

文章编号: 1671-9646(2010)05-0030-04

水果成熟衰老与植物激素相关性研究进展

刘 涛¹, 王日葵^{1, 2}

(1. 西南大学, 重庆 400715; 2. 中国农科院 柑橘研究所, 重庆 400712)

摘要: 详细介绍了 5 种植物内源激素(乙烯、生长素、赤霉素、脱落酸、细胞分裂素)对果实成熟和衰老的调控机理, 以及激素浓度在水果的成熟衰老过程中的变化规律和激素之间的相互关系。

关键词: 植物内源激素; 果实; 成熟; 衰老

中图分类号: TS255.1 文献标志码: A doi: 10.3969/jissn.1671-9646(X).2010.05.008

Advances in Research on the Ripening and Senescing of Fruit in Relation to Plant Hormones

Liu Tao¹, Wang Rikui^{1, 2}

(1. Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Chongqing 400712, China)

Abstract: In this paper the changing regularity and the relationship among the hormones were studied by the content of five major plant hormones (ETH, IAA, GA, ABA and CTK), and the same time the controlling mechanism of the ripening and senescing were introduced in detail.

Key words: plant hormone; fruit; ripening; senescing

植物内源激素是植物体内合成的对植物生长发育有显著作用的几类微量有机物质, 也被称为植物天然激素, 是植物细胞接受特定环境信号诱导产生的, 低浓度时, 可调节植物生理反应的活性物质。它们在细胞分裂与伸长、组织与器官分化、开花与结实、成熟与衰老、休眠与萌发以及离体组织培养等方面, 分别或相互协调地调控植物的生长、发育与分化。这种调节的灵活性和多样性, 可通过使用外源激素或人工合成植物生长调节剂的浓度与配比变化, 进而改变内源激素水平与平衡来实现。

1 果实成熟衰老过程中内源激素的变化规律及调控机理

植物内源激素在果实的整个生长发育过程中, 起着极为重要的调控作用, 但是随着果实后期的成熟与衰老, 几种主要的内源激素发生着此消彼长的规律性变化, 共同调控着果实后期的品质等方面指标的变化。例如, 果实贮藏中逐渐积累的乙烯对膜透性的改变起着关键性作用, 对柑橘类果实有增强呼吸强度的作用, 促使果皮细胞发生分裂, 从而导致浮皮与枯水; 赤霉素和细胞激动素等物质是抑制衰老的天然产物, 能减缓和降低果实中的 SOD, POD, PE 和 PG

活性以及抑制乙烯等激素的积累^[1]。

近年来, 随着对果实生理的深入研究, 人们越来越认识到果实的成熟和衰老受基因的控制, 植物激素可能是果实成熟和衰老基因表达的启动因子, 而应用植物生长调节剂则是控制果实枯水的有效手段^[2]。许多研究表明, 在五大类植物激素中, 不仅是乙烯, 而且其他激素如 ABA, GA, IAA 及 CTK 从不同方面, 不同程度地影响果实的枯水性, 但它们的调控机理至今尚不清楚。

1.1 乙烯

早在 20 世纪初, 乙烯 (ETH) 就被发现, 直至 60 年代初期, 有人从未成熟的果实中检测出极微量的乙烯, 之后乙烯被列为植物激素, 经过多年对乙烯在果实方面进行的诸多研究, 乙烯已是人们公认的果实成熟衰老激素。

在果实后期成熟衰老的过程中, 乙烯的变化最为明显, 众多学者也对其进行了大量研究, 进而对乙烯在果实后期成熟衰老过程中的调控机理也进行了研究。某些肉质果实从生长停止到开始进入衰老的时期, 呼吸速率突然升高, 这种现象称之为呼吸跃变。根据果实采后有无呼吸跃变将果实分为跃变型和非跃变型两大类^[3]。研究表明, 猕猴桃^[4-5]、香梨^[6]、柿子^[7]、

收稿日期: 2010-02-03

作者简介: 刘 涛 (1984-), 男, 山西人, 在读硕士, 研究方向: 果品采后生理生化。E-mail: nozaro@126.com.

核桃^[8]、苹果^[9]、芒果^[10]、巴梨^[11]、香蕉、鳄梨等均为跃变型果实。一般热带与亚热带果实如鳄梨、芒果等,跃变顶峰的呼吸强度为跃变前的35倍,温带果实,如苹果、梨等仅为1倍左右。跃变型果实中乙烯的产生与其呼吸跃变有着相似的模式,有一个明显的上升期和生产高峰。柑橘^[12]、板栗^[13]、葡萄^[14]、鲜枣^[15]等为非跃变型果实,在采后成熟过程中,果实的内源乙烯水平一直维持在很低水平,没有产生上升跃变现象^[16]。

乙烯是一种成熟衰老激素,可以在根、茎、叶、花、果实和种子等许多部位产生,它的产生与产生部位的生长素浓度、受伤情况以及外界条件的刺激有关。其生理作用是可刺激细胞膜透性,促进RNA的合成,是碳水化合物转化酶的调节开关,促进成熟、脱落、衰老。在果实成熟和衰老过程中起着重要的调控作用。人为促进或抑制采后果实的内源乙烯生成,可加速或延缓果实的后熟软化进程。在猕猴桃果实采后跃变过程中的乙烯大量生成,均发生在果实软化的后期,其乙烯高峰出现时,果实已达到可食程度,这不同于其他跃变型果实,说明乙烯可能只是一个决定猕猴桃果实后熟软化进程的因子,而非软化的启动因子^[17]。乙烯在果实成熟过程的作用主要是加速了快速软化阶段的果实软化,而与软化启动阶段的果实软化启动无明显关系;外源乙烯促进猕猴桃果实后熟软化的机理,并不是通过促进果实内源乙烯的合成而实现的,它对果实成熟进程的调控,可能只是一种间接效应。乙烯在枇杷果实生长发育过程中,具有激发呼吸高峰和促进果实成熟的作用。随着呼吸强度的增加,果实内的可溶性固形物浓度亦不断增加;而有机酸和叶绿素浓度下降,果色转黄,最终达到完全成熟^[18]。

1.2 生长素

生长素(IAA)广泛存在于植物界,它在高等植物体内的分布很广,根、茎、叶、花、种子以及果实都存在。IAA对果实的后熟衰老有延迟衰老、抑制成熟的作用。在果实的后熟进程中,完熟前IAA的浓度持续下降,直至最低水平。果实采后贮藏期间,果肉组织中IAA虽有所增加,但难以逆转已经启动的衰老进程,故采后果肉组织的衰老变化处于主导地位。果皮组织的IAA水平迅速上升,说明采后果皮组织的衰老不仅迟于果肉组织,而且有再生长的趋势^[19]。猕猴桃果实采后内源IAA的浓度随着后熟进程呈显著下降变化,随着IAA浓度的不断下降,出现乙烯跃变峰^[17]。在对柿子后熟进程与内源激素关系的研究中,也得出了同样的结果:IAA的下降,可导致细胞对乙烯更为敏感,但在果实完熟后,又有一个上升的过程^[7, 20]。在桃果实后熟软化进程中,IAA浓度呈持续下降趋势,而在后熟软化末期均有所增加^[21],与前面所得结果相同。

IAA的作用具有双重效应,一方面可直接调节组织对乙烯的响应,与乙烯起相反的作用;另一方面又参与了诱导乙烯,促进完熟。在外源IAA的使用中,用IAA处理猕猴桃果实能够促进内源IAA的积累,使内源脱落酸(ABA)的水平下降,并推迟内源ABA峰值的出现,从而延缓了果实的后熟软化^[17]。柑橘采后贮藏中在8周内,果皮组织中内源IAA浓度呈上升趋势,同时采后果肉组织IAA也有增加趋势,但与果皮组织相比,其最高水平仅为果皮组织的2/5。贮藏4周后,果肉组织开始出现枯水,随后日趋严重。因此,研究者推断,采后果肉组织的衰老变化处于主导地位;同时,果皮组织的衰老迟于果肉组织,而且有再生的趋势,正是在这种果肉组织的衰老和果皮组织的相对再生长过程中,果肉组织出现了枯水^[19]。IAA对果实后熟衰老的调控关系比较复杂,许多外界因素也能与IAA一起调控和影响果实的后熟和衰老,IAA与各种外因的关系还有待于深入研究。

1.3 赤霉素

研究表明,不论是呼吸跃变型类果实,还是非跃变型果实,赤霉素(GA)的含量在果实成熟和衰老过程中持续下降。GA属于抑制果实完熟的一类植物激素。火柿在贮藏过程中,GA,CTK(细胞分裂素)和IAA含量都呈逐渐下降的趋势,其中GA变化最大,前3周降低50%以上^[22],说明内源GA₃对柿果的成熟具有重要的作用。通过温度对柿果成熟影响的研究发现,因高温处理而使成熟受到抑制的果实中,内源GA₃活性显著提高,低温处理则相反。香梨相对生长发育期间高水平GA₃,采后GA₃骤减至低水平是果实成熟的必要条件^[6]。核桃的贮藏过程中,GA₃的变化与IAA类似,可以认为,后期GA₃的升高可能与衰老有关^[8]。

GA的主要生理作用是促进细胞伸长和诱导淀粉酶的形成。在环境不利于生长时,GA往往表现出更好的效果。对生长和呼吸作用常表现出“先促进后抑制”的现象,对果实的成熟衰老具有延缓的作用。

赤霉素具有改变果实着色的作用。Gross认为,GA₃对柿果着色影响,GA₃不仅抑制了果皮叶绿素的分解及胡萝卜素的合成,而且影响到胡萝卜素的组成,使有色胡萝卜素所占比例减少,叶绿体、胡萝卜素所占比例增加^[23]。

三华李采后用GA₃处理,抑制了苯丙氨酸解氨酶的活性,推迟了多酚氧化酶的高峰出现时间,维持了果实较低的花色素苷和总酚水平,从而延缓了果实的色泽转化和果心褐变发生^[24]。GA处理还可抑制果实的呼吸作用和乙烯的释放。外源GA₃处理可抑制葡萄的呼吸作用,处理后18h抑制作用最强,其呼吸速率是对照组的52%,同时GA₃对葡萄中乙烯释放也有一定抑制作用^[20]。此外,GA₃还具有延缓杏和

草莓等果实完熟的效果。在对甜樱桃、葡萄、草莓、刺梨、苹果等果实的成熟衰老研究中,外源 GA_3 处理果实后,均有改善果实的产量和品质的效果。

1.4 脱落酸

近年来许多研究发现,脱落酸(ABA)无论是在呼吸跃变型果实,还是在非跃变型果实的成熟过程中,都有促进作用。ABA参与了果实成熟的启动过程,可能是在果实成熟过程中位于乙烯之前的调节因子。ABA的含量在许多果实的发育后期有一个明显的下降过程,而在其后的果实贮藏过程中,ABA又有一个累积的过程,最后形成一个高峰,之后缓慢下降,与跃变型果实中乙烯的变化规律相似^[25]。

Combe^[26]认为,葡萄是呼吸非跃变型果实,葡萄成熟的扳机是ABA而非乙烯。桃果实采后初期ABA含量迅速积累,于采后第3天达到高峰,随后趋于下降。在桃果实后熟软化进程中ABA呈持续下降趋势,在后熟软化末期均有所增加^[21]。

笔者在对当地早柑果实采后贮藏期间,果肉组织中内源激素含量的测定^[19],发现ABA含量逐渐降低,内源ABA的积累在采前已完成,然后呈现下降趋势,果皮组织中,采后ABA仍有积累,采后果肉组织的衰老也已开始,而果皮组织的衰老明显迟于果肉组织。

相对于乙烯而言,ABA在猕猴桃果实采后后熟过程中的作用显得更为重要。ABA对果实后熟衰老进程的调控方式,可能是直接促进水解酶活性增加,参与了猕猴桃果实成熟过程的软化启动过程,并通过刺激乙烯生成,间接对成熟过程的果实软化起促进作用。乙烯则对后熟软化速率起主导作用,而IAA急剧下降,这是实现ABA和乙烯等成熟衰老激素促进成熟衰老的前提条件之一^[17]。柑橘类枯水症的试验表明,枯水果的果肉中ABA含量显著上升,说明二者有密切的联系。研究发现,枯水果中纤维素、半纤维素和果胶片段显著增加。这些变化可能与初结果和全枯果果肉中的ABA含量较高有关,果肉中ABA的积累将使柑橘果实物质代谢转向抗逆次生物质代谢,从而导致枯水果TSS和总酸下降,细胞壁加厚,最终表现出枯水症状^[27]。

1.5 细胞分裂素

目前,有关细胞分裂素(CTK)在果实后熟衰老过程中动态变化的研究不多,但也有研究认为,细胞分裂素同赤霉素等一样具有延迟果实成熟和衰老的作用,在果实贮藏过程中,CTK的含量也呈逐渐降低的趋势。

CTK的发现是从激动素的发现开始的。1955年美国F.斯库格等在烟草髓部组织培养中,偶然发现培养基中加入从变质鲱鱼精子提取的DNA,可促进烟草愈伤组织强烈生长。后证明其中含有一种能诱

导细胞分裂的成分,称为激动素。细胞分裂素在根尖合成,在进行细胞分裂的器官中含量较高,细胞分裂素的主要作用是促进细胞分裂和扩大,此外还有诱导芽的分化、延缓叶片衰老。CTK能调节核酸及蛋白质的合成、抑制呼吸及其代谢,从而延迟机体的衰老过程^[28]。

CTK是以促进细胞分裂为主的一类植物激素。近几年的研究表明,CTK对植物基因的表达有显著的调控作用,但由于其在植物细胞内生理作用的研究还存在一些困难,以及CTK的生理生化较复杂,所以对其分子水平的作用机理研究较少。

2 植物内源激素之间的相互作用

在植物生长、发育的各个过程中,任何一种生理效应都不是单一激素的作用,而是各种激素相互作用的结果^[29]。它们之间相克相成,相互制约而又相互促进。不同含量、不同比例的各种激素相互作用的结果,就会产生一种平衡状态。各类激素之间通过相互制约、相互促进作用,共同形成植物生长各个阶段上相对稳定的比例,从而表现其增效与拮抗效应^[30]。

2.1 增效作用

增效作用是一种激素可加强另一种激素的效应。生长素和赤霉素都能促进植物的节间伸长,它们的作用基本上是一致的。如在离体器官上同时施用生长素和赤霉素,它们对节间伸长的促进效果要比各自单独施用时效果更大,可见生长素和赤霉素之间有相互增效的作用。IAA促进细胞核的分裂,而CTK促进细胞质的分裂,二者共同作用,从而完成细胞核与质的分裂。细胞分裂素还可以加强生长素诱导的乙烯的产生,并且还可以延长生长素诱导乙烯释放的持续时间。 GA_3 与IAA共同使用可强烈促进形成层的细胞分裂,对某些苹果品种,只有同时使用才能诱导无籽果实形成;ABA能加速果实的衰老过程,且ABA的生理作用与乙烯的合成有相关性。在成熟的苹果上,外源ABA可诱导乙烯的生物合成,这一现象在其他植物组织中也有发现。

2.2 拮抗作用

拮抗作用是指一种物质的作用被另一种物质所抑制的现象。激素间存在拮抗作用,如ABA强烈抑制生长和加速衰老的进程可被CTK所解除,IAA与 GA_3 虽然对生长有促进作用,但是二者也存在拮抗作用。植物顶端产生的IAA向下运输能控制侧芽的萌发生长,表现为顶端优势。将CTK外施于侧芽,可以克服IAA的控制,促进侧芽萌发生长。 GA_3 与ABA的拮抗作用还表现在许多方面,如生长、休眠等^[31]。 GA_3 诱导的大麦籽粒糊粉层中, α -淀粉酶生成作用可被ABA抑制^[32],反之,ABA对马铃薯芽的萌发抑制作用可被 GA_3 抵消。外源ETH促进组织内IAA氧

化酶的产生,从而加速 IAA 的分解,使植物体内 IAA 水平降低。

3 讨论与展望

植物激素对果实的后熟衰老过程的调节作用,往往不是某一种植物激素的单独效果。果实中各种内源激素间可以发生增效或拮抗作用,因此只有各种激素的协调配合,才能保证其成熟衰老后期的品质。内源激素间的相互平衡及协同作用显得更为重要,但各激素间的相互关系尚不清楚^[3],有待深入研究。

乙烯可刺激细胞膜透性,促进 RNA 的合成,是碳水化合物转化酶的调节开关,促进成熟、脱落、衰老,在果实成熟、衰老进程中起着重要的调控作用。在果实后期成熟衰老的过程中,跃变型果实的乙烯有一个明显的上升期和生产高峰;而非跃变型果实则一直维持在很低水平。IAA 对果实的后熟衰老有延迟果实衰老、抑制成熟的作用,在果实完熟前含量持续下降,直至最低水平,贮藏期间 IAA 虽有所增加,但难以逆转已经启动的衰老进程。GA 对生长和呼吸作用常表现出“先促进后抑制”的现象,对果实的成熟衰老具有延缓作用。不论是呼吸跃变型类果实还是非跃变型果实,GA 的含量在后熟过程中持续下降。ABA 的含量在许多果实的发育后期有一个明显的下降过程,而在其后的果实贮藏过程中,ABA 又有一个累积的过程,最后形成一个高峰,之后缓慢下降,表现出与跃变型果实中乙烯相似的变化规律。CTK 同 GA 一样具有延迟果实成熟和衰老的作用,在果实贮藏过程中,CTK 的含量也呈逐渐下降的趋势。学者们对于许多种类的水果,在其果实成熟衰老的过程中,植物内源激素的变化规律,已经做了大量的研究,发现了变化规律,但是对其调控机理研究甚少,目前还在进一步的研究中。相信随着科技日新月异的发展,更多未知的领域将被人们探知。

果实的后熟衰老是一个由基因调控的过程,这个过程为植物激素和其他未知因素的启动。相信在不久的将来,人们必将可以通过对控制果实后熟衰老的基因进行定位、表达、调整乃至克隆。到那时,人们将彻底弄清内源激素的平衡与基因表达的关系,以及植物激素对果实后熟衰老调控的分子机理及其相互之间的作用关系。

参考文献:

- [1] 张迎君,文泽富.柑桔果实采后脱水机理的研究进展[J].四川果树,1995(4):38-40.
- [2] 丁长奎.果实完熟过程中的激素调控[J].植物生理学通讯,1990(5):5-9.
- [3] Biale J B. Encyclopaedia of plant physiology [J]. Springer Verlag Berlin, 1980, 12: 536-592.
- [4] 陈昆松,郑金土.乙烯与猕猴桃果实的后熟软化[J].浙

- 江农业大学学报,1999,25(3):251-254.
- [5] 王贵禧,韩雅珊.猕猴桃果实乙烯代谢的研究[J].北京农业大学学报,1994,20(4):408-412.
- [6] 阮晓,王强.香梨果实成熟衰老过程中4种内源激素的变化[J].植物生理学报,2000,26(5):402-406.
- [7] 田建文,贺普超.植物激素与柿子后熟的关系[J].天津农业科学,1994(3):30-32.
- [8] 张志华,王文江.核桃果实成熟过程中呼吸速率与内源激素的变化[J].园艺学报,2000,27(3):167-170.
- [9] 李杰芬,谭志一.苹果后熟过程中内源脱落酸与乙烯的变化[J].植物生理学报,1987,13(1):87-93.
- [10] 唐友林,周玉婵.植物生长调节剂对“紫花”芒果后熟软化的影响[J].园艺学报,1996,23(3):293-294.
- [11] 张微,杨正潭.巴黎成熟期间乙烯与脱落酸含量的变化[J].植物学报,1988,30(4):453-456.
- [12] 张百超,谭堂生.柑橘果实贮藏生理模式的研究[J].西南农业大学学报,1991,13(4):438-441.
- [13] 张有华,苏东华.果品贮藏保鲜技术[M].北京:中国轻工业出版社,2000.
- [14] 李桂芬,刘廷松.葡萄贮藏生理研究进展[J].果树科学,2000,17(1):63-69.
- [15] 张有林,陈锦屏.葡萄、鲜枣采后贮藏脱落酸(ABA)变化与呼吸非跃变型研究[J].西北植物学报,2002,22(5):1197-1202.
- [16] 陆定忠,傅家瑞,宋松泉.植物衰老及其调控[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [17] 陈昆松,张上隆.脱落酸、吲哚乙酸和乙烯在猕猴桃果实后熟软化进程中的变化[J].中国农业科学,1997,30(2):54-57.
- [18] 叶瑟琴,蔡金波,竺元琦.枇杷果实生长发育与乙烯的关系[J].中国果树,1988(2):25-18.
- [19] 陈昆松,陈青俊.本地早柑橘果实贮藏中内源 ABA IAA 变化与枯水的关系[J].园艺学报,1997,24(3):291-292.
- [20] 周丽萍,张维一.外源激素和病原侵染对采后葡萄呼吸速率及组织内源激素的影响[J].植物生理学报,1997,23(4):353-356.
- [21] 吴敏,陈昆松.桃果实采后软化过程中内源 ABA, IAA 和乙烯的变化[J].果树学报,2003,20(3):157-160.
- [22] 郑国华,杉浦明.柿(Diospyros kakiL.)果实发育过程中内源 GA₃ 活性和 ABA 含量的变化[J].北京农业大学学报,1991,17(1):77-82.
- [23] Gross J, Bazak H, Blumenfeld, et al. Changes in chlorophyll and carotenoid pigments in the peel of Triumph per-simmon (Diospyros kakiL.) induced by preharvest gibberellin (GA₃) treatment [J]. Scientia Hort, 1984, 24: 305-314.
- [24] 刘淑娴,蒋跃明. GA₃ 对三华李采后色泽的影响[J].园艺学报,1994,21(4):320-322.
- [25] 陈金印,陈明.果实后熟衰老与植物激素的关系研究进展[J].江西农业大学学报,2003,25(4):537-543.
- [26] Coombe B G. The grape berry as a sink [J]. Horticulture, 1989, 239: 147.

(下转第 37 页)

通过实验,发现各因素的极差 R 均大于空列的极差,这表明各因素均对木聚糖的提取率有影响,且各因素对实验结果的影响大小为: $B>D>A>D$,即:溶液 pH 值 > 反应时间 > 过氧化氢质量分数 > 反应温度。

方差分析见表 3。

表 3 方差分析

方差来源	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
校正模型	0.990(a)	12	0.083	11.445	0.034
截距	4.802	1	4.802	666.171	0.000
A	0.199	3	0.066	9.205	0.051
B	0.311	3	0.104	14.394	0.028
C	0.095	3	0.032	4.389	0.128
D	0.385	3	0.128	17.792	0.021
误差	0.022	3	0.007		
总数	5.814	16			
校正总数	1.012	15			

注: a $R^2=0.979$ (校正 $R^2=0.893$)。

通过分析得出,溶液 pH 值对木聚糖提取率的影响最大,其次是反应时间和过氧化氢的质量分数,最后是反应温度。方差分析得出溶液 pH 值 ($sig.=0.028$) 和反应时间 ($sig.=0.021$) 对木聚糖提取具有极显著的影响,过氧化氢浓度 ($sig.=0.051$) 和反应温度 ($sig.=0.128$) 对木聚糖提取具有显著影响。

根据实验结果,选择最优的工艺条件为: $A_4B_4C_4D_4$, 即过氧化氢质量分数为 3.0%, pH 值为 12.5, 反应温度为 50 °C, 反应时间为 10 h; 但考虑到反应时间从 6 h 上升到 10 h 时, 木聚糖的产量提高并不是很多, 选取 $A_4B_4B_4D_2$, 即过氧化氢质量分数为 3.0%, pH 值为 12.5, 反应温度为 50 °C, 反应时间为 6 h 作为实验操作工艺。

4 结论

(1) 采用改进型 Van Soest 法测定苹果渣中木聚糖的含量为 25.5%。

(2) 正交实验结果显示, 溶液 pH 值和反应时间对木聚糖提取率具有极显著性影响; 过氧化氢质量分数和反应温度对木聚糖提取率具有显著影响。

(3) 最优的工艺条件为: 过氧化氢质量浓度为 3.0%, pH 值为 12.5, 反应温度为 50 °C, 反应时间为 6 h。

参考文献:

- [1] 蒋琦霞, 杨瑞金, 丛明, 等. 酶水解爆破秸秆制备低聚木糖 [J]. 食品与发酵工业, 2006, 32 (11): 72-77.
- [2] 李华, 孔新钢, 王俊. 秸秆饲料中纤维素、半纤维素和木质素的定量分析研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30 (3): 65-68.
- [3] 邵佩兰, 朱晓红, 徐明, 等. 低聚木糖生产中影响木聚糖提取率因素的研究 [J]. 宁夏农学院学报, 2000, 21 (4): 44-46.
- [4] 刘宝亮, 方桂珍. 从稻壳中提取木聚糖的研究 [J]. 林产化学与工业, 2005 (25): 121-124.
- [5] 李丽, 罗仓学, 王白鸥, 等. 苹果渣中纤维素、半纤维素的提取分离 [J]. 食品科技, 2008 (1): 132-135.
- [6] Lawither J M, Sun R C, Danks W B. Effect of extraction condition and alkali type on yield and composition of wheat straw hemicelluloses [J]. J Application sonochemistry, 2002, 9 (2): 85-93.
- [7] Hromadkova Z, Ebringerova A. Ultrasonic extraction of plant materials—investigation of hemicellulose release from buckwheat hulls [J]. Ultrasonics sonochemistry, 2003, 10: 127-133.
- [8] Fang J M, Sun R C, Salisbury D. Comparative study of hemicelluloses and lignin from wheat straw by alkali and hydrogen peroxide extractions [J]. Polym. Degrad. Stabil, 1999, 66: 423-432.
- [9] Fang J M, Sun R C, Tomlinson J. Isolation and characterization of hemicelluloses and cellulose from rye straw by alkaline peroxide extraction [J]. Cellulose, 2000, 7: 87-107.

(上接第 33 页)

- [27] 王向阳, 王央杰. 柑粒化型枯水与内源激素的关系 [J]. 浙江农业学报, 1997, 9 (2): 103-105.
- [28] 增田雄芳, 胜见允行, 令吴类雅. 植物激素 [M]. 辽宁铁岭农学院译. 北京: 科学出版社, 1978: 145, 146.
- [29] Brenner M L. Hormonal control of assimilate partitioning: regulation in the sink [J]. Acta Hort, 1989, 239: 141-146.
- [30] 梁雪莲, 王引斌. 小麦生长发育进程中 ABA 等内源激素

的变化与调节研究 [J]. 种子, 2004, 23 (7): 49-52.

- [31] 曾骧. 植物激素和果树的生长发育 [J]. 中国果树, 1980 (1): 6-17.
- [32] Faust M, Erez A, Rowland L J, et al. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1997, 32 (4): 623-629.
- [33] 陈昆松, 李方. ABA 和 IAA 对猕猴桃果实成熟进程的调控 [J]. 园艺学报, 1999, 26 (2): 81-86.