

# 蔬菜叶色突变体研究进展

苗 晗 顾兴芳 张圣平 王晓武

**摘 要** 综述了蔬菜叶色突变体产生原因、来源、分类、遗传研究、发生机制、外界影响因素以及分子生物学研究进展,并对今后蔬菜叶色突变体的研究工作进行了展望。

**关键词** 蔬菜 叶色突变体 研究进展

叶色突变是自然界普遍存在的一种突变。早在 20 世纪 30 年代就已在水稻<sup>[1-2]</sup>、大豆<sup>[3-4]</sup>、大麦<sup>[5-6]</sup>、小麦<sup>[7]</sup>、棉花<sup>[8-10]</sup>等多种植物上发现。目前,叶色突变体已广泛应用于基础研究和生产实践。在蔬菜育种工作中,叶色变异可作为标记性状用于简化良种繁育和杂交制种,某些叶色突变体具有特殊的优良性状,为遗传育种提供了优异的种质资源。同时,利用叶色突变体可分析鉴定基因功能,了解基因间互作。这种过去被认为是无意义的突变,现在已经受到越来越多的关注。但相对于大田作物,蔬菜叶色突变体的研究还较为落后,仅在甜瓜<sup>[11]</sup>、西瓜<sup>[12]</sup>、黄瓜<sup>[13-21]</sup>、番茄<sup>[22-23]</sup>、辣椒<sup>[24]</sup>、花椰菜<sup>[25]</sup>、胡萝卜<sup>[26]</sup>等蔬菜上有相关报道。

## 1 叶色突变体产生原因、来源及分类

### 1.1 叶色突变体产生原因

根据现有对高等植物叶片呈色原因的研究表明,叶片呈色过程相当复杂,与叶片细胞内色素的种类、含量以及在叶片中的分布有关,是各种色素的综合表现,其中主要是绿色的叶绿素和黄色的类胡萝卜素两大类色素的比例<sup>[27]</sup>。叶色发生突变就是由于各种色素的种类和比例发生了变化。从目前已报道的蔬菜叶色突变体来看,大多数突变体的叶绿素含量都低于对照植株 50% 左右。如黄瓜叶色突变体 9110G 的叶绿素含量仅为正常株的 60% 左右,而类胡萝卜素含量的变化则无规律可循<sup>[21]</sup>;黄化西瓜叶片的叶

绿素含量为正常株的 55% 左右<sup>[12]</sup>。

### 1.2 叶色突变体的来源

叶色突变体的来源十分广泛。主要分为自发突变、人工诱发突变、插入突变和基因沉默突变等<sup>[28]</sup>。自发突变的频率极低,可直接利用的较少。人工诱发植物基因突变是创造新种质、选育新品种的有效途径。通过人工诱变可提高突变的发生频率,在较短时间内获得大量突变体。人工诱变多为辐射诱变处理或在组织培养中发生。已用于诱变的理化因素主要有 X 射线、射线、激光、离子束、甲基磺酸乙酯(EMS)等。目前已报道的蔬菜叶色突变体主要以自发突变和人工诱发突变为主。其中辣椒突变体 962140YBM<sup>[24]</sup>、黄化西瓜<sup>[12]</sup>、花椰菜<sup>[25]</sup>、胡萝卜 YEL<sup>[26]</sup>中发现的叶色突变体都为自发突变。黄瓜中发现的属于自发突变的突变体有 *yc-1* (yellow cotyledon - 1)、*cd* (chlorophyll deficient)、*yg1* (yellow green leaf)、*vvi* (variegated virescent)、*v-1* (芽黄突变 - 1)、*v* (芽黄突变)、*yp* (yellow plant)<sup>[13-16,18,21]</sup>。通过辐射诱变得到的突变体有 *yc-2* (yellow cotyledon - 2)、*ls* (light sensitive)、*gc* (golden cotyledon)<sup>[14-17]</sup>。目前还未见关于蔬菜叶色插入突变与基因沉默突变的报道。

### 1.3 叶色突变体的分类

叶色突变体的特点是叶色表型发生了变异,突变常在苗期表达,因此往往根据突变体苗期的叶色表型差异加以分类。目前分类方法较多,但表现都不尽相同。Gustafsson 把突变体分为白化 (*albina*)、黄化 (*xanthan*)、浅绿 (*viridis*)、条纹 (*striata*) 和斑点 (*tigrina*) 5 种类型。Awan 等却将突变体分为白化、黄化、浅绿、白翠、绿白、黄绿、绿黄和条纹 8 种类型<sup>[29]</sup>。目前报道的可存活且能稳定遗传的蔬菜叶色突变体主要为黄化、黄绿、斑点等几种类型。其中黄化突变较多,有番茄 (*au, yg-2*)<sup>[23]</sup>、胡萝卜 YEL<sup>[26]</sup> 和黄瓜 (*v, v-1, yc-1, yc-2, yp, gc, cd, ls*)<sup>[13-17,19,21]</sup>;黄绿突变有黄瓜 *yg1*<sup>[16]</sup>、辣椒 962140YBM<sup>[24]</sup>、黄瓜 *vvi* 为斑驳黄化突变(属于斑点突变)<sup>[18]</sup>;花椰菜突变体较为特殊,由正常的灰绿色

苗 晗,女,硕士研究生,中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京市海淀区中关村南大街 12 号,100081, E-mail: miaohan819@sohu.com  
顾兴芳(通讯作者, E-mail: guxf@mail.caas.net.cn),张圣平,王晓武,中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京市海淀区中关村南大街 12 号,100081

收稿日期:2007-03-20;修回日期:2007-04-25

基金项目:农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室资助项目,国家“863”计划项目(2006AA10Z1A8)

突变为绿色<sup>[25]</sup>;还有部分白化突变在黄瓜 (*pI albin*)<sup>[14]</sup>等作物中出现,但多为致死突变,无法利用。

## 2 蔬菜叶色突变的遗传及机制研究

### 2.1 蔬菜叶色突变的遗传研究

目前,在西瓜、黄瓜、番茄、辣椒、花椰菜、胡萝卜中发现的突变体都为核基因隐性突变<sup>[12-21,23-26]</sup>,只在番茄突变体中发现细胞质变异。Hosticka等<sup>[22]</sup>对番茄 M<sub>1</sub>出现的叶色变异进行遗传分析表明,大多数突变体是由质体发育异常引起的。

### 2.2 蔬菜叶色突变的机制研究

通常认为植物叶色突变是体细胞突变的一种,有其特殊的细胞学和遗传学基础。从细胞学上看是植物分生组织发生改变;从遗传学上看,是生长点细胞受内外环境因素的影响,致使基因突变,或染色体数目和结构变异,或细胞质遗传物质发生改变,基因表达时转录或翻译水平降低,色素代谢系统中关键酶活性改变,从而导致光合色素形成受到阻碍。关于蔬菜叶色突变体突变机制的研究很少,只有 Terry等<sup>[23]</sup>在对番茄叶色突变体研究中认为,突变体叶色变异是由于在血红素光敏色素生色团生物途径中基因突变,过剩的血红素反馈抑制了叶绿素合成。

叶色突变的生理机制主要与色素的代谢过程有关,可分为缺总叶绿素、缺叶绿素 a、缺叶绿素 b 等类型。叶色褪绿主要与叶绿体色素的变化有关,有因叶绿素合成直接受影响而导致的褪绿,也有因叶绿素存在的环境发生改变间接造成的叶片褪绿,还有因叶绿体超微结构改变而导致的褪绿<sup>[30-32]</sup>。蔬菜叶色突变体中关于这方面的研究较少,国艳梅等<sup>[21]</sup>对黄瓜叶色突变体 9110Gt 的研究指出,突变体叶色变浅主要是由叶绿素含量降低引起的,与类胡萝卜素无关,该突变体可能为缺总叶绿素型的突变体。

## 3 蔬菜叶色突变的分子生物学研究进展

近年来,随着分子生物学技术在蔬菜作物中的广泛应用。蔬菜叶色突变体在分子生物学方面的研究也取得了一些进展。

2003年,Nothnagel等<sup>[26]</sup>在胡萝卜一个栽培种群中发现黄色叶突变体 *YEL*,并采用 AFLP 标记技术结合分离群体混合分析法 (BSA),使用 45 对引物,得到 17 个 AFLP 标记,其中有 10 个标记与 *YEL* 连锁,定位在同一连锁群上,总长度为 33.2 cM。

2004年,李梅等<sup>[25]</sup>利用 RAPD 技术对花椰菜叶片正常植株和突变植株基因组间的多态性和差异性进行研究,使用 122 个 10 bp 的随机引物进行 RAPD 分析,其中 S140 扩增出 1 条差异片段。此差异带出现在灰绿色花椰菜中,而在绿色突变株中不存在,其片段大小在 1 000 ~ 1 500 bp 之间。

2005年,顾兴芳等<sup>[33]</sup>对黄瓜叶色突变基因 *v-1*、营养器官无苦味基因 *bi* 及果实苦味基因 *Bi* 与雌性基因 *F*、暗色果皮基因 *D*、果色一致基因 *u*、小刺基因 *ss*、绿色果皮基因 *dg* (暂定) 之间的连锁遗传关系进行了研究,结果表明叶色突变基因 *v-1* 与控制黄瓜营养部分无苦味基因 *bi* 连锁,连锁距离为 33.9 cM。此外,还利用 AFLP 标记技术结合分离群体混合分析法,首次获得一个与叶色突变性状紧密连锁的 AFLP 标记 TG/CTT<sub>123</sub>,与 *v-1* 位点的连锁距离为 6.29 cM (待发表)。

## 4 影响蔬菜叶色突变的外界因素

植物叶色发生突变一般受内在或外界环境因素的影响。温度、光照等外界条件的变化会干扰叶绿素的正常合成,引起永久性或暂时性的叶片变色反应。水稻等作物叶色突变体研究表明,温度的高低会影响突变体的发生频率和表型<sup>[29]</sup>。目前对于蔬菜叶色突变的外界影响因素未见相关报道。但有研究表明一些蔬菜作物在受临界温度胁迫时,叶绿素含量会下降,导致叶色发黄。如黄瓜在低温或高温胁迫后,各品系叶绿素含量均降低,而且以叶绿素 a 下降为主<sup>[34]</sup>。黄伟等<sup>[35]</sup>、Smeets等<sup>[36]</sup>、Janssen等<sup>[37]</sup>对番茄进行低温弱光处理后,发现叶片中总叶绿素、叶绿素 a 及叶绿素 b 含量均低于对照。对于影响植物叶色变化最重要的环境因素——光照<sup>[38]</sup>,许多研究表明,光过强时叶绿素会受光氧化而破坏,影响叶色;而弱光对蔬菜叶片叶绿素含量也有很大的影响,弱光使黄瓜叶片叶绿素含量降低,类胡萝卜素含量也明显低于对照<sup>[39]</sup>。据周艳虹等<sup>[40]</sup>研究发现,低温弱光导致叶片叶绿素含量降低,从而降低了叶片捕捉和利用光能的能力,同时也影响了光能在叶绿体中的分配。弱光处理后,果菜类蔬菜功能叶片总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 及类胡萝卜素含量均呈上升趋势,而叶绿素 b 增加量更明显,使叶绿素 a/b 下降<sup>[41]</sup>。因此笔者认为,温度、光照等外界因素很可能对蔬菜叶色突变体的叶色变异产生或大或小的影响,这还有待进一步的研究证明。

## 5 叶色突变在蔬菜上的研究展望

由于目前对蔬菜作物的叶色突变体呈色机理、光合特性以及发生机制等方面的研究很少,今后应加强以下几方面的研究工作。

### 5.1 继续加强叶色突变性状在蔬菜杂交育种和纯度鉴定中的应用

利用叶色突变体标记技术,既可方便标记亲本的去杂保纯,又可简化杂种纯度的鉴定程序。利用突变体隐性叶色标记性状和其稳定的遗传特性,苗期就可通过目测发现假杂种,可准确、迅速地测定种子纯度。目前在蔬菜杂交育种上的应用较多,今后应继续加强叶色突变性状在蔬菜杂交育种和纯度鉴定中的应用,建立快速有效的种子纯度鉴

定方法,减少原种的生产成本。

## 5.2 加强叶色突变性状在蔬菜作物优质育种中的利用

作为一种非常明显的性状突变,叶色突变性状在蔬菜作物优质育种中有很大的利用价值。可利用黄化突变系进行高光效育种,使蔬菜作物在受到高温、高光强等不利环境胁迫时,仍能有效进行光合作用;利用常绿性状可提高蔬菜的生产能力,从而提高产量<sup>[42]</sup>。此外,随着人们生活水平的提高,蔬菜不再仅仅供食用,观赏蔬菜也越来越受到欢迎。由于叶色易通过突变而改变,因此可利用叶色突变性状培育出叶色绚丽而又可供食用的蔬菜品种,从而大大提高蔬菜作物的经济价值。

## 5.3 加强光合系统结构与功能及其调控机制的研究

目前关于利用叶色突变体对光合系统结构与功能及其调控机制研究的成果多限于大田作物,实际上蔬菜作物也有许多的叶色突变体可作为理想的材料。因此,要不断深化对蔬菜作物光合系统结构与功能及其调控机制的认识,从而明确蔬菜叶色突变体的转色机理。

## 5.4 加强叶色变异发生原因、机制及外界环境因素等的研究

关于叶色突变体叶色变异发生原因、突变体发生的分子和生理机制以及外界环境因素对叶色突变体产生的影响等方面的研究结果,主要来自于大田及拟南芥等模式作物,而蔬菜上的相关研究很少,因此要加强蔬菜叶色突变体叶色变异发生原因、分子和生理机制以及外界环境因素等方面的研究,为将来更好地将叶色突变体材料应用于育种实践提供理论依据。

## 5.5 加强蔬菜叶色突变体在功能基因组学中的应用

近年来功能基因组学研究逐渐成为研究的主流,它从基因组信息与外界环境相互作用的角度,阐明了基因组的功能。突变体是遗传学研究的重要材料,通过正向遗传学研究可以找到产生突变性状的基因。现已从缺失色素叶色突变体中分离鉴定出多个控制叶绿素合成和叶绿体发育的基因<sup>[43-44]</sup>。此外,还可利用反向遗传学较为全面地分析特定基因的功能<sup>[45]</sup>。如果以叶色突变性状为标记性状筛选突变体,进而对突变体进行分析鉴定,可较为直接而有效地研究基因功能,了解细胞内核-质基因互作。因此应加强利用蔬菜叶色突变体在功能基因组学中的应用。

综上所述,叶绿素突变作为一种明显的性状突变,不仅易识别也易获得,并且分布广泛,几乎在所有作物上都能发生。尽管人们很早就进行这方面的研究,但在实际生产中却未能充分利用,尤其在蔬菜作物上的研究较为落后。相信,随着对蔬菜叶色突变发生机制的了解,植物生理学研究手段的不断发展,以及分子生物学、功能基因组学和生物信息学研究的不断深入,对蔬菜叶色突变体的应用研究将不

断取得新的突破。

## 参考文献

- [1] 刘贵富,吴跃进,许霞,舒庆尧,夏英武. 诱发温度敏感型水稻叶色突变体的研究 [J] 安徽农业科学, 1996, 24 (1): 16 - 19.
- [2] 吴殿星,夏英武,舒庆尧,张耀洲,刘贵付. 利用 RAPD 技术检测转绿型白化突变系 W25 基因组的变化 [J] 核农学报, 1997, 11 (2): 89 - 92.
- [3] 马国荣,刘佑斌,盖钧镒. 大豆细胞质遗传芽黄突变体的发现 [J] 作物学报, 1994, 20 (3): 334 - 337.
- [4] Honeycutt R J, Newhouse K E, Palmer R G. Inheritance and linkage studies of a variegated leaf mutant in soybean [J] Journal of Heredity, 1990, 81 (2): 123 - 126.
- [5] Highkin H R. Chlorophyll studies on barley mutants [J] Plant Physiol, 1950, 25: 294 - 306.
- [6] 史俊通,宋璐,高如嵩. 大麦叶色转换突变系转色机理及其调控研究 [J] 西北农业学报, 1998, 7 (2): 28 - 31.
- [7] 苏小静,汪沛洪,陈毓莹. 小麦突变体返白系返白机理的研究: ①、返白阶段叶绿素代谢变化研究 [J] 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 1990, 18 (3): 80 - 84.
- [8] 肖松华,张天真,潘家驹. 陆地棉芽黄突变体的遗传及在杂种优势上的利用 [J] 南京农业大学学报, 1995, 18 (3): 28 - 33.
- [9] 戴日春,薛建明,朱军. 陆地棉新的黄绿苗突变体浙 12 - 12N 叶绿素含量与净光合速率研究 [J] 棉花学报, 1995, 7 (3): 145 - 149.
- [10] 肖松华,潘家驹,张天真. 陆地棉芽黄基因的互作效应研究 [J] 江苏农业学报, 1996, 12 (2): 11 - 16.
- [11] Whitaker T W. Genetic and chlorophyll studies of a yellow-green mutant in muskmelon [J] Plant Physiol, 1952, 27: 263 - 268.
- [12] 王凤辰,王浩波. 西瓜“芽黄”新突变体简报 [J] 中国西瓜甜瓜, 1997 (3): 14 - 15.
- [13] Pierce L K, Wehner T C. Review of genes and linkage groups in cucumber [J] HortScience, 1990, 25 (6): 605 - 615.
- [14] Whelan E D P, Chubey B. Chlorophyll content of new cotyledon mutants of cucumber [J] HortScience, 1973, 8 (1): 30 - 32.
- [15] Whelan E D P. Inheritance of a radiation-induced light sensitive mutant of cucumber [J] Amer Soc Hort Sci, 1973, 97 (6): 765 - 767.
- [16] Abul-Hayja Z, Williams P H. Inheritance of two seedling markers in cucumber [J] HortScience, 1976, 11 (2): 145.
- [17] Whelan E D P. Golden cotyledon: a radiation-induced mutant in cucumber [J] HortScience, 1972, 6 (4): 343 - 344.
- [18] 王家训,苏晓东,刘卫东. 黄瓜黄绿叶突变性状的遗传分析 [J] 遗传, 2000, 22 (5): 313 - 315.
- [19] 陈远良,刘新宇,李树贤. 黄瓜“芽黄”突变体的发现及其遗传分析 [J] 中国蔬菜, 2000 (3): 35 - 36.
- [20] 王玉怀. 黄瓜子叶颜色遗传规律的研究 [J] 东北农业大学学报, 1990, 2 (12): 196 - 197.
- [21] 国艳梅,顾兴芳,张春震,方秀娟,张圣平,徐彩清. 黄瓜叶色

- 突变体遗传机制的研究 [J] 园艺学报, 2003, 30(4): 409 - 412
- [22] Hosticka L P, Hanson M R. Induction of plastid mutations in tomatoes by Nitrosomethylurea [J] Journal of Heredity, 1984, 75(4): 242 - 246.
- [23] Terry M J, Kendrick R E. Feedback inhibition of chlorophyll synthesis in the phytochrom chromophore-deficient *aurea* and *yellow-green-2* mutants of tomato [J] Plant Physiol, 1999, 119: 143 - 152.
- [24] 马志虎, 颜素芳, 胡志中, 郝华忠, 丁金贵. 辣椒黄绿苗突变体生物学特性及生长动态研究 [J] 种子, 2001(4): 10 - 12.
- [25] 李梅, 赵前程, 孙德岭, 申书兴, 孙振英. 花椰菜叶色突变的 RAPD 分析 [J] 天津农业科学, 2004, 10(4): 10 - 12.
- [26] Nothnagel T, Straka P. Inheritance and mapping of a yellow leaf mutant of carrot (*Daucus carota*) [J] Plant Breeding, 2003, 122(4): 339 - 342.
- [27] 何奕昆, 代庆阳, 苏学辉. 雁来红叶色转变与超微结构及色素含量的关系 [J] 四川师范学院学报: 自然科学版, 1995, 16(3): 195 - 197.
- [28] 何冰, 刘玲珑, 张文伟, 万建民. 植物叶色突变体 [J] 植物生理学通讯, 2006, 42(1): 1 - 9.
- [29] 吴殿星, 夏英武, 舒庆尧. 植物叶绿素突变体的研究及其应用探讨 [J] 中国农学通报, 1995, 11(4): 36 - 39.
- [30] Koski V M, Smith J H C. Chlorophyll formation in a mutant, white seedling-3 [J] Arch Biochem Biophys, 1951, 34(1): 189 - 195.
- [31] Oresenigo M, Rascio N, Bonatti P M. Fine structure of the etioplast in two mutants of maize [J] Ultrastruct Res, 1976, 55: 42 - 49.
- [32] Wallace R H, Schwarting A E. A study of chlorophyll in a white strain of *Helianthus annuus* [J] Plant Physiol, 1954, 29: 431 - 436.
- [33] 顾兴芳, 张圣平, 池秀蓉. 黄瓜叶色突变、苦味与其他 5 个性状的基因间连锁遗传关系 [J] 园艺学报, 2005, 32(1): 108 - 110.
- [34] 马德华, 庞金安, 霍振荣, 李淑菊. 黄瓜对不同温度逆境的抗性研究 [J] 中国农业科学, 1999, 32(5): 28 - 35.
- [35] 黄伟, 任华中, 张福壤. 低温弱光对番茄苗期生长和光合作用的影响 [J] 中国蔬菜, 2002(4): 15 - 17.
- [36] Smeets L, Hogenboom N G. Introduction to an investigation into the possibilities of using growth and physiological characters in breeding tomato for low energy conditions [J] Euphytica, 1985, 34: 705 - 707.
- [37] Janssen L H J, Wams H E, Hass E L T. Temperature dependence of chlorophyll fluorescence induction and photosynthesis in tomato as affected by temperature and light [J] Journal of Plant Physiology, 1992, 139(5): 549 - 554.
- [38] 李红秋, 刘石军. 光强度和光照时间对色叶树叶色变化的影响 [J] 木本植物研究, 1998, 18(2): 194 - 205.
- [39] 王惠哲, 庞金安, 李淑菊, 霍振荣. 弱光对春季温室黄瓜生长发育的影响 [J] 华北农学报, 2005, 20(1): 55 - 58.
- [40] 周艳虹, 黄黎锋, 喻景权. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响 [J] 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(2): 153 - 160.
- [41] 朱延姝, 高绍森, 阮燕晔, 冯辉. 果菜类蔬菜耐弱光性研究进展 [J] 辽宁农业科学, 2005(2): 30 - 33.
- [42] Agrawal G K, Yanazaki M, Kobayashi M, Hirochika R, Miyao A, Hirochika H. Screening of the rice viviparous mutants generated by endogenous retrotransposon Tos17 insertion. Tagging of a zeaxanthin epoxidase gene and a novel OsTATG Gene [J] Plant Physiol, 2001, 125: 1248 - 1257.
- [43] Schultes P, Sawers R J H, Brutnell T P, Krueger R W. Maize high chlorophyll fluorescent 60 mutation is caused by an Ac disruption of the gene encoding the chloroplast ribosomal small subunit protein 17 [J] Plant J, 2000, 21(4): 317 - 327.
- [44] Jung K H, Hur J, Ryu C H, Choi W, Chung Y Y, Miyao A, Hirochika H. Characterization of a rice chlorophyll deficient mutant using the T-DNA gene-trap system [J] Plant Cell Physiol, 2003, 44(5): 463 - 472.
- [45] Lopez-Juez E, Jarvis R P, Takeuchi A, Page A M, Chory J. New Arabidopsis cue mutants suggest a close connection between plastid and phytochrome regulation of nuclear gene expression [J] Plant Physiol, 1998, 118: 803 - 815.

## · 书讯 ·

## 《中国蔬菜名称考释》

本书由张平真先生主编, 北京燕山出版社出版发行。本书以弘扬中国五千年灿烂的蔬菜文化为宗旨, 介绍了中国 18 大类、270 余种蔬菜名称的构成、分类和命名原由, 并归纳出蔬菜命名的 7 大类、21 种不同的命名因素, 以及 5 大类、22 种构词手段, 是国内系统研究蔬菜名称的第一部专著。同时, 作者还分别介绍了各种蔬菜起源地域、引入时间、栽培历史、营养价值、食用方法等, 所以, 也是一本有关蔬菜作物的百科全书, 可供从事科研、教学、生产、经营的读者以及广大消费者阅读、欣赏。邮购价 69 元。

## 《英汉园艺学词汇》

《英汉园艺学词汇》是繁体的《英汉园艺学辞典》第三版经修订、改正及试用而成的第四版, 包括与园艺学、农学、林学及植物学有关的生理、生化、生态、遗传、育种、繁殖等词汇, 也包括植物名称、学名、科属名等, 是一本综合性的英、汉名词对译的工具书, 可作为园艺学、农学、林学, 甚至医学等自然科学的教学、研究及社会有关各界的参考书。邮购价: 90 元。

邮购地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号《中国蔬菜》编辑部 邮编: 100081 联系人: 史艳华 电话: 010 - 68919550