

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2021.01.020

油茶叶片氮磷钾含量与经济性状 的关联分析

曹永庆¹, 任华东¹, 王开良¹, 陈新建², 汪舍平², 俞春莲², 姚小华^{1*}

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 浙江省常山县林业局, 浙江 常山 324200)

摘要: [目的] 解析油茶叶片矿质养分含量与其经济性状的相关性, 为油茶树体营养状态科学评估和营养管理提供参考。[方法] 以广泛栽培的国家油茶良种‘长林4号’和‘长林53号’为研究对象, 利用等角对数比(ILR)方法对矿质养分含量多元数据进行处理, 分析油茶叶片氮、磷、钾含量与产量、种仁含油率、花芽数量等性状的相关性。[结果] ‘长林53号’叶片氮、磷、钾平均含量分别为12.72、0.89、3.65 g·kg⁻¹, 显著高于‘长林4号’叶片氮、磷、钾含量(分别为11.40、0.80、3.11 g·kg⁻¹), 且3种矿质元素含量间存在显著的正相关($P < 0.01$); ‘长林4号’和‘长林53号’叶片 $ILR_{[N, P, K]}$ 值与产量呈显著正相关, R^2 值分别为0.4056和0.7136; ‘长林4号’和‘长林53号’叶片 $ILR_{[N, P, K]}$ 值与花芽/叶比值呈显著正相关, R^2 值分别为0.9437和0.9887; ‘长林4号’和‘长林53号’叶片 $ILR_{[N, P, K]}$ 值与种仁含油率则呈显著负相关, R^2 值分别为0.8074和0.8573。[结论] 不同油茶品种叶片的氮、磷、钾含量差异显著且存在显著正相关, 以 $ILR_{[N, P, K]}$ 值为参考指标在评估不同品种的单位面积冠幅产量和种仁含油率时较单一元素指标更稳定可靠, 油茶林分的叶片 $ILR_{[N, P, K]}$ 值宜控制在0.40~0.43之间。本研究为油茶营养状态的诊断和评估提供了一种新的思路和方法。

关键词: 油茶; 氮磷钾; 产量; 种仁含油率; 等角对数比

中图分类号: S759.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-1498(2021)01-0165-08

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 是我国南方重要的木本油料树种, 具有综合利用价值高、生态效益好的优点^[1-2], 目前全国种植面积已达420多万hm², 在脱贫攻坚、乡村振兴等国家战略中发挥着重要作用。油茶适生分布区多为pH值4.5~6.5的红壤、黄壤或黄棕壤, 在固定、淋溶等作用下, 土壤矿质养分亏缺的现象普遍存在^[3-5], 开展营养管理研究对推动产业提质增效具有重要意义。

前期已对油茶主要矿质的需求和积累特征进行了分析^[6-7], 并在配方施肥方面作了大量的试验研究^[8-13], 提出了不同的施肥策略, 但要实现科学精准营养管理, 还应根据叶片具体营养状态进行配方施肥。袁军^[14]、周裕新^[15]基于综合营养诊断施肥法(DRIS)或矢量分析法提出了高产林分的主要矿质营养参考标准; 然而, 不同区域油茶林地土壤

养分状态存在一定的差异^[3], 且不同品系的营养需求特征也不同^[16], 这给营养评估诊断和施肥管理带来极大的不确定性。需要探索建立不依赖区域立地条件和品种、既稳定又可靠的营养诊断和评估技术。

基于离子平衡的等角对数比(ILR)数据处理分析方法, 充分考虑了矿质离子间的相互作用关系, 被认为是目前最适用于植物离子组学数据的描述方法^[17], 与基于单比率的DRIS分析方法相比, 在数据去冗降噪等方面具有显著优势, 如Parent等^[18]利用ILR离子组特征分析方法, 对175个芒果(*Mangifera indica* L.)园的营养状态进行评估, 并提出导致其低产的潜在影响因子。本文以广泛栽培的油茶‘长林4号’和‘长林53号’为研究对象, 利用ILR分析方法对矿质离子数据进行处理, 并研究分析油茶叶片氮、磷、钾矿质元素含量与产量、

收稿日期: 2020-06-02 修回日期: 2020-07-13

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1001602); 国家自然科学基金项目(31600551)

* 通讯作者: 姚小华. E-mail: yaoxh168@163.com

种仁含油率等经济性状的相关性, 以期为油茶树体营养状态科学评估和营养管理提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省常山县东案乡油茶种植基地, 属低山丘陵区, 具有典型亚热带季风气候, 四季分明, 光照充足, 年平均气温 17.4℃, 年平均降水量 1 725 mm, 年平均日照时数 1 975 h, 年平均有效积温 5 514℃, 年平均无霜期 238 d; 土壤以红黄壤为主, 土层深厚, 有机质含量 13.9 g·kg⁻¹, 水解性氮 75.4 mg·kg⁻¹, 有效磷 10.9 mg·kg⁻¹, 速效钾 110 mg·kg⁻¹。基地主要油茶良种为‘长林 4 号’、‘长林 40 号’、‘长林 53 号’、‘长林 18 号’、‘长林 3 号’、‘长林 55 号’等“长林”系列国家审定油茶良种, 2013 年种植, 株行距 2 m × 3 m, 正常管理。

1.2 试验方法

2018 年 10 月果实成熟时, 随机选取‘长林 4 号’和‘长林 53 号’植株各 30 株, 分单株进行取样和测定。由东西、南北两处测量树冠宽度, 记录单株鲜果产量, 随机抽取 20 个果实, 进行种仁含油率分析, 并在树冠中部东、西、南、北 4 个方向, 采取结果枝组生长正常的当年生春梢中部叶片 50 片, 进行氮、磷、钾矿质元素含量分析; 记录叶片数和花芽数, 并于 2019 年 1 月跟踪调查座果率, 每株调查 20 个枝条。

1.3 测定方法

将叶片样品剪碎, 100~105℃ 下杀酶 15 min, 然后 70~80℃ 下烘干至恒质量并粉碎, 用浓

H₂SO₄-H₂O₂ 消解, 以 5020 型流动注射分析仪(瑞典 Tecator 公司)测定氮元素含量, 钼锑抗比色法测定磷元素含量, 火焰分光光度计法测定钾元素含量。

采用正己烷索氏回流方法测定种仁含油率。将种子于 60℃ 烘干, 剥去种皮, 将种仁磨碎至粉末, 称取 1~2 g 油茶种仁粉末, 用烘干的滤纸包好, 105℃ 彻底烘干水分(多次称量, 直至质量不变, 一般需 2 h), 最后上索氏回流管, 回流 6 h。用油脂占种仁总质量的百分比计算种仁含油率。

1.4 数据分析

按照《油茶主要性状调查测定规范 LY/T2955-2018》^[19] 计算冠幅面积, 由产量和冠幅面积的比值计算单位面积冠幅产量; 以座果数与花芽数的比值计算座果率; 采用 K 均值聚类分析的方法, 对产量、种仁含油率、花芽/叶指标进行分组。

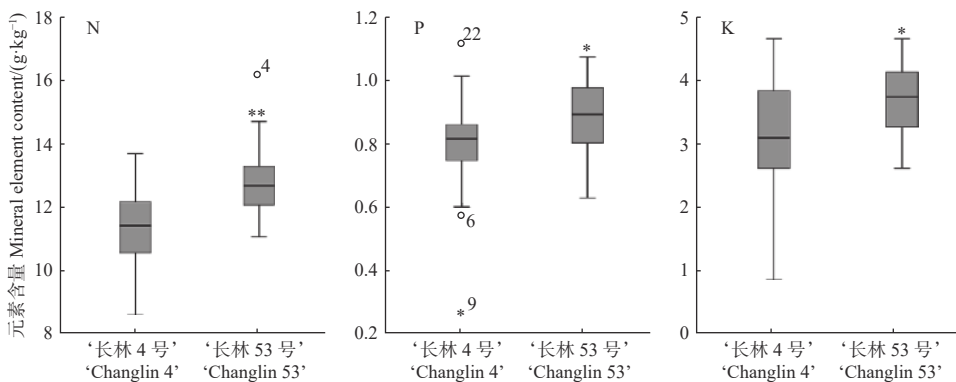
参照 Parent 等^[20] 的方法, 通过 $ILLR_{[N,P,K]} = \sqrt{\frac{2}{3}} \times \ln \frac{g(C_N C_P)}{g(C_K)}$ 计算 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值, 其中, $g(C_N C_P)$ 为 N 和 P 元素含量的几何平均值, $g(C_K)$ 表示 K 元素含量。

数据采用 SPSS18.0 和 Microsoft Excel 2003 软件进行统计分析并作图。

2 结果与分析

2.1 油茶叶片氮、磷、钾元素含量的差异和相关性分析

油茶叶片氮元素含量最高, 其次为钾元素, 磷元素含量最低, 且不同油茶品种的叶片氮、磷、钾元素含量差异显著(图 1)。“长林 53 号”叶片氮、磷、钾矿质元素的平均含量分别为 12.72、0.89、



注: “o”及标记旁数字表示编号为该数字的观测值为异常值。“*”和“**”分别表示 0.05 和 0.01 水平上的差异显著性。

Notes: “o” and the number represent outlier points from specific tested sample. “*” and “**” mean significantly different at the level 0.05 and 0.01, respectively.

图 1 ‘长林 4 号’和‘长林 53 号’油茶叶片氮、磷、钾元素的含量

Fig. 1 Nitrogen, phosphorus and potassium content in leaves of ‘Changlin 4’ and ‘Changlin 53’

3.65 g·kg⁻¹, 显著高于‘长林4号’叶片氮、磷、钾的含量, 后者3种元素含量分别为11.40、0.80、3.11 g·kg⁻¹。

油茶叶片氮、磷、钾元素含量的相关性分析(图2)表明: 3种矿质元素含量间呈显著正相关

($P < 0.01$), 氮元素和磷元素、磷元素和钾元素、氮元素和钾元素含量的相关系数分别为0.55、0.52、0.60, 单一元素吸收量的变化会影响其它2个元素的吸收和含量。

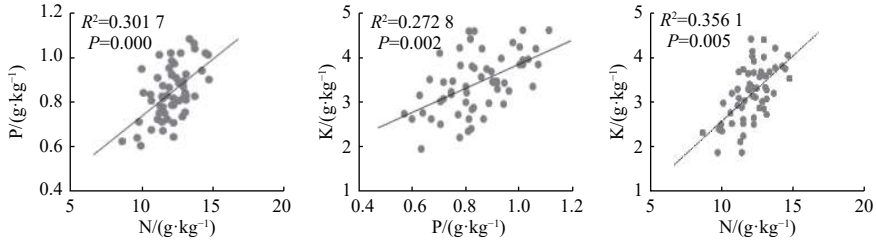


图2 油茶叶片氮、磷、钾元素含量的相关性

Fig. 2 Correlations among nitrogen, phosphorus and potassium content in leaves of oil-tea camellia

2.2 油茶叶片氮、磷、钾元素含量与产量的相关性分析

由图3可以看出, ‘长林4号’单位面积冠幅产量与叶片氮元素含量和 $ILLR_{[N,P|K]}$ 值呈显著正相关($P < 0.05$), R^2 值分别为0.4703和0.4056, 其

相关性高于磷元素($R^2 = 0.1334$)和与钾元素($R^2 = 0.0015$)。根据拟合曲线函数计算, 当叶片氮、磷元素含量以及 $ILLR_{[N,P|K]}$ 值分别大于11.01、0.77 g·kg⁻¹和0.40时, ‘长林4号’单位面积冠幅产量将达1.50 kg以上。

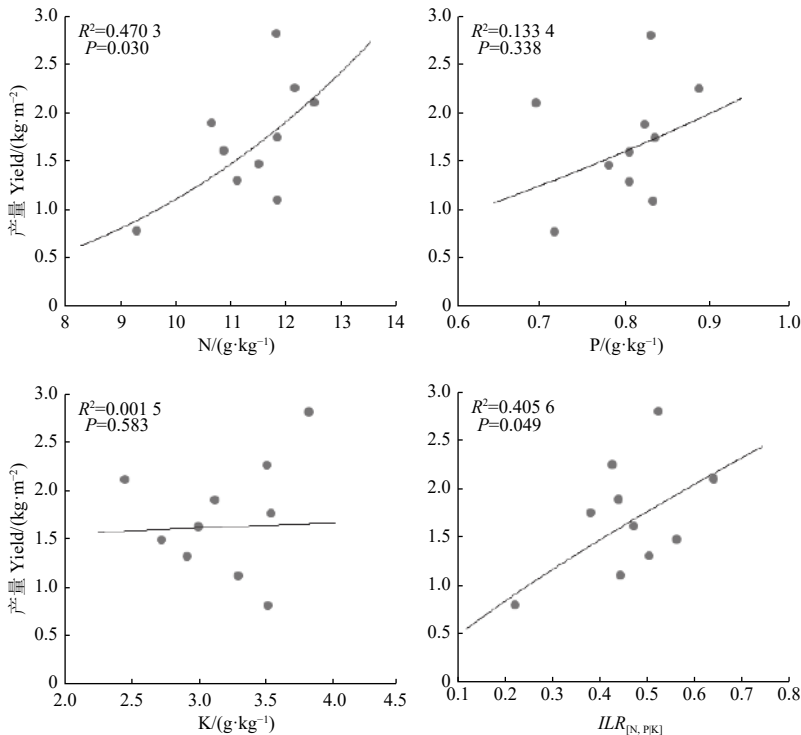


图3 ‘长林4号’叶片氮、磷、钾元素含量与产量的相关性

Fig. 3 Correlations between nitrogen, phosphorus, potassium content and yield of oil-tea camellia ‘Changlin 4’

与‘长林4号’类似, ‘长林53号’单位面积冠幅产量与叶片氮、磷元素含量以及 $ILLR_{[N,P|K]}$ 值也呈显著正相关($P < 0.05$), R^2 值分别为0.4171、

0.6793、0.7136, 与钾元素($R^2 = 0.0262$)含量无相关性(图4)。不同的是, ‘长林53号’单位面积冠幅产量与磷元素含量的相关性高于氮元素。当叶

片氮、磷元素含量以及 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值分别大于 13.02、0.89 $g \cdot kg^{-1}$ 和 0.40 时, ‘长林 53 号’单位面积冠幅

产量将达 1.50 kg 以上。

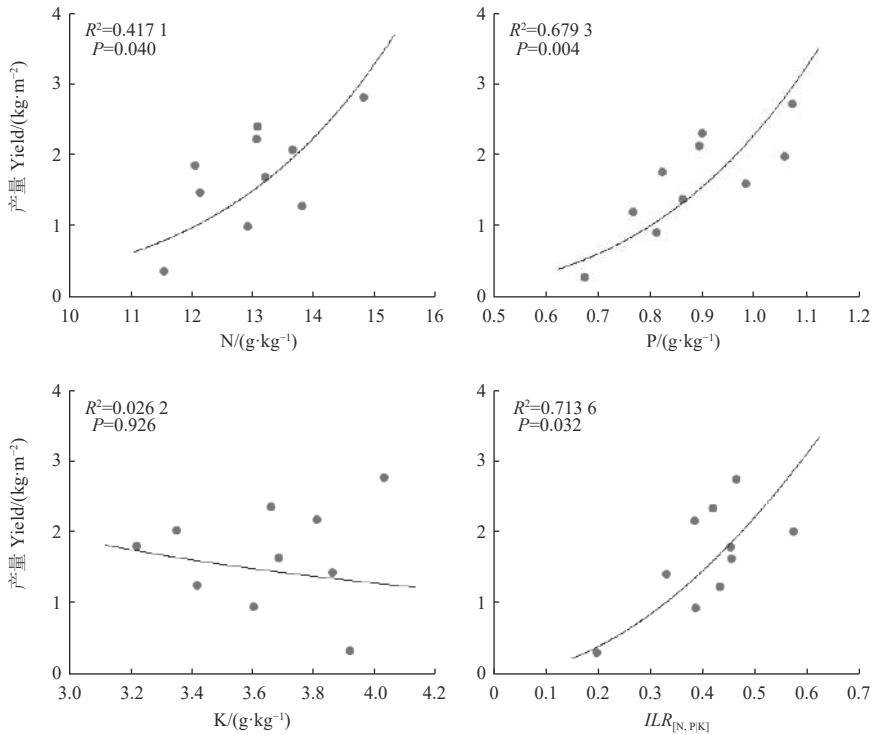


图4 ‘长林 53 号’叶片氮、磷、钾元素含量与产量的相关性

Fig. 4 Correlations between nitrogen, phosphorus, potassium content and yield of oil-tea camellia ‘Changlin 53’

2.3 油茶叶片氮、磷、钾元素含量与种仁含油率的相关性分析

图5表明: ‘长林 4 号’果实种仁含油率与叶片氮、磷、钾元素含量无显著相关性 ($R^2 < 0.1$), 而与 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值呈显著负相关 ($R^2 = 0.8074$, $P < 0.01$)。根据拟合曲线函数计算, 当 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值小于 0.45 时, ‘长林 4 号’果实种仁含油率达平均值 (45%) 以上。

与‘长林 4 号’不同, ‘长林 53 号’果实种仁含油率与叶片氮、磷元素含量以及 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值呈显著负相关关系 (图6), 且与磷元素 ($R^2 = 0.7743$) 和 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值 ($R^2 = 0.8573$) 的相关性高于氮元素 ($R^2 = 0.4663$), 与钾元素 ($R^2 = 0.0025$) 含量则无相关性。当叶片氮、磷元素含量以及 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值分别低于 13.36、0.90 $g \cdot kg^{-1}$ 和 0.43 时, ‘长林 53 号’果实种仁含油率达平均值 (40%) 以上。

2.4 油茶叶片 $ILLR$ 值与花芽的相关性分析

图7表明: ‘长林 4 号’、‘长林 53 号’油茶春梢花芽数和叶片数的比值与 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值均呈显著正相关 ($P < 0.01$), 相关系数分别为 0.9437 和

0.9887。此外, 由花芽量和座果率的关系 (图8) 可知: 随着花芽/叶的增加, 座果率表现出先升高后下降的趋势, 当 $0.29 < \text{花芽/叶} < 0.96$, 即‘长林 4 号’ $0.39 < ILLR_{[N,P,K]} < 0.48$ 、‘长林 53 号’ $0.30 < ILLR_{[N,P,K]} < 0.55$ 时, 座果率达 40.00% 以上。

3 讨论

不同油茶品种因其适应性的差异, 植株体内矿质元素的含量也不同^[21], 如具有磷高效吸收特性的‘长林 166 号’, 其叶片磷元素的含量显著高于‘长林 4 号’^[22]。本研究中, ‘长林 53 号’油茶叶片的氮、磷、钾元素含量显著高于‘长林 4 号’, 这与品种特性有关。此外, 氮、磷、钾 3 种矿质元素含量间存在明显的正相关关系, 这也与作者前期的研究结果相一致^[23]。

鉴于 3 种矿质元素间相互平衡关系, 利用等角对数比 ($ILLR$) 转换的数据处理分析方法对数据进行去冗降噪, 构建 $ILLR_{[N,P,K]}$ 参数^[20] 并进一步分析了其与产量、种仁含油率等经济性状的关系, 发现 $ILLR_{[N,P,K]}$ 值与产量和花芽/叶比值呈显著正相

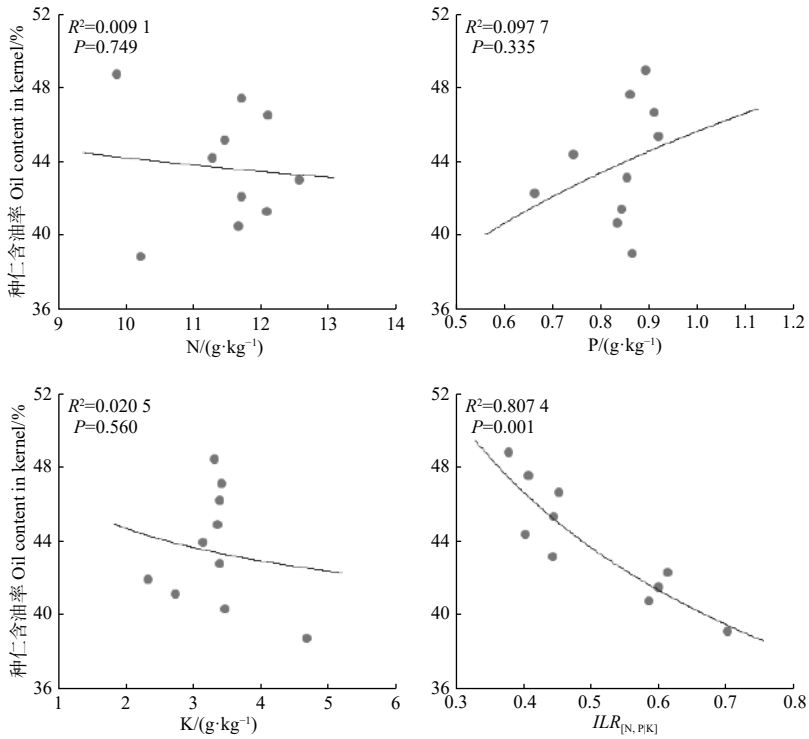


图 5 ‘长林 4 号’叶片氮、磷、钾元素含量与种仁含油率的相关性

Fig. 5 Correlations between nitrogen, phosphorus, potassium content and oil content in kernel of oil-tea camellia ‘Changlin 4’

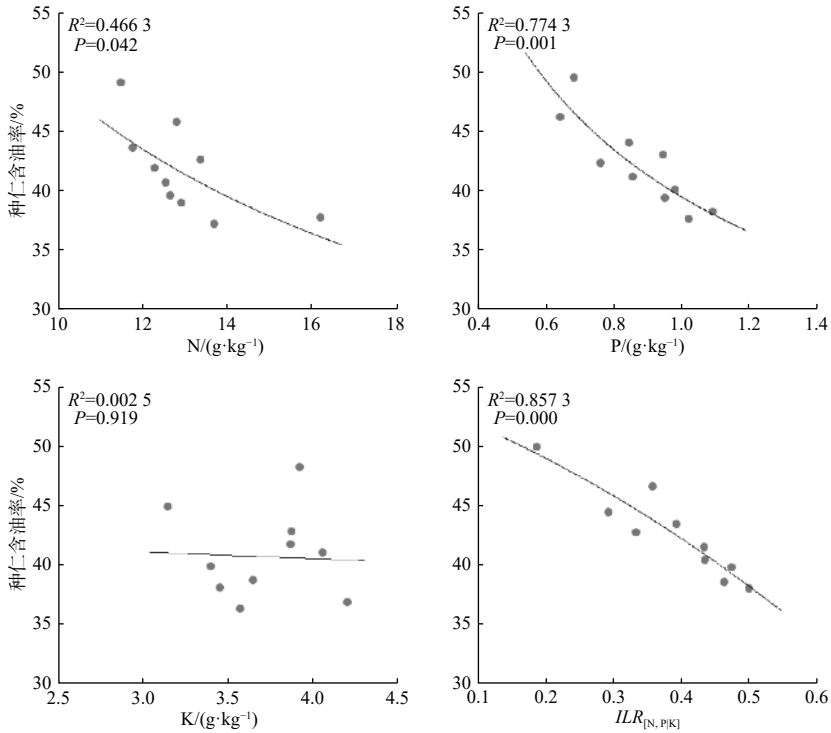


图 6 ‘长林 53 号’叶片氮、磷、钾元素含量与种仁含油率的相关性

Fig. 6 Correlations between nitrogen, phosphorus, potassium content and oil content in kernel of oil-tea camellia ‘Changlin 53’

关, 与种仁含油率呈显著负相关; 随着 $ILLR_{[N,P|K]}$ 值增大, 单位冠幅面积产量和花芽数量表现出升高

的趋势, 种仁含油率则呈下降趋势。可见叶片氮、磷、钾元素含量不仅能影响油茶产量和种仁油脂的

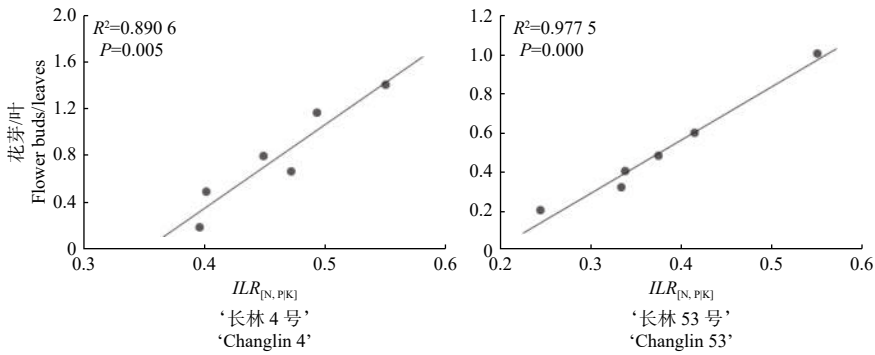


图 7 油茶叶片氮、磷、钾元素平衡对花芽形成的影响

Fig. 7 Effect of nitrogen, phosphorus and potassium balance in leaves on flower bud formation

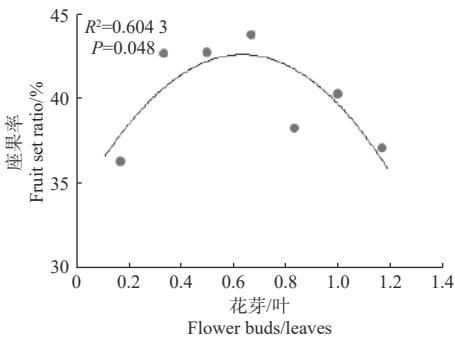


图 8 花芽/叶比值和座果率的关系

Fig. 8 Relations between flower bud/leaves ratio and fruit set ratio

合成积累^[11-13], 还能显著影响花芽的分化形成^[24]。利用 $ILR_{[N,P,K]}$ 在评估单位面积冠幅产量和种仁含油率时, 相较单一矿质元素含量指标更稳定可靠, 如以单位冠幅产量高于 1.50 kg 为标准时, ‘长林 4 号’和‘长林 53 号’ $ILR_{[N,P,K]}$ 值均为 0.40 以上, 而对应的叶片氮元素含量阈值则差异较大, 分别为 $11.01 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $13.02 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上; 在种仁含油率方面, 以长林 4 号’种仁含油率 45%、‘长林 53 号’种仁含油率 40% 为参考, $ILR_{[N,P,K]}$ 值则宜控制在 0.43~0.45 以下。

根据国家现行的油茶丰产栽培技术规程, 一般要求 5 个品种或以上进行混合栽植, 这就导致单以叶片矿质元素含量为参考开展田间营养评估和管理时, 会因品种营养利用差异而导致评判标准难统一、不准确的情况, 如对‘长林 4 号’而言, 叶片氮元素含量 $11.40 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 属于正常营养状态, 而对‘长林 53 号’而言, 则属于氮亏缺的营养状态。鉴于 $ILR_{[N,P,K]}$ 在评估单位面积冠幅产量和种仁含油率时品种间具有较好的稳定性和可靠性, 这为解决油茶营养科学评估问题提供了新的方法。以本研究为

例, 在充分平衡产量 (1.50 kg)、种仁含油率和开花数量指标, 以保障花芽和座果率的平衡, 促进高产稳产为目标, ‘长林 4 号’和‘长林 53 号’混栽油茶林分的叶片 $ILR_{[N,P,K]}$ 值宜控制在 0.40~0.43 之间, 当 $ILR_{[N,P,K]}$ 值低于 0.40 时, 应适时补充氮磷肥, $ILR_{[N,P,K]}$ 值高于 0.43 时, 适时补充钾肥。

本研究仅基于同一立地条件和管理水平, 探索了矿质元素含量多元数据等角对数比处理方法在油茶矿质营养分析及营养评估应用中的可行性, 旨在为油茶营养状态的诊断和评估探索一种新的思路, 在相关研究中未涉及其它的栽培品种 (如长林 40 号、长林 18 号等) 以及极端条件下的个体 (如负载过度、营养极度失衡的植株等), 其稳定性和普适性如何, 仍有待于进一步研究。此外, 我国油茶栽培品种多, 分布范围广, 立地土壤类型多样复杂, 不同栽培区划的同一品种、同一栽培区划内的不同品种在生物学性状上均表现出较大的差异^[25], 不同土壤类型也影响油茶树体矿质元素的含量^[26], 在今后的研究中, 有必要进一步研究解析叶片矿质离子组与土壤类型、基因型以及重要性状的关联特征, 为建立系统、科学、有效的油茶营养状态评估技术奠定基础。

4 结论

不同油茶品种的叶片氮、磷、钾矿质元素含量差异显著且存在显著正相关关系, 以 $ILR_{[N,P,K]}$ 值为参考指标在评估不同品种的单位面积冠幅产量和种仁含油率时较单一元素指标更稳定可靠, 油茶林分的叶片 $ILR_{[N,P,K]}$ 值宜控制在 0.40~0.43 之间。本研究为油茶营养状态的诊断和评估提供了一种新的思路和方法。

参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2版. 北京: 中国林业出版社, 2008: 3-4.
- [2] Ma J L, Ye H, Rui Y L, *et al.* Fatty acid composition of *Camellia oleifera* oil[J]. *J Verbr Lebensm*, 2011, 6(1): 9-12.
- [3] 何方, 毛献策, 王义强, 等. 中国油茶林地土壤类型的研究[J]. *经济林研究*, 1993, 11(2): 1-14.
- [4] Zheng S J. Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency[J]. *Annals of Botany*, 2010, 106(1): 183-184.
- [5] Ashkevari A, Hossein Z S H, Miransari M. Potassium fertilization and fruit production of page citrus on a punsirus rootstock: quantitative and qualitative traits[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2010, 33(10): 1564-1578.
- [6] 曹永庆, 任华东, 林萍, 等. 油茶树体对氮磷钾元素年吸收和积累规律的研究[J]. *林业科学研究*, 2012, 25(4): 442-448.
- [7] 曹永庆, 王开良, 任华东, 等. 油茶树体对钙镁硫元素年吸收和积累规律研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(10): 58-62.
- [8] 曹永庆, 姚小华, 滕建华, 等. 施肥对油茶春梢生长及叶片矿质元素含量的影响[J]. *经济林研究*, 2017, 35(2): 166-170.
- [9] 申巍, 杨水平, 姚小华, 等. 施肥对油茶生长和结实特性的影响[J]. *林业科学研究*, 2008, 21(2): 239-242.
- [10] 胡冬南, 游美红, 袁生贵, 等. 不同配方施肥对幼龄油茶的影响[J]. *西北林学院学报*, 2005, 20(1): 94-97.
- [11] 陈永忠, 彭邵锋, 王湘南, 等. 油茶高产栽培系列技术研究——配方施肥试验[J]. *林业科学研究*, 2007, 20(5): 650-655.
- [12] 张文元, 牛德奎, 郭晓敏, 等. 施钾水平对油茶养分积累和产油量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2016, 22(3): 863-868.
- [13] 左继林, 周文才, 孙颖, 等. 水肥综合措施对油茶经济性状与产量的影响[J]. *中南林业科技大学学报*, 2018, 38(2): 89-95.
- [14] 袁军. 普通油茶营养诊断及施肥研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
- [15] 周裕新. 油茶营养诊断及平衡施肥效应研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
- [16] 施晓云, 张文元, 张慧, 等. 几种不同品种油茶林钾素的分配规律[J]. *经济林研究*, 2013, 31(2): 109-112.
- [17] Baxter I. Should we treat the ionome as a combination of individual elements, or should we be deriving novel combined traits?[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2016, 66(8): 2127-2131.
- [18] Parent S, Parent L E, Rozane D E, *et al.* Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera indica*)[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2013, 4: 449.
- [19] LY/T2955-2018. 油茶主要性状调查测定规范[S].
- [20] Parent S, Parent L E, Egozcue J. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2013, 4(39): 1-10.
- [21] 严江勤, 姚小华, 曹永庆, 等. 油茶果实发育期叶片和果实中主要矿质元素含量变化[J]. *经济林研究*, 2015, 33(3): 20-25.
- [22] 叶思诚. 不同油茶无性系对低磷胁迫的响应及其分子基础研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2016.
- [23] Cao Y, Ye S, Yao X. Leaf ionome to predict the physiological status of nitrogen, phosphorous, and potassium in *Camellia oleifera*[J]. *Pakistan Journal of Botany*, 2019, 51(4): 1349-1355.
- [24] 罗帅, 钟秋平, 葛晓宁, 等. 不同氮、磷、钾施肥对比对油茶花芽分化的影响[J]. *林业科学研究*, 2019, 32(2): 135-142.
- [25] 张平安, 孙凡, 姚小华, 等. 油茶高产无性系生长特性及稳定性分析[J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 2011, 33(4): 12-17.
- [26] 潘晓杰, 侯红波. 不同土壤类型的油茶树体营养元素分析[J]. *湖南林业科技*, 2002, 29(2): 73-75.

Analysis on the Correlations between Nitrogen, Phosphorus, Potassium Content in Leaves and the Economic Characters of *Camellia oleifera*

CAO Yong-qing¹, REN Hua-dong¹, WANG Kai-liang¹, CHEN Xin-jian²,
WANG She-ping², YU Chun-lian², YAO Xiao-hua¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Bureau of Changshan County, Zhejiang Province, Changshan 324200, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] To analyze the correlation between mineral elements content in leaves and the economic characters of *Camellia oleifera* in order to provide references for nutritional status evaluation and nutrition management of *C. oleifera*. [Method] Two elite varieties ‘Changlin 4’ and ‘Changlin 53’ were selected to analyze the correlations between nitrogen, phosphorus, potassium contents in leaves and the yield, oil content in kernel and flower bud number using isometric log-ratio (ILR) transformation. [Result] The results showed that the contents of nitrogen, phosphorus, potassium in leaves of ‘Changlin 53’ were 12.72, 0.89 and 3.65 g·kg⁻¹, respectively. It was significantly higher than that of ‘Changlin 4’, which were 11.40, 0.80 and 3.11 g·kg⁻¹, respectively. And a significant positive correlation was found among the three elements ($P < 0.01$). The $ILR_{[N, P|K]}$ values of ‘Changlin 4’ and ‘Changlin 53’ were positively correlated with the yield, the R^2 value were 0.405 6 and 0.713 6, respectively. The $ILR_{[N, P|K]}$ values of ‘Changlin 4’ and ‘Changlin 53’ were positively correlated with the flower bud/leaves ratio as well, and the R^2 value were 0.943 7 and 0.988 7, respectively. While a negatively correlation was found between $ILR_{[N, P|K]}$ value and oil content in kernel, the R^2 values of ‘Changlin 4’ and ‘Changlin 53’ were 0.807 4 and 0.857 3, respectively. [Conclusion] The contents of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves are significantly different among cultivars and are positively correlated with each other. Taking $ILR_{[N, P|K]}$ values as reference indexes is more reliable and stable than taking the value of a single element as an index when evaluating the yield per crown area and oil content in kernel of varieties. The $ILR_{[N, P|K]}$ value should be controlled at the level of 0.40-0.43.

Keywords: *Camellia oleifera*; nitrogen, phosphorus and potassium; yield; oil content in kernel; isometric log-ratio

(责任编辑: 金立新)