

## 아열대와 온대 기후 하에서 벼 생육 비교

박홍규<sup>1</sup> · Migging Xu<sup>2</sup> · 이경보<sup>1</sup> · 최원영<sup>1</sup> · 최민규<sup>1</sup> · 김상수<sup>1</sup> · 김정곤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>작물과학원 호남농업연구소, <sup>2</sup>중국농업과학원 토양비료연구소

(2006년 3월 27일 접수; 2006년 4월 29일 수락)

## Comparison of Rice Growth under Subtropical and Temperate Environments

H. K. Park<sup>1</sup>, M. Xu<sup>2</sup>, K. B. Lee<sup>1</sup>, W. Y. Choi<sup>1</sup>, M. G. Choi<sup>1</sup>, S. S. Kim<sup>1</sup> and C. K. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea

<sup>2</sup>Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 10081, P. R. China

(Received March 27, 2006; Accepted April 29, 2006)

### ABSTRACT

The objectives of this study are to determine the primary yield components responsible for yield differences in a subtropical environment of the Hunan province China and in a temperature environment of Honam province Korea. Field experiments were conducted in a subtropical environment in Hunan province China during 2002 and in a temperate environment in Honam province Korea during 2003. Seven rice cultivars were grown under optimum crop management in each experiment field. Yield, yield components and plant dry matter were determined at maturation. The highest yield (567 kg/10a) was produced at Honam province by Jinyou 207, a Chinese cultivar. The maximum yield at Hunan province was 453 kg/10a by Sanyou 63. On the average across cultivars, Honam produced 23% greater yields than Hunan. Sink size (spikelets per m<sup>2</sup>) was responsible for these yield differences. Panicle number per m<sup>2</sup> was much greater at Honam.

**Key words :** Rice growth, Subtropical and temperate environments

### I. 서 론

1970년 이후 30년간 우리나라의 연평균기온은 0.1~0.5°C가 상승하는 등 온난화가 진행되고 있고(기상청, 2001), 기후변화정부간협의체(IPCC)는 지구의 온도가 매 10년마다 0.1~0.2°C 상승할 것으로 예측하였으며, IS92 모델 추정결과 1990-2100년 사이에 1.0~3.5°C가 상승할 것으로 전망하였다(IPCC, 2001). 한편 우리나라 연평균 기온이 3.5°C 상승되면 제주도는 아열대 기후가 되고 중부지방은 제주도와 같은 기후가 될 것으로 전망하고, 온난화가 진행되면 벼 재배에 있어서도 현재와 같은 시기에 재배 할 경우 등숙

기간의 고온으로 쌀 수량이 20~30% 감수될 것으로 추정하고 있어(Yun et al., 2001) 온난화 대비 벼 재배기술 개발이 필요하다고 하겠다.

우리나라에서 자포니카형 벼가 최고 수량을 나타내는 출수 후 40일의 등숙기간 동안 일평균 온도는 22°C이고, 안전수량을 나타내는 일평균 기온의 범위는 21~23°C로, 등숙기간의 평균기온이 1°C가 낮으면 수량은 7% 감소하고, 1°C가 높으면 5%가 감소된다(Yun and Lee, 2001). 그러나 등숙기간의 적정 기온은 지역 및 생태형에 따라 다소 다른데 중산간지에서 조생종은 23.5°C로 평야지 등숙온도보다 높은 온도조건에서 수량이 높고, 평야지에서 통일형 벼는 26°C로

서 자포니카형 보다 쇠적 등숙온도가 높다(Lee *et al.*, 1988). Ying *et al.*(1998)은 온대지역에 비해 아열대 지역에서 벼 수량성이 낮은 이유는 짧은 생육기간으로 인한 건물생산 저하, 적은 sink size, 수당립수 감소 등을 들고 있어 수량을 올리기 위해서는 충분한 영양 생장 기간이 필요함을 알 수 있다. 온도가 높은 지역에서는 호흡량의 증가로 광합성과 호흡간의 수지악화가 나타나고, 작물이 온도에 반응하여 개화 출수가 촉진되어 충분한 영양생장기간을 확보하지 못하게 된다. 한편, 등숙기 온도에 대한 반응을 보면 인도형 벼에 비해 등숙초기에 고온 요구성이 크지만 성숙에 필요한 온도량은 적어서 등숙속도가 빠르고, 일본형 품종은 등숙에 대한 온도반응의 품종간 차이가 적다(Morie, 1990). 호남평야지에서 완전미 수량, 미질, 등숙비율을 고려한 이양적기는 조생종은 이양 후 출수기까지 평균온도가 24.5~23.8°C인 5월 30일에서 6월 9일, 중생종은 23.6°C인 5월 30일, 중만생종은 22.6~21.9°C인 5월 30일에서 6월 9일이 가장 적당하며(Choi *et al.*, 2005) 수확적기는 출수 후 등숙기까지 적산온도 1,200°C로 볼 때 조생종은 출수 후 52일, 중생종은 출수 후 56일, 중만생종은 출수 후 60일로 이보다 빨라지거나 늦어지면 완전미 수량이 감소하거나 단백질 함량이 증가한다(Kim *et al.*, 2005). 이상과 같이 동일한 품종이라도 작물의 수량성은 재배 양식, 재배기술, 토양환경, 기상환경에 따라 다르게 나타나며(Peng *et al.*, 1994; Matushima, 1957), 특히 재배지의 기상환경은 작물의 재배시기, 생육기간 등을 결정하는 중요한 요인으로 기상환경 변화에 따른 연구가 필요한 실정이다. 벼 재배환경의 차이에 따른 벼 생육 및 생장에 관한 연구는 재배환경의 제한적 요인 때문에 포장 시험연구가 미진한 실정이다. 따라서 작물 재배조건 및 기후변화에 따른 작물의 생육과정을 분석함으로써 작물의 생산효율을 극대화하고자 아열대 지역인 중국 호남성 기양과 온대지역인 익산에서의 벼 생육관련 기후특성, 생육특성, 수량성 등에 대한 분석 결과를 보고하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 2002년 중국 호남성 기양(북위 26° 25' 42", 동경 110° 52' 32" 해발 200 m)에 위치한 중국 농업과학원 토양비료연구소 횡토시험장 시험포장과

2003년에 호남농업연구소 시험포장(북위 35° 56' 18", 동경 126° 55' 50" 해발 10 m)에서 실시하였다.

중국과 익산 시험포장의 시험전 이화학적 특성은 Table 1에서와 같이 익산 시험포장은 미사함량 74.8%, 점토 16%, 유기물함량 28.2 g/kg, 인산함량이 107 mg/kg이었고, 중국 호남성 기양의 시험지는 미사 함량 48.7%, 점토함량 41.5%, 유기물함량 24.5 g/kg, 인산함량이 7.8 mg/kg으로 익산에 비해 점토함량이 높고, 유기물과 인산함량이 낮았다.

벼 품종은 한국 품종으로는 자포니카형 조생종인 운봉벼, 중생종인 간척벼, 중만생종인 대청벼와 통일형 중만생종인 남천벼를 공시하였으며, 중국 품종으로는 중생종인 금우 207과 산우계 99, 중만생종인 산우 63을 공시하였다. 중국에서는 3월 29일에 파종하여 5월 3일에 순 이앙하였으며, 시비량은 질소 110 kg/ha, 인산 45 kg/ha, 칼리 57 kg/ha을 질소와 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 분시 하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. m<sup>2</sup>당 재식주수는 25주(20×20 cm), 재식본수는 2~3본으로 하였다.

한국에서는 5월 1일에 파종하여 6월 1일에 이앙하였으며, 시비량은 질소 110 kg/ha, 인산 45 kg/ha, 칼리 57 kg/ha을 질소는 기비-5엽기-수비=40-30-30%로 분시 하였고, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 분시 하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. m<sup>2</sup>당 재식주수는 24주(30×14 cm), 재식본수는 3~4본으로 하였다.

실험포장에 자동 온도 수집기(HOBO H8)를 설치하여 평균, 최고, 최저기온을 측정하였으며, 지온, 강우량, 일조시수는 자동기상기록장치(Campbell CR10X)를 설치하여 측정하였다. 기상조건에 따른 작물의 소모도장정도를 비교하기 위한 호흡소모계수는 다음 식에 의해 산출하였다(坪井八十二, 1977).

$$RCI = 10^{0.0301(t-10)/h} \times 10 \quad (1)$$

단, t=평균온도, h=일별일조시수

기상조건에 따른 작물의 가상생산력은 출수 전 30일부터 출수 후 30일까지의 평균기온과 평균 일조시수, m<sup>2</sup>당 영화수를 대입하여 산출하였다.

$$Y = -50.004 + 6.452X - 1.063 + 36.771t - 7.812t^2 + 0.004Xt + 0.092Xs \quad (2)$$

$$Y = 1/10a\text{당 백미중(kg)} \times 100$$

X=m<sup>2</sup>당 영화수/10,000개, t=출수 전 10일~출수 후

**Table 1.** Physico-chemical properties of soil before the experiment

Sites	pH	OM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Particle size(%)		
	(1:5)	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	Sand	Silt	Clay
Iksan	6.0	28.2	1.8	107	9.2	74.8	16.0
Hunan	6.5	24.5	1.6	7.8	9.6	48.7	41.5

30일간의 평균기온/10

s=출수 전10일~출수 후30일간의 평균일조시수

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1. 기상, 소모도장 및 기상생산력

##### 3.1.1. 기상여건

중국 호남성은 아열대 지대로서 기후가 온난하고 일조와 강우량이 충분하며, 4계절이 뚜렷하다. 무상기간은 265~310일이고 강우량은 1,500 mm내외이며, 강우 일수는 140~180일로 봄과 여름철에 집중되어 있다. 연평균기온은 17.8°C로 10°C 이상 일수가 240~260일로 이기간의 적산온도는 5,100~5,600°C이며 15°C 이상인 일수도 160~200일로 이 기간 적산온도는 3,800~4,600°C이다(중국농업연감, 2002). 중국 호남성에서는 벼농사를 2기작 재배하고 있는데, 4월 하순부터 5월 상순에 이양하여 7월 하순부터 8월 상순에 수확하는 조도와 7월 하순부터 8월 상순에 이양하여 10월 중하순에 수확하는 만도로 구분되어진다. 본 실험은 5월 상순에 이양하는 1기작 조도재배로서 이 기간동안 익산 벼 재배기간인 6월부터 10월까지 기강과 비교하여 보면 평균온도는 이양 후 30일까지는 익산과 비슷하였으나 이후 수확기까지 익산에 비해 3~8°C 높

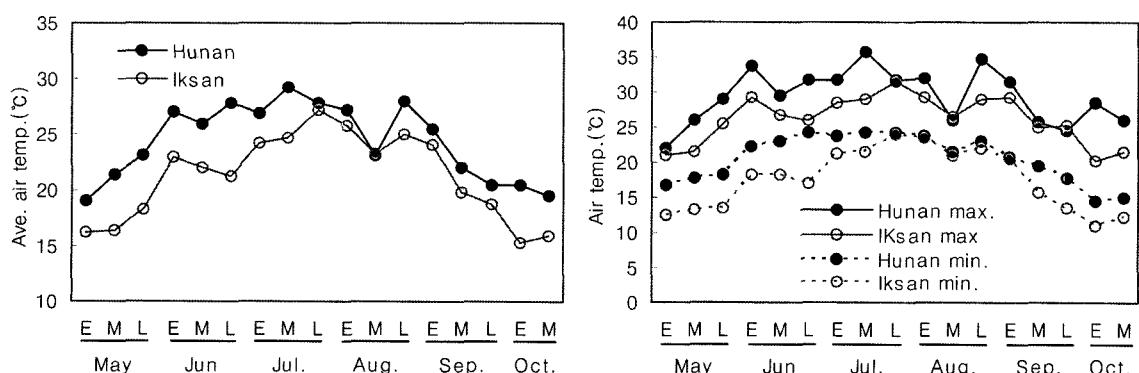
게 경과하였으며 이양 후 90~100일이 경과한 수확기 최고기온은 약 10°C가 높은 38°C이었으며, 일조시간은 10시간에서 80시간까지 시기별로 큰 변이를 보였는데 이양 후 생육초기에는 강우일수가 많아 일조시간이 적었으나 생육중기이후에는 강우일수가 적고 온도가 높으며 일조시간도 많았다(Fig. 1, 2).

##### 3.1.2. 소모도장 정도

기상조건에 따른 작물의 소모도장 정도는 일조의 건물생산정도에 대한 온도의 호흡 촉진정도를 나타낸 값으로 일정 계수값에 평균온도와 일별일조시수를 대입하여 산출하고 있다. 따라서 기상조건에 따른 작물의 소모도장 정도는 강우가 많고 일조가 부족한 조건에서 높게 나타나는데, 소모도장지수가 높을수록 호흡촉진 정도가 크며 작물이 웃자라게 될 우려가 있으며, 소모도장지수가 낮을수록 건전한 생육을 하고 있다고 볼 수 있다. 벼 생육시기별 소모도장 정도는 그림 3에서 보는 바와 같이 호남성에서는 강우가 많고 일조시간이 적었던 생육초기에 높았으며 익산은 이양 후 40일이 경과한 7월 상순에 가장 높았다.

##### 3.1.3. 기상생산력

벼 생육에 크게 영향을 주는 기상요인으로서 온도와



**Fig. 1.** Daily average, maximum and minimum air temperatures at the Iksan and at Qiyang of Hunan province, China in 2002. Each datum point represents the mean of 10 d.

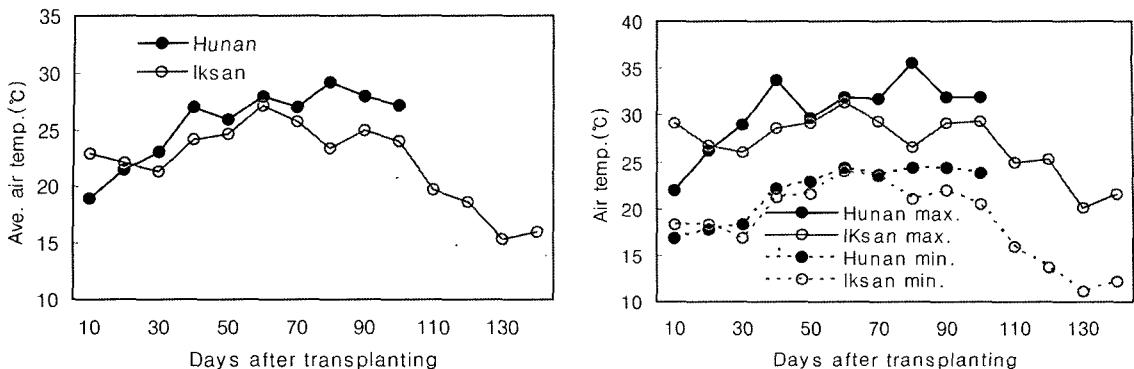


Fig. 2. Daily average, maximum and minimum air temperatures from transplanting to maturity at the Iksan and at Qiyang of Hunan province, China in 2002. Each datum point represents the mean of 10 d.

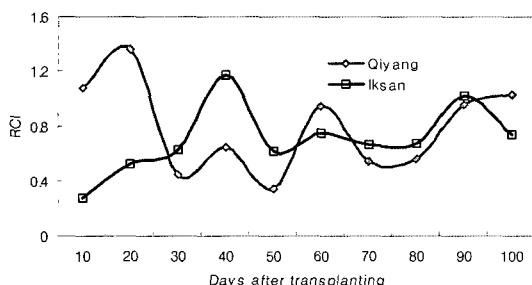


Fig. 3. Respiratory consumption index(RCI) according to transplanting date at the Iksan and at Qiyang of Hunan province, China. Each datum point represents the mean of 10 d.

일조시수 및 일사량을 들 수 있으며 벼 생육단계별로 이를 인자에 대한 요구도 또한 다르다. 영양생장기까지는 온도가 벼 생육에 가장 중요한 요인지만 출수 후부터는 종실생산에 관련하는 생리적 과정에는 온도와 더불어 일조시간이 크게 영향을 준다(Saitoh et

al., 1991). 기상조건에 따른 작물의 기상생산력은 출수 전 10일부터 출수 후 30일까지의 평균기온과 평균 일조시수,  $m^2$ 당 영화수를 대입하여 산출하는데(Lee et al., 1988), 아열대지대인 중국 호남성에서 조도재배시 기상생산력을 알아보기자 5월 하순부터 7월 상순까지 출수기를 달리하여 기상조건에 따른 벼 생산력을 산출한 결과는 Fig. 4와 같다.

조도재배시 기상생산력에 따른 출수기별 쌀 수량을 보면 출수가 늦어질수록 수량이 많아지는 경향이었다. 2기작 재배지역인 후난성에서는 조도재배 후 만도재배 벼 이앙을 위해서는 7월 하순부터 8월 상순에 수확을 마쳐야 하므로 출수는 6월 하순 이전에 출수를 하여야 하지만 기상학적인 관점에서 보면 쌀 수량은 6월 하순 이후에 출수하는 것이 쌀 수량이 높았다. 6월 중에 출수할 경우 기상생산력에 의한 쌀 수량은 440 kg/10a였으며, 7월 중에 출수할 경우 460 kg/10a내외의 수량성을 나타냈다.

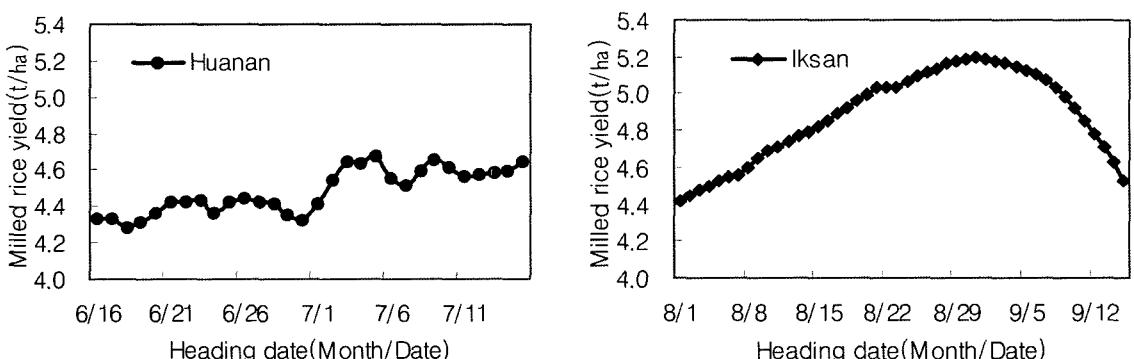


Fig. 4. Changes of meteorological values for rice yield during ripening according to heading date at the Iksan and at Qiyang of Hunan province, China.

**Table 2.** Growth duration from transplanting to heading, accumulative temperature and integrated sunshine hours

Cultivars	Iksan(A)			Hunan(B)			Difference		
	TD~HD (day)	AT (°C)	ISH (hr)	TD~HD (day)	AT (°C)	ISH (hr)	TD~HD (day)	AT (°C)	ISH (hr)
<b>Korea</b>									
Unbongbyeo	68	1,563	286	50	1,173	194	18	389	93
Gancheokbyeo	75	1,729	324	54	1,291	226	21	437	99
Namcheonbyeo	86	2,001	366	68	1,661	317	18	340	49
Daecheonbyeo	84	1,951	361	55	1,318	228	29	633	133
Mean	78	1,811	334	57	1,361	241	22	450	94
<b>China</b>									
Jinyou 207	81	1,870	343	64	1,553	294	17	317	48
Shanyougui 99	90	2,092	370	74	1,834	377	16	258	-6
Shanyou 63	92	2,132	371	73	1,803	367	19	329	4
Mean	88	2,031	361	70	1,730	346	17	301	15

\*TD : Transplanting date, HD : Heading date, AT : Accumulative temperature, ISH : Integrated sunshine hours

**Table 3.** Changes of tillering number and percentage effective tillers according to days after transplanting in Iksan

Varieties	Days after transplanting (plants/§³)						Per. of effective tillers(%)
	30	40	50	60	70	80	
Unbongbyeo	450	438	421	343	335	333	74.0
Namcheonbyeo	536	540	486	400	328	325	60.6
Gancheokbyeo	469	507	469	359	349	343	67.6
Daecheongbyeo	516	519	512	400	357	336	64.7
Mean	493	502	471	375	342	334	66.7
Jinyou207	457	431	428	283	278	260	56.9
Xianyougui99	526	483	483	336	328	313	59.5
Sanyou63	438	407	402	317	274	272	62.1
Mean	474	443	438	312	293	282	59.5

온대지대인 익산지역에서는 5월 하순부터 6월 상순에 이앙을 하며 출수기는 중생종을 기준으로 8월 15일 전후인데, 출수기에 따른 가상생산력을 보면 8월 하순에 출수시 쌀 수량이 520 kg/10a으로 가장 높았으며 이보다 출수가 빠르거나 늦어질 경우 쌀 수량이 감소하는 경향이었다. 중국 호남성 조도재배와 비교해 보면 한국에서 기후생산력에 의한 쌀 수량은 60 kg/10a이 높아 온대지역의 쌀 생산력이 더 높음을 알 수 있었다. 이는 조도재배 기간동안 온도가 지나치게 높게 경과하여 호흡에 의한 소모가 커서 충분한 양분 축적이 적고, 고온에 감응하여 조기출수가 되어 생육기간이 짧았던데 기인한 것으로 생각된다.

### 3.1.4. 출수소요일수, 적산온도 및 적산일조시간

온대지대인 익산과 아열대지대인 후난의 기후 조건에 따른 이앙 후부터 출수기까지 소요일수는 Table 2

에서 보는 바와 같이 온대에 비해 아열대에서 한국품종이 22일, 중국품종이 17일 단축되었고, 품종간에는 중만생종인 대청벼를 아열대에서 재배할 경우 이앙 후 55일 만에 출수가 되어 온대지역에 비해 출수가 29일이 단축되었으며, 조생종인 운봉벼와 통일형인 남천벼가 18일, 중생종인 간척벼가 21일 단축되어 중만생종 > 중생종 > 조생종 순으로 출수소요일수가 단축되었다. 중국품종을 아열대 기후조건인 기양에 재배 할 경우 이앙 후 70일만에 출수가 되었으나 온대기후인 익산에 재배할 경우 영양생장 기간이 길어져 87일만에 출수되었다. 이 앙후 출수기까지 적산온도를 보면 온대지역인 익산에서 재배할 경우 영양생장기간 연장으로 한국품종은 아열대 지역 재배시의 1,361°C에 비해 450°C가 높았으며 중국품종은 301°C가 높았다. 이 기간동안 적산일조시간도 온대지역 재배시 한국품종은 334시간으로 94시간 많았으며 중국품종은 361시간으로 17시간이 많았다.

### 3.2. 벼 생육 및 수량

#### 3.2.1. 경수의 경시적 변화

온대지대 벼 재배시 이앙 후 30일부터 경수 및 수수의 변화를 보면(Table 3) 한국품종은 이앙후 30일에서 40일 사이가 최고분열기로서 경수가 가장 많았으며 이후 50일까지 무효분열경이 크게 감소하면서 경수가 적어지는 경향이었다. 중국품종은 이앙후 30일경에 최고분열기에 도달했으며  $m^2$ 당 경수는 한국품종에 비해 적었다.  $m^2$ 당 수수는 한국품종이 334개로 중국품종의 282개에 비해 많았으며 품종간에는 간척벼가 366개로 가장 많았고 산우 63과 금우 207이 300개로 적은 편이었다. 유효경 비율은 한국품종의 67%에 비해 중국품종이 60%로 7%정도 낮았으며, 품종간에는 운봉벼가 가장 높았고 금우 207, 남천벼, 산우 63 및 산우계 99가 60%내외로서 낮았다.

아열대지대 벼재배시 이앙 후 10일부터 경수 및 수수의 변화를 보면 이앙후 30일에서 40일 사이에 경수가 가장 많았으며  $m^2$ 당 수수는 한국품종이 319개로 중국품종의 264개에 비해 많았으며 품종간에는 대청벼가 간척벼가 가장 많았고 금우 207이 가장 적었다. 유효경 비율은 한국품종의 71%에 비해 중국품종이 67%로 낮았으며, 품종간에는 간척벼가 가장 높았고 산우 63이 가장 낮았다.

공시품종의 기후대별 수수를 보면 한국품종 중국품종 모두 온대지대 재배시 많았으며 유효경 비율은 한국, 중국 품종모두 아열대 지역에서 높았다.

#### 3.2.2. 수량구성요소 및 수량

벼 수량은 주당수수, 수당립수, 등숙비율, 천립중에 의해 결정되어진다. 높은 수량을 내기 위해서는 이들 4 요소가 모두 높게 유지되도록 재배하는 것이 가장 바람직하나 이들 4요소는 서로 밀접하게 상호 보완 경합 관계를 가지고 있어 최대 수량을 올리기 위해서는 균형 있는 생장을 유지하는 것이 무엇보다도 중요하다. 단위 면적당 수수를 높이면 상대적으로 수당립수, 등숙비율이 떨어지는 것으로 알려져 있는데(Song *et al.*, 1990; Yamamoto *et al.*, 1991), 공시 품종모두 주당수수가 증가함에 따라 등숙비율이 저하되었다. 등숙비율은 남천벼가 가장 낮았고 기타 품종은 90%이상을 보였다.

품종간 주당수수와 등숙비율간의 관계를 보면 운봉벼는 주당수수가 10개에서 20개로 등숙비율은 93~95%로 비교적 높았고 남천벼는 주당수수가 10개

에서 15개로 등숙비율은 85~88%로 한국품종 중 가장 낮았으며, 간척벼와 대청벼는 등숙비율이 93%내외로 비교적 높았다. 중국품종은 주당수수와 적고 등숙비율도 낮았는데 금우 207은 주당수수가 8개에서 13개로 등숙비율은 75%내외로 가장 낮았으며 산우계는 80%, 산우 63은 84% 내외였다(Fig. 5).

중국품종들을 아열대 지역에 재배할 경우 수당립수가 많으나 온대지역에서는 수수는 다소 많아지나 수당립수가 적어지는 경향을 나타낸다.

일반적으로 일정 단위면적내에서는 주당 수수가 증가함에 따라 수당립수가 적어지며 그 정도는 품종, 재배조건에 따라 다르다. 운봉벼는 주당수수에 따라 수당립수가 최고 110개에서 70개까지 변이를 보여 주당수수가 증가함에 따라 수당립수가 크게 감소되었다. 간척벼는 주당수수가 10개에서 17개로 증가함에 따라 수당립수는 10개의 차이를 보여 주당수수 차이에 따른 수당립수 감소가 적었다. 남천벼는 한국 품종중 수당립수가 가장 많았으나 주당수수는 12개 내외로 적었다. 중국품종은 수당립수가 110개에서 160개로 한국 품종에 비해 월등히 많았으며, 3품종 모두 주당수수가 증가함에 따라 수당립수가 유의적으로 감소하였다(Fig. 4).

#### 3.2.3. 현미성분 및 의관상 품위

쌀의 식미를 좌우하는 화학적 특성으로는 아밀로스, 단백질, 지방산, 무기성분 등이 있지만 단백질 함량은 밥맛과 밀접한 관계가 있어 단백질 함량에 의해 식미를 평가하는 기준으로 삼기도 하는데 단백질 함량은 쌀의 여러 성분 중에서 재배조건에 의한 변화가 크며, 일반적으로 단백질 함량이 높으면 밥맛이 떨어진다. 공시 품종의 단백질 함량은 7.4에서 7.9%까지 차이가 있으며 한국 품종이 중국품종에 비해 다소 낮고 단백질 함량이 가장 높은 품종은 금우 207로서 7.9%였다. 쌀 속에 있는 주요 지방산은 linoleic acid, oleic acid, palmitic acid 등으로 전분에 이와 같은 지방산을 더하여 호화시키면 전분립이 단단해진다. 지방산은 이와 같이 전분의 호화를 어렵게 할 뿐만 아니라 지방의 분해에 따라 그 양이 증가하면서 고취미의 생성에 관여하고 있다. 현미중의 지방산 함량은 단백질과 비슷한 경향으로 한국품종보다 중국품종이 높았다. 완전미 비율은 한국품종이 80.4%인데 비해 중국품종은 61.5%로 현저히 낮았으며 현미 천립중도 중국품종이 가벼웠다(Table 5).

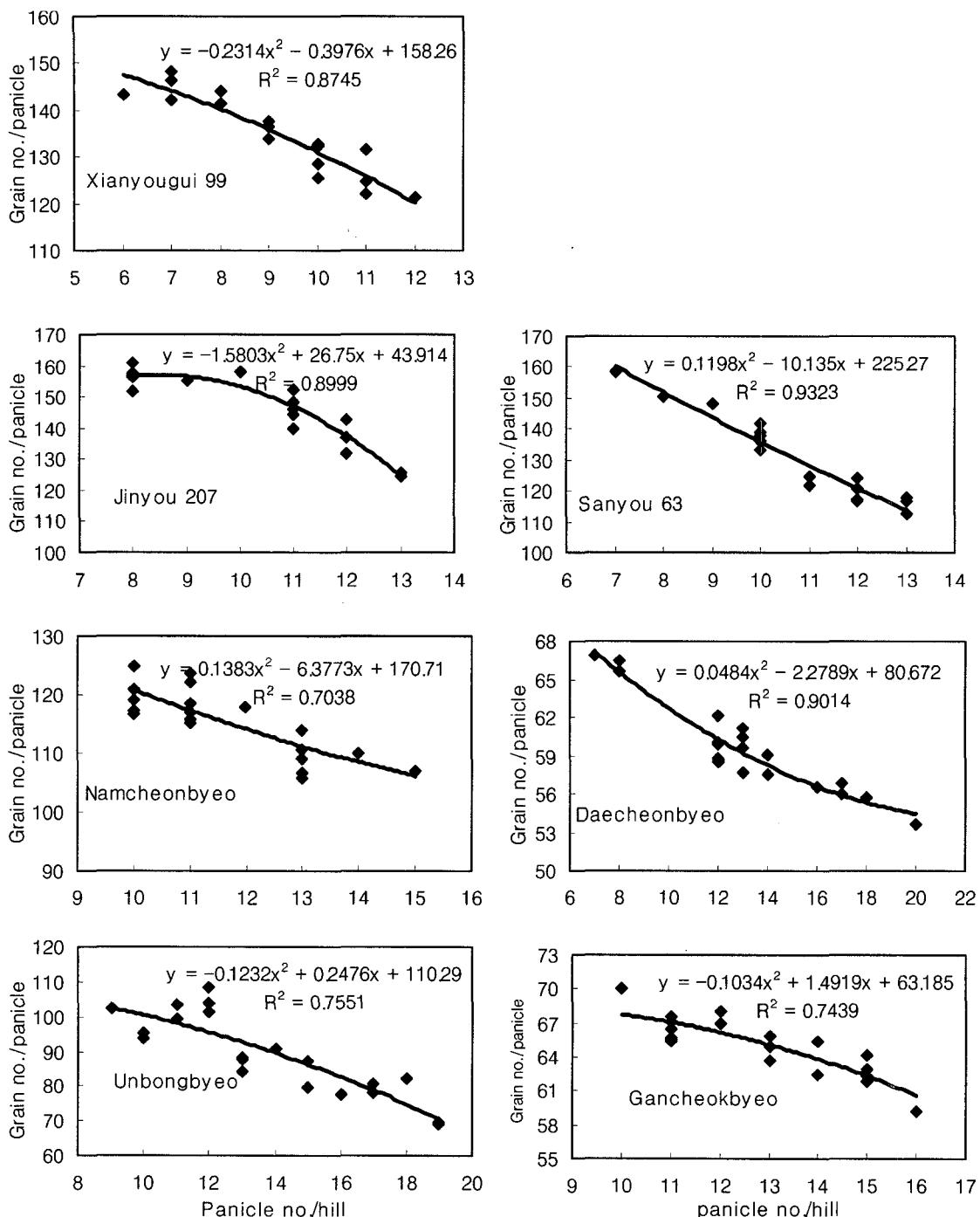


Fig. 5. Relationship between spikelets per panicle and panicle number per  $\text{m}^2$  of rice cultivars.

### 3.2.4. 기후대별 출수기 및 쌀수량

아열대기후에서는 온대기후에 비해 이앙 후 출수까지 소요일수가 크게 짧아졌는데, 한국품종중 아열대

기후에서 출수까지 소요일수가 가장 단축된 품종은 대청벼로 온대기후에 비해 27일이 빨라졌다. 중국 품종도 한국품종과 마찬가지로 아열대 기후에서 14일에서

**Table 4.** Changes of tillering number and percentage effective tillers according to days after transplanting in Hunan

Varieties	Days after transplanting (plants/ $\text{m}^2$ )							Per. of effective tillers(%)
	10	20	30	40	50	60	70	
Unbongbyeo	98	212	370	455	378	333	315	69.2
Namcheonbyeo	95	180	350	425	378	322	294	69.1
Gancheokbyeo	95	197	432	427	408	375	335	77.5
Daecheongbyeo	93	197	390	490	442	392	330	67.3
Mean	95	197	385	449	401	355	318	70.8
Jinyou207	107	198	293	368	328	286	252	68.4
Xianyougui99	115	210	370	403	352	294	274	67.9
Sanyou63	103	213	403	412	321	282	265	64.3
Mean	108	207	355	394	333	287	263	66.8

**Table 5.** Difference of quality characteristics of brown rice

Cultivars	Protein (%)	Amylose (%)	Fat acid (mg)	Perfect grain (%)	1,000 grain weight (g)
Unbongbyeo	7.6	19.6	16.8	79.8	21.0
Namcheonbyeo	7.4	19.6	17.5	77.8	21.8
Gancheokbyeo	7.4	19.5	16.7	81.4	23.2
Daecheonbyeo	7.7	19.4	16.7	82.7	24.3
Mean	7.5	19.5	16.9	80.4	22.6
Jinyou 207	7.9	19.8	18.4	61.7	15.4
Shanyougui 99	7.5	19.7	16.5	62.7	22.2
Shanyou 63	7.8	19.8	17.7	60.1	22.1
Mean	7.7	19.8	17.5	61.5	19.9

**Table 6.** Heading date, yield and yield components of rice cultivars according to cultivate area

Cultivars	Heading date		No. of panicle per $\text{m}^2$		No. of Spikelets per panicle		Ripening rate		Milled rice yield (kg./10a)	
	Iksan	Hunan	Iksan	Hunan	Iksan	Hunan	Iksan	Hunan	Iksan	Hunan
Unbongbyeo	Aug. 7	Jun21	333	315	82	81	91	90	473 <sup>b</sup>	416 <sup>a</sup>
Namcheonbyeo	Aug.25	Jul. 9	325	294	108	107	81	81	509 <sup>a</sup>	421 <sup>a</sup>
Gancheokbyeo	Aug. 4	Jun25	343	335	82	75	91	85	493 <sup>a</sup>	397 <sup>b</sup>
Daecheonbyeo	Aug.23	Jun26	336	330	73	71	94	90	476 <sup>b</sup>	373 <sup>b</sup>
Mean	Aug.17	Jun28	334	319	86	84	89	87	488	402
Jinyou 207	Aug.20	Jul. 5	260	252	131	142	83	76	567 <sup>a</sup>	420 <sup>b</sup>
Shanyougui 99	Aug.29	Jul.15	313	274	112	132	81	79	516 <sup>b</sup>	430 <sup>b</sup>
Shanyou 63	Aug.31	Jul.14	272	265	115	100	82	79	535 <sup>b</sup>	453 <sup>a</sup>
Mean	Aug.27	Jul. 9	282	264	119	125	82	78	539	434

\*With a column for each parameter, means followed by different letter are significantly different at 0.05 probability level according to least significant difference (LSD) test

18일이 빨라졌다.

기후대별  $\text{m}^2$ 당 수수를 보면 한국, 중국품종 모두 온대기후에서 수수가 증가하는 경향이었고, 수당립수를 보면 한국품종은 기후대별 큰 차이가 없으나 중국 품종의 경우 207과 산우계 99는 아열대에서 많아졌으

나 산우 63은 온대에서 더 많아졌다. 등속비율은 한국 중국품종 모두 온대에서 높았으며 쌀수량은 공시품종 모두 온대에서 높았는데 한국품종은 온대에서 488 kg/10a으로 아열대에 비해 21%가 높았으며, 중국품종은 24%가 높았다.

## 적 요

기후변화에 따른 작물의 건물생산과정을 조사 분석 함으로써 기후환경 변화에 대응한 작물의 생산효율을 극대화하고자 아열대지대인 중국 후난성 기양과 온대 지대인 한국 익산에서 생태형이 다른 중국, 한국 품종을 공시하여 벼 생장특성과 수량 및 수량구성요소를 비교 분석하였다.

아열대지대에서 조도 재배시 기상생산력에 따른 출 수기별 쌀 수량을 보면 출수가 늦어질수록 수량이 많아지는 경향으로 6월 중에 출수할 경우 기상생산력에 의한 쌀 수량은 440 kg/10a였으며, 7월 중에 출수할 경우 460 kg/10a내외의 수량성을 나타냈다. 온대지대인 익산지역의 기상생산력은 8월 하순에 출수시 쌀 수량이 520 kg/10a으로 가장 높았으며 이보다 출수가 빠르거나 늦어질 경우 쌀 수량이 감소하는 경향이었다. 중국 호남성 早稻재배와 비교해 보면 한국에서 기후생산력에 의한 쌀 수량은 60 kg/10a이 높았다.

온대지대와 아열대지대 기후 조건에 따른 이양 후부터 출수기까지 소요일수는 온대에 비해 아열대에서 한국품종이 22일, 중국품종이 17일 단축되었고, 중국품종을 아열대 기후조건인 기양에 재배 할 경우 이양 후 70일만에 출수가 되었으나 온대기후인 익산에 재배 할 경우 영양생장 기간이 길어져 87일이 소요되었다.

기후대별  $m^2$ 당 수수를 보면 한국, 중국품종 모두 온대기후에서 수수가 증가하는 경향이 있고, 등숙비율은 한국 중국품종모두 온대에서 높았으며 쌀수량은 공시품종 모두 온대에서 높았는데 한국품종은 온대에서 488 kg/10a으로 아열대에 비해 21%가 높았으며, 중국품종은 539 kg/10a으로 온대에서 24%가 증수되었다.

## REFERENCES

- 기상청, 2001: 한국기후표(1971-2000). 기상청  
 중국농업연감편집위원회, 2002: 중국농업연감.  
 坪井八十二, 1977: 農業氣像冊. 養賢堂, 40-42.  
 Choi, W. Y., J. K. Nam, S. S. Kim, J. H. Lee, J. H. Kim, H. K. Park, N. H. Back, M. G. Choi, J. C. Kim, and K. Y. Jung, 2005: Optimum transplanting date for production quality rice in honam plain area. *Korean Journal of crop Science* 50(6), 435-441.  
 IPCC, 2001: *Climate change 2001: The scientific basis: Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate(IPCC)*. Cambridge university press, 944pp.  
 Kim, S. S., J. H. Lee, J. K. Nam, W. Y. Choi, N. H. Back, H. K. Park, M. G. Choi, J. C. Kim, and K. Y. Jung, 2005: Proper harvesting time for improving the rice quality in honam plain area. *Korean Journal of crop Science* 50(s), 62-68.  
 Lee, S. Y., S. S. Kim, J. S. Choi, Y. K. Choi, K. Y. Lee, M. S. Lim, and T. Murakami, 1988: Influence of cultural methods and climatic condition on rice yield in the southern plain and alpine area. *Research Report of Rural Development Administration(Rice)* 30(2), 25-31.  
 Matsushima, S., 1957: Analysis of developmental factors determining yield and yield prediction in lowland rice. *Bulletin National Institute Agricultural Science*, A5, 1-271.  
 Morie, E., 1990: Effective heat unit summation and base temperature on the development of rice plant II. On heading, flowering, kernel development and maturing of rice. *Japan Journal of Crop Science* 59(2), 233-238.  
 Peng, S., G. S. Khush, and K. G. Cassman, 1994: *Evolution of the new plant type for increased yield potential*. In Cassman, K. G. (ed.). *Breaking the Yield Barrier*, 5-20.  
 Saitoh, K., S. Kasiwagi, T. Kinoshita, and K. Ishihara, 1991: Characteristics of dry matter production process in high yielding rice [*Oryza sativa*] varieties, 4: Dry matter accumulation in the panicle. *Japan Journal of Crop Science* 60(2), 255-263.  
 Song, X. F., W. Agata, and Y. Kawamitsu, 1990: Studies on dry matter and grain production of F1 hybrid rice [*Oryza sativa*] in China, 2: Characteristic of grain production. *Japan Journal of Crop Science* 59(1), 9-33.  
 Yamamoto, Y., T. Yoshida, T. Enomoto, and G. Yoshikawa, 1991: Characteristics for efficiency of spikelet production and the ripening in high yielding japonica-indica hybrid and semidwarf indica rice varieties. *Japan Journal of Crop Science* 60, 365-372.  
 Ying, J., S. Peng, Q. He, H. Yang, C. Yang, R. M. Visperas, and K. G. Cassman, 1998: Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: I. Determinants of grain and dry matter yields. *Field Crops Research*, 5(1), 71-84.  
 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 Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 3(1), 55-70.  
 Yun, S. H., J. N. Im, J. T. Lee, K. M. Shim, and K. H. Hwang, 2001: Climate change and coping with vulnerability of agricultural productivity. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 3(4), 220-227.