

## 不同海拔地区种植的水稻次库碳水化合物含量的比较

林德辉 李存信

(中国科学院昆明植物研究所, 昆明)

**摘要** 在品种、土壤、底肥和追肥等一致的情况下, 对三个不同海拔地区种植的水稻的次库(茎+叶鞘)中碳水化合物含量作了比较, 结果表明: 齐穗和黄熟期次库中总糖或淀粉含量均随海拔增高而增加。但在黄熟期, 高海拔地区次库的总糖或淀粉含量比齐穗期的增加, 而低海拔地区次库的总糖或淀粉含量则比齐穗期的降低。

齐穗期时, 次库的淀粉含量随施用的氮素底肥量的增加而降低。在黄熟期, 温凉稻作区水稻次库的淀粉含量均随氮素底肥施用量的增加而增加, 低熟地区水稻次库的淀粉含量则趋于一致, 不过不同地区相比各处理次库的淀粉含量均因海拔增高而增加。

不同时期的氮素追肥使齐穗期次库淀粉含量因追肥时间推迟而增加, 唯元江晚穗肥处理的低于中穗肥处理的。黄熟期因追肥时间提早而次库的淀粉含量增加, 但元江以早穗肥处理的次库淀粉含量最低。与齐穗期相比时, 低海拔地区的各个处理, 其次库的淀粉含量均减低, 但高海拔的昆明温凉稻作区, 施早和中穗肥的水稻, 在黄熟期次库的淀粉含量反而增高。还可以看出水稻种植地海拔越高, 其次库淀粉含量对追肥时间越敏感。

基于水稻次库中淀粉含量对氮素肥料的反应, 就三地气候条件讨论了上述的差异。

**关键词** 水稻; 氮素肥料; 次库(茎+叶鞘); 淀粉

水稻茎和叶鞘(简称次库)中的碳水化合物, 一般认为是一种暂时贮存的形式, 而将向旺盛生长的区域移动<sup>[1]</sup>。在茎和叶鞘中碳水化合物的含量, 因品种、生长环境、栽培技术、甚至栽种季节而异<sup>[2, 3]</sup>, 同时茎和叶鞘中的碳水化合物含量对籽粒充实有着实质性的贡献<sup>[4]</sup>, 而这种贡献也因品种和种植季节不同而异<sup>[2, 5]</sup>。同时茎鞘中碳水化合物的含量对氮素肥料特别敏感<sup>[1, 3]</sup>。云南稻作的生境条件受海拔高度的影响极为明显, 在“高原水稻高产生理生态规律研究”中, 我们考察了元江、玉溪、昆明三个不同海拔稻作区种植的水稻次库(茎+叶鞘)中碳水化合物含量的变化, 特别是在齐穗期及其以后的变化。为了尽量减小土壤肥力不均的影响, 我们在1985年采用了无底盆的盆栽试验, 采用同一土壤, 以便在一定程度上降低土壤肥力的影响, 同时又作了不同剂量的氮素底肥和不同时期的氮素追肥处理, 观察在不同海拔的综合气候条件下对氮素肥料的反应, 现将主要结果报道于下。

## 环境、材料和方法

本实验在元江、玉溪和昆明三个不同海拔地区进行。元江坝子，海拔约400米，系干热河谷地区，一年可种两季水稻和一季冬菜，我们种植的是早稻，本田期生长季节日均温为 $26.0^{\circ}\text{C}$ ，每日平均日照6.7小时。玉溪坝子，海拔1600米左右，属亚热带一季中稻平坝地区，本田期生长季节日均温为 $20.5^{\circ}\text{C}$ ，每日平均日照5.1小时。昆明坝子，海拔1900米左右，为温凉的湖滨一季中稻地区，本田期生长季节日均温为 $19.2^{\circ}\text{C}$ ，每日平均日照5.1小时。三地均以“滇榆一号”作供试品种。三地都统一使用大理较肥沃的水稻土作大田小区内的盆栽，其方法是在大田小区中作坑，用长25厘米乘宽16厘米乘高45厘米的无底铁皮桶插入35厘米已作好的坑内，装进由大理运来的较肥沃的水稻土，直到与大田小区的土壤齐平为止，在铁皮桶口之下10厘米处，即与大田小区土壤齐平处开一孔径为1厘米的口，使水份可以自由流入，随时都能保持与大田小区水层相同的高度。均系人工灌溉供水。氮素（尿素）肥料处理也和大田小区处理一样，底肥处理为：空白组（不施肥，简称对照），中剂量组（20公斤/亩，简称中剂量）和大剂量组（30公斤/亩，简称大剂量）。追肥处理为：以20公斤/亩的氮素底肥为基础，在幼穗分化期（简称早穗肥）、颖花分化期（简称中穗肥）和减数分裂期（简称晚穗肥）分别施氮素肥料10公斤/亩。栽插密度约为 $2 \times 5$ （寸<sup>2</sup>），每盆4穴，每穴3苗。重复三次。利用研究干物质生产和分配所采集的样品，将茎和叶鞘合并，用蒽酮比色法〔6〕测定其总糖或淀粉的含量。

## 结果和讨论

图1表示不同海拔地区种植的水稻在齐穗和黄熟两个生育期次库中总糖或淀粉含量（包括对照和各氮素肥料处理都在内的总平均含量）变化的总趋势，可以看出，次库的总糖（图1 A<sub>1</sub>和B<sub>1</sub>）或淀粉（图1 A<sub>2</sub>和B<sub>2</sub>）含量，无论前期（即齐穗期，图1 A<sub>1</sub>和A<sub>2</sub>）或后期（即黄熟期，图1 B<sub>1</sub>和B<sub>2</sub>）均随种植地的海拔增高而增加，即昆明>玉溪>元江。后期的总糖（图1 B<sub>1</sub>）或淀粉（图1 B<sub>2</sub>）含量和前期（图1 A<sub>1</sub>及A<sub>2</sub>）相比，其特点是元江和玉溪的均降低，昆明的增高。造成上述三地种植的水稻次库中碳水化合物含量差异的原因可能是低海拔地区（元江和玉溪）气温高，水稻生长速度快，因此前期碳水化合物被利用的多，又因呼吸消耗大，更使前期次库贮存的碳水化合物量相对较少。产生上述黄熟期差异的原因，主要是齐穗到黄熟期低热的元江和玉溪，由于气温较高，叶片早衰，减少了此期间的净光合速率〔7〕，要满足主库（籽粒）的需要，不得不动用前期的贮备；而灌浆期较高的温度也有利于碳水化合物向籽粒的运输，就使次库中在齐穗期贮存的碳水化合物量明显减低。而温凉的昆明地区所种植的水稻则在较低的温度下，无叶片早衰之弊，而有较高的光合速率之利，使其在满足主库需要上可以依靠此期间的的光合产物供应，而后期很低的气温显然对碳水化合物的运转产生

不利的影响，使其次库碳水化合物还小有增加。

图1. 不同海拔地区种植的水稻在齐穗期和  
黄熟期次库(茎+叶鞘)中总糖或淀  
粉含量变化的趋势  
A<sub>1</sub>: 齐穗期的总糖;  
A<sub>2</sub>: 齐穗期的淀粉;  
B<sub>1</sub>: 黄熟期的总糖;  
B<sub>2</sub>: 黄熟期的淀粉。

Fig.1 Tendency of change in total sugar  
or starch content in secondary sink  
(stem + leaf sheath) of rice grown  
at different altitude localities during  
the full heading time and the yel-  
low ripe stage.

A<sub>1</sub>: Total sugar at the full heading  
time;  
A<sub>2</sub>: Starch at the full heading time.  
B<sub>1</sub>: Total sugar at the yellow ripe  
stage;  
B<sub>2</sub>: Starch at the yellow ripe stage.

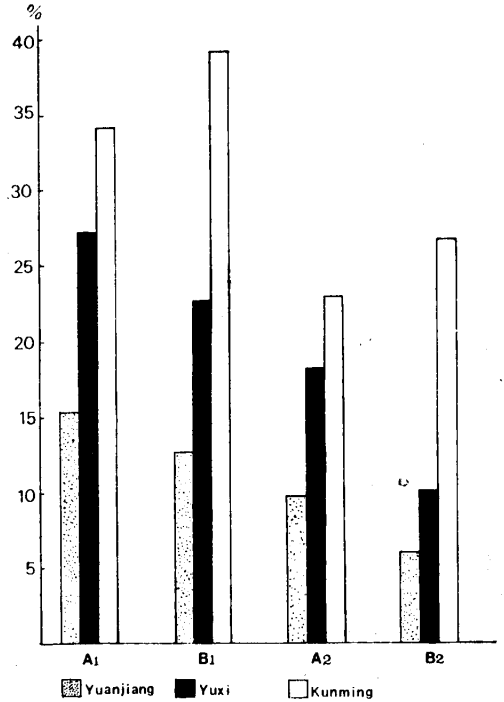
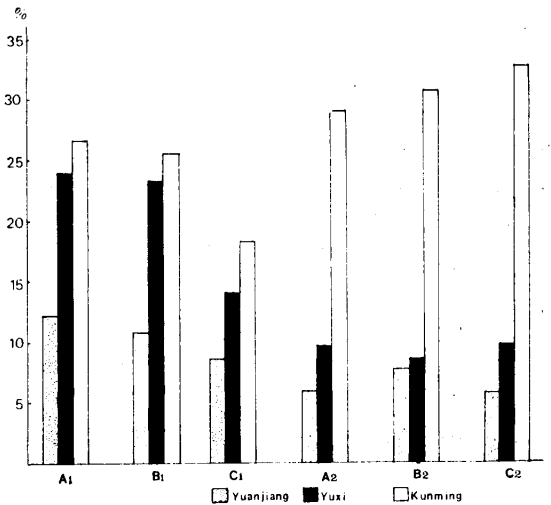


图2. 不同海拔地区种植的水稻在齐穗期和黄熟期  
次库(茎+叶鞘)中淀粉含量对不同剂量氮  
素底肥的反应。

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>: 分别为齐穗期的对照,  
中和大剂量组;  
A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>: 分别为黄熟期的对照,  
中和大剂量组。

Fig.2 Responses of starch content in secondary  
sink (stem + leaf sheath) of rice grown at  
different altitude localities to the basal  
dressing with nitrogenous fertilizer of dif-  
ferent doses, during the full heading time  
and the yellow ripe stage.

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>: denote CK, middle and large  
dose group, respectively, at the  
full heading time;  
A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>: denote CK, middle and large  
dose group, respectively, at the  
yellow ripe stage.



次库淀粉含量对氮素底肥用量的反应示于图2，由图2可以看出，齐穗期不同剂量氮素底肥处理中的水稻次库淀粉含量，均因增大氮肥剂量而减低，不过高海拔地区种植水稻的各处理的次库淀粉含量均高于低海拔地区种植的，这种氮素底肥量的影响很可能与在合成含氮化合物时对碳水化合物需求有关，亦即高剂量的氮素供应时，因合成较多的含氮化合物而消耗较多的碳水化合物，因而在次库中不可能有较多的淀粉贮存。

黄熟期所采集的样品中次库淀粉含量却是另一种情形，由图2可以看出，温凉的高海拔昆明地区种植的水稻，其次库淀粉含量因氮素底肥用量越高而含量越高，而且比齐穗期增加的也越多；而低热的元江和玉溪，除比齐穗期含量降低之外，各处理间的差异也变小。上述高海拔地区的情形，可能是一方面由于高氮处理使后期光合作用维持在较高水平，有较多的碳水化合物生产；另一方面则因温度较低，既减少了呼吸等的消耗，又在一定程度上抑制碳水化合物的运转所致。而低热的元江和玉溪，由于较高的气温增加了消耗和促进了运转，使黄熟期次库碳水化合物减少，而前期较大的生长量较多地消耗了施用的氮素，使后期各处理间的氮素供应趋于一致，因而在碳氮代谢的平衡中各处理也差异较小。

图3表示不同时期追施穗肥对次库淀粉含量的影响，由图3可以看出，不同海拔地区种植的水稻次库淀粉含量各处理均有随海拔的增高而增加的同一趋势；而且低热地区水稻的黄熟期各处理的次库淀粉含量均较齐穗期的下降。齐穗期不同海拔地区间的差异在于低热的元江除个别处理外（颖花分化期追肥，图3C<sub>1</sub>），各处理较为一致；而高海拔温凉的昆明地区所种植的水稻，则有依追肥期越早，次库淀粉含量越低的规律；中等海拔（1600米）地区的玉溪虽有和昆明相似的趋势，但除晚穗肥（图3D<sub>1</sub>）外，其它追肥处理的差异不甚明显。黄熟期的淀粉含量，昆明和玉溪的均为追肥越早含量越高。而昆明的晚穗肥处理不如别的处理那样比齐穗期的增加，反而下降了。在黄熟期元江种植的水稻，由于倒伏的影响，其次库淀粉含量各处理间显得参差不齐；这样一来，似乎可以说，高海拔地区种植的水稻比低海拔地区的，其次库淀粉含量对追肥时期的反应更为敏感。造成这种情形的原因，恐怕主要在于各地土壤温度对其土壤营养的影响和气温对生育的影响，高海拔地区低的地温使其土壤养份释放缓慢，对人为供应的氮肥有较大的反应，而且因其各生育期所占时间均长，在追肥时间上不同处理就拉开距离，因此差异就更明显。昆明地区前期次库淀粉含量的不同，明显的是因追肥晚时，齐穗期体内氮素含量较低，合成含氮物较少，而所用碳水化合物也少，造成了次库中淀粉较多的累积，而晚穗肥处理组在黄熟期时，其次库淀粉含量的降低则是和高海拔地区晚追肥时易呈现“恋青”现象一致。低热地区一来土壤营养物释放较早较快，再者由于三次追肥时间相隔较短，故无明确的时间效应。而海拔高度居于昆明和元江之间的玉溪，其水稻次库的淀粉含量的变化大致在两者之间，更接近昆明地区的情况。

综上所述，可以看出，海拔不同，气候条件各异，因而引起水稻齐穗和黄熟两个生育期次库碳水化合物含量有很大差异。除此之外，碳水化合物在这两个生育期次库中含量的多寡（特别是齐穗期的次库含量至关重要，即关系到后期主库的充实<sup>(2)</sup>），可能主要是受到氮素的节制，因此，我们认为必须根据不同海拔地区的气候环境、土壤肥度等，施以足够的氮素底肥，使水稻植株在早期不仅生长健壮，次库碳水化合物储备充

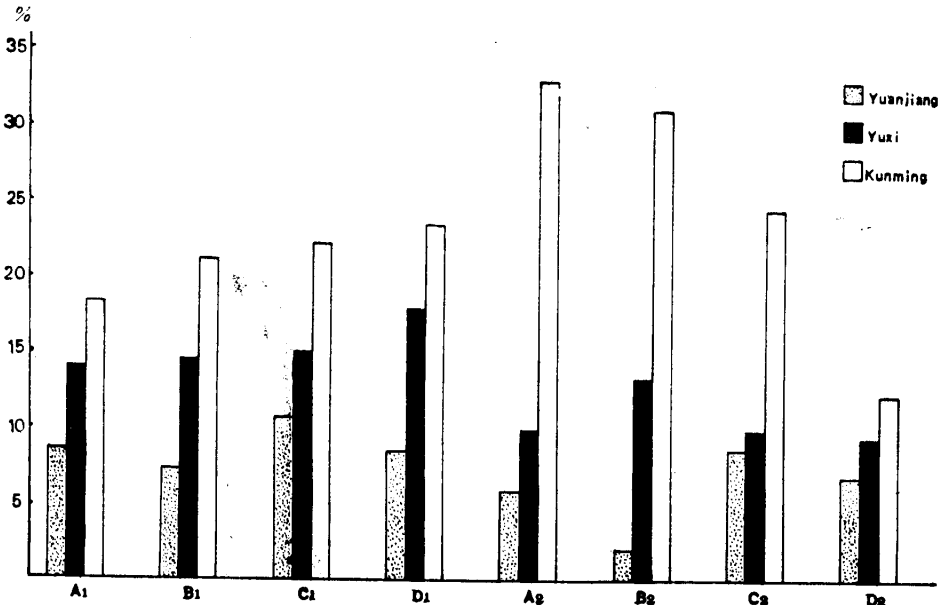


图3. 不同海拔地区种植的水稻在齐穗期和黄熟期次库(茎+叶鞘)中淀粉含量对不同生育期氮素追肥的反应。

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>: 分别为齐穗期的对照(大剂量组的底肥)和早(幼穗分化期)、中(颖花分化期)、晚(减数分裂期)穗肥;

A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>: 分别为黄熟期的对照(大剂量组的底肥)和早(幼穗分化期)、中(颖花分化期)、晚(减数分裂期)穗肥。

Fig. 3 Responses of starch content in secondary sink (stem+leaf sheath) of rice grown at different altitude localities to the top dressing with nitrogenous fertilizer at different growth period duration, during the full heading time and the yellow ripe stage.

A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>: denote CK (basal dressing of large dose group) and top dressing at the early (young panicle differentiation), middle (spikelet differentiation), late (reduction division) stage of ear, respectively, at the full heading time;

A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>: denote CK (basal dressing of large dose group) and top dressing at the early (young panicle differentiation), middle (spikelet differentiation), late (reduction division) stage of ear, respectively, at the yellow ripe stage.

裕, 而且使幼穗形成并得到充分的分化从而增加主库的容积和容量, 然后选择适当的时间和剂量进行氮素追肥, 最后使水稻穗大粒重, 以达到既在施肥上经济, 又在经济产量上获得高产的目的。

致谢 参加本工作的还有刁绍仙、夏宁、李全同志。

### 参 考 文 献

- 1 张静兰, 崔薇, 阎龙飞. 植物学报 1964; 12(1): 57—81
- 2 Yoshida P, Ahn S B. *Soil Science and Plant Nutrition* 1968; 14(4): 153—611
- 3 Sato K. 日作记 1974; 43(3): 410—415
- 4 Cock J H, Yoshida S. 日作记 1972; 41(2): 226—234
- 5 Weng J H, Takeda T, Agata W, Hakoyama S. 日作记 1982; 51(4): 500—509
- 6 农林省农林水产技术会议事務局監修, 作物分析法委员会编, 邹邦基译, 南寅镐校. 栽培植物营养诊断分析测定法. 北京: 农业出版社, 1984: 377—471
- 7 李存信, 林德辉. 云南植物研究 1986; 8(4): 459—466

## COMPARISONS OF CARBOHYDRATE CONTENTS IN SECONDARY SINK (STEM + LEAF SHEATH) OF RICE GROWN AT DIFFERENT ALTITUDE LOCALITIES

Lin Dehui, Li Cunxin

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

**Abstract** In this article authors have compared carbohydrate contents in secondary sink (stem + leaf sheath) of rice grown at three different altitude localities under the same variety is used and conditions of the same soil, basal and top dressing. The results showed that all the contents of total sugar or starch in secondary sink increase as the raising altitude during the full heading time and the yellow ripe stage. As compared with the full heading time, their contents increase at the high-altitude localities, but decrease at the low-altitude localities, during the yellow ripe stage.

At the full heading time the starch contents in secondary sink decrease as the increasing dose of basal dressing with nitrogenous fertilizer. At the yellow ripe stage the starch contents in secondary sink of each treatment increase as the increasing dose of basal dressing with nitrogenous fertilizer in the warm-cool rice belt. The starch contents in secondary sink of rice tend towards conformity at the low-heat localities, as compared with each treatment at different localities, however, all the increases of starch contents in secondary sink are due to raised altitude.

As for the top dressing with nitrogenous fertilizer at different stages, at the full heading time the starch contents in secondary sink increase as delaying time of the top dressing, it is only in Yuanjiang that the top dressing treatment at the late stage of ear is lower than that at the middle stage of ear. At the yellow ripe stage the starch contents in secondary sink increase as advancing time of the top dressing, but top dressing treatment at the early stage of ear is the lowest in Yuanjiang. As compared with the full heading time, the starch contents in secondary sink of each top dressing treatment are decreased at low-altitude localities, but in the warm-cool rice belt in high-altitude Kunming and under the top dressing at the early and middle stage of ear, the starch contents in secondary sink are increased at the yellow ripe stage. It can be also seen that the higher the altitude of growing area, the more sensitive to time of the top dressing are their starch contents in secondary sink.

In addition, on the basis of the response of starch content in secondary sink of rice to nitrogenous fertilizer, the above mentioned differences are discussed in the light of the climatic conditions among the three localities.

**Key words** Rice; Nitrogenous fertilizer; Secondary sink (stem + leaf sheath); Starch