

DOI: 10.5846/stxb201809192045

罗佳,周小玲,田育新,宋庆安,陈永忠,陈隆升,牛艳东.油茶低产林养分时间动态变化研究.生态学报,2019,39(6): - .
Luo J, Tian Y X, Zhou X L, Song Q G, Chen Y Z, Chen L S, Niu Y D. Study on the dynamic variation of nutrients in a *Camellia oleifera* low-yield forest. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(6): - .

油茶低产林养分时间动态变化研究

罗 佳^{1,2}, 周小玲^{1,2,*}, 田育新^{1,2}, 宋庆安^{1,2}, 陈永忠¹, 陈隆升¹, 牛艳东^{1,2}

1 湖南省林业科学院,长沙 40004

2 湖南慈利森林生态系统国家定位观测研究站,慈利 427200

摘要:本研究以常宁油茶低产林为研究对象,分析了油茶低产林树体各器官及土壤养分时间动态变化。结果表明:油茶低产林树体在不同生长期需求的大量元素均为全 N、Ca 和全 K 最多,而需求的 Mg 和全 P 最少;需求的微量元素均为 Mn 和 Fe 最多, Cu 和 Cd 最少;春梢期供应的土壤养分元素是速效 N 和 Mg,夏梢期主要供应的土壤元素是速效 K、全 N、全 P、Fe 和有机质,果实成熟期主要供应的土壤养分元素是全 K,开花期主要供应的土壤元素是速效 P 和 Ca;不同时间油茶低产林养分需求为春梢期(28.36%)>夏梢期(26.17%)>果实成熟期(22.75%)>开花期(22.73%);土壤养分供应为夏梢期(2999.83±87.04mg/kg)>果实成熟期(2703.93±292.26mg/kg)>开花期(2554.60±508.84mg/kg)>春梢期(2385.88±199.62mg/kg);油茶低产林在不同生长期需要的养分和土壤供应的养分并不一一对应。研究结果可为油茶低产林的施肥时间配置和养分时间变化提供科学依据,在春梢期多施肥。

关键词:常宁;油茶低产林;养分变化;时间动态

Study on the dynamic variation of nutrients in a *Camellia oleifera* low-yield forest

LUO Jia^{1,2}, TIAN Yuxin^{1,2}, ZHOU Xiaoling^{1,2,*}, SONG Qingan^{1,2}, CHEN Yongzhong¹, CHEN Longsheng¹, Niu Yandong^{1,2}

1 Hunan Forestry Academy, Changsha 410004, China

2 Hunan Cili Forest Ecosystem State Research Station, Cili 427200, China

Abstract: We analysed the temporal dynamic variation of nutrients in various organs and the soil in a *Camellia oleifera* low-yield forest in Changning. The results showed that the total N, Ca, and K had the highest demand during the different growth stages of *C. oleifera*, while Mg and P had the least. The trace elements that were in demand were Mn, Fe, Cu, and Cd. Available N and Mg were the soil nutrients supplied during the spring growth stage, and available K, total N, total P, Fe, and organic matter were the main soil elements supplied during the summer growth stage. The main soil nutrient element supplied during fructescence was total K, while the main soil elements supplied during florescence were available P and Ca. The nutrient demand of *C. oleifera* at different times differed: spring growth stage (28.36%) > summer growth stage (26.17%) > fructescence (22.75%) > florescence (22.73%). The soil nutrient supply was as follows: spring growth stage (2999.83 ± 87.04 mg/kg) > summer growth stage (2703.93 ± 292.26 mg/kg) > fructescence (2554.60 ± 508.84 mg/kg) > florescence (2385.88 ± 199.62 mg/kg). The nutrient demand did not correspond with the soil nutrient supply at the different growth stages. The results provide a scientific basis for allocating the time for fertilisation and variations in the nutrient demand and supply for *C. oleifera* low-yield forest and indicated that fertilisation should be increased in the spring

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0505500,2017YFC0505506);国家油茶工程技术研究中心开放基金项目(2015CY01);湖南省重点研发计划(2017NK2223);湖南省林业科技计划项目(XLKPT201710)

收稿日期:2018-09-19; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 846841108@qq.com

growth stage.

Key Words: Changning; Low-yield of *Camellia oleifera* forest; nutrient change; time dynamics

林分的养分分配和养分循环是森林生态学研究的一个重要内容,是森林生态系统的主要功能之一^[1],养分循环利用使森林生态系统中的各种生物能够得以生存和发展^[2]。研究森林生态系统的养分分布和循环,对揭示林分的养分循环规律和机制具有重要意义^[3],有利于提高森林质量,增加林分肥力,实现森林的可持续经营^[4]。植物在不同生长期养分变化不同,受海拔、坡度和立地条件以及土地利用方式等因素的影响:不同坡位表现为下坡位>中坡位>上坡位^[5],随海拔升高而增大^[6],有机质含量为撂荒地>果园>水田>旱地>灌草丛>人工林^[7]。油茶作为我国特有油料作物,已在南方地区广泛种植,如今面积已超过 300 万 hm^2 ,年产量已超过 100 万 t,但由于油茶林养分供给不足和不科学的施肥,形成了油茶产业经济效益差和单产过低问题^[8]。而当前对油茶养分特征的研究主要集中在林木养分分配规律和油茶养分分配规律^[9-10],关于油茶土壤养分和树体养分进行时间动态的综合研究较少^[11-12],对油茶不同生长期养分需求类型和土壤供应状况的研究更少。为此,本研究以长沙南郊油茶低产林为研究对象,应用常规方法测定油茶林不同生长期树体各器官及土壤养分含量,对油茶林树体各器官与土壤养分时间动态特征进行分析,确定油茶不同生长期养分需求类型是否不同,土壤供应状况如何变化,为油茶低产林的施肥时间配置和养分时间变化提供科学依据。

1 研究地概况

研究地位于湖南省常宁市荫田镇三湾村实验基地,该区为典型的丘陵山地,地理坐标为 $\text{E}112^{\circ}33'58.43''$, $\text{N}26^{\circ}21'45.89''$,海拔较低,仅为 82 m。该区气候类型为亚热带季风性湿润气候,年均温 18.1°C ,年均降水量 1436 mm。该基地于 50 年代实生苗造林,现有油茶林 1000 余亩,品种主要为当地品种;油茶林初植密度为 1 600 株/ hm^2 ,平均树高 3.5 m,平均冠幅为 $3.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}$ 。土壤母质为第四纪红壤土壤贫瘠,土壤为红壤。

2 研究方法

2.1 试验设计

依据林地的立地条件(坡度、海拔、土层厚度、土壤类型和坡向基本一致)和林分生长状况(郁闭度、密度、林龄、树高和胸径基本一致)相近的原则,选择具有典型代表性的 3 个样地,样地面积为 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$,样地四角处竖 PVC 管标志。在果实成熟期通过对果实、树型的观测,每个样地选择果实性状、树型一致的植株 5 株作为定点观测标准样株。

2.2 样品采集

植物样品采集:分别于油茶生长不同生长期(春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期)对每个样地内的 5 株标准样株进行采样,标准样木依据树龄、树高胸径和长势基本一致的原则。采集叶片为树冠层中部东西南北方向生长状况相对一致的 1 年生枝条从基部往上第 3—5 片成熟叶;在采集叶片的同时采集该 1 年生枝条;采集果实为分枝层中部东西南北方向成长情况基本相同的树冠外围果实。采集根时在每株标准株基部挖取南北方向、深 40cm 剖面,收集直径 $<2\text{ mm}$ 的细根,并根据细根的颜色、弹性、外形挑出活细根,装入纸袋;为了减少取样对树体影响,采集树干时在样株上部(距离顶端 10—15cm)钻取直径 0.5cm 的孔取样。为消除个体差异,每个样地的采集叶、花、果、枝、干、根分别混匀后分为 3 个重复,每个重复鲜重约为 300 g,带回实验室于 65°C 烘箱中烘至恒重,样品粉碎后过 25 mm 筛后测定养分元素含量^[13]。

土壤样品采集:在每个标准样地样木半径 1m 处,采集 0—20cm, 20—40cm, 40—60cm 土壤,每个样地 5 个点的土样充分混合均匀后,带回实验室自然风干,去除石块、根系等,研磨过 2 mm 的土筛用于土壤养分的测定^[14]。

2.3 样品测定分析

依据不同养分元素含量大小和对植物生长左右以及一些参考文献,本研究测试了 11 种养分元素含量(5 种大量元素,6 种微量元素)。植物样品用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮后,全 N 采用凯氏定氮法,全 P 采用钼锑抗比色法,全 K 采用原子吸收法测定;Cu、Ca、Mg、Fe 等全量元素和 Zn、Mn、Cd、Pb 等微量元素均采用 HP3510 原子吸收分光光度计测定。土壤样品采用重铬酸钾氧化-外加热法测定土壤有机质,土壤全 N 测定采用半微量凯式法,土壤全 P 测定采用碱熔-钼锑抗比色法,土壤全 K 的测定采用碱熔-火焰光度计法,土壤水解氮测定采用碱解扩散法,土壤有效磷测定采用双酸浸提法,土壤速效钾的测定采用乙酸铵浸提-火焰光度计法,土壤 Ca、Mg 及其他微量元素采用原子吸收分光光度法测定^[15]。

3 结果

3.1 油茶低产林养分变化

油茶低产林各器官不同时期大量元素和微量元素含量变化如表 1 所示,油茶低产林在春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期大量元素均值排序均为全 N>Ca>全 K>Mg>全 P,春梢期、夏梢期和开花期微量元素排序均为 Mn>Fe>Pb>Zn>Cu>Cd,果实成熟期为 Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Cd;从不同生长季节树体器官养分含量来看春梢期表现为叶>枝>干>根,夏梢期为叶>根>枝>干>果,果实成熟期为枝>叶>花>根>果>干,开花期为叶>花>枝>根>干。可见,油茶低产林在不同生长时间不同树体器官来看均为花、果、叶、枝和干需求大量元素最多的均是全 N,最少的是全 P;需求微量元素最多的均是 Mn,最少的均是 Cd;不同树体器官需求养分部位主要集中在叶。可见,N、Ca、Mg、Cu、Cd 在春梢期变化最大,K、Fe、Pb 在夏梢期的变化最大,P 在果实成熟期变化最大,Mn 在开花期变化最大。

油茶低产林不同树体器官在不同生长季节变化不同,存在明显的时间动态:开花期主要需求养分的器官是花和叶,春梢期主要需求养分的器官是枝和干,夏梢期主要需求养分的器官是根,果实成熟期主要需求养分的器官是果。花养分变化表现为开花期(2247.28mg/kg)>果实成熟期(2134.63 mg/kg),枝养分变化表现为春梢期(2976.91 mg/kg)>夏梢期(2632.32mg/kg)>果实成熟期(2495.60mg/kg)>开花期(1927.58mg/kg),叶养分变化表现为开花期(3146.12mg/kg)>春梢期(3008.82mg/kg)>夏梢期(2964.71mg/kg)>果实成熟期(2243.54mg/kg),根养分变化表现为夏梢期(2752.64mg/kg)>春梢期(2073.56mg/kg)>果实成熟期(2010.02mg/kg)>开花期(1587.28mg/kg),干养分变化表现为春梢期(2350.94mg/kg)>夏梢期(1839.26mg/kg)>果实成熟期(1667.17mg/kg)>开花期(1520.54mg/kg)。

3.2 油茶低产林不同器官养分时间动态

图 1 为油茶低产林不同生长时期各器官养分元素的变化特征,花主要在果实成熟期和开花期需求,果实成熟期花主要需求的养分元素是全 P(75%)和 Ca(68%),开花期花主要需求的养分元素是全 N(53%)、Pb(78%)、Fe(76%)、Cu 和 Mg。果需求养分主要在果实成熟期,各养分元素的需求量达到了 100%。春梢期叶主要需求的养分元素是 Fe(50%)、全 K(40%)、Cd 和 Pb,夏梢期叶主要需求的是 Mg(40%)和 Cu(41%),果实成熟期叶主要需求的是全 N 和全 P,开花期叶主要需求的是 Mn(30%)和 Ca(40%)。春梢期枝主要需求全 K 和 Mg,夏梢期枝主要需求的是 Cu、Fe 和 Pb,果实成熟期枝主要需求的是全 P,开花期枝主要需求的枝养分元素是 Mn。春梢期干主要需求 Fe、Mg、Cu、全 N、全 P 和全 K,夏梢期干主要需求的是 Pb,果实成熟期干主要需求的是 Ca,开花期干主要需求的枝养分元素是 Mn。春梢期根主要需求全 Fe 和 Mg,夏梢期根主要需求的是 Cd 和 Zn,果实成熟期根主要需求的是全 P、全 K 和 Ca,开花期根主要需求的枝养分元素是 Mn 和 Pb。不同时间油茶低产林养分元素含量变化表现为春梢期(28.36%)>夏梢期(26.17%)>果实成熟期(22.75%)>开花期(22.73%),即春梢期油茶低产林所需养分较多,果实成熟期和开花期需要的养分较少,故因在春梢期增加施肥。

3.3 油茶低产林土壤养分变化

油茶低产林不同时期不同土层速效养分、大量元素和微量元素含量变化如表 2 所示,土壤速效养分含量

表 1 油茶低产林各器官不同时期养分含量 (mg/kg)
Table 1 Nutrient contents of various organs in low-yield *Camellia oleifera* forest at different stages

时间 Time	器官 Organ	大量元素 Major elements							微量元素 Microelement							均值 Mean value
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb				
春梢期 Spring growth	叶 Leaf	18480.00	394.99	4647.70	7031.16	1222.08	12.29	175.99	14.44	1100.80	1.16	16.41	3008.82			
	枝 Branch	18032.00	488.57	2455.20	8543.83	1147.22	72.23	731.61	48.60	1086.87	4.36	135.53	2976.91			
	干 Trunk	11312.00	354.05	2016.70	9026.59	1498.85	20.75	478.44	34.33	1083.93	2.13	32.51	2350.94			
夏梢期 Summer growth	根 Tree stump	12656.00	176.65	1139.70	5100.10	2283.77	14.27	471.68	63.68	882.97	5.53	14.80	2073.56			
	均值 Mean value	15120.00	353.57	2564.83	7425.42	1537.98	29.88	464.43	40.26	1038.64	3.29	49.81	2602.56			
	果 Fruit	9632.00	385.60	4949.10	3067.88	549.76	14.53	462.29	22.11	896.29	0.89	11.56	1817.46			
果实成熟期 Fruitescence	叶 Leaf	20720.00	390.91	3634.80	5001.04	1572.92	16.65	83.19	20.99	1160.36	0.96	9.97	2964.71			
	枝 Branch	16912.00	400.88	1444.30	7213.45	724.18	74.79	757.53	52.94	1074.25	5.13	296.06	2632.32			
	干 Trunk	8176.00	305.13	1006.20	8490.41	829.82	15.92	216.04	40.24	1079.03	2.06	70.97	1839.26			
开花期 Florescence	根 Tree stump	11984.00	284.94	11169.17	2612.76	2239.63	12.67	939.94	61.77	921.55	4.73	46.83	2752.54			
	均值 Mean value	13484.80	353.49	4440.71	5277.11	1183.26	26.91	491.80	39.61	1026.30	2.76	87.08	2401.26			
	花 Flower	14700.00	864.00	1900.00	4474.00	510.00	6.11	26.00	11.48	984.77	0.53	4.00	2134.63			
开花期 Florescence	果 Fruit	14200.00	541.00	1400.00	4606.00	523.00	7.43	11.38	9.00	406.34	0.32	5.14	1973.60			
	叶 Leaf	17200.00	351.00	1600.00	3735.00	437.00	3.71	32.38	9.49	1303.01	0.48	6.85	2243.54			
	枝 Branch	14900.00	521.00	1100.00	8512.00	573.00	14.74	420.44	32.24	1341.29	3.27	33.63	2495.60			
开花期 Florescence	干 Trunk	7500.00	197.00	1100.00	7241.00	781.00	6.82	107.53	19.50	1370.24	0.37	15.38	1667.17			
	根 Tree stump	11200.00	632.00	1600.00	7395.00	580.00	10.54	209.83	35.69	425.53	1.72	19.94	2010.02			
	均值 Mean value	13283.33	517.67	1450.00	5993.83	567.33	8.22	134.59	19.57	971.86	1.11	14.16	2087.43			
开花期 Florescence	花 Flower	17920.00	358.65	2000.00	2509.00	716.00	11.73	81.00	14.74	1095.24	0.63	13.10	2247.28			
	叶 Leaf	20048.00	127.58	1400.00	10475.00	691.00	7.67	43.70	15.33	1785.12	0.79	13.12	3146.12			
	枝 Branch	11984.00	91.59	1300.00	5226.00	741.00	13.78	249.16	30.17	1461.82	2.75	103.09	1927.58			
开花期 Florescence	干 Trunk	8176.00	97.28	1300.00	5021.00	719.00	6.35	56.49	23.29	1297.64	0.94	27.93	1520.54			
	根 Tree stump	9744.00	17.73	1400.00	3074.00	1608.00	11.37	325.68	38.52	1210.33	1.41	29.04	1587.28			
	均值 Mean value	13574.40	138.57	1480.00	5261.00	895.00	10.18	151.21	24.41	1370.03	1.30	37.26	2085.76			

经方差分析,在 0.05 水平下,所有行数据之间无显著性,所有列数据之间差异显著 ($P < 0.05$)

表现为春梢期>夏梢期>果实成熟期>开花期;土壤大量元素含量表现为夏梢期>果实成熟期>春梢期>开花期,土壤微量元素含量表现为夏梢期>春梢期>果实成熟期>开花期,土壤有机质含量表现为夏梢期>果实成熟期>开花期>春梢期。油茶低产林在春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期土壤速效养分含量均为速效 N>速效 K>速效 P,土壤微量元素排序均为 Fe>Cu;春梢期、夏梢期和果实成熟期土壤大量元素均值排序均为全 K>全 N>全 P>Ca>Mg,开花期土壤大量元素排序为全 K>Ca>全 N>全 P>Mg。油茶低产林不同生长时期不同土层供应速效养分最多的均是速效 N,最少的是速效 P,供应大量元素最多的均是全 K,最少的均是 Mg,供应微量元素最多的均是 Fe,最少的均是 Cu。可见,速效 N、速效 P、Mg 和 Cu 在春梢期变化最大,速效 K 全 N、全 P、Pb 在夏梢期的变化最大,速效 P、全 K、Ca 和 Cu 在果实成熟期变化最大,速效 N 和全 N 在开花期变化最大,Fe 在各个时期变化均较小,有机质在夏梢期变化最大,其他时期变化最小。

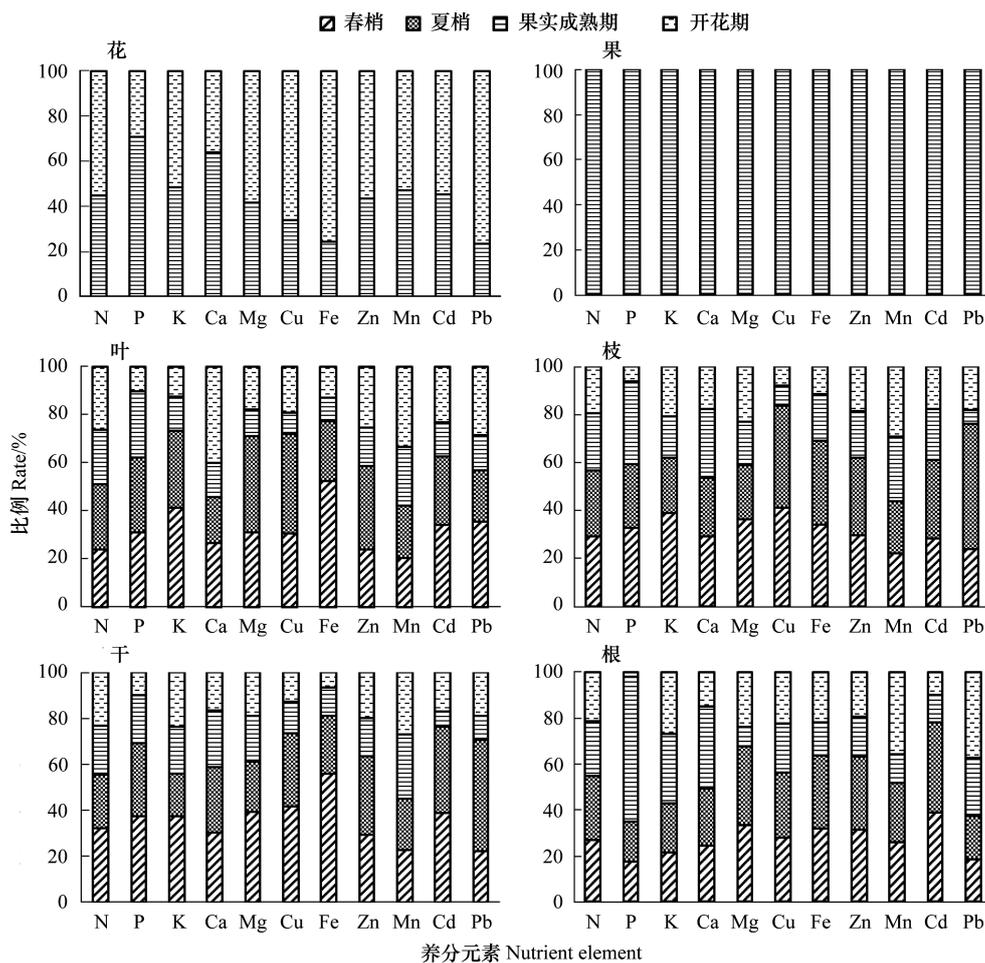


图1 油茶低产林各器官不同生长时期养分动态

Fig.1 Nutrient dynamics of various organs in low-yield *Camellia oleifera* forest at different growth stages

3.4 油茶低产林土壤养分时间动态变化

油茶低产林不同时期土壤养分动态如图2所示,不同生长时期分配的土壤养分元素不同,春梢期最主要的土壤养分元素是速效 N 和 Mg,夏梢期主要供应的土壤元素是速效 K、全 N、全 P、Fe 和有机质,果实成熟期主要供应的土壤养分元素是全 K,开花期主要供应的土壤元素是速效 P 和 Ca。在不同生长时期土壤养分含量均随着土层厚度的加深而逐渐减小,春梢期土壤养分含量由 0—20cm 的 2664.55 ± 1225.33 mg/kg 减小到 40—60cm 的 2207.45 ± 1001.55 mg/kg,夏梢期土壤养分含量由 0—20cm 的 3109.33 ± 2445.63 mg/kg 减小到 40—60cm 的 2896.39 ± 2012.35 mg/kg;果实成熟期和开花期均为类似情况,油茶低产林不同生长时期土壤养

表 2 油茶低产林生长时期各土层土壤养分变化
 Table 2 Variation of soil nutrients in different soil layers during the growth period of *Camellia oleifera* low-yield forest

时间 Time	土层层次 Soil layer/cm	速效养分 Available nutrients/(mg/kg)			大量元素 Major elements/(mg/kg)				微量元素 Microelement/(mg/kg)			均值 Mean value	
		速效 N	速效 P	速效 K	全 N	全 P	全 K	Ca	Mg	Cu	Fe		有机质 Organic matter/(mg/kg)
春梢期 Spring growth	0—20	166.15	1.79	42.24	1798.53	905.65	3374.74	1203.25	411.70	24.88	4699.75	16681.38	2664.55
	20—40	128.53	0.89	38.23	1371.01	871.80	2838.01	662.55	410.79	27.70	4757.67	14034.68	2285.62
	40—60	92.53	0.89	30.17	1148.10	779.87	9562.27	340.70	310.98	31.64	3792.42	8192.38	2207.45
	均值 Mean value	129.07	1.19	36.88	1439.21	852.44	5258.34	735.50	377.83	28.08	4416.61	12969.48	2385.88
夏梢期 Summer growth	0—20	132.36	0.82	37.86	1663.03	850.68	4192.46	199.09	310.07	22.06	4684.31	22109.89	3109.33
	20—40	104.57	0.43	46.31	1645.71	931.87	4196.74	1628.08	327.31	26.57	4769.25	19254.75	2993.78
	40—60	114.85	0.53	62.42	1714.11	959.67	7838.01	31.73	333.66	27.70	4253.22	16524.36	2896.39
	均值 Mean value	117.26	0.60	48.86	1674.29	914.07	5409.07	619.64	323.68	25.45	4568.93	19296.33	2999.83
果实成熟期 Fructescence	0—20	85.68	0.25	44.20	1290.00	750.00	2370.00	620.00	155.00	17.71	4133.53	22982.00	2949.85
	20—40	59.99	0.03	52.50	750.00	920.00	7840.00	544.00	156.00	25.37	4655.41	16552.00	2868.66
	40—60	37.33	0.18	31.50	810.00	940.00	9560.00	189.00	145.00	3.80	3950.27	9559.00	2293.28
	均值 Mean value	61.00	0.15	42.73	950.00	870.00	6590.00	451.00	152.00	15.63	4246.40	16364.33	2703.93
开花期 Florescence	0—20	90.77	0.57	56.50	1180.00	710.00	4190.00	2108.00	195.00	21.54	4583.70	22738.00	3261.28
	20—40	61.71	1.14	36.60	750.00	850.00	4200.00	4215.00	151.00	29.69	3946.29	11266.00	2318.86
	40—60	24.00	1.91	26.60	700.00	1050.00	7840.00	2220.00	142.00	28.73	3990.11	6897.00	2083.67
	均值 Mean value	58.83	1.21	39.90	876.67	870.00	5410.00	2847.67	162.67	26.65	4173.37	13633.67	2554.60

经方差分析,在 0.05 水平下,所有行数据之间无显著性,所有列数据之间差异显著($P < 0.05$)

分含量表现为 0—20cm (2996.25 ± 220.91 mg/kg) > 20—40cm (2616.73 ± 317.80 mg/kg) > 40—60cm (2370.20 ± 312.80 mg/kg)。

油茶低产林土壤养分在不同生长时段不同土层厚度均有差异,在 0—20cm 土层厚度土壤养分含量表现为开花期>夏梢期>果实成熟期>春梢期,20—40cm 土层厚度土壤养分含量表现为夏梢期>果实成熟期>开花期>春梢期,40—60cm 土层厚度土壤养分含量表现为夏梢期>果实成熟期>春梢期>开花期。所有土壤养分元素含量均值变化为夏梢期 (2999.83 ± 87.04 mg/kg) > 果实成熟期 (2703.93 ± 292.26 mg/kg) > 开花期 (2554.60 ± 508.84 mg/kg) > 春梢期 (2385.88 ± 199.62 mg/kg)。可见,油茶低产林土壤养分含量在夏梢期最大,在春梢期最小。

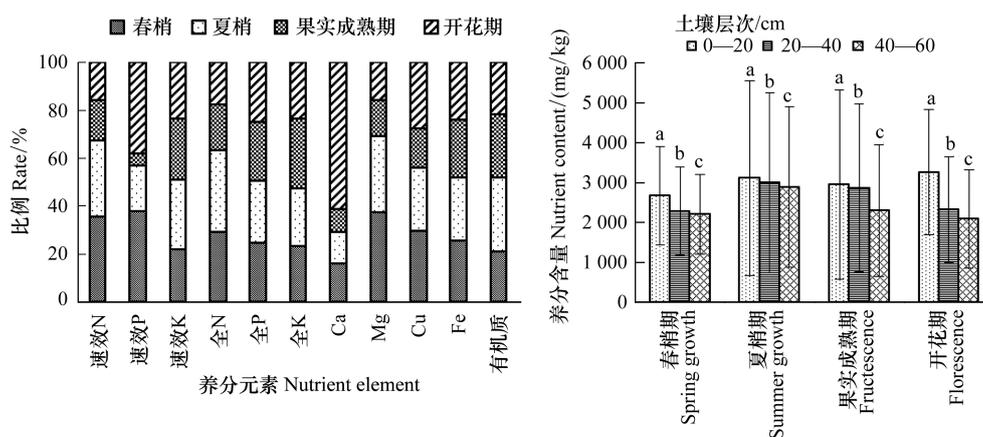


图 2 油茶低产林不同生长时期各土层养分动态

Fig.2 Nutrient dynamics in different soil layers of *Camellia oleifera* low-yield forest at different growth stages

4 讨论

4.1 油茶低产林养分动态变化特征

油茶低产林在不同生长时间不同树体器官均为花、果、叶、枝和干需求大量元素最多的均是全 N,最少的是全 P;需求微量元素最多的均是 Mn 和 Fe,最少的均是 Cu 和 Cd,其原因是是由长期施肥引起的结果,油茶作为油料作物,为了提高其产量,增施有机肥的情况较多;而全 P 含量的较少是由土壤母质造成的;Vanlear^[16]对成熟火炬松人工林养分含量的研究表明,地上部分 N、Ca、K 和 P 的需求量分别为 164.7、154.2、78.0 和 14kg/hm²,可见本研究结果与其结果一致;另外也与各大量元素的循环速率有关,全 N 和 Ca 的循环速率高于全 P^[17]。Mn、Fe、Cu 和 Cd 作为微量元素,但 Mn 和 Fe 在地壳中的含量高于 Cu 和 Cd,Cu 和 Cd 在地壳中含量较低,仅有 0.01%和千万分之一的含量,所以在养分含量有限的情形下,植物也吸收较少,故油茶低产林在不同生长阶段需求 Mn 和 Fe 最多,Cu 和 Cd 最少。从不同生长季节树体器官养分含量来看春梢期表现为叶>枝>干>根,夏梢期为叶>根>枝>干>果,果实成熟期为枝>叶>花>根>果>干,开花期为叶>花>枝>根>干。可见,油茶低产林不同生长时期春梢期、夏梢期和开花期均以为叶需求养分最多,果实成熟期以枝和叶需求养分最多。其原因在于叶是树体所有器官中生物量较高的部分,而较高的生物量其需求的养分也较多;另外,叶是植物进行光合作用的场所,通过气体交换吸收大量的营养物质^[18],故在器官叶部位分配得到的养分最多,曹建华^[19]对不同年龄橡树器官养分含量进行研究,发现不同器官养分含量顺序为:树叶>树皮>树枝>树根>胶乳>树干,本研究与其结果一致,更说明了结果的正确性。本研究结果显示不同时间油茶低产林养分元素需求为春梢期 (28.36%) > 夏梢期 (26.17%) > 果实成熟期 (22.75%) > 开花期 (22.73%),即春梢期油茶低产林所需养分较多,果实成熟期和开花期需要的养分较少。这也与树体不同器官养分需求存在明显的时间动态变化有关系,开花期主要需求养分的器官是花和叶,春梢期主要需求养分的器官是叶、枝和干,夏梢期主要需求养分的

器官的是根,果实成熟期主要需求养分的器官是果。相关研究和本文结果均得出叶和枝器官分配得到的养分元素最多,而春梢期以叶和枝为主要需求养分元素,故春梢期的养分含量最多;第二与植物生长发育和油茶低产林生长特征有关系,油茶的春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期分别在每年的 2—5 月、5—7 月、10 月和 11 月^[20],春梢期和夏梢期生长时间较长,植物需要的养分元素也较多,为了果实成熟获得丰收,加速养分需求;而果实成熟期以果为主要养分需求器官,油茶的生长已基本停止,需要的养分减少;开花期正处于另一个生长的开始,油茶此时才开始逐渐需求新的养分,所以此时的养分含量最低;但此时的养分含量与果实成熟期差异较小,也是因为刚刚开始新的生长。

4.2 油茶低产林土壤养分动态变化特征

油茶低产林不同生长季节不同土层供应速效养分最多的均是速效 N,最少的是速效 P,供应大量元素最多的均是全 K,最少的均是 Mg,供应微量元素最多的均是 Fe,最少的均是 Cu。土壤速效养分中速效 N 含量较高主要与施肥有关系,速效 P 最少主要是因为研究区为丘陵山地,其成土母质决定了 P 含量的多少;大量元素中全 K 含量最多,这主要与该区域的成土母质有关,土壤中钾主要形成矿物的结合形态,土壤中的钾素供应水平主要取决于土壤中含钾矿物的多少,因此可见该区域钾素含量并不贫瘠;Mg 在大量元素中相对含量较少,植物对于原因的吸收也是有选择的,土壤中 Mg 的富集相对全量元素(氮磷钾)较弱。微量元素最多的均是 Fe,最少的均是 Cu,主要原因是 Fe 是植物生长和吸收不可或缺的元素,而且其来源也较多,地壳中的含量也是高于 Cu 的;Cu 的在地壳中的含量较低,所以 Cu 的源物质较少,故土壤中的 Cu 含量也极低。土壤中养分含量的多少主要有土壤凋落物的分解和施肥量的多少而决定^[21],本研究结果显示在不同生长时期土壤养分含量均随着土层厚度的加深而逐渐减小,油茶低产林不同生长时期土壤养分含量表现为 0—20cm(2996.25±220.91 mg/kg)>20—40cm(2616.73±317.80 mg/kg)>40—60cm(2370.20±312.80 mg/kg),说明表层土壤的养分远高于中层和底层土壤养分含量,其原因在于大量的施肥多位于土壤表层,枯枝落叶层也主要集中在地表,枯枝落叶在长时间的分解下,其营养物质也多集中在土壤表层,在降雨等外力的淋溶作用下由土壤表层向底层溶解^[22],经过土壤多层的向下溶解,底层土壤获得的养分含量逐渐减小。油茶低产林所有土壤养分元素含量均值变化为夏梢期>果实成熟期>开花期>春梢期。说明油茶低产林土壤养分供应在夏梢期最大,在春梢期最小,这是因为夏梢期正是油茶迅速生长的高峰期,雨热同期,为了给油茶果实提供足够的养分,吸收的较多;另外,夏梢期也是林下枯落物和施肥较多的季节,上一年大量枯落物分解和施肥影响下,使土壤积累了较多的养分。春梢期是油茶生长的第一个阶段,也没有开始施肥,凋落物的分解量也较少,故土壤中富集的养分较少。

4.3 油茶低产林不同生长期养分需求和土壤供应状况

油茶低产林树体在春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期各器官需求的大量元素均为全 N、Ca 和全 K 最多,而需求的 Mg 和全 P 最少;需求的微量元素均为 Mn 和 Fe 最多,Cu 和 Cd 最少。不同生长时期土壤供应的养分元素表现为春梢期是速效 N 和 Mg,夏梢期是速效 K、全 N、全 P、Fe 和有机质,果实成熟期是全 K,开花期是速效 P 和 Ca。油茶低产林在不同生长期养分需求表现为春梢期(28.36%)>夏梢期(26.17%)>果实成熟期(22.75%)>开花期(22.73%),而土壤供应表现为夏梢期(2999.83±87.04mg/kg)>果实成熟期(2703.93±292.26mg/kg)>开花期(2554.60±508.84mg/kg)>春梢期(2385.88±199.62mg/kg)。这说明油茶低产林在不同生长期需要的养分和土壤供应的养分并不一一对应,这主要与油茶不同时间的生长状况对养分的需要和土壤养分在不同季节含量大小所引起的;春梢期油茶生长的第一个高峰,迫切需要大量的全 N、Ca 和全 K,而土壤供应的速效 N 较多,主要为为了供给生长;夏梢期是油茶生长的第二个高峰也是果实产量高低的重要阶段,所需养分较多;果实成熟期和开花期处于生长的低峰期,需要的养分含量较少。油茶低产林在春梢期需要大量的养分,但土壤在春梢期供应的养分却较低,说明需要在油茶生长的春梢期大量是氮肥以促进油茶生长对养分的需要。

5 结论

春梢期油茶所需养分较多,果实成熟期和开花期需要的养分较少;油茶低产林树体在春梢期、夏梢期、果实成熟期和开花期各器官需求的大量元素均为全 N、Ca 和全 K 最多,而需求的 Mg 和全 P 最少;需求的微量元素均为 Mn 和 Fe 最多,Cu 和 Cd 最少;油茶低产林不同生长季节不同土层供应速效养分最多的均是速效 N,最少的是速效 P,供应大量元素最多的均是全 K,最少的均是 Mg,供应微量元素最多的均是 Fe,最少的均是 Cu;油茶低产林在不同生长期养分需求表现为春梢期>夏梢期>果实成熟期>开花期,土壤养分供应表现为夏梢期>果实成熟期>开花期>春梢期;油茶低产林树体养分元素 N、Ca、Mg、Cu、Cd 在春梢期变化最大,K、Fe、Pb 在夏梢期的变化最大,P 在果实成熟期变化最大,Mn 在开花期变化最大;土壤供应养分元素速效 N、速效 P、Mg 和 Cu 在春梢期变化最大,速效 K 全 N、全 P、Pb 在夏梢期的变化最大,速效 P、全 K、Ca 和 Cu 在果实成熟期变化最大,速效 N 和全 N 在开花期变化最大,Fe 在各个时期变化均较小,有机质在夏梢期变化最大,其他时期变化最小。油茶低产林在不同生长期需要的养分和土壤供应的养分并不一一对应。研究结果可为油茶低产林的施肥时间配置和养分时间变化提供科学依据,应在春梢期多施肥。

参考文献 (References):

- [1] Berger T W, Inselsbacher E, Mutsch F, Pfeiffer M. Nutrient cycling and soil leaching in eighteen pure and mixed stands of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 2009, 258(10): 2578-2592.
- [2] 纪文婧. 山西太岳山不同林龄华北落叶松人工林养分特征研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [3] 闰涛, 朱教君, 杨凯, 于立忠. 辽东山区落叶松人工林地上生物量和养分元素分配格局. *应用生态学报*, 2014, 25(10): 2772-2778.
- [4] 蒋婧, 宋明华. 植物与土壤微生物在调控生态系统养分循环中的作用. *植物生态学报*, 2010, 34(8): 979-988.
- [5] 周丽丽. 不同发育阶段杉木人工林养分内循环与周转利用效率的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [6] 程瑞梅, 肖文发, 王晓荣, 封晓辉, 王瑞丽. 三峡库区植被不同演替阶段的土壤养分特征. *林业科学*, 2010, 46(9): 1-6.
- [7] 林明珠, 谢世友, 林玉石. 喀斯特山地不同土地利用方式土壤养分特征研究. *中国水土保持*, 2009, (9): 8-10.
- [8] 罗佳, 陈永忠, 周小玲, 欧阳硕龙, 田育新, 陈隆升, 阳绪雄, 黄写怡. 油茶林果实成熟期养分分配特征. *经济林研究*, 2017, 35(3): 102-108.
- [9] 唐健, 李娜, 欧阳洁英, 曹继钊, 覃其云. 油茶苗期生物量积累及营养分配规律研究. *南方农业学报*, 2011, 42(8): 964-967.
- [10] 曹永庆, 任华东, 林萍, 王开良, 姚小华, 龙伟, 汪开兴. 油茶树体对氮磷钾元素年吸收和积累规律的研究. *林业科学研究*, 2012, 25(4): 442-448.
- [11] 施晓云. 不同品种油茶林氮磷钾养分分配规律的研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
- [12] 刘伟, 陈世品, 陈辉, 刘玉宝, 杨志坚, 李文俊, 马良. 土壤养分与油茶产量与种仁含油率的相关性研究. *中南林业科技大学学报*, 2015, 35(3): 59-63.
- [13] Vitousek P M, Porder S, Houlton B Z, Chadwick O A. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions. *Ecological Applications*, 2010, 20(1): 5-15.
- [14] 向泽宇, 张莉, 张全发, 刘伟, 王根绪, 王长庭, 胡雷. 青海不同林分类型土壤养分与微生物功能多样性. *林业科学*, 2014, 50(4): 22-31.
- [15] 张海鑫, 曾全超, 安韶山, 王宝荣, 白雪娟. 子午岭典型植被凋落叶-土壤养分与酶活性特征. *生态学报*, 2018, 38(7): 2262-2270.
- [16] 谢柯香. 闽楠人工林养分季节动态变化研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- [17] 田大伦, 项文化, 康文星. 湖南第2代杉木幼林的水文学过程及养分动态研究. *林业科学*, 2001, 37(3): 64-71.
- [18] 王宏星. 不同发育阶段日本落叶松人工林养分特征的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012.
- [19] 曹建华, 陶忠良, 蒋菊生, 谢贵水, 赵春梅. 不同年龄橡胶树各器官养分含量比较研究. *热带作物学报*, 2010, 31(8): 1317-1323.
- [20] 庄瑞林. 中国油茶(第二版). 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [21] 王建林, 王忠红, 张宪洲, 欧阳华, 常天军, 李鹏, 沈振西, 钟志明. 不同植被对高寒草原生态系统土壤有机碳组成和水稳性团聚体含量的影响. *草地学报*, 2010, 18(6): 749-757.
- [22] 常超, 谢宗强, 熊高明, 赵常明, 申国珍, 赖江山, 徐新武. 三峡库区不同植被类型土壤养分特征. *生态学报*, 2009, 29(11): 5978-5985.