

중산간지에서 냉수처리가 벼 품종의 생육과 수량에 미치는 영향

박규환*, 박대규, 정도철, 김경민¹
상주대학교 식물자원학과, ¹상주대학교 환경원예학과

Effect of Cold Water Irrigation on the Growth and Yield Characters of Rice Varieties at Mid-mountains Area

Gyu Hwan Park*, Dae Gyu Park, Do Cheol Jung and Kyung Min Kim¹

Department of Plant Resources, Sangju National University, Sangju, 742-711, Korea

¹Department of Environmental Horticulture, Sangju National University, Sangju, 742-711, Korea

Abstract - This study was conducted to obtain the basic information on rice cold damage and relationship to be connected with cold tolerance. The 20 rice varieties were screened to cold tolerance under low water temperature condition. The water gradient were controlled to 17°C at the inlet and 21°C at outlet of screening field. In the relationship between cold water irrigation and growth of rice varieties, effect on medium maturing cultivars were higher than early maturing cultivars. In relationship of shorting of culm length and panicle exertion, culm length and panicle exertion showed positive correlation. Yield of cultivars and culm length and percent of fertile grain showed positive correlation. However, heading date presented negative correlation. In the early maturing cultivars, except 'Kumobyeo', all cultivars range of discoloration value (1-3) was resistant. In the medium maturing cultivars, 'Donghaebyeo' was resistant in both the seedling stage whereas 'Hwajinbyeo' was resistant only in tiller stage. Cold water irrigation reduced spikelet number per panicle and percent of filled grain. Unhulled rice yield was increased according to water temperature gradient from inlet to outlet. There was varietal differences in head rice recovery by cold water treatment.

Key words - Rice, Cold tolerance, Irrigation, Yield characters

서 언

벼는 열대성 작물로서 생육적온은 30~32°C이다. 그러나, 우리나라와 같은 생육기간이 다소 짧은 온대지방에서 벼를 재배할 때는 생육기간을 연장하기 위하여 봄의 저온기에 보온못자리에서 육묘하여 5월 하순부터 6월 중순까지 이앙하는 것이 보통이다. 이앙한 후 초기에 기온이 생육 적온보다 낮을 때는 생육이 다소 억제되기도 하지만 6, 7, 8 월에는 기온이 충분히 높으므로 생육 중에 이상저온이 오지 않으면 정상적으로 생육하여 개화 결실한다. 그러나, 이앙이 6월 하순보다 늦어지면 이앙 후에 수온이 너무 높아 활착이 지연되기도 하고, 불임률과 등숙비율이 낮아지며, 미립에 심백, 복백이 증가하여 품질이 나빠진다 (Lee *et al.*, 1990). 그리고, 생육기간이 짧으므로 출수가 늦어지면 가을에 오는 저온으로 벼가 잘 익지 못하여 수량이 떨어지기도 한다.

벼의 건물 생산은 약 95%는 광합성 산물이고, 광합성은 잎에서 이루어진다. 그러나, 기온이 벼의 생육과 광합성에 적당하더라도 수온이 낮으면 뿌리의 온도가 낮아져 뿌리의 발달이 나빠지고, 따라서 양분, 수분의 흡수가 감소하며, 뿌리에서 합성되는 생장호르몬이 원활히 공급되지

않아 생육이 불량하고, 여러 가지 피해를 받는다. 기온은 알맞으나 수온이 낮을 때 벼가 받는 피해는 잎의 갈변, 분얼억제, 출수지연, 간장단축, 이삭수와 영화수 감소, 불임률과 등숙률 저하, 수량 감소 등 다양하다 (Kim *et al.*, 1989; Ahn, 1993; Yea, 1995; Oh, 1981; Yun *et al.*, 1991; Cho and Heu, 1983; Chae *et al.*, 1980; Choi *et al.*, 1986; Choi, 1986; Choi and Hwang, 1986). 그러나, 냉수를 관개하였을 때 냉해의 정도는 수온, 낮은 수온이 지속되는 기간, 관개회수 등 여러 가지 요인에 따라 다르므로 피해정도를 객관적으로 평가하기는 어렵고 냉해 정도는 많은 요소들의 복합적인 상호작용의 결과이며 특히 중산간 지역은 환경조건의 변이가 커서 재현성이 높은 결과를 얻기가 쉽지 않다. 또한 계절변이와 연차변이를 제거하지 못하고 어느 정도의 냉해 인지를 표시하지 못하는 단점이 있다. 벼의 생육초기 수구 가까운 곳에서는 냉해를 받을 가능성이 있다. 그러나, 기온이나 지온이 관개수 온도보다 높을 때는 수로를 흐르는 동안 수온이 올라갈 수 있고, 냉수를 논에 관개하면 수온이 올라가므로 냉수관개의 피해는 관개회수, 일기, 논 크기 등에 따라 그 피해정도가 달라진다 (Ahn, 1993; Cho and Heu, 1983; Graham and Patterson, 1982). 벼에 냉해를 유발하는 수온은

*교신저자(E-mail) : ghpark@sangju.ac.kr

주/야간 같은 저온을 유지할 때는 19°C 이하로 알려져 있지만(Choi *et al.*, 1986; Choi, 1986; Choi and Hwang, 1986), 주간온도가 높을 때는 야간온도가 낮아도 생육에는 큰 지장이 없으며 생육에 알맞은 주/야간 수온은 약 30/20°C이라고 한다(Chae *et al.*, 1980). 냉수관개가 벼의 생육과 수량에 미치는 영향을 시험할 때는 대부분은 탕에서 나오는 물이나 지하수를 이용하여 13~19°C의 물을 일정 생육기간 관개하여 시험한다. 수온이 낮은 물을 논에 관개하더라도 기온이 높고, 일사량이 많으면 논에서 곧 수온이 상승하는데 그 정도는 기온과 수심에 따라 다르다. 관개수의 수위를 5cm로 유지하였을 때 13°C의 냉수를 계속 흘려가게 하여도 저온이 유지되는 것은 수구 가까운 곳이며, 잎이 무성하지 않은 영양생장기에는 수구에서 20cm인 곳에서는 기온에 의한 수온 상승률이 51%, 수구에서 4.3m 떨어지면 81%로 수온이 기온에 가까워지며, 8.7m 떨어진 곳에서는 107%로서 기온보다 수온이 더 높아진다(Yun *et al.*, 1991). 그러나 심수 처리하거나 물이 흘러가는 길이가 짧으면 낮은 수온은 더 오래 동안 유지된다. Kim *et al.*(1989)은 19°C의 냉수를 계속 심수처리 하였을 때 발생하는 장해는 출수지연, 간장단축, 藥의 기형, 화분수 감소이며, 수량은 품종에 따라 대부분이 자연구의 20~60%에 불과하였다고 한다. 그리고, Ahn(1993)의 보고에 의하면 17°C의 냉수를 계속 흘려가게 하였을 때 수구로부터 3~6m에서는 수구와 수량이 비슷하였지만 자연구에 비하여 수량은 크게 감소하였고 수구에서 9~12m 떨어진 지점에서도 자연구보다 수량이 다소 감소하였다.

따라서 본 연구는 우리나라 주요 벼 품종의 냉수관개 시 몇가지 생육 및 임실비율을 수구, 중구, 배수구, 자연구로 구분 조사하여 주요 벼 품종의 내냉성 정도의 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 2000년도에 해발 285m의 중산간지역에 위치한 영남농업시험장 상주출장소(작물연구실)의 내냉성 검정시험포장에서 실시하였다.

공시품종

공시품종은 조생종인 '소백벼' 등과 중생종인 '화성벼' 등 20품종을 사용하였다. 종자는 1999년 영남농업시험장 상주출장소에서 증식한 종자를 사용하였다.

재배법

재배관리는 농촌진흥청 표준 재배법에 따라서 실시하였는데 4월 20일에 파종하고 보온절충못자리로 육묘하여 5월 23일에 30×12cm로 주당 1본씩 이앙하였다. 이앙방법은 수구로부터 9m 거리에 품종당 1열 75주씩 이앙하였으며 시비량은 N-P-K = 11-6.4-7.8로 하였다. 이때 P와 K는 전량기비로 사용하였으며 N는 60 : 40으로 분시하였다.

냉수처리

냉수처리는 이앙 후 25일부터 성숙기까지 지하수(연중 13°C)를 전기양수기로 끌어 올려 분산관(수온조절용)을 거쳐 관개하여 냉수 유입구의 수온을 17°C±1°C, 중구의 수온은 19°C±1°C, 배수구의 수온은 21°C±1°C로 유지하였으며, 수심은 5cm가 되게 냉수 계속 흘러대기를 하였다.

생육조사

생육조사는 농촌진흥청 표준조사방법에 준하여 출수기, 적고현상, 간장, 수장, 수수, 수당립수, 추출도, 임실비율, 5주수량 등을 조사하였으며 냉해정도를 파악하기 위해 설정한 간장단축지수(reduction index of culm length), 수장단축지수(reduction index of panicle length), 주당수수감소지수(reduction index of panicle No./hill), 수당립수감소지수(reduction index of spikelet No./panicle), 임실율 감소지수(reduction index of spikelet fertility), 수량감소지수(reduction index of grain yield) 등은 지연 감소정도를 배수구 대비 냉해 유입구의 상대적 백분율로 나타내었으며 적고정도는 9점 척도(9-point scale)로 표시하였다. 적고정도는 유평기와 분얼기(이앙 후 25일)에 조사를 실시하였다.

결과 및 고찰

기상상황

본 시험을 수행한 중산간지대(경북 상주시 화서면 달천리, 표고 285m)의 2000년도 기상을 평년(1995~1999)과 비교하여 보면 Table 1과 같다. 벼 생육단계별로 나누어 살펴보면, 못자리기간(4/중~5/중)의 평균기온은 평년보다 0.7°C 낮고 일조시수도 19시간 작았으며 강수량도 47mm 더 적었다. 영양생장기(5/하~7/상)의 평균기온은 20.3°C로 평년보다 1.6°C 가량 높았고 일조시수는 평년에 비해 24시간 많았으며 강수량은 6mm 더 적었다. 생식생장기 이후 출수기(7/중~8/상)까지의 평균기온은 23.9°C로 평년보다 0.5°C 가량 높게 경과 하였고 일조시수는 평년에 비해 19시간 많았으며 강수량은 350mm로 평년보다 150mm 더 많았다. 등숙기간(8/중~9/중)의 평균기온은 20.9°C로 평년과 같았고 일조시수는 평년에 비해 7시간 적었으며 강수량은 533mm로 평년보다 204mm 더 많았다.

냉수관개가 수도 생육에 미치는 영향

냉수처리에 의한 벼품종의 출수지연의 정도는 Table 2에서 나타낸 바와 같다. 조생종의 경우 자연구에 비하여 17일정도 지연되었으며 배수구에서도 6일이 지연되었다. 중생종의 경우 수구에서는 20일 자연구에서는 9일정도 지연이 되어 조생종보다 출수지연이 크게 나타났다. 품종별로 보면 조생종인 '상주벼'와 '신운봉벼', '중화벼'는 각각 10일, 13일, 15일 출수가 지연되었으며 남부 평야지에서 주로 재배되는 중생종 품종인 '화성벼', '화진벼'는 각각 21일, 22일 정도 출수

Table 1. Meteorological observation at Hwaseo, Sangju city in 2000

Section		Mean air temp. (°C)		Sunshine dur. (hrs.)		Rainfall (mm)	
Month	Period	2000	'95-'99	2000	'95-'99	2000	'95-'99
4	First	8.2	6.6	98.7	75.0	7.5	49.1
	Middle	10.6	10.3	89.9	91.6	42.0	16.1
	Later	11.1	13.7	79.0	90.2	5.0	18.1
5	First	14.5	14.5	93.8	86.2	5.0	36.2
	Middle	14.0	14.8	69.9	83.8	6.0	35.1
	Later	17.6	15.3	101.3	102.6	44.5	13.4
6	First	18.1	17.7	91.8	88.3	26.0	36.2
	Middle	21.3	19.4	102.5	92.2	0.0	49.3
	Later	20.4	20.1	56.9	76.7	220.4	104.8
7	First	24.0	21.0	104.3	72.9	16.3	109.3
	Middle	24.1	21.6	76.1	76.6	51.0	49.6
	Later	23.8	23.9	95.0	82.3	260.7	55.8
8	First	23.7	24.8	84.9	78.2	38.5	95.0
	Middle	24.4	23.3	85.4	82.9	60.0	152.9
	Later	22.8	21.3	75.2	66.1	191.9	113.0
9	First	20.4	20.3	71.6	79.0	48.2	36.9
	Middle	16.0	18.5	67.5	79.5	233.0	26.7
	Later	16.5	16.0	77.3	69.1	1.0	73.4
10	First	15.7	13.8	74.6	76.0	3.0	16.3
	Middle	10.3	11.9	79.4	73.6	0.0	18.1
	Later	11.6	9.7	56.4	73.5	0.0	17.2

가 지연되어 중생종 품종이 조생종 품종 보다 냉수처리에 의한 출수지연이 더 크게 나타났다. Yea(1995)에 의하면 냉수처리에서 분얼기가 감수분열기 보다 출수가 더 지연이 되었다고 보고 한 바 있다. 이렇게 냉수관개 시 모든 품종에서 출수지연이 되는 원인을 생각해 보면 이

양 후 분얼기에는 생장점이 수중에 있기 때문에 직접 냉수온의 영향을 받아 출수가 지연 되었을 것으로 생각된다. 그러므로 이러한 품종을 재배할 경우 이양 후부터 유수형성이 되기 전까지의 분얼기에 낮은 수온으로 인한 냉해가 예상될 때는 냉해 저항성 품종선택, 분산관등을

Table 2. Delay of heading with cold water irrigation at different position in rice varieties

Division	Cultivars	Heading date (month.day)			Delay (c-a) (days)
		Control (a)	Out-let (b)	In-let (c)	
Early mature	Sobaegbyeo	8.02	8.04	8.22	20
	Jinbuoelbyeo	7.31	8.06	8.18	18
	Odaebyeo	8.07	8.13	8.25	18
	Unbongbyeo	8.03	8.08	8.18	15
	Kumobyeo	8.06	8.14	8.23	17
	Jinbuchalbyeo	8.01	8.06	8.18	17
	Jinbubyeo	7.31	8.07	8.16	16
	Sinunbongbyeo	8.04	8.15	8.17	13
	Sangjubyeo	8.06	8.10	8.16	10
	Dunnaebyeo	8.03	8.08	8.20	17
	Namweonbyeo	7.31	8.10	8.19	19
	Sangsanbyeo	8.09	8.17	8.27	18
	Sambaegbyeo	8.14	8.21	9.04	21
	Samchenbyeo	8.01	8.09	8.18	17
	Junghwabyeo	8.10	8.15	8.25	15
	Undubyeo	7.23	7.29	8.07	15
	Jinmibyeo	8.16	8.20	9.05	20
	Mean	8.04	8.10	8.17	13
Medium mature	Hwaseungbyeo	8.16	8.27	9.07	22
	Hwajinbyeo	8.21	8.29	9.11	21
	Donghaebyeo	8.17	8.27	9.03	17
	Mean	8.18	8.28	9.07	20

Table 3. Culm length to treated with cold water different positions to rice varieties

Division	Cultivars	Culm length (cm)				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	52.2	63.2	66.0	69.4	75.2
	Jinbuoelbyeo	52.8	58.2	61.6	67.0	78.8
	Odaebyeo	55.4	64.6	68.6	75.2	73.7
	Unbongbyeo	55.8	60.4	64.0	75.2	74.2
	Kumobyeo	53.8	59.2	63.8	76.0	70.8
	Jinbuchalbyeo	67.0	75.2	80.0	88.8	75.5
	Jinbubyeo	59.4	64.4	68.2	83.8	70.9
	Sinunbongbyeo	50.6	57.6	61.6	75.4	67.1
	Sangjubyeo	50.2	58.4	63.4	72.6	69.1
	Dunnaebyeo	51.8	57.4	63.0	77.2	67.1
	Namweonbyeo	59.2	65.2	69.4	86.2	68.7
	Sangsanbyeo	48.0	60.0	63.4	76.2	63.0
	Sambaegbyeo	42.6	50.6	59.0	70.2	60.7
	Samchenbyeo	49.4	61.2	69.2	77.6	63.7
	Junghwabyeo	58.2	69.2	74.6	87.4	66.6
Undubyeo	59.6	62.0	73.0	77.2	77.2	
Jinmibyeo	45.4	62.6	68.4	76.6	59.3	
	Mean	53.6	61.7	66.9	77.2	69.4
Medium mature	Hwaseungbyeo	52.0	63.0	71.2	84.0	61.9
	Hwajinbyeo	49.6	65.8	73.6	86.4	57.4
	Donghaebyeo	47.0	50.4	68.2	75.4	62.3
	Mean	49.5	59.7	71.0	81.9	60.5

이용한 수온 상승책, 유기물의 공급이나 보리재배 등 논의 물 침투량을 줄일 수 있는 포장관리방법 등이 필요하다.

냉수처리에 의한 시험구별 간장신장과 이삭추출도의 품종간 반응을 보면 Table 3, 4와 같다. 조생종 및 중생종에 관계없이 냉수처리에 의해 간장이 모두 단축되었으며 조생종의 경우 냉수유입구인 수구에서 평균 53.6cm로 간장단축 지수가 약 70%정도였으며 중생종의 경우는 간장이 수구에서 평균 49.5cm로 간장지수가 60%정도로 중생종이 조생종에 비해 약 10%정도 간장이 크게 단축되었다.

조생종 중에서도 '진부올벼', '운두벼', '소백벼'는 간장의 단축이 적게 나타났다. 이삭추출도의 경우에도 조생종 및 중생종 모두 냉수유입구인 수구에서 이삭추출이 억제되었으며 평균 -1.8cm 및 -5.1cm로 크게 억제되었으며 중생종이 조생종에 비해 그 정도가 훨씬 크게 나타났다. 조생종중 진부올벼와 '소백벼'의 경우에는 냉수처리시 수구, 중구, 배수구에서 자연구에 비해 전혀 차이가 없었다. 이러한 결과는 Oh(1981)의 보고와 같은 경향이였다. 냉수처리시 중생종의 경우 조생종 보다는 간장의 신장이 위축되었으며 추출도도 떨어졌다.

또한 냉수에 의한 간장단축정도는 품종별 생장점 위치와 수위에 따라 간장단축률이 달라진다고 보고하였다(Oh, 1981). '삼천벼'의 경우 생장점 위치가 다른 품종에 비해서 높기 있어 냉수피해가 적게 나타난 것으로 생각된다.

냉수 처리에 따른 각 시험구별 수장, 수수, 수당립수의 품종간 차이는 Table 5, 6, 7과 같다. 수장의 경우 모든 조생종과 중생종 품종이 수구, 중구, 배수구에서 자연구의 0~25% 정도로 단축되었으며 수구에

서 중구, 배수구로 갈수록 수량의 감소 정도가 적었다. 조생종의 경우는 냉수유입구에서 단축지수가 평균 91.2%, 중생종의 경우 평균 79.1%로 중생종이 조생종에 비해 수장이 약 12%정도 크게 단축되었다. 수수의 경우 냉수유입 지점에 관계없이 그 수가 자연구와 비슷하였으나 중생종의 경우 냉수유입지점에 따른 차이는 없으나 자연구에 비해 냉수 처리시 오히려 수수가 많은 경향을 나타내었다.

수당립수의 경우 조생종에서는 냉수유입구인 수구에서 수당립수가 평균 102개로 자연구에 비해 약 30립정도 크게 감소되었으나 중구 배수구에서는 약 120개 정도로 자연구에 비해 약 10립정도 감소되었고 수구에서의 수당립수 감소지수는 79.1%를 나타냈다. 중생종에서는 냉수유입지점에 따른 차이는 크게 없었으나 냉수처리시 자연구에 비해 수당립수가 약 30~40립정도 크게 감소되었고 수구에서의 수당립수 감소지수는 73.6%를 나타내어 중생종이 조생종에 비해 냉수처리에 의한 수당립수의 감소가 크게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 냉수관개시 sink관련 형질중 수수는 냉수에 크게 영향을 받지 않으나 수장과 수당립수의 감소가 크게 나타나 이로 인해 전체수량이 크게 감소될 것으로 생각된다.

냉수처리에 의한 시험구별 품종간 입실율은 Table 8과 같다. 조생종의 경우 입실율의 감소지수가 냉수유입구인 수구에서 약 46%, 중생종의 경우는 약 28%로 조생종이 중생종에 비해서 수구와 중구에서 입실율이 높게 나타났으며 배수구에서는 비슷하게 나타나는 경향이였다. 입실율의 경우 냉수유입에 따라서 수구, 중구, 배수구 지점별 차이가 뚜렷하게 나타났으며 품종별로 보면 조생종인 '삼백벼', '상산벼'와 중

Table 4. Panicle exertion to treated with cold water different position to rice varieties

Division	Cultivars	Panicle exertion (cm)				d-a (cm)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	-1.4	-2.0	-2.6	-1.2	0.2
	Jinbuoelbyeo	-1.8	-2.2	-2.0	-1.8	0.0
	Odaebyeo	-1.0	3.2	1.0	4.2	5.2
	Unbongbyeo	-2.8	1.0	-0.2	3.4	6.2
	Kumobyeo	-2.8	1.2	1.8	5.8	8.6
	Jinbuchalbyeo	-0.2	0.6	2.2	6.4	6.6
	Jinbubyeo	-0.4	1.2	1.0	2.6	3.0
	Sinunbongbyeo	-2.4	-2.2	-0.2	2.2	4.6
	Sangjubyeo	-2.2	-0.2	0.4	3.2	5.4
	Dunnaebyeo	-1.0	1.0	-1.0	3.2	4.2
	Namweonbyeo	0.0	0.4	0.6	3.6	3.6
	Sangsanbyeo	-2.8	4.0	1.0	6.4	9.2
	Sambaegbyeo	-5.2	-1.0	1.6	4.6	9.8
	Samchenbyeo	-2.0	1.2	0.8	3.2	5.2
	Junghwabyeo	-1.2	4.0	3.8	3.8	5.0
	Undubyeo	-0.4	1.0	1.8	3.0	3.4
	Jinmibyeo	-3.2	-0.8	2.4	3.6	6.8
	Mean	-1.8	0.6	0.7	3.31	5.1
Medium mature	Hwaseungbyeo	-4.4	-1.4	0.4	4.2	8.6
	Hwajinbyeo	-6.6	-1.8	0.0	3.2	9.8
	Donghaebyeo	-4.2	-0.8	-0.4	3.0	7.2
	Mean	-5.1	-1.3	0.0	3.5	8.6

Table 5. Panicle length to treated with cold water different positions to rice varieties

Division	Cultivars	Panicle length (cm)				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	16.4	16.4	19.0	20.0	82.0
	Jinbuoelbyeo	17.4	17.2	17.8	19.6	88.8
	Odaebyeo	19.2	17.4	18.8	20.0	96.0
	Unbongbyeo	16.4	16.0	17.6	19.2	85.4
	Kumobyeo	18.8	17.4	19.0	20.2	93.1
	Jinbuchalbyeo	17.2	16.0	17.0	19.2	89.6
	Jinbubyeo	17.4	15.0	17.4	19.0	91.6
	Sinunbongbyeo	18.0	15.2	15.8	18.4	97.8
	Sangjubyeo	18.2	16.2	17.4	19.4	93.8
	Dunnaebyeo	18.2	16.2	16.6	18.0	101.1
	Namweonbyeo	17.6	17.2	18.6	20.0	88.0
	Sangsanbyeo	17.8	17.8	17.6	20.2	88.1
	Sambaegbyeo	16.8	14.8	17.6	19.4	86.6
	Samchenbyeo	16.2	17.4	18.2	19.8	81.8
	Junghwabyeo	19.0	16.2	16.8	18.2	104.4
	Undubyeo	18.2	16.4	18.6	19.8	91.9
	Jinmibyeo	18.4	16.4	19.0	19.2	95.8
	Mean	17.72	16.4	17.8	19.4	91.2
Medium mature	Hwaseungbyeo	15.6	14.0	14.8	18.6	83.9
	Hwajinbyeo	14.4	13.8	15.4	18.2	79.1
	Donghaebyeo	15.4	15.4	17.0	20.6	74.8
	Mean	15.1	14.4	15.7	19.1	79.1

Table 6. Number of panicles to treated with cold water different position to rice varieties

Division	Cultivars	No. of panicle				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	17.6	16.6	13.6	16.0	110.0
	Jinbuoelbyeo	17.2	15.4	12.6	15.2	113.2
	Odaebyeo	18.6	17.6	15.0	15.6	119.2
	Unbongbyeo	19.8	15.6	17.0	17.4	113.8
	Kumobyeo	18.8	18.4	16.6	17.8	105.6
	Jinbuchalbyeo	18.8	14.6	14.4	15.8	119.0
	Jinbubyeo	15.0	16.2	16.2	16.6	90.4
	Sinunbongbyeo	18.6	19.8	21.4	18.6	100.0
	Sangiubyeo	17.2	16.2	18.4	17.4	98.9
	Dunnaebyeo	16.0	14.6	19.8	16.2	98.8
	Namweonbyeo	13.6	15.8	13.6	18.2	74.7
	Sangsanbyeo	20.0	18.8	17.6	16.6	120.5
	Sambaegbyeo	22.0	21.8	19.0	20.8	105.8
	Samchenbyeo	18.0	16.6	19.0	16.8	107.1
	Junghwabyeo	15.6	16.4	17.4	17.4	89.7
	Undubyeo	17.8	14.2	16.6	13.8	129.0
	Jinmibyeo	15.2	12.0	15.8	14.6	104.1
	Mean	17.64	16.5	16.71	16.8	104.8
Medium mature	Hwaseungbyeo	22.6	21.0	22.0	18.4	122.8
	Hwajinbyeo	17.8	19.8	19.2	18.8	94.7
	Donghaebyeo	17.0	18.2	16.0	13.6	125.0
	Mean	19.1	19.67	19.07	16.9	113.0

Table 7. Number of spikelet per panicle to treated with cold water different positions to rice varieties

Division	Cultivars	No. of Spikelet per panicle				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	115	105	108	120	95.7
	Jinbuoelbyeo	128	105	84	104	123.0
	Odaebyeo	89	128	124	129	69.0
	Unbongbyeo	100	108	92	121	82.6
	Kumobyeo	78	126	129	145	53.8
	Jinbuchalbyeo	86	110	116	112	76.8
	Jinbubyeo	107	116	96	109	98.2
	Sinunbongbyeo	82	105	102	113	72.6
	Sangiubyeo	99	132	133	150	66.0
	Dunnaebyeo	106	127	135	130	81.5
	Namweonbyeo	97	122	110	133	72.9
	Sangsanbyeo	120	149	133	168	71.4
	Sambaegbyeo	79	113	128	116	68.1
	Samchenbyeo	112	134	172	126	88.9
	Junghwabyeo	138	128	139	153	90.2
	Undubyeo	100	112	129	129	77.5
	Jinmibyeo	97	102	105	132	73.5
	Mean	102	119	120	129	79.1
Midium mature	Hwaseungbyeo	104	103	89	141	73.8
	Hwajinbyeo	103	114	122	134	76.9
	Donghaebyeo	102	105	118	145	86.4
	Mean	103	107	110	140	73.6

Table 8. Spikelet fertility to treated with cold water different positions to rice varieties

Division	Cultivars	Spikelet fertility (%)				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	41.0	43.5	42.6	87.4	46.9
	Jinbuoelbyeo	55.9	3.3	35.1	72.0	77.6
	Odaebyeo	29.2	92.2	96.4	87.5	33.4
	Unbongbyeo	60.8	74.9	60.9	90.9	66.9
	Kumobyeo	28.4	22.7	39.7	90.7	31.3
	Jinbuchalbyeo	72.5	82.6	72.4	94.6	76.6
	Jinbubyeo	75.2	94.8	92.1	94.5	79.6
	Sinunbongbyeo	33.1	46.7	53.7	93.3	35.5
	Sangjubyeo	51.8	40.2	61.1	83.9	61.7
	Dunnaebyeo	62.6	32.7	68.1	93.4	67.0
	Namweonbyeo	15.5	41.2	61.6	97.0	16.0
	Sangsanbyeo	8.8	9.4	18.9	83.0	10.6
	Sambaegbyeo	0.0	8.9	35.9	78.9	0.0
	Samchenbyeo	22.0	67.0	73.5	88.1	25.0
	Junghwabyeo	35.5	72.9	72.9	77.0	46.1
	Undubyeo	66.0	51.8	40.3	88.7	74.4
Jinmibyeo	26.3	4.9	13.3	93.2	28.2	
	Mean	40.1	46.5	55.21	87.89	45.8
Medium mature	Hwaseungbyeo	44.0	58.7	69.1	73.0	60.3
	Hwajinbyeo	0.0	18.5	42.4	85.1	0.0
	Donghaebyeo	15.2	5.7	68.2	68.5	22.2
	Mean	19.7	27.6	59.9	75.5	26.1

Table 9. Grain yield to treated with cold water different positions to rice varieties

Division	Cultivars	Grain yield/5 hill (g)				a/d (%)
		In-let (a)	mid-let (b)	Out-let (c)	Control (d)	
Early mature	Sobaegbyeo	20	32	40	74	27.0
	Jinbuoelbyeo	18	18	34	80	22.5
	Odaebyeo	22	36	70	126	17.5
	Unbongbyeo	38	30	86	116	32.8
	Kumobyeo	18	16	32	90	20.0
	Jinbuchalbyeo	66	74	80	122	54.1
	Sinunbongbyeo	22	32	48	124	17.7
	Sangjubyeo	20	30	52	96	20.8
	Dunnaebyeo	28	36	56	116	24.1
	Jinmibyeo	8	6	8	48	16.7
	Namweonbyeo	22	40	40	116	19.0
	Sangsanbyeo	10	14	16	126	7.9
	Sambaegbyeo	6	14	40	122	4.9
	Samchenbyeo	18	26	74	112	16.1
	Junghwabyeo	20	44	74	138	14.5
	Undubyeo	52	58	100	84	61.9
Jinbubyeo	60	84	126	120	50.0	
	Mean	26	34.71	57	106	25.15
Medium mature	Hwaseungbyeo	14	32	84	88	15.9
	Hwajinbyeo	4	8	14	120	3.3
	Donghaebyeo	10	12	26	82	12.2
	Mean	9	17	41	96.67	10.47

생종인 '화진벼', '동해벼'가 임실율이 자연구에 비해 현저히 감소하였다. 조생종인 '진부벼', '진부벼', '운두벼'의 경우 냉수처리에 따른 임실비율의 감소가 다소 적게 나타났다. 수도의 생육단계별 저온처리에 의한 생육장애는 분얼기의 냉수처리와 감수분열기의 저온에 의한 출수 지연, 추출도 저하, 간장단축 등의 장애에 의한 수량감소가 클 것이지 냉수처리에 의한 불입이 유발됨으로서 수량감소가 가장 크게 나타난다고 보고 되어(Maruyam *et al.*, 1990; Nishiyama, 1970) 본 시험결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

냉수처리에 의한 시험구별 수량은 표 9과 같다. 수량은 수구<중구<배수구<자연구 순으로 나타났으며 임실율과 마찬가지로 조생종보다 중생종이 수량의 감소가 크게 나타났다. 품종별로 보면 조생종인 '삼백벼', '상산벼'와 중생종인 '화진벼', '동해벼'가 수량감소율이 가장 크게 나타났으며 다른 품종도 모두 냉수처리에 의한 수량감소가 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 냉수처리에 의한 수량감소는 출수 지연, 이삭추출불량 및 sink 관련 형질인 수장단축, 수당립수의 감소 및 임실율의 저하 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 나타난 결과라고 생각된다.

간장과 이삭추출도와의 관계

수도 냉수처리시 간장과 이삭추출도와의 상관관계를 보면 Fig. 1과 같다. 20품종을 대상으로 간장과 이삭추출도와의 정의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과로 생각해보면 수도의 냉수처리 시 가장 쉽게 알 수 있는 출수지연은 이삭의 추출도가 감소함으로써 간장이 단축되고 이삭이 엽초를 뚫고 출현하지 못하여 임실 비율 및 등숙 비율의 감소에 의한 수량의 감소를 초래하는 것으로 생각된다.

내생성 관련 형질과 수량과의 상관관계

본 시험에서 냉수처리가 된 수도의 품종별 내생성 관련 제 형질간의 상관관계를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 품종에 따른 수량과 타 형질간의 상관관계를 보면 간장과 고도의 정의 상관을 나타내었으며($r=0.6954^{**}$), 임실율과도 고도의 정의 상관을 나타내었다($r=0.5797^{**}$).

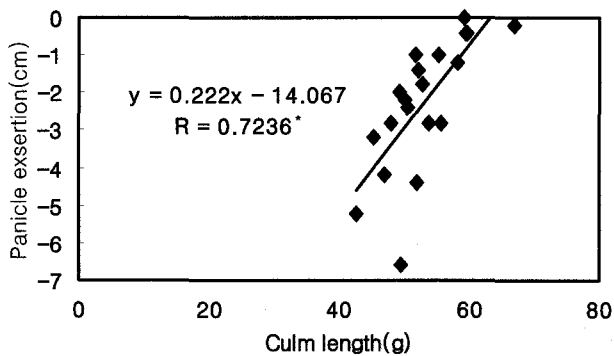


Fig. 1. Regression and Correlation coefficients among culm length and panicle exertion to treated with cold water.

또한 추출도 와도 유의상관이 인정되었으며($r=0.5066^*$) 출수기와는 부의 상관이 인정되었다($r=-0.4826^*$). 이상의 결과에서 수도 품종별 냉수처리시 간장과 임실율에 의해서 가장 크게 영향을 받았고 추출도의 경우 간장과 정의상관에 의한 형질일 것으로 생각된다. 즉 간장단축에 따른 이삭의 추출도 감소와 임실율의 저하에 의해서 수량의 감소가 생기게 되는 것으로 생각된다. 출수기의 경우 출수일수가 늦을수록 즉 중, 단생종으로 갈수록 냉수관계에 의한 수량감소가 현저히 나타났다. 중산간지에서 중생종의 재배 시 특히 저온기의 수온관리를 철저히 해줄 필요가 있을 것이다. 내생성 관련형질간의 상호관계에 대하여 Lee 등 (1990)은 임실율은 출수 지연일수, 이삭추출도, 엽이 신장과 밀접한 관계가 있다고 보고하였고 Oh(1981)는 출수 지연정도는 간장단축율 및 불입률과 유의 상관관계를 나타낸다고 하였으며 간장단축과 이삭추출도 간에는 고도의 정의 상관이 있다고 보고하였는데 이러한 결과는 본 시험과 일치하는 경향이였다.

유묘기와 분얼기의 적고정도

주요품종의 유묘기와 분얼기의 적고 정도는 Fig. 3과 같다. 조생종의 경우 유묘기에는 적고 정도가 1~3범위에 있어 강한 편이였다. 그러나 분얼기에는 3~5정도로 다소 약해지는 경향이였다(Table 3). 중생종의 경우 유묘기에는 약하게 나타났으며 분얼기에는 유묘기에 비해서 다소 강하게 나타나는 편이였다.

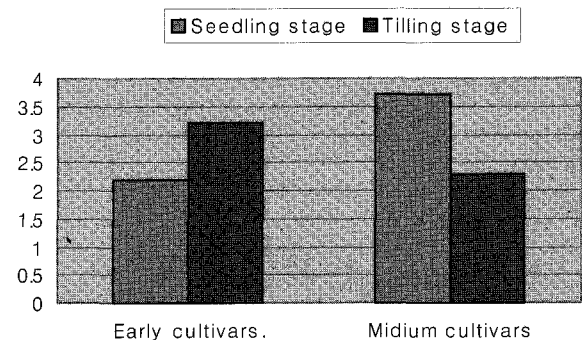


Fig. 3 Discoloration value(1-9) of early and medium varieties to seedling stage and tillering stage.

수량구성요소

중산간지역의 주요품종에 대한 냉수관계 시 수량구성요소를 살펴보면 Table 10과 같다. 4개 품종 모두 냉수처리 시 이삭당 영화수, 등숙비율, 천립중이 배수구>중구>자연구 순으로 감소하였다. '오대벼'는 이삭당 영화수가 수구에서 자연구에 비해 34개 감소하였으며 천립중의 경우 6.9g 감소하였다. '조령벼'의 경우 이삭당 영화수가 28개 감소하였으며 천립중의 경우 2.9g 감소되었으나 공시된 4개 품종 중에서는 그 감소비율이 다소 적게 나타나는 경향이였다. 등숙비율의 경우 공시된 4개 품종 모두 자연구에 비해 수구에서 급격히

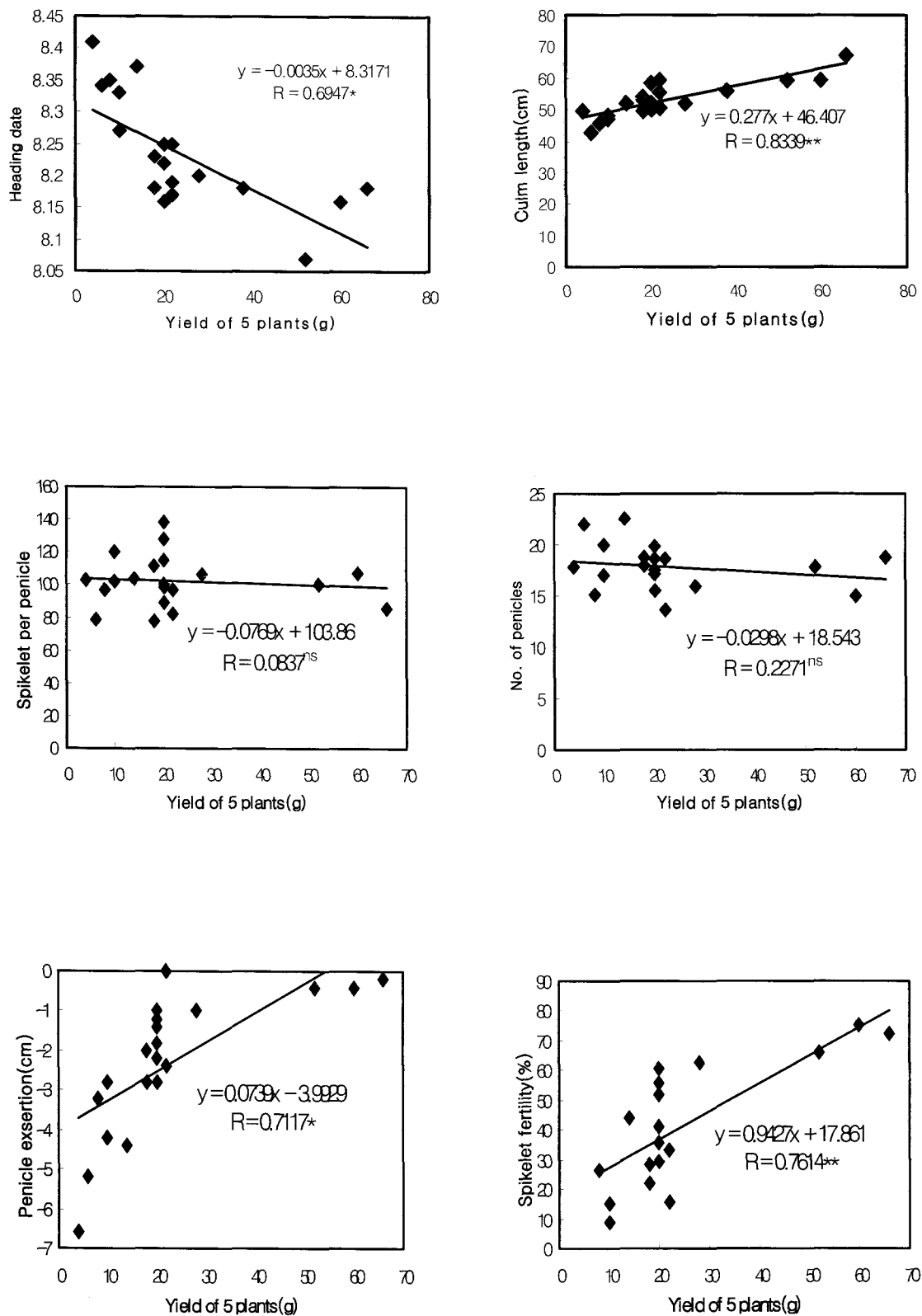


Fig. 2. Regression and Correlation coefficients among some characters relation to cold tolerance and yield of rice to treated with cold water.

Table 10. Discoloration value (1-9) of different varieties to seedling stage and tillering stage

Division	Cultivars	Discoloration value (1-9)	
		Seedling stage	Tillering stage
Early mature	Sobaegbyeo	3	3
	Jinbuoelbyeo	3	4
	Odaebyeo	3	3
	Unbongbyeo	1	4
	Kumobyeo	5	3
	Jinbuchalbyeo	3	3
	Sinunbongbyeo	1	3
	Sangiubyeo	3	3
	Dunnaebyeo	1	4
	Jinmiby eo	3	4
	Namweonbyeo	1	4
	Sangsanbyeo	3	3
	Sambaegbyeo	3	2
	Samchenbyeo	3	3
	Junghwabyeo	3	3
	Unduby eo	1	2
	Jinbuby eo	1	2
	Mean		2.3
Medium mature	Hwaseungbyeo	5	3
	Hwajinbyeo	5	2
	Donghaebyeo	1	2
	Mean		3.7

감소하였다. 이삭당 영화수는 지경 및 영화분화수와 그들의 퇴화수에 의해 결정되는데 유수형성기에 냉수관개를 하면 지경 및 영화의 퇴화가 많아 영화수를 감소시킨다고 하였다(Choi *et al.*, 1985; Choi *et al.*, 1986; Choi, 1986; Choi and Hwang, 1986). 또한 수잉기에 냉수를 관개하면 화분의 발육장애로 임성이 저하되며, 감수분열기에 저온에 처하면 세포벽의 비대로 임실률이 높아진다고 하였다(Nishiyama, 1970). 이러한 결과로 볼 때 냉수구에서 등숙률이 낮은 것은 불임립과 발육 정지립이 많아졌기 때문인 것으로 생각된다.

저온에 의한 적고 정도는 Japonica 품종과 Indica 품종간에 현저한 차이를 보여 유묘기 내냉성의 주요 지표형질로서 육종에 이용되고 있는데, Park(1975)은 저온에 의한 적고 발생이 뿌리의 호흡에 관여

하는 효소활성 및 호흡기질 공급량의 감소에 의하여 수분과 여러 양분 흡수가 저해되면서 엽록소의 형성에 지장을 줌과 동시에 이미 형성된 엽록소가 저온에 의하여 분해 소실되기 때문이라 하였고 Kang *et al.*(1981)은 적고는 일차적으로 엽록소의 부족현상이며 이는 잠재엽록소의 분해와 N 및 그 밖의 영양분 부족 또는 엽록소합성 대사계의 저해에 의한 엽록소생성량의 부족에 기인한다고 하였다. 이러한 생리적인 원인을 밝혀내기 위해서 각 품종의 적고 양상에 대해서 깊이 연구되어져야 할 것으로 사료된다.

수량성

수구로부터 거리에 따른 수량성과 수량의 감소는 Table 11과 같다. 공시품종 모두 수구에서 수량이 가장 낮게 나타났으며 중구와 배수구로 갈수록 감소의 폭은 적은 경향이였다. '소백미'와 '오대미'가 '상미'와 '조령미'에 비해서 수량의 감소는 더 현저하게 나타나는 경향이였다. 이와같은 결과는 품종간의 내냉성 정도를 나타내는 좋은 지표로 활용될 수 있다고 생각된다. Ahn(1993)은 수온변화에 따른 임실률의 변이를 가지고 품종을 4가지 유형으로 구분하였으며 내냉성 품종은 수온변화에 관계없이 임실률이 높은 품종, 또는 수온이 높아질수록 임실률이 완만히 증가하는 것으로 제 1유형에 해당하는 품종들 이라고 보고하였다.

현미품질

냉수처리 시 증산간지 주요품종의 현미품질은 Table 12, 13과 같다. 수구에 가까울수록 불완전미 발생율이 증가하였으나, 수구에서는 불완전미 발생율이 급격히 증가 하였으며, 대부분 청미 발생율이 가장 높았고 기타 사미, 유백미, 변색미 등은 일정한 경향이 없었다.

미질은 품종간의 차이가 크지만 재배환경에 의해서도 달라지며 Choi and Hwang(1986)은 남부평야지에서 재배시기가 늦어질수록 완전미율이 저하되며 청미 및 사미율이 증가된다고 하였고 Seok *et al.*(1991)은 고온과 단일조건에서는 아밀로오스함량과 알카리 붕괴도가 낮아지고 출수가 늦어져 저온조건에 등숙이 되면 그 값이 높아진다고 보고하였다. 본 실험에서 생육초기부터 성숙기까지 냉수관개만 하였기 때문에 수온과 기온이 미질에 미치는 영향에 대해서는 보다 더 세밀한 연구가 요망된다.

Table 11. Effect of cold water irrigation on yield components

Cultivars	No. of spikelets per panicle				Percent ripened grain (%)				1000 grain weight (g)			
	In let	Mid let	Out let	Control	In let	Mid let	Out let	Control	In let	Mid let	Out let	Control
Sobaegbyeo	64	62	78	106	1.2	4.6	8.5	86.5	14.5	17.3	18.9	21.0
Odaebyeo	61	68	76	95	1.9	9.5	9.4	89.8	16.3	17.0	18.5	23.2
Sangmiby eo	56	58	64	109	1.5	10.0	24.8	88.4	15.0	15.4	16.5	19.0
Joryeongbyeo	70	68	72	98	2.5	52.4	57.9	88.7	15.5	15.7	16.1	18.4
Mean	62.7	64.0	72.5	102.0	1.8	19.1	25.1	88.3	15.3	16.3	17.5	20.4

Table 12. Effect of cold water irrigation on the unhulled rice weight and percent of decreased

Cultivars	Unhulled rice weight (kg/10a)				Percent of decreased (%)			
	In let	Mid let	Out let	Control	In let	Mid let	Out let	Control
Sobaegbyeo	27	39	108	636	95	91	83	0
Odaebybyeo	22	68	132	733	97	90	82	0
Sangmibyeo	6	77	256	674	99	88	62	0
Joryeongbyeo	21	202	213	603	96	67	64	0
Mean	19	96.5	177.2	661.5	96.7	84	72.7	-

Table 13. Effect of cold water irrigation on the grain quality of rice

Cultivars	Head rice (%)				Green-kerneled rice (%)				Imperfect rice kernel (%)			
	In let	Mid let	Out let	Control	In let	Mid let	Out let	Control	In let	Mid let	Out let	Control
Sobaegbyeo	68.8	74.9	82.8	93.5	28.4	19.7	8.1	0.4	2.8	5.4	9.1	6.2
Odaebybyeo	52.4	76.5	89.7	95.1	40.1	18.6	6.8	0.8	7.5	4.9	3.5	4.1
Sangmibyeo	56.4	74.8	77.7	90.9	36.6	23.0	17.6	2.0	7.0	2.2	4.7	7.1
Joryeongbyeo	53.1	67.7	82.1	94.1	34.5	28.2	12.7	2.8	3.7	4.1	5.2	3.1
Mean	57.6	73.4	83.0	93.4	34.9	22.3	11.3	1.5	5.2	4.1	5.6	5.1

적 요

본 연구는 냉냉성 연구의 기초자료를 제공하고자 우리나라 벼 20 개 품종을 대상으로 냉수를 수구, 중구, 배수구, 자연구로 구분 처리하여 벼의 생육 및 주요형질간의 상호관계를 검정한 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 냉수관개가 수도 생육에 미치는 영향을 보면 냉수 처리시 자연구 대비 냉수 유입구인 수구, 중구, 배수구에서 출수지연, 간장단축, 이삭추출억제, 수장단축, 수당립수의 감소 및 임실율이 저하되었고 그 정도는 중생종이 조생종 보다 더 크게 나타났으며 수수의 경우는 냉수 처리에 따른 차이가 없었다. 수량의 경우 수장과 수당립수, 임실율 등 sink의 크기가 감소하여 수량의 감수를 가져왔다. 간장과 이삭 추출도와의 관계를 보면 간장과 이삭 추출도와는 정의 상관관계를 나타내었다. 품종에 따른 수량과 타형질 간의 상관관계를 보면 간장과 고도의 정의 상관을 나타내었으며($r=0.6954^{**}$), 임실비율과도 고도의 정의 상관을 나타내었다($r=0.5797^{**}$). 또한 추출도와도 유의상관이 인정되었으며($r=0.5066^*$) 출수기와는 부의 상관이 인정되었다($r=-0.4826^*$). 적고정도는 조생종의 경우 유묘기에는 금오벼를 제외한 모든품종이 1~3의 범위에 있어 강한 편이었으나 분얼기에는 3~5정도로 다소 약해졌으며 중생종의 경우 유묘기에는 약한 경향이었고 분얼기에는 다소 강하게 나타났다. 수량구성요소를 살펴보면 주요품종이 모두 냉수처리 시 이삭당 영화수, 등숙비율, 천립중이 수구>배수구>중구>자연구 순으로 감소하였고, 등숙비율의 경우 타형질에 비해 감소폭이 현저하였다. 수구로부터 거리에 따른 수량의 구성요소와 수량의 감소는 공시품종 모두 수구에서 수량이 가장 낮게 나타났다. 중구와 배수구로 갈수록 감소의 폭은 적은 경향이였다. '소백벼'와 '오대벼'가 '상미벼'와 '조령벼'에 비해서 수량의 감소는 더 현저하게 나타나는 경향이였다. 냉수처리시 중산간지 주요 품종의 현미

품질은 수구에 가까울수록 청미 발생율이 증가하였으나, 사미 등의 경우 일정한 경향이 없었다.

인용문헌

Ahn J.K. 1993. Effect of cold water irrigation on the growth, yield and grain quality in rice. 1993. Korean J. Crop Sci. 38: 554-559.

Chae J.C., H. Heu and J.H. Lee. 1980. Effect of air and water temperature on the growth and nutrient uptake of rice varieties. Korean J. Crop Sci. 25: 14-19.

Cho D.S. and H. Heu. 1983. Physiological studies on injuries of cool weather in rice plant I. Effect of heading date and physiological characteristics of boron and phosphorus application under the cold water temperature in rice plant. Korean J. Crop Sci. 28: 76-80.

Choi S.I and C.J. Hwang. 1986. Studies on the growth characters and nutrient uptake related to source and sink by cool water temperature at reproductive growth stage IV. Influence of growth characters and nutrient uptake of leaf blade, rachis branches and chaff by nitrogen, phosphate, potassium and silicate. Korean J. Crop Sci. 31: 326-335.

Choi S.I. 1986. Studies on the growth characters and nutrient uptake related to source and sink by cool water temperature at reproductive growth stage III. Influence of growth characters and nutrient uptake related to panicle by different Water temperature and water depth. Korean J. Crop Sci. 31: 242-248.

- Choi S.I., C.J. Whang and J.H. Lee. 1986. Studies on the growth characters and nutrient uptake related to source and sink by cool water temperature at reproductive growth stage II. Influence of cool water irrigation on the inorganic element content of leaf blades, rachis branches and chaff of rice. Korean J. Crop Sci. 31: 1-8.
- Choi S.I., J.S. La, J.D. So and M.S. Lee. 1985. Studies on the growth characters and nutrient uptake related to source and sink by cool water temperature at reproductive growth Stage I. Influence of cool water irrigation on the degeneration and differentiation of rachis branches and spikelets, sterility ratio and ripening ratio of rice. Korean J. Crop Sci. 30: 359-367.
- Graham D. and B.D. Patterson. 1982. Responses of plants to low, nonfreezing temperature : proteins, metabolism and acclimation. Ann. Rev. Plant Physiol. 33: 347-372.
- Kang Y.S., Y.T. Jung and R.K. Park 1981. Investigation on uptake of silica and phosphorus and rice fertilization impediment occurred in Yeongnam area under the cool weather of 1980. Korean J. Crop Sci. 26: 226-232.
- Kim K.S., J.R. Kim and K.M. Yoon. 1989. Varietal differences of low temperature response at booting stage in rice. Korean J. Crop Sci. 34: 106-112.
- Lee S.P., S.K. Kim, K.S. Lee, D.W. Choi and S.C. Lee. 1990. Effect of high temperature and water management on agronomic characters in rice. Korean J. Crop Sci. 35: 195-200.
- Maruyama S., M. Yatomi and Y. Nakamura. 1990. Response of rice leaves to low temperature I. Change in biochemical parameters. Plant Cell Physiol. 31: 303-309.
- Nishiyama I. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. VI. Electron microscopical observations on normal tapetal cells at the critical stage. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 39: 474-479.
- Oh Y.J. 1981. Physiological and ecological studies on the low temperature damages of rice (*Oryza sativa* L.). Korean J. Crop Sci. 26: 1-31.
- Park S.H. 1975. Analysis of the Effects of Some Meteorological Factors on the Yield Components of Rice. Korean J. Crop Sci. 18: 54-87.
- Seok S.J., I.B. Hur and J.N. Im. 1991. Physiological characteristics related to cold injury in rice. Korean J. Crop Sci. 36: 429-444.
- Yea J.D. 1995. Response of rice varieties to cold water irrigation. Korean J. Crop Sci. 40: 203-211.
- Yun S.H., J.S. Yoon, G.L. Ryn, C.K. Park and G.S. Chung. 1991. Varietal differences in days required to leaf expansion, leaf number on main culm, and days to heading of rice under cold water flow system. Korean J. Crop Sci. 36: 214-219.

(접수일 2006.4.21 ; 수락일 2006.7.26)