

温敏核不育小麦可育花药和败育花药发育观察

李东霄¹ 邓小莉² 李 淦¹ 徐龙龙¹ 茹振钢^{1*}

(¹河南科技学院小麦研究中心, 新乡 453003; ²新乡学院生命科学与技术系, 新乡 453003)

摘要 对温敏核不育小麦百农不育系(Bainong sterility, BNS)的可育和不育花药结构进行对比观察。在减数分裂期、小孢子早期和小孢子晚期, 可育花药与不育花药的结构相同。小孢子分裂形成二胞花粉后, 可育花粉中随着大液泡的分解, 细胞质内含物增加, 其中出现一些颗粒状物质。不育花药中, 小孢子也可分裂形成二胞花粉, 但营养细胞的大液泡不分解, 细胞质也不增加, 最终花粉中的细胞质消失, 花粉败育。该种温敏核不育小麦的花粉败育时间发生在二胞花粉早期, 可能和其大液泡没有适时分解有关。花粉败育时间的确定为进一步深入研究该种雄性不育小麦的败育机制打下了基础。

关键词 小麦; 温敏雄性不育; 花粉; 花药

雄性不育是植物花药发育异常的一种常见现象, 在许多植物中都发现有雄性不育的现象^[1]。由于作物的雄性不育可免除人工去雄的操作, 是作物杂种优势利用的基础, 因而, 对植物雄性不育机理的探索一直是非常活跃的研究领域^[2-3]。植物花药发育是一个复杂的过程, 由许多环节组成。花药在小孢子母细胞时期、四分体时期、小孢子早期、小孢子晚期以及二胞花粉时期都有可能发生败育。通常双子叶植物的雄性不育发生在小孢子母细胞时期或四分体时期, 而单子叶植物常发生在小孢子时期^[4]。确定花粉败育发生时期是进一步深入研究雄性不育机制的基础。温敏小麦百农不育系(Bainong sterility, BNS)是河南科技学院发现的一种对温度敏感的小麦, 在减数分裂前处于10 °C低温下, 花粉发生败育; 而在13 °C以上, 花药正常可育^[5-7]。由于该不育系对温度敏感, 可通过温度调节使其成为保持系或不育系, 具有小麦两系法育种的潜力。至今对该种不育系花粉败育时间的研究很少, 仅苏晴等^[8]用涂片法对温敏核不育小麦BNS的花粉败育做了观察, 发现不育系花粉在二核期以后出现核消融和空泡。李友勇等^[9]通过对该小麦可育花药和不育花药的蛋白质组学研究推测: 花粉败育可能是由于ATP数量的减少, 使小孢子ATP供应短缺, 进一步影响到小孢子的发育, 使代谢异常, 花粉败育。由于花粉败育时间是进一步用分子生物学方法深入研究的基础, 因而有必要确定该种雄性不育小麦的花粉败育时间。本文对该种温敏核不育小麦BNS可育和不育花药的结构

进行了对比研究, 以确定不育花药败育发生的确切时期, 为进一步用分子生物学技术研究其花药败育机制打下基础。

1 材料与amp;方法

温敏核不育小麦BNS是河南科技学院茹振钢于1998年从小麦品系97A131中发现的自然突变体, 表现为在减数分裂前处于13 °C以上温度时花粉发育正常, 而在10 °C低温下花粉发生败育。经多年试种后, 2002年定名为温敏小麦百农不育系(Bainong sterility, BNS)。该小麦每年10月份播种, 第二年4-5月抽穗。

首先, 通过压片方法对花药的发育时期做初步确定, 根据花粉发育的一些明显特征, 划分为造孢细胞时期、小孢子母细胞时期、小孢子早期(单核中位期)、小孢子晚期(单核靠边期)、二胞花粉期和三胞花粉期(接近成熟)。将不同发育时期的可育和不育花药横切后迅速投入到用50 mmol/L(pH7.0)二甲胍酸钠缓冲液配置的含2.5%戊二醛的前固定液中, 室温下固定3 h; 然后用50 mmol/L(pH7.0)二甲胍酸钠缓冲液换洗3次, 每次约0.5 h; 再将材料转入用50 mmol/L(pH7.0)二甲胍酸钠缓冲液配制的含1%锇

收稿日期: 2012-05-10 接受日期: 2012-06-20

国家科技支撑计划(No.2011BAD07B02)、国家高技术研究发展计划(863)(No.2011AA10A106)和河南省重大科技专项基金(No.111100110100)资助项目

*通讯作者。Tel: 0373-3040337, E-mail: ruzghist@gmail.com

酸的后固定液中, 4 °C下固定过夜。经过固定的花药用50 mmol/L(pH7.0)二甲胍酸钠缓冲液洗3次, 每次约0.5 h; 丙酮逐级脱水, Epon 812树脂包埋。Leica Ultracut R型超薄切片机切1 μm厚的半薄切片, 用Leica-DMR型显微镜观察和拍照。

2 结果

小麦花药的横切面呈蝶型, 中间为维管束。维管束周围的药隔薄壁细胞与左右对称的四个圆形药室相连。由于小麦的花药比较大, 各时期切片只取一个药室截图。

2.1 可育花药发育

在造孢细胞时期, 药室横切面上显示造孢细胞的体积很大, 排列紧密, 仅在4个细胞的中央有一些空隙。造孢细胞的横切面呈扇形, 细胞质浓厚, 核位于中央。此时, 花药壁组织已分化出4层细胞, 由外到内可区分出表皮、药室内壁、中层和绒毡层4层细胞, 这4层细胞之间的差异不大, 外面三层细胞中有些液泡, 而最内层(绒毡层)的细胞没有液泡(图1A)。

由造孢细胞向小孢子母细胞发育的过程中, 花药明显增大。花药的增大一方面是由于花药细胞的体积增大, 另一方面是由于花药室的空间增大。小孢子母细胞最明显的特征就是细胞之间形成较大空隙, 并被一层胼胝质壁包围。小孢子母细胞外形不规则, 细胞核的体积很大, 位于中央。组成花药壁的4层细胞中, 表皮细胞的液泡化程度较高, 大液泡占据细胞的大部分体积, 细胞质和细胞核被挤到细胞的边缘部分; 药室内壁和中层细胞中也有较多的小液泡。绒毡层细胞的体积较以前明显增大, 细胞中仅有少量的小液泡, 与外面三层药壁细胞形成鲜明对比(图1B)。

小孢子母细胞减数分裂形成单倍体的小孢子。早期小孢子呈圆形, 在药室中排列成一圈。由于此时的小孢子中没有液泡, 细胞质均匀, 细胞核位于中央, 也常称该时期为单核中位期。此时, 花药壁4层细胞没有明显变化, 绒毡层细胞的外形规则, 呈一层厚度一致的细胞, 表皮细胞依然高度液泡化, 药室内壁和中层也具有高度液泡化片层细胞的特征(图1C)。

小孢子发育的一个明显特征是高度液泡化, 由一些小液泡聚成一个大液泡, 使小孢子核从中央位置向边缘移动。此时, 药壁外三层细胞没有明显变

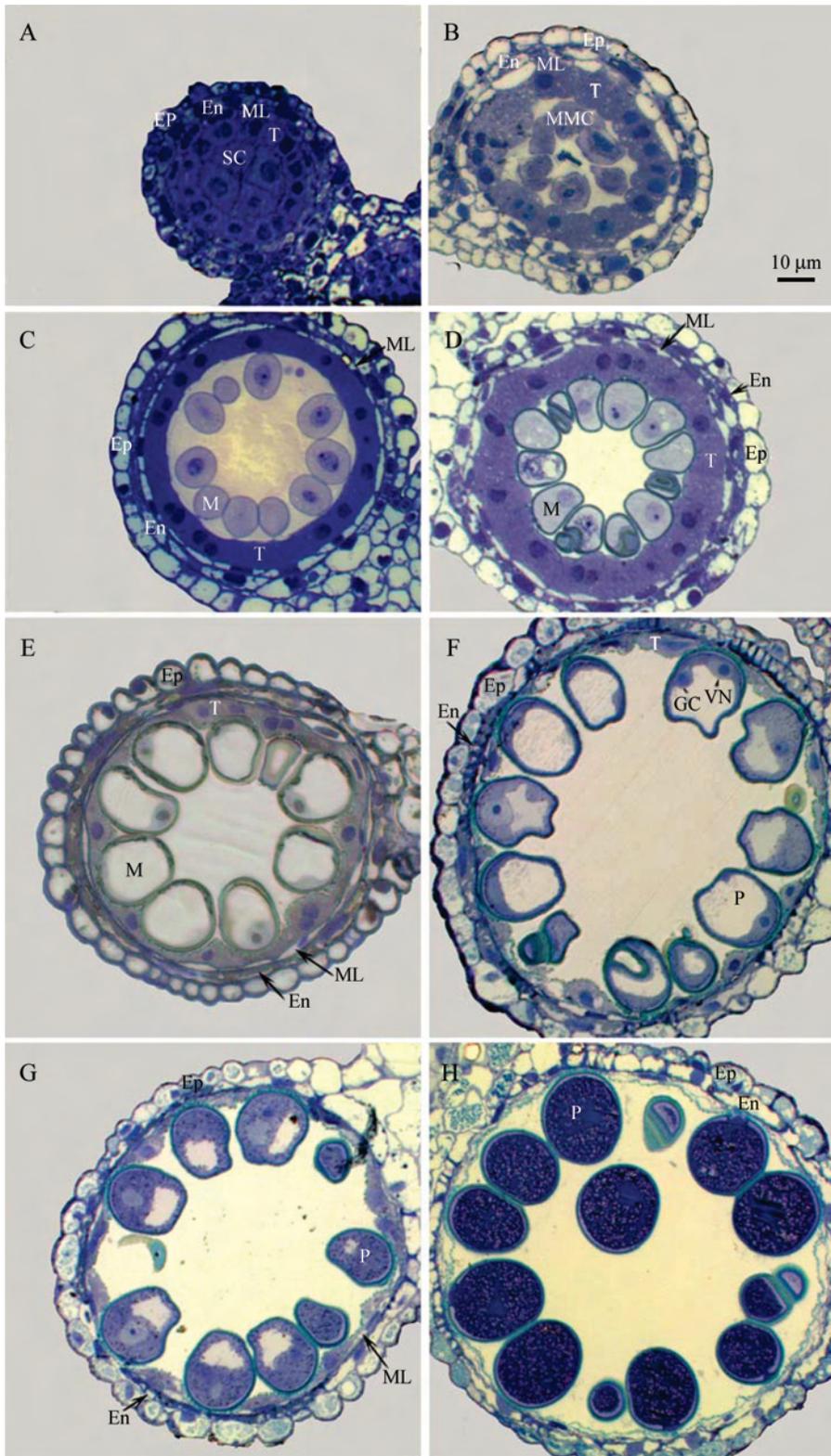
化, 但绒毡层细胞的体积较以前更加增大, 也变得不规则, 在细胞中出现了些微小的液泡, 细胞质的密度下降, 与小孢子接触部位内陷(图1D)。到小孢子发育后期, 小孢子中形成了1个明显的大液泡, 将细胞核和大部分细胞质挤到细胞一侧, 使小孢子形成了明显的极性, 为小孢子的不等分裂做好准备。此时期也被称为单核靠边期。此时, 绒毡层细胞的厚度进一步减小, 外形也更加不规则, 两个小孢子之间的绒毡层细胞部位较厚, 而与小孢子接触部位的绒毡层细胞内陷更加明显。在表皮细胞的外表面, 细胞壁明显增厚; 药室内壁和中层细胞仍呈薄片状(图1E)。

小孢子发育进行一次不均等的分裂, 产生了一个大的营养细胞和一个小的生殖细胞, 形成二胞花粉。之后, 营养细胞中的大液泡开始分解, 细胞质内含物增加。生殖细胞最初紧贴花粉壁, 但以后随着营养细胞中大液泡的消失, 生殖细胞脱离花粉壁, 迁移到营养细胞质中。此时, 绒毡层细胞进一步退化, 有些部位还保留有一些绒毡层细胞的残迹, 其中的细胞核已严重变形; 一些部位的绒毡层细胞残迹已完全消失。此时在药壁表皮下的药室内壁细胞中出现了一些染色较深的径向条纹, 是药室内壁细胞新形成的径向壁, 这也是药室内壁细胞发育的特征(图1F)。随着二胞花粉发育, 其营养细胞中大液泡的进一步减小, 细胞质内含物的增加, 其中有些颗粒状物质可能是淀粉粒。此时花药壁层中的中层细胞外形不规则, 呈现出退化状, 花药壁只保留了表皮和药室内壁两层细胞(图1G)。

接近开花时, 生殖细胞又经过一次有丝分裂, 形成两个精细胞, 花粉发育成为三胞花粉。在三胞花粉中, 液泡已完全消失, 细胞质中充满颗粒状物质(淀粉粒)。在即将开花的成熟花药中, 绒毡层和中层细胞完全消失, 组成花药壁的细胞只剩花药表皮和药室内壁两层细胞, 呈现出高度液泡化(图1H)。

2.2 不育花药

与可育花药的发育相比, 小孢子母细胞时期的不育花药没有显示出结构差异。在小孢子母细胞时期, 花药体积增大, 尤其是药室空间增大显著, 小孢子母细胞分散在药室中, 之间有较大的空隙。小孢子母细胞被一层较厚的胼胝质壁包裹, 细胞中已出现凝集的染色体。此时, 花药壁细胞已分化, 外面三层依次为表皮、药室内壁和中层细胞。表皮和中层



A: 造孢细胞时期的可育花药, 示药室内的造孢细胞(SC)和已形成的四层花药壁细胞(Ep: 表皮; En: 药室内壁; ML: 中层; T: 绒毡层); B: 小孢子母细胞(MMC)时期的可育花药, 示药室中的小孢子母细胞之间有较大的空隙。在四层花药壁细胞中, 外三层细胞表皮、药室内壁和中层细胞高度液泡化, 绒毡层细胞(T)中只有少量小液泡; C: 小孢子(M)早期的可育花药, 小孢子中的细胞核位于中央, 细胞中没有液泡。药壁四层细胞中, 外三层细胞依然高度液泡化, 最内层的绒毡层细胞中则没有液泡; D: 随着小孢子的发育, 细胞中出现一些小液泡。绒毡层细胞体积增大, 细胞中也出现一些小液泡; E: 小孢子晚期的可育花药, 在小孢子中形成一个大气泡将细胞核挤到边缘, 产生明显极性, 为小孢子的不均等分裂做好准备。此时的绒毡层细胞已变形, 处于退化中; F: 二胞花粉(P)时期的可育花药, 刚形成的二胞花粉仍含有大液泡, 由营养细胞(VN)和生殖细胞(GC)组成。花药壁中的绒毡层已退化成残渣, 药室内壁细胞中已形成了径向壁; G: 随着二胞花粉的发育, 二胞花粉中的大气泡减小、消失, 细胞质中出现一些颗粒物。药壁的中层细胞也呈退化状, 花粉直接与药室内壁细胞接触; H: 接近开花时, 可育花粉中充满淀粉粒。花药壁也只由表皮和药室内壁两层细胞组成。标尺=10 μm。

A: fertile anther in sporogenous cell stage, showing sporogenous cells in locule and 4 layers of anther wall (Ep: epidermis; En: endothecium; ML: middle layer; T: tapetum); B: fertile anther in microspore mother cell (MMC) stage, big space appears between microspore mother cells. The cells of epidermis, endothecium and middle layer are high vacuolization, and a few of small vacuoles are in tapetal cells (T); C: fertile anther in early microspore (M) stage, the microspore nucleus is in centre, and no vacuoles in the cell. Outer three layers of anther wall are still vacuolization, however, no vacuoles is in tapetal cells; D: with microspore development, some small vacuoles appear in the cell. Tapetal cells enlarge and produce some vacuoles; E: fertile anther in late

microspore stage, microspore forms a big vacuole to squeeze its nucleus to margin, which produces evident polarity in the cell, and prepares its unequal division. Tapetal cells begin degenerating and become amoeboid; F: at fertile anther in bi-cellular pollen (P) stage, the just formed bi-cellular pollen grain consists of vegetative cell (VN) and a generative cell (GC), and still contains a big vacuole. Tapetal cells degenerate, and endothecium cells form some radial wall; G: with pollen development, the big vacuole in vegetative cell disappear, and some granules appear in its cytoplasm. The middle layer cells of anther wall degenerate, and the pollen grains contact with endothecium; H: fertile anther nearly anthesis, fertile pollen full starches. The anther wall consist of epidermis and emdothecium. Bar=10 μm.

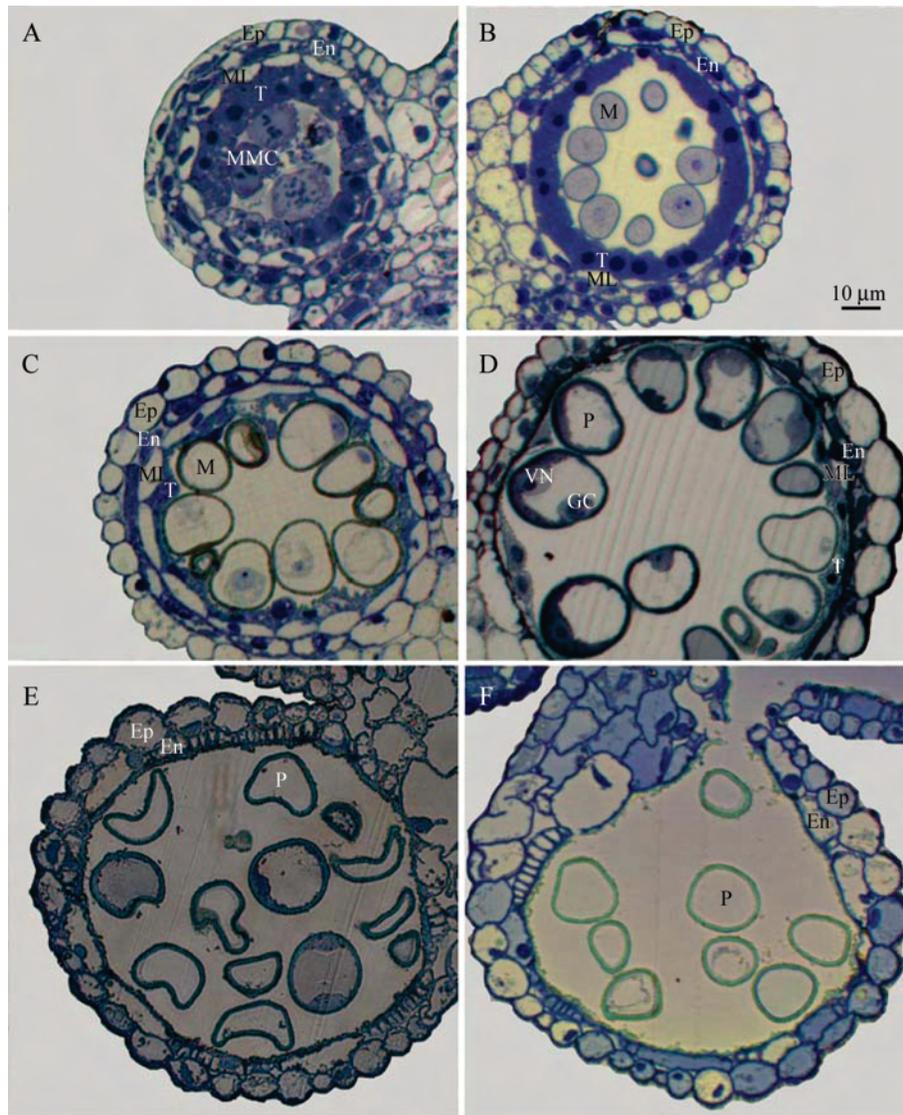
图1 可育花药的结构

Fig.1 The structure of fertile anthers

细胞的液泡化程度较高, 药室内壁细胞的较低。在最内层的绒毡层细胞中也出现一些零散分布的小液泡。由于中层细胞液变得高度液泡化, 使绒毡层细胞明显区别于其他三层药壁细胞(图2A)。

小孢子母细胞减数分裂完成后, 形成单倍体的

早期小孢子, 呈圆形, 细胞核位于细胞中央。此时花药壁的外三层细胞没有明显变化, 最内层的绒毡层细胞体积变小, 细胞中的小液泡消失(图2B)。与可育花药相比, 这时期的不育花药的组织细胞结构正常, 没有显示出明显的结构差异。



A: 小孢子母细胞时期的不育花药, 小孢子母细胞形成染色体, 开始减数分裂。药壁外三层细胞的液泡化, 绒毡层细胞中也开时出现一些小液泡; B: 小孢子早期的不育花药, 小孢子核位于细胞中央, 细胞质中没有液泡。花药壁外三层细胞表皮、药室内壁、中层没有明显变化, 绒毡层细胞中的液泡消失; C: 小孢子晚期的不育花药, 小孢子中形成大液泡将细胞核挤到边缘, 绒毡层细胞已退化呈残迹; D: 二胞花粉早期的不育花药, 由营养细胞(VN)和生殖细胞(GC)组成。此时中层细胞也变形、退化; E: 二胞花粉晚期的不育花药, 二胞花粉营养细胞中的大液泡未分解, 细胞质也未增加; F: 接近开花时, 完全败育的不育花药中只有一些花粉残迹, 组成花药壁细胞也只剩表皮和药室内壁两层细胞。标尺=10 μm 。

A: sterile anther in microspore mother cell stage, microspore mother cells form chromosomes and begin to meiosis. The cells of outer three layers of anther wall are vacuolization. Tapetal cells produce some small vacuoles; B: sterile anther in early microspore stage, microspore nucleus is in centre of the cell and no vacuoles in the cell. The cells of outer three layers of anther wall are no evident change, and the vacuoles in tapetal cells disappear; C: sterile anther in late microspore stage, microspore forms a big vacuole to squeeze its nucleus into cell margin. Tapetal cells degenerate; D: sterile anther in early bi-cellular pollen stage, consisting of vegetative cell(VN) and generative cell(GC). Middle layer cells degenerate at this time; E: sterile anther in late bicellular pollen stage, the big vacuole in bi-cellular pollen does not disintegrate and cytoplasm also does not increase; F: sterile anther early anthesis, aborted pollen only leaves vestiges of pollen wall in locule. The anther wall consists of two layers of epidermis and endothecium. Bar=10 μm .

图2 不育花药的结构

Fig.2 The structure of sterile anthers

随着不育花药的发育,小孢子中形成大液泡,将细胞核和细胞质挤到细胞的一侧,构成晚期小孢子(单核靠边期)。花药壁最内层的绒毡层细胞已变形、解体,呈现出退化的状态。绒毡层细胞的外形也呈现出小孢子侵入的特点,而在两个小孢子之间的绒毡层细胞保留较多。此时中层细胞的液泡化进一步增加,表皮细胞的体积也有所增大,而药室内壁细胞没有变化(图2C)。此时,不育花药仍没有显示出明显的结构差异。

不育花药的晚期小孢子可进一步分裂形成二胞花粉,分裂形成的营养核和生殖细胞结构特征很容易区分。在刚形成的二胞花粉中,大液泡将营养细胞核和生殖细胞分割开,使二者处于相对位置。此时,花药壁的表皮细胞的外面形成了较厚的覆盖物,有些部位的药室内壁细胞在其内切向壁已开始径向突起,形成新的径向壁。此时,中层细胞也开始变形,呈现退化迹象(图2D)。

然而,在不育花药的继续生长中,二胞花粉中的大液泡不分解、消失,细胞质也不增加,二胞花粉较长时间停滞在高度液泡化状态(图2E)。接近开花时,花粉中的细胞质完全消失,只剩一个由花粉壁构成的空壳(图2F)。

3 讨论

确定花粉败育发生的时期是进一步深入研究该种小麦雄性不育机制的基础。用分子生物学方法研究时,只有在花药细胞结构异常之前分离出的差异基因才是引起花药发育异常的诱发基因,而在此之后分离出的差异基因实际为败育作用基因。被子植物雄性不育的方式和时期非常复杂,不育花粉的败育会因为基因的表达时期以及基因作用机制不同而有很大差异。即使是同一种作物,其雄性不育花粉败育的时期也不尽相同。在水稻中就发现了多种雄性不育类型,每种类型中不育花粉的败育时间不同,如无花粉型(小孢子母细胞异常不形成花粉)、典败型(小孢子晚期败育,在水稻中占大多数)、圆败型(二胞花粉时期败育,花粉外形异常非圆形)、染败型(三胞花粉时期败育,花粉淀粉粒积累异常而不能被碘液染色)^[10]。对温敏核不育小麦BNS的花药育性转换已做了一些初步研究^[5-7],但对该种不育系花粉败育时间的研究很少。苏晴等^[8]的研究表明该种小麦的花粉异常发生在小孢子分裂后的二胞花粉

时期。而李友勇等^[9]则认为是小孢子异常导致花粉败育。通过蛋白质组学方法,他们发现不育花药中的ATP合酶的 α 和 β 亚基、胞质苹果酸脱氢酶、线粒体醛脱氢酶亚基、Rubisco亚基等呼吸和光合能量代谢蛋白都有差异。另外,从不育花药中还分离出了山梨醇脱氢酶、组蛋白H2B.2、Harpin诱导子1、延伸因子TU等非小麦正常代谢蛋白。他们认为ATP合酶的 α 、 β 亚基可能是BNS不育的源头蛋白。本实验结果显示,该种雄性不育小麦的败育时间发生在二胞花粉期间,主要是二胞花粉中的大液泡不能分解、细胞质不增加,最终导致花粉败育。我们的结果为下一步用分子生物学方法研究该种雄性不育小麦的败育机制奠定了基础。

绒毡层是花药壁的最内层体细胞,直接与花药室中的花粉母细胞及以后发育中的花粉接触,对花粉的正常发育具有十分重要的作用^[11]。绒毡层细胞通常在花药发育成熟前退化。然而,对引起绒毡层细胞准时退化的启动机制则还没有报道。在光敏核不育水稻中,可育花药的绒毡层细胞在小孢子晚期开始退化,到二胞花粉时期已基本消失。在绒毡层退化过程中,小孢子萌发孔都面向绒毡层,常可看到正对着萌发孔的绒毡层细胞区域首先变薄,而在两个花粉粒之间的区域仍保持较厚的状态。从这种结构特征推断绒毡层细胞的解体是由于具有大液泡的晚期小孢子通过萌发孔的吸收造成的。在不育花药中,花粉的败育发生在小孢子发育时期,由于没有小孢子的诱发,绒毡层细胞不但没有退化,而且一直可保留到花药成熟的开花期。这说明在花粉败育后,失去花粉吸收的外力作用,绒毡层细胞可继续保存^[12]。在本实验中,我们也观察到晚期小孢子紧邻的绒毡层细胞先呈现出凹陷状态,而两个小孢子之间的绒毡层细胞部位则仍较厚,呈现出晚期小孢子吸收绒毡层细胞的迹象。在不育花药中,由于花粉是在二胞时期败育,因此,也呈现出晚期小孢子侵入绒毡层细胞的迹象,到开花时,败育花药的药壁也是由表皮和药室内壁两层细胞组成。上述结果暗示,在正常花药发育中,绒毡层细胞的退化与小孢子发育有关,具大液泡的晚期小孢子可能是启动绒毡层细胞退化的诱因。然而,对于双子叶植物,绒毡层细胞是在小孢子早期退化的,另外有些植物的小孢子没有大液泡,对这些植物中小孢子与绒毡层细胞退化的关系还需广泛研究。

参考文献 (References)

- 1 Kaul MLH. Male sterility in higher plants. Berlin: Springer-Verlag, 1988, 211-56.
- 2 Hanson MR, Bentolila S. Interactions of mitochondrial and nuclear genes that affect male gametophyte development. *Plant Cell* 2004; 16Suppl: S154-69.
- 3 谢潮添, 魏冬梅, 田惠桥. 高等植物雄性不育的细胞生物学研究进展. *植物生理与分子生物学学报*(Xie Chaotian, Wei Dongmei, Tian Huiqiao. *Advances in cell biological researches on male sterility of higher plants. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*) 2006; 32(1): 17-23.
- 4 Laser KD, Lersten NR. Anatomy and cytology of microsporogenesis in cytoplasmic male sterile angiosperm. *Bot Rev* 1972; 38: 425-54.
- 5 李罗江, 茹振刚, 高庆荣, 姜辉, 郭凤芝, 吴世文, 等. BNS小麦的雄性不育性及其温光特性. *中国农业科学*(Li Luojiang, Ru Zhengang, Gao Qingrong, Jiang Hui, Guo Fengzhi, Wu Shiwen, *et al.* Male sterility and thermo-photosensitivity characteristics of BNS in wheat. *Scientia Agricultura Sinica*) 2009; 42(9): 3019-27.
- 6 周美兰, 茹振刚, 骆叶青, 罗丕, 李青, 郭小孔, 等. 两系小麦不育系BNS雄性育性的转换. *核农学报*(Zhou Meilan, Ru Zhengang, Luo Yeqing, Luo Pi, Li Qing, Guo Xiaokong, *et al.* Male fertility transformation of two-line wheat sterile lines BNS. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*) 2010; 24(5): 887-94.
- 7 张自阳, 胡铁柱, 冯素伟, 李笑慧, 李淦, 茹振刚. 温敏核雄性不育小麦BNS的育性转换规律初探. *河南农业科学*(Zhang Ziyang, Hu Tiezhu, Feng Suwei, Li Xiaohui, Li Gan, Ru Zhengang. A preliminary study on fertility alteration of thermo-sensitive genic male sterile wheat line BNS. *Journal of Henan Agricultural Sciences*) 2010; (7): 5-9.
- 8 苏晴, 秦志英, 程威, 李友勇. 小麦BNS不育系小孢子发育形态结构的细胞学观察. *河南科技学院学报*(Su Qing, Qin Zhiying, Cheng Wei, Li Youyong. Morphological and structural observations on anther and microspore developments of male sterile line BNS in wheat. *Journal of Henan Institute of Science and Technology*) 2011; 39(6): 5-9.
- 9 李友勇, 茹振刚, 苏晴, 付庆云. 小麦BNS雄性不育系及其转换系花药差异蛋白鉴定分析. *作物学报*(Li Youyong, Ru Zhengang, Su Qing, Fu Qingyun. Identification and analysis of differentially expressed proteins of BNS male sterile line and its conversion line of wheat. *Acta Agronomica Sinica*) 2011; 37(9): 1540-50.
- 10 朱英国. 水稻雄性不育生物学. 武汉: 武汉大学出版社(Zhu Yingguo. *Biology of male sterility in rice*. Wuhan: Wuhan University Press), 2000, 158-70.
- 11 胡适宜. 被子植物生殖生物学. 北京: 高等教育出版社(Hu Shiyi. *Reproductive biology of angiosperms*. Beijing: Higher Education Press), 2005, 33-43.
- 12 田惠桥, 肖羽华, 刘文芳. 光敏核不育水稻农垦58S可育花药与不育花药的比较研究. 肖羽华: 光敏核不育水稻的光周期及其生理学. 武汉: 武汉大学出版社(Tian Huiqiao, Xiao Yuhua, Liu Wenfang. A comparative study on fertility and sterile anthers of a photoperiod sensitive genic male-sterile rice. Xiao Yihua Ed: "Photoperiod and physiology of photoperiod-sensitive genic male-sterile rice". Wuhan: Wuhan University Press), 1993, 244-50.

Observation in Fertile and Sterile Anthers of A Thermo-sensitive Genic Male-sterile Wheat (*Triticum aestivum* L)

Li Dongxiao¹, Deng Xiaoli², Li Gan¹, Xu Longlong¹, Ru Zhengang^{1*}

¹*Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;*

²*Department of Life Sciences and Technology, Xinxiang University, Xinxiang 453003, China)*

Abstract We compared structure of the wheat fertile and sterile anthers with section method. There is no difference in both fertile and sterile anthers at microspore mother cell and microspore stage. After microspore divides to form a bi-cellular pollen grain, the big vacuole in vegetative cell of fertile pollen disintegrates and disappears, and the cytoplasm content of the cell increases, including some granules (starches). However, in sterile anther, microspores also divide to form bi-cellular pollen, however, the big vacuole in vegetative cell does not disintegrate and disappear. Finally, the pollen aborts with its cytoplasm disintegration in bi-cellular state. The time of the pollen abortion in the male sterile anther is at early bi-cellular stage due to the big vacuole no disintegration on time. The time confirmation of pollen abortion in the sterile anther makes a basis of further study for its male sterile mechanism.

Key words wheat; thermo-sensitive genic male-sterile; pollen; anther

Received: May 10, 2012 Accepted: June 20, 2012

This work was supported by the National Science and Technology Support Program (No.2011BAD07B02), the National High Technology Research and Development Program of China (No.2011AA10A106) and Henan Provincial Science and Technology Project (No.111100110100)

*Corresponding author. Tel: 86-373-3040337, E-mail: ruzhigist@gmail.com