

山药珠芽生长过程中激素和糖类物质含量的变化

龙雯虹¹, 郭华春^{2,*}, 肖关丽³, 王琼²

(¹ 云南农业大学园林园艺学院, 昆明 650201; ² 云南农业大学薯类作物研究所, 昆明 650201; ³ 云南农业大学农学与生物技术学院, 昆明 650201)

摘要: 测定了不同生长阶段的山药 (*Dioscorea opposita*) 珠芽内源激素 IAA、ZR、DHZR、GA₃ 和 ABA 的含量, 以及还原糖、可溶性糖、淀粉和干物质的含量, 研究其变化规律。结果表明, 珠芽生长期 IAA 和 DHZR 含量低, 变化小。ZR 的含量一直比 DHZR 高, 且变化大, 尤其在珠芽生长初期含量下降快。与其它激素相比, GA₃ 含量较高, 生长初期呈上升变化, 随后缓慢下降, 当生长停止时其含量仍较高 (1 220.7 ng · g⁻¹)。珠芽完全变褐前, ABA 的含量在 730.9 ~ 954.9 ng · g⁻¹ 间波动, 在珠芽完全变褐至生长停止期间急剧上升。珠芽开始褐变前, 还原糖含量迅速下降, 以后变化较小。珠芽生长过程中可溶性糖含量呈曲线上升; 淀粉和干物质含量呈直线缓慢上升, 当珠芽成熟时可溶性糖、淀粉和干物质含量达到最高。山药珠芽的生长需要高水平的 GA₃ 和 ZR, 当 GA₃/ABA 小于 1 时, 珠芽趋于成熟; 茎蔓枯黄珠芽才停止生长, 糖、淀粉等物质的积累才终止。

关键词: 山药; 珠芽; 内源激素; 淀粉; 可溶性糖; 还原糖

中图分类号: S 632.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 04-0753-08

Variation of Endogenous Hormone and Carbohydrate Contents in Growing Yam Bulbils

LONG Wen-hong¹, GUO Hua-chun^{2,*}, XIAO Guan-li³, and WANG Qiong²

(¹ College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; ² Tuber and Root Crops Research Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; ³ College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Contents of endogenous hormones IAA, ZR, DHZR, GA₃, ABA, reducing sugar, soluble sugar, starch and dry matter in yam (*Dioscorea opposita*) bulbils were tested over developmental cycle. The results showed that concentration of IAA was low and varied gently, so did that of DHZR, while ZR content was higher than DHZR content throughout bulbil developing stage and changed more sharply especially at early stage. The content of GA₃, compared with other hormone contents, was very high throughout bulbil developing stage, it maintained 1 220.7 ng · g⁻¹ at last, though it began to reduce after bulbils became brown. The content of ABA fluctuated from 730.9 ng · g⁻¹ to 954.9 ng · g⁻¹ before bulbils became brown completely, then increased sharply. The content of reducing sugar reduced rapidly at first

收稿日期: 2011 - 01 - 25; 修回日期: 2011 - 03 - 30

基金项目: 云南科技厅项目 (ZY2002-2)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: ynghc@126.com)

and changed little after bulbil browning. The content of soluble sugar curve rose, while the contents of starch and dry matter rose linearly. When bulbils were mature, the contents of soluble sugar, starch and dry matter reached the peak. The results indicated that high GA_3 and ZR content were necessary for bulbil development, and bulbils would be mature after the ratio of GA_3 to ABA was less than 1. As the result of endogenous hormone regulation, matters such as reducing sugar, soluble sugar, starch and dry matter continued to accumulate until the bulbils matured and the vines on which bulbils grown were yellow and dry.

Key words: *Dioscorea opposita*; bulbil; endogenous hormone; starch; soluble sugar; reducing sugar

山药 (*Dioscorea opposita*) 生产上通常用茎段进行繁殖, 繁殖系数低, 发芽率低, 出苗不整齐, 且生产成本低, 种植材料的费用超过生产总成本的 33% (Okoli & Akoroda, 1995; Sreekantan et al., 1995; Ayankanmi et al., 2005)。山药珠芽 (俗称零余子或山药籽) 是生长于叶腋的变态茎 (谢德谔等, 1993), 是一种便于长期贮藏的繁殖材料 (韦本辉 等, 2004)。山药植株所产珠芽数量多, 以珠芽作繁殖材料, 能降低山药生产成本, 加快良种推广。另外, 山药珠芽富含多种营养成分, 尤其是脂肪、总氨基酸以及必需氨基酸的含量高于地下根状茎 (薛建平 等, 2008)。由于山药珠芽的大小对其出苗速度和产量有影响 (饶贵珍和吴亚宏, 2000), 所以调控珠芽的生长, 促成大珠芽的形成, 具有实际意义。

研究表明, 植物激素在调控贮藏器官的形成与生长中起着重要作用。脱落酸 (ABA) 含量变化与马铃薯块茎的增大呈显著正相关 (刘梦云 等, 1997)。内源赤霉素 (GA_3) 的减少是马铃薯结薯的重要条件 (Escalante & Langillr, 1998; Xu et al., 1998)。莲藕膨大过程中 ABA 含量不断升高, 玉米素 (ZT) 含量不断下降, GA_3 和吲哚乙酸 (IAA) 含量则先升高后下降 (李良俊 等, 2006)。红薯干薯产量与 ABA、玉米素核苷 (ZR) 和二氢玉米素核苷 (DHZR) 含量呈显著或极显著正相关 (Wang et al, 2006)。

参薯 (*D. alata*) 珠芽发育过程中, 多糖以淀粉颗粒的形式主要积累在基本组织的细胞中 (Dikshit, 1998)。目前关于山药珠芽生长期内源激素和糖类物质含量变化规律的研究未见报道。

本研究的目的是了解山药珠芽膨大期内源激素和糖类物质含量的变化规律, 为调控其生长, 培育可利用的珠芽奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料及取样方法

2008 年 4 月 29 日将采于云南省禄丰县的牛尾山药 (*D. opposita*) 种于云南农业大学薯蓣资源圃。分别在 7 月 18 日、8 月 4 日、8 月 14 日、8 月 25 日、9 月 5 日、9 月 16 日、10 月 8 日取 7 个生长阶段的珠芽样品。

7 次所取的珠芽外表特征分别为: (1) 整个珠芽嫩绿, (2) 褐色部分约占珠芽 1/5, (3) 褐色部分约占珠芽 2/5, (4) 褐色部分约占珠芽 3/5, (5) 褐色部分约占珠芽 4/5, (6) 珠芽全变褐, (7) 珠芽全为褐色且表皮粗糙, 其着生的茎蔓枯黄。

每次取 5 粒珠芽, 重复 3 次, 用冰盒将样品带回实验室切碎混匀后放于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱, 待整个生长过程的样品采样完毕, 测定内源激素和糖类物质的含量。

1.2 内源激素含量的测定

激素的提取方法是: 称取 1 g (精确到 0.0001 g) 样品, 在弱光和冰浴条件下加 2 mL 80% 的冷甲醇提取液 (内含 $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 二叔丁基甲苯酚), 研磨成浆, 转入离心管中, 再用 3 mL 提取液洗研钵 3 次, 在 4 °C 条件下提取 4 h, 其间摇离心管数次, 4 h 后用冷冻离心机在 4 °C 温度下用 $8\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 5 min, 取上清液, 残渣再用 3 mL 提取液在 4 °C 条件下提取 1 h, 离心后取上清液, 合并两次提取的上清液后定容至 10 mL, 得各样品的激素提取液。

样液用 C18 胶柱过柱后, 用氮气吹干, 再用样品稀释液溶解, 然后用酶联免疫吸附法 (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay, ELISA) 测定内源激素含量。测定方法和试剂盒由中国农业大学化控中心提供。

1.3 糖类物质含量的测定

干物质含量以样品烘干到恒质量时占鲜样的百分率表示。

淀粉的测定用碘比色法, 称取鲜样 0.5 g (精确到 0.0001 g), 磨细后定容到 100 mL, 取样液与碘试剂反应后在 660 nm 处测定吸光值, 计算出所含淀粉的百分率。

可溶性糖的测定用蒽酮法 (叶尚红 等, 2004)。还原糖含量的测定采用 3, 5 - 二硝基水杨酸法 (梅文泉 等, 2003)。

用 Excel 2003 作各种激素及糖类物质含量的标准曲线, 并计算各类物质的含量。

2 结果与分析

2.1 内源激素含量的变化

由图 1 可见, 在整个生长过程中 IAA 含量变化特征是含量较低, 变化小。山药珠芽嫩绿时 (第 1 生长阶段), IAA 含量较高 (为 $528.1 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$), 珠芽褐变表面达 3/5 (第 4 生长阶段) 时, 降到最低 (为 $417.1 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$), 至茎蔓枯黄、珠芽全褐且表皮粗糙 (第 7 生长阶段) 时, IAA 含量为 $474.8 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

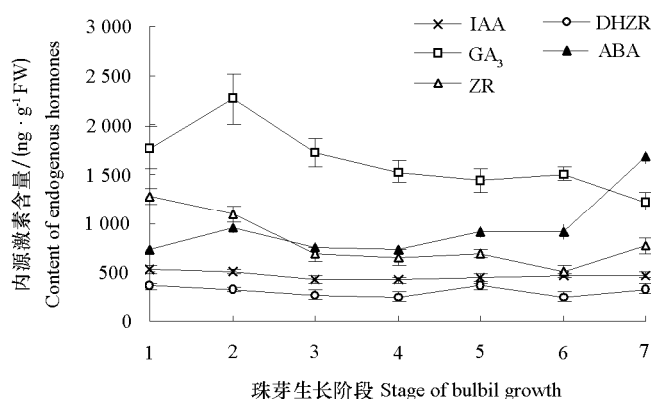


图 1 山药珠芽生长过程中内源激素含量的变化

Fig. 1 Changes of endogenous hormone content in *D. opposita* bulbils during growth

山药珠芽从嫩绿到 3/5 表皮变褐的过程中 (第 1 ~ 4 生长阶段), DHZR 含量缓慢下降, 随后至完全成熟的期间, DHZR 含量略呈上升趋势。总之, 在整个生长过程中, DHZR 含量低 (在 $248.6 \sim 358.1 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 间), 变化小。

第 1 生长阶段 ZR 含量为最高值 ($1\,278.5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$), 表皮开始褐变后其含量急剧下降, 当珠芽约 3/5 表皮变褐时 (第 3 生长阶段), 含量不到初期的一半, 只有 $685.2 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随后至珠芽完全变褐、表皮粗糙、着生的茎蔓枯黄的过程中, ZR 含量在 $509.6 \sim 770.2 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 间变化。ZR 和 DHZR 含量都是初期较高, 生长过程中下降, 但到珠芽成熟时还维持较高水平。在整个生长过程中, ZR 的含量高于 DHZR 含量, 达 1.9 至 3.6 倍, ZR 含量随珠芽生长而下降的趋势较明显。

与其它激素相比, GA_3 含量较高, 珠芽生长初期 (第 1 生长阶段) 为 $1\,770.3 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 当珠芽开始褐变时 (第 2 生长阶段), 含量升到最高值 ($2\,266.8 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$), 随后又下降。在褐变期 (第 3 ~ 6 生长阶段), 含量在 $1\,437.4 \sim 1\,716.0 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 间变化, 仍保持较高水平, 直到珠芽生长停止时 (第 7 生长阶段), 才下降到 $1\,220.7 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

珠芽嫩绿至珠芽完全变褐的生长过程中 (生长阶段 1 ~ 6), ABA 的含量变化小, 在 $730.9 \sim 954.9 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 间变化, 当珠芽生长停止时 (第 7 生长阶段), ABA 的含量急剧上升到最高值 $1\,677.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 为生长初期 (第 1 生长阶段) 的两倍多。

2.2 内源激素间比值的变化

进一步分析 ZR/IAA 的比值变化规律, 由图 2 可见, 珠芽生长过程中 ZR/IAA 总体呈下降趋势, 由最初的 2.4 下降到 1.6。

在珠芽生长的前 3 个阶段, 即珠芽约 2/5 的表皮变褐之前, GA_3/ABA 的比值都高于 2.3, 变化小; 随后至珠芽表皮褐变约 4/5 的过程中 (生长阶段 3 ~ 5), 呈直线下降, 但当珠芽完全变褐时 (第 6 生长阶段) 仍较高 (为 1.7); 当珠芽停止生长时 (第 7 生长阶段) 下降到 0.7。以上结果说明, 山药珠芽是在较高的 GA_3 水平下生长。

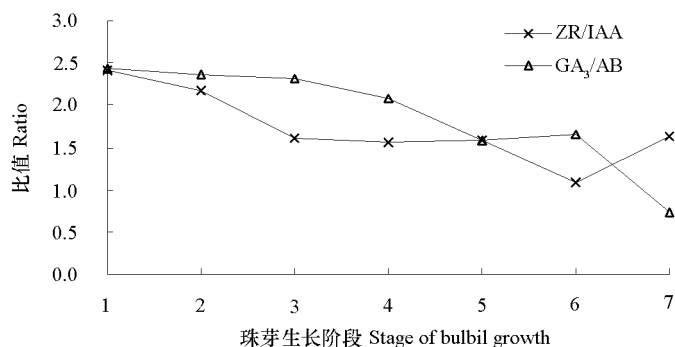


图 2 山药珠芽生长过程中内源激素 ZR/IAA 和 GA_3/ABA 的变化

Fig. 2 Changes of ratio of endogenous hormone ZR to IAA and GA_3 to ABA in *D. opposita* bulbils during growth

2.3 糖类物质含量的变化

珠芽生长期还原糖、可溶性糖、淀粉和干物质含量的变化见图 3, 在第 1 个阶段 (珠芽嫩绿) 时, 还原糖含量最高 ($278.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 但进入第 2 个阶段 (约 1/5 表皮变褐) 时, 急剧下降到 $153.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随后至成熟的过程中, 变化小, 成熟时 (第 7 生长阶段) 其含量为 $140.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

珠芽从嫩绿至表皮完全变褐的过程中(第 1~6 生长阶段),可溶性糖含量变化小,在 $16.5 \sim 20.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 间波动。珠芽嫩绿时(第 1 生长阶段),其含量为 $16.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,珠芽表皮完全变褐时(第 6 生长阶段)为 $17.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,差异不显著。但表皮变褐后,可溶性糖含量还在增加,当珠芽着生的茎蔓变枯黄,珠芽表皮粗糙呈现龟裂时(第 7 生长阶段),可溶性糖含量上升到最高值($21.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)。

当珠芽幼嫩时(第 1 生长阶段),淀粉含量已达到 22.1%,在随后的生长中呈缓慢上升趋势。当珠芽表皮完全变褐时(第 6 生长阶段),仍有淀粉合成,最终珠芽成熟时(第 7 生长阶段)含量增加到 29.9%。

干物质含量的变化与淀粉类似,初期(第 1 生长阶段)干物质含量为 25.4%,随后缓慢上升,当珠芽表皮完全变褐时(第 6 生长阶段)其含量达到 35.6%,但此后继续积累干物质,到茎蔓变枯黄,珠芽表皮粗糙呈现龟裂时(第 7 生长阶段),干物质含量达到 37.3%。

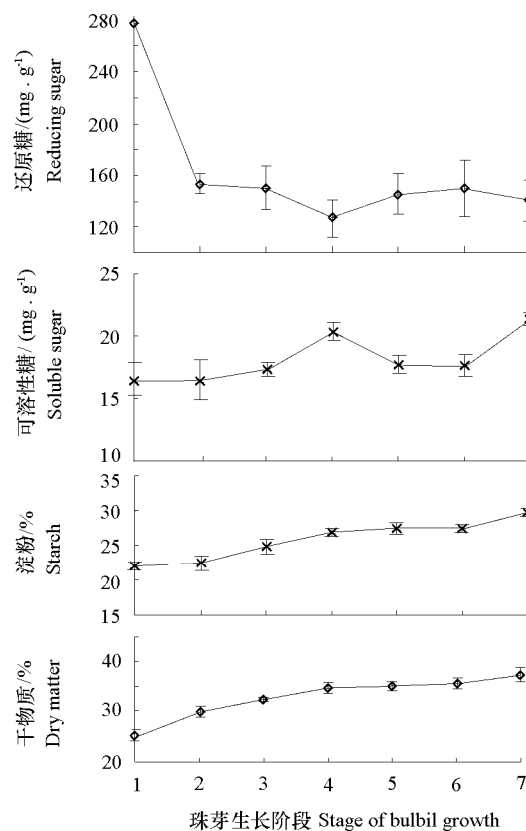


图 3 山药珠芽生长过程中糖类物质含量的变化

Fig. 3 Changes of sugars content in *D. opposita* bulbils during growth

3 讨论

3.1 内源激素与珠芽生长的关系

细胞分裂素对促进光合产物向库中运输起重要的作用。ZT 含量变化与温州蜜柑子房(幼果)的膨大呈显著正相关(张上隆等, 1994), 增加细胞分裂素(Z + ZR)的含量也促进水稻籽粒灌浆、提高籽粒充实度(杨建昌等, 2001)。红薯块根产量与 ZR 和 DHZR 含量呈显著正相关, ZR 和 DHZR

在红薯块根的形成及生长中起着非常重要的作用 (Wang et al., 2006)。山药珠芽是一种变态茎, 在源与库的关系中, 以库的地位存在, 其含有的有细胞分裂素可能促进了光合产物运输。本研究中发现山药珠芽的糖类物质积累过程中, ZR 含量一直远远高于 DHZR, 并且生长期 ZR 含量出现较为明显的变化, 所以 ZR 可能在调控光合产物向山药珠芽的运输中起着更为重要的作用。珠芽的大小对出苗速度和产量有影响, 大珠芽比小珠芽出苗快, 并且比小珠芽提高 50% 的产量 (饶贵珍和吴亚宏, 2000)。因此, 珠芽生长过程中通过调控 ZR 的含量, 有可能调控光合产物向珠芽的运输, 从而调控珠芽的大小, 为农业生产提供大小适宜的珠芽。

内源激素 GA_3 的减少是马铃薯结薯的重要条件 (Xu et al., 1998; Escalante & Langillr, 1998)。百合鳞茎发育中, GA_3 含量下降, ABA 升高 (孙红梅 等, 2006)。本研究中发现, 山药珠芽生长过程中 GA_3 含量相对其他激素偏高, GA_3 含量虽有下降变化趋势, 但到珠芽成熟时其含量仍较高 (为 $1\,220.7\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), GA_3 /ABA 的比值也一直很高, 珠芽嫩绿至珠芽全变褐期间, 比值一直高于 1.6, 直到珠芽成熟才下降到 0.7, 说明珠芽生长需要高含量的 GA_3 。Tanno 等 (1995) 曾用烯效唑和调环酸打破山药珠芽的休眠, 反映出珠芽休眠期 GA 含量高的特点。综上所述, 珠芽是在高含量 GA 条件下生长, 在降低其含量后发芽。改变珠芽生长过程中 GA 的含量, 是否会影响珠芽的生长和后期的休眠过程, 值得进一步研究。

3.2 内源激素与珠芽根原基分化的关系

张仪等 (1994) 研究普通山药 (*D. batatas*) 珠芽结构发现, 珠芽外观易见的“芽眼”部分只有根原基和根的分化, 而无侧芽的分化。作者在本研究中所用材料为山药 (*D. opposita*), 其珠芽成熟采收后, 在适宜生长的条件下“芽眼”处只能长出不定根, 进行长达 3 个月的培养也不能长出芽, 可能是因为山药 (*D. opposita*) 珠芽“芽眼”处同普通山药 (*D. batatas*) 一样也无侧芽的分化。

现有研究已达成共识, 生长素促进根的分化, 而细胞分裂素促进芽的分化。本研究中发现山药珠芽生长期都是 ZR 含量高于 IAA 含量, ZR/IAA 的比值在 1.1 ~ 2.4 之间。在这样高比值的情况下“芽眼”处也无侧芽分化, 说明 ZR/IAA 比值与根原基和根的分化没有必然联系, “芽眼”内根的分化可能是在其它生长素的作用下进行, 有待进一步研究促进山药珠芽内根原基和根分化的生长素种类, 从而找到促进珠芽内芽分化的方法, 以缩短珠芽内顶芽生长发芽的时间, 促进生产中珠芽适时播种。

3.3 糖类物质积累和珠芽生长的关系

普通山药 (*D. batatas*) 珠芽中部的薄壁细胞内含有丰富的淀粉、蛋白质等营养物质 (张仪 等, 1994)。参薯 (*D. alata*) 珠芽发育过程中, 多糖以淀粉颗粒的形式主要积累在基本组织的细胞中, 少数积累于细胞壁, 蛋白质和脂质分别在木栓形成层和周皮 (Dikshit, 1998)。前人确定了珠芽内主要的贮藏物质是淀粉, 并明确了淀粉的贮藏位置。本研究中发现山药 (*D. opposita*) 珠芽成熟时淀粉占干物质含量的 80%, 与前人研究一致。

本研究中山药珠芽生长初期, 还原糖含量高达 $278.4\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 进入第 2 个阶段时下降到 $153.1\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 而与此同时, 淀粉含量增加得少, 差异不显著。在这期间, 促进细胞伸长的 GA_3 含量也上升。出现这种现象可能是因为此时珠芽的生长以细胞的伸长为主, 从叶片输入的还原糖很大部分用于构建新的细胞和组织, 从而导致还原糖显著降低, 而很少合成淀粉贮藏于细胞内。

从本研究中可以看出, 山药珠芽生长的全过程中, 淀粉、干物质等含量不断增加, 即使珠芽完全变褐后物质的积累仍未停止。因此, 当珠芽完全褐变时, 生长尚未停止, 直到茎蔓枯黄、珠芽表

皮呈现龟裂时, 珠芽才成熟。而珠芽的大小又影响到出苗速度和产量(饶贵珍和吴亚宏, 2000)。所以建议生产实践中即使珠芽外观颜色完全变褐也不要急于采收, 应待茎蔓枯黄、淀粉等物质积累充分后再采收, 以使珠芽生长完全, 营养充足, 为培育壮苗打好物质基础。

References

- Ayankanmi T, Shiwachi H, Asiedu R. 2005. Sprouting and yield of yam (*Dioscorea* spp.) minisets in relation to sett size, soil moisture and agro-ecology. *Tropical Science*, 45: 23 - 27.
- Dikshit N. 1998. Localisation and distribution of metabolites during development in *Dioscorea alata* L. *Journal of the Indian Botanical Society*, 77 (1): 171 - 174.
- Escalante B Z, Langillr A R. 1998. Photoperiod, temperature, gibberellin and anti-gibberellin effect tuberization of potato stem segments *in vitro*. *HortScience*, 33 (4): 701 - 703.
- Li Liang-jun, Pan En-chao, Xu Chao, Ye Zhi-rong, Cao Bei-sheng. 2006. Changes of endogenous hormones, polyamines and salicylic acid content during rhizome development of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (5): 1106 - 1108. (in Chinese)
- 李良俊, 潘恩超, 许超, 叶枝荣, 曹磊生. 2006. 莲藕膨大过程中内源激素、水杨酸和多胺含量的变化. *园艺学报*, 33 (5): 1106 - 1108.
- Lui Meng-yun, Mao Xue-fei, Men Fu-yi, Meng Mei-lian, Hu Zhi-quan. 1997. Correlation law between the change of intrinsic hormones of potato tuber and growth of the tuber. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 12 (2): 86 - 92. (in Chinese)
- 刘梦云, 毛雪飞, 门福义, 蒙美莲, 胡志全. 1997. 马铃薯块茎内源激素变化与块茎增大生长的相关规律. *华北农学报*, 12 (2): 86 - 92.
- Mei Wen-quan, Sui Qi-jun, Er Zhu, Wang Lu-xiang, Liu Jia-fu. 2003. A method for determination of reducing sugar in potato. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, (3): 23 - 24. (in Chinese)
- 梅文泉, 隋启君, 佴注, 汪禄祥, 刘家富. 2003. 马铃薯块茎中还原糖测定的一种方法. *云南农业科技*, (3): 23 - 24.
- Okoli O O, Akoroda M O. 1995. Providing seed tubers for the production of food yams. *African Journal of Root and Tubber Crops*, 1: 1 - 6.
- Rao Gui-zhen, Wu Ya-hong. 2000. Effect of different treatment on emergence and yield of yam bulbil. *Journal of Changjiang Vegetables*, (11): 36 - 38. (in Chinese)
- 饶贵珍, 吴亚宏. 2000. 山药零余子不同处理对出苗及产量的影响. *长江蔬菜*, (11): 36 - 38.
- Sreekantan L, George S, Nair K H. 1995. Sprouting and yield of yam (*Dioscorea* species) planted through minisets. *Indian Journal of Agronomy*, 40: 149 - 150.
- Sun Hong-mei, Li Tian-lai, Li Yun-fei. 2006. Changes of endogenous hormones in *Lilium davidii* var. *unicolor* bulbs during bulb development and storage at low temperature for dormancy release. *Bulletin of Botanical Research*, 26 (5): 570 - 576. (in Chinese)
- 孙红梅, 李天来, 李云飞. 2006. 兰州百合鳞茎发育及低温解除休眠过程中内源激素的变化. *植物研究*, 26 (5): 570 - 576.
- Tanno N, Yokota T, Abe M, Okagami N, Tanno M. 1995. Promotive and inhibitory effect of uniconazole and prohexadione on the sprouting of bulbils of Chinese yam, *Dioscorea opposita*. *Plant Growth Regulation*, 16 (2): 129 - 134.
- Wang Q M, Zhang L M, Guan Y A, Wang Z L. 2006. Endogenous hormone concentration in developing tuberous roots of different sweet potato genotypes. *Agricultural Science in China*, 5 (12): 919 - 927.
- Wei Ben-hui, Tang Rong-hua, Wei Wei-tai, Gan Xiu-qin, He Xin-min, Qin Wei-zhi, Ning Xiu-cheng, Jiang Jing, Huang Yong-qing. 2004. Effect of different store ways on budding rate and growth in yam bulbil. *Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science*, 23 (1): 28 - 30. (in Chinese)
- 韦本辉, 唐荣华, 韦威泰, 甘秀芹, 何新民, 覃维治, 宁秀呈, 蒋菁, 黄永清. 2004. 淮山零余子不同贮藏方式对出苗及苗期生长影响的研究. *广西农业生物科学*, 23 (1): 28 - 30.
- Xie De-rong, Yang Pei-jun, Cao Xiang-zhi, Zhang Pei-yuan. 1993. Discussion on the development and morphological nature of bulbil of *Dioscorea opposita* Thunb. *Acta Univ Agric Boreali-Occidentalis*, 21 (1): 77 - 80. (in Chinese)
- 谢德镒, 杨培君, 曹祥志, 张培源. 1993. 薯蓣零余子发育与形态学本质探讨. *西北农业大学学报*, 21 (1): 77 - 80.

- Xu X., Lammeren A M V., Vermeer E. 1998. The role of gibberellin abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. *Plant Physiology*, 117 (2): 575 - 584.
- Xue Jian-ping, Zhu Hong-lei, Yao Jun-ying. 2008. Study on nutrient components of iron stick yam and bubil. *Science and Technology of Food Industry*, (8): 268 - 269. (in Chinese)
- 薛建平, 祝红蕾, 尧俊英. 2008. 铁棍山药及其零余子营养成分的比较研究. *食品工业科技*, (8): 268 - 269.
- Yang Jian-chang, Peng Shao-bing, Gu Shi-liang, Visperas R M, Zhu Qing-sen. 2001. Changes in zeatin and zeatin riboside content in rice grains and roots during grain filling and the relationship to grain plumpness. *Acta Agronomica Sinica*, 27 (1): 35 - 42. (in Chinese)
- 杨建昌, 彭少兵, 顾世梁, Visperas R M, 朱庆森. 2001. 水稻结实期籽粒和根系中玉米素与玉米素核苷含量的变化及其与籽粒充实的关系. *作物学报*, 27 (1): 35 - 42.
- Ye Shang-hong, Zhang Zhi-ming, Chen Shu-ying. 2004. Experiment tutorial for plant physiology and biochemistry. Kunming: Yunnan Science and Technology Press: 71 - 74. (in Chinese)
- 叶尚红, 张志明, 陈疏影. 2004. 植物生理生化实验教程. 昆明: 云南科技出版社: 71 - 74.
- Zhang Yi, Yu Bing-sheng, Chen Yan. 1994. Anatomical study on the generation of the bulbil of the Chinese yam. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 20 (4): 413 - 417. (in Chinese)
- 张 仪, 余炳生, 陈 琰. 1994. 山药珠芽发生的解剖学研究. *北京农业大学学报*, 20 (4): 413 - 417.
- Zhang Shang-long, Chen Kun-song, Ye Qing-fu, Chen Da-ming. 1994. Changes of endogenous IAA, ABA and ZT in pollinated, non-pollinated and parthenocarpic ovary (fruitlet) of *Citrus*. *Acta Horticulturae Sinica*, 21 (2): 117 - 123. (in Chinese)
- 张上隆, 陈昆松, 叶庆富, 陈大明. 1994. 柑桔授粉处理和单性结实子房(幼果)内源 IAA, ABA 和 ZT 含量的变化. *园艺学报*, 21 (2): 117 - 123.

征 订

《中国蔬菜栽培学》(第 2 版)

《中国蔬菜栽培学》(第二版)于 2009 年 10 月由中国农业出版社出版发行。全书约 250 万字,分总论、各论、保护地蔬菜栽培、采后处理及贮藏保鲜共 4 篇。总论篇概要地论述了中国蔬菜栽培的历史、产业现状,中国蔬菜的起源、来源和种类,蔬菜作物生长发育和器官形成与产品质量的关系,蔬菜生产分区、栽培制度和技术原理,蔬菜栽培的生理生态基础以及环境污染与蔬菜的关系等;各论篇较详细地介绍了根菜类、薯芋类、葱蒜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、叶菜类、瓜类、茄果类、豆类、水生类、多年生类、芽苗菜以及食用菌类蔬菜的优良品种、栽培技术、病虫害综合防治、采收等方面的技术经验和研究成果;保护地蔬菜栽培篇论述了中国蔬菜保护地的类型、构造和应用,主要栽培设施的设计、施工,保护地环境及调节,保护地蔬菜栽培技术;采后处理及贮藏保鲜篇重点介绍了蔬菜采后处理技术及贮藏原理和方法等。与原著(1987 年版)相比较,具有如下特点:

1. 重点增加了自 20 世纪 80 年代后期以来,中国在蔬菜栽培理论、无公害蔬菜栽培技术、推广应用的新品种、病虫害综合防治以及在蔬菜产品质量、产品采后处理及贮藏保鲜原理和技术等方面取得的新成果、新进展;概述了改革开放以来中国蔬菜产、销通过商品基地建设、流通体系建设等在解决蔬菜周年生产和供应方面所取得的成绩。
2. 对蔬菜栽培历史,蔬菜的起源、来源,分类,蔬菜学名,病虫害学名等进行了复核,校勘。
3. 尽可能地反映不同学术思想和观点;尽量反映不同生态区,包括台湾地区在内的栽培技术特点。
4. 删去了“蔬菜的加工”和“野生蔬菜”两章,以使本书的内容更加切题。另在附录中增加了“主要野生蔬菜简表”、“主要野生食用菌简表”和“主要香辛料蔬菜简表”3 个附表。

本书由中国农科院蔬菜花卉研究所主编,组织全国有较高学术水平和实际工作经验的专家、学者和技术人员 130 余人分别撰写,反映了 21 世纪初中国蔬菜栽培科学研究和蔬菜生产技术的水平,内容较全面、系统,科学性、学术性强,亦有较强的实用性,插有近 500 张彩图,可供相关科研人员、农业院校师生、专业技术及管理人员等参考。

定价 330 元(含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部,邮编 100081。