

## 신간척지에서 염해경감 및 등숙률 향상을 위한 완전낙수시기 구명

최원영<sup>†</sup> · 양창휴 · 이장희 · 김택겸 · 정재혁 · 최민규 · 김시주

농촌진흥청 국립식량과학원

### Establishment of Perfect-Drainage Period for Reduction of Salt Injury and Improvement of Grain Filling Ratio in the Newly Reclaimed Land

Weon-Young Choi<sup>†</sup>, Chang-Hyu Yang, Jang-Hee Lee, Taek-Kyum Kim, Jae-Hyeok Jeong, Min-Kyu Choi, and Si-Ju Kim

National Institute of Crop Science, RDA, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT** This research was carried out to establish perfect-drainage time in order to stabilize rice yield and improve rice quality. Treatments of perfect-drainage were conducted 5 days interval during 25 days to 50 days after heading date in the field of Saemangeum Gyeohwa, newly reclaimed land. Accumulated temperature after heading date in 2010 increased about 100°C and precipitation amount decreased a little compared to normal year harvesting time. Average panicle number was 16.5 and spikelet per panicle was 88. Perfect drainage time treatment after 40~50 days was 3% higher in percent ripened grain and 0.6 g heavier in 1,000 grain weight than treatment after 25~35 days. There was no difference of rice yield between perfect drainage time treatment after 25 days and 30~35 days, but rice yield was 7~8% higher in treatment after 40~50 days than 25 days. Head rice ratio in treatment after 35 days was the highest and the sooner perfect drainage time, the lower protein content. Soil moisture negatively correlated with soil hardness and EC in this result. With this results, we proposed that the time of perfect drainage in newly reclaimed land to stable rice production is 40~50 days after heading date.

**Keywords** : rice, perfect drainage time, newly reclaimed land, yield

**우리나라** 간척지 면적은 약 135,100 ha로 우리나라 논 면적의 약 14% 정도에 해당한다. 이와 같이 많은 간척지 면적을 보유하고 있는 현재 간척지에 대한 농업적 이용은 활발

하게 이루어지지 않고 있다. 최근 쌀의 재고량이 늘어나면서 신간척지의 농업적 입지는 더욱더 적어지고 있는 실정이다. 그러나 인구의 지속적 증가와 수입쌀의 불확실한 미래를 생각할 때 우리는 지속적으로 간척지의 생산성 증대를 위한 연구가 필요한 실정이다. 새만금 등 간척지 면적은 늘어나고 있으며, 특히 대규모 간척지도 55,707 ha로 경제·산업적으로 간척지는 매우 중요하다고 생각된다. 또한 도시화, 산업화의 급증으로 농경지 확보 측면에서 간척지는 매우 중요하며, 간척지에서 작물재배는 국토의 효율적 이용과 식량의 안정적인 확보 차원에서 매우 중요하다. 새만금은 종합개발계획이 수립되어(’10. 1월 확정) 농식품부 주관으로 농업용지개발 종합 실천계획을 수립하여 추진되고 있다(국무총리실, 2010).

간척지에서는 수자원 확보를 위하여 저수지를 조성하게 되는데, 우리나라 저수지는 대부분 강우에 의하여 채워지기 때문에 농번기에 가뭄이 발생되었을 경우에는 심각한 물 부족 현상이 발생된다. 따라서 농업용수 공급 관련 기관에서는 조기에 물 공급을 중단 할 수 있고, 또한 농가에서 콤바인 작업 등 농작업의 편리성을 도모하기 위하여 출수 후 조기 낙수를 함으로써 간척지에서는 염 피해와 미질 저하가 우려된다(Balasubramanian & Rac, 1977, 구자웅 등, 1998).

따라서 본 연구는 새만금 등을 비롯한 신간척지에서 벼 재배시 적정 완전낙수시기를 구명함으로써 안정적인 수량 확보 및 미질향상을 하기 위하여 시험을 수행하였다.

#### 재료 및 방법

본 연구는 토양 염농도가 0.3~0.5% 정도인 세사양토(문포통)인 새만금 제화 시험포장(벼맥류부)에서 수행하였다. 벼

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2171  
(E-mail) choiwy@rda.go.kr <Received June 2, 2011>

품종은 간척지 적응성이 있는 청호벼로 6월 1일에 18일 키운 치묘를 기계이앙하였다. 재식밀도는  $m^2$ 당 23.8주로 이앙하였고, 시비량은 질소는 20 kg/10a, 인산은 5.1 kg/10a, 가리는 5.7 kg/10a을 사용하였으며, 질소분시방법은 기비:분얼비:최고분얼기:수비:실비를 30:20:20:20:10% 비율로 사용하였고, 인산은 전량기비로 사용하였으며, 가리는 기비:수비로 70:30% 비율로 사용하였다. 안정적 수량확보 및 미질향상을 위한 적정 완전낙수시기를 구명하기위하여 완전낙수 처리는 출수후 25, 30, 35, 40, 45, 50일에 각각 처리하였다.

토양염농도, 토양수분과 토양경도는 완전낙수 처리 시점인 출수 후 25일부터 5일간격으로 조사하였는데, 토양염농도는 토양시료를 채취하여 실험실에서 조제후 EC 메터기(Toledo, 스위스)로 측정하였으며, 토양수분은 시료를 10  $^{\circ}C$ 에 24시간 건조후 건조중량법으로 측정하였고, 토양경도는 DAIKI RIKA(Dik-5553, Japan)로 조사하였다.

단백질 분석은 근적외선 분석기인 AN-700(Kett, Japan)으로, 쌀의 품위는 RN-500(Kett, Japan)으로 조사 하였다.

병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기

타 재배 및 생육조사 등은 벼맥류부 표준재배법(벼맥류부, 2010)과 농촌진흥청 시험연구 조사기준(농진청, 2003)에 의하여 조사하였다.

## 결과 및 고찰

시험연도인 2010년도 기상경과를 알아보기 위하여 출수기부터 반순 간격으로 평균온도 및 강수량을 조사한 결과를 요약하면 표 1과 같다. 일반적으로 중만생종 벼 수확적기 적산온도는 1,200 $^{\circ}C$ 이고, 적산일수는 58일 정도 인데(한살회, 2010), 시험연도인 2010년 출수 후 기상은 비교적 고온으로 경과되어 적산온도가 1,200 $^{\circ}C$ 에 도달하는 기간이 52일로 평년보다 6일 정도 빨랐다. 출수 후부터 수확기까지 누적강수량은 60 mm 정도 약간 적었다.

벼 주요 생육단계별 생육은 표 2와 같다. 간척지는 비간척지에 비하여 영농 연대가 짧아 유기물 함량이 낮고 염해 발생 우려가 있기 때문에 비교적 생육량이 적다. 본 조사에서 직접적으로 비간척지와 생육량을 비교하기는 어렵지만

**Table 1.** Accumulation average temperature and amount of precipitation after heading date in 2010.

| Days after heading date                        | 1-5         | 6-10  | 11-15 | 16-20 | 21-25 | 26-30 | 31-35 | 36-40 | 41-45  | 46-50  | 51-55  | 56-60  |        |
|--|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Aver. temperature ( $^{\circ}C$ )              | 2010        | 139.1 | 136.2 | 128.7 | 134.7 | 124.7 | 119.0 | 119.2 | 100.3  | 79.6   | 83.7   | 84.9   | 75.9   |
|  | Normal year | 127.8 | 121.5 | 123.1 | 116.7 | 110.1 | 104.1 | 99    | 94.1   | 89.3   | 85.8   | 78.5   | 75.4   |
| Accumulation aver. temperature ( $^{\circ}C$ ) | 2010        | 139.1 | 275.3 | 404.0 | 538.7 | 663.4 | 782.4 | 901.6 | 1001.9 | 1081.5 | 1165.2 | 1250.1 | 1326.0 |
|  | Normal year | 127.8 | 249.3 | 372.4 | 489.1 | 599.2 | 703.3 | 802.3 | 896.4  | 985.7  | 1071.5 | 1150   | 1225.4 |
| Amount of precipitation (mm)                   | 2010        | 19.6  | 13.0  | 59.0  | 34.0  | 7.9   | 40.6  | 0     | 33.5   | 0.5    | 22.0   | 0.1    | 0.4    |
|  | Normal year | 42.2  | 48.3  | 44.7  | 29    | 22.6  | 20.7  | 28    | 14.5   | 16.7   | 14.6   | 7.2    | 11.6   |
| Accumulation precipitation (mm)                | 2010        | 19.6  | 32.6  | 91.6  | 125.6 | 133.5 | 174.1 | 174.1 | 207.6  | 208.1  | 230.1  | 230.2  | 230.6  |
|  | Normal year | 42.2  | 90.5  | 135.2 | 164.2 | 186.8 | 207.5 | 235.5 | 250    | 266.7  | 281.3  | 288.5  | 300.1  |

\* Accumulation average temperature and amount of precipitation after heading date(17 Aug.), Normal year : 1971~2000.

**Table 2.** Plant growth as main growth stage.

| Growth stage             | Plant height (Internode length) | No. of tiller<br>no. hill <sup>-1</sup> | Leaf color | LAI | Dry weight<br>g/m <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------------------------------|---|------------|-----|--------------------------------|
|                          | cm                              |   | SPAD       |     |                                |
| Maximum tillering stage  | 46                              | 21.7                                    | 40.2       | 1.1 | 109                            |
| Panicle initiation stage | 78                              | 20.2                                    | 31.9       | 5.2 | 639                            |
| Heading stage            | 105                             | 17.3                                    | 31.4       | 5.4 | 974                            |
| Mid-ripening stage       | (84)                            | 16.5                                    | 25.5       | 2.1 | 1,853                          |

**Table 3.** Yield and its components by different perfect drainage time.

| Perfect drainage time | Panicle number         | Grain number              | Percent ripened grain | Brown rice 1,000 grain weight | Milled rice yield | Yield index |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| Days after heading    | no. hill <sup>-1</sup> | no. panicle <sup>-1</sup> | %                     | g                             | kg/10a            |             |
| 25                    | 15.8                   | 86                        | 75b                   | 20.5b                         | 495b              | 100         |
| 30                    | 16.2                   | 86                        | 75b                   | 20.7b                         | 518ab             | 105         |
| 35                    | 16.8                   | 89                        | 76ab                  | 20.7b                         | 510ab             | 103         |
| 40                    | 16.2                   | 87                        | 79a                   | 21.3a                         | 531a              | 107         |
| 45                    | 16.9                   | 90                        | 77ab                  | 21.0ab                        | 530a              | 107         |
| 50                    | 16.8                   | 88                        | 79a                   | 21.4a                         | 537a              | 108         |
| Mean                  | 16.5                   | 88                        | 77                    | 20.9a                         | 520               | -           |

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 4.** Physico-chemical characteristics of milled rice by different perfect drainage time.

| Perfect drainage time | Head rice ratio(%) | Imperfect rice kernel(%) |                 |              |        | Amylose (%) | Protein (%) |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|--------------|--------|-------------|-------------|
|                       |                    | Cracked                  | White core rice | Damaged rice | Others |             |             |
| 25                    | 71.9c              | 7.0                      | 18.6            | 2.5          | 0.3    | 15.8        | 5.8b        |
| 30                    | 74.5b              | 5.6                      | 16.9            | 2.9          | 0.1    | 16.3        | 6.1ab       |
| 35                    | 80.8a              | 4.8                      | 9.4             | 4.6          | 0.4    | 16.3        | 6.6a        |
| 40                    | 76.3ab             | 3.2                      | 9.1             | 11.5         | 0.3    | 16.5        | 6.7a        |
| 45                    | 77.2ab             | 5.7                      | 13.4            | 3.5          | 0.2    | 16.5        | 6.8a        |
| 50                    | 75.1ab             | 4.9                      | 11.7            | 8.1          | 0.2    | 16.4        | 6.6a        |
| Mean                  | 76.0               | 5.2                      | 13.5            | 5.5          | 0.3    | 16.3        | 6.4         |

염이 높은 토양에서는 뿌리의 신장 저해로 지상부 생육이 억제된다는 Roundy(1985)와 Wyn Jones & Gorham(1986)의 보고와 같이 전반적으로 생육량이 적음을 알 수 있었다. 이 등(1993)과 이 등(2002)은 염이 높을수록 출수가 지연된다고 보고하였는데, 본 연구에서도 비간척지보다 약간 출수가 늦은 것을 확인할 수 있었다.

완전낙수시기별 수량구성요소 및 수량을 보면 표 3과 같다. 주당수수는 출수 후 25~30일 처리에서 약간 적었으나 처리간에 별 차이 없이 16.5개 이었고, 수당립수도 처리간에 별 차이 없이 88개 내외 이었다. 이는 수수와 수당입수는 낙수 처리이전에 이미 형성이 되었기 때문으로 생각된다 (Roundy, 1985, 이와 김, 1997). 출수 후 40~50일 낙수처리가 출수 후 25~35일 낙수처리보다 등숙비율은 3% 정도 높았고, 현미천립중은 0.6 g 정도 무거웠다. 이와 같은 결과는 낙수처리를 빨리 함으로써 염이 상승하여 염 피해에 의한 것으로 생각된다. 따라서 쌀 수량은 출수 후 25일 낙수 대비 30~35일 낙수에서는 유의차가 없었으나, 40~50일 낙수

처리에서는 7~8% 증수하였다. 이는 최 등(2005)이 저염 토양에서는 출수 후 20~40일에, 중염 토양에서는 출수 후 35~40일에 완전 낙수하는 것이 안전할 것이라고 보고한 내용보다 염이 높은 신간척지이기 때문에 완전 낙수시기가 좀 더 늦어져야 할 것으로 생각된다.

완전낙수시기별 쌀 품질은 표 4와 같다. 완전립비율은 출수 후 35일 낙수처리에서 가장 높았고 다음은 45일 > 40일 > 50일 > 30일 > 25일 순으로 25일 조기 낙수 처리에서는 완전립비율이 크게 떨어졌다. 불완전립에는 분상질립이 대부분을 차지하였고(채 등, 2002) 피해립도 발생하였는데, 이와 같은 원인은 좀 더 구멍을 해볼 필요가 있다고 생각된다. 아밀로스함량은 처리간에 별 차이 없이 16.3% 정도 되었고, 단백질함량은 낙수시기가 빠를수록 낮았다.

그림 1은 토양경도와 토양수분과의 관계를 나타내는 것으로 토양수분은 벼를 콤팩인으로 수확하는데 큰 물리적 요인이다. 토양수분과 토양경도는 고도의 부의상관이 있어 토양경도 측정만으로 토양 중 수분함량을 알 수 있을 것으로

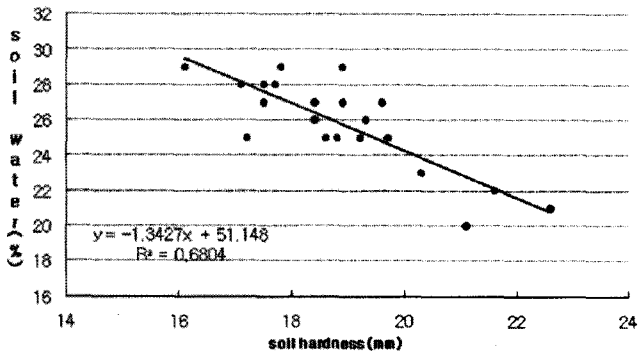


Fig. 1. Relationship of soil water and soil hardness after heading date.

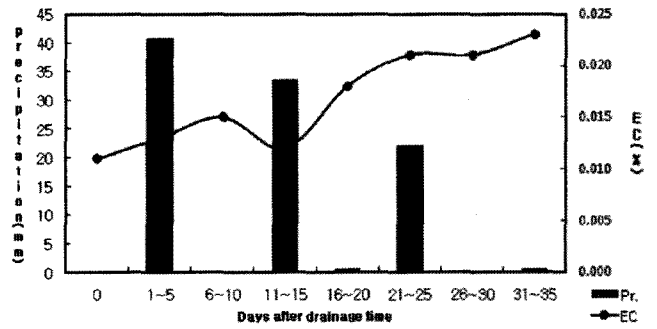


Fig. 3. Changes of amount of precipitation and soil EC by 5days interval treatment of perfect drainage time from 25days to 60days after heading date.

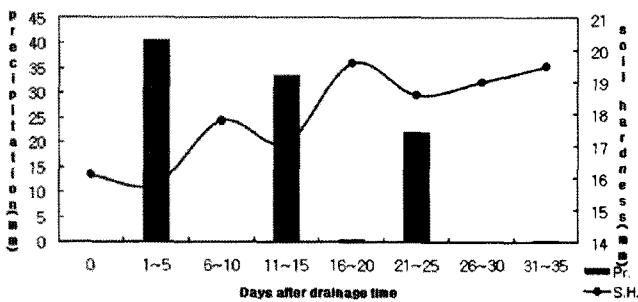


Fig. 2. Changes of amount of precipitation and soil hardness by 5days interval treatment of perfect drainage time from 25days to 60days after heading date.

이상의 결과로 볼 때, 신간척지에서 염피해 경감에 따른 안정적인 쌀 수량 확보를 위한 적정 완전 낙수시기는 출수 후 40~50일이 적당하다고 판단된다.

### 적 요

본 연구는 신간척지에서 적정 완전낙수시기를 구명함으로써 안정적인 수량확보 및 미질향상을 하기 위하여 완전낙수시기를 출수 후 25일부터 50일까지 5일간격으로 처리하여 신간척지인 새만금 계화포장에서 수행한 내용을 요약하면 다음과 같다.

판단된다.

그림 2는 완전낙수 처리 후부터 토양경도를 조사한 결과이다. 완전낙수 처리 후(출수 후 25일)부터 5일 간격으로 토양경도를 조사한 결과, 시간이 경과할수록 토양경도는 높아졌으나, 강우로 인하여 높아졌다 낮아졌다를 반복하다가 수확기 무렵에는 20 mm 정도로 더 이상 토양경도는 올라가지 않았다. 이러한 결과로 볼 때 새만금 간척지내 세사양토인 문포통에서는 수확전 10일 전에만 완전낙수하여도 수확하는 데는 별 무리가 없을 것으로 판단된다.

완전낙수 처리 후부터 토양중 EC 변화는 그림 3과 같다. 완전낙수 처리후(출수후 25일)부터 5일 간격으로 EC를 조사한 결과 토양중 EC는 완전낙수 직후에는 0.01% 이었는데 완전낙수 35일에는 0.025%로 시간이 경과 할수록 높아졌다. 이는 위의 토양경도와 같은 경향으로 강우시는 일시 낮아졌으나, 강우가 그친 후부터는 지속적으로 높아지는데 이는 염이 있는 신간척지에서는 조기 낙수를 하는 것은 수량 감소와 미질저하에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 벼 수확은 콤바인 작업이 가능한 최대한 늦게 완전낙수하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

1. 2010년 출수 후 적산온도는 평년대비 수확기를 기준으로 100℃ 정도 높았고 강수량은 약간 적었다.
2. 평균 주당수수는 16.5개 이었고, 수당입수는 88개 이었다.
3. 출수 후 40~50일 낙수처리가 출수 후 25~35일 낙수처리보다 등숙비율은 3% 정도 높았고, 현미천립중은 0.6 g 정도 무거웠다.
4. 쌀수량은 출수 후 25일 낙수 대비 30~35일 낙수에서는 유의차가 없었고, 40~50일 낙수에서는 7~8% 증수하였다.
5. 완전립비율은 출수 후 35일 낙수에서 높았고, 단백질함량은 조기 낙수할수록 낮았다.
6. 토양수분과 토양경도는 고도의 부의상관이 있었고, 완전낙수후 시간이 경과할수록 토양중 EC는 높아졌다.

이상의 결과로 볼 때, 신간척지에서 안정적인 쌀 수량 확보를 위한 적정 완전낙수시기는 출수 후 40~50일이라고 판단된다.

**인용문헌**

구자웅, 최진규, 손재권. 1998. 우리나라 서해안 간척지 및 간석지 토양의 이화학적 특성. 한국토양비료학회지. 31(2) : 120-127.

국무총리실. 2010. 새만금 내부개발 기본구상 및 종합실천계획. 국무총리실. pp. 61.

농촌진흥청. 2003. 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청. pp. 838.

벼맥류부. 2010. 2010년 시험연구사업 과제수행계획서. 벼맥류부. pp. 253.

이장석, 오경석, 손상목. 1993. 수도의 분얼기에 염수처리 농도가 체내 무기성분 함량, 생육 및 수량에 미치는 영향. 국제농업개발학회지. 5(2) : 167-174.

이충근, 윤영환, 신진철, 이변우, 김정곤. 2002. 벼 생육시기별 염수처리 농도와 기간에 따른 생육 및 수량. 한국작물학회지. 47(6) : 402-408.

이희선, 김옥봉. 1997. 서산 간척지의 염도와 벼의 생육에 관한 연구. 한국생태학회지. 20(5) : 367-373.

채제천, 정명식, 전대경, 손용만. 2002. 간척지 재배 벼 품종의 수량과 품질과의 관계. 한작지 47(3) : 259-262.

최원영, 이규성, 고종철, 문상훈, 김정곤. 2005. 간척지 토양에서 벼 재배시 염농도별 완전 낙수시기. 한작지 50(S) : 85-87.

한국쌀연구회. 2010. 벼와 쌀Ⅱ. (사)한국쌀연구회 pp. 1065.

Balasubramanian, V. & Rac. 1977. Physiology basis of salt tolerance in rice. Plant. Physiol. section, Tadu Nagada Agr. Univ. India. 26(4) : 291-294.

Roundy B. A.. 1985. Root penetration and root elongation of tall wheat grass and basin wildrye in relation to salinity. Can. J. Plant Sci. 65 : 335-343.

Wyn Jones. R.G. and J. Gorham. 1986. The potential for enhancing the salt tolerance of wheat and other important crop plants. Outlook Agric. 15 : 33-39.