

水稻不同产量水平干物质积累、分配 与产量关系的研究

都兴林 金润洲 方秀芹 王景余

(吉林省农科院水稻所,公主岭 136100)

提 要 本试验设计 7 500 kg/hm² 和 9 500 kg/hm² 两种产量水平试验田,研究水稻干物质积累、分配与子粒产量间的关系。结果表明:不同产量水平间总干物质的积累有明显的差异,子粒产量与干物质积累量呈正相关;水稻生长过程中,光合产物主要分配给当时的生长中心,即生育前期分配给营养器官,中期向生殖器官转移,直至后期分配给生殖器官;不同产量间各器官的含 N 率有明显差异,产量越高,器官含 N 率越高。

关键词 水稻;干物质积累;干物质分配;子粒产量

水稻的产量主要来源于光合产物,产量的高低取决于光合产物的积累与分配^[1,2]。群体即使具备了高产的生物产量,如果光合产物分配不协调,高产仍难实现。因此,水稻产量形成的过程实质上是干物质积累与分配的过程,即产量 = 总干物重 × 谷草比。

多年来,围绕干物质积累与分配问题,前人做了大量的研究工作,提出了许多有价值的理论^[3,4],而不同产量水平下干物质积累与分配的研究还较少。本文将初步研究 7 500 kg/hm² 和 9 500 kg/hm² 产量水平的干物质生产力及分配情况,进而探讨干物质积累、分配与子粒产量间的关系,为高产栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试验设计

试验于 1995 年在本所试验田进行。土质为黑钙土,pH 7.0,土壤肥力中等。品种为组培 28,大棚盘育苗,4 月中旬播种,5 月 20 日插秧,密度为 26.4 cm × 13.2 cm,穴栽苗 2~3 株。施肥措施见表 1,随机排列,重复 3 次。

表 1 施 肥 方 案

代号	产量水平 (kg/hm ²)	肥料 种类	总量 (kg/hm ²)	占总量的比例				
				基肥	粪肥	补肥	穗肥	粒肥
A	9 500	纯 N	170	3	2	1.0	3.0	1
		P ₂ O ₅	90	5		2.5	2.5	
		K ₂ O	90	6		2.0	2.0	
B	7 500	纯 N	130	3	3	1.0	2.0	1
		P ₂ O ₅	70	7		2.0	1.0	
		K ₂ O	50	7		1.5	1.5	

1.2 调查项目及方法

在有效分蘖终止期、最高分蘖期、孕穗期、齐穗期和乳熟末期分别测定功能叶的叶绿素含量、CGR、NAR、各器官的 C/N 和干物重。叶绿素含量测定采用乙醇浸泡，“751”分光光度计比色法。

$$C_a = (12.7D_{663} - 2.59D_{654}) \times \frac{\text{提取液量(L)}}{\text{叶片鲜重(g)}}$$

$$C_b = (22.9D_{645} - 4.67D_{663}) \times \frac{\text{提取液量(L)}}{\text{叶片鲜重(g)}}$$

$$C_t = C_a + C_b [\text{单位: mg/叶片鲜重(g)}]$$

$$\text{CGR} = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) (\text{单位: mg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2})$$

$$\text{NAR} = 2.3(W_2 - W_1) \cdot (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1) \cdot (A_2 - A_1) (\text{单位: mg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2})$$

式中 A_1 、 A_2 为第一次、第二次取样时的 LAI, $t_2 - t_1$ 为两次取样间隔日数, $W_2 - W_1$ 为两次取样总干物重之差。试验数据由微机处理。

2 结果与分析

2.1 干物质生产

不同产量水平间总干物质积累有明显差异,产量愈高,干物质积累愈多,反之则少。干物质积累总的趋势是前期慢、中期快、后期慢,呈“S”曲线(图 1)。

从各生育期干物质生长速率看,高产田干物质增长的特点是孕穗至齐穗期增长速度最快,最高分蘖至孕穗期次之,齐穗至乳熟末期再次之(表 2);低产田虽然有类似趋势,但进入乳熟末期后,干物质日增长量下降很快。

表 2 不同产量水平各生育期的 CGR、NAR 比较 (单位: $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{dm}^{-2}$)

生育阶段	处理 A		处理 B	
	CGR	NAR	CGR	NAR
有效分蘖终止期~最高分蘖期	116.76	41.26	109.43	51.14
最高分蘖期~孕穗期	287.43	50.53	247.32	50.26
孕穗期~齐穗期	308.16	54.15	271.26	43.26
齐穗期~乳熟末期	176.58	36.48	137.23	47.53

2.2 干物质分配

水稻植株是由若干器官组成的,这些器官的生长是以光合产物的分配和输送为基础。光合产物并不是平均分配给各器官,而是主要集中到当时的生长中心^[5]。

水稻生长过程中干物质的分配规律:设 $t \rightarrow t + \Delta t$ 时间内 i 器官 ($i = 1, 2, 3, 4$, 各代表叶片、叶鞘、茎、穗) 分配到的净光合产物量 ΔW_i , 其光合产物转移量 $\Delta i = -B_i W_i$, 则该时间内 i 器官的生长增量为:

$$SW_i = \Delta W_i - B_i W_i \quad (1)$$

式中 B_i 为光合产物的转移系数,当 $B_i > 0$ 时,表示光合产物从 i 器官向外转移,当 $B_i < 0$ 时,表示光合产物从其它器官向 i 器官转移。通过试验结果分析表明:抽穗前光合产物主要向新生叶片、叶鞘和茎等营养器官输送,抽穗后主要向穗部转移(图 2)。

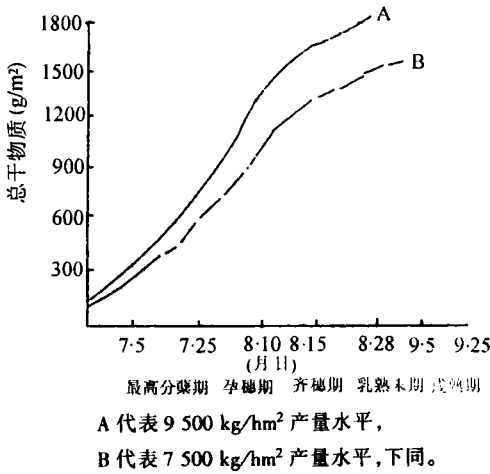


图 1 不同产量水平干物质生产力比较

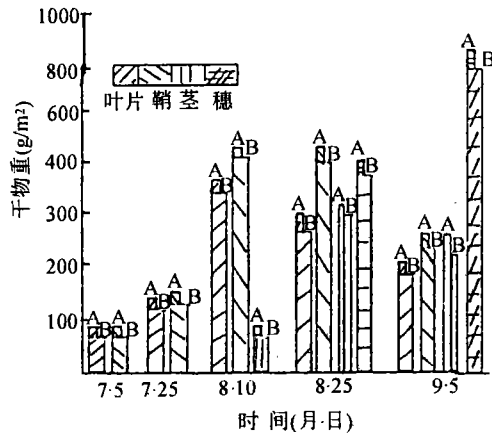


图 2 不同产量水平各器官干物质分配

从水稻生理可知,穗干重始终为正积累,即 B_4 始终 $< D^{[5]}$ 。若把营养器官和穗分别作为贮藏干物质的源和库,则各器官的转移量分别为:

$$\Delta W_i = -B_i W_i (i=1,2,3) \tag{2}$$

$$\Delta W_4 = -B_4 \sum_{i=1}^3 B_i W_i \quad \Delta W_i = B_4 \sum_{i=1}^3 B_i W_i \tag{3}$$

根据上述公式(1)、(2)、(3)可描写出水稻生长过程中干物质分配情况和各器官的干物质转移量的情况,并求得各器官的生物增量。

$$SW_i = \Delta W_i - B_i W_i (i=1,2,3) \tag{4}$$

$$SW_4 = \Delta W_4 + B_4 \sum_{i=1}^3 B_i W_i \tag{5}$$

由表 3 可以看出,各器官分配到的净光合产物量,叶片在孕穗期达到高峰,孕穗后逐渐下降;叶鞘在孕穗期达到高峰,孕穗后下降;茎在齐穗期达到高峰;穗在成熟期达到高峰。

表 3 不同产量水平各器官干物质分配 (单位: g/m²)

项目	处理	有效分蘖终止期	最高分蘖期	孕穗期	齐穗期	乳熟末期
ΔW_1	A	37.12	115.36	316.48	243.61	180.42
	B	32.16	97.14	267.16	221.26	173.21
ΔW_2	A	41.24	123.26	436.34	368.14	251.31
	B	28.86	112.21	356.16	320.16	219.18
ΔW_3	A	-	-	43.16	286.45	258.16
	B	-	-	38.86	270.19	201.56
ΔW_4	A	-	-	18.42	354.26	876.14
	B	-	-	15.32	297.43	697.16

2.3 器官生长与 C、N 率的关系

水稻在生长过程中,体内的 N、C 含量与生长时期及各器官的生长状况有密切关系。由图 3 可以看出;叶片、叶鞘、茎的含 N、C 率都是随着生育的进展而下降,而穗的含 N、C 率则从孕穗起逐渐上升。齐穗前各器官间的含 N、C 率高低顺序为叶片 > 叶鞘 > 茎;齐穗期为叶

片 > 穗 > 叶鞘 > 茎; 乳熟末期含 N 量为穗 > 叶片 > 叶鞘 > 茎, 而含 C 量为穗 > 茎 > 叶鞘 > 叶片。本试验 N、C 变化趋势同光合产物分配中心的转向相一致, 这一结果与沈阳农大王伯伦的研究结果相同。但值得说明的是, 在整个生育过程中, 植株含 C 率变化很小, 保持相对稳定。从各器官各时期的 C/N 看, 不同产量间差异较大, 即 B > A。

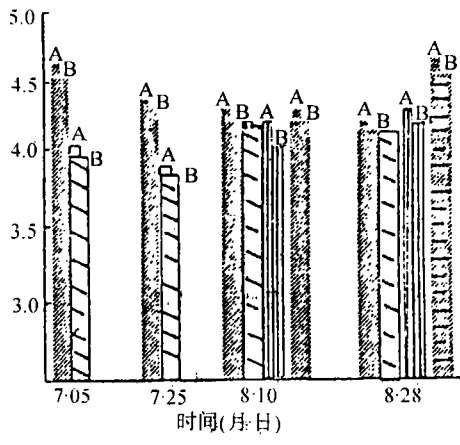
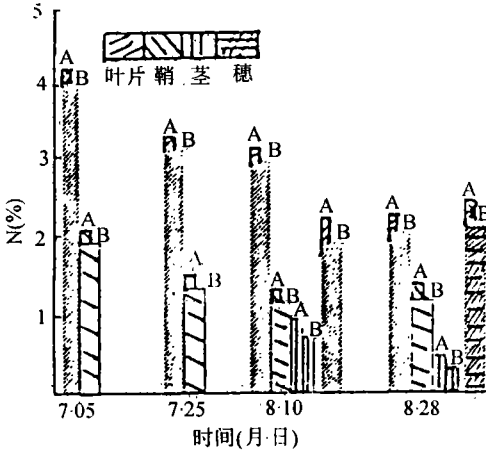
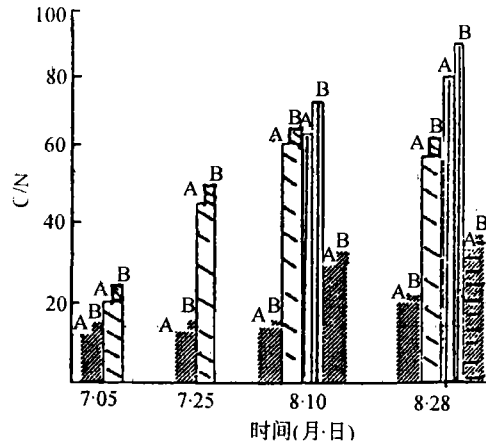


图 3-1 不同产量水平各器官含 N 百分率

图 3-2 不同产量水平各器官含 C 百分率



各器官间 C/N 值的顺序是: 出穗前叶鞘 > 叶片; 齐穗期茎 > 叶鞘 > 穗 > 叶片。各时期 C/N 值的变化与 C、N 率相反, 它是随着生育进展而逐渐提高。

2.4 干物质积累、分配与灌浆结实的关系

水稻受精后养分从茎、叶向子粒输送。子粒饱满程度主要取决于灌浆物质的多少及输送程度。前人的研究资料表明, 水稻灌浆物质约 1/3 来自抽穗前茎、鞘中的贮藏物质, 2/3 来自开花授粉后绿叶的光合产物^[6]。从本试验结果可以看出, A 区灌浆物质约 1/3 来自抽穗前的贮藏物质, 2/3 为新合成的物质; B 区抽穗前物质占 1/3 以上, 新合成物质小于 2/3 (表 4)。

图 3-3 不同产量水平各器官 C/N

表 4 水稻灌浆物质的来源

处理	来自新合成的物质		来自抽穗前的物质	
	重量(g/m ²)	占百分率(%)	重量(g/m ²)	占百分率(%)
A	350.41	62.14	223.45	37.86
B	221.16	55.46	184.32	44.54

表5 子粒产量及干物重的相关系数

项目	总干重	穗干重	草干重	子粒产量
总干重		0.963 7**	0.931 4**	0.994 9**
穗干重	0.953 4**		-0.867 5	0.983 6**
草干重	0.874 5*	-0.931 6**		0.954 6**
子粒产量	0.964 7**	0.957 8**	0.931 4**	

注:上三角为单相关, $r_{001,14} = 0.6226$;下三角为偏相关, $R_{001,10} = 0.5321$ 。

由不同产量灌浆速度比较(图4)可以看出:高产田灌浆速度在8月28日左右达到最大值,约为 $1100 \text{ mg} \cdot \text{d} \cdot \text{m}^2$;低产田灌浆速度在8月26日左右达到最大值,约为 $800 \text{ mg} \cdot \text{d} \cdot \text{m}^2$,高产田灌浆高峰持续时间长。

2.5 干物质积累与分配对子粒产量的作用

为了研究干物重对子粒产量的作用程度,我们对子粒产量及干物重进行了相关分析。总干重与子粒产量、穗干重与子粒产量、草干重与子粒产量间均呈显著正相关(表5)。

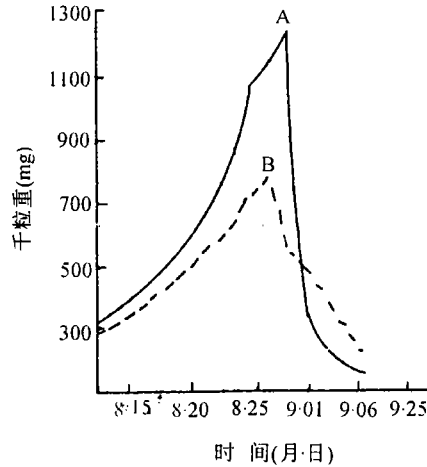


图4 不同产量水平灌浆速度比较

3 结论与讨论

光合产物并非平均分配给各器官,主要集中在当时的生长中心。生育前期主要分配给营养器官,中后期转向生殖器官。

各器官分配到的净光合产物以叶片、叶鞘在孕穗期达到高峰,以后逐渐下降,茎在齐穗期达到高峰,穗在成熟期达到高峰。

水稻各器官含N、C率的变化趋势为:含N率在不同生育期变化较大,其中以叶含N率最为明显,一般随着生育进展,逐渐下降;含C率在不同生育时期变化较小,基本稳定。

C/N值由含N率来决定,但能否由含N率代替C/N作为营养诊断指标,需进一步研究。

子粒产量与总干重、穗干重、草干重呈显著正相关。

参 考 文 献

- 1 钟启程等. 水稻不同类型品种生育期吸收 ^{14}C -葡萄糖积累与分配初报. 广东农业科学, 1988, 3: 21~24
- 2 户义次主编. 作物光合作用与物质生产. 北京: 科学出版社, 1979
- 3 蒋彭炎等. 不同群体条件下水稻光合作用及其产物的运转和分配研究. 浙江农业科学, 1987, 2: 16~19
- 4 王维金. 水稻抽穗后上位叶的光合生产力对干物质生产及其产量的影响. 湖北农业科学, 1986, 8: 1~4
- 5 冯定原等. 水稻生长和产量形成的数值模式. 南京气象学院学报, 1987, 10(2): 201~210
- 6 蒋彭炎等. 水稻不同群体条件与子粒灌浆的关系研究. 浙江农业科学, 1987, (1): 1~5

A Trial on the Relationships between Accumulation, Distribution of Dry Matter and Grain Yield of Rice Under Different Yield Level

DU Xinglin, JIN Runzhou and FANG Xiuqin et al.

(*Rice Institute, Jilin Academy of Agri. Sci., Gongzhuling 136100*)

Abstract In order to study the relationships between accumulation, distribution of dry matter and grain yield of rice two kinds of different yield level experimental fields 7 500 kg/hm² and 9 500 kg/hm² were designed, and the results showed; total dry matters accumulation were obviously different among different yield levels, there were significant positive correlations between yield and dry matter accumulation; In the period of rice growth phase, the photosynthate mainly supplied to growing centre at that time, that is to say; at primary growing stage, the photosynthate supplied to the vegetative organs, in the middle of growing stage, it transferred to reproductive organs and up to organs of the later stage; there were significant difference of N content rate of each organ among different yields, the more yield was, the more N content rate of organ.

Key words Rice, Dry matter accumulation, Dry matter distribution, Grain yield

(责任编辑:张 瑛)