

卢丽兰,陈思婷,王玉萍,等. 基于 DRIS 法的水果型椰子黄化枯萎症和健康苗叶片营养诊断[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):146-152.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.026

# 基于 DRIS 法的水果型椰子黄化枯萎症和健康苗叶片营养诊断

卢丽兰<sup>1</sup>, 陈思婷<sup>1</sup>, 王玉萍<sup>1</sup>, 尹欣幸<sup>1</sup>, 孙程旭<sup>1</sup>, 黄英凯<sup>2</sup>, 范海阔<sup>1</sup>

(1. 中国热带农业科学院椰子研究所/海南省热带油料作物生物学重点实验室, 海南文昌 571339;

2. 海南雨林椰创科技开发有限公司, 海南文昌 571339)

**摘要:**为给水果型椰子苗期的科学施肥管理提供指导,以海南省文椰“3 号”叶片为研究对象,采用 DRIS 指数法,对 6 个月椰子苗叶片的 11 种养分(氮、磷、钾、钙、镁、钠、铜、锌、铁、锰、硼)进行营养诊断。结果表明,枯萎椰子苗钾、硼、钙、镁、氮相对缺乏,锌、钠、铜、磷、锰、铁相对充足,椰子苗期(6 个月)树体需肥顺序从高到低依次为钾>硼>钙>镁>氮>锌>钠>铜>磷>锰>铁。利用健康椰苗叶片养分浓度制定了相应的养分诊断标准,即各养分的适宜浓度范围为氮含量 16.680~20.070 g/kg,磷含量 1.170~1.360 g/kg,钾含量 6.670~7.780 g/kg,钙含量 4.170~4.550 g/kg,钠含量 2.780~3.301 g/kg,镁含量 2.930~3.470 g/kg,铁含量 47.958~52.297 mg/kg,锰含量 96.913~119.057 mg/kg,铜含量 3.048~3.410 mg/kg,锌含量 10.367~12.701 mg/kg,硼含量 22.724~27.610 mg/kg。从 DRIS 法诊断结果来看,椰苗叶片矿质营养元素含量与椰苗“枯萎现象”之间密切相关。

**关键词:**椰子;苗;叶片;枯萎;健康;DRIS;相关分析

**中图分类号:** S436.67<sup>+</sup>9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)22-0146-07

椰子(*Cocos nucifera* L.)是棕榈科植物,是一种重要的热带油料作物和热带水果,椰子分为高种椰子和矮种椰子,高种椰子主要为油料加工产品原

料,矮种椰子主要作水果。椰子主要产区为东部、东南部热带、亚热带地区,在我国主要分布在南部热带地区和诸岛<sup>[1-2]</sup>。椰子以有性繁殖为主,以成熟种果繁育,然后移植田间。椰子在种果出芽到移植之间,需要育苗管理,是因为在育苗阶段,椰子苗易出现发育不良、病害、生理缺陷等现象,特别是在矮种椰子苗期出现频率高,症状明显。与健康苗相比,枯萎椰子苗叶片出现缺素症状,然而对于苗期营养吸收状况和需求规律尚不清楚。因为育苗和苗期疏于管理,问题苗大量出现。追求高质量椰子

收稿日期:2021-05-24

基金项目:海南省重大科技计划(编号:zdkj201902);国家热带植物种质资源库椰子种质资源分库(编号:NTPGRC2021-017)。

作者简介:卢丽兰(1981—),女,海南海口人,博士,副研究员,研究方向为热带油料作物栽培与植物营养。E-mail: lulilan1234@163.com。

通信作者:范海阔,博士,研究员,研究方向为热带油料作物种质资源学。E-mail:13637642459@163.com。

(1):49-54.

[7]舒秀丽,赵柳,孙学振,等. 不同土壤改良剂处理对连作西洋参根际微生物数量、土壤酶活性及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(6):1289-1294.

[8]杨官娥,张肇铭. 光合细菌转化拮寄生剂抗肿瘤活性初步研究[J]. 微生物学通报,2006,33(2):40-43.

[9]邢承华,蔡妙珍,于洪波. EM 有效微生物技术在环境保护中的应用[J]. 微生物学杂志,2007,27(5):93-97.

[10]周艳钊,陆利民,倪秀红,等. 不同叶面肥对大棚草莓生长和果实品质的影响[J]. 中国果树,2017(1):34-36.

[11]喻景权,杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(1):124-126.

[12]周艳钊,倪秀红,王红彬. 复合微生物菌剂对大棚草莓生长和品质的影响[J]. 安徽农学通报,2019,25(10):88-89,103.

[13]刘继培,刘唯一,周婕,等. 施用腐殖酸和生物肥对草莓品质、产量及土壤农化性状的影响[J]. 农业资源与环境学报,2015,32(1):54-59.

[14]Narayanan V K, Chen T. Research on technology standards: accomplishment and challenges [J]. Research Policy, 2012, 41(8):1375-1406.

[15]Manoharan S, Ge T. A demerit point strategy to reduce free-riding in BitTorrent [J]. Computer Communications, 2013, 36(8):875-880.

[16]周志杰,刘斯超,李兵,等. 草莓基质立体栽培技术[J]. 北方园艺,2018(18):205-208.

[17]沈建生,林贤锐,王艳俏. 日本高设草莓主要模式及栽培关键技术[J]. 中国南方果树,2010,39(6):74-77.

[18]焦书磊. 浅谈设施草莓立体栽培技术发展现状及存在问题[J]. 现代农业科技研究与实践,2015(12):90-99.

是繁育椰苗的目标,而椰子苗的生长状况关系到整个椰子苗树体营养的积累,因此良好的椰苗生长情况是确保高质量椰苗出圃的前提,椰苗生长质量对椰苗移植及其能否茁壮生长起到了关键性的作用,有文献报道不同施肥措施对幼龄和成龄椰子生长有着不同程度的影响<sup>[3-7]</sup>。因此,合理施肥和营养管理能够促进幼龄和成龄椰子健康茁壮生长。

诊断施肥综合法(DRIS)能够应用营养均衡原理,同时,对植物叶片矿质元素的丰缺状况诊断分析,还能获得植物或作物对养分的需求顺序<sup>[8-11]</sup>。目前,此方法已应用于苹果、芒果、麻黄、桉树、樟树、杏、槟榔等作物的营养诊断研究<sup>[12-20]</sup>,但在椰子或椰子苗叶片上的应用鲜有报道。本研究针对文椰3号椰子幼龄苗存在的营养失衡和健康问题,采用DRIS法对黄化枯萎症椰苗组和健康椰苗组进行叶片营养分析,以期对海南省水果型椰子幼苗的营养诊断、平衡施肥和营养管理提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2020年6月在海南省文昌市的中国热带农业科学院椰子研究所国家种质资源圃,以6月文椰3号椰子苗为研究对象,分别对黄化枯萎症苗和健康苗进行采样。选定苗所处环境条件和管理一致(图1)。



图1 椰子枯萎苗和健康苗基地照

### 1.2 样品的采集与测定

每组分别随机采集30株叶片作为营养分析。将各样地叶片分别洗净、擦干,杀青,烘干,粉碎成混合样待测。叶片氮(N)含量用碱解扩散法测定;磷(P)含量采用钼锑抗比色法测定;钾(K)含量采用AAS法测定;钙(Ca)、钠(Na)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)的含量采用AAS法测定;硼(B)含量采用姜黄素法测定。测定方法参照土壤农化分析<sup>[21]</sup>测定。

### 1.3 椰子苗叶片营养诊断方法

本研究采用DRIS指数法对椰苗叶片进行营养诊断。数据应用Excel软件进行相关分析和计算统计。

**1.3.1 DRIS指数** DRIS指数表示椰苗对某种营养需求强度<sup>[22-23]</sup>。负数表示树体需要该种营养元素,负值越大表示树体对某种营养的需求程度越高;正数表示该种营养元素在椰苗树体内是充足或者过量的,正值越大,表示树体中某种营养越过剩。DRIS指数的计算公式为

$$DRIS \text{ 指数} = [f(A/B) + f(A/C) + \cdots - f(H/A) - f(I/A) \cdots] / n. \quad (1)$$

式中: $n$ 为偏函数的个数, $A、B、C \cdots$ 为对应的养分浓度。 $f(A/B)$ 表示 $(A/B)$ 不健康偏离 $(A/B)$ 正常的程度。其表达式为

$$f(A/B) = [(A/B)_{\text{不健康}} / (A/B)_{\text{正常}} - 1] \times 1000 / CV, (A/B)_{\text{不健康}} \geq (A/B)_{\text{正常}};$$

$$f(A/B) = [1 - (A/B)_{\text{正常}} / (A/B)_{\text{不健康}}] \times 1000 / CV, (A/B)_{\text{不健康}} < (A/B)_{\text{正常}}. \quad (2)$$

式中: $A/B$ 代表椰苗叶片 $A、B$ 2种养分浓度比值; $CV$ 为 $(A/B)$ 正常的变异系数。

**1.3.2 叶片营养诊断临界标准** 本试验参考唐健等的方法,将椰子苗营养诊断的标准浓度分为适应、过剩、偏高、平衡、偏低、缺乏6个临界等级<sup>[24]</sup>。以健康组椰子苗叶片营养元素DRIS诊断平均值作为平衡指标,与标准差结合进行计算,叶片营养诊断等级浓度:平衡值 $\pm$ 标准差=适宜浓度范围;平衡值 $+4/3$ 标准差=偏高值;平衡值 $+8/3$ 标准差=过剩值;平衡值 $-4/3$ 标准差=偏低值;平衡值 $-8/3$ 标准差=缺乏值。

## 2 结果与分析

### 2.1 椰子苗叶片营养元素含量状况

根据椰子苗(6个月)生长状况差异,将1000株6个月椰子苗划分为黄化枯萎症椰苗组(300株)和健康椰苗(600株)组,分别从2组随机取30株进行营养分析。由表1可知,黄化枯萎症椰苗和健康椰苗同一时期的叶片中各矿质元素含量存在显著差异( $P < 0.05$ ),健康椰苗叶片N、P、K、Ca、Na、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B的平均含量分别为 $(18.380 \pm 0.169) \text{ g/kg}$ 、 $(1.260 \pm 0.010) \text{ g/kg}$ 、 $(7.230 \pm 0.056) \text{ g/kg}$ 、 $(4.360 \pm 0.019) \text{ g/kg}$ 、 $(3.040 \pm 0.026) \text{ g/kg}$ 、 $(3.201 \pm 0.027) \text{ g/kg}$ 、 $(50.128 \pm$

表 1 椰子苗期(6 个月)健康组和枯萎心组营养元素的测定结果和 DRIS 诊断参数

元素或 元素比	枯萎苗组				健康苗组				
	平均值	标准差	变异系数(%)	方差	平均值	标准差	变异系数(%)	方差	方差比( <i>f</i> )
N(g/kg)	13.280	0.190	14.3	0.036	18.380	0.169	9.2	0.029	1.258
P(g/kg)	1.120	0.009	8.1	0.000	1.260	0.010	7.6	0.000	0.873
K(g/kg)	4.870	0.057	11.8	0.003	7.230	0.056	7.7	0.003	1.060
Ca(g/kg)	3.120	0.013	4.1	0.000	4.360	0.019	4.4	0.000	0.446
Na(g/kg)	2.410	0.031	12.7	0.001	3.040	0.026	8.5	0.001	1.391
Mg(g/kg)	2.310	0.033	14.2	0.001	3.201	0.027	8.4	0.001	1.482
Fe(mg/kg)	45.888	2.237	4.9	5.005	50.128	2.169	4.3	4.706	1.063
Mn(mg/kg)	106.168	9.824	9.3	96.505	107.985	11.072	10.3	122.597	0.787
Cu(mg/kg)	2.605	0.176	6.7	0.031	3.229	0.181	5.6	0.033	0.940
Zn(mg/kg)	9.058	1.218	13.4	1.483	11.534	1.167	10.1	1.361	1.090
B(mg/kg)	17.088	1.745	17.3	3.046	25.167	2.443	16.1	5.969	0.510
P/N	0.085	0.012	14.4	0.000	0.069	0.010	14.2	0.000	1.561 *
N/K	2.762	0.500	18.1	0.250	2.557	0.296	11.6	0.087	2.859 *
Na/N	0.186	0.038	20.6	0.001	0.167	0.023	13.6	0.001	2.839 *
N/Ca	4.273	0.712	16.7	0.507	4.221	0.398	9.4	0.159	3.196 *
N/Mg	5.838	1.182	20.3	1.398	5.810	0.877	15.1	0.770	1.816 *
Fe/N	0.351	0.044	12.6	0.002	0.275	0.026	9.5	0.001	2.836 *
Mn/N	8.145	1.399	17.2	1.958	5.930	0.838	14.1	0.702	2.791 *
Cu/N	0.200	0.030	14.9	0.001	0.177	0.016	9.3	0.000	3.290 *
Zn/N	0.697	0.144	20.7	0.021	0.634	0.090	14.2	0.008	2.577 *
P/K	0.233	0.038	16.3	0.001	0.176	0.018	10.5	0.000	4.231 *
P/Na	0.471	0.077	16.3	0.006	0.419	0.048	11.4	0.002	2.595 *
P/Ca	0.359	0.037	10.3	0.001	0.290	0.026	9.0	0.001	2.009 *
P/Mg	0.491	0.076	15.5	0.006	0.396	0.032	8.0	0.001	5.817 *
Fe/P	41.318	3.101	7.5	9.616	39.907	3.458	8.7	11.958	0.804 *
Mn/P	95.427	8.572	9.0	73.478	85.611	7.715	9.0	59.521	1.234 *
P/Cu	0.430	0.045	10.5	0.002	0.392	0.039	10.0	0.002	1.343 *
P/Zn	0.125	0.015	12.3	0.000	0.111	0.013	12.1	0.000	1.307 *
Na/K	0.500	0.079	15.8	0.006	0.423	0.048	11.3	0.002	2.722 *
Ca/K	0.649	0.081	12.5	0.007	0.606	0.049	8.0	0.002	2.780 *
Mg/K	0.481	0.086	17.9	0.007	0.445	0.051	11.5	0.003	2.823 *
Fe/K	9.570	1.394	14.6	1.944	6.978	0.611	8.8	0.373	5.213 *
Mn/K	22.145	3.699	16.7	13.684	15.009	1.739	11.6	3.024	4.525 *
Cu/K	0.540	0.058	10.7	0.003	0.449	0.034	7.6	0.001	2.886 *
Zn/K	1.886	0.330	17.5	0.109	1.604	0.190	11.9	0.036	3.018 *
Na/Ca	0.773	0.102	13.2	0.010	0.698	0.063	9.0	0.004	2.630 *
Na/Mg	1.059	0.194	18.3	0.038	0.956	0.112	11.7	0.013	3.004 *
Fe/Na	19.334	2.647	13.7	7.009	16.624	1.667	10.0	2.779	2.522 *
Mn/Na	44.646	6.282	14.1	39.463	35.806	4.698	13.1	22.076	1.788 *
Na/Cu	0.930	0.139	14.9	0.019	0.945	0.108	11.5	0.012	1.644 *
Zn/Na	3.827	0.785	20.5	0.616	3.814	0.407	10.7	0.166	3.713 *
Mg/Ca	0.742	0.102	13.8	0.010	0.734	0.064	8.7	0.004	2.573 *
Fe/Ca	14.740	1.037	7.0	1.076	11.513	0.587	5.1	0.344	3.125 *
Mn/Ca	34.088	3.385	9.9	11.461	24.833	2.842	11.4	8.077	1.419 *

表 1(续)

元素或 元素比	枯萎苗组				健康苗组				
	平均值	标准差	变异系数(%)	方差	平均值	标准差	变异系数(%)	方差	方差比( <i>f</i> )
Cu/Ca	0.836	0.068	8.2	0.005	0.742	0.055	7.4	0.003	1.524 *
Zn/Ca	2.903	0.369	12.7	0.136	2.652	0.301	11.4	0.091	1.503 *
Fe/Mg	20.154	2.636	13.1	6.950	15.771	1.358	8.6	1.844	3.770 *
Mn/Mg	46.731	7.588	16.2	57.574	33.957	4.373	12.9	19.126	3.010 *
Cu/Mg	1.144	0.164	14.3	0.027	1.017	0.109	10.7	0.012	2.265 *
Zn/Mg	3.971	0.659	16.6	0.434	3.625	0.432	11.9	0.186	2.331 *
Mn/Fe	2.313	0.170	7.3	0.029	2.158	0.238	11.0	0.057	0.509 *
Fe/Cu	17.699	1.508	8.5	2.275	15.578	1.209	7.8	1.462	1.556 *
Fe/Zn	5.141	0.654	12.7	0.428	4.384	0.440	10.0	0.194	2.208 *
Mn/Cu	40.932	4.632	11.3	21.459	33.497	3.509	10.5	12.314	1.743 *
Mn/Zn	11.862	1.500	12.6	2.250	9.484	1.567	16.5	2.454	0.917 *
Cu/Zn	0.292	0.043	14.6	0.002	0.283	0.037	12.9	0.001	1.368 *
N/B	0.787	0.150	19.0	0.022	0.738	0.106	14.3	0.011	1.999 *
P/B	0.066	0.006	9.7	0.000	0.051	0.007	13.5	0.000	0.869 *
B/K	3.577	0.695	19.4	0.482	3.503	0.429	12.2	0.184	2.620 *
Na/B	0.142	0.023	16.3	0.001	0.122	0.015	12.6	0.000	2.303 *
Ca/B	0.184	0.020	11.0	0.000	0.175	0.017	9.7	0.000	1.425 *
Mg/B	0.138	0.031	22.3	0.001	0.128	0.018	13.7	0.000	3.026 *
Fe/B	2.708	0.261	9.6	0.068	2.010	0.215	10.7	0.046	1.476 *
Mn/B	6.252	0.651	10.4	0.424	4.326	0.585	13.5	0.343	1.238 *
Cu/B	0.154	0.020	12.8	0.000	0.129	0.015	11.2	0.000	1.831 *
Zn/B	0.533	0.072	13.5	0.005	0.463	0.068	14.8	0.005	1.107 *

注: \* 指方差比(*f*) 在 0.05 水平显著。

2.169) mg/kg、(107.985 ± 11.072) mg/kg、(3.229 ± 0.181) mg/kg、(11.534 ± 1.167) mg/kg、(25.167 ± 2.443) mg/kg。黄化枯萎症椰苗叶片 N、P、K、Ca、Na、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B 的平均含量分别为 (13.280 ± 0.190) g/kg、(1.120 ± 0.009) g/kg、(4.870 ± 0.057) g/kg、(3.120 ± 0.013) g/kg、(2.410 ± 0.031) g/kg、(2.310 ± 0.033) g/kg、(45.888 ± 2.237) mg/kg、(106.168 ± 9.824) mg/kg、(2.605 ± 0.176) mg/kg、(9.058 ± 1.218) mg/kg、(17.088 ± 1.745) mg/kg。由此可见,2 组椰苗叶片的 N、P、K、Ca、Mg、B 元素含量差异明显。健康椰苗叶片各矿质元素的变异系数范围(4.3% ~ 16.1%) 较枯萎椰苗叶片(4.1% ~ 17.3%) 小,说明健康组椰苗叶片中各矿质元素含量较为平衡,但是 2 组变异系数都不大,说明不管是健康组,还是枯萎组,不同株之间的矿质营养元素含量差异不大,同时也说明了各组之间存在稳定差异。

## 2.2 椰苗叶片各矿质元素含量的相关性

健康组椰苗(6 个月) 叶片矿质元素含量相关性分析见表 2。由表 2 可知,各元素间具有复杂的正负相关性,其中 N 含量与 K、Ca、Cu、Fe 的含量呈正相关,而与 P、Na、Mg、Mn、Zn、B 的含量呈负相关,说明平衡氮肥能够促进椰苗对 K、Ca、Cu、Fe 等微量元素的吸收。N 含量与 Mg 含量极显著负相关( $P < 0.01$ ),P 含量分别与 Mn、Mg 含量呈极显著、显著正相关。

## 2.3 椰子苗叶片营养的 DRIS 诊断

通过计算每组椰苗叶片各营养元素含量平均值,将每组椰苗叶片营养含量用形式及各自的倒数 110 个(110 个 11 个营养元素之间的比值形式及其倒数总和) 表示,且计算它们标准差、方差、变异系数、方差比,并对其方差比进行显著性检验,然后经 *F* 检验达显著水平的表示形式作为 DRIS 参数(每对元素表示形式如 N/P 与 P/N,只选择差异最显著

表 2 椰子苗健康组叶片各矿质元素间的相关性分析

元素	相关系数										
	N	P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
N	1.000										
P	-0.387	1.000									
K	0.056	0.086	1.000								
Ca	0.143	-0.067	0.137	1.000							
Na	-0.219	0.016	0.085	0.114	1.000						
Mg	-0.688 **	0.501 *	-0.028	0.177	0.005	1.000					
Fe	0.177	0.090	-0.044	0.298	-0.011	0.004	1.000				
Mn	-0.107	0.561 **	0.203	-0.172	0.043	0.083	0.000	1.000			
Cu	0.357	-0.138	0.377	-0.054	-0.347	-0.183	-0.259	0.227	1.000		
Zn	-0.180	0.037	0.129	-0.098	0.308	0.156	0.247	-0.338	-0.322	1.000	
B	-0.122	0.003	-0.017	0.317	0.083	-0.097	0.065	0.154	0.035	-0.122	1.000

注:  $n=20$ , \* 表示相关性达显著水平 ( $P<0.05$ ); \*\* 表示相关性达极显著水平 ( $P<0.01$ )。

的作为重要参数)<sup>[8]</sup>。

在选定的 55 种养分表达形式的参数中,有 1 种表达形式结果为负值,有 54 种表达形式为正值(表 3)。偏离程度函数定量说明黄化枯萎症椰苗中各元素含量相互之间表现出相对欠缺的状态。由表 4 可知,椰苗树体需肥顺序(按 DRIS 诊断指数大小排序)为  $K(-1\,790.30) > B(-1\,289.33) > Ca(-1265.09) > Mg(-975.14) > N(-797.47) >$

$Zn(31.18) > Na(104.24) > Cu(381.96) > P(1\,269.81) > Mn(2\,150.76) > Fe(2\,179.38)$ 。“-”表示缺肥,“+”表示过量,说明椰苗树体 K、B、Ca、Mg、N 元素比较缺乏,Fe、Mn、P、Cu、Na、Zn 元素相对充足。叶片 DRIS 诊断指数表明,叶片 K、B、Ca、Mg、N 诊断指数均小于 0,处于缺乏状态,它们是生物量生长的主要限制因子;而其他元素 DRIS 诊断指数均为正值,说明这些营养元素的供给相对充足。因此,应重视 K、B、Ca、Mg、N 元素的补充及各元素的比率平衡,加强这些元素的吸收和利用。

表 3 单偏离程度函数  $f(X/Y)$  统计

$f(X/Y)$	比值	$f(X/Y)$	比值	$f(X/Y)$	比值
$f(P/N)$	1 619.799	$f(Mg/K)$	704.412	$f(Cu/Mg)$	1 172.543
$f(N/K)$	693.356	$f(Fe/K)$	4 244.815	$f(Zn/Mg)$	801.182
$f(Na/N)$	825.596	$f(Mn/K)$	4 103.118	$f(Mn/Fe)$	652.794
$f(N/Ca)$	129.936	$f(Cu/K)$	2 699.401	$f(Fe/Cu)$	1 753.754
$f(N/Mg)$	32.680	$f(Zn/K)$	1 481.281	$f(Fe/Zn)$	1 718.440
$f(Fe/N)$	2 903.618	$f(Na/Ca)$	1 205.459	$f(Mn/Cu)$	2 118.891
$f(Mn/N)$	2 644.288	$f(Na/Mg)$	921.636	$f(Mn/Zn)$	1 517.826
$f(Cu/N)$	1 390.508	$f(Fe/Na)$	1 625.750	$f(Cu/Zn)$	248.559
$f(Zn/N)$	709.373	$f(Mn/Na)$	1 881.420	$f(N/B)$	465.063
$f(P/K)$	3 096.604	$f(Na/Cu)$	-142.109	$f(P/B)$	2 191.762
$f(P/Na)$	1 097.104	$f(Zn/Na)$	31.575	$f(B/K)$	171.658
$f(P/Ca)$	2 615.858	$f(Mg/Ca)$	120.748	$f(Na/B)$	1 348.944
$f(P/Mg)$	3 001.454	$f(Fe/Ca)$	5 497.513	$f(Ca/B)$	576.279
$f(Fe/P)$	407.890	$f(Mn/Ca)$	3 256.194	$f(Mg/B)$	525.977
$f(Mn/P)$	1 272.317	$f(Cu/Ca)$	1 706.640	$f(Fe/B)$	3 246.811
$f(P/Cu)$	969.620	$f(Zn/Ca)$	835.658	$f(Mn/B)$	3 290.833
$f(P/Zn)$	1 055.880	$f(Fe/Mg)$	3 227.415	$f(Cu/B)$	1 684.050
$f(Na/K)$	1 622.962	$f(Mn/Mg)$	2 920.723	$f(Zn/B)$	1 024.587
$f(Ca/K)$	875.713				

表 4 椰子苗期(6 个月)健康组和枯萎组营养元素的 DRIS 诊断指数

项目	DRIS 指数
N	-797.47
P	1 269.81
K	-1 790.30
Na	104.24
Ca	-1 265.09
Mg	-975.14
Cu	381.96
Zn	31.18
Fe	2 179.38
Mn	2 150.76
B	-1 289.33

2.4 椰子苗叶片营养诊断临界标准

根据营养元素含量各个平均值和标准差,对各个营养元素适宜浓度范围进行分级计算。由表 5 可知,各养分的适宜浓度范围为 N 含量 16.680 ~ 20.070 g/kg, P 含量 1.170 ~ 1.360 g/kg, K 含量

6.670 ~ 7.780 g/kg, Ca 含量 4.170 ~ 4.550 g/kg, Na 含量 2.780 ~ 3.301 g/kg, Mg 含量 2.930 ~ 3.470 g/kg, Fe 含量 47.958 ~ 52.297 mg/kg, Mn 含

量 96.913 ~ 119.057 mg/kg, Cu 含量 3.048 ~ 3.410 mg/kg, Zn 含量 10.367 ~ 12.701 mg/kg, B 含量 22.724 ~ 27.610 mg/kg。

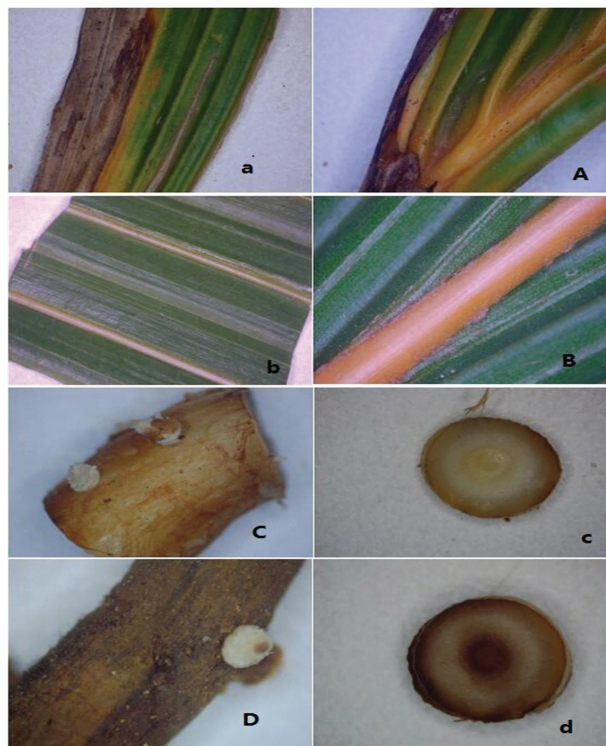
表 5 椰子苗叶片养分浓度范围

范围	适宜浓度范围	过剩	偏高	平衡	偏低	缺乏
N(g/kg)	16.680 ~ 20.070	22.894	20.636	18.378	16.120	13.862
P(g/kg)	1.170 ~ 1.360	1.520	1.392	1.263	1.134	1.006
K(g/kg)	6.670 ~ 7.780	8.713	7.969	7.225	6.481	5.737
Ca(g/kg)	4.170 ~ 4.550	4.870	4.615	4.360	4.104	3.849
Na(g/kg)	2.780 ~ 3.301	3.729	3.383	3.038	2.692	2.346
Mg(g/kg)	2.930 ~ 3.470	3.916	3.557	3.198	2.839	2.480
Fe(mg/kg)	47.958 ~ 52.297	55.912	53.020	50.128	47.235	44.343
Mn(mg/kg)	96.913 ~ 119.057	137.511	122.748	107.985	93.222	78.459
Cu(mg/kg)	3.048 ~ 3.410	3.712	3.470	3.229	2.988	2.746
Zn(mg/kg)	10.367 ~ 12.701	14.645	13.089	11.534	9.979	8.423
B(mg/kg)	22.724 ~ 27.610	31.682	28.424	25.167	21.910	18.652

### 3 讨论与结论

对海南省水果型椰子文椰 3 号 6 个月椰苗健康组、黄化枯萎症组叶片 11 种营养元素进行 DRIS 指数诊断。结果表明,相对健康组而言,枯萎病组叶片各元素含量偏低。K、B、Ca、Mg、N 处于缺乏状态,K、B、Ca 含量失调最严重,椰苗出现叶黄、椰心枯萎、内卷、干枯生理症状。根据种果繁育根系和生长状况来看(图 2),从椰果出芽到出苗发育阶段,枯萎苗根系出现腐烂、病根、老化等现象,这导致根对于营养吸收受限,势必影响椰苗对必需大量营养和微量元素吸收,因此引起种苗出现缺素和生理病症等问题。

各元素相关性分析表明,各元素间具有复杂的正负相关性,其中 N 元素与 K、Ca、Cu、Fe 等元素含量呈正相关,而与 P、Na、Mg、Mn、Zn、B 元素含量呈负相关,说明平衡氮肥能够促进椰苗对 K、Ca、Cu、Fe 等微量元素的吸收。N 元素与 Mg 元素之间呈极显著负相关,P 元素分别与 Mn、Mg 元素呈极显著、显著正相关。过去研究表明,苹果叶片中的 Ca 与 Cu、P 与 Mn 均呈显著正相关,K 与 Mg、Mn、B、Ca、Fe 均呈显著负相关<sup>[25]</sup>。蓝莓叶片中,K 与 B 呈显著负相关,而 Ca 与 P、Mg、Fe、Mn、B 之间,P 与 Mg、Mg 与 Fe、Zn、B、Mn 之间,Fe 与 Mn、B 之间,以及 Mn 与 B 之间均呈显著正相关<sup>[26]</sup>。荔枝叶片中,N 与 K 负相关,N 与 Ga、Mg 之间呈正相关,K 与 Ga、Mg 之间负相关<sup>[27]</sup>。由此可见,不同植物或作物矿



A、a—黄化枯萎症组椰苗叶片; B、b—健康组椰苗叶片;  
C、c—健康组椰苗根; D、d—黄化枯萎症组椰苗根

图2 椰子苗根和叶解剖镜照

质元素相关性具有相似,但也有不同之处。椰苗叶片、成龄椰子叶片、不同品种椰子以及不同生长期椰子叶片中矿质元素含量的变化规律须进一步研究。

椰子苗期(6 个月)树体需肥顺序从高到低依次为 K > B > Ca > Mg > N > Zn > Na > Cu > P > Mn > Fe。利用健康椰苗叶片养分浓度制定了相应的养



分诊断标准,即各养分的适宜浓度范围为 N 含量 16.680 ~ 20.070 g/kg, P 含量 1.170 ~ 1.360 g/kg, K 含量 6.670 ~ 7.780 g/kg, Ca 含量 4.170 ~ 4.550 g/kg, Na 含量 2.780 ~ 3.300 g/kg, Mg 含量 2.930 ~ 3.470 g/kg, Fe 含量 47.958 ~ 52.297 mg/kg, Mn 含量 96.913 ~ 119.057 mg/kg, Cu 含量 3.048 ~ 3.410 mg/kg, Zn 含量 10.367 ~ 12.701 mg/kg, B 含量 22.724 ~ 27.610 mg/kg。由此可见,如果某种元素诊断结果不在此范围之类,表示该元素在树体内过量或者缺乏。虽然椰子发育初期的营养靠种果提供,但是很多必要元素的浓度环境还是不能满足种果繁育需求和吸收利用。在保证种苗健康生长条件下,注意一些失衡的元素的补充和调节,可以通过根浇和叶面肥补充相应缺乏的元素,以保证椰子种苗健康生长。

椰子种果繁育中,最初的营养成分由种果提供,但是种果营养浓度和环境影响种芽和种苗的吸收及利用,另外,种果在发芽和出苗过程中,根系的发育也会影响营养成分吸收。因此,在种苗发育过程中,要综合考虑种苗发育和营养环境等问题,及时调节和管理。本研究仅给出了从出芽到出苗 6 个月的椰苗叶片的营养诊断结果,其科学性及在实际应用中的可能性存在不确定性。实际营养管理过程中植株各器官、内外养分元素供应之间存在的协同和拮抗作用须要作为研制椰苗营养管理的重要依据。今后将进一步以现有的诊断结果结合外界和自身种果养分含量与椰苗叶片营养指标的相关性设计不同的肥料配方进行施肥试验,以期为幼龄椰树专用肥的相关研究更好地提供支持。

#### 参考文献:

- [1] 陈良秋, 万玲. 中国椰子史略[J]. 现代农业科技, 2007(15): 222-223, 225.
- [2] 范海阔, 弓淑芳. 世界主要椰子种质资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [3] 毛祖舜, 邱维美, 唐龙祥, 等. 海南岛马哇幼龄椰树氮、磷、钾、镁肥用量试验[J]. 土壤肥料, 1999(1): 33-35.
- [4] 邱维美. 海南椰树施肥效应与合理施肥[J]. 热带作物研究, 1996, 16(2): 25-30.
- [5] 唐龙祥, 邱兵, 毛祖舜. 海南椰子氮磷钾镁肥施用效应研究[J]. 土壤肥料, 1997(5): 35-36, 39.
- [6] 唐龙祥, 毛祖舜. 海南主要椰区椰树营养状况的调查与分析

- [J]. 热带作物科技, 1991(1): 48-49.
- [7] 李艳, 郑亚军, 刘立云, 等. 椰子果皮中营养元素的测定及其种间差异分析[J]. 热带作物学报, 2009, 30(8): 1153-1156.
- [8] Beaufils E R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) [J]. Soil Science Bulletin, 1973(1): 1-132.
- [9] 黄宗玉. 诊断施肥综合法 (DRIS) 的原理与应用问题[J]. 土壤学进展, 1990, 18(1): 22-26.
- [10] 张国庆. 应用诊断施肥综合法 (DRIS) 进行甘蔗叶片营养诊断[J]. 土壤通报, 1992, 23(2): 73-75.
- [11] 高春丽, 马振朝, 王志慧, 等. 河北省红地球葡萄土壤与叶片营养诊断分析[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(6): 114-119.
- [12] 马海洋, 张金水, 林文, 等. 渭北旱塬红富士苹果不同时期叶片营养诊断[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(6): 752-756.
- [13] 叶功富, 高伟, 杜林梅, 等. 基于 DRIS 法的短枝木麻黄苗期综合营养诊断[J]. 植物科学学报, 2013, 31(2): 136-142.
- [14] 刘红霞, 张会民, 郭大勇, 等. 豫西地区红富士苹果叶片营养诊断[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 457-462.
- [15] 刘雪凤, 李凯荣, 时亚坤, 等. 陕西富平杏叶叶片营养诊断研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 127-130, 169.
- [16] 张龙, 郑永杰, 伍艳芳, 等. 基于 DRIS 法的樟树人工林营养诊断[J]. 南方农业学报, 2018, 49(2): 313-319.
- [17] 郭素娟, 李广会, 熊欢, 等. “燕山早丰”板栗叶片 DRIS 营养诊断研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(3): 709-717.
- [18] 康专苗, 姚智, 白亭玉, 等. DRIS 法在“帕拉英达”芒果营养诊断上的应用[J]. 中国南方果树, 2018, 47(3): 80-83.
- [19] 臧国长, 吴鹏飞, 马祥庆, 等. 闽南尾巨桉人工林叶片营养的 DRIS 诊断[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2013, 42(4): 381-384.
- [20] 董志国, 刘立云, 陈东良, 等. 应用诊断施肥综合法 (DRIS) 对槟榔叶片进行营养诊断[J]. 热带作物学报, 2010, 31(3): 361-364.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [22] Walworth J L, Sumner M E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) [M]//Advances in Soil Science. New York: Springer, 1987: 149-188.
- [23] Bhat M J. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)—A review[J]. International Journal of Current Research, 2010(10): 84-97.
- [24] 唐健, 覃祚玉, 邓小军, 等. 广西孟江油茶叶片营养 DRIS 诊断[J]. 福建林业科技, 2015, 42(1): 11-15, 42.
- [25] 王冬梅, 刘志, 王颖达, 等. 3 个苹果品种叶片矿质营养变化及其相关性研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(4): 113-118.
- [26] 陈强, 刘微, 徐小兵, 等. 4 个蓝莓品种果实发育期叶片矿质营养动态及其相关性[J]. 经济林研究, 2020, 38(1): 184-189.
- [27] 梁子俊. 荔枝主要矿质营养元素含量及其相关性[J]. 福建果树, 1990(1): 25-26, 46.