

간척지에서 수도 및 기타 작물의 내염성에 관한 연구

15. 간척지에 재배한 수도 엽층의 수광 효과에 미치는 염분의 영향

任 綱 彬·林 雄 圭·黃 鍾 瑞

(서울대학교 농과대학)

Study on the Salt Tolerance of Rice and other Crops in Reclaimed Soil Areas

15. The Effects of Salt on the Efficiency of Sunlight Utilization of Rice Canopy in Reclaimed Saline Soils

Im, Hyong Bin, Ung Kyu Lim and Chong Ser Hoang

(College of Agriculture, Seoul National University, Korea)

(1971. 9. 30 접수)

ABSTRACT

In order to observe the factors affecting light utilization efficiency in the canopy of a rice crop grown in reclaimed saline areas in Korea, 22 varieties of rice were cultured at the average salt concentration of 6.05mmhos/cm 25°C, (0.39%) in saline soils and non-saline silty loam soils.

The inhibition of tillering ability by salt damage at the maximum tillering stage was greater than to growth in height. A significant direct correlation was observed between both ratios and salt concentration with each variety. In the salty areas the length of the flag leaf of the maturing stage showed a positive correlation with the production of rough rice while other living leaf showed a negative correlation. LAI of maturing stage was less in the salty area than in the non-salty area, while the former showed higher ratio in net assimilation and translocation to head with greater RGR before and after the heading stage.

서 론

우리나라 서해안 간척지 특히 경토층(新土層)의 염분농도의 연중 변화는 비교적 심하다(4, 5). 들뜬 지역에 따라 다소 차이는 있으나 대체로 봄부터 강우기(降雨期)까지는 높고 그 후부터 10월 썩은 까지는 비교적 낮으며 10월 하순부터 재차 상승한다. 따라서 수도(水稻)에서는 소위 추우형(秋優型)의 생육을 나타낸다.

저자의 1967—68년도의 실험 결과(4, 5)에서 염분구에서는 무염분구에 비하여 임실율(稔實率)과 입중(粒重)등에서 좋은 성적을 나타냈다. Kling(1954)은 염분 조건에서는 광합성이 더 증진된다고 주장하였다. 본연구에서는 출수기(出穗期) 전후의 수도 개체군의 수광 상태와 생산성과의 관계를 조사하여 간척지 수도의 추우형 생육의 기구(機構)를 알고저 실험을 실시하였든 바 약간의 결과를 얻었으므로 보고하는 바이다.

재료 및 방법

경기도 시흥군 수암면 하중리 잔척지에서, 아래와 같은 22품종을 1969년 4월 28일 숙답 토대에 파종하여 본 포장인 염분구포장(4월말 염분농도 10.48mmhos/cm, 25°C, 0.67%, 생육기간중의 평균 염분농도 0.39%)과 무염분구 포장에 각각 난괴법으로 구(區)의 크기 4m×3m, 3반복, 5본식으로, 주당 거리 15cm×30cm, 6월 14일에 이앙하였다. 시비는 N:10kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:8kg, K<sub>2</sub>O:8kg을 주었고 질소는 기비, 분얼비 및 수비(穗肥)의 비율 5:3:2로 하였으며 기타 관리는 숙답 표준법에 의하였다.

공시 품종은 V<sub>1</sub>: 월남 32, V<sub>2</sub>: 구사부에, V<sub>3</sub>: 관옥, V<sub>4</sub>: 호광, V<sub>5</sub>: 천추락, V<sub>6</sub>: 농광, V<sub>7</sub>: 재건, V<sub>8</sub>: 구제 136-2, V<sub>9</sub>: 팔괘, V<sub>10</sub>: 시로가네, V<sub>11</sub>: 아야니시키, V<sub>12</sub>: 파이 No. 4, V<sub>13</sub>: 이리 265, V<sub>14</sub>: 야찌코가네, V<sub>15</sub>: 농림 6, V<sub>16</sub>: 잔척 9, V<sub>17</sub>: 카트로, V<sub>18</sub>: 중국 26, V<sub>19</sub>: 와까사, V<sub>20</sub>: 나기호, V<sub>21</sub>: 선서 및 V<sub>22</sub>: 이부끼 이다(V<sub>1-22</sub>는 공시 품종의 번호)

CGR (Crop growth rate)와 RGR (Relative growth rate)는 다음 식으로 계산하였으며

CGR=(W<sub>1</sub>-W<sub>2</sub>)/(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>)

RGR=(log<sub>e</sub> W<sub>2</sub>-log<sub>e</sub> W<sub>1</sub>)/(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>)

전이량(轉移量)은 수중(穗重)에서 순동화량을 뺀 것으로 하였다.

결과 및 고찰

1) 영양 생장기의 염해

최고 분얼기의 무염분구 22품종의 평균 경수는 19.1본이었다. 1967년도의 평균 17.8본에 비하여 1.3본이 많았으며 1968년도의 21.0본에 비하여 1.9본이 적었다. 가장 평균 경수가 많은 품종은 농림 6호인데 22.1본이였으며 선서는 17.0본이어서 가장 적었다.

염분구에서는 22품종의 평균 경수가 15.3본이었는데 이것은 무염분구에 비하여 80%에 해당하는데 67년도의 65%, 68년도의 70%에 비하여 그 비율이 높았다. 그리고 이와 같은 무염분구에 대한 염분구의 최고분얼기의 경수 비율은 그해의 6월 하순부터 7월 하순까지의 평균 염분 농도에 대체로 반비례 되었다. 즉 67년도에는 평균 0.65%, 68년도는 0.45%, 69년도에는 0.34%이었다.

무염분구에 대한 경수 비율이 가장 높은 품종은 이부끼, 중국 26호 등이었으며 농림 6호, 관옥등은 가장 낮았다. 그리고 이들 비율의 경향은 3년간 공시품종 사이에서 같은 순위의 경향을 나타냈다.

염분구의 초장은 무염분구에 비하여 91% 자랐는데 67년도의 76%, 68년도의 84%에 비하여 월등히 성적이 좋았다. 초장의 염분구에서의 성장비율도 6월 하순부터 7월 하순까지의 평균염분 농도에 대체로 반비례 하였다. 분얼력에 대한 염분에 의한 억제는 초신장에 대한 억제보다 더 컸는데 이것은 계속 3년간 같은 경향이였다.

최고 분얼기의 무염분구에 대한 염분구의 경수비율 즉 초장의 비율은 5% 수준의 유의성 있는 상관관 나타냈다(Fig.1). 즉 각 품종들에 있어서 염해(鹽害)에 의한 경수의 피해 정도는 초장 성장 억제에 주는 피해 정도와는 유의성있는 상관이 있었다. 다시 말하면 경수와 초장이 받는 염해는 품종에 따라 대체로 같은 경향인 것으로 생각되었다.

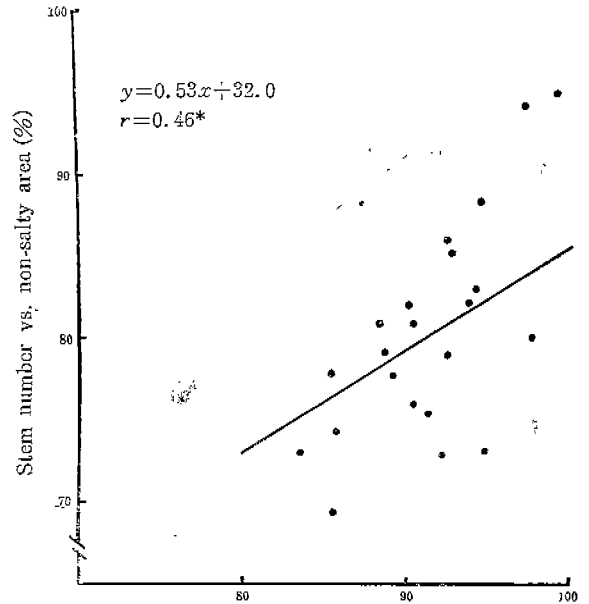


Fig. 1. The relationship between the decreasing ratio of plant height and the stem number of 22 varieties in the salty area as compared with the non-salty area.

이와 같은 초장과 경수의 상관있는 유의성은 1967년도 결과에서도 1% 수준의 유의성을 나타냈다.

2) 수광 태세와 전의물에 미치는 염분의 영향

수광능률에 영향을 미치는 초형(草型)으로는 잎의 무게, 엽신의 경사각, 초장, 경수 등을 들을 수 있다. 이들 형태는 수광 능력에 영향을 미치며 나아가서 개체군(個體群)의 생산성에 영향을 미치는데 주로 개체군 내부에 받아들여지는 광의 강도와 광의 균일한 분포 등에 영향을 미치며 개체군 전체의 동화량에 작용하게 되는 것이다.

68년도 정적(5)에서는 출수후 지엽(止葉) 및 제2엽장과 정조생산과는 염분구 무염분구에서 다 같이 상관이 없었으나 제3엽장과 제4엽장과는 각각 두 실험구에서 다 같이 유의성있는 부의 상관을 나타냈다. 즉 성숙기 생엽(生葉)에 있어서 하위엽의 길이는 짧을수록 정조생산이 높다는 것을 의미한다. 69년도 결과는 염분구에서 2엽과 4엽의 길이가 무염분구에서는 제2엽과 3엽의 길이가 각각 정조생산과 부의 상관을 나타냈다. 그리고 지엽의 길이는 염분구에서는 유의성이 없었다. 따라서 대체로 염분구에서는 지엽이 길수록 그리고 2-4엽의 길이들은 짧을수록 정조생산이 증가되는 경향을 나타낸다고 말할 수 있겠다.

성숙기(9월 29일)의 생엽수는 22품종의 평균에 있어서 무염분구 1.95매인데 비하여 염분구가 2.39매이었다. 엽장에 있어서 염분구 지엽은 무염분구에 비하여 길이가 86%, 2엽부터 4엽까지는 93% 정도이었다.

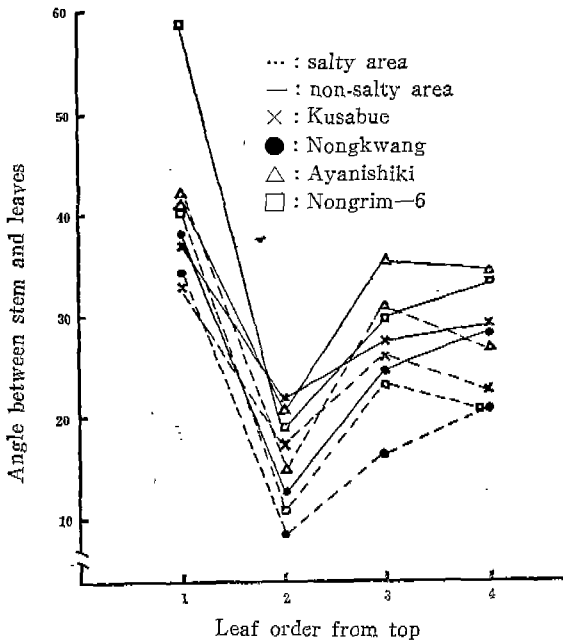


Fig. 2. Angles between stem and leaves at maturing stage.

성숙기에 염분구와 무염분구의 4품종에 대하여 각 20주씩 각주의 최장주에 대하여 최상위 4엽의 경사각(傾斜角)을 조사하였다. Fig.2에서 보는 바와 같이 양 실험구에서 다 같이 지엽의 경사각이 최고로 크고 다음은 3,4엽이 크며 제2엽이 가장 적다. 그리고 일반적으로 염분구는 무염분구의 품종들에 비하여 경사각이 적은 즉 좋은 수광태세를 나타내고 있는 것이 분명하다.

개체군의 그늘진 곳의 엽신에도 상위엽의 투과 광선이 적지않게 조사된다고 생각되는데 엽은 잎은 같은 엽면적 일지라도 근대부부를 더 깊게 할 가능성이 있다는 것이다. 농광을 공시하여 엽신 1cm<sup>2</sup>당의 무게를 측정하였던바 염분구 0.0604g, 무염분구가 0.0462g이었다. 따라서 염분구 잎의 두께는 더 두꺼운 경향이 있다.

잎의 번무도(繁茂度)가 큰 시기에는 엽면적이 갈더라도 엽신의 경사각과, 조건이 같은 때는 엽신의 길이가 상관하는 잎의 만곡도(彎曲度)에 따라 개체군 동화곡선이 다름이 알려져 있다(14). 더욱이 출수기 후에는 수도 개개의 잎의 경사각이 직립형(直立型)으로부터 점차 수평형으로 변화하며(7) 또한 성숙 후기의 태양고도(太陽高度)가 낮아짐에 따라 개체군 내부의 광투입의 감퇴가 커지므로 경사각과 엽장의 문제는 수광태세에 크게 영향한다고 할 수 있다. 출수기 수도개체군에서는 항상 상위엽은 광포화(2)에 달하고 있는 반면 하위엽은 소위 Lambert-Beer의 법칙에 의한 개체군 내부의 투입광(透入光)은 지수적(指數的)으로 떨어진다는 Monsi and Saeki (1963)의 설이 있다(6).

Fig.2에서 보는 바와 같이 염분구에서는 엽신의 경사각이 무염분구 보다 적다. 따라서 상위 엽층에 의한 차광(遮光)이 적을 것이 분명하며 또한 엽장이 무염분구에 비하여 86-93%, 즉 대체로 90% 정도 성장하여 짧으며, 그 위에 엽신내의 더 많은 SiO<sub>2</sub>의 함량과 기계적 조직의 발달(5) 등에 의하여 엽신의 만곡이 심하지 않다. 따라서 개체군에서 상층부의 상호차폐(相互遮蔽)의 정도가 적어서 중층의 잎의 수광태세가 좋아 결과적으로 개체군 전체의 동화능률이 증가됨이 분명하다. Danaka (1969)에 의하면 벼에 있어서 불량 수광 태세는 건물 생산을 34% 저하시키므로 수광을 33% 떨어뜨렸다는 보고가 있다.

단위 면적당의 잎의 무게 SLW (Specific leaf wt, leaf dry wt. per unit leaf area)는 생육단계(1), 개체군 밀도, 경작환경 등에 따라 다르다는 것이며, Pearce et al. (12,13)에 의하면 Alfalfa에 있어서 SLW가 큰 잎의 순동화량이 많으며 또한 SLW가 낮은 잎에 비

하여 동화능율의 증진이 광도가 높을수록 더 커진다는 것이다. 농광에 대하여 염분구 일과 같은 염위(葉位)의 무염분구 일의 단위면적당 무게는 염분구에서 약 33% 무거웠다. 따라서 동화능율이 더 높았음이 분명하며 또한 위에서 말한 바와 같이 광투가 가 좋은 염분지 개척군내에서의 투입광의 차단으로서의 무게의 영향에 관하여서는 영향이 있다는 설(3)과 없다는 설이 있다.

유수분화기, 출수기 및 성숙기의 LAI, C/F 및 건물생 산율 조사하였던바 제1표와 같았다. 건물중 기준의 생 열중과 고염중(枯葉重)의 비율은 염분구에서나 무염분구에서 다 같이 출수기를 거쳐 성숙기에 이르면 따라 커지는 경향인데 염분구는 무염분구에 비하여 고염(枯葉) 비율이 후기 성장에서도 컸다.

비동화부/동화부의 건물중비 즉 C/F는 4플층의 평

Table 1. Production of before and after heading stage, dry wt. gr/m<sup>2</sup>.

Date	Parts of plant body	Non-salty area					Salty area				
		V <sub>2</sub> , Kusa- bue	V <sub>6</sub> , Nongk- wang	V <sub>11</sub> , Ayanis- hiki	V <sub>15</sub> , Nong- rim-6	Aver- age	V <sub>2</sub> , Kusa- bue	V <sub>6</sub> , Nongk- wang	V <sub>11</sub> , Ayanis- hiki	V <sub>15</sub> , Nong- rim-6	Aver- age
9, Aug.	Wt. of leaves, living	196.2	174.4	193.5	220.7	196.2	166.2	136.3	166.2	136.3	151.0
	" , dead	27.3	27.3	24.5	24.5	25.9	24.5	16.4	16.4	21.8	19.8
	Wt. of top system except leaves	378.8	310.7	278.3	329.7	324.9	286.1	226.2	288.9	262.7	266.0
	Wt. of head	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total wt. of top system	602.3	512.4	496.3	574.9	546.5	476.8	378.9	421.5	420.7	424.5
	C/F	1.93	1.78	1.49	1.49	1.67	1.72	1.66	1.74	1.93	1.76
	LAI	4.24	3.77	4.19	4.78	4.25	2.75	2.26	2.75	2.17	2.48
1, Sept.	Wt. of leaves, living	196.2	169.0	223.5	220.7	202.4	190.8	111.8	212.6	122.6	159.5
	" , dead	30.0	27.8	27.3	35.4	30.1	32.7	17.4	32.7	21.8	26.2
	Wt. of top system except leaves	594.1	539.6	542.3	645.8	580.5	697.6	487.8	679.6	404.4	571.9
	Wt. of head	152.6	103.6	84.5	57.2	99.5	158.1	81.8	87.2	54.5	15.4
	Total wt. of top system	972.9	840.0	877.6	959.1	912.4	1,079.2	698.8	1,030.1	603.3	852.9
	Net assimilation, wt.	370.6	327.6	381.3	384.2	365.9	602.4	239.9	608.6	182.6	428.4
	C/F	3.81	3.81	2.81	3.19	3.41	4.48	5.16	3.69	3.74	4.27
	LAI	4.24	3.67	4.77	4.78	4.37	3.16	1.85	3.52	2.03	2.64
29, Sept.	Wt. of leaves, living	77.4	65.4	117.2	104.6	91.2	77.4	63.2	104.6	85.0	82.6
	" , dead	65.4	55.6	60.0	88.8	67.5	66.5	89.9	74.7	43.6	68.7
	Wt. of top system except leaves	509.6	43.6	687.8	670.4	576.0	480.7	488.8	580.4	487.8	489.4
	Wt. of head	583.2	455.1	438.7	413.1	472.5	523.2	452.4	415.3	332.5	430.9
	Total wt. of top system	1,235.6	1,012.1	1,303.7	1,276.9	1,207.1	1,147.8	1,014.3	1,175.0	948.9	1,071.5
	Net assimilation, wt.	262.7	172.1	426.1	317.8	294.7	68.6	315.5	144.9	345.6	218.7
Quantity of translocation to head	320.5	283.0	12.6	95.3	177.8	454.6	136.9	270.4	—	212.2	
Ratio of translocation(%)	—	—	—	—	37.6	—	—	—	—	49.0	
	C/F	14.15	13.63	9.61	13.58	12.67	12.57	13.62	9.52	9.71	11.46
	LAI	1.68	1.41	2.54	2.27	1.97	1.28	1.04	1.73	1.40	1.86

군에 있어서 유수 형성기로부터 출수기까지는 양자간에 차는 크지 않았으나 염분구가 더 큰 경향이 있으며 출수후부터는 염분구가 적은 경향이였다. 염분구의 LAI는 무염분구에 비하여 현저히 적었으며 최고 LAI를 나타내는 출수기에는 각각 4.37과 2.64이어서 염분구는 무염분구의 약 60% 정도이었다. 이와 같이 염분구는 LAI가 60% 정도임에도 불구하고 출수후의 수분증가가

거의 같은 비율로 커졌다.

출수후의 경엽중(莖葉重) 및 수중의 조사 결과로부터 산출한 출수후부터 9월 29일까지의 순동화량(純同化量) 및 이삭으로의 전이량(轉移量)을 계산 하였던바 (Table 1) 순동화량은 다소 무염분구가 더 많았으나 이삭으로의 전이율이 무염분구의 37.6%에 비하여 염분구는 49.1%이었다. 따라서 염분구에서는 LAI가 적은

점으로 보아 엽면적당 순동화율이 대단히 높으며(11) 또한 경엽에 축적된 동화양분의 이삭으로의 전이가 많은 것이 분명하다.

**Table 2.** CGR and RGR in before and after heading stage.

Varieties		Date 9, Aug. ~ 1, Sept.		Date 1, Sept. ~ 29, Sept.	
		CGR	RGR	CGR	RGR
Non-salty area	V <sub>2</sub> , Kusabue	2.96	0.063	1.72	0.026
	V <sub>6</sub> , Nongkwang	2.61	0.065	1.13	0.020
	V <sub>11</sub> , Ayanishiki	2.96	0.072	2.77	0.043
	V <sub>15</sub> , Nongrim-6	3.07	0.067	2.08	0.031
	Average	2.90	0.067	1.92	0.030
Salty area	V <sub>2</sub> , Kusabue	4.80	0.107	0.45	0.007
	V <sub>6</sub> , Nongkwang	2.55	0.090	2.05	0.040
	V <sub>11</sub> , Ayanishiki	4.37	0.100	0.95	0.143
	V <sub>15</sub> , Nongrim-6	1.46	0.047	2.27	0.049
	Average	3.30	0.086	1.43	0.060

Table 2에서 보는 바와 같이 출수기 전의 CGR과 RGR는 출수기 후에 비하여 무염분 구에서나 염분구에서 다 같이 높으나 염분구의 출수기 전 즉 유수형성기부터 출수까지의 생산성은 무염분구에 비하여 높았다. 특히 염분구는 출수 전후기에 다 같이 RGR가 현저히 높았다.

Nieman (1962)은 염분처리로서 단위 면적당의 광합성량의 차이가 없다고 하며 Kling (1954)은 염분조건에서는 광합성이 더 증진된다고 보고 하였다. 염분구 C/F가 출수기 후부터 무염분구에 비하여 적어졌으며, 또한 전이율(轉移率)이(8) 높은 점 그리고 출수기를 전후하여 높은 RGR를 나타낸 점 등으로 보아 LAI는 낮으나 일 면적당 동화 능력이 출수기 후에 더 높은 것이 분명하다. 이와 같은 현상은 수도의 후기 성장에서의 내염도 증진과 염분구 개체군이 나타내는 초형이 주요 원인인 것으로 생각되었다.

**적 요**

생육기간중의 경토층 평균 염분농도 6.05mmhos/cm, 25°C, (0.39%)인 미사질 양토의 한국 서해안 간척지와 이와 토성이 같은 무염분 축담에 22개의 장려품종을 적기 재배하여 출수기 전후의 벼 개체군 수광능율에 미치는 여러 요인들을 각각 비교하였다.

최고분얼기에 있어서 염분 피해로 인한 분얼력에 대한 억제제는 초신장에 대한 억제보다 컸으며 각 품종에

있어서 양자간의 피해를 사이에는 유의성 있는 상관성이 있었다.

성숙기 염분구 담에서는 지엽의 길이가 정조생산과정의 상관을, 기타 생엽과는 부의 상관을 나타냈으며 작업시의 경사각은 염분구에서 작았고 잎의 두께는 염분구에서 현저히 두꺼웠다.

성숙기의 LAI는 염분구가 무염분구에 비하여 적었으나 염분구는 엽면적당 순동화율이 높았으며 전이율이 또한 높았다. CGR와 RGR는 양실험구에서 다 같이 출수전이 출수후보다 컸고 염분구는 무염분구에 비하여 출수기 전후의 RGR가 컸다.

**참 고 문 헌**

1. Barnes, D.K., R.B. Pearce, G.E. Carlson, R.H. Hart and C.H. Hudson, 1969. Specific leaf weight difference in alfalfa associated with variety and plant age. *Crop. Sci.*, 9(4): 421-423.
2. Buxton, D.L. and H.N. Stapleton, 1970. A model for predicting environmental effects on net photosynthesis and transpiration of individual leaves. *Agron. Abstr.*, 30.
3. Hayashi, K. and I. Hiroshi, 1992. Studies on the form of plant in rice varieties with particular reference to efficiency in utilizing sunlight. I. The significance of extinction coefficient in rice plant communities. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan*, 30(4): 329-333.
4. 任綱彬外 三人, 1967. 干拓地에서 水稻 및 其他作物의 而鹽性에 關한 研究(1), 科技處—유세이드 報告書(Code No. 66-27), 1-90.
5. 任綱彬外 一人, 1968. 干拓地에서 水稻 및 其他作物의 而鹽性에 關한 研究(2), 科技處—유세이드 報告書(Code No. 68-6), 1-54.
6. Im, H.B., U.K. Lim and J.S. Shim, 1969. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed soil areas. 3. Response of rice to plant population and spacing in the salty soil area. *Kor. Jour. Bot.*, 12(2): 76-90.
7. Ito, A., 1969. Geometrical structure of rice canopy and penetration of direct solar radiation. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 38(3): 355-363.
8. Kando, M. and T. Nishizawa, 1967. Analysis of

- rice population to density and mode of planting. Bull. Agr. Res. Tohoku Univ. Japan, 18(2): 215-240.
9. Kling, E.G., 1954. Physiology of plants in saline soils. Moscov. Glavnyi Bot. Sad. Biul., USSR. 18: 59-73.
10. Monsi, M. and T. Saeki, 1963. Über die Lichtfaktorien den Pflanzengesellschaften und sene Bedeutung für die Stoffproduktion. Bot. Jour. Japan, 14: 22-52.
11. Nieman, R.H., 1962. Some effects of sodium chloride on growth, photosynthesis and respiration of twelve crop plants. Bot. Gaz., 123: 279-285.
12. Pearce, R.B., G.E. Carlson, D.K. Barnes, R.H. Hart and C.H. Hanson, 1969. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. Crop Sci., 9(46): 423-426.
13. " and D.R. Lee, 1969. Photosynthetic and morphological adaptation of alfalfa leaves to light intensity at different stage of maturity. Crop Sci., 9(6): 691-794.
14. Tagawa, T., S. Matsushima, S. Kojyo and H. Nitta, 1969. Analysis of yield determining process and its application to yield predication and culture improvement of low land rice. XC. On the relation between the plant type of rice plant community and the light-curve of carbon assimilation. Proc. Crop Sci. Japan, 38(2): 287-293.