.4 ef	68.0 h
	30 days after heading	92.2 d	3.4 d	13.0 f	18.6 h	3.6 d	16.0 g	84.2 f
	40 days after heading	92.8 d	3.6 c	12.9 f	22.8 g	3.4 e	16.8 e	86.8 e
	50 days after heading	91.9 e	3.4 d	13.2 e	35.6 e	3.6 d	16.2 f	85.6 e
	60 days after heading	92.4 d	3.4 d	13.2 e	38.2 d	3.4 e	16.2 f	90.8 d

*The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 5. Seed yield and quality factor of Italian ryegrass according to seeding time following heading.

Division		Panicle NO. (cm)	Panicle weight (g/plant)	Seed NO. per panicle (EA/plant)	1000 seed weight (g)
20 days after heading	Autumn seeding	25.9 c	0.29 e	268.4 a	1.86 h
	Spring seeding	23.4 d	0.21 g	187.6 d	0.96 i
30 days after heading	Autumn seeding	27.9 b	0.39 a	242.6 b	2.43 a
	Spring seeding	25.6 c	0.31 c	196.8 c	2.26 b
40 days after heading	Autumn seeding	28.8 a	0.35 b	127.2 e	2.28 b
	Spring seeding	27.8 b	0.29 e	118.1 f	2.18 e
50 days after heading	Autumn seeding	29.0 a	0.36 b	116.4 f	2.21 d
	Spring seeding	28.2 b	0.30 d	110.8 g	2.09 g
60 days after heading	Autumn seeding	28.8 a	0.32 c	112.0 g	2.24 c
	Spring seeding	28.2 b	0.28 f	105.0 h	2.12 f

*The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

수준이었다(Table 4). IRG 채종 적기 판단의 외형변화 지표인 줄기 변색률에서는 추파의 경우 출수 30일에 93.2%를 보이고 그 후 비슷한 수준으로 유지되는 반면 춘파의 경우에는 출수 60일까지도 지속적으로 상승하여 90.8%의 줄기 색이 변하였다(Table 4). 수수 길이는 추파와 춘파 모두 출수 50일까지 증가하였는데 추파의 경우 29.0 cm까지 성장한 반면 춘파는 최고 길이가 28.2 cm로 추파의 97%이었고 추파의 경우 수수의 주 성장이 출수 30일 이전에 이루어지는 반면 춘파는 출수 40일로 늦게까지 성장하였다. 수수

무게의 경우 탈립 증가로 최고 수수무게가 각각 20일과 30일로 당겨졌는데 춘파의 수수무게는 추파의 79.5%이었다(Table 5). 수당립수 역시 탈립의 영향을 받았는데 추파 출수 20일 경과 시 수당 립수가 주당 268.4개였던 반면 30일에는 242.6개 40일에는 127.2개로 기간 경과에 따라 통계적으로 유의미하게 떨어지고 있으나(Table 5) 탈립에 의한 수당 립수 변화가 적은 출수 20일에서 30일 사이에는 수확하여야 할 것으로 평가되었다. 간척지에서의 IRG ‘Kowinearly’ 품종의 탈립율을 파종 시기별로 분석하였는데 추파의 경우

출수 20일에 6.4%, 출수 30일에 16.8%로 유지되다가 출수 40일부터 42.8%로 급격히 상승하였고 최고 56%까지 올라갔다(Fig. 1). 춘파의 경우 최고 탈립률이 46.8%로 추파에 비해 16.8% 낮았으나 출수 30일 이후 탈립률이 급격히 증가하는 경향은 추파와 동일하였다(Fig. 2).

간척지에서의 IRG 종자 수량은 토양의 미성숙 등 생육환경의 불량으로 일반지에 비하여 전반적으로 떨어졌다. 또한 출수 후 기간 경과에 따라 도복과 탈립이 계속적으로 증가하는 경향이 종자 수량에 반영되었다. 새만금 간척지에서 추파시 수확 가능한 종자 최고 수량은 238 kg/10a이었는데 충분한 성숙기간 확보로 종자의 충실도가 유지되고 탈립률이 비교적 낮은 출수 30일에 최고 수량을 나타내었다(Fig. 1). 종자가 충실하지 못하면 천립중이 떨어지고 천립중이 종자의 성숙도(Bartel, 1941; Griffith & Harrison, 1954)와 발아율에 밀접한 연관성이 있다(Frey *et al.*, 1958)는 것은 확인된 바 있다. IRG 새만금 간척지 재배에서도 탈립이 천립중에 영향을 미쳤는데 충분히 성숙한 종자가 떨어져 나가

는 비율이 증가하면서 천립중이 감소하여 출수 30일 천립중이 추파 2.43 g, 춘파 2.26 g으로 최고 무거웠던 반면 탈립률이 높았던 출수 50일에는 각각 2.21 g과 2.09 g으로 (Table 5) 종자가 충분히 성숙하고 탈립률이 비교적 낮은 출수 20일~30일 사이에 수확하는 것이 수량과 품질을 확보할 수 있는 시기였다. 춘파의 경우에는 탈립이 추파에 비해서는 적었으나 수량감소는 추파와 유사한 경향을 보였으며 최고 수량을 확보할 수 있는 수확 시기 역시 춘파도 출수 20일~30일 사이로, 출수 30일 수량은 169 kg/10a로 추파 최고 수량의 71% 수준이었다(Fig. 2).

IRG 종자 색, 중량 변화 및 수분함량에 따른 발아특성 변화

IRG는 출수 후 기간 경과에 따라서 줄기의 색이 바뀌었는데 출수 후 18일이 지난 후부터 점차적으로 분홍색으로 변화하였으며 종자도 출수 후 20일 경과부터 점차적으로 녹색에서 분홍색으로 변화하였다(Fig. 3). 출수 후 종자 수가 증가하고 성숙이 진행됨에 따라 영과외의 생중도 증가하였는

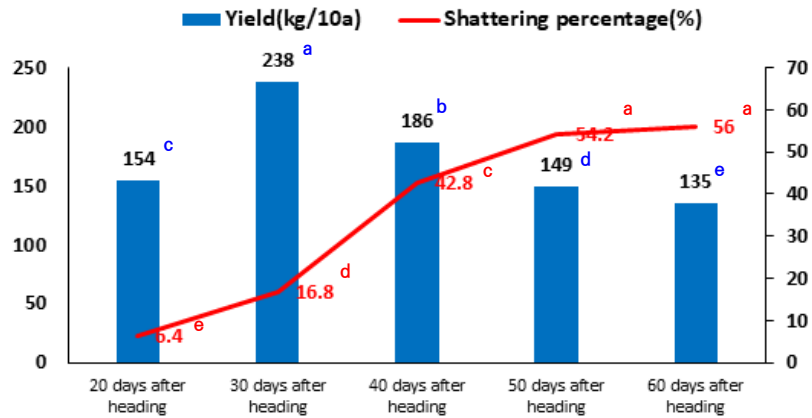


Fig. 1. Seed yield and shattering percentage through heading time in the fall-sown trial treatment. *The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

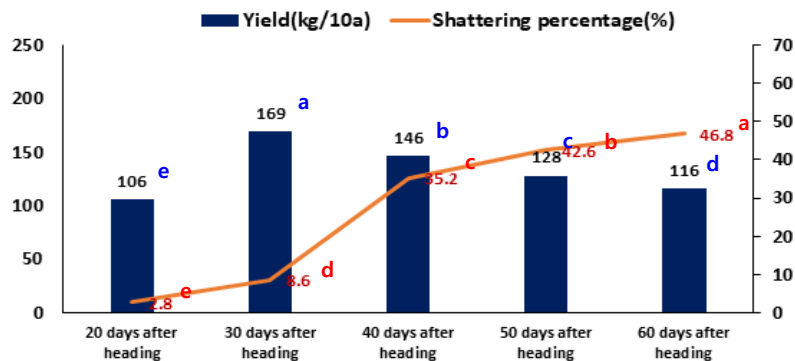


Fig. 2. Seed yield and shattering percentage through heading time in the spring-sown trial treatment. *The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

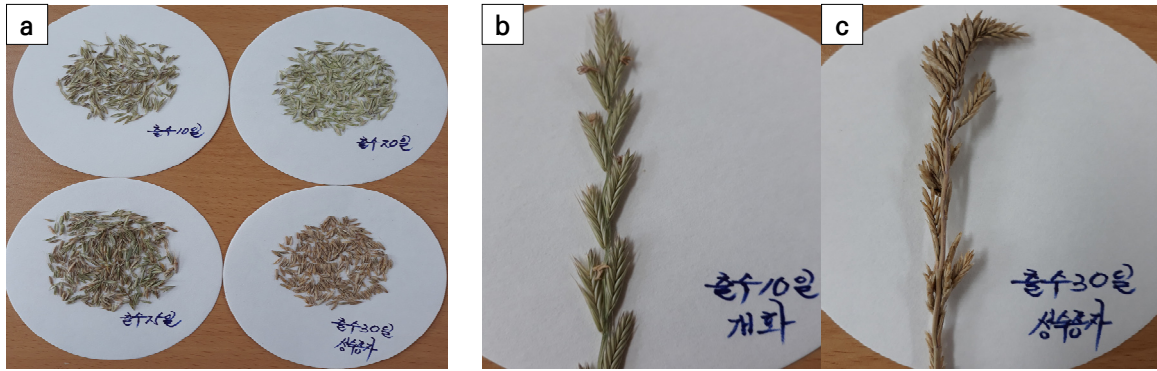


Fig. 3. Italian ryegrass seed shape and colour change at heading time. a: Seed shape and color at 10, 20, 25, and 30 days after heading, b: Panicle shape, 10 days after heading, c: Panicle shape, 30 days after heading.

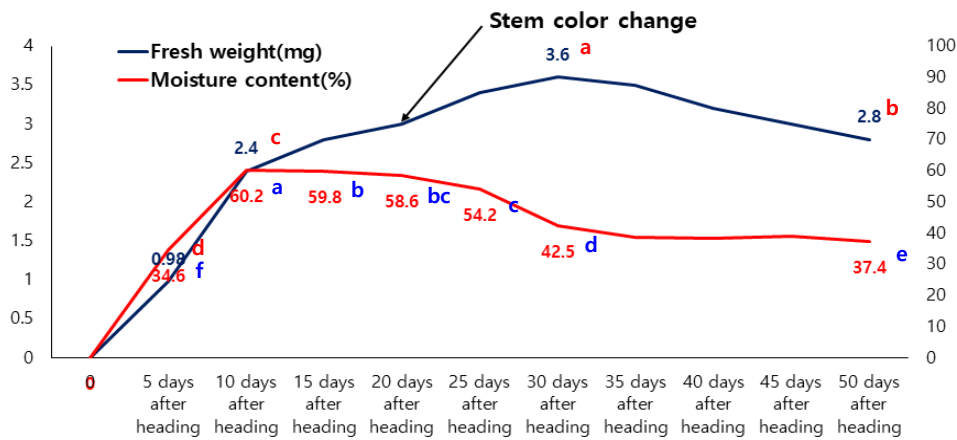


Fig. 4. Italian ryegrass stem color change, caryopsis fresh weight, and seed moisture change at heading time. *The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

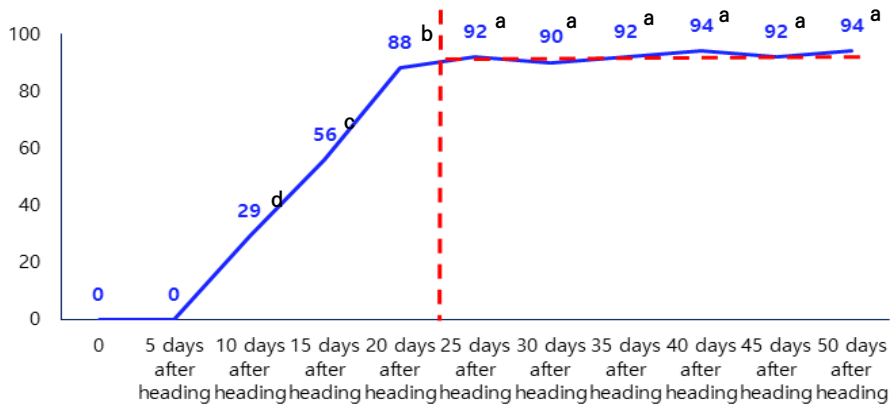


Fig. 5. Seed germination rate at heading time. *The same letters in each column indicate that the values are not significantly different at the 5% level by DMRT.

데 탈립이 큰 폭으로 증가하기 직전 단계인 출수 30일에 영과의 생체중이 가장 무거운 3.6 mg이었으나 탈립이 증가한 이후에는 영과 생중이 점차 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4). 종자 발달 단계 중 종자의 수분 함량 변화가 발아 능력과

밀접한 연관이 있다는 보고는 레드클로버와 화이트클로버 그리고 이탈리아라이그라스의 외국 품종 등에서 확인된 바 (Hyde *et al.*, 1995) 있는데 IRG 코윈어리 품종에서도 종자 수분 함량이 일정 수준 이하로 감소하면서 발아율이 증가

하고 있는 상황이 관찰되었다. 실제로 출수 후 초기 단계인 출수 10일까지는 종자 수분 함량이 점차 증가하여 60.2% 까지 높아지나 이후 점차적으로 감소하면서 출수 50일에는 37.4%까지 줄어들었다(Fig. 5). 종자 수분함량이 감소하면서 IRG 종자 발아율은 점차적으로 증가하였는데 종자 수분 함량이 55% 수준 이하로 떨어지게 되는 출수 20일~25일 부터는 IRG 종자 발아율이 90% 이상을 유지하였다(Fig. 5).

국내 간척지 채종재배를 위한 IRG 코윈어리 품종의 적정 종자 수확시기는 줄기의 색 변화와 종자의 수분 감소를 지표로 하여 90% 이상의 종자 발아율이 유지되고 탈립율이 16.8% 이하이면서 수량이 238 kg/10a로 가장 높은 추파 후 출수 20일~30일 사이이고 춘파시는 수량이 추파의 71% 정도로 떨어지고 있음을 확인할 수 있었다.

적 요

간척지에서 IRG 코윈어리 품종 채종재배 결과 IRG 지상 부 생육 최성기는 추파, 춘파 모두 출수 후 20~30일 이었고 춘파의 생육(초장)은 추파의 90.4% 수준이었다. 간척지에서 IRG 종자 수량은 토양의 미성숙 등의 생육환경의 불량으로 일반지에 비하여 전반적으로 하락하였다. 또한 출수 후 기간 경과에 따라 도복과 탈립이 지속적으로 증가하는 경향이 종자 수량에 반영되었는데 노출 후 작물 경작이 이루어지지 않은 처너지인 새만금 노출지에서 IRG 추파 시 수확 가능한 종자 최고 수량은 238 kg/10a이었고 춘파는 최고 수량이 추파의 71% 수준인 169 kg/10a이었다. IRG는 출수후 18일이 지난 후부터 줄기가 분홍색으로 변화했으며 종자도 출수 후 20일 경과부터 점차적으로 녹색에서 분홍색으로 변화했다. 수확 종자의 발아율은 종자 수분 함량과 밀접한 연관이 있었는데 종자 수분 함량이 55% 이하로 떨어지는 출수 20일~25일부터는 IRG 종자 발아율이 90% 이상을 유지하였다. 따라서 IRG 'Kowinearly' 품종의 채종재배의 수확 적기는 발아율이 90% 이상으로 유지되고 탈립율이 16.8% 이하이면서 최고 수량을 나타내는 출수 20일~30일 사이이었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(ATIS 과제번호: PJ0138 3005)의 지원에 의해 이루어진 연구결과임.

인용문헌(REFERENCES)

- Back, N. H., T. K. Kim, C. H. Yang, S. Kim, J. K. Nam, S. B. Lee, W. Y. Choi, S. J. Kim, and K. B. Lee. 2011. The growth and yield of winter fodder crops by soil salinities at Saemangeum reclaimed land in Korea. *Korean J. Intl. Agri.* 23(4) : 410-414
- Bae, H. S., H. S. Jang, S. H. Ahn, J. T. Yoon, and U. H. Kim. 2019. Effect of Nitrogen Fertilizer on Seed Yield and Growth Response for Italian Ryegrass in Saemangeum Reclaimed Tidal Land. *The supplement of Korean Society of Soil Science and Fertilizer 2019* : 120.
- Bartel, A. T. 1941. Green Seeds in Immature Small Grains and their Relation to Germination. *J. Amer. Soc. Agron.* 33 : 732-738.
- Burnett, L. C. and A. L. Bakke. 1930. The Effect of Delayed Harvest Upon the Yield of Grain. *Iowa agric. Ex p. Sta. Res. Bull.* 130.
- Choi, K. J., E. S. Jung, Y. W. Lim, Y. C. Lim, K. Y. Kim, B. R. Sung, 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* Lam.). *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science* 22(3) : 221-226.
- Choi, K. J., H. C. Ji, K. Y. Kim, H. S. Park, S. Seo, K. W. Lee, and Lee S. H. 2011. Growth characteristics and productivity of cold-tolerant "Kowinearly" Italian ryegrass in the northern part of South Korea. *African Journal of Biotechnology* 10(14) : 2676-2682
- Cox, M. S. 2001. The Lancaster soil test methods as an alternative to the Mehlich 3 soil test methods. *Soil Science* 166(7) : 484-489
- Frey, K. J., E. Ruan, and S. C. Wiggans. 1958. Dry weights and germination of developing oat seeds. *Agron. J.* 50 : 248-50.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In Klute A. (2nd ed.). *Methods of soil analysis. Part I.* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. pp.383-411.
- Griffeth, W. L. and C. M. Harrison. 1954. Maturity and curing temperatures and their Influence on germination of reed canary grass seed. *Ibid.* 46 : 163-167.
- Harlan, H. V. and M. N. Pope. 1923. Water content of barley kernels during growth and maturation. *J. agric. Res.* 23 : 333-360.
- Hatcher, E. S. T. and O. N. Purvis. 1945. On the behaviour in the field of small grain obtained by premature harvesting. *J. agric. Sci.* 35 : 177-183.
- Hides, D. H., C. A. Kute, and A. H. Marshall. 1993. Seed development and seed yield potential of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam). *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 48 : 181-188.
- Hyde, E. O. C., M. Allison McLeavey, G. and S. Harris. 1995.

- Seed development in ryegrass, and in red and white clover, New Zealand Journal of Agricultural Research 2(5) : 947-952.
- Ji, H. C., G. J. Choi, S. H. Lee, K. Y. Kim, K. W. Lee, N. G. Park, and E. S. Lee. 2013. A very early-maturing Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) new variety, 'Green farm II'. J. of Korean Society of Grassland and Forage Science 33(1) : 10-14.
- KDI. 2011. Saemangeum master plan. Korea Development Institute.
- Kim, C. S., J. W. Cho, and S. Y. Lee. 1993. Mechanisms of salt tolerance in crop plants - I. Physiological responses of Barley, Rye and Italian Ryegrass seed germination to NaCl concentrations. Korean Journal of Crop Science 38(4) : 371-376.
- 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. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 30(3) : 247-256.
- Kim, S., J. H. Jeong, W. Y. Choi, J. H. Lee, K. B. Lee, and I. B. Im. 2013. Change of vegetation characteristics and soil chemical properties at Saemangeum reclaimed land in Korea. Weed Turf. Sci. 2(3) : 260~266.
- Kim, K. Y., H. C. Ji, S. H. Lee, K. W. Lee, W. H. Kim, M. W. Jung, S. Seo, and G. J. Choi. 2010. Yield and nutritive value of spring-seeded early and late maturity Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). J. Kor. Grassl. Forage Sci. 30(2) : 97-102
- Ko, Y. D., K. Y. Jeong, Y. W. Ryu, D. W. Kim, and J. H. Kim. 1991. Effects of sowing date and method on the yield and winter survival of Italian Ryegrass in Paddy. J. of The Korean Society of Grassland and Forage Science 1(1) : 30-37.
- Lee, K. S. and S. Y. Choi. 1995. Varietal difference of salt tolerance during germination in Italian Ryegrass. Korean Journal of Crop Science 40(4) : 413-419.
- NAAS (National Institute of Agricultural Science). 2010. Methods of soil chemical analysis, Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
- NIAS (National institute of animal science). 2018. Statistics of IRG. Rural Development Administration(RDA), Suwon, Korea.
- Nutman, P. S. 1941. A study of conditions of formation and the subsequent growth of dwarf embryos in Rye. Ann. Bot. n. s. 5 : 353-374.
- Park, B. E. and N. J. Lee. 1984. Seed production studies in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. Italicum) I. Effect of seeding time and seed rates of Italian ryegrass, cv. Tetrone on seed production. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 4(3) : 226-234.
- Ryu, J. W., J. H. Kang, and B. H. Park. 1985. Seed production studies in Italian (*Lolium Multiflorum* Lam. Italicum) II. Moisture content, seed weight, shattering and germination in ripening process of Italian ryegrass. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 5(1) : 79-83.
- Seo, S. K., Y. D. Kim, H. K. Park, and M. S. Park. 1997. Effect of clipping time on seed maturity and germination in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. Italicum). Korean Journal of Crop Science 42(1) : 104-111
- Young, III, W. C., T. G. Chastain, M. E. Mellbye, T. B. Silberstein and C. J. Garbacik. 1996. Stand density effects on annual Ryegrass seed crops. Seed production research at Oregon State University USDA-ARS Cooperating.