

不同海拔地区种植的水稻于抽穗 前后饲喂¹⁴C的最终分配

李存信 林德辉

(中国科学院昆明植物研究所, 昆明650204)

摘要 本文比较了在海拔400米、1600米和2000米地区种植的水稻, 于孕穗期和灌浆期分别饲喂的¹⁴C黄熟期在营养体和米及谷壳中的分配百分数。并结合库/源比例, 就不同地区的生境条件讨论了三地间¹⁴C最终在水稻不同部位分配的差异。

关键词 水稻; ¹⁴C分配

FINAL PARTITIONING OF THE ¹⁴C FED BEFORE AND AFTER HEADING OF PADDY RICE GROWN AT DIFFERENT ALTITUDE LOCALITIES

Li Cunxin, Lin Dehui

(Kunming Institute of Botany, Academia Sinica, Kunming 650204)

Abstract The paddy rice in the field experiment, grown at three different altitude localities, viz. Yuanjiang (north tropic type about 400 m altitude), Yuxi (middle subtropic type about 1600 m altitude) and Dali (north subtropics type about 2000 m altitude) in Yunnan province in 1988, had been fed with the ¹⁴C during the booting and the grain filling stage, respectively. All the samples had been collected at the yellow ripe stage. The dry weight and the ¹⁴C activity in vegetative mass (included leaves, stem, leaf sheath, ear axis and pedicel and its dieback parts), rice and chaff had been determined, respectively, and that the percentages of the ¹⁴C in each part had been calculated by dry weight. The main results are as follows:

1. Final partitionings in the vegetative mass and the chaff of the ¹⁴C fed at the booting stage are, for the main, similar (viz. 37.5—54.5% and 38.9—49.6%, respectively), and yet the ¹⁴C in rice is much smaller (13.1—6.7%), and that the percentages in vegetative mass increase with the increase in the altitude of planting site, on the contrary, the percentages in chaff and rice decrease.

2. Final partitionings of the ^{14}C fed at the grain filling stage occur mainly in rice (82.5—70.5%); there is a little ^{14}C kept in the vegetative mass (10.6—15.8%); and the partitionings in chaff are minimum (6.8—13.7%). The percentages in rice decrease as increase in the altitude of planting site, on the contrary, the vegetative mass and the chaff increase in percentages of the ^{14}C .

3. The percentages of final partitioning in chaff of the ^{14}C fed at the booting stage increase with increase in the numbers of total glumous flower per unit leaf area in this stage. The percentages of final partitioning in rice of the ^{14}C fed at the grain filling stage increase as increase in the numbers of active glumous flower (seed-setting numbers) per unit leaf area in this stage. It can be shown clearly that sink/source ratio has a direct influence on ^{14}C -assimilate to be transported to main sink.

4. Owing to the paddy rice has not yet flowering at the booting stage, during which time the endosperm (kernel) has not yet formed ability to assemble assimilate, the percentages of final partitioning in rice of the ^{14}C fed at the booting stage may be considered to be the repartitioning index of assimilate before flowering, in view of the above, these data had indicated that repartitioning ratios of the assimilate in the paddy rice before flowering, grown at the low altitude localities, are much higher than those grown at the high altitude localities.

Key words Paddy rice, Partitioning of the ^{14}C

虽然植物的生物学产量取决于光合作用,但在决定谷物的经济产量中,光合产物向籽粒的分配却是同样重要的因素。Evans〔1〕曾指出光合产物在植物体内的分配是与光合作用同样重要的谷物生产力的决定因素。沈巩懋〔2〕曾用 ^{14}C 研究过水稻开花前后和不同时期的 ^{14}C -同化物的分配和运输规律,指出开花前孕穗期的输入中心为穗及茎,抽穗期及乳熟期为穗子。Yoshida和Ahn〔3〕通过测定和计算植株的淀粉和糖含量估价过开花前积累的碳水化合物对籽粒的表观贡献,并指出在干季种植的水稻中此种贡献比湿季种植的水稻大。Savahara〔4〕研究过灌浆期 ^{14}C -同化物的再分配,指出穗暴露于 $^{14}\text{CO}_2$ 一周后米起强库的作用,壳作为源和库的能力是弱的。在菲律宾国际水稻研究所, Cock和Yoshida〔5〕详细分析过开花前积累的碳水化合物的转运效率,证明在热带种植的水稻中此种转运效率为68%。同时必须承认,如Wardlaw〔6〕所评述过的那样,光合产物在植物体内的运输和分配受到各种因素的影响,如地温和气温〔7, 8, 9〕、光照、季节和肥料〔3〕、以及品种和栽培方式〔10〕等。我们在“云南高原水稻的生理生态规律研究”中,从地上部分干物质和分配〔11〕以及碳水化合物在茎鞘中的含量变化〔12〕,看到种植地海拔升高时从抽穗到黄熟这一段时期,茎和鞘的干重及其糖和淀粉含量均明显地增加。

这次实验的目的,主要想了解在不同海拔地区种植的水稻,于开花前后的同化物在籽粒灌浆中的作用,即其对经济产量的影响。因此对 ^{14}C 在各营养器官中的分布不作更多的区分,但对籽粒的壳和米分开来进行测定,现将结果报道于下。

环境、材料和方法

本试验分别在云南省元江、玉溪和大理进行。表 1 列出了各试点的地理位置和主要的气候环境因子。

表 1 各试点的地理位置和主要气候环境因子

Table 1 Geographic position and main factors of climatic environment at three localities

试点	北纬	东经	海拔(米)	气候类型	本田生长期平 均日照时数 (小时)	本田生长期 日均温(℃)
元江	23°36'	101°59'	400	北热带	6.7	26.0
玉溪	24°21'	102°33'	1600	中亚热带	5.1	20.5
大理	25°42'	100°11'	2000	北亚热带	4.5	19.0

元江点为双季早稻, 品种用威优 6 号, 2 月 18 日移栽, 分别于 4 月 17 日(孕穗期)和 5 月 11 日(灌浆期)饲喂 $^{14}\text{CO}_2$, 5 月 24 日采样。玉溪点为一季中稻, 品种为云玉 1 号, 4 月 22 日移栽, 7 月 11 日(孕穗期)和 8 月 1 日(灌浆期)饲喂, 8 月 24 日采样。大理点用滇榆 1 号, 一季中稻, 4 月 29 日移栽, 7 月 15 日(孕穗期)和 8 月 19 日(灌浆期)饲喂, 9 月 20 日采样。采样时均为黄熟期。按常规管理, 并作观察记录, 且按分蘖、拔节、孕穗、灌浆和黄熟各时期进行采样, 分别测量地上部不同器官的干物重。

^{14}C 为 $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, 用 30% 的高氯酸释放 $^{14}\text{CO}_2$, 在田间于有小型干电池带动的电风扇的 $30 \times 30 \times 100$ (厘米) 的有机玻璃同化箱内进行饲喂(与地交界处水封), 每组处理 4 株。 ^{14}C 剂量为 $50\mu\text{Ci}$, 同化时间 1 小时。只采回地上部分(包括枯死的分蘖、叶和鞘)。营养体包括叶、茎、叶鞘、穗轴及枝梗和枯死部分; 籽粒分为壳和米两部分, 在 80°C 下烘 48 小时后, 分部位并称重和粉碎。而后用北京 261 厂产 FJ-367 型通用探头直接测定 ^{14}C 的比活性。考虑到植株差异, 按 Salo(9) 的办法, 按各自的干重计算出各部位占地上部整体的 ^{14}C 活性百分数。

元江和大理各两期各得 5 组样本, 玉溪各得 6 组样本, 在此报道的结果均系各地诸样本的平均数。

结果与讨论

图 1 所示为孕穗期饲喂的 ^{14}C 在黄熟期时营养体和籽粒(和颖壳)中的分配情形。由图 1 可以看出, 孕穗期饲喂的 ^{14}C 最终在营养体和籽粒间的分配比例总的来看是比较平均的, 而且此时在籽粒中 ^{14}C 绝大部分存留在颖壳中, 米中所占比例很小, 玉溪和元

江种植的水稻，颖壳中的¹⁴C占谷粒¹⁴C的75%左右，而大理的甚至占到85%。考虑到孕穗期正是颖壳生长最快的关键时期，那么大量的同化物进入颖壳形成其结构物质而最终存留于其中就是很自然的了，而此时也正是穗轴、枝梗和穗茎旺盛生长的时期，因此在营养体中也存留有大量¹⁴C。这样看来孕穗期有两个平行的主库。沈巩懋〔2〕在1960年就曾证明过“孕穗期输入中心为穗和茎”。

在不同海拔地区种植的水稻之间，¹⁴C最终在营养体中分配的百分数，最明确地是随种植地海拔的高度而变化，亦即随种植地海拔增高，孕穗期饲喂的¹⁴C最终保留在营养体中的百分数也增加，而在籽粒（特别是米）中最终保留的百分数减少。

应该特别注意的是，由于孕穗期尚未开花，当然也就无米可言，换言之，即胚和胚乳（米）都未成为调集同化物的库，因此可以把孕穗期饲喂而最终（黄熟期）在米中测得的¹⁴C看作是开花后由营养体运来的，如果此言不虚，那么我们可以看出，不同海拔种植地的气候因子对开花前同化物向籽粒（特别是米）的再分配产生了明显的影响，使开花前的¹⁴C-同化物在高海拔地区种植的水稻比低海拔地区种植的水稻更多地存留在营养体中。

另一方面，孕穗期饲喂的¹⁴C最终在颖壳中的分配比例（%）表现出与孕穗期单位叶面积承载的颖花数有着密切的关系（表2）。

在表2中，我们以总颖花数作库能力的指标，以叶面积作源能力的指标，表明在低热的元江种植的水稻中相对于库的源能力比高海拔地区种植的水稻总是低的，就是按茎和叶鞘中的糖和淀粉含量作源能力的指标（如Fujita和Yoshida〔10〕），低海拔地区种植的水稻中源能力也是比高海拔地区种植的水稻低〔12〕。因此，表2表明的单位叶面积颖花数越高，孕穗期饲喂的¹⁴C在壳中存留的百分数也越高，可以证明库/源比在影响孕穗期同化物分配中是个重要的因素。就不同海拔种植地的水稻而言，低海拔的气候造成了较大的库/源比，从而使孕穗期饲喂的¹⁴C最终在壳中保留较大的比例。而且这种关系在灌浆期饲喂的¹⁴C的最终分配中也有类似的表现（图2和表3）。

图2表示出各试点水稻灌浆期饲喂的¹⁴C在黄熟期的各部位保留的百分数。我们首先可以看出，灌浆期饲喂的¹⁴C最终绝大部分分配在籽粒中（80—90%），尤其是在米中（70—80%）；而在营养体和壳中都很少了，说明灌浆期米已成了唯一强大的主库，而营养体和壳作为库的作用，正如Sasahara〔4〕所指出的，已经很微弱了。

同时，在不同海拔种植地的水稻之间，仍能看出类似孕穗期饲喂的结果，亦即在籽粒（特别是米）中，¹⁴C存留的百分数在高海拔地区种植的水稻中比低海拔地区种植的水

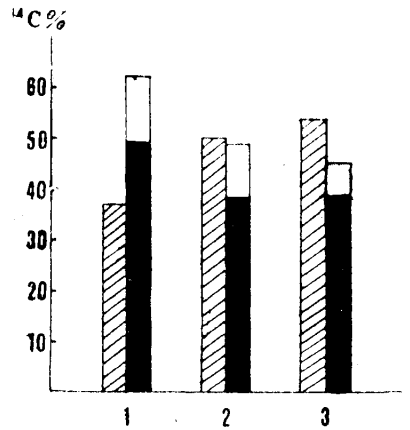


图1 孕穗期饲喂的¹⁴C的最终分配
 Fig. 1 Final partitioning of the ¹⁴C fed at the booting stage
 ▨营养体 (Vegetative mass); ■壳 (Chaff); □: 米 (Rice)
 1.元江 (Yuanjiang); 2.玉溪 (Yuxi); 3.大理 (Dali)

稻中要低，而营养体中存留的百分数要高些，这与以前我们所作的干物质生产和分配，以及茎+叶鞘中碳水化合物含量变化的情形一致^[11, 12]。这主要是由于高海拔地区的低温对碳水化合物的运输^[13]的不利影响和降低了籽粒的生理活性^[7]，抑制同化物向籽粒的运输之故。

表 2 孕穗期不同试点饲喂的¹⁴C在壳中的百分数和颖花数/叶米²

Table 2. The percentages in chaff of the ¹⁴C fed at the booting stage and the numbers of glumous flower/ leaf m² at three localities

	元江	玉溪	大理
壳中 ¹⁴ C (%)	40.62	38.58	39.14
颖花数/叶米 ²	9829	6624	6756

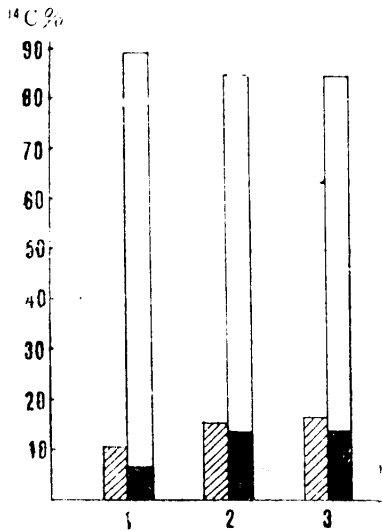


图 2 灌浆期饲喂的¹⁴C的最终分配

Fig. 2 Final partitioning of the ¹⁴C fed at the grain filling stage

▨营养体 (Vegetal); ■壳 (Chaff); □米 (Rice)
 1. 元江 (Yuanjiang); 2. 玉溪 (Yuxi); 3. 大理 (Dali)

另一方面，灌浆期饲喂的¹⁴C最终在米中的百分数和灌浆单位叶面积承载的有效颖花（结实粒）数有关，表 3 中列出了这方面的数据。不难看出库/源比决定灌浆期饲喂的¹⁴C的最终分配中的重要作用。

通过对上述资料的分析，我们觉得低热地区种植的水稻源能力相对低了些，而高海拔地区种植的水稻则因较低的温度对运输和籽粒活性（库能力）有不利的影晌，抑制了同化物向籽粒的运送，因此不同海拔的稻作区在后期碰到不同的问题，低热地区应增加源能力，而高海拔温凉稻作区则应增加向籽粒输送碳水化合物，以提高各自的生产力。

表3 各试点灌浆期饲喂的 ^{14}C 最终在米中的百分数和库/源比(实粒数/叶米 2)
 Table 3. Percentages of final partitioning in rice of the ^{14}C fed at the grain filling stage and sink/source ratio (seed-setting numbers/leaf m^2) at three localities

	元江	玉溪	大理
米中 ^{14}C (%)	82.5	71.2	70.5
库/源比(实粒数/叶米 2)	11597	7627	7322

参 考 文 献

- 1 Evans L T. In "Photosynthesis and Productivity in different environments" Edited by Cooper J P. Cambridge University Press. 1975; 501—507
- 2 沈巩懋. 农业学报 1960; 11 (1): 30—40
- 3 Yoshida S, Ahn S B. *Soil Science and Plant Nutrition* 1986; 14 (4): 153—161
- 4 Sasahara T. 日作记 1981; 50 (3): 253—261
- 5 Cock J H, Yoshida S. 日作记 1972; 41 (2): 226—234
- 6 Wardlaw I F. *Bot Rev* 1968; 34: 79—105
- 7 Hartt C E. *Plant Physiol* 1965; 40 (1): 74—81
- 8 夏镇澳, 宛新杉, 王辅德. 植物学报 1963; 11 (4): 338—349
- 9 Sato K. 日作记 1974; 43 (3): 410—415
- 10 Fujita K, Yoshida S. *Soil Science and Plant Nutrition* 1984; 30 (4): 509—518, 519—525
- 11 李存信, 林德辉. 云南植物研究 1987; 9 (1): 89—95
- 12 林德辉, 李存信. 云南植物研究 1988; 10 (1): 87—92
- 13 Yoshida S. *Ann Rev Plant Physiol* 1972; 23: 437—464