

# 沾化冬枣花果发育过程中氮素和细胞分裂素的变化动态研究

彭 勇<sup>1</sup>, 张小燕<sup>2</sup>, 彭福田<sup>2</sup>, 周天华<sup>1</sup>, 田福忠<sup>1</sup>

(1. 菏泽学院 园林工程系, 山东 菏泽 274000; 2. 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

**摘要:**以沾化冬枣(*Zizyphus Jujuba* Mill. var. *inermis*. )为试材, 研究了花果发育期间 ZR(玉米素核苷)、iPA(异戊烯基腺苷)以及氨基酸、可溶性蛋白和总氮等指标的变化动态。结果表明: ZR 和 iPA 在沾化冬枣花器官发育过程中起着重要作用, 果实的发育基本表现为“慢-快-慢-快-慢”的变化趋势, 纵径生长略高于横径。花和果实的发育过程中, 各氮素指标与细胞分裂素(ZR+iPA)的变化可显著分为3个阶段: 一是从显蕾期至瓣平期, 此期细胞分裂素和各氮素指标迅速上升, 达到最高峰; 二是从瓣平期到硬核时(花后45 d左右), 此期各指标迅速下降至最低点; 三是从硬核时至采收, 此期果实内各氮素指标缓慢回升, 细胞分裂素(ZR+iPA)出现一高峰后下降。

**关键词:** 冬枣; 花; 果实发育; 细胞分裂素; 氮素指标

中图分类号: S665.101 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)05-0097-04

## Changes of CTK and Few Nitrogen Index During Development of Flower and Fruit in Zhanhua Jujube

PENG Yong<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-yan<sup>2</sup>, PENG Fu-tian<sup>2</sup>, ZHOU Tian-hua<sup>1</sup>, TIAN Fu-zhong<sup>1</sup>

(1. College of Garden Engineering of Heze University, Heze 274000, China;

2. College of Horticulture Science and Engineering of Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** The experiment was conducted on Zhanhua jujube to study the changes of ZR, iPA and few nitrogen index during the development of flower and fruit. The result showed that ZR and iPA played an important role before blossom which advanced the build up of flower organs. The fruit development of Zhanhua jujube showed a trend of "slow-fast-slow-fast-slow" and the growth of vertical diameter was faster than transverse diameter. Nitrogen index and CTK(ZR+iPA) could be remarkably divided into three stage in the period of flower and fruit development. The level of these nitrogen index increased at first and reached a high peak from the floral bud appearing to petal flattening. Second, From petal flattening to 45 days after flowering, these index decreased gradually. Three, These nitrogen index had a slight increase before maturation and CTK(ZR+iPA) appeared a peak then decreased gradually.

**Key words:** Winter jujube; Flower; Fruit development; CTK; Nitrogen index

沾化冬枣(*Zizyphus Jujuba* var. *inermis* Rehd.)是我国特有的优良果树资源, 具有抗盐碱、耐瘠薄的特性, 是山东滨洲盐碱地区的主要经济林树种之一, 其果实以脆甜爽口、维生素C含量丰富、营养价值高享誉海内外。氮素是构成细胞原生质、核酸、激素、维生素、酶等的重要组成部分, 对果树器官建造、物质代谢、果实产量和品质的形成都有着不可替代的作用。彭福田等研究表明, 外源施用氮素可以促进

苹果果实发育和激素变化<sup>[1,2]</sup>, 王玖瑞等研究表明, 激素与花粉萌发率有关<sup>[3]</sup>, 激素在花和果实的发育过程中都起着重要作用<sup>[4,5]</sup>, 在冬枣果实发育进程中, 研究也多集中在成熟果实中糖、酸和维生素C等碳水化合物以及栽培管理和果实贮藏方面<sup>[6,7]</sup>, 对花果发育期间内源氮素和细胞分裂素的动态变化研究较少。并且, 近年来随着无机肥料的大量施入, 冬枣品质出现变劣现象, 表现出果皮增厚, 肉质变

收稿日期: 2007-06-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571286); 山东省教育厅(J05K01)

作者简介: 彭 勇(1980-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 主要从事果树营养与生理研究。

粗,甜味下降,不耐贮藏等性状,而果实发育进程中细胞分裂素、总氮、蛋白质、氨基酸等氮素指标与树体氮素营养和果实品质密切相关。因此,本试验从各种氮素指标入手,结合花和果实发育动态及细胞分裂素 ZR 和 iPA 的变化,以期探明冬枣果实发育中氮素指标变化的规律及与果实发育的关系,为合理施肥及优质丰产提供理论依据。

# 1 材料和方法

## 1.1 材料

试验于 2005 年 6~ 10 月间在山东农业大学果树试验园进行,试验园土壤状况为有机质 9.5 g/kg,全氮 91.05 mg/kg,硝态氮 50.14 mg/kg,碱解氮 67.48 mg/kg,速效磷 30.28 mg/kg,速效钾 45.42 mg/kg。供试品种为沾化冬枣 (*Zizyphus Jujuba* var. *inermis* Rehd.),砧木为金丝小枣,6 年生,株行距 3 m× 4 m,树体生长势一致,常规管理。选取 10 株作为取样植株,挂牌,花的采样在现蕾期、瓣平期和柱萎期,果实的采样从花期后 7 d 开始直至采收,平均每隔 14 d 采样 1 次,取样部位为树冠外围多年生枣吊。每次取发育一致无病虫害果实若干 (n> 100),样品用冰壶取回后一部分放入- 20℃低温冰箱中,另一部分烘干,磨碎供测全氮用。

## 1.2 方法

表 1 沾化冬枣花器官发育进程中各指标的变化  
Tab. 1 Changes of few index during flowering development

| 花发育进程<br>Flowering<br>development stage | ZR/( ng/ g)        | iPA/( ng/ g)     | 氨基酸含量<br>/( mg/ g)<br>Amino acid | 可溶性蛋白<br>/( mg/ g)<br>Soluble protein | 总氮/ %<br>Total N | 总蛋白质<br>/( mg/ g)<br>Total protein | 可溶性蛋白<br>比例/ %<br>Ratio of soluble<br>protein |
|---|--------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------|---|
| 现蕾期<br>Floral bud appearing             | 1464. 608±102. 082 | 176. 653±14. 168 | 0. 374±0. 037                    | 1. 573±0. 012                         | 0. 376±0. 025    | 23. 513                            | 6. 688  |
| 瓣平期<br>Petal flatting                   | 2878. 647±134. 265 | 369. 406±22. 548 | 0. 482±0. 064                    | 2. 227±0. 141                         | 0. 309±0. 014    | 19. 281                            | 11. 551                                       |
| 柱萎期<br>Withered stigma                  | 1253. 932±89. 148  | 252. 634±20. 682 | 0. 339±0. 039                    | 4. 834±0. 024                         | 0. 434±0. 038    | 27. 100                            | 17. 838                                       |

氨基酸含量的变化趋势与细胞分裂素较一致,以盛花期较高,比初花时提高 28.88%,而后下降。可溶性蛋白含量及在总蛋白质中所占的比例在花期一直呈增加趋势,末花期最高,比初花期时提高了 3.07 倍。总氮含量却是先下降而后增加,以末花期含量最高。可见,在冬枣花发育进程中,前期会合成或累积较多的游离氨基酸供给花器官的建成,并且累积的氨基酸部分合成蛋白质,使可溶性蛋白比例增加。由于营养生长和生殖生长的竞争,消耗或转化了过多的氮素营养,造成了花器官内氮素营养的短暂亏缺,是导致总氮含量在盛花时较低的原因。在花发育的后期,随着授粉受精和果实的形成,生殖器官对氮素的竞争力进一步增强,总氮含量增加,氨

果实纵横径的测定用游标卡尺,单果重测定用 0.01 g 天平。各指标测定参照植物生理学实验指导<sup>[8]</sup>,可溶性蛋白的测定用考马斯亮蓝比色法,氨基酸的测定用茚三酮比色法,全氮测定用凯氏定氮法,总蛋白质以总氮× 6.25 所得,并计算可溶性蛋白所占比例。

细胞分裂素( ZR 和 iPA) 测定采用酶联吸附免疫测定法( ELISA)<sup>[9]</sup>,ELISA 试剂盒由中国农业大学提供,在中国农业大学农学与生物技术学院进行。实验过程混合取样,3 次重复。

# 2 结果与分析

## 2.1 花器官发育进程中各指标的变化

ZR 和 iPA 是细胞分裂素的两种形式,在植物体内的含量因不同树种而有差异,调控细胞的分裂和生长。由表 1 可见,沾化冬枣花器官发育过程中,细胞分裂素主要以 ZR 为主,iPA 含量较低,ZR 和 iPA 的含量均呈先增加后降低的趋势,以盛花时最高,分别比初花时提高了 96.55% 和 109.11%,而后急剧下降,至末花期仅为盛花时 43.56% 和 68.39%。表明 ZR 和 iPA 主要在花发育前期起作用,促进花器官的建成,授粉受精后,其作用显著降低,这与罗正荣在苹果上的研究是一致的<sup>[10]</sup>。

基酸合成蛋白质而转化为贮藏营养,为坐果和下一步的果实发育提供充足的条件。

## 2.2 果实发育动态

由图 1 可见,在果实的整个生长发育期间,果实纵横径呈逐渐增加的趋势,纵径发育略高于横径,其发育表现为“慢- 快- 慢- 快- 慢”的增长趋势,即花后 15 d 内、30~ 45 d 和 75 d- 采收是缓慢增长的阶段,15~ 30 d 和 45~ 75 d 是迅速增长期。单果鲜质量的增加慢于体积的增长,花后 15 d 才有明显增加,花后 15~ 75 d 果实生长速度快,花后 75 d 天之后,生长速度减缓。从果实生长速度来看,呈双峰曲线,花后 30~ 60 d 有一低谷,是果实硬核时期。但是从单果鲜质量的实际增加量来看,硬核时期对果

实鲜质量的增加影响不大, 这可能主要由于冬枣果核较小的缘故。

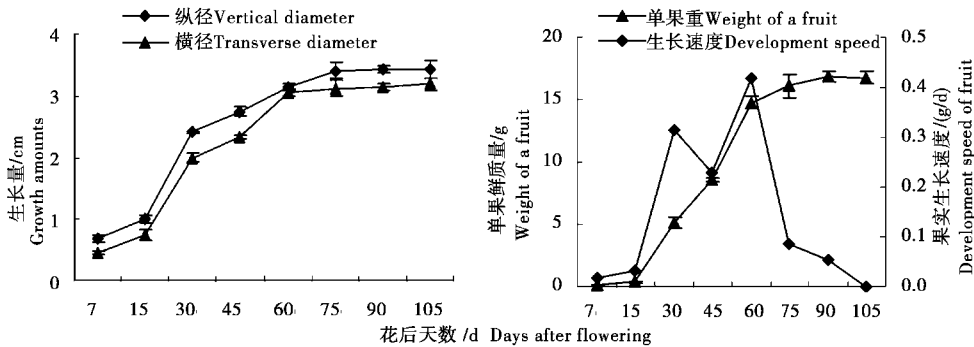


图 1 沾化冬枣果实生长量和鲜质量的变化动态

Fig. 1 Changes of growth amounts and weight during fruit development in winter jujube

2.3 果实发育过程中氮素指标的变化

由表 2 可以看出, 花后果实中氨基酸、可溶性蛋白、总蛋白以及可溶性蛋白所占比例均呈先下降后增加的趋势, 在花后 45 d 硬核时达最低点, 其含量分别为 0. 204, 0. 493, 14. 835 mg/ g 和 3. 32%, 是花后 7 d 坐果时的 60. 17%, 10. 20%, 54. 74% 和 18. 62%。表明在花后 45 d 左右, 随着核的发育, 蛋白逐渐分解, 各种氮养分集中向核内转移, 以促进核的发育和成熟, 从而造成了果肉中各氮素营养含量的降低。

表 2 沾化冬枣果实发育中各氮素指标的变化

Tab. 2 Changes of few nitrogen index during fruit development in winter jujube

| 花后天数/ d<br>Days After<br>flowering | 氨基酸<br>/( mg/ g)<br>Amino acid | 可溶性蛋白<br>/( mg/ g)<br>Soluble protein | 总氮/ %<br>Total N | 总蛋白质<br>/( mg/ g)<br>Total protein | 可溶性蛋白比例/ %<br>Ratio of<br>soluble protein |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------|---|
| 7                                  | 0. 339 ± 0. 084                | 4. 834 ± 0. 675                       | 0. 434 ± 0. 087  | 27. 100                            | 17. 839                                   |
| 15                                 | 0. 292 ± 0. 046                | 4. 065 ± 0. 322                       | 0. 317 ± 0. 036  | 19. 842                            | 20. 485                                   |
| 30                                 | 0. 231 ± 0. 035                | 1. 102 ± 0. 116                       | 0. 275 ± 0. 015  | 17. 169                            | 6. 416                                    |
| 45                                 | 0. 204 ± 0. 024                | 0. 493 ± 0. 043                       | 0. 237 ± 0. 017  | 14. 835                            | 3. 322                                    |
| 60                                 | 0. 217 ± 0. 016                | 0. 872 ± 0. 086                       | 0. 244 ± 0. 021  | 15. 225                            | 5. 727                                    |
| 75                                 | 0. 245 ± 0. 028                | 0. 883 ± 0. 191                       | 0. 241 ± 0. 028  | 15. 050                            | 5. 870                                    |
| 90                                 | 0. 331 ± 0. 055                | 1. 354 ± 0. 187                       | 0. 239 ± 0. 016  | 14. 913                            | 9. 081                                    |
| 105                                | 0. 385 ± 0. 056                | 1. 462 ± 0. 124                       | 0. 259 ± 0. 031  | 16. 188                            | 9. 032                                    |

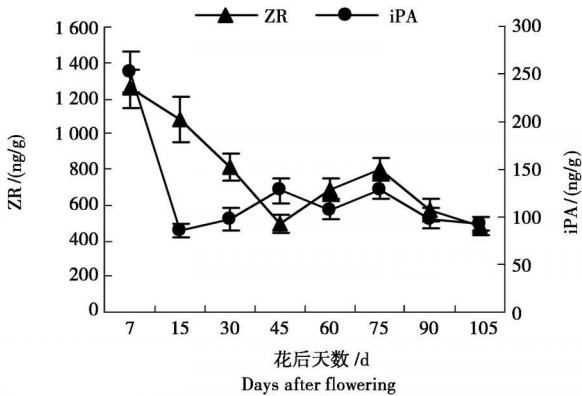


图 2 沾化冬枣果实发育过程中细胞分裂素的变化

Fig. 2 Changes of CTK during fruit development in Zhanhua jujube

2.4 果实发育过程中 ZR, iPA 的变化

由图 2 可以看出, ZR(以鲜质量计)在花后逐渐

硬核之后, 果实中的各种氮素指标在一段时间内变化平稳, 至花后 75 d 后开始回升, 采收前达到高峰, 尤其是游离氨基酸和可溶性蛋白含量增加迅速, 花后 105 d, 氨基酸、可溶性蛋白、总蛋白以及可溶性蛋白所占比例分别为 0. 385, 1. 462, 16. 188 mg/ g 和 9. 03%, 各指标分别比花后 45 d 硬核时提高了 88. 73%, 196. 62%, 9. 11% 和 171. 84%, 成为果实品质的重要组成成分之一。

降低, 至花后 45 d 硬核时达到最低点, 而后回升, 并在花后 75 d 出现一次高峰后持续下降, 可见 ZR 在果实发育中主要是促进了细胞分裂和体积的增大, 在果实停长后 ZR 的作用不明显。与 ZR 不同的是, iPA 响应较敏感, 在花后 15 d 即降至最低点, 以后维持在低水平, 变化不大。这表明细胞分裂素主要以 ZR 的形式来调控果实生长发育进程。

3 结论与讨论

冬枣发育不仅需要光合提供碳水化合物, 而且需要吸收氮素营养以保证树体的正常发育。许多研究表明细胞分裂素具有促进细胞分裂和与 GA 协同运转养分的作用, 细胞分裂素与花芽分化和果实发育有着密切的关系<sup>[3-5, 11]</sup>, 彭福田等在苹果上的研究表明, 氮素可以增加果实细胞分裂素的含量<sup>[2]</sup>。

从试验结果来看,冬枣在花和果实的发育过程中,内源细胞分裂素主要以 ZR 的形式存在,并且主要在盛花前期起作用,促进花器官的建成。根据细胞分裂素和各类氮素指标的变化,冬枣花的发育可明显的分为两个阶段,在盛花之前,ZR、iPA、氨基酸、蛋白质均有大幅上升,是需氮较多的时期,此期缺氮一定程度上会影响花器官的建成,张进等研究表明沾化冬枣花期土壤施氮优先分配至贮藏营养<sup>[12]</sup>,因此生产上可通过喷施一定氮素来缓解树体氮素应用的短暂亏缺。在盛花之后,即受精后,内源 CTK 大幅下降,氨基酸态氮开始向蛋白质转化,变为贮藏营养,全氮含量上升,为了提高座果率,此期可以适当控制肥水。

果实生长发育过程是一个体积和重量不断增加,并伴随着内部生理生化变化的过程。许多研究表明,果实发育类型一般分为单“S”和双“S”型,单“S”型果实主要包括仁果类的苹果、梨和柑桔等,干果中的核桃、板栗等,双“S”型主要包括核果类中的桃、李、杏、樱桃,浆果中的葡萄等,曲泽洲等<sup>[13]</sup>在枣上的研究表明枣果的生长发育类型基本呈双“S”型,类似核果类,果核的发育是导致果实发育类型变化的重要影响因子。当核发育时,各种营养物质向核内集中,果实生长速度减缓,对于冬枣来说,本研究发现沾化冬枣果实生长表现为慢-快-慢-快-慢的增长趋势,其果实鲜质量的生长速率为双峰曲线。硬核时期同样影响冬枣的生长发育,但由于冬枣果核较小,果核形成时期对纵径、横径和单果鲜质量影响较小,因此中间的缓慢生长时间较短且不明显。

在果实的生长发育中,各氮素指标变化较为一致。从坐果到硬核期(花后 45 d 左右),各氮素指标均急剧下降,因此果核的形成期是一个氮素匮乏的时期,坐果稳定后需要大量追施氮肥,保证充足的氮素营养。在花后 45~75 d,即硬核后的速长期,此期果实内的氮素营养变化平稳,调控好源库关系是关键。花后 75 d~采收,果实生长速度减慢,各种指标开始回升,氮素营养集中向果实中积累,许多研究表明,在成熟期追施氮肥对品质会有一定负面影响<sup>[1,14]</sup>,因此此期重点在于控制肥水,提高果实品质。

本试验虽然表明氮素营养和细胞分裂素在花果发育过程中起着重要作用,但是对于氮素营养与细胞分裂素关系的内在机理及施氮效应仍有待于进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 彭福田,姜远茂,顾曼如,等.不同负荷水平下氮素对苹果果实生长发育的影响[J].中国农业科学,2002,35(6):690-694.
- [2] 彭福田,姜远茂,顾曼如,等.氮素对苹果果实内源激素变化动态和发育进程的影响[J].植物营养与肥料学报,2003,9(2):208-213.
- [3] 王玖瑞,刘孟军,梁海永.枣树单花不同开放阶段花粉萌发率和内源激素的变化[J].园艺学报,2005,32(4):677-679.
- [4] 胡芳名,谢碧霞,刘佳佳.枣果生长发育期内源激素变化规律研究[J].中南林学院学报,1998,18(3):32-36.
- [5] 饶景萍,任小林,董斌.植物生长调节物质对果实生长发育的调控[J].西北植物学报,1998,18(1):147-154.
- [6] 甘霖,谢永红,吴正琴,等.嘉平大枣果实发育过程中糖、酸及维生素 C 含量的变化[J].园艺学报,2000,27(5):317-320.
- [7] 张有林,韩军歧,张润光.低温、减压和臭氧对冬枣保鲜的生理效应研究[J].中国农业科学,2005,38(10):2102-2110.
- [8] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:43-50.
- [9] 吴颂如,陈婉芬,周.酶联免疫测定植物激素[M].植物生理学通讯,1988(5):53-57.
- [10] 罗正荣,许明宪,孙云蔚.“红星”苹果花芽分化期细胞分裂素动态研究[M].园艺学报,1987(1):1-6.
- [11] 毕平,牛自勉,王贤平,等.枣花内源激素和可溶性糖含量的变化与坐果的关系[M].园艺学报,1996,23(1):8-12.
- [12] 张进.不同施肥期沾化冬枣对<sup>15</sup>N 的吸收、分配及利用特性[M].园艺学报,2005,32(2):288-291.
- [13] 曲泽洲,王永惠.中国果树志.枣卷[M].北京:中国林业出版社,1994:498.
- [14] Neilsen G H, Hogue E J. Nitrogen fertilization and orchard-floor vegetation management affect growth, nutrition and fruit quality of Gala apple[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1999, 79(3): 379-385.