

DOI:10.11937/bfyy.201503049

油菜素内酯的生理效应及其参与 残留农药降解的研究进展

王梦姣^{1,2,3}, 李新生^{1,3}, 杨国鹏³

(1. 陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723000; 2. 陕西省食用菌工程技术研究中心, 陕西 汉中 723000;
3. 陕西理工学院 生物科学与工程学院, 陕西 汉中 723000)

摘 要: 该研究介绍了油菜素内酯(Brassinosteroid, BR)的发现、生理效应, 包括促进植物营养生长和生殖生长、增强植物光合作用、促进植物抗逆等作用^[1-2]; 并阐述了 BR 参与农药降解的过程及其发展前景。

关键词: 油菜素内酯(BR); 生理效应; 农药残留; 降解; 研究进展

中图分类号: S 482.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2015)03-0168-03

油菜素内酯(Brassinosteroid, BR)作为一种植物生长发育过程中必需的植物激素, 参与一系列的生长发育过程^[1-2]; 它的发现是植物生长调节剂领域的里程碑^[3], 为探索植物发育机理起了重要作用。最新研究表明, BR能够促进作物体内残留农药的降解; 因此, 研究 BR可缓解目前农药大量使用给环境和农产品造成严重污染的状况, 为食品安全起重要作用。

1 BR 的简介

1.1 BR 的发现及其理化性质

BR是由 Michael 研究小组在 20 世纪 70 年代初期研究花粉激素时发现, 并经 Grove 等^[4]从大量油菜花粉中分离和鉴定出的一种固醇类化合物。研究发现, BR能够促进植物生长, 可广泛用于实际生产和研究, 但如

果从植物中直接提取天然 BR 则需要消耗大量原材料, 故目前实际运用的 BR 主要来源于人工合成的、具有较强 BR 活性的化合物。

1.2 BR 的理化性质及其合成

截至目前, 已经分离出超过 50 个 BR 类化合物均是多羟基的, C₂₇、C₂₈ 和 C₂₉ 的甾醇化合物; 每种化合物具体属于哪一类则取决于其 C₂₄ 位的烷基取代基。Brassinolide (BL) 是第一个被分离得到的、分布范围最广的、具有 BR 活性的 C₂₈ 类 BR, 易溶于甲醇、乙醇等; 分子式为 C₂₈H₄₈O₆, CAS 号为 72962-43-7, 命名为 2,3,22,23-Tetrahydroxy- β -homo-7-oxaergostan-6-one。图 1 中标出了 BL 的基本碳环结构及结构上每个碳的具体位置。

BR 的合成是植物体内一种鲨烯的 C₃₀ 甾醇衍生物 Cycloartenol 起始, 经过一系列甲基化、异构化作用产生 Campesterol, 这个化合物再经过 2 个不同的 C-6 氧化途径: 前 C-6 氧化途径和后 C-6 氧化途径(先经过一个前 C-22 氧化途径生成 6-Deoxocathasterone 后, 进入后 C-6 氧化途径), 最终生成 BL^[5]。

第一作者简介: 王梦姣(1987-), 女, 博士研究生, 讲师, 研究方向为油菜素内酯对植物的生理效应及矮化基因的功能研究。E-mail: amy133253@126.com.

收稿日期: 2014-09-04

Comparison and Analysis of the Main Improvement Measures for Flower and Young Fruit Drop of *Ziziphus jujuba* Mill.

SONG Bin, WANG Fu-rong, SHEN Jian-yu

(Institute of Agricultural Sciencetech Information, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

Abstract: The main factors for fruit setting rate of *Ziziphus jujuba* Mill., the fertilizer, water, disease and pest were chosen in this review. And the main improvement measures were compared and analyzed further. It was useful for avoiding flower and young fruit drop in future.

Keywords: jujube; flower and young fruit drop; improvement measures

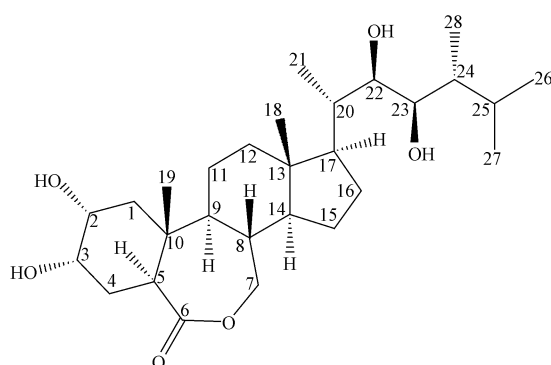


图1 BL 基本碳环结构

Fig. 1 BL with carbon numbering

2 BR 的生理效应

2.1 BR 参与植物营养生长和生殖生长

BR 是植物生长发育必需的甾醇类激素^[2],它作为植物重要的生长调节剂,参与植物的许多生长发育过程,能够迅速提高作物的生长速度,提高作物的产量^[6]。例如,给马铃薯(*Solanum tuberosum*)提供外源的高油菜素内酯和表油菜素内酯,能够提高马铃薯产量,改善马铃薯品质^[7]。与之相类似的,当在拟南芥中过表达油菜素内酯合成基因 *DWF4* 时,会使拟南芥植株高度显著增高,还能使其种子产量明显提高^[8]。在水稻(*Oryza sativa*)的根、茎、叶中过表达控制 BR 水平的甾醇 C-22 羟化酶,就能够增强水稻的分蘖能力,以获得高产水稻^[9]。这就是说,BR 参与促进植物的营养生长和生殖生长。

2.2 BR 促进植物光合作用

当对黄瓜和番茄(*Solanum lycopersium*)进行外源油菜素内酯处理后,能够提高其光合作用过程中 CO_2 的同化作用^[10-11]。根据丁景新等^[12]的试验,BR 还可以促进黄瓜的栅栏细胞变大及层数增多,促进 CO_2 的同化,提高 K 离子的吸收速率。研究发现,拟南芥和番茄的 BR 缺乏突变体都会呈现去黄化表型(在暗中生长的突变体的下胚轴很短、子叶张开)^[13]。不仅如此,在拟南芥 BR 突变体中,还发现了大量与光合作用相关的突变体,比如光形态建成突变体(*constitutive photomorphogenesis and dwarfism, cpd*)^[14]、光敏色素突变体 *hy*、*fhy*^[15-17]。以上的试验结果表明,BR 能够增强光合产物的运输,调节营养分配,进而促进植物的光合作用。

2.3 BR 的抗逆作用

试验表明,BR 处理物能够改善逆境植物的生理活动^[18]。处理表油菜素内酯的在寒冷条件下生长的水稻,可以显著缓解其电解质流失的现象^[19]。在用 BR 处理后的热胁迫的小麦中,热激蛋白的光谱发生了改变,同时还促使热休克颗粒的生成^[20]。受盐胁迫的大麦叶片超微结构,在 BR 处理后有了明显的改善;其生长速率和

结实率均在处理后得到显著的加快和提高^[21]。这就是说,BR 通过改变或者改善作物内部生理活动,来提高植物的抵抗逆境环境的能力。

3 BR 参与作物残留农药降解过程

3.1 作物农药残留现状

害虫和致病菌是世界上绝大多数作物产量损失的主要原因,尽管人们已经通过转基因技术获得了大量的抗性作物,但使用农药依然是目前获得高产作物的最有效和最普遍的方法^[22]。人们每年要使用大约 250 万 t 农药,然而大量农药的使用又带来了很多食品安全及土地污染问题^[23]。人们设想通过微生物降解,规定农药使用最大限量等方法来缓解农药残留给土地及食品安全带来的污染,但是这些措施耗资巨大,及各种不利于公众健康等的因素,并不适合大范围推广使用^[22]。这就是说,切实可行的办法来降低农药使用量,减少农药残留带来的公众健康问题。

3.2 BR 参与作物农药残留降解过程

前人研究发现,对黄瓜进行外源 BR 处理后,除草剂、杀虫剂、杀菌剂等类型的农药对黄瓜叶片的伤害会大大降低^[24]。对水稻进行 BR 处理后,除草剂(simazine, butachlor, or pretilachlo)对其伤害显著降低^[25]。张琳等^[26]研究发现,BR 对书香小油菜中残留的有机磷农药毒死蜱有一定降解效果。用油菜素内酯处理的书香小油菜中毒死蜱含量比对照组减少了 31% 以上,且在前期降解毒死蜱残留的效果更加明显。植物中 P450 单氧酶可以通过谷胱甘肽螯合反应来参与残留农药的生物降解过程,使残留农药转化成无毒的、水溶性的化合物,从而排出植物体内;而在针对 BR 处理的拟南芥和黄瓜的转录分析中,可以发现,编码参与残留农药降解的过程的 P450 单氧酶的基因是受 BR 调节的^[27-30]。以上试验结果表明,BR 参与作物农药残留的降解过程,对作物进行外源 BR 处理,能够缓解残留农药对作物的伤害作用。

4 展望

目前,科学家们提出的“有机农业”虽然能够降低农药残留给人们带来的食品安全危害,但是这一措施在发展中国家,如中国、印度这些国家中实施起来还是有很大难度;因此,依然需要寻找能够有效降低作物残留农药的方法。一方面,人们发现 BR 能够参与作物农药残留降解,但对其机理了解的还不是很完善;另一方面,目前还没有直接的证据能够证明 BR 对人体有伤害作用,并且,其还能够在不影响人类正常细胞生理活动的基础上抑制癌细胞的生长^[30]。因此,研究 BR 对作物残留农药的降解作用是一个切实可行解决由农药残留带来的食品安全问题的方向。

参考文献

- [1] Mandava N B. Plant growth-promoting brassinosteroids[J]. Annual Review

of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1988, 39: 23-52.

[2] Clouse S D, Sasse J M. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1998, 49: 427-451.

[3] 张玉萍, 刘威生, 孙少春, 等. 油菜素内酯在果树上的应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2010, 38: 6153-6154, 6157.

[4] Grove M D, Spencer G F, Rohwedder W K, et al. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napous* pollen[J]. Nature, 1979, 281: 216-217.

[5] Fujioka S, Yokota T. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids[J]. Annual Review of Plant Biology, 2003, 54: 137-164.

[6] Khripach V A, Zhabinskii V N, Groot A D. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century[J]. Annal of Botany, 2000, 86: 441-447.

[7] Korableva N P, Platonova T A, Dogonadze M Z, et al. Brassinolide effect on growth of apical meristems, ethylene production, and abscisic acid content in potato tubers[J]. Biologia Plantarum, 2010, 45: 39-43.

[8] Choe S, Fujioka S, Noguchi T, et al. Overexpression of *DWARF4* in the brassinosteroid biosynthetic pathway results in increased vegetative growth and seed yield in *Arabidopsis*[J]. The Plant Journal, 2001, 26: 573-582.

[9] Wu C Y, Trieu A, Radhakrishnan P, et al. Brassinosteroids regulate grain filling in rice[J]. The Plant Cell, 2008, 20: 2130-2145.

[10] Yu J Q, Huang L F, Hu W H, et al. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*[J]. Journal of Experimental Botany, 2008, 55: 1135-1143.

[11] Ogwenio J O, Song X S, Shi K, et al. Brassinosteroids alleviate heat-induced inhibition of photosynthesis by increasing carboxylation efficiency and enhancing antioxidant systems in *Lycopersicon esculentum*[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2008, 27: 49-57.

[12] 丁锦新, 马国瑞, 黄素青. 表油菜素内酯对黄瓜的生理效应[J]. 浙江农业大学学报, 1995(6): 615-621.

[13] Clouse S D. Molecular genetic analysis of brassinosteroid action[J]. Physiologia Plantarum, 1997, 100: 702-709.

[14] Szekers M, Nemeth K, Koncz-Kalman Z, et al. Brassinosteroids rescue the deficiency of CYP90, a cytochrome P450, controlling cell elongation and de-etiolation in *Arabidopsis*[J]. Cell, 1996, 85: 171-182.

[15] Deng X W. Fresh view of light signal transduction in plants[J]. Cell, 1994, 76: 423-426.

[16] Quail P H, Boylan M T, Parks B M, et al. Phytochromes: photosensory

perception and signal transduction[J]. Science, 1995, 268: 675-680.

[17] Smith H. Physiological and ecological function within the phytochrome family[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1995, 46: 289-315.

[18] Hamdad K. Brassinolide in crop cultivation[Z]. In Plant Growth Regulators in Agriculture, ed. Taiwan: Food Fertil. Technol. Cent. P Macgregor, 1986: 190-196.

[19] Wang B, Zeng G. Effect of epi-brassinolide on the resistance of rice seedling to chilling injury[J]. Plant Physiology Journal, 1993, 19: 53-60.

[20] Kulaeva O N, Burkhanova E A, Fedina A B, et al. Effect of brassinosteroids on protein synthesis and plant-cell ultrastructure under stress conditions[J]. Plant Growth Regulation, 1991, 33(2): 151-153.

[21] Sasse J M, Smith R, Hudson I. Effect of 24-Epi brassinolide on germination of seeds of *Eucalyptus camaldulensis* in saline conditions[J]. Plant Growth Regulation, 1995, 22: 136-41.

[22] Xia X J, Zhang Y, Wu J X, et al. Brassinosteroids promote metabolism of pesticides in cucumber[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57: 8406-8413.

[23] Pimentel D. Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics[J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 1995, 8: 17-29.

[24] Xia X J, Huang Y Y, Wang L, et al. Pesticides induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2006, 86: 42-48.

[25] Bajguz, A, Hayat S. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2009, 47: 1-8.

[26] 张琳, 唐敏, 王正, 等. 油菜素内酯对油菜中有机磷农药毒死蜱残留的降解效果[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 805-806.

[27] Hatzios K K, Burgos N. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners[J]. Weed Science, 2004, 52: 454-467.

[28] Mussig C, Fischer S, Altmann T. Brassinosteroid-regulated gene expression[J]. Plant Physiology, 2002, 129: 1241-1251.

[29] Goda H, Shimada Y, Asami T, et al. Microarray analysis of brassinosteroid-regulated genes in *Arabidopsis*[J]. Plant Physiology, 2002, 130: 1319-1334.

[30] Xia X J, Wang Y J, Zhou Y H, et al. Reactive oxygen species are involved in brassinosteroids-induced stress tolerance in *Cucumis sativus* [J]. Plant Physiology, 2009, 150: 801-814.

Research Progress on the Physiological Effect of Brassinosteroids and the Brassinosteroids-Involved Residual Pesticide Degradation

WANG Meng-jiao^{1,2,3}, LI Xin-sheng^{1,3}, YANG Guo-peng³

(1. Shaanxi Province Key Laboratory of Bio-resources, Hanzhong, Shaanxi 723000; 2. Shaanxi Provincial Engineering Research Center of Edible and Medicinal Microbes, Hanzhong, Shaanxi 723000; 3. School of Biological Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723000)

Abstract: Taking brassinosteroid (BR) as object, the found of BR, the physiological effects of BR, including the promotion of vegetative growth and reproductive growth of plants, enhancing photosynthesis and anti-stress physiology in plants etc. were introduced. At the same time, the BR involving process of pesticide degradation and its development prospects.

Keywords: brassinosteroid (BR); physiological effect; pesticide residues; degradation; research progress