

◆ 生物科学 ◆

不同氮素形态肥料对油茶春梢生长的影响^{*}冯名开¹,李兰兰¹,颜妙珍¹,周歧伟²,袁高庆³,潘晓芳¹,赖家业^{2**}

(1. 广西大学林学院,广西南宁 530004;2. 广西大学农牧产业发展研究院,广西南宁 530004;3. 广西大学农学院,广西南宁 530004)

摘要:为了给油茶林合理施肥管理提供科学依据,本研究以 13 a 生“岑软 3 号”油茶(*Camellia oleifera*) 树为研究对象,以不施肥作为空白对照,以不加氮肥作为无氮对照,研究相同施氮量下硝态氮肥、铵态氮肥、酰胺态氮肥以及 3 种形态氮素 1:1:1 混合态氮肥对油茶春梢形态及生理的影响。结果显示,与空白对照相比,混合态氮对春梢数量、春梢长度、春梢直径的增加幅度最大,分别提高 33.74%、71.97%、27.86%;混合态氮和硝态氮明显提高了叶片总氮、总磷和全钾的积累量,其中总氮增加幅度分别为 60.58%、53.49%,总磷增加幅度分别为 26.60%、37.23%,全钾增加幅度分别为 34.31%、42.80%;混合态氮和硝态氮对春梢中有机物的增加幅度较大,可溶性糖分别增加 17.66%、17.90%,可溶性蛋白分别增加 10.74%、7.96%;施氮肥能显著增加油茶叶片酶活性,其中混合态氮的增加幅度最大,超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶的活性分别比对照增加 26.78%、209.26%、30.09%;施氮肥还能提高油茶对弱光的利用效率与光合速率,其中以混合态氮的作用最为显著。以上结果表明,油茶树春梢萌发前施加氮肥对春梢的生长有促进作用,同等含氮量下不同形态氮肥对油茶春梢生长的作用排序为混合态氮肥>硝态氮肥>铵态氮肥>酰胺态氮肥。

关键词:油茶 施肥 氮素形态 春梢生长 养分含量 光合特性

中图分类号: B220.45 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2022)01-0201-08

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20220311.003

油茶(*Camellia oleifera*)是我国主要的木本油料作物之一。茶油中的不饱和脂肪酸和维生素 E 含量较高,是一种绿色天然、优质的食用植物油,因其保健价值高而被称为“东方橄榄油”^[1]。我国油茶的主栽培区为湖南、江西、广西,各主栽培省区的种植面积

和研究投入逐年增加,在油茶良种选育、栽培和采收加工等方面取得一定的成效^[2]。但在油茶实际生产过程中,由于营林措施粗放,普遍存在落果严重、坐果率低以及大小年现象严重,导致油茶单位面积产量低,经济效益不高^[3]。有研究表明,90%以上的油茶

收稿日期:2021-11-24

^{*} 广西重大科技专项“油茶园艺化栽培关键技术研究”课题(桂科 AA20302021-2)资助。

【作者简介】

冯名开(1993-),男,在读硕士研究生,主要从事油茶生态种植研究。

【通信作者】**

赖家业(1964-),男,博士,教授,主要从事生态学和森林培育研究,E-mail:laijiayie@126.com。

【引用本文】

冯名开,李兰兰,颜妙珍,等.不同氮素形态肥料对油茶春梢生长的影响[J].广西科学,2022,29(1):201-208.

FENG M K, LI L L, YAN M Z, et al. Effects of Different Nitrogen Form Fertilizers on Spring Shoot Growth of *Camellia oleifera* [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(1): 201-208.

当年的春梢为第2年的结果枝,春梢的生长质量对油茶成林的产量起到关键性的作用^[4],春梢生长期间若不能及时补充养分就会容易导致春梢发育不良以及严重落果^[5,6],如何适时适度促进油茶春梢生长是油茶生产中面临的实际问题。

在已有的文献中,比较集中地报道了不同肥料类型及配比对油茶春梢生长的影响。刘应珍等^[7]在幼龄油茶施肥研究中发现,单独施加氮肥比氮磷钾混施更有利于当年生春梢的生长。朱丛飞等^[8]在氮磷钾的施肥量对油茶生长的研究中发现,随着氮素施加量增多,幼树的叶片叶绿素积累量也随之增加,多施氮肥氮素能促进油茶的生长。胡玉玲等^[9]研究表明,油茶春梢长度主要受施肥时间与氮肥的影响,而与磷钾元素的相关性较小。可见氮元素是油茶春梢的主导因子,而植物从土壤中吸收的氮肥主要有硝态氮和铵态氮两种氮素形式,硝态氮与铵态氮对植物有不同的调控效应^[10]。

油茶春梢发育后期便开始花芽的生理分化,肥效持续时间过长容易导致春梢贪青晚熟,不利于花芽分化^[11],而水溶肥具有供肥迅速、肥效短的特点,因此比固体肥更适合追肥。目前,不同形态氮元素的水溶肥对油茶成龄树的春梢形态、养分及生理的研究鲜有报道,本文以“岑软3号”油茶为研究对象,通过在春梢萌发前施用不同氮形态的水溶肥配方,分析春梢生长量、春梢叶片的养分积累情况与光合特性,以期摸清油茶春梢期需肥特点,为油茶高效施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验地概况

试验地位于广西壮族自治区河池市环江毛南族自治县油茶生产示范基地(108°07'26" E, 25°06'03" N)。海拔450 m,该地气候类型为亚热带季风气候,气候温和,夏季雨水充沛。山地坡度25-30°,属典型的喀斯特地貌。年平均气温15.7℃;1月平均气温10.1℃,7月平均气温28℃;历年最低气温-5.2℃,无霜期290 d;全年太阳辐射量为 4.17×10^6 kJ/m²。降雨集中于4-9月份,约占全年降水量的70%,年平均降水量为1750 mm,空气平均相对湿度77%。土壤为黄红壤,土层深度多为40-60 cm,少部分薄于30 cm,小石砾较多,油茶林地根区土壤(0-40

cm)的养分情况如下:总氮含量0.93 g/kg,总磷含量0.38 g/kg,全钾含量1.97 g/kg,有机质含量4.3%,pH值5.0-6.0。

1.1.2 材料

2021年3月在河池市环江毛南族自治县油茶科技小院油茶基地内选13年生丰产期的“岑软3号”油茶作为实验材料,株行距2.5 m×3 m,树高1.7-2.5 m,冠幅直径1.5-2.2 m,地径7.0-9.5 cm,生长状况正常的无病害植株,试验所用试剂均为分析纯试剂。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

2021年3月5日,对试验样株采用液体浇灌的方式进行施肥,试验所用液体肥料均为分析纯试剂,按表1配方加入5 L自来水配置而得。试验采用单因素随机区组设计,分别设计微量元素(T1)、微量元素+硝态氮(T2)、微量元素+铵态氮(T3)、微量元素+酰胺态氮(T4)、微量元素+硝态氮+铵态氮+酰胺态氮(T5)共5个施肥处理和1个空白对照(CK),T2-T5处理每株树施氮量为46.62 g,各试验组单株施肥量见表1。在坡长200 m的山坡上坡段、中坡段以及下坡段各设置1个区组,每个处理9株油茶树。区组间间隔6行,处理间间隔1行。施肥前清除林下杂草,沿着油茶冠幅2/3的区域挖深度为10 cm的环状沟,将液体肥料均匀淋在施肥沟内后覆盖土壤。试验过程中每月进行除草管护。

1.2.2 指标测定

在2021年5月28日油茶春梢发育成熟后采集样品与测定指标,每个处理随机挑选3株油茶树,在东、西、南、北4个方向上各挑选3根长势好的一年生枝条,以该枝条上春梢作为油茶春梢的指标。统计选定枝条的春梢数,用游标卡尺测量顶春梢基部直径作为春梢直径,用直尺测量顶春梢基部到顶芽基部作为春梢长度。分别采集顶春梢、一级侧春梢、二级侧春梢从上往下数第4-5片成熟叶,混合均匀后,一部分放冰盒保存,带回实验室后取出少量无破损的鲜叶用于测定总叶绿素含量;剩余部分烘干粉碎用于测定总氮、总磷、全钾;一部分叶片采摘后马上放入液氮罐中保存,带回实验室用于测定可溶性糖、可溶性蛋白、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)。

表 1 不同处理单株施肥情况(g)

Table 1 Fertilization of single plant under different treatments (g)

施肥处理 Fertilization treatment	EDTA- FeNa ₂ · 3H ₂ O	MnSO ₄	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	(NH ₄) ₂ SO ₄	CH ₄ N ₂ O
CK	0	0	0	0	0
T1	4.61	18.86	0	0	0
T2	4.61	18.86	387.86	0	0
T3	4.61	18.86	0	220.41	0
T4	4.61	18.86	0	0	100
T5	4.61	18.86	129.29	73.47	33.33

总氮测定用凯氏法,总磷测定用磷钼蓝比色法,全钾测定用火焰光度法^[12]。可溶性糖的含量测定用蒽酮比色法;可溶性蛋白的含量测定用考马斯亮蓝 G-250 染色法;总叶绿素含量测定用乙醇-丙酮提取法^[5];过氧化物酶活性测定用愈创木酚法;超氧化物歧化酶活性测定用氮蓝四唑光化还原法;过氧化氢酶活性测定用紫外吸收法;油茶的光响应曲线使用 Li-6400 光合测定仪测定当年生的顶春梢上第 5 片成熟叶。测定光响应曲线的光照强度变化梯度依次为 0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、1 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1.3 数据处理与统计分析

采用 Excel 2019 及 SPSS 23.0 软件对试验数据进行方差分析和多重比较,光合数据使用双曲线修正模型拟合计算。

2 结果与分析

2.1 不同处理对油茶春梢形态特征的影响

春梢数量、春梢长度、春梢直径的单因素方差分析结果如表 2 所示。与 CK 处理相比,T1 处理春梢数量减少 2.80%,T2 - T5 处理分别增加 21.92%、11.33%、12.30%、33.74%,说明施加氮肥能促进油茶春梢数量的增长。在 6 个处理中,油茶春梢数量排序为混合态氮肥>硝态氮肥>酰胺态氮肥>铵态氮肥,其中 T5 处理能显著促进油茶春梢数量增长($P < 0.05$)。各施肥处理均对春梢长度有促进作用,T1 - T5 处理与 CK 处理相比,春梢长度分别增长

4.52%、52.08%、54.07%、43.49%、71.97%,其中 T5 处理为(19.02 ± 2.02) cm,且与其他 5 个处理间均存在显著差异($P < 0.05$)。T2 处理和 T3 处理间差异不显著($P > 0.05$),CK 处理与其他 5 个处理均存在显著差异($P < 0.05$)。说明混合态氮肥对春梢长度的增长效果最佳,而硝态氮与铵态氮的作用相差不大,酰胺态氮的影响较小。对春梢直径而言,T1 处理较 CK 处理减少 1.00%,T2 - T5 处理分别增加 18.41%、17.91%、9.95%、27.86%,T5 处理对油茶春梢直径的增长效果最佳,高达(2.57 ± 0.18) mm,且与其他 5 个处理间差异显著($P < 0.05$),可见施加氮肥有利于春梢的增粗。以上结果表明,施加氮肥对春梢形态有显著的促进作用,在春梢数量、春梢长度、春梢直径表现为混合态氮肥优于单一态氮肥,在单一氮肥的作用中硝态氮肥>铵态氮肥>酰胺态氮肥。

表 2 不同处理对油茶春梢形态特征的影响

Table 2 Effects of different treatments on morphological characteristics of spring shoots of *Camellia oleifera*

施肥处理 Fertilization treatment	春梢数量(条) Number of spring shoots (piece)	春梢长度(cm) Length of spring shoots (cm)	春梢直径(mm) Diameter of spring shoots (mm)
CK	8.21 ± 1.45 ^d	11.06 ± 1.77 ^e	2.01 ± 0.21 ^d
T1	7.98 ± 1.28 ^d	11.56 ± 1.95 ^d	1.99 ± 0.17 ^d
T2	10.01 ± 1.46 ^b	16.82 ± 1.72 ^b	2.38 ± 0.18 ^b
T3	9.14 ± 1.38 ^c	17.04 ± 2.01 ^b	2.37 ± 0.19 ^b
T4	9.22 ± 1.37 ^c	15.87 ± 1.68 ^c	2.21 ± 0.19 ^c
T5	10.98 ± 1.49 ^a	19.02 ± 2.02 ^a	2.57 ± 0.18 ^a

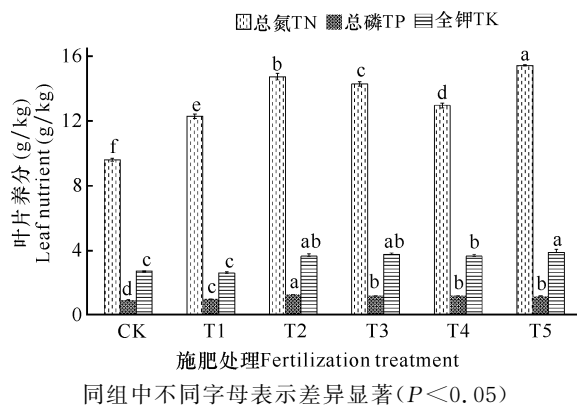
注:同列中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different letters in the same column show significant differences ($P < 0.05$)

2.2 不同处理对油茶春梢叶片养分含量的影响

不同处理对油茶春梢叶片养分含量的结果如图 1 所示。不同施肥处理的总氮含量较 CK 对照均有

不同程度的增加, T1 - T5 处理分别增加 27.84%、53.49%、48.70%、34.93%、60.58%。在所有处理中, T5 处理对春梢叶片总氮的积累作用最大, 达 15.40 g/kg; CK 处理中春梢叶片总氮含量为 9.59 g/kg, 其积累效应最小; 且不同处理间均存在显著差异 ($P < 0.05$)。T2 处理对油茶春梢叶片磷元素积累作用最佳, 达 1.29 g/kg; CK 处理的油茶春梢叶片磷含量最小, 其值为 0.94 g/kg。多重比较结果表明, T2、T3 和 T4 这 3 个处理间差异不显著 ($P > 0.05$), T5 与其他 5 个处理间以及 CK 与其他 5 个处理间有显著差异 ($P < 0.05$)。T5 处理全钾含量最高, 其值为 3.88 g/kg; 而 T1 处理含量为 2.60 g/kg, 处于最低水平。多重比较结果表明, T2、T3 分别与 T4、T5 处理无显著性差异 ($P > 0.05$), 而 T4 和 T5 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。以上分析结果表明, 施肥有利于春梢叶片矿质养分的积累, 不同氮素形态肥料效果存在明显差异, 氮元素的积累以 3 种氮形态混施效果最好, 硝态氮对磷钾的积累最有利。酰胺态氮对油茶春梢叶片中氮磷钾的积累量最小, 但相对于未施加氮肥的对照而言, 仍提高了叶片矿质养分的积累。



Different letters in the same group show significant differences ($P < 0.05$)

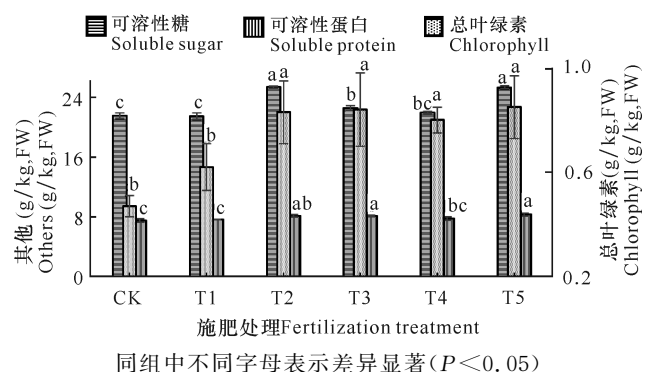
图 1 不同处理对油茶春梢叶片养分含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on nutrient content of spring shoot leaves of *C. oleifera*

2.3 不同处理对油茶春梢叶片主要有机物质含量的影响

不同处理对油茶春梢叶片主要有机物质含量的影响如图 2 所示。T5 处理总叶绿素含量高达 0.85 g/kg FW, 而 CK 处理最低, 仅有 0.45 g/kg FW。T1 - T5 处理较 CK 对照分别增加 30.28%、76.60%、78.72%、70.21%、88.89%。施氮肥能显著增加油茶春梢叶片总叶绿素的含量 ($P < 0.05$), 不同氮肥间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明施加氮肥对叶绿

素含量有显著的增加效应。各处理可溶性糖含量排序为 T2 > T5 > T3 > T4 > CK > T1。CK 处理的可溶性糖含量为 21.57 g/kg, 与 CK 处理相比, 施加氮肥的 T2 和 T5 处理对油茶春梢可溶性糖含量的提高幅度较大, 分别提升 17.90%、17.66%, 其值分别为 25.43 g/kg 和 25.38 g/kg, 说明硝态氮及混合态氮有利于提高可溶性糖含量。多重比较分析结果表明, T3、CK 均与 T4 处理差异不显著 ($P > 0.05$), 而 T5 与 T3、T4 处理间存在显著差异 ($P < 0.05$)。说明酰胺态氮对油茶叶片可溶性糖含量积累的影响较小。对可溶性蛋白而言, T5 处理最高, 其值为 8.35 g/kg; CK 处理最低, 其值为 7.54 g/kg。可溶性蛋白含量增加明显的 3 组排序为 T5 > T3 > T2, 较 CK 对照分别提高 10.74%、8.36%、7.96%。多重比较结果表明, T3、T4、T5 和 T2 处理间均差异不显著 ($P > 0.05$), 而 T5 与 T4 处理间存在显著差异 ($P < 0.05$)。综上分析可知, 不同氮素形态对春梢主要有有机物质含量提高有明显作用, 总体而言混合态氮最好, 其次是硝态氮, 再次是铵态氮, 酰胺态氮的提升效果较差。



Different letters in the same group show significant differences ($P < 0.05$)

图 2 不同处理对油茶春梢叶片主要有机物质含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on main organic matter of spring shoot leaves of *C. oleifera*

2.4 不同处理对油茶春梢叶片保护酶活性的影响

不同处理对油茶春梢叶片保护酶活性的影响如表 3 所示。不同处理的 SOD 活性排序为 T5 > T2 > T3 > T4 > T1 > CK, 其中 T5 处理含量为 $(0.800 \pm 0.057) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 与 CK 处理相比提升 26.78%; 而 CK 处理含量仅为 $(0.631 \pm 0.031) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。多重比较结果表明, CK 与 T4 处理间以及 T5、T2 和 T3 这 3 个处理间差异不显著 ($P > 0.05$), 而 T5 与 T4 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

说明施加混合态氮肥对 SOD 活性影响最大, 施加硝态氮与铵态氮肥之间相差不大, 酰胺态氮的作用小于硝态氮或者铵态氮。不同处理的 POD 活性排序为 T5>T2>T4>T3>T1>CK, 其中 T5 处理含量为 $(5.01 \pm 0.29) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 较 CK 处理提升 209.26%, 而 CK 处理含量仅为 $(1.62 \pm 0.48) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。施加氮肥的各处理 POD 活性均远高于不施加氮肥的处理, 说明施加氮肥对油茶春梢叶片 POD 活性具有促进作用, 但不同氮形态肥料间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。不同氮肥形态处理中 CAT 活性以 CK 处理最低, 其值为 $(46.36 \pm 3.15) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; T5 处理最高, 达到 $(60.31 \pm 4.96) \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 相较于 CK 处理提升 30.09%, T5 与 CK 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。CAT 活性排序为 T5>T2>T3>T4>T1>CK, 表明施加混合态氮、硝酸态氮、铵态氮均能显著提高油茶春梢 CAT 的活性, 酰胺态氮对过氧化氢酶的活性有促进作用, 但未达到显著水平。

由此发现, 不同处理间 CAT 活性与 SOD 活性的排序规律高度一致, 表明油茶正常生长发育过程中自由基生成与消除之间的平衡需要 CAT 与 SOD 的共同作用。本试验中施加氮肥均能提高叶片中抗逆性酶的活性, 其中施用混合态氮的酶活性均高于其他处理, 表明春梢生长发育过程中氮肥对自由基的清除效果为混合态氮的增强效应强于施加单一氮形态的氮肥, 硝态氮与铵态氮的作用次之, 再次是酰胺态氮。

表 3 不同处理对油茶春梢叶片保护酶的影响 ($\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)

Table 3 Effects of different treatments on protective enzymes in spring shoot leaves of *C. oleifera* ($\text{U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)

施肥处理 Fertilization treatment	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity	CAT 活性 CAT activity
CK	0.631 ± 0.021^c	1.62 ± 0.48^b	46.36 ± 3.15^c
T1	0.690 ± 0.031^{bc}	1.90 ± 0.34^b	50.65 ± 1.50^{bc}
T2	0.762 ± 0.028^{ab}	4.71 ± 0.60^a	56.01 ± 3.22^{ab}
T3	0.727 ± 0.053^{ab}	4.24 ± 0.74^a	55.66 ± 5.47^{ab}
T4	0.701 ± 0.036^{bc}	4.26 ± 0.62^a	52.19 ± 1.82^{bc}
T5	0.800 ± 0.057^a	5.01 ± 0.29^a	60.31 ± 4.96^a

注: 同列中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different letters in the same column show significant differences ($P < 0.05$)

2.5 不同处理对油茶春梢叶片光合特性的影响

由图 3 和表 4 可知, 不同处理对油茶春梢叶片暗呼吸速率影响较小, 均在 $0.59 - 1.99$

$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。不同处理间光补偿点 T5 处理最小, 其值为 $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; CK 处理最大, 其值为 $86 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。各施肥处理的光补偿点均小于 CK, 表明施肥处理能提高油茶对弱光的利用效率, 其中 T5 处理对弱光的利用能力最强。不同处理的最大净光合速率排序为 T5>T2>T3>T1>T4>CK, T5 处理为 $8.59 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 较 CK 处理增长 66.80%, 说明施氮肥有利于提高油茶对中强光的利用效率, 不同氮肥对提高油茶净光合速率的排序为混合态氮>硝态氮>铵态氮>酰胺态氮。

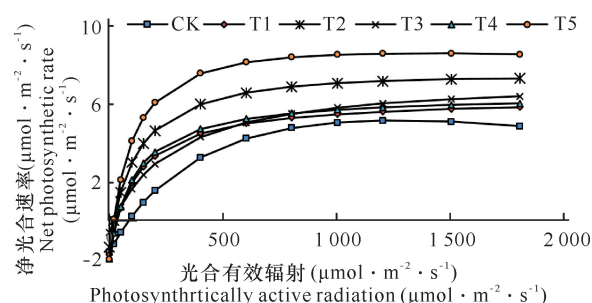


图 3 不同处理对油茶春梢叶片光响应曲线的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on light response curve of spring shoot leaves of *C. oleifera*

表 4 不同处理对油茶春梢叶片光合参数的影响 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Table 4 Effects of different treatments on photosynthetic parameters of spring shoot leaves of *C. oleifera* ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

施肥处理 Fertilization treatment	暗呼吸速率 Dark respiration rate	光补偿点 Light compensation point	光饱和点 Light saturation point	最大净光合速率 Maximum net photosynthetic rate
CK	1.62	86	1 266	5.15
T1	1.74	33	1 569	6.32
T2	1.36	20	1 466	7.32
T3	0.59	21	1 639	6.70
T4	1.95	33	1 676	6.25
T5	1.99	19	1 355	8.59

2.6 油茶春梢各指标的相关性分析

油茶春梢各指标的相关性分析结果如表 5 所示。春梢各指标两两之间存在正相关关系, 其中春梢叶片矿质养分的积累量、春梢叶片抗逆性酶及活性物质的含量三者间除可溶性糖与总叶绿素, CAT 与可溶性蛋白为显著正相关外, 其他指标间均存在极显著正相关关系。总氮与其他指标均存在显著正相关或者极显著正相关关系, 说明氮元素是油茶春梢生长最关键

的因子,其中与总氮相关系数较大的是 POD 含量 SOD 含量(相关系数为 0.827)。(相关系数为 0.864)、总磷含量(相关系数为 0.859)、

表 5 油茶春梢形态生长指标和养分积累及活性物质与酶的相关性分析

Table 5 Results of correlation analysis between morphological growth indexes and nutrient accumulation, active substances and enzymes of *C. oleifera* spring shoots

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.000											
2	0.409**	1.000										
3	0.472**	0.629**	1.000									
4	0.536*	0.698**	0.592**	1.000								
5	0.385	0.665**	0.795**	0.859**	1.000							
6	0.405	0.846**	0.838**	0.825**	0.875**	1.000						
7	0.208	0.582*	0.657**	0.806**	0.838**	0.783**	1.000					
8	0.621**	0.666**	0.469*	0.782**	0.710**	0.661**	0.584*	1.000				
9	0.645**	0.667**	0.527*	0.817**	0.810**	0.716**	0.637**	0.737**	1.000			
10	0.629**	0.611**	0.419	0.827**	0.663**	0.630**	0.669**	0.757**	0.644**	1.000		
11	0.587*	0.752**	0.781**	0.864**	0.885**	0.910**	0.759**	0.710**	0.792**	0.681**	1.000	
12	0.375	0.583*	0.454	0.801**	0.666**	0.707**	0.703**	0.654**	0.589*	0.799**	0.673**	1.000

注:1 表示春梢数量;2 表示春梢直径;3 表示春梢长度;4 表示总氮;5 表示总磷;6 表示总钾;7 表示总叶绿素;8 表示可溶性糖;9 表示可溶性蛋白;10 表示 SOD 活性;11 表示 POD 活性;12 表示 CAT 活性。* 表示差异性显著($P < 0.05$), ** 表示差异性极显著($P < 0.01$)

Note:1 indicates number of spring shoots;2 indicates spring shoot diameter;3 indicates spring shoot length;4 indicates TN;5 indicates TP;6 indicates TK;7 indicates chlorophyll;8 indicates soluble sugar;9 indicates soluble protein;10 indicates SOD activity;11 indicates POD activity;12 indicates CAT activity. * indicates significant differences ($P < 0.05$) and ** indicates very significant differences ($P < 0.01$)

3 讨论

油茶是以产出茶油为目的的经济林树种,其中施肥管理是林地经营管理中很重要的一项,施肥有利于油茶在生长发育过程中对矿质元素的吸收与积累,为提高坐果率打下基础。而春梢是油茶最主要的挂果枝,同时也是油茶最主要的营养源,春梢的良好生长状态是油茶林地经济效益的保障^[13]。本研究对 CK、T1、T2、T3、T4、T5 这 6 个处理间春梢的形态特征、矿质养分、主要有机物以及抗逆性酶进行分析,结果表明,施加氮肥对油茶春梢各个指标有促进作用,且与不施加氮肥处理相比有显著性差异,这与罗汉东等^[14]的研究结果一致,说明抽春梢前 15 d 施氮肥对油茶春梢的生长发育有促进作用,作用机理可能是施加氮肥后植物从土壤中吸收的矿质养分增多,促进了矿质元素在植物体内的积累,进而可以合成更多的可溶性蛋白、可溶性糖及叶绿素,促进植物生长。

通过对比 T2、T3、T4 处理可以发现,相同施氮量下,油茶春梢叶片总叶绿素含量与 POD 活性不受氮肥形态的影响,酰胺态氮对各指标的积累效应较

小,其中叶片总氮含量显著小于硝态氮与铵态氮。这可能与植物对不同氮素吸收利用的生理过程不同有关,植物根部对硝态氮能大量吸收并转移到叶片后还原与同化^[15],而根系对铵态氮吸收量与根系有机酸含量正相关^[16],植物可以直接利用少量酰胺态氮,剩余大量的酰胺态氮需要土壤微生物分泌脲酶将其转化为铵态氮后才能被植物吸收利用^[17]。植物对氮素形态的吸收利用过程不同,从而影响植物的生理活动强弱^[18];而混合态氮的综合效应最好,这与李先信等^[19]的研究结果一致,可能与根系对混合态氮的吸收不影响根际环境 pH、油茶根系内各类酶能保持较高活性有关。而汤丹丹等^[20]对茶树的研究发现,叶片中的大量元素积累量表现为铵态氮 > 混合态氮 > 硝态氮;代新俊等^[21]在研究小麦时也得到酰胺态氮的吸收效率高于硝态氮与铵态氮的结论,这与本研究结论不一致,可能与不同植物、不同品种对氮素形态的偏好与分配利用存在较大差异有关。

4 结论

油茶春梢萌动前 15 d 施加氮肥对油茶春梢生长

具有显著影响,在相同的氮素施加量下,不同氮素肥料对春梢的促进作用综合评价为混合态氮肥(硝态:铵态:酰胺态=1:1:1)>硝态氮肥>铵态氮肥>酰胺态氮肥。在实际生产中可以选择多种氮元素形态复合的肥料作为促进油茶生长的肥源,有利于提高肥料的利用效率,促进油茶高效生产。春梢的生长离不开养分供应与水分运输,还受土壤、气候、林龄等诸多因子的制约,并且各个生态因子并不是单独起作用,它们之间存在交互作用,因此本试验仅仅探索了不同氮肥形态对春梢的影响,下一步需要对其他元素以及不同的水平进行研究。

参考文献

- [1] 王瑞,陈永忠.我国油茶产业的发展现状及提升思路[J].林业科技开发,2015,29(4):6-10.
- [2] 梁国校,陈国臣,马锦林,等.广西油茶产业现状与发展对策[J].广西林业科学,2018,47(3):365-368.
- [3] 贾婷婷.利用库源关系调控油茶大小年技术研究[D].北京:北京林业大学,2018.
- [4] 胡冬南,涂淑萍,刘亮英,等.氮、磷、钾和灌水用量对油茶春梢生长的影响[J].林业科学,2015,51(4):148-155.
- [5] 黄涛.油茶配方施肥技术研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [6] 李安亮,陈永忠,王瑞.油茶施肥技术研究进展[J].中国农学通报,2015,31(31):36-40.
- [7] 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.
- [8] 朱丛飞,华思德,冯杰,等.不同氮磷钾配方施肥对油茶幼苗生长及土壤养分含量的影响[J].福建农业学报,2017,32(6):613-618.
- [9] 胡玉玲,姜佳艳,王祖华,等.不同施肥技术对油茶树体和春梢生长的影响[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2021,42(1):127-134.
- [10] Brien J A O, VEGA A, BOUGUYON E, et al. Nitrate transport, sensing, and responses in plants [J]. *Molecular Plant*, 2016, 9(6): 837-856.
- [11] 陈隆升,罗佳,陈永忠,等.油茶果实生长高峰期养分分配特征[J].中南林业科技大学学报,2019,39(4):11-15.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [13] 彭邵锋,陈永忠,马力,等.油茶产业主要经营模式及其影响因素[J].林业科技开发,2012,26(5):1-8.
- [14] 罗汉东,朱丛飞,江亮波,等.不同模式施肥对油茶叶片生长及其养分含量的影响[J].经济林研究,2016,34(3):148-152.
- [15] 孙敏红,卢晓鹏,曹雄军,等.不同氮素形态培养对枳橙幼苗硝酸还原酶活性及相关基因表达的影响[J].果树学报,2017,34(4):410-417.
- [16] 郭小芳.浅谈植物对铵、硝态氮的相对吸收能力[J].中国农资,2011(6):45.
- [17] WITTE C P, TILLER S A, TAYLORET M A, et al. Leaf urea metabolism in potato. urease activity profile and patterns of recovery and distribution of ^{15}N after foliar urea application in wild-type and urease-antisense transgenics1 [J]. *Plant Physiology*, 2002, 128(3): 1129-1136.
- [18] 曹翠玲,李生秀.氮素形态对作物生理特性及生长的影响[J].华中农业大学学报,2004,23(5):581-586.
- [19] 李先信,黄国林,陈宏英,等.不同形态氮素及其配比对脐橙生长和叶片矿质元素含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2007,33(5):622-625.
- [20] 汤丹丹,刘美雅,张群峰,等.不同氮素形态、pH对茶树元素吸收及有机酸含量影响[J].茶叶科学,2019,39(2):159-170.
- [21] 代新俊,杨珍平,陆梅,等.不同形态氮肥及其用量对强筋小麦氮素转运、产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2019,25(5):710-720.

Effects of Different Nitrogen Form Fertilizers on Spring Shoot Growth of *Camellia oleifera*

FENG Mingkai¹, LI Lanlan¹, YAN Miaozen¹, ZHOU Qiwei², YUAN Gaoqing³,
PAN Xiaofang¹, LAI Jiaye²

(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Institute of Agriculture and Animal Husbandry Development, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 3. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

Abstract: In order to provide a scientific basis for the rational fertilization management of *Camellia oleifera* forest, the 13-year-old "Cenruan No. 3" *C. oleifera* tree were taken as the research objects, and no fertilization was used as the blank control and no nitrogen fertilizer was used as the non-nitrogen control. The effects of nitrate nitrogen fertilizer, ammonium nitrogen fertilizer, amide nitrogen fertilizer and three forms of nitrogen fertilizer (1 : 1 : 1) on the morphology and physiology of spring shoots of *C. oleifera* under the same nitrogen application rate were studied. The results showed that compared with the blank control, the mixed nitrogen had the largest increase in the number, length and diameter of spring shoots by 33.74%, 71.97% and 27.86%, respectively. Mixed nitrogen and nitrate nitrogen significantly increased the accumulation of total nitrogen, among them, total nitrogen increased by 60.58% and 53.49%, total phosphorus increased by 26.60% and 37.23%, total potassium increased by 34.31% and 42.80%, respectively. Mixed nitrogen and nitrate nitrogen increased the main organic matter of spring shoots significantly, with soluble sugar increased by 17.66% and 17.90% respectively, and soluble protein increased by 10.74% and 7.96% respectively. Nitrogen fertilizer could significantly increase the enzyme activity of *C. oleifera* leaves, and the increase of mixed nitrogen was the largest. The activities of SOD, POD and CAT increased by 26.78%, 209.26% and 30.09% respectively compared with the control. The application of nitrogen fertilizer could also improve the utilization efficiency and photosynthetic rate of *C. oleifera* under weak light, among which the effect of mixed nitrogen was the most obvious. The above results show that the application of nitrogen fertilizer before spring shoot germination of *C. oleifera* can promote the growth of spring shoots. Under the same nitrogen content, the effect of different forms of nitrogen fertilizer on the growth of *C. oleifera* spring shoots is as follows: Mixed nitrogen fertilizer > nitrate nitrogen fertilizer > ammonium nitrogen fertilizer > amide nitrogen fertilizer.

Key words: *Camellia oleifera*; fertilization; nitrogen forms; spring-shoot growth; nutrient content; photosynthetic

责任编辑:唐淑芬



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>