

Grain yield in relation to growth attributes of the ripening phase in **Indica** rice varieties under water-logged conditions^{1/}

R. S. VINAYA RAI*

C O M P E N D I O

Se cultivaron cinco parcelas experimentales con arroz bajo condiciones normales y condiciones de suelos anegados: 'Jagannath', 'Manoharsali', 'T.141', 'NC. 1281' y 'Prasadbhog'. Bajo condiciones de suelos anegados hubo una reducción global en el orden de un 20 por ciento en el rendimiento de grano. Además, se demostró que el índice del área foliar y el peso seco total en las etapas de floración y maduración declinaron bajo condiciones de suelos anegados.

Sin embargo, se notó que no hubo disminución en el rendimiento con la variedad 'NC.1281'. Esto se atribuye a una tasa neta de asimilación más alta; una elevada proporción de hojas muertas y un nivel más alto de nitrógeno por unidad de superficie (NGA) en condiciones de suelo anegado. Además, tampoco fue afectado el índice de área foliar bajo esta condición.

Introduction

MOST grain production in India still comes from the *kharif* season; but owing to the vagaries of the monsoon, per hectare rice yield of the country is still low (10). Waterlogging is a major problem in many states, it being more acute in the northern Indo-Gangetic plains, but less in the southern Deccan Plateau. The little work done on the physiology of rice grown on water-logged soil relates to preflowering and flowering phases (8, 9). Since grain formation depends predominantly upon the post-flowering carbohydrates (1), an investigation was carried out to determine the physiological changes during the post-flowering phase under waterlogging and their bearing on grain yield.

Materials and Methods

The experiment was conducted at the Central Rice Research Institute, Cuttack, during *kharif* 1971. Thirty day old seedlings of five rice cultivars *viz.*, 'Jagannath', 'Manoharsali', 'T.141', 'NC.1281' and 'Prasadbhog' were transplanted in two different fields, one well-drained and the other waterlogged with 20-30 cm

stagnant water up to heading. At each site, the cultivars were randomised and replicated four times. Seedlings were spaced at 15 x 20 cm in plots measuring 9.60 x 2.70 m, after incorporating 40, 20 and 20 kg/ha respectively of N, P₂O₅ and K₂O.

At flowering and 10 and 20 days after flowering (DAF), plant samples from eight random hills were harvested, separated into leaf, culm and panicle and oven-dried at 80 °C to constant weight. Total dry weight (TDW) and leaf area index (LAI) were computed following Tanaka *et al.* (11). The active to total leaf weight ratio (ALW/TIW) was calculated. Net assimilation rate (NAR) at 10 and 20 DAF was calculated following Watson (14) and expressed as g/m² leaf area/day. Nitrogen in the plant parts was estimated after Jackson (4) and nitrogen per unit land area (NGA) was derived as the product of LAI and nitrogen per unit leaf area (13). Grain yield was recorded at maturity.

Results and Discussion

Data on grain yield and growth attributes at the different growth stages are given in Table 1.

Excepting 'NC.1281', grain yield was reduced significantly in all the cultivars and the overall decrease was about 20 per cent. At flowering and at the two post-flowering stages, TDW, LAI and NAR were significantly affected under the water-logged condition. However, unlike other varieties, no reduction in LAI was evident at either 10 DAF or 20 DAF in 'NC. 1281'. The ALW/TIW ratio at 10 and 20 DAF

^{1/} Received for publication May 23, 1980. The author is grateful to Dr. K. S. Murty, Head, Division of Physiology, Central Rice Research Institute, India, for his valuable guidance during the course of the investigation.

* Assistant Professor, Forestry Research Station, Tamilnadu Agricultural University, India-641 301.

Table 1.—Grain yield and growth constituents at flowering and ripening phases under normal (N) and water-logged (W) conditions

Cultivar		Grain Yield (kg/ha)	TDW (g/m ²)			LAI			AIW/IIW			NAR (g/m ² leaf area/day)	Nga (g/m ²)		
			F	10 DAF	20 DAF	F	10 DAF	20 DAF	F	10 DAF	20 DAF		F	10 DAF	20 DAF
Jeoannath	N	3033	806	840	1075	2.65	2.24	1.93	0.78	0.62	0.53	11.30	1.82	1.20	0.77
	W	2532	601	523	596	1.96	1.29	1.39	0.72	0.65	0.64	5.45	1.60	0.94	0.77
Manoharsali	N	3502	894	957	1008	2.38	1.86	1.04	0.73	0.46	0.31	3.61	1.96	0.90	0.43
	W	2508	655	678	705	2.00	1.47	0.96	0.71	0.62	0.42	2.25	1.73	0.84	0.41
T 141	N	2691	773	770	838	2.51	1.96	1.45	0.72	0.64	0.48	4.02	1.82	1.06	0.53
	W	1923	641	572	597	2.11	1.32	1.09	0.71	0.54	0.55	2.09	1.74	0.80	0.51
NC 1281	N	2744	1089	964	1114	2.39	1.18	0.66	0.55	0.27	0.15	16.77	1.27	0.60	0.23
	W	2930	901	710	961	2.16	1.26	1.03	0.58	0.52	0.41	21.96	1.50	0.72	0.40
Prasadbhog	N	2430	776	931	782	2.40	1.93	1.36	0.62	0.52	0.47	9.17	1.69	1.03	0.46
	W	1738	556	623	673	1.62	1.47	0.99	0.60	0.65	0.52	4.13	1.28	0.88	0.43
Mean	N	2880	868	892	963	2.47	1.83	1.28	0.68	0.50	0.39	8.97	1.71	0.96	0.48
	W	2326	671	621	706	1.97	1.36	1.09	0.66	0.60	0.51	7.17	1.57	0.84	0.50
C D (5%)	T	117	37	61	64	0.18	0.18	0.17	—	—	—	—	—	—	—
	V	203	65	97	102	NS	0.29	0.26	—	—	—	—	—	—	—
	VxT	287	NS	NS	144	NS	0.41	0.38	—	—	—	—	—	—	—

under waterlogging increased in all the cultivars. This is attributable to the production of fresh tillers following the gradual recession of the stagnant water just prior to anthesis. Compared to other varieties, the active leaf proportion in 'NC 1281' was less under both normal and water-logged conditions, indicating more death of lower leaves in this variety. While waterlogging reduced NGA in the other varieties, it increased that of 'NC 1281' in all three growth phases studied.

The reduction in grain yield under waterlogging may be ascribed primarily to the reduction in TDW at flowering since the two are positively related (5, 8). But grain yield is dependent upon not only the assimilated products accumulated before heading but also those formed during ripening (3, 6). Grain yield, from the standpoint of photosynthesis and dry matter production, may be considered as the integral of LAI and NAR for the ripening period (2, 12). The fact that postflowering LAI and NAR were small under the water-logged condition suggests that the assimilatory products of the ripening phase also occur under waterlogging. A bigger NAR and an unimpaired LAI account for the better performance of 'NC 1281'. The poor yield under waterlogging evident in other varieties is therefore a reflection of the constraint on carbohydrate contribution from both pre-flowering and postflowering assimilates. A yield loss may also be assigned to the lower proportion of dead leaves. The lower leaves, due to heavy mutual shading, are incapable of photosynthesis and drain the photosyn-

thates of the upper leaves which would otherwise move to the grain. Death of lower leaves is therefore advantageous, since it offsets the wasteful degradation of assimilates in respiration (7). Thus, a higher dead leaf content and a higher NGA contributed to the better performance of 'NC 1281' under waterlogging.

Summary

Five rice cultivars, *viz.* 'Jagannath', 'Manoharsali', 'T 141', 'NC 1281', and 'Prasadbhog', were grown under normal and water-logged conditions. Under waterlogging, there was an overall reduction in grain yield to the extent of 20 per cent LAI and TDW at flowering and ripening stages declined under waterlogging. 'NC 1281', however, sustained no yield loss; this is attributed to its higher NAR, higher proportion of dead leaves and higher NGA under the waterlogged situation. Its LAI also was not affected under this habitat.

Literature cited

1. COCK, J. H. and YOSHIDA, S. Accumulation of C¹⁴ labelled carbohydrates before flowering and the subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proceedings of the Crop Science Society of Japan, 41: 226-234. 1972.
2. IRRI. International Rice Research Institute, Annual Report, 1966. Los Baños, Philippines p 15-34 1966.

- 3 ISHIZUKA, Y and TANAKA, A Biochemical studies on the life history of rice plants 3. Synthesis and translocation of various fractions of nitrogen compounds and carbohydrates. *Journal of the Science of Soil Manure, Japan*, 23: 159-165 1955
- 4 JACKSON, M L. *Soil Chemical Analysis* Prentice-Hall Inc, p 498 1958.
- 5 MURATA, Y and TOGARI, Y Analysis of the effect of climatic factors upon the productivity of rice at different localities *Proceedings of the Crop Science Society of Japan*, 41: 372-387 1972.
- 6 MURAYAMA, N, YOSHINO, M., OSHIMA, M, TSUKAHARA, S and KAWARAZAKY, Y. The process of carbohydrate accumulation associated with growth of rice plants *Bulletin of the National Institute of Agricultural Science, Tokyo*, (B)1: 123-164 1955.
- 7 NAVASERO, S A. and TANAKA, A Lowlight induced death of lower leaves of rice and its effect on grain yield *Plant and Soil*, 25: 17-31 1966
- 8 RAI, R S V and MURIY, K S. Path analysis of grain yield in rice under normal and water-logged conditions II *Riso*, 24: 279-284 1975
- 9 RAI, R S V. and MURIY, K S Effect of water-logging on growth and yield components in rice *Madras Agricultural Journal*, 64: 433-436 1977
- 10 SWAMINATHAN, M. S. *Our Agricultural Future*. Sardar Patel Memorial Lecture. India International Centre, New Delhi 1973.
- 11 TANAKA, A, KAWANO, K. and YAMAGUCHI, J. Photosynthesis, respiration and plant type of the tropical rice plant *International Rice Research Institute Technical Bulletin*, 7 p 46 1966
- 12 TSUNODA, S. Leaf characters and nitrogen response *In: The Mineral Nutrition of the Rice Plant*. Johns Hopkins Press, Baltimore p 401-418 1964
- 13 TSUNODA, S. Photosynthetic efficiency in rice and wheat *In: Rice Breeding* IRRI, Los Baños, Philippines p 471-482 1972
- 14 WATSON, D. J The physiological basis of variation in yield *Advances in Agronomy*, 4: 101-144 1952

Reseña de Libros

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE
Nitrogen and Rice. IRRI 1979. 500 p

En este volumen se presentan 27 trabajos elaborados por científicos invitados al simposio sobre Nitrógeno y Arroz auspiciado por el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI). Participaron muchos de los más conocidos investigadores de arroz y se incluyen temas sobre las diferentes fuentes de nitrógeno y su comportamiento. El volumen está bien editado, con un estilo claro y ordenamiento uniforme. Todos los capítulos tienen un resumen breve al principio al estilo como lo publican las revistas de ciencias agrícolas, lo que es muy útil si uno quiere orientarse rápidamente. Los capítulos tienen también buenas bibliografías pero por desgracia no hay un índice final del volumen. Cada capítulo tiene al final, un resumen de la discusión sobre la presentación.

El volumen tiene seis subdivisiones, la primera de las cuales discute el papel del nitrógeno en la producción del arroz. En tres trabajos de tipo general se revisa aquí la importancia del elemento, diferentes fuentes de este, los requerimientos y los factores que influyen en la producción de arroz en condiciones variables con énfasis en la región asiática.

La segunda subdivisión se dedica a los procesos de transformación del nitrógeno en suelos arroceros. En esta sección, los trabajos individuales analizan los métodos para estudiar estos cambios, el balance del nitrógeno en suelos inundados, la cinética microbiana de las pérdidas del elemento, la mineralización del nitrógeno orgánico y la volatilización del amoníaco en suelos inundados. Otros trabajos se refieren a la inmovilización química y microbiana del N en suelos inundados, a la fijación biológica de este elemento y en general a lo que ocurre con éste una vez aplicado al arroz inundado. Con más de 130 páginas esta sub-

división es la más larga y presenta una visión actualizada y detallada de los problemas en este campo.

En la tercera subdivisión, en tres trabajos se analiza la fijación heterotrófica de nitrógeno en suelos arroceros. Se presenta aquí la información disponible sobre los factores que afectan la fijación en general y en la rizosfera en especial, además de presentar resultados de campo sobre este tópico.

La fijación de nitrógeno por algas se analiza en tres trabajos en la cuarta subdivisión. Aquí se revisa la ecología de ellos, la inoculación de campos de arroz con algas y algunos aspectos de su papel como fuentes fijadoras de nitrógeno.

En la quinta subdivisión se incluyen seis trabajos sobre la utilización del helecho acuático *Azolla* en la producción de arroz. Se analizan aquí la bioquímica, fisiología y ecología del complejo *azolla-anabacna* y su aplicación en diversos países productores de arroz importantes.

La última subdivisión se dedica a las prácticas agrícolas que pueden aumentar el nitrógeno en suelos arroceros. Se estudia aquí el papel de la materia orgánica de los abonos químicos y de las técnicas de manejo de suelo y agua.

El volumen concluye con un capítulo sobre necesidades de investigación en estos campos y recomendaciones sobre el mismo.

Globalmente, este volumen presenta información sólida y actualizada sobre el tópico del mismo y es esencial tanto en bibliotecas de investigación como de enseñanza. Todos los que se interesan en la producción del arroz deberían consultar este volumen valioso.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSIA RICA