

Research Article

중·북부지역에서 국내육성 호밀품종의 채종방법

한옥규^{1*}, 송주희⁴, 구자환¹, 김대욱², 권영업¹, 이유영¹, 박장환³, 권순종¹, 안종웅¹

¹국립식량과학원 중부작물부, ²국립식량과학원, ³국립식량과학원 남부작물부, ⁴장수군농업기술센터

Development of Optimal Seed Production Methods Using Domestic Rye Cultivar in Central and North Area of Korea

Ouk-Kyu Han^{1*}, Ju-Hee Song⁴, Ja-Hwan Ku¹, Dea-Wook Kim², Young-Up Kwon¹, Yu-Young Lee¹,
Chang-Hwan Park³, Soon-Jong Kweon¹, Jong-Woong Ahn¹

¹Central Area Crop Breeding Division, NICS, RDA, Suwon 16429, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Jeonju 54875, Korea

³Coarse Cereal Crop Research Division, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

⁴Jangsu Agricultural Technique Center, Jangsu 55640, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted at Suwon, Korea from 2013 to 2015. The objective of this study was to establish the optimum seeding rate, and to clarify the nitrogen fertilizer level for rye seed production in central and north area of Korea. We used Korean rye cultivar 'Gogu' for this test. We employed a split-plot design with three replications. The main plots were designed by three seeding levels (3, 5 and 7 kg 10a⁻¹), but other sub-plots were randomly seeded. The plots were treated with three different nitrogen fertilizer levels (3, 6 and 9 kg 10a⁻¹). The percentage of productive tiller, number of grain per spike, fertility rate, 1 liter weight, and 1000-grain weight decreased as seeding rate increased from 3 kg 10a⁻¹ to 7 kg 10a⁻¹, whereas the number of spike per m² increased. Therefore the grain yields of rye had less of an effect by increasing seeding rate. There was an increase in number of spike per m², number of grain per spike, and fertility rate as nitrogen fertilizer level increased from 3 kg 10a⁻¹ to 9 kg 10a⁻¹, but grain yields significantly not affected by the interaction of seeding rate × nitrogen fertilizer levels. However, the best seeding rate and nitrogen fertilizer level for rye seed production were 5 kg and 5~6 kg 10a⁻¹, respectively, considering seed and fertilizer reduction and the prevention of pollution by excess fertilization.

(Key words : Rye, Seed, Central and north area, Production method)

I. 서론

호밀은 한해, 건조해, 염해, 산성토양 등의 불량 환경에 대한 적응성이 뛰어나서 추운지역인 러시아, 폴란드, 독일, 우크라이나 등 북유럽에서 주로 제빵과 사료용으로 생산·이용이 되며, 최근에는 에탄올이나 바이오메탄 생산을 위해 그 수요가 증가하고 있다(Bushuk, 2001; Geiger and Miedaner, 2009). 우리나라에서 호밀은 조사료용이나 녹비용으로 매년 5만 ha 정도가 재배되고 있으며, 향후 호밀은 가축 사료용이나 친환경농업을 위한 녹비용으로 더욱 수요가 증가될 것으로 예상된다.

국내에서의 호밀 품종 개발은 1984년 재래종을 수집하여

선발한 팔당호밀(Hwang et al., 1985)이 최초이며, 그후 1980년대 후반까지 두루, 조춘, 춘추 등 외국 도입종이 선발되었다(Ha et al., 1989, 1990; Hwang et al., 1987). 1990년 후반부터 최근까지는 집단선발방법에 의해 올호밀(Heo et al., 1998), 곡우호밀, 이그린, 올그린(Heo et al., 2004, 2009a, 2009b), 씨드그린(Han et al., 2015) 등 숙기가 빠르면서 수량이 많은 품종이 육성되었다. 또한 2002년에는 캐나다와 공동연구로 윈터그린(Heo et al., 2003)이 육성되어 해외채종을 거쳐 국내에 보급되기도 하였다.

호밀은 종자 결실 습성이 타식성이고 성숙기도 늦으며, 결실기에 도복이 잘돼 국내에서 종자생산에 어려움이 많다. 따라서 국내에서 다수의 호밀품종이 육성되었음에도 불구하고

* Corresponding author : Han Ouk-Kyu, Central Area Crop Breeding Division, National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-4052, Fax: +82-31-695-4029. Email: okhan98@korea.kr

국내 수요 종자량은 주로 도입에 의존하고 있는 실정이다 (MFAFF, 2014). 그러나 도입 호밀은 국내 육성종보다 숙기가 늦고 수량이 낮아 답리작 재배에 불리하고, 녹비용 호밀의 경우 소독된 종자를 도입하므로 친환경 유기재배규격에도 부적합하다.

따라서 기후변화 등 범세계적인 작황부진에 따른 조사료용 및 녹비 종자의 수급불안에 대응, 국내에서 필요한 호밀 종자를 안정적으로 공급하고, 우수한 육성 품종의 활용도 증진을 위해 자급용 호밀의 종자생산 가능성 검토 및 안정생산 체계 확립이 필요하다.

본 연구는 국내에서 호밀 종자의 자급률을 향상시키기 위한 방편으로 중부지역에 적합한 재종기술을 확립하고자 생산 환경과 방법을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 수원에 소재한 국립식량과학원 밭에서 2013년부터 2015년까지 3년간 실시되었다. 품종은 국내에서 육성한 곡우호밀을 사용하였다. 파종시기는 2013년이 10월 11일, 2014년이 10월 12일이었다. 시험구 배치는 파종량 3수준(5, 7, 9 kg/10a), 질소시비량 3수준(3, 6, 9 kg/10a)의 분할구배치법 3반복으로 하였다. 파종방법 (휴복 × 파복 × 휴장)은 40 cm × 18 cm × 6 m의 협폭파로 하였다. 비료 중에서 인산은 7.4 kg/10a, 칼리 3.9 kg/10a를 기준으로 토양성분을 분석·진단하여 시험구별 필요한 양을 주었고, 시비방법은 질소를 기비 50% : 추비 50%로 분시하였으며, 인산과 가리는 전량 기비로 사용하였다.

조사기준으로 초장은 지면에서 최장엽 선단까지의 길이, 간장은 최장간의 지면에서 이삭목까지의 길이, 유효경 비율은 (이삭수/최고분얼수)×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 실시하였으며, 수확물은 자연 건조하여 종실수분이 약 14%에 도달하였을 때 평량하였다. 생육관리 및 조사는 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA,

2012)에 따랐다. 통계분석은 SAS 프로그램을 사용하여 분산 분석과 처리간의 평균비교(LSD, Duncan's Multiple Range Test)를 실시했다.

시험지 토양환경은 Table 1, Table 2와 같다. 2013년에 분석한 시험 전 토양의 이화학적 특성을 보면 평균 pH는 7.6, 유기물함량은 27.6 g/kg, 유효인산은 254 mg/kg, 양이온치환용량은 11.9 cmol⁺/kg 이었다. 2014년에는 평균 pH가 7.5, 유기물함량이 29.1 g/kg, 유효인산이 249 mg/kg, 양이온치환용량이 11.7 cmol⁺/kg로 전형적인 밭토양의 특성을 보였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시험기간 중 기상환경과 작황

시험기간인 2013년부터 2015년까지의 기상환경은 Table 2와 같다. 2013년을 보면 파종 및 출현기인 10월 상순~10월 하순에는 평균기온이 평년에 비해 다소 낮았고 비도 거의 내리지 않아 파종 후 식물체가 출현하는데 매우 불리하였으며, 파종으로부터 한 달이 지난 11월 9일에서야 강우에 의해 가을 가뭄이 다소 해소되었다. 11월 상순~12월 중순까지는 평년에 비해 평균기온이 낮은 편이었으나 강우가 충분하여 식물체의 입모 수 확보와 월동 전 신장에 유리하였다. 월동 중인 2014년 1~2월까지의 평년에 비해 평균기온이 매우 높았고 적설이나 강우가 많지 않았으나 작물 생육에 부족하지 않아 호밀의 안전 월동, 분얼 수 확보 등에 유리하였고, 월동 중 고온으로 생육재생기도 매우 빠른 경향을 보였다. 3월 상순~4월 중순까지는 평년에 비해 강수량이 적은 반면에 평균기온이 매우 높았으며, 4월 하순~5월 하순까지는 호밀의 생육을 촉진시킬 수 있는 정도의 적당한 강우가 있었다. 6월 상순~6월 중순까지는 평년에 비해 평균기온이 높아 호밀의 등숙이 촉진되었으나 많은 강우로 인해 대부분 도복되었다.

2014년의 경우 파종 및 출현기인 10월 중순~하순에는 평년에 비해 평균기온이 다소 높았고, 강수량도 충분하여 출현이 양호하였다. 11월에는 충분한 강우와 평년에 비해 높은 기온으로 식물체의 입모 수 확보와 월동 전 신장에 유리하였고, 12월에는 한파가 지속되어 한해가 우려되었으나 내한성이 강

Table 1. Soil condition of field evaluated before experiment

Year	pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N (%)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	C.E.C. (cmol ⁺ /kg)	Ex. cations (cmol ⁺ /kg)			
							Ca	Mg	K	Na
2013	7.6	0.31	0.14	27.6	254	11.9	5.9	2.1	1.0	0.13
2014	7.5	0.31	0.17	29.1	249	11.7	6.3	2.2	1.2	0.13

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

Test year	Growing season		Temperature (°C)			Precipitation (mm)	Evaporation loss (mm)
			Mean	Max	Min		
1 st year	2013	October	15.7	11.4	10.4	5.4	91.5
		November	6.2	11.4	1.5	61.9	48.4
		September	0	4.7	-4.2	33.5	28.3
	2014	January	-0.6	4.4	-5.8	9.9	36.7
		February	2.1	7.4	-2.3	16.5	46.0
		March	7.6	13.6	2.3	10.9	81.0
		April	13.3	19.9	7.9	55.7	106.8
		May	18.2	25.2	12.5	64.4	161.0
		June	22.9	28.1	18.8	68.1	147.3
		Mean	9.5	14.0	4.6	36.3	83.0
2 nd year	2014	October	15.3	21.6	10.1	56.7	275
		November	8.5	13.9	3.7	44.2	216
		September	-2.1	2.5	-6.2	25.2	199
	2015	January	-0.5	4.2	-4.8	12.2	210
		February	1.4	6.4	-3.0	22.7	242
		March	5.9	12.7	-0.1	12.5	410
		April	13.1	19.2	7.8	99.2	391
		May	18.1	24.8	12.2	32.6	562
		June	23.1	29.0	18.2	30.2	519
		Mean	9.2	14.9	4.2	37.3	336

한 호밀의 특성상 큰 피해는 없었다. 월동 중인 2015년 1~2월까지는 평년에 비해 평균기온이 매우 높는데다가 식물 생육에 부족하지 않을 적설 또는 강우도 있어 호밀의 안전 월동과 분얼수 확보 등에 유리하였다. 또 월동 중 고온으로 인해 생육재생기도 예년에 비해 매우 빠른 경향이였다. 3월에는 평년에 비해 강수량이 적은 반면에 평균기온이 매우 높았고, 4월 상순~중순에는 고온과 더불어 호밀의 생육을 촉진시킬 수 있는 정도의 강우가 있었으며, 일조시간이 길고 일사량도 충분하였다. 그러나 조기생장으로 인한 줄기 약화로 도복이 많이 발생하였다. 5월 상순~6월 중순까지 평년에 비해 평균기온이 높고 쾌청한 날의 지속으로 일사량이 충분하여 호밀의 등숙이 촉진되었다.

2. 파종량과 질소시비량에 따른 호밀의 생육특성

파종량과 시비량에 따른 호밀의 생육특성은 Table 3, Table 4와 같다. 2014년에는 Table 3과 같이 월동기간 중 식물체가 고온으로 경과함에 따라 파종량과 질소시비량에 관계없이 한해 피해는 거의 없었고, 월동 후인 2014년 생육기간에도 평년에 비해 평균기온이 높아 출수기는 4월 14~15일, 개화기는 5월 1~2일, 성숙기는 6월 10일로 처리 간 유의성이 없어 결국

파종으로부터 출수소요일수도 186일, 출수로부터 개화까지의 일수도 17일로 유의성이 없었다. 등숙기인 5월 하순~6월 상순에 내린 많은 양의 비는 파종량과 질소시비량에 관계없이 모든 식물체에 도복을 야기하였으며, 한해·도복·출수기·개화기 및 성숙기는 파종량과 질소시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다.

2015년에는 Table 4와 같이 월동기간 중 좋은 기상조건에 의해 파종량과 질소시비량에 관계없이 한해 피해는 거의 없었고, 월동 후 생육 재생기 이후에도 고온이 지속되고 강우가 충분하여 출수기는 4월 20일, 개화기는 5월 5일, 성숙기는 6월 15일로 처리간 유의성이 없어 결국 파종으로부터 출수소요일수도 190일, 출수로부터 개화까지의 일수도 16일로 유의성이 없었다. 신장기인 4월 상순~중순까지는 많은 강우와 고온으로 식물체의 조기 신장을 촉진함으로써 줄기가 연약해져 파종량과 질소시비량에 관계없이 모든 식물체에 도복이 발생되었다. 특히 질소시비량을 증가함에 따라 도복의 정도는 유의하게 증가하였다. 그러나 한해, 도복, 출수기, 개화기, 성숙기는 파종량과 질소시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다.

Table 3. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer rate on growth of rye in 2014

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Winter hardiness (0~9) ^y	Lodging (0~9) ^y	Heading date	Days from seeding to heading	Flowering date	Days from heading to flowering	Maturing date
3	3	1	9	Apr. 15	186	May 2	17	Jun. 9
	6	1	9	Apr. 15	186	May 2	17	Jun. 10
	9	1	9	Apr. 16	187	May 3	17	Jun. 11
	Mean	1	9	Apr. 15	186	May 2	17	Jun. 10
5	3	1	9	Apr. 14	185	May 1	17	Jun. 9
	6	1	9	Apr. 14	186	Apr. 30	16	Jun. 10
	9	1	9	Apr. 14	186	May 1	17	Jun. 10
	Mean	1	9	Apr. 14	186	May 1	17	Jun. 10
7	3	1	9	Apr. 16	187	May 3	17	Jun. 11
	6	1	9	Apr. 14	185	May 1	17	Jun. 10
	9	1	9	Apr. 14	186	May 1	17	Jun. 10
	Mean	1	9	Apr. 14	186	May 2	17	Jun. 10
Mean of nitrogen fertilizer rate	3	1	9	Apr. 15	186	May 2	17	Jun. 9
	6	1	9	Apr. 15	186	May 1	17	Jun. 10
	9	1	9	Apr. 14	186	May 1	17	Jun. 10

²Some characteristics such as winter hardiness, lodging, date of heading, flowering, and maturing are significantly not different among seeding rate (A), nitrogen fertilizer rate (B), and interaction (A×B). ³Rating score : 0 = no leaf killed by low temperature, 9 = 100% killed. Lodging: 0, no lodging. 9, 100% lodging.

Table 4. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer rate on the growth of rye in 2015

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Winter hardiness (0~9) ^y	Lodging (0~9) ^y	Heading date	Days from seeding to heading	Flowering date	Days from heading to flowering	Maturing date
3	3	1	3	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	6	1	3	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	9	1	8	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
	Mean	1	5	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
5	3	1	3	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	6	1	4	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
	9	1	8	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	Mean	1	5	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
7	3	1	6	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	6	1	6	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	9	1	7	Apr. 20	190	5.5	15	Jun. 15
	Mean	1	6	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
Mean of nitrogen fertilizer rate	3	1	4	Apr. 20	190	5.6	16	Jun. 15
	6	1	4	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15
	9	1	8	Apr. 20	190	5.5	16	Jun. 15

²Some characteristics such as winter hardiness, lodging, date of heading, flowering, and maturing are significantly not different among seeding rate (A), nitrogen fertilizer rate (B), and interaction. ³Rating score : 0 = no leaf killed by low temperature, 9 = 100% killed. Lodging: 0, no lodging. 9, 100% lodging.

3. 파종량과 질소시비량에 따른 호밀의 수량구성요소 및 종실 수량

파종량과 시비량에 따른 호밀의 수량구성요소 및 종실수량은 Table 5 및 Table 6과 같다. 2014년에는 간장이 149~150 cm, 수장은 8.8~9.1 cm로 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았으며, 파종량과 질소시비량 간의 교호작용도 보이지 않았다. m^2 당 경수는 호밀 종자의 파종량이 증가할수록 많아지는 경향이었고($p<0.05$), m^2 당 수수도 처리 간 유의성이 있었는데($p<0.05$), 7 kg/10a 파종구에서 가장 많았고, 3 kg/10a 구와 5 kg/10a 구에서는 유의성이 없었다. 이들 형질은 질소시비량에 따라서 유의성이 없었으며, 파종량과 질소시비량 간의 교호작용도 보이지 않았다. 유효경 비율은 파종량을 늘릴수록 3 kg/10a구의 94.8 %에서 5 kg/10a의 91.4%로 감소하는 경향이 있었으며($p<0.05$), 5 kg/10a와 7 kg/10a에서는 유의성을 보이지 않았다. 또한 이것은 질소시비량에 따라 차이를 보이지 않았으며, 파종량과 질소시비량 간의 교호작용도 보이지 않았다. 임실률, 1수립수, 리터중 및 천립중은 파종량이 3 kg/10a에서 5 kg/10a로 증가함에 따라 유의하게 감소하였고, 반대로 수량은 증가하는 경향이 있었다($p<0.05$). 또한 리터중과 종실수량을 제외한 임실률, 1수립수 및 천립중은 5 kg/10a와 7 kg/10a구간에 유의성이 없었다. 10a당 종실수량은 질소시비량을 3~5 kg에서 7 kg으로 늘림에 따라 평균 464 kg에서 481 kg으로 증가하였다($p<0.05$). 임실률, 1수립수, 리터중, 천립중 및 종실수량은 파종량과 질소시비량 간 교호작용을 보이지 않았다.

2015년에는 Table 6과 같이 파종량이 증가함에 따라 m^2 당 경수와 m^2 당 수수는 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 유효경 비율은 5 kg/10a까지 증가하다 7 kg/10a에서 다소 감소하였다($p<0.05$). 질소시비량의 증가에 따라 간장, m^2 당 경수, m^2 당 수수, 유효경 비율이 유의하게 증가하였으며($p<0.05$), 이들 형질은 파종량과 시비량 간의 교호작용이 인정되었다($p<0.05$). 이것은 파종량에 따라서 질소 시비의 효과가 변할 수 있음을 의미하는 것이다.

파종량의 증가에 따라 1수립수, 임실률, 천립중은 다소 감소하였고($p<0.05$), 전체 수량은 증가하였으나 그 차이는 크지 않았다. 질소시비량의 증가에 따라 1수립수, 임실률이 증가하여 종실수량도 526 kg/10a에서 569 kg/10a로 약 8 % 증수되었다. 수량성분인 1수립수, 리터중, 천립중 등은 파종량과 질소시비량 간에 교호작용을 보이지 않았다.

4. 고 찰

우리나라에서 호밀은 내한성이 강하고 초기 생장성이 우수

하여 조사료용이나 녹비용으로 매년 5만 ha 정도가 재배되고 있는 것으로 추정되며, 향후 그 재배면적은 더욱 확대될 것으로 전망된다.

국내에서 호밀 품종은 청예 조사료 및 녹비용으로 2000년부터 2016년까지 곡우호밀 등 10개의 품종이 개발되었다(Han et al., 2015; Heo et al., 2004, 2009a, 2009b). 국내 육성종은 도입종보다 출수가 1주일 빠르고 건물수량도 5~16 % 많아 조사료 확대 생산에 매우 유리하나, 국내에서 종자 생산을 촉진할 수 있는 체계나 제도의 미비로 인해 국내육성품종의 활용도가 낮아 종자 수요량을 도입에 의존하고 있다.

그러나 최근 사료작물은 수입산 종자의 수급 불안정과 이상기상에 따른 조사료 생산농가의 다양한 사료작물에 대한 요구가 많아져 국내육성품종을 활용한 국내산 종자에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 특히 2015년도 수입호밀 종자의 세균 검출로 인한 폐기/반송으로 약 2,000톤의 종자가 부족해져 조사료 생산에 차질을 빚는 등 문제점이 노출되어 국내 종자생산단지 구축 등 대책 마련이 대두되고 있다.

호밀 종자의 생산은 기상요인과 경제성이 성패를 결정한다. 호밀은 타화수정작물이기 때문에 강한 바람과 잦은 비는 수분/수정을 방해하여 결실률을 저하시킬 수 있다. 호밀은 보리에 비해 성숙기가 늦기 때문에 종자의 수확시기가 장마기가 겹쳐 미성숙 종자를 수확하거나 탈곡·조제 과정에서 건조 등의 부실로 인해 발아가 불균일하고, 발아율이 낮아지는 등 저질종자 생산의 원인이 된다(Ryu and Kang, 1988). 또한 수확시기에 도달한 호밀은 키가 크기 때문에 장마기 때 비·바람의 영향으로 도복이 발생해 수발아 및 종자 품질에 지대한 영향을 줄 수 있으며, 기상조건에 기인하여 종실수량이 낮기 때문에 다른 맥류에 비해 종자생산량이 낮아 수익성이 떨어진다.

중부지역인 수원에서 국내육성품종을 이용하여 종자생산 가능 여부 및 지역에 적합한 채종재배기술을 검토한 바, 시험기간인 2014~2015년 2~6월의 고온 건조 환경, 국내 환경에 어울리게 개발된 조숙 다수성 품종인 ‘곡우호밀’의 사용 등으로 인해 6월말~7월초에 오는 장마를 피할 수 있었으며, 시험기간 동안 수발아 문제는 발생하지 않았다. 도복은 파종량이나 질소시비량을 감소시킴으로써 어느 정도 방지할 수 있으나(Table 4), 수원지방에서는 어느 재배조건에서도 무도복 재배는 어려운 것으로 판단되었다. 더욱이 최근 봄철 고온은 식물체의 과잉 신장을 유발하여 줄기가 약해짐으로써 출수 직후에 도복이 발생하는 경우가 많았다. 또 바람 등에 의한 수분/수정률 저하나 도복이 발생하는 경우가 있으나(MST, 1991), 본 시험지에서는 바람에 의한 피해는 없었다.

Table 5. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer rate on and yield components and seed production of rye in 2014

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Number of stems per m ² (No)	Number of spikes per m ² (No)	Productive tiller (%)
3	3	150	9.3	818	774	94.6
	6	148	8.8	804	752	92.8
	9	150	9.2	789	767	97.2
	Mean	149 ^{ns}	9.1 ^{ns}	804 ^C	764 ^B	94.8 ^A
5	3	147	8.7	838	768	91.7
	6	152	8.7	826	762	92.3
	9	148	9.0	836	754	90.2
	Mean	149 ^{ns}	8.8 ^{ns}	833 ^B	761 ^B	91.4 ^B
7	3	150	9.2	854	781	91.4
	6	150	8.7	870	797	91.6
	9	149	8.6	878	801	91.2
	Mean	150 ^{ns}	8.8 ^{ns}	867 ^A	793 ^A	91.4 ^B
Mean of nitrogen fertilizer rate ^z	3	149 ^{ns}	9.1 ^{ns}	837 ^{ns}	774 ^{ns}	92.6 ^{ns}
	6	150 ^{ns}	8.7 ^{ns}	833 ^{ns}	770 ^{ns}	92.2 ^{ns}
	9	149 ^{ns}	9.1 ^{ns}	834 ^{ns}	774 ^{ns}	92.9 ^{ns}

^{A, B, C} is significantly different among seeding rate (A) at the 5% probability. ^zNitrogen fertilizer rate (B) and interaction (A×B) are not significant. ^{ns} is not significant.

Table 5. continued

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Number of grain per spike (No)	Fertility rate (%)	1L weight (g)	1,000 grain weight (g)	Seed productivity (kg 10a ⁻¹)
3	3	48	76.2	745	30.2	456
	6	47	74.6	742	29.3	459
	9	49	79.0	746	30.8	484
	Mean	48 ^A	76.6 ^A	744 ^A	30.1 ^A	466 ^B
5	3	42	67.7	746	28.4	462
	6	40	66.7	745	27.7	459
	9	42	70.0	739	28.6	464
	Mean	41 ^B	68.1 ^B	743 ^A	28.2 ^B	462 ^B
7	3	40	64.5	734	26.3	467
	6	40	65.6	736	26.9	479
	9	41	66.1	739	27.5	495
	Mean	40 ^B	65.4 ^B	736 ^B	26.9 ^{BC}	480 ^A
Mean of nitrogen fertilizer rate ^z	3	43 ^{ns}	69.5 ^{ns}	742 ^{ns}	28.3 ^{ns}	462 ^b
	6	42 ^{ns}	69.0 ^{ns}	741 ^{ns}	28.0 ^{ns}	466 ^b
	9	44 ^{ns}	71.7 ^{ns}	741 ^{ns}	29.0 ^{ns}	481 ^a

^{A, B, C} is significantly different among seeding rate (A) and nitrogen fertilizer rate (B) at the 5% probability. ^zInteraction (A×B) is not significant. ^{ns} is not significant.

Table 6. Effect of seeding rate and nitrogen fertilizer rate on and yield components and seed production of rye in 2015

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Number of stems per m ² (No)	Number of spikes per m ² (No)	Productive tiller (%)
3	3	174	9.6	813	768	94.5
	6	168	9.3	890	843	94.8
	9	174	9.8	844	806	95.5
	Mean	172 ^A	9.6	849 ^C	806 ^B	94.9 ^B
5	3	162	9.2	814	797	97.9
	6	174	9.4	871	820	94.1
	9	167	9.5	939	912	97.2
	Mean	168 ^B	9.4	875 ^B	843 ^{AB}	96.4 ^A
7	3	163	9.5	868	767	88.5
	6	163	9.5	935	902	96.5
	9	172	9.7	965	933	96.7
	Mean	166 ^{BC}	9.6	922 ^A	868 ^A	93.9 ^{BC}
Mean of nitrogen fertilizer rate ^z	3	166 ^{ns}	9.4 ^{ns}	832 ^a	777 ^c	93.6 ^c
	6	168 ^{ns}	9.4 ^{ns}	899 ^b	855 ^b	95.1 ^b
	9	171 ^{ns}	9.7 ^{ns}	916 ^a	884 ^a	96.5 ^a

^{A, B, C} is significantly different among seeding rate (A) and nitrogen fertilizer rate (B) at the 5% probability. ^zInteraction (A×B) of culm length, number of stems per m², number of spikes per m² and productive tiller are significant at the 5% probability. ^{ns} is not significant.

Table 6. continued

Seeding rate (A) (kg 10a ⁻¹)	Nitrogen fertilizer rate (B) (kg 10a ⁻¹)	Number of grain per spike (No)	Fertility rate (%)	1L weight (g)	1,000 grain weight (g)	Seed productivity (kg 10a ⁻¹)
3	3	42	78.6	733	29.8	510
	6	49	77.5	729	28.7	554
	9	50	78.4	730	29.7	569
	Mean	47 ^A	78.2 ^A	731 ^{NS}	29.4 ^A	544 ^B
5	3	46	66.8	726	28.4	522
	6	46	74.1	729	29.0	568
	9	45	79.7	732	29.1	573
	Mean	45 ^B	73.5 ^B	729 ^{NS}	28.9 ^B	554 ^A
7	3	46	67.6	728	28.5	547
	6	44	73.9	730	28.6	561
	9	47	74.5	727	28.0	564
	Mean	46 ^{AB}	72.0 ^{BC}	728 ^{NS}	28.4 ^{BC}	557 ^A
Mean of nitrogen fertilizer rate ^z	3	45 ^{ns}	71.0 ^b	729 ^{ns}	28.9 ^{ns}	526 ^b
	6	46 ^{ns}	75.2 ^a	729 ^{ns}	28.8 ^{ns}	561 ^a
	9	47 ^{ns}	77.5 ^a	730 ^{ns}	28.9 ^{ns}	569 ^a

^{A, B, C} is significantly different among seeding rate (A) and nitrogen fertilizer rate (B) at the 5% probability. ^zInteraction (A×B) of fertility rate is significant at the 5% probability. ^{ns} is not significant.

수원지방에서 국내육성 호밀품종의 종자생산 시 10a당 적정 파종량은 5 kg, 질소시비량은 5~6 kg 이었다(Table 5, Table 6). 그 이유는 호밀의 파종량을 늘리면 m²당 수수가 증가하지만 유효경 비율, 1수립수, 임실률, 리터중 및 천립중이 다소 감소하여 수량이 늘지 않았고, 질소시비량을 늘리면 m²당 수수와 1수립수가 많아지고 임실률 등의 증가하였기 때문이다. Heo et al.(2001)에 의하면 파종량에 따른 호밀의 종자생산은 3 kg/10a 파종에서 유의하게 수량이 낮았으며, 도복은 10a당 9 kg 파종구에서 가장 심하였고, 5 kg에서 도복지수가 가장 낮았다고 하였다. CPARES(1988)은 종실용 호밀의 적정 질소시비량은 9 kg/10a, 파종량은 6 kg/10a 이었다고 하였다. 또 Yoon et al.(1988)은 무질소구, 질소 반시비구는 출수 및 성숙기가 빠른 편이라고 보고하였다. Cho(2013)은 호밀의 25% 증량 파종과 50% 증량 파종구에서 도복이 심해졌으며, 출수기와 성숙기는 차이가 없었고, 경수는 파종량이 많을수록 증가했으며, 50% 증량 파종에서 가장 많았다고 보고하였다. Park et al.(1992)은 보리, Yoon et al.(1991)은 밀에서 파종량이 많을수록 경수가 증가되나 120 kg/ha 이상에서는 파종량 간 차이가 없다고 하였다. 이 연구에서 천립중은 표준 파종량에 비해 적을 때 증가하였고, 파종량이 많을 때 감소했는데 보리에서 파종량이 증가하면 천립중이 감소한다는 보고(Middleton et al., 1994; Park et al., 1992; Yoon et al., 1991)와 일치하였다.

Cho(2013)은 질소시비량의 증감에 따라 한해는 차이가 없었고, 도복은 증량구에서 많았다고 하였고, Choi and Cho(1976)은 보리에서 시비량이 증가하면 도복이 증가하였다고 하였는데, 본 연구에서도 같은 결과를 보였다(Table 4). 수장, 리터중, 천립중은 시비량과 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데(Table 5, Table 6), Cho(2013)은 질소시비량을 증가함에 따라 호밀의 천립중이 다소 감소했다고 하였으며, Shin and Kurihara(1996)는 시비량이 증가하면 보리에서는 천립중이 증가하였으나 밀에서는 오히려 감소했다고 보고하여 맥종에 따라 다른 결과를 보였다. 또한 수량은 시비량이 증가하면 증수하는 경향을 보였는데, 호밀에서 질소시비량이 증가하면 수량도 증가한다는 Cho(2013)의 연구 결과와 일치하였다.

이상과 같이 중부지역에서 자급용 호밀 종자 생산은 기존에 우려되었던 기상환경조건과 경제성 측면에서 큰 문제가 없는 것으로 분석되었으며, 효과적인 생산기술도 검토되었다. 그러나 본 연구는 밭 생산을 국한한 것이며, 논에 적용할 경우 강우에 의한 식물체의 습해, 배수불량에 따른 기계작업 제한, 도복에 따른 수발아 문제 등 제한요인이 많다. 따라서 논에서는 배수조건이 양호하고 뒷그루에 영향을 받지 않는 유희지 등을 활용하는 것이 가장 효율적인 것으로 판단되었다.

IV. 요약

국내 호밀 종자의 자급률을 향상시키기 위해 중부지역에 적합한 종자 채종기술을 개발하고자 2013~2015년까지 3개 년에 걸쳐 경기도 수원에서 시험을 실시하였다. 품종은 국내 육성종인 곡우호밀을 사용하였고, 시험구는 파종량 3수준(3, 5, 7 kg/10a), 질소시비량 3수준(3, 6, 9 kg/10a)의 분할구배치법 3반복으로 하였으며, 생육특성과 종실 생산성을 평가하였다. 호밀 종자의 파종량을 늘리면 m²당 수수가 증가하지만, 유효경 비율·1수립수·임실률·리터중 및 천립중이 다소 감소하는 경향을 보였으나 수량 증가에는 영향이 크지 않았다. 질소시비량을 늘리면 m²당 수수와 1수립수가 많아지고 임실률 등의 증가로 수량이 증가하였다. 그리고 호밀의 종실수량은 파종량과 질소시비량 간 교호작용을 보이지 않았다. 국내육성 호밀품종의 종자생산 시 생산성과 더불어 종자 및 비료절감, 환경보호 등을 고려할 때 10a당 적정 파종량은 5 kg, 질소시비량은 5~6 kg 이었다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 중부지역에서 호밀 채종시험 및 종자생산 관여요인 분석, 세부과제번호: PJ00922403)의 지원에 의해 이루어진 것임.

VI. REFERENCES

- Bushuk, W. 2001. Rye : Production, chemistry and technology, 2nd ed., American Association for Cereal Chemistry, MN, USA.
- Cho, S.K. 2013. Seed production of whole crop winter cereals in paddy field. RDA Research Project Report. pp. 4-10.
- Choi, J.H. and Cho, J.Y. 1976. Variation of yield and yield components of wheat and barley cultivars in accordance with different seeding rate and fertilizer level. Korean Journal of Crop Science. 21:233-249.
- Chungnam Province Agricultural Research and Extension Service (CPARES). 1988. Nitrogen fertilizer levels and seeding rate for seed production of rye. Results on development of agricultural technologies (1969~2006), Farming application sourcebook on winter cereals (2007). National Institute of Crop Science, Rural Development Administration. p. 447.
- Geiger, H.H. and Miedaner, T. 2009. Cereals, rye breeding, M.J. Carena (ed.), Springer, ND, USA. pp. 157-181.

- Ha, Y.W., Hwang, J.J., Park, M.E., Song, H.S., Park, C.S., Kim, Y.S. and Sung, B.R. 1990. A new high forage yielding rye variety "Chunchuhomil". Research Report RDA (U & I). 32:7-12.
- Ha, Y.W., Hwang, J.J., Sung, B.R., Lee, S.Y., Youn, K.B., Park, J.H., Song, N.H. and Hur, H.S. 1989. A new high forage yielding and early rye variety "Chochunhomil". Research Report of RDA (U & I). 31:51-55.
- Han, O.K., Hwang, J.J., Park, H.H., Kim, D.W., Oh, Y.J., Park, T.I., Ku, J.H., Kwon, Y.U., Kweon, S.J. and Park, K.G. 2015. A new high grain yielding forage rye cultivar, "Seedgreen". Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 35:105-111.
- Heo, H.Y., Park, H.H., Hwang, J.J., Kim, H.S., Han, O.K., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, D.W., Kim, S.Y., Kim, S.J. and Park, K.H. 2009a. A new early-heading and high-yielding forage rye variety, "Olgreen". Korean Journal of Breeding Science. 41:625-629.
- Heo, H.Y., Park, H.H., Hwang, J.J., Kim, H.S., Han, O.K., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, D.W., Kim, S.Y., Kim, S.J. and Park, K.H. 2009b. A new early-heading and high forage yielding rye variety "Egreen". Korean Journal of Breeding Science. 41:620-624.
- Heo, H.Y., Park, H.H., Kim, M.J. and Ha, K.S. 2001. Test on the establishment of seed production system of rye. Crop Station Research Report, National Crop Experiment Station, Rural Development Administration. pp. 310-311.
- Heo, H.Y., Park, H.H., Kwon, Y.U., Kim, J.G., Nam, J.H., Kim, S.J. and Lee, J.K. 2004. A new high yielding rye variety 'Gogu'. Treatise of Crop Research. 6:59-66.
- Heo, H.Y., Park, K.G., Hwang, J.J., Park, H.H., Nam, J.H. and Park, M.W. 2003. "Wintergreen", new rye variety for green fertilizer and forage use. Treatise of Crop Research. 4:183-187.
- Heo, H.Y., Park, K.G., Hwang, J.J., Song, H.S., Nam, J.H., Park, H.H., Ha, Y.W., Lim, Y.C., Ju, J.I. and Park, M.W. 1998. Early heading and high forage yielding new rye variety "Olhomil". RDA Journal of Crop Science (II). 40:88-91.
- Hwang, J.J., Ahn, W.S., Youn, K.B., Sung, B.R., Lee, J.H., Lee, W.J., Cho, C.H., Kim, Y.S., Park, C.S., Chung, K.Y. and Kim, B.Y. 1985. An early and high forage yielding rye variety "Paldanghomil" as soiling crops. Research Report of RDA (Crop). 27:156-160.
- Hwang, J.J., Youn, K.B., Song, N.H., Park, C.S., Kim, Y.S. and Sung, B.R. 1987. A new high yielding forage rye variety "Dooroohomil". Research Report of RDA (Crop). 29:193-197.
- MFAFF. 2014. Food statistical yearbook. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea.
- Middleton, G.K., Herbert, T.T. and Murpy, C.F. 1964. Effect of seeding rate and row width on yield and on components of yield in winter barley. Agronomy Journal. 56:307-308.
- Ministry of Science and Technology (MST). 1991. Studies on production technologies for the self-sufficiency of rye seeds. Seoul, Korea.
- Park, S.G., Lee, J.H., Lee, K.S., Lee, M.H. and Choi, D.W. 1992. Effect of seeding rates for drilling planter on yield and agronomic characteristics of barley. Research Report of RDA (U & I). 34:5-10.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Standard book on research, investigation and analysis of agricultural science and technology. Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
- Ryu, H.O. and Kang, K.H. 1988. Effect of harvesting time on seed yield, seed germination and seedling growth of rye (*Secale cereale* L.). Korean Journal of Crop Science. 33:126-133.
- Shin, M.G. and Kurihara, H. 1996. Effective tillering pattern and grain yield on different fertilizer application level in barley. Korean Journal of Crop Science. 41:1-12.
- Yoon, E.B., Yoon, Y.H., Kwon, Y.U., Youn, K.B. and Shin, M.G. 1991. Studies on fertilizer level, row spacing and seeding rate using the plot drill seeder in winter wheat. Research Report of RDA (U & I). 33:65-71.
- Yoon, Y.H., Kwon, K.H., Song, I.M., Kim, S.Y., Lee, J.Y. and Jung, K.W. 1988. Effect on the fertilizer application methods and growth regulator treatments on the lodging and seed yield of seed production culture in rye (*Secale cereale* L.). Research Report of RDA (U & I). 30:64-76.

(Received : February 8, 2018 | Revised : March 9, 2018 | Accepted : March 12, 2018)