

일평균기온 특성에 따른 통일한국의 지역별 벼 생육기간 분포

최돈항 · 김보경 · 신문식 · 남정권 · 정진일 · 김기영 · 오명규 · 하기용 · 고재권 · 이재길

호남농업시험장

(2003년 8월 2일 접수; 2003년 9월 3일 수락)

The Growth Duration of Rice Cropping in Unified Korea by Analysis of Daily Mean Air Temperature Characteristics

Don-Hyang Choi, Bo Kyeong Kim, Moon Sik Shin, Jeong Kwon Nam, Jin Il Choung, Ki Young Kim, Myung Kyu Oh, Ki Yong Ha, Jae Kwon Ko and Jae Kil Lee

National Honam Agricultural Experiment Station, RDA Iksan 570-080, Korea

(Received August 2, 2003; Accepted September 3, 2003)

ABSTRACT

This study was conducted to examine rice growth duration by analyzing agricultural climatic conditions at different latitudes in unified Korea. The climatic conditions of nine sites from Wunggi (latitude 42N) to Jeju (latitude 31N) were examined in this study. The rice growth duration of various cropping patterns was determined by analyzing consecutive days when effective daily mean air temperature was suitable for rice growth from the first seeding date to the last maturing date. The rice growth duration in Wunggi located in North Korea was available 138 days for machine transplanting, 115 days for direct seeding on dry paddy cultivation, and 97 days for direct seeding on a flooded surface with cultivation after seeding. On the other hand, the rice growth duration in Kwangju (latitude 35N) located in South Korea was 195 days for machine transplanting, 180 days for direct seeding on dry paddy cultivation, and 170 days for direct seeding on a flooded surface cultivation after seeding.

Key words : mean air temperature, rice, growth duration, latitude, seeding, maturity

I. 서 론

본 연구는 통일한국의 지역별 농업기후 조건을 분석하여 기후조건 자료 이용만으로 지역의 기후생태에 적응하는 벼 품종육성 및 재배기술 개발에 대한 활용 기초자료를 제공코자 하며, 그 중에서도 벼농사의 가장 기본인 생육기간의 분포 특성을 분석하였다. 벼의 생육기간은 못자리기간부터 시작하여 이앙후 출수 및 성숙기까지의 기간이다. 생육기간은 지역별 기후조건에 따라서 달라진다. 벼 육종 및 재배기술도 지역별로 차이가 있는 기후에 적응하는 기술이라야 한다.

우리나라 동해연변 지대는 농업기후 입지조건이 특이하여 벼 생육에 미치는 영향이 영서내륙지대에 비하여 영향이 크며, 작황도 불안정하고 오츠크해 고기압 영향권에 있어 저온으로 인한 생육지연도 자주 발생하는 기후조건이다(농진청, 1981). 한편 벼 이앙후 활착이 왕성하게 이루어지는 유효기온 일평균기온 15°C 이상의 출현초일은 북한 북서부의 강계, 구성, 안주와 동해안의 원산 등의 지역은 5월 10~20일 경이며, 양덕 및 평강의 북부지역은 5월 20~6월 1일 경이고, 동해안 북부(청진, 성진) 지역은 6월 1일~20일 경으로 남한의 부산지역 5월 1일 보다는 약 30일 이상

늦어(유인수, 최돈항, 윤성호, 1996) 그만큼 생육기간이 짧은 기후 특성을 갖고 있다. 벼농사에 이러한 기후특성을 고려하여야 하는 것은 앞으로, 기후변화에 대응한 벼 품종육성 및 재배기술개발의 바탕이 되기 때문이다. 특히 계획적인 벼 품종육성에는 농업생태적인 견지에서 농업지대를 구분하여 이 지대별로 육종목표가 세분화되어야 한다는 보고도 있다(장권열 등, 1990). 지구온난화를 비롯한 기후변화는 벼농사의 가능 지역의 변동을 가져올 수 있을 것이다. 따라서 기후변화 이전의 작기변이 분석은 기후변화에 대응한 기초자료가 될 것이다.

II. 재료 및 방법

분석한 기후자료는 한국기후표(2001년 기상청)와 북한기후표(1987년 중앙기상대)를 이용하여, 북한의 최북단인 용기(42°N) 지역부터 풍산(40°N), 안주(39°N), 사리원(38°N), 수원(37°N), 대전(36°N), 광주(35°N),

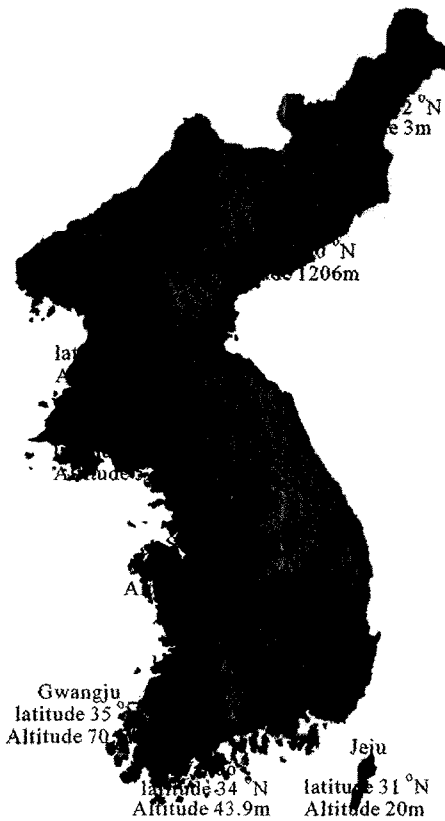


Fig. 1. The sites map of analyzed daily mean air temperature condition for rice cropping in Korea.

완도(34°N) 그리고 제주(31°N) 지역까지, 위도별로 9개 지점(Fig. 1)에 대하여 벼의 생육유효 기온출현시기를 조사 분석하였다. 벼 생육기간 결정의 유효기온은, 재배양식별로 파종을 결정하는 유효 일평균기온의 출현초일(첫날)부터 출수한 다음 성숙을 결정하는 유효 일평균기온의 출현종일(마지막 날)까지의 기간으로 하였다. 벼 재배양식별 파종기 결정 유효 일평균기온 출현초일은 기계이앙의 보온절충 못자리 파종은 일평균기온 10°C 출현초일, 건답직파의 파종은 일평균기온 13°C 출현초일, 그리고 담수직파 파종은 일평균기온 15°C 출현초일을 조사하였다. 한편, 등숙기 결정 유효 일평균기온은 벼 재배양식에 관계없이 일평균기온 15°C의 출현종일을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 벼 재배양식별 파종시기

Table 1은 우리나라의 북단에서부터 남단까지 위도별로, 재배양식에 따른 벼 파종시기를 유효 일평균기온이 출현되는 시기로 분석한 것이다.

Table 1에서의 기계이앙 상자묘(보온절충못자리) 파종시기는 일평균기온 8~10°C 경우에 실시하는데, 본 연구에서는 여름작물의 기본온도인 일평균기온 10°C

Table 1. Regional appearance date of the effective daily mean air temperature for the determination of seeding date for different rice cropping patterns.

Region (latitude°N, Altitude m)	Appearance date		
	DT10°CMT	DT13°CDD	DT15°CDF
Wunggi(42, 3)	May. 9	Jun. 1	Jun. 19
Pungsan(40, 1206)	May. 19	Jun. 11	Jul. 2
Anju(39, 27)	Apr. 18	May. 4	May. 9
Sariwon(38, 52)	Apr. 14	Apr. 30	May. 7
Suwon(37, 33.6)	Apr. 9	Apr. 23	May. 7
Daejeon(36, 68.3)	Apr. 5	Apr. 19	Apr. 29
Kwangju(35, 70.5)	Apr. 4	Apr. 19	Apr. 29
Wando(34, 43.9)	Apr. 1	Apr. 19	May. 5
Jeju(31, 20)	Mar. 28	Apr. 14	May. 2

*DT10°CMT: Daily mean air temperature of 10°C for the determination of seeding date in machine transplanting
 DT13°CDD: Daily mean air temperature of 13°C for the determination of seeding date in direct seeding on dry paddy
 DT15°CDF: Daily mean air temperature of 15°C for the determination of seeding date in direct seeding on flooded paddy surface

출현시기로 하였다. 북한의 웅기(42°N, 표고 3 m)와 남한의 제주(31°N, 표고 20 m)는 위도로 약 11°N 정도의 차이가 있어, 보온절충못자리 파종시기는 웅기 지역이 제주지역보다 42일 정도 늦다. 같은 방법으로 웅기와 수원지역을 비교하면 웅기지역이 수원지역 보다 약 30일 정도 늦고 있다.

한편 북한의 풍산(40°N, 표고 1206 m)지역은 실제로 벼 농사가 불가능한 지역이나 농업기후 조건면에서 같은 분석방법으로 비교하여 보면 남한의 제주 지역보다 약 52일 정도 늦다. 이러한 벼 파종시기의 결정은 지역별 벼 생육가능 기간의 결정 과 지역별 기상생태를 중심으로 한 벼 품종육성 및 재배기술 개발의 중요한 기초자료이다.

벼 건답직파 파종시기 결정은 토양수분 상태에 따른 파종작업의 측면에서 기간이 상당히 여유를 가지는 경향이 있다. 파종기 무렵의 강우 및 기온 조건에 따라 파종시기가 이르거나 늦어질 수 있다. 한랭지 벼 직파 재배 발아 최저온도를 10~13°C(西山岩男, 1985)로 보고 와 일평균기온 10°C와 13°C의 출현시기에 건답직파를 할 때 발아 및 출현기간에 대한 보고(최돈향, 1996)에 따르면 건답직파는 일찍 파종할수록 안전생육기간 확보에 유리하겠지만 일평균기온 10°C 이상이 되어야 발아조건이 되며, 출아기간은 길어지지만 출아에는 장애가 적고, 입모도 양호하며, 잡초발생도 적다. 또한 일평균기온 13°C에 파종하면 출아기간이 20일 이내로, 10°C의 경우보다 단축되므로 초기생육 및 모든 생육조건에서 파종적기로 보고있다(김순철 등, 1991). 따라서 일평균기온 13°C의 출현시기는 북한의 웅기(42°N, 표고 3 m)지역이 6월 1일로 남한의 수원

4월 23일 보다는 39일 늦고, 광주 4월 19일보다는 43일, 그리고 제주 3월 28일 보다는 65일이나 늦어 지역간 차이가 크다.

벼 담수직파 파종시기는 저온 시기에 담수조건에서 파종되므로 가능한 일평균기온이 15°C 이상이 되는 시기에 파종하는 것이 초기의 착근과 입모에 유리하다. 이러한 일평균기온 15°C 이상되는 출현시기의 기온조건에서 보면 웅기 지역은 파종시기가 6월 19일 경으로 수원 지역의 파종시기 5월 7일 보다 43일 늦고, 광주 지역 4월 29일 보다는 51일 늦으며, 제주지역 파종기 5월 2일 보다는 48일 늦는데, 제주지역은 바다의 영향으로 광주의 내륙보다는 다소 늦게 기온이 높아지기 때문이다. 한편 우리나라의 남부 평야지에서 2년간(93~94) 시험한 벼 무논괘뿌림 파종시기를 보면(김상수 등, 1995) 파종조한기부터 파종적기는 5월 1일~5월 상반순으로 보고한 바 있으며, 본 연구에서 30년간의 기후평년값으로 분석한 담수직파 재배의 파종기는 광주지역으로부터 중북부의 수원지역까지는 4월 29일~5월 7일 경으로 담수직파 파종기와 비슷한 경향을 보이고 있다.

3.2. 벼 기계이앙 재배의 생육기간

벼 생육기간은 생육단계별 생육가능 기온조건을 확보하면서 파종부터 출수, 등숙 및 성숙기간까지를 말한다. 여기서의 기계이앙 벼재배는 생육초기 못자리 파종기온은 일평균기온 10°C가 확보되는 시기부터 조사한 생육기간이다. 생육후기의 등숙기간은 등숙이 완료되는 기온조건인 일평균기온 15°C가 마지막으로 나타나는 출현종일까지의 기간을 생육기간으로 조사하였다.

Table 2에서 보면, 북한의 웅기 지역은 파종시기 5

Table 2. Regional growth duration of rice plant in machine transplanting cultivation.

Region (latitude °N, Altitude m)	Appearance date		Growth duration (seeding~maturity) (B-A, Days)
	DT10°CMT (A)	LD15°CMT (B)	
Wunggi(42, 3)	May. 9	Sep. 24	138
Pungsan(40, 1206)	May. 19	Sep. 1	105
Anju(39, 27)	Apr. 18	Sep. 25	160
Sariwon(38, 52)	Apr. 14	Oct. 4	173
Suwon(37, 33.6)	Apr. 9	Oct. 6	180
Daejeon(36, 68.3)	Apr. 5	Oct. 9	187
Kwangju(35, 70.5)	Apr. 4	Oct. 16	195
Wando(34, 43.9)	Apr. 1	Oct. 27	209
Jeju(31, 20)	Mar. 28	Nov. 1	218

*DT10°CMT: Daily mean air temperature of 10°C for the determination of seeding date in machine transplanting
LD15°CMT: Last appearance date of daily mean air temperature 15°C for the critical maturity

월 9일부터 성숙기 9월 24일까지의 기간이 138일로 분석되었다. 한편 북한의 사리원 지역부터 남한의 수원과 대전까지는 170~180일, 광주 190일 그리고 완도와 제주 지역은 200일 정도의 생육기간을 확보하고 있다. 따라서 북한의 웅기 지역은 138일로 남한 광주 지역 195일 보다 약 50일 정도 짧기 때문에 극조생종에서 생육일수가 짧은 품종을 선택하여 시도하는 것이 바람직하다. 북한의 사리원부터 남한의 수원과 대전까지는 생육기간이 170~180일 정도 확보가 가능한 것으로 분석되나, 사리원 지역은 저온 등에 의한 생육지연의 경우 생육기간 안전성 확보가 어려울 경우도 있다. 따라서 이러한 기온조건에서 북한 지역부터 남한 지역까지의 생육기간 분포 분석에 따른 기후생태 형을 보면 북한의 안주(39°N, 표고 27 m) 이북 지역은 극조생종, 안주 이남부터 사리원 지역까지는 조생종, 사리원 이남부터 남한의 대전 지역까지는 중생종 그리고 대전 이남부터 제주 지역까지는 중만생종 또는 만생종 품종이 기후생태에 적응된다.

3.3. 벼 건답직파 재배의 생육기간

벼 직파재배는 파종 및 육묘기간 동안 보온절충 못자리시설에 의한 보온이 가능한 육묘의 기계이양 재배와는 달리 생육초기부터 특별히 기온을 고려한 생육관리 요망된다. 대기의 기온이 발아 및 출아가 가능한 시기가 되었는지를 매일매일의 기온경과 추이를 확인하여야 한다. 이는 본논에 직접 종자를 파종하므로 파종 그 시점부터 기온의 영향을 직접 받고 있기 때문이다.

우리나라의 봄·가을 날씨는 고기압에서 기온이 차가워지고 저기압에서 기온이 높아지는 4~7일 주기로

변하고 있는 경우가 많다(문승의, 1997). 이런 주기 과정에서 일평균기온도 크게 보면 봄철에는 점차 1°C 내외로 높아지고 가을철에는 역시 1°C 내외로 낮아지며, 이러한 기온경과 과정에서 벼 건답직파 재배의 파종 유효기온인 일평균기온 13°C의 출현초일까지는 기계이양 파종 유효기온 10°C보다는 약 3°C 정도 높아야 한다. 따라서 일평균기온 1°C 높아지는데는 약 4~7일 정도 소요되므로 벼건답직파 파종가능 시기는 기계이양재배 파종보다 약 12~21일 정도 늦어지므로 그만큼 생육가능 기간이 짧아진다.

Table 3에서 보면 위도가 높은 북한의 웅기(42°N)와 풍산(40°N) 지역은 일평균기온 10°C 출현초일이 5월 9~19일 경이나 13°C 출현시기는 6월 1~11일 경으로 약 23일 정도 늦고 있다.

한편 위도가 다소 낮은 수원(37°N), 광주(35°N) 및 제주(31°N)의 일평균기온 10°C 출현초일이 3월 28일~4월 9일 경이나 13°C 출현시기는 4월 14~23일 경으로 약 14~17일 정도 늦고 있다.

따라서 이러한 유효기온 출현시기가 늦어짐에 따라, 벼 건답직파 재배는 벼 기계이양 재배보다 생육가능 기간이 짧아지고 있다. 벼 건답직파재배의 기후생태 적응 품종의 생태적지를 안전생육 기온 확보면에서 보면, 북한의 안주 이북 지역은 벼건답직파 재배가 부적합하고 수원지역은 조생종, 대전 및 광주 지역은 중생종 그리고 완도 및 제주 지역은 중만생종 품종이 기후생태에 적응된다.

3.4. 벼 답수직파 재배의 생육기간

벼 답수직파 재배의 경우도 본논에 종자를 직접 파

Table 3. Regional growth duration of rice plant in direct seeding on dry paddy.

Region (latitude°N, Altitude m)	Appearance date		Growth duration (seeding~maturity) (B-A, Days)
	DT13°CDD (A)	LD15°CDD (B)	
Wunggi(42, 3)	Jun. 1	Sep. 24	115
Pungsan(40, 1206)	Jun. 11	Sep. 1	82
Anju(39, 27)	May. 4	Sep. 25	144
Sariwon(38, 52)	Apr. 30	Oct. 4	157
Suwon(37, 33.6)	Apr. 23	Oct. 6	166
Daejeon(36, 68.3)	Apr. 19	Oct. 9	173
Kwangju(35, 70.5)	Apr. 19	Oct. 16	180
Wando(34, 43.9)	Apr. 19	Oct. 27	191
Jeju(31, 20)	Apr. 14	Nov. 1	201

*DT13°CDD: Daily mean air temperature of 13°C for the determination of seeding date in direct seeding on dry paddy
LD15°CDD: Last appearance date of daily mean air temperature 15°C for the critical maturity

Table 4. Regional growth duration of rice plant in direct seeding on flooded paddy surface.

Region (latitude°N, Altitude m)	Appearance date		Growth duration (seeding~maturity) (B-A, Days)
	DT15°CDF (A)	LD15°CCEM (B)	
Wunggi(42, 3)	Jun. 19	Sep. 24	97
Pungsan(40, 1206)	Jul. 2	Sep. 1	61
Anju(39, 27)	May. 9	Sep. 25	139
Sariwon(38, 52)	May. 7	Oct. 4	150
Suwon(37, 33.6)	May. 7	Oct. 6	152
Daejeon(36, 68.3)	Apr. 29	Oct. 9	163
Kwangju(35, 70.5)	Apr. 29	Oct. 16	170
Wando(34, 43.9)	May. 5	Oct. 27	175
Jeju(31, 20)	May. 2	Nov. 1	183

*DT15°CDF: Daily mean air temperature of 15°C for the determination of seeding date in direct seeding on flooded paddy surface

LD15°CCEM: Last appearance date of daily mean air temperature 15°C for the critical maturity

중하므로, 파종 그 시기부터 직접 대기의 기온 영향을 크게 받는다. 담수직파 재배는 파종 전에 침중하고 파종방법(손, 동력분무기, 파종기)에 따라 다르나 대략 2~3 mm 정도 최아시켜 파종한다. 최아된 종자는 이미 생육이 시작된 상태에서 본논에 파종되므로 파종 순간부터 기온, 수온 및 지온의 영향을 크게 받는다. 따라서 일평균기온 15°C 이상이면 수온 및 지온도 그 이상이 되므로 파종초기 출아와 활착이 양호하고 입도율도 높일 수 있다.

Table 4는 벼 담수직파 파종 유효기온인 일평균기온 15°C 이상 출현초일부터 등숙만한기까지의 생육기간을 분석한 것이다. 벼 건담직파(Table 3) 파종 유효기온인 일평균기온 13°C의 출현초일부터 분석한 생육기간과 비교하면, 벼 담수직파 재배의 생육기간은 고위도 지역인 북한의 웅기(42°N)와 풍산(40°N)에서는 61~97일로 약 18~20일 정도 짧았다. 한편 저위도의 남한 지역인 수원(37°N), 광주(35°N) 및 제주(31°N)에서는 152~183일로 약 14~18일 정도 짧음을 알 수 있다.

이러한 생육가능 유효기온 조건의 측면만으로 기후생태 적응을 크게 보면 북한의 안주 이북지역에서는 담수직파 재배가 부적합하며 사리원부터 수원지역은 조생종, 대전과 광주 지역은 중생종 그리고 완도와 제주 지역은 중만생 품종이 기후생태에 적응된다.

IV. 적 요

기온을 중심으로 한 농업기후 조건을 분석하여 통

일한국 벼 농사의 가장 기본적인 지역별 벼 생육기간을 조사하여 앞으로 기후변화에 대응한 벼 품종육성 및 재배법 기술개발에 기후생태 적응 기초기술을 중장기적으로 확대 적용할 수 있는 기초자료를 확립하고자, 우리나라 최북단 웅기(42°N)와 남단 제주(31°N)까지의 9개 지역을 중심으로 농업기후 조건을 분석하였다.

벼 생육기간은 재배양식별 파종시기부터 출수후 등숙 만한기까지의 생육 가능 유효기온 출현시기와 지속기간을 조사하여 결정하였으며, 재배양식별 유효기온의 출현 첫시기로는 기계이앙 보은절충못자리의 경우는 일평균기온 10°C 출현시기, 건담직파는 일평균기온 13°C 출현시기 그리고 담수직파는 일평균기온 15°C 출현시기를 조사하였다. 한편 벼 재배양식에 따라 출수기의 조만은 있을 수 있지만 등숙만한기 결정 유효기온은 동일하므로 일평균기온 15°C가 출현하는 마지막 날(출현종일)을 조사하였다

그 결과로 위도별 북한부터 남한까지의 벼재배양식별 벼 생육기간(파종기~등숙만한기)을 보면 북산의 웅기(42°N, 표고 3 m) 지역은 기계이앙의 경우 138일, 건담직파 115일, 담수직파 97일이었으며, 안주(39°N, 표고 27 m) 지역은 기계이앙 160일, 건담직파 144일, 담수직파 139일이었었다. 한편 남한의 수원(37°N, 표고 33.6 m) 지역은 기계이앙의 경우 180일, 건담직파 166일, 담수직파 152일이었으며, 광주(35°N, 표고 70.5 m) 지역은 기계이앙 195일, 건담직파 180일, 담수직파 170일 이었다.

인용문헌

- 김순철, 박성태, 이수관, 정근식, 1991: 남부지역 벼 휴립건답직파 파종 한계기 구명. 농시논 문집(수도편), 33(3), 66-74.
- 김상수, 백남현, 석순중, 이선용, 조동삼, 1995: 남부평야지 벼 무논골뿌림 재배시 파종시기가 생육 및 수량에 미치는 영향. 한작지, 40(2), 212-220.
- 기상청, 2001: 한국기후표. 기상청, p.632.
- 농촌진흥청, 1981: 수도 냉해 실태분석과 종합기술 대책. 농촌진흥청, 1-52.
- 西山岩男, 1985: イネの 冷害生理學. 北海道大學圖書出刊會 發刊, p.313.
- 문승의, 1997: 기상 환경의 이해. 지구문화사, p.162.
- 유인수, 최돈향, 윤성호, 1996: 북한의 수도작 농업기후시대 구분. 한국국제농업개발학회, 8(3), 206-215.
- 장권열, 허문희, 최종열, 홍기창, 이만상, 최봉호, 1990: 육 중학범론. 향문사, p.407.
- 중앙기상대, 1987: 북한기후표. 중앙기상대, p.174.
- 최돈향, 1996: 농업기후자원 평가에 따른 벼 건답직파 재배의 안전작기 설정에 관한 연구. 강원대학교 농학박사 학위논문, p.138.