第2卷 第1期
1989年2月

林业科学研究
FOREST RESEARCH

Vol. 2, No. 1
Feb., 1989

# 毛竹营养诊断的研究*

洪顺山 胡炳堂 江业根

（中国林业科学研究院亚热带林业研究所）

**摘要** 本文探讨毛竹的叶营养诊断，以指导竹林施肥。研究内容包括叶分析的正确采样方法，用传统的临界值法和近期发展起来的新方法——DRIS诊断毛竹肥料试验的营养状态。结果表明：

1. 毛竹的孕笋中期是采样的最佳时期；二年生立竹中部枝叶是取样的理想部位；一个叶平均样品至少采自5个单株才能达到分析精度的要求。

2. 不同立竹结构对临界浓度标准有影响，每亩立竹250株以上的竹林，N、P浓度临界值分别为2.6 %和0.13 %，理想值为2.8 %和0.16 %。密度稀疏或钩梢竹林，N浓度临界值和理想值为2.9 %和3.1 %。新竹产量与N、P浓度反应相一致。

3. DRIS诊断参数从三年新竹产量大于3 500 kg/亩的高产群计算出来。DRIS诊断使用N、P、K、Si四组叶分析资料，诊断结果与临界值法基本一致。DRIS法的好处在于可以对营养平衡状况和需求顺序作出判断。但是养分相对不足或过量也可能误诊。考虑到森林立地条件的不均一性，应该推荐两种方法同时并用。

**关键词** 毛竹；叶诊断；临界值标准；DRIS

关于林木营养诊断问题，Leaf曾作过精辟的论述[1]，国内研究报道甚少，发展缓慢。最近，范少辉和俞新妥注意到植物营养诊断新技术在农业上的应用，对杉木苗期的营养诊断进行了成功的探讨[2]，但也只局限于盆栽试验。

传统解释植物分析结果的方法是所谓临界值浓度标准。七十年代，Beaufils (1973)根据植物营养平衡吸收原理提出了DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System)[3]，即综合诊断施肥法。随后很多学者通过对橡胶、甘蔗、玉米、大豆、柑桔等作物的应用研究[4]，证明DRIS与临界值浓度标准法诊断结果基本一致，而且认为DRIS优于临界值法——不仅能诊断限制产量提高的营养元素，还能判别其需求顺序，较少受取样组织年龄的影响，比用临界值法诊断指导施肥获得更高产量。DRIS不足之处是在养分相对不足或过量情况下DRIS指标的解释遇到困难。

本研究首先将探讨毛竹叶分析的取样方法问题，其次确定毛竹营养诊断临界浓度标准和DRIS参数，最后用田间施肥试验来检验两种诊断方法的应用前景。

本文于1988年7月27日收到。

* 陆哲、吴晓丽、诸葛强工程师协助部份植物分析，杨耀仙工程师和卞尧荣同志协助电算处理，特此致谢。

## 材料和方法

提供叶分析的竹林其背境材料与"毛竹配方施肥研究初报"[6]相同，即设计了一个三要素(N、P、K)和三水平施肥量正交田间施肥试验[$L_9(3)^4$]。这样的设计，形成了由低到高的养分与产量梯度，有利于探求临界值浓度标准和DRIS参数。同一设计的田间试验方案分别放在福建省沙县高砂乡和浙江省安吉县山河乡两地进行。沙县高砂竹林土壤系由长英岩风化形成，富含粗砂，土层深厚疏松；竹林生长较好，每亩立竹250株以上，胸径平均9—10cm；管理上不实行钩梢，叶面积指数较大，林下植被稀疏。安吉山河竹林立地变化较大，土壤由泥质、石灰质页岩风化而成，表土层较薄；竹林生长一般，每亩立竹200—250株，胸径平均8cm左右，管理上实行强度钩梢，只留12盘左右枝叶，叶面积指数较小，林下有较多的灌木和杂草。

临界浓度标准用配合抛物线方程求得[6]。

DRIS概念与指标的计算方法最先由Beaufils (1973)提出[3]。该方法认为植物组织中任何两种元素的浓度比率都有可能成为决定产量的参数，这些参数的平均值和偏差(Deviation)分别在高产群(组)和低产群(组)求得。高产群的所有参数中与低产群有显著差别的参数就可作为诊断参数。对于某一个待诊断植物组织的DRIS指标值($D_x$)，一般根据下列三个方程计算出来：

$$当 x/A > x'/A' 时，f(x/A)=\left[\left(\frac{x/A}{x'/A'}\right)-1\right]\Big/(0.01\ \text{C.V.}) \quad (1)$$

$$当 x/A < x'/A' 时，f(x/A)=\left[1-\left(\frac{x'/A'}{x/A}\right)\right]\Big/(0.01\ \text{C.V.}) \quad (2)$$

这里，$f(x/A)$是参数$x/A$的函数，即加权变量，$x$和$A$分别为营养元素$x$和$A$的组织浓度，$x'/A'$是高产群(组)参数$x/A$的平均值，C.V.是高产群(组)参数$x/A$的变异系数。

计算出每个重要参数的加权变量之后，就可以根据方程(3)求每个营养元素的DRIS指标。

$$D_x=\{\Sigma[f(x/A)+f(x/B)\cdots-f(M/x)-f(N/x)\cdots]\}/n \quad (3)$$

此处，$A$，$B$，$M$，$N$等是除$x$之外其他营养元素的浓度，$n$是含有营养元素$x$的参数数目。从方程(3)可知，DRIS指标总和为零，指标负值表示养分缺乏，指标正值表示养分足够。指标负值越大，表示养分严重缺乏；指标正值愈大，表示养分富足或过量。

## 结果与讨论

### (一) 影响取样的因素

1. 取样组织生长阶段的影响 1982年，我们在安吉县双一村试验竹林中固定9块标准地，从换新叶不久的二年生(2度)竹子上，每隔2个月取叶样分析N、P、K、Ca、Mg的浓度，前后经历了一个叶生长周期。结果可见(表1，图1)，每个营养元素浓度在不同的生长阶段存在不同程度的差别，并呈现各自的变化规律。

氮素浓度在一个叶生长周期出现两次高峰，第一次在新叶刚萌发的五月份，此时叶未充分伸展，N素相对集中，浓度比较大；第二次高峰出现在孕笋期，持续时间长而稳定。

**表1　　毛竹叶中养分生长周期变化**

| 取样日期(年、月) | 养分浓度(%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| 1982.7 | 2.14 | 0.149 | 2.37 | 0.33 | 0.13 |
| 9 | 2.45 | 0.140 | 1.32 | 0.46 | 0.13 |
| 11 | 2.49 | 0.142 | 1.01 | 0.43 | 0.11 |
| 1983.1 | 2.50 | 0.137 | 1.05 | 0.41 | 0.11 |
| 3 | 2.43 | 0.145 | 1.06 | 0.53 | 0.11 |
| 5 | 2.07 | 0.113 | 1.01 | 0.70 | 0.11 |
| 7 | 1.88 | 0.106 | 2.26 | 0.75 | 0.12 |
| 9 | 1.82 | 0.090 | 0.94 | 0.83 | 0.13 |
| 11 | 1.93 | 0.112 | 0.77 | 0.88 | 0.13 |
| 1984.1 | 1.95 | 0.120 | 0.72 | 0.84 | 0.14 |
| 3 | 1.84 | 0.119 | 0.65 | 0.85 | 0.14 |
| 5 | 2.88 | 0.290 | 2.78 | 0.27 | 0.13 |
| 7 | 2.48 | 0.168 | 2.97 | 0.19 | 0.12 |

N浓度下降也出现两个时期，一个是叶片伸展期，叶面积快速增长致使浓度相对稀释，但持续的时间短；第二次下降出现在出笋成竹阶段，其后进入生长小年，N浓度一直保持在比较低的水平直到凋落为止。

磷的浓度呈现与N相似的变化趋势。

钾的浓度的变化规律与N、P变化不相同，其一，不同生长发育阶段，浓度变化起伏更大；其二，冬季浓度低，夏季浓度高，这种变化规律似乎与光合作用和体内养料的输送有关。

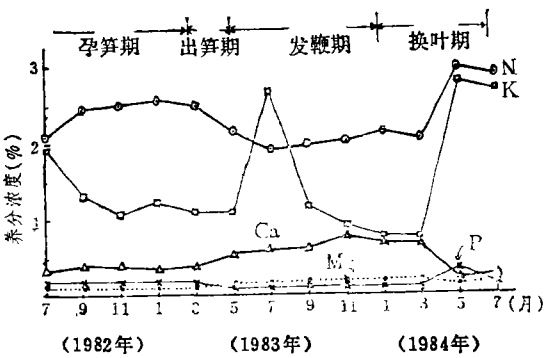


图1　不同生长阶段叶中养分浓度的变化

钙在叶中浓度是随叶子的生长发育逐渐累积加大的，至小年11月份达到高峰；叶子凋落之前，可能因养分少量转移和淋失之故，浓度有所下降。

镁是竹叶养分浓度保持较稳定的元素，从新叶初期直至凋落，浓度变化很小。

根据Leaf的见解[1]，用于诊断的植物组织，应该是任何一种营养元素含量稳定并且可以得到最高浓度的分析结果。从毛竹叶生长周期各营养元素的变化规律看，在毛竹生长大年的11月至下一年的3月，即孕笋中期作为采样期较合适。

2．*立竹年龄的影响*　毛竹母竹的留养多数为1至4度立竹。从2—5度竹叶中养分浓度分析结果显示(表2)，N、P、K浓度在不同竹龄之间没有明显的差别，Ca、Mg、Si在老龄竹中呈累积趋势。为了便于相互比较，仍需规定供采样的竹龄。我们认为二年生(2度)竹生理上已成熟，生命力旺盛，处于最佳生殖年龄，较能反应竹林生长的营养状况；同时，2度立竹竹材尚未成熟，还未达到采伐竹龄，保留的立竹数量多，采样有较多的选择余地。

3．*取样部位的影响*　如果把毛竹叶层分上中下三层分别取样，分析其各层的营养元素

表2 不同竹龄叶中养分浓度的变化

（单位：%）

| 竹龄 | N | P | K | Ca | Mg | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2年生 | 2.62 | 0.140 | 1.13 | 0.131 | 0.115 | 3.07 |
| 4年生 | 2.50 | 0.136 | 1.12 | 0.180 | 0.126 | 3.30 |
| 6年生 | 2.68 | 0.121 | 1.02 | 0.161 | 0.164 | 3.77 |
| 8年生 | 2.82 | 0.143 | 1.26 | 0.211 | 0.163 | 4.16 |

表3 不同取样部位叶中的养分浓度

单位：（%）

| 取样部位 | N | P | K | Ca | Mg | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 上部 | 2.96 | 0.147 | 0.915 | 0.405 | 0.144 | 5.81 |
| 中部 | 2.98 | 0.147 | 1.489 | 0.166 | 0.110 | 4.04 |
| 下部 | 2.71 | 0.140 | 1.504 | 0.134 | 0.116 | 4.34 |

浓度，就会发现各层之间养分浓度存在一定的差别（表3）。表3是立竹结构比较合理的竹林的分析结果。N、P浓度在下层叶偏低，K在上层叶偏低，Ca、Mg、Si在上层叶偏高，因此竹冠中层叶片（自下而上第10档枝条着生的叶子）比较能反应整个植株的养分状况，可视为合适的采样部位。以上只能作为一般的指导原则，有时还得根据分析的具体研究目的和对象。例如下层叶子常常对K素的丰缺反应更灵敏[7]，在单独研究K素营养状况时，下层叶可能是合适的采样部位。

表4 不同个体间叶中养分浓度的差异

单位：（%）

| 竹号 | N | P | K | Ca | Mg | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.36 | 0.111 | 0.820 | 0.224 | — | 5.84 |
| 2 | 2.51 | 0.127 | 0.885 | 0.301 | 0.207 | 4.95 |
| 3 | 2.52 | 0.117 | 0.778 | 0.255 | — | 6.41 |
| 4 | 2.68 | 0.159 | 0.936 | 0.420 | 0.103 | 4.93 |
| 5 | 2.30 | 0.121 | 0.890 | 0.359 | — | 5.27 |
| 6 | 2.82 | 0.126 | 0.768 | 0.389 | 0.133 | 4.98 |
| 7 | 2.55 | 0.121 | 0.582 | 0.427 | — | 4.38 |
| 8 | 2.47 | 0.115 | 0.883 | 0.322 | 0.150 | 3.84 |
| 9 | 2.57 | 0.126 | 1.221 | 0.150 | 0.167 | 5.70 |
| 10 | 2.52 | 0.107 | 1.377 | 0.294 | 0.120 | 4.48 |
| 平均（$\bar{x}$） | 2.53 | 0.123 | 0.914 | 0.314 | 0.147 | 5.08 |
| 标准差（$S$） | 0.147 | 0.0143 | 0.229 | 0.0887 | 0.0371 | 0.760 |
| 单株相对误差（%） | 5.8 | 11.6 | 25.0 | 28.2 | 25.3 | 15.0 |
| 5株平均值相对误差（%） | 2.6 | 5.2 | 11.2 | 12.6 | 11.3 | 6.7 |

4. 个体变异的影响 如果在同一块标准地内按同一标准取样，个体之间同一营养元素的浓度仍然会存在一定的差异（表4）。其中以N素浓度变异较小，P、Si元素居中，K、Ca、Mg浓度变动幅度较大。按现行植物分析实验室允许误差范围标准[8]的要求，作N、P、K、Ca、Mg、Si全量分析的样品，至少需要采自5株竹的叶构成混合样，才能把误差控制在允许范围之内。对于个别营养元素的单独诊断，取样株数可以根据其变异情况适当调整，以便提高诊断精度。

**（二）临界值法诊断**

1. 临界值浓度标准 表5是1985—1987年三年新竹累计产量与叶中N、P、K、Si浓度的抛物线回归方程，$F$检验显示，只有沙县高砂试验竹林叶中N、P浓度和安吉山河竹林叶中N浓度与新竹产量呈显著相关。这三个方程可以用来求最高理论产量相应的最适养分浓度和临界值（表6）。方程的极值相应的养分浓度即为最适值，最高产量的90%相应的养分浓度为临界值[7,1]。由此求得沙县高砂竹林叶中N临界值为2.6%，最适值2.8%；P的临界值0.13%，最适值0.16%。安吉山河竹林N的临界值为2.9%，最适值3.1%。两地竹林N浓度标准存在一定差别，其原因可能与叶面积指数有关。安吉竹林经营方式习惯实行钩梢，一般约保留12盘枝叶，大半竹叶被除去，林内叶层比较稀疏，N临界值浓度的提高可能是生理上对外界条件的适应性变化。

**表5　叶中N、P、K、Si浓度与新竹产量的抛物线回归关系**

| 回归方程 | $F$ 值 | 显著水平 |
|---|---|---|
| 沙县高砂 (n=20) | | |
| $y=-28.45+22.56x_N-3.930x^2_N$ | $F=3.66^*$ | $F_{0.05}=3.59$ |
| $y=-17.89+287.77x_P-925.26x^2_P$ | $F=10.67^{**}$ | $F_{0.01}=6.11$ |
| $y=1.497+2.496x_K-0.6879x^2_K$ | $F=1.14$ | |
| $y=5.333-0.8464x_{Si}+0.0652x^2_{Si}$ | $F=2.75$ | |
| 安吉山河 (n=40) | | |
| $y=-32.86+22.53x_N-3.590x^2_N$ | $F=3.81^*$ | $F_{0.05}=3.25$ |
| $y=-0.8265+41.23x_P-133.76x^2_P$ | $F=0.42$ | $F_{0.01}=5.23$ |
| $y=0.6570+2.691x_K-0.951x^2_K$ | $F=1.48$ | |
| $y=3.253-0.3765x_{Si}+0.0328x^2_{Si}$ | $F=0.80$ | |

**表6　N、P浓度标准**　单位：(%)

| 营养元素 | 临界值 | 最适值 |
|---|---|---|
| N(非钩梢竹) | 2.6 | 2.8 |
| N(钩梢竹) | 2.9 | 3.1 |
| P | 0.13 | 0.16 |

表5的回归方程在图2表达得更清楚。安吉山河竹林叶中P浓度及两地的K浓度的改变虽对新竹产量有不同程度的影响，但是$F$检验都不显著。这些情况说明安吉竹林土壤P、K含量和沙县竹林含K量比较丰富，施肥没有显著改变竹株的养分供应状况。在这种情况下，通过田间施肥处理求临界值浓度标准是不可能的，需要另找缺素土壤，补充P、K的临界值标准。

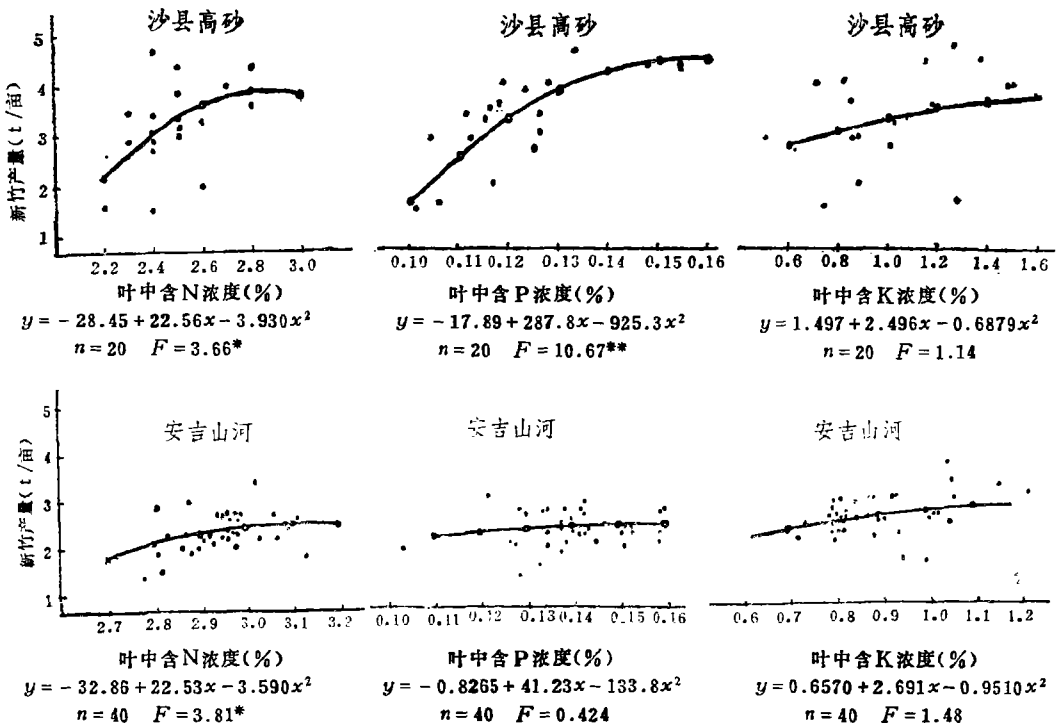


图2　毛竹新竹产量与叶中N、P、K浓度的关系

2. *诊断精度* 沙县高砂的施肥处理叶分析数据比较精确地反应施肥后的产量变化(表7)。未经施肥叶中N浓度为2.30 %，三年累计亩产新竹1.54 t；每亩年施4.6 kg N，叶中N上升到2.45 %，亩产新竹量上升到3.09 t；每亩年施N6.9 kg,叶中N浓度达2.68 %，超过临界值标准，新竹亩产量又上升到4.17 t。施肥量继续增加，N浓度下降，新竹产量也滑下来，说明新竹产量的增加或下降与叶中N浓度同步增减，反应产量的改变与N浓度变化的一致性。

**表7 临界值标准诊断**

| 处理 | 施肥水平(kg/亩) | | | 养分浓度* (%) | | | 相应产量(t/亩) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N | P | K | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| 高砂 | | | | | | | | | |
| CK | 0 | 0 | 0 | 2.30$^D$ | 0.11$^D$ | 1.00 | 1.54 | 1.54 | 1.54 |
| 1 | 4.6 | 1.4 | 3.2 | 2.45$^L$ | 0.12$^L$ | 1.08 | 3.09 | 3.43 | 3.78 |
| 2 | 6.9 | 2.8 | 6.4 | 2.68$^S$ | 0.13$^S$ | 0.93 | 4.17 | 3.68 | 3.46 |
| 3 | 9.2 | 4.2 | 9.6 | 2.53$^L$ | 0.13$^S$ | 1.27 | 3.30 | 3.70 | 3.31 |
| 山河 | | | | | | | | | |
| CK | 0 | 0 | 0 | 2.75$^L$ | 0.12$^L$ | 0.91 | 1.67 | 1.67 | 1.67 |
| 1 | 4.6 | 1.4 | 3.2 | 2.90$^S$ | 0.14$^S$ | 0.89 | 2.22 | 2.37 | 2.22 |
| 2 | 6.9 | 2.8 | 6.4 | 2.96$^S$ | 0.15$^S$ | 0.85 | 2.51 | 2.45 | 2.38 |
| 3 | 9.2 | 4.2 | 9.6 | 3.00$^S$ | 0.15$^S$ | 0.95 | 2.42 | 2.33 | 2.55 |

* D——缺乏，L——偏低，S——足够。

不同水平的磷肥处理同样引起叶中磷浓度和新竹产量的同步变化。不施磷肥，叶中P浓度为0.11 %，低于临界值；每亩年施磷($P_2O_5$)1.4 kg，叶中磷浓度上升为0.12 %；每亩年施磷($P_2O_5$)2.8 kg，叶中P浓度正好等于临界值。再增加磷肥用量，叶中磷浓度维持不变，恰与新竹产量变化相一致。

在安吉，竹林未经施肥处理时叶中N浓度为2.75 %，低于临界值(2.90 %)；每亩年施N4.6 kg时，叶中N浓度达到临界水平；继续增加用N量，叶中N浓度相应有所提高，但提高的幅度较小。产量反应符合肥效递减规律，即叶中养分浓度低于临界浓度时，施肥的增产效果明显，过了临界值，肥效递增减弱。看来，临界值是最重要的诊断指标。

**(三) DRIS诊断**

1. *诊断参数* 我们把沙县高砂配方施肥和有机肥试验的22块标准地所获得结果资料用来求诊断参数，以三年亩产3 500 kg新竹为界区分高产组与低产组，高产组含10块标地，平均产量4.38 t/亩；低产组含12块标准地，平均产量2.79 t/亩。迄今，一般认为可能障碍毛竹生长的营养元素有N、P、K、Si四种，所以暂用这四种元素的叶分析浓度来求诊断参数。从养分的平均浓度看(表8)，高产组N、P浓度略高于临界浓度值，低于最适值，处于理想浓度范围之内。低产组N、P平均浓度低于临界值。二组的钾浓度几乎相同，而高产组的Si浓度却比低产组低。

表 8　　用于计算参数的新竹产量及叶中养分浓度

| 高产组 | | | | | | 低产组 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 标地号 | N (%) | P (%) | K (%) | $SiO_2$ (%) | 竹杆产量 (t/亩) | 标地号 | N (%) | P (%) | K (%) | $SiO_2$ (%) | 竹杆产量 (t/亩) |
| 1 | 2.533 | 0.154 | 1.366 | 3.23 | 4.41 | 2 | 2.376 | 0.126 | 1.902 | 3.94 | 3.45 |
| 3 | 2.809 | 0.148 | 1.153 | 2.61 | 4.43 | 4 | 2.544 | 0.120 | 1.024 | 5.29 | 3.23 |
| 11 | 2.440 | 0.133 | 1.263 | 2.26 | 4.74 | 6 | 2.526 | 0.111 | 1.162 | 2.46 | 3.40 |
| 58 | 2.610 | 0.137 | 0.771 | 4.11 | 4.72 | 7 | 2.542 | 0.126 | 0.861 | 3.13 | 2.97 |
| 60 | 2.759 | 0.141 | 0.720 | 3.91 | 6.06 | 8 | 2.207 | 0.106 | 1.266 | 3.97 | 1.57 |
| 5 | 2.663 | 0.128 | 0.820 | 2.94 | 4.00 | 9 | 2.308 | 0.116 | 1.184 | 2.85 | 3.48 |
| 10 | 3.011 | 0.123 | 1.505 | 1.51 | 3.89 | 12 | 2.357 | 0.125 | 1.004 | 5.64 | 2.70 |
| 13 | 2.485 | 0.131 | 1.498 | 2.86 | 3.90 | 14 | 2.275 | 0.104 | 0.865 | 3.44 | 2.87 |
| 19 | 2.776 | 0.119 | 0.714 | 2.56 | 3.96 | 15 | 2.365 | 0.112 | 0.500 | 5.16 | 2.92 |
| 20 | 2.814 | 0.118 | 0.851 | 3.67 | 3.65 | 16 | 2.568 | 0.117 | 0.883 | 3.45 | 2.01 |
| | | | | | | 17 | 2.581 | 0.115 | 1.072 | 1.50 | 3.32 |
| | | | | | | 18 | 2.395 | 0.109 | 0.726 | 3.95 | 1.51 |
| 平均 ($\bar{x}$) | 2.690 | 0.133 | 1.066 | 2.97 | 4.38 | 平均 ($\bar{x}$) | 2.420 | 0.116 | 1.037 | 3.73 | 2.79 |

注：表内竹杆产量为1985—1987年三年累计。

按照Beaufils方法求得用于计算DRIS指标的参数列于表 9 。

表 9　用于计算DRIS指标的参数

| 养分浓度比率 | 平均值 | 标准差 | 变异系数 |
|---|---|---|---|
| N/K | 2.754 | 0.866 | 31.44 |
| K/P | 8.018 | 2.450 | 30.53 |
| $SiO_2$/N | 1.089 | 0.300 | 27.50 |
| $SiO_2$/P | 22.30 | 5.960 | 26.73 |

2．施肥处理的DRIS诊断　用表 9 的参数对1984—1987年的配方施肥的N、P、K、Si营养状态所作的DRIS处理结果（表10）表明：第一，沙县高砂竹林严重缺N、P，而K、Si营养富足；安吉山河竹林轻度缺N、P、K，而Si素营养充足。未经施肥处理的竹林，两地竹林新竹产量相差无几，都在1.5 t左右。经用不同水平N、P、K处理之后，沙县高砂竹林 9 个施肥处理有 7 个处理改变了严重缺N、P状态，而安吉山河竹林也有 7 个处理改变了轻度缺N、P状态，DRIS指标向理想值（0）靠近，与临界值法诊断基本一致。第二，DRIS诊断表明，高砂竹林绝大多数施肥处理的K的DRIS指标呈正值，指明其K素营养状况良好。而山河竹林所有施肥处理的K的DRIS指标呈负值，指明存在严重障碍因素妨碍竹株对K肥的吸收利用。我们认为这个障碍因素与土壤性质有关，由于山河土壤母质系由石灰质页岩风化而成，土壤含钙丰富，从叶分析发现，山河竹叶中Ca平均浓度为0.79 %，而高砂竹林叶中Ca的平均浓度为0.20 %，前者比后者Ca的浓度高出 4 倍，可能是Ca与K的拮抗作用[7]障碍着山河竹林对K肥的正常吸收利用，这一点从表10中比较两地叶中钾的绝对浓度也可以得到启示。第三，DRIS诊断表明，两地竹林绝大部分处理Si的DRIS指标呈正值，但是高砂有两个处理Si的诊断指标出现负值，这两个处理新竹产量达到最高值，说明两地竹林Si素营养普遍富足，只有在特别高产情况出现缺Si迹象。这个问题我们将通过田间试验进一步验证。第四，DRIS诊断指明了养分的需求顺序。高砂竹林不管施肥或不施肥，主要限制产量的因素

大多数是N、P营养，只是程度上发生变化。安吉山河竹林就有些不同，施肥前N、P是主要限制因素，施肥后K转化为主要限制因素。

**表10 施肥处理的DRIS诊断**

| 处理号 | $N—P_2O_5—K_2O$ (kg/亩) | N (%) | P (%) | K (%) | $SiO_2$ (%) | DRIS指标 N | DRIS指标 P | DRIS指标 K | DRIS指标 $SiO_2$ | 竹杆产量 (t/亩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 沙县高砂 | | | | | | | | | | |
| CK | 0-0-0 | $2.301^D$ | $0.108^D$ | 0.996 | 3.962 | -14 | -15 | 6 | 23 | 1.54 |
| 1 | 4.6-1.4-3.2 | $2.410^D$ | $0.112^D$ | 0.944 | 4.364 | -13 | -15 | 2 | 26 | 3.05 |
| 2 | 4.6-2.8-6.4 | $2.562^L$ | $0.121^L$ | 0.966 | 2.315 | -4 | 3 | 1 | 1 | 3.15 |
| 3 | 4.6-4.2-9.6 | $2.367^D$ | $0.125^L$ | 1.453 | 4.789 | -27 | -21 | 18 | 29 | 3.07 |
| 4 | 6.9-1.4-6.4 | $2.913^S$ | $0.120^L$ | 1.178 | 2.586 | -6 | -3 | 5 | 3 | 3.77 |
| 5 | 6.9-2.8-9.6 | $2.647^S$ | $0.140^S$ | 1.325 | 2.733 | -5 | 0 | 9 | -4 | 4.17 |
| 6 | 6.9-4.2-3.2 | $2.487^L$ | $0.143^S$ | 1.315 | 2.745 | -7 | 1 | 10 | -3 | 4.58 |
| 7 | 9.2-1.4-9.6 | $2.547^L$ | $0.114^D$ | 1.022 | 2.953 | -3 | -5 | 4 | 4 | 2.70 |
| 8 | 9.2-2.8-3.2 | $2.542^L$ | $0.118^L$ | 0.949 | 2.704 | 0 | -1 | 1 | 0 | 3.72 |
| 9 | 9.2-4.2-6.4 | $2.514^L$ | $0.120^L$ | 0.660 | 4.050 | -3 | -2 | -14 | 18 | 3.46 |
| 安吉山河 | | | | | | | | | | |
| CK | 0-0-0 | $2.754^L$ | 0.123 | 0.910 | 3.906 | -4 | -6 | -3 | 13 | 1.67 |
| 1 | 4.6-1.4-3.2 | $2.878^S$ | 0.140 | 0.811 | 3.548 | 2 | 4 | -11 | 5 | 2.08 |
| 2 | 4.6-2.8-6.4 | $2.880^S$ | 0.140 | 0.876 | 3.750 | 0 | 1 | -8 | 7 | 2.31 |
| 3 | 4.6-4.2-9.6 | $2.949^S$ | 0.146 | 0.813 | 5.057 | -5 | -3 | -12 | 21 | 2.28 |
| 4 | 6.9-1.4-6.4 | $2.911^S$ | 0.130 | 0.809 | 3.992 | 0 | -2 | -10 | 12 | 2.42 |
| 5 | 6.9-2.8-9.6 | $3.001^S$ | 0.149 | 1.050 | 4.313 | -5 | -3 | -3 | 11 | 2.78 |
| 6 | 6.9-4.2-3.2 | $2.976^S$ | 0.145 | 0.883 | 3.864 | 0 | 2 | -9 | 7 | 2.31 |
| 7 | 9.2-1.4-9.6 | $3.042^S$ | 0.137 | 0.974 | 3.730 | 0 | -2 | -4 | 6 | 2.60 |
| 8 | 9.2-2.8-3.2 | $2.990^S$ | 0.146 | 0.971 | 3.778 | -1 | 0 | -5 | 6 | 2.27 |
| 9 | 9.2-4.2-6.4 | $2.971^S$ | 0.149 | 0.861 | 4.158 | -1 | 2 | -10 | 10 | 2.40 |

注：D——表示养分缺乏，L——偏低，S——足够。

上述结果表明，DRIS诊断比临界值法诊断提供更多的有用信息。但是DRIS指标是相对的，它没有某一营养元素浓度的具体指标，只表达营养元素之间相对平衡状态，这种平衡可能是高水平的营养平衡，也可能是低水平的营养平衡，这在我们的研究结果中(表10)同样有所体现。例如，沙县高砂的对照处理和处理1，安吉山河的对照和处理5，DRIS指标都极为相似，而产量水平却大不相同。有的研究者也曾经指出过这个问题[4]。因此，DRIS诊断还得小心谨慎，最好与临界值浓度法并用，以提高确诊率。

## 结 论

1. 毛竹叶中N、P、K、Ca、Mg浓度在一个叶生长周期过程中变化规律很不相同，N、P浓度有两个高峰期，即新叶初期和大年孕笋期。K的浓度夏季高、冬季低。Ca的浓度随叶的生长而逐渐累积。Mg的浓度比较稳定。叶诊断最适当采样期在大年孕笋中期；适当的采样部位为叶层中部；根据实验室分析精度的要求，每个叶样至少采自5株立竹。

2. 立竹密度大的不钩梢竹林，叶诊断的N、P临界值浓度标准分别为2.6 %和0.13 %；最适浓度为2.8 %和0.16 %。钩梢竹林和密度稀的不钩梢竹林N的临界值浓度为2.9 %，最适浓度为3.1 %。

3. DRIS诊断与临界值法诊断结果基本一致。DRIS更清楚地表达养分的需求顺序，较少受地理区域和立竹结构的影响。但是在某些养分相对不足或过量时，DRIS法可能出现误诊，这种情况在林木营养诊断中更值得注意，建议两种诊断方法并用以提高确诊率。

## 参 考 文 献


[1] Leaf, A. L., 1973, 植物分析作为森林施肥的指导，土壤测定与植物分析，农业出版社，278—296。

[2] 范少辉等，1986，杉木苗期氮素营养诊断的研究，福建林学院学报，6(2)：1—9。

[3] Beaufils, E. R., 1973, Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition, Soil Sci. Bull. No. 1, Univ. of Natal, S. Africa.

[4] Beverly, R. B. et al., 1984, Nutrient diagnosis of "Valencia" oranges by DRIS, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 109(5):649—654.

[5] 洪顺山，1987，毛竹配方施肥研究初报，竹子研究汇刊，6(1)：35—41。

[6] 罗汝英，1983，森林土壤学，科学出版社，149—150。

[7] Munson, R. D., 1973, 植物分析的原理和实施，土壤测定与植物分析，农业出版社，145—160。

[8] 南京农学院，1980，土壤农化分析，农业出版社，12—13。


# A STUDY ON NUTRIENT DIAGNOSES OF *PHYLLOSTACHYS PUBESCENS*


Hong Shunshan　　Hu Bingtang　　Jiang Yegen

*(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)*



**Abstract** The present study was conducted to seek the diagnoses of bamboo nutrient state so as to guide its fertilization. Research contents included methods of tissue sampling for foliage analysis, and evaluation of nutrient status of field bamboo fertilizer experiments by the traditional critical value method and DRIS method which has been developed recently.

The results are as follows:

1. Tissue samples used for foliage diagnoses should be collected during the middle of shooting stage, and from the median branches of crown with 2-year age bamboo trees. In order to represent the nutrient content of plants, 5 single bamboos, at least, were needed to be collected for a mean sample.

2. Critical value standards were affected by the structure of standing bamboos. As standing bamboos had more than 250 culms per mu (1/15 ha), N, P critical values were respectively 2.6 % and 0.13 %; optimum values were 2.8 % and 0.16 %. With sparse standing bamboo trees, or of which

top parts of crown were cut off, N critical and optimum values appeared to be a little high up to 2.9 % and 3.1 %. The output responses of new culms, accumulating in 3 years, agreed with N, P concentration levels.

3. DRIS reference values were obtained from the high-yield population of fertilizer experiments (yield 3 500 kg per mu). DRIS method was evaluated utilizing 4 data sets of N, P, K, Si. In general, where the critical value method made a diagnosis, it agreed with DRIS. DRIS had advantage over the critical value method to assess the status of nutrient balance of plant and nutrient order of requirement. But incorrect diagnoses might occur as nutrients were relative insufficencies or excesses. Considering the variety of forest sites, both the above methods should be recommended together for nutrient diagnoses in bamboo forests.

**Key words** *Phyllostachys pubescens*; foliage diagnosis; critical value standard; DRIS

## 中国林科院举行首次青年优秀科学论文评选

为庆祝建院卅周年，繁荣林业科学研究，发现优秀青年科技人才，我院于1988年8月开始举行首次青年优秀科学论文评选。各所(局)推荐了22篇优秀论文。院科研处送请我院颇有造诣的6名专家预审，从中挑选出11篇，在建院卅周年庆祝活动期间向以刘于鹤院长为主任委员的19名评审委员会宣读。经过答辩，最后评选出下列青年优秀科学论文。

**一等奖两名：**

林业处在转折点(经济所　尹润生等)

漂白胶贮存性质的研究(二报)(林化所　哈成勇)

**二等奖三名：**

杨尺蠖核型多角体病毒理化特性研究及其在病毒杀虫剂中的应用(林研所　于在林)

资源信息系统中数字地形模型子系统的建立(资源信息所　鞠洪波)

干燥过程中木材温度变化规律以及与含水率关系研究(木材所　郭焰明)

**三等奖七名：**

外生菌根真菌同立枯丝核菌重寄生关系研究(林研所　赵志鹏)

刨花板垂直平面压缩流变性能研究(二报)(木材所　许　伟)

枞酸自动氧化产物及氧化过程的研究(林化所　王　涛)

高压液相色谱法分析氨基酸(分析中心　刘惠文)

江西大岗山丘陵区杉木人工林的生产力研究(林研所　惠刚盈)

修订"中图法"、"资料法"林业类目的意见(情报所　周吉仲)

余甘子结果母枝特性研究(亚林所　姚小华等)

院对获奖优秀论文作者颁发了奖金和奖状，各所(局)对推荐到院的优秀论文作者给予了纪念品，获奖论文将在院刊《林业科学研究》上陆续登载。

(中国林业科学研究院　潘允中)