

## 서남부간척지에서 벼 질소시비와 물관리 방법별 생육 및 수량

김영두<sup>†</sup> · 최민규 · 이경도 · 백만기 · 구본일 · 강신구 · 박홍규 · 김보경

국립식량과학원 벼맥류부

## Growth and Yield of Rice in Levels of Nitrogen and Water Management of Reclaimed Saline Soil in Southwestern Area

Young-Doo Kim<sup>†</sup>, Min-Kyu Choi, Kyung-Do Lee, Man-Gee Baek, Bon-Il Ku, Shin-Gu Kang, Hong-Kyu Park, and Bo-Kyong Kim

Department of Rice and winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT** Field experiment was carried out to identify the proper water exchange interval for the rice cultivation on reclaimed saline soil with different nitrogen levels in southwestern area. The nitrogen fertilizer was applied 14, 17 and 20 kg per 10a by ingredient, and intervals of water exchange treated 3, 6 and 9-day periods from transplanting of rice (*Oryza sativa* var. Cheongho) to maturing stage in Munpo soil series. The salinity levels ranged 0.10~0.24% and 0.24~0.32% of 3-day and 6-day respectively, whileas it ranged 0.35~0.52% for 9-day interval of water exchange during vegetative stage. Water exchange and nitrogen level showed significant effects on the plant growth, yield, and quality. The yield of milled rice on 3-day and 6-day interval of water exchange showed 497 kg/10a and 492 kg/10a and that were significantly higher than that of 9-day interval in 2008 and 2009. Milled rice yield of 9-day interval of water exchange was lower than that of 3-day and 6-day interval of all nitrogen levels. Plant growth and yield components were not significantly different between 3-day and 6-day interval of water exchange of all nitrogen levels. The combination of nitrogen fertilizer level of 17 kg/10a and 6-day interval of water exchange after transplanting might be recommended for maximum yield realization and minimize salt injury at reclaimed medium saline soil in southwestern area.

**Keywords** : rice, nitrogen level, reclaimed saline soil, irrigated water exchange

**벼**의 물 관리방법에 관한 지금까지 대부분의 연구결과를

보면 이양 전 경운 및 정지작업에 토양조건이나 재배시기에 따라서 크게 달라지지만 약 150~200 mm가 필요하다고 알려져 있다(De Datt, 1981; Bhuiyan *et al.*, 1995). 논에서 벼 생육기간 동안 필요로 하는 벼의 관개용수량은 500~800 mm가 필요하며(De Datt, 1973), 지역이나 토양에 따라 3,000 mm까지 소요되기도 한다(Hukkeri & Sharma, 1980). 벼농사에 있어서 가장 일반적인 물 관리방법은 특정시기를 제외하고는 담수상태를 유지하는 방법으로 수행되어져 왔다. 관개농법으로 재배하는 면적은 전체 재배면적의 55%를 차지하며, 생산량으로는 75%를 차지하고 있다. 그러나 벼농사에 가장 큰 문제로 물 부족을 들고 있으며, 벼농사에 이용되는 물은 전체용수의 40%에 이르고, 생활용수나 산업용수가 계속 증가하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

간척지 토양은 염분이 표토에 집적되어 있기 때문에 관개수가 충분할 경우에는 경운이나 담수, 배수를 반복할수록 제염효과는 크지만 환수가 잦으면 비료성분의 유실을 초래할 수 있다. 이양 후 3~5일 간격 환수주기가 제염효과가 크다는 보고가 있으며(HAES, 1997), 0.1% 저농도 염분 및 0.3% 중농도 토양에서 이양재배를 할 경우 수량 및 도복 등을 고려할 때 완전낙수 시기를 각각 출수후 20~40일, 35~40일에 하는 것이 안전하다는 보고가 있다(Choi *et al.*, 2003). 이와 같이 간척지의 벼 재배에서 물 관리는 벼의 생육 및 수량에 큰 영향을 끼친다.

한편 2000년대에 들어서면서부터 고품질 쌀 생산의 필요성이 강조되고 있어 절대적인 질소시비량이 감소하고 있으나 간척지의 벼농사는 중염(0.3% 내외) 논에서의 표준 질소시비량은 20 kg/10a 수준으로 이를 초과하고 있으며(MIFAFF,

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2153 (E-mail) kim0yd@korea.kr

<Received 2 January, 2012; Revised 28 April, 2012; Accepted 31 August, 2012>

## 결과 및 고찰

2002), 특히 간척지 논에서 질소비료를 과다하게 시비하여 품질저하의 원인이 되고 있는 실정으로 간척지구별로 제염의 정도는 크게 달라 토양의 진단시비에 의해 적정시비량을 산출한 후 재배를 하여야 고품질 쌀을 생산할 수 있을 것이다. 질소비료는 벼의 초형, 병충해 및 재해 발생 등에 복합적으로 영향을 미치는데, 벼농사에서 질소비료량이 부족하면 수량을 감소시키고, 질소과잉은 병해충 및 도복 발생 등으로 감수는 물론 쌀의 완전미율을 뚜렷하게 감소시키며, 쌀의 단백질함량은 유의하게 증가되고, 아밀로스 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 증가하는 경향이나 처리간의 차이는 적다고 하였다(Kang *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2002).

따라서 간척지의 벼농사에서 있어서 효율적인 물관리 방법은 논에서의 양분유실을 적게 하여 비용 및 환경오염을 줄일 수 있는 이점이 있으므로, 기후변화와 이상기상현상으로 인한 재해에 대비하여 서남부간척지의 중염담에서 물 관리방법에 따라 알맞은 적정 질소시비량을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 서남부간척지의 염해담인 문포동(세사양토)의 염농도 0.3% 내외의 벼 재배에 있어서 관개수 환수간격에 따라 효율적인 환수와 질소 시비량을 절감하고자, 2008년~2009년도까지 2년 동안 국립식량과학원 벼맥류부 계획도시험지 포장에서 청호벼를 공시하여 수행하였다. 4월 25일에 파종하여 5월 31일에 30 × 12 cm 재식거리를 주당 4본 내외로 하여 기계이앙을 하였으며, 질소시비량은 10a당 14, 17, 20 kg(표준)의 3수준으로 시비하였다. 질소의 분시방법은 기비-분얼비-최고분얼비-수비-실비 = 30 : 20 : 20 : 20 : 10%의 비율로 분시 하였으며 인산비료는 4.5 kg/10a를 전량기비, 칼리비료는 5.7 kg를 기비 70%, 수비 30%로 각각 분시 하였다. 관개수의 환수는 3일과 6일 그리고 9일의 환수 간격으로 전 생육기간 동안 환수처리 하여 염농도의 변화를 조사하였고, 시험구배치는 환수간격을 주구로 질소시비량을 세구로하여 환수간격별 분할구배치 3반복으로 처리하였다. 생육조사 및 쌀 품질과 수량 등은 출수 후 적산온도 1,100°C 내외가 되는 날에 수확하여 정조 수분이 15~16% 정도가 되도록 통풍 건조 후 정선하고, 도정하여 조사하였다. 아밀로스 및 단백질함량의 분석은 RN-500(Kett, Japan)으로 현미 및 쌀의 품위는 근적외선분석기인 AN-700(Kett, Japan)으로 측정하였으며, 기타 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 의하여 조사하였다.

## 토양 염분농도 변화와 생육

서남부간척지의 토양 중 염농도 0.3%의 염해 논에서의 벼 주요 생육시기별 환수간격에 따른 염분농도의 변화는 그림 1과 같다. 이앙후 3일과 6일 간격 환수에서는 활착기인 생육 초기에 각각 0.10~0.24%, 0.24~0.32%로 경과되었으나, 9일 간격 환수에서는 0.36~0.52%로 경과되었고 그 이후 영화분화기 까지도 활착기와 같은 염분농도로 경과하였다. 그러나 수잉기 이후부터는 점차 낮아져서 3일 간격 환수에서는 0.04~0.12%, 6일에서는 0.10~0.24%, 9일에서는 0.16~0.30%로 환수 간격간 염농도 차이는 있으나 이 시기의 벼 생육에는 큰 차이가 없을 것으로 보였다. 이러한 결과로 볼 때 벼가 생육하는데 NaCl 한계농도가 0.3%내외로 알려져 있는데(Pearson & Bernstein, 1959), 이앙 후 9일 간격 환수는 염해로 인한 벼 초기생육에 큰 영향을 미친 것으로 생각된다. 그러나 본 시험에서는 이앙초기 토양 염농도가 0.29%로 다소 높은 경향으로 이앙 전 여러 번의 논갈이와 물갈이 하여 제염효과를 높여준다면 환수간격에 따른 활착기 염농도의 피해를 좀 더 줄일 수 있다고 생각된다.

환수간격별 질소시비량에 따른 성숙기의 생육은 표 1과 같이 간장은 환수 간격별로 보면 3일 간격 환수에서는 58 cm, 6일에서는 54 cm, 9일에서는 48 cm로 환수간격이 길어짐에 따라 부진하였으며, 질소시비량간에는 고도의 유의적인 차이가 인정되어 질소시비량 20 kg/10a에서는 54~81 cm 이었으나 질소시비량 14 kg/10a에서는 37~38 cm 정도이었다. 또한 수장은 3일 간격 환수에서는 18 cm이었으나 6일과 9일 간격 환수에서는 17 cm로 환수간격에 따른 차이가 인정되지 않았으나, 질소시비량간에는 유의적으로 작아지

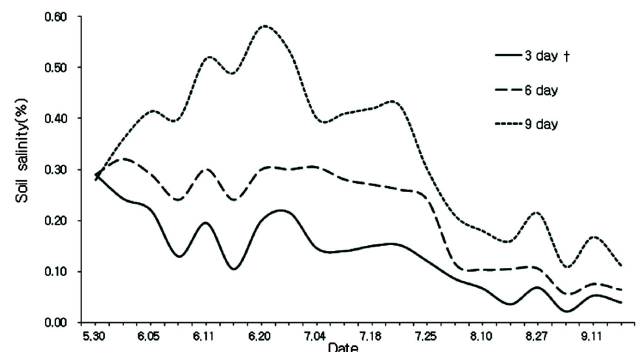


Fig. 1. Change of salinity according to different water exchange intervals during the rice growth period in 2008 and 2009. †Indices represent every 3, 6 and 9-day interval of water exchange after transplanting.

**Table 1.** Growths as affected by nitrogen fertilization rate under different water exchange intervals in 2008 and 2009.

Interval of water exchange (day)	Nitrogen rate (kg/10a)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Spikelet per m <sup>2</sup> (× 1000)
3	20	81a <sup>†</sup>	18a	27.8a
	17	55b	18a	26.5b
	14	38c	16b	25.4b
	Mean	58	18	26.5
6	20	71a	18a	27.4a
	17	52b	17a	26.3b
	14	38c	16b	26.1b
	Mean	54	17	26.6
9	20	58b	18a	23.2c
	17	50bc	17a	22.0c
	14	37c	16b	21.6c
	Mean	48	17	22.3
I		*	NS	*
N		**	*	*
I × N		*	NS	*

<sup>†</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different according to DMRT.

\*, \*\* Significant at 0.05 and 0.01 probability levels

I: Interval of water exchange, N: Nitrogen rate, NS: Not significant

는 경향이였다. 또한 m<sup>2</sup>당 영화수는 3일 및 6일 간격 환수에서는 차이가 보이지 않았으나 9일에는 차이가 컸으며, 질소시비량이 증가함에 따라 감소하는 경향이였다. Munns & Termaat(1986)의 보고와 같이 환수간격 9일은 생육이 저조하였는데 이는 생육기간에 높은 염분농도로 인한 뿌리의 활력저하로 지상수 건물중이 감소하는 단기적인 영향뿐만 아니라 계속된 염해로 잎에 염해가 축적되어 장기적인 영향을 준 것으로 생각된다. 또한 질소시비량에 따라 생육정도의 차이가 크게 인정되었는데, 질소시비량을 20 kg/10a까지 증가하면 생육이 양호하다는 Back 등(2005)의 보고와 일치하였다.

### 수량구성요소 및 수량

환수간격별 질소시비량에 따른 수량구성요소는 표 2에서와 같다. m<sup>2</sup>당 수수는 3일 간격환수에서 301개, 6일에서는 290개, 9일에서는 260개로 환수간격별 차이가 뚜렷이 적어졌으며 질소시비량이 많을수록 많아지는 경향이였으나 질소시비량 17 kg~20 kg/10a에서는 차이가 크지 않았고 14 kg에서 감소차가 컸다. 수당 립수도 m<sup>2</sup>당 수수와 같은 경향으로 환수간격이 길어지고 질소시비량이 적어질수록 적었다. 등숙비율은 3일 간격 환수에서는 90%로 높고 6일 간격 환

수에서는 85%, 9일 간격 환수에서는 65%로 낮아졌으나 질소시비량 17 kg/10a에서 환수간격에 관계없이 질소시비량 14, 20 kg/10a보다 높았다. 또한 현미 천립중은 환수간격이 길어지고, 질소시비량이 적어질수록 가벼워지는 경향이, 환수간격 3일과 6일에서는 환수간격과 시비량별 차이가 크지 않았다. 이러한 결과로 볼 때 환수간격 9일에서는 생육정도가 3일 및 6일 보다 저조하였는데 환수간격이 늦어짐에 따라 토양 염분농도의 증가로 생육에 지장을 받은 것으로 추정되며, 염농도가 높을수록 립수가 적어지고 등숙비율 및 현미천립중도 크게 낮아지고 가벼워진다는 보고(Choi *et al.*, 2003)와 일치하였으나 추후 좀 더 자세한 검토가 필요하다고 본다.

10a당 쌀 수량을 보면 년차간에는 유의성이 인정되지 않았으나 환수간격, 질소시비량간 및 환수간격과 질소시비량 상호간에 유의성이 인정되었다. 환수간격별 수량을 보면 3일 간격 환수에서는 499 kg, 6일에서는 492 kg/10a으로 수량 차이가 크지 않았으나, 9일에서는 256 kg/10a로 수량이 매우 적었다. 또한 질소시비량간에는 질소시비량이 많으면 수량도 많았으나 환수간격 3일에서는 질소시비량 20 kg/10a는 수량이 516 kg/10a, 질소시비량 17 kg/10a는 수량이 501 kg/10a 이었고 환수간격 6일에서 각각 506, 495 kg/10a로 질소시

**Table 2.** Yield components of rice as affected by nitrogen fertilization rates under different water exchange intervals in 2008 and 2009.

Interval of water exchange (day)	Nitrogen rate (kg/10a)	Panicle (No./m <sup>2</sup> )	Grain (No./panicle)	Ripened grain (%)	1000-grain weight (g)
3	20	312a <sup>†</sup>	76.2a	90a	21.4a
	17	302ab	76.2a	93a	20.9ab
	14	290b	77.2a	87b	20.5ab
	Mean	301	76.5	90	20.9
6	20	308a	71.7b	89b	21.3a
	17	293ab	70.0b	92a	20.7ab
	14	269c	64.8c	75c	20.2ab
	Mean	290	68.8	85	20.7
9	20	272c	43.8d	74c	19.2b
	17	266c	37.8e	76c	18.7c
	14	241d	37.5e	47d	18.3c
	Mean	260	39.7	65	18.7
I		**	*	*	*
N		*	NS	NS	*
I × N		**	*	*	NS

<sup>†</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different according to DMRT.

\*, \*\* Significant at 0.05 and 0.01 probability levels

I: Interval of water exchange, N: Nitrogen rate, NS: Not significant

비량별 환수간격에 따른 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 또한 질소시비량이 20 kg/10a까지 증가하면 생육 및 수량이 양호하나 15 kg/10a이상에서는 증비효과 없다는 보고(Back *et al.*, 2005)와 다소 차이가 있었다.

### 백미품위 및 미질 특성

환수간격별 질소시비량에 따른 백미품위 및 미질특성을 표 3에서 보면 완전립율은 환수간격이 짧아지고, 질소시비량이 적어짐에 따라 높아지는 경향이나 환수간격에 차이는 매우 적었으며 질소시비량 14~17 kg/10a보다는 질소시비량 20 kg/10a에서 차이가 더 컸다. 불완전립은 완전립율과 이와는 반대로 환수간격이 길고 질소시비량이 많아짐에 따라 높아지는 경향이였다. 또한 백미의 단백질함량은 환수간격별로 6.9~7.1%로 큰 차이가 없었으나 질소시비량이 증가함에 따라 통계적 유의성이 인정되었다. 그러나 아밀로스 함량은 환수간격과 질소시비량간 큰 차이를 보여주지 않았다. 이와 같은 결과는 환수간격보다는 질소시비량의 차이로 보이며 질소시비량이 증가하면 청미 및 피해립 발생으로 완전립 감소와 불완전립이 증가한다는 보고(Lee *et al.*, 2002)와 단백질함량은 질소시비량 증가에 따라 다소 높아진다는 보

고(Back *et al.*, 2005)와 일치하였다.

이상의 결과로 볼 때 토양 염농도 0.3% 내외의 간척지 논에서 벼 재배시 염피해를 줄이기 위해 이앙 후 물을 계속 흘러 대기를 하거나 또는 2~3일 간격으로 환수를 하고 질소시비량을 20 kg/10a로 시비하고 있는데, 이러한 방법은 벼의 생육 및 수량에 양호한 이점이 있지만 잦은 환수로 인해서 논에서의 양분유실과 그에 따른 환경오염의 우려가 있고 농업용수의 과다한 사용을 초래하여 보관이 필요하다고 본다. 따라서 환수간격과 질소시비량에 따른 쌀 수량, 미질과 염해 등을 고려해 볼 때 이앙 후 3일 간격 환수와 질소시비량 20 kg/10a 보다는 이앙 후 6일 간격 환수와 질소시비량 17 kg/10a로 사용해도 생육 및 수량에 큰 차이를 보여주지 않았으며, 관개수량은 이앙기부터 3일 간격 강제 환수시 약 1,600 mm, 6일 간격 강제 환수시 약 850 mm의 관개가 필요하기 때문에 6일 간격 환수가 3일 간격 환수에 비해서 약 750 mm 정도의 절약이 추정되어 6일 간격 환수가 물절약 측면에서도 유리하다고 생각된다(Son & Chung, 2002).

**Table 3.** Yield of rice as affected by nitrogen fertilization rates under different water exchange intervals in 2008 and 2009.

Interval of water exchange (day)	Nitrogen rate (kg/10a)	Milling rice yield (kg/10a)		
		2008	2009 year	Mean
3	20	510a <sup>†</sup>	522a	516a
	17	496ab	506ab	501b
	14	475c	483b	479c
	Mean	494	504	499
6	20	503a	509ab	506ab
	17	491ab	499ab	495b
	14	478c	474b	476c
	Mean	491	494	492
9	20	296d	292c	294e
	17	276d	281c	279e
	14	199e	189d	194f
	Mean	257	254	256
Y			NS	
I			*	
N			*	
I × N			**	

<sup>†</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different according to DMRT.

\*, \*\* Significant at 0.05 and 0.01 probability levels

Y: Year, I: Interval of water exchange, N: Nitrogen rate, NS: Not significant

**Table 4.** Qualities of grain rice at different level nitrogen fertilizer rates under different water exchange intervals in 2008 and 2009.

Interval of water exchange (day)	Nitrogen rate (kg/10a)	Perfect grain (%)	Imperfect grain (%)	Protein contents (%)	Amylose contents (%)
3	20	91.2b <sup>†</sup>	8.8a	7.5a	18.3b
	17	93.3a	6.7c	7.0b	18.7a
	14	93.7a	6.3c	6.7c	19.0a
	Mean	92.7	7.3	7.1	18.7
6	20	91.1b	8.9a	7.5a	18.3b
	17	93.0a	7.0b	6.8c	18.8a
	14	92.8a	7.2b	6.8c	18.8a
	Mean	92.3	7.7	7.0	18.6
9	20	90.8b	9.2a	7.3a	18.5b
	17	92.0a	8.0ab	6.8c	18.7a
	14	92.0a	8.0ab	6.6c	18.9a
	Mean	91.6	8.4	6.9	18.7
I		NS	*	NS	NS
N		*	*	*	*
I × N		NS	*	*	*

<sup>†</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different according to DMRT.

\*, \*\* Significant at 0.05 and 0.01 probability levels

I: Interval of water exchange, N: Nitrogen rate, NS: Not significant

## 적 요

서남부간척지에서 벼 재배시 질소시비량 절감을 위한 물 관리방법을 구명하기 위하여 세사양토(문포통, 염농도 0.3% 내외)에서 청호벼를 공시하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다. 토양염농도 변화는 이앙후 3일과 6일 간격 환수에서 활착기에 각각 0.10~0.24%, 0.24~0.32%로 경과되었으나, 9일 간격 환수에서는 0.36~0.52%로 경과되었고 그 이후 영화분화기 까지도 활착기와 같은 염분농도로 경과하였다. 생육 및 수량구성요소는 환수간격 3일과 6일에서는 환수간격과 질소시비량별 차이가 크지 않았으나 환수간격 9일에서는 질소시비량에 관계없이 생육이 저조하였으며 또한 백미품위 및 미질 특성변화는 환수간격보다는 질소시비량간 차이가 컸다. 쌀 수량은 환수간격 3일과 6일에서 각각 평균 497, 492 kg/10a로 질소시비량별 환수간격에 따른 통계적 유의성이 인정되지 않았으나 환수간격 9일에서는 질소시비량에 관계없이 수량이 현저히 감소하였다. 따라서 환수간격과 질소시비량에 따른 쌀 수량, 미질과 염해 등을 고려해 볼 때 이앙 후 6일 간격 환수와 질소시비량 17 kg/10a로 사용해도 생육 및 수량에 큰 차이를 보여주지 않아 생산비 절감 및 물 절약 측면에서 적당하다고 생각된다.

## 인용문헌

Back, N. H., W. Y. Choi, J. C. Ko, J. K. Nam, H. K. Park, J. I. Choung, S. S. Kim, and K. G. Park. 2005. Proper nitrogen fertilizer level for improving the rice quality at reclaimed saline land in the southwestern area. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 46-50.

Bhuiyan, S. I., M. A., Satter, and M. A. K., Khan. 1995. Improving water use efficiency, in rice through wet seeding. *Irrigation Sci.* 16, 1-8.

Choi, W. Y., K. S. Lee, J. C. Ko, S. H. Kim, and T. S. Kim.

2003. Changes of rice growth and yield components by salinized at panicle formation stage on a reclaimed saline soil. *Korean J. Intl. Agri. rop* 15(3) : 225-229.

De Datta, S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. IRRI, Los Baños, Philippines. p. 618.

De Datta, S. K., W. P., Abilay, and G. N., Kalwar. 1973. Water stress effects in flooded tropical rice. In *Water management in Philippine irrigation systems: research and operations* (pp. 19-36). IRRI, Los Baños, Philippines.

Honam Agricultural Experiment Station(HAES). 1997. Annual Research Report. (Gyehwado substation). pp. 623-634.

Hukkeri, S. B. and A. K., Sharma. 1980. Water-use efficiency of transplanted and direct-sown rice under different water management practices. *Indian J. Agric. Sci.* 50, 240-243.

Kang, Y. S., J. H. Lee, J. I. Kim, and J. S. Lee. 1997. Influence of Silicate Application on Rice Grain Quality. *Korean J. Crop Sci.* 42(6) : 800-804.

Kim, C. K., C. Y. Kim, J. I. Lee, J. C. Shin, and M. H. Lee. 1998. Effect of transplanting dates and nitrogen fertilizer levels on the dry matter production and yields of a pigmented rice "Heugjinjubyeo". *RDA. J. Agro-Envir. Sci* 40(2) : 48-55.

Lee, C. K., Y. H. Yoon, J. C. Shin, B. W. Lee, and C. K. Kim. 2002. Growth and yield of rice as affected by saline water treatment at different growth stages. *Korean J. Crop Sci.* 47(6) : 402-408.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2002. Major Statistics of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. p.474.

Munns, R. and A. Tremaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 13 : 143-160

Pearson, G. A. and L. Bernstein. 1959. Salinity effects at several growth stage of rice. *Agron. Jour.* 51 : 654-657.

Rural Development Administration(RDA). 2003. Agricultural Research Standard. p.838.

Son, S. H. and S. O. Chung. 2002. Effects of ponding depth treatment on water balance in paddy fields. *J. Korean Soc. Agri. Engineers.* 44(2) 67-74.