

## 三倍体毛白杨叶片营养 DRIS 诊断

刘克林<sup>1</sup>, 孙向阳<sup>1,\*</sup>, 王海燕<sup>1</sup>, 田 贇<sup>1</sup>, 吴京科<sup>1</sup>, 康向阳<sup>2</sup>

(1. 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083; 2. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083)

**摘要:** 采用  $L_{16}4^5$  正交设计法对造林后的三倍体毛白杨进行了施肥试验, 运用 DRIS 诊断法对其叶片营养元素进行了研究。结果表明, 以造林第 3 年 7~10 月份三倍体毛白杨叶片 N、P、K 元素浓度测定值为依据, 成功制定了 DRIS 图解法及指数法的营养诊断标准, 经检验取得了较高的诊断正确率。三倍体毛白杨叶片 N、P、K 三元素浓度最佳比值范围为  $N/P = 19.116 \pm 1.270$ ;  $N/K = 3.054 \pm 0.289$ ;  $K/P = 6.356 \pm 0.651$ 。DRIS 诊断标准分别经各月份林木叶片养分元素浓度回代检验, 林木 N、P、K 需肥次序与实际施肥量基本一致, 其中以 9 月份林木各处理为例, 诊断正确率达到了 80% 以上。3 年生三倍体毛白杨林木对 N、P、K 需求次序为  $N > K > P$ , 与 DRIS 诊断结果一致。运用 DRIS 法诊断得到的三倍体毛白杨叶片养分浓度最佳比值范围将为三倍体毛白杨的合理施肥, 大面积推广提供科学依据。

**关键词:** 三倍体毛白杨; 叶片营养; 诊断施肥综合法

文章编号: 1000-0933(2009)06-2893-06 中图分类号: Q948, S718.5 文献标识码: A

### Leaf nutrient diagnosis of triploid *Populus tomentosa* with DRIS

LIU Ke-Lin<sup>1</sup>, SUN Xiang-Yang<sup>1,\*</sup>, WANG Hai-Yan<sup>1</sup>, TIAN Yun<sup>1</sup>, WU Jing-Ke<sup>1</sup>, KANG Xiang-Yang<sup>2</sup>

1 Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combated, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 2893 ~ 2898.

**Abstract:** Triploid *Populus tomentosa*, widely planted in the north of Yellow River, is an ideal tree species for the pulpwood and plywood with the characteristics of short rotation, fast growth, excellent quality and anti-disease. Fertilization experiments with an orthogonal experimental design ( $L_{16}4^5$ ) were conducted in Wei County, Xingtai City, Hebei Province. The nutrients dynamics in the leaves of Triploid *Populus tomentosa* were studied with the application of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) method. Based on N, P and K concentrations in the leaves of Triploid *Populus tomentosa* from July to October in the 3<sup>rd</sup> year after plantation, nutrition diagnosis standards of DRIS graphic and index methods were successfully established with high accuracy. The optimal N/P, N/K and K/P ratios were  $19.116 \pm 1.270$ ,  $3.054 \pm 0.289$  and  $6.356 \pm 0.651$ , respectively. Diagnostic accuracy reached 80% with the analytical data in September for return test. The nutrients requirement by Triploid *Populus tomentosa* was in the order of  $N > K > P$ , which was in accord with the actual application rate of fertilizers. The optimal nutrients ratios can provide scientific basis for rational fertilization and spreading of Triploid *Populus tomentosa*.

**Key Words:** triploid *Populus tomentosa*; leaf nutrient; DRIS

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他田间管理的一项新技术措施。林木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、诊断施肥综合法(DRIS法)、向量图解法等。在林木营养诊断研究中, 土壤分析

基金项目: 国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAD32B01); 国家林业局专项资助项目(2002-66)

收稿日期: 2008-03-14; 修订日期: 2008-11-03

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sunxy@bjfu.edu.cn

法、DRIS 法、临界值法、向量图解法等方法已逐步得到应用。

诊断施肥综合法是由南非 Beaufils 提出的一种先进的植物营养诊断方法<sup>[1,2]</sup>,可对多种营养元素同时诊断,建立在数理统计分析的基础上,具有较高的可靠性,同时不受植物品种和株龄的影响,能够反映植物对各种营养元素的相对需求次序,在植物营养诊断上比传统的临界值法具有更大的优越性<sup>[3-10]</sup>。DRIS 法作为一种先进的诊断方法,在农业上已广泛应用并取得了较好的效果,在林木上的应用则比较少见,有关报道只见于杉木、松树、杨树、桉树、锥栗、银杏营养诊断上<sup>[10-19]</sup>,针对三倍体毛白杨的营养诊断还未见报道。

三倍体毛白杨具有速生、优质、高效等特点,轮伐期只要 5a,是制造新闻纸、胶印书刊纸的理想原料,出浆率为普通杨树的<sup>[20]</sup>。如何有针对性地实施三倍体毛白杨人工林系统的养分管理,维持人工林的可持续经营,是生产实践中有待于解决的问题。本文首次尝试运用 DRIS 诊断法对造林后的三倍体毛白杨叶片营养元素进行了研究,以期平衡施肥、提高三倍体毛白杨人工林产量提供理论和技术依据。

## 1 材料与方

### 1.1 试验地概况

试验地位于河北省邢台威县境内,地理位置为东经 113°52' ~ 115°49',北纬 36°50' ~ 37°47'。境内地势平坦,属于暖温带大陆性半干旱季风气候;年平均降水量 584mm 左右,集中在夏末秋初;年平均温度摄氏 13℃,最冷月份(1 月)平均气温 -2.3℃,极端最低气温 -19℃,最热月份(7 月)平均气温 26.9℃,极端最高气温 42.5℃;无霜期 198d;全年日照 2574.8h。土壤属砂壤土质潮土,其土壤化学性质养分性状见表 1。根据土壤养分分级标准,试验地土壤养分含量较贫乏。

表 1 试验地土壤本底化学性质  
Table 1 Soil chemical properties of experimental field

pH	有机质 Organic matter (g/kg)	全 N Total N (g/kg)	全 P Total P (g/kg)	全 K Total K (g/kg)	碱解 N Efficient N (mg/kg)	速效 P Efficient P (mg/kg)	速效 K Efficient K (mg/kg)
8.36	7.79	0.478	0.54	12.74	50.36	1.98	66.44

### 1.2 试验材料

供试材料为三倍体毛白杨的一个无性系,其亲本为银腺杨 × 毛白杨[(*Populus alba* × *P. glandulosa*) × *P. tomentosa*],于 2005 年春造林,株行距为 2 m × 3 m。

### 1.3 试验设计

施肥试验采用  $L_{16}4^5$  正交设计,共 16 个处理,随机排列,3 次重复。施肥试验因素包括 N 肥(尿素 N 46%)、P 肥(过磷酸钙,其中  $P_2O_5$  12%)、K 肥(硫酸钾,其中  $K_2O$  53%), (见表 2)。

### 1.4 施肥时间与方式

从 2006 年开始追肥,4 月中旬将氮肥全量的 3/5 施入,磷肥和钾肥一次性施入,7 月中旬将全量 2/5 的氮肥施入;2007 年施肥与 2006 年完全相同。施肥方式为穴施,在每株树的两侧各挖一个穴,穴深 20 ~ 30cm,穴与树干的距离依树冠大小而定,穴位于树冠边沿投影下,肥料均匀施于穴中后,随即覆土。每年对换方位施肥。施肥前除净杂草,施肥后及时灌水。

### 1.5 样本采集及测定方法

于 2007 年 7 ~ 10 月份各月初采集每个处理的各重复叶样,并测量对应的林木胸径、树高。用蒸馏水洗净叶样后,在 105℃ 下杀青 30min,然后在 65℃ 下烘至恒重,粉碎备用。叶样消化采用常规方法,即浓硫酸、双氧水一次消化后定容。叶片 N 元素采用凯氏定氮蒸馏法测定,P、K 元素采用 ICP 测定。

表 2 施肥试验各因素水平设计表

因素 Factors	水平 (g/株) Level (g/tree)			
	1	2	3	4
尿素 Urea	0	230	460	690
过磷酸钙 Superphosphate	0	50	100	150
硫酸钾 Potassium sulfate	0	37.5	75	150

## 1.6 DRIS 图解法的绘制

图解法由 2 个同心圆和 3 个通过圆心的坐标组成。圆心为植物生长良好的各参数的最佳值,亦即最佳养分比例。内圆及外圆的半径分别为高产组标准差的 2/3 倍、4/3 倍。内圆视为养分平衡区,用平行的箭头表示。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°的箭头表示(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头表示。

## 1.7 数据处理、分析及图表绘制

采用 Microsoft Excel 进行数据处理与分析,利用 AutoCAD 进行绘图。

## 2 结果与分析

DRIS 诊断方法有图解法和指数法两种,本文将这两种方法应用于三倍体毛白杨营养诊断的研究。研究采用 7~10 月份所测定的施肥试验叶片 N、P、K 元素浓度为依据,制定三倍体毛白杨 DRIS 营养诊断标准。以材积产量较高的 7、10、12、15、16 处理为高产组,其余处理为低产组,高产组和低产组的统计结果如表 3 所示。

表 3 3 年生三倍体毛白杨 DRIS 诊断参数统计表

Table 3 Statistics of diagnosis parameter for 3-year-old Triploid *Populus Tomentosa* with DRIS

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	平均值 Average	方差 Variance	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	观察值 Amount	平均值 Average	方差 Variance	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	
N	60	24.417	3.758	1.939	7.939	132	21.620	9.799	3.130	14.479	2.608 **
P	60	1.285	0.015	0.122	9.531	132	1.113	0.042	0.205	18.413	2.800 **
K	60	8.126	1.295	1.138	14.004	132	7.818	1.867	1.366	17.477	1.442
N/P	60	19.116	3.629	1.905	9.965	132	19.600	7.341	2.709	13.824	2.023 **
P/N	60	0.053	$2.560 \times 10^{-5}$	0.005	9.546	132	0.052	$3.491 \times 10^{-5}$	0.006	11.362	1.364
N/K	60	3.054	0.188	0.434	14.197	132	2.870	0.666	0.816	28.435	3.543 **
K/N	60	0.334	0.0022	0.047	14.043	132	0.367	0.0055	0.074	20.208	2.500 **
K/P	60	6.356	0.955	0.977	15.375	132	7.119	2.061	1.436	20.166	2.158 **
P/K	60	0.161	$5.887 \times 10^{-4}$	0.024	15.070	132	0.146	$9.951 \times 10^{-4}$	0.032	21.606	1.690 **
NP	60	31.457	20.898	4.571	14.532	132	24.418	42.911	6.551	26.827	2.053 **
NK	60	199.125	1307.508	36.159	18.159	132	170.101	1860.950	43.139	25.361	1.423
PK	60	10.480	3.997	1.999	19.077	132	8.787	5.350	2.313	26.323	1.339

\* \* 0.01 显著水平 0.01 Significant level

### 2.1 三倍体毛白杨 DRIS 图解法营养诊断

选择低产组与高产组方差比较大的 3 种元素的比值作为 DRIS 的重要参数(表 3,表 4,图 1),分别为 N/P、N/K、K/P。由此可以确定三倍体毛白杨叶片 N、P、K 元素浓度的最佳比值范围分别为:  $N/P = 19.116 \pm 1.270$ ;  $N/K = 3.054 \pm 0.289$ ;  $K/P = 6.356 \pm 0.651$ 。图解结果给出了 N、P、K 元素限制产量的相对大小,或是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次序。

### 2.2 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元素需要程度越小,或不需,甚至过剩。当指数为零或接近于零时,则表示该元素与其他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

表 4 DRIS 重要参数

Table 4 DRIS important parameter

表示式 Index format	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation
N/P	19.116	1.905	9.965
N/K	3.054	0.434	14.197
K/P	6.356	0.977	15.375

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越大,则说明元素之间越不平衡。被诊断的所有元素的 DRIS 指数的代数和应为零。

诊断 N、P、K 3 种元素时的 DRIS 指数的计算公式<sup>[21,22]</sup>如下:

$$\text{指数}(N) = [f(N/P) + f(N/K)]/2$$

$$\text{指数}(P) = [-f(N/P) - f(K/P)]/2$$

$$\text{指数}(K) = [f(K/P) - f(N/K)]/2$$

其中:  $f(N/P) = 100[(N/P)/(N'/P') - 1]$  (当  $N/P > N'/P'$ , 即  $N/P$  的实测值  $>$  标准值), 或  $f(N/P) = 100[1 - (N/P)/(N'/P')]$  (当  $N/P < N'/P'$ , 即实测值  $<$  标准值) 其他项目用同样的方法计算。标准值是根据所有施肥处理中各参数的平均值计算而来,它可以反映整个林分的平均状况。从上式可以看出,偏离标准值越大,指数越大,说明养分越不平衡。

### 2.3 DRIS 法在三倍体毛白杨营养诊断中的应用

本研究仅列出了精确度最高的 9 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,则要求 N 指数 + P 指数 + K 指数 = 0, 如表 5 所示,各行 3 个指数的代数和为零,说明计算结果无误。根据负指数的绝对值越大,植物需肥强度越大。

从 N、P、K 配比施肥试验各处理诊断结果来看,本文制定的诊断标准适用于多种肥料并施的情况。处理 1 为对照不施任何肥料,其需肥次序为  $N > K > P$ ; 处理 2 为少量磷、钾肥并施的处理,其需肥次序为:  $N > K > P$ ; 处理 3、4 为磷、钾并施的处理,其需肥次序为:  $N > P > K$ ; 处理 5 为少量氮、钾的处理,其需肥次序为:  $P > N > K$ ; 处理 6 为少量氮、磷、钾的处理,其需肥次序为:  $P > N > K$ ; 处理 7 为少量氮、磷而足量钾的处理,其需肥次序为:  $P > N > K$ ; 处理 8 为少量氮,足量磷的处理,其需肥次序为:  $K > N > P$ ; 处理 9 为足量氮,少量钾的处理,其需肥次序为:  $P > K > N$ ; 处理 10 为少量磷,足量氮、钾的处理,其需肥次序为:  $P > K > N$ ; 处理 11 为少量磷,足量氮的处理,其需肥次序为:  $K > P > N$ ; 处理 12 为足量氮、磷,少量钾的处理,其需肥次序为:  $K > P > N$ ; 处理 13 为足量氮、钾的处理,其需肥次序为:  $P > K > N$ ; 处理 14 为少量磷,足量氮的处理,其需肥次序为:  $K > P > N$ ; 处理 15 为少量钾、磷,足量氮的处理,其需肥次序为:  $K > P > N$ ; 处理 16 为少量钾,足量氮、磷的处理,其需肥次序为:  $K > P > N$ 。

从上述结果来看,除了处理 9、14 个别元素和处理 5 诊断结果出现了一些偏差外(出现偏差原因可能是田间试验条件较复杂,影响因子较多),其余诊断结果均完全正确。从施肥试验结果来看,三倍体毛白杨林木体内养分元素浓度对肥料施用量反应很灵敏,其中,林木对氮、钾肥的反应要比磷肥更灵敏,这可能与林木对养分元素的需求量及肥料的可溶性有关。

### 3 结论与讨论

DRIS 诊断法是 Beaufils 经过 20 余年的研究提出的植物营养诊断方法<sup>[1]</sup>。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。此法的优点在于诊断结果不受采样时间和部位的限制,诊断的正确性也比以往的临界值法高。Beaufils 等仔细比较了自然植物高产和低产的养分分布数据,发现高产组和低产组的养分浓度的平均值并无多大差异;同时,发现低产组的标准差、变异系数要比高产组大,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。

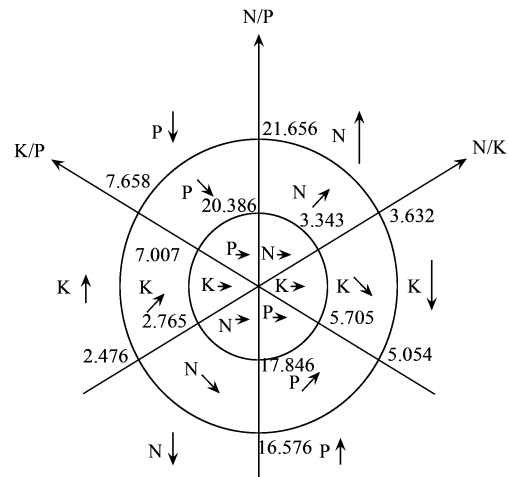


图 1 三倍体毛白杨叶片营养 DRIS 诊断图

Fig. 1 The DRIS diagnosis figure of triploid *Populus tomentosa* leaf nutrient

表 5 9 月份各处理林木叶片养分浓度及诊断指数表

Table 5 The leaf nutrient content and diagnosis index of triploid *Populus tomentosa* in september

处理号 Treatment No.	N 浓度 N concentration (g/kg)	P 浓度 P concentration (g/kg)	K 浓度 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	17.00	0.81	9.08	-22.09	15.76	6.33	N > K > P
2	17.80	1.10	7.34	-18.19	10.42	7.76	N > K > P
3	17.98	1.00	7.56	-13.38	-1.50	14.88	N > P > K
4	17.80	1.13	8.80	-31.45	4.78	26.67	N > P > K
5	22.34	1.24	7.85	-3.66	7.53	-3.87	P > N > K
6	23.44	1.09	8.31	4.77	-10.08	5.91	P > N > K
7	22.34	1.19	9.24	-10.14	-4.95	15.09	N > P > K
8	22.16	1.22	6.81	3.22	13.93	-17.14	K > N > P
9	23.89	1.06	7.05	15.40	-6.56	-8.84	P > K > N
10	23.96	1.11	8.04	7.70	-8.57	0.87	P > K > N
11	23.83	1.22	7.24	7.46	6.53	-13.99	K > P > N
12	25.34	1.29	8.46	3.47	0.81	-4.28	K > P > N
13	23.79	1.04	8.13	9.39	-14.60	5.21	P > K > N
14	23.69	1.12	7.82	7.49	-5.89	-1.60	K > P > N
15	24.95	1.20	7.14	12.96	3.39	-16.35	K > P > N
16	26.64	1.34	7.13	13.49	12.29	-25.78	K > P > N

为了建立这些“重要参数”,首先从试验中获得大量配套的叶成分和产量的数据。根据林木材积产量把上述数据分成高产组和低产组,分别进行数理统计,计算每个参数的平均值、方差、标准差、变异系数以及低产组与高产组的方差比以及两组方差差异显著性。根据方差比选出差异显著或最高者,作为“重要参数”。最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。

本文首次尝试以三倍体毛白杨造林第 3 年 7 ~ 10 月份各施肥处理叶片养分元素浓度为依据,制定了 DRIS 营养诊断标准,取得了较高的诊断正确率。DRIS 诊断的三倍体毛白杨叶片 N、P、K 营养元素浓度最佳比值范围分别为:  $N/P = 19.116 \pm 1.270$ ;  $N/K = 3.054 \pm 0.289$ ;  $K/P = 6.356 \pm 0.651$ , 3 个比值范围均比前人<sup>[3,4,8-10]</sup>在其他树种的研究结果大,说明三倍体毛白杨林木对 N、K 的需求要比其他树种高,这与三倍体毛白杨速生、高效、5a 成材等特点相符合。利用 7 ~ 10 月份高产组的叶片 N、P、K 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浓度进行回代检验,结果表明诊断精度较高。以诊断精度最高的 9 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较吻合,诊断正确率达到了 80% 以上。从施肥试验结果来看,3 年生三倍体毛白杨林木对 N、P、K 元素需求次序为:  $N > K > P$ , 这与三倍体毛白杨叶片营养 DRIS 诊断结果一致。

由于 DRIS 法仅以各养分元素比值为指标,在田间条件下,当两种营养元素同时偏高或同时偏低且成等比例变化时,都可能使其比例处于适宜范畴内,容易导致诊断误差。当然,DRIS 诊断系统中 N、P、K 元素偏高或偏低有可能是土壤中养分的不足或其他营养元素的缺乏或过剩造成的。建议与其他林木营养诊断方法结合使用,目前应用较多的有病症诊断法、土壤分析法、临界值法、向量图解法等<sup>[21-25]</sup>,以提高诊断的精确性和可靠性。

#### References:

- [ 1 ] Beaufils E R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Soil Science Bulletin, 1973, (1): 32.
- [ 2 ] Walworth J L, Summer M E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Adv. Soil Sci, 1987. 149 - 188.
- [ 3 ] Zhang X D, Dong L S, Zhou J S, et al. Nutrient diagnosis of *Fokienia hodginsii* seedlings using DRIS. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(5): 1165 - 1170.
- [ 4 ] Feng M S, Zhang J. On leaf nutrient DRIS diagnosis of *Eucalyptus grandis*. Journal of Sichuan Agriculture University, 2003, 21(4): 303 - 307.
- [ 5 ] Rodriguez O, Rojas E, Summer M. Valencia orange DRIS norms for Venezuela. Common Soil Sci Plant Anal, 1997, 28(15, 16): 1461 - 1468.

- [ 6 ] Weil R R, Mughogho S K. Sulfur nutrition of maize in four regions of Malawi. *Agron Journal*, 2000, 92: 649 — 656.
- [ 7 ] Geng Z C, Zhang L X, Zhao E L, et. Study on the diagnosis with DRIS norm of mineral elements in Fuji apple in Shanxi Province. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 2003, 23(8): 1422 — 1428.
- [ 8 ] Peng Z P, Liu G J, Zhang Z T, et. Preliminary study on DRIS norms for Mango Foliar doagnosis of N, P, K, Ca and Mg. *Tropical and Subtropical. Soil Science*, 1998, 7(1): 36 — 40.
- [ 9 ] Chen L G, Lu X J, Cai Y Q, et al. Diagnosis and recommendation integrated system of *Cryptomeria fortunei* seedlings I. Diagrammatizing method of DRIS in field. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2005, 25(4): 318 — 322.
- [ 10 ] Lin D X, Chen H. Studies on nutrient synthetic diagnosis (DRIS) for *Castanea henryi* platation. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, (sup, 1): 117 — 125.
- [ 11 ] Fan S H, Yu X T, Zhong A L. Studies on nutrient management in Chinese Fir seedling cultivation. *Journal of Fujian College of Forestry*, 1995, (4): 293 — 300.
- [ 12 ] 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.
- [ 13 ] Huang Y Z, Feng Z W, Li X D, 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.
- [ 14 ] 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.
- [ 15 ] Hong S S, Zhuang Z Z, Hu B T, et al. Nutrient diagnosis on young stands of slash pine by DRIS. *Forest Research*, 1995, 8(4): 360 — 365.
- [ 16 ] Chen H. Study on nutrient diagnosis of *Castanea henryi* platation by synthetic indices. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, (Sup, 1): 52 — 59.
- [ 17 ] Wei X H, Jiang D H, Bai X Q. Studies on the diagnostic way and nutrient of phosphrus of *Ginkgo biloba*. *Journal of Guangxi Agriculture University*, 1998, 17(3): 247 — 253
- [ 18 ] Li T D, Ye D Y, Wu Z P, et al. Study on the nutrient diagnosis by the correlation value and feertilization technique. *Forestry Science and Technology in Guangdong*, 1999, (3): 15 — 21.
- [ 19 ] Li Y Q. Forest fertilization and nutrient diagnosis. *Scientia Silvae Sinicae*, 1991, 27(4): 435 — 442.
- [ 20 ] ZHU Z D. Heredity and improvement of *Populus tomentosa*. Beijing: China Forestry Pubishing House, 2006.
- [ 21 ] Goh K M. Preliminary nitrogen, potassium calcium and magnesium DRIS norms and indices for apple orchards in Canterbury. *Common Soil Sci Plant Anal*, 1992, 23(13): 1371 — 1385.
- [ 22 ] Needham T D. Relationship between diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) optima and foliar nutrient critical levels. *Soil Sci Soc Am J*, 1990, 54: 883 — 886.
- [ 23 ] Li S Y, Lin S R, Liao G R, et al. A study on foliar nutrient diagnosis in *Eucalyptus leizhouensis* No. 1. *Forest Research*, 1997, 10(1): 13 — 18.
- [ 24 ] Hong S S, Hu B T, Jiang Y G, et. A study on nutrient diagnosis of *Phyllost Achys Pubescens*. *Forest Research*, 1989, 2(1): 15 — 24.
- [ 25 ] Li S Y, Lin S R, Liao G R, et al. The nutrient status and foliar nutritional diagnosis of *Eucalyptus*. *Scientia Silvae Sinicae*, 1996, 32(6): 481 — 490.

#### 参考文献:

- [ 3 ] 张旭东,董林水,周金水,等.珍稀乡土树种福建柏苗期 DRIS 营养诊断. *生态学报*, 2005, 25(5): 1165 ~ 1170.
- [ 4 ] 冯茂松,张健.巨桉叶片营养 DRIS 诊断研究. *四川农业大学学报*, 2003, 21(4): 303 ~ 307.
- [ 7 ] 耿增超,张立新,赵二龙,等.陕西红富士苹果矿质营养 DRIS 标准研究. *西北植物学报*, 2003, 23(8): 1422 ~ 1428.
- [ 8 ] 彭志平,刘国坚,张壮塔,等.紫花芒果 NPKCaMg 叶片诊断的 DRIS 标准初步研究. *热带亚热带土壤学*, 1998, 7(1): 36 ~ 40.
- [ 9 ] 陈礼光,陆小静,蔡月琴,等.柳杉苗木综合营养诊断 1.田间 DRIS 图解法. *福建林学院学报*, 2005, 25(4): 318 ~ 322.
- [ 10 ] 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.
- [ 11 ] 范少辉,俞心妥,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.
- [ 12 ] 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.
- [ 13 ] 黄益宗,冯宗炜,黎向东,等.应用“416A”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.
- [ 14 ] 黄益宗,冯宗炜,李志先,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.
- [ 15 ] 洪顺山,庄珍珍,胡柄堂,等.湿地松幼林营养的 DRIS 诊断. *林业科学研究*, 1995, 8(4): 360 ~ 365.
- [ 16 ] 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.
- [ 17 ] 韦翔华.银杏磷素营养及其营养诊断方法的研究初探. *广西农业大学学报*, 1998, 17(3): 247 ~ 253.
- [ 18 ] 李倘弟,叶淡元,吴泽鹏,等.林木相关值法营养诊断及施肥技术研究. *广东林业科技*, 1999, (3): 15 ~ 21.
- [ 19 ] 李贻铨.林木施肥与营养诊断. *林业科学*, 1991, 27(4): 435 ~ 442.
- [ 20 ] 朱之梯.毛白杨遗传改良.北京:中国林业出版社, 2006. 228 ~ 232.
- [ 23 ] 李淑仪,林书蓉,廖观荣,等.雷林 1 号桉叶片营养诊断研究. *林业科学研究*, 1997, 10(1): 13 ~ 18.
- [ 24 ] 洪顺山,胡柄堂,江业根,等.毛竹营养诊断研究. *林业科学研究*, 1989, 2(1): 15 ~ 24.
- [ 25 ] 李淑仪,林书蓉,廖观荣,等.桉树营养状况与叶片营养诊断研究李淑仪. *林业科学*, 1996, 32(6): 481 ~ 490.