

文章编号: 1000-5862(2016)01-0083-06

油茶果实发育关键时期的叶片 DRIS 营养诊断研究

高伟^{1,2}, 黄亚茹³, 宁博轩⁴, 袁建军², 龚春¹, 徐林初¹, 占志勇^{1*}, 彭以元^{2*}

(1. 江西省林业科学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西师范大学化学化工学院, 江西 南昌 330022;

3. 南昌大学附属中学, 江西 南昌 330047; 4. 江西省林业调查规划研究院, 江西 南昌 330046)

摘要:选取20个有代表性的油茶林分,对其果实发育关键时期(果实膨大期和油脂转化期)的油茶叶片采用诊断施肥综合法(DRIS)进行矿质营养元素分析.研究表明:1)果实膨大期油茶叶片N、P、K、Fe、Zn、Cu、Mn的适宜含量分别为 $(14.013 \pm 2.612) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(0.782 \pm 0.131) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(5.511 \pm 1.086) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(195.350 \pm 90.536) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(23.300 \pm 3.931) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(10.000 \pm 3.496) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(2921.400 \pm 1172.529) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,且该时期叶片中各矿质元素含量与处于油脂转化期的叶片中各对应矿质元素含量不存在显著差异($P > 0.05$).2)相关分析发现果实膨大期、油脂转化期油茶叶片中各矿质元素之间存在复杂的相关关系,其中Fe与K在2个时期均存在极显著相关关系($P < 0.01$),而Fe与Mn、Fe与Zn、K与Mn仅在果实膨大期存在极显著相关关系($P < 0.01$),N与Fe、P与Mn仅在油脂转化期存在相关关系.3)在供试油茶林分中,丰产林植株对Mn、Fe等微量元素的需求最为强烈;低产林植株对N、P、K等大量元素的需求较高.丰产林的养分不平衡指数(NII)均值均低于对应时期的低产林,表明低产林中油茶植株体内各矿质元素更为不平衡,是导致其低产的原因之一.

关键词:油茶; 生长时期; 营养诊断; DRIS 参数

中图分类号: S 794 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2016.01.15

0 引言

油茶(*Camellia oleifera*)为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)植物,是我国特有的食用油料树种,广泛分布于湘、赣、桂、浙、闽、黔等18个省,其分布地域和林地面积均为我国经济树种之首^[1].正是由于油茶自然分布广泛(北纬 $18^{\circ}21' \sim 34^{\circ}34'$,东经 $98^{\circ}40' \sim 121^{\circ}40'$),导致各地油茶林产量不均,出现较多的油茶低产林,严重影响了茶油产量.以提高油茶产量为目标,诸多学者进行了相关研究,但多从土壤^[2-3]、施肥^[4]、树体结构和林分结构^[5-6]等方面入手,而采用叶片营养诊断技术进行相关研究的鲜有报道.20世纪70年代,E. M. Summer提出了果树营养综合诊断理论(Diagnosis and Recommendation Integrated System, DRIS)^[7-8],该法基于营养均衡原理,可同时对多种营养元素进行诊断,精确度高^[9],诊断结果不受叶龄、品种和采样部位的影响,能诊断出叶片矿质元素的丰缺状况,还可反映出果树对养分

的需求顺序^[10-11],因此应用较广.

本研究针对江西省油茶林存在的营养失衡问题,采用DRIS法通过对20个具代表性油茶林果实发育关键时期的叶片进行营养分析,以期为我省油茶的营养诊断和平衡施肥提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 样品的采集

2014年3月根据以往油茶林分测产数据分别在江西省分宜、丰城、宜春、武宁、赣县、永丰、鄱阳、广昌、石城、永修等地选取产量相对稳定、管理一致、具有地域代表性的油茶林20个作为试验采样点.

叶片样品于2014年8月初油茶果实膨大期和2014年10月初油脂转化积累期^[12]在采样树的树冠中部分东、西、南、北方向随机采集1年生枝条上生长完全无病害的成熟叶片,每株树4个方向各5片,每个油茶林分多点混合采集200片叶组成混合样.采后立即置于冰盒中及时送回实验室进行处理.

收稿日期: 2015-10-11

基金项目: 国家自然科学基金(81261120413)和江西省科技支撑计划(20141BBF60049)资助项目.

通信作者: 彭以元(1964-),男,江西吉安人,教授,博士,博士生导师,主要从事化学生物学方面的研究.

占志勇(1986-),男,湖北黄冈人,助理研究员,博士,主要从事经济林研究.

1.2 测定项目及方法

样品前期处理采用马海洋等^[13]方法进行. 叶片中氮(N)、磷(P)、钾(K) 的测定^[14]: 称取样品 0.2 g, 用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化后, 凯氏定氮法测 N, 钼锑抗法测 P, 火焰光度计法测 K, 原子吸收分光光度计法^[15]测定 Fe、Zn、Cu、Mn.

1.3 数据处理

数据用 SPASS 19.0 和 Excel 软件处理.

2 结果与分析

2.1 油茶叶片营养元素含量状况

根据油茶林分产油量的差异, 将 20 个代表性油茶林(种植密度均为 1 650 株 · hm⁻²) 划分为丰产林(产油量 >450.0 kg · hm⁻²) 和低产林(产油量 <450.0 kg · hm⁻²). 丰产油茶与低产油茶同一时期的叶片中各矿质元素含量存在差异(见表 1). 丰产林油茶叶片 8 月份 N、P、K、Fe、Zn、Cu、Mn 的平均含量分别为 (14.013 ± 2.612) g · kg⁻¹、(0.782 ± 0.131) g · kg⁻¹、(5.511 ± 1.086) g · kg⁻¹、(195.35 ± 90.536) mg · kg⁻¹、(23.300 ± 3.931) mg · kg⁻¹、

(10.000 ± 3.496) mg · kg⁻¹、(2 921.400 ± 1 172.529) mg · kg⁻¹, 且 8 月份丰产林中各矿质元素含量的变异系数范围(16.739%~46.346%) 较低产林(14.636%~61.111%) 要小, 说明丰产林中各矿质元素的含量较均衡, 低产林中各矿质元素含量存在较大差异. 10 月份丰产油茶林叶片中各矿质元素含量的变异系数为 16.574%~43.766%, 其变化范围较低产林(14.858%~45.418%) 小, 同样说明丰产林油茶叶片中各矿质元素含量较低产林中均衡. 方差分析发现 8 月和 10 月的丰产油茶林之间、低产油茶林之间所含的矿物质营养元素含量均不存在显著差异.

进一步比较, 发现除 Zn、Mn 外, 其它各矿质元素在不同时期的丰产林、低产林油茶叶片中各矿质元素含量变化趋势一致, 均表现出随着发育时间的延长而增加. 丰产、低产水平油茶叶片中 Mn 的含量均表现出随发育时间的延长而降低的变化趋势; 而 Zn 的含量仅在低产油茶林中表现出此种变化趋势.

研究发现, 无论丰产油茶林或低产油茶林, 微量元素(除 Zn 外) 的变异系数均明显高于大量元素, 尤其是 Fe 和 Mn, 因此在油茶丰产栽培中, 应补充追加微量元素.

表 1 不同时期油茶叶片养分状况(n = 200)

元素		8 月		10 月	
		丰产	低产	丰产	低产
N	平均值/(g · kg ⁻¹)	14.013 ± 2.612	13.794 ± 2.253	14.839 ± 2.948	14.695 ± 3.131
	变异系数/%	18.641	16.330	19.865	21.304
P	平均值/(g · kg ⁻¹)	0.782 ± 0.131	0.732 ± 0.107	0.829 ± 0.137	0.786 ± 0.117
	变异系数/%	16.739	14.636	16.574	14.858
K	平均值/(g · kg ⁻¹)	5.511 ± 1.086	5.361 ± 1.163	5.525 ± 1.067	5.744 ± 1.336
	变异系数/%	19.710	21.686	19.313	23.264
Fe	平均值/(mg · kg ⁻¹)	195.350 ± 90.536	195.850 ± 89.073	235.910 ± 103.247	219.140 ± 99.530
	变异系数/%	46.346	45.480	43.766	45.418
Zn	平均值/(mg · kg ⁻¹)	23.300 ± 3.931	24.900 ± 2.998	23.410 ± 3.885	24.180 ± 2.777
	变异系数/%	16.873	12.041	16.595	11.485
Cu	平均值/(mg · kg ⁻¹)	10.000 ± 3.496	11.500 ± 7.028	15.410 ± 6.557	14.000 ± 4.658
	变异系数/%	34.960	61.111	42.551	33.274
Mn	平均值/(mg · kg ⁻¹)	2 921.400 ± 1 172.529	2 736.850 ± 1 277.686	2 486.730 ± 967.242	2 491.680 ± 986.213
	变异系数/%	40.136	46.685	38.896	39.580

2.2 油茶叶片中各矿质元素含量的相关性

不同时期油茶叶片中各矿质元素之间的相关性分析(见表 2) 表明, 各时期不同元素间存在复杂的正相关和负相关关系. 8 月份叶片中 K 与 Fe、Fe 与

Mn 之间存在极显著的负相关关系(P < 0.01); 而 Fe 和 Zn、K 和 Mn 之间存在极显著的正相关关系(P < 0.01). 10 月份叶片中 N 和 P、K 和 Mn 存在显著的正相关关系(P < 0.05); 而 N 和 Fe、K 和 Fe、P

和 Mn 之间分别存在显著的负相关 ($P < 0.05$) 和极显著的负相关关系 ($P < 0.01$)。

表 2 油茶叶片各时期矿质元素的相关性

时间	元素	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
8 月份	N	1.000						
	P	0.294	1.000					
	K	-0.116	-0.074	1.000				
	Fe	0.178	-0.160	-0.756**	1.000			
	Zn	-0.096	0.013	-0.353	0.583**	1.000		
	Cu	0.234	0.008	-0.279	0.385	0.510*	1.000	
	Mn	0.167	0.080	0.779**	-0.672**	-0.362	-0.046	1.000
10 月份	N	1.000						
	P	0.450*	1.000					
	K	0.152	-0.161	1.000				
	Fe	-0.521*	0.056	-0.437*	1.000			
	Zn	0.092	0.375	0.075	0.359	1.000		
	Cu	0.353	0.294	0.265	0.008	0.222	1.000	
	Mn	0.096	-0.556**	0.516*	-0.392	-0.322	-0.227	1.000

注: * 表示 5% 显著水平; ** 表示 1% 显著水平。

2.3 油茶叶片营养诊断

2.3.1 DRIS 诊断参数的确定 将每个油茶林分的营养元素含量用 N/P、N/K、N/Fe、N/Zn、N/Cu、N/Mn、P/K、P/Fe、P/Zn、P/Cu、P/Mn、K/Fe、K/Zn、K/Cu、K/Mn、Fe/Zn、Fe/Cu、Fe/Mn、Zn/Cu、Zn/Mn、Cu/Mn 形式及其各自的倒数形式共 42 中形式表示,分别计算丰产林和低产林各种形式的平均值、方差、标准差、变异系数和方差比(低产/丰产),并对方差比进行显著性检验,经 F 检验达显著水平的表示形式(每对表示形式如 N/K 与 K/N,只选择差异最显著的作为重要参数)作为 DRIS 参数^[16],结果如表 3 所示。

表 3 不同时期油茶叶片养分含量 DRIS 诊断选择的重要参数

时间	重要参数
8 月	N/P, Fe/N, Zn/N, Cu/N, N/Mn, P/K, Cu/P, P/Mn, Zn/K, Cu/K, K/Mn, Zn/Fe, Fe/Mn, Cu/Zn, Cu/Mn
10 月	N/P, K/N, N/Fe, Zn/N, N/Cu, Mn/N, K/P, P/Fe, Zn/P, Zn/K, K/Fe, Cu/K, Cu/Fe, Fe/Zn, Zn/Cu

2.3.2 不同油茶林分的诊断指数与需肥顺序 理想状态下,植物体内每种元素的 DRIS 指数应接近于零^[17]。当 DRIS 指数为正值时,表示植物体内该元素相对过剩,数值越大表示对其需求度越低;为负值时则表示其在植物体内相对缺乏,负值的绝对值越大表示对其需求度越高。根据 DRIS 指数计算公式可分别计算出供试油茶林分在不同发育时期内 N、P、K、Fe、Zn、Cu、Mn 指数(见表 4),并可由此可知供试林分对各元素的需求顺序(见表 5)。

表 5 结果显示,无论 8 月份或 10 月份的供试油茶林中,丰产林中排在需肥顺序首位是 Fe 或 Mn 等

微量元素;而在低产林中排在需肥顺序首位的则是 N、P、K 等大量元素。该结果表明:丰产林中油茶植株体内 N、P、K 元素充足能满足自身生长需求,对 Fe 或 Mn 的需求较高;而在低产林中油茶植株对 N、P、K 元素的需求较高,亟需补充。

DRIS 指数绝对值之和称为营养不平衡指数(Nutrient imbalance index, NII),NII 值越大表明植株体内元素越不平衡,等于零或接近于零时才能获得最高产量^[15]。本试验中,丰产油茶林的 NII 指数均值(8 月份 24.898,10 月份 24.149)均低于低产油茶林(8 月份 68.424,10 月份 64.327),表明丰产林植株体内的各营养元素较为均衡,低产林植株体内的各元素更不平衡。方差分析结果显示:无论 8 月份或 10 月份,丰产林与低产林之间的 NII 指数存在极显著差异($P < 0.01$);丰产林与丰产林、低产林与低产林之间的 NII 指数不存在显著差异($P > 0.05$)。

3 讨论与结论

油茶是我国特有和重要的木本油料树种,其主产品茶油富含不饱和脂肪酸,是一种高级食用油。至 2013 年底,我国油茶林面积约 400 万 hm^2 ,其中低产油茶林面积仍较高。为改善这一现状,提高我国油茶产量,众多学者进行了相关研究。姚小华等^[18]研究发现修剪和施肥能有效促进油茶老龄林生长,恢复生产,对改造油茶低产林有一定的影响。申巍等^[19]发现冬季施用有机肥结合夏季施用复合肥对 25 年生油茶冠幅、春梢、产量有显著提高。目前,仅在红花油茶^[20]中进行过叶片营养诊断研究,而在分布面积最广的普通油茶中还未见相关报道。

表 4 不同油茶林叶片 DRIS 诊断指数

地点*	N		P		K		Fe		Zn		Cu		Mn	
	A**	B***	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
丰产林														
1	2.271	2.086	2.802	1.829	1.610	1.654	-8.927	-7.528	2.564	2.346	5.589	5.076	-5.909	-5.463
2	-1.144	-1.086	1.379	1.367	-1.903	-1.834	1.391	1.257	2.769	2.679	3.301	3.276	-5.793	-5.659
3	-1.060	-1.058	-1.557	-1.543	1.770	1.689	3.292	4.327	2.172	1.384	3.901	2.694	-8.518	-7.493
4	0.217	0.268	0.669	0.579	-1.331	-2.341	8.362	7.648	3.278	3.679	5.069	5.341	-16.264	-15.174
5	-1.513	-1.621	-1.281	-1.364	-2.424	-2.347	3.997	3.687	3.743	4.268	2.634	2.157	-5.156	-4.780
6	-1.993	-1.286	-1.471	-1.357	0.761	0.853	3.804	3.679	-3.094	-2.394	7.843	6.843	-5.850	-6.338
7	-1.759	-1.689	1.130	1.543	2.456	2.679	4.360	3.891	3.527	3.674	5.614	6.312	-15.328	-16.410
8	1.014	1.643	2.127	2.378	-1.694	-0.937	2.724	1.367	1.378	1.089	2.275	3.641	-7.824	-9.181
9	1.409	1.652	2.746	1.683	-1.822	-1.638	1.302	1.563	1.116	1.079	2.315	3.256	-7.066	-7.595
10	2.050	2.034	-1.471	-1.508	1.628	1.569	5.889	4.891	-1.369	-2.349	4.242	6.483	-10.969	-11.120
低产林														
1	-11.629	-10.824	7.526	7.869	-3.113	-3.421	4.972	4.273	2.564	2.435	5.589	6.054	-5.909	-6.386
2	5.573	5.672	-9.379	-9.013	-2.903	-2.894	3.391	3.367	3.769	3.549	4.301	4.289	-4.752	-4.970
3	15.267	14.862	18.557	-17.854	-12.770	-11.359	15.505	14.752	5.172	5.089	3.901	3.846	-8.518	-9.336
4	-18.022	-16.582	25.669	23.156	-16.744	-17.248	9.014	8.756	8.278	8.247	8.069	8.127	-16.264	-14.456
5	-10.474	-8.632	-1.281	-2.387	-2.424	-2.076	9.997	9.046	3.987	4.012	3.634	3.458	-3.439	-3.421
6	6.217	5.981	-17.471	-18.328	-2.761	-2.832	14.804	14.057	-3.094	-3.025	8.155	8.624	-5.850	-4.477
7	9.429	8.984	16.587	-17.586	-12.468	10.458	28.936	18.673	13.527	10.627	-12.614	-17.354	-10.223	-13.802
8	-11.324	-15.364	16.727	-5.548	-15.715	-8.257	8.724	12.758	7.366	16.374	2.275	5.247	-8.053	-5.210
9	-11.913	-8.642	9.746	2.897	-9.514	-7.259	9.302	6.348	4.130	4.783	4.315	3.217	-6.066	-1.344
10	-6.419	-8.647	28.471	-19.389	-8.628	-7.684	27.889	22.378	-1.806	-2.378	24.404	29.371	-6.969	-13.651

注: * 1. 分宜县;2. 丰城市;3. 宜春市;4. 武宁县;5. 赣县;6. 永丰县;7. 鄱阳县;8. 广昌县;9. 石城县;10. 永修县; ** A 代表 8 月份; *** B 代表 10 月份.

表 5 油茶林分对各元素的需肥顺序及 NII 指数

地点*	需肥顺序		NII 指数**	
	8 月	10 月	8 月	10 月
丰产林(n = 10)				
1	Fe > Mn > K > N > Zn > P > Cu	Fe > Mn > K > P > N > Zn > Cu	29.672	25.982
2	Mn > K > N > P = Fe > Zn > Cu	Mn > K > N > Fe > P > Zn > Cu	17.680	17.158
3	Mn > P > N > K > Zn > Fe > Cu	Mn > P > N > Zn > K > Cu > Fe	22.270	20.188
4	Mn > K > N = P > Zn > Cu > Fe	Mn > K > N > P > Zn > Cu > Fe	35.190	35.030
5	Mn > K > N > P > Cu > Zn = Fe	Mn > K > N > P > Cu > Fe > Zn	20.748	20.224
6	Mn > Zn > N > P > K > Fe > Cu	Mn > Zn > P = N > K > Fe > Cu	24.816	22.750
7	Mn > N > P > K = Zn > Fe > Cu	Mn > N > P > K > Zn = Fe > Cu	34.174	36.198
8	Mn > K > N = Zn > P = Cu > Fe	Mn > K > Zn > Fe > N > P > Cu	19.036	20.236
9	Mn > K > Zn > Fe > N > Cu > P	Mn > K > Zn > Fe > N = P > Cu	17.776	18.466
10	Mn > P > Zn > K > N > Cu > Fe	Mn > Zn > P > K > N > Fe > Cu	27.618	25.256
均值			24.898	24.149
低产林(n = 10)				
1	N > Mn > K > Zn > Fe > Cu > P	N > Mn > K > Zn > Fe > Cu > P	41.293	41.262
2	P > Mn > K > Zn = Fe > Cu > N	P > Mn > K > Fe = Zn > Cu > N	34.068	33.754
3	P > K > Mn > Cu > Zn > N = Fe	P > K > Mn > Cu > Zn > Fe = N	79.690	77.098
4	N > Mn > K > Cu = Zn > Fe > P	K > N > Mn > Cu = Zn > Fe > P	102.060	96.572
5	N > Mn > K > P > Cu = Zn > Fe	N > Mn > P = K > Cu > Zn > Fe	35.236	33.032
6	P > Mn > Zn > K > N > Cu > Fe	P > Mn > Zn > K > N > Cu > Fe	58.352	57.324
7	P > Cu = K > Mn > N > Zn > Fe	P > Cu > Mn > N > K = Zn > Fe	103.784	97.484
8	K > N > Mn > Cu > Zn > Fe > P	N > K > P > Mn > Cu > Fe > Zn	70.184	68.758
9	N > K > Mn > Cu = Zn > Fe > P	N > K > Mn > P > Cu > Zn > Fe	54.986	34.490
10	P > Mn > N > K > Zn > Cu > Fe	P > Mn > N > K > Zn > Fe > Cu	104.586	103.498
均值			68.424	64.327

注: * 1. 分宜县;2. 丰城市;3. 宜春市;4. 武宁县;5. 赣县;6. 永丰县;7. 鄱阳县;8. 广昌县;9. 石城县;10. 永修县; ** NII 指数: 营养不均衡指数.

本研究采用 DRIS 法对普通油茶丰产林和低产林叶片进行营养诊断,发现在果实膨大期内 N、P、K、Fe、Zn、Cu 和 Mn 的适宜含量为 $(14.013 \pm 2.612) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(0.782 \pm 0.131) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(5.511 \pm 1.086) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(195.35 \pm 90.536) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(23.300 \pm 3.931) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(10.000 \pm 3.496) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $(2921.400 \pm 172.529) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,且与油脂转化期内油茶叶片中各对应矿质元素含量不存在显著差异.该结果说明油脂转化期油茶主要以进行体内的生化反应为主,其原料来自前期的营养积累,故其叶片中的矿质元素含量与果实膨大期的含量差异不明显.庄瑞林^[12]将油茶果实生长划分为4个阶段:幼果形成期、果实生长期(果实膨大期)、油脂转化期及果熟期;指出果实生长期持续到8月底,而8月~9月也是油茶油脂转化期,在时间上有一定的重叠区域.本文中矿质营养元素含量在果实膨大期和油脂转化期无明显的差异变化也在侧面论证了这一观点.

DRIS 法基于叶片矿质营养平衡的观点,在一定程度上克服了其它营养诊断方法不能反映多种营养元素间内在联系和外界环境因素间相互联系的局限性^[21].袁德义等^[22]研究发现 Mg、B 等微量元素与 N、P 配合使用时对油茶花粉萌发率有较强的促进作用,而 Zn 对油茶花粉的萌发有较强的抑制作用,说明油茶生长发育过程中各营养元素间有较强的相互关系.本文对各营养元素之间的相关性进行分析,发现果实膨大期、油脂转化期油茶叶片中各矿质元素之间存在复杂的相关关系,其中 Fe 与 K 在两个时期均存在极显著相关关系($P < 0.01$),而 Fe 与 Mn、Fe 与 Zn、K 与 Mn 仅在果实膨大期存在极显著相关关系($P < 0.01$),N 与 Fe、P 与 Mn 仅在油脂转化期存在相关关系,说明在油茶施肥管理中应全面考虑各营养元素间的互作效应,为油茶合理施肥提供了一定的理论依据.

张福平等^[23]研究发现 Mn 在5种矿质元素中对金银花成熟花粉活力的作用效果最好,表明 Mn 元素对花粉活力至关重要.油茶作为花果同期的植物,在果实成熟过程中即开始孕育花苞,此时其汲取的养分不仅仅是供应果实生长的需求,同时还在为开花准备.前人研究表明 Mn、N、P 等元素能有效促进花粉生长.本文研究发现,在10月份丰产林油茶叶片各矿质元素的需肥顺序中,Mn、Fe、N、P、K 等元素排名较前,其中 Mn 排在首位占供试丰产林的90%,说明油茶在10月份时应注重花期所需养分的供应.在低产林的需肥顺序中,N、P、K 等促进植株营养生长的大量元素均排名靠前,说明亟需补充 N、

P、K 等元素来促进其营养生长,为提高产量奠定营养基础.最后,统计各供试油茶林分的养分不平衡指数(NII),发现丰产林的 NII 指数均低于低产林,表明低产林之所以低产,其植株体内的各矿质元素不平衡是其主要原因之一.

4 参考文献

- [1] 吴家胜,曾燕如,黎章矩.油茶丰产林土壤肥力与林分结构调查[J].北京林业大学学报,2009,31(6):203-208.
- [2] 王瑞辉,钟飞霞,廖文婷,等.土壤水分对油茶果实生长的影响[J].林业科学,2014,50(12):40-45.
- [3] 夏莹莹,农慧珍,陈国臣.不同水分条件及氮素处理对油茶嫁接苗养分含量的影响[J].中国农学通报,2014,30(31):122-125.
- [4] 陈永忠,彭邵峰,王湘南,等.油茶高产栽培系列技术研究:配方施肥试验[J].林业科学研究,2007,20(5):650-655.
- [5] 杨正华,陈永忠,陈隆升,等.不同林地管理方式对油茶林的影响[J].中国农学通报,2012,28(28):66-68.
- [6] 孙颖,雷小林,李建安,等.油茶树体调控对营养物质变化的影响[J].草业科学,2014,31(4):711-716.
- [7] Sumner E M. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield level[J]. Comm Soil Sci Plant Anal, 1977,8:251-268.
- [8] Sumner E M. Diagnosis and recommendation integrated system DRIS as a guide to orchard fertilization[J]. Food and Fertilizer Tech Center Ext Bull, 1986,231:1-21.
- [9] 刘雪凤,李凯荣,时亚坤,等.陕西富平杏叶片营养诊断研究[J].西北林学院学报,2011,26(5):127-130.
- [10] 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.
- [11] Bangroo S A, Bhat M I, Ali T, et al. Diagnosis and recommendation integrated system(DRIS) -A review[J]. International Journal of Current Research, 2010,10:84-97.
- [12] 庄瑞林.中国油茶[M].2版.北京:中国林业出版社,2008:56-57.
- [13] 马海洋,张金文,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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Beaufils E. Diagnosis and recommendation integrate system (DRIS) [J]. Soil Science Bulletin(University of Natal, Pi-

- etermaritzburg ,South Africa) ,1973(1) : 1-132.
- [17] Walworth J L ,Summer M E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) [J]. Advances in Soil Science ,1987 6: 149-188.
- [18] 姚小华 ,王开良 ,任华东 ,等. 油茶资源与科学利用研究 [M]. 北京: 科学出版社 2012: 267-268.
- [19] 申巍 ,杨水平 ,姚小华 ,等. 施肥对油茶生长和结实特性的影响 [J]. 林业科学研究 2008 21(2) : 239-242.
- [20] 丁晓纲 ,张应中 ,刘喻娟 ,等. 广宁红花油茶叶片营养 DRIS 诊断 [J]. 经济林研究 2012 30(4) : 148-150.
- [21] 董志国 ,刘立云 ,陈东良 ,等. 应用诊断施肥综合法 (DRIS) 对樟叶进行营养诊断 [J]. 热带作物学报 2010 31(3) : 361-364.
- [22] 袁德义 ,王瑞 ,袁军 ,等. 不同营养元素及配比对油茶花粉萌发率的影响 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版 2010 39(5) : 471-474.
- [23] 张福平 ,陈章纯. 5 种矿质元素对金银花花粉活力的影响 [J]. 北方园艺 2008(12) : 120-122.

The Nutritional Diagnoses by Used DRIS Method in Leaves of *Camellia oleifera* During the Key Periods of Fruit Development

GAO Wei^{1,2} ,HUANG Yaru³ ,NING Boxuan⁴ ,YUAN Jianjun² ,GONG Chun¹ ,XU Linchu¹ ,ZHAN Zhiyong^{1*} ,PENG Yiyuan^{2*}

(1. Jiangxi Academy of Forestry ,Nanchang Jiangxi 330013 ,China;

2. College of Chemistry and Chemical Engineering ,Jiangxi Normal University ,Nanchang Jiangxi 330022 ,China;

3. The High School Affiliated to Nanchang University ,Nanchang Jiangxi 330047 ,China;

4. Jiangxi Province Forestry Survey Institute ,Nanchang Jiangxi 330046 ,China)

Abstract: This study aimed to reveal the relationships between mineral nutrients in *Camellia oleifera* leaves to provide a scientific basis for balanced fertilization. Foliar samples which from the fruit growing fast period and oils conversion period were taken from 20 forests in Jiangxi Provinces and foliar nutrition diagnosis was done using Diagnosis and Recommendation Integrated System(DRIS) method. The results show that the optimum concentrations of N , P ,K ,Fe ,Zn ,Cu and Mn in leaves from fruit growing fast period of camellia oleifera are(14.013 ± 2.612) g \cdot kg⁻¹ , (0.782 ± 0.131) g \cdot kg⁻¹ , (5.511 ± 1.086) g \cdot kg⁻¹ , (195.350 ± 90.536) mg \cdot kg⁻¹ , (23.300 ± 3.931) mg \cdot kg⁻¹ , (10.000 ± 3.496) mg \cdot kg⁻¹ , (2921.400 ± 1172.529) mg \cdot kg⁻¹. Moreover ,there is no significant difference in each nutrient concentration among the leaves which reached the fruit growing fast period and oil conversion period. The results of correlation analysis indicate that there exists a complex correlation among the nutrients during the different periods. For example ,there is significant correlation among Fe and K both in the two periods($P < 0.01$) . Fe and Mn ,Fe and Zn ,K and Mn have a significant correlation in fruit growing fast period($P < 0.01$) ; N and Fe ,P and Mn only have a significant correlation in oils conversion period. In all tested forests ,the plant in high yield forests much more need Mn and Fe than in low yield forests; whereas the plant in low yield forest much more need N ,P and K. The mean value of nutrition imbalance index of high yield forests is less than it in low yield forests which from corresponding period. It points that the nutrition imbalance in plant from low yield forests is serious and this is one of the reasons leading to low yield.

Key words: *Camellia oleifera*; growth period; nutrition diagnosis; DRIS parameters

(责任编辑: 刘显亮)