

珍稀乡土树种福建柏苗期 DRIS 营养诊断

张旭东¹, 董林水^{1*}, 周金星¹, 郑郁善²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 福建农林大学林学院, 福州 350002)

摘要:以我国珍稀乡土树种福建柏的 1 年生播种苗为研究对象, 对苗期的 DRIS 营养诊断技术进行了系统研究。运用 D-最优饱和和设计法进行了福建柏苗期 N、P、K 3 因素 10 处理盆栽施肥试验。与以往的研究仅以某月份或特定时间的取样制定的营养诊断标准不同, 以整个生长季节(6~12 月份)内选取的共计 100 份苗木叶片养分含量测定值为依据, 成功制定了 DRIS 图解法及指数法的营养诊断标准, 经检验其诊断正确率较高, 验证了 DRIS 营养诊断方法可以排除 1 年生苗木不同月份叶龄的影响。福建柏苗期叶片 3 元素浓度最佳比值范围为 $N/P=11.4121\pm1.4137$; $K/N=0.5032\pm0.1039$; $K/P=5.6168\pm1.0604$ 。DRIS 诊断标准分别经各月份苗木叶片养分元素含量回代检验, 所诊断的苗木 N、P、K 需肥次序与实际施肥量基本一致。以生长中期的 8 月份各处理苗木为例, 列出各元素的 DRIS 诊断指数及相对需肥次序, 诊断正确率达 90% 以上。

关键词:福建柏; 苗木; 营养诊断; 诊断施肥综合法

文章编号: 1000-0933(2005)05-1165-06 中图分类号: Q948, S725.5, S792.39 文献标识码: A

Nutrient diagnosis of *Fokienia hodginsii* seedlings using DRIS

ZHANG Xu-Dong¹, DONG Lin-Shui^{1*}, ZHOU Jin-Xing¹, ZHENG Yu-Shan² (1. The Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forest Silviculture of the State Forestry Ministration Beijing 100091, China; 2. Fujian Agricultural and Forestry University, Forestry Department, Fujian 353002, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1165~1170.

Abstract: *Fokienia hodginsii* is a native and endangered tree species in Southern China, with great potentials in afforestation for the region. The conventional cultivation technique for *Fokienia hodginsii* seedlings, however, has been challenged as demands for its seedlings in afforestation escalate. The nutrient diagnosis of seedlings is a critical information that can be used for guiding field fertilization. Using one-year-old seedlings, we systematically analyzed the method of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for successful seedling cultivations. DRIS was based on nutrient ratios instead of isolated concentration value of each nutrient in tissue analysis and has been applied in several fields in China, United States, and Canada (e. g., forestry and horticulture) as an additional measure for diagnosing nutritional status.

In this study, we provided a comprehensive literature review on DRIS and the detailed methods for management applications. Our experiments were conducted in the greenhouse of Fujian Agriculture and Forestry University, located in Nanping city, Fujian province of China. Our study objective was to establish adequate DRIS norms for *Fokienia hodginsii* seedlings by developing an index of nutrient concentration of leaves. The D-optimum saturation Design was use in the pot experiment for three nutrients (N, P, and K). Seeds were sowed in March and samplings were taken from June through December at monthly base—a major difference from previous studies that ignored changes over time. We successfully developed DRIS diagrams and exponent norms for the species. Based on data from 100 leave samples, we found that the adequate ratio among the nutrient elements were: $N/P=11.4121\pm1.4137$, $K/N=0.5032\pm0.1039$, and $K/P=5.6168\pm1.0604$, with a very high diagnostic accuracy of DRIS. The experimental results further indicated that short supplies of N, P, and K matched well

基金项目: “十五”攻关资助项目(2004BA516A14); 国家林业局林木培育重点实验室资助项目; 国家自然科学基金重点基金资助项目(50239080-1-3)

收稿日期: 2004-11-12; 修订日期: 2005-03-11

* 通讯作者: Author for correspondence.

作者简介: 张旭东(1962~), 男, 安徽人, 博士, 研究员, 主要从事森林培育、森林生态学研究。E-mail: zhxd@forestry.ac.cn

Foundation item: National “Tenth Five-year Plan” key project of science and technology of China(No. 2002BA516A17) and key laboratory of forest silviculture of the state forestry ministration, National Natural Science Foundation of China(No. 50239080-1-3)

Received date: 2004-11-12; Accepted date: 2005-03-11

Biography: ZHANG Xu-Dong, Ph. D., Professor, mainly engaged in silviculture and forest ecology. E-mail: zhxd@forestry.ac.cn

with the actual quantity of fertilizers. Using seedlings in August, for example, we found that two norms were well matched with a diagnostic correct probability of 90%. We also found that that DRIS results were not influenced by leaf age, suggesting that the sampling time for DRIS can beat any stages from spring to winter. Clearly, the norms can be widely applied in seedlings culture for detecting and managing nutrients needs.

Key words: *Fokienia hoginsii*; seedling; nutrient diagnosis; DRIS

近些年来,我国在人工造林中已逐渐开始重视乡土树种的选择和利用,如何效仿天然森林生态系统,营造更为稳定而健康的以乡土树种为主的森林生态系统,已成为国内外近几十年的一个研究热点,这其中包括欧洲的“近自然林业”和日本“宫胁森林重建法”^[1-3]等。当前,乡土树种造林的最大难题是没有足够的优质苗木,其育苗技术体系也急待完善,其中营养诊断技术是非常关键的技术之一。本文以我国珍稀乡土树种福建柏 1 年生播种苗为研究对象,对其 DRIS 营养诊断技术进行了系统研究,以期对相关地区的苗木培育提供理论和技术依据。

福建柏是我国特有珍贵用材树种^[4],主干通直,生长较快,适应性强,栽培管理容易,根部有多种菌根菌,有培肥改良土壤作用,是很好的杉木多代连栽后的更新造林树种。木材纹理美观、加工性能好、可广泛用于胶合板、装饰面板、高档家俱、造纸及建筑用材。是原国家科委“九五”研究推广的重要乡土造林树种,其推广前景广阔。因此,非常有必要,开展福建柏苗期营养诊断研究,为制定合理的施肥方法及田间管理措施提供依据。

营养诊断是通过植株养分分析、土壤分析或可见症状、生理生化指标等的测定,对植株的营养状况进行判断,并指导合理施肥或改进其它田间管理的一项新技术措施。国外营养诊断技术在很多作物和林木上已得到成功的应用,包括玉米(*Zea mays* L.)、大豆(*Glycine max* L.)、小麦(*Triticum aestivum* L.)以及杨树(*Populus* spp.)、辐射松(*Pinus radiata* D. Don)等^[5]。

国内林木营养诊断近 20~30a 也已逐步开始研究,特别是自 20 世纪 90 年代开始,已成为林业研究的热点之一。并先后在杨树(*Populus* spp.)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、松树(*Pinus* spp.)、桉树(*Eucalyptus* spp.)等树种上进行施肥效应及诊断方法的研究与探讨。但涉及到林木苗期营养诊断的研究很少,研究范围虽也包括了杉木、杨树、湿地松(*Pinus elliottii*)、桉树、锥栗(*Castanea henryi*)、银杏(*Ginkgo biloba*)等树种,但这些研究多为特定条件下短时间研究,不够系统^[6-15];关于福建柏苗期营养诊断的研究尚未见报道。我国林木营养诊断研究包括苗期诊断由于受研究区域、采样数量和研究手段的局限性,决定了这些研究成果不够系统,而关于苗木营养诊断的基础理论研究更是有待于进一步的加强。

林木苗期营养诊断方法目前应用较多的有可见症状法、土壤分析法、临界值法、DRIS 综合诊断施肥法、向量图解法等;以实验手段来划分包括室内溶液培养、温室盆栽试验、田间试验等。当前国内林木营养诊断研究中,土壤分析法、DRIS 法、临界值法、向量分析法等方法已逐步得到应用。当前诊断手段多为盆栽试验、田间试验;溶液培养法应用较少。如上所述,林木营养诊断及苗木营养诊断近些年取得了可喜进展,这不仅为进一步进行系统的林木营养诊断奠定坚实的基础,也为实现我国林木苗期营养诊断与质量控制积累了经验。林木苗期营养诊断指标有土壤养分分析指标(全量养分、速效养分等)、植株养分分析指标(常量元素、微量元素)、植株养分速测指标、植物生理生化指标等。目前研究多以植株养分分析指标为主,其它指标应用较少。生理生化指标作为营养诊断指标的可行性探讨是植物营养诊断最新的研究趋势,在苗木上尚没有作为成功诊断指标的报道。

1 试验材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在福建农林大学南平校区苗圃温室内(E118°10', N20°39')。该地区属亚热带东南季风气候,海拔高度 80m,年降雨量 1697.7mm,年蒸发量 1483.4mm,极端最低气温 -6.5℃,最高气温 41℃,无霜期 305d。试验在温室内进行,人工定期浇水、施肥。

1.2 试验材料

福建柏育苗用种来源为福建省尤溪县。育苗容器采泥质容器,每盆装土 7.5kg。施用肥料包括:尿素(含 N 45%),过磷酸钙(含 P₂O₅ 27%),氯化钾(含 K 44%)。土壤取自福建农林大学南平校区后山红壤母质土(表 1),土壤理化性质按常规方法测定。分析结果为:pH 值 5.6,全 N 0.66g/kg,速效 N 49mg/kg,速效 P 4.41mg/kg,速效 K 45.70mg/kg。

1.3 试验设计

试验施肥处理,采用 D-最优饱和设计^[16],共 10 个处理,20

表 1 氮、磷、钾配比施肥试验各因素水平编码表(g/盆)

Table 1 The level of nitrogen, phosphor, kalium in the fertilization experimentation (g/pot)

因素 Independent variable	处理水平 Independent variable level (X_{aj})			
	-1	-0.2912	0.1925	1
$X_1(N)$	0	0.6379	1.0733	1.8
$X_2(P)$	0	0.3544	0.5963	1.0
$X_3(K)$	0	0.4962	0.8348	1.4

次重复,按随机区组排列。根据试验因子编码表进行施肥量的换算(表 1)。根据编码值对应的施肥量值进行 3 因素 10 处理的组

合(表 2)。

表 2 氮、磷、钾配比施肥试验因素水平 D-最优设计方案表(g/盆)
Table 2 The series of D-optimum saturation experimentation of N, P, K (g/pot)

处理号 Treatment No.	因素 Independent variable			理号 Treatment No.	因素 Independent variable		
	X ₁ (N)	X ₂ (P)	X ₃ (K)		X ₁ (N)	X ₂ (P)	X ₃ (K)
1	0	0	0	6	1.0733	0	0.8348
2	1.8	0	0	7	1.0733	0.5963	0
3	0	1	0	8	0.6379	1	1.4
4	0	0	1.4	9	1.8	0.3544	1.4
5	0	0.5963	0.8348	10	1.8	1	0.4962

氮肥用尿素,磷、钾肥采用过磷酸钙和氯化钾,作追肥在生长季节分 6 次施用,4~9 月份各次所施比例为 10%、10%、20%、20%、20%、20%。在温室条件下进行播种,采用常规育苗技术。随苗木生长进行日常常规管理。

1.3 取样及测定方法

6~12 月份各月初从每个处理的各重复中分别取一混合叶片样品,洗净烘干后,粉碎备用。植株叶片 N、P、K 分析采用常规分析法,即浓硫酸—双氧水一次消化后定容,分别取样进行分析。N 含量采用蒸馏定氮仪测氮;P 采用钒钼磺比色法;K 含量测定应用火焰光度计进行测定,测定方法参考国家的林业标准 LY/T 1271-1999 进行。

2 试验结果与分析

DRIS 法是 Beaufils 经过 20 余年的研究提出的植物营养诊断方法^[17,18],这种方法除了注意养分浓度外,还利用养分浓度的比值来解释分析结果。此法优点之一,是诊断结果不受采样时期和部位的限制,诊断的正确性也比以往的临界值法高。Beaufils 等仔细地比较了自然植物高产和低产时的养分分布数据,发现高产组 and 低产组的养分浓度的平均值,并无多大差别;同时,发现低产组标准差变异系数要比高产组大得多,营养元素的比例要比单纯元素浓度能更好地指示植物所缺的养分之间的平衡状况。认为只有当一些元素的比例达到最佳值时,植物才能获得高产。而这些元素的比例就称为“重要参数”,也就是 DRIS 的基本内容^[17]。

建立这些“重要参数”具体方法为,从试验中获得大量配套的叶成分和产量的数据。然后,把上述数据,分成高产组和低产组,然后分别进行数理统计。然后计算每个参数的平均值、标准差、变异系数、方差,低产组与高产组的方差比及两组方差差异显著性。根据方差比选出差异极显著者或最高者,作为重要参数,然后把高产组的重要参数的均值、标准差或变异系数作为实际应用的诊断标准。

20 世纪 80 年代后,DRIS 法才开始被应用到林木营养诊断上,研究的树种有:杉木、杂交杨树、杉木、马尾松等。将综合诊断法用于指导施肥时,其最大作用在于它能对植物的需肥次序作出诊断。诊断方法有图解法和指数法两种。其中,图解法适用于 3 种营养元素进行诊断的情况,而指数法可应用于多种元素同时进行诊断。本文将此两种方法应用于福建柏苗期营养诊断的研究。研究采用全年所测定的 3 因素配比施肥试验叶片 N、P、K 养分元素含量为依据,制定了福建柏苗木 DRIS 营养诊断标准。温室条件下,分别以生物量及苗木质量较好的 2、4、6、7 处理为高产组,而其余处理作为低产组,高产组和低产组的统计结果如表 3 所示。

表 3 DRIS 诊断参数统计表
Table 3 DRIS diagnosis parameter statistic table

表示形式 Index format	高 产 组 High yield groups				低 产 组 Low yield groups				方差比 Ratio of variance
	观察值 Amount	平均 Mean value	方差 Variance	变异系数 Coefficient of variation	观察值 Amount	平均 Mean value	方差 Variance	变异系数 Coefficient of variation	
N(g/kg)	28	17.342	0.0920	0.1749	72	1.6911	0.1854	0.2546	2.0151
P(g/kg)	28	1.5250	0.0011	0.2175	72	0.1376	0.0019	0.3168	1.7525
K(g/kg)	28	8.2190	0.0227	0.1833	72	0.8134	0.0612	0.3041	2.6972
N/P	28	11.4121	4.5195	0.1863	72	12.9867	15.4681	0.3028	3.4250*
P/N	28	0.0908	0.0003	0.1908	72	0.0843	0.0007	0.3138	1.9981
N/K	28	2.2068	0.5795	0.3450	72	2.1311	0.6684	0.3836	1.1534
K/N	28	0.5032	0.0243	0.3098	72	0.5331	0.0379	0.3652	1.5618
K/P	28	5.6168	2.5299	0.2832	72	7.2354	10.9851	0.4581	1.3420*
P/K	28	0.1924	0.0031	0.2894	72	0.1680	0.0057	0.4494	1.8739
NP	28	0.2693	0.0140	0.4394	72	0.2624	0.0102	0.3849	0.7298
NK	28	1.4519	0.1535	0.2698	72	1.3506	0.2218	0.3487	1.4450
PK	28	0.1269	0.0010	0.2492	72	0.1243	0.0029	0.4332	2.8819

* 0.05 显著水平 0.05 Significant level

2.1 福建柏苗期 DRIS 指数法营养诊断标准的制定

DRIS 指数是表示植物某一营养元素的需要程度。负指数表示植物需要这一元素,负指数的绝对值越大表示需要程度越大;相反,正指数越大表示植物对这一营养元素需要程度越小,或不需要,甚至过剩,当指数为零或接近于零时,则表明该元素与其它元素处于相对平衡之中,但并不一定表明不需要它。当元素间的相对平衡因施肥或其他因素的影响而受到破坏时,该元素的 DRIS 指数就会向正或负的方向发展,所有元素的指数绝对值的代数和愈大,则说明元素之间愈不平衡。被诊断的所有元素的 DRIS 指数的代数和应为零^[17]。

诊断 N、P、K 三元素时的 DRIS 指数的计算公式如下:

$$\text{N 指数} = \frac{f(\text{N/P}) - f(\text{K/N})}{2} \quad \text{P 指数} = \frac{-f(\text{N/P}) - f(\text{K/P})}{2} \quad \text{K 指数} = \frac{f(\text{K/P}) + f(\text{K/N})}{2}$$

式中,函数 $f(\text{N/P})$ 、 $f(\text{K/N})$ 、 $f(\text{K/P})$ 的计算,以 $f(\text{N/P})$ 为例说明如下:

当实测的 N/P 值大于诊断标准 n/p 值时 $f(\text{N/P}) = 100 \times \left[\frac{\text{N/P}}{n/p} - 1 \right] \times \frac{10}{C.V.}$

当实测的 N/P 值小于 n/p 值时 $f(\text{N/P}) = 100 \times \left[\frac{n/p}{\text{N/P}} - 1 \right] \times \frac{10}{C.V.}$

式中, $C.V.$ 为变异系数。

显然,当 $\text{N/P} > n/p$ 时,函数 $f(\text{N/P})$ 为正值,当 $\text{N/P} < n/p$ 时,函数 $f(\text{N/P})$ 为负值。诊断的结果,根据负指数绝对值越大,植株需肥强度越大。

当进行多个营养元素诊断时,计算 DRIS 指数的通式为:

$$\text{A 指数} = \frac{f(\text{A/B}) + f(\text{A/C}) + \dots - f(\text{F/A}) - f(\text{G/A})}{n - 1}$$

式中,A 表示某一营养元素,B、C、F、G 等表示与 A 组成比例的其它营养元素。此通式中,当 A 为分子时,函数为正号;当 A 为分母时,函数为负号。因此,根据此通式可分别计算出各个营养元素的 DRIS 指数,诊断出植物需肥的次序,以确定最需要施用的肥料^[14,17]。本研究以福建柏一年生苗期整个季节内所取得的所有样品为依据,进行统计分析,制定营养诊断的标准。选择 N/P、K/N 及 K/P 作为诊断的重要参数,计算结果见表 3。

2.2 DRIS 图解法营养诊断标准的制定

本研究选择低产组与高产组方差比较大的 3 种元素的比值作为图解的参数(见表 3,图 1),分别为 N/P、K/N、K/P。诊断是由两个同心圆和 3 个通过圆心的座标所组成的。圆心为使植株生长良好各参数的最佳值,亦即最佳养分比例。内圆及外圆的半径分别为标准差(S.D)的 2/3 倍、4/3 倍,是经 Beaufils 长期研究而确定的。内圆视为养分平衡区,用平行的箭号表示。由此确定的福建柏苗期叶片 3 元素浓度最佳比值范围为: $\text{N/P} = 11.4121 \pm 1.4137$; $\text{K/N} = 0.5032 \pm 0.1039$; $\text{K/P} = 5.6168 \pm 1.0604$ 。当坐标由圆心向外伸展时,元素间的不平衡程度增大。内圆与外圆之间的区域为稍不平衡区,表示养分的偏高或偏低,用 45° 的箭号表示(向上为偏高,向下为偏低)。外圆之外则为养分显著不平衡区,表示养分的过剩或缺乏,分别用向上或向下的箭号表示。图解结果给出了 3 种元素限制产量的相对大小,或可说需要加入的相对次序,这不能简单地认为某一种元素过量或缺乏,而应理解为养分元素丰缺的相对位次。

2.3 DRIS 法在福建柏苗期营养诊断中的应用

利用各个月份苗木叶片营养分析结果对上述 DRIS 诊断标准进行回代检验,结果表明,在温室条件下,经本标准检验所得各元素相对缺乏程度与各个月份的施肥措施基本吻合。本文仅列出了诊断精度最高的 8 月份各处理检验结果,进行分析说明。

计算结果的检验,要根据所有指数的代数和为零的原则。本研究中则要求 N 指数 + P 指数 + K 指数 = 0,如表 4 所示,各行 3 个指数的代数和均为 0,说明计算结果无误。诊断的结果为,根据负指数的绝对值越大,植株需肥强度越大。

从氮、磷、钾配比施肥试验各处理诊断结果来看,本文制定的诊断标准完全适用于多种肥料并施的情况。1 为空白不施任何肥料处理,其需肥次序为 $\text{N} > \text{K} > \text{P}$ 。2 处理为单施氮肥处理,需肥次序为 $\text{K} > \text{P} > \text{N}$ 。3 为单施磷肥处理,其需肥次序为 $\text{K} > \text{N} > \text{P}$ 。4 为单施钾肥处理,其需肥次序为 $\text{N} > \text{P} > \text{K}$ 。5 磷、钾等量并施的处理,其需肥次序为 $\text{N} > \text{P} > \text{K}$ 。6 处理为氮、钾等量并施的

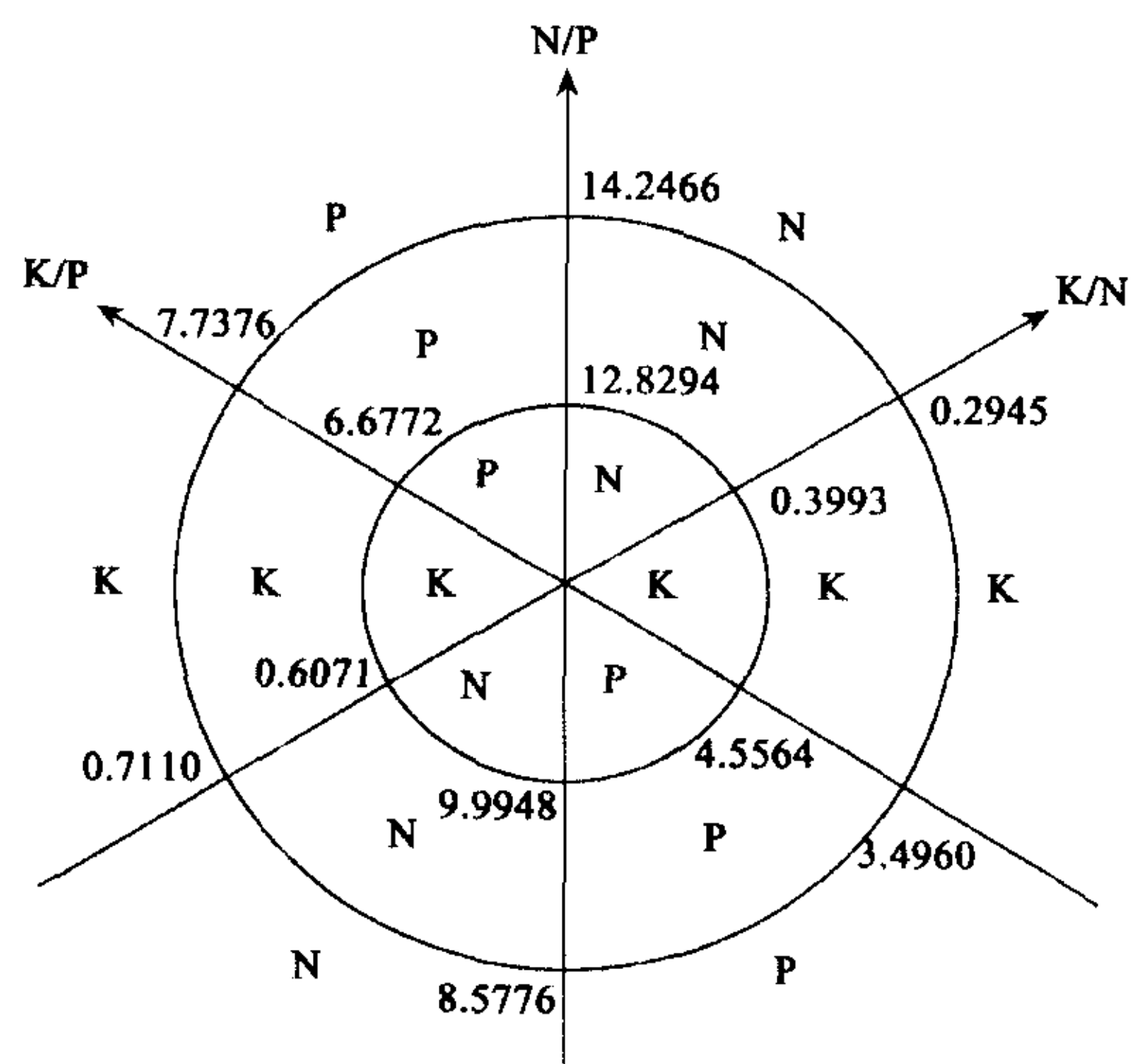


图 1 福建柏苗期营养 DRIS 诊断图

Fig. 1 The DRIS Diagnosis figure of *Fokienia hodginsii* seedlings

处理,其苗木需肥次序为 $P>N>K$,7 为氮、磷等量并施处理,其苗木需肥次序为 $K>N>P$,8 为氮少量,而磷、钾足量施用的处理,其需肥次序为 $N>K>P$ 。9 为磷肥少量而氮、钾足量的处理,其苗木需肥次序为 $P>K>N$,10 处理为钾肥少量而氮磷足量的处理,其苗木需肥次序为 $K>N>P$ 。从上述结果来看,除 9 处理诊断结果出现一些偏差外,其余诊断结果均完全正确。从本次试验结果来看,在本试验条件下,苗木体内养分元素含量对肥料施用量反应十分灵敏。其中,苗木对钾、氮肥的反应要比磷肥更为灵敏,这可能与肥料的可溶性有关系。因此,建议进行苗木施肥时,磷肥可适量多施,而在钾、氮肥施用过程中应按照施肥效应,严格控制肥料用量。同时,应考虑各种肥料施用总量以及各种肥料对苗木生长影响的互作效应。

表 4 8 月份各处理苗木叶片营养元素含量及诊断指数表
Table 4 The N, P, K content and diagnosis index of *Fokienia hodginsii* seedlings in August

处理号 Treatment No.	N 含量 N concentration (g/kg)	P 含量 P concentration (g/kg)	K 含量 K concentration (g/kg)	N 指数 N index	P 指数 P index	K 指数 K index	需肥次序 Lack order
1	16.3	1.7	10.3	-7.54	2.42	5.11	$N>K>P$
2	29.2	2.0	7.8	21.84	-0.57	-21.26	$K>P>N$
3	16.7	2.1	7.2	-8.65	18.21	-9.56	$K>N>P$
4	17.9	2.1	17.7	-24.56	-0.03	24.58	$N>P>K$
5	13.5	1.8	11.2	-24.21	12.28	11.93	$N>P>K$
6	19.3	1.4	11.9	1.38	-13.87	12.49	$P>N>K$
7	21.4	2.0	7.9	4.42	8.65	-13.07	$K>N>P$
8	19.1	1.9	10.5	-5.20	4.01	1.19	$N>K>P$
9	21.6	1.4	12.1	6.98	-17.99	11.01	$P>K>N$
10	26.0	2.2	8.0	7.55	7.72	-15.27	$K>N>P$

3 结论与讨论

3.1 本文首次尝试在全年取样条件下,以珍稀乡土树种福建柏 1 年生播种苗 6~12 月份所有的叶片样品元素含量为依据,制定的 DRIS 营养诊断标准,取得了很高的诊断正确率。可以说在全年整个生长季节内,苗木均表现出与施肥状况相符的叶片养分元素含量比例,对施肥反应较为敏感。这与以往的研究仅以某个特定时间内取样制定的标准不同,具有更高的诊断精度。同时也验证了 DRIS 法可以排除一年生苗由于叶龄不同而造成的对诊断精度的影响。

利用苗木全年各个月份高产处理组的叶片氮、磷、钾分析值制定了 DRIS 图解法及指数法营养诊断标准。并经各月份养分元素测定值进行回代检验,结果证明此两类标准诊断精度较高。以诊断精度最高的生长中期 8 月份各处理为例,进行诊断指数的计算,结果与实际施肥状况十分吻合。诊断正确率达到了 90% 以上。

3.2 由于 DRIS 法仅以各养分元素比值为指标,当几种元素同时过量时,容易导致诊断误差。认为 DRIS 诊断标准只是一个各类元素间相对的标准,要进行具体含量水平的诊断时,应与临界值法及养分范围法结合进行诊断,从而提高诊断精度。

3.3 此外,这一方法的工作量大,在进行营养诊断前,必须先进行大量的基础调查才行。必须有专门的研究机构先期进行基础研究,否则这一方法难以实际应用。对林业领域来说,这一技术已经在很多森林树种上得到验证;如杨树,杉木、桉树等。但严格来讲,国内目前由于相应的基础研究较少,所以目前尚不能直接而全面的运用这一方法进行林木营养诊断,而必须先做基础研究工作之后才能进行。

References:

[1] Peng Z H, Jiang Z H. On establishment of forest ecological net in China. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1998, (2): 101~108.

[2] WANG R Q, Kauze FUJIWARA, and YOU H M. Theory and practices for forest vegetation restoration; native forest with native trees—introduction of the miyawaki’s method for reconstruction of “environmental protection forest (ecological method to reforestation)”. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(sp)133~139.

[3] Shao Q H. An Elucidation to Nature-approximating Forestry and Forestry Target. *World Forestry Research*, 2003, (6): 1~5.

[4] Li Z F, Zhou D X, An P. A study on the variant types of karyotypes for *Fokienia hodginsii*. *Scientia Silvae Sinicae*, 1995, (3): 215~219.

[5] Hockman J N, Burger J A, and Wm D Smith. A DRIS application to fraser fir Christmas. *Communication in Soil Science Plant Analysis*, 1989, 20(3): 305~318.

[6] Fan S H, Yu X T, Zh A L. Studies on nutrition management in Chinese Fir seedling cultivation. *Journal of Fujian College of Forestry*, 1995, (4): 293~300.

[7] Chen D D, Li Y Q, Xi Q Y. Simulate diagnosis of optimal foliar nutrient in trees. *Scientia Silvae Sinicae*, 1991, 27(1): 1~7.

- [8] Hong S S, Zhuang Z Z, *et al.* Nutrient diagnosis on young stands of slash pine by DRIS. *Forest Research*, 1995, **8**(4):360~366.
- [9] Chen H. A Study on nutrient diagnosis of *Castanea henryi* plantation by synthetic indices. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, (Sup. 1):52~59.
- [10] Huang Y Z, Li X D, Yang B Q, *et al.* Study on fertilization effect and nutrient diagnosis of *Eucalyptus urophylla* by "416-a" Optimum-Mixed Design. *Scientia Silvae Sinicae*, 1999, **35**(6):10~18.
- [11] Huang Y Z, Feng Z W, Li Z X, *et al.* Diagnosis of Foliar Nutrients (N, P, K, Ca, Mg, B) of Young *Eucalyptus urophylla* Trees. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, (8):1254~1259.
- [12] Li T D, Ye D Y, Wu Z P, *et al.* Study on the nutrient diagnosis by the correlation value and fertilization technique. *Forestry Science and Technology in Guangdong*, 1999, **15**(3):15~21.
- [13] Li Y Q. Forest fertilization and nutrient diagnosis. *Scientia Silvae Sinicae*, 1991, **27**(4).
- [14] Lin D X, Chen H. Studies on nutrient synthetic diagnosis (dris) for *Castanea henryi* plantation. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, (Sup. 1):117~125.
- [15] Wei X H, Jiang D H, Bai X Q. Studies on the diagnostic way and nutrition of phosphorus on *Ginkgo biloba*. *Journal of Guangxi Agricultural University*, 1998, **17**(3):247~253.
- [16] HONG W. *Forestry experimental design (technique and method)*. Beijing: Science Press, 1991.
- [17] Beaufils E R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Soil Science Bulletin*, 1973, (1):32.
- [18] Walworth J L, Sumner M E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Adv. Soil Sci.*, 1987. 149~188.

参考文献:

- [1] 彭镇华, 江泽慧. 迎接 21 世纪生态环境新时代——论中国森林生态网络系统工程. *安徽农业大学学报(自然科学版)*, 1998, (2):101~108.
- [2] 王仁卿, 藤原一绘, 尤海梅. 森林植被恢复的理论和实践: 用乡土树种重建当地森林——宫胁森林重建法介绍. *植物生态学报*, 2002, **26** (增刊):133~139.
- [3] 邵青还. 对近自然林业理论的诠释和对我国林业建设的几项建议. *世界林业研究*, 2003, (6):1~5.
- [4] 李兆丰, 周东雄, 安平. 福建柏变异类型的核型研究. *林业科学*, 1995, (3):215~219.
- [6] 范少辉, 俞新妥, 钟安良. 杉木苗期栽培营养的研究. *福建林学院学报*, 1995, (4):293~300.
- [7] 陈道东, 李贻铨. 林木叶片最适养分状态的模拟诊断. *林业科学*, 1991, **27**(1):1~7.
- [8] 洪顺山, 庄珍珍, 胡炳堂, 等. 湿地松幼林营养的 DRIS 诊断. *林业科学研究*, 1995, **8**(4).
- [9] 陈辉. 锥栗人工林营养综合指标诊断研究. *林业科学*, 2001, (Sup. 1):52~59.
- [10] 黄益宗, 冯宗炜, 黎向东, 等. 应用 "416 A" 最优混合设计研究尾叶桉肥效与营养诊断. *林业科学*, 1999, (6):10~18.
- [11] 黄益宗, 冯宗炜, 等. 尾叶桉叶片氮磷钾钙镁硼元素营养诊断指标. *生态学报*, 2002, (8):1254~1259.
- [12] 李尚弟, 叶淡元, 等. 林木相关值法营养诊断及施肥技术研究吴清. *广东林业科技*, 1999, (3):15~21.
- [13] 李贻铨. 林木施肥与营养诊断. *林业科学*, 1991, **27**(4):435~442.
- [14] 林德喜, 陈辉. 锥栗人工林营养综合诊断 (DRIS) 研究. *林业科学*, 2001, (Sup. 1):117~125.
- [15] 韦翔华. 银杏磷素营养及其营养诊断方法的研究初报. *广西农业大学学报*, 1998, **17**(3):247~253.
- [16] 洪伟. *林业试验设计技术与方法*. 北京: 科学技术出版社, 1991.