

벼 생태형별 염농도에 따른 생육 및 수량

鄭鎭一*[†] · 劉肅種* · 吳明圭* · 白南玄* · 高在權* · 李載吉*

*湖南農業試驗場

Varietal Responses of Rice Growth and Yield to Soil Salt Content

Jin-Il Choung*[†], Suk-Jong Yu*, Myung-Kyu Oh*, Nam-Hyun Baek*, Jae-Kweon Ko*, and Jae-Kill Lee*

*National Honam Agri. Exp. Sta., RDA, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT : In order to find out the basic information on cultivation and breeding for salt tolerance in rice, these studies were conducted at salinity paddy fields containing 0.2, 0.3, 0.4% of salt and normal paddy field using 6 Japonica type, 5 Tongil type varieties and Annapurna. On these fields a series of investigation was made for the responses of rice growth and yield to salt content of saline soils. The heading dates of the rice cultivated at salinity 0.2, 0.3 and 0.4% were delayed compared by 2 or 3, 5 or 8 and 10 or 13 days respectively in Japonica and Tongil type varieties to those at the normal paddy fields. The culm length at salinity paddy fields decreased by 13-39% in Japonica type and 14-35% in Tongil type varieties. But the number of panicles per hill decreased by 16-40% in Japonica type and by 14-35% in Tongil type varieties. The number of grains per panicle in saline paddy fields decreased by 10 to 40% in all varieties, but the percent ripened grain decreased by 20-48% in Japonica type and by 19-51% in Tongil type varieties. 1000 grains weight was decreased by lower than 23% in all varieties, but yield was reduced to 20-62% in Japonica and 25-67% in Tongil type varieties.

Keywords : rice, salt tolerance, salinity paddy field, salt content

염류 토양은 열대 및 아열대지방의 건조 또는 반 건조 지대에 많이 분포되어 있으며 이들 지대에서는 강우량보다는 증발량이 과다하여 NaCl과 Na₂SO₄가 토양표면에 집적되어 한발과 함께 염해를 받게 된다.

우리 나라 염해지는 열대 및 아열대지방과는 달리 강우량이 증발량보다 많으므로 토양표면에 다량의 염류축적은 일어나지 않고 염해는 주로 간척지에 국한되어 있다.

간척지의 염분은 생고 및 석고 등의 시용으로 Na⁺을 치환

침출시켜 환수제염을 시키는 것이 효과적인 것으로 알려져 있으나, 지하수위의 고저에 따라 염농도가 다르며, 지형적으로 저지대에 위치하여 염류 함량이 높고 제염작업이 어렵다. 따라서 작물을 재배하려면 간척 후 최소한 10년 이상의 제염기간이 요구되는데, 비관수기에 염분의 표면집적 등, 근본적으로 염분을 완전히 제거시키기는 어려운 실정이다. 타 작물에 비해 염해지역에 재배가 용이하다는 벼도 최소한 5년 이상 소요되는 것으로 보고되어 있다(Balasubramanian & Rac., 1977).

국토의 유한성에 비추어 볼 때, 대단위 간척의 필요성이 점차 높아지나 염분함량이 높은 조건하에서의 수도생육은 염해에 의한 제한을 크게 받고 있다. 오늘날까지 우리 나라는 호남농업시험장 계화도출장소와 작물시험장 남양출장소가 신설되어, 인도 및 스리랑카 등의 염해지에서 내염성품종을 도입하여 품종 개량 및 내염형질 전이를 위한 중간모본 등을 육성하려고 철타의 노력을 경주하고 있으나, 도입 내염성 품종들이 우리 나라 생육 여건과 맞지 않아 아직까지는 미흡한 상태이고, 간척지 적응성이 다소 높은 계화벼, 간척벼, 서해벼, 장안벼, 서안벼 및 새계화 등을 육성하여 농가에 보급하고 있으나, 보다 우수한 고도의 내염성 품종육성이 시급한 실정이다.

따라서 본 실험은 수도 생태형이 다른 품종들을 육답과 간척답에 공시하여 생육반응 및 주요 형질변화와 수량과의 관계를 구명하여 신품종육성의 기초자료를 얻고자 본시험을 실시하였다.

재료 및 방법

공시품종은 내염성 품종인 Annapurna를 대비로 하여 일반계품종인 동진벼 외 5품종(추청벼, 낙동벼, 신선찰벼, 대청벼, 섬진벼)과 통일형품종인 태백벼 외 4품종(가야, 칠성, 장성, 밀양30호)을 4월 24일에 파종 육묘하여, 계화면 창북리 소재 야산 곡간지의 지산통(염농도 0.02%)인 육답과 간척지 문포통인 염농도 0.2%, 0.3%, 0.4% 포장에 6월 8일 주당 5분씩 30×13 cm로 이앙하였다. 본답 시비량은 육답에서는 N-P₂O₅-K₂O

[†]Corresponding author: (phone) +82-63-840-2164 (E-mail) choungji@rda.go.kr <Received August 2, 2002>

를 15-9-11 kg/10 a으로 질소는 3회(40:30:30), 가리는 2회(70:30) 분시, 인산은 전량 기비로 사용하였고, 간척답에서는 20-13-10 kg/10 a으로 질소는 5회(30:20:20:20:10), 가리는 2회(70:30) 분시하였으며, 시험구배치는 분할구배치 3반복으로 수행하였다. 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 조사기준에 따랐다.

결과 및 고찰

생육 반응

염농도에 따른 수도 품종의 수량관련 형질에 대하여 분산 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 수량구성요소와 수량은 염농도 및 품종간에 고도의 유의한 차이를 보였고 품종과 염농도와의 교호작용도 수장을 제외하고는 모든 수량구성요소에서 유의성이 높게 나타났다

수량은 출수기와는 부의 상관을 그 외의 수량구성요소와는 유의한 정의 상관을 나타냈다(Table 2). 수량구성 요소 중 수량과의 상관이 보다 높은 것은 등숙율과 수수로서, 염포장에서 수량확보를 위해서는 타 형질보다 중요한 요인임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 수도의 염해 발현이 어느 한가지 형질에 의하여만 작용되어지는 것이 아니고 여러 형질이 상호 복합적으로 작용한다(Cheong, 1989; Lee, 1995)는 결과와 일치된다.

염농도에 따른 출수지연 정도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 내염성품종인 Annapurna는 육답(8월 6일)에 비하여 간척답에서 염농도 0.2%포장에서는 1일, 수도재배 한계 염농도(0.3%)에서는 8월 11일로 5일이 늦었으나, 보다 높은 0.4%

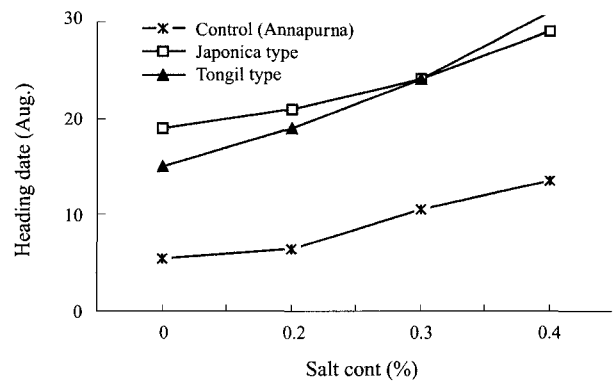


Fig. 1. Heading date in response to salt content in paddy soil.

고염답에서는 8일이 늦은 8월 14일에 출수하였는데, 생태형별로 보았을때 염농도 0.2%포장에서 일반계품종은 2일, 통일형 품종은 3일이 지연되었고, 재배 한계 염농도 0.3%포장에서는 일반계품종이 5일, 통일형품종이 8일이 지연되었으며, 고염답인 0.4%포장에서는 각각 10일과 13일이 지연되어, 벼 재배시 염농도가 높아짐에 따라 모든 품종들이 같은 경향으로 출수가 지연되었는데, 그 정도는 일반계품종보다는 통일형품종이 더 컸다.

생육량의 크기와 관계되는 간장의 변이(Fig. 2)를 보면, 비염해지인 육답에 비하여 간척답에서는 대체로 간장이 큰 일반계품종이 단간인 통일형품종보다 간장의 단축이 심하였으며, 그 정도는 염농도에 반비례하였다. Annapurna는 육답(61 cm)대비 간척답(0.2~0.4%)에서는 56~47 cm로 7~24%의

Table 1. ANOVA(F value) for growth and yield components.

Factors	Culm length	Panicle length	No. of panicle	No. of grain/panicle	Ripening percent	1000 grain wt.	Milled rice yield
Salt content(A)	4291**	10.3**	2361**	3340**	1023**	791**	6338**
Variety(B)	182**	3.4**	11.9**	225**	17.0**	84.7**	31.5**
Interaction(A×B)	17.9**	0.93 ^{NS}	3.1**	10.4**	7.3**	51.6**	12.8**

**Significant at 1%

Table 2. Simple correlation coefficients among growth and yield components.

Items	Heading date (A)	Culm length (B)	Panicle length (C)	No. of panicle (D)	No. of grain/panicle (E)	Ripening percent(F)	1000 grain wt (G)	Yield (H)
(B)	-0.371**							
(C)	-0.296**	0.176 ^{NS}						
(D)	-0.572**	0.842**	0.268**					
(E)	-0.642**	0.518**	0.399**	0.638**				
(F)	-0.660**	0.854**	0.269**	0.875**	0.692**			
(G)	-0.251**	0.652**	0.178 ^{NS}	0.587**	0.213**	0.595**		
(H)	-0.711**	0.814**	0.334**	0.893**	0.771**	0.927**	0.575**	

**Significant at 1%

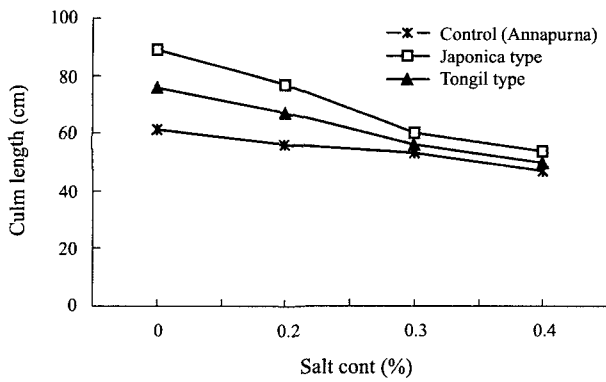


Fig. 2. Culm length in response to salt content in paddy soil.

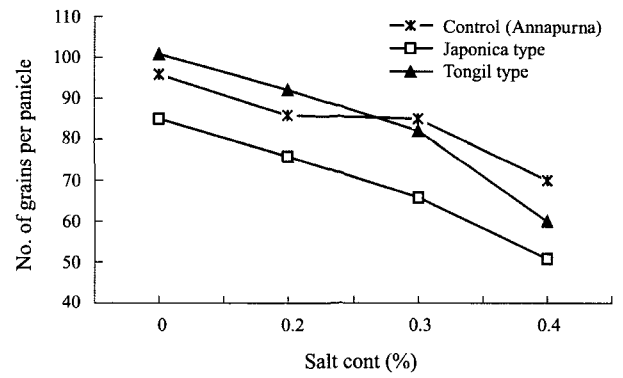


Fig. 4. No. of grains per panicle in response to salt content in paddy soil.

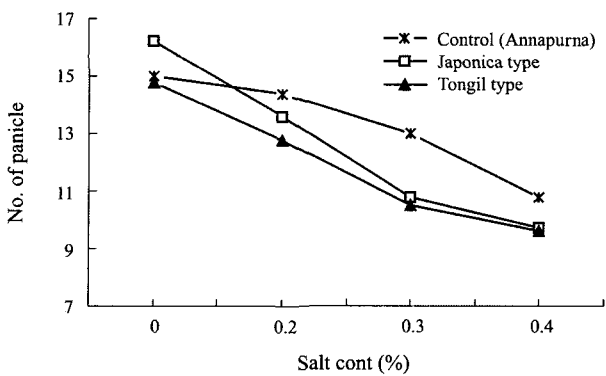


Fig. 3. No. of panicle in response to salt content in paddy soil.

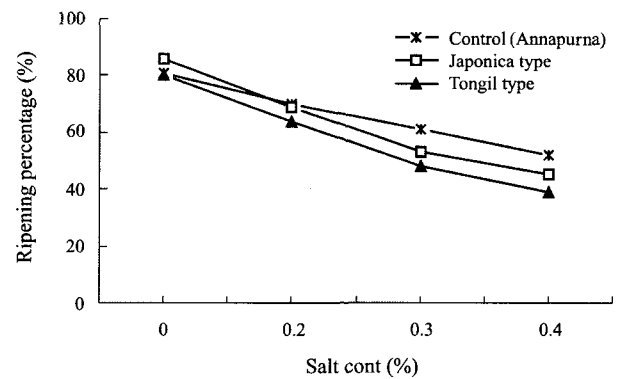


Fig. 5. Ripening percentage in response to salt content in paddy soil.

감소율로 큰 변이를 보이지 않았으나, 일반계 품종은 육답(89 cm)에 비하여 간척답에서 77~54 cm로 13~39%, 통일형 품종은 육답(76 cm)대비 간척답에서 67~50 cm로 12~35% 감소를 나타냈다.

이와 같이 염해에 따른 간장 단축정도에 따른 내염성은 통일형품종보다는 일반계품종이 약하나 같은 일반계품종 중 생태형인 조·중·만생종에 따라서는 차이가 있으며(Cheung, 1996), 이를 장간과 단간의 차이에서 오는 감소율로 생각할 때, 그리고 출수가 고농도의 염에서 통일형품종이 일반계품종보다 지연정도가 큰 점으로 보아, 단간인 통일형품종이 보다 크게 염해를 받았을 것으로 생각되는데, 보다 깊은 검토가 필요하다고 생각된다.

수수(Fig. 3)에 있어서는 Annapurna는 육답(15/주)에 비하여 저염답인 염농도 0.2%에서는 영향이 크지 않았으나, 한계 염농도인 0.3%에서는 13% 감소되었고 고염답(0.4%)에서는 급감(28%)하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 감소폭은 다소 차이가 있지만 생태형별 모두 같은 경향을 보였는데, 통일형 품종은 육답대비 14~35%, 일반계품종은 16~40% 감소율을 보여, 염농도가 높아감에 따라 통일형품종보다 일반계품종이 염해에 의한 분얼력이 약하여 감소정도가 컸으며, 특히 한계염농도인 0.3% 이상에서는 수수의 확보가 매우 어렵게 보였다.

염해지에서는 분얼이 왕성하여 수수가 많으나, 토양중 염분 농도가 높아짐에 따라 수수의 감소가 심하고(Francois, 1964), 수량감소는 주로 수수감소에 있다(Balasubramanian & Rac., 1977)고 하여 분얼기의 내염성을 강조한 바 있는데, 본 시험에서도 같은 경향을 보였다.

수당립수(Fig. 4)를 보면 내염성 품종인 Annapurna는 육답(96개)에 비하여 재배한계 염농도인 0.3%까지는 큰 감소(11%)를 나타내지 않아 타 품종들에 비하여 염해에 강하였으나, 고염답인 0.4%이상에서는 립수가 급감하여 내염성 품종인 Annapurna도 고염답에서의 한계성을 보였다. 공시품종들을 생태형별로 보면 육답과 저염답에서는 통일형품종이 립수의 확보 측면에서는 유리하였으나 염농도가 높아갈수록 통일형 품종은 급감추세를 보여 통일형품종은 육답의 101개에서 간척답 86~60개로 40~10%감소되고, 일반계품종도 육답 85개에서 76~51개로 40~10%감소되어 생태형간의 차이를 구별할 수는 없었다.

등숙비율(Fig. 5)은 Annapurna는 육답에서 81%, 간척답에서 70~52%로 육답대비 35~13%감소율을 보였으며, 염농도가 증가함에 따라 일반계품종보다 통일형품종이 등숙을 감소가 컸

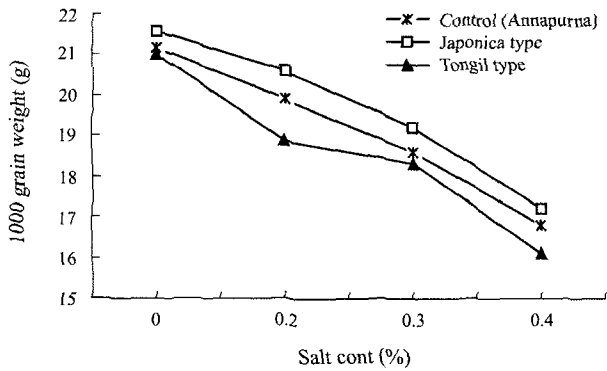


Fig. 6. 1000 grain weight in response to salt content in paddy soil.

는데 일반계품종은 육답에서 86%, 간척답에서 69~45%로, 48~19%감소율을 나타냈으나 통일형품종은 육답에서 80%, 간척답에서 64~39%로 52~19%의 감소율을 나타내어, 이러한 점은 여러 보고(Cheong *et al.*, 1995, 1996)에서와 같이 간척지에서 수량증수 및 품종육성에서는 등숙을 향상이 중요함을 알 수 있었다.

천립중(Fig. 6)은 농도가 증가함에 따라 공시품종 모두 가벼워졌으며, 그 정도는 내염성 품종인 Annapurna는 육답(21.2 g)에서 0.3%까지는 2.6 g, 일반계품종은 2.4 g, 통일형품종은 2.7 g이 감소 되었으나, 0.4% 염농도에서는 급감하였는데, 일반계 품종보다는 통일형품종에서 감소가 많았다.

이상에서 보면 수당립수의 감소는 일반계품종 및 통일형품종 모두 40%까지 감소를 보였고 등숙감소율과 천립중감소율은 일반계품종보다는 통일형품종이 컸는데 특히 통일형품종은 염분농도 0.2%까지는 일반계품종과 별 차이가 없었으나 염분농도가 높아짐에 따라 감소율도 컸다.

내염성정도는 개화기 특히 감수분열기에 가장 약하여 입실율이 저하되고(Shimoyama & Ogo, 1956), 유수형성기 특히 생식세포의 감수분열기는 가장 약하여 화분관의 발이를 억제하고 수당립수의 감소, 등숙율의 저하 그리고 립중의 저하가 심하다(Pearson & Ayers, 1960; Pearson & Bernstein, 1959)고 하였는데 본 시험의 결과와도 일치되는 경향이며, 간장감소율과 수수감소율에 있어서는 일반계품종에서 높았으나 0.3% 이상의 고염답에서는 수당립수, 등숙율 및 천립중감소가 통일계 품종에서 더 심한 것으로 보아, 유수형성기 특히 생식세포 감수분열기의 내염성 정도는 일반계 품종보다는 통일형품종에서 보다 약함을 알 수 있었다.

수량성은 Fig. 7에서 보는 바와 같이, Annapurna는 육답에서 398 kg/10 a, 간척답에서 329~194 kg/10 a으로 51~17%의 감수를 보였고, 일반계 품종은 육답에서 412 kg/10 a으로 62~20% 감수하였으며, 통일형품종은 육답에서 440 kg/10 a, 간척답에서 332~142 kg/10 a으로 68~25%감수하여 일반계품종보다 통일형품종이 감수정도가 더욱 크게 나타났다.

염농도별로 보면 재배한계 염농도인 0.3%까지는 통일형품

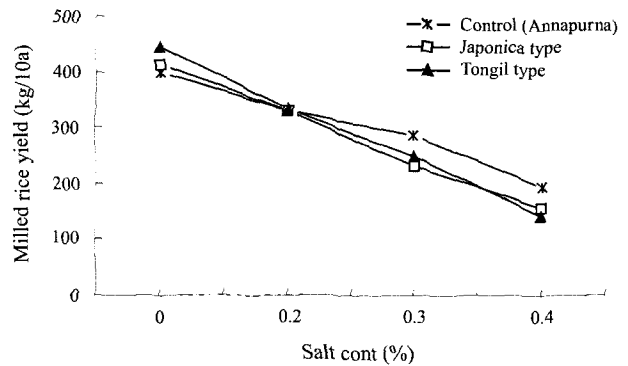


Fig. 7. Milled rice yield in response to salt content in paddy soil.

종이 수량감소율이 적어 수량이 많았으나, 고농도인 0.4%이상인 경우에는 출수가 지연되고 등숙 및 천립중의 감소가 심하여 수량감수가 컸다. 이러한 수량감수측면에서 볼 때, 대비품종인 Annapurna에 비하여 공시품종 모두 수량감소가 컸는데 특히 통일형품종이 일반계품종보다 수량감소 및 절대수량에서도 떨어져, 내염성이 약함을 알 수 있었다.

이상의 결과를 요약해 보면, 공시된 모든 품종들이 염농도가 증가함에 따라 모두 생육 및 수량관련 형질들 모두 감소가 되었는데, 일반계품종은 간장, 수수, 수당립수에서, 그리고 통일형품종은 등숙율, 천립중 및 수량감소율에서 보다 높았으며, 수량성은 작물에 대한 내염성은 비염해지에 대한 염해지 생산량의 50% 감수성 정도를 기준으로 볼 때, 재배 한계 염농도인 0.3%이상의 고염답에서 감소율정도가 보다 크게 나타났고, 0.4% 염농도에서 이보다 높은 62~68%의 감소율을 보였으며, 생태형간에는 통일형품종이 수량감소율이 컸고, 수량면에 있어서도 0.3% 염농도까지는 절대수량이 통일형품종이 일반계품종보다는 높았으나 0.4% 이상의 높은 염농도에서는 통일형품종이 수량이 적어 내염성 정도는 통일형품종이 낮았다.

적 요

비염해지인 육답에 대한 간척답의 염농도가 0.2%, 0.3%, 0.4%인 지역에서 수도 생육 및 수량반응을 비교 검토하여 수도의 내염성 및 품종육성의 기초자료를 얻고자 일반계 품종 6 품종 통일형 5품종을 공시한 결과는 다음과 같다.

1. 출수지연 정도는 육답 대비 0.2%포장에서는 일반계 품종은 2일, 통일형품종은 3일이 지연되었고, 0.3%포장에서는 일반계품종이 5일, 통일형품종이 8일, 그리고 0.4%포장에서는 각각 10일과 13일이 지연되었다.
2. 간장은 일반계품종이 13~39%, 통일형품종이 12~35% 감소율을 보였고, 수수는 일반계품종이 16~40%, 통일형품종이 14~35% 감소율을 나타내어 간장 및 수수의 감소율은 일반계 품종이 더 심하였다.
3. 수당립수는 일반계품종과 통일형품종 공히 10~40%의 감

수율을 보였으나, 등숙율은 일반계품종 20~48%와 통일형품종 19~52%의 감수율을 보여, 통일형품종이 더 심하였다.

4. 천립중은 23% 이내의 비교적 적은 감소율을 보인 반면, 수량은 일반계 품종은 20~62%, 통일형품종은 25~68%의 감소율을 보여 통일형품종이 더 컸다.

인용문헌

- Balasubramanian, V. and S. Rac. 1977. Physiology basis of salt tolerance in Rice, *Pl, physiol section, Tamil Nagada Agr. Univ. India.* 26(4) : 291-294.
- Cheong, J. I. 1989. Genetic analysis of major agronomic characters treated to salt tolerance in rice. *Ph. D. Dissertation, University of the WonKwang.*
- Cheong, J. I., B. K. Kim, M. H. Park and S. Y. Lee. 1995. Varietal difference in agronomic characters of rice grown on saline water irrigation. *Korean J. Crop Sci.* 40(4) : 494-503.
- Cheong, J. I., B. K. Kim, J. K. Lee and H. T. Shin. 1996. Varietal difference of yields and yield components of rice by saline water treatment. *RDA Jour. Agric. Sci.* 38(2) : 12-19
- Choi, G. G., S. C. Lee and Y. N. Chang. 1983. Study on the salt tolerance of rice plant : - Effects of salt concentration on germination and rooting activity of seedling of same varieties rice. *Ins. Agri. Sci & Tech. Chonbuk National Univ.* 14 : 17-30.
- Francois, L. E. and L. Bernstein. 1964. Salt tolerance of safflower. *Agro Jour.* 56 : 38-40.
- Lee, K. S. 1995. Variability and genetics of salt tolerance in japonica rice(*Oryza sativa* L.) *Ph. D. Dissertation, University of the Philippines at Los Banos.*
- Pearson, G. A. and A. D. Ayers. 1960. Rice as a crop for salt effected soil in process of reclamation, *Produc. Res. Rept.* 43 : 1-13.
- Pearson, G. A. and L. Bernstein. 1959. Salinity effects several growth stages of rice. *Agro. Jour.* 51 : 654-657.
- Shimoyama, T. and T. Ogo. 1956. Studies on the saline injury of crops. II On the effects of the growth and the harvest of the rice plant as produced by saline irrigation at different growing periods. *Okayama pref. Agro. Exp. Stat.* 54 : 21-28.