

我国亚热带东部丘陵山区 油桐物候特征分析*

陈正洪

(湖北省气象科学研究所, 武汉)

关键词 油桐 物候 纬度 高度 递变率

油桐 (*Vernicia fordii*) 是我国亚热带丘陵山区代表经济树种之一, 其主要产品桐油用途十分广泛。油桐原产我国亚热带, 目前鄂湘贵川四省毗邻的武陵山系油桐总产量超过全国总产量的一半, 所以对其物候特征及生态适应性分析具有重要意义。

我国亚热带东部丘陵山区课题组于1983—1985年在111°E 经线上不同纬度处, 对四个山系不同坡向上栽培的三年桐和千年桐进行物候剖面观测。千年桐测点是: 南岭南坡480m处、雪峰山西坡300m和1000m处; 三年桐测点是: 雪峰山西坡500m和800m处、神农架北坡200m和500m处、大别山北坡340m和800m处。由于三年桐和千年桐物候特征、可种植区域和高度分布均有较大差异, 故应予区别开, 并作对比分析。笔者曾于1987年底深入鄂西、湘西北山区对油桐栽培现状、物候及气候生态适应性情况进行了考察, 取得了大量第一手资料。下面将对这些资料进行分析, 并得到了一些有意义的结果。

一、物 候 期

油桐树体形态特征, 在一年的生育周期内可通过以下物候期表现出来, 依次为: (1)树液流动, (2)芽膨大, (3)芽开放, (4)展叶, (5)现蕾, (6)花序形成, (7)开花, (8)抽梢, (9)花落完, (10)果止长, (11)果成熟, (12)叶变色, (13)叶落完。在以上物候顺序中, 千年桐的抽梢期在现蕾期之后, 叶变色期则先于果成熟期。这些特征年复一年, 重复出现, 它是由植物的遗传特性及在不同时期对气象条件要求不同和气象要素存在年变化等原因引起, 现以油桐中心产区雪峰山500m处物候特征为例, 来表现各发育期出现日期、持续时间和桐果增长等与主要气象因素(月平均气温、降水量、日照时数)的配合情况(图1)。

早春二月, 当旬均温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 时, 油桐树体内树液开始流动; 当旬均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 时, 花芽始膨大, 多在3月上旬至4月上旬, 通常作为年内生育周期的始期; 当旬均温 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 、 13°C 、 $13^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$ 、 $14.5^{\circ}\text{C}-15^{\circ}\text{C}$ 时, 分别对应芽开放、展叶、现蕾及花序形

* 倪国裕高工、沈国权副司长、姚介仁高工曾对本研究给予厚爱, 特此感谢。

成、开花及抽梢等，此期光温水不断增加以满足油桐早期营养生长的要求；当旬均温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 时，明显标志着花落完，从此进入幼果膨大期；到果止长时，气温开始从一年的极高值下降到 $22^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C}$ ，若降水不足，出现干旱，则果止长期提早，反之推迟，干旱与否以及果止长期随地理位置、海拔高度变化有较大差异；当旬均温降至 17°C 、光照也锐减时，标志着进入了果熟期，而叶变色和落叶是在霜降之后，即10月下旬至11月上旬的几次霜或寒风就把叶子扫光，不过有时到小雪节气尚有残叶挂在树上，通常把落叶期作为年内生育周期的末期。从芽膨大到落叶的全生育期长度各地变幅较大，从190天到310天，必然对产量构成、耕作方式产生深刻影响。

山区油桐栽培通常选在弱风向阳处，小气候条件优良，如有逆温存在则会使早春油桐物候期提早，在以后分析中应引起注意。

二、物候期的变化特征

不同纬度、不同海拔高度、不同品种油桐各物候期有明显差异。

1. 物候期随纬度的变化特征

据图2、表1可以看出，当海拔高度基本相同时，从云开大山甘埕(480m)到雪峰山大坪(300m)即从南亚热带到中亚热带，千年桐物候期及其变化具有如下特点：

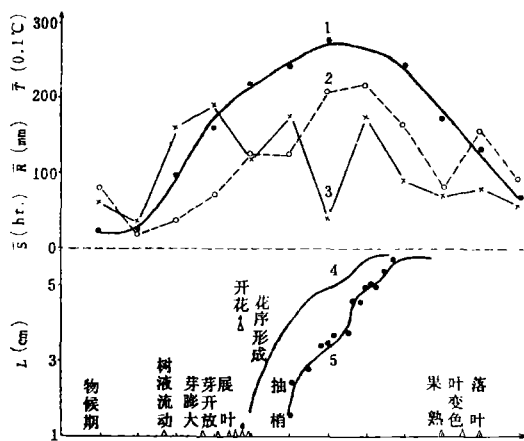


图1 三年桐物候期、果径增长与气象要素配合情况

(雪峰山西坡500m处：1. $\bar{T}$ 为月均温，2. $\bar{S}$ 为月均日照时数，3. R 为月均降水量。4. L 为果径；大别山北坡340m处：5. L 为果径)

Fig.1 Relationship between tung oil tree's phenological periods, fruits' growth and meteorological factors

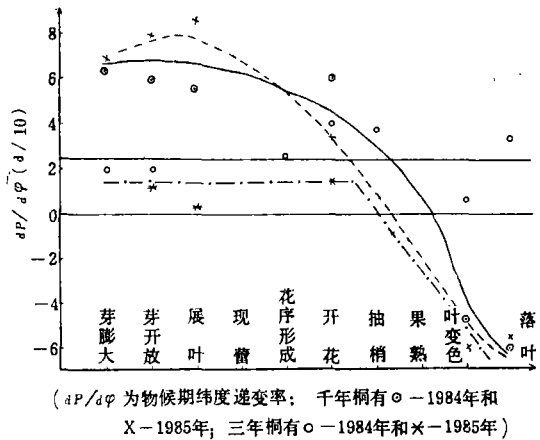


图2 油桐各物候期纬度递变特点

Fig.2 The changing features of tung oil tree's phenological periods with latitude

(1)从芽膨大到开花之间各期，物候期由南向北呈现一致性推迟。因为早春时节，南亚热带温度高，较早打破花芽的休眠，3月7日广东甘埕站千年桐芽膨大、3月18日已达展叶盛期；而纬度较北的湖南大坪站直到4月7日花(叶)芽才开始活动(芽膨大)，

表 1 两个品种油桐物候特征差异及其纬距递变率(1984年)

Table 1 The differences of phenological periods in two species of tung oil tree and their gradient rate with latitude

山系	坡向	站名	品种	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 (m)	芽膨大	芽开放	展叶	花形序成
云开大山	南	甘埗	千年桐	111°19′	22°16′	480	7/3	14/3	18/3	11/4
雪峰山	西	大坪	千年桐	110°17′	27°20′	300	4/4	12/4	14/4	17/4
雪峰山	西	岩屋界	三年桐	110°19′	27°20′	500	20/3	3/4	12/4	17/4
大别山	北	朱冲	三年桐	114°59′	31°35′	340	10/3	31/4	15/4	23/4
神农架	北	竹溪	三年桐	110°49′	32°51′	340		6/4	10/4	
物候期纬距递变率(天/1°)			千年桐				6.1	5.7	5.3	1.2
			三年桐				-2.4*	-0.7*	0.7	1.4
山系	坡向	站名	品种	开花	抽梢	果熟	叶变色	落叶	全期生育数	
云开大山	南	甘埗	千年桐	23/4	21/3	27/10	13/10	30/11	270	
雪峰山	西	大坪	千年桐	23/5	20/4		20/9	30/10	212	
雪峰山	西	岩屋界	三年桐	22/4	26/4	30/9	14/10	31/10	225	
大别山	北	朱冲	三年桐	28/4	8/5	13/9	29/9			
神农架	北	竹溪	三年桐	21/4		6/10	17/10	25/10		
物候期纬距递变率(天/1°)			千年桐		5.9	5.9		-4.5	-6.1	-11.6
			三年桐		1.4	2.8	-4.0	-3.5	-3.3	

* 由大别山北坡300—800m高度层存在坡地暖带使发育期提早所致。

4月14日才展叶，两个物候期南北均相差一个月。至于开花期，甘埗也比大坪早一个月，这一特点可为山区蜜蜂养殖工作者参考。总之，开花及以前各物候期的纬距递变情况为：每北移一纬距，发育期在1984年推迟5.3—6.1天、在1985年推迟3.4—7.5天，平均为5.5天。

从芽膨大到芽开放所需要天数(D)以及从芽膨大到展叶所需天数，均为南短北长。如前者在广东为8天、湖南20天、河南30天(三年桐)，这个长度与纬度(φ)呈较好的线性关系，因此可建立由芽膨大日期(第一次物候记录)到芽开放日期(第二次物候记录)间所需天数的预报方程。

$$D = -44.54 + 2.36\varphi$$

展叶和开花是生育前期两个十分显著的形变期，其间所需天数，各地差异较小，通常展叶后35—40天桐芽开花，故可由展叶期预报开花期。

(2)从幼果始膨大(花落完)到果熟、落叶期，属于果实生长和完熟阶段。到了秋季，日照迅速减少，温度降低，该过程随纬度北移而加快，促使纬度较高地区油桐果实成熟期提早、较早落叶。果熟期的纬距递变情况为：每北移一纬距，生育期在1984年提前4.5—6.1天，在1985年提前4.6—4.8天，平均为4.8天。

落叶通常在霜降之后完成。尽管我国冬季风较强盛，每次寒潮爆发南下均能引起急剧降温，但到了长江以南尤其是南岭以南时已是强弩之末，所以千年桐落叶期的纬距递变率较大，达-6.1天/1°。从果熟(或叶变色)到落叶期，亚热带需60天，中亚热带约需30天，北亚热带仅需30天甚至20天(三年桐)。可见，对于北缘种植区，用“秋风扫落

叶”来描述油桐落叶情况，真是恰当不过了。

(3)从芽膨大到落叶(全生育期)或开花到落叶(果实生长完熟期)所需天数，南亚热带比中亚热带长1.8—2个月，即每北移一纬距，全生育期或果实生长完熟期长度缩短天数相当，均为10天左右。湖南大坪站油桐全生育期仅212天，一年中仍有5个月的空闲，另外从芽开放到开花期约需1个月，此间叶子尚小、叶面指数低，所以林间隙地总共有半年时间光照充足，此为桐粮、桐农间(套)作提供了可能。

三年桐及开花以前各物候期在中亚热带(雪峰山)较早，并向北亚热带推迟，此点与千年桐一致；所不同的是因大别山北坡的朱冲(河南侧)1984年早春时节300—800m存在坡地暖带使芽膨大、芽开放反常地较湖南大坪早，另外三年桐果实生长到完熟期间各物候期在中亚热带仅比北亚热带提早几日，或者二地无差异，所以三年桐全生育期长度随纬度变化的差异很小，各生育期的纬距递变率也较小。开花期、开花至落叶期间所需天数的纬距递变率较大(图2)，平均为2—4天/1°，尚只千年桐同期的1/2—1/3。因此三年桐花期在30°N以北较早，与湖南大坪只差10天，这与该地春季气温回升快的显著大陆性气候特征是相适应的，但该地晚霜冻结束迟、倒春寒多发、花期易遭冷冻害。低温仍为三年桐向北大面积发展的限制因子，所以一定要选择有优越越冬(春)的小气候区植桐。

2. 物候期随高度的变化特征

由于高度上升，气温、积温均一致地下降，使油桐各物候期随高度上升而变化。根据表2和图3、4分析表明：

表2 三年桐物候期的高度变化(雪峰山西坡, 1984年)

Table 2 The changing features of tung oil tree's phenological periods with height

站 名	海拔 (m)	芽膨大	芽开放	展叶	花序 形成	开花	抽梢	果熟	叶变色	落叶	全生育 期长度
岩屋界	500	20/3	3/4	12/4	17/4	22/4	26/4	30/9	14/10	31/10	225天
铲子坪	760	3/4	10/4	15/4	18/4	1/5	7/5	18/10	23/10	2/11	213天
递变率*		5.4	2.7	1.2	0.4	2.0— 3.5	2.8— 4.2	3.0— 6.9	2.0— 3.5	0.2— 0.8	-4.6

* 物候期高度递变率(天/100m)，为1983—1985年共三年的变化范围。

三年桐各物候期，随高度上升一致地表现为推迟的特性。发育早期(芽膨大、芽开放)和果实生育期的高度递变率较大，达2—5天/100m，果熟、芽膨大期的递变率为开花期的两倍。展叶到花序形成各期、落叶期的递变率为0.2—1.2天/100m。落叶常在霜降后山上山下一起完成。总之，物候期高度递变率较小，各期平均为2天/100m。全生育期和果实生长完熟期长度均以低处长、高处短，后者在高低处仍然相差较大，每升高100m使之缩短的天数与北移一纬度的效果相当。可见油桐在山区栽培对高度选择(温度)是十分敏感的，中亚热带超过800m或北亚热带超过600m

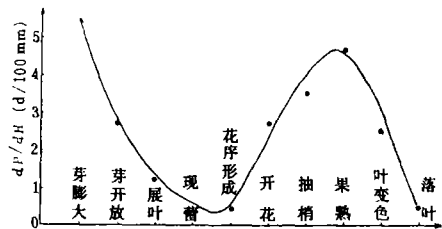


图3 三年桐各物候期高度递变特点
(雪峰山西坡1983—1985年，共三年平均的物候期高度递变率 dP/dH)

Fig. 3 The changing curve of tung oil tree's phenological periods with height

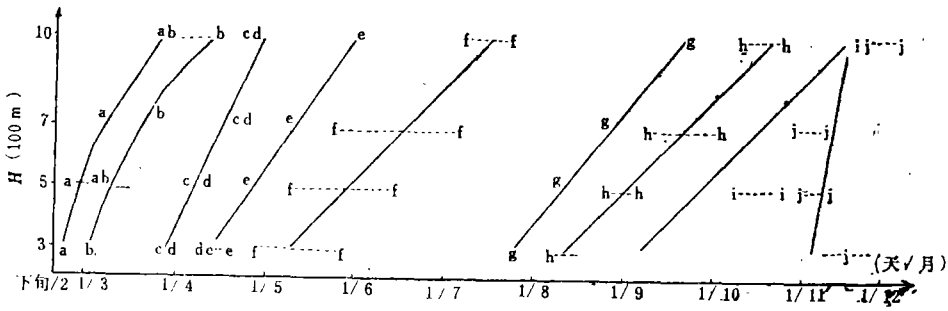


图4 三年桐平均物候期的高度变化情况

(a 芽萌动, b 展叶, c 现蕾, d 开花, e 幼果小指大, f 幼果核桃大, g 果止长, h 果着色, i 果成熟, j 叶落完, H 海拔高度。神农架南坡)

Fig. 4 The average changing features of tung oil tree's phenological periods with height

种植三年桐是较少的, 即使小气候条件极其优越的地方, 产量品质仍较差。。

千年桐开花及以前各期的物候期高低差别较小, 高度递变率仅为0.5天/100m左右, 所以千年桐不宜向高处发展, 因为高度上升时气温降低, 花期出现日期并未推迟多少, 油桐花芽易受晚霜冻、低温连阴雨、大风等危害的可能性显著增大, 当然高处还有有效积温不足等原因。

三、产量与物候期的关系

油桐产量与气候条件有较好的相关性, 在耕作条件一定的情况下, 产量Y 可示为:

$$Y = a + b\Sigma T + c\bar{T} + d\Sigma S + e\Sigma R + \varepsilon$$

式中, ΣT 、 $\bar{T}$ 、 ΣS 和 ΣR 分别为 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温、4月平均气温、9, 10月日照百分率和年降雨量, ε 为误差项或强迫项。以上四个因子在不同地区应有所取舍, 如中心产区一般不存在缺水问题, 可以从方程中省去降雨项。

应用上述方程, 以雪峰山西坡为例, 1000m处根本不能种植千年桐, 产量为零, 因为千年桐花期高低处相差甚微, 但高处开花期温度 $\bar{T}$ 不够, 根本无法满足正常授精座果的要求, 另外 ΣT 也不够; 即使是三年桐, 对 ΣT 、 $\bar{T}$ 要求弱些, 800m处1985年尚只有2%着果率, 每株只结几个果。

根据笔者在神农架南坡和来凤县进行的产量调查(图5), 发现400—500m左右株产桐籽量最高, 达20—25kg, 此高度之上、之下桐籽产量均较低, 到1000m处只有1—2kg。而出油率在低海拔处较高, 300—500m间在32%以上, 到800m为27%, 若再上升, 出油率则急剧下降, 在1200m处已降至零。所以无论是产量还

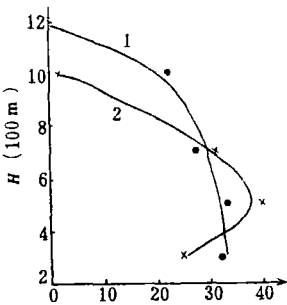


图5 鄂西山区油桐产量和出油率(%)的高度变化 (1.为出油率%, 2.为株产籽1/2kg, H为海拔高度)

Fig.5 The changing curve of tung oil tree's yield and oil-producing-rate with height in western mountainous areas of Hubei Province

是质量, 均以 300—700m 较理想, 是该地油桐适宜栽培高度, 海拔低于 300m 或高于 800m 均不适宜油桐的栽培。这是因为中心产区 300—700m 高度层的温光条件适宜, 能满足油桐正常生长发育, 而且盛夏因多巴山夜雨, 伏旱不重, 几乎不存在“七干球八干油”的危害, 所以产量品质均较好, 充分显示其优越性。海拔高程在 300m 以下的河谷洼地, 由于盛夏极端温度高、降水较少旱情严重, 对产量构成不利。800m 以上的二高山上, 由于花期低温阴雨、对产量构成尤其对油脂形成转换十分不利。

因此可以建立产量或出油率的单因子预报方程:

$$Y = a + bH (b < 0, H < 800m)$$

即:

$$Y = a_1 + b_1 \bar{T} \text{ (或 } \Sigma T \text{)} (b_1 > 0)$$

因为 $\bar{T}$ 或 ΣT 等逐年有变化, 但是广大山区许多地方并没有气象站, 用油桐物候期可以预报或代替气象因子, 如花期迟早与海拔高度、纬度及 4 月平均气温 $\bar{T}$ 有较好关系, 故可用开花期年日序数来替换进入预报方程, 又如可用生育期长度代替 ΣT , 果熟期的年日序数代替 ΣS 。根据大别山北坡 340m 和 800m 两处 1984 年和 1985 年的油桐产量、气象条件、物候期等一一对比 (表 3) 不难发现这些关系。

表 3 油桐产量与气象因素、物候期以及海拔高度的关系 (大别山北坡)

Table 3 The relationship between tung oil tree's yield, and meteorological factors, height, and phenological periods

站名	海拔 (m)	年	际 产量	$\bar{T}_{4月}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Sigma T_{\text{生育期}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Sigma S_{\text{生育期}}$ (hr.)	$\Sigma R_{\text{年}}$ (mm)	开花期 (日/月)	果熟期 (日/月)	*果实生长 期长度(d)	全生育期 长度(d)
朱冲	340	1984	188	13.6	4680	1214	1000	28/4	29/10	118	270
桃花尖	800	1984	27	12.2	4380	1465	951	20/5	26/10	140	264
朱冲	340	1985	250	15.8	4541	1172	1256	28/4	5/10	118	247
桃花尖	800	1985	65	14.1	4240	1324	1112	24/5	11/10	144	241

* 从开花到果实停止生长持续日数; 产量单位是 kg 籽/0.1ha

四、油桐种植高度的建议

由以上分析可知, 油桐在我国亚热带东部丘陵山区的种植高度属低山 (800m 以下) 和二高山 (800—1200m), 而经济栽培主要是低山。由于两个品种对气候条件要求有显著差异, 前人已指出应选择两套指标来对油桐种植进行区划。其实我国东部 25°N — 32°N 间主要种植三年桐, 24°N 以南主要种植千年桐, 尽管千年桐产量高, 但因它的种植高度很低, 农民通常要种高产值的作物或果树。所以我国广大亚热带丘陵山区内油桐种植主要是三年桐。三年桐主要分布在我国亚热带东部区域的西部山区, 平原地区不宜也少有种植, 这些分布特性完全是由以下油桐对气候条件的要素指标所决定的: $\bar{T}_{\text{年}} > 14^{\circ}\text{C}$, $\bar{T}_{4月} > 14^{\circ}\text{C}$ — 15°C , $\Sigma T_{\text{生长期}} > 4500^{\circ}\text{C}$ — 5000°C , $T_{1月} > 2^{\circ}\text{C}$ — 6°C , $\Sigma S_{\text{年}} > 1300\text{hr.}$ 。

因为油桐花芽既怕越冬低温冻害, 在越冬休眠期又需一定低温来完成花芽的“春化”过程, 所以 $T_{1月}$ 只有在一定范围内取值; 而且开花期所在的 4 月月平均气温要求在 14°C 以上、 15°C 以上更好, 才使开花授精正常进行, 不致受冻, 这两个要求结合起来可以充分说明油桐中心产区只集中在武陵山系的低山区, 使之成为我国一大天然聚宝盆。

根据上面的三年桐栽培要求的一些气候指标，可推求我国亚热带东部丘陵山区几大山系上油桐能种植的高程(表4)。由此不难发现，中心产区即鄂湘贵川四省毗邻的武陵山系油桐最适种植高度为300—800m，一般不超过1 000m；由中心产区向亚热带产区推移，适宜种植高度上升，并有种植下限，如南岭东段南坡的连平剖面上油桐只能种在1 400m以上；若向北缘产区推移，适宜种植高度要降低，如可种植高度在大别山西段南坡罗田剖面为600m以下。

表4 中国东部亚丘山区油桐经济种植高度(m)

Table 4 The suitable tung oil tree's cultivating height in eastern subtropical hills and mountains of China

剖面 代表站	种植 高度	剖面 代表站	种植 高度	剖面 代表站	种植 高度	剖面 代表站	种植 高度
(南 岭)		(罗霄山)		(雪峰山)		(武夷山)	
连 平	>1400	太 和	<600	新 化	<600	崇 安	<500
龙 南	>800	鄢 县	<600	黔 阳	<600	等 溪	<600
乐 昌	800					龙 泉	<800
郴 州	<800						
(天目山)		(武当山)		(神农架)		(大别山)	
临 安	<500	房 县	<500	秭 归	<700	罗 田	<600
安 吉	<500			房 县	<600	新 县	<500

影响山区植物物候的因素很多，大的因素有经度、纬度、海拔高度、大地形走向，中小环境因素有坡度、坡向、开阔度、下垫面及其它小气候状况。本文理所当然地抓住主要问题即大的因素(经度除外)进行分析，同时注意到了坡地暖带造成生育期反常的情况，另外坡向也在考虑之列。此外在分析物候期随纬度变化时，原则上要求取高度、坡向等地形形态相同、仅纬度不同的两点比较才合适，但这些要求都难以一一做到。所以本文所得的结果是初步的，在此抛砖引玉，并有待今后深入研究。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢等：物候学，科学出版社，1980年。
- [2] 张福春：物候，气象出版社，1985年。
- [3] 陈正洪：大别山区农业气候资源及其合理利用论文集，171—175页，气象出版社，1989年。
- [4] 姚介仁等：中国亚热带东部丘陵山区农业气候资源研究，96—111页，科学出版社，1989年。
- [5] 周伟国等：湖北省油桐品种资源调查研究报告，湖北林业科技，(2)，1986年。

PHENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TUNG OIL TREES IN THE EASTERN SUBTROPICAL HILLS AND MOUNTAINS OF CHINA

Chen Zhenghong

(Meteorological Research Institute of Hubei Province, Wuhan)

Key words: Tung oil tree; Phenology; Latitude; Height; Gradient

ABSTRACT

Tung oil tree's phenological properties and their relation with change of latitude and height are analysed. The low temperature both in tung oil tree's blossom period and winter is the limiting factor for tung oil tree's development in higher mountains or more northern areas in subtropical zone.

The relationship between tung oil tree's yield, and meteorological factors and height can be transferred to the relationship between the yield and the phenological periods.

The suitable cultivating height in various mountains of the subtropical zone of eastern China is calculated. Tung oil trees should be cultivated at the following districts: river valleys and basins below 500m in north subtropical zone; slopes and hills below 800m in mid-subtropical zone; mid-high mountainous areas over 800m in south-subtropical zone; while the wood oil trees at such districts as river valleys and basins below 500m in mid-and south-subtropical zone.