

康 洁. 几种花卉植物光合色素和根系活力日变化及相关性分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 287–289, 368.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.082

几种花卉植物光合色素和根系活力日变化及相关性分析

康 洁

(商丘师范学院生命科学院, 河南商丘 476000)

摘要:探讨几种花卉植物光合色素及根系活力的昼夜变化规律及其之间的关系, 对 3 种常见花卉植物绿萝、金盏菊、碰碰香的光合色素含量(叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总叶绿素含量)、叶绿素 a/叶绿素 b 值及根系活力昼夜变化进行了 24 h 连续测定, 分析变化规律及其之间的相关性。结果表明:绿萝、金盏菊、碰碰香这 3 种花卉植物光合色素含量昼夜波动不大, 但不同植物光合色素含量差别较大, 日均光合色素含量均表现为绿萝 > 金盏菊 > 碰碰香; 叶绿素 a/叶绿素 b 日均值表现为金盏菊 > 碰碰香 > 绿萝, 表明金盏菊比较喜光照, 绿萝较耐阴; 根系活力结果与叶绿素 a/叶绿素 b 值表现一致, 也表现为金盏菊 > 碰碰香 > 绿萝。相关性分析表明:绿萝、金盏菊、碰碰香这 3 种植物根系活力与光合色素指标相关性较弱。

关键词:花卉植物; 光合色素; 根系活力; 日变化; 相关性分析

中图分类号:S681.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)05-0287-03

随着经济的发展、人们生活水平的提高, 现代人对生活的质量要求也越来越高, 花卉植物在人们生活中的作用日趋重要。花卉植物具有一定的观赏价值, 不仅可以净化空气、美化环境, 有些还可以散发特殊气味让人感觉神清气爽, 精神愉悦, 成为人类生活环境的重要组成部分和精神必需品。金盏菊(*Calendula officinalis*)、绿萝(*Scindapsus aureus*)和碰碰香(*Plectranthus amboinicus*)是园林绿化中常见的 3 种花卉植物, 金盏菊是早春良好的花镜、花坛、中心广场盆栽植物; 绿萝叶面色泽亮绿, 是观赏价值极高的室内观叶花卉; 碰碰香可以散发香味, 令人神清气爽, 极其适合摆放在室内。但是这些植物只有在生长健康的情况下才能充分发挥其作用。叶绿素含量和根系活力是判断植株生长发育特性的重要生理指标。植物光合作用主要在叶片中进行, 叶绿素含量的高低直接影响植物的光能利用效率, 在光合作用过程中起至关重要的作用, 同时也可以揭示植物的适应性、生物合成能力以及健康状况等, 是鉴定其生长势的重要指标^[1-3]。根系是植物生长发育的中心器官, 它通过吸收水分、矿质营养和合成内源激素等方式对地上部分的叶片生长、碳素同化、花芽分化等许多过程产生着深刻影响^[4-7], 其数量的多少和活性的高低直接影响地上部的生长发育及形态建成^[8-10]。研究花卉植物生理特性日变化可以揭示其生长发育变化规律, 进而为花卉植物栽培生理研究奠定理论基础, 使花卉植物能更好地改善人类生存环境^[11]。目前对金盏菊、绿萝、碰碰香这 3 种植物的生活特性、栽培技术、胁迫反应、繁殖技术及园林应用等已有一些研究,

但是对其昼夜生理变化的研究仍不多见^[12-14]。本研究通过对这 3 种花卉植物叶片叶绿素含量和根系活力昼夜变化进行研究, 了解其变化规律, 从而为调控花卉植物的生长及栽培管理提供参考依据, 为花卉植物的开发利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2014 年 3 月, 以市场上常见的金盏菊、绿萝、碰碰香 3 种花卉植物为试验材料, 选择生长良好、无病虫害的 1 年生植株, 同种植物的植株大小和株型基本一致, 盆栽土为混合土(壤土:草炭:蛭石按 3:1:1 混合)。

1.2 试验方法

1.2.1 叶绿素含量测定 对 3 种植物进行叶绿素含量测定, 从 00:00—22:00, 每隔 2 h 测定 1 次。每次测定各选择 3 株, 剪取最新完全展开叶, 将选好的叶片洗净擦干, 去除叶脉, 将叶片剪碎后放入提取液(丙酮:无水乙醇=1:1)中, 在 50 mL 容量瓶中定容, 于室温下黑暗静置 24 h, 用紫外分光光度计在波长 663、645、470 nm 处测定提取液的吸光度, 然后根据 Lichtenthaler 法计算叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、总叶绿素含量、类胡萝卜素含量及叶绿素 a/叶绿素 b 值^[15-16]。

1.2.2 根系活力测定 对 3 种植物进行根系活力测定, 从 00:00—22:00, 每隔 2 h 测定 1 次。挖取植株根系, 冲洗干净, 采用 2,3,5-氯化三苯基四氮唑(TTC)法^[17]测定。具体方法:取 0.5 g 白色根, 依次加入 5 mL 0.4% TTC 溶液和 5 mL 0.07 mol/L 磷酸缓冲液, 充分混匀, 并使根切段完全浸入上述混合液, 置于 37 ℃恒温箱中, 黑暗培养 2 h, 使根尖切段显色(红色), 到提取保温显色时间后, 立即向小烧杯内加入 2 mL 1 mol/L H₂SO₄ 溶液, 取出根系, 用滤纸将表面吸干; 将已显色的根尖切段装入具塞刻度试管中, 加入 10 mL 甲醇, 使根尖切段完全浸入甲醇中, 然后将试管置于 30~40 ℃保温箱中, 至

收稿日期:2015-08-02

基金项目:河南省科技厅基础与前沿技术研究项目(编号:132300410457);河南省重点科技攻关项目(编号:142102310484)。

作者简介:康 洁(1968—), 女, 河南民权人, 教授, 主要研究方向为植物细胞生理学。E-mail: xkangjie@163.com。

根尖切段完全变白为止;以甲醇为对照,在波长 485 nm 处用分光光度计比色,测定吸光度。绘制标准曲线:取 0.2 mL 0.4% TTC 溶液,加入 9.8 mL 甲醇和少量保险粉,充分摇动,所生成的红色三苯甲腙(TTF)溶液作为已知母液,配制系列浓度溶液。以甲醇为对照,在 485 nm 下用分光光度计比色,记录吸光度。相关公式为:

根系活力 $[\mu\text{g TTF}/(\text{g} \cdot \text{h})]$ = 氯化三苯基四氮唑还原量 $(\mu\text{g}) \times$ 提取液稀释倍数 $/[\text{根质量}(\text{g}) \times \text{培养时间}(\text{h})]$ 。

1.3 数据处理

使用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 对数据进行绘图和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同花卉植物叶绿素 a 含量的比较

从图 1 中可以看出,3 种植物叶绿素 a 含量差别较大,其中作为常绿植物的绿萝叶绿素 a 含量最高,日平均叶绿素 a 含量为 0.98 mg/g,日变化呈现 2 个主要峰值,分别出现在 04:00、14:00,最低值出现在 0:00、12:00 左右,日变化中最大值、最低值相差 0.17 mg/g;金盏菊叶绿素 a 含量除 12:00 时高于绿萝外,其他时间均低于绿萝,且 12:00 金盏菊叶绿素 a 含量达到最大值,为 1.04 mg/g,而其日平均叶绿素 a 含量为 0.89 mg/g;碰碰香植物叶绿素 a 含量明显较低,其日均含量为 0.21 mg/g,仅为绿萝的 21.4%、金盏菊的 23.6%,且其日变化波动不大,但 06:00—08:00 有增加的趋势,有 2 个高峰,分别出现在 08:00、20:00。

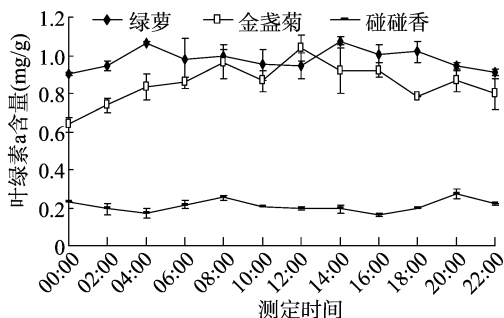


图1 不同花卉植物叶绿素a含量日变化

2.2 不同花卉植物叶绿素 b 含量的比较

从图 2 可以看出,3 种花卉植物叶绿素 b 含量也表现为绿萝 > 金盏菊 > 碰碰香,这与叶绿素 a 含量表现一致,绿萝、金盏菊、碰碰香叶绿素 b 日平均含量分别为 0.35、0.27、0.07 mg/g。绿萝叶绿素 b 含量日动态变化中在 12:00 出现最低值,而最大值出现在 04:00、18:00;金盏菊在 12:00 出现最大值,而 00:00 时含量最低;碰碰香叶绿素 b 含量较低,其日变化波动也不大,与绿萝类似,最低值出现在 12:00,但最大值出现在 06:00、20:00 左右。

2.3 不同花卉植物总叶绿素含量的比较

叶绿素直接参与光合作用的吸收、传递及其转化,总叶绿素含量的高低直接影响植物光合作用能力的强弱^[18-19]。从图 3 可以看出,3 种植物叶绿素总含量变化趋势和叶绿素 a 含量变化趋势基本一致,绿萝的总叶绿素含量仅在 12:00 略低于金盏菊,其他时间均高于金盏菊、碰碰香,而此时绿萝植物总叶绿素含量处于一天中最低值,金盏菊则出现峰值。绿

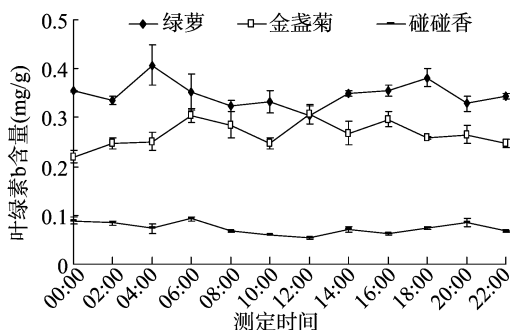


图2 不同花卉植物叶绿素b含量日变化

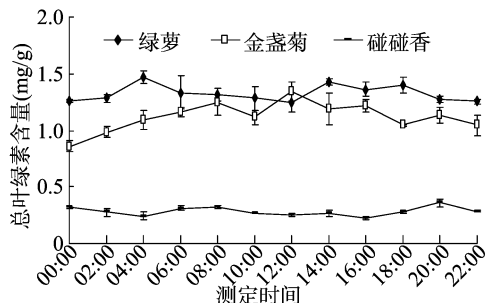


图3 不同花卉植物总叶绿素含量日变化

萝总叶绿素日平均含量为 1.32 mg/g,比金盏菊高 18.4%,为碰碰香的 4.70 倍。这说明绿萝光能转化能力高于金盏菊、绿萝,而碰碰香光合能力明显较低。

2.4 不同花卉植物叶绿素 a/叶绿素 b 比较

叶绿素含量及叶绿素 a/叶绿素 b 是衡量植物耐阴性的的重要指标^[20],耐阴性植物一般叶绿素含量较高,而叶绿素 a/叶绿素 b 较低,适合在阴暗环境中生长^[21]。研究表明,一般阳生植物叶片的叶绿素 a/叶绿素 b 大于 3,而阴生植物的叶绿素 a/叶绿素 b 一般较低^[22-24]。从图 4 可以看出,3 种花卉植物的叶绿素 a/叶绿素 b 在 2.3~3.8 之间,金盏菊的叶绿素 a/叶绿素 b 处于较高水平,其日平均值为 3.23,属于阳性植物,也说明其光能转化效率较高;绿萝叶绿素 a/叶绿素 b 低于金盏菊,其日平均值为 2.83,表明绿萝属于较耐阴性植物;碰碰香日变化波动较大,06:00—14:00 处于较高水平,说明 06:00 之后碰碰香叶绿素 a 的合成增加速度明显高于叶绿素 b,叶绿素 a/叶绿素 b 日平均值为 2.92,介于绿萝和金盏菊之间,其耐阴性也介于二者之间。

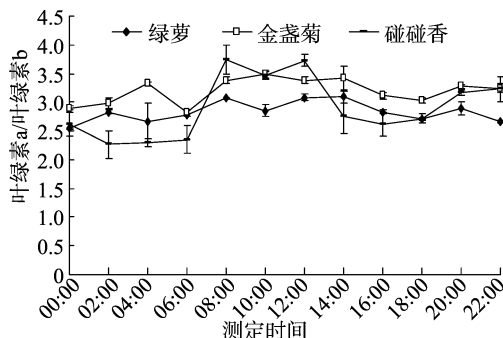


图4 不同花卉植物叶绿素a/叶绿素b的日变化

2.5 不同花卉植物类胡萝卜素含量的比较

从图 5 可以看出,对于 3 种植物类胡萝卜素含量,绿萝、金盏菊明显高于碰碰香;在 08:00—12:00,绿萝略低于金盏

菊,其他时间均高于金盏菊。绿萝类胡萝卜素日平均含量达到0.21 mg/g,金盏菊为0.19 mg/g,碰碰香类胡萝卜素含量较低,日平均值为0.04 mg/g,且变化波动平缓。

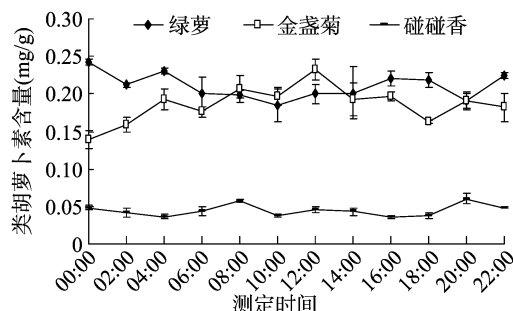


图5 不同花卉植物类胡萝卜素含量日变化

2.6 不同花卉植物根系活力比较

从图6可以看出,不同植物种类根系活力差异较大,3种植物根系活力表现为金盏菊>碰碰香>绿萝,日平均值分别为869.12、443.70、67.14 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,而每种植物的根系活力日变化波动不大,这与叶绿素a/叶绿素b表现一致。

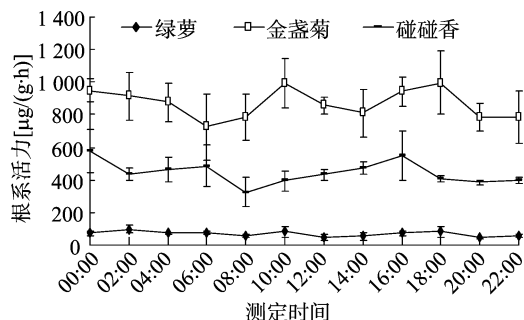


图6 不同花卉植物根系活力日变化

2.7 不同花卉植物根系活力与光合色素相关性分析

从表1可以看出,不同植物根系活力与光合色素成分相关性不同,除碰碰香根系活力与叶绿素a/叶绿素b相关性达到显著水平外,其他均未达到显著水平。绿萝根系活力与叶绿素a/叶绿素b呈现不显著弱负相关,与叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素及类胡萝卜素含量均呈现不显著弱正相关。金盏菊根系活力与光合色素含量及叶绿素a/叶绿素b均呈现不显著弱负相关。而碰碰香植物根系活力除与叶绿素b含量呈不显著弱正相关外,与其他光合色素指标均呈现出负相关性。

表1 不同花卉植物根系活力与光合色素相关性

| 植物名称 | 与根系活力的相关系数 | | | | |
|------|------------|--------|--------|--------|---------|
| | 叶绿素a/叶绿素b | 叶绿素a含量 | 叶绿素b含量 | 总叶绿素含量 | 类胡萝卜素含量 |
| 绿萝 | -0.478 | 0.007 | 0.328 | 0.139 | 0.228 |
| 金盏菊 | -0.046 | -0.341 | -0.385 | -0.366 | -0.288 |
| 碰碰香 | -0.626* | -0.464 | 0.197 | -0.295 | -0.445 |

注:“*”表示在0.05水平上显著相关(双尾t测验)。

3 结论与讨论

本研究表明,相同植物不同光合色素含量及根系活力日变化波动不大,而不同植物光合色素含量差别较大,就绿萝、金盏菊和碰碰香这3种花卉植物而言,叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素、类胡萝卜素含量均表现为绿萝>金盏菊>碰碰香,说明绿萝具有较高的光合转化能力,而碰碰香将光能转化的能

力相对较弱。当金盏菊叶绿素含量达到最大值时,绿萝叶绿素含量出现较低值,可能与金盏菊比较喜光照^[25],绿萝喜散射光,不耐光直射,且比较耐阴有关^[26]。金盏菊叶绿素a/叶绿素b日平均值最高,且大于3,表明金盏菊比较喜光照,属于阳性植物,耐阴性最弱,适合在光照良好的地方栽植;其次为碰碰香的2.92,耐阴性介于金盏菊和绿萝之间;绿萝的叶绿素a/叶绿素b日平均值最低,为2.83,表明绿萝的耐阴性强,比较适宜在室内栽培,这与前人研究结果^[22-24]一致。

根系活力与光合色素相关性分析表明,绿萝、金盏菊和碰碰香这3种植物根系活力与光合色素指标相关性较弱,这与董守坤等在春大豆上的研究结果^[27]一致。叶绿素a/叶绿素b与根系活力呈负相关,其中碰碰香根系活力与叶绿素a/叶绿素b相关性达到显著水平,其他均不显著;绿萝叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素、类胡萝卜素含量与根系活力呈正相关;金盏菊叶绿素a/叶绿素b、叶绿素a含量、叶绿素b含量、总叶绿素含量、类胡萝卜素含量与根系活力呈负相关;除叶绿素b含量外,碰碰香根系活力与其他指标均呈现负相关。

参考文献:

- [1] Collins W. Remote sensing of crop type and maturity[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1978, 44(1): 43-55.
- [2] Zlatev Z, Berova M, Stoeva N, et al. Use of physiological parameters as stress indicators[J]. Journal of Environmental Protection and Ecology, 2003, 4(4): 841-849.
- [3] Li R H, Guo P G, Michael B, et al. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley[J]. Agricultural Sciences in China, 2006, 5(10): 751-757.
- [4] Matamala R, González-Meler M A, Jastrow J D, et al. Impacts of fine root turnover on forest NPP and soil C sequestration potential[J]. Science, 2003, 302(5649): 1385-1387.
- [5] Malamy J E. Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture[J]. Plant, Cell & Environment, 2005, 28(1): 67-77.
- [6] Xiao C W, Sang W G, Wang R Z. Fine root dynamics and turnover rate in an Asia white birch forest of Donglingshan Mountain, China[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 255(3/4): 765-773.
- [7] Hodge A, Berta G, Doussan C, et al. Plant root growth, architecture and function[J]. Plant and Soil, 2009, 321(1/2): 153-187.
- [8] 李迪秦, 段春奇, 秦建权, 等. 施N对超级杂交稻中后期根系活力和产量的影响[J]. 作物研究, 2009, 23(2): 71-73.
- [9] 叶宝兴, 毛达超, 刘学春. 超级小麦生育后期根系活力与净光合速率相关性的研究[J]. 山东农业科学, 2005(4): 15-18.
- [10] 李邵, 薛绪掌, 郭文善, 等. 不同供水吸力对温室黄瓜光合特性及根系活力的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(1): 67-73.
- [11] 卢珍红, 陈敏, 张玲敏, 等. 不同基肥对香石竹根系活力及叶绿素含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 246-248.
- [12] 胡海姿, 张睿, 尚爱芹, 等. 金叶植物色素含量对光强的响应[J]. 园艺学报, 2007, 34(3): 717-722.
- [13] 王金华, 孙文鹏, 胡志凤, 等. 碰碰香的温室无土栽培技术及开发利用研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(1): 63, 66.
- [14] 刘爱荣, 张远兵, 方园园, 等. 盐胁迫对金盏菊生长、抗氧化能力和盐胁迫蛋白的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6): 52-59.

(下转第368页)

预处理和光谱波段对模型的影响,最后选择 S-G 平滑 + 1 阶 S-G 导数 + 均值中心化组合为最佳预处理方法和 1 100 ~ 1 630 nm 为建模光谱波段,所建模型为最优的模型。模型能正确识别 5 个产地铁皮石斛,对其他产地识别时,拒绝率达到 100%,而且 5 个产地铁皮石斛的模型也能拒绝其他 3 种石斛金钗石斛、紫皮石斛和金石斛。结果表明,近红外光谱结合 SIMCA 模式识别方法在铁皮石斛产地溯源中具有可行性,为解决铁皮石斛的质量安全问题^[22-24]提供了一种新的思路。与理化试验、紫外分光光度法和高效液相色谱等技术方法相比,本研究所提出的铁皮石斛产地识别方法具有识别率高、识别方法可扩充性好、适用范围广等优点。

参考文献:

- [1] 戴燕萍. 铁皮石斛生产质量管理规范研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2012.
- [2] 华允芬. 铁皮石斛多糖成分研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
- [3] 刘文杰. 铁皮石斛的红外光谱定性定量研究[D]. 北京:北京中医药大学,2014.
- [4] 徐程,詹忠根,廖苏梅. 8 种不同地域铁皮石斛农艺性状及多糖和纤维素分析[J]. 浙江大学学报:理学版,2008,35(5):576-579.
- [5] 龚庆芳,周浩,王新桂,等. 不同产地铁皮石斛的品质比较研究[J]. 北方园艺,2013(8):162-165.
- [6] 戚辉,陈健,易燕群,等. 不同产地铁皮石斛形态及有效部位成分含量比较[J]. 广州中医药大学学报,2013,30(4):558-561.
- [7] 刘文杰,孙志蓉,杜远,等. 不同产地铁皮石斛主要化学成分及指纹图谱研究[J]. 北京中医药大学学报,2013,36(2):117-120.
- [8] 赵海燕,郭波莉,魏益民,等. 近红外光谱对小麦产地来源的判别分析[J]. 中国农业科学,2011,44(7):1451-1456.
- [9] 余国梅,王革,张延莹,等. 近红外光谱技术鉴别麦冬药材产地[J]. 解放军药科学学报,2012,28(5):451-453.
- [10] 李波霞,魏玉辉,席莉莉,等. 近红外光谱和化学计量学对不同产地不同产期当归的定性研究[J]. 光谱实验室,2011,28(4):2128-2134.
- [11] Woo Y, Cho C, Kim H, et al. Classification of cultivation area of ginseng by near infrared spectroscopy and ICP - AES [J]. Microchemical Journal, 2002, 73(3):299-306.
- [12] Liu S, Zhang X, Sun S. Discrimination and feature selection of geographic origins of traditional Chinese medicine herbs with NIR spectroscopy [J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(2):179-184.
- [13] 史春香, 杨悦武, 郭治昕, 等. 近红外技术鉴别黄芪产地[J]. 天津药学, 2006, 18(1):19-21.
- [14] Wang C, Xiang B, Zhang W. Application of two - dimensional near - infrared (2D - NIR) correlation spectroscopy to the discrimination of three species of *Dendrobium* [J]. Journal of Chemometrics, 2009, 23(9):463-470.
- [15] 汤青. 近红外光谱分析技术快速鉴别霍山石斛的建模研究[D]. 山东大学, 2013.
- [16] 丁长春, 方向京, 赵艳丽, 等. 近红外漫反射光谱法快速鉴别石斛属植物[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(1):82-86.
- [17] Hu T, Tang Q, Zhang H, et al. Absolutely nondestructive discrimination of *Huoshan Dendrobium nobile* species with miniature near - infrared (NIR) spectrometer engine [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34(10):2808-2814.
- [18] 赵杰文, 蒋培, 陈全胜. 雪莲花产地鉴别的近红外光谱分析方法[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8):111-114.
- [19] 陆婉珍. 现代近红外光谱分析技术[M]. 2 版. 北京:中国石化出版社, 2010.
- [20] 杨丹, 刘新, 王川丕, 等. 绿茶样品粒度对近红外光谱图和模型的影响[J]. 食品科技, 2012(11):278-281.
- [21] 杰尔·沃克曼, 洛伊斯·文依, 褚小立. 近红外光谱解析实用指南[M]. 北京:化学工业出版社, 2009.
- [22] 胡玉伟, 戢太云, 管楚雄, 等. 人工种植的铁皮石斛主要有害生物及防治对策[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4):98-100.
- [23] 余乐, 兰芹英, 姜宗庆. 铁皮石斛离体快繁技术[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11):268-270.
- [24] 陈淑钦, 陈清西. 铁皮石斛栽培及光合特性研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7):262-264.
- [15] 杨杰, 田永超, 姚霞, 等. 水稻上部叶片叶绿素含量的高光谱估算模型[J]. 生态学报, 2009, 29(12):6561-6571.
- [16] 许大全. 叶绿素含量的测定及其应用中的几个问题[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(9):896-898.
- [17] 郑坚, 陈秋夏, 金川, 等. 不同 TTC 法测定枫香等阔叶树容器苗根系活力探讨[J]. 浙江农业科学, 2008, 1(1):39-42.
- [18] 周瑞金, 杜晓华, 刘遵春, 等. 金光杏树叶叶绿素含量变化规律研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(6):201-203.
- [19] 唐延林, 黄敬峰, 王人潮. 水稻不同发育时期高光谱与叶绿素和类胡萝卜素的变化规律[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(1):59-66.
- [20] 陆鉴眉, 林金水, 陈金河. 7 种观叶小盆栽植物的光合特性与耐阴性研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(4):732-737.
- [21] 梁秀英, 魏长礼, 李沿宁, 等. 君子兰叶片光合特性的研究——叶绿素和酸含量变化[J]. 东北师大学报:自然科学版, 1993(4):72-76.
- [22] Poorter L. Growth responses of 15 rain - forest tree species to a light gradient; the relative importance of morphological and physiological traits [J]. Functional Ecology, 1999, 13(3):396-410.
- [23] Lusk C H, Contreras O. Foliage area and crown nitrogen turnover in temperate rain forest juvenile trees of differing shade tolerance [J]. Journal of Ecology, 1999, 87(6):973-983.
- [24] Malavasi U C, Malavasi M M. Leaf characteristics and chlorophyll concentration of *Schyzolobium parahybium* and *Hymenaea stilbocarpa* seedlings grown in different light regimes [J]. Tree Physiology, 2001, 21(10):701-703.
- [25] Azzaz N A, Hassan E A, El - Emarey F A. Physiological, anatomical, and biochemical studies on pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants [C]. African Crop Science Conference Proceedings. 2007, 8:1727-1738.
- [26] 陈燕玲, 吴柳泳, 柯沛强. 不同光照处理对绿萝生长发育的影响[J]. 四川林业科技, 2015, 36(1):102-103, 42.
- [27] 董守坤, 赵坤, 刘丽君, 等. 干旱胁迫对春大豆叶绿素含量和根系活力的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(6):949-953.

(上接第 289 页)