

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

基于 DRIS 法的大花序桉苗期“黄化症”苗圃营养状况诊断

覃祚玉^{1,2,3}, 唐 健^{1,2,3}, 覃其云^{1,2,3}, 石媛媛^{1,2,3}, 邓小军^{1,2,3}, 潘 波^{1,2,3}

(1. 广西林业科学研究院, 广西 南宁 530002; 2. 国家林草局中南速生材繁育实验室, 广西 南宁 530002;
3. 广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西 南宁 530002)

摘要:植物营养诊断是评估大花序桉营养状况的可靠、便捷方法。本研究采用诊断施肥法(DRIS), 对广西崇左发生“黄化症”的大花序桉苗木营养状况进行调查、诊断。结果表明, 大花序桉苗期叶片营养元素含量与“黄化症”之间密切相关。大花序桉叶片苗期养分供给状况以及需肥顺序为 $\text{Fe} > \text{P} > \text{N} > \text{Mg} > \text{K} > \text{B} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ca}$ 。黄化症的叶片 N、P、Fe 和 Ca 诊断指数均小于 0, 属于缺乏水平, 是影响苗木黄化的关键因子, 而其他营养元素的 DRIS 诊断指数均为正值, 供给较为充足。大花序桉苗期的各营养元素的适宜范围为 N(7.50~10.80) g/kg、P(1.25~2.98) g/kg、K(10.37~30.64) g/kg、Ca(5.13~23.631) mg/kg、Mg(1.55~3.82) mg/kg、Cu(4.53~8.34) mg/kg、Zn(46.57~62.83) mg/kg、Fe(140.03~226.31) mg/kg、Mn(252.95~426.99) mg/kg、B(18.80~39.85) mg/kg。

关键词:大花序桉; 苗期叶片; 营养诊断; 黄化症; DRIS 法; 广西

中图分类号:S792.39;S723.13;Q945.1 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)06-0125-07

引文格式:覃祚玉, 唐健, 覃其云, 等. 基于 DRIS 法的大花序桉苗期“黄化症”苗圃营养状况诊断[J]. 林业调查规划, 2023, 48(6): 125-131. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

QIN Zuoyu, TANG Jian, QIN Qiyun, et al. Nutritional Diagnosis of “Chlorosis” Nursery of *Eucalyptus cloeziana* Seedlings Based on DRIS Method[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 125-131. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 022

Nutritional Diagnosis of “Chlorosis” Nursery of *Eucalyptus cloeziana* Seedlings Based on DRIS Method

QIN Zuoyu^{1,2,3}, TANG Jian^{1,2,3}, QIN Qiyun^{1,2,3}, SHI Yuanyuan^{1,2,3},
DENG Xiaojun^{1,2,3}, PAN Bo^{1,2,3}

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Nanning 530002, China; 2. Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of National Forestry and Grassland Administration, Nanning 530002, China;
3. Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning 530002, China)

Abstract: Plant nutrition diagnosis is a reliable and convenient method for evaluating the nutritional status of *Eucalyptus cloeziana*. This study used diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) to investigate and diagnose the nutritional status of *Eucalyptus grandiflorus* seedlings subjected to “chlorosis” in Chongzuo, Guangxi. The results indicated that there was a close correlation between the nutrient content of *Eucalyptus cloezianas* leaves at the seedling stage and “chlorosis”. The nutrient supply status

收稿日期:2022-05-17.

基金项目:广西自然科学基金项目(2022GXNSFBA035630);中央引导地方科技发展资金项目(桂科 ZY21195026)

第一作者:覃祚玉(1986-),女,广西蒙山人,硕士,高级工程师。从事植物营养与土壤研究。Email:474050475@qq.com

of *Eucalyptus cloeziana* leaves at seedling stage as well as the order of fertilizer requirement were $\text{Fe} > \text{P} > \text{N} > \text{Mg} > \text{K} > \text{B} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ca}$. The values of leaf N, P, Fe, and Ca diagnostic indices of etiolated leaves were all less than 0 and belonged to deficiency levels, which were key factors affecting seedling yellowing, whereas the values of DRIS diagnostic indices of other nutrients were all positive and in more adequate supply standard. The suitable range of each nutritional element for the seedling stage of *Eucalyptus cloeziana* was N (7.50–10.80) g/kg, P (1.25–2.98) g/kg, K (10.37–30.64) g/kg, Ca (5.13–23.631) mg/kg, Mg (1.55–3.82) mg/kg, Cu (4.53–8.34) mg/kg, Zn (46.57–62.83) mg/kg, Fe (140.03–226.31) mg/kg, Mn (252.95–426.99) mg/kg, B (18.80–39.85) mg/kg.

Key words: *Eucalyptus cloeziana*; seedling leaf; nutrition diagnosis; chlorosis; DRIS; Guangxi

大花序桉(*Eucalyptus cloeziana* F. Muell.)是澳大利亚特有的用材树种,从 19 世纪末开始引入我国,可为工业生产提供原材料,包括花蜜、叶精油、燃料和木制品。其木材呈现黄褐色,坚固、沉重,非常耐用^[1],因此被广泛用于家具、码头和桥梁建设、房屋和造船、电线杆、坑木、地雷道具和铁路枕木^[2]。目前已可以通过生根扦插和组织培养进行繁殖,这极大地促进了它在无性系林业中的应用^[3]。目前,亚洲、非洲和南美洲的其他热带和亚热带地区也开展营建大花序桉商品人工林^[4]。关于大花序桉的研究主要集中在遗传改良^[5–8]、栽培利用^[9–13]和材性研究^[14–19]上。目前,随着广西桉树人工林大面积单一树种造林,短周期多代次连栽和不科学的经营管理,使桉树林地的土壤质量和持续生产力受阻。研究表明,大花序桉无论是在材用价值和生长率上都有很好表现,目前已在广西多地大力开展试种,每年都需要大量的苗木。但在大花序桉苗木培育中,如果管护不当,常常会出现整片苗木“黄化”现象,上山造林恢复力差,带来了严重的经济滞后效应。养分诊断在大田作物生产中应用广泛,起到了较好的促产稳产效果,而在森林培育中常用的养分诊断方法有田间实验法、土壤诊断法和叶分析法等,其中以临界值法和 DRIS 法的叶片诊断法应用最为普遍^[20–22]。DRIS 法又称营养诊断与施肥建议综合法(diagnosis and recommendation integrated system),该法不仅可诊断叶内各元素的丰缺,还可排出需肥顺序^[23]。DRIS 法已被发现适用于诊断大田作物的营养状况,如玉米^[24]、棉花^[25]、甘蔗^[26]和马铃薯^[27],但是基于 DRIS 方法的大花序桉植株营养状况诊断研究未见报道。本研究旨在对发生“黄化病”的大花序桉苗圃营养状况进行诊断,以期能正确指导其苗期的科学施肥及苗期专用肥的生产,提高苗木质量。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与测定

本试验所用试验材料来自广西壮族自治区国有东门林场林科所育苗基地苗圃,该苗圃位于广西西南部的崇左市扶绥县东门镇(东经 107°55′00″,北纬 22°24′54″),地势平坦、阳光充足。将苗木分为黄化组和正常组,各组内随机选取生长基本一致、无虫害的 4 个月大的营养杯苗,各 200 株。其中正常组平均苗高 45 cm,黄化组平均苗高 37 cm。每组分内选取苗木中部高度为 1/2~3/4 间、无病虫害、无机械损伤的叶片均匀混合后分为 5 个待测叶样品(每个样品约 0.2 kg)。叶片采集后用保鲜袋装袋,洗涤干净后烘干,参照《中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1267—1999》测定叶片的 N、P、K、Cu、Mn、B、Zn、Fe、Ca 和 Mg 含量,每组 4 次重复。将分组后的轻基质土壤样品进行测定,土壤 pH 值、有机质、全量(N、P、K)、速效(N、P、K)、交换性 Ca、交换性 Mg、有效 Cu、有效 Zn、有效 Fe、有效 Mn 和有效 B 等养分指标含量测定方法参照《中华人民共和国林业行业标准 LY/T 1210–1275—1999》^[28]进行测定。

1.2 DRIS 指数计算方法

偏函数 $f(X/Y)$ 计算公式:

$$\begin{cases} f(X/Y) = [(X/Y)_{\text{低}} / (X/Y)_{\text{高}} - 1] \times 1000 / C.V. & (X/Y)_{\text{低}} \geq (X/Y)_{\text{高}} \\ f(X/Y) = [1 - (X/Y)_{\text{高}} / (X/Y)_{\text{低}}] \times 1000 / C.V. & (X/Y)_{\text{低}} < (X/Y)_{\text{高}} \end{cases} \quad (1)$$

式中: X 、 Y 代表任意两种养分浓度,用 $(X/Y)_{\text{低}}$ 和 $(X/Y)_{\text{高}}$ 分别表示黄化组和正常组大花序桉叶片 X 、 Y 养分浓度的比值。 $f(X/Y)$ 为偏函数,代表 $(X/Y)_{\text{低}}$ 与 $(X/Y)_{\text{高}}$ 偏离程度, $f(X/Y)$ 越接近于 0,表示该元素与其它元素值之间相对平衡。 $C.V.$ 为 $(X/Y)_{\text{高}}$ 的变异系数。DRIS 指数表示树体对某一营养

元素的需求强度,负指数表示树体需要这一元素,负值的绝对值越大,表示需要强度越大;反之,表示大花序桉对这一元素需要强度小或不需要,甚至是过量的;当指数为0或接近0时,表明该元素与其它元素处于相对平衡状态。所有元素DRIS指数的代数和为零^[20]。若观测元素为 X/Y 中的 X 时, $f(X/Y)$ 取正值,若观测的元素为 X/Y 中的 Y 时, $f(X/Y)$ 取负值。因此, X 指数计算公式可表示为:

$$X \text{ 指数} = [f(X/A) + f(X/B) + \dots - f(H/X) - f(I/X) \dots] / n \quad (2)$$

式中: n 代表偏函数 $f()$ 的个数, $A, B, H, I \dots$ 代表所考察的元素,所有元素DRIS指数绝对值的代数和称为养分不平衡指数,用NII表示,NII越大,说明苗木营养元素间越不平衡^[29]。

1.3 叶片营养诊断临界标准

将DRIS营养诊断的标准浓度分为过剩 $\uparrow$ 、偏高 $\nearrow$ 、平衡 $\rightarrow$ 、偏低 $\searrow$ 、缺乏 $\downarrow$ 5个等级,旨在矫治大花序桉苗期缺素症,预防营养失调。将正常组叶片各营养元素含量平均值与标准差相结合,综合判断大花序桉叶片养分分级标准。以正常组大花序桉叶片营养元素DRIS诊断平均值作为平衡指标,则营养诊断的标准浓度的计算公式均可用公式(3)表示:

$$\begin{cases} \text{偏高值} = \text{平衡值} + 4/3 \text{ 标准差} \\ \text{过剩值} = \text{平衡值} + 8/3 \text{ 标准差} \\ \text{偏低值} = \text{平衡值} - 4/3 \text{ 标准差} \\ \text{缺乏值} = \text{平衡值} - 8/3 \text{ 标准差} \end{cases} \quad (3)$$

DRIS营养诊断的浓度偏离 $\pm 4/3$ 标准差为该元素相对适宜浓度范围,偏离 $4/3 \sim 8/3$ 标准差为该元素缺乏或相对富集,偏离 $\pm 8/3$ 标准差以上为严重缺乏或过量,极易造成缺素或毒害^[20]。

2 结果与分析

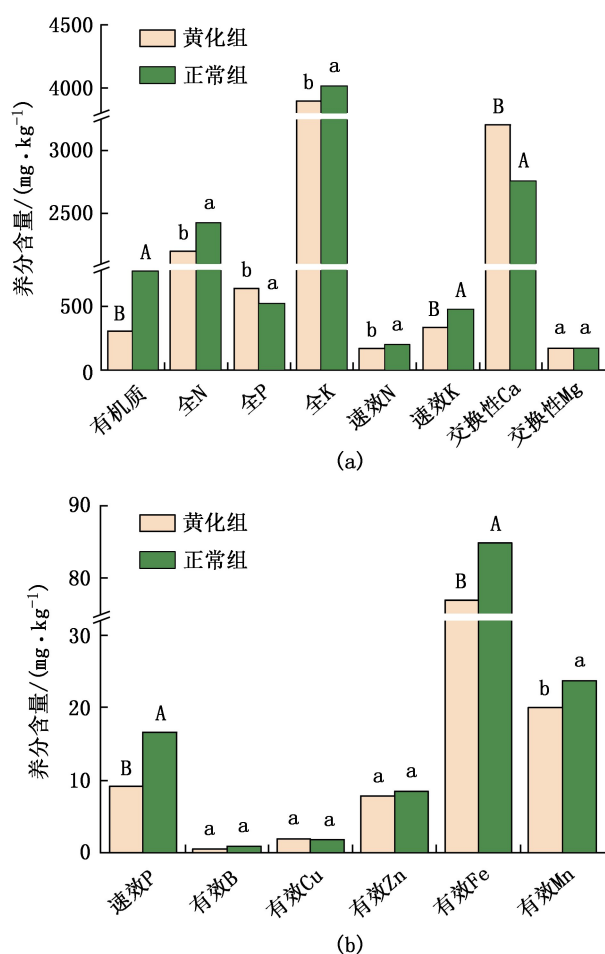
2.1 苗圃基质土养分分析

根据对大花序桉培育基质土诊断结果(图1(a),图1(b)),除土壤有效Cu、全P、交换性Mg含量表现为正产组低于黄化组,其余的养分含量均表现为正产组>黄化组,其中两者之间的土壤有机质、交换性Ca、速效K、速效P、有效Fe呈极显著差异($P < 0.01$),两者之间的土壤全N、全P、全K、速效N和有效Mn存在显著性差异($P < 0.05$)。说明轻基质土中大量元素可能是影响大花序桉黄化的主要因素。

2.2 苗圃叶片营养诊断

2.2.1 不同表现形式的参数统计检验

根据系统综合诊断法(DRIS),对正常组和黄化



注:不同小写字母表示不同组间的养分含量差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示不同组间的养分含量存在极显著差异($P < 0.01$)。

图1 苗圃轻基质土养分分析

Fig. 1 Nutrient analysis of light matrix soil in the nursery

组叶片中的大、中、微量元素含量选用两元素含量比的不同表示形式进行统计,计算各营养元素含量比值($N/K, N/P, N/Ca \dots Fe/Mn$)及各形式下的平均值、标准差、变异系数、方差,计算正常组与黄化组的方差比(表1)。此时的正常组该参数的叶片养分均值视为元素的最佳含量,对应的含量比值为最佳比例^[20]。从表1可见,用45种表现形式来表示各元素含量比值,86.7%的表现形式的变异系数表现为黄化组>正常组,说明正常组营养元素含量及各元素含量比例状况的平衡度优于黄化组。方差差异显著性检验的结果表明,正常组和黄化组间P、Fe 2元素含量间存在显著差异($F = 0.05$ 水平),其余的元素浓度方差比没有显著性差异。统计分析结果表明,正常组叶片的N、P、Fe元素含量高于黄化组,其它元素含量则为黄化组>正常组。

表 1 正常组和黄化组 DRIS 诊断参数统计

Tab. 1 DRIS diagnosis parameters for normal group and chlorosis group

元素	正常组				黄化组				黄化组/正常组方差
	平均值	标准差	变异系数	方差	平均值	标准差	变异系数	方差	
N/(g · kg ⁻¹)	9.15	1.235	13.50	1.525	5.80	5.040	24.19	5.585	1.479
P/(g · kg ⁻¹)	2.11	0.649	30.72	0.421	0.93	1.792	40.89	1.064	0.507
K/(g · kg ⁻¹)	20.50	10.602	51.70	112.402	12.42	16.452	12.86	15.364	0.700
Ca/(mg · kg ⁻¹)	6.77	1.231	18.17	1.515	3.68	3.148	34.16	6.580	1.760
Mg/(mg · kg ⁻¹)	2.69	0.853	31.75	0.728	2.37	2.029	6.94	2.355	0.034
Cu/(mg · kg ⁻¹)	6.44	1.430	22.22	2.045	3.03	6.230	35.57	7.345	1.740
Zn/(mg · kg ⁻¹)	54.70	6.098	11.15	37.186	35.07	39.740	19.62	54.800	1.912
Fe/(mg · kg ⁻¹)	183.17	32.356	17.66	1046.911	178.09	109.220	26.25	105.500	1.087
Mn/(mg · kg ⁻¹)	339.97	65.265	19.20	4259.520	379.31	285.270	25.73	243.000	1.222
B/(mg · kg ⁻¹)	29.32	7.895	26.92	62.331	25.77	16.130	34.85	23.550	0.717
N/P	4.67	1.490	31.89	2.220	6.22	2.813	56.85	5.248	6.049
N/K	0.45	0.032	7.09	0.001	0.47	0.306	22.26	0.363	8.251
N/Ca	1.36	0.086	6.33	0.007	1.58	1.601	25.83	0.849	17.106
N/Mg	3.44	0.386	11.23	0.149	2.45	2.484	22.91	2.371	2.661
N/Cu	1.43	0.151	10.53	0.023	1.91	0.809	47.29	0.760	17.276
N/Zn(10 ⁻²)	16.86	1.588	9.42	0.025	16.54	12.682	28.80	10.191	7.234
N/Fe(10 ⁻³)	50.02	1.707	3.41	0.003	32.57	46.145	30.45	52.934	80.343
N/Mn(10 ⁻²)	2.71	0.307	11.32	0.001	1.53	1.767	45.42	2.298	12.412
N/B	0.33	0.070	21.39	0.005	0.23	0.312	154.18	0.237	12.526
P/K	0.10	0.039	37.00	0.002	0.08	0.109	36.07	0.069	0.476
P/Ca	0.31	0.093	29.81	0.009	0.25	0.569	72.37	0.162	4.706
P/Mg	0.81	0.309	38.22	0.096	0.39	0.883	49.31	0.452	0.668
P/Cu	0.33	0.094	28.62	0.009	0.31	0.288	37.78	0.145	0.822
P/Zn(10 ⁻¹)	0.39	0.129	33.15	0.002	0.27	0.451	46.63	0.194	0.962
P/Fe(10 ⁻²)	1.17	0.407	34.87	0.002	0.52	1.641	54.09	1.009	1.575
P/Mn(10 ⁻³)	6.14	1.429	23.29	0.002	2.46	6.282	39.48	4.379	1.304
P/B	0.08	0.039	49.34	0.002	0.04	0.111	192.59	0.045	0.738
K/Ca	3.03	0.262	8.62	0.068	3.38	5.226	36.09	2.335	22.852
K/Mg	7.69	1.012	13.15	1.024	5.25	8.108	17.93	6.524	1.452
K/Cu	3.21	0.441	13.73	0.194	4.10	2.641	29.29	2.092	4.276
K/Zn	0.38	0.038	10.02	0.001	0.35	0.414	16.39	0.280	2.454
K/Fe(10 ⁻²)	11.18	0.540	4.83	0.003	6.97	15.063	30.04	14.563	49.035
K/Mn(10 ⁻¹)	6.10	1.060	17.37	0.011	3.27	5.767	32.52	6.323	3.155
K/B	0.72	0.121	16.79	0.015	0.48	1.020	48.58	0.652	13.241
Ca/Mg	2.56	0.457	17.88	0.209	1.56	1.551	30.68	2.794	1.991
Ca/Cu(10 ⁻²)	4.98	0.970	19.46	0.009	6.74	5.106	18.90	4.297	1.101
Ca/Zn(10 ⁻²)	3.52	0.445	12.64	0.002	1.70	5.704	50.56	6.962	26.587
Ca/Fe(10 ⁻²)	16.17	2.036	12.59	0.041	9.25	13.931	36.37	22.551	8.554
Ca/Mn	6.48	1.189	18.36	1.415	6.91	6.771	35.90	4.480	4.755
Ca/B	1.06	0.058	5.54	0.003	1.21	0.505	35.64	0.896	34.517
Mg/Cu	0.42	0.092	21.77	0.009	0.78	0.326	44.94	0.321	5.447
Mg/Zn(10 ⁻²)	4.98	0.970	19.46	0.009	6.74	5.106	18.90	4.297	1.101

续表 1

元素	正常组				黄化组				黄化组/正 常组方差
	平均值	标准差	变异系数	方差	平均值	标准差	变异系数	方差	
Mg/Fe (10 ⁻³)	14.66	1.334	9.10	0.002	13.28	18.578	20.43	22.322	7.811
Mg/Mn(10 ⁻⁴)	80.19	17.402	21.70	0.030	62.35	71.127	24.76	96.914	1.436
Mg/B(10 ⁻²)	9.44	1.641	17.39	0.027	9.18	12.579	259.19	10.000	9.318
Cu/Zn(10 ⁻²)	11.77	0.533	4.53	0.003	8.64	15.677	25.08	13.403	32.720
Cu/Fe(10 ⁻²)	3.52	0.445	12.64	0.002	1.70	5.704	50.56	6.962	26.587
Cu/Mn(10 ⁻³)	18.97	1.817	9.57	0.003	7.99	21.839	45.11	30.226	25.654
Cu/B	0.23	0.062	26.94	0.004	0.12	0.386	231.44	0.312	4.508
Zn/Fe	0.30	0.033	11.16	0.001	0.20	0.364	36.90	0.519	15.617
Zn/Mn(10 ⁻¹)	1.62	0.204	12.59	0.004	0.92	1.393	36.37	2.255	8.554
Zn/B	1.95	0.472	24.18	0.222	1.36	2.464	39.56	2.327	4.305
Fe/Mn	0.54	0.081	14.86	0.007	0.47	0.383	16.72	0.434	0.917
Fe/B	6.48	1.189	18.36	1.415	6.91	6.771	35.90	4.480	4.755
Mn/B	12.32	3.789	30.76	14.359	14.72	17.686	24.88	10.318	1.025

2.2.2 叶片营养的 DRIS 诊断

通过 DRIS 诊断法可判断元素比值的最佳平衡态,实测的元素与最适值越接近越平衡^[20]。通过公式(1)~(2)计算大花序桉叶片养分比值的偏函数 $f(X/Y)$ (表 2)和养分 DRIS 指数(表 3)。

由表 2 可知,45 种养分表现形式的参数中, $f(X/Y)$ 结果为正、负值的表现形式分别有 24 和 21 种,占比 53.3%和 46.7%,表明各元素间同时存在相对缺乏和相对过量情况,各元素间的比例不平衡。

表 3 数据显示,试验地大花序桉营养不平衡指数 NII 为 55.423,苗期大花序桉的需肥顺序为:Fe>P>N>Mg>K>B>Cu>Zn>Mn>Ca。黄化的大花序桉叶片的 N、P、Fe 元素较为缺乏,而 Ca、Mg、Cu、Zn、Mn、B 元素相对充足。叶片 DRIS 诊断指数 Fe 元素负值最大,为-9.794,表示黄化大花序桉叶片 Fe 元素相对缺乏,是黄化症发生的主要影响因子。叶片 N、P、Ca、Fe 诊断指数均小于 0,属于缺乏水平,而其它元素 DRIS 诊断指数为正值,供给相对充足。结合大花序桉需肥结果(Ca 排名靠后)可知,Fe、P、N 为苗期大花序桉正常生长必不可少的主要营养,在培育过程中应重视 N、P、Fe 肥的添加。

2.2.3 大花序桉叶片营养诊断临界标准

大花序桉苗期各养分分级标准如表 4 所示,各营养元素的适宜范围分别为:N(7.50~10.80)g/kg、P(1.25~2.98)g/kg、K(10.37~30.64)g/kg、Ca(5.13~23.631)mg/kg、Mg(1.55~3.82)mg/kg、Cu(4.53~8.34)mg/kg、Zn(46.57~62.83)mg/kg、Fe

表 2 单偏离程度函数 $f(X/Y)$ 统计

Tab.2 Single degree of deviation function statistics

比值参数	$f(X/Y)$	比值参数	$f(X/Y)$
N/P	8.63	K/B	12.20
N/K	-12.01	Ca/Mg	-9.94
N/Ca	2.12	Ca/Cu(10 ⁻²)	3.82
N/Mg	-17.83	Ca/Zn(10 ⁻²)	17.75
N/Cu	-7.10	Ca/Fe(10 ⁻²)	0.96
N/Zn(10 ⁻²)	-12.81	Ca/Mn	5.63
N/Fe(10 ⁻³)	1.34	Ca/B	-15.78
N/Mn(10 ⁻²)	-10.81	Mg/Cu	5.30
N/B	-11.37	Mg/Zn(10 ⁻²)	3.82
P/K	-7.89	Mg/Fe(10 ⁻³)	21.60
P/Ca	-3.57	Mg/Mn(10 ⁻⁴)	2.20
P/Mg	-9.59	Mg/B(10 ⁻²)	-26.99
P/Cu	-10.94	Cu/Zn(10 ⁻²)	6.94
P/Zn(10 ⁻¹)	-9.13	Cu/Fe(10 ⁻²)	17.75
P/Fe(10 ⁻²)	-5.48	Cu/Mn(10 ⁻³)	7.30
P/Mn(10 ⁻³)	-14.01	Cu/B	-15.89
P/B	-3.72	Zn/Fe	14.62
K/Ca	14.43	Zn/Mn(10 ⁻¹)	0.96
K/Mg	-8.80	Zn/B	8.74
K/Cu	-2.25	Fe/Mn	-10.02
K/Zn	-4.23	Fe/B	5.63
K/Fe(10 ⁻²)	23.16	Mn/B	6.54
K/Mn(10 ⁻¹)	-2.94		

(140.03~226.31)mg/kg、Mn(252.95~426.99)mg/kg、B(18.80~39.85)mg/kg。

表 3 叶片养分 DRIS 诊断指数及需肥顺序

Tab. 3 DRIS diagnosis index of foliar nutrient concentration and order of nutrient requirement

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B	NII
-7.481	-9.121	6.433	-1.316	6.514	3.409	2.749	-9.794	3.529	5.078	55.423
需肥顺序: Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca										

表 4 大花序桉叶片养分浓度 DRIS 诊断范围等级

Tab. 4 DRIS diagnosis scope of foliar nutrient concentration of *Eucalyptus cloeziana*

养分元素	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
	/(g · kg ⁻¹)					/(mg · kg ⁻¹)				
过剩↑	12.44	3.84	40.78	10.06	4.96	10.25	70.96	269.45	514.01	50.38
偏高↗	10.80	2.98	30.64	23.63	3.82	8.34	62.83	226.31	426.99	39.85
平衡→	9.15	2.11	20.50	6.77	2.69	6.44	54.70	183.17	339.97	29.32
偏低↘	7.50	1.25	10.37	5.13	1.55	4.53	46.57	140.03	252.95	18.80
缺乏↓	5.86	0.38	0.23	3.49	0.41	2.62	38.44	96.88	165.93	8.27

3 结论与讨论

1) 用 DRIS 法对植物实施营养诊断, 可以采用高产组各营养元素间比值的实测值来代替最适值进行计算^[30-31]。本研究发现, 正常和黄化组之间对各营养元素需求量存在较大的差异。黄化组的轻基质土的有机质、速效 K、速效 P、有效 Fe 和交换性 Ca 含量与正常组存在极显著差异; 苗木叶片各元素浓度及各元素含量比值的变异系数均为黄化组 > 正常组, 说明相对正常组而言, 黄化组的大花序桉叶片各元素间较为不平衡; 叶片养分分析结果显示, 黄化组叶片的 N、P、Fe 含量属于缺乏水平, 而 K、Ca、Mg、Cu、Zn、Mn 含量满足苗木需求或过量。正常组叶片的 N、P、Fe 元素含量高于黄化组, 而其余元素含量则反之。可见, 植物养分浓度高低与其健康生长并非均呈正比, N、P、Fe 元素为大花序桉黄化症发生的主要影响因子, 营养的过度添加可能影响植物的健康生长, 因此在大花序桉苗圃培育过程中, 应科学补充 N、P、Fe 元素, 消除黄化障碍, 提高苗木质量。

2) 利用 DRIS 指数法分析正常组与黄化组叶片营养, 可为大花序桉苗圃施肥管理提供参考。本研究对黄化症和正常大花序桉叶片 10 种营养元素进行 DRIS 指数诊断。结果表明, 大花序桉叶片的 DRIS 诊断结果科学地反映大花序桉苗期叶片各养分的平衡状况, 苗期叶片 N、P、Fe、Ca 处于缺乏水平 (元素诊断指数均小于 0), 而其它元素的 DRIS 诊断指数为正值, 说明这些营养元素的供给相对充足; 试验苗

圃大花序桉苗期需肥强度为 Fe > P > N > Mg > K > B > Cu > Zn > Mn > Ca。不平衡指数 NII 为 55.423, 养分相对稳定。大花序桉虽属桃金娘科桉属植物, 但与其他桉树营养平衡状态和需肥强度有所区别, 如闽南尾巨桉人工林^[32]和巨桉^[20]的营养平衡状态较差, 营养需求次序分别为 N > P > K 和 N > K > P。

3) 采用 DRIS 营养诊断法对苗圃中大花序桉幼苗叶片的营养平衡状态进行分析, 大花序桉苗期的各营养元素的适宜范围为: N (7.50 ~ 10.80) g/kg、P (1.25 ~ 2.98) g/kg、K (10.37 ~ 30.64) g/kg、Ca (5.13 ~ 23.631) mg/kg、Mg (1.55 ~ 3.82) mg/kg、Cu (4.53 ~ 8.34) mg/kg、Zn (46.57 ~ 62.83) mg/kg、Fe (140.03 ~ 226.31) mg/kg、Mn (252.95 ~ 426.99) mg/kg、B (18.80 ~ 39.85) mg/kg。大花序桉叶片中的大、中量营养元素的适宜范围与其他桉属树种有所区别, 比如: 巨桉^[20]的大中量元素适宜范围 N (11.02 ~ 22.76) g/kg、P (0.79 ~ 1.52) g/kg、K (8.29 ~ 14.45) g/kg、Ca (3.26 ~ 8.05) g/kg、Mg (13.25 ~ 23.90) g/kg, 雷林 1 号桉 N、P、K 最适值浓度分别为 20.3 ~ 25.4 g/kg, 1.7 ~ 2.1 g/kg 和 7.0 ~ 10.0 g/kg^[33], 巨尾桉为 N (23.08 ~ 26.74) g/kg, P (0.86 ~ 2.54) g/kg, K (14.4 ~ 16.0) g/kg, Ca (5.56 ~ 9.19) g/kg, Mg (15.76 ~ 22.84) g/kg^[34]。因此, 在苗圃施肥管理时, 要把握好施肥用量和各用肥的合理搭配。

参考文献:

[1] Mr JACOBS. FAO forestry [M]. Rome, Italy: FAO forestry,

- 1979.
- [2] BOOTLE K R. McGraw-Hill Book Company (2nd edition) [M]. Sydney, Australia, 2005.
- [3] LV J B, LI C R, ZHOU C P, et al. Genetic diversity analysis of a breeding population of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. (Myrtaceae) and extraction of a core germplasm collection using microsatellite markers[J]. Crossref, 2020(1): 112-157.
- [4] 李昌荣, 陈奎, 周小金. 大花序桉研究现状与发展趋势[J]. 桉树科技, 2012, 29(2): 40-46.
- [5] 邓紫宇, 陈健波, 郭东强, 等. 大花序桉的遗传多样性分析[J]. 林业科学研究, 2019, 32(4): 41-46.
- [6] 王莉, 李昌荣, 李发根, 等. 大花序桉群体适应性相关的 SSR 位点[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(5): 59-66.
- [7] 陈小中, 张临萍, 陈炎, 等. 大花序桉优树家系苗期性状的遗传变异[J]. 四川林业科技, 2020, 41(2): 8-14.
- [8] HUNG T D, BRAUNER J T, ROGER M, et al. Estimates of genetic parameters for growth and wood properties in *Eucalyptus pellita* F. Muell. to support tree breeding in Vietnam [J]. Crossref, 2014(2): 205-217.
- [9] 吕曼芳, 覃祚玉, 曹继钊, 等. 大花序桉幼苗营养吸收及分配规律研究[J]. 林业调查规划, 2021, 46(1): 38-42.
- [10] 陈水亮. 大花序桉与尾巨桉生长比较[J]. 林业勘察设计, 2020, 40(3): 73-75.
- [11] 张立, 吴红英, 吕月保, 等. 大花序桉实生苗育苗技术要点[J]. 南方农业, 2020, 14(12): 5-7.
- [12] 徐耀昌. 闽南山地大花序桉不同家系的早期生长适应性[J]. 福建林业, 2021, 212(1): 37-39.
- [13] 卢翠香, 潘尚慧, 黄黎敏, 等. 大花序桉+红椎/火力楠混交造林早期生长效应分析[J]. 桉树科技, 2021, 38(1): 41-44.
- [14] 覃卫星, 刘衡, 黎巍, 等. 29年生大花序桉生材性质的研究[J]. 江西农业学报, 2020, 32(6): 52-56.
- [15] 张磊, 刘衡, 陈黎强, 等. 树龄对大花序桉木材物理性质的影响[J]. 宁夏农林科技, 2020, 61(5): 27-29.
- [16] 刘鑫, 刘衡, 汪深洋, 等. 17年生大花序桉生材性质的研究[J]. 江西农业学报, 2020, 32(7): 45-49.
- [17] 罗佳, 马若克, 韦鹏练, 等. 大花序桉心边材的径向和轴向的变异[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43(4): 132-140.
- [18] CARLOS M, HUGO O N, ANDREA C, et al. Physical and Mechanical Properties of Wood From a Population of *Eucalyptus bosistoana* F. Muell. Grown in Uruguay [J]. Crossref, 2014(1): 76-80.
- [19] LI C R, WENG Q J, CHEN J B, et al. Genetic parameters for growth and wood mechanical properties in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. [J]. Crossref, 2016(1): 33-49.
- [20] 冯茂松, 张健, 钟宇. 四川巨桉人工林大中量营养元素 DRIS 诊断[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(1): 55-59.
- [21] 姜成英, 赵梦炯, 吴文俊, 等. 油橄榄叶片营养诊断研究[J]. 果树学报, 2022, 39(2): 232-242.
- [22] 冯茂松, 张健, 杨万勤, 等. 不同方法在巨桉人工林养分诊断中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(2): 81-87, 92.
- [23] 覃祚玉, 曹继钊, 覃其云, 等. 马尾松人工幼林营养综合诊断[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(3): 50-55.
- [24] ALIYU K T, HUISING J, KAMARA A Y, et al. Understanding nutrient imbalances in maize (*Zea mays* L.) using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) approach in the Maize belt of Nigeria[J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 1-13.
- [25] SINGH D, SINGH K, HUNDAL H S. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for evaluating nutrient status of cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Journal of Plant Nutrition, 2012, 35(2): 192-202.
- [26] SILVA G P D, PRADO R D M, WADT P G S, et al. Modeling formulas of the comprehensive diagnosis and recommendation system (DRIS) for phosphorus in sugarcane[J]. Journal of Plant Nutrition, 2020, 44(9): 1316-1329.
- [27] OLIVEIRA R C, SILVA J, LANA R, et al. Fertilizer application levels in potato crops and the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) [J]. Agronomy, 2020, 11(1): 51.
- [28] 国家林业局. 森林土壤分析方法: LY/T 1210—1275—1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [29] 冯大兰, 魏立本, 黄小辉, 等. 梁平柚果实膨大期叶片矿质营养诊断研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2020, 44(2): 111-116.
- [30] 高黎涛, 唐荣伟, 高帅帅, 等. 基于 DRIS 法的不同速生柳营养诊断[J]. 天津农林科技, 2022(2): 4-9.
- [31] ALVES M F D A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops [J]. Scientia Agricola, 2004, 61(5): 550-560.
- [32] 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.
- [33] 李淑仪, 林书蓉, 廖观荣, 等. 雷林 1 号桉叶片营养诊断研究[J]. 林业科学研究, 1997(1): 13-18.
- [34] 胡厚臻. 配方施肥下巨尾桉的生长生理及土壤肥力特征研究[D]. 南宁: 广西大学, 2016.

责任编辑: 刘平书