

荔枝空中压条苗根系生长动态及与地上部

生长的相互关系

付子轼¹, 张承林^{2,3}

(¹上海农业科学院环境科学研究所, 上海 201106; ²华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642;

³华南农业大学南方果树生理研究室, 广东广州 510642)

摘要: 以‘糯米糍’荔枝 *Litchi chinensis* Sonn. 空中压条苗为试材, 利用根箱栽培研究了周年内 3 株荔枝幼树根系形态、动态生长以及与地上部枝梢生长间的相互关系。结果表明: 荔枝不同类型的根在形态上差异较大, 侧根粗壮发达, 生长周期长, 可持续生长 8~10 周; 须根纤细茂密, 寿命只有 2~3 周。2 株苗的根系周年内有 2 次大的生长峰和 2 次小的生长峰, 根梢生长表现为交替生长。1 株苗在周年内只有 1 次大的生长峰和 4 次小的生长峰, 根梢生长表现为同步生长。3 株幼树根梢比值均在 1.0 左右, 表明地上和地下部等量生长。根系生长峰的出现主要表现为新根数量的增加而非原有根系的延长生长。

关键词: 荔枝; 根系; 新梢; 相互关系

中图分类号: S667.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2006)02-0013-04

Root Growth Pattern of Litchi Air Layering Plants and Its Relation to Shoot Growth

FU Zi-shi¹, ZHANG Cheng-lin^{2,3}

(¹ Environmental Science Institute, Shanghai Academy of Agriculture, Shanghai 201106, China;

² College of Resources and Environmental Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

³ Lab of Fruit Physiology in South China, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Three 'Nuomici' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) air layering plants were cultivated in root observation chambers to investigate the root morphology and growth pattern, stem extension growth, and relationships between root and stem growth during 12 months. The results showed that different root types varied greatly in morphology, lateral root system was coarse and vigorous with long life span of 8-10 weeks, dense fine roots could only survive for 2-3 weeks; Two air layering plants had 2 higher root growth peaks and 4 lower peaks, while root and stem growth had an alternate growth pattern during one-year period; One air layering plant had one higher root growth peak and 4 lower peaks, while root and stem growth had a synchronous extension pattern; The ratio of root to shoot of 3 plants ranged about 1.0 that indicated root and aerial part grew at equal mass amount. The increase of new root number rather than continuous extension of old root contributed to the occurrence of growth peak.

Key words: litchi; root; shoot; relationship

荔枝产量的不稳定是生产中的突出问题。了解营养生长和生殖生长的规律及其相互关系并采取技术措施进行合理的调控对荔枝丰产稳产具有重要意义。

义。Menzel 等^[1]描述了荔枝树冠生长的年周期变化。Marler 等^[2]利用根箱观察室研究了‘毛里求斯’荔枝幼树根系生长的年动态变化, 认为总体上根系

收稿日期: 2005-01-21

作者简介: 付子轼(1971-), 男, 硕士, 农艺师; 通讯作者: 张承林(1965-), 男, 副教授, 博士, E-mail: clzhang@scau.edu.cn

周年连续生长,只有2次短暂的生长停滞.由于 Marler 等^[2]用6株荔枝的平均值来反映根系生长的动态过程,而不同植株在同一观察时间的生长速率存在很大差异,用平均值反映的结果可能不是真实情况.袁荣才等^[3]发现4年生结果的‘糯米糍’荔枝(嫁接苗)周年中有3次根系生长高峰,最大的生长高峰占全年总量的91%,且根梢生长存在明显的交错现象.虽然近些年对荔枝的研究逐渐增加,但多集中于地上部分,根系研究相对薄弱,特别是荔枝根系动态生长发育的研究少见报道.了解荔枝梢与根系生长间的相互关系,可以根据不同生长发育时期地上部的生长状况来推断根系的生长状况,并据此采取相应的栽培措施,合理调控荔枝生长发育,实现调控技术由单一的地上部调控到地上部与地下部同时调控的转变,实现丰产稳产的栽培目的.为此,笔者以‘糯米糍’荔枝空中压条苗为试材,对其根系在年周期内的生长动态及其与地上部枝梢生长发育之间的相互关系进行了研究与探讨.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2000年1月至2001年1月在华南农业大学植物营养系温室进行,供试荔枝苗为空中压条苗,品种为‘糯米糍’,从同一母树上锯下后(茎直径为2.3 cm)的枝条(长约50 cm),在4 L育苗袋内生长4个月后选择均一的苗移植到根箱中.根箱为铁架结构,规格为60 cm×20 cm×235 cm,将60 cm×235 cm一面作为观察面,安装透明有机玻璃,其他三面和底面为不透明的木质纤维板,底面钻30个孔(直径0.5 cm)做排水用.观察面用双层布(外面为白布,里面为黑布)遮住,以防止光线透入和减少温度影响.将根箱朝观测面一侧倾斜15°放置.根箱内填满基质,基质成分为泥炭、椰糠、河沙、珍珠岩和陶粒(体积比为7:5:5:1:2).

1.2 试验设计与管理

每个根箱栽培1株荔枝苗.以单株为试验单元,3次重复,分别编号为a、b、c.其树冠高度分别为35、37和38 cm,树冠直径分别为42、44和44 cm.肥料以营养液形式浇入,每周1次,每次5 L,使基质水分达到最大含水量的80%.其他时间需浇水时每株浇等量的自来水.营养液各大量元素(化合物)质量分数($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)为 NH_4NO_3 112.0、 KH_2PO_4 50.3、 K_2SO_4 80.7、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 123.0、 CaCl_2 111.0,微量元素的质量分数($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)为 H_3BO_3 2.86、 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2.13、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.08、

$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.02、Fe-EDTA 2.8.为防止盐分积累,每周监测渗滤水的电导率(EC).如EC超过 $3.0 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ 时,则在下次浇营养液时改用清水灌溉,以降低可溶性盐浓度.当EC小于 $1.5 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ 时,重新用原来的浇灌制度.

1.3 指标测定与数据处理

于2000年1月至12月进行根系生长的观察,每周观察1次,时间为早上06:30~07:30.每个根箱的观察时间(将遮光布取开的时间)不超过15 min.观察时将一张透明的塑料薄膜覆盖在观察面上,用同一颜色的记号笔将1周内生长的根全部描绘在塑料膜上.不同观察时间用不同颜色的记号笔描绘以示区别,最后得到全年根系生长动态图.求出每次观测的平均根长,除以2次观测间的天数即为根系生长速率.在生长过程中,记录每次抽梢日期和枝条老熟日期,枝条老熟后量梢长度(量至新梢生长点).2001年1月20日将叶、茎干、根分开采样.

记录已老熟叶片的数量,洗净,用LI-3000型便携式面积测定仪测定叶面积,放入烘箱中105℃15 min后,75℃恒温烘干,取出后测干质量.将除叶后的梢从主干上剪下,单独烘干称质量,再加上叶片干质量即为新梢干质量.因本试验所用荔枝为空中压条苗,萌发新梢的枝条在试验期间生长量很小,但它在地上部干质量中占的比例较大,平均可占到70%以上.为消除大数据带来的误差,本试验中用根梢比值代替根冠比值.根梢比值=根系干质量/梢干质量.

因3株荔枝苗在抽梢时间、抽梢次数、老熟时间、根系生长高峰出现的次数和时间上存在很大的差异,故试验结果的表达按株分别进行,而不用平均数±标准误格式.苗a和苗b观测数据相近,故图1中只列出苗a和苗c的数据.

2 结果与分析

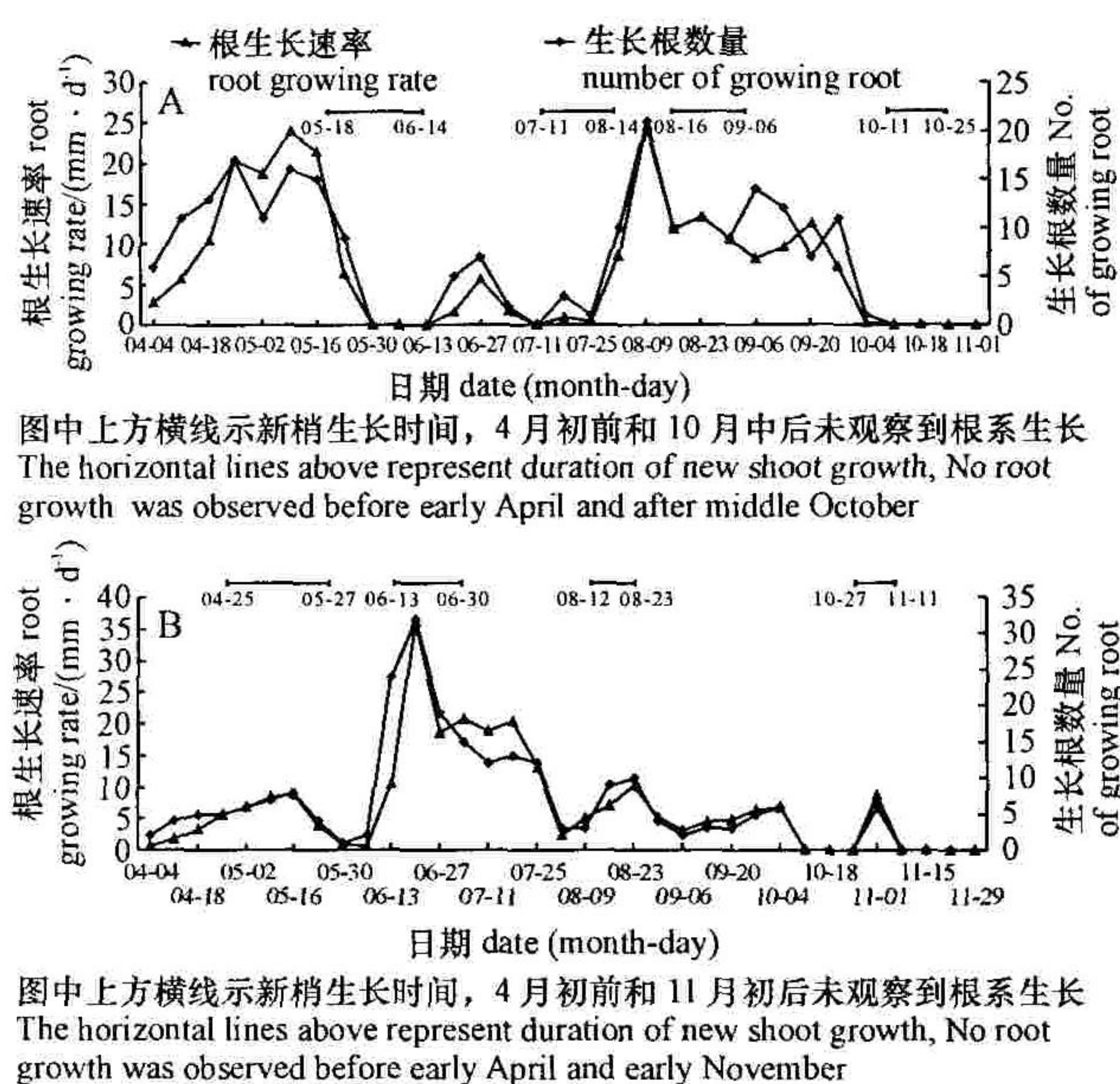
2.1 荔枝根系的形态

综合3株荔枝苗的根系观察结果,对其形态可作如下描述:本试验所采用的空中压条苗没有主根.根据根系生长情况及形态特征,可将这些根分为粗壮发达的侧根(生长根和输导根)与纤细茂密的须根.(1)生长根:由原来营养枝上潜伏芽长出、沿根轴方向延伸生长,肉质状,浅白色,质脆易断,表面光滑,生长较快,平均根粗为3 mm,长约5~10 cm,最长可达16 cm,俗称“豆芽根”.生长根生长期较长,最长的几条生长根(即尖端尚未木栓化的白根)能持续生长8~10周.粗壮的侧根有分生新根的能力,可

分生出新一级侧根和须根,但在生长根长出后的第1周内多不发生侧生新根。(2)输导根:随着生长根向前延伸,根系越来越长,其后面部分逐渐木栓化,颜色也由浅白变浅褐或深褐色,分化形成输导根。由于初生皮层死亡脱落,输导根在其初期直径显著小于生长根。随木质化程度的加强,输导根会逐渐加粗生长形成骨干根,使植株固定于土壤或其他生长介质中。(3)须根:直接着生在侧根上,初生须根白色,根直径在1 mm以下,长2~10 cm。须根又可分2种:一种寿命较短,不能形成次生结构,一般2~3周内便死亡脱落;还有一种寿命较长,生长后期变为褐色,并可分生出新一级的须根,经多次分生后可逐渐形成网状结构。

2.2 荔枝根系的生长动态及与枝梢生长的相互关系

2.2.1 根梢交替生长现象 图1A表明,荔枝幼树根系的生长高峰一般出现在新梢萌发前,新梢抽出



A:荔枝 a; B:荔枝 c; A: litch a; B: litch c

图1 荔枝空中压条苗根系生长速率、生长根数量的季节变化及其与新梢生长的关系

Fig. 1 Seasonal pattern of root growing rate, number and its relationship with new shoot growth

后根系生长速率便迅速下降。荔枝 a 1 年中共抽新梢4次,根系有2次较大的生长峰和2次较小的生长峰。第1次高峰出现在4月中旬至5月中旬。5月中下旬地上部分开始抽梢后,根系的生长速率迅速下降,由出梢前的峰值 $24 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 迅速降到出梢后的 $7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,至新梢转绿期根系完全停止生长。由于该荔枝的第1、2次抽梢间隔时间较短,从第1次梢老熟到第2次新梢抽出仅隔27 d,这期间根系虽有恢复生长,但与第1次根系生长峰比较,第2次的峰值大约只有第1次的1/5(6月下旬至7月上旬)。在

二次新梢抽出后根生长速率又迅速下降,在叶片转绿时完全停止生长。二次梢老熟后,根系再次恢复生长,特别是在第3次梢萌芽期间恢复迅速,形成第2次根系大的生长峰(8月上中旬)。第3次梢抽出后根系生长再次回落。但这次根系没有完全停止生长,而仍保持一定的生长速率,与新梢同步生长,且生长时间较长(8月中至10月初)。直到第4次新梢开始生长时根系生长才又迅速减慢直到完全停止。在本试验条件下,4月初以前和10月中以后(约半年时间)都没有观察到根系生长。

图1A也表明,苗a生长根数量的变化趋势基本和根系生长速率一致。表明根系生长高峰的出现主要是根系数量的增加。调查时发现,在根系生长高峰期出现时,有15~20条根在生长,其中大部分为新发生的根。

2.2.2 根梢同步生长现象 本试验中观察到苗c的梢和根系有同步生长现象(图1B)。苗c共抽4次新梢,但只有1次大的根系生长峰,另外有4次较小的根系生长峰,根系与地上部新梢基本保持着同步生长。

在4月底抽第1次新梢时,根系缓慢生长,于叶片转绿时达到生长高峰,然后随新梢老熟根系生长逐渐减慢直至停止生长。在抽第2次新梢时,根系同时迅速恢复生长,并于新梢抽出后达到第2次生长高峰,也是苗c 1年中根系生长最快的时期。但由于新梢抽出后小叶刚展开就大量死亡,未能形成一趟完整的梢,所以根系除在小叶枯死时生长略有减慢外,一直保持一定的生长速率继续生长,直至7月下旬第3次新梢萌芽前才迅速减慢。到8月2日第3次梢萌芽时,根系再次缓慢恢复生长。10月底至11月初又有一次短暂的新梢萌芽过程,根系也在新梢萌芽后相应形成了一个短暂的较小的生长峰。图1B同样表明,苗c生长根数量的变化趋势与根系生长速率的变化趋势是一致的,表明苗c根系的生长高峰是由生长根数量大量增加而引起。

2.3 荔枝地上部的生长

本试验中根箱栽培荔枝地上部生长较差,收获时新梢和叶片干质量只有正常盆栽荔枝的约1/5;每株荔枝叶片数和叶面积也只有正常盆栽荔枝的约1/7^[4]。但整个根系生长良好,其生长量与正常盆栽荔枝相比无显著差异。试验前荔枝a、b、c的形态差异很小,但收获时株间生长存在显著差异。从树冠高度增量和树冠直径增量可看出(表1),荔枝a生长最好,其次荔枝b,最差为荔枝c。从根梢比接近1.0可看出,对每株荔枝而言,地上部和地下部的生长量是相近似的。

表1 根箱栽培的‘糯米糍’荔枝空中压条苗 a、b、c 年周期中的一些生长指标

Tab. 1 Characteristics of ‘Nuomici’ air layering plant a, b, c cultivated in root observation chambers during an annual growth period

调查项目 items	a	b	c
Δh (树冠 canopy)/cm	36	30	17
Δd (树冠 canopy)/cm	70	61	42
m (干梢 dry shoot)/g	104	99	72
叶片数 leaf number	402	380	256
S (叶 leaf)/m ²	0.40	0.37	0.26
m (根 root)/g	107	102	71
m (根 root)/ m (梢 shoot)	1.03	1.03	0.99

1) 增量等于采样时测量值与定植时测量值之差

3 讨论

本研究结果表明,有2株荔枝苗存在根系和地上部交替生长的现象。通常根系的生长不仅受地上部生长的制约,同时还与生长环境的温度、湿度、营养条件等密切相关^[5]。但在外部环境条件适宜时,新梢可能是控制根系生长的主要因素。新梢萌发后,特别是小叶已展开处于快速生长期,由于此时新叶尚无制造碳水化合物的能力,完全靠老叶供应,与根系争夺碳水化合物,使运输到根系的碳水化合物急剧减少,削弱了根系生长,导致根系生长迅速减缓甚至完全停止生长。根梢生长的这种交替现象在鳄梨^[6]、荔枝结果幼树^[3]也观察到。荔枝 a 在抽生第3次梢时表现为根梢同步生长,而荔枝 c 完全根梢同步生长。从同一母株繁殖的几株空压苗,为何有的表现为交替生长,有的表现为同步生长呢? 本试验荔枝空中压条苗年周期中的一些生长指标测定结果表明,3株荔枝苗除根梢比接近一致外,荔枝 a 和 b 的根梢生长量都明显高于荔枝 c,说明根梢生长是否同步,与地上部的生长有密切关系。只有当地上部生长量达到一定阈值时才会对根系生长造成明显影响,发生异步生长现象,否则这种现象就不明显,甚至发生同步生长现象。Marloth^[7]在柑橘上也发现了类似现象,根系与地上部之间除交替生长外,还存在着同步生长现象。Parisot^[8]发现芒果的根系是持续生长并独立于梢的生长。

对于株间变异较大的果树,当研究动态生长参数时,用同一时间的观测值求平均值表示试验结果是否具有合理性值得商榷。Marler 等^[2]用平均值反映荔枝根系生长动态,得到的结果是根系周年都在生长,根梢交替现象不突出。当我们对3株数据求平均值时,也得到类似的结果。这是因为在同一观测时

间,有的处于高峰生长,有的处于生长停滞,求平均值时峰谷相抵,最后可能得到周年都在生长的假象。因此,当研究动态生长参数时,以完整的个体观测值描述动态规律可能更趋合理。

根冠比是反映果树地上地下生长比例的一个重要参数。根梢间既存在生长势上的平衡,又存在形态上的对称分布。因此不同的果树总是能形成特定的根冠比,可将其作为地上部和根系协调性的指标。本试验条件下,3株荔枝的根梢比均接近1.0,表明地上和地下近似于等量生长。Marler 等^[2]种植于根箱的‘毛里求斯’空中压条苗的根梢比为1.1,与本试验的结果相近。付子斌等^[4]在研究氮素对‘糯米糍’空中压条苗的根梢生长时发现,根梢比会随着根生长介质中的氮水平而显著改变。低氮时根梢比为0.74,高氮时为0.26。氮素供应不足时,根系会成为光合产物的优势库,地上生长受抑制,根系旺长,根梢比提高。本试验中供应的氮为中等水平,由于基质的强吸附作用,根系可能处于氮缺乏水平。加上基质中适宜的水分和通气,为根系的生长创造了有利条件。荔枝幼树根冠比值多少为合理范围,幼树与成龄树间是否存在差异,哪些因素会显著影响根冠比等问题有待进一步研究。

参考文献:

- [1] MENZEL C M, WATSON B J, SIMPSON D R. The lychee in Australia[J]. Queensland Agr J, 1988, 114(1): 19-27.
- [2] MARLER T E, WILLIS L E. Root and stem growth patterns of young ‘Mauritius’ lychee trees[J]. HortScience, 1996, 31(5): 815-818.
- [3] 袁荣才, 黄辉白. 从调节源库关系看荔枝幼树根梢生长与坐果的调控[J]. 果树科学, 1993, 10(4): 195-198.
- [4] 付子斌, 张承林. 氮素对幼龄荔枝根系和新梢生长的影响[J]. 厦门大学学报, 2001, 40(增刊2): 99-104.
- [5] KENNETH B B, WILLIAM S C. Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperature, and soil water content[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1985, 110(6): 840-845.
- [6] PLOLETZ R C, RAMOS J L, PARRADO J L. Shoot and root growth cycles of avocado in South Florida[J]. Proc Flo State Hort Soc, 1991, 104: 21-24.
- [7] MARLOTH R H. Citrus growth studies. I. Periodicity of root-growth and top-growth in nursery seedlings[J]. J Hort Sci, 1949, 25: 50-59.
- [8] PARISOT E. Study of the growth rhythm in young mango plants: III Growth and development of young mango plants[J]. Fruits, 1988, 43(3): 235-247.

【责任编辑 柴 焰】