

胡杨的受精作用和胚胎发育*

李文钊 朱 彤

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘要 观察了胡杨的受精过程以及胚乳和胚的发育,结果如下:湿型柱头,表皮细胞具腺质特征,传粉期分泌脂滴。在光学显微镜下,子房腔中花粉管内的精细胞质和精核内的核仁清晰可见。受精作用发生于授粉后8—13d,精核核膜与雌性核膜正在融合而界限尚未消失时,精核内染色质已经分散,核仁更加明显。核型胚乳,在球形胚时期细胞化,在胚生长过程中被吸收,至胚成熟时消耗殆尽。胚珠和胚的生长均呈S形曲线,但胚珠的迅速生长期早于胚的迅速生长期。胚达到最终长度(0.8—1.0mm)10d后,种子方才散出。从传粉至种子散出约两个半月。

讨论了杨属柱头的异形性、雌雄性核融合过程中精核的状态以及胚珠、胚和胚乳生长的相关性。

关键词 胡杨; 受精作用; 胚胎发育

胡杨 *Populus euphratica* Oliv.) 是沙漠盐碱土地地区的重要造林树种。近年来,我们研究了它的种子发育过程,前文已报道花粉和胚囊的发育^[4]。本文报道受精过程和胚胎发育,以期杨树杂交育种提供资料。

一、材料和方法

除少数作室内水培实验材料于1982年采自甘肃民勤县,在温室水培,人工授粉外,大多数材料于1985年4月30日—7月19日采自内蒙古磴口中国林业科学研究院实验林场,自然传粉。4月30日—5月5日为传粉期,每天上、下午各固定雌花序5—10个;5月6—10日,柱头枯萎,子房膨大,预测为受精期,每天上、下午各固定两次,每次也是5—10个雌花序;5月11—22日,子房继续膨大,采集时切开子房上端以利固定液进入,每天上、下午各固定一次;5月23日—6月11日,采集时切去幼果上端和下端及两侧的部分果皮,每天固定一次;6月13日—7月19日,果实渐趋成熟,每隔一天,固定种子。固定液为FAA。常规石蜡切片法制片,切片厚10 μ m。用于明视野观察的材料,以铁矾苏木精-固绿染色。用于荧光显微镜观察的材料,以0.5%脱色苯胺蓝染花粉管,金胺O染柱头表皮细胞的角质层。AO2071M型落射荧光显微镜2073滤光片组合观察和拍照。此外,以苏丹IV染新鲜的柱头徒手切片以观察脂肪反应。

本文于1988年7月20日收到。

* 国家自然科学基金资助课题。

二、观察结果

(一) 柱头的特性和花粉管的生长

胡杨的柱头3裂,紫红色,呈花瓣状,多皱折,凹凸不平(图版I-1)。柱头表面满布乳突,每一乳突由多数腺性细胞组成,这些腺性细胞具浓厚的细胞质和分散的液泡(图版I-2)。传粉期新鲜柱头的徒手切片可见大量油滴状分泌物,以苏丹IV染色,呈红色,为脂肪反应。石蜡切片脱蜡后用金胺O染色,在柱头表皮细胞外显示一层强绿色荧光的角质层,其上有脂滴和花粉粒,脂滴呈暗褐色,花粉管外壁呈亮黄绿色荧光。以上试验结果表明胡杨的柱头属湿型。

授粉后2 h,花粉萌发,伸出花粉管,迅速穿入柱头细胞之间,为典型的短管型(图版I-4)。授粉后8 h,大量花粉管在柱头组织中生长,生殖细胞进入花粉管前端,有的花粉管在离管端一定距离处形成胼胝质塞(图版I-5)。授粉后48 h,花粉管已到达子房腔上部(图版I-6),内含2个发育良好的精子,精核圆球形,直径约2.5—3.0 μm ,具染色质颗粒和明显的核仁,其外围以细胞质鞘,2个精子紧密相连成棱形(图版I-7)。

(二) 花粉管的生长和胚囊发育的相关

当花粉管进入子房腔时,珠心中含大孢子母细胞(图版I-8);当花粉管在子房腔中生长时,大孢子母细胞进行减数分裂,产生4个大孢子,此阶段持续约5—6 d。蓼型胚囊,从功能大孢子开始分裂,经2核、4核、8核阶段,发育为成熟胚囊,只需2—3 d。成熟胚囊中的卵细胞是高度液泡化的,2极核融合为一个很大的次生核。5月8—9日的切片中见到了大量的8核胚囊和成熟的7核胚囊。关于胚囊发育的详细情况见前文^[4]。

(三) 受精作用

1. 花粉管进入胚囊和助细胞 在5月8—9日的切片中,观察到花粉管通过珠孔进入胚囊—珠孔受精(图版II-1)。

成熟的卵器包括1个卵细胞和2个助细胞,其中1个助细胞在受精前即已退化,着色很深,花粉管进入退化的助细胞并释放内含物(图版II-2)。内含物往往围绕卵细胞的合点端(图版II-2,3,7);另一个助细胞到精卵融合时尚未退化(图版II-4)。

2. 雌雄性核融合 胡杨雌雄性核的融合过程和已报道过的被子植物,如还阳参(*Crepis capillaris*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、小麦(*Triticum aestivum*)、棉花(*Gossypium hirsutum*)、紫萼(*Hosta caerulea*)等^[9,5]的基本过程相似,但因其精子的核仁在花粉管中已经出现,故又有不同之处:

(1) 两个精核同时分别贴附在卵核核膜和次生核核膜上(图版II-3;图版III-1,摄自同一切片的不同焦距)。此时的精核可见染色质颗粒和核仁(图版III-2);

(2) 当精核与雌性核接触处的核膜融合时,精核核仁清晰可见(图版II-4;图版III-3);

(3) 精核核仁逐渐增大,并向雌性核仁靠拢(图版II-5—8;图版III-4,5);

(4) 精核核仁和雌性核仁融合(图版II-9;图版III-6—8);

(5) 精核与次生核融合的速度较精核与卵核融合的速度快得多。当精核的核膜与卵核的核膜正在融合时,另一精核核仁与次生核核仁已完全融合形成初生胚乳核中的核仁(图版II-

4)。

3. 助细胞受精 两个助细胞中的一个在花粉管进入胚囊时即已退化(图版Ⅱ-1), 另一个可延至精核核膜与卵核核膜融合之时(图版Ⅱ-4)。显然, 这个助细胞是正常的, 细胞核位于珠孔端, 大液泡位于合点端。偶尔还观察到助细胞核内含大小两个核仁以及小核仁增大并与大核仁融合的过程(图版Ⅲ-10—12)。但是, 未见两个花粉管和额外的精子进入胚囊, 也未见助细胞胚。不过, 我们曾在小叶杨×美杨的胚胎发育过程中见到过胚囊的珠孔端有三个胚, 可能一个是合子胚, 其余两个是助细胞胚。

(四) 胚乳和胚的发育

1. 胚乳的生长和消失

(1) 胚乳游离核时期 传粉后13—15 d, 初生胚乳核开始分裂, 形成核型胚乳(图版Ⅳ-1, 4)。游离核椭圆形, 通常具1—2个核仁, 偶尔有3个的。以有丝分裂的方式不断进行同步分裂(图版Ⅳ-5)。至几个细胞原胚时, 成片的游离核移到胚囊边缘, 中央形成大液泡。游离核时期持续至球形胚早期。

(2) 胚乳细胞形成期 球形胚晚期, 自珠孔端和合点端向中央渐次形成胚乳细胞。胚乳细胞形成后, 继续进行有丝分裂(图版Ⅳ-8), 至心形期, 胚乳细胞充满整个胚囊(图版Ⅳ-10)。

(3) 胚乳细胞消化期 在幼胚生长过程中, 胚乳细胞逐渐被吸收, 及至胚成熟时, 胚乳细胞消耗殆尽, 故成熟种子中无胚乳(图版Ⅳ-12)。

2. 胚的发育

(1) 原胚期 5月底6月初, 合子在休眠约半个月之后进行第一次分裂, 形成二细胞原胚(图版Ⅳ-2)。接着, 顶细胞大多纵裂, 偶然横裂(图版Ⅳ-3, 4)。经过四分体和八分体阶段(图版Ⅳ-6, 7), 胚体继续分裂多次, 形成球形胚(图版Ⅳ-9)。球形胚从小到大, 持续约8—9 d, 胚体可自30 μm增至70 μm, 其周围的胚乳游离核开始转变为胚乳细胞。

(2) 心形胚期 6月13日前后, 在球形胚的合点端出现两个小突起, 3—5 d内迅速发展为心形胚, 分化出明显的子叶、下胚轴和胚根, 胚体长度可自90 μm增至180 μm。心形胚早期胚乳仍处于细胞化时期, 胚乳细胞不断进行有丝分裂和无丝分裂, 至心形胚晚期, 胚囊内充满了胚乳细胞。

(3) 鱼雷胚期 本文以子叶长度与下胚轴长度约略相等为鱼雷胚期。这个阶段很短, 仅2—3 d, 胚体长约300 μm, 胚乳细胞内含大量营养物质, 并开始解体。

(4) 子叶伸长期 紧接于鱼雷胚期之后有一个迅速生长的阶段, 在2—3 d内, 子叶长度猛增至下胚轴长度的2倍以上, 胚体自450 μm伸长至600 μm, 此时胚乳的大部分已被吸收, 仅合点端尚有少量留存。此阶段持续时间很长, 从6月中旬延至7月上旬。

(5) 成熟期 7月10日左右, 胚体的生长达到最终长度, 约为750—770 μm, 胚乳完全消失。连同种皮和残留的珠心, 成熟种子长约1.0—1.2 μm, 胚直立, 子叶2枚, 等长或稍不等长, 含大量营养物质; 根冠原与表皮原相接处有一圈长形细胞, 当种子萌发时, 这圈细胞伸长形成根毛状, 可能与根的早期吸水有关; 种皮细胞具螺纹增厚, 但不妨碍种子的萌发。

综上所述, 可得: 胡杨自开花至种子成熟的发育时间表(附表)、胡杨胚乳、胚和胚珠不同发育阶段的形态变化、生长速率及其相互关系的示意图(图1)、胡杨胚和胚珠的生长曲线及其与胚乳消长的相关性(图2)。

附表

胡杨自开花至种子成熟的发育时间

(内蒙古, 磴口, 1985)

日期 (日/月)	传粉后天数 (d)	持续天数 (d)	进 程
30/4—2/5	0—2	3	花粉粒落在柱头上, 花粉管在柱头组织中生长
2/5—6/5	2—6	5	花粉管进入子房腔; 大孢子母细胞减数分裂
7/5—8/5	7—8	2	功能大孢子经过3次连续分裂形成8核胚囊
8/5—13/5	8—13	6	双受精作用
13/5—31/5	13—31	19	初生胚乳核第一次分裂形成胚乳游离核; 合子休眠
1/6—4/6	32—35	4	合子开始分裂, 2—多细胞原胚; 胚乳游离核连续分裂
5/6—13/6	36—44	9	球形胚期; 胚乳游离核转变为胚乳细胞
13/6—15/6	44—46	3	心形胚期; 胚乳细胞继续分裂至完全充满胚囊
15/6—17/6	46—48	3	鱼雷胚期; 胚乳细胞积累营养物质, 并开始解体
17/6—3/7	48—64	17	子叶伸长期; 胚乳细胞逐渐消失
3/7—13/7	64—74	11	胚发育成熟, 胚乳完全消失

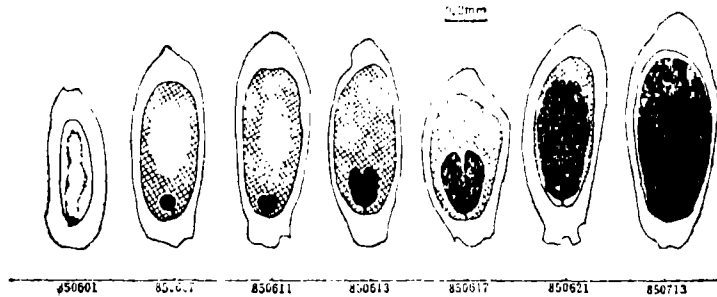


图1 胡杨胚乳、胚和胚珠不同发育阶段的形态变化、生长速率及其相互关系的图解

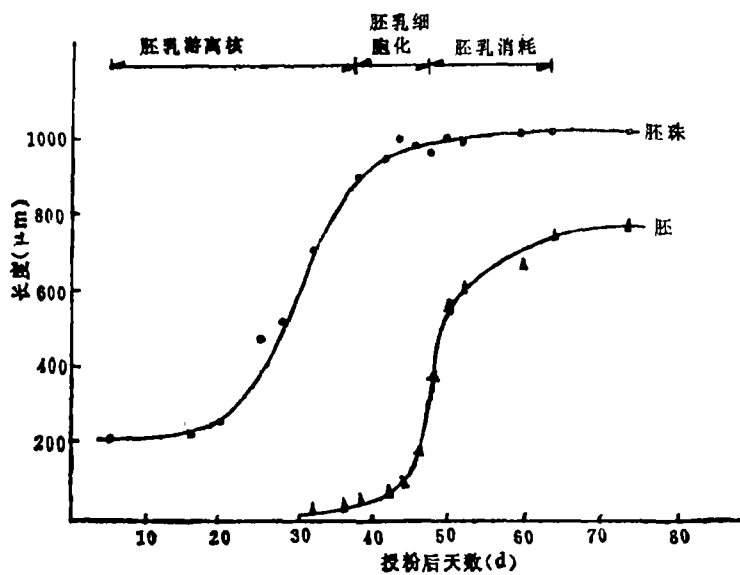


图2 胡杨胚和胚珠的生长曲线及其与胚乳消长的相关性

三、讨论和结论

(一) 胡杨的柱头属湿型

Heslop-Harrison和Shivanna(1977)曾经把杨属(*Populus*)传粉期的柱头列入干柱头,柱头表面具乳突,乳突细胞多列的类型^[11]。但Villar等(1987)在研究银白杨(*P. alba*)和欧洲黑杨(*P. nigra*)柱头接受面的结构和细胞化学特性的报告中显示银白杨的柱头接受面含丰富的不饱和类脂物,为湿型柱头;欧洲黑杨的柱头接受面仅为表膜所覆盖,为干型柱头^[19]。我们在观察大叶杨(*P. lasiocarpa*)和胡杨的柱头时,发现它们都是湿型柱头,不过前者主要分泌多糖和蛋白质,而后者则主要分泌脂滴。因此,我们的观察结果和Villar等的观察结果是一致的:杨属的柱头不是同形而是异形(heterogeneous)。Villar等还以柱头的异形性来解释杨属的单侧杂交现象,如银白杨×欧洲黑杨可以成功,而反交则不能(Willing & Pryor, 1976)^[20]。在我们的杂交实验中,也有类似的情况:小叶杨(*P. simonii* Carr.)×胡杨可以获得杂种,而胡杨×小叶杨从未获得过杂种^[9]。

(二) 胡杨的精细胞具细胞质和核仁

虽然Wylie(1923,1941)在苦草*Vallisneria americana*的研究中显示了花粉管内清晰的精子细胞质和核仁^[21,22],但通常认为在光学显微镜水平上,精子的细胞质和核仁是很难分辨的。胡适宜和朱激(1979)报道:在4种被子植物——向日葵、小麦、棉花和紫萼(*Hosta caerulea*)中,只有在紫萼花粉管内的精核周围可以看见一层薄而透明的细胞质鞘,其余3种无论是在花粉管中或胚囊中,都只能看到精核而看不到细胞质,而且所有4种均看不到精子的核仁^[6]。本实验在光学显微镜下看到了胡杨子房腔中花粉管内的精子具有清晰的细胞质和核仁。Anderson(1939)认为观察不到精核周围的细胞质和使用核染料有关,因为核染料是不能显示细胞质的^[7]。我们的切片是以铁矾苏木精染色,固绿复染,前者是核染料,后者是细胞质染料,所以能够很好地染细胞质。这可能是显示胡杨花粉管中精子细胞质的原因。至于在光镜下看不到核仁,可能与核仁的大小有关。近年来,在电镜水平上已显示出棉花(Jensen & Fisher, 1968)、甜菜(Hoefert, 1969)、大麦(Cass, 1973)和黑麦(Karas, 1976)精子的超微结构中有核仁的存在^[8,13-16]。胡杨的精核为圆球形,直径约2.5—3.0 μm,其内的核仁不小于0.5 μm,在光学显微镜的分辨率以内,所以是看得见的。

(三) 关于雌雄性核融合过程中精核的状态

早在本世纪初期,对于雌雄性核融合过程中,精核是处于静止状态还是在有丝分裂的某个阶段,曾经进行过很多讨论^[15]。Hoare(1934)认为*Scilla nonscripta*的生殖细胞分裂所形成的核“永不进入完全的静止期”,而是显现出一个浓密的染色质网,这现象被解释为“处于前一早末期(previous early telophase)”^[12,16]。Gerassimova-Navashina(1960)认为精核在受精前尚未完成其有丝分裂周期,处于末期状态,而成熟卵细胞的卵核是处于有丝分裂“静止期”。她在还阳参(*Crepis capillaris*)雌雄性核融合的图中显示了精核“浸入”卵核后,精核核仁出现^[9,10,17]。胡适宜和朱激(1979)根据对向日葵、小麦、棉花和紫萼观察的结果概括了被子植物雌雄性核融合的基本程序,其中精子的染色质组在受精的卵核内松解和出现雄性核仁^[6]。申家恒等在大豆和玉米的受精过程^[1,2]中也报道了类似的情况。

本实验观察到胡杨子房腔中花粉管内的精核已有核仁形成。当精核贴附在卵核核膜上时，精核内可见染色质颗粒和核仁。随后，在雌雄性核膜正在融合而界限尚未完全消失时，精核内的染色质已经分散，核仁更加清晰。这些现象显示胡杨雌雄核融合过程中精核的状态不同于还阳参、向日葵、棉花等。胡杨的精核在受精前已进入“静止期”，核仁已经出现在雌雄性核融合过程中，只是由于染色质分散而核仁显得更加清晰。

怎样解释以上各种植物雌雄性核融合过程中精子状态的差异？这可能和各种植物生殖细胞有丝分裂过程所需要的时间和从传粉到受精所经历的间隔期的长短有关。通常，有丝分裂过程一般持续几十分钟或几小时，末期短的只要几分钟，长的也不过以小时计。对于那些从传粉到受精间隔期较短的植物，如还阳参(1 h)、小麦(1—4 h)、向日葵(3 h)等^[1]，假设它们受精前精子处于有丝分裂末期状态，而后再在雌雄性核融合过程中完成其分裂过程，从时间上看，可能是一致的。但对那些从传粉到受精间隔期长的植物，如胡杨(8—13 d)就不一致了。在这么长的间隔期中，为什么花粉管中的生殖细胞长期滞留于分裂末期而不最后完成其分裂过程呢？事实上，如前所述，胡杨精核的核仁在授粉后48 h已经形成。因此，我们认为“精子在受精前处于有丝分裂状态”和“雄性核仁在雌雄性核融合过程中出现”也许不能概括全部的被子植物，精核核仁在何时何处出现是因植物而异的。

(四) 胡杨的胚珠和胚的生长呈S形曲线

胡杨的胚珠在受精以后就不断生长，在胚乳游离核和合子休眠阶段生长缓慢，但当合子开始分裂到球形胚增长阶段则生长迅速，及至心形胚阶段胚珠已差不多伸长至最终长度，以后增长不多，故生长曲线呈S形。

胡杨的胚的生长有两个平缓期和一个快速期：第一个平缓期在传粉后30—40 d，即球形胚阶段，第二个平缓期在传粉后52—60 d，即胚已接近最终长度阶段。在这两个平缓期之间是一个快速生长期，从心形期起，胚体迅速增大，尤其是子叶迅速伸长，在6 d之内，胚体长度几乎以每隔一天增长一倍的速度发展。因此，胚的生长曲线也呈S形。

由此可以看出胚珠和胚生长的相关：胚珠的迅速生长期早于胚的迅速生长期，在胚胎发育的早期阶段，胚珠快速生长，而当胚胎进入快速生长阶段，胚珠的生长已接近最终长度。

同时，胚乳的消长过程是和胚的生长密切相关的：胚乳游离核时期，胚的生长平缓，胚乳细胞阶段，为胚的生长提供养料来源，因而胚的生长迅速，一直到胚乳即将耗尽，胚也就接近最终长度，然后转入平缓生长。

综上所述，胡杨胚珠、胚和胚乳生长的相关性和S形生长曲线，与前人在森林海棠(*Malus sylvestris*)、罂粟(*Papaver somniferum*)、曼陀罗(*Datura stramonium*)以及小麦、水稻、棉花、荠菜等的研究结果^[18]相似而又有其特点，符合胚乳和胚生长直至种子成熟的一般规律。

参 考 文 献

- [1] 申家恒, 1983, 大豆受精作用的研究, 植物学报, 25(3): 213—219.
- [2] 申家恒等, 1987, 玉米双受精过程的细胞学观察, 植物学报, 29(5): 480—485.
- [3] 李文钊等, 1986, 胡杨与小叶杨远缘杂交不亲和性的障碍, 林业科学, 22(1): 2—3.
- [4] 李文钊等, 1988, 胡杨花粉和胚囊的发育, 林业科学研究, 1(2): 132—139.
- [5] 胡适宜等, 1979, 高等植物受精作用中雄性核和雌性核的融合, 植物学报, 21(1): 1—10.
- [6] 胡适宜, 被子植物胚胎学, 1982, 人民教育出版社, 125—126.

- [7] Anderson, L. E., 1939, Cytoplasmic inclusions in the male gametes of *Lilium*, Amer. J. Bot., 26:761—766.
- [8] Cass, D. D., 1973, An ultrastructural and Nomarski-interference study of the sperm of barley, Can. J. Bot., 51:601—605.
- [9] Gerassimova-Nawaschina, H., 1933, Fertilization in *Crepis capillaris* Cellule, 42:103—148.
- [10] Gerassimova-Nawaschina, H., 1960, A contribution to the cytology of fertilization in flowering plants, Nucleus, 3:111—120.
- [11] Heslop-Harrison, Y. et al., 1977, The receptive surface of the angiosperm stigma, Ann. Bot., 41:1233—1258.
- [12] Hoare, G., 1934, Gametogenesis and fertilization in *Scilla nonscripta*, Cellule, 42:269—292.
- [12] Hoefert, L., 1969, Ultrastructure of Beta pollen I. Cytoplasmic constituent, Amer. J. Bot., 56:363—368.
- [14] Jensen, W. A. et al., 1968, Cotton embryogenesis: The sperm, Protoplasma, 65:277—286.
- [15] Karas, I. et al., 1976, Ultrastructural aspects of sperm cell formation in rye: Evidence for cell plate involvement in generative cell division, Phytomorphology, 26:36—45.
- [16] Maheshwari, P., 1950, An introduction to embryology of Angiosperms, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [17] Maheshwari, P., 1963, Recent advances in the embryology of Angiosperms, McGraw-Hill Book Company, New York, 116—121.
- [18] Raghavan, V., 1976, Experimental embryogenesis in vascular plants, Academic Press, London, New York, San Francisco, 90—107.
- [19] Villar, M., et al., 1987, Incompatibility in *Populus*: Structural and cytochemical Characteristics of the receptive stigmas of *Populus alba* and *P. nigra*, J. Cell Sci., 87:483—490.
- [20] Willing, R. R. et al., 1976, Interspecific hybridization in poplar, Theor. Appl. Genet., 47:141—151.
- [21] Wylie, R. B., 1923, Sperms of *Vallisneria spiralis*, Bot. Gaz., 75: 191—202.
- [22] Wylie, R. B., 1941, Some aspects of fertilization in *Vallisneria*, Amer. J. Bot., 28:169—174.

FERTILIZATION AND EMBRYO DEVELOPMENT IN *POPULUS EUPHRATICA* OLIV.

Li Wendian Zhu Tong

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract The fertilization and the development of endosperm and embryo of *Populus euphratica* Oliv. have been studied. The results are summarized as follows:

1. The stigma is of wet type. The exudate that stained red with Sudan IV is derived from the glandular stigmatic surface cells. The cuticle gives a clear green fluorescence following auramine O staining.

2. 48 hours after pollination, two sperm cells are seen in the pollen tube

within the ovarian cavity. Each sperm cell contains a large nucleus that is surrounded by cytoplasm. The nucleus is spherical, about 2.5—3.0 μm in diameter, with a prominent nucleolus.

3. Fertilization takes place in 8—13 days after pollination. The pollen tube enters the ovule through the micropyle (porogamy). The sperm nucleolus is more distinctive during the fusion of the male and female nuclear membranes. The male and female nucleoli fused together to form a new nucleolus, the fertilized egg nucleolus.

4. The endosperm is of nuclear type. Cellularization begins at globular embryo stage and completes its process at heart-shaped embryo stage. The growth curve correlations of the endosperm and embryo show that the nuclear endosperm does not have a significant role in nourishing the proembryo during embryogenesis, but the cellular endosperm do provide nutrition to the developing embryo.

5. After resting for 19 days, the zygote divides transversely, resulting in an apical cell and a basal cell. The apical cell divides transversely or longitudinally to form a linear or T-shaped proembryo. Globular embryo stage lasts for 10 days. Growth of the embryo follows the pattern of a typical S-shaped curve.

6. Timetable from pollination of the flower to fruit maturity has been given.

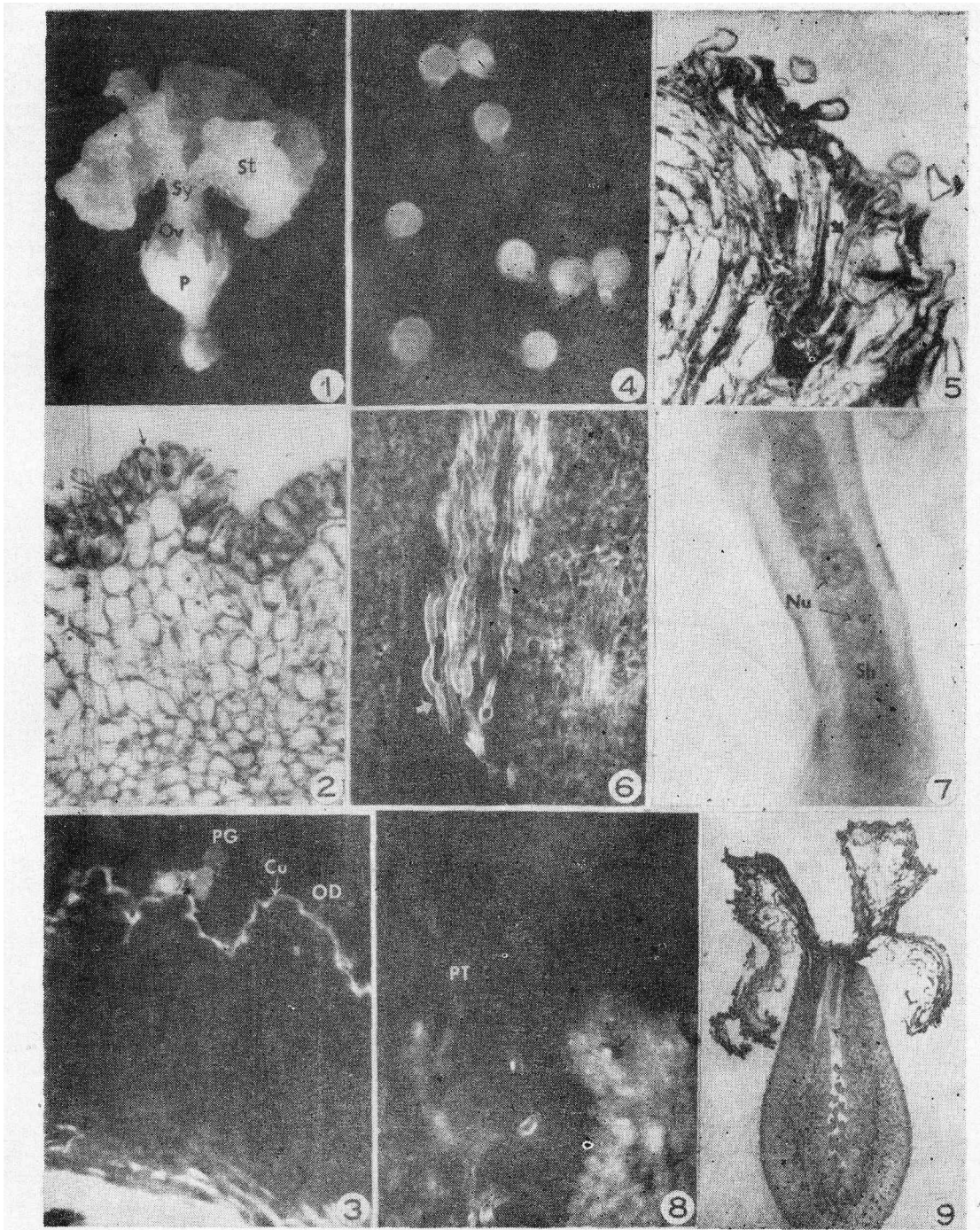
Key words *Populus euphratica* Oliv.; fertilization; embryo development

征订启事

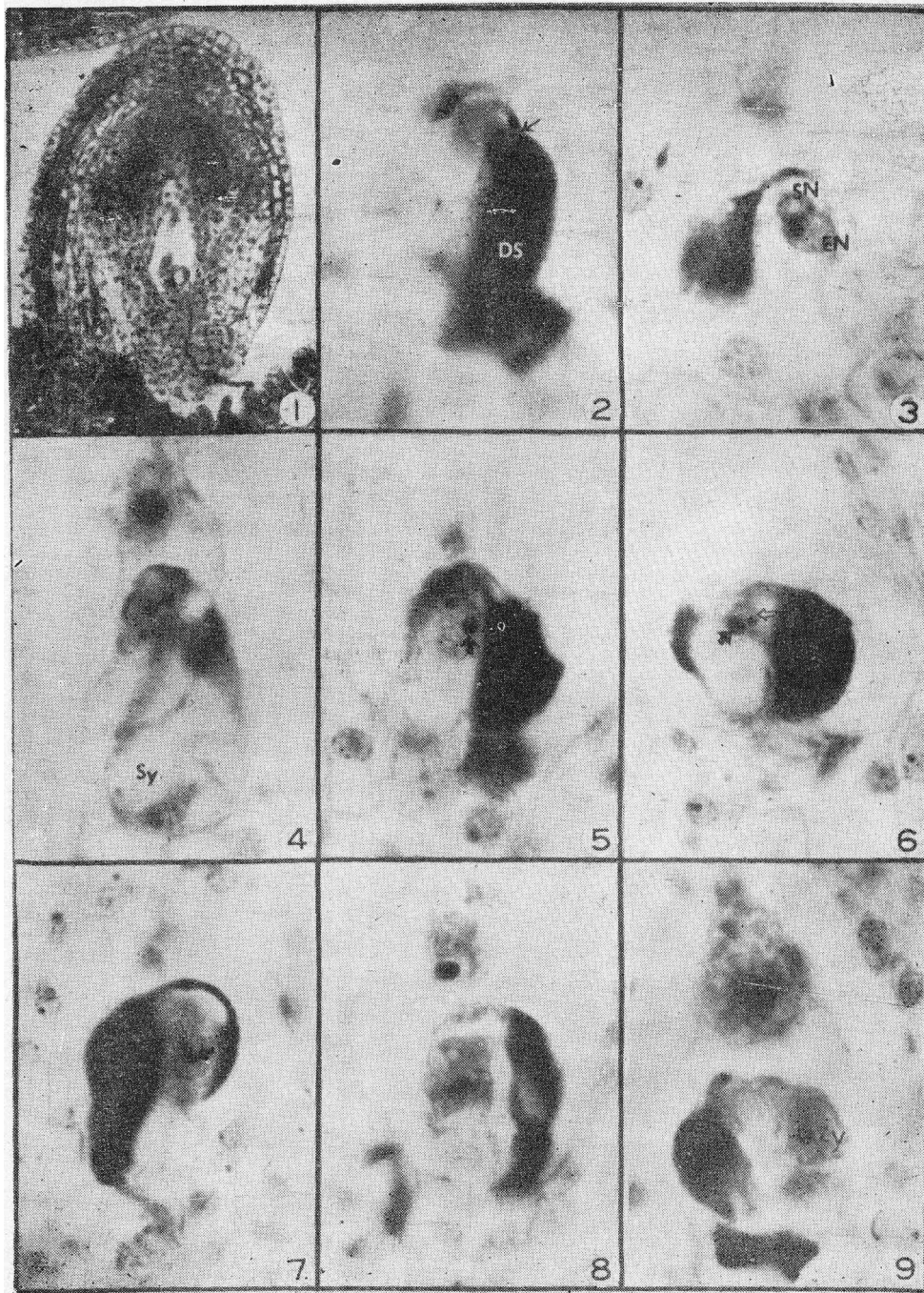
欢迎订阅1989年《江苏林业科技》

《江苏林业科技》为公开发行的综合性的林业科学技术刊物。办刊宗旨是立足本省，面向全国，贯彻“双百”方针，提高与普及兼顾，以应用科学技术为主要内容，着重报道良种选育、育苗造林、园林绿化、林业经济、林副特产、森林经营、森林保护、林业调查、林业机械、野生动物、多种经营、环境保护等方面的研究论文、试验报告、经验总结、专题调查，新成果、新技术的推广应用及国内外林业科技信息等。主要栏目有综述与专论、试验研究、科技简报、技术经验、技术开发、工作研究、译文等。适合林业行政部门、生产、设计单位的科技工作者、管理干部、工人，科研单位的研究人员，林业院校师生，基层林技推广人员及与林业有关的学科(专业)、部门的科技人员阅读参考。本刊为季刊，每期定价0.65元，全年订费2.60元。暂由编辑部自办发行。现已开始办理1989年征订手续(限于经费，概不交换、赠送)，需订阅者请将订款汇至南京中华门外东善桥省林科所《江苏林业科技》编辑部，由银行或邮局汇寄均可(请勿在信内夹寄现金或邮票)。**开户银行**：南京市农业银行，**帐号**：7140711804。

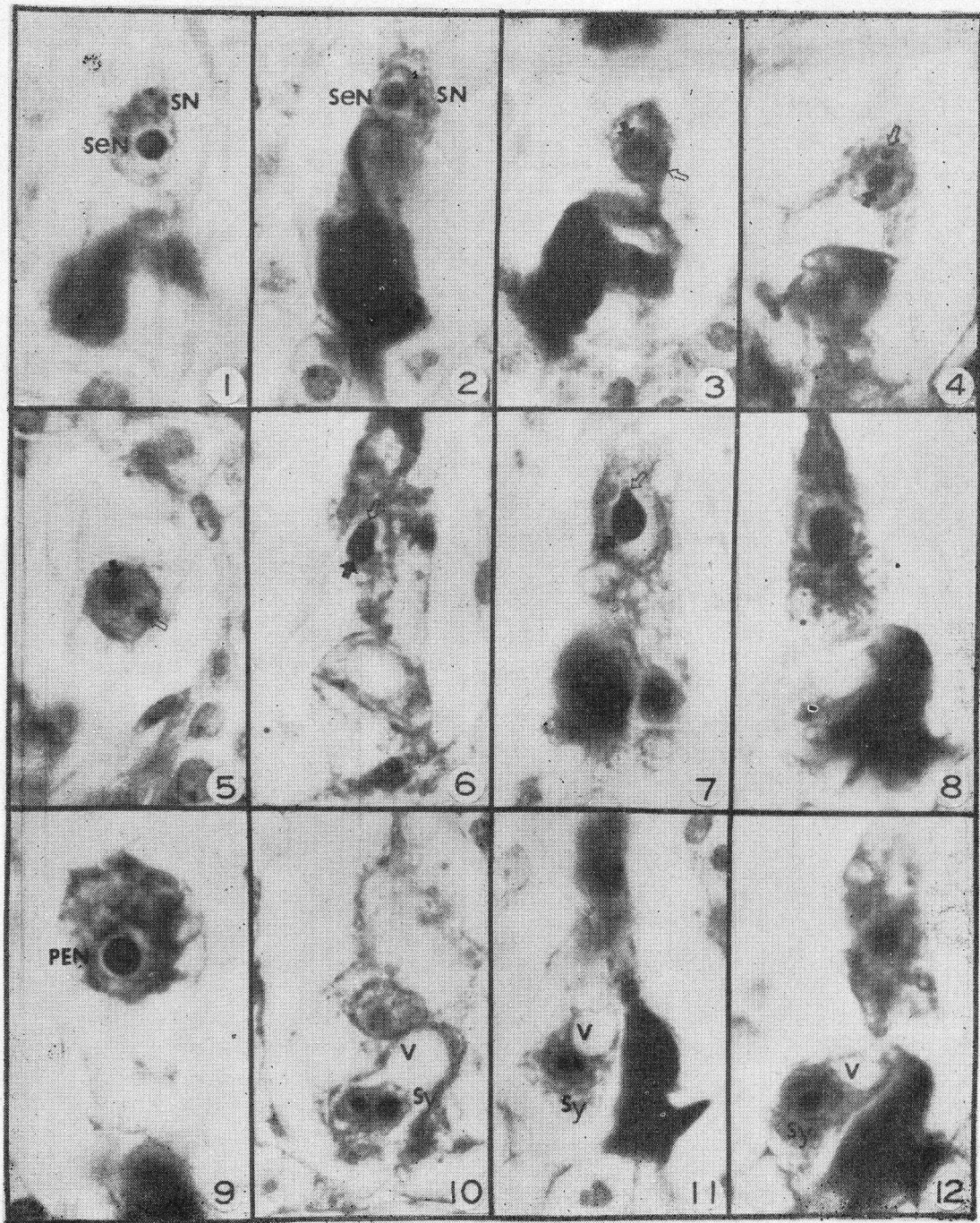
对于订阅《江苏林业科技》的读者，仍免费赠送《江苏林业信息》(全年24期)一份。为便于计划发行，请尽快办理订阅手续。



1. 一朵雌花(柱头(St)、花柱(SY)、子房(Ov)、花被(P)) $9\times$; 2. 柱头纵切面的一部分, 示表皮腺细胞(↑), $298\times$; 3. 柱头纵切面的一部分, 示角质层(Cu)、花粉粒(PG)、油滴(OD), $186\times$; 4. 人工授粉后 2 h 的柱头压片, 示花粉粒萌发后迅速进入柱头, $240\times$; 5. 人工授粉后 8 h, 示花粉管(↑)进入柱头组织, $146\times$; 6. 自然传粉后 48 h, 花粉管(↑)进入子房的上部, $370\times$; 7. 人工授粉后 48 h, 子房腔中花粉管的一部分, 示精核核仁(Nu)和细胞质鞘(Sh), $3700\times$; 8. 自然传粉后 5 d, 花粉管(PT)在胚珠附近, 箭头指处为大孢子母细胞, $336\times$; 9. 自然传粉后 4 d 的雌花纵切面, 示柱头枯萎, 花粉管进入子房腔(↑) $20\times$ 。3、4、6、8 为荧光显微照片。



1. 示花粉管经过珠孔进入胚囊, 224 \times ; 2. 花粉管进入—退化助细胞(DS), 释放内含物(\uparrow), 1474 \times ; 3. 一精核(SN)贴附在卵核(EN)核膜上, 1340 \times ; 4. 精核与卵核接触处的核膜融合, 空心箭头指精核核仁, 实 心箭头指卵核核仁(图 5—7 同), 1340 \times ; 5. 精核核膜与卵核核膜融合, 精核核仁在卵核内, 1340 \times ; 6. 精核核仁靠近卵核核仁, 1340 \times ; 7. 精核核仁增大, 进一步靠近卵核核仁, 1340 \times ; 8. 精核核仁和卵核核仁几乎等大, 1120 \times ; 9. 精核核仁与卵核核仁融合 为一大核仁, 合子(ZY)形成, 1340 \times 。



1和2. 精核(SN)贴附于次生核(SEN)的核膜上, 3—7. 空心箭头所指为精核核仁, 实心箭头所指为次生核核仁, 3. 精核核膜与次生核核膜融合, 精核核仁出现; 4和5. 精核核仁在次生核核膜内; 6和7. 精核核仁和次生核核仁融合; 8和9. 精核核仁和次生核核仁融合为初生胚乳核(PEN); 10—12. 助细胞受精, SY为助细胞, V为液泡, 10. 助细胞内出现一精核核仁(较小者); 11. 精核核仁增大, 与助细胞核仁几乎等大; 12. 精核核仁与助细胞核仁融合成一 大核仁。本图版各图均为1340×。



1. 初生胚乳核分裂(↑)和休眠合子(ZY), 1340×; 2. 细胞原胚, 箭头指处为胚乳游离核, 880×; 3. 顶细胞裂横, 箭头指处为胚乳游离核, 660×; 4. 顶细胞纵裂, 胚乳游离核成囊状, 260×; 5. 胚乳游离核分裂, 560×; 6. 四分体时期, 600×; 7. 八分体时期, 660×; 8. 球形胚期胚乳细胞分裂, 536×; 9. 球形胚和胚柄, 291×; 10. 胚珠纵切, 示心形胚和胚乳细胞, 300×; 11. 接近成熟的种子纵切面, 示幼胚、胚乳(EN)、残留的胚柄(↑), 92×; 12. 成熟种子纵切面, 示成熟胚, 胚乳消失, 75×。