

根系导入生长素和玉米素对玉米光合产物输出及分配的影响

董学会 何钟佩 关彩虹

(中国农业大学作物化控研究中心)

摘要 利用同位素示踪法研究了根系导入生长素和玉米素对玉米籽粒形成期和灌浆期光合产物输出及分配的影响。结果表明, 根系的生长素和玉米素显著促进光合产物从饲喂功能叶向外的输出, 提高光合产物向产量器官的分配率, 减少了光合产物在茎节的分配率, 提高了库器官可溶性总糖的含量。

关键词 玉米; 生长素; 玉米素; 光合产物

中图分类号 Q 945.18; S513

Effects of IAA and Zeatin Introduced Through Secondary-root on Translocation and Partitioning of Photosynthate in Maize

Dong Xuehui He Zhongpei Guan Caihong

(Research Center of Crop Chemical Control, CAU)

Abstract Effects of IAA and zeatin introduced through secondary roots on translocation and partitioning of photosynthate in maize during kernel formation stage and grain-filling period was studied in a experiment by using isotopic tracer technique. It was shown that IAA and zeatin coming from root enhanced the export of labelled-assimilate from functional leaf greatly. With the application of IAA and zeatin on secondary-root in maize plant, the partitioning rate of photosynthate to reproductive organs was increased, while that to stem decreased. Furthermore, the content of soluble carbohydrate in sink organs was improved also.

Key words maize; IAA; zeatin; photosynthate

根系在植物的生长发育过程中占有重要的地位, 但其研究难度比较大且落后于地上部, 已有研究表明植物激素在植物根冠联系中起重要作用。60年代就发现根系是细胞分裂素的主要来源处, 80年代初先后证明 IAA, ABA, GA_s, ACC, CTKs 等植物激素或前体均可在根中合成或运转, 通过木质部向上运输调控植物的生长发育^[1~5]。目前棉花小麦等关于内源激素与器官发育和物质代谢关系的报道较多^[6~8]; 关于玉米根系的研究主要侧重于水分和无机离子的吸收, 根系本身的碳氮代谢, 根系 ABA 在环境胁迫条件下的代谢与运输研究比较多, 但有关玉米根源激素对地上器官生长发育的影响尚需深入的研究。本试验利用同位素示踪方法研究根系引入生长素和玉米素对功能叶光合产物输出和分配的影响, 为玉米生长发育的调控提供新的理论依据。

收稿日期: 2000-12-14

董学会, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

1 材料与方法

试验于1999年在中国农业大学化控中心网室内进行,以农大3138品种为材料,由中国农业大学遗传育种系提供。采用PVC管盆栽法,PVC管长100 cm,直径20 cm,用锯将PVC管均匀分成2部分,下部用2层纱网固定,用胶带封好。将PVC管埋入地下80 cm,上部露出20 cm,每管加入40 kg营养土,每管播种5粒种子,播期06-10,出苗后在4叶展后定苗,每管留1株玉米,雌穗吐丝前套袋同时授粉(08-30)。分别于09-01和09-14晚从根系施用IAA,ZR。具体方法:先将玉米果穗同侧第6层节根距茎5 cm处用手术刀切断1条,把指形管套在切断的节根上,用加样器分别加入质量浓度为 $50 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ IAA,ZR(Sigma公司)溶液4 mL,对照CK用4 mL蒸馏水,每处理3株,分别于籽粒形成期(09-02即授粉后3 d)和灌浆期(09-15即授粉后16 d)早9时用 ^{14}C 同位素饲喂玉米穗位叶,饲喂量 $2 \times 10^{-3} \text{ kBq}/\text{株}$,饲喂时间20 min,用BH1216低本底 $\alpha\beta$ 测量仪,每隔1 h测量1次脉冲数,连续测量48 h。48 h后取样烘干粉碎,分别称取50 mg测量各部位的活度和可溶性总糖含量。可溶性总糖含量用蒽酮法测定。

2 结果与分析

2.1 根系IAA,ZR处理对穗位叶光合产物输出动态的调节

玉米穗位叶同化与输出效率的高低直接反映叶片光合效率高及源端装载光合产物的能力,根系直接导入IAA,ZR显著促进了籽粒形成期和灌浆期饲喂 ^{14}C 同位素的穗位叶同化产物输出(图1,2)。籽粒形成期处理,无论处理或对照前期同化物输出速率较快,而18 h以后输出速率变缓。IAA,ZR处理在饲喂后4 h同化产物输出率为50%,47.7%,对照为39.3%,显著高于对照。籽粒灌浆期IAA,ZR处理变化趋势与籽粒形成期相似,IAA和ZR处理在饲喂后4 h同化产物输出率为59.3%和47.6%,CK为38.4%。饲喂5 h后CK同位素标记同化物的输出率才达50%。IAA,ZR处理的同化物输出率显著高于CK。说明在玉米生殖生长期,维持根系功能与激素水平是促进源端光合产物的输出,提高灌浆速率的重要因素。

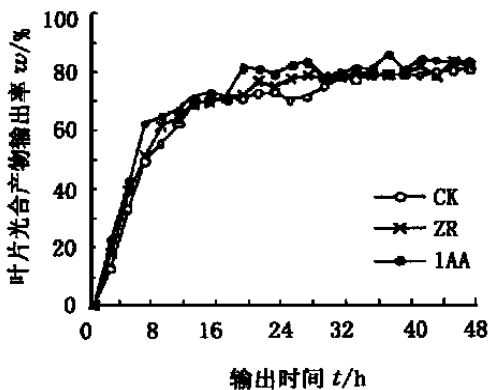


图1 根系外源IAA,ZR对玉米籽粒形成期光合产物输出的影响

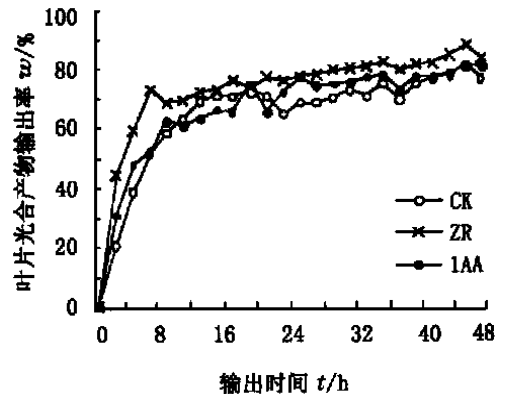


图2 根系外源IAA,ZR对玉米灌浆期光合产物输出的影响

2.2 根系 IAA, ZR 处理对光合产物分配的调节

光合产物在各器官的分配比率直接反映临时库或永久库对同化物调运及卸载能力。本试验采用根系导入 IAA, ZR。结果表明饲喂¹⁴C 同位素 48 h 后光合产物在各部位分配比率存在显著差异。籽粒形成期穗位叶同位素标记的光合产物在穗部的分配比率 CK, IAA 处理, ZR 分别为 26.4%, 34.3%, 57.5% (图 3), 证明了根源 IAA, ZR 促进光合产物向穗库的分配, 其他部位的分配比率顺序为根系 IAA 处理 > CK > ZR 处理, 茎节 IAA 处理 > CK > ZR 处理, 叶片 CK > ZR 处理 > IAA 处理, 苞叶 IAA 处理 > CK > ZR 处理, ZR 处理光合产物向根茎叶分配比率均低于 CK。灌浆期穗位叶同位素标记的光合产物在籽粒的分配比率为 IAA 处理 53.0%、ZR 处理 36.7%、CK 30.2% (图 4), 在穗轴的分配比率为 IAA 处理 33.3%、ZR 处理 32.9%、CK 28.1%, 结果表明灌浆期根源 IAA、ZR 显著促进穗位叶的光合产物向果穗的分配, 茎节的分配比率为 CK 19.0%、IAA 5.9%、ZR 8.5%, 有相当比率的光合产物分配滞留在茎中, 间接说明处理与对照在穗库活性方面可能存在差异, 在其他部位的分配比例顺序为叶片 ZR 处理 > CK > IAA 处理, 苞叶 ZR 处理 > IAA > CK 处理, 根系 CK > ZR 处理 > IAA 处理, 但根系分配比率很低, 在籽粒形成期 CK、IAA 处理, ZR 处理分配率为 7.4%, 9.6% 和 3.5%, 在灌浆期分配率降至 0.9%, 0.1% 和 0.2%, IAA 处理根系光合产物分配率下降最为显著。

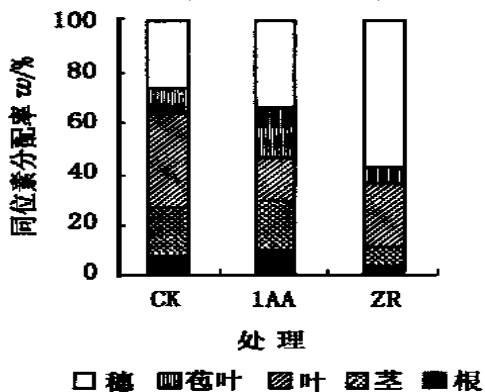


图 3 玉米籽粒形成期根系外源 IAA, ZR 对光合产物在各器官分配的影响

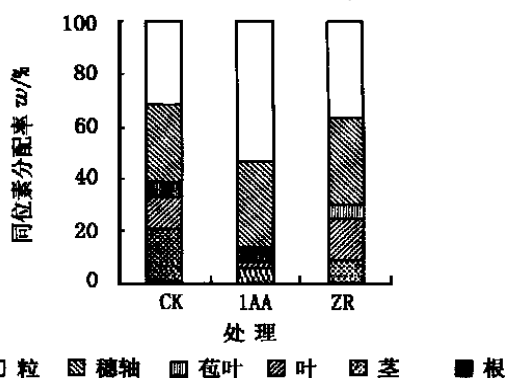


图 4 玉米灌浆期根系生长物质对光合产物在各器官分配的影响

2.3 根系 IAA, ZR 处理对源库可溶性总糖含量的调节

可溶性总糖的水平可直接反应源库装载、运输、卸载、转化光合产物的代谢能力, 试验结果表明根系导入外源 IAA, ZR, 不影响源端各叶片可溶性总糖含量的变化趋势, 籽粒形成期、灌浆期 IAA 和 ZR 处理提高了粒、叶可溶性总糖的水平(图 5, 6), 主要提高了籽粒形成期、灌浆期库端可溶性总糖的含量, 可能提高了库端的卸载能力(图 7, 8)。

3 讨论

许多研究证明光合产物的运输分配是受植物激素调控的^[9], 关于激素与光合产物分配的关系问题, 以前存在 2 种不同的观点, 其不同之处为库器官的光合产物是由于库端激素变化、库活力的吸引而积累还是激素作用于植物的各器官使光合产物运转到库端, Muller^[10]指出细

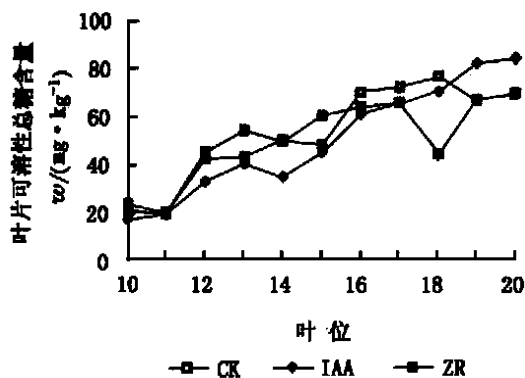


图5 玉米籽粒形成期根系外源 IAA, ZR 处理对叶片可溶性总糖含量的影响

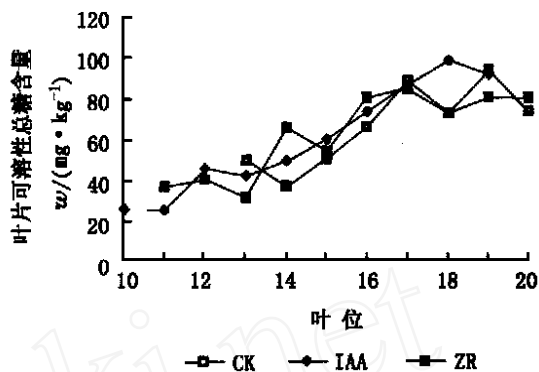


图6 玉米灌浆期根系外源 IAA, ZR 处理对叶片可溶性总糖含量的影响

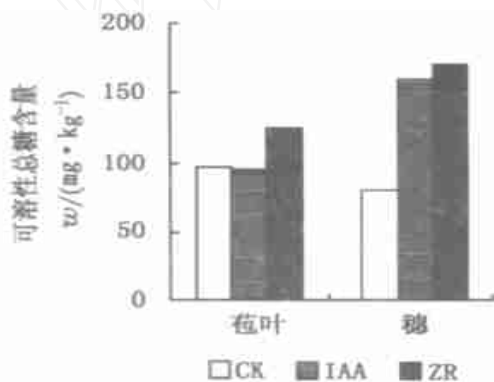


图7 玉米籽粒形成期根系外源 IAA, ZR 处理对穗部可溶性总糖含量的影响

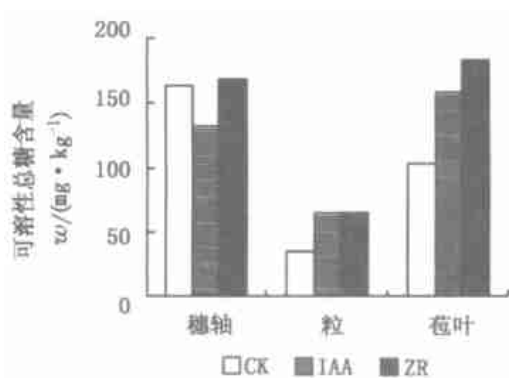


图8 玉米灌浆期根系外源 IAA, ZR 处理对穗部可溶性总糖含量的影响

胞分裂素是光合产物强有力的调配剂, Kriedeman^[11]以柑橘果实为材料发现激动素处理可以加速¹⁴C 光合产物向果实的运输。现在一些研究表明地上部各器官激素调控光合产物的装载运输和分配。首先, 叶肉细胞中形成的蔗糖从薄壁细胞装载到筛管内, 这个过程受 pH、膜内外蔗糖浓度、ATP 酶控制, 现已证明 IAA 和壳梭胞素促进韧皮部的装载, 而 ABA 抑制蔗糖的装载, 苜基腺嘌呤、激动素可以促进蓖麻茎内蔗糖的装载, 外施 IAA 可以增加转运细胞数量、提高装载速率。其次, 植物激素可能调控光合产物的分配方向: 大豆的幼苗用不同浓度的 IAA 和细胞分裂素处理, 可以控制源库之间蔗糖的分配比例; 用细胞分裂素处理葡萄不仅促进同化物短距离运输, 还影响长距离运输, 小麦开花后发育的籽粒会抑制年幼小花的发育, 有人认为这一点与 IAA 有关, 并提出库器官 IAA 的极性输出对本身生长发育是必要的, 但抑制幼库 IAA 的输出和对光合产物的竞争力。第 3, 库端的激素水平调节光合产物的卸载, 目前已证明 ABA 和 CTKs 可促进糖质子共运输, 使蔗糖从筛管向外卸出到质外体空间, Cliffor d 用植物生长调节剂对豌豆空种皮进行处理, 结果表明 ABA、6-BA 刺激¹⁴C 光合产物从种皮韧皮部的卸载, 大多数研究认为 IAA 主要影响胚乳细胞的体积, 因此当 IAA 浓度高时籽粒中糖的运转增加。本

试验结果表明玉米根系导入 IAA, ZR 可促进同位素标记光合产物从源端的装载输出及在穗库的分配, 同时籽粒形成期、灌浆期 IAA 和 ZR 处理提高了籽粒形成期、灌浆期库端可溶性总糖的含量, 此结果与根系伤流液 ZR, IAA 高水平与灌浆速率相关的试验结论吻合。由此可推论根系 IAA, ZR 同时影响光合产物合成、装载、卸出整个过程, 而作用的关键位点与关键步骤有待于进一步研究。另外, 在整株植物中, 根系是激素系统重要的合成转化部位, 本试验进一步证实在玉米产量形成时期延缓根系衰老、维持较高根系活力生理具有重要的意义

参 考 文 献

- 1 Eric S, Setter T L. Water deficit induces acid accumulation in endosperm of maize viviparous mutants. *Plant Physiol*, 1992, 98(1): 353~ 356
- 2 Cheikh N, Jones R J. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress, role of cytokinin/abscisic acid. *Plant Physiol*, 1994, 106(1): 45~ 51
- 3 谷本英一. 植物ホルモンによる生長制御. *農業および園藝*, 1996, 71(9): 1037~1043
- 4 大崎満. 根-地上部相互関係から見た作物の生産性. *農業および園藝*, 1996, 71(6): 723~727
- 5 禿泰雄. 植物ホルモン生合成の調節. *植物化学の調節*, 1995, 30(2): 116~143
- 6 丁静. 细胞分裂素. 植物生理学专题讲座. 北京: 中国科技出版社, 1987
- 7 刘仲齐, 吴兆苏, 俞世蓉. 吲哚乙酸和脱落酸对小麦籽粒淀粉积累的影响. *南京农业大学学报*, 1992, 15(1): 7~ 12
- 8 何钟佩, 闵祥佳, 李丕明. 植物生长延缓剂 DPC 对棉花根系与活力的生理作用. *北京农业大学学报*, 1988, 14(3): 225
- 9 蔡可. 植物生长调节物质与¹⁴C 光合同化物调配的研究. *植物生理学报*, 1979, 5(4): 328~ 331
- 10 Muller K, Leopold A C. The mechanism of kinetin induced transport in corn leaves. *Planta*, 1966, 68: 186~ 250
- 11 Kriedemann P E. An effect of kinetin on translocation of ¹⁴C-labeled photosynthate on *C. auris*. *Austr J Biol Sci*, 1968, 21: 569~ 571