

산청지역에서 파종량 및 질소 시비량에 따른 호밀의 생육과 종실 수량

Effects of Seeding Rate and Nitrogen Fertilizer Level on Growth and Seed Productivity of Rye Cultivar in Sancheong Province

김중성

J. S. Kim(영문)
호진바이오뱅크(주)²

hyojinbio@naver.com

김진진

J. J. Kim
국립한국농수산대학
교양공통과¹

kjj0kxk@korea.kr

한옥규*

O. K. Han^{*}
국립한국농수산대학
식량작물학과¹

okhan98@hanmail.net

Abstract

This experiment was conducted at Sancheong from 2013 to 2015. The objective of this study was to establish the seeding rate, and to clarify the optimum nitrogen fertilizer level for rye seed production in the southern area of Korea. We employed Korean rye cultivar 'Gogu' in this test. The experimental design was a split-plot design with three replications. A split-plot design was used with three seeding levels (3, 5, and 7 kg 10 a⁻¹) on the main plots and other treatments fully randomized in sub-plots. A factorial arrangement of treatments included three different nitrogen fertilizer levels (0, 3, 6, and 9 kg 10 a⁻¹). The grain yields of rye affected by increasing the seeding rate. The number of spike per m² and immature grain weight was increasing, while the fertility rate and the number of grain per spike were decreased as seeding rate were increased from 3 kg 10 a⁻¹ to 7 kg 10 a⁻¹. The percentage of a productive tiller, 1-liter weight, and 1000-grain weight also decrease by increasing seeding but the grain yields of rye had less effect. There was an increase in the number of spike per m², the number of grain per spike, and grain yields as nitrogen fertilizer level was increased from 0 kg 10 a⁻¹ to 9 kg 10 a⁻¹ and followed a delaying heading and an increasing lodging of the plant. But grain yields did not affected by the interaction of seeding rate × nitrogen fertilizer levels. The best seeding rate and nitrogen fertilizer level for rye seed production were 5 kg and 3 kg 10 a⁻¹, respectively, considering seed and fertilizer reduction and the prevention of pollution by excess fertilization.

Key words : Rye, Seed, Production, Sancheong Province

* 교신저자

1 Department of Food Crops, Korea National College of Agriculture and Fisheries

2 Hyojin Biobank Agriculture Co., LTD. 4, Najuseobu-ro, Naju, Jeollanam-do, 58275, Korea

I. 서론

우리나라에서 호밀은 추위에 강해 월동재배에 알맞으며, 월동 후 봄에 일찍 수확하기 때문에 벼를 이앙하는 논에 재배할 경우 봄철 모내기과 작업상 경합을 회피할 수 있어 답리작 사료작물로 유리하다. 그러나 호밀은 타가수정을 하기 때문에 순도가 높은 종자 채종이 어렵고, 종자가 익는 시기도 늦어 장마기와 조우할 수 있으며, 수확기에 식물체가 도복이 잘 되는 등 국내에서 종자생산 시 여러 가지 곤란한 점이 있기 때문에 종자의 전량 수입에 의존하고 있다(Ryu · Kang, 1988; Seo, 2009).

국내에서의 호밀 품종은 재래종을 수집하여 선발한 팔당호밀(Hwang 등, 1985)을 비롯하여 도입 육종된 두루 · 조춘 · 춘추(Ha 등, 1989; Ha 등, 1990; Hwang 등, 1987), 그리고 국내에서 집단 육종법에 의해 육성된 울호밀, 곡우호밀, 이그린, 울그린, 씨드그린(Han 등, 2015; Heo 등, 1998, 2004, 2009a, 2009b) 등 우량 품종이 다수 육성되었다.

호밀은 국내에서 여러 개의 호밀품종이 육성되었음에도 불구하고 종자는 주로 도입에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 도입종은 국내 육성종보다 생육이 늦고 추위에 덜 강하며 수량성도 낮아 답리작 재배에 불리하고, 소독된 종자를 도입하므로 친환경 재배에도 부적합하다(Han 등, 2018). 또한 기후변화 등 범세계적인 작황부진에 따른 조사료용 및 녹비 종자의 공급불안에 대응하여 국내에서 필요한 호밀 종자를 안정적으로 공급하고, 우수한 육성 품종의 활용도 증진을 위해 자급용 호밀의 종자생산 가능성 검토 및 안정생산 체계 확립이 필요하다(Song · Han, 2020).

국내에서 호밀 재종방법을 확립하기 위한 연구가 다수 진행되었는데, 허 등(2001)에 의하면 호밀은 종자를 3 kg 10 a⁻¹ 파종한 시험구에서 가장 낮았으며, 도복은 9 kg 10 a⁻¹에서 가장 도복이 심하

였고, 5 kg 10 a⁻¹ 시험구에서 도복지수가 가장 낮았다고 하였다. 충남농업기술원(1988)에 의하면 종실용 호밀의 적정 질소 시비량은 9 kg 10 a⁻¹, 파종량은 6 kg 10 a⁻¹ 이었다고 하였고, 윤 등(1988)은 무질소구, 질소 반시비구는 호밀의 출수 및 성숙기가 빠른 편이라고 보고하였다. Song · Han(2020)은 장수지역에서 호밀 종자생산을 위해 적합한 파종량이 5 kg 10 a⁻¹, 질소 시비량이 6 kg 10 a⁻¹ 라고 하였다. 이렇듯 호밀종자 생산은 지역별로 재배환경이 다르기 때문에 연구 결과도 차이가 있으므로 각 지역에서 자급용 종자의 채종을 위해서는 재배방법도 달리하는 것이 합리적일 것으로 사료되었다.

본 연구는 국내에서 호밀 종자의 자급률을 향상시키고 더불어 조사료 재배면적이 많은 지역에 수량과 품질이 우수한 국내 육종품종의 종자를 직보급하기 위한 일환으로 지역 친화형 재종기술을 확립하고자 장수지역(Song · Han, 2020)의 시험 결과를 보고한 데 산청지역에서 실시한 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

시험품종은 국내에서 육성된 곡우호밀을 국립식량과학원에서 분양받아 사용하였다. 시험은 해발 153 m의 중간산지에 위치한 경남 산청군 삼장면 대포리의 논에서 2013년 10월부터 2015년 6월까지 수행하였다. 파종시기는 2013년이 10월 28일, 2014년이 10월 10일이었다. 시험구 배치는 파종량 3수준(3, 5, 7 kg 10 a⁻¹), 질소 시비량 4수준(0, 3, 6, 9 kg 10 a⁻¹)의 분할구배치법 3반복으로 하였다. 파종방법은 트랙터 부착형 세조파기를 이용하여 25 cm × 5 cm 간격으로 휴림세조파하였다. 시비방법으로서 인산은 7.4 kg 10 a⁻¹, 칼리는 3.9 kg 10 a⁻¹를 진단시비하였고, 질소는 기비 50 %, 추비 50 %로 분시하였으며, 인산과 칼리는

전량을 기비로 사용하였다.

주요 조사항목은 기상환경, 생육특성, 수량구성 요소 및 수량을 조사하였다. 기상환경은 온도, 습도, 강우량, 일사량, 풍속을 자동관측장비를 이용하여 측정하였다. 생육조사방법으로서 한해는 월동 후 3월에 고엽를 달관조사하였고, 간장은 최장간의 지면에서 이삭목까지의 길이, 도복은 발생시에 달관조사하였으며, 유효경비율은 (이삭수/최고본얼수)×100, 출수기는 총경수의 40 %가 출수한 날, 성숙기는 대부분의 이삭이 황화하고 종실을 손으로 눌렀을 때 딱딱한 느낌이 들 때로 하였다. 종자 수확은 성숙기에 도달한 시험구를 대상으로 실시하였다. 수확물은 자연 건조하여 종자가 완전히 건조되었을 때 수량구성요소를 조사하고 종실 수량을 평량하였는데, 설립증은 탈곡한 시료에서 100 g을 취하여 2.0 mm의 종목체를 통과하는 종자의 무게를 평량하였고, 종실 수량은 설립을 제외한 종자에 대하여 수분함량을 14 %

로 보정하여 무게로 환산하였다. 생육관리 및 조사는 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 따랐다. 통계분석은 SAS 프로그램을 사용하여 분산분석과 처리간의 평균비교(Duncan's Multiple Range Test)를 실시하였다.

시험포장의 토양 화학적 성분은 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 분석하였으며, 시험 전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 1년차의 평균 pH는 6.0 이었고, 유기물함량은 55.3 g kg⁻¹, 유효인산은 75.7 mg kg⁻¹, 총질소 함량은 0.26 % 이었다. 1년차의 시험을 실시한 후 2년차 시험포의 화학적 특성을 살펴보면 평균 pH는 6.0이었고, 유기물함량은 60.3 g kg⁻¹, 유효인산은 81.7 mg kg⁻¹, 총질소 함량은 0.27 % 이었다. 토양의 유기물 함량은 상당히 높은 수준으로 유지되었으며, 시험 전 토양에 비해 유기물 함량은 다소 증가하는 경향이였다(Table 1).

Table 1. Soil condition of field evaluated before experiment

Year	pH (1:5)	O.M. (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)				T-N (%)	Nitrogen	
				Ca	Mg	K	Na		No ₃ ⁻ -N	No ₄ ⁺ -N
2013	6.0	55.3	75.7	8.3	0.6	0.39	0.07	0.26	1.4	7.0
2014	6.0	60.3	81.7	5.1	0.4	0.3	0.13	0.27	3.0	4.0

III. 결과

1. 시험기간 중 기상특성

시험기간인 2013년 10월부터 2015년 6월까지 조사한 기상특성은 Table 2와 같다. 평균기온은 가장 높은 때가 1년차인 2014년 6월에 26.7 °C, 2년차인 2015년 6월에 26.4 °C 이었고, 가장 낮은 때가 1년차인 2014년 1월에 -5.2 °C, 2년차인 2014년 12월에 -3.8 °C 이었으며, 평균기온의 연차간 차이는 크지 않았다. 강수량은 2년차에 686

mm로 1년차의 541 mm 보다 27 %가 많았으며, 특히 2년차의 10월 파종기에 128.0 mm (전년 96.9 mm, 30 % 증가), 4월 개화기에 165.6 mm (전년 135.2 mm, 22 % 증가), 5월 출수기에 96.1 mm (전년 38.2 mm, 152 % 증가)로 1년차 보다 많은 강수량을 나타내었다. 일조시간은 봄이 시작되는 3월부터 월평균 223시간으로 연차간에 큰 차이를 나타내지 않았다. 전체적으로 시험기간 중 기상은 월동기온이 온화하고 월동 후 강수량이 충분하여 호밀이 생육하기 양호한 조건이었으나 4월의 강수량은 다소 많은 편이었다.

Table 2. Weather condition during the growing season from 2013 to 2015

Year	Item	Numerical value	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
2013~ 2014	Temperature (°C)	Mean	14.7	7.4	2.1	0.9	3.0	7.9	13.4	18.3	21.4
		Max.	21.9	13.1	7.4	7.7	9.3	13.9	20.4	25.8	26.7
		Min.	9.7	2.5	-2.7	-5.2	-2.5	2.2	6.9	11.0	17.2
	Precipitation (mm)	Total	96.9	58.6	5.4	2.4	10.8	83.4	135.2	38.2	110.3
		Mean	74	60	54	47	55	54	53	54	71
Daylight hours (h)	Total	199.3	175.6	170.9	203.0	153.4	213.1	209.2	297.9	172.0	
	Mean	6.3	9.7	11.3	8.9	7.9	8.9	9.8	9.5	6.5	
2014~ 2015	Temperature (°C)	Mean	13.8	8.6	0.6	1.2	2.4	7.0	13.0	18.7	21.1
		Max.	21.0	15.1	5.9	6.5	8.1	14.4	19.2	25.5	26.4
		Min.	8.2	3.4	-3.8	-3.4	-2.3	0.4	7.6	11.8	16.7
	Precipitation (mm)	Total	128.0	75.8	6.6	18.9	40.0	59.3	165.6	96.1	95.7
		Mean	74	66	50	51	50	48	65	56	71
Daylight hours (h)	Total	193.3	159.8	164.7	171.0	185.0	256.4	174.6	287.6	174.7	
	Mean	7.6	9.2	11.3	10.2	10.6	11.1	8.4	8.9	6.7	

2. 파종량과 질소 시비량에 따른 호밀의 생육 특성

파종량과 시비량에 따른 호밀의 생육특성은 Table 3과 같다. Table 1에서 설명한 바와 같이 월동기간 중 비교적 온화한 기온을 나타내어 종자 파종량과 질소 시비량에 관계없이 호밀의 한해

피해는 거의 나타나지 않았다. 출수기는 파종량에 따른 차이를 보이지 않았으나 질소 시비량 간에는 유의성이 있었는데($p < 0.05$), 무비구가 시비구인 3 kg 10 a⁻¹ 이상 구에 비해 출수기가 3일 빠른 경향이였다. 개화기와 성숙기는 파종량과 질소 시비량에 따른 차이를 보이지 않았다. 도복은 파종량 증가에 따른 유의성은 없었으나 질소 시비량 간에는

Table 3. Effects of seeding rate and nitrogen fertilizer level on plant growth of rye

Seeding rate (A) (kg 10 a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer level (B) (kg 10 a ⁻¹)	Cold-weather damage (0~9) ^x	Heading date (mm.dd)	Flowering date (mm.dd)	Maturing date (mm.dd)	Lodging (0~9) ^z	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Productive tiller (%)
3	0	1.0	4.22	5.16	6.10	1.0	146.8	10.7	83.8
	3	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	153.3	12.1	86.0
	6	1.0	4.19	5.16	6.10	5.0	156.1	12.8	91.2
	9	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	155.3	11.2	89.4
	Mean	1.0	4.20 ^a	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	3.0 ^{ns}	152.9 ^{ns}	11.7 ^{ns}	87.6 ^{ns}
5	0	1.0	4.22	5.16	6.10	3.0	147.2	10.5	85.0
	3	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	150.9	12.0	89.7
	6	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	153.7	12.1	90.3
	9	1.0	4.19	5.16	6.10	5.0	156.1	12.1	91.9
	Mean	1.0	4.20 ^a	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	3.5 ^{ns}	152.0 ^{ns}	11.7 ^{ns}	89.2 ^{ns}
7	0	1.0	4.22	5.16	6.10	3.0	146.1	10.3	88.5
	3	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	148.0	11.6	85.1
	6	1.0	4.19	5.16	6.10	5.0	157.5	11.7	83.9
	9	1.0	4.19	5.16	6.10	3.0	153.8	11.4	88.2
	Mean	1.0	4.20 ^a	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	3.5 ^{ns}	151.4 ^{ns}	11.3 ^{ns}	86.4 ^{ns}
Mean of (B) ^y	0	1.0	4.22 ^a	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	2.3 ^c	146.7 ^{ab}	10.5 ^{ab}	85.8 ^b
	3	1.0	4.19 ^b	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	3.0 ^b	150.7 ^a	11.9 ^a	86.9 ^{ab}
	6	1.0	4.19 ^b	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	4.3 ^a	155.8 ^a	12.2 ^a	88.5 ^a
	9	1.0	4.19 ^b	5.16 ^{ns}	6.10 ^{ns}	3.7 ^{ab}	155.1 ^a	11.6 ^a	89.8 ^a

^{a, b, c} is significantly different among seeding rate (A) and nitrogen fertilizer level (B) at the 5% probability. ^xInteractions between (A) and (B) are not significant at the 5% probability. ^{ns} is not significant. ^zRating score : 0 = no damage, or no lodging, 9 = killed by cold damage or 100% lodging.

유의성이 있었는데($p < 0.05$), 질소 시비량을 증가할수록 도복도 같이 증가하는 경향이었으며, 특히 질소 시비량을 $6 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 이상 증비할 경우 도복의 정도가 크게 증가하였다. 또한 간장·수장·유효경비를 또한 파종량 및 질소 시비량에 따른 유의성은 없었으나 질소 시비량에 따라서는 유의성이 있었는데($p < 0.05$), 질소 시비량을 증가할수록 간장과 수장은 다소 길어지고 유효경비율도 다소 증가하는 경향이였다. 그러나 출수기, 개화기, 성숙기, 도복, 간장, 수장, 유효경비율은 파종량과 질소 시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다.

3. 파종량과 질소 시비량에 따른 호밀의 수량 구성요소 및 종실 수량

파종량과 질소 시비량에 따른 호밀의 수량구성요소 및 종실 수량의 변화는 Table 4와 같다. m^2 당수수는 호밀 종자의 파종량을 증가할수록 유의하게 많아지는 경향이었고($p < 0.05$), 반대로 1수립수는 감소하는 경향이었는데($p < 0.05$), 1수립수의 감소 정도는 파종량이 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 처리구에서 가장 컸으며, $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 처리구와 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 처리구 간에는 유의성을 보이지 않았다. 이들 형질은

Table 4. Effects of seeding rate and nitrogen fertilizer level on yield components and seed productivity of rye

Seeding rate (A) (kg 10 a^{-1})	Nitrogen fertilizer level (B) (kg 10 a^{-1})	No. of spike (ea m^{-2})	Number of grain per spike (ea)	Fertility rate (%)	Immatured grain weight (g)	1L weight (g)	1,000 grain weight (g)	Seed productivity (kg 10 a^{-1})
3	0	369.4	46.0	83.7	2.9	740.6	27.2	261.3
	3	444.3	50.4	82.9	2.6	745.0	28.1	324.0
	6	477.9	51.4	79.4	3.2	730.9	28.0	286.1
	9	510.3	53.4	83.4	2.5	732.0	27.4	336.4
	Mean	450.5 ^c	50.3 ^a	82.4 ^a	2.8 ^b	737.1 ^{ns}	27.7 ^{ns}	302.0 ^b
5	0	439.1	45.8	78.3	2.5	744.0	27.5	312.2
	3	462.7	49.6	82.7	2.1	741.3	27.8	355.5
	6	483.2	50.8	88.1	2.6	744.3	28.1	361.2
	9	538.7	51.8	78.0	3.6	721.6	26.6	272.3
	Mean	480.9 ^b	49.5 ^a	81.8 ^a	2.7 ^b	737.8 ^{ns}	27.5 ^{ns}	325.3 ^a
7	0	452.0	43.0	75.3	4.3	730.0	26.0	241.0
	3	513.3	44.6	81.7	3.1	730.3	27.5	325.2
	6	633.9	48.4	73.7	4.1	725.2	26.3	321.8
	9	665.7	44.8	76.2	3.9	736.0	27.2	354.9
	Mean	566.2 ^a	45.2 ^b	76.7 ^b	3.9 ^a	730.4 ^{ns}	26.8 ^{ns}	310.7 ^b
Mean of (B)z	0	420.2 ^d	44.9 ^b	79.1 ^{ns}	3.2 ^a	738.2 ^{ns}	26.9 ^{ns}	271.5 ^b
	3	473.4 ^c	48.2 ^a	82.4 ^{ns}	2.6 ^b	738.9 ^{ns}	27.8 ^{ns}	334.9 ^a
	6	531.7 ^b	50.2 ^a	80.4 ^{ns}	3.3 ^a	733.5 ^{ns}	27.5 ^{ns}	323.0 ^a
	9	571.6 ^a	50.0 ^a	79.2 ^{ns}	3.3 ^a	729.9 ^{ns}	27.1 ^{ns}	321.2 ^a

^{a, b, c} is significantly different among seeding rate (A) and nitrogen fertilizer level (B) at the 5% probability. ^zInteractions between (A) and (B) are not significant at the 5% probability. ^{ns} is not significant.

질소 시비량에 따라서 유의성이 있었는데, 질소 시비량을 증가할수록 m^2 당수수와 1수립수가 많아지는 경향이였다. 그러나 파종량과 질소 시비량에 따른 교호작용은 보이지 않았다. 임실률은 파종량을 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데($p < 0.05$), $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 파종구의 82.4 %에서 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 파종구에서 76.7 %로 감소폭이 큰 편이었으며, 질소 시비량 간에는 유의성을 보이지 않았다. 설립은 종자 파종량을 증가할수록 많이 발생했으며($p < 0.05$), 질소 시비량에서는 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 처리구에서만 다른 처리구에 비해 설립 발생이 유의하게 적었을 뿐 무비구를 포함한 $6 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 및 $9 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 처리구에서는 같은 수준으로 설립 발생이 많았으나, 파종량과 질소 시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다. 리터중과 1000립중은 파종량과 질소 시비량에 따른 유의성을 보이지 않았고, 상호 교호작용도 없었다. 그러나 종실 수량은 파종량을 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 에서 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 증가함에 따라 유의하게 증가하다가 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 구에서 다소 적어지는 경향이었고($p < 0.05$), 질소 시비 또한 무비구보다 질소를 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 이상 시비한 구에서 증가하는 경향이었으나($p < 0.05$), 질소 시비구 내에서는 유의성이 없었다. 종실 수량에 대한 파종량과 질소 시비량 간에는 교호작용을 보이지 않았다.

IV. 고찰

우리나라에서 호밀 종자의 생산은 기상요인이 생패를 좌우한다. 호밀은 타화수정작물이기 때문에 강한 바람과 잦은 비는 수분과 수정을 방해하여 결실률을 저하시켜 결국 수량이 감소된다. 또한, 호밀은 보리에 비해 성숙기가 늦기 때문에 종자의 수확시기가 장마기가 겹치는 경우 미성숙 종자를 수확하거나 탈곡·조제 과정에서 건조 등이 부실할 경우 발아율이 낮아지는 등 저질종자 생산의 원인이 된다(Ryu · Kang, 1988). 덧붙여

수확시기에 도달한 호밀은 2 m 이상 키가 크기 때문에 장마와 조우하게 되면 비나 바람의 영향으로 도복이 발생해 수발아 등 종자 품질에 영향을 주는 피해가 발생할 수 있다.

남부지역인 산청에서 국내육성 호밀품종의 지역 친화형 재종기술을 검토한바 호밀의 성장 및 결실기간인 2월부터 6월까지 비교적 많은 강우가 있었으나 우려했던 도복 피해는 크게 발생하지 않았고, 조숙성인 곡우품종을 시험에 사용하여 7월에 오는 장마 전에 일찍 수확하여 수발아도 발생하지 않았다(Table 2, Table 4). 또한 바람 등에 의해 타식성 작물인 호밀의 수분·수정을 저하나 도복이 발생하는 경우가 있으나(MST, 1991), 본 시험에서는 바람에 의한 피해는 크게 없었다.

본 연구에서 호밀 종자의 파종량을 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로부터 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 증가시킴에 따라 종실 수량이 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 수준까지는 증가하였으나 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 에서 다시 감소하는 경향이었는데, 이는 파종량의 증가로 인해 m^2 당수수가 증가하였지만 임실률과 1수립수·리터중 및 1000립중이 감소하였기 때문이다. 또한, 질소 시비량을 무비구로부터 $9 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 증가시킴에 따라 종실 수량이 증가하였는데, 출수가 늦어지고 도복이 다소 증가하였지만 수량구성요소인 m^2 당수수와 1수립수가 많아졌기 때문이다(Table 4). 허 등(2001)에 의하면 호밀은 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 의 적은 파종량에서 수량이 낮았다고 하였다. Han 등(2018)은 호밀의 파종량을 늘리면 m^2 당수수가 증가하고, 유효경비율·1수립수·임실률·리터중 및 천립중이 다소 감소하지만 수량에는 영향이 크지 않았다고 하였고, 또 질소 시비량을 늘리면 m^2 당수수와 1수립수가 많아지고 임실률 등이 증가하여 증수한다고 보고하였다. Song · Han(2020)은 장수지역에서 파종량을 증가시킴에 따라 m^2 당수수가 증가하였으나 유효경수·임실률·리터중·천립중 등이 감소하여 전체적으로 종실 수량이 감소한다고 보고하였고, 충남농업기술원(1988)은 종실용 호밀의 적정 파종량은 $6 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$, 질소

시비량은 $9 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 라고 보고하였다. Cho 등 (2013)은 질소 시비량에 증감에 따라 한해는 차이가 없었고, 도복은 증량구에서 많았다고 하였으며, 종실 수량은 질소 시비량이 증가하면 증수하는 경향을 보인다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

Han 등(2018)은 경기도 수원지역에서 호밀품종의 종자생산 시 적정 파종량은 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$, 질소 시비량은 $5 \sim 6 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 이라고 보고하였고, Song·Han(2020) 또한 전라북도 장수지역에서 적정 파종량은 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$, 질소 시비량은 $6 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 이라고 보고하여 수원지역과 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 본 연구에서 산청지역의 적정 호밀 파종량이 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 수준으로 수원이나 장수지역과 유사하지만, 질소 시비량은 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 적은 수준이었다. 이렇듯 산청지역에서 호밀 종자생산에 있어서 장수나 수원에 비해 낮은 질소 시비량을 요구하는 결과를 얻었다. 경상남도 산청군은 지역적으로 수원이나 장수에 비해 남부지역에 위치해 있기 때문에 호밀이 월동 중이나 월동 후 생육기간 중에 상대적으로 높은 기온 아래에서 생육을 하게 된다. 높은 질소 시비량은 온화한 기온과 맞물려 빠른 생장과 과잉 성장, 그리고 도복으로 수량을 감소시킨다. 따라서 산청지역은 중부지역이나 장수 등 산간지역에 비해 낮은 질소 시비량에서도 비교적 높은 종실 생산성을 보이는 것으로 사료되었다.

이상과 같이 남부 산청지역에서 자급용 호밀 종자 생산은 기상환경조건 등에서 큰 문제가 없는 것으로 분석되었으며, 효과적인 생산기술도 검토되었다. 그러나 본 연구는 시험기간 동안 양호한 기상조건으로 인해 별다른 변수가 발생하지 않아 좋은 결과를 도출하였다. 그러나 남부지역에서 논을 이용한 겨울작물을 재배하는 경우 잦은 강우에 의한 식물체의 습해, 배수불량에 따른 기계작업 제한, 도복에 따른 수발아 문제 등 제한요인이 발생할 수 있다. 따라서 논에서는 배수조건이 양

호하고 뒷그루에 영향을 받지 않는 유희지 등을 활용하는 것이 보다 안정적인 것으로 판단되었다.

V. 적요

국내에서 소비지역에 필요한 호밀 종자를 생산하기 위해 경남지역에 적합한 종자 채종기술을 개발하고자 2013~2015년까지 3개년에 걸쳐 경상남도 산청에서 시험을 실시하였다. 품종은 국내 육성종인 곡우호밀을 사용하였고, 시험구는 파종량 3수준(3, 5, 7 $\text{kg } 10 \text{ a}^{-1}$), 질소시비량 4수준(0, 3, 6, 9 $\text{kg } 10 \text{ a}^{-1}$)의 분할구배치법 3반복으로 하였으며, 생육특성과 종실 생산성을 평가하였다. 호밀 종자의 파종량을 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로부터 $7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 증가시키에 따라 설립중이 증가하고 임실률과 1수립수가 감소하였지만 m^2 당수수가 증가하여 전체 수량이 증가하는 경향이었다. 그리고 유효경비율, 리터중, 1000립중이 다소 감소하였으나 수량에는 영향이 크지 않았다. 질소 시비량을 무리로부터 $9 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 증가시키에 따라 출수기가 늦어지고 도복이 다소 증가하지만, m^2 당수수와 1수립수가 많아져서 수량이 증가하였다. 그리고 호밀의 종실 수량은 파종량과 질소 시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다. 호밀의 종실 수량, 파종용 종자 비용과 질소 과잉 시비에 따른 환경오염, 도복 등을 고려할 때 산청지역에서 호밀 종자생산에 위해 적합한 파종량은 $5 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$, 질소 시비량은 $3 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ 로 추천되었다.

VI. 참고문헌

1. 윤영환, 권경호, 송인만, 김소년, 이주열, 정길웅. (1988). 시비방법 및 생장조절제 처리가 채종용호밀의 도복 및 수량에 미치는 영

- 향. 농시논문집(전특작편). 30(10): 64-76.
2. 충남농업기술원. (1988). 종실용 호밀의 질소 시비량과 파종량. 농업과학기술연구 개발 결과(1969~2006) 맥류분야 영농활용 자료집 (2007). 농촌진흥청 작물과학원. p. 447.
 3. 허화영, 박형호, 김맹중, 하건수. (2001). 호밀 종자 채종체계 확립시험. 농촌진흥청 작물 시험장 시험연구보고서. pp. 310-311.
 4. Cho, S. K., H. H. Park, Y. J. Oh, K. M. Cho, Y. W. Jang, T. H. Song, T. I. Park, H. J. Kang, J. H. Roh, K. J. Kim and K. H. Park. (2013). Effect of ethephon and diquat dibromide treatment for rye seed production on paddy field. The Journal of the Korean Society of International Agriculture. 25(3): 277-283.
 5. Ha, Y. W., J. J. Hwang, B. R. Sung, S. Y. Lee, K. B. Youn, J. H. Park, N. H. Song and H. S. Hur. (1989). A new high forage yielding and early rye variety "Chochunhomil". Research Report of RDA (U & I). 31(2): 51-55.
 6. Ha, Y. W., J. J. Hwang, M. E. Park, H. S. Song, C. S. Park, Y. S. Kim and B. R. Sung. (1990). A new high forage yielding rye variety "Chunchuhomil". Research Report of RDA (U & I). 32(3): 7-12.
 7. Han, O. K., J. H. Song, J. H. Ku, D. W. Kim, Y. U. Kwon, Y. Y. Lee, C. H. Park, S. J. Kweon and J. W. Ahn. (2018). Development of optimal seed production methods using domestic rye cultivar in central and north area of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 38(1): 44-52.
 8. Han, O. K., J. J. Hwang, H. H. Park, D. W. Kim, Y. J. Oh, T. I. Park, J. H. Ku, Y. U. Kwon, S. J. Kweon and K. G. Park. (2015). A new high grain yielding forage rye cultivar, "Seedgreen". Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 35(2): 105-111.
 9. Heo, H. Y., H. H. Park, J. J. Hwang, H. S. Kim, O. K. Han, T. I. Park, J. H. Seo, D. W. Kim, S. Y. Kim, S. J. Kim and K. H. Park. (2009a). A new early-heading and high-yielding forage rye variety, "Olgreen". Korean Journal of Breeding Science. 41(4): 625-629.
 10. Heo, H. Y., H. H. Park, J. J. Hwang, H. S. Kim, O. K. Han, T. I. Park, J. H. Seo, D. W. Kim, S. Y. Kim, S. J. Kim and K. H. Park. (2009b). A new early-heading and high forage yielding rye variety "Egreen". Korean Journal of Breeding Science. 41(4): 620-624.
 11. Heo, H. Y., H. H. Park, Y. U. Kwon, J. G. Kim, J. H. Nam, S. J. Kim and J. K. Lee. (2004). A new high yielding rye variety 'Gogu'. Treatise of Crop Research. 6: 59-66.
 12. Heo, H. Y., K. G. Park, J. J. Hwang, H. S. Song, J. H. Nam, H. H. Park, Y. W. Ha, Y. C. Lim, J. I. Ju and M. W. Park. (1998). Early heading and high forage yielding new rye variety "Olhomil". RDA Journal of Crop Science (II). 40(2): 88-91.
 13. Hwang, J. J., K. B. Youn, N. H. Song, C. S. Park, Y. S. Kim and B. R. Sung. (1987). A new high yielding forage rye variety "Doorohomil". Research Report of RDA (Crop). 29(1): 193-197.
 14. Hwang, J. J., W. S. Ahn, K. B. Youn, B. R. Sung, J. H. Lee, W. J. Lee, C. H. Cho, Y. S.

- Kim, C. S. Park, K. Y. Chung and B. Y. Kim. (1985). An early and high forage yielding rye variety "Paldanghomil" as soiling crops. Research Report of RDA (Crop). 27(2): 156-160.
15. Ministry of Science and Technology (MST). (1991). Studies on production technologies for the self-sufficiency of rye seeds. Seoul, Korea.
16. Rural Development Administration (RDA). (2012). Standard book on research, investigation and analysis of agricultural science and technology. Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
17. Ryu, H. O. and K. H. Kang. (1988). Effect of harvesting time on seed yield, seed germination and seedling growth of rye (*Secale cereale* L.). Korean Journal of Crop Science. 33(2): 126-133.
18. Seo, S. (2009). Development of new varieties and production of forages in Korea. Journal of Korean Society of Grassland and Forage Science 29(Suppl.): 1-10.
19. Song, J. H. and O. K. Han. Development of optimal seed production methods using domestic rye cultivar in Jangsu province. (2020). Journal of Practical Agriculture & Fisheries Research. 22(1): 43-53.

VII. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제 : 경남지역에서 호밀채종시험 및 종자생산 관여요인 분석, 과제번호: PJ00922405)의 지원에 의해 이루어진 것임

논문접수일 : 2020년 11월 4일
논문수정일 : 2020년 12월 1일
게재확정일 : 2020년 12월 4일