

水稻 PcG 类基因 *OsEMF2b* T-DNA 插入杂合突变体的细胞学研究

程馨妍 裴 荣 姚家玲

华中农业大学生命科学技术学院, 武汉 430070

摘要 采用石蜡切片法对水稻 *OsEMF2b* 的 T-DNA 插入杂合突变体的花器官形态、雌雄蕊发育和种子形成等过程进行了细胞学研究。结果表明, *OsEMF2b* 杂合突变体花器官形态和各部分的数量有变异, 但花药和胚珠发育以及花粉和胚囊的育性正常。 *OsEMF2b* 杂合突变体出现一定比例的受精卵不分裂、胚胎发育延迟、胚胎畸形, 胚乳游离核不能细胞化和胚乳细胞退化解体等异常现象, 从而导致其结实率明显低于野生型。 *OsEMF2b* 基因可能在水稻的花器官形成和种子发育过程中具有重要的调控作用。

关键词 水稻(*Oryza sativa*); PcG 蛋白; *OsEMF2b*; T-DNA 插入突变体; 细胞学

中图分类号 S 511.501 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)01-0001-08

多梳蛋白(polycomb-group protein, PcG)是存在于植物和动物中的一类高度保守的染色质修饰因子^[1], 它们常形成复合物, 通过组蛋白甲基化修饰抑制靶基因的表达, 在哺乳动物和植物的生长发育过程中起着十分重要的作用^[2]。目前在双子叶模式植物拟南芥中发现有 VRN、FIS 和 EMF 3 个 PcG 复合物。其中 EMF 复合物由 EMF2、FIE、CLF/SWN 和 MSI1 组成^[3], 抑制 *MADS-box* 类基因的表达, 维持植株的营养生长^[4-8]。拟南芥 *EMF2* 的功能缺失突变体中, 植株在种子萌发后跳过营养生长直接在茎上开花, 不形成莲座叶, 并且产生不正常的花器官和不育的花^[2,4]。随后还发现 *EMF2* 突变体具有花器官形态异常、结实率降低等多种表型^[9-11]。进一步的研究表明, *EMF2* 参与 PcG 复合物介导的花器官同源异型基因 *AG*、*PI* 和 *AP3* 的沉默, 控制营养生长向生殖生长的转变^[12-13]。

单子叶模式植物水稻中有 2 个与拟南芥 *EMF2* 同源的基因 *OsEMF2a* 和 *OsEMF2b*。将 *OsEMF2a* 超表达后的转基因植株并没有出现晚花表型^[14]。Luo 等^[15]报道来自法国水稻 T-DNA 插入突变体库的 *OsEMF2b* 纯合突变体植株, 具有开花时间改变和花器官形态异常的表型。笔者所在课题组鉴定

了来自韩国水稻突变体库的 *OsEMF2b* T-DNA 插入突变体, 其纯合植株营养生长受到显著抑制, 不能抽穗结实, 杂合植株出现花器官形态异常和结实率降低的表型^[16-17]。本试验对 *OsEMF2b* T-DNA 插入杂合突变植株的生殖发育过程进行细胞学研究, 为 *OsEMF2b* 基因的功能分析提供细胞学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

OsEMF2b 突变体材料来自韩国水稻 T-DNA 插入突变体库, 其受体为粳稻品种 Dongjin。经过基因型鉴定后, 将野生型(WT)和 *OsEMF2b* T-DNA 插入杂合突变体同时种植在华中农业大学水稻试验田。

从水稻幼穗分化的第 3 个时期(P3)开始, 分别取 WT 和 *OsEMF2b* 杂合突变体各 7 个单株的稻穗, 每 2 d 取 1 次, 直到抽穗开花。早期小花整体制片, 后期小花剥取花药和子房, 用于花器官结构和配子体发育过程的制片。在水稻盛花期, 分别对 WT 和 *OsEMF2b* 杂合突变体开花的小花进行点颖标记, 分别取点颖当天及花后 1、2、3、4、5、7、10、14、

收稿日期: 2012-04-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(30971551)

程馨妍, 硕士研究生, 研究方向: 植物生殖生物学, E-mail: jxcxy0009@163.com

通讯作者: 姚家玲, 博士, 教授, 研究方向: 植物生殖发育生物学和资源植物, E-mail: yaojlmy@mail.hzau.edu.cn

21 d的小花或种子,用于胚胎和胚乳发育过程的制片。

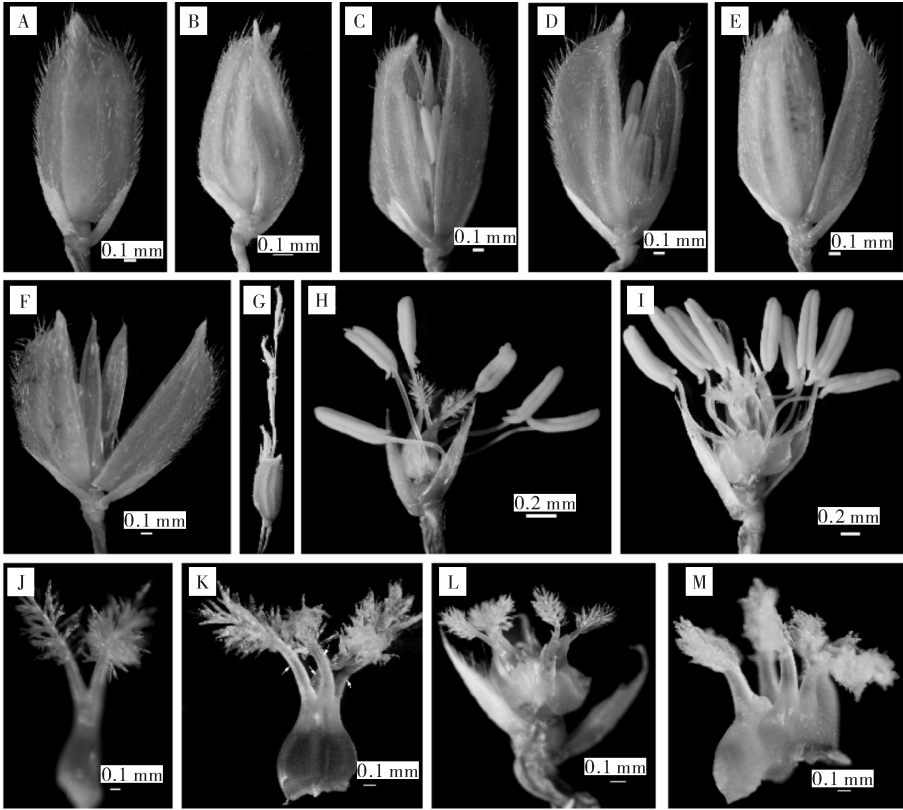
1.2 方 法

采用石蜡制片方法进行材料的包埋和切片。样品在 FAA 固定液 ($V_{\text{福尔马林}} : V_{\text{乙酸}} : V_{70\% \text{乙醇}} = 1 : 1 : 18$) 中固定 24 h 后,用爱氏苏木精整染 3~4 d,漂洗、返蓝,再经过一系列梯度乙醇脱水,梯度氯仿透明后,浸蜡 3 d,然后用石蜡进行包埋。修块后,使用全自动半薄轮转切片机 (LEICA RM2265) 将样品切成 $8\text{ }\mu\text{m}$ 厚的薄片,粘片和展片后置 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温干燥箱中烘片 3 d,二甲苯脱蜡,中性树胶封片后用光学显微镜 (Olympus BH-2) 和 CCD 摄影系统进行观察和拍照,图片经 photoshop 软件处理和排版。

2 结果与分析

2.1 *OsEMF2b* 突变体水稻颖花的发育

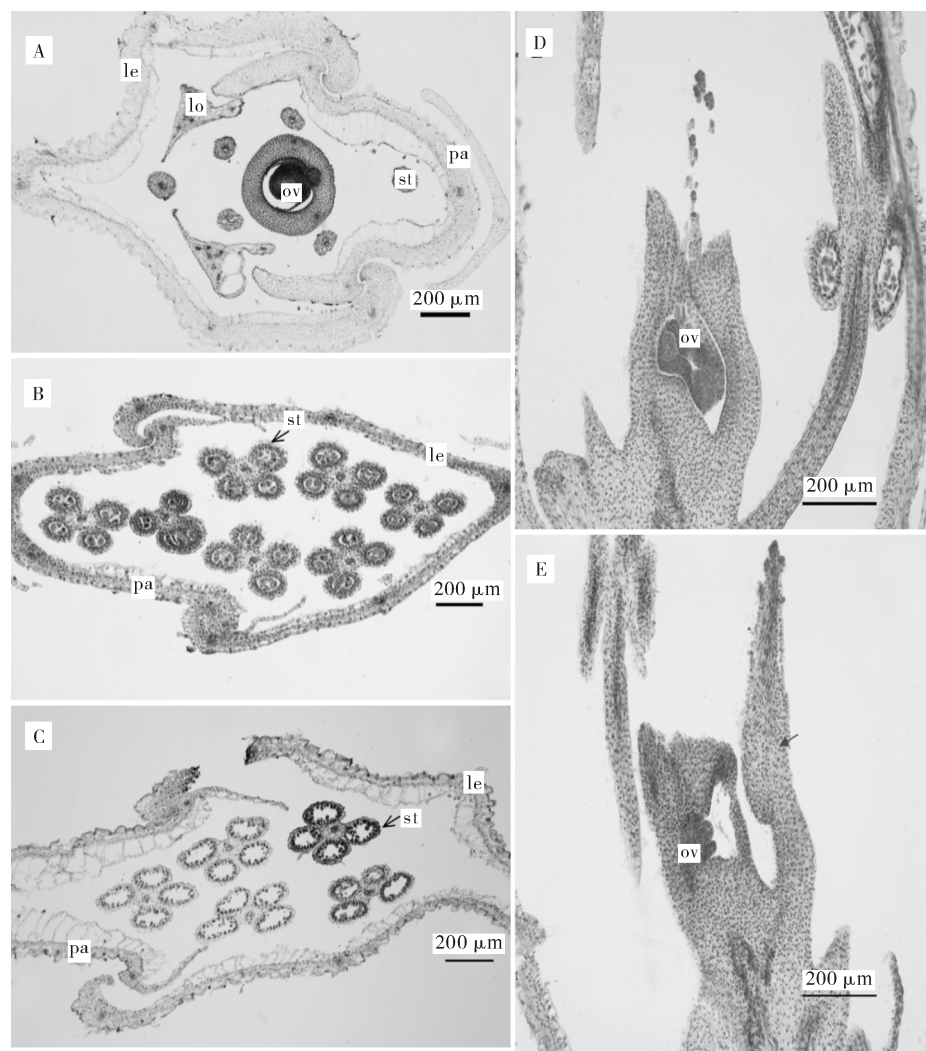
野生型水稻的小花由内外稃片、2 个浆片、6 个花药和 1 个雌蕊组成,子房内着生 1 个胚珠 (图 1-A)。*OsEMF2b* 杂合突变体的小花与部分小穗表现出器官缺失或数量变异。在体视显微镜下观察和拍摄的 *OsEMF2b* 杂合突变体花器官异常形态如图 1 所示。与野生型水稻小花的形态结构相比,突变体的小穗或花器官异常表型主要表现在:颖壳畸形 (图 1-B,C)、内稃退化 (图 1-D)、多颖壳 (图 1-E)、颖壳内有不明结构 (图 1-F)、顶端小花退化 (图 1-G)、多雄蕊 (图 1-I)、多柱头 (图 1-K)、多个雌蕊 (图 1-L) 以及多心皮融合 (图 1-M) 等。对这



A:野生型(WT)小花; B-G:*OsEMF2b* 杂合突变体的小花异常; B,C:突变体小花颖壳畸形; D:内稃退化; E:多颖壳; F:颖壳内有不明结构; G:顶端小花退化; H:将内外稃片去掉后的野生型小花; I:将内外稃片去掉后的 *OsEMF2b* 杂合突变体的多雄蕊; J:野生型小花雌蕊; K-M:*OsEMF2b* 杂合突变体的异常雌蕊; K:多柱头; L:多雌蕊; M:多心皮融合。A: Wild-type floret; B-G: Abnormal floret of *OsEMF2b* heterozygous mutant; B, C: Deformed glume; D: Degenerated palea; E: Multi-glume; F: Unknown structure in palea; G: Degeneration of apex floret; H: Stamen and pistil of wild-type of one floret; I: Multi-stamen of *OsEMF2b* heterozygous mutant (palea and lemma is excluded); J: Pistil of wild-type floret; K-M: Abnormal pistil of *OsEMF2b* heterozygous mutant; K: Multi-stigma; L: Multi-pistil; M: Multi-carpel fusion.

图 1 野生型和 *OsEMF2b* 杂合突变体水稻的花器官形态

Fig. 1 The floral organ morphology of the wild-type and *OsEMF2b* heterozygous mutant of rice



A: WT 横切小花,有内外稃片,2个浆片,6个花药和1个雌蕊; B,C: *OsEMF2b* 杂合突变体花药异常; B有7个花药,C有5个花药; D,E: *OsEMF2b* 杂合突变体雌蕊异常; D有2个心皮融合,E有2个雌蕊,箭头所指为另一个雌蕊; le:外稃,pa:内稃片,st:花药,ov:胚珠。A: Transection of wild-type floret,containing palea and lemma,two lodicules,six stamens and one pistil; B,C: Abnormal stamen of *OsEMF2b* heterozygous mutant. With seven stamens in B,and five in C. D,E: Abnormal pistil of *OsEMF2b* heterozygous mutant. D has two carpel fusion and E has two pistils,the red arrowhead showing another pistil. le: Lemma; pa: Palea; st: Stamen; ov: Ovule.

图 2 水稻 *OsEMF2b* 杂合突变体小花的雌雄蕊数目

Fig. 2 Change of number of stamen and pistil in one floral of *OsEMF2b* heterozygous mutant

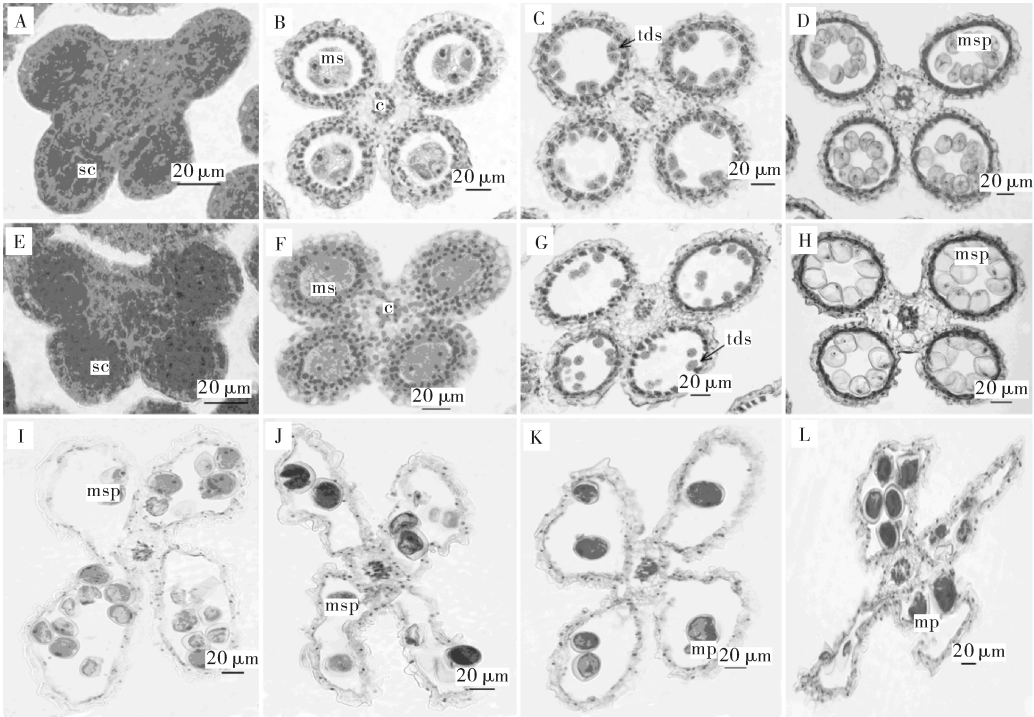
些异常颖花进一步切片(图 2)观察,结果显示:*OsEMF2b*杂合突变体花药为 5~7 个(图 2-B,C),有些小花形成多个雌蕊(图 2-E),有些小花在一个雌蕊的子房中形成 2 个着生方向相反的胚珠(图 2-D)。这些结果表明,*OsEMF2b* 基因控制水稻颖花的发育,其突变后导致颖花各部分数量和形态发生不同程度的改变。

2.2 *OsEMF2b* 杂合突变体花药和胚囊的发育

由于 *OsEMF2b* 杂合突变株的雄蕊和雌蕊的数

量发生了改变,因此,以野生型水稻为对照,对突变体植株花药和胚囊的发育过程进行较系统的细胞学观察,以鉴定突变体的花粉和胚囊育性。

野生型水稻的幼期花药,其花粉囊壁由表皮、药室内壁、中层和绒毡层组成(图 3-A)。花粉囊内的花粉母细胞(图 3-B)经过减数分裂后形成小孢子四分体(图 3-C)。随着花药的发育,单核花粉粒从四分体中释放出来(图 1-D),经过 1 次有丝分裂,形成营养细胞和生殖细胞,发育至二-细胞花粉时期(图 3-I)。



A-D,I,J: WT 花药和花粉发育过程; E-H,K,L: *OsEMF2b* 杂合突变体花药和花粉发育过程; A,E:造孢细胞时期; B,F:小孢子母细胞时期; C,G:小孢子四分体时期; D,H:单核花粉时期; I,K:2-细胞花粉时期; J,L:成熟花粉时期。sc:造孢细胞; ms:小孢子母细胞; c:药隔; tds:四分体; msp:小孢子或花粉粒; mp:成熟花粉粒。A-D,I,J:The stamen and pollen development of wild-type; E-H,K,L:The stamen and pollen development of *OsEMF2b* heterozygous mutant. A,E:Sporogenous cell stage; B,F: microspore mother cell stage; C,G: Tetrad stage; D,H: Microspore stage; I,K: 2-cell pollen grain stage; J,L: Mature pollen grain stage; Sc: Sporogenous cell; ms: Microspore mother cell; c: Connective of anther; tds: Tetrad; msp: Microspore or pollen; mp: Mature pollen.

图 3 野生型和 *OsEMF2b* 杂合突变体水稻的花药和花粉发育

Fig. 3 Stamen and pollen development of wild-type and *OsEMF2b* heterozygous mutant of rice

随后生殖细胞进行 1 次有丝分裂,形成 2 个精细胞,至此,三-细胞成熟花粉粒形成(图 3-K)。

与野生型水稻花药和花粉发育相比,*OsEMF2b* 杂合突变体的花药和花粉发育未见明显异常(图 3-E-H,J,L),开花期花粉碘染实验也显示其花粉育性正常^[16],表明水稻 *OsEMF2b* 杂合突变株的雄蕊数量虽然有变异,但其花药和花粉的发育是正常的。

野生型水稻胚珠和胚囊的发育过程:孢原细胞分化于近珠孔端珠心表皮下,内外珠被形成后不断分裂扩大(图 4-A)。孢原细胞长大后成为胚囊母细胞(图 4-B)。胚囊母细胞减数分裂后,形成大孢子四分体(图 4-C)。之后,靠近珠孔端的 3 个大孢子退化消失,近合点端的大孢子成为功能大孢子(图 4-D)。功能大孢子的细胞体积逐渐扩大,发育成为单核胚囊(图 4-E)。单核胚囊经过 3 次有丝分裂,依次形成二核胚囊(图 4-F)、四核胚囊后

(图 4-G)和八核胚囊。细胞化后形成具有七细胞八核的成熟胚囊(图 4-H)。

与野生型水稻胚珠和胚囊发育相比,在 *Os-EMF2b* 杂合突变体的胚囊发育过程中没有观察到明显的异常(图 4-I-P),表明 *OsEMF2b* 杂合突变体的胚珠和胚囊发育正常。

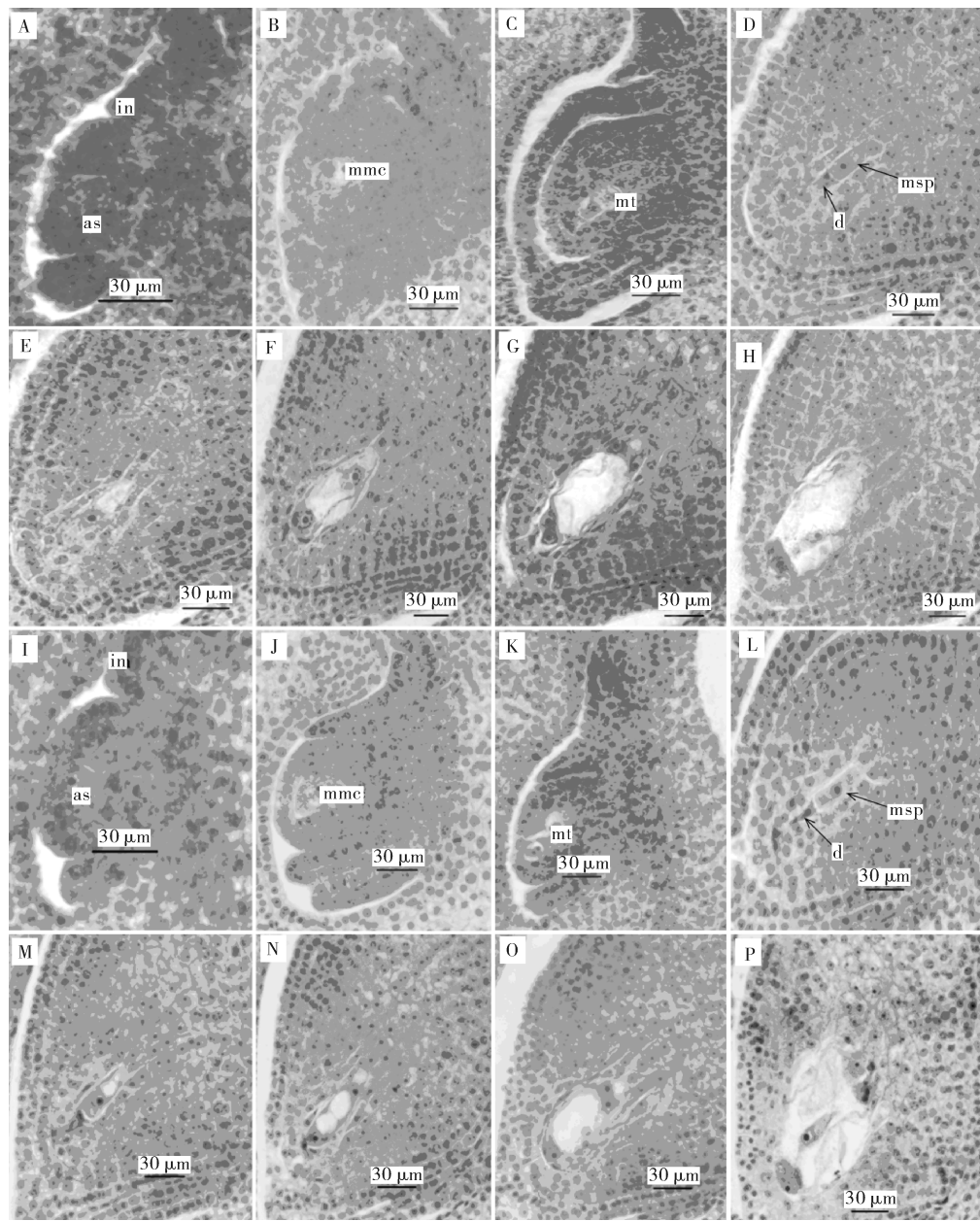
2.3 *OsEMF2b* 杂合突变体胚和胚乳的发育

虽然 *OsEMF2b* 杂合突变体没有影响花粉和胚囊的发育,但其结实率较野生型有明显下降^[16]。为寻找其结实率降低的原因,对野生型和突变体种子发育过程进行细胞学比较研究。

野生型水稻胚胎和胚乳发育过程:在受精后 2 d (2 DAP)的胚囊中,珠孔端有正在发育的原胚,初生胚乳核分裂形成的数个胚乳游离核分布在胚囊腔中(图 5-A)。受精后 3 d 的原胚呈梨形(图 5-B),此时的胚乳从靠近种皮的地方向中间开始细胞化。从 4 DAP开始胚分化出凹内的胚芽鞘,接着胚根开始

出现,胚囊内多数胚乳细胞在 5 DAP 完成细胞化过程(图 5-C)。当种子发育到 7 DAP 时,胚芽鞘中有 1~2 片幼叶,胚根清晰可见,胚乳细胞开始积累淀粉

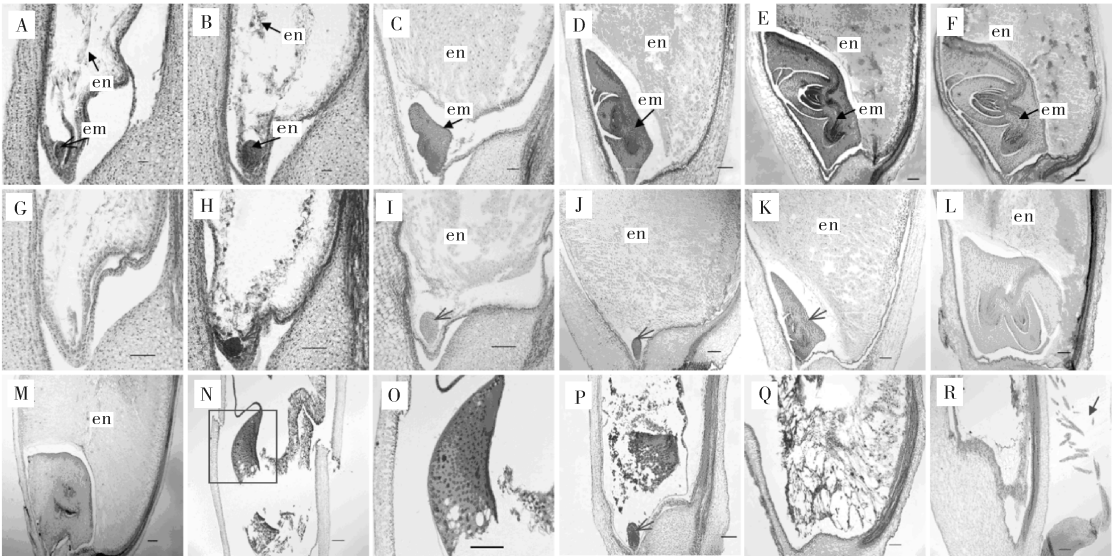
(图 5-D)。在 10 DAP、14 DAP 时,成熟胚各部分的结构清晰可见,胚芽周围形成 2~3 片幼叶(图 5-E-F),胚乳中的储藏物质进一步充实积累。



A-H:WT 胚囊发育过程; I-P:*OsEMF2b* 杂合突变体胚囊发育过程; A,I:孢原细胞时期; B,J:大孢子母细胞时期; C,K:大孢子四分体时期; D,L:功能大孢子时期; E,M:单核胚囊时期; F,N:二核胚囊时期; G,O:四核胚囊时期; H,P:成熟胚囊时期; as:孢原细胞; in:珠被; mmc:大孢子母细胞; mt:大孢子四分体; msp:功能大孢子; d:靠近珠孔端的 3 个大孢子细胞的退化痕迹。A-H:The embryo sac development of wild-type; I-P:The embryo sac development of *OsEMF2b* heterozygous mutant; A,I:Archesporial cell stage; B, J:Megaspore mother cell stage; C,K:Megaspore tetrad stage; D,L:Functional megaspore stage; E,M:Single-nucleate embryo sac stage; F,N:Bi-nucleate embryo sac stage; G,O:Four-nucleate embryo sac stage; H,P:Mature embryo sac stage; as:Archesporial cell; in:Integument; mmc:Megaspore mother cell; mt:Megaspore tetrad; msp:Megaspore; d:The degeneration trace of three megaspores close to micropyle.

图 4 野生型和 *OsEMF2b* 杂合突变体水稻的胚珠和胚囊发育

Fig. 4 Ovule and embryo sac development of wild-type and *OsEMF2b* heterozygous mutant of rice



A-F: WT 受精后 2,3,4,5,10,14 d 的种子纵切; G-L: *OsEMF2b* 杂合突变体受精后与 WT 相同发育时期的种子纵切; G 示受精后 2 d 的种子中没有胚的发育; H-K: *OsEMF2b* 杂合突变体受精后 3,5,7,10 d 的种子中胚发育延迟(箭头所示;胚); L, M 分别示 *OsEMF2b* 杂合突变体受精后 14、10 d 的畸形胚; N-Q: *OsEMF2b* 杂合突变体种子中胚乳发育异常; N, O: 细胞化的胚乳游离核团, O 是 N 中方框的放大; P, Q: 退化解体的胚乳细胞; R 示突变体受精后 10 d 的种子中无胚和胚乳的发育, 箭头所指为另一个雌蕊上的柱头; em: 胚; en: 胚乳。A-F: Longitudinal of wild-type seed of 2,3,4,5,10,14 DAP; G-L: The same stage of *OsEMF2b* heterozygous mutant with wild-type; G: The development of 2 DAP seed without embryo and endosperm development; H-K: Developmental delayed embryo of *OsEMF2b* heterozygous mutant seed of 3,5,7,10 DAP (Arrows showing embryo); L, M: Abnormal morphology of embryo of *OsEMF2b* heterozygous mutant during seed development of 14,10 DAP; N-Q: Abnormal endosperm development of *OsEMF2b* heterozygous mutant, N, O: Syncytial after cellularization, O is the amplification of the red box in N. P, Q: Degenerated endosperm cell. R: 10 DAP seed of mutant without embryo and endosperm development, the arrow is the style of another pistil. Em: Embryo; en: Endosperm.

图 5 野生型和 *OsEMF2b* 杂合突变体水稻的种子发育

Fig.5 Seed development of wild-type and *OsEMF2b* heterozygous mutant of rice

表 1 水稻 *OsEMF2b* 杂合突变体胚和胚乳发育的异常表型与比率

Table 1 The statistics of abnormal embryo and endosperm development in *OsEMF2b* heterozygous mutant

杂合突变体 ¹⁾ Heterozygous mutant	样品数 Samples	突变样品数 Samples of mutant	主要突变表型 Major character of mutant	突变比率/% Rate of mutant
<i>OsEMF2b</i> 1 DAP	73	8	无胚和胚乳 Without embryo and endosperm	10.9
<i>OsEMF2b</i> 2 DAP	109	33	无胚和胚乳 Without embryo and endosperm	30.3
<i>OsEMF2b</i> 3 DAP	75	27	无胚、胚延迟 Without embryo, developmentally delayed embryo	36.0
<i>OsEMF2b</i> 4 DAP	58	12	胚延迟、胚乳不细胞化 Developmentally delayed embryo, syncytial with no cellularization of endosperm	20.7
<i>OsEMF2b</i> 5 DAP	86	28	胚延迟、胚乳不细胞化 Developmentally delayed embryo, syncytial with no cellularization of endosperm	32.6
<i>OsEMF2b</i> 10 DAP	47	15	胚延迟、胚胎畸形 Developmentally delayed embryo, abnormal embryo	31.9
Total	448	123		27.5

1) DAP: 受精后天数 Days after pollination.

与野生型水稻胚胎发育相比,部分 *OsEMF2b* 杂合突变体种子发育过程中出现一些异常现象,其异常比率的切片统计结果见表1。在受精后2 d (2 DAP)的胚囊内,未见发育的胚胎和胚乳游离核,珠孔端有一些细胞退化后的膜状结构(图5-G)。在种子发育中后期(受精后14~21 d),观察到一些空胚囊(图5-R),推测在这些胚囊内没有启动胚和胚乳的发育。在受精后3~10 d的胚囊中,常可以观察到一些发育延迟的胚胎(图5-H-K)。另外还观察到有些胚囊内发育的胚胎表现出异常的形态,受精后14 d的胚胎(图4-L)极性发生改变,形态也异常;受精后10 d的异常胚胎(图4-M),未见明显的胚芽和胚根等结构。

OsEMF2b 杂合突变体在种子形成过程中除了胚胎发育异常之外,还表现出一些胚乳发育异常现象。在受精后5~7 d的胚囊中,观察到没有细胞化的胚乳游离核,大团的游离核聚集在一起,到发育后期,这些没有细胞化的胚乳游离核逐渐解体,形成一些泡状结构(图5-N-P)。观察受精后14 d的胚乳(图5-Q),可见胚乳细胞出现退化解体,细胞内没有淀粉的积累,形成一些网状结构。

3 讨论

3.1 *OsEMF2b* 基因在水稻花器官发育中的作用

本研究从外部形态到切片观察,都证实水稻 *OsEMF2b* 杂合突变体的花器官出现形态异常和数量变异的表型。通过检测 *OsEMF2b* 杂合突变体中该基因的表达,发现其表达量较野生型低^[16],表明杂合突变体花器官形态异常是 *OsEMF2b* 表达下调所致。在拟南芥 *EMF2* 功能缺失型突变体和 Luo 等对水稻 *OsEMF2b* 纯合突变体的观察中,都报道该基因功能缺失后产生异常的花器官^[2,4,15]。这些研究结果表明 *EMF2* 基因功能保守,在单子叶植物和双子叶植物中控制花器官的发育。已有的研究表明水稻花器官发育基本符合经典的“ABCDE”模型,不同器官的发育由不同的同源异型基因 *MADS-box* 类转录因子调控^[18]。因此,推测 *OsEMF2b* 基因可能通过调控一些 *MADS* 类基因的表达,控制水稻花器官的发育。

3.2 *OsEMF2b* 基因对水稻种子发育的影响

拟南芥 PcG 的 FIS 复合物在胚乳和种子发育中具有重要功能^[19]。本研究结果显示,水稻的 *OsEMF2b* 基因对种子的发育有多种影响,其中受精

卵不分裂和胚发育延迟的比例较高,暗示 *OsEMF2b* 基因可能参与细胞分裂和分化的调控。突变体中出现胚乳发育异常的表型,表明 *OsEMF2b* 也参与水稻胚乳发育的调控,因此,笔者推测 *OsEMF2b* 可能也是水稻种子发育的调控因子。该推测得到田间结实率统计结果的证据支持,2010年种植于武汉的供试水稻材料经调查,转基因阴性水稻的结实率为89%,*OsEMF2b* 杂合植株结实率为72%。我们分析,杂合子结实率降低主要是胚和胚乳发育异常所致。*OsEMF2b* 控制种子发育的分子机制需要通过遗传学和分子生物学手段进一步揭示。

参考文献

- [1] KENNISON J A. The polycomb and trithorax group proteins of *Drosophila*: trans-regulators of homeotic gene function[J]. Annu Rev Genet, 1995, 29: 289-303.
- [2] SUNG Z R, BELACHEW A, SHUNONG B, et al. *EMF*, an *Arabidopsis* gene required for vegetative shoot development [J]. Science, 1992, 258(5088): 1645-1647.
- [3] GENDALL A R, WILSON L Y, DEAN C. The *VERNAILZATION2* gene mediates the epigenetic regulation of vernalization in *Arabidopsis* [J]. Cell, 2001, 107: 525-535.
- [4] YANG C H, CHEN L J, SUNG Z R. Genetic regulation of shoot development in *Arabidopsis*: role of the *EMF* genes [J]. Dev Biol, 1995, 169(2): 421-435.
- [5] CHEN L, CHENG J C, CASTLE L, et al. *EMF* genes regulate *Arabidopsis* inflorescence development [J]. Plant Cell, 1997, 9(11): 2011-2024.
- [6] GOODRICH J, PUANGSOMLEE P, MARTIN M, et al. A Polycomb-group gene regulates homeotic gene expression in *Arabidopsis* [J]. Nature, 1997, 386(6620): 44-51.
- [7] CALONJE M, SUNG Z R. Complexity beneath the silence [J]. Curr Opin Plant Biol, 2006, 9(5): 530-537.
- [8] SCHUBERT D P L, BISHOPP A. Silencing by plant polycomb-group genes requires dispersed trimethylation of histone H3 at lysine 27 [J]. EMBO J, 2006, 25: 4638-4649.
- [9] MOON Y H, CHEN L, PAN R L, et al. *EMF* genes maintain vegetative development by repressing the flower program in *Arabidopsis* [J]. Plant Cell, 2003, 15(3): 681-693.
- [10] CHANVIVATTANA Y, BISHOPP A, SCHUBERT D, et al. Interaction of polycomb-group proteins controlling flowering in *Arabidopsis* [J]. Development, 2004, 131(21): 5263-5276.
- [11] SANCHEZ R, KIM M Y, CALONJE M, et al. Temporal and spatial requirement of *EMF1* activity for *Arabidopsis* vegetative and reproductive development [J]. Mol Plant, 2009, 2(4): 643-653.
- [12] CALONJE M, SANCHEZ R, CHEN L, et al. *Embryonic flower1* participates in polycomb group-mediated AG gene silencing in *Arabidopsis* [J]. Plant Cell, 2008, 20(2): 277-291.

[13] KIM S Y,ZHU T,SUNG Z R. Epigenetic regulation of gene programs by *EMF1* and *EMF2* in *Arabidopsis*[J]. *Plant Physiol*,2010,152(2):516-528.

[14] 李克贵. 水稻花序分生组织特异表达基因的克隆与表达分析[D]. 上海:复旦大学图书馆,2005.

[15] LUO M,PIATTND D,CHAUDHURY A,et al. Expression, imprinting,and evolution of rice homologs of the polycomb group genes[J]. *Mol Plant*,2009,2(4):711-723.

[16] 裴荣. 水稻 PcG 类基因 *OsEMF2b* 功能分析、批量筛选水稻 T-DNA 插入突变体库获得生殖发育相关突变体[D]. 武汉:华中农业大学图书馆,2011.

[17] 裴荣,陆展华,姚家玲. 批量筛选水稻 T-DNA 插入突变体库获得生殖发育相关突变体[J]. *华中农业大学学报*,2012,31(1):133-138.

[18] YAMAGUCHI T,HIRANO H Y. Function and diversification of MADS-box genes in rice[J]. *Scientific World Journal*,2006,6:1923-1932.

[19] HENNIG L,DERKACHEVA M. Diversity of polycomb group complexes in plants:same rules,different players? [J]. *Trends Genet*,2009,25(9):414-423.

Cytological studies of PcG gene *OsEMF2b* T-DNA inserted mutants of rice

CHENG Xin-yan PEI Rong YAO Jia-ling

*College of Life Science and Technology ,Huazhong Agricultural University ,
Wuhan 430070,China*

Abstract The rice mutants of *OsEMF2b* inserted by T-DNA were studied cytologically. The results showed that the morphology and quantities of floral organ in heterozygous rice mutants were altered but the development of anther and ovule was not changed. The fertility of pollen and embryo sac of mutants was normal. Abnormities including non-dividing zygote,delayed embryo,abnormal embryo and syncytial with no cellularization,as well as the dissolution and degeneration of endosperm cell occurred during the development of seed. These abnormities resulted in the decrease of seed setting rate. The study indicated that *OsEMF2b* played an important role in the development of rice floral and seed.

Key words *Oryza sativa* ; polycomb group proteins(PcG) ; *OsEMF2b* ; T-DNA inserted mutant ; cytology

(责任编辑:张志钰)