

文章编号:1001—7380(2021)05—0028—05

不同菌肥对油茶叶内源激素及氮磷钾含量和 林下土壤理化性质的影响

王晓艳

(福建省三明市林业局,福建 三明 365000)

摘要:为进一步减少化学肥料的使用、改善土壤状况,开展了以不同功能性微生物组合形成的菌肥(提升固氮能力的1号菌肥,促进钾吸收的2号、3号和4号菌肥,助益磷代谢的5号菌肥,及促进氮、磷、钾吸收的6号菌肥)对油茶叶内源激素及氮、磷、钾含量和林下土壤理化性质等影响的试验,施用6个月后,测定结果表明:施用4号菌肥的土壤含水率最高,且与施用1号、3号、5号、6号菌肥的土壤含水率差异显著;施用5号菌肥的土壤电导率显著高于施用1号、2号、3号、4号、6号菌肥及对照的土壤电导率;施用5号菌肥的土壤pH值最高,且与施用1号、2号、3号、6号菌肥及对照的土壤pH值差异显著;6个菌肥施用区,油茶叶内的GA, IAA, ABA含量平均值显著高于对照区油茶叶内的含量,而叶内BR的含量平均值与对照区之间,均无显著差异;2号、3号、4号菌肥施用区,叶内氮相对含量与对照之间,具显著差异;6号菌肥施用区,叶内磷、钾相对含量最高;5号、6号菌肥施用区,叶内磷相对含量与2号菌肥施用区、对照组相比,具有显著性差异。该研究表明,施加微生物菌肥可对油茶叶内源激素含量及氮、磷、钾元素含量和林下土壤理化性质产生影响,尤以施用5号菌肥的效果最好。

关键词:油茶;植物激素;土壤;理化性质;氮;磷;钾

中图分类号:Q945.12;Q946.885;S714.2;S794.4 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2021.05.004

Effects of different bacterial fertilizers on soil properties, leaf endogenous hormones and N, P, K contents in *Camellia oleifera* Abel.

Wang Xiaoyan

(Fujian Sanming Forestry Bureau, Sanming 365000, China)

Abstract: In order to further reduce the use of chemical fertilizer and improve soil condition, trials were carried out to learn the effects of bacterial fertilizers formed by different functional microorganism combination (bacterial fertilizer: No 1 for improving nitrogen fixation ability; No 2, No 3 and No 4 for promoting potassium absorption; No 5 beneficial to phosphorus metabolism; and No 6 for promoting the absorption of nitrogen, phosphorus and potassium) on the soil physico-chemical properties, endogenous hormones and N, P and K content in *Camellia oleifera* Abel. leaves. It was found that six months after fertilization, the highest moisture occurred in the soil into which fertilizing No 4, significantly different from those soils relative to No 1, No 3, No 5 and No 6. The electrical conductivity of the soil relative to No 5 was significantly higher than those soils relative to No 1, No 2, No 3, No 4, No 6 and CK. The highest pH value occurred in the soil relative to No 5, significantly different from those in soils relative to No 1, No 2, No 3, No 6 and CK. Average contents of GA, IAA and ABA in *C. oleifera* leaves in 6 bacterial fertilizers applying areas were significantly higher than those in CK while the average content of BR had no significant difference. Compared with CK, the relative contents of N in the leaves in the treatments of No 2, No 3 and No 4 were significantly different, the relative contents of P and K in the treatment of No 6 were the highest, and the relative contents of P in the treatments of No 5 and No 6 were significantly different from those in No 2 and CK. This study showed that applying different functionally-combined microorganism fertilizer could improve soil physico-chemical properties,

收稿日期:2021-08-02;修回日期:2021-08-24

作者简介:王晓艳(1977-),女,山西沁源人,高级工程师,硕士。主要从事林业病虫害、油茶丰产栽培技术等工作。E-mail:15076811138@

endogenous hormone content and nitrogen, phosphorus and potassium in *C. oleifera* leaves. Among these bacterial fertilizers, No 5 performed the best effect.

Key words: *Camellia oleifera*; Plant hormone; Soil; Physico-chemical property; Nitrogen; Phosphorus; Potassium

油茶(*Camellia oleifera*)是我国特有的木本油料植物,属山茶科(Theaceae)山茶属。油茶林的经济效益提升依赖于高强度的人为经营,特别是对土壤肥力的管控,其中速效化学肥料的施用占比较大。然而,高密度施肥增加经济效益的同时也随之出现了土壤环境的恶化,极大限制了油茶产量的稳定性和持久性^[1],切实可行的土壤改良方法是解决该问题的重要途径^[2]。

目前,土壤改良可由微生物菌肥调控^[3],但由于菌肥中菌种类和稳定性及有效定值目前存在很大差异,因此其改良效果也大有不同。复合微生物菌是根据土壤生态学、植物营养学原理和现代有机可持续发展农林业研制出来的生物肥料^[4]。它通过微生物活动供给植物养分和调节植物生长,从而达到改善植物品质的目的,为农业绿色施肥和生产指明方向^[5]。此外,据调查研究发现,不同的施肥处理会给土壤环境造成不同的影响,从而导致土壤微生物群落结构的变化,而土壤微生物的变化在肥料被利用过程中有着十分重要的作用,其中有机肥与菌肥配合施用对土壤微生物效果最佳^[6]。应用复合微生物菌肥可直接影响土壤理化性质,调节土壤含水率、电导率和pH等,改善土壤状况,并通过土壤微生物活动改变植物体内激素和大量元素含量,从而调节植物生长发育。

近年来,农林业生产中为追求高产,常配施大量的氮磷钾肥,但肥料利用率不高,不仅会造成肥料的浪费,同时也会加重农林业面源污染。目前应用于油茶的肥料类型比较多,各肥料的肥效缺乏研究,对油茶林区施用功能微生物菌肥的相关报道较少,本文旨在通过对施用具有固氮能力、助益磷代谢和促钾吸收的6种复合微生物菌肥,研究其对油茶林地土壤和油茶生长的影响,从土壤理化性质、植物内源激素和N、P、K元素水平上对比分析,探寻有利于油茶林地生长的复合微生物菌肥,为减少化学肥料的施用、提高肥料利用率和减少面源污染提高理论依据,为加快油茶林生长提供有效途径,为后续的经营管理方式提供充足的依据^[7]。

1 材料与方法

1.1 样本信息

所有试验样品均于2021年6月21日采集自福建省清流县山珍源有限公司(东经116.90°,北纬25.92°,海拔652.485 m),油茶林采样区选择在6个不同菌肥试验区内和1个空白对照区,区内油茶生长状态良好。试验所用的6种改良型复合微生物菌肥(以下简称为微生物菌肥)由福建农林大学海峡联合研究院提供(见表1)。

表1 不同菌肥组合及其功能

菌肥组合编号	菌肥组合	菌肥功能
1号	Am1	促进氮吸收
2号	Am1+Am8.1	促进氮和钾吸收
3号	Am1+Am8.2	促进氮和钾吸收
4号	Am1+Am12.2	促进氮和钾吸收
5号	Am1+G3	促进氮和磷吸收
6号	Am1+Am8.1+Am8.2+Am12.2+G3	促进氮、磷、钾吸收

每种菌肥由1 L液体菌与10 kg有机肥混合而成,每种液体菌的OD值为0.6。1月在油茶林地投影区下方离主干4 m的位置沟施,因为7月为雨季,所以在6月中下旬采集土样和叶样。

1.2 样品采集与处理

于6个菌肥区和空白对照区选择长势良好的油茶林分别设置3个采样点,每个采样点取样品5份混成待测样品1个。即共设置采样点21个,采集测定样21个。分别取深20—40 cm层次的林下土壤50 g于封口袋中。在21个采样点分别选取5个单株生长状态良好的叶片混合成测试样品1个,共21个叶片样品,装入纸袋,冰盒运送,于-20℃冰箱中冷藏保存。

1.3 土壤指标测定

土壤样品放入已知质量的铝盒中并测量其质量 m_1 ,置于实验室烘箱中,在105℃温度下烘3 d至恒定质量,取出后放入干燥器内冷却至室温。从干燥器内取出铝盒,称量铝盒加烘干土的质量 m_2 ^[8]。

$$\text{土壤含水量}(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

烘干土过 2 mm 筛孔,称取 10 g 于 50 mL 烧杯中,加入水 50 mL,充分混合后静置 30 min。使用 OHAUS ST3100 pH 计测定 pH 值(可直接读取 pH 值)^[9]。再称取 20 g 土于 250 mL 的锥形瓶中并加入纯水 100 mL,将锥形瓶放到 20 ℃ 的振荡培养箱中震荡 30 min 后,取出静置 30 min,放到 3 000 r/min 的离心机上离心 30 min,将上清液过滤到 100 mL 的锥形瓶中。使用 OHAUS ST3100C 电导率仪直接读取电导率值。

1.4 油茶叶片激素及 N,P,K 含量的测定

将植物样品在液氮中分别研磨成粉末,冷冻备用。每个植物样品称取 0.03 g 于 1.5 mL 离心管(各 3 个重复),加入 200 μL PBS(pH 7.4),涡旋振荡混匀,5 000 r/min 离心 20 min,收集上清液,待测。通过 Plant GA ELISA KIT(ml072782,MLBIO,Shanghai),Plant IAA ELISA KIT(ml022829,MLBIO,Shanghai),Plant ABA ELISA KIT(ml064270,MLBIO,Shanghai)与 Plant BR ELISA KIT(ml036309,MLBIO,Shanghai)试剂盒处理,使用 TE-CAN Infinite 200Pro 酶标仪,将空白孔调零,在 450 nm 波长下测定 OD 值^[10]。以试剂盒内标准物的浓度为横坐标,测得的 OD 值为纵坐标,绘制标准曲线,得到直线回归方程式,计算样品含量。

将采集回来的油茶叶片洗净,用牛皮纸包好后置入 110 ℃ 条件下杀青 30 min,置入 90 ℃ 烘箱中,烘干至恒重后研磨并过 0.25 mm 孔筛,叶 N 含量的测定采用碳氮元素分析仪(VARIO MAX,Elementar,德国)测定^[11];样品采用微波消解仪(ETHOS UP,Milestone,意大利)消解萃取,再用电感耦合等离子体发射光谱仪(PE OPTIMA 8000,PerkinElmer,美国)测定叶 P,K 含量^[12]。叶片相对 N,P,K 含量为所有数据除以对照的平均值,因此为相对含量(没有单位)。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 进行试验数据的处理与图表制作,并用 SPSS 26.0 进行单因素方差分析(ANOVA)和多重比较(LSD-t)。

2 结果与分析

2.1 不同菌肥对土壤理化性质的影响

对土壤样品进行含水率、电导率与 pH 值等 3 种理化性质的测定,结果如表 2 所示。

表 2 不同菌肥处理的土壤含水率、电导率与 pH

菌肥编号	含水率/%	电导率/(μs/cm)	pH
1 号	12.83±1.25 d	127.9±4.0 b	4.13±0.11 b
2 号	17.74±1.11 ab	124.8±2.7 bc	4.11±0.10 b
3 号	15.24±0.79 c	125.5±2.8 bc	4.12±0.10 b
4 号	19.10±0.25 a	117.9±2.7 c	4.35±0.25 a
5 号	14.84±0.30 c	224.0±9.6 a	4.53±0.06 a
6 号	16.92±0.86 b	117.6±3.1 c	4.07±0.06 b
对照	17.83±0.20 ab	104.2±2.1 d	4.07±0.03 b

注:同列中数据后不同小写字母表示差异显著(t test, P<0.05)

试验结果表明,在土壤含水率方面:4 号土壤含水率最高,且 4 号与 1 号、3 号、5 号、6 号含水率相比差异显著,2 号、4 号与对照组相比无显著差异,2 号、6 号与对照相比无显著差异,3 号、5 号含水率无显著差异,1 号土壤含水率最低且与对照组有显著差异。在电导率方面,1 号、2 号、3 号电导率无显著差异,2 号、3 号、4 号、6 号电导率无显著差异,5 号电导率最高,对照组电导率最低,1—6 号电导率与对照组差异显著。在 pH 值方面,5 号 pH 值最高且与 4 号无显著差异,1 号、2 号、3 号、6 号与对照的 pH 值无显著差异,4 号、5 号 pH 值与 1 号、2 号、3 号、6 号、对照的 pH 值差异显著。

2.2 不同菌肥对油茶叶内源激素的影响

试验结果表明(见表 3),GA 激素含量方面,1—6 号的 GA 含量与对照组相比具有显著差异,1 号与 3 号、4 号、5 号及对照之间的 GA 含量相比具有显著差异,2 号与 3 号、对照的 GA 含量相比具有显著差异,1 号、2 号、6 号之间的 GA 含量无显著差异,2 号、4 号、5 号、6 号之间的 GA 含量无显著差异,3 号、4 号、5 号、6 号之间的 GA 含量无显著差异;IAA 激素含量方面,2 号与对照菌肥之间 IAA 激素含量有显著差异,1—6 号 IAA 激素含量平均值无显著差异,1 号、3 号、4 号、5 号、6 号、对照之间 IAA 激素含量无显著差异;ABA 激素含量方面,1—6 号 ABA 激素含量平均值均显著高于对照菌肥,而 1—6 号之间的 ABA 激素含量平均值无显著差异;BR 激素含量方面,6 种菌肥与对照之间 BR 激素含量平均值无显著差异。

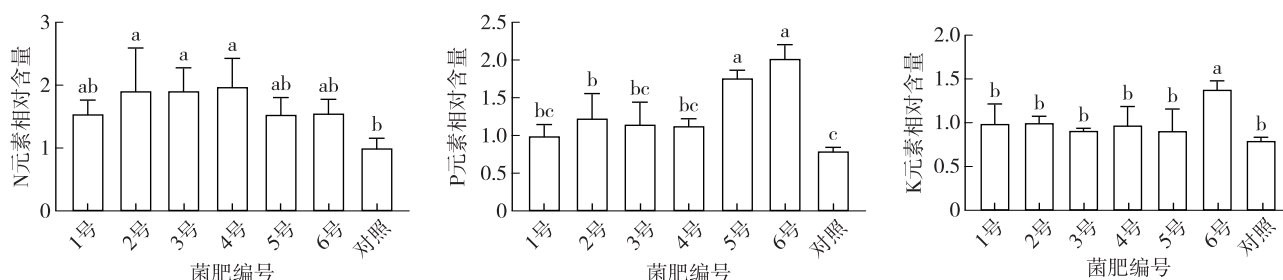
2.3 不同菌肥对油茶叶片 N,P,K 含量的影响

试验结果表明(见图 1),N 元素相对含量:1—6 号菌肥使用后油茶叶片内的 N 相对含量与对照组相比都会上升,尤以 2 号、3 号、4 号菌肥处理下叶片 N 相对含量与对照组相比具有显著性差异,1 号、5 号、6 号菌肥处理下叶片 N 相对含量与对照组相比无显著差异。

表3 不同菌肥处理下油茶叶内 GA, IAA, ABA, BR 含量

菌肥编号	GA/($\mu\text{mol/mL}$)	IAA/(nmol/L)	ABA/(lgg/mL)	BR/(pmol/L)
1号	233.28 \pm 8.60 a	272.94 \pm 20.05 ab	140.99 \pm 5.53 a	1778.65 \pm 241.88 a
2号	229.90 \pm 7.51 ab	286.19 \pm 42.65 a	144.02 \pm 7.06 a	1708.45 \pm 304.82 a
3号	211.30 \pm 11.92 c	249.41 \pm 28.25 ab	140.26 \pm 4.51 a	1801.00 \pm 135.72 a
4号	214.25 \pm 9.15 bc	255.45 \pm 9.30 ab	138.75 \pm 6.65 a	1724.08 \pm 185.07 a
5号	215.89 \pm 11.97 bc	252.44 \pm 23.71 ab	143.68 \pm 4.76 a	1542.70 \pm 234.95 a
6号	227.48 \pm 8.72 abc	258.63 \pm 2.87 ab	131.44 \pm 0.84 a	1664.93 \pm 333.67 a
对照	176.76 \pm 4.08 d	231.99 \pm 9.54 b	118.50 \pm 4.47 b	1405.05 \pm 87.79 a

注:同列中数据后不同小写字母表示差异显著(t test, $P<0.05$)



不同小写字母表示差异性显著(t test, $P<0.05$)

图1 油茶叶片中的 N,P,K 相对含量

P 元素相对含量:1—6 号菌肥使用后油茶体内的 P 相对含量与对照组相比都会上升,6 号菌肥处理下 P 相对含量最高,且与 5 号菌肥处理无显著差异。5 号、6 号菌肥处理下 P 相对含量与 2 号菌肥、对照组相比具有显著性差异,1 号、3 号、4 号菌肥处理下 P 相对含量与对照组相比无显著差异,1 号、2 号、3 号、4 号菌肥处理下 P 相对含量无显著差异。

K 元素相对含量:1—6 号菌肥使用后油茶体内的 K 相对含量与对照组相比都会上升,6 号菌肥处理下 K 相对含量最高,且与其他处理组相比具有显著差异,1 号、2 号、3 号、4 号、5 号菌肥处理与对照组相比无显著差异。

3 结论与讨论

肥料对植物生长发育有至关重要的作用,与土壤营养的循环及健康状态密切相关,研究不同组合功能微生物菌肥对油茶的响应,可以了解不同组合功能微生物菌肥对油茶的影响。土壤是气候、植被、地形和土壤结构的综合反映^[13],而土壤水分作为土壤的重要组成部分,是植物生长发育、营养物质汲取的必要条件,通常用土壤含水率来表征土壤的水分状况。通过施加 6 种复合微生物菌肥,1 号、3 号、5 号菌肥与对照组相比土壤含水率显著性降低,这与李甜江等^[14]研究结果不一致,这很有可能

与微生物群落有关,本研究地土壤为花岗岩类风化的残坡积物发育的亚热带红壤^[15],可蚀性高,施肥后土壤有机质含量较高,土层中腐殖质较多^[16],使得耕作层土壤比较疏松,土壤微生物丰度大,其土壤含水量低。但是,油茶耕作层土壤含水量在一个适中范围,表明施肥后其土壤的保水性和通气性良好。精密农林业研究不可或缺的参数是土壤电导率^[17],本文结果表明 1—6 号菌肥处理下的土壤电导率均显著高于对照组,因施加菌肥后微生物大量扩散和繁殖造成了土壤可溶性离子数目较多,导致土壤电导率增加,这与许逸林等^[18]研究结果一致。研究区地处福建省清流县,属酸性红壤区,若想缓解土壤 pH,可适量补充菌肥^[19]。欲施用菌肥改良酸性土壤,因酸性土壤中存在大量酸性物质,故必须使用耐酸性微生物菌株制备微生物菌肥,筛选出效果最优菌株,并将其投入肥料生产以减少化学肥料的使用,进而减少环境污染。通过施加不同组合的微生物菌肥与空白对照样地做比较,pH 整体呈酸性,但 4 号、5 号与对照组相比有显著缓解作用。土壤 pH 从 4.07 提升到了 4.53,使油茶的生长更符合其生物学特性,这与刘应珍等^[20]研究结果一致。

研究表明不同激素对植物有不同的调控作用,张笑等^[21]曾指出 ABA 可抑制细胞伸长,促进叶子脱落;GA, IAA 与 BR 参与调控细胞伸长、分裂,促进

植物生长发育。在本试验结果中,施加不同菌肥的样地,叶内 1—6 号 GA、2 号 IAA、1—6 号 ABA 激素含量显著高于空白对照,BR 激素含量与对照无显著差异。这与袁小军等^[22]的研究结果一致,土壤中适量加施氮、钾肥可提高 IAA 含量;ABA 被认为是植物感知逆境的信息物质,施用复合微生物菌肥可显著提高油茶叶片 ABA 含量,这与罗帅等^[23]的研究结果一致。此外,在叶片中存在 GA 与 BR 的关联,BR 通过促进 GA 合成来调控植物的生长^[24]。在一定范围内合理利用氮肥,可促进油茶的光合作用,加速有机物的转化和养分的积累^[25],在本试验结果中,2 号、3 号、4 号 N 相对含量与对照相比显著上升,这与曹永庆等^[26]的研究结果总体上相符合。本文采用不同配比方式,施加复合微生物菌肥后,土壤微生物活动加强,土壤中有有机质含量变高,土壤 pH 降低速率就变小,可减缓土壤酸化进程,提高土壤 pH 值,尤以 5 号菌肥的 pH 最大。2 号、3 号、4 号菌肥配比不同,4 号菌肥配比较 2 号和 3 号菌肥更利于提高土壤的 pH。施用 5 号菌肥(Am1+G3)比对照的 pH 显著提高,说明 5 号菌肥可促进 P 吸收,相关文献也表明施用 P 肥,可显著提高试验地 pH 含量。土壤中的磷元素主要是以有机磷和无机磷的形式存在,有机磷不容易被植物体吸收,经 G3 菌肥转化后变成无机磷^[27]。油茶需要足够的磷元素来维持正常的生长发育,且福建是缺磷地区,而磷元素的获得主要依赖于油茶根系从土壤内吸收游离态无机磷,本研究通过随油茶林地施加不同的复合微生物菌肥,发现在施用 5 号和 6 号菌肥后磷含量显著上升,这也在罗东汉^[28]的研究中得到验证。钾元素是公认的植物品质元素,合理施用钾元素可以提高油茶林的抗旱性,提高油茶果的产量和品质,增加其种子含油量,降低裂果率。而钾元素的吸收依赖于氮元素和磷元素^[29],6 号菌肥与其他处理组相比具有显著差异,此结果也与黄眯等^[30]的研究相符。

综上所述,人为添加有益菌能快速培养形成优势菌群,通过施加功能性菌肥等有目的地调节土壤理化性质,进而改变油茶叶片内源激素的含量,从而协调氮、磷、钾在油茶叶片内的积累和分配,促进油茶对氮、磷、钾的吸收,尤以 5 号菌肥效果最好。5 号菌肥不仅能改变土壤微生物的营养结构,还能为作物生长提供养分,改善土壤环境,在合理范围内提升电导率和 pH,调控试验地土壤酸性,保证油茶

处于适宜生存的土壤条件,也可为花岗岩类风化的残坡积物发育的亚热带红壤地区油茶的栽培推广提供理论参考,减少化学肥料的使用,缓解土壤污染状况,活化土壤肥素,促进油茶林健康生长^[16]。但由于油茶林还处于幼苗期,短时间内对油茶增益影响较小,长期施肥将对油茶成林的影响更为显著。因此,下一步在长期施加菌肥的基础上对油茶果实大小、出籽率、含油率进行研究。

参考文献:

- [1] 陈永忠,邓绍宏,陈隆升,等.油茶产业发展新论[J].南京林业大学学报,2020,44(1):1-10.
- [2] 尹丹丹,李珊珊,吴倩,等.我国 6 种主要木本油料作物的研究进展[J].植物学报,2018,53(1):110-125.
- [3] 吴红森,张晟恺,焦艳阳,等.微生物菌肥对太子参连作障碍和药理作用的改良效应[J].中国生态农业学报,2021,29(8):1315-1326.
- [4] 葛城.第一讲 微生物肥料概述[J].土壤肥料,1993(6):43-46.
- [5] 王丹,赵亚光,马蕊,等.微生物菌肥对盐碱地枸杞土壤改良及细菌群落的影响[J].农业生物技术学报,2020,28(8):1499-1510.
- [6] 李青,胡冬南,张慧,等.不同类型肥料对油茶春梢生长和果实指数及果实产量的影响[J].经济林研究,2012,30(4):36-40.
- [7] 李振纪.油茶适生环境的调查研究[J].湖南林业科技,1982(4):31-35.
- [8] 张万儒,杨光澄,屠星南.中华人民共和国林业行业标准——森林土壤分析方法[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [9] 陈富伟,李伟.土壤酸碱度、含水量和有机质测量方法对比[J].云南化工,2020,47(8):4-6.
- [10] 吴颂如,陈婉芬,周燮.酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素[J].植物生理学通讯,1988(5):53-57.
- [11] 尹希杰,刘维维,王永涛,等.元素分析-同位素质谱联用测定微量氮元素同位素方法研究[J].质谱学报,2021,42(3):346-352.
- [12] 郝学宁.原子吸收光谱法在土壤农化分析中的应用[J].青海科技,2006(6):51-52.
- [13] 王忠云,宋燕平,喻阳华,等.石漠化地区土壤含水率的动态变化特征及其影响因素[J].西南农业学报,2021,34(3):591-596.
- [14] 李甜江,胡志芳,戴益源,等.配方施肥对凤庆红花油茶幼林林分土壤的影响[J].西部林业科学,2018,47(1):86-91.
- [15] 张红雪,赵壮,王晓朋,等.生物炭对亚热带红壤水稳性团聚体及其碳、氮分布的影响[J].中国土壤与肥料,2020(6):27-33.
- [16] 罗汉东,牛德奎.油茶种植与管理初探[J].绿色科技,2016(5):62.

(下转第 38 页)

(6)开展樟树害虫生态调控研究,利用生态系统对病虫害的自然控制功能,适地适树,合理种植,丰富城市绿地植物种类多样性,增强城市园林绿地生态系统的弹性,优化樟树等园林树木生长环境,提高抵御病虫害侵染能力。

参考文献:

- [1] 李振华,温 强,戴小英,等.樟树资源利用现状与展望[J].江西林业科技,2007(6):30-33,36.
- [2] 郑永杰,邱凤英,陈彩慧,等.樟树 1949-2015 年的研究历程与进展[J].南方林业科学,2017,45(3):49-52.
- [3] 张 峰.樟树枝叶制取精油的剩余物中活性成分及其生物活性研究[D].北京:中国林业科学研究院,2018.
- [4] 肖 红.广东省樟科乡土观赏树种资源与评价[D].广州:华南农业大学,2009.
- [5] 杨鼎超,衷诚明,郭铎艳,等.我国樟树病害分布及防治研究进展[J].生物灾害科学,2018(3):176-183.
- [6] 王 勇,曾菊平.江西樟树害虫的发生、危害特点与 IPM 策略[J].生物灾害科学,2013(3):304-315.
- [7] 董伦鲜.闽东地区香樟人工林常见病虫害及其防治[J].甘肃农业科技,2016,(7):91-92,93.
- [8] 赵丹阳,秦长生,廖仿炎,等.广东省樟树有害生物调查及主要种类危害特点[J].中国森林病虫,2016(6):21-26.
- [9] 章秋林,马金德,巫佳黎,等.生物药剂防治樟萤叶甲幼虫试验[J].中国森林病虫,2015,34(2):46,34.
- [10] 尹安亮,张家胜,赵俊林,等.樟蚕生物学特性及防治方法[J].中国森林病虫,2008,27(1):18-20.
- [11] 纪丹虹,纪燕玲.汕头香樟主要害虫发生情况及防控技术[J].防护林科技,2019(8):92-93.
- [12] 林曦碧.我国樟树害虫的 4 个新记录种[J].亚热带农业研究,2020,16(3):210-215.
- [13] 鲁雯敏,高 磊,朱 烨,等.樟树叶部害虫圆率管蓟马在上海首次发现[J].中国森林病虫,2020,39(1):28-31.
- [14] 黄俊浩,吴时英,高 磊,等.中国新记录种——香樟齿喙象的鉴别与为害[J].浙江农林大学学报,2014,31(5):764-767.
- [15] 李红梅,万 敏,顾 蕊,等.基于文献计量学的重大入侵害虫草地贪夜蛾的研究动态分析[J].植物保护,2019,45(4):34-42.
- [16] 刘雨芳,赵文华,阳 菲,等.基于 CNKI 分析的我国农田捕食性昆虫资源与应用[J].应用昆虫学报,2020, 57(1):70-79.
- [17] 刘亦农.城市园林景观植物樟树栽培技术[J].世界热带农业信息,2020,519(9):15-16.
- [18] 李淑婷,雷 耘,罗小雨,等.都市残存林中樟树群落类型及物种多样性分析[J].华中师范大学学报(自然科学版),2017,4(174):68-75.
- [19] 周韦成.上海地区樟树常见病害发生特点及其防治技术[J].上海农业科技,2019, 373(1):121-124.
- [20] 吴时英.上海浦东地区香樟主要虫害发生与综合防治技术研究[D].南京:南京农业大学,2005.
- [17] 季 淮,韩建刚,李萍萍,等.洪泽湖湿地植被类型对土壤有机碳粒径分布及微生物群落结构特征的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(1):141-150.
- [18] 许逸林,朱 雯,戚嘉敏,等.油茶林地土壤电导率与其养分含量的相关性[J].经济林研究,2016,34(3):126-129.
- [19] 江仲鹏,郑婉铮,李丽红,等.红壤退化地杨梅林土壤对养分补偿的响应[J].福建林业科技,2021, 48(1):1-7.
- [20] 刘应珍,邹天才,郭 嫚,等.不同配方施肥对油茶生长发育及其生理特性的影响[J].贵州科学,2009, 27(2): 61-66.
- [21] 张 笑,宋敏丽.外源脱落酸对干旱胁迫下谷子生长及生理特性的影响[J].太原师范学院学报(自然科学版),2020,19(4), 91-96.
- [22] 袁小军,周幼成,吴喜昌,等.氮磷钾配比施肥对油茶花芽生长及分化的影响[J].经济林研究,2019, 37(3): 1-8,36.
- [23] 罗 帅.施肥对油茶花芽分化及生理生化特性的影响[D].北京:中国林业科学研究院,2018.
- [24] 付 祥.赤霉素与油菜素内酯均参与调控纤维素合成[D].沈阳:沈阳大学,2020.
- [25] 李凤娇,邹小红,李 科,等.不同氮浓度对油茶幼苗光合特性的影响[J].江西农业大学学报,2020,42(6):1167-1175.
- [26] 曹永庆,任华东,王开良,等.油茶叶片氮磷钾含量与经济性状的相关分析[J].林业科学研究,2021,34(1):165-172.
- [27] 马晓丽.拟南芥 G3Pp1/2/3 基因低磷条件下的表达分析和叶片衰老研究[D].西安:西北大学,2020.
- [28] 罗汉东.不同磷水平施肥对油茶生长及土壤环境动态影响[D].南昌:江西农业大学,2017.
- [29] 曾建华,潘孝忠,张冬明,等.海南成林油茶氮磷钾肥配比与施用量的优化[J].贵州农业科学,2020,48(10):34-37.
- [30] 黄 眯,辛伟年,雷小林,等.氮磷钾不同比例对油茶幼林根际土壤细菌群落结构的影响[J].南方林业科学,2021,49(2):32-36.

(上接第 32 页)