

# 马尾松球果和种子的生长发育及养分动态\*

王培蒂 秦国峰

**摘要** 1990~1993年连续4 a,对马尾松球果和种子的生长发育与养分动态,进行了比较系统的分析研究。结果表明:(1)马尾松球果系2年成熟,授粉(4月上旬)后当年为幼球果形成期;第2年生球果生长期间,球果干物质不断增加,而水分含量逐渐减少,10月底干物质与水分的含量达到平衡点。(2)球果养分的含量,1年生球果幼期 $N>K>P$ ,三者变化趋势近乎一致,2年生球果含N量明显下降。种子内的N、K含量在7月中两者相当,此后N含量上升直至成熟期,到10月中K与P的含量相近。(4)胚胎发育进程中,球果和种子的体积与养分含量在原胚和幼胚阶段(7月至9月中旬)的变化最大,以后渐趋平缓。

**关键词** 马尾松、球果—种子、生长发育、养分动态

马尾松种子园的经营目的,就是尽可能地获取产量高、品质好的种子。开展球果和种子的形成过程及生理生化特性的研究,对种子生产管理和种子储藏均有积极意义。以往对马尾松球果的形态发育和种子储藏方法已有研究<sup>[1~3]</sup>,而该方面的研究甚少。一般将马尾松有性生殖过程分为两个时期:(1)从花芽分化到花粉粒成熟(4细胞),时间约半年;(2)从授粉、受精直至球果和种子成熟,时间达一年半。本文主要是研究授粉之后的球果成熟期间的变化。自1990年以来的4年中,先后采样85批,进行形态观测、生化指标的测试,旨在了解球果和种子生长发育和成熟时一系列生理生化特性和变化规律,确定最佳采收期等,为种子园的丰产经营和种子产量的预测预报提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 球果的采集和处理

测试球果采自浙江省淳安县姥山林场的马尾松育种园。该场地处 $29^{\circ}37' N, 119^{\circ}03' E$ ,年平均气温 $17^{\circ}C$ ,日最高气温 $39.1^{\circ}C$ 、日最低气温 $-5.4^{\circ}C$ 、日平均气温 $\geq 10^{\circ}C$ 的年积温为 $5410^{\circ}C$ ,年降水量 $1430 mm$ ,年日照 $1951 h$ 。

采样要求:固定7年生的10个样株,在树冠的中层分东、南、西、北4个方向采集球果,每次采5株。第1年幼球果自5月至11月,每月初采一次,每次40~10个球果(随着球果体积的增加,采果个数逐渐减少)。第2年球果自4月至7月的月初采,8月至11月每半月采,每次采30个至5个。

球果处理:采用搭桥取样法进行试样处理,(1)球果试样:自授粉后的当年至第2年的5月

1994-06-06 收稿。

王培蒂副研究员,秦国峰(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 富阳 311400)。

\* 本研究对象为“八五”国家科技攻关课题“马尾松短周期工业用材良种选育”的一部分。生化测试由中国水稻研究所承担;浙江省淳安县姥山林场冯慧群和储德裕协助采样;本文初稿承蒙周国璋副研究员审阅。一并致谢。



表1 马尾松球果长度、体积等测试结果

采 月	样 份	1年生幼球果				2年生幼球果			
		长 度 (cm)	体 积 (cm <sup>3</sup> )	干 重 (g)	含 水 量 (%)	长 度 (cm)	体 积 (cm <sup>3</sup> )	干 重 (g)	含 水 量 (%)
4						1.65	1.20	0.33	261
5		<u>0.81</u>	<u>0.28</u>	<u>0.04</u>	<u>525</u>	2.33	2.50	0.64	298
6		0.97	0.28	0.09	222	2.72	4.20	1.24	260
7		0.97	0.30	0.09	211	4.00	8.50	2.09	332
8		0.99	0.30	0.10	190	4.12	9.30	4.23	141
9		1.04	0.32	0.12	167	4.69	14.30	7.10	122
10		1.08	0.34	0.13	131	<u>5.58</u>	<u>16.90</u>	8.91	103
11		1.05	0.34	0.14	129	5.55	16.40	<u>9.10</u>	<u>89</u>

注:(1)测试值下面有“—”者为最大值,有“—”者为最小值。

秋末生长结束时,干重达到最大值(0.14 g)。2年生球果的干重自5月份迅速增加到9月中旬,其增量占该年干重的88.8%,此后至10月下旬增加甚微,10月底球果形态成熟后的半个月,干重有所增加,最大值在11月上旬达9.10 g(见表1)。

2.1.3 球果含水量 一般在4月上旬至5月初为球果组织最幼嫩时期,其含水量达到最大值(525%)。随着干物质的急剧增加,含水量自5月至6月初迅速下降,到11月初,达到最小值(129%),表1说明了1年生幼球果含水量减小与干物质增加的趋势相反。

2年生球果内水分的增长一直持续到7月上旬达到最大值,此时也就是球果体积迅速增大和干物质快速积累的时期,以后含水量持续下降。球果成熟后的半个月,因脱水收缩,从而使含水量下降到最小值(89%),增强了对外界环境的抵抗力,成为球果成熟特征之一。

综上所述,马尾松球果在两年的成熟过程中,长度、体积和干重的大部分增加是在第2年。1年生幼球果占2年生成熟球果:干重的1.5%、体积的2%和长度的19%。而第2年的四项指标(见表1)的大部分的增加是在受精作用前的5月下旬至幼胚阶段的4个月期间,其增值占球果成熟时:干重的87%、体积的79%和长度的55%。

## 2.2 球果生长过程中养分的变化

1年生幼球果在5月初处于最幼嫩阶段时,N、P、K三种营养元素相对含量达到最大值:N为2.02%、K为1.24%、P为0.34%。以后到6月初,含量急剧下降,继而平缓地下降到11月初达最小值(1.37%、0.93%和0.22%)。图2中3种元素的曲线变化趋势基本一致;依含量高低始终为:N>K>P。

2年生球果的3种营养元素含量变化与1年生的不同。N由2.0%急剧下降到9月上旬的0.36%,以后,缓慢地下降到11月下旬,达最小值(0.33%);K含量由0.80%平缓下降到最低值(0.23%);而P元素含量的变化较为稳定,由0.34%一直缓慢地下降到0.03%。从图2看出:N和K的含量变化曲线呈交叉型,3种元素依含量高低大致顺序为N、K、P;但其中的7月下旬至10月下旬,K的含量却大于N。

## 2.3 种子形成与成熟

2.3.1 种子的长、宽度 种子由种皮、胚乳和胚三部分组成,其中种皮由胚珠的珠被发育构成。据观察,第2年受精作用以后胚珠迅速生长,其长、宽度以阶梯型持续增加到9月初,并达最大值(5.4 mm和3.5 mm),从而固定了种子的外形。此时成熟种皮变得坚硬。以后随着种子

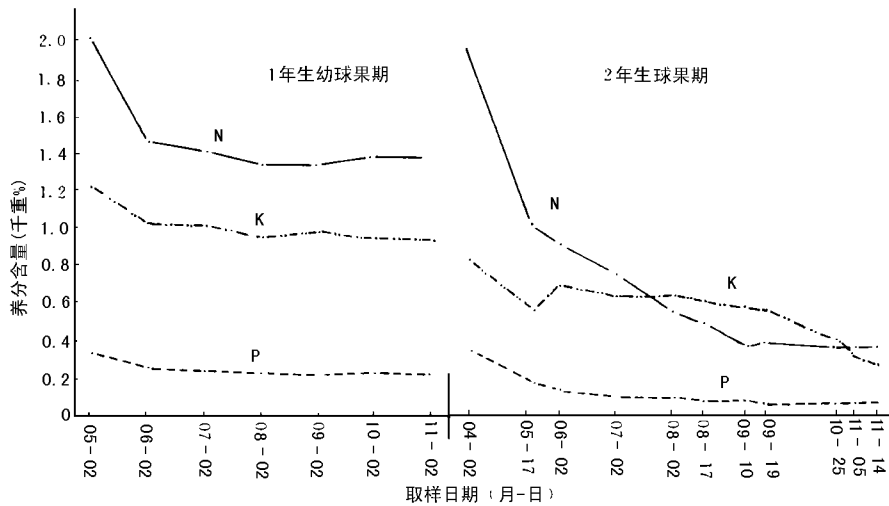


图2 马尾松球果生长发育过程的养分动态

的成熟,种子失水收缩,使长、宽度略有减小(见图3)。

2.3.2 种子重量 发育中的种子鲜重的最大增长率是在原胚阶段(7月份),为39%;其次是在受精作用前的2个月及幼胚阶段的40d,为22%和26%;成熟胚阶段为最小,仅13%。鲜、干重的曲线变化形式相似,最大值均在胚胎成熟(即形态成熟)后的11月初(图4)。

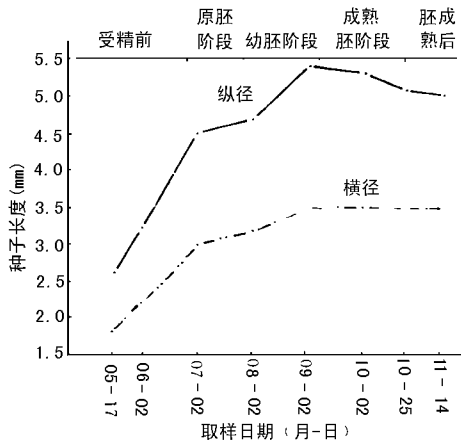


图3 马尾松种子发育过程中长宽度的变化

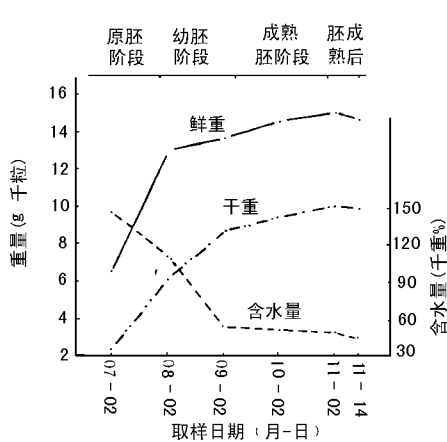


图4 受精后至成熟马尾松种子的重量和含水量的变化

发育中的种子的最大含水量(148%)出现于原胚阶段的7月初,这时发育中的种子处于最幼嫩和干重最小的时期。此后,随着种子营养物质增加,含水量迅速减少到幼胚阶段的9月初(54%);继而平缓地下降到形态成熟后的11月中旬,并达到最小值(48%)。图4表明了发育中的种子含水量下降速度与干物质的增加速度是一致的,但两者的曲线变化形式相反。

### 2.4 种子生长发育过程中养分的变化

从胚珠发育成为种子的过程中,N的含量以阶梯型迅速增加:原胚至幼胚阶段前期N增加最快,增量占最高含量的77.4%;幼胚阶段后期几无变化;而在成熟胚阶段上升平缓,增量仅占5.8%;在种子形态成熟后的半个月中,含量又急剧增加,增量占最高含量的16.8%。P的含量在种胚发育过程中增加平缓。K的含量呈阶梯型下降,其中在原胚和幼胚阶段下降迅速,

从成熟胚阶段至以后的半个月中几无变化(图 5)。

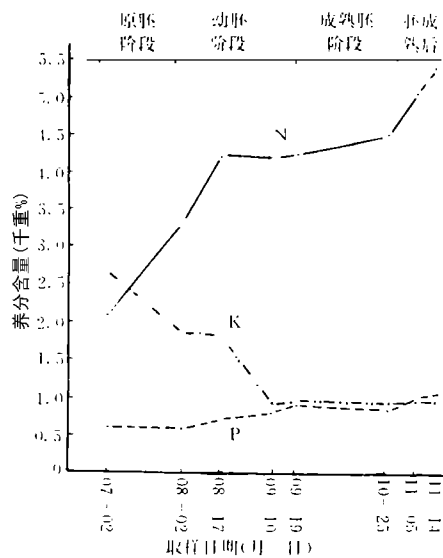


图 5 马尾松种子发育过程中养分动态

3 种主要营养元素的含量从高到低的顺序因种子发育阶段的不同而异:原胚阶段初为 K、N、P;此后至成熟胚阶段末为 N、K、P;在种子形态成熟后的半个月期间为 N、P、K。

在球果中,3 种主要营养元素最高相对含量出现于第 1 年的 5 月初,而最低值是在第 2 年的球果成熟期末。球果逐渐成熟后,N、P 和 K 迅速被发育中的种子所利用,尤其 N 在种子中以高浓度积累。

2.5 不同发育阶段的种子品质

由表 2 看出,随着种胚发育的进展,种子的出籽率、千粒重、发芽率和发芽指数不断提高,发霉率逐渐降低。经多重比较,自种子形态成熟(10 月底)后的半个月里所采收的种子,其品质比之前采收的好。原胚和幼胚阶段的种子尚无发芽能力(即使在成熟胚阶段初发芽率也仅有

22%);此时含水量高达 148%,贮藏物质处于易溶状态,而且多是被氧化的单糖和非蛋白质氮,这些物质对种子表面的微生物活动有利,使种子发霉率高;千粒重仍在继续增加,即养分积累尚未停止。

表 2 发育阶段对种子品质影响的多重比较

发育阶段	日期(月-日)	出籽率(%)	千粒重(g)	发芽率(%)	发霉率(%)	发芽指数
原胚	07-02	11 a	3.81 a	0	71 a	0
	08-02	15 b	5.66 b	0	73 a	0
	08-17	26 c	6.40 c	0	70 a	0
幼胚	09-10	28 c	6.75 c	0	75 a	0
	09-19	30 d	7.56 d	0	74 a	0
成熟胚	09-28	32 d	8.55 e	22 a	78 a	0.16
	10-02	32 d	9.00 f	48 b	55 a	2.20
	10-13	32 d	9.40 g	69 c	33 b	3.50
	10-28	32 d	9.70 g	78 d	3 c	3.60
胚成熟后	11-05	31 d	10.15 h	80 d	2 c	3.70
胚成熟后	11-14	31 d	10.10 h	81 d	2 c	3.85

注:平均值右面的英文字母,相同者表示差异不显著,不同者差异显著( $\alpha < 0.05$ )。

3 小结与讨论

(1)球果和种子生长发育时间的同步性与差异性表现在:种子显露较球果迟 12 个月,而与种翅同步;从种子显露到形态成熟只需 6 个月,比球果 18 个月少得多。两者成熟期是同步的。

(2)马尾松种胚的 3 个发育阶段。①原胚阶段:性细胞融合后,合子迅速分裂和生长。此时发育中的种子的长、宽度,鲜、干重迅速增加,N 的含量迅速积累,含水量高达 130%左右。②幼胚阶段:胚细胞分裂形成多细胞幼胚,接着各种组织和器官发生和分化,此时发育中的种子的长、宽度达最大值,鲜、干重增加较快,N 的含量增加缓慢,含水量迅速下降到 54%。以上两个阶段,由于含水量减少 1/3,脱水显著;同时干重增加达 3 倍以上,N 的含量增加 1 倍以上。③种胚继续生长发育到成熟,此时种子的长度略有减小,鲜、干重和 N 含量增加缓慢并达到最大

值,含水量减少到最小值(51%)。

(3)据观察,马尾松种子的细胞化胚乳在6月下旬已形成,种胚在8月至9月上旬形成。到10月初种子已接近成熟,千粒重达到成熟种子的93%以上,发芽率为50%左右,所以种子园的经营管理尤其是施肥的重点之一应放在7~8月的原胚和幼胚阶段。这时适量施肥可促进种子正常发育,使籽粒饱满,达到丰产优质的效果。

(4)连续4年的测试结果表明,形态成熟后的马尾松种子,如继续留存于母树上达半月之久,其千粒重、发芽率和发芽指数仍在增加(增值为5%、4%和7%)。我们认为这可能是由于裸子植物的母体效应较为突出,从而使种子由形态成熟到生理成熟。

(5)要取得品质优良的马尾松种子,须掌握种子成熟的特征:①种皮坚固,呈现麻褐色;②在授粉后的第18个月种子千粒重增加不显著,即养分积累基本停止;③种子含水量减少到最低值(约51%),发霉率低(约3%);④种子具有最高的发芽率(约80%)和发芽指数(约3.7%)。不同气候带马尾松球果成熟期各有差异,应按当地球果成熟情况,确定最佳采收期。

### 参 考 文 献

- 1 周坚. 马尾松器官发生和发育的形态学初步观察. 见:王章荣、秦国峰、陈天华主编. 马尾松种子园建立技术论文集. 北京:学术书刊出版社,1990. 101~106.
- 2 王培蒂,秦国峰. 马尾松胚胎发育的观察研究. 林业科学研究,1990,3(5):441~445.
- 3 王培蒂,秦国峰. 长期贮藏对马尾松种子品质的影响. 林业科学研究,1994,7(2):193~198.

## Growth and Nutrition Development of Seed and Cone of Masson Pine

Wang Peidi    Qin Guofeng

**Abstract** The growth and nutrition development of seed/cone of masson pine were studied systematically during four years from 1990 to 1993. The results were as follows: (1)The cones of masson pine need two years to ripen. Formation period of young cone was that year after pollinating (in the first ten-day of April), rapid growth period was from June (before fertilizing) to the second ten-day of September in the second year, and riping period was from the last ten-day of September to October; (2)In the growth period of 2-year-old cone, dry substance weight increased and water content decreased gradually. Both arrived at balance point at the end of October, i. e. before the end of October the water weight surpassed the dry substance and while after the end of October the dry substance surpassed the water; (3)During the development of one-year-old cone, the change of N, K and P content is similar to each other, and the N content of 2-year-old cone decreased gradually to be similar to the K content. N and K content of seed are matched in July. Since then N content decreased till riping period and was similar to P content in the second ten-day of October; (4) During the procedure of embryo development, the change of volume and nutrition content of seed/cone were the greatest in the stage of proembryo and young embryo and then tended to level off gradually.

**Key words** masson pine, seed/cone, growth and development, nutrition

Wang Peidi, Associate Professor, Qin Guofeng (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400).