

邓少春, 陈林波, 陈春林, 等. 大叶茶树品种内源激素水平及其与扦插生根的关系[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(21): 146–150.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.025

大叶茶树品种内源激素水平及其与扦插生根的关系

邓少春¹, 陈林波¹, 陈春林¹, 徐丕忠¹, 庞丹丹¹, 包云秀¹, 田易萍¹, 李叶云²

(1. 云南省农业科学院茶叶研究所/云南省茶树种质资源创新与配套栽培技术工程研究中心/云南省茶学重点实验室, 云南勐海 666201;

2. 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 安徽合肥 230036)

摘要:以易生根的云南大叶茶树品种紫娟、云抗 10 号及难生根的云抗 14 号、云茶 1 号为材料进行扦插试验, 跟踪调查其生根情况, 并测定插穗愈伤组织和新生根部的吲哚乙酸 (IAA)、脱落酸 (ABA)、反式玉米素核苷 (TZR)、赤霉素 (GA₄) 等内源激素含量。结果显示: IAA 含量在云抗 14 号愈伤组织中最高, 云抗 10 号根部中最低; ABA 含量在云茶 1 号愈伤组织中最高, 云抗 10 号根部中最低; IAA/ABA 在云抗 14 号根部中最高, 紫娟愈伤组织中最低; TZR 含量在云抗 14 号根部中最高, 云茶 1 号愈伤组织中最低; GA₄ 含量在云茶 1 号愈伤组织中最高, 云茶 1 号根部中最低。研究结果表明, IAA、ABA 的含量及 IAA/ABA 高低与扦插生根难易密切相关。

关键词:大叶茶树; 内源激素; 扦插生根; 插穗; 愈伤组织

中图分类号:S571.101

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2020)21-0146-04

茶树 [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] 属山茶科山茶属, 为多年生常绿木本植物, 是我国传统的经济树种^[1]。我国是世界上最大的产茶国, 茶树栽培在我国已有上千年的历史, 茶业在我国农业产业结构中有着重要的地位。随着我国人们生活水平的提高, 名优茶成为茶业的支柱, 作为名优茶的基础, 茶树良种越来越受到重视^[2]。目前, 短穗扦插是茶树良种繁育的主要方式, 具有取材方便、操作简单、遗传性状稳定、繁育周期短、繁殖系数大等优点^[3]。但是, 我国大叶茶产区选育的一些珍稀优良品种及濒危茶树资源存在繁育和推广困难等问题, 比如发现于 1961 年、鉴定树龄为 1 700 多年的巴达野生型古茶树王于 2012 年自然倒伏死亡, 由于其扦插成活率极低, 这株千年古茶树资源未能得以保存。又如国家级茶树良种云抗 14 号自然性状优良、抗性好、适制茶类广泛, 但因为扦插成活率低, 导致

其很难在适栽地区大面积推广。

植物内源激素是指在植物体内合成的, 通常从合成部位运往作用部位, 在较低浓度下对植物的生长发育产生显著调节作用的微量有机物质^[4]。树木插条的生根能力受内源抑制物质和生长物质比例消长变化的控制, 内源激素在茶树扦插生根中具有重要作用^[5]。本研究从内源激素入手, 揭示云南大叶茶树内源激素与扦插生根的关系, 旨在为茶树良种繁育提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料

以易生根的紫娟、云抗 10 号及难生根的云抗 14 号、云茶 1 号 4 个云南大叶茶树品种为试验材料, 插条均采自云南省农业科学院茶叶研究所科研试验基地 (100°25′31.501″E, 21°59′42.143″N)。选取当年生、新梢长度在 25 cm 以上、茎粗为 3~5 mm、2/3 以上已木质化或半木质化、呈棕红色的枝条, 将枝条剪成长 3~4 cm, 带有 1 张叶片和饱满腋芽的短穗, 剪口要平滑、倾斜。

1.2 方法

1.2.1 扦插时间和地点 扦插试验于 2018 年 12 月 12 日在云南省农业科学院茶叶研究所的试验苗圃内进行。

1.2.2 扦插方法 扦插前先将苗床浇透水, 再用甲基托布津 500 倍液喷洒消毒, 待水分下渗后土壤松

收稿日期: 2020-03-05

基金项目: 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室开放基金 (编号: SKLTOF20190124); 云南省科技厅重大专项 (编号: 2018ZG009); 云南省农业科学院茶叶研究所所长基金 (编号: 201901)。

作者简介: 邓少春 (1984—), 女, 陕西凤翔人, 助理研究员, 主要从事茶树育种研究。E-mail: 1006509127@qq.com。

通信作者: 田易萍, 高级实验师, 主要从事茶树育种研究, E-mail: 245009891@qq.com; 李叶云, 博士, 教授, 主要从事茶树抗逆栽培与育种研究, E-mail: lyy@ahau.edu.cn。

软时扦插。扦插时用拇指和食指夹住插穗垂直或稍斜插入土壤中,露出叶柄,叶片不能相互重叠,且要避免叶片贴土,边插边压实,使插穗与土壤密接。扦插行间距 8~10 cm,株间距 2~3 cm。

1.2.3 调查 按照茶树常规观测标准,在扦插后每隔 7 d 调查 1 次,每次取 5 株插穗观测愈伤组织形成情况、死亡情况、生根数、最长根根长、最长根根粗。180 d 后调查愈伤率、生根率和成活率。

1.2.4 取样 扦插 180 d 后取样,共取 8 个样品,分别是为紫娟、云抗 10 号、云抗 14 号及云茶 1 号的愈伤组织及新生根部。随机选取 4 个品种的插穗各 20 条,用蒸馏水迅速将插穗基部冲洗干净并用滤纸吸干,分别剥取插条愈伤组织和新生根部,充分剪碎、混匀,用液氮速冻后,置于 -80 ℃ 冰箱保存备用。

1.2.5 测定 将冷冻干燥的样品置于干冰中,送至南京钟鼎生物技术有限公司测定内源激素吲哚乙酸(生长素, IAA)、脱落酸(ABA)、反式玉米素核苷(TZR)、赤霉素(GA₄)的含量。

1.3 数据分析

调查及试验数据利用 Excel 2007 处理,并采用 DPS 7.55、SPSS 19.0 数据分析软件处理与分析。

2 结果与分析

2.1 扦插生根情况

据观测,紫娟最早生根,扦插后 80 d 时部分插穗开始长根,120 d 时大量生根;云抗 10 号最早出现愈伤组织,扦插 30 d 后部分插穗开始长出愈伤组织,45 d 时大量插穗长出愈伤组织,90 d 时部分插穗开始长根,120 d 时大量生根;云抗 14 号扦插 30 d 后部分插穗开始长出愈伤组织,150 d 时长出大量愈伤组织,130 d 时部分插穗开始长根,150 d 时大量生根;云茶 1 号扦插 45 d 后部分插穗开始长出愈伤组织,180 d 时长出大量愈伤组织,110 d 时部分插穗开始长根,180 d 时大量生根。

扦插 180 d 后统计愈伤组织形成和生根情况,结果(表 1)显示,紫娟的生根时间最早,愈伤率最低,生根率最高,成活率最高;云抗 10 号的愈伤组织出现时间最早,愈伤率最高,平均根长最长;云抗 14 号生根率最低,平均根长最短;云茶 1 号的愈伤率、生根率和平均根长都不是最低的,但成活率最低。愈伤组织出现时间早晚排序为云抗 10 号 > 云抗 14 号 > 云茶 1 号 > 紫娟;生根时间早晚排序为紫娟 > 云抗 10 号 > 云茶 1 号 > 云抗 14 号。

从表 1 可以看出,4 个品种的愈伤率排序为云抗 10 号 > 云抗 14 号 > 云茶 1 号 > 紫娟;生根率排序为紫娟 > 云抗 10 号 > 云茶 1 号 > 云抗 14 号;平均根长排序为云抗 10 号 > 紫娟 > 云茶 1 号 > 云抗 14 号;成活率排序为紫娟 > 云抗 10 号 > 云抗 14 号 > 云茶 1 号。愈伤组织出现时间早晚与愈伤率高低排序一致,生根时间早晚与生根率高低排序一致。

表 1 4 个品种茶树扦插 180 d 后生根情况比较

| 品种 | 愈伤率 (%) | 生根率 (%) | 平均根长 (cm) | 成活率 (%) |
|---------|------------|------------|--------------|------------|
| 紫娟 | 18.5 | 30.8 | 4.9 | 91.6 |
| 云抗 10 号 | 57.7 | 20.0 | 5.6 | 88.5 |
| 云抗 14 号 | 29.3 | 3.1 | 3.2 | 70.0 |
| 云茶 1 号 | 23.1 | 5.4 | 4.4 | 69.3 |

2.2 内源激素含量情况

2.2.1 生长素的含量 从表 2 可以看出,在 4 个茶树品种中,成活率较低的茶树品种云抗 14 号愈伤组织的 IAA 含量是所有送检样品中最高的;而成活率较高的茶树品种云抗 10 号根部的 IAA 含量最低。对 4 个茶树品种内不同取样部位的 IAA 含量进行比较发现,每个品种愈伤组织的 IAA 含量都高于根部。

2.2.2 脱落酸的含量 从表 2 可以看出,在 4 个茶树品种中,成活率最低的茶树品种云茶 1 号愈伤组织的 ABA 含量最高;而成活率较高的茶树品种云抗 10 号根部的 ABA 含量最低。对 4 个茶树品种内不同取样部位的 ABA 含量进行比较发现,每个品种愈伤组织的 ABA 含量都高于根部。

2.2.3 IAA/ABA 从表 2 可以看出,在 4 个茶树品种中,成活率较低的茶树品种云抗 14 号根部的 IAA/ABA 最高,而成活率最高的茶树品种紫娟愈伤组织的 IAA/ABA 最低。对 4 个茶树品种内不同取样部位的 IAA/ABA 进行比较发现,每个品种愈伤组织的 IAA/ABA 都低于根部。

2.2.4 反式玉米素核苷的含量 从表 2 可以看出,在 4 个茶树品种中,成活率较低的茶树品种云抗 14 号根部的 TZR 含量最高;而成活率最低的茶树品种云茶 1 号愈伤组织的 TZR 含量最低。对 4 个茶树品种内不同取样部位的 TZR 含量进行比较,紫娟愈伤组织的 TZR 含量稍高于根部,而其他 3 个品种愈伤组织的 TZR 含量都低于根部。

2.2.5 赤霉素的含量 由表 2 可见,在 4 个茶树品种中,成活率最低的茶树品种云茶 1 号愈伤组织的 GA₄ 含量最高;而云茶 1 号根部的 GA₄ 含量最低。

表 2 4 个品种内源激素含量

| 样品名称 | IAA 含量 (ng/g) | ABA 含量 (ng/g) | IAA/ ABA | TZR 含量 (ng/g) | GA ₄ 含量 (ng/g) |
|-------------|------------------|------------------|-------------|------------------|------------------------------|
| 紫娟根 | 2.16 | 0.65 | 3.32 | 0.45 | 0.04 |
| 云抗 10 号根 | 1.50 | 0.40 | 3.75 | 0.78 | 0.04 |
| 云抗 14 号根 | 3.36 | 0.72 | 4.67 | 1.02 | 0.04 |
| 云茶 1 号根 | 4.41 | 1.37 | 3.22 | 0.55 | 0.01 |
| 紫娟愈伤组织 | 4.77 | 27.61 | 0.17 | 0.47 | 0.10 |
| 云抗 10 号愈伤组织 | 5.59 | 7.25 | 0.77 | 0.55 | 0.08 |
| 云抗 14 号愈伤组织 | 9.21 | 26.90 | 0.34 | 0.35 | 0.02 |
| 云茶 1 号愈伤组织 | 8.54 | 31.39 | 0.27 | 0.06 | 0.36 |

对 4 个茶树品种内不同取样部位的 GA₄ 含量进行比较,云抗 14 号愈伤组织的 GA₄ 含量稍低于根部,而其他 3 个品种愈伤组织的 GA₄ 含量都高于根部。

表 3 4 个品种根部内源激素含量及比值与生根的关联分析

| 样品名称 | 相关系数 | | | | |
|------|--------|--------|---------|--------|--------------------|
| | IAA 含量 | ABA 含量 | IAA/ABA | TZR 含量 | GA ₄ 含量 |
| 生根率 | -0.768 | -0.551 | -0.490 | -0.596 | 0.483 |
| 成活率 | -0.900 | -0.711 | -0.363 | -0.422 | 0.594 |

表 4 4 个品种愈伤组织内源激素含量及比值与生根的关联分析

| 样品名称 | 相关系数 | | | | |
|------|--------|--------|---------|--------|--------------------|
| | IAA 含量 | ABA 含量 | IAA/ABA | TZR 含量 | GA ₄ 含量 |
| 愈伤率 | -0.225 | -0.962 | 0.999 | 0.538 | -0.332 |
| 成活率 | -0.988 | -0.541 | 0.262 | 0.812 | -0.398 |

3 讨论与结论

内源激素 IAA 含量的高低,对植物的生根有很大的影响。大量研究表明,内源 IAA 是促进不定根形成的主要激素^[6]。刘明国等研究表明,在不定根的诱导期 IAA 含量的提高是促进北美香柏插穗生根的重要原因^[7];Koo 等研究发现,柳树容易生根与插穗内的 IAA 含量高有关^[8];李永欣等研究发现,高浓度的内源 IAA 有利于插穗根原基分化形成及生长发育,IAA 的初始含量与光皮树生根率呈正相关^[9]。在本研究中,4 个茶树品种根部中 IAA 的含量都与生根率及成活率呈负相关关系,这与以上几位研究人员的研究结果不一致,推断可能与其愈伤组织及根部的 ABA 含量高有关。

脱落酸(ABA)是植物体内的一种负调控激素,低浓度有促进生根作用,但稍高浓度对生根有抑制作用^[10]。多数研究认为,脱落酸对插穗生根有着抑

2.3 不同取样部位内源激素含量及比值与生根的关联分析

将 4 个茶树品种根部和愈伤组织的内源激素含量分别与生根率及愈伤率作关联分析。从表 3 可以看出,4 个品种根部内源激素含量及比值与生根率具有相关性,其中 IAA 含量与生根率呈负相关;ABA 含量与生根率和成活率均呈负相关;IAA/ABA 与生根率和成活率呈负相关;TZR 含量与生根率和成活率呈负相关;GA₄ 含量与生根率和成活率呈正相关。从表 4 可以看出,4 个品种愈伤组织内源激素含量及比值与生根率具有相关性,其中 IAA 含量与愈伤率和成活率呈负相关;ABA 含量与愈伤率和成活率呈负相关;IAA/ABA 与愈伤率和成活率呈正相关;TZR 含量与愈伤率和成活率呈正相关。

制作用^[11-13]。刘明国等研究认为,ABA 对北美香柏插穗不定根的形成起抑制作用^[7];邹吉祥等研究表明,低浓度的 ABA 有利于芽变毛白杨生根^[14];马振华等研究认为,在四倍体刺槐扦插生根过程中 ABA 含量的下降有利于插穗生根^[15];王乔春研究表明,当脱落酸浓度为 10~20 mg/L 时有利于插条不定根的形成^[16]。从本试验的结果看,4 个茶树品种根部 ABA 的含量都与生根率及成活率呈负相关关系,这与以上研究结果基本一致,说明高含量 ABA 对茶树插穗生根具有抑制作用。

不定根的形成过程很复杂,需要多种激素的共同作用。多数研究表明,IAA/ABA 与生根率呈正相关^[17-19]。许晓岗等研究发现,IAA/ABA 较高时,垂丝海棠插穗的生根率较高,反之生根率较低^[20];郭素娟等研究表明,白皮松插穗 IAA/ABA 与生根率呈正相关关系^[21];辜云杰等研究发现,IAA/ABA 较高时,生根率较高,反之则生根率较低^[22]。在本研

究中,4 个品种愈伤组织的 IAA/ABA 与愈伤率呈高度正相关关系,却与成活率相关关系较弱,这与以上研究结果不太一致,说明高 IAA/ABA 有利于插穗形成愈伤组织,不一定有利于插穗生根。

细胞分裂素促进细胞的分裂、抑制分生组织的生长^[23]。反式玉米素是具有很高生物活性的细胞分裂素,常以核糖核苷或核糖核苷酸的形态存在。曹慧颖等研究证明,反式玉米素在愈伤组织的形成过程中开始增加,且在愈伤组织最发达的时候达到峰值,说明它在细胞的脱分化、愈伤组织发育及再分化中发挥着重要作用^[24]。韩召奋等研究发现,农杆菌 GV3101 株系内的反式玉米素合成基因的表达产物能够促进烟草外植体再生,调节细胞生长^[25]。李俊慧研究发现,TZR 的含量在人参榕块根开始膨大期变化是不明显的,在块根膨大后期与前期相比呈极显著差异,说明 TZR 对人参榕块根的形成和膨大有积极作用^[26]。本研究发现,4 个品种根部 TZR 含量与生根率呈负相关关系,愈伤组织 TZR 含量与愈伤率和成活率都呈正相关关系,这与以上研究结果基本一致,说明愈伤组织中高含量 TZR 有利于生根,而根部高含量 TZR 不利于生根。

赤霉素(GA)含量对不同植物生根过程中的影响表现不一^[27-30]。黄焱等研究发现,较高水平的 GA₄ 对珍珠黄杨生根有抑制作用,即较低水平的 GA₄ 对生根有促进作用^[31]。刘关君等研究认为,GA₄ 在长白落叶松插穗愈伤组织形成及不定根产生过程中起促进作用^[32]。刘桂丰等的研究表明,落叶松杂种插穗生根过程中,GA₄ 在根原基分化时期起很重要的作用^[33]。本研究的结果表明,4 个品种根部 GA₄ 含量与生根率呈正相关关系,说明 GA₄ 含量与生根有关,这与以上研究人员的研究结果一致。

本研究以易生根的云南大叶茶树品种紫娟、云抗 10 号及难生根的云抗 14 号、云茶 1 号为材料进行扦插试验,通过比较 4 种内源激素的含量,初步探究了内源激素与大叶茶树生根的关系。内源激素含量及其协调平衡与生根之间的关系较为复杂,有待今后进一步探讨研究。

参考文献:

- [1] 曹仁勇,陈学好,赵 慧,等. 不同茶树品种扦插生根对比试验[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):233-234.
- [2] 杨亚军. 中国茶树栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005.
- [3] 赵 慧. 茶树穴盘扦插繁殖技术及茶苗抗寒性生理机制的初步

- 研究[D]. 扬州:扬州大学,2013.
- [4] 岳 川,曾建明,章志芳,等. 茶树中植物激素研究进展[J]. 茶叶科学,2012,32(5):382-392.
- [5] 曹玉翠. 木瓜扦插繁殖技术及生根机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010.
- [6] 王金祥,严小龙,潘瑞炽. 不定根形成与植物激素的关系[J]. 植物生理学通讯,2005,41(2):133-142.
- [7] 刘明国,王 玲,董胜君,等. 北美香柏插穗生根过程中内源激素的变化[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(5):555-559.
- [8] Koo Y, Hyun J. Initial root development of *Larix leptolepis* Gordon cuttings as related to organic substances and cutting date[J]. Journal of Korean Forestry Society,1996,85:300-308.
- [9] 李永欣,曾慧杰,王晓明,等. 光皮树扦插过程中内源激素变化[J]. 中国农学通报,2010,26(15):247-251.
- [10] 史锋厚,赵 瑞,罗 帅,等. 南京椴嫩枝扦插生根过程中植物激素的变化[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(2):21-26.
- [11] 季孔庶,王章荣,陈天华,等. 几种生长调节剂对马尾松插穗促根的效应[J]. 福建林学院学报,2001,21(2):120-123.
- [12] 刘 洁. 黄心夜合扦插繁殖技术及生根机理研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2010.
- [13] 詹亚光,杨传平,金贞福,等. 白桦插穗生根的内源激素和营养物[J]. 东北林业大学学报,2001,29(4):1-4.
- [14] 邹吉祥,金 华,郭 鹏,等. 芽变毛白杨嫩枝扦插不定根发生过程中内源激素动态变化[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):196-198.
- [15] 马振华,王吉斌,李才文,等. 四倍体刺槐硬枝扦插生根过程中内源激素的变化[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(6):26-32.
- [16] 王乔春. 植物激素与插条不定根的形成[J]. 四川农业大学学报,1992,10(1):33-39.
- [17] 杨霄霞,潘晓芳. 香椿插穗内源激素变化与生根关系[J]. 广西林业科学,2015,44(2):132-136.
- [18] 杨雪萌,房伟民,陈发棣,等. 两个菊花品种扦插生根过程及其插穗碳氮营养和内源激素的变化[J]. 南京农业大学学报,2010,33(4):19-24.
- [19] 赵 爽,郑 刚,季梦成,等. 山木通扦插生根过程中内源激素的动态变化[J]. 江苏农业科学,2018,46(3):148-150.
- [20] 许晓岗,汤庚国,谢寅峰. 海棠果插穗的内源激素水平及其与扦插生根的关系[J]. 莱阳农学院学报,2005,22(3):195-199.
- [21] 郭素娟,凌宏勤,李凤兰. 白皮松插穗生根的生理生化基础研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(2):43-47.
- [22] 辜云杰,江 波. IBA 和 NAA 对山杜英组培苗生根过程中内源 IAA/ABA 含量变化的影响[J]. 亚热带植物科学,2006,35(3):25-27.
- [23] 段 娜,贾玉奎,徐 军,等. 植物内源激素研究进展[J]. 中国农学通报,2015,31(2):159-165.
- [24] 曹慧颖,张立军,骆 祯,等. 番茄活体再生中反式玉米素含量的变化[J]. 北方园艺,2015(24):66-69.
- [25] 韩召奋,王秋苹,褚越洋,等. 农杆菌 GV3101 中反式玉米素合成基因促进烟草再生[J]. 中国生物化学与分子生物学报,2017,33(11):1134-1142.

杨梢娜,郭 帅,章银柯,等. 生物炭与堆肥配施对青菜生长及土壤改良的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):150-153.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.026

生物炭与堆肥配施对青菜生长及土壤改良的影响

杨梢娜¹, 郭 帅², 章银柯², 黄芳晨², 贺 敏², 吴志荣²

(1. 浙江省舟山市农业技术推广中心, 浙江舟山 316021; 2. 杭州植物园/杭州市园林科学研究院, 浙江杭州 310012)

摘要:通过大棚盆栽试验,以青菜为试验材料,研究生物炭和自制堆肥不同配比模式混施对青菜性状和生物量积累的影响,以及对土壤的改良效果。结果表明,生物炭和堆肥配施对青菜物理性状改善、青菜产量增加、土壤养分含量积累均有促进作用。在生物炭和堆肥施入总质量一致的情况下,生物炭和堆肥以质量比3:1混合施入对青菜生物量积累和产量增加的促进作用最大,产量(鲜质量)增加55.2%;生物炭和堆肥以质量比1:1混合施入对土壤速效养分含量的增加效果最好;生物炭和堆肥以质量比3:1施入对土壤有机质含量的增加最显著,可提高土壤有机质含量124.7%;生物炭和堆肥以质量比1:3混合施入对提高土壤无机态氮含量有显著的促进作用,土壤铵态氮和硝态氮的含量分别比对照处理增加50.6%和77.5%。

关键词:生物炭;青菜与堆肥配施;土壤改良;氮素

中图分类号:X53;S634.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)21-0150-04

生物炭(Biochar)是指农林废弃物等生物质材料在缺氧条件下热裂解形成的富含芳香烃和单质碳或具有类石墨结构的碳产物,该物质具有理化性质稳定、抗分解能力强等特点^[1]。不同生物炭和有机肥配施方式对作物产量和品质的影响受到众多学者的关注,并且对于农业生产具有重要意义^[2]。生物炭施入土壤后能有效降低土壤容重,促进土壤团聚体形成。改善植物根系生长环境,提高肥料利用率,减少水土污染和养分损失^[3]。生物炭在土壤中分解缓慢,长期施用生物炭对土壤碳积累具有促进作用,能保持土壤碳氮比和农田生态系统平衡,

促进耕地可持续利用,满足当前农业绿色发展的要求^[4]。

随着城市化发展和园林绿化面积的不断增加,园林绿化废弃物如树木修剪物、草坪修剪物、枯枝落叶等产生量逐步增加。园林绿化废弃物有机构成单一、污染小、不含重金属等有害物质,可资源化利用程度高。园林绿化废弃物的资源化利用形式较多,其中堆肥是当前园林绿化废弃物资源化处置的主要方式。堆肥主要通过微生物对有机物的分解实现有机物的腐殖化,同时实现微生物自身的增殖。在堆肥过程中,微生物利用大量的碳作为能源,氮主要被用于原生质合成。

为探究生物炭及园林绿化废弃物堆肥不同质量比配施对青菜生长和土壤改良效果的影响,本试验以杭州植物园乔灌木生长期和休眠期的修剪物以及四季产生的园林修剪枝叶好氧发酵制成的堆

收稿日期:2020-03-06

基金项目:杭州西湖风景名胜区(市园文局、市运保委)科技发展规划(编号:2017-001)

作者简介:杨梢娜(1985—),女,浙江宁波人,硕士,农艺师,主要从事土壤资源与生态等方面的研究。E-mail:281751407@qq.com。

[26]李俊慧. 人参榕块根膨大过程细胞分裂素与相关基因表达研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.

[27]凌宏勤. 白皮松扦插繁殖技术及生理和解剖学研究[D]. 北京:北京林业大学,2001.

[28]Isabel F, Ma A G, Belen F, et al. Endogenous plant growth regulators and rooting capacity of different walnut tissues[J]. Plant Growth Regulation, 1996, 19(2):101-108.

[29]陈婉芬,周 燮. GA₃及S3307对石刁柏生根的影响[J]. 植物生理学通讯,1994,30(1):26-28.

[30]张晓平,方炎明,黄绍辉. 杂种鹅掌楸扦插生根过程中内源激素

的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(3):79-82.

[31]黄 焱,季孔庶,方 彦,等. 珍珠黄杨春季扦插生根性状差异及内源激素变化[J]. 浙江林学院学报,2007,24(3):284-289.

[32]刘关君,李绪尧,由香玲,等. 长白落叶松插穗内源激素变化与不定根产生的关系[J]. 东北林业大学学报,2000,28(1):19-20.

[33]刘桂丰,杨传平,曲冠正,等. 落叶松杂种插穗生根过程中4种内源激素的动态变化[J]. 东北林业大学学报,2001,29(6):1-3.