

不同穗型小麦品种灌浆期碳氮代谢特点 及其与源库的关系

王文静¹, 高松洁², 梁月丽¹, 王国杰³

(1. 郑州牧业工程高等专科学校 生物系, 河南 郑州 450008; 2. 国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002

3. 郑州市农业科学研究所, 河南 郑州 450005)

摘要: 豫麦 49 号和豫麦 66 号旗叶光合速率、SPS 活性和 WSC 含量在灌浆期均呈单峰曲线, 但豫麦 66 号的峰值出现偏晚, 而且灌浆中后期叶片代谢活性下降缓慢, 显示出源端较强的同化物持续供应能力。两品种旗叶 NR 活性变化趋势基本相同, 但开花后 5~20 d, 豫麦 49 号旗叶 NR 活性高于豫麦 66 号, 开花后 20~35 d 内情况则相反。子粒中 IAAO 活性变化呈双峰曲线, 在整个灌浆期子粒淀粉积累速率豫麦 49 号呈双峰曲线, 豫麦 66 号则表现为单峰曲线, 而且峰值出现较晚但持续时间较长, 显示出豫麦 66 号后期仍可保持较强的库活性。

关键词: 冬小麦; 穗型; 碳氮代谢; 源库关系

中图分类号: S512 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)02-0029-04

Study on C-N Metabolic Characteristics and Source-sink Relationship During Grain Filling Stage in Two Winter Wheat Cultivars with Different Spike Type

WANG Wen-jing¹, GAO Song-jie², LIANG Yue-li¹, WANG Guo-jie³

(1. Department of Biology, Zhengzhou Animal Husbandry Engineering College, Zhengzhou 450008, China;

2. National Engineering Research Center for Wheat, Zhengzhou 450002, China;

3. Zhengzhou Institute of Agricultural Science, Zhengzhou 450005, China)

Abstract: Two winter wheat cultivars with Yumai 66 and Yumai 49, were used to study their G-N metabolic characteristics and source-sink relationship during grain filling stage. Changes of photosynthetic rate, SPS activity and WSC content in flag leaf appeared to be a single-peak curve, but Yumai 66 reached the peak a little later than that of Yumai 49, and leaf metabolic activity decreased slowly during later filling stage. It showed that "Source" had strong supplying ability of assimilating matter. NR activity of flag leaf in two cultivars had the same trend, but Yumai 49 was superior to Yumai 66 during 5~20 d after anthesis, it had an opposite trend during 20~35 d after anthesis. Change of IAAO activity in kernel came to be a double-peak curve. Starch accumulating rate of Yumai 49 had a double peak curve during the whole filling stage. But that of Yumai 66 had a single-peak curve, the peak came a little later than that of Yumai 49, but it sustained a long time. It showed that Yumai 66 maintained stronger "sink" activity during the later stage.

Key words: Winter wheat; Spike type; G-N metabolism; Source-sink relationship

自 1928 年 Mason T G 和 Maskell E J 提出作物产量的源库理论 (Source-sink theory) 以来, 人们常以源库的观点探索作物高产途径^[1]。源库关系是作物高产生理中的热点问题之一, 作物产量形成实

质上是源库互作的过程^[2]。明确这两类器官的作用及其何者是产量形成的主要因素, 对于确定高产栽培的主攻方向具有很重要的意义^[3]。

根据各地区生态条件和品种特性的不同, 小麦

收稿日期: 2002-11-09

作者简介: 王文静(1970-), 女, 河南新乡人, 讲师, 硕士, 主要从事生物学教学和科研工作。

的产量构成归纳起来有三种类型:大穗型、多穗型和中间型,由此总结出了三条基本的高产栽培途径,即以主茎成穗为主的途径、以分蘖成穗为主的途径和主茎分蘖成穗并重的途径^[4]。我国黄淮海区和北方冬麦区多采用以分蘖成穗为主的途径,生产上大面积推广的是多穗型品种。但是在超高产条件下,单位面积成穗数出现了饱和现象,靠进一步提高分蘖成穗率,增加单位面积穗数比较困难^[5]。近年来,一些成穗率偏低而穗粒重高,具有较大增产潜力的大穗型品种,如豫麦 66 号、鲁麦 22、93 中 6 等逐渐受到重视。但是,关于不同穗型冬小麦品种生理代谢及其与源库关系的研究报道甚少。为此笔者以河南省当前推广的主导品种豫麦 66 号和豫麦 49 号为材料,对其灌浆期碳氮代谢特点及其与源库的关系进行了研究,旨在为生产上选择合适的高产栽培途径、实现小麦高产稳产提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料和种植方法

供试小麦(*Triticum aestivum* L.)品种为豫麦 66 号(大穗型品种)和豫麦 49 号(多穗型品种)。试验于 2001~2002 年在河南农业大学试验田进行,土质为壤土,耕前底施优质袋装鸡粪 2 400 kg/hm²、纯氮 165 kg/hm²、P₂O₅ 240 kg/hm²、K₂O 315 kg/hm²、ZnSO₄ 15 kg/hm²,施后深耕细耙,2001 年 10 月 12 日播种,行距 20 cm,拔节期追施纯氮 165 kg/hm²。全生育期浇水 3 次(越冬、拔节、扬花后)。田间管理按高产田要求进行。

1.2 取样方法

小麦开花期挂牌标记同一日开花的麦穗。分别于开花后 5、10、15、20、25、30、35 d 取样。每个穗子取第 4 至第 13 小穗基部的两个子粒,每次取 100 粒,其中 50 粒用液氮速冻 30 min 后置-40℃冰柜中保存备用,50 粒烘干用于测定粒重和灌浆速率。旗叶每次取 10 片,5 片烘干称重,5 片用液氮速冻 30 min 后置-40℃冰柜中保存备用。

1.3 测定项目和方法

旗叶光合速率用美国 CID 公司生产的 CI-301PS 便携式光合测定仪测定;旗叶蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性参照 Douglas 和 Tsai+Mei 的方法进行提取^[6,7];可溶性糖含量(WSC)用蒽酮法测定^[8];硝酸还原酶(NR)活性用磺胺比色法测定^[8];吲哚乙酸氧化酶(IAAO)活性采用 Chhaya 的方法测定^[9],酶

活性(以鲜重计)以 $\mu\text{g IAA}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 表示,IAA 含量采用间接酶联免疫法测定^[10];淀粉含量用 KI-I₂ 法测定^[11]。淀粉积累量由淀粉含量乘以粒重求得,淀粉积累速率根据淀粉积累与开花后天数关系的 Logistic 方程计算求得。

2 结果与分析

2.1 不同穗型冬小麦品种灌浆期源端(旗叶)碳氮代谢特点

2.1.1 光合速率 由图 1 可以看出,旗叶的光合速率呈单峰曲线,但豫麦 66 号达到峰值的时间比豫麦 49 号晚 5 d 左右,并且光合速率高值持续期长。豫麦 66 号旗叶的光合速率显著高于豫麦 49 号。表明豫麦 66 号旗叶能够制造较多的同化产物。

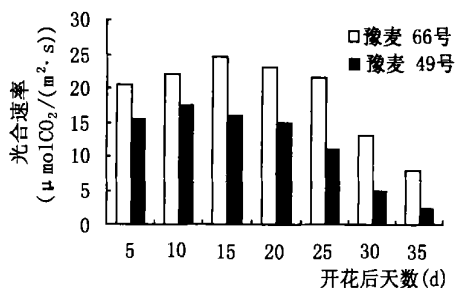


图 1 旗叶光合速率

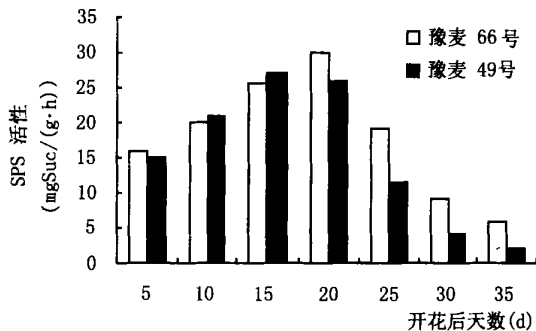


图 2 旗叶蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性

2.1.2 蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性 SPS 是一种糖基转移酶,一般认为 SPS 调节着叶片中光合产物在淀粉和蔗糖之间分配,因而也调控着源叶中的可溶性糖含量和对库端的供应能力。由图 2 可以看出,灌浆期旗叶中的 SPS 活性(以鲜重计)变化呈单峰曲线,灌浆初期豫麦 49 号的 SPS 活性增加较快,并在花后 15 d 达到高峰,之后迅速下降;豫麦 66 号前期增加较慢,花后 20 d 达到高峰,以后下降,但下降速率明显低于豫麦 49 号,在灌浆中后期保持较高的酶活性,这有利于蔗糖的供应。

2.1.3 可溶性糖(WSC)含量 叶片中的WSC浓度高低直接决定源端对库端的供应能力。图3表明,小麦开花后,旗叶WSC含量(以鲜重计)的变化与SPS表现出相似的趋势。豫麦49号旗叶WSC在开花后的15 d内增加较快,花后15 d达到峰值,之后开始下降;豫麦66号在前期增加较慢,花后20 d达到高峰,然后下降。花后30~35 d WSC含量趋于稳定,可能是由于此期子粒转化利用能力衰退的结果。而豫麦66号在灌浆中后期源叶具有较强的供应能力。

2.1.4 硝酸还原酶(NR)活性 NR是植物体内将硝态氮转化为氨态氮的第一个关键酶,其活性高低反映了小麦氮代谢状况。图4表明,开花后旗叶的NR活性(以鲜重计)随时间的推移而下降,不同穗型的两个品种表现出基本相同的趋势,但在不同阶段内,两品种的酶活性高低有明显差异。豫麦49号在灌浆初期NR活性高于豫麦66号,但开花20 d后豫麦49号的酶活性衰减速率较大,豫麦66号衰减较慢,因此,豫麦66在灌浆中后期保持了较高的NR活性。

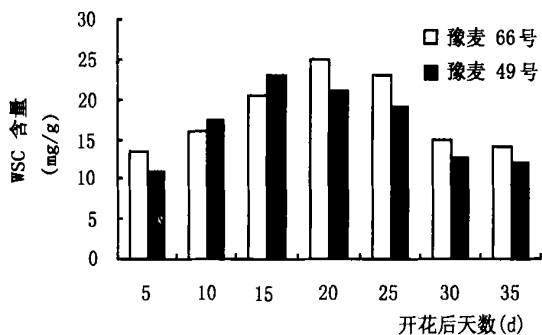


图3 旗叶可溶性糖(WSC)含量

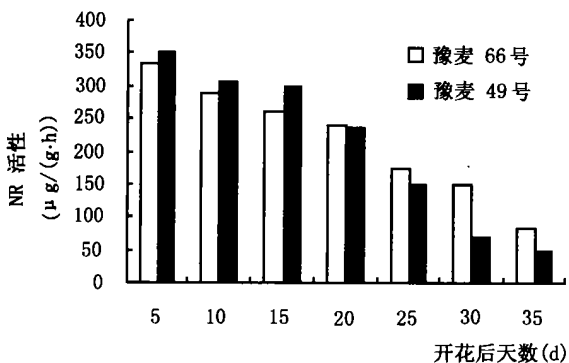


图4 旗叶硝酸还原酶(NR)活性

2.2 不同穗型冬小麦品种灌浆期库端(子粒)碳氮代谢特点

2.2.1 吲哚乙酸氧化酶(IAAO)活性 图5显示,在整个子粒发育过程中,IAAO活性(以鲜重计)变化呈双峰曲线,第1个峰值较高,出现在花后15 d

左右;第2个峰值较低,出现在花后30 d左右。第1个峰值的意义在于调节子粒的IAA水平,防止IAA的过度增加;第2个峰值的出现标志着IAA降解加快,具有促进子粒成熟衰老的作用。花后20 d之内,品种间差异不大,豫麦66号的峰值略高于豫麦49号;但在灌浆后期,豫麦66号的IAAO活性明显低于豫麦49号。

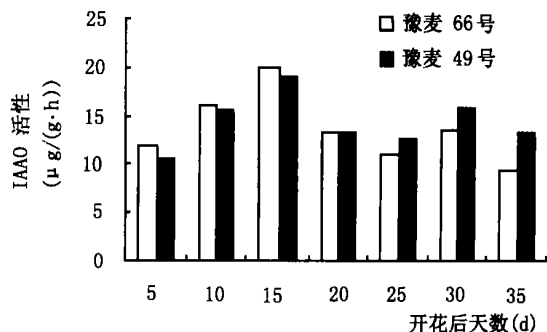


图5 子粒中吲哚乙酸氧化酶(IAAO)活性

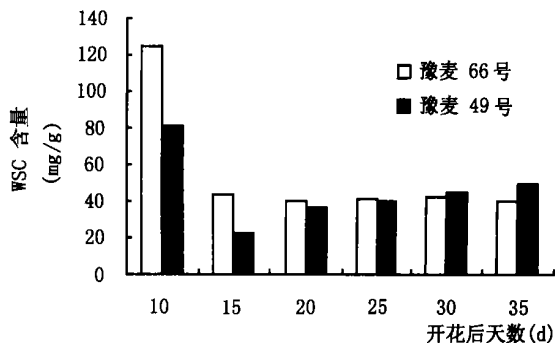


图6 子粒中可溶性糖(WSC)含量

2.2.2 可溶性糖(WSC)含量 子粒中WSC含量(以干重计)水平一方面标志着源端的同化物供应能力,另一方面又反映出库端(子粒)对同化物的转化、利用能力。图6表明,花后15 d内,WSC含量迅速下降,进入灌浆阶段后,WSC含量稳定在一个较低水平,接近成熟期WSC含量有升高的趋势,标志着子粒对同化物的转化利用能力减弱。灌浆初期豫麦66号子粒中有较高的WSC含量,表明该品种在灌浆初期同化物供应充足,而子粒的利用能力偏低;到了灌浆后期,豫麦49号子粒中的WSC含量有明显升高的趋势,而豫麦66号则上升不明显,表明豫麦66号有比较长的库活性持续期,在灌浆后期仍具有较强的转化利用同化物的能力,有利于延长其灌浆持续期。

2.2.3 淀粉积累速率 淀粉积累量和积累速率决定着子粒生长的速率。图7表明,豫麦49号淀粉积累速率呈双峰曲线,在灌浆初期淀粉积累较快,花后

15~20 d 达到第 1 个高峰, 然后迅速下降, 花后 25~30 d 达到第 2 个高峰。豫麦 66 号淀粉积累高峰出现较晚, 花后 20~25 d 达到高峰, 但在灌浆中后期淀粉积累量和积累速率均明显高于豫麦 49 号, 这为其较长的灌浆持续期和较高的后期灌浆速率提供了基础。

2.2.4 子粒灌浆进程 两个穗型小麦品种的子粒灌浆进程明显不同(图 8)。在子粒灌浆前期(开花后 20 d 内), 豫麦 49 号的粒重增长略高于豫麦 66 号; 到灌浆中后期, 由于豫麦 49 号子粒生长减慢以至停止, 而豫麦 66 号的粒重持续增长, 后期子粒生长速率及最终粒重明显高于豫麦 49 号。表明子粒生长中后期豫麦 66 号仍具有较高的库活性。

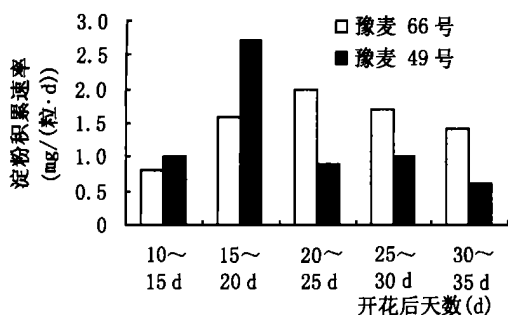


图 7 子粒淀粉积累速率

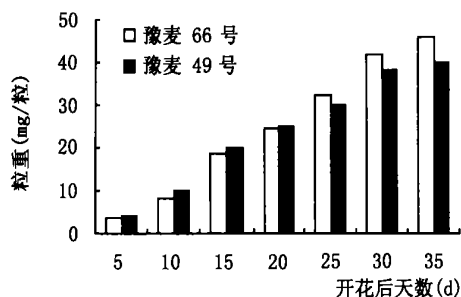


图 8 子粒灌浆进程

3 结论与讨论

1995 年刘晓冰等认为, 作物的产量和品质是基因型与环境条件共同作用的结果, 从基因型角度分析, 则是一系列受遗传控制的代谢过程的结果, 其中源库关系对产量和品质的形成起着限制性作用^[12]。源、库能力的大小和功能上的相互作用, 是影响作物产量的重要因素, 一些研究结果表明, 源和光合能力与干物质生产呈正相关; 而另一些研究结果认为, 库的大小对器官的糖分积累和转化及同化物运输、分配有显著的调节作用^[13]。金善宝提出, 多穗型品种适应性较广, 产量较稳定, 在适宜密度范围内, 重点增加

穗粒重是高产育种和栽培的努力方向^[14]。王绍中等研究表明, 单位面积穗数不足是限制大穗型品种高产的关键^[15]。因此, 在栽培上, 通过调节体内的激素水平和碳氮代谢, 促使源库关系协调发展, 在保证一定穗数的基础上, 充分发挥个体生产潜力, 提高穗粒重, 从而实现超高产栽培的目标; 在育种中进行亲本选配和后代选择时, 应特别注重成穗率高的材料, 同时注意选择根系活力强, 后期不早衰的类型。

需要指出的是, 作物的源、库是动态的, 可因其部位和所起作用的不同而发生变化。本文只研究了作物最具代表性的源(叶片)和库(子粒)的一些生理代谢问题, 至于在源、库转化过程中, 源库生理代谢有何变化有待于进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 黄丕生, 王夫玉. 水稻群体源库质量特征及高产栽培策略[J]. 江苏农业科学, 1997, 4: 5-8.
- [2] 荣湘民, 刘 强, 朱红梅. 水稻的源库关系及碳、氮代谢的研究进展[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(增刊): 63-69.
- [3] 陆卫平, 卢家栋, 童长兴, 等. 玉米灌浆结实期产量源库关系的研究[J]. 江苏农学院学报, 1996, 17(4): 23-26.
- [4] 胡承霖, 姚孝友. 不同穗型小麦品种生长与产量形成特性研究[J]. 安徽农业科学, 1991, 3: 207-209.
- [5] 苗果园. 小麦粒重的形成[J]. 山西农业科学, 1983, (5): 4-8.
- [6] Douglas C D, Tsung M K, Frederick C F. Enzymes of sucrose and hexose metabolism in developing kernels of two inbreds of maize[J]. Plant Physiology, 1988, 86: 1013-1019.
- [7] Tasi Mei Ou Lee, Tim Lloyd Setter. Effect of increased temperature in apical regions of maize ears on starch-synthesis enzymes and accumulation of sugars and starch[J]. Plant Physiology, 1985, 79: 852-855.
- [8] 邹 琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [9] Chhaya D, Basu P S. Content of indole acetic acid and its metabolism in root nodules of *Cajanus cajan* (linn) Mill-sp[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 1997, 83: 71-74.
- [10] 何仲佩. 农作物化学控制实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 60-68.
- [11] 徐昌杰, 陈文峻, 陈昆松, 等. 淀粉含量测定的一种简便方法——碘显色法[J]. 生物技术, 1998, 8(2): 41-43.
- [12] 刘晓冰, 崔守富. 源库改变对小麦子粒蛋白质、淀粉含量及产量的影响[J]. 种子, 1995, (5): 5-7.
- [13] 江 龙, 韦宏恩, 杨昌达, 等. 不同水稻品种的源库特性研究[J]. 耕作与栽培, 1999, (增刊): 50-52.
- [14] 金善宝. 中国小麦品种及其系谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 1983. 331.
- [15] 王绍中, 赵 虹, 王西成, 等. 小麦超高产品种筛选的研究初报[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 870-875.