

수리불안전답에서의 벼 품종별 생육 및 수량구성요소 특성 변이 분석

김태현¹ · 허연재¹ · 오성환¹ · 이지윤¹ · 조준현¹ · 한상익¹ · 이종희² · 백동원³ · 송유천¹ · 최원영¹ · 남민희¹ · 박동수¹ · 권영업¹ · 신동진^{1,†}

Analysis of Growth Characteristics and Yield Components According to Rice Varieties Between on Irrigated and Partially Irrigated Rice Paddy Field

Tae-Heon Kim¹, Yeon-Jae Hur¹, Seong-Hwan Oh¹, Ji-Yoon Lee¹, Jun-Hyun Cho¹, Sang-Ik Han¹, Jong-Hee Lee², Dongwon Baek³, You-Chun Song¹, Weon-Young Choi¹, Min-Hee Nam¹, Dong-Soo Park¹, Yeong-Up Kwon¹, and Dongjin Shin^{1,†}

ABSTRACT Drought caused by global climate change is one of serious problems for rice cultivation. However, it was little reported the impact of drought on rice cultivation in Korea. In here, to assess impact of drought on rice varieties in Korean climate condition, growth characteristics and yield components of rice were compared on irrigated and partially irrigated rice paddy field. First, we have chosen 11 rice varieties including ‘Saeilmi’ and ‘Shindongjin’ which are widely cultivated in Korea. For partially irrigated rice paddy treatment, we have withheld irrigation from 25 days after transplanting and water supply was totally dependent on rainfall for rice cultivation. When we examined early plant height and tiller number of these varieties on partially irrigated rice paddy were reduced 1.6% to 18.4% and 10.4% to 33.1%, respectively, and these reduction rate were highly correlated with yield loss in our experimental conditions. Among rice yield components, panicle number was decreased 10.5% to 30.1% according to rice varieties and reduced panicle number was highly correlated with yield loss. Grain number per panicle, grain filling rate and 1,000 seeds weight did not have correlation with yield loss of rice varieties. These result means that growth stage, especially the tillering stage, is seriously affected by drought on rice cultivation in Korea. And we suggest that ‘Saeilmi’, ‘Ilmi’ and ‘Ilpum’ are good for rice cultivation on drought prone rice field in Korea.

Keywords : Drought, Rainfed rice paddy, Rice, Yield loss

세계적으로 기후변화에 따른 홍수, 가뭄 등의 기상이변으로 농업 생산에 대한 재배 불안정성이 증가되고 있다. 특히, 가뭄에 따른 세계 곡물 생산성 감소가 사회적 문제로 대두되고 있다(Rosenzweig *et al.*, 1994; Peng *et al.*, 2004). 가뭄은 일반적으로 목적에 따라 기상학적 그리고 수문학적, 농업적, 사회경제적 가뭄으로 구분되며, 농업적 가뭄은 강우의 부족으로 인하여 토양수분의 감소 및 농업용 저수지의 저수량 저하로 농작물 생육 및 수확량에 직접적인 영향을 미치는 것으로 기상학적 또는 수문학적 가뭄이 농업에

미치는 영향으로 정의된다(William, 1984).

한반도에서 1900년부터 2000년까지 100년 동안 연강수량의 부족으로 인한 가뭄이 발생한 횟수는 총 25회였으며, 이중 농작물 피해가 발생한 횟수는 총 35회 였다(Lee *et al.*, 2012). 1939년에는 전국적으로 강수량이 예년의 1/3 수준으로 물 부족 현상이 발생하여 당시 쌀 수확량이 평년 대비 37% 감소하였다. 80년대 이후에는 1982년에 가장 심한 가뭄이 발생하여 수확량이 174천³m³이 감소되었다(2012 가뭄 백서, 한국농어촌공사). 1965년 이후 주곡의 안정적 공급을

¹농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 (Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang, 50424, Korea)

²농촌진흥청 연구정책국 (Research Policy Bureau, RDA, Jeonju, 54875, Korea)

³경상대학교 (Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea)

[†]Corresponding author: Dongjin Shin; (Phone) +82-55-350-1185; (E-mail) jacob1223@korea.kr

<Received 9 July, 2015; Revised 18 February, 2016; Accepted 23 February, 2016>

위하여 농업용수개발사업을 통하여 저수지 확충과 수로 등 관개 시설을 꾸준히 정비하였다. 하지만 현재까지 국내 총 벼 재배 면적 984천ha 중 수리안전담은 788천ha (80.1%)이며, 이 중 농지개발시설의 설계기준년인 10년 빈도를 만족시키는 수리안전담은 약 520천ha (53%) 불과하다(2012 가뭄백서, 한국농어촌공사). 최근 2012년에 경기, 충남, 전남, 전북 등 서해안 지역의 가뭄으로 피해를 입은 80천ha도 수리불안전담이었다.

벼농사와 관련하여 발생하는 가뭄은 이양지연형과 생육장애형 가뭄으로 구분된다(Bouman *et al.*, 2001). 이양지연형 가뭄으로 이양이 늦어 육묘기간이 연장되면 모는 노화하고 심할 경우에는 아랫잎이 말라 죽고 절간신장이 되면서 불시출수의 원인이 된다. 생육장애형 가뭄은 생육 단계에 따라 다르게 가뭄의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 생육장애형 가뭄이 분얼기에 발생하면 벼 초장의 신장을 저해하고 분얼의 지연과 억제로 이삭수가 적어지며, 출수를 지연시켜 수량을 감소시킨다(Bouman *et al.*, 2001). 유수형성기의 가뭄 발생은 이삭당 영화수를 적게 하고 출수를 지연시키며, 특히 수잉기의 가뭄 발생은 영화 퇴화와 임실율 감소로 수량감소가 가장 크게 나타나는 것으로 알려져 있다(Bouman *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2006). 하지만 최근 육성된 벼 품종들에 대한 국내 재배환경에서 가뭄의 영향에 대한 정보는 부족한 실정이다. 본 연구는 기후변화 대응을 위해 최근 국내에서 널리 재배되고 있는 벼 품종들의 가뭄에 대한 재배 안정성을 증진시키기 위한 기초자료로 활용하고자 자연 강우에 의존한 수리불안전담 조건에서의 생육 및 수량변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 무관개 처리 방법

본 시험은 2013년 및 2014년 5월부터 10월까지 밀양지

역(N35°50')에 있는 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 수행되었다. 실험재료는 국립식량과학원에서 육성된 '새일미' 및 '일미', '주남', '일품', '신동진', '운광', '동진1호', '호품', '칠보', '오대' 품종과 국내 도입 품종인 '추청'을 이용하였다. 각 품종을 5월 1일 파종하고, 30일 유묘를 이용하여 재식거리 30×15 cm로 1주 1본으로 이양하였다. 대조구인 관개 조건은 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하여 재배하였고(Lee *et al.*, 2012), 인위적 가뭄 발생을 위한 수리불안전담 처리구는 이양 후 25일부터 본답에 농업용수를 배수하고 자연강우에 의존하여 각각의 품종을 재배하였다.

생육조사

초장은 이양 45일 후 각 품종별로 완전임의 선발한 30주를 이용하여 조사하였다(Lee *et al.*, 2012). 경수는 초장 조사 주에서 유효분얼 수를 조사하였다. 간장과 수장, 수수는 출수 후 25일경에 각 품종별로 완전임의로 선발한 30주를 조사하였다. 간장은 지상에서 최장간 이삭의 이삭목까지의 길이를 조사하였으며, 수장은 간장 조사 주에서 이삭목에서 이삭끝까지의 길이를 측정하였다. 수당립수와 천립중, 등숙비율은 3주씩 3반복으로 조사하였다. 수당립수는 이삭수에 총립수를 나누어 조사하였다. 등숙비율(%)은 염농도 1.04로 비중 수선한 후 완전 등숙립수를 총립수로 나누어 100%로 환산하였다. 천립중은 완전립 1,000립의 무게를 3반복으로 측정하였다. 쌀수량은 각 시험구에서 50주를 건조 후 정선하고 종자무게 및 수분 함량을 조사하고 10a당 수량으로 변환하여 분석하였다(Kim *et al.*, 2012).

기상자료 분석 및 통계분석

기상자료는 국립식량과학원 남부작물부가 위치한 밀양 지역의 기상청 기상자료를 이용하였다. 1981년부터 2010년 측정된 30년간 자료를 평균하여 평년자료로 이용하였다. 2014년 인위적 가뭄 처리(수리불안전담 조건) 기간 중

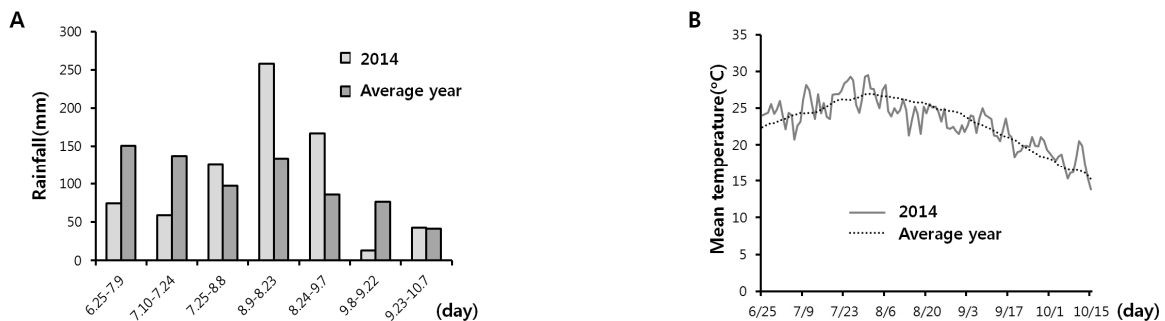


Fig. 1. Comparison of rainfall and daily mean temperature. A. Comparison of rainfall between 2014 and normal climate conditions. B. Change of daily mean temperature during drought stress treated period of 2014.

국립식량원 남부작물부가 위치한 밀양지역의 총강수량은 726 mm으로 30년 평년 총강수량인 722 mm와 비슷하였다. 하지만 분얼기인 6월 25일부터 7월 24일까지의 강수량은 평년보다 적었다. 시험 기간의 평균기온은 평년 수준으로 비슷하였다(Fig. 1).

통계분석은 SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하여 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

국내 재배 품종의 가뭄 저항성 검정

대부분의 수도는 재배화 과정에서 가뭄에 대한 저항성 형질이 사라진 것으로 알려져 있다(Atwell *et al.*, 2013; Nabholz *et al.*, 2014). 하지만 최근 기상이변으로 가뭄의 빈도가 증가됨에 따라 국내 육성 품종에 대한 내건성 형질에 대한 정보가 중요하게 대두되었다(Polthance *et al.*, 2014). 먼저 국내 품종의 가뭄 저항성 정도를 조사하기 위하여 ‘일미’와 ‘오대’, ‘호품’ 등 국내 주요 재배 품종 10종과 도입 품종 ‘추청’을 대조 품종으로는 국제미작연구소에서 가뭄 저항성 품종으로 알려진 ‘Apo’를 사용하였다(Venuprasad *et al.*, 2009). 국내 품종의 가뭄 저항성 정도를 조사하기 위하여 국립식량과학원 남부작물부에서 가뭄 저항성 생물 검정 방법에 따라 온실 조건에서 6주간 가뭄 처리 후 재관수하여 표현형 검정을 실시하였다. 가뭄 저항성 품종인 ‘Apo’는 가뭄 저항성 생물 검정 후에 잎의 생육이 회복되지만, 본 시험에서 공시한 국내 재배 품종들은 가뭄에 대한 저항성이 없는 것으로 조사되었다(Fig. 2). 이 결과는 국내에서 육성된 벼 품종들은 이상기온에 따른 가뭄에 대한 재배안정성이 부족하며, 쌀 생산성 또한 감소 될 것으로 사료된다.

수리불안전담에서의 벼 품종별 생육 특성 변화 분석

본 연구에서는 가뭄에 따른 국내 주요 재배 벼 품종인 ‘일미’, ‘호품’ 등 11개 품종의 생육 및 수량구성요소 특성 변이, 쌀수량 감소율을 조사하기 위해 이양 후 6월 25일부터 인위적으로 농업용수를 배수하고 수리불안전담과 유사한 자연강우에 의존하여 벼를 재배하였으며, 이를 수리불안전담 조건으로 정의하였다. 수리안전담은 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하여 재배하였다. 국립식량과학원 남부작물부 벼 시험포장이 위치한 밀양 지역에서 2013년에 예비 실험으로 생육 특성과 쌀수량을 분석 하였으며, 2014년에 본 실험으로 생육 및 수량구성요소, 쌀수량에 대해 조사하였다. 2013년 예비 실험과 2014년 본 실험간의 수리안전담과 수리불안전담 조건에서의 각각 간장의 상관관계는 $y=0.968x+10.334$, $r=0.730$ 과 $y=0.998x+3.676$, $r=0.781$ 이었다. 수장과 수수 등의 생육 특성도 $p<0.05$ 수준에서 2013년과 2014년의 실험이 통계적으로 유의하게 나타났다(Data not shown). 실험 기간 중 밀양지역의 총강수량은 평년 총강수량과 비슷하였으나, 분얼기인 6월 25일부터 7월 24일까지의 강수량은 평년보다 적었다(Fig. 1).

수리안전담 조건과 비교하여 수리불안전담 조건에서의 이양 45일 후의 초장(plant height)은 품종에 따라 1.6%에서 18.4%로 감소되었으며, 경수(tiller number)는 10.7%에서 33.1%로 품종에 따라서 감소율이 크게 차이를 나타내었다(Table 1). ‘일품’은 수리안전담 조건과 비교하여 수리불안전담 조건에서 초장 변화가 86.5 cm에서 85.1 cm로 감소율(1.6%)이 가장 적었으나, 경수는 10.5개에서 7.1개로 26%가 감소하였다. ‘새일미’는 수리안전담 조건과 비교하여 초장과 경수가 수리불안전담 조건에서 각각 10.2%, 10.7% 감소하였다. ‘오대’는 초장은 96.2 cm에서 78.5 cm로 17.7% 감소하였고, 경수는 12.1개에서 8.1개로 33.1% 감소하여 공시품종 중 수리불안전담 조건에서의 초기 재배안정성이

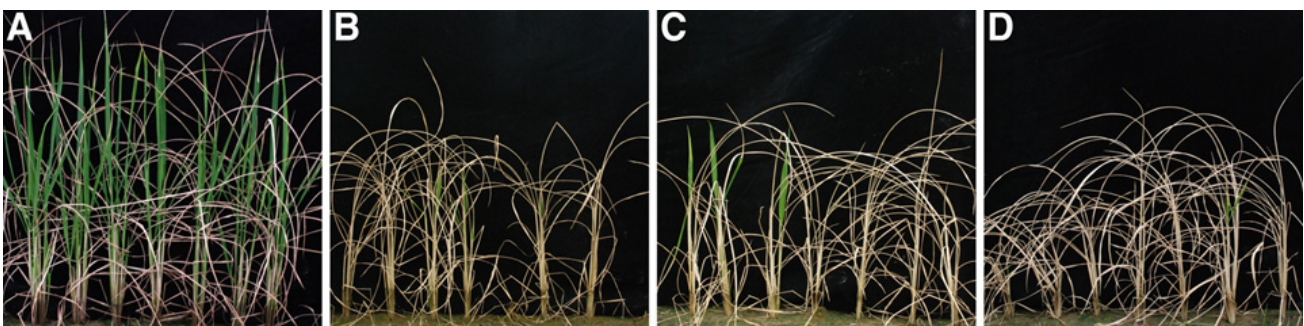


Fig. 2. Drought tolerancy of rice varieties. A. Apo. B. Chilbo. C. Junam. D. Saeilmi. Drought stress was treated for 6 weeks in the greenhouse conditions. Apo was used for drought tolerant check variety. Photograph was taken after rewatering for 1 week.

Table 1. Comparison of early plant height and tiller number under irrigated and rain-fed field conditions. Change rate means % of reduced height or tiller number in rain-fed field conditions.

Cultivar	plant height (cm)			Tiller number (no/plant)		
	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)
Unkwang	98.5 ± 3.37	83.8 ± 3.32	14.9	10.5 ± 1.63	7.1 ± 1.46	32.4
Odae	96.2 ± 2.82	78.5 ± 3.16	18.4	12.1 ± 2.30	8.1 ± 1.65	33.1
Chilbo	88.3 ± 2.49	74.3 ± 2.84	15.9	17.0 ± 2.94	12.5 ± 2.76	26.5
Hopum	86.7 ± 3.11	76.4 ± 3.26	11.9	13.3 ± 2.55	9.9 ± 1.72	25.6
Shindongjin	101.7 ± 3.74	92.4 ± 4.52	9.1	10.1 ± 1.80	8.3 ± 1.40	17.8
Chucheong	93.0 ± 4.30	83.4 ± 3.84	10.3	16.4 ± 2.76	11.9 ± 1.60	27.4
Junam	82.8 ± 2.97	77.2 ± 2.35	6.8	13.0 ± 2.85	10.5 ± 2.57	19.2
Ilmibyeo	88.6 ± 3.38	82.1 ± 3.44	7.3	14.2 ± 2.58	12.1 ± 2.64	14.8
Saeilmi	90.2 ± 3.64	81.0 ± 4.11	10.2	12.2 ± 2.19	10.9 ± 1.78	10.7
Dongjin 1	91.3 ± 3.71	85.4 ± 3.61	6.5	12.7 ± 1.49	8.7 ± 1.44	31.5
Ilpum	86.5 ± 2.47	85.1 ± 4.48	1.6	13.2 ± 2.04	9.7 ± 2.22	26.5

Table 2. Comparison of culm length and panicle length under irrigated and rain-fed field conditions. Change rate means % of reduced culm length and panicle length in rain-fed field conditions.

Cultivar	Culm length (cm)			Panicle length (cm)		
	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)
Unkwang	71.2 ± 3.00	63.7 ± 2.84	10.5	24.1 ± 1.06	21.9 ± 1.46	9.1
Odae	72.0 ± 2.50	61.4 ± 3.32	14.7	22.8 ± 1.45	20.3 ± 1.76	11.0
Chilbo	75.7 ± 3.15	67.5 ± 2.69	10.8	20.6 ± 0.86	18.5 ± 1.20	10.2
Hopum	66.2 ± 2.20	60.4 ± 2.37	8.8	22.3 ± 1.08	19.9 ± 1.40	10.8
Shindongjin	81.8 ± 3.36	77.3 ± 3.50	5.5	23.6 ± 1.45	21.4 ± 1.92	9.3
Chucheong	83.8 ± 2.86	75.5 ± 3.07	9.9	18.0 ± 2.06	18.0 ± 1.77	0.0
Junam	66.7 ± 3.12	64.2 ± 2.45	3.7	21.2 ± 1.30	21.2 ± 1.77	0.0
Ilmi	77.7 ± 2.17	71.7 ± 2.45	7.7	20.4 ± 1.13	18.9 ± 1.09	7.4
Saeilmi	78.4 ± 2.59	72.0 ± 2.51	8.2	20.9 ± 1.24	18.7 ± 1.44	10.5
Dongjin 1	79.9 ± 2.72	75.8 ± 2.94	5.1	20.6 ± 1.19	21.2 ± 1.91	+2.9
Ilpum	70.9 ± 2.55	67.2 ± 3.43	5.2	22.1 ± 1.47	20.6 ± 1.96	6.8

가장 떨어지는 것으로 조사되었다. 수리안전답 조건과 수리불안전답 조건에서의 초장과 경수 변화는 통계적으로 상관관계($p > 0.05$)가 없는 것으로 조사되었다. 이는 수리불안전답 조건에서 초장과 경수 변화는 각각의 품종에서 다른 가뭄 저항성 기작에 의해 기인한다고 추측되었다(Allah *et al.*, 2010).

공시 품종에 대한 후기 생육 특성으로 간장과 수장을 수리안전답 조건과 수리불안전답 조건에서 각각 비교 분석하였다. 수리불안전답 조건에서 공시품종의 간장(culm length)은 3.7~14.7%까지 감소하였다. ‘주남’과 ‘일품’은 간장의

변화가 각각 3.7%와 5.2%로 가장 낮게 나타났으나, ‘오대’와 ‘칠보’는 각각 14.7%, 10.8%로 수리불안전답 조건에서 간장이 가장 크게 감소하였다. 수리불안전답 조건에서 간장의 변화와 초장의 감소율간 상관관계는 $y = 0.59x + 2.16$, $r = 0.88$ ($p < 0.01$)로서 높게 조사되었다. 수장(panicle length)은 ‘추청’과 ‘주남’에서는 변화가 없었으며, ‘동진1호’는 수리불안전답 조건에서 수장이 2.9% 길어졌다. 하지만 이들 3품종을 제외한 ‘운광’, ‘오대’ 등 다른 품종들에서는 수장이 약 10%의 감소되는 것으로 조사되었다. 이들 생육 특성 분석 결과 초장과 경수는 가뭄에 대하여 민감하게 반응하

지만, 수장은 크게 영향을 받지 않는 것으로 추측되었다.

수리불안전답 조건에서의 품종별 수량구성요소 분석

공시 품종의 쌀수량 감소요인을 분석하기 위하여 수리안전답 조건과 수리불안전답 조건에서의 수량구성요소인 이삭수(panicle number), 수당립수(grain number per panicle) 등을 조사하였다. 식물체당 이삭수 감소는 품종에 따라 10.5%에서 30.1%로 각 품종의 경수 감소율과 비슷하게 조사되었다(Table 3). 경수 감소율과 이삭수 감소율의 상관관계는 $y=1.053x+2.78$, $r=0.995(p<0.01)$ 로 경수 감소율이 낮은 품종

인 ‘새일미’, ‘일미’의 이삭수 감소율은 약 11%로 적었으며, 경수 감소율이 큰 품종인 ‘운광’, ‘오대’, ‘추청’에서는 25%이상 크게 감소하였다. 이 결과 식물체당 이삭수 감소는 초기 생육의 경수 감소에 따른 결과라고 분석되었다.

수리불안전답 조건에서의 수당립수는 ‘동진1호’, ‘일품’, ‘새일미’에서 약 5%의 감소율을 보였지만 경수와 수수 감소율이 높았던 품종인 ‘운광’과 ‘오대’, ‘칠보’의 수당립수는 약 21%로 상당히 큰 폭으로 감소하였다(Table 3). 하지만 ‘주남’의 경우 수당립수가 감소하지 않고 오히려 증가하였다. 수리불안전답 조건에서 수장의 감소에 따라 수당립

Table 3. Comparison of panicle number and spikelet number under irrigated and rain-fed field conditions. Change rate means % of reduced panicle number and spikelet number in rain-fed field conditions.

Cultivar	Panicle number (no/plant)			Spikelet number (no/panicle)		
	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)
Unkwang	10.3	7.2	30.1	176	137	22.2
Odae	11.3	8.3	26.5	104	80	23.1
Chilbo	16.6	12.4	25.3	86	70	18.6
Hopum	12.2	9.6	21.3	128	106	17.2
Shindongjin	9.2	8.1	12.0	130	120	7.7
Chucheong	15.6	12.0	23.1	94	79	16.0
Junam	12.3	10.2	17.1	113	119	-5.3
Ilmi	13.3	11.9	10.5	125	115	8.0
Saeilmi	11.4	10.1	11.4	121	113	6.6
Dongjin 1	12.1	8.8	27.3	126	123	2.4
Ilpum	12.4	10.0	19.4	127	119	6.3

Table 4. Comparison of grain filling rate and 1,000 seeds weight under irrigated and rain-fed field conditions. Change rate means % of reduced panicle number and spikelet number in rain-fed field conditions.

Cultivar	Grain filling rate			1,000 seeds weight		
	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)	Irrigated	Rain-fed	Change rate (%)
Unkwang	67.5	79.0	17.0	22.7	22.1	2.6
Odae	87.4	91.3	4.5	24.6	24.6	0.0
Chilbo	92.8	89.2	-3.9	21.3	21.5	-0.9
Hopum	84.9	92.7	9.2	22.9	22.8	0.4
Shindongjin	84.8	86.9	2.5	26.7	26.7	0.0
Chucheong	94.6	94.7	0.1	20.6	20.8	-1.0
Junam	88.9	92.3	3.8	23.5	22.8	3.0
Ilmi	89.8	95.0	5.8	21.6	21.0	2.8
Saeilmi	89.6	90.6	1.1	20.9	20.6	1.4
Dongjin 1	88.7	88.7	0.0	20.1	20.1	0.0
Ilpum	76.5	83.0	8.5	21.1	21.5	-1.9

수 감소가 발생할 가능성을 고려하여 수장 감소율과 수당립수 감소율간의 상관관계를 분석하였으나 통계적으로 유의성($p>0.05$)은 나타나지 않았다.

수량구성요소 중 등숙률(grain filling rate)과 천립중(1,000 seeds weight)의 경우 수리불안전답 조건에 따른 영향이 상대적으로 적었다(Table 4). 등숙률의 경우 수리불안전답 조건에서 전체적으로 약간 증가하는 경향으로, 이는 수수 감소와 수당립수 감소에 따라 등숙률이 증가 된 것으로 추측되었다. 천립중은 수리안전답 조건과 수리불안전답 조건에서 비슷하게 나타났다.

수리불안전답 조건에서의 품종별 쌀수량 및 쌀수량 감소 요인 분석

수리불안전답 조건에서 쌀수량은 각 품종에 따라 감소율이 크게 차이를 나타내었다. 쌀수량 감소가 가장 적은 품종은 ‘새일미’로 수리안전답 조건에 비해 수리불안전답 조건에서 쌀수량이 9.9% 감소하였다(Table 5). 다음으로 ‘주남’과 ‘일미’, ‘일품’의 쌀수량이 약 12% 감소하였다. 수리불

Table 5. Comparison of rice yield under irrigated and rain-fed field conditions. Change rate means % of reduced rice yield in rain-fed field conditions.

Cultivar	Rice yield (kg/10a)		
	Irrigated (kg/10a)	Rain-fed (kg/10a)	Change rate (%)
Unkwang	452	351	22.3
Odae	438	292	33.3
Chilbo	514	357	30.5
Hopum	571	419	26.6
Shindongjin	537	460	14.3
Chucheong	529	413	21.9
Junam	551	490	11.1
Ilmi	566	500	11.7
Saeilmi	534	481	9.9
Dongjin 1	561	421	25.0
Ilpum	472	411	12.9

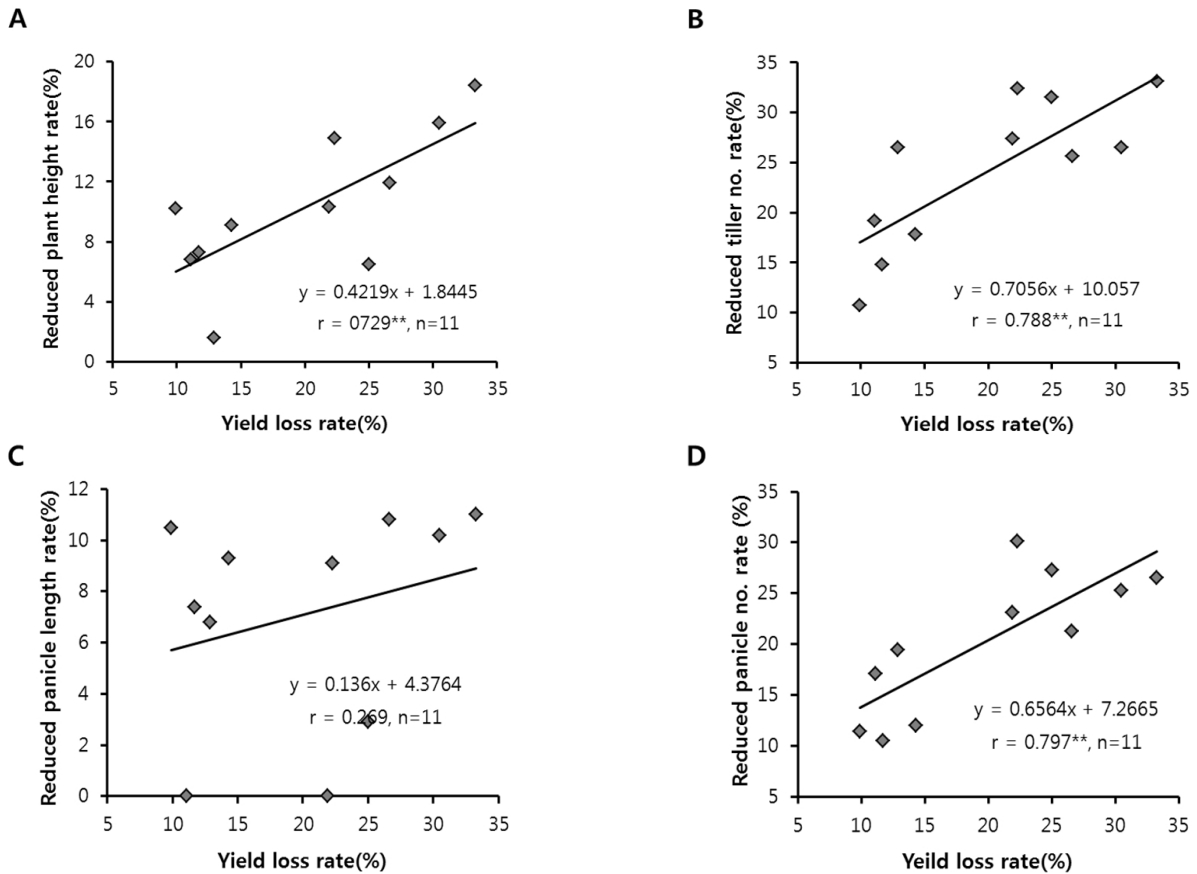


Fig. 3. Correlation of rice yield loss with panicle number, plant height, tiller number, and panicle length, respectively. **:Statistically significant at P=0.01 probability level.

안전답 조건에서 쌀수량 감소가 큰 품종으로는 ‘오대’와 ‘칠보’, ‘호품’, ‘동진1호’로 약 29% 쌀수량이 감소하였다. 이와 더불어 수리불안전답 조건과 수리불안전답 조건에서 수확된 현미를 이용하여 품질에 관련된 심복백, 아밀로스 함량 등을 조사하였다. 하지만 품종간의 품질에 대한 특성 차이는 있었으나, 품종 내에서 가뭄 처리에 의한 품질 변화는 유의하게 관찰되지 않았다(Data not shown). 이 결과는 국내 가뭄에 의하여 쌀수량은 감소하지만 품질에는 크게 영향이 없다는 것을 알 수 있었다.

수리불안전답 조건에서 쌀수량의 감소 요인을 분석하기 위하여 생육특성과 수량구성요소간의 상관관계를 분석하였다. 생육 특성인 초장과 경수, 경수의 감소율과 쌀수량 감소율 간의 상관관계는 모두 $r=0.7$ 이상으로 0.01 수준에서 유의하게 분석되었다(Fig. 3). 수량구성요소 중 이삭수와 수당립수는 쌀수량 감소율과의 상관관계에서 각각 $y=0.9691x+0.2203$, $r=0.7976$, $y=0.6811x+12.352$, $r=0.7265$ 로 0.01 수준에서 유의하게 나타났다(Fig. 3). 하지만 수리불안전답 조건에서 수장 및 등숙률, 천립중 감소율과 쌀수량 감소율 간의 통계학적 상관관계는 유의성이 나타나지 않았다(Data not shown). 이 결과는 국내 벼 재배환경 조건에서의 가뭄에 따른 쌀수량 감소는 초기 생육부진에 따른 경수와 초장의 감소 때문인 것으로 판단되었다. 따라서 수리불안전답에서는 이앙 후 초기 생육 시기에 물 관리를 철저히 하여야 할 것이다.

수리불안전답에서의 생육 특성 및 수량구성요소, 쌀수량 변화 결과를 종합적으로 분석하면 상대적으로 가뭄에 대한 재배안정성이 높은 품종으로는 ‘새일미’, ‘주남’, ‘일미’, ‘일품’, ‘신동진’이며, 재배안정성이 낮은 품종은 ‘추청’, ‘운광’, ‘동진1호’, ‘호품’, ‘칠보’, ‘오대’였다. 가뭄에 대한 재배안정성이 높은 품종들의 수리불안전답에서의 쌀수량은 ‘일미’, ‘주남’, ‘새일미’, ‘신동진’, ‘일품’ 품종 순으로 각각 500 kg/10a, 490 kg/10a, 481 kg/10a, 460 kg/10a, 411 kg/10a으로 조사 되었다. ‘일미’와 ‘새일미’ 품종은 최근에 육성된 고품질 벼 품종으로 재배 적응지역은 영호남 평야지이며, ‘일품’의 재배 적응지역은 중부평야지와 남부내륙중간지대로서 상습적으로 물부족이 발생하는 수리불안전답에서는 재배지역을 고려하여 상대적으로 쌀수량 감소가 적은 ‘일미’와 ‘새일미’, ‘일품’을 재배하는 것이 유리 할 것으로 사료된다.

적 요

국내 가뭄 조건에서의 벼 품종별 재배안정성을 평가하기 위한 인위적인 가뭄 처리 조건(수리불안전답 조건)에서 생

육 특성과 쌀수량 조사하고 쌀수량 감소 요인을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 수리불안전답 조건에 의한 경수 및 이삭수 감소율은 품종에 따라 각각 10.7%에서 33.1%와 10.5%에서 30.1%였으며, 공시품종 중 ‘새일미’, ‘일미’가 경수 및 이삭수 변화가 적었으며, ‘오대’와 ‘운광’, ‘추청’ 품종에서 경수와 이삭수 감소가 크게 나타났다.
2. 수리불안전답 조건에서의 쌀수량은 품종에 따라 수리불안전답 조건보다 9.9%에서 33.3% 감소하였으며, 쌀수량 감소가 적은 품종은 ‘새일미’와 ‘주남’, ‘일미’였으며, 감소율이 큰 것으로 조사된 품종은 ‘오대’와 ‘칠보’, ‘호품’ 등 이었다.
3. 수리불안전답 조건에 의한 생육초기 경수 발달 부진과 이의 영향에 의한 이삭수 감소가 쌀수량 감소에 가장 큰 영향을 준 것으로 분석되었다.
4. 본 연구에서 수리불안전답 조건에서의 쌀수량 감소를 분석한 결과, 국내 기상조건에서 발생할 수 있는 가뭄은 생육후기보다 생육초기의 경수 발달에 크게 영향을 주는 것으로 확인되었다.

따라서 농업용수 공급이 원활하지 않는 수리불안전답의 경우 가뭄에 대비하기 위하여 ‘새일미’와 ‘일미’, ‘일품’ 품종 같은 가뭄에 대한 재배안정성이 우수한 품종을 재배하는 것이 적당하다고 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 기후변화 대비 벼 내건성 QTL 탐색 및 중간모본 개발, 세부과제번호 : PJ01112703)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Allah, A. A. A., M. H. Ammar, and A. T. Badawi. 2010. Screening rice genotypes for drought resistance in Egypt. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 2 : 205-215.
- Atwell, B. J., H. Wang, and A. P. Scafaro. 2013. Could abiotic stress tolerance in wild relatives of rice be used to improve *Oryza sativa*? *Plant Sci.* s215-216 : 48-58.
- Bouman, B. A. M. and T. P. Tuong. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*. 49 : 11-30.
- Kim, S. Y., S. H. Oh, J. Y. Lee, U. S. Yeo, J. H. Lee, J. H. Cho, Y.

- C. Song, M. K. Oh, S. I. Han, W. D. Seo, K. C. Jang, J. E. Na, S. T. Park, and M. H. Nam. 2012. Differential Sensitivity of Rice Cultivars to HPPD-Inhibiting Herbicides and their Influences on Rice Yield. *Korean J. Crop Sci.* 57 : 160-165.
- Lee, J. H., J. H. Cho, S. Y. Kim, J. Y. Lee, C. S. Kim, U. S. Yeo, Y. C. Song, Y. B. Sohn, M. K. Oh, H. W. Kang, and M. H. Nam. 2012. Correlation analysis between head rice ratio and agronomic traits in RILs for developing A promising rice cultivar adaptable to the early-transplanting cultivation. *Korean J. Crop Sci.* 57 : 1-6.
- Lee, J. H., J. W. Seo, and C. J. Kim. 2012. Analysis on trends, periodicities and frequencies of Korean drought using drought indices. *J. Korea Water Resour. Assoc.* 45 : 75-89.
- Liu, J. X., D. Q. Liaoa, R. Oanea, L. Estenora, X. E. Yangb, Z. C. Lic, and J. Bennetta. 2006. Genetic variation in the sensitivity of anther dehiscence to drought stress in rice. *Field Crops Research.* 97 : 87-100.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea Rural Community and Agriculture Corporation. 2012. Statistical yearbook of land and water development for agriculture 2012. 29-287.
- Nabholz, B., G. Sarah, F. Sabot, M. Ruiz, H. Adam, S. Nidelet, A. Ghesquière, S. Santoni, J. David, and S. Glémin. 2014. Transcriptome population genomics reveals severe bottleneck and domestication cost in the African rice (*Oryza glaberrima*). *Mol Ecol.* 23 : 2210-2227.
- Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 101(27) : 9971-9975.
- Polthanee, A., A. Promkhumbut, and J. Bamrungrai. 2014. Drought impact on rice production and farmers' adaptation strategies in Northeast Thailand. *International Journal of Environmental and Rural Development* 5 : 45-52.
- Rosenzweig, C. and M. L. Parry. 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367 : 133-138.
- Venuprasad, R., C. O. Dalid, M. Del Valle, D. Zhao, M. Espiritu, M. T. Sta Cruz, M. Amante, A. Kumar, and G. N. Altin. 2009. Identification and characterization of large-effect quantitative trait loci for grain yield under lowland drought stress in rice using bulk-segregant analysis. *Theor. Appl. Genet.* 120 : 177-190.
- William, M. A. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *J. Climate Appl. Meteor.* 23 : 1100-1109.