

三色发光二极管组合灯补光对生菜氨基酸含量的影响

周益民, 周建钟, 周国泉

(浙江林学院 理学院, 浙江 临安 311300)

摘 要:选择温室生菜 *Lettuce sativa* 作试材, 分别在3种不同光质的红、蓝和远红三色发光二极管组合灯补光条件下栽培37 d后, 测定氨基酸组成和含量。结果表明: 补光后, 生菜叶中的氨基酸总含量明显高于大田栽培, 除谷氨酸远低于大田栽培和天门冬氨酸略低于大田栽培外, 其余15种氨基酸均高于大田栽培。而且与大田栽培相比, 3组补光后的生菜所含的氨基酸组成均匀、合理, 补光使生菜的品质得到了提高, 尤以红、蓝光比例为5:1时效效果为佳。

关键词: 植物学; 发光二极管组合灯; 生菜; 氨基酸

中图分类号: S 636.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)01-0078-03

发光二极管(LED)应用于植物的照明和补光是由于其提供的蓝色、红色及远红光光谱正好与植物光合作用和光形态形成的光谱范围相匹配。早期LED是用作组培光源, 成功栽培的组培苗品种有生菜 *Lettuce sativa*^[1]、菠菜 *Spinacia oleracea*^[2]、胡椒 *Piper nigrum*^[3] 和马铃薯 *Solanum tuberosum*^[4] 等。在与使用日光灯管的栽培方式比较后, 发现以LED作组培光源的组培苗生长数月后在湿重、干重、叶片数、叶宽、根数及根长上并无差异, 证实环控室中使用LED为栽培光源来栽培组培苗是可行的。2004年 Tamulaitis 等开始在温室中运用高功率LED栽培植物, 使用640 nm的红光LED、660 nm的蓝光LED、455 nm的蓝光LED和735 nm的远红光LED作温室人工光源成功栽培了萝卜 *Raphanussativus* L. 和生菜^[5-6], 但4种LED没有组合在一起, 布置在作物上方的不同位置, LED的高指向性致使照明区域内的光质(R/B和R/FR)不均匀。为此, 研制了红/蓝(R/B)和红/远红(R/RF)二者比例皆均匀的发光二极管组合灯^[7-8], 该组合灯的光质可通过调节红、蓝光LED的工作电流而方便实现调控。利用该发光二极管组合灯, 吴家森和周国泉等人研究了不同光质补光对萝卜和生菜生长的影响^[9-10]。由于已研究了不同补光条件对生菜的生长指标、矿物质元素含量和光合生理指标的影响, 现重点考察红、蓝、远红光三色发光二极管组合灯补光对温室生菜的氨基酸组成和含量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设备

研究使用3种补光光源, LED组合1(R:B:FR=6:1:0.18)、LED组合2(R:B:FR=7:1:0.21)和LED组合3(R:B:FR=5:1:0.15)。3种补光光源的R:FR比值保持不变, 但R:B比例却不相同。其中, 红光LED型号: CH-HE3B04ALD, 标准电压: 2.0~2.1 V, 标准电流: 10 mA, 波长: 626~629 nm, 亮度: 22~25 cd, 最大正向工作电流: 200 mA。蓝光LED型号: CH-HB3B04ALD-G, 标称电压: 3.0~3.2 V, 标准电流: 20 mA, 波长: 465~468 nm, 亮度: 5~7 cd, 最大正向工作电流: 160 mA。远红光LED型号: L735-03AU; 标称电压: 1.85~2.0 V; 标准电流: 50 mA, 波长: 730~738 nm; 亮度: 640 mcd。

1.2 试验材料

生菜种子购自杭州科丰种子有限公司, 种于浙江林学院智能温室, 分3组, 每组种生菜苗10株, 重复3次。

1.3 试验方法

处理1~3(生菜苗)分别用LED组合1、LED组合2和LED组合3进行补光, 组合灯位于生菜上方15 cm, 试验期间即2008年12月1日至2009年1月6日利用定时装置每天早7~8时、傍晚18~19时对3组生菜进行每天2 h的补光, 不用时组合灯自动升高至一定位置以免对处理生菜苗产生遮光。

生菜叶和根中的氨基酸组成和含量的测定方法: 在6 N盐酸环境中高温水解, 经色谱柱AccQ-Tag柱分离, 在荧光检测器(Ex 250 nm, Em 395 nm)中检测, 用外标法定量氨基酸组成的含量。氨基酸检测的基本过程见图1。

1.3.1 样品采集与预处理 将生菜洗净后, 使叶和根分离, 用鼓风干燥箱在105℃杀青30 min, 在60℃条件下烘

第一作者简介: 周益民(1976-), 男, 浙江临安人, 实验师, 现从事光学和激光在农林上的应用研究工作。E-mail: zym20092009@163.com.

基金项目: 浙江省“十一五”科学技术计划资助项目(2007C22064)。

收稿日期: 2009-08-20

24 h, 然后用磨碎机磨碎, 过 20 目筛。

1.3.2 称量水解过滤蒸干 称取已处理生菜样品 50 mg 至安培瓶中, 加入 10.00 mL 6.0 mol/L 的盐酸(现配现用), 抽气真空封口, 在 110℃烘箱中水解 24 h, 定容至

25 mL 容量瓶中。样液经定量滤纸过滤, 取 5.00 mL 滤液蒸干, 再用 5.0 mL 去离子水重新溶解, 过 0.45 μm 滤膜, 滤液待用。

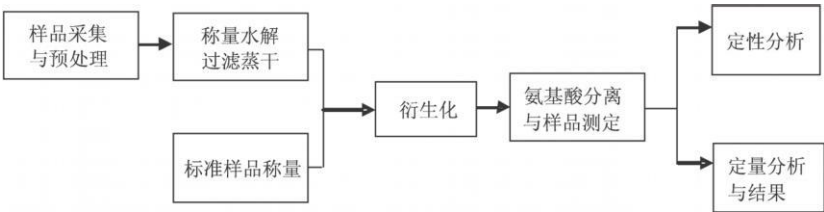


图1 氨基酸检测基本流程

Fig. 1 The basic flow of amino acids detection

1.3.3 衍生化 将氨基酸标准液稀释至 0.2 μmol/mL, 移 1.00 mL 至样品瓶, 在 50℃加热 5~10 min, 使其溶解, 移 10.0 μL 标样(或样品)至小瓶中, 用 70.0 μL 硼酸缓冲液(Borate buffer)至小管中, 漩涡振荡混合, 加 20.0 μL 至小管中, 搅拌, 加热至 55℃5 min。

1.3.4 氨基酸分离 仪器: Waters alliance w295 高效液相色谱仪, Empower 软件工作站; 检测器: 荧光检测器, 激发波长 Ex: 250 nm, 发射波长 Em: 395 nm; 色谱柱: AccQ-Tag 氨基酸分析柱(15 mm×3.9 mm×4.6 nm), 柱温 37℃; 流速为: 1 mL/min; 进样量: 10 μL。

1.3.5 样品测定 定性分析: 测得的样品中未知组分的保留时间(RT1)分别与标样在同一色谱柱上的保留时间(RT2)相比较, 如果样品中某组分的保留时间与标准样中某一氨基酸的保留时间相差在(0.05 min)内, 可以认定为该组分。定量分析: 样品中各组分含量(mg/kg)=cFV×100/m×1 000。式中: c: 进样样液的浓度, 单位 μg/mL; F: 稀释倍数; V: 定容体积, 单位 mL; m: 样品的质量, 单位 g。

2 结果与分析

不同补光条件下栽培 37 d 后, 生菜叶和根中氨基酸组成和含量的测定结果见表 1。表 1 中的文献数据为大田栽培的生菜所测量得到的^[1]。处理 3 氨基酸总量最大, 处理 1 和处理 2 的总量相差不多, 但都远远高于大田栽培的总含量。处理 1~3 中的氨基酸总量较大田栽培分别增加了 23.8%、19.1%和 51.8%。在大田栽培的生菜中, 未能检测出蛋氨酸、脯氨酸和胱氨酸。而处理 1~3 中 17 种氨基酸均存在。3 种处理所含的谷氨酸仅为大田栽培的 1/6、1/6 和 1/4; 所含的天门冬氨酸略低于大田栽培; 其余 15 种氨基酸均高于大田栽培。尤其是, 对人体特别重要的 8 种氨基酸(表 1 中前 8 种)3 种处理所含的量均远高于大田栽培, 而且与大田栽培相比, 3 种处理所含的氨基酸组成均匀、合理。在大田栽培的生菜

中, 谷氨酸和天门冬氨酸分别占了总量的 56.3%和 18.9%, 其余 12 种氨基酸只占了总量的 24.8%。而在处理 1~3 中所含的 17 种氨基酸相对均匀, 具体所占百分数见表 2。在处理 1 中, 天门冬氨酸所含的量最多占总量的 12.03%, 亮氨酸其次占 9.88%, 第 3 是甘氨酸占 9.63%, 胱氨酸最少占总量的 0.70%; 在处理 2 中, 天门冬氨酸所含的量最多占总量的 13.01%, 胱氨酸最少占总量的 0.21%; 在处理 3 中, 天门冬氨酸所含的量最多占总量的 11.44%, 胱氨酸最少占总量的 1.71%。相对

表 1 不同补光条件下生菜叶和根中氨基酸组成和含量分析

Table 1 Analysis of amino acid compositions and contents of *Lettuce sativa* under illumination supplements of different light quality

| mg/ g(干重) | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|------------------|
| 氨基酸组成 | 处理 1 | | 处理 2 | | 处理 3 | | 文献报道 Reported |
| Amino acid | Treatment 1 | | Treatment 2 | | Treatment 3 | | |
| composition | 叶 | 根 | 叶 | 根 | 叶 | 根 | |
| 缬氨酸 Val | 7.350a | 4.206a | 7.096a | 2.861c | 8.904a | 3.493b | 2.0 |
| 异亮氨酸 Ile | 6.042a | 3.403a | 5.804b | 2.352b | 6.597a | 2.894b | 1.2 |
| 亮氨酸 Leu | 10.511a | 5.534a | 10.074a | 3.674b | 10.763a | 4.455a | 1.0 |
| 蛋氨酸 Met | 0.931b | 0.519a | 0.791c | 0.437b | 1.501a | 0.563a | ND |
| 苯丙氨酸 Phe | 5.812a | 2.954a | 5.288a | 1.643b | 5.529a | 2.221a | 1.1 |
| 苏氨酸 Thr | 4.320c | 3.020a | 5.059b | 1.953c | 7.322a | 2.562b | 2.3 |
| 赖氨酸(Lys) | 8.020a | 4.547a | 4.880b | 2.166c | 5.314b | 3.604b | 0.7 |
| 丝氨酸 Ser | 6.361c | 4.818a | 7.314b | 3.645b | 9.966a | 4.538a | 4.3 |
| 天门冬氨酸 Asp | 12.801b | 8.210a | 13.404b | 6.218b | 14.915a | 8.146a | 16.2 |
| 谷氨酸 Glu | 8.258b | 4.251a | 8.073b | 3.041b | 11.641a | 3.989a | 48.4 |
| 甘氨酸 Gly | 10.244b | 4.855a | 9.363b | 2.255c | 11.937a | 3.467b | 1.2 |
| 组氨酸 His | 3.207b | 2.422a | 3.228b | 1.979a | 4.874a | 2.628a | 0.7 |
| 精氨酸 Arg | 6.862b | 3.264a | 6.264b | 2.045b | 8.140a | 2.616b | 0.8 |
| 丙氨酸 Ala | 8.231b | 4.147a | 7.386b | 2.797b | 9.141a | 3.852a | 5.2 |
| 脯氨酸 Pro | 4.511b | 2.527a | 3.951b | 1.471c | 6.342a | 1.983b | ND |
| 胱氨酸 Cys2 | 0.736b | 0.281b | 0.218c | 0.199b | 2.231a | 0.350a | ND |
| 酪氨酸 Tyr | 2.176c | 1.984a | 4.153b | 1.450b | 5.293a | 1.470b | 0.7 |
| 氨基酸总量 | 106.375b | 60.943a | 102.345b | 40.186c | 130.409a | 52.831b | 85.9 |
| Total Amino acids | | | | | | | |

注: 不同字母表示在 P<0.05 水平上差异显著。
Note: The different letter indicated significance at P<0.05 level.

而言, 处理 3 中各氨基酸含量较处理 1 和处理 2 均匀。
根中氨基酸的含量仅为相应叶中的 40%~50%, 在折合百分比之后, 绝大多数氨基酸的含量与相应叶的较接近, 但也有个别氨基酸与相应叶的含量相差较多, 具体见表 2。

表 2 不同补光条件下生菜中氨基酸含量

| Table 2 The percentage of amino acid compositions and contents of <i>Lettuce sativa</i> under illumination supplements of different light quality % | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 氨基酸组成 Amino acid composition | 处理 1 叶 Treatment 1 leaf | 处理 1 根 Treatment 1 root | 处理 2 叶 Treatment 2 leaf | 处理 2 根 Treatment 2 root | 处理 3 叶 Treatment 3 leaf | 处理 3 根 Treatment 3 root |
| 缬氨酸 Val | 6.91 | 6.90 | 6.93 | 7.12 | 6.83 | 6.61 |
| 异亮氨酸 Ile | 5.68 | 5.58 | 5.67 | 5.85 | 5.06 | 5.48 |
| 亮氨酸 Leu | 9.88 | 9.08 | 9.84 | 9.14 | 8.25 | 8.43 |
| 蛋氨酸 Met | 0.88 | 0.85 | 0.77 | 1.09 | 1.15 | 1.07 |
| 苯丙氨酸 Phe | 5.46 | 4.85 | 5.17 | 4.09 | 4.24 | 4.20 |
| 苏氨酸 Thr | 4.06 | 4.96 | 4.94 | 4.86 | 5.61 | 4.85 |
| 赖氨酸 Lys | 7.54 | 7.46 | 4.77 | 5.39 | 4.07 | 6.82 |
| 丝氨酸 Ser | 5.98 | 7.91 | 7.15 | 9.07 | 7.64 | 8.59 |
| 天门冬氨酸 Asp | 12.08 | 13.47 | 13.10 | 15.47 | 11.44 | 15.42 |
| 谷氨酸 Glu | 7.76 | 6.98 | 7.89 | 7.57 | 8.93 | 7.55 |
| 甘氨酸 Gly | 9.63 | 7.97 | 9.15 | 5.61 | 9.15 | 6.56 |
| 组氨酸 His | 3.01 | 3.97 | 3.15 | 4.92 | 3.74 | 4.97 |
| 精氨酸 Arg | 6.45 | 5.36 | 6.12 | 5.09 | 6.24 | 4.96 |
| 丙氨酸 Ala | 7.74 | 6.80 | 7.22 | 6.96 | 7.02 | 7.29 |
| 脯氨酸 Pro | 4.24 | 4.15 | 3.86 | 3.66 | 4.86 | 3.75 |
| 胱氨酸 Cys2 | 0.70 | 0.45 | 0.21 | 0.30 | 1.71 | 0.67 |
| 酪氨酸 Tyr | 2.05 | 3.26 | 4.06 | 3.61 | 4.06 | 2.78 |

3 结论

使用红、蓝、远红光三色 LED 组合灯对生菜进行补光, 能使生菜得到较好地生长, 补光后, 生菜叶中的氨基酸总含量明显高于大田栽培, 除谷氨酸远低于大田栽培和天门冬氨酸略低于大田栽培外, 其余 15 种氨基酸均高于大田栽培。而且与大田栽培相比, 3 种处理所含的

氨基酸组成均匀、合理。R : B 为 5 : 1 时, 生菜叶中氨基酸总含量最大, R : B 为 6 : 1 和 7 : 1 时氨基酸总含量较接近。结合周国泉等^[10]的相关研究, 补光使生菜的品质得到了提高, 以 R : B=5 : 1 为最合适, R : B=6 : 1 其次。再增大 R : B 的比例, 生菜的生长指标提高不显著, 但矿物质元素含量和氨基酸含量能得到有效提高。

参考文献

[1] Okamoto K, Yanagi T, Lakita S. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source[J]. Acta Hortia, 1996, 440: 111-116.
[2] Yanagi T, Okamoto K. Utilization of super-bright light emitting diodes as an artificial light source for plant growth[J]. Acta Hortia, 1994, 418: 223-228.
[3] Brown C S, Schuenger A C, Sager J C. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1995, 120: 808-813.
[4] Miyashita Y, Kimura T, Kitaya Y, et al. Effects of red light on the growth and morphology of photo plantlets in vitro, using light emitting diodes (LEDs) as light source for micropropagation[J]. Acta Hortia, 1994, 418: 169-173.
[5] Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznikas Z, et al. High-power LEDs for plant cultivation [J]. Proc SPIE, 2004, 5530: 165-173.
[6] Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznikas Z, et al. High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation[J]. J Physics D: Appl Phys, 2005, 38: 3182-3187.
[7] 周国泉, 郑军, 周益民, 等. 温室植物生产用 LED 组合光源的优化设计[J]. 光电子·激光, 2008, 19(10): 1320-1323.
[8] 徐一清, 付顺华, 吴家森, 等. LED 温室植物生产灯的设计[J]. 光子学报, 2008, 37: 223-227.
[9] 吴家森, 胡君艳, 周启忠, 等. LED 灯补光对萝卜生长及光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2009(10): 30-33.
[10] Imafidon G, Sosulski F W. Nonprotein nitrogen contents of animal and plant foods [J]. J Agri Food Chem, 1990, 38: 114-118.

The Effect of Illumination Supplement of An Assembled Light Source with Three Color Light-Emitting Diodes on Amino Acid Compositions and Contents of *Lettuce sativa*

ZHOU Yi-min, ZHOU Jian-zhong, ZHOU Guo-quan
(School of Sciences, Zhejiang Forestry College, Lin'an Zhejiang 311300)

Abstract: *Lettuce sativas* were cultivated in the greenhouse under the three types of assembled light source, respectively. The assembled light sources with three color light-emitting diodes were used for illumination supplement. The compositions and contents of amino acids were measured after 37 days of growth for *Lettuce sativas*. Cultivated under illumination supplements, the contents of amino acids in *Lettuce sativa* were enhanced and larger than that cultivated in the land. The content of Glu in *Lettuce sativa* cultivated under illumination supplements was far smaller than that cultivated in the land, and the content of Asp in *Lettuce sativa* cultivated under illumination supplements was slightly smaller than that cultivated in the land. However, the contents of the remainder amino acids in *Lettuce sativa* cultivated under illumination supplements were apparently larger than those cultivated in the land. Moreover, the compositions of amino acids in *Lettuce sativas* cultivated under illumination supplements were more uniform and rational than those cultivated in the land. The quality of *Lettuce sativa* was improved by illumination supplement. The effect was very good especially when the ratio of red light to blue light was 5 : 1.

Key words: botany; assembled light source with light-emitting diodes; *Lettuce sativa*; amino acid