

不同发育时期黄皮种子脱水敏感性的研究

金剑平 傅家瑞 姜孝成

(中山大学生物系, 广州 510275)

摘要

自花后 46d 到 88d 果实成熟, 黄皮种子的发芽率由 0 升至 100%, 而活力指数逐渐上升, 到花后 74d 达到最大值, 之后略有下降, 每粒种子的呼吸强度在花后 46-67d 持续增加, 此后则渐渐减弱, 但湿藏 2d 后又回升。黄皮种子的发育明显超前于果实, 花后 74d 时, 每粒种子的干重已接近最大值, 这时种子活力最大, 而果实的鲜重虽然已接近最大值, 但其干重却只有成熟时的 73%。花后 46-53d 的种子, 其发芽率小于 100%, 轻微脱水能提高种子的发芽率及活力指数, 花后 60d 至果实成熟, 种子发芽率均为 100%, 这时任何程度的脱水都会引起活力指数的下降, 但不同发育时期的黄皮种子耐脱水力有差别, 其中以花后 67d 的耐脱水力最强, 花后 88d 果实成熟时种子的耐脱水力最弱。

关键词: 黄皮种子; 顽拗性种子; 发育; 脱水敏感性; 呼吸强度

前言

顽拗性 (recalcitrance) 是指种子在发育的最后阶段只经历轻微成熟脱水, 成熟脱落后只能忍受非常少的脱水以及对低温敏感的特性^[10]。大多数植物种子在成熟过程中, 含水量急剧下降, 生理代谢活动显著降低并转入休眠状态, 能耐干燥和低温贮藏, 这种种子称为正常性 (orthodox) 种子。顽拗性种子在成熟脱落时, 含水量高达 40-70% (以鲜重为基础), 采收后置于室内自然条件下数天 (如坡垒, 青皮约 7-14d; 芒果 8-10d)^[1, 2]就会因干燥失水而全部死亡。其贮藏行为通常是寿命短, 甚至在充分或几乎充分水合 (hydrated) 的状态下, 种子也会发生伤害, 并且不能忍受低温。Berjak 研究了海榄雌 (*Avicennia marina*) 种子的贮藏行为, 认为顽拗性种子在成熟脱落之前或之后很快便开始萌发, 且细胞活动增强, 因而脱水和低温伤害了种子的萌发过程^[9]。黄皮 (*Clausena lansium*) 种子为顽拗性种子, 对脱水极为敏感, 在室内自然通风处干燥, 寿命一般只有十来天。本文研究了黄皮花后 46d 至 88d 发育过程中种子活力及一些生理变化, 比较了不同发育时期黄皮种子对脱水的敏感性差别, 对种子顽拗性的形成作了一些探讨。

材料和方法

供试验的黄皮种子于 1993 年采自广州市郊岭南园艺场 4—5 年生树, 品种为“鸡心”, 从花后 46d 开始, 每隔一周采一次样, 直至果实成熟。

测定含水量时将种子剪成碎粒, 置铝盒中于 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱中烘至恒重。

萌发试验用玻板直立发芽法^[6], 于 30°C 的恒温箱中萌发, 10d 后统计发芽率及测量胚根长, 然后计算出简易活力指数, 以下简称活力指数。

简易活力指数 = 发芽率 × 胚根长度

呼吸强度用瓦氏微量法测定, 以单位干重及单粒种子计算呼吸强度^[6]。脱水敏感度用种子活力下降一半时含水量 (简称半致死含水量) 的变化程度计算, 并用百分率表示, 设初始含水量为 m_0 , 种子活力下降一半时含水量为 m_1 , 则脱水敏感度 S 为:

$$S = \frac{m_1}{m_0} \times 100\%$$

实验结果

一、黄皮果实及种子在发育过程中的性状变化

黄皮果实自花后 53d 至完全成熟, 皮色由绿变黄褐色, 种皮由淡绿色转变为绿色并具黑褐条纹; 果实由长四棱形发育成“鸡心”状, 种子则为扁豆形, 如表 1 所示, 种子在花后 74d 时已成熟, 鲜重和大小 (长、宽、体积) 达到最大值, 而此时果皮尚呈绿色, 果肉酸, 未达可食状态, 到花后 88d 果实才成熟, 种子大概比果实早成熟近二周。

表 1 黄皮种子发育过程中的一些性状变化

Table 1 Changes of some properties of wampee seeds and fruits during different developmental stages

花后天数 Days after anthesis	53	60	67	74	81	88
果色 Colour	绿 Green	绿 Green	黄绿 Yellowish green	绿黄 Greenish yellow	褐黄 Brownish yellow	黄褐 Tawny
果味 Flavor	涩 Astringent	酸涩 Sour and astringent	酸 Sour	酸 Sour	略酸 Little sour	甜 Sweet
果 平均鲜重 (g/果) F. W. per fruit	2.5	3.1	4.5	4.8	4.9	5.0
平均干重 (g/果) D. W. per fruit	0.37	0.45	0.55	0.68	0.70	0.93
果 长 (cm) Length	2.57	2.58	2.64	2.65	2.70	2.74
实 果 宽 (cm) Width	1.40	1.46	1.57	1.66	1.78	1.83
果实体积 (cm ³) Volume	3.2	3.4	3.5	4.0	4.7	5.0
种子颜色 Colour	淡绿色 Greenish	淡绿色 Greenish	绿色 Green	具浅褐纹 With brownish veins	具褐纹 With brown veins	具黑褐纹 With dark brown veins
种 平均鲜重 (g/粒) F. W. per seed	0.34	0.42	0.56	0.59	0.58	0.57
平均干重 (g/粒) D. W. per seed	0.10	0.15	0.25	0.28	0.29	0.28
种子长度 (cm) Length	1.61	1.69	1.71	1.78	1.76	1.75
子 种子宽度 (cm) Width	0.74	0.82	0.83	0.87	0.86	0.84
种子体积 (cm ³) Volume	0.31	0.38	0.42	0.52	0.51	0.50

F. W. —Fresh weight

D. W. —Dry weight

二、黄皮种子发育过程中含水量、发芽率及活力指数的变化

花后 53—60 d 黄皮种子胚轴、子叶的含水量很高，且比较接近，成熟过程中子叶含水量下降较多，而胚轴较少；花后 74—88 d，胚轴和子叶只有轻微脱水。花后 46d 时，新鲜种子还不能发芽，但二周后（花后 60d），发芽率就已达到 100%，而活力指数的提高落后于发芽率的增长，一直到花后 74d 才达到最大值，此后则稍有下降。

表 2 黄皮种子发育过程中含水量、发芽率及活力指数的变化

Table 2 Changes of moisture content, germination rate and vigour index of wampee seeds during development

花后天数 Days after anthesis	46	53	60	67	74	81	88
发芽率 (%) Germination percentage	0	40	100	100	100	100	100
活力指数 Vigour index	0	3.5	41.7	43.3	54.4	45.1	45.1
含水量 (%) Moisture content							
胚轴 Embryonic axes	69.0	68.7	66.3	64.5	62.9	60.2	60.1
子叶 Cotyledons	72.3	70.0	64.5	55.3	52.1	50.4	50.4

三、黄皮种子发育过程中呼吸强度的变化

花后 46—88d，每克干重种子的呼吸强度不断下降，而每粒种子的呼吸强度在花后 46—67d 则持续增加，到花后 67d 时达到最高值 ($1397.7 \mu\text{O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ per seed)，这时种子的单粒干重基本上达到最大。花后 74d，种子发育基本完成，种子干重接近最大值，呼吸强度也开始迅速减弱，趋于代谢活性低的状态。但湿藏 2d 后，每粒种子的呼吸强度显著增加（如图 1 所示）。

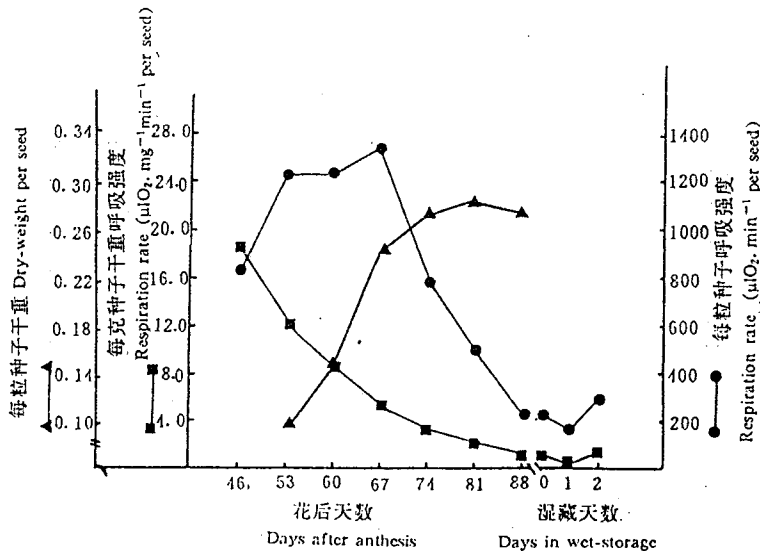


图 1 黄皮种子发育和湿藏过程中呼吸强度的变化

Fig. 1 Changes of the respiratory rate of wampee seeds during development and wet-storage.

四、不同发育时期的黄皮种子对脱水的反应

花后 46d 刚采收的黄皮种子不能萌发, 但自然脱水一天后即有 15% 萌发, 但脱水 3d 以上者发芽率均为零。花后 53d 的黄皮种子经自然干燥 1—3d, 含水量约下降 5—15%, 发芽率明显提高, 至第 3—5 天, 发芽率提高至 100%, 但 7 天后又下降, 脱水 9 天发芽率降至 33%。随着种子的发育, 耐脱水力逐渐有所增强, 花后 67d 的黄皮种子耐脱水力最强, 干燥 9d (含水量为 31.4%) 的种子仍保持 100% 发芽率, 脱水 7d, 活力指数仍未发生明显下降 (表 3、图 2)。如以最大干重为种子生理成熟期指标, 可认为花后 74d 是种子生理成熟期。种子的耐脱水力从大到小的顺序依次为花后 67、60、53、74、81、88d 的种子, 即花后 67d 后, 随着种子的继续发育, 种子对脱水的敏感性越来越高, 到果实成熟时, 种子的耐脱水力最低。这与脱水敏感度的计算结果 $S_{67} < S_{60} < S_{53} < S_{74} < S_{81} < S_{88}$ 是非常一致的 (表 3)。

表 3 不同发育时期的黄皮种子生活力对脱水的反应

Table 3 Response of viability of wampee seeds on desiccation in different developmental stages.

自然干燥的天数 Days for desiccation in open place	发育时期 (花后天数) Developmental stages (days after anthesis)						
	46	53	60	67	74	81	88
	种子发芽率 (%) Germination percentages of seeds						
0	0	40.0	100	100	100	100	100
1	15.0	63.3	100	100	100	100	100
3	0	100	100	100	100	85.0	80.0
5	0	100	100	100	95.0	80.0	65.0
7	0	66.7	90.0	100	65.0	75.0	25.0
9	0	33.3	50.3	100	35.0	50.0	0
11	0	20.3	30.0	40.0	20.0	10.0	0
13	0	0	10.3	15.0	10.0	0	0
半致死含水量 (%) Semilethal moisture	—	43.7	36.8	35.7	44.9	47.4	47.8
脱水敏感度 (%) Degree of desiccation sensitivity	—	62.4	56.4	55.3	86.2	94.0	94.6

种子脱水时活力指数的变化与种子含水量存在着直线相关, 如图 2 所示, 花后 60、67、74、81d 的种子, 脱水时活力指数与含水量的相关系数分别为: $R_{60}=0.96$, $R_{67}=0.90$, $R_{74}=0.94$, $R_{81}=0.85$, 进行显著性检验, 其相应的 t 值分别为: $t_{60}=8.4$, $t_{67}=5.1$, $t_{74}=6.7$, $t_{81}=4.0$, 自由度 $df=8-2=6$, 查 t 值表, $P=0.05$ 或 0.01 时, t 值 2.447 和 3.707, 都小于上述四个 t 值, 所以线性相关极显著。

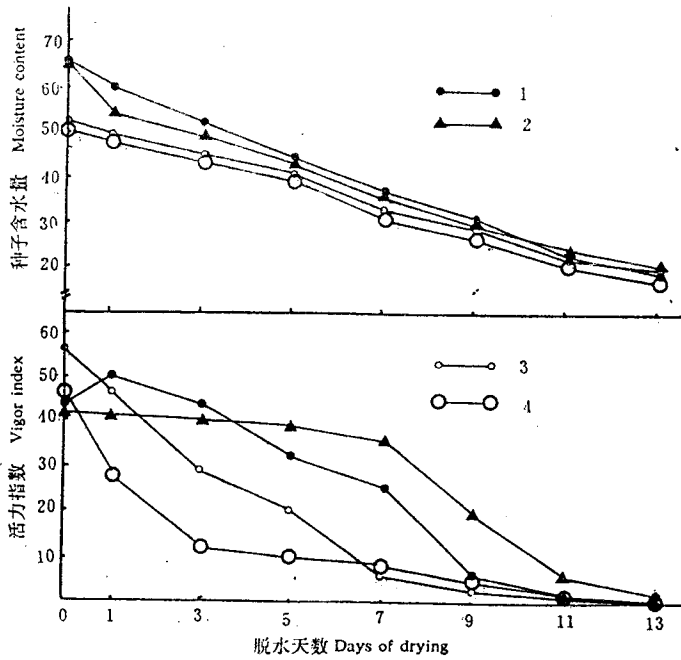


图2 脱水对不同发育时期黄皮种子活力指数的影响

Fig. 2 The effect of desiccation on the vigor index of wampee seeds in different development stages

1、2、3、4——分别代表花后 60、67、74 和 81? 的种子

1、2、3、and 4 indicate respectively 60, 67, 74 and 81 days after anthesis

讨 论

黄皮种子在花后 74-88d, 干重基本上没什么变化, 含水量稳定在 50%左右, 因此, 黄皮种子在发育后期不存在明显的成熟脱水期, 其他顽拗性种子也是如此^[7,11,13], 据此, Berjak 等分别将顽拗性种子和正常性种子称为含水量不变的 (homoiohydrous) 种子和含水量变化的 (poikilohydrous) 种子^[11]。

黄皮种子的发育明显超前于果实, 花后 74d 时, 每粒种子的干重已接近最大值, 这时种子活力最大, 表明种子已完全成熟, 而果实鲜重虽然已接近最大值, 但干重却只有成熟时的 73%, 每个 0.68g, 果肉远未达到上市要求, 味酸, 果皮呈绿黄色。花后 88d 时, 果实才完全成熟, 甜酸可口, 风味良好, 果皮呈黄褐色, 这时种子有少许收缩, 干重稍降。种子成熟以后在母体内的这段时期可称为过熟期 (over-maturation stage)^[12,13,14]。但种子却没有胎萌 (viviparity) 现象, 即使在过熟的果实中也未曾观察到, 这与某些顽拗性种子有显著区别, 目前, 芒果、荔枝、波罗等都已观察到胎萌现象^[1,2,7]。

黄皮种子的呼吸强度在发育中后期直线下降, 但成熟时黄皮种子的呼吸强度仍比水稻种子高 7.4 倍 (水稻为 $0.11\mu\text{l O}_2 \cdot \text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$, 黄皮为 $0.81\mu\text{l O}_2 \cdot \text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$, 比豌豆种子高 800 多倍 (豌豆为 $17\mu\text{l O}_2 \cdot \text{h}^{-1}\text{per seed}$, 黄皮为 $235\mu\text{l O}_2 \cdot \text{min}^{-1}\text{per seed}$)^[4,15]。因此, 黄皮种子成熟

时种子内部的代谢活动仍然比较活跃, 湿藏 2d 后呼吸强度略有回升, 可推测种子已进入了萌发过程。

花后 46—53d 的黄皮种子, 经轻度脱水可提高其活力指数, 但花后 60-88d 的黄皮种子, 却不耐轻度脱水。未完全发育成熟的荔枝和龙眼种子经硅胶脱水 2d, 可提高其发芽率及活力指数, 继续脱水则活力下降^(5,8)。与荔枝种子相比较, 不同发育时期黄皮种子对脱水敏感性的差异较大些。花后 67—88d 的黄皮种子轻度脱水时发芽率仍保持 100%, 但其活力指数却明显下降。可见, 活力指数比发芽率更能精确反映种子内发生的细微变化, 也说明种子脱水伤害是一种渐进式的劣变过程, 而不存在所谓的临界含水量。另外, 由于种子脱水时活力指数的变化与含水量显著相关, 故用本文脱水敏感度来衡量种子的脱水敏感性或耐脱水能力是比较可行的。

参 考 文 献

- 1 王晓峰, 傅家瑞. 芒果种子的脱水与贮藏研究. 植物学报, 1991; 33 (2): 118—123
- 2 王俊美, 傅家瑞. 木菠萝种子萌发与贮藏研究. 中山大学学报论丛 (21), 1990; 9 (2): 42—46.
- 3 宋学之, 陈青度, 王东馥等. 坡垒、青皮种子失水过程中活力与根尖细胞亚显微结构变化研究. 林业科学, 1983; (5): 121—125
- 4 唐锡华, 沈瑞娟, 朱治平. 高等植物胚胎的发育生物学研究. 植物生理学报, 1983; (4) 451—454
- 5 夏清华, 陈润政, 傅家瑞. 不同发育时期荔枝种子的生理研究. 中山大学学报 (自然科学版), 1993; 32 (1): 80—86
- 6 黄学林, 陈润政等编. 种子生理学实验手册, 农业出版社, 1990; 83—84
- 7 傅家瑞. 顽拗性种子. 植物生理学通讯, 1991; 27 (6): 402—406
- 8 夏清华, 陈润政, 傅家瑞. 荔枝和龙眼种子胚轴的脱水及贮存. 华南植物学报, 1992; 试刊 I; 40—47
- 9 Berjak P, Dini M, Pammenter N W. Possible mechanisms underlying the differing dehydration responses in recalcitrant and orthodox seed; desiccation—associated subcellular changes in propagules of *Arucennia marina*. Seed Sci & Technol, 1984; 12: 365—384
- 10 Berjak P, Farrant J M, Pammenter N W. The basis of recalcitrant seed behaviour. In: Taylorson R Bed, Recent advances in the development and germination of seeds. New York; Plenum Press, 1990; 89-108
- 11 Berjak P, Farrant J M, Pammenter N W. Recalcitrant (homoiohydrous) seeds: the enigma of their desiccation-sensitivity. Seed Sci & Technol, 1990; 18; 297-310
- 12 Finch-Savage W E. Seed development in the recalcitrant species *Quercus robur* L; germinability and desiccation tolerance. Seed Sci Research 1992; 2: 17-22
- 13 Finch-Savage W E. Embryo water status and survival in the recalcitrant species *Quercus robur* L; Evidence for a critical moisture content. J Exp Bot, 1992; 43; 663-669
- 14 Finch-Savage W E, Clay H A, Blake P S, Browning G. Seed development in the recalcitrant species *Quercus robur* L; Water status and endogenous abscisic acid levels; J Exp Bot, 1992; 43; 671—679
- 15 Nicola E, etc. Respiratory and carbohydrate changes in developing pea seeds in relation to their ability to withstand desiccation. J Exp Bot, 1976; 103: 304—313

STUDIES ON DESICCATION SENSITIVITY OF WAMPEE SEED IN DIFFERENT DEVELOPMENT STAGES

Jin Jianping Fu Jiarui Jiang Xiaochen

(*Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275*)

Abstract

When wampee seeds developed from 46 days after anthesis (DAA) to fruit maturation, the germination percentage rose from zero to 100%, while the vigor index rose from zero and attained maximum value at 74 DAA, and then dropped down slightly. The respiratory rate per gram dry weight decreased continuously, but that on per seed basis increased constantly during 46—67 DAA and fell afterwards, then rose again after wet-storage for one day. The seeds developed ahead of the fruit, the dry weight per seed reached nearly maximum value at 74 DAA with maximum vigor index, meanwhile, the fresh weight per fruit reached nearly maximum value, but its dry weight was only 73% of that at ripening stage. The germination percentage of the seeds during 46—53 DAA was less than 100%. Mild desiccation could improve the seed germination percentage and vigor index, and the germination percentage from 60 DAA to the days of fruit maturation were all 100%. In this period any degree of the seed desiccation could decrease the vigor index. However, the desiccation-sensitivity of seeds during various development stages was different, among which, seeds at 67 DAA had the lowest desiccation-sensitivity, while seeds at 88 DAA (maturation) had the highest.

Key words: Chinese wampee; Recalcitrant seed; Desiccation-sensitivity; Respiratory rate