

중국 단동 지역에서 국내 벼 품종의 출수 반응과 적응 출수생태 특성

양운호^{1,†} · Hongguang Ju² · 김정주³ · 한아름³ · 양정욱³ · 김은영³ · 강신구³ · 이대우³ · 채미진³ · 신명나³ · Dongchun Jin² · Jin Piao² · Jichun Wang⁴ · Feng Zhu⁴

The Heading Response and Characterization of the Adaptable Heading Ecotypes of Korean Rice Varieties in Dandong, China

Woonho Yang^{1,†}, Hongguang Ju², Jeong-Ju Kim³, Areum Han³, Jung-Wook Yang³, Eun Young Kim³, Shingu Kang³, Dae-Woo Lee³, Mi-jin Chae³, Moug Na Shin³, Dongchun Jin², Jin Piao², Jichun Wang⁴, and Feng Zhu⁴

ABSTRACT We examined the heading responses of rice varieties over two years in Dandong, China to select the varieties that are adaptable to the bordering northwestern plains of North Korea. Dandong had slightly lower mean temperature than Sinuiju, North Korea but slightly higher than Supung, but it had almost the same day-length as the two regions in North Korea. In the two experimental years and two transplanting-date treatments, eight varieties (Jinbuol, Baegilmi, Joun, Jinok, Jopyeong, Jinbu, Sanhomi, and Odae) from South Korea and five varieties (Olbyeol2, Sonbong9, Onpo1, Gilju1, and Pyongdo5) from North Korea reached the heading stage not later than the latest heading dates of Dandong domestic varieties and the safe marginal heading dates of Dandong. We examined the basic vegetative phase (BVP), photoperiod-sensitivity (PS), and thermo-sensitivity (TS) of rice heading in a phytotron study to characterize the heading ecotypes of rice varieties adaptable to Dandong. For the rice varieties grown in Dandong experimental field, number of days to the heading stage was highly positively correlated with PS and, except middle and mid-late maturing three varieties, it was significantly positively correlated with BVP. Two-dimensional distribution plotting revealed that both 35 days or less BVP and 25 days or less PS were the characteristic heading ecotypes of the rice varieties adaptable to Dandong.

Keywords : Dandong, ecotype, heading, rice

온대 지역에서 벼 재배는 그 지역의 재배 가능 기간에 영향을 받는다. 벼 재배가 가능한 지역 중 기온이 낮은 지역에는 생육기간이 짧은 품종만 적응하며, 기온이 높은 지역에서는 생육기간이 긴 품종까지 적응 품종이 확대된다. 재배기간이 짧은 지역의 경우 벼의 적응성을 높이기 위해서는 출수기를 앞당기거나 등숙기 저온 내성을 향상시키는 방향의 접근을 생각해 볼 수 있다. 이 접근 방향에 대하여 고위도 저온 지역에 적응하는 특성은 낮은 등숙 적온이 아

니고 짧은 생육기간이라고 보고되었다(Yang *et al.*, 2020). 그러므로 재배 가능 기간이 짧은 지역에서 벼 품종의 적응성은 출수기의 조만에 따라 1차적으로 결정된다고 할 수 있다(Yang *et al.*, 2021).

벼의 생육시기는 크게 영양생장기와 생식생장기로 구분되며, 영양생장기는 기본영양생장기와 가소영양생장기로 구성된다(Kakizaki, 1938). 기본영양생장기는 생육상 전환에 적당한 환경이 주어져도 반응하지 않는 기간인데, 실험적

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 재배환경과 농업연구관 (Senior Research Scientist, Crop Cultivation & Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

²연변대학교 농학과 교수 (Professor, Department of Agronomy, Yanbian University, Yanbian Korean Autonomous Prefecture, Jilin 133002, China)

³농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 재배환경과 농업연구사 (Research Scientist, Crop Cultivation & Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

⁴길림농업과학원 식물보호연구소 교수 (Professor, Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Science, Jilin City, Jilin 132102, China)

†Corresponding author: Woonho Yang; (Phone) +82-31-695-4130; (E-mail) whyang@korea.kr

<Received 31 July, 2023; Revised 10 August, 2023; Accepted 11 August, 2023>

방법으로는 최적 일장과 온도에서 생육한 벼의 파종-출수 기간에서 30 - 35일을 뺀 기간이 된다(Choi *et al.*, 2006; Katayama, 1971; Oka, 1958; Vergara *et al.*, 1965). 가소영양 생장기는 일장과 온도에 따라 달라지는데(Vergara & Chang, 1985), 단일(Asakuma & Kaneda, 1967)과 고온에 의해 단축된다(Asakuma, 1958). 파종에서 출수까지의 기간이 가장 짧은 일장을 최적 일장이라 하며, 일장이 이보다 길거나 짧으면 출수가 지연된다(Chandararatna, 1952; Venkataraman, 1964). 과거 벼의 최적 일장은 10시간으로 보고되었다(Ahn & Vergara, 1969). 그러나 최근 Yang *et al.* (2018c)은 일장 10시간과 12시간 처리에서 출수가 동일하게 가장 빠르지만 10시간에서는 벼 생육이 불량하였고, 평균기온은 28°C에서 출수가 가장 빨랐다고 보고하였다.

북한은 남한에 비해 기온이 낮고 작물 재배 가능 기간이 짧기 때문에(Yang *et al.*, 2018a; Yang *et al.*, 2018b; Yang *et al.*, 2019) 적응 벼 품종이 남한에 비하여 제한적이며 기온이 낮은 북부 지역에서 더 제한된다. 북한의 만성적 쌀 부족(FAO, 2021)은 남한의 약 70% 수준(KOSIS, 2021)에 불과한 단위 면적당 수량성에 기인된다. Yang *et al.* (2021)은 북한은 지리적 특성상 경지면적 확대가 어려우므로 수량성 향상이 쌀 생산 증가에 효과적인 전략이라고 보고하였다. 북한 지역에서 단위 면적당 수량 증가를 위해서는 환경에 적응하는 다수성 품종과 다수확 재배기술 적용이 함께 이루어져야 한다. 북한 적응 다수확 품종을 간접적으로 선정하기 위하여 북한과 기후가 유사한 남 - 북과 북 - 중 접경지에서 검토한 결과, 북한 품종보다 남한 품종의 최대 수량이 높아 남한의 다수성 품종을 북한에 적용하여 생산성을 높일 수 있다고 보고되었다(Moon *et al.*, 2019). Kim *et al.* (2002)은 남한 품종 중 수원 지역에서 8월 15일 이전에 출수하는 품종은 북한 서부 평야지 적응성이 높을 것으로 추정하였다. Yoon *et al.* (2005)은 중국 하얼빈에서 나타난 벼 품종의 필요 유효적산온도를 북한 지역에 적용하여 남한 품종의 안전 재배 가능성을 평가하였다. 위의 연구 결과들은 어떤 지역에 적응하는 벼 품종은 적정 등숙 환경(Kim, 1983; Yun & Lee, 2001; Tanaka, 1950)이 주어질 수 있는 안전한 시기에 출수해야 한다는 것을 전제로 한다.

품종의 지역 적응성은 현지에서 검정하는 것이 이상적이다. 그러나 북한은 접근이 제한되어 현지 검정이 어려우므로 간접적인 방법들이 시도되었다(Moon *et al.*, 2019; Yoon *et al.*, 2005). 최근 우리는 북한 23개 지역의 기온과 일장 조건에서 각 지역의 안전출수한계기 내에 출수하는 벼 품종을 보고하였다(Yang *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2022). 본 연구는 북한 서북부 지역에 대한 최근 국내 벼 품종의 적응

성을 검정하기 위하여 이 지역과 국경이 맞닿아 있는 중국의 단동 지역 시험포장에서 출수기를 조사하고, 단동 지역의 벼 재배기간에 적응하는 출수생태 특성을 밝히기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험지역 및 품종

본 연구는 북한 서북부 지역과 국경을 접하고 있는 중국 단동 지역에서 2021-2022년 2년간 수행하였다. 단동은 북위 40°05', 동경 124°05'에 위치하고 있으며, 이 지역에 인접한 북한의 신의주는 북위 40°06', 동경 124°23'에, 수풍은 북위 40°27', 동경 124°56'에 위치하고 있다. 이들 세 지역은 모두 해발고도 100 m 이하의 평야지에 해당하는데, 단동은 18 m, 신의주는 7 m, 수풍은 83 m로, 단동과 신의주는 비슷하고 수풍은 비교적 높은 지역이다. 단동 지역에서 국내 벼 품종의 출수 반응을 알아보기 위하여 조생종(진부울, 백일미, 조운, 진옥, 조평, 진부, 산호미, 오대, 아세미, 진미), 중생종(선품, 신보), 중만생종(소비)의 총 13품종을 이용하였으며, 대비를 위하여 북한 7품종(올벼2, 선봉9, 온포1, 길주1, 평도5, 평도15, 평양21)과 단동 현지 8품종(용양21, 길경515, 길경81, 송경21, 용도24, 동농456, 요경401, 염풍47)을 추가하여 검토하였다.

포장시험

이앙시기는 북한 서북부 신의주와 수풍의 안전조기이앙한계기로 보고된 5월 9일과 5월 6일(Yang *et al.*, 2018a) 중 5월 6일을 선택하였으며, 이보다 10일 늦은 5월 16일을 추가하여 2시기로 처리하였다. 선종과 소독을 마친 종자를 자연건조한 후 중묘 보온절충못자리 방법에 따라 상자당 130 g의 종자를 파종하여 30일간 육묘하였으며, 이앙 7-10일 전 피복을 제거하여 경화하였다. 이앙 4일 전 완료성 비료를 10a당 질소 9 kg에 맞추어 포장에 전량 기비로 사용한 직후 로터리 정지하였다. 재식거리는 30 × 14 cm로 하였으며, 주당 1본씩 손이앙하였다. 이앙 후 본답 물관리, 제초, 병해충 방제 등의 관리는 현지 재배법에 따랐다. 이앙시기와 품종별로 전체 이삭 중 약 50%가 출수한 날을 출수기로 산정하였다. 단동 지역에서 출수 후 평균기온 22°C가 나타나는 안전출수한계기(Kim, 1983; Tanaka, 1950)는 매년 일별 기상자료를 이용하여 산정하였다. 단동 지역의 기상은 현지 기상대에서 수집한 일일 기상자료는 이용하였으며, 2021년과 2022년 북한 신의주와 수풍의 기상자료를 우리나라 기상청 web site에서 수집하였다(KMA, 2022).

인공기상실 시험

중국 단둥 지역의 재배기간에 적응하는 품종의 출수생태 특성을 알아보기 위하여 포장시험에 사용된 시험재료 중 단둥 현지 품종을 제외한 20품종을 대상으로 2022년 국립식량과학원 중부작물부 인공기상실에서 기본영양생장성, 감광성, 감온성을 조사하였다. 시험재료의 포트재배를 위하여 1/5000a 포트에 질소 1 g에 해당하는 완효성 비료를 전량 기비로 시용한 후 토양을 교반하여 처리 3일 전 기온과 일장이 조절된 growth chamber에 준비하였다. 처리 당일 최아된 종자를 포트 육묘상자에 구덩 1립씩 파종한 직후 growth chamber로 옮겨 10일간 유지한 후 품종당 1포트, 포트당 3주, 주당 2본씩 이양하였다. 기본영양생장성은 일장 12시간과 평균기온 28°C 조건으로 검정하였다(Yang *et al.*, 2018c). 감광성 검정은 평균기온 28°C 조건에서 일장을 13, 14, 15시간으로 처리하였으며, 감온성 검정은 일장 12시간 조건에서 평균기온을 22, 24, 26°C로 조절하여 처리하였다. 낮 시간의 광도는 1,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 처리하였으며, 평균기온은 일교차 10°C에 맞추어 매시간 자동조절 되도록 하였다. 출수기는 매일 오전 9~10시에 한 포기에서 최초의 이삭이 잎집에서 1/2 정도 추출된 날을 기준으로 조사하고 가장 이른 날짜를 출수기로 하였으며, 파종부터 출수기까지 출수소요일수로 환산하였다. 기본영양생장성은 Katayama (1971)와 Oka (1958)의 방법에 따라 기본영양생장성 처리의 출수소요일수에서 30일을 뺀 기간으로 계산하였다. 감광성은 일장 12시간과 15시간의 출수소요일수 차이, 감온성은 평균기온 28°C와 22°C의 차이로 계산하였다.

시험성적 분석

포장시험에서 나타난 출수소요일수와 출수생태 특성들 사이의 관계는 단순 상관으로 분석하였으며, 단둥 지역 벼 재배기간 적응 품종의 출수생태 특성은 요인별 산포도를 근거로 평가하였다.

결과 및 고찰

5월부터 10월까지의 벼 재배기간에 단둥 지역의 평균기온은 북한의 신의주보다 약간 낮게, 수풍보다는 약간 높게 경과하였으며, 일장은 세 지역에서 거의 같았다(Fig. 1).

국내 벼 품종의 출수기는 2021년의 경우 5월 6일 이양에서 7월 22일~9월 14일이었고, 5월 16일 이양에서는 이보다 1~2일 늦었다(Fig. 2). 2022년에는 5월 6일 이양에서 7월 19일~8월 27일이었고, 5월 16일 이양에서는 이보다 2일 정도 늦었다. 국내 벼 품종의 출수기 범위는 북한 품종이나

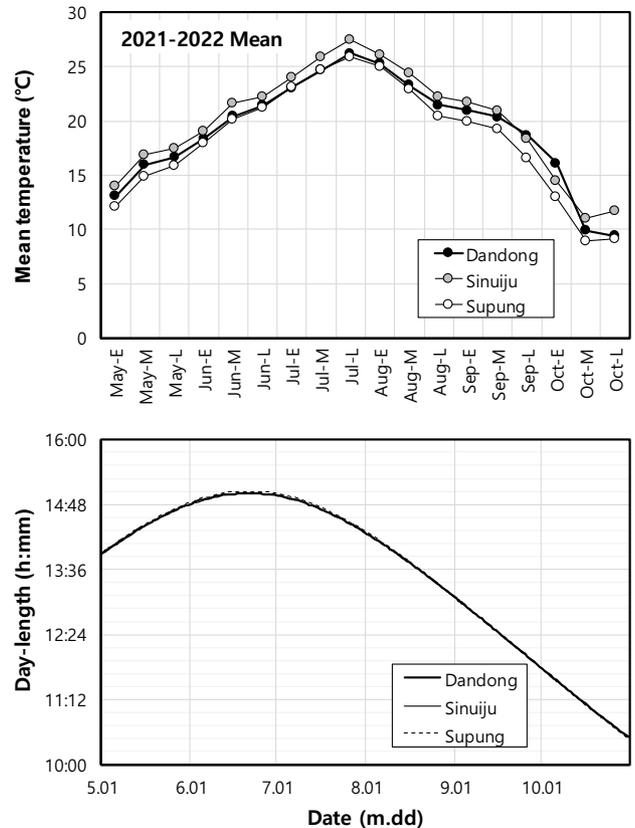


Fig. 1. Changes in the mean temperature and day-length in Dandong, China, and the bordering two regions in North Korea, Sinuiju and Supung. Data for the mean temperature are the average of 2021 and 2022. The day-length of the three regions nearly overlapped.

단둥 현지 품종보다 컸다. 단둥 현지 재배 품종 중 가장 늦은 출수기는 이양시기에 따라 2021년에는 8월 4일~5일, 2022년에는 8월 6일~7일이었다. 단둥 지역에서 안전출수한계기는 2021년에 8월 9일, 2022년에 8월 5일이었는데, 현지 품종은 2022년의 경우 이보다 1~2일 늦게 출수하는 품종이 있었으나 대부분 안전출수한계기까지 출수하였다. 현지 품종의 가장 늦은 출수기에 비하여 북한 품종의 출수기는 2021년의 경우 모든 품종에서 빨랐고, 2022년에는 평도5와 평양21에서 약간 늦었지만 큰 차이는 없었다. 이양시기에서 공통적으로 현지 품종의 가장 늦은 출수기까지 출수한 국내 품종은 2021년의 경우 진부울 등 8품종이었으며, 2022년의 경우 2021년의 8품종에 아세미가 추가되었다. 준조생종인 진미, 중생종인 선풍과 신보, 중만생종인 소비는 현지 품종의 가장 늦은 출수기 이후에 출수하였다. 단둥 지역의 안전출수한계기와 현지 품종의 출수기를 함께 감안하면, 이 지역의 벼 재배 가능 기간에 적응하는 국내 벼 품종은 조생종인 진부울, 백일미, 조운, 진옥, 조평, 산호

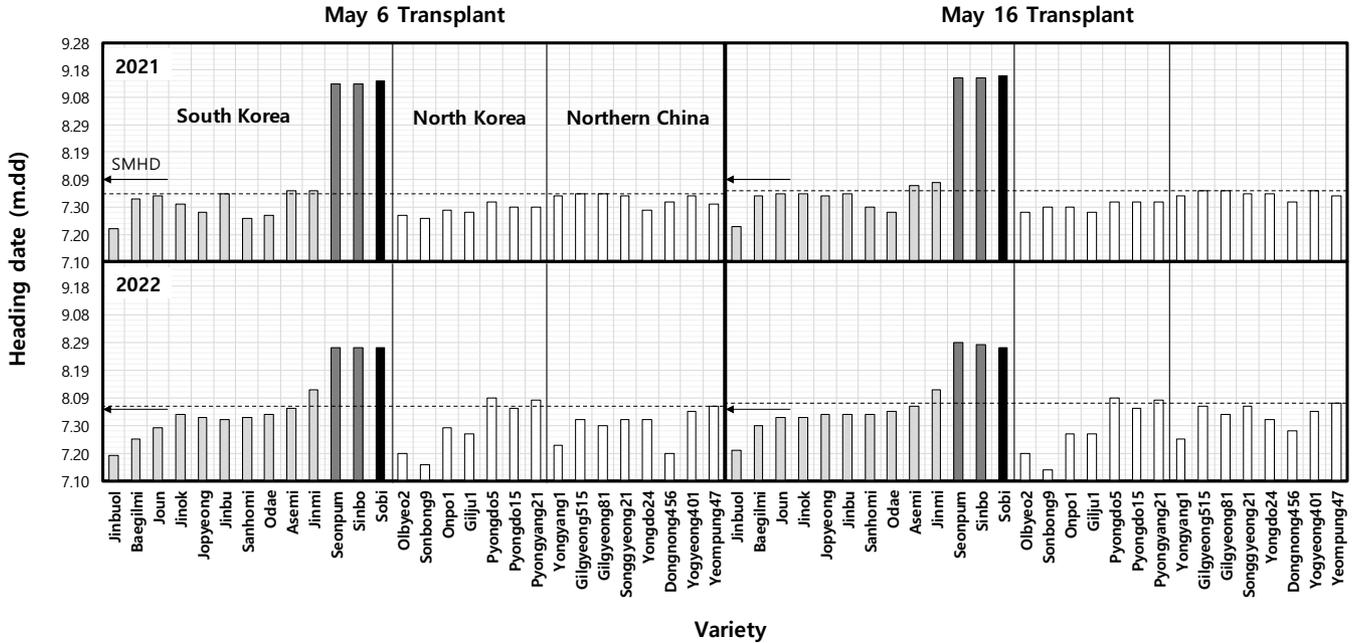


Fig. 2. Heading dates of the rice varieties from South Korea, North Korea, and northern China, in the two transplanting-date treatments for each of the two years at the experimental farm in Dandong, China. Dashed line in each panel represents the heading date of the latest Chinese variety. South Korean varieties with light gray, dark gray, and black background represent the early, middle, and mid-late maturing varieties, respectively. SMHD: safe marginal heading date.

미, 오대의 8품종이며, 준조생~중만생종은 재배가 안전하지 않을 것으로 판단되었다. 이는 북한 북부 접경지인 중국의 동향 지역(북위 39°05', 동경 124°10', 해발 50 m) 적응 품종으로 조생종을 선발한 Moon *et al.* (2019)의 보고와 비슷한 결과인데, 본 연구의 결과는 Moon *et al.* (2019)의 보고보다 최근에 육성된 품종의 적응성을 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 본 연구의 결과는 신의주와 수봉의 기온과 일장 조건에서 선발한 적응 품종(Yang *et al.*, 2022)과 오대, 백임미가 안전출수한계기를 약간 지나 출수한 것을 제외하면 대부분 동일하였다. 이것은 중국 단동에서 선발한 벼 품종을 북한 서북부 지역에 적용할 수 있다는 것을 의미한다.

단동 지역의 포장시험에 사용한 품종 중 국내와 북한 벼 품종의 일장과 평균기온 변화에 따른 출수소요일수의 변이는 Fig. 3과 같다. 많은 품종에서 일장이 15시간에서 14시간으로 짧아질 때 출수소요일수가 가장 크게 감소하였다. 그러나 조운, 올벼2, 선봉9의 경우에는 일장이 13시간에서 12시간으로 단축되었을 때 출수소요일수가 가장 많이 감소하여, 품종에 따라 일장 반응에 차이가 있었다. 이 결과는 Yang *et al.* (2018c)의 보고와 같았으며, 가장 긴 한계일장이 품종에 따라 다르다는 이전의 결과(Vergara & Chang, 1985)와도 동일하였다. 출수소요일수 단축 정도가 가장 민

감한 평균기온 변화는 품종에 따라 다르게 나타났다. 진부울, 오대, 아세미, 진미와 같은 품종은 평균기온이 22°C에서 24°C로 상승할 때 출수소요일수 단축 정도가 가장 컸던 반면, 진옥, 신보와 같은 품종은 26°C에서 28°C로 높아질 때 단축 정도가 가장 컸다. 본 연구에서는 평균기온 변화에 따른 출수소요일수 단축의 민감도를 특성화하기는 어려웠다. 이러한 결과는 많은 품종에서 기온이 22°C에서 24°C로 높아질 때 출수소요일수 감소 효과가 가장 컸으나 출수소요일수 단축 정도가 가장 큰 기온 변화가 품종에 따라 달랐다는 보고(Yang *et al.*, 2018c)와 일부 일치한다. Choi *et al.* (2006)은 가소영양생장기간이 온도 상승에 따라 비슷하게 감소하는 품종과 저온에서 온도가 상승하면서 급격하게 감소하는 품종의 온도 반응 특성을 분류하였다. 본 연구 결과가 Choi *et al.* (2006)의 특성 분류와 달랐던 것은 시험 품종의 차이로 생각되며, 출수소요일수 변화의 온도 반응을 특성화하기 위해서는 보다 많은 품종을 대상으로 검토해야 할 것으로 생각된다.

시험 품종의 출수생태 특성은 Table 1과 같다. 기본영양생장성은 소비에서 12일로 가장 작았으며, 아세미와 평도5에서 43일로 가장 컸다. 국내 품종 중에서는 중생종인 선품, 신보와 중만생종인 소비의 기본영양생장성이 다른 품종보다 작았는데, 단동 포장시험에서 출수기는 가장 늦었

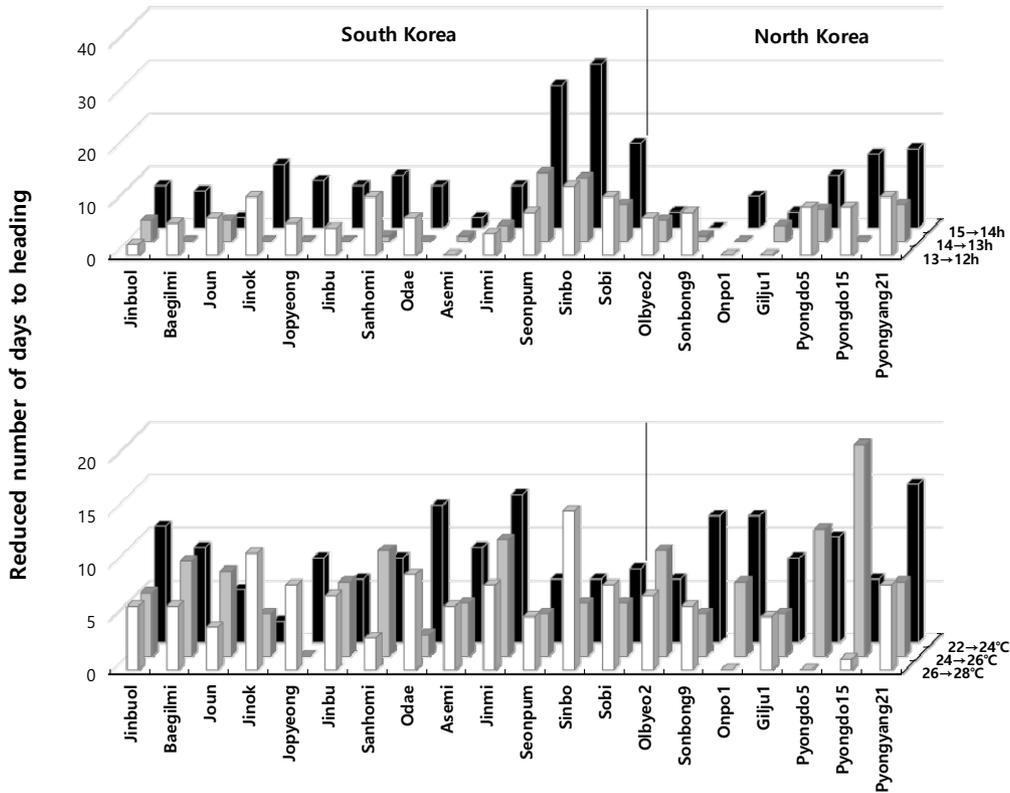


Fig. 3. Reduction in the number of days from sowing to heading stage in different rice varieties according to the shortened day-length (upper) and increased mean temperature (lower).

다(Fig. 2 참고). 감광성은 아세미에서 3일로 가장 작았고, 신보에서 56일로 가장 컸다. 북한 품종의 감광성은 선봉9, 온포1, 길주1에서 4~8일로 작았고, 평양21에서 33일로 가장 컸다. 감온성은 선포과 온포1에서 15일로 가장 작았고, 진미와 평양21에서 30~33일로 가장 컸다. 품종 특성으로 보면, 아세미와 진미는 기본영양생장성이 컸는데, 그 중 아세미는 감광성이 작았던 반면 진미는 감온성이 컸다. 중생종인 선포, 신보와 중만생종인 소비는 기본영양생장성은 작은 반면 감광성은 큰 특징을 보였다. 이 결과는 아세미의 기본영양생장성이 크고, 중만생종에서 감광성이 크다는 이전의 보고(Yang *et al.*, 2018c)와 일치하였다.

시험 품종의 출수생태 특성과 포장시험 출수기의 관계를 분석한 결과, 출수소요일수는 감광성과 고도로 유의한 상관관계를 보였던 반면, 기본영양생장성이나 감온성과는 유의한 관계가 인정되지 않았다(Fig. 4. Solid trend lines). 이 결과는 출수생태 특성 3요인이 함께 관여하는 경우 포장 출수기가 감광성에 따라 결정된다는 보고(Yang *et al.*, 2018c)와 일치한다. 이 보고에서 단일 요인이 관여하는 경우 기본영양생장성이 작을수록, 감온성은 클수록 출수소요일수가 짧으며, 이 두 요인이 함께 작용하는 경우 출수소요일수는

기본영양생장성에 따라 결정된다고 하였다. 본 연구에서 출수소요일수가 감광성과 유의한 상관을 나타낸 것은 중생종과 중만생종의 감광성이 크고 출수소요일수 또한 길었기 때문이며, 기본영양생장성과 출수소요일수의 관계가 유의하지 않았던 것은 중생종과 중만생종의 기본영양생장성은 작았던 반면 출수소요일수가 컸기 때문으로 생각되었다(Table 1 참고). 이를 검증하기 위하여 중생종과 중만생종 3품종을 제외한 결과, 출수소요일수는 기본영양생장성과 유의한 정의 상관을 나타내었고 감온성과는 유의성이 없었다(Fig. 4. Dashed trend lines). 요약하면 본 연구의 포장시험에서 출수기는 1차 감광성, 2차 기본영양생장성에 영향을 받았으며, 감온성의 영향은 적었다고 볼 수 있다.

위의 해석에 근거하여 품종의 기본영양생장성과 감광성 분포를 Fig. 5에 나타내었다. 국내 8품종과 북한 5품종은 모든 연도와 이앙시기에서 현지 품종에서 나타난 가장 늦은 출수기 이전에 출수하였는데(Fig. 2 참고), 이들 품종은 기본영양생장성 35일 이하와 감광성 25일 이하에 분포하였다. 현지 품종 기준 출수기 이후에 출수한 3품종(아세미, 진미, 평도5)은 감광성은 25일 이하였으나, 기본영양생장성이 40~43일로 컸고, 다른 4품종(선포, 신보, 소비, 평양21)은

Table 1. Basic vegetative phase (BVP), photoperiod-sensitivity (PS), and thermo-sensitivity (TS) of the rice varieties from South Korea and North Korea.

Seed Origin	Variety	BVP (d)	PS [†] (d)	TS [‡] (d)	
South Korea	Early	Jinbuol	21	14	23
	Baegilmi	20	13	24	
	Joun	20	13	17	
	Jinok	19	23	17	
	Jopyeong	23	15	16	
	Jinbu	24	11	20	
	Sanhomi	26	22	21	
	Odae	25	15	24	
	Asemi	43	3	20	
	Jinmi	40	15	33	
Middle	Seonpum	14	48	15	
	Sinbo	17	56	26	
Mid-late	Sobi	12	34	20	
North Korea	Olbyeol2	15	14	23	
	Sonbong9	20	8	22	
	Onpo1	35	4	15	
	Gilju1	29	6	17	
	Pyongdo5	43	25	19	
	Pyongdo15	34	23	27	
	Pyongyang21	26	33	30	

[†]PS was calculated by subtracting the number of days to heading in rice grown at the day-length of 12 hours from rice grown at the day-length of 15 hours.

[‡]TS was calculated by subtracting the number of days to heading in rice grown at 28C from rice grown at 22C.

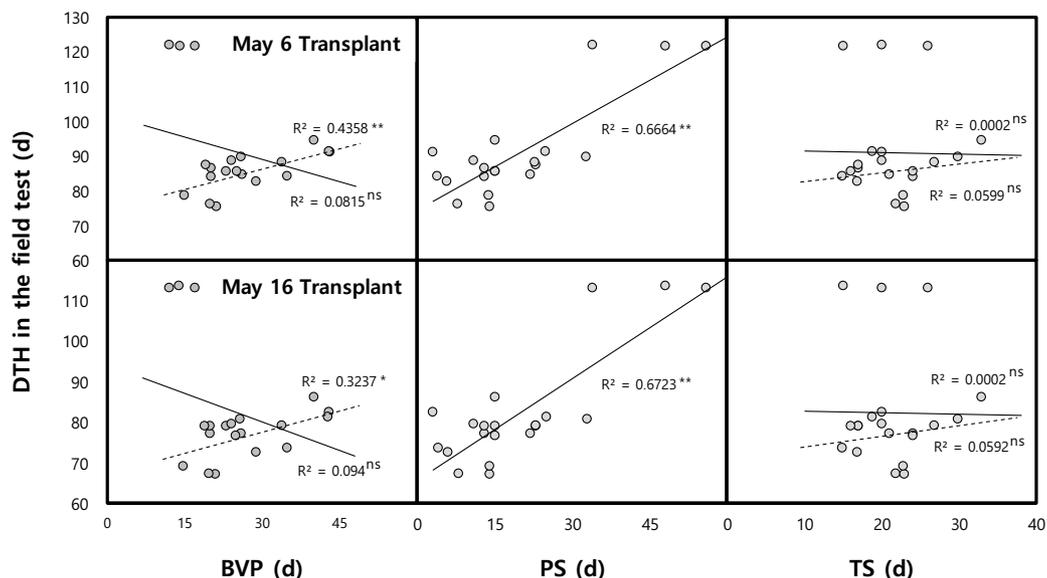


Fig. 4. Correlation of basic vegetative phase (BVP), photoperiod-sensitivity (PS), and thermo-sensitivity (TS) that were tested in the phytotron study with the number of days to heading (DTH) in the field test in Dandong, China. Each data point for DTH is the mean of two experimental years. Dashed trend lines show the relationship when middle and mid-late maturing three varieties that had high PS were exempted. ns: not significant; * and **: significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

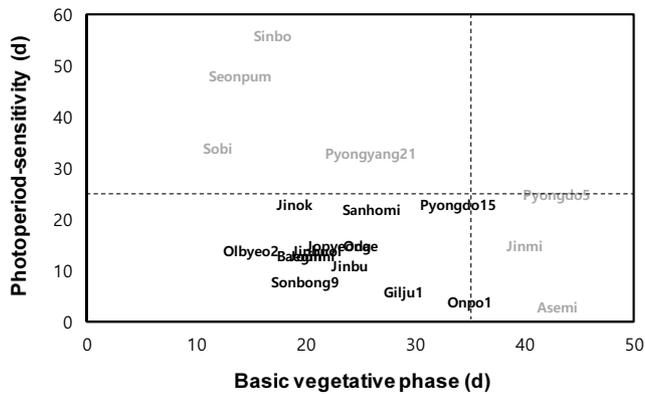


Fig. 5. Distribution of the basic vegetative phase and the photoperiod-sensitivity of the rice varieties. The varieties written in bold font reached heading stage not later than the latest Chinese variety in Dandong field test. Dashed lines indicate the marginal adaptability that should satisfy both basic vegetative phase and photoperiod-sensitivity.

기본영양생장성은 35일 이하였으나 감광성이 33~56일로 컸다. 이 결과는 단동 지역의 벼 재배 가능 기간 적응 품종은 기본영양생장성 35일 이하와 감광성 25일 이하를 모두 충족하는 출수생태 특성을 가져야 한다는 것을 나타낸다.

이상의 결과를 종합하면, 단동 지역의 벼 재배기간에 적응하는 국내 품종은 조생종 8개(진부울, 백일미, 조운, 진옥, 조평, 진부, 산호미, 오대)였으며, 적응 출수생태형은 기본영양생장성이 35일 이하로 작으면서 감광성도 25일 이하로 작은 blT 또는 blt (Lee, 1986) 유형으로 평가되었다.

적 요

북한 서북부 지역 적용을 위하여 인접한 중국 단동 지역 시험포장에서 2021~2022 2년간 5월 6일과 5월 16일에 이양하여 벼 품종의 출수기를 조사하고, 단동 지역의 벼 재배기간에 적응하는 출수생태 특성을 검정한 결과는 다음과 같다.

1. 벼 재배기간에 단동 지역의 평균기온은 북한의 신의주보다 약간 낮게, 수풍보다는 약간 높게 경과하였으며, 이들 세 지역의 일장 변화는 거의 동일하였다.
2. 시험 연도와 이양시기에서 공통적으로 단동 지역의 안전출수한계기와 현지 품종 중 가장 늦은 출수기까지 출수한 국내 품종은 조생종 8개(진부울, 백일미, 조운, 진옥, 조평, 진부, 산호미, 오대)였으며, 북한 품종은 5개(올벼 2, 선봉9, 온포1, 길주1, 평도15)였다.

3. 국내 13품종과 북한 7품종의 기본영양생장성은 12~43일, 감광성은 3~56일, 감온성은 15~33일 범위였는데, 국내 중생 및 중만생 3품종(선품, 신보, 소비)과 북한 평양 21은 감광성이 33~56일로 컸고, 다른 3품종(아세미, 진미, 평도5)은 기본영양생장성이 40~43일로 큰 특징을 보였다.
4. 단동 시험포장에서 나타난 벼 품종의 출수기는 감광성과 고도로 유의한 정의 상관을 나타내었으며, 감광성이 컸던 중생과 중만생 3품종을 제외하면 기본영양생장성과 유의한 정의 상관관계가 인정되었다.
5. 단동 지역의 벼 재배기간에 적응하는 품종은 기본영양생장성 35일 이하와 감광성 25일 이하를 모두 충족하는 출수생태 특성을 보였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(연구개발과제명 : 북한 북부지역 유사기후대 활용 식량작물 재배 현장실증 연구, 과제번호 : RS-2020-RD009426)의 지원으로 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Ahn, S. and V. S. Vergara. 1969. Studies on responses of the rice plant to photoperiod. III. Response of Korean varieties. Korean J. Crop Sci. 5 : 45-59.
- Asakuma, S. 1958. Ecological studies of heading of rice. I. Relations between the days from seeding to heading and several conditions, II. The "basic vegetative growing habit", "sensitivity to day-length", and "sensitivity to temperature" of Japanese rice. Japanese J. Crop Sci. 27(1) : 61-66.
- Asakuma, S. and C. Kaneda. 1967. Ecological studies of heading of rice. IV. Heading of photosensitive paddy rice under the condition of 24-hr illumination. Japanese J. Crop Sci. 36(3) : 286-290.
- Chandararatna, M. F. 1952. Photoperiod effects on the flowering tropical rices. Trop. Agric. (Ceylon) 108 : 4-10.
- Choi, K.-J., J.-I. Lee, N.-J. Chung, W.-H. Yang, and J.-C. Shin. 2006. Effects of temperature and day-length on heading habit of recently developed Korean rice cultivars. Korean J. Crop Sci. 51(1) : 41-47.
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2021. GIEWS Update : The Democratic People's Republic of Korea, Food supply and demand outlook in 2020/2021 (November/October) 14 June 2021. p. 8.
- Kakizaki, Y. 1938. A comment on growth physiology and yield of rice plants. Agric. Hortic. 13 : 7-14.
- Katayama, T. 1971. Photoperiodism in the genus *Oryza*. III.

- Mem. Fac. Agric. Kagoshima Univ. 8(1) : 299-320.
- Kim, K. C. 1983. Studies on the effect of temperature during the reduction division and the grain filling stage in rice plants. *Korean J. Crop Sci.* 28(1) : 58-75.
- Kim, Y. H., H. D. Kim, S. W. Han, J. Y. Choi, J. M. Koo, U. Chung, J. Y. Kim, and J. I. Yun. 2002. Using spatial data and crop growth modeling to predict performance of South Korean rice varieties grown in western coastal plains in North Korea. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 4(4) : 224-236.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2022. <http://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>. Last accessed on December 20, 2022.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2021. http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_02_02&vwcd=MT_BUKHAN&parmTabId=M_02_02#SelectStatsBoxDiv. Last accessed on July 12, 2022.
- Lee, E.-W. 1986. Rice cropping (4th ed.) Hyangmoonsa. pp. 111-112.
- Moon, H.-P., D.-H. Kim, E.-G. Jeong, Y.-J. Won, H.-K. Park, J.-J. Kim, K.-H. Jeong, E.-K. Ahn, W.-J. Hyun, H.-M. Park, B.-J. Kim, S.-H. Cho, H.-G. Hwang, S.-Y. Cho, S.-Y. Kim, W.-S. Seo, H. Ju, and M. Oh. 2019. Handbook of rice varieties adaptable to North Korea. National Institute of Crop Science and Institute of Northern Agricultural Research. p. 127.
- Oka, H. 1958. Photoperiodic adaptation to latitude in rice varieties. *Phyton* 11(2) : 153-160.
- Tanaka, M. 1950. Practical studies on the injuries of cool weather in rice plant. II. Temperature and heading date need to full development of rice grains. *Japanese J. Crop Sci.* 19(1-2) : 57-61.
- Venkataraman, R. 1964. Studies on thermo-photosensitivity of the paddy plant under field conditions. *Proc. Indian Acad. Sci.* 59B : 117-136.
- Vergara, B. S., S. Purnabhavung, and R. Lilis. 1965. Factors determining the growth duration of rice varieties. *Phyton* 22:177-185.
- Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1985. The flowering response of the rice plant to photoperiod. A review of the literature. 4th Ed. The International Rice Research Institute, Philippines. p. 61.
- Yang, W., J.-H. Park, J.-S. Choi, T. H. Noh, and S. Kim. 2019. Rice cultivation model to improve productivity in North Korea. National Institute of Crop Science, Rural Development Administration. p. 143.
- Yang, W., S. Kang, J.-S. Choi, J.-H. Park, and S. Kim. 2020. Optimum grain filling temperature for yield improvement of rice varieties originated from high-altitude areas. *Korean J. Crop Sci.* 65(3) : 182-191.
- Yang, W., S. Kang, J.-S. Choi, D.-W. Lee, S. Lee, and M.-J. Chae. 2021. Heading response of rice varieties under temperature and day-length conditions of low-temperature regions in North Korea. *Korean J. Crop Sci.* 66(3) : 190-200.
- Yang, W., S. Kang, J.-S. Choi, and D.-W. Lee. 2022. The heading response and regional adaptability of rice varieties under the temperature and day-length conditions of major rice production areas in North Korea. *Korean J. Crop Sci.* 67(4) : 222-233.
- Yang, W., S. Kang, S. Kim, J.-S. Choi, and J.-H. Park. 2018a. Assessment of the safe rice cropping period based on temperature data in different regions of North Korea. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 20(2) : 190-204.
- Yang, W., S. Kang, S. Kim, J.-S. Choi, and J.-H. Park. 2018b. Temperature data-based assessment of the marginal heading dates and the growth duration of rice in the regions of North Korea. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 20(4) : 284-295.
- Yang, W., S. Kang, S. Kim, J.-S. Choi, and J.-H. Park. 2018c. The heading response of field-grown rice varieties of different ecotypes in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 63(4) : 282-293.
- Yoon, S.-T., J.-H. Kim, and H.-Y. Kim. 2005. Study on the arrangement of high-yielding rice varieties for North Korea's climate. *Korean J. Intl. Agri.* 17(4) : 243-251.
- Yun, S.-H. and J.-T. Lee. 2001. Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 3(1) : 55-70.