한작지(Korean J. Crop Sci.), 68(4): 431~437(2023)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2023.68.4.431

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

한반도 중북부 지대에서 국내 조 품종의 출수기 생태 특성

박세준[1,†] · 김보환[2] · 전혜원[3] · 김이경[2]

Ecological Characteristics of Spike Heading Time of Korean Foxtail Millet Cultivars in the North-central Region of the Korean Peninsula

Sei Joon Park[1,†], Bo Hwan Kim[2], Hye Won Jun[3], and Yi Kyeoung Kim[2]

ABSTRACT This study evaluated the ecological characteristics related to spike heading time of three Korean foxtail millet cultivars, i.e., one early and two late maturities, and a finger millet cultivar in the north-central region of the Korean Peninsula, Kangwon Province. The changes in heading time occurred due to the changes in planting time from mid-May to late June. The heading time of the early-maturity cultivars was early August, with 80 days required for heading (DH) for the mid-May planting; late August, with 65 DHs for the late June planting; and mid-late August, with 100 DHs and mid-October, with 65 DHs, respectively, for the late-maturity cultivars. The accumulated temperature at heading time ranged from 1,700℃ of mid-May planting to 1,500℃ of late June planting in the early-maturity cultivars. In contrast, it ranged from 2,100℃ to 1,900℃ in the late-maturity cultivars. The photoperiod at heading time ranged from 14.0 h to 13.2 h in the early-maturity cultivars, whereas it was from 13.2 h to 12.5 h in the late-maturity cultivars. Considering that the limiting heading time of Korean foxtail millet and finger millet in the northern region of Kangwon Povince is late August, the limiting accumulated temperature at the heading time was evaluated to be approximately 1,500℃ and 2,000℃ for early and late-maturity cultivars, respectively. The mean daily temperature from planting to heading time showed a negative correlation with the DH, which was shortened with the increase in mean daily temperature. This suggests that delaying the planting time from May to June in the north-central region of the Korean Peninsula increases the mean daily temperature during vegetative growth periods, resulting in the decrease of the DH and the accumulated temperature.

Keywords : accumulated temperature, finger millet, foxtail millet, mean daily temperature, spike heading time

조(Foxtail millet, *Setaria italica* Beauvois)는 1년생 화본과 작물로서 일사량이 많은 조건에서 잘 자라며, 요수량은 벼의 8.7%, 콩 50% 수준으로 낮으며, 내건성이 강하여 강수량이 적은 지대에서 재배가 용이하다. 따라서 물 부족과 온난화에 대비한 미래 작물로 이용 가능성이 높다(Lee *et al.*, 2013; RDA, 2018).

국내 조의 재배면적은 지속적으로 감소하여 2016년도의 894.0 ha이며, 지역별로는 전라남도 497.3 ha, 경상북도 111.5 ha, 강원도 101.6 ha, 제주도 73.9 ha, 경상남도 60.0 ha로 보고되었다(Jung, 2017). 최근에 조를 포함한 잡곡은 고유의 기능성과 영양 가치에 대한 이용성이 증대되고 있다. 국내 조 품종의 탄수화물, 단백질, 지질 함량은 73~77%, 6~9%, 3~4% 범위로 나타났고, 칼슘, 철분 등의 무기물, 비타민이 풍부하게 함유되어 있다(Choi *et al.*, 2019).

조는 단일성 작물로 출수는 고온과 단일 조건에서 촉진되며, 저온과 장일 조건에서는 늦춰진다(RDA, 2018). 국내 재

[1)]고려대학교 생명과학대학 생명자원연구소 연구교수 (Research Professor, Institute of Life Science and Natural Resources, Korea University, Seoul 02841, Korea)
[2)]고려대학교 생명과학대학 대학원 식물생명공학과 박사과정 (Ph.D. Student, Deparment of Plant Biotechnology, Graduate School, Korea University, Seoul 02841, Korea)
[3)]동북아생물다양성연구소 전임연구원 (Researcher, Northeastern Asia Biodiversity Institute, Gyeonggi 12982, Korea)

[†]Corresponding author: Sei Joon Park; (Phone) +82-2-3290-3482; (E-mail) hiswman@korea.ac.kr
<Received 14 November, 2023; Revised 20 November, 2023; Accepted 21 November, 2023>

ⓒ 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Chemical properties of the soil of the two experimental fields.

Region	Soil pH (1:5)	OM (g/kg)	Ave.P_2O_5 (mg/kg)	Ex.Cations (cmol+/kg)		
				K	Ca	Mg
Hwacheon	4.0	21	1,032	0.81	3.3	1.2
Inje	5.4	9	32	0.42	2.4	2.2
Recommendation†	6.5~7.0	20~30	150~250	0.45~0.55	6.0~7.0	6.0~7.0

†Recommended soil chemical properties for cultivation of millets by RDA (RDA, 2019)

래조 품종들의 생태형을 출수 조만성 기준으로 조생종은 출수일수 65일 미만으로 감광성이 둔감하며, 중생종은 65~80일, 중만생은 80일 이상으로 분류하였다(Lee *et al.*, 2013). 국내 육성 우량 조 품종들은 남부지역에서 5월 중순 파종기일 때, 조생종의 출수기는 7월 중순으로 출수일수 약 60일, 중만생종은 8월 상~중순으로 약 80~85일로 보고되었다(RDA, 2018). 중부지역에서 파종시기가 지연됨에 따라 중만생종에 속하는 '삼다차조'의 출수일수는 5월 중하순의 70일에서 6월 중하순의 약 55일로 단축되었다(Yoon *et al.*, 2015).

파종기 지연에 따른 출수일수의 감소는 7~8월의 일평균 기온의 상승과 일장 단축의 2 요인 복합 작용으로 제시된다. 단일식물인 콩에서 개화일수는 일장과 온도의 복합요인으로 결정되며, 단일과 고온에서 단축되며, 장일과 저온에서 지연된다고 보고되었다(Hadley *et al.*, 1984; Thomas & Raper, 1983; Wu *et al.*, 2015). 최근에는 조에서도 고온이 출수시기를 촉진한다고 보고되었다(Huang *et al.*, 2023). 기후변화에 따른 일평균 기온의 상승은 개화시기를 촉진한다는 연구가 *Arabidopsis*에서 진행되고 있다(Balasubramanian *et al.*, 2006; Capovilla *et al.*, 2014; McClung *et al.*, 2016). 전 지구적 기후변화에 따른 한반도 평균기온 상승은 식량작물의 개화 출수 한계기를 늦추는 결과를 보였으며(Lee *et al.*, 2014), 벼, 콩, 옥수수에서 수량 감소를 예측하였다(ME, 2020).

현재 국내 조의 표준재배법에서 제시된 재배모형은 한반도 중부와 남부에서 적용되는 것으로 한반도 고위도를 포함한 강원도 북부지역에 적용할 재배모형 연구는 미흡한 실정이다. 또한 한반도 평균기온 상승에 따른 한반도 전역의 작물 적정 파종기, 출수기 및 수확기가 변동되고 있는 상황에서 강원도 지역에 적합한 작물 재배모형에 관한 평가 및 연구가 수행되어야 한다. 따라서 본 연구는 강원도 북부지역에서 잡곡 재배모형 설정의 기초 자료를 구축하기 위하여 파종 시기를 달리하여 출수기 생태 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2020년부터 2021년까지 2년간에 걸쳐 강원도 북부지역에 소재한 화천(위도 38°03'N, 고도 220M)과 인제(위도 38°14'N, 고도 320M)의 농가 포장 실험으로 수행되었다. 시험 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 조의 공시품종으로는 조생종 1품종, '미리메조'와 만생종 2품종, '황미차조'와 '삼다차조', 그리고 손가락조 품종, '손가락조 1호'로 하였으며, 농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부에서 분양받았다. 조의 출수기 조만성 및 생태적 특성을 평가하기 위하여 파종기를 처리구로 두었으며, 화천에서는 2020년 5월 26일과 6월 29일, 2021년 5월 15일과 6월 20일의 4처리를, 인제에서는 2020년 5월 23일, 6월 7일과 2021년 5월 18일, 6월 7일, 6월 20일의 5처리를 하였다. 재식밀도는 조간 60 cm, 주간 15 cm의 1주 2~3본을 이식 파종하였으며, 멀칭재배를 하였다. 기타 재배법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다(RDA, 2018).

조사항목으로는 1구에서 이삭의 50%가 출수한 날인 출수기와 파종 후 출수기까지의 날수인 출수일수를 조사하였다. 실험지역의 4월부터 10월까지의 기상자료는 기상청 자료를 적용하였다(KMA, 2023). 출수기의 적산온도는 파종기부터 출수기까지의 일평균 기온의 적산량으로 하였으며, 출수기의 일장시간은 NOAA Solar Calculations를 이용하여 구하였다(NOAA, 2023). 조사된 형질 간의 단순 회귀식과 결정계수는 Microsoft Excel를 이용하여 구하였다.

결과 및 고찰

출수기 및 출수일수

작물의 개화기 및 출수기는 작물의 일생 중 영양생장 기간을 결정하는 요소로서, 작물 수량 생산 측면에서는 영양생장량 즉, 광합성 물질의 생산 역량을 결정하는 매우 중요한 수량 요소로 작용한다(Lee *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2000). 본 연구는 강원도 북부 중산간 지역에서 국내 조 품

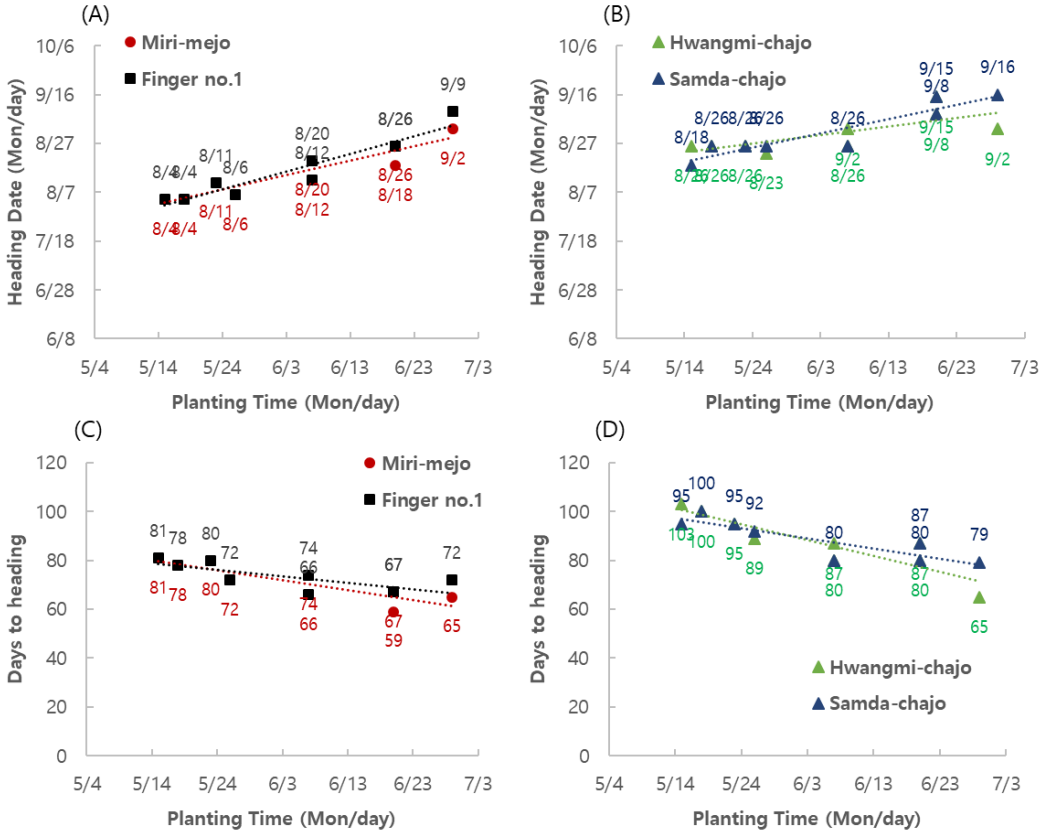

Fig. 1. Heading dates (A and B) and the days required for heading (C and D) of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' (A and C) and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' (B and D) cultivars planted at different times in the northern regions of Kangwon Province.

종의 안전 수량 생산을 위한 재배모형을 설정하기 위하여 파종시기를 달리하여 출수기 및 출수일수의 변화를 조사하였다(Fig. 1). 조생종인 '미리메조'와 '손가락조 1호'는 파종시기가 5월 중순일 때 출수기는 8월 초순으로서 출수일수는 약 80일을 기록하였으며, 파종시기가 6월 중하순일 때 출수기는 8월 하순으로 출수일수는 약 65일을 기록하였다. 중만생종인 '황미차조'와 '삼다차조'의 경우, 5월 중순 파종일 때 출수기는 8월 중하순으로 출수일수는 약 100일이었으며, 6월 하순 파종 시에는 9월 중순(9/8~15)으로 약 85일이었다. 따라서 강원도 북부지역에서 조의 파종시기가 5월 중순일 때, 조생종의 출수기는 8월 초순으로 출수일수는 약 80일이며, 만생종은 8월 하순으로 약 100일로 산정되었다. 본 연구 결과는 조의 재배지역이 한반도 남부지역의 저위도 지역에서 강원도 북부의 고위도 지역으로 북상하면서 출수시기 및 출수일수가 남부지역과 비교해 약 15~20일 정도 지연되는 결과를 제시하였다.

국내 육성 우량 조 품종들은 남부지역에서 5월 중순 파종기일 때, 조생종의 출수기는 7월 중순으로 출수일수 약 60일, 중만생종은 8월 초중순으로 약 80~85일로 보고되었다(RDA, 2018). 본 결과의 강원도 북부지역에서 조의 출수시기 지연 및 출수일수가 증가된 것은 출수기간 중의 낮은 일평균 기온과 관련된 것으로 사료되었다. 2012년부터 2022년까지의 10년간 출수기간 중인 5월~7월의 일평균 기온이 강원도 인제는 16.8~24.0℃의 범위로서 밀양의 19.3~26.4℃ 범위보다 약 2.1~2.5℃가 낮았다(KMA, 2023). 최근 연구에서 고온이 조의 출수시기를 촉진한다고 보고하였다(Huang *et al.*, 2023).

출수기 적산온도 및 일장

출수기의 적산온도는 파종기부터 출수기까지의 일평균 기온의 적산량으로 하였다. 강원도 북부지역에서 조의 파종시기가 5월 중순부터 6월 중순까지일 때 출수기 적산온도는 조생종은 5월 중순의 약 1,700℃에서 6월 중순의 1,500℃의 범위를, 만생종은 각각 약 2,100℃에서 1,900℃의 범위를 보였다. 파종시기가 5월에서 6월로 지연됨에 따라 품종의 조만성과 관계없이 4품종 모두에서 출수기 적산온도는

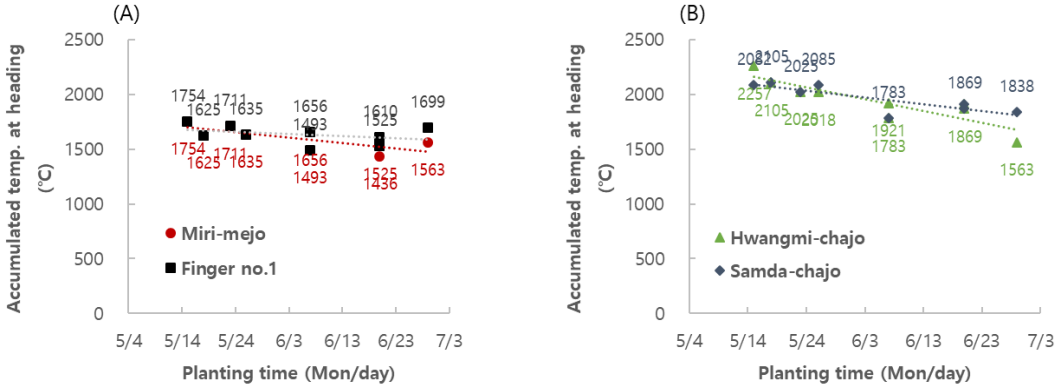

Fig. 2. Accumulated temperatures at heading dates of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' (A) and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' (B) cultivars planted at different times in the northern region of Kangwon Province.

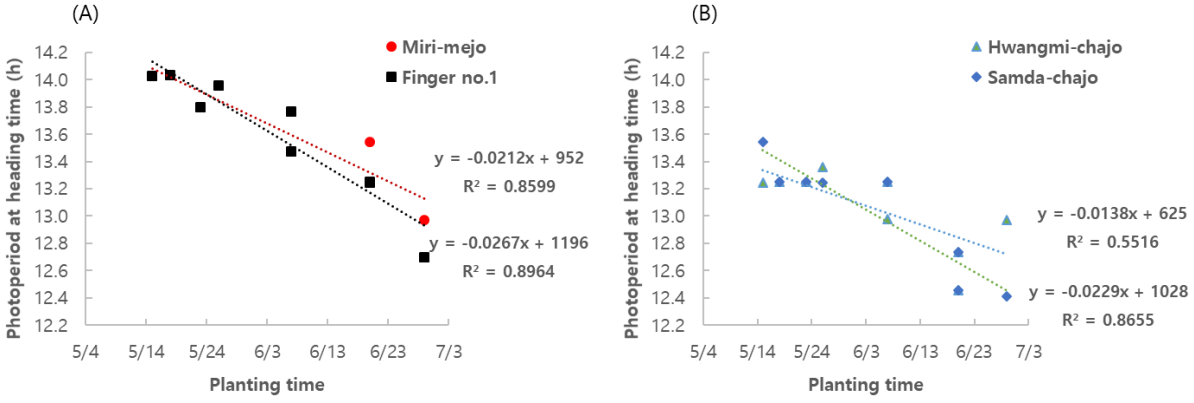

Fig. 3. Photoperiods at heading dates of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' (A) and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' (B) cultivars planted at different times in the northern region of Kangwon Province.

약 200℃가 감소하였다(Fig. 2). 이러한 출수기 적산온도 감소의 주요 원인으로는 파종시기 지연에 따른 출수일수의 감소로 추정되며, 조생 및 만생 품종 모두에서 약 15~20일 정도 감소하였다(Fig. 1).

출수기의 일장시간은 NOAA Solar Calculations를 적용하여 산출하였다(NOAA, 2023). 조생종은 8월 초순의 출수기 일장 14.0 h에서 8월 중하순의 13.2 h로 직선적인 감소를 보였다. 중만생종의 경우, 8월 중하순의 출수기 일장 13.2 h에서 9월 중순의 12.5 h로 직선적으로 감소하였다(Fig. 3). 5월 중순에서 6월 중순의 파종기 지연에 따른 출수기 일장이 품종의 조만성과 관계없이 모든 품종에서 약 0.8 h (48 min)이 유의적으로 감소하였으며, 이 또한 출수시기의 지연에 의한 것으로 추정하였다. 이러한 파종기 지연에 따른 출수기 일장의 직선적 감소는 개화 출수 반응에 특정한 한계일장이 뚜렷하게 나타나지 않았음을 제시하고 있다.

조의 출수기 특성에 있어서 감온성 및 감광성의 감응 작용을 알아보기 위하여 조생 및 만생 4품종의 출수기 적산온도

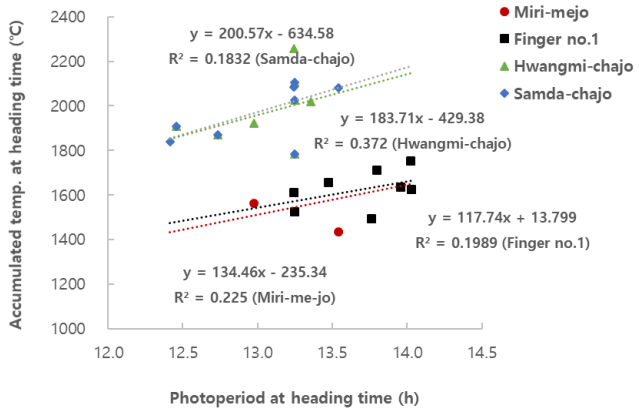

Fig. 4. Relationship between the accumulated temperature and photoperiod of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' cultivars planted at different times in the northern region of Kangwon Province.

와 일장 간의 관계성을 분석하였다(Fig. 4). 출수기 적산온도 범위는 조생종의 1,500~1,700℃과 만생종의 1,900~2,100℃

으로 조만성 간의 확연한 차이를 보였다. 출수기 일장은 품종의 조만성과 관계없이 13.0~13.5 h 범위에서 출수 반응을 하였으며, 조생종은 13.5 h 이상의 장일에서, 만생종은 13.0 h 이하의 단일 조건에서도 출수 반응을 하였다. 출수기 적산온도와 일장 간에는 부의 상관관계를 보였지만, 유의성은 인정되지 않았다. 이러한 결과는 강원도 북부지역에서 조 품종의 출수기 특성은 단일의 감광성보다는 적산온도의 감온성에 더 민감하게 반응하였음을 제시하였으며, 조 품종 간의 출수기의 조만성을 결정하는 유전적 요인으로는 감온성과 환경적 특성으로는 출수기 적산온도가 유효하게 작용하였다.

출수기간 중 일평균 기온

강원도 북부 중산간 지역에서 5월 중순부터 6월 중순까지 조의 파종기 지연에서 국내 조 4품종의 출수일수는 약 15~20일 정도가 감소하였으며, 이 기간 중의 출수기 적산온도는 약 200℃와 일장 시간은 약 0.8 h (48 min) 감소하였다. 품종 내에서 파종시기 지연에 따른 출수일수, 적산온도 및 일장 시산의 직선적인 감소 반응은 출수 감응에 있어서 특정한 적산온도 및 한계 일장이 작용하지 않음을 제시하였다.

출수 감응의 감온성과 관련된 적산온도 외의 또 다른 온도 요인으로 추정되는 출수기간 중의 일평균 기온의 출수 감응 영향을 알아보기 위하여 출수일수 간의 관계성을 분석하였다(Fig. 5). 조 4품종 모두에서 출수기간 중의 일평균 기온은 출수일수와 부의 상관성을 보여 품종의 조만성과 관계없이 일평균 기온이 상승함에 따라 출수일수가 감소하였다. 그러나 품종의 조만성 간 비교에서는 동일 기온에 대한 출수일수의 차이를 보였다. 일평균 기온이 21℃일 때, 조생종의 출수일수는 약 80일, 만생종은 약 100일이었으며, 일평균 기온이 24℃일 때는 조생종은 약 65일을, 만생종은 약 80일 기록하였다. 이는 기온이 낮은 조건에서 조생종은 출수반응이 빠르고 만생종은 늦으며, 평균기온 상승에 따른 출수일수의 단축 정도가 조생종보다 만생종에서 빠르게 진행됨을 보였다.

출수 감응의 감온성과 관련하여 출수기 적산온도는 조생종은 1,500~1,700℃와 만생종은 1,900~2,100℃의 범위로 확연한 차이를 보여 출수기 적산온도가 조 품종의 조만성을 결정하는 환경 요인로 제시되었다. 더불어 출수기간 중 일평균 기온이 상승함에 따라 출수일수가 단축되는 결과를 보여, 출수기간 중 일평균 기온은 품종 내에서 출수일수의 증감에 관여하는 또 다른 온도 요인으로서 제시되었다. 최근 연구에서 고온은 조의 출수시기를 촉진하며(Huang *et al.*, 2023),

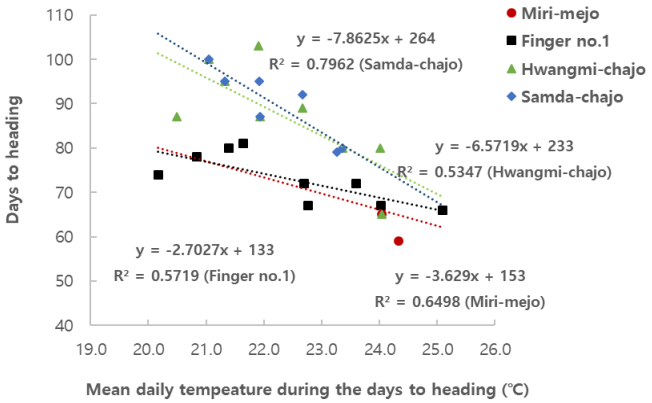

Fig. 5. Relationships between the days required for heading and mean daily temperature during the heading periods of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' cultivars planted at different times in the northern region of Kangwon Province.

기후변화에 따른 일평균 기온의 상승은 개화시기를 촉진한다는 연구가 *Arabidopsis*에서 보고되었다(Balasubramanian *et al.*, 2006; Capovilla *et al.*, 2014; McClung *et al.*, 2016).

출수 한계기 및 한계 적산온도

본 연구에서 하계 작물의 출수 한계기는 완숙 종자의 성숙에 요구되는 충분한 등숙기간과 수확 최저온도의 수확 한계기를 충족할 수 있는 임계 출수 시기로 정하였다. 우리나라 육성 조 품종의 안정 품질 및 종실 수량 확보를 위한 종자 성숙기간 또는 등숙기간은 조생종은 45일, 중생종은 50일, 만생종은 55일로 제시되어 있다(RDA, 2018). 하계 작물의 수확 한계기는 특정 지역의 첫 서리가 내리는 초상일을 기준으로 한다. 기상청 자료에 의하면 강원도 북부지대의 초상일은 10월 상~중순으로 기록되어 있다(KMA, 2023).

강원도 북부지대에서 조 종실 수량의 안정 생산을 위한 등숙기간 50일과 초상일을 10월 상순으로 하였을 때, 출수 한계기는 8월 하순의 8월 25일 정도로 산정되었다(Fig. 6). 이때의 적산온도를 출수기 한계 적산온도로 정하였으며, 조생종인 미리메조와 손가락조는 약 1,500℃, 만생종인 황미차조와 삼다차조는 약 2,000℃로 산정되었다. 본 연구 결과, 강원도 북부 지대에서 조 품종의 출수 조만성 및 출수기는 품종의 출수기 한계 적산온도를 조생종은 약 1,500℃, 만생종은 약 2,000℃로 결정하였다. 또한 동일 지역 내에서 파종지 지연으로 출수기간 중 일평균 기온이 증가되어 출수일수 및 적산온도가 감소되었음을 제시하였다.

이러한 결과는 일평균 기온이 강원도 보다 낮은 한반도 고위도 지역에 국내 조 품종을 적용할 시에 출수기간은 국

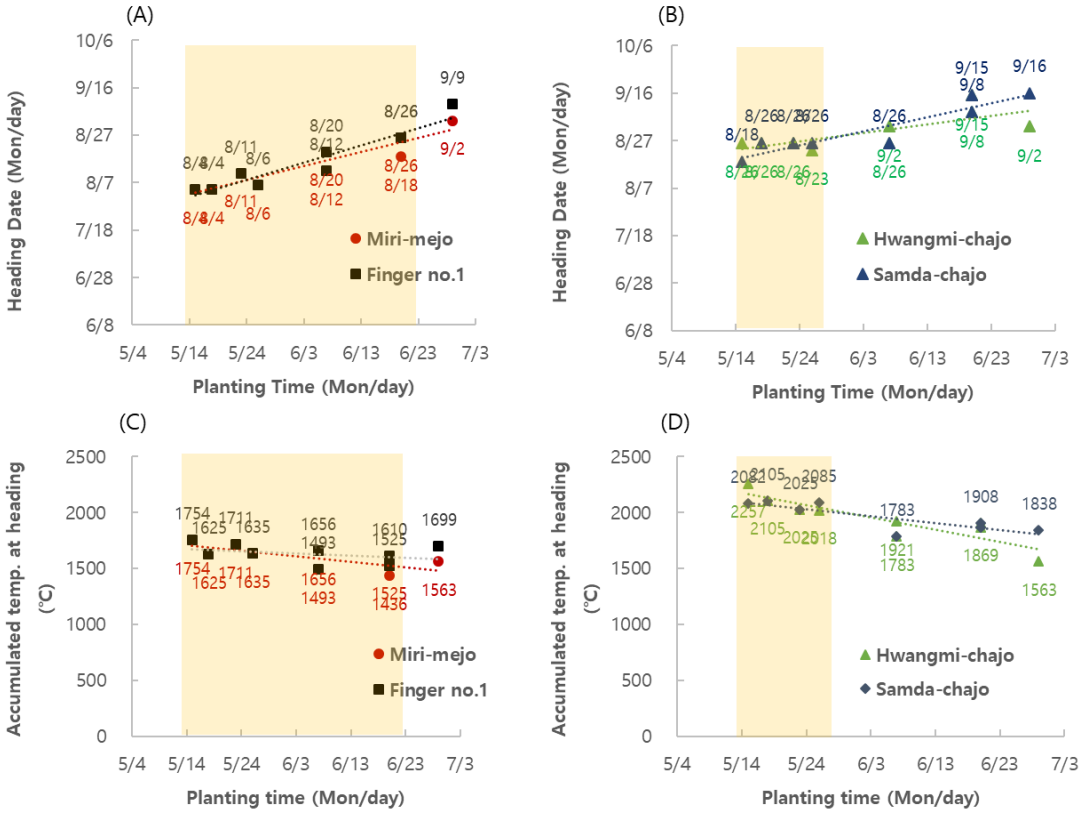

Fig. 6. The ranges of heading time (A and B) and accumulated temperature (C and D) of the possible planting day of the early-maturity 'Miri-mejo' and 'Finger no.1' (A and C) and the late-maturity 'Hwangmi-chajo' and 'Samda-chajo' (B and D) cultivars in the northern region of Kangwon Province. The colored boxes indicate the range of the possible planting day.

내에서 산정된 것보다 증가할 수 있으며, 한계 적산온도도 증가할 것으로 예상된다. 더불어, 파종시기를 국내보다 더 빠른 시기로 단축하여 산정해야 할 것을 제안한다.

적 요

본 시험은 강원도 북부 지대에서 대한민국 육성 조 품종의 재배모형을 설정하기 위하여 강원도 화천과 인제의 농가 포장에서 조생 품종 '미리메조'와 만생 품종 '황미차조', '삼다차조', 그리고 손가락조 품종 '손가락조 1호'에 대한 파종 시기를 달리하여 출수기 생태 특성을 분석하였다.

1. 강원도 북부지대에서 조 조생종의 출수기는 파종기가 5월 중순(5/15)일 때, 8월 초순으로 출수일수는 약 80일이었으며, 6월 하순(6/20) 파종 시에는 8월 하순으로 출수일수는 약 65일이었다.
2. 만생종은 5월 중순일 때, 8월 중하순(8/18~8/26)으로 약 100일이었으며, 6월 하순(6/20) 파종 시에는 9월 중순(9/8~9/15)으로 약 85일이었다.
3. 출수기 적산온도는 조생종은 파종기 5월 중순의 약 1,700℃에서 6월 중순의 약 1,500℃이었으며, 만생종은 약 2,100℃에서 약 1,900℃의 범위를 보였다.
4. 출수기 일장시간은 조생종은 14.0 h에서 13.2 h로, 만생종은 13.2 h에서 12.5 h의 범위였다.
5. 강원도 북부지대에서 국내 조 품종의 출수 한계기를 8월 하순으로 고려할 때, 출수기 한계 적산온도는 조생종은 약 1,500℃, 만생종은 약 2,000℃로 산정되었다.
6. 출수기간 중 일평균 기온이 증가함에 따라 출수일수는 단축되었으며, 두 특성 간에 부의 상관관계를 보였다.
7. 파종기 지연에 따른 출수기간 중 일평균 기온의 증가는 출수일수 단축 및 적산온도의 감소를 유도하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 PJ015335)의 지원으로 이루어진 것임

인용문헌(REFERENCES)

Balasubramanian, S., S. Sureshkumar, J. Lempe, and D. Weigel. 2006. Potent induction of Arabidopsis thaliana flowering by elevated growth temperature. PLoS Genet. 2(7) : e106.

Capovilla, G., M. Schmid, and D. Posé. 2014. Control of flowering by ambient temperature. Journal of Experimental Botany. 66(1) : 59-69.

Choi, J.-M., D.-Y. Kwak, M.-E. Choe, S.-B. Song, C.-h. Park, and J.-Y Ko. 2019. Nutritional Compositions of Varieties of Foxtail Millet and Proso Millet Developed in Korea. Korean J. Crop Sci. 64(2) : 137-143.

Hadley, P., E. H. Roberts, R. J. Summerfield, and F. R. Minchin. 1984. Effects of Temperature and Photoperiod on Flowering in Soya bean [*Glycine max* (L.) Merrill]: a Quantitative Model. Annals of Botany. 53(5) : 669-681.

Huang, Y.-C., Y.-t. Wang, Y.-c. Choong, H.-y. Huang, Y.-r. Chen, T.-F. Hsieh, and Y.-r Lin. 2023. How ambient temperature affects the heading date of foxtail millet (*Setaria italica*). Frontiers in Plant Science. 14 : 1-15

Jung, K.-Y. 2017. Research on standardization of cultivation methods to improve mechanization of millet production. pp. 204-265. NCIS, RDA.

KMA. 2023. Open MET Data Portal. https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/grndTaList.do?pgmNo=70. Korea Meteorological Administration. Last accessed on October 30, 2023.

Lee, D., J. Kim, and K. S. Kim. 2014. Spatiotemporal Assessment of the Late Marginal Heading Date of Rice using Climate Normal Data in Korea. Korean J. of Agric. Forest Meteorol. 16 : 316-326.

Lee, H. J., B. H. Kim, W. Kim, and S. J. Park. 2020. Classification of Flowering Group and the Evaluation of Flowering Characteristics for Soybean (*Glycine max* Merrill) Varieties from North Korea. Korean J. Crop Sci. 65(1) : 47-55.

Lee, J. S., B. G. Oh, J. Y. Ko, S. B. Song, J. I. Kim, K. Y. Kim, T. W. Jung, D. Y. Kwak, I. S. Oh, and K. S. Woo. 2013. Taxonomical Classification of the Domestic Foxtail Millet (*Setaria italica* Beauvios) Cultivars by Heading Ecotypes. J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l Univ. 29 : 33-39.

McClung, C. R., P. Lou, V. Hermand, and J. A. Kim. 2016. The Importance of Ambient Temperature to Growth and the Induction of Flowering. Frontiers in Plant Science. 7 : 1-7.

ME. 2020. Ch 5. Agriculture. Korean Climate Change Assessment Report 2020. Ministry of Environment.

NOAA. 2023. Solar calculation details. https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/calcdetails.html. Global Monitoring Laboratory. Last accessed on October 31, 2023.

Park, S.-J., W.-H. Kim, and R.-C. Seong. 2000. Influences of Different Planting Times on Harvest Index and Yield Determination Factors in Soybean. Korean J. Crop Sci. 45(2) : 97-102.

RDA. 2018. "Millet - Proso millet" Agriculture Technology Guide. No. 192. 2nd/Ed. RDA.

RDA. 2019. "9. MIllet" Standards of Fertilizer Use Prescription for Each Crop. 4th/Ed. NAAS. p. 56.

Thomas, J. F. and C. D. JR. Raper. 1983. Photoperiod and Temperature Regulation of Floral Initiation and Anthesis in Soya Bean. Annals of Botany. 51(4) : 481-489.

Wu, T.-t., J.-y. Li, C.-x. Wu, S. Sun, T.-t. Mao, B.-j. Jiang, W.-s. Hou, and T.-f. Han. 2015. Analysis of the independent- and interactive-photo-thermal effects on soybean flowering. Journal of Integrative Agriculture. 14(4) : 622-632.

Yoon, S.-T., E.-K. Jae, Y.-J. Kim, I.-H. Jeong, T.-K. Han, T.-Y. Kim, Y.-S. Cho, and H.-W. Kang. 2015. Growth and Yield Characteristics of Foxtail Millet, Proso Millet and Sorghum According to Sowing Date in Middle Area in Korea. Korean J. Crop Sci. 60(2) : 197-211.