

귀리 종자 생산을 위한 여름 재배의 적정 파종 시기 구명

박진천¹ · 김양길¹ · 윤영미¹ · 최수연² · 박종호³ · 박형호⁴ · 라경윤⁵ · 박태일^{6,†}An Optimum Summer Cultivation Sowing Date for Seed Production of Oats (*Avena sativa* L.)Jin-Cheon Park¹, Yang-Kil Kim¹, Young-Mi Yoon¹, Su-Yeon Choi², Jong-Ho Park³, Hyoung-Ho Park⁴, Kyungyoon, Ra⁵, and Tae-Il Park^{6,†}

ABSTRACT This study was conducted to determine the optimal sowing date for seed yield of summer oat (*Avena sativa* L.) cultivars “Darkhorse (DH)” and “Highspeed (HS)” in Wanju, Jeonbuk province between 2017 and 2018. We investigated seed yield from 4 sowing dates: July 15, July 30, August 15, and August 30. We evaluated the agronomic characteristics of summer oats (DH and HS). We found the heading date of all cultivars to be within 50 days. Delayed sowing resulted in significantly increased plant height for both years and cultivars. There was no significant difference in spike length of DH and HS which ranged from 12.8 to 17.8 cm. The sowing date of July 30 produced a higher number of grains per spike, but this yield differed significantly by year and cultivars. In 2017, the first sowing resulted in the lowest DH yield at 132 kg per 10a, while the second sowing had the highest yield at 227 kg. HS yield was the lowest in the first sowing at 126 kg and the highest in the third sowing at 219 kg. In 2018, DH had the lowest yield from the first sowing at 184 kg per 10a, and the highest from the second sowing at 240 kg, but there was no significant difference between these yields. The first sowing for HS gave the lowest yield at 160 kg, and the second sowing produced the highest at 258 kg. The germination rate of harvested seeds from each sowing date in 2017 and 2018 was found to be higher than 85% and there was no significant difference between the two cultivars in the 2018 germination rate test. Thus, we found the optimal sowing date for summer cultivation of oats for the highest seed yield to be between July 30 (second sowing) and August 15 (third sowing).

Keywords : forage oat, Honam, seeding date, seed production

귀리(*Avena sativa* L.)는 전 세계적으로 연간 생산량이 2,370만 톤인 주요 곡물 중 하나로 밀, 옥수수, 벼, 보리, 수수 다음으로 생산량이 많다(FAO STAT, 2020). 생산된 귀리의 대부분은 사료용(75%)으로 이용되고 있으며, 다른 사료작물에 비해 가축 기호성이 높아 축산농가가 선호하며, 생육속도도 빨라 작부체계 적용에 유리한 작물이다. 일반적으로 귀리는 보리와 같이 종실 껍질의 탈부 유무에 따라 겉귀리(hulled oat)와 쌀귀리(naked oat)로 분류되어 국내에

서 재배되고 있다. 종실 껍질이 쉽게 벗겨지는 쌀귀리가 식용으로 많이 이용되고 있으며, 껍질이 종실 외벽에 부착되어 잘 벗겨지지 않는 겉귀리는 주로 사료용으로 재배되고 있다. 특히 귀리에는 단백질과 섬유질이 풍부하며, 호분층에는 식이섬유의 일종인 베타글루칸이 다른 곡물에 비해 많이 함유되어 있어 기능성 잡곡으로 활용되고 있다(Hahn *et al.*, 1990; Aman & Graham, 1987). 귀리 겨에서 용해도가 다른 2가지 특성의 불용성과 수용성 베타글루칸이 존재

¹농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과 농업연구사 (Junior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과 석사후연구원 (Post Master, Rural Human Resource Development Center, RDA, Wanju 55365, Korea)

³농촌진흥청 농촌인적자원센터 농업연구사 (Junior Scientist, Rural Human Resource Development Center, Jeonu 54874, Korea)

⁴농촌진흥청 국립식량과학원 기술지원과 농업연구관 (Senior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

⁵농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물과 농업연구사 (Junior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Korea)

⁶농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과 농업연구관 (Senior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

†Corresponding author: Tae-Il Park; (Phone) +82-63-238-5222; (E-mail) parktl@korea.kr

<Received 20 July, 2022; Revised 16 August, 2022; Accepted 17 August, 2022>

함을 NMR 스펙트럼을 통해 구명하였고(Johansson *et al.*, 2000), 불용성 베타글루칸보다 수용성 베타글루칸의 비율이 높은 것으로 밝혀졌다(Lee *et al.*, 1997). 귀리의 수용성 베타글루칸은 불용성에 비해 체내 흡수율이 좋아 칼로리 제한 효과를 가져 항비만 효과가 있음을 *in vitro* 및 *in vivo* 동물모델 실험에서 구명하였다(Kang *et al.*, 2017). 또한 귀리에만 존재하는 기능 성분의 알칼로이드계 물질인 아베난쓰라마이드(avenanthramides)의 항치매 효과가 최근 입증(Ramasamy *et al.*, 2022)됨에 따라 그 가치가 한층 증가할 전망이다.

국내에서 귀리품종은 쌀귀리가 5품종, 걸귀리가 20여 품종이 개발되어 있지만, 귀리는 내한성이 매우 약한 작물로 국내에서는 주로 남부지역 중심으로 가을에 파종하여 월동 후 이듬해 수확하는 추파 재배로 이루어지고 있으며, 중북부는 월동이 어려워 봄에 파종하는 춘파 재배로 생산되고 있다. 특히 귀리는 조사료 품질이 우수하고 가축이 선호하여 국내에서는 겨울작물로 IRG, 호밀과 함께 많이 생산되는 조사료 중 하나이다. 귀리는 품종별로 춘파, 하파, 추파형 등 다양한 생태형을 갖고 있어 조사료 공급이 끊이지 않기 때문에 연중 재배에 유리한 작물이다(Han *et al.*, 2012). 그리고 조사료용은 지상부 식물체 전체를 사일리지로 활용함에 따라 작물이 생리적 성숙을 마칠 때까지 재배하는 재종을 위한 별도의 연구가 필요하다. 특히 여름재배가 가능한 하이스피드, 다크호스(Park *et al.*, 2006a; Park *et al.*, 2006b) 품종이 개발되면서 조사료 생산 작기에서의 파종과 수확시기에 대한 연구는 수행되어 있으나(Han *et al.*, 2018), 아직 걸귀리 종자 생산을 위한 여름 재배 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 전북지역에서 종실 수확을 위한 하파 귀리의 적정 파종 시기를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사료 귀리 품종에 따른 하파 시기

본 연구는 하파가 가능한 사료용 귀리의 종실을 얻기 위해 파종 시기에 따른 종실 수량성을 평가하였다. 시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 개발한 걸귀리 품종으로 조숙성이며 도복에 강해 조사료 재배에 유리한 ‘다크호스’와 ‘하이스피드’를 사용하였다. 종실 수확을 위한 하파용 귀리는 전년도 추파하여 생산한 사료용 귀리의 수확이 끝난 직후 7월 15일(1차), 7월 30일(2차), 8월 15일(3차), 8월 30일(4차) 15일 간격으로 나누어 파종하였다.

재배방법

본 시험은 2017년부터 2018년까지 2개년 동안 전북 완주 전작(밭) 조건으로 ‘다크호스’와 ‘하이스피드’를 공시품종으로 사용하여 시험하였다. 파종 방법은 평면세조파(휴폭 25 cm, 파폭 5 cm)로 하였다. 파종량은 10a 당 19 kg로 하였으며, 시비량은 10a 당 7.2 kg (전용복비 N-P₂O₅-K₂O=15-14-6)로 전량 기비로 사용 하였다.

기상 특성 및 적산온도

기상 특성은 농촌진흥청 농업기상정보 포털(농업날씨 365)의 기상자료를 이용하여 분석하였다. 시험이 수행된 2017년과 2018년 전북 완주군의 평균기온 및 강수량 데이터를 받아 분석하였고, 적산온도의 경우 해당 기간 0°C 이상의 일평균기온을 합산하여 2017년과 2018년 생육 단계별 적산온도를 구하였다. 평균기온 및 강수량, 적산온도는 2014년에서 2018년까지 5년 동안의 평균기온과 강수량 데이터를 활용하여 품종별 파종 시기에 따른 영향을 조사하였다.

생육 및 수량 특성 조사

귀리 생육 및 수량 특성은 농업과학기술연구조사 분석기준(RDA, 2012)을 이용해 조사하였다. 생육 특성 중 출현기, 출수기, 성숙기는 전체 시험구에서 관찰하여 결정하였다. 출현기는 총 립수의 40%가 지표면 위로 출아한 날에, 출수기는 총 경수의 40%가 출수한 날에, 성숙기는 대부분의 이삭이 황화한 날을 날짜로 표시하였다. 또한, 간장 및 수장 등의 생육 특성은 조사구역 안에서 1반복 당 무작위로 3주씩 수집하고 3반복을 대상으로 총 9주의 특성을 조사하였다. 수량 특성은 m²당 수수, 1수립수를 조사하여 산출하였으며, 이후 종실의 리터중, 천립중, 등숙률 등을 조사하여 종실 특성을 분석하였다.

발아율 특성 조사

가을 및 봄 파종 사료용 종실 수확을 위한 하파 귀리의 발아율을 조사하였다. 파종 시기별로 수확된 ‘다크호스’ 및 ‘하이스피드’ 2품종의 종실을 건조한 다음 발아 시험을 위한 재료로 준비하였다. 발아율 검정은 페트리디쉬에 50립씩 9반복으로 20°C에 처리하여 7일 후 발아율을 조사하였다. 종자 발아율은 치상한 종자 수에 대해 조사기간 동안 발아한 종자 수를 백분율로 환산하여 계산하였다.

$$\text{종자 발아율(SG, \%)} = \frac{\text{발아한 종자 수}}{\text{총 치상 종자 수}} \times 100 (\%)$$

통계분석

이번 연구에서 수행한 모든 통계분석은 R 프로그램(Ver. 4.2.0, RStudio Team, R Foundation for Statistical Computing Platform)을 이용하였다. 각 농업형질의 평균 비교는 품종 및 연차 간에 아닌 동일 품종 내 파종 시기에 따라 ANOVA 분산분석을 수행하였고, agricolae 패키지를 이용하여 DMRT (Duncan’s Multiple Range Test)를 수행하였다. 품종별 파종 시기에 따른 수량성과 발아율 검정을 시각화한 boxplot은 ggplot2 패키지를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

기상 특성 분석

본 시험의 기상분석을 위해 2017년과 2018년 여름 7월 파종부터 11월 수확까지의 평균온도 및 강수량을 조사하였다(Fig. 1). 종실 수확용 최적 하파 귀리의 파종 시기를 조사하기 위해 시험한 2017년 7월과 8월의 평균온도는 각각 27.2°C, 26.1°C이었고, 2018년은 27.6°C, 28.4°C로 0.4°C, 2.3°C 정도 낮았다. 누적 강수량은 2017년 7월 235.5 mm, 8월 377 mm이었고, 2018년은 124 mm, 319.5 mm로 2017년 대비 각각 65 mm, 57.5 mm로 적었다. 또한, 이 지역에서 5년 동안의 평균기온과 누적 강수량을 비교할 때(Table 1) 평균기온은 7월과 8월 모두 26.1°C로 2017년 및 2018년 7

월보다 각각 1.1°C, 1.5°C 낮았으며, 8월의 경우 2017년에는 같았으나 2018년은 2.3°C 더 낮았다. 강수량은 7월 64.3 mm, 8월 67.7 mm로 2017년 7월보다 171.2 mm, 8월 309.3 mm로 비가 적게 내렸고, 2018년의 경우에도 7월 59.7 mm, 8월 251.8 mm로 강수가 적었다. 특히, 2018년 7월 중순부터 8월 중순까지 약 1개월은 전국적으로 고온과 가뭄이 장기간 지속되어 5년 간 데이터와 다른 기상 특성을 보여 7월 15일에 파종한 귀리의 경우 초기 생육이 좋지 못하였다. 이후 11월 수확시기까지 평균기온과 누적 강수량은 2017년과 2018년 모두 5년 간 데이터와 유사한 경향을 보여 2년 동안 시험한 귀리의 생육에 큰 지장을 주지 않는 것으로 판단되었다.

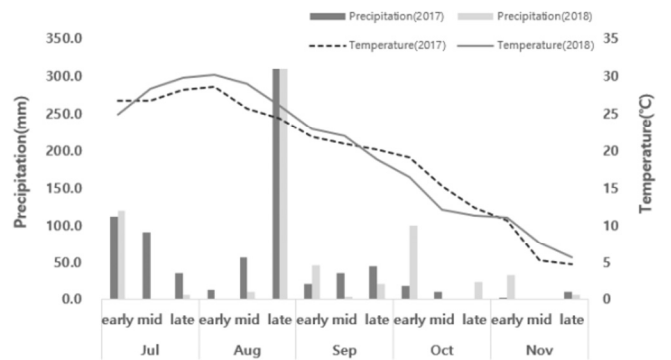


Fig. 1. The average air temperature and amount of precipitation in Jeonbuk province from 2017 to 2018.

Table 1. The average air temperature (5-year mean, 2014-2018) and cumulative precipitation (5-year mean, 2014-2018) in Jeonbuk province.

Year	Month		Temperature (°C)	Cumulative precipitation (mm)
5-year mean (2014-2018)	Jul	early	24.6	116.6
		mid	25.9	37.2
		late	27.8	39.0
	Aug	early	27.9	26.9
		mid	26.1	43.8
		late	24.3	132.5
	Sep	early	22.4	29.1
		mid	20.9	35.9
		late	20.0	27.6
Oct	early	17.5	54.0	
	mid	14.6	17.4	
	late	12.7	29.0	
Nov	early	10.5	18.7	
	mid	8.4	12.7	
	late	6.0	22.9	

파종 시기에 따른 생육 특성 조사

하파 귀리의 종실 확보를 위해 파종 시기에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Tables 2, 3)는 다음과 같다. 7월 15일부

터 8월 30일까지 파종한 귀리는 모든 시험구에서 8일 이내 출현이 되었고, 파종 시기가 늦어질수록 파종일로부터 발아가 시작되기까지 시간이 2017년 1차 6일, 2차 8일, 3차 4일,

Table 2. Emergence, heading, and maturing dates of summer oat by sowing date in Jeonbuk province from 2017 to 2018.

Year	Cultivar	Sowing date (mm.dd)	Emergence date (mm.dd)	Heading date (mm.dd)	Maturing date (mm.dd)
2017	Darkhorse	7.15	7.20(5d)	8.22(38d)	11. 3(111d)
		7.30	8. 6(7d)	9.14(46d)	11. 1(94d)
		8.15	8.18(3d)	9.26(42d)	11. 5(82d)
		8.30	9. 3(4d)	10.14(45d)	-
	Highspeed	7.15	7.20(5d)	8.22(38d)	11. 3(111d)
		7.30	8. 6(7d)	9.14(46d)	11. 1(94d)
		8.15	8.18(3d)	9.26(42d)	11. 5(82d)
		8.30	9. 3(4d)	10.15(46d)	-
2018	Darkhorse	7.15	7.20(5d)	9. 2(49d)	11. 5(113d)
		7.30	8. 3(4d)	9. 9(41d)	11. 3(96d)
		8.15	8.17(2d)	9.23(39d)	11. 7(84d)
		8.30	9. 3(4d)	10.20(51d)	-
	Highspeed	7.15	7.20(5d)	8.31(47d)	11. 5(113d)
		7.30	8. 3(4d)	9. 7(39d)	11. 3(96d)
		8.15	8.17(2d)	9.22(38d)	11. 7(84d)
		8.30	9. 3(4d)	10.20(51d)	-

Table 3. Agronomic characteristics of summer oat by sowing date in Jeonbuk province from 2017 to 2018.

Year	Cultivar	Sowing date (mm.dd)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spikes per m ²	No. of grains per spike
2017	Darkhorse	7.15	64 ^c	15.3 ^{ns}	264 ^{ns}	29 ^{ns}
		7.30	76 ^b	14.4	369	53
		8.15	81 ^{ab}	15.8	403	41
		8.30	91 ^a	14.9	511	-
	Highspeed	7.15	59 ^b	17.8 ^{ns}	242 ^b	49 ^{ns}
		7.30	77 ^b	16.0	439 ^a	51
		8.15	83 ^a	16.7	419 ^a	42
		8.30	86 ^a	16.4	414 ^a	-
2018	Darkhorse	7.15	56 ^c	15.7 ^{ns}	283 ^{ab}	36 ^c
		7.30	59 ^c	12.8	322 ^{ab}	52 ^a
		8.15	71 ^b	15.0	344 ^a	44 ^b
		8.30	102 ^a	14.7	247 ^b	-
	Highspeed	7.15	61 ^b	14.8 ^{ns}	286 ^{ns}	46 ^{ns}
		7.30	62 ^b	13.0	325	49
		8.15	69 ^b	16.4	325	46
		8.30	101 ^a	16.3	256	-

¹⁾ Values (mean) with superscripted letters indicate significant differences within the same year and cultivar compared to sowing dates ($p < 0.05$).

²⁾ NS, not significant ($p > 0.05$).

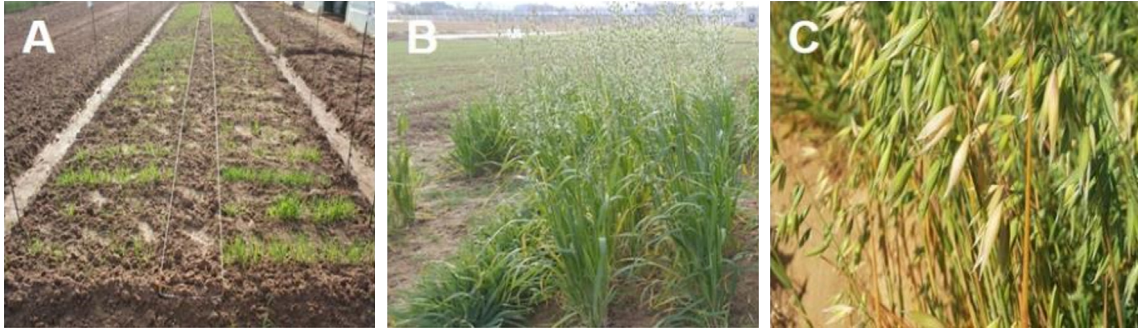


Fig. 2. Photographs of summer-sown oat by growth stage. A; seedling stage, B; heading stage, C; physiologically matured.

4차 5일로 점차 짧아졌다(Fig. 2A). 이러한 결과는 파종 시기에 따라 평균 기온이 점차 상승하여 발아에 필요한 일수가 단축된 것으로 예측된다. 이는 Friesen & Shebeski (1961)가 보고한 야생 귀리 종자 발아 시 온도가 높으면 발아가 촉진된다는 연구 결과와 일치하였고, Han (2012)이 보고한 하파 시 귀리의 평균 출현 일수가 6일 정도인 것과 비슷하였다. 하파 귀리의 출수 소요일수는 2017년 두 품종 모두에서 1차 38일, 2차 46일, 3차 42일로 같았으며, 4차의 경우 각각 45일과 46일로 1일 정도 차이가 났지만 비슷하였다. 2018년의 경우에는 다크호스와 하이스피드 품종에서 각각 1차 49일, 47일, 2차 41일, 39일, 3차 39일, 38일로 1~2일 정도 다크호스가 더 오래 걸렸으나 4차의 소요일수는 51일로 두 품종 모두에서 같아 파종 후 50일 내외에서 출수되었다(Fig. 2B). 이상의 결과는 일반적으로 8월에 파종한 귀리의 출수 소요일수가 파종 후 평균 50일 내외로 나타난 이전 연구와 비슷한 경향이였다(Shin *et al.*, 2021). 다크호스와 하이스피드 두 품종의 성숙기는 파종 시기에 따라 11월 1일에서 7일 사이에 걸쳐 조사되었으나(Fig. 2C), 8월 30일에 파종한 시험의 경우에는 생육이 부진하여 성숙기를 잡기 어려웠다. 귀리는 일장에 민감한 작물로 개화를 위해서는 일정 수준에 광과 온도가 필요하다고 알려져 있다(Bleken & Skjelvåg, 1986). 하지만 8월 30일 파종한 귀리의 경우, 늦어진 파종 시기로 인해 2년 동안 파종 후 출수까지의 평균기온이 20°C를 넘지 않았고, 일조 시간도 줄어들어 식물체 성숙이 늦어졌기 때문에 종실 수확을 할 수 없던 것으로 판단된다(Fig. 1). 파종 시기별 단위면적당 수수의 개수는 2017년 다크호스에서 파종 시기가 늦어짐에 따라 증가하였으나 유의하지는 않았으며, 하이스피드에서는 1차 파종 242개로 가장 적었고, 2차 파종이 439개, 3차 파종이 419개, 4차 414개 순으로 많았다. 2018년 다크호스에서는 1차 파종이 283개, 2차 322개, 3차 344개로 3차 파종이 가장 많았으며, 4차 파종의 경우 247개로 가장 경수가

적었다. 또한, 하이스피드에서는 1차 파종이 286개, 2차와 3차 파종은 325개, 4차 256개로 4차 파종이 경수가 가장 적었으며, 2차와 3차 파종이 가장 경수가 많았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 2017년과 달리 2018년 시험의 경우에는 4차 파종이 1차 파종에 비해 경수가 더 감소하는 경향을 보였는데, 이는 2018년 9월 평균 강수량이 2017년에 비해 30 mm 이상 적었기 때문으로 생각된다. 식물체 간장은 파종이 늦어질수록 두 품종 모두 증가하였는데 이는 생육초기 고온(28°C)이 적온(20°C)에 비해 줄기의 신장이 더 크게 나타난 이전 연구와 비슷하였다(Sharma *et al.*, 1977). 또한, 수장의 경우에는 두 품종 모두 파종 차수와 관련이 없는 것으로 나타났다. 마지막으로 수당 립수의 경우 다크호스 및 하이스피드 품종 모두에서 2차 파종 시 가장 많았으나, 2018년 다크호스 품종을 제외하고는 통계적으로 유의성은 없었다.

생육 시기별 적산온도 분석

품종별 여름 귀리에 대하여 파종 시기별(파종기~출수기, 출수기~성숙기) 0°C 이상의 평균온도를 합산한 적산온도를 나타낸 것은 Table 4와 같다. 먼저, 파종에서 출수까지 적산온도를 보면, 7월 15일(1차), 7월 30일(2차)에 파종한 다크호스는 적산온도가 각각 1,242°C, 1,154°C이었으며, 하이스피드는 1,218°C, 1,134°C로 하이스피드가 다크호스에 비해 출수가 1~2일 정도 빨라 적산온도가 더 낮은 것을 확인할 수 있었다. 2017년의 경우 다크호스와 하이스피드 품종의 출수기가 8월 30일(4차) 파종을 제외하고는 모두 같았기 때문에 파종에서 출수까지의 적산온도는 비슷하였고, 5년 동안의 평균 적산온도 데이터와 비교하였을 때 다크호스의 1차 파종은 32°C 높았고, 2차와 3차는 7°C, 4차는 25°C 낮았으며, 하이스피드는 1차 파종이 32°C 높았고, 2차 5°C, 3차 8°C, 4차 25°C 낮은 것을 확인할 수 있었다. 다음으로, 출수이후 성숙기까지의 적산온도 데이터를 살펴본 결과, 다

크호스는 1차 1,226°C, 2차 862°C, 3차 626°C이었으며, 하이스피드는 1차 1,250°C, 2차 883°C, 3차 636°C로 나타났다. 하지만 4차 파종의 경우 늦어진 파종 시기로 인해 성숙기에 도달하지 않은 상태에서 생육이 정지되었으므로 적산온도를 계산할 수 없었다. 출수 후 성숙까지의 적산온도 데이터를 5년 간 데이터와 비교하였을 때 다크호스는 1차 29°C, 2차 17°C, 3차 21°C로 낮았으며, 하이스피드는 1차 29°C, 2차 19°C, 3차 9°C 낮았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 하파가 가능한 귀리 품종인 다크호스와 하이스피드의 파종 후 출수까지의 적산온도는 최대 24°C 이내로 차이가 낮으

나, 이는 품종별 1~2일 정도 출수와 성숙 시기가 존재하여 나타난 것으로 판단되며, 두 품종 간 파종 시기에 따른 생육 단계별 적산온도는 비슷하였다. 또한, 두 품종 모두에서 4차 파종 시 성숙기에 도달하지 못한 채 생육이 정지되어 종실 확보를 못한 것으로 보아 파종 후 성숙까지 약 1,600°C 내외의 적산온도가 필요할 것으로 사료된다.

전북지역 하파 귀리 최적 파종 시기 구명

파종 시기에 따른 하파 귀리의 종실 수량 특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 8월 30일(4차) 파종한 귀리의 경우

Table 4. Comparison of the cumulative temperature of summer-sown oats grown from 2017 to 2018 and average cumulative temperature for 5 years (2014-2018).

Cultivar	Sowing date (mm.dd)	Cumulative temperature (°C)			
		Sowing to heading		Heading to maturing	
		'17~'18	5-year	'17~'18	5-year
Darkhorse	7.15	1,242	1,210	1,226	1,255
	7.30	1,154	1,161	862	879
	8.15	971	978	626	647
	8.30	944	969	N/A	
Highspeed	7.15	1,218	1,186	1,250	1,279
	7.30	1,134	1,139	883	902
	8.15	961	969	636	645
	8.30	951	976	N/A	

Table 5. Yield characteristics of summer oat by sowing date in Jeonbuk province from 2017 to 2018.

Year	Cultivar	Sowing date (mm.dd)	Liter weight (g)	1000-grain weight (g)	Yield (kg/10a)
2017	Darkhorse	7.15	445 ^b	38.7 ^a	132 ^b
		7.30	499 ^a	36.6 ^b	227 ^a
		8.15	458 ^{ab}	40.7 ^a	212 ^a
	Highspeed	7.15	447 ^b	40.3 ^a	126 ^b
		7.30	504 ^a	37.1 ^b	211 ^a
		8.15	444 ^b	40.2 ^a	219 ^a
2018	Darkhorse	7.15	507 ^{ns}	39.0 ^a	184 ^{ns}
		7.30	490	36.8 ^b	240
		8.15	511	37.3 ^b	216
	Highspeed	7.15	504 ^a	39.4 ^{ns}	160 ^b
		7.30	459 ^b	38.0	258 ^a
		8.15	520 ^a	38.0	249 ^a

1) Values (mean) with superscripted letters indicate significant differences within the same year and cultivar compared to sowing dates (p<0.05).

2) NS, not significant (p>0.05).

수확을 하지 못해 통계처리에서 제외하였다. 먼저, 2017년의 경우 다크호스가 파종 시기별로 10a당 137 kg, 227 kg, 212 kg으로 7월 30일(2차) 파종이 가장 많은 수량을 보였고, 하이스피드는 126 kg, 211 kg, 219 kg으로 8월 15일(3차) 파종에서 가장 높은 수량을 보였다. 다음으로, 2018년의 경우 다크호스가 파종 시기별로 10a 당 184 kg, 240 kg, 216 kg으로 2차 파종에서 수량이 가장 많았으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 하이스피드는 10a당 수량이 160 kg, 258 kg, 249 kg으로 2차 파종이 가장 많은 수량성을 보였으며, 2017년 3차 파종에서 가장 높은 수량성을 보인 것과는 차이가 있었다. 연차별로는 2018년 수량이 2017년에 비해 파종 시기별로 모두 수량이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 특히, 2017년과 2018년 품종별 파종 시기에 따른 수량성을 boxplot으로 시각화한 결과 두 품종 모두에서 1차 파종이 2차 및 3차 파종보다 종실 수량에 대한 분포가 10a 당 200 kg 이하로 더 작은 것을 확인하였다(Fig. 3). 또한, 2017년에서 2018년까지 하파 귀리 종자의 충실도를 측정하기 위하여 리터중과 천립중을 분석하였는데 리터중은 2017년 다크호스와 하이스피드 품종 모두에서 2차 파종하여 수확한 종실이 가장 무거웠으며, 1차 파종하여 얻어진 종실이 가장

가벼웠다. 하지만 2018년 시험의 경우에는 다크호스 품종에서는 리터중에 대한 결과가 통계적으로 유의하지 않았으나, 하이스피드 품종에서는 2017년 재배시험 결과와 달리 2차 파종에서 얻어진 종실의 리터중이 가장 작아 반대의 결과가 나왔다. 천립중 분석의 경우에는 2017년 다크호스와 하이스피드 품종 모두 2차 파종으로부터 수확된 종실이 가장 작아 소립의 특성을 보였다. 한편, 2018년 시험에서는 다크호스가 2017년 시험과 비슷하게 2차 파종으로부터 얻어진 종실이 가장 작았으나, 하이스피드 품종에서는 파종 시기 처리에 따라 시험구에서 얻어진 종실의 천립중이 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 곡실 수확을 위한 하파 귀리의 최적 파종 시기는 2차 및 3차 파종 시 1차 파종보다 더 많은 수량을 확보할 수 있었으며, 수량 특성 구성요소인 리터중과 천립중은 품종별 파종 시기에 따라 수량 특성에 큰 영향을 미치지 못하였기 때문에 하파 귀리의 최적 파종 시기는 2차(7월 30일)가 가장 좋을 것으로 사료되며, 적어도 3차 파종(8월 15일) 이전까지는 파종이 이루어져야 한다.

파종 시기에 따른 품종별 발아율 검정

귀리 품종별 파종 시기에 따른 발아율을 검정한 결과(Table 6), 2017년 시험의 경우, 7월 15일(1차) 및 7월 30일(2차)에

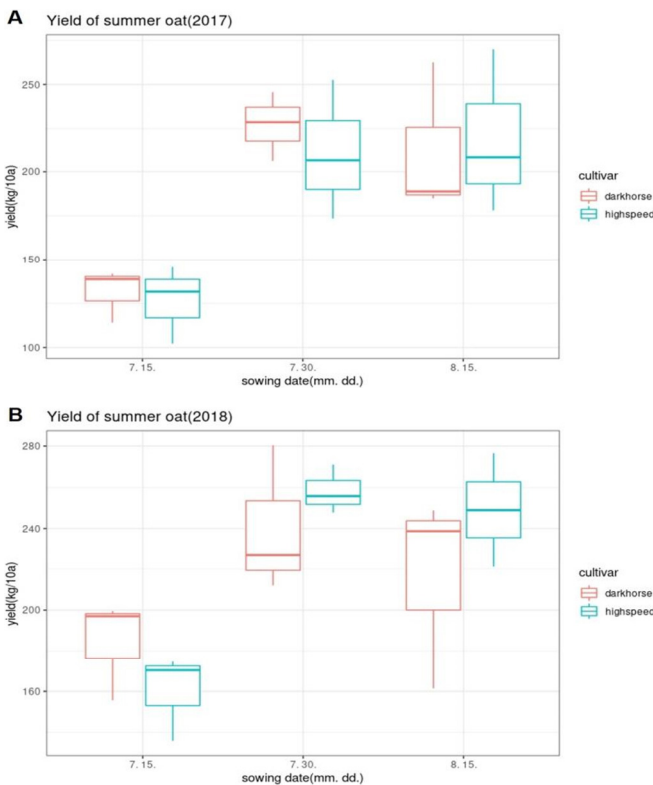


Fig. 3. Boxplot of seed yield of summer-sown oat by sowing date and cultivar in Jeonbuk province.

Table 6. Seed germination percentage of summer oat by sowing date in Jeonbuk province from 2017 to 2018.

Year	Cultivar	Sowing date (mm.dd)	Seed germination (%)
2017	Darkhorse	7.15	91.8 ^b
		7.30	97.8 ^a
		8.15	86.4 ^b
	Highspeed	7.15	92.4 ^{ab}
		7.30	95.8 ^a
		8.15	88.4 ^b
2018	Darkhorse	7.15	90.8 ^{ns}
		7.30	92.8
		8.15	94.4
	Highspeed	7.15	93.4 ^{ns}
		7.30	96.0
		8.15	94.6

¹⁾ Values (mean) with superscripted letters indicate significant differences within the same year and cultivar compared to sowing dates ($p < 0.05$).

²⁾ NS, not significant ($p > 0.05$).

적 요

파종하여 수확한 종자의 발아율이 모든 품종에서 90% 이상으로 높았고, 8월 15일(3차) 파종하여 수확한 종자의 발아율은 90%를 넘지는 않았지만 두 품종 모두 85% 이상의 수준으로 높은 결과를 나타냈다. 3가지의 파종 시기 중에서 2차 파종을 하였을 때, 다크호스와 하이스피드 품종에서 모두 평균 발아율이 95% 이상으로 가장 높은 결과를 나타냈으며, 품종별 파종 시기에 따른 종자 발아율은 유의적인 차이가 있었다. 2018년 시험의 경우, 모든 품종에서 파종 시기에 따른 종자 발아율이 90% 이상으로 높았으나 시기별 차이에 따른 종실 발아율 간 통계적 유의성은 없었다. 특히, 2017년과 2018년 수확된 종실의 발아율 검정을 시각화한 boxplot에서 2차 파종 시 모든 시험구에서 수확한 종자의 평균 발아율이 2017년 92%, 82% 값의 이상치와 2018년 76%의 이상치 값을 제외하고 95% 이상으로 다른 파종 차수에 비해 더 발아율이 높은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4). 따라서, 2017년과 2018년 다크호스와 하이스피드 품종을 하파하여 수확한 종자의 발아율은 모두 85%로 높아 이듬해 조사료 및 곡실 수확을 위한 재배에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

본 연구는 2017년에서 2018년까지 전북지역(완주)에서 하파가 가능한 귀리품종인 「다크호스」와 「하이스피드」를 대상으로 종자 부족을 대비한 단경기 종자생산의 가능여부를 판단하기 위하여 파종 시기에 따라 생육 및 종자 소질 등을 평가하여 하파 귀리의 최적 파종 시기를 구명하고자 하였다.

1. 여름철 7~8월, 4차례에 걸친 파종 시기에 따라 품종별 적산온도를 분석한 결과, 종실 생산을 위한 적산온도는 두 품종 모두 파종 후 성숙까지 약 1,600°C 내외의 적산온도가 필요한 것으로 나타났다.
2. 2017년 시험에서는 다크호스가 7월 15일(1차) 파종이 10a당 132 kg로 수량이 가장 적었고, 7월 30일(2차) 파종은 227 kg, 8월 15일(3차) 파종은 212 kg로 2차 파종이 가장 많았으며, 하이스피드는 1차 파종에서 역시 126 kg로 가장 적었고, 2차 파종은 211 kg, 3차 파종에서 219 kg로 가장 많았다.
3. 2018년 시험의 종실 수량성은 다크호스가 10a당 1차파종 184 kg로 가장 적었고, 2차파종은 240 kg, 3차파종은 216 kg로 2차파종이 가장 많았으나 통계적인 유의성은 없었으며, 하이스피드에서는 1차파종이 160 kg로 가장 적었고, 2차 파종은 258 kg, 3차 파종은 249 kg로 2차 파종에서 가장 높았다.
4. 2017년 여름 시기별로 파종한 식물체의 종실을 수확하여 이듬해 파종을 위한 종자 발아율을 검정한 결과 1차에서 3차 파종 시기까지 재배하여 수확한 종자는 발아율이 모두 85% 이상으로 높았으며, 특히, 2차 파종한 식물체에서 얻어진 종자의 발아율이 95% 이상으로 가장 높았다.
5. 2018년 발아율 시험의 경우 1차부터 3차까지 파종한 식물체에서 생산된 종실의 발아율이 모두 90% 이상으로 매우 높았으나, 통계적인 유의성은 없었다.
6. 이상의 결과를 토대로 종실 수확을 위한 하파 귀리의 최적 파종 시기는 7월 30일(2차)에서 8월 15일(3차) 사이 파종이 적합하며, 이 기간 내의 파종이 종실 수량을 높이는데 최적일 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제명: 사료용 맥류 신품종 개발(3단계), 과제번호:PJ01346102)의 지원에 의해 이루어진 것임.

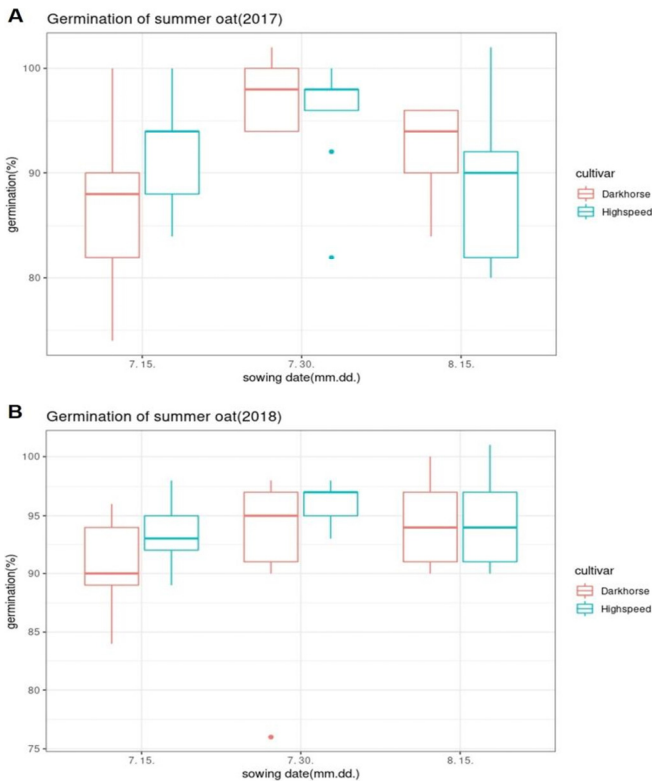


Fig. 4. Boxplot of seed germination rate of summer-sown oat by sowing date and cultivar in Jeonbuk province.

인용문헌(REFERENCES)

- Aman, P. and H. Graham. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1-3),(1-4)-D- β -glucans in barley and oats. *J Agric Food Chem.* 35 : 704-709.
- Bleken, M. A. and A. O. Skjelvåg. 1986. The phenological development of oat (*Avena sativa* L.) cultivars as affected by temperature and photoperiod. *Acta Agriculturae Scandinavica.* 36(4) : 353-365.
- Friesen, G. and L. H. Shebeski. 1961. The influence of temperature on the germination of wild oat seeds. *Weeds.* 9(4) : 634-638.
- Hahn, J. D., T. K. Chung, and D. H. Baker. 1990. Nutritive value of oat flour and oat bran. *J Anim Sci.* 68 : 4253-4260.
- Han, O. K., T. I. Park, H. H. Park, T. H. Song, J. J. Hwang, S. B. Baek, D. W. Kim, and Y. U. Kwon. 2012. Effect of seeding date on yield and quality of various oat cultivars for year-around forage production. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science.* 38(2) : 126-134.
- Han, O. K., J. H. Ku, H. G. Min, H. J. Lee, Y. H. Joo, S. S. Lee, J. S. Oh, K. H. Jeong, and S. C. Kim. 2018. Effect of sowing and harvest time on forage yield and feed value of spring and fall oats at Youngnam mountain area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science.* 38(2) : 126-134.
- Johansson, L., L. Virkki, S. Maunu, M. Lehto, P. Ekholm, and P. Varo. 2000. Structural characterization of water soluble β -glucan of oat bran. *Carbohydrate Polymers.* 42(2) : 143-148.
- Kang, H. N., S. C. Kim, Y. S. Kang, and Y. I. Kwon. 2017. Mode of action of water soluble β -glucan from oat (*avena sativa*) on calorie restriction effect in-vitro and in-vivo animal models. *Korean Journal of Food Science and Technology.* 30(6) : 1222-1228.
- Lee, C. J., R. D. Horsley, F. A. Manthey, and P. B. Schwarz. 1997. Comparisons of β -glucan content of barley and oat. *Cereal Chemistry.* 74(5) : 571-575.
- Park, H. H., H. Y. Heo, J. G. Kim, K. H. Park, J. S. Choi, Y. U. Kwon, J. H. Nam, J. J. Lee, C. K. Lee, I. M. Ryu, S. B. Ko, K. Y. Jung, and S. H. Lee. 2006a. A new early-heading and high-yielding forage oat cultivar, "Highspeed". *Korean Journal of Breeding.* 38(4) : 285-286.
- Park, H. H., H. Y. Heo, J. G. Kim, K. H. Park, J. S. Choi, Y. U. Kwon, J. H. Nam, J. J. Lee, C. K. Lee, I. M. Ryu, S. B. Ko, K. Y. Jung, and S. H. Lee. 2006b. A new early-heading and high-yielding forage oat cultivar, "Darkhorse". *Korean Journal of Breeding.* 38(4) : 287-288.
- Ramasamy, V. S., M. Samidurai, H. J. Park, M. Wang, R. Y. Park, S. Y. Yu, H. K. Kang, S. Hong, W. S. Choi, Y. Y. Lee, H. S. Kim, and J. Jo. 2020. Avenanthramide-C restores impaired plasticity and cognition in Alzheimer's disease model mice. *Molecular Neurobiology.* 57(1) : 315-330.
- Sharma, M. P., D. K. Mcbeath, and W. H. Vandeborn. 1977. Studies on the biology of wild oats. II. Growth. *Canadian Journal of Plant Science.* 57 : 811-817.
- Shin, S., H. Lee, J. Ku, M. Park, K. Rha, and B. Kim. 2021. Effects of planting and harvest times on the forage yield and quality of spring and summer oats in mountainous areas of southern Korea. *Korean Journal of Crop Science.* 66(2) : 155-170.