

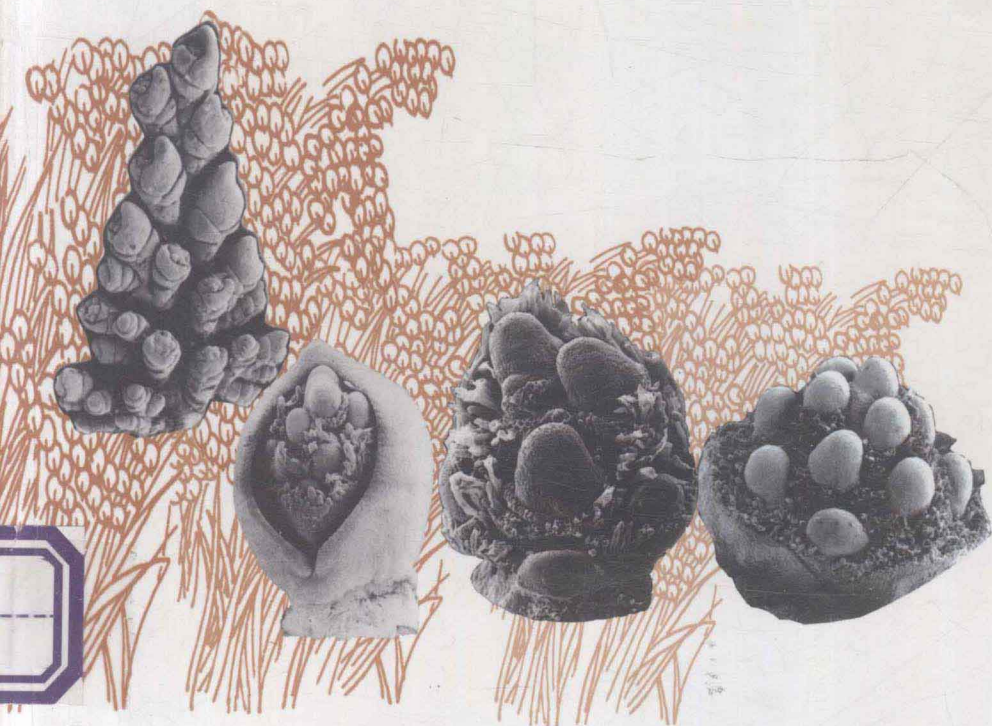
袁隆平 作序
朱庆森 主审

陈国珍 著

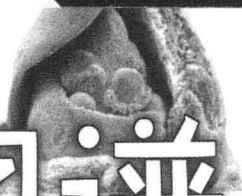
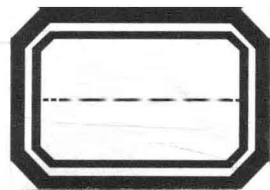
DaoMaiYouSui FenHua FaYu TuPu

稻麦幼穗分化发育

图谱



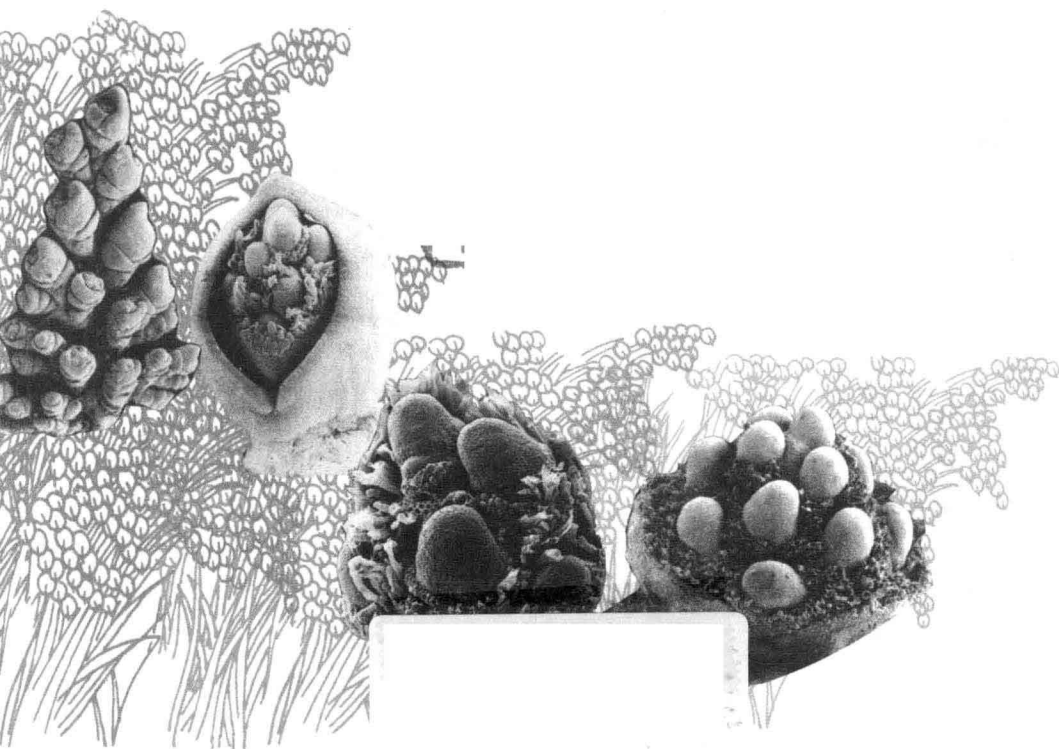
广东高等教育出版社



Dao Mai You Shui Fen Hua Fa Yu Tu Pu

稻麦幼穗分化发育图谱

陈国珍 著



广东高等教育出版社
· 广州 ·

内 容 提 要

本书应用光学研究显微镜、相差显微镜、微分干涉显微镜、扫描电镜拍摄稻麦幼穗分化发育过程,将照片编成图谱。全书共有照片约 356 张,其中水稻约 236 张、小麦约 120 张,内容包括稻麦幼穗形态建成和花粉发育,还反映水稻的最新研究成果——直接着生在一次枝梗上小穗的分化顺序类群。

本书可作为有关专业的水稻、小麦栽培学的配套教材,也可供生物技术类学科教学和有关科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

稻麦幼穗分化发育图谱/陈国珍著. —广州:广东高等教育出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5361 - 4134 - 6

I. ①稻… II. ①陈… III. ①水稻 - 穗分化 - 发育 - 图谱
②小麦 - 穗分化 - 发育 - 图谱 IV. ①S511.01 - 64 ②S512.101 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 176457 号

出版发行 广东高等教育出版社

地址:广州市天河区林和西横路 邮政编码:510500

电话:38488905 38467313 87551077

印 刷 广州市怡升印刷有限公司

版 次 2012 年 8 月第 1 版

印 次 2012 年 8 月第 1 次

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 5.75

字 数 110 千

印 数 1 ~ 2 000 册

定 价 19.00 元

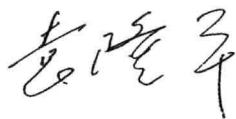
序 一

掌握稻麦幼穗发育各期的特征，鉴别其发育进度，对生产和科研上的技术措施促控和调节杂交制种的花期相遇都具有重要的指导意义。

本图谱作者对稻麦幼穗形态建成的观察拍片主要运用扫描电镜，而对其花粉发育则用光学显微镜并采用相差、微分干涉显微技术进行观察拍片。

本图谱最大的特色是作者采用自主创新的方法处理掉水稻幼穗枝梗上的苞毛，成功地排除了观察、判断和拍片上的困难。有了新的发现：（1）直接着生在一次枝梗上的小穗分化顺序有多种类型，作者所发现的主要类型其基小穗原基比顶小穗原基分化早，成熟籽粒较长、较宽、较重，这些是前人未有报道过的；（2）不同位置的雄蕊原基分化顺序及其与浆片原基出现的先后问题也与前人研究结果不同。

本图谱以照片为主，配以简要的文字说明。图像清晰，有较强的立体感；对相似、容易混淆的特征能通过不同照片组合的比较加以识别。因此本书的问世不仅是稻作学研究上的一项新的突破，丰富了稻作学理论，而且也是农学、生物技术类学科教学与科研上一本很好的参考书。



2011年3月24日

（中国工程院院士、国家杂交水稻工程技术研究中心主任 袁隆平）

序 二

水稻幼穗发育过程中其枝梗上有许多苞毛，导致解剖观察出现困难。为了解决这个难题，陈国珍老师于20世纪80年代初开始试验探索。通过不懈的努力，终于创造出去掉水稻幼穗枝梗上苞毛的技术，更正了以往不确切的图像。在此基础上编制了教学幻灯片，用于教学，明显提高了教学效果，获得了同行的高度认可。在退休后的20多年中，她以很强的事业心和责任感，克服种种困难，自出经费，亲自种植实验材料，坚持对水稻幼穗发育过程进行深入研究，终于取得新的研究成果。陈国珍老师的研究成果是值得赞赏的，育人态度和科研精神更是令人敬佩。



2011年4月15日

(华南农业大学校长、教授 陈晓阳)

序 三

陈国珍老师的《稻麦幼穗分化发育图谱》一书终于要付印了，这是一件十分值得高兴的事情。稻麦是最重要的粮食作物，其幼穗的分化发育过程对产量形成有重要的影响。这本著作对稻麦幼穗发育的形态建成进行了非常细心和系统的观察。作者还在方法上有所创新，观察到了一些新的现象，纠正了一些旧的看法。相信这本著作将有益于致力农学研究的学生、教师和研究人員，也可以成为一线农业技术人员的参考书。作者为了出版这本著作坚持了29年的研究和编写工作，其中在退休以后为此工作了23年。在研究和编写的过程中，作者遇到过诸如经费紧缺、设备简陋、空间狭小、身体欠佳等重重困难，但是最终都通过艰苦努力一一克服了。这是非常不容易的。作者对科学研究的追求、执著和韧性，淡泊名利的心态都很值得我们学习。



2011年4月22日

(华南农业大学原校长、华南农业大学热带
亚热带生态研究所所长、教授 骆世明)

前 言

稻麦幼穗发育特性是栽培学的重点，也是实验教学的难点，因幼穗刚分化的生长锥很小（尤其是水稻），且易失水变形，水稻幼穗发育到了第3~4期整个幼穗被厚厚的苞毛所覆盖，这些都会妨碍观察与准确判断。澳大利亚 Moncur M. W. (1979) 和香港大学徐是雄 (1984) 等虽采用扫描电镜进行研究，但当幼穗表面被苞毛所覆盖时，拍片就只局限于穗顶一小部分。多年来，国内外文献对这一问题曾有过许多报道，限于当时的实验设备和实验技术，图像不够清晰，缺乏立体感和真实感。为满足教学的需要，作者从1982年冬开始对该项技术进行研究，希望在解决教学难题的同时，能为稻麦栽培与育种提供生物学依据。

经过不懈努力，作者首创处理掉水稻幼穗枝梗上苞毛的技术，有了新的发现，更正了以往不确切的图像；提出了直接着生在一次枝梗上的小穗分化顺序有多种类型的新论点。前人研究结果认为其分化顺序为 $1 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ ，而作者的新发现主要是 $6 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \& 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ 这种类型，其基小穗（最低位小穗）原基比顶小穗（最高位小穗）原基分化早、粒大，成熟时粒较长、较宽、较重，结实率较高，两者的〔u〕值达到极显著的水准。这在国内外文献中尚未见报道。其次是水稻颖花内稃两内侧的雄蕊原基出现最早，位于外稃中轴的分化最迟，在它出现后，浆片原基才突起。这些与前人的研究结果有异。

作者撰写的论文被中国农学会评为优秀论文一等奖，研究结果已被全国高等农业院校教材《作物栽培学各论》（南方本，1994）所引用，丰富了稻作学理论。

作者把自主创新的这一实验技术和扫描电镜、相差显微镜、微分干涉显微镜等用来拍摄稻麦幼穗发育过程的照片，使清晰的图像更富有立体感和真实感，结合作者多年教学实践经验，把照片编制成幻灯教材。这两套幻灯教材在教学中使用，取得了极显著的教学效果，明显提高了教学质量和教学效率。除清晰地显示幼穗各组成部分发生、发展到建成的连续过程外，还反映了最新的研究成果，解决了课程重点内容的难点，得到专家的好评和同行的

赞赏。以前学生将做这类实验视为畏途，如今丰富新颖的内容开阔了他们的视野，引起他们浓厚的学习兴趣，有的学生因此踏上了研究水稻的征途。来自世界 12 个国家和地区的国际农业培训中心学员认为这些内容十分精彩，到中国来能学到新的东西。该幻灯教材已向全国发行。在首届全国高等农业院校电化教育成果评比会上，该教材获得最高分，荣获农业部颁发的幻灯教材优秀奖和华南农业大学先后颁发的一、三等奖。作者的教学论文也获得华南农业大学颁发的教学成果优秀奖并已被学校选入教学成果汇编中。

由于作者对已取得的研究成果感到不满足，1988 年退休后，在极其困难的条件下，总共观察了 117 个国内外的水稻品种，对主要品种和难以识别的幼穗发育期多次重复观察。原打算重新拍摄小穗分化类群和花粉发育部分照片，后来因健康等原因，只好将原有的照片整理出来。整个计划不得不加以调整。尽管研究结果不够圆满，但却能证实作者关于一次枝梗不同粒位小穗和二次枝梗分化顺序有多种类型的论断。

为了使这一成果能发挥更大作用，作者在原幻灯教材的基础上删去繁琐部分，并根据再观察的结果进行修改，新编成本图谱。此书可作为水稻、小麦栽培学的配套教材，也可供生物技术类学科教学和有关科研人员参考。限于作者水平，错漏之处敬请读者批评指正。

本书承蒙袁隆平院士和华南农业大学前后两任校长骆世明教授、陈晓阳教授作序，扬州大学农学院博士生导师朱庆森教授主审，国务院农村发展研究中心原副主任张根生同志对出版给予鼎力资助，特此，谨致由衷谢忱。

感谢潘坤清教授提供水稻花粉发育的部分照片。

本图谱的电镜照片由孔宪扬、杨秉耀、赖红华、邝知行、陈新芳、潘浩等同志拍摄，水稻、小麦的实物照片由李志强老师拍摄，为此，表示衷心的感谢。

陳国珍

2011 年 6 月

目 录

第一编 水稻幼穗的分化发育

本编图像的特点——去掉水稻幼穗枝梗上的苞毛	(3)
(一) 难点所在	(3)
图 1-1 长着浓密苞毛的水稻幼穗	(3)
(二) 去掉苞毛	(3)
图 1-2 去掉苞毛的水稻幼穗一条一次枝梗	(3)
一、稻穗的形态	(4)
彩图 1 稻穗的形态	(4)
二、稻穗的分化发育过程	(5)
(一) 幼穗形态建成阶段	(5)
1. 发育时期	(5)
(1) 苞分化期	(5)
图 1-3 第一苞原基分化、形成	(5)
图 1-4 第一苞原基与顶叶原基分化时的形态	(6)
图 1-5 第一苞原基与顶叶原基形成过程的形态	(7)
图 1-6 第一苞原基分化时, 顶叶原基的形态	(8)
图 1-7 第一苞原基增厚阶段顶叶原基的形态	(9)
图 1-8 第二、三、四苞原基分化	(10)
图 1-9 第二苞原基与第一苞原基分化的形态比较	(11)
(2) 一次枝梗原基分化期	(12)
图 1-10 一次枝梗原基分化	(12)
图 1-11 一次枝梗原基增大、伸长	(13)
图 1-12 变大第一苞与正常第一苞原基、顶叶原基的形态比较	(14)
图 1-13 退化生长点的位置	(15)

(3) 二次枝梗原基和小穗原基分化期	(16)
图 1-14 幼穗上二次枝梗原基的分化顺序	(16)
图 1-15 一次枝梗原基上的二次枝梗原基分化顺序	(17)
图 1-16 苞的形态变化与苞毛生长	(18)
图 1-17 一、二次枝梗原基分化的形态比较	(19)
图 1-18 小穗的形态	(20)
图 1-19 小穗颖稃原基分化	(21)
(4) 雌雄蕊形成期	(22)
图 1-20 雌雄蕊的形态	(22)
图 1-21 雌雄蕊原基分化	(23)
图 1-22 单个小穗(颖花)组成部分的分化过程	(24)
图 1-23 雌雄蕊形成过程之一	(25)
图 1-24 雌雄蕊形成过程之二	(26)
图 1-25 一穗枝梗和小穗分化数决定期的幼穗分化情况	(28)
2. 水稻幼穗形态建成过程的分化顺序	(29)
(1) 一次枝梗上的小穗和二次枝梗原基的分化顺序	(29)
图 1-26 一次枝梗(1)上的小穗和二次枝梗(2)分化顺序 类型之一	(35)
图 1-27 一次枝梗(1)上的小穗和二次枝梗(2)分化顺序 类型之二	(36)
图 1-28 二次枝梗上小穗的分化顺序	(36)
图 1-29 幼穗上最先分化二次枝梗原基的部位	(41)
(2) 雌雄蕊、浆片原基的分化顺序, 雄蕊原基的 分化形式	(42)
(3) 小穗和雄蕊的分化发育特性在水稻育种上的应用	(43)
图 1-30 雌雄蕊、浆片原基的分化顺序, 雄蕊原基的分化 形式	(44)
图 1-31 早分化的小穗粒较大	(45)
图 1-32 桂朝选一次枝梗上的顶基小穗长宽比较	(46)
图 1-33 不同位置的雄蕊原基分化与生长	(46)
(二) 花粉发育阶段	(47)

1. 花粉母细胞形成期	(47)
图 1-34 水稻花粉发育之一: 花粉母细胞及同期的幼穗、 小穗形态	(48)
2. 花粉母细胞减数分裂期	(48)
图 1-35 水稻花粉发育之二: 花粉母细胞减数分裂 I	(49)
图 1-36 水稻花粉发育之三: 花粉母细胞减数分裂 II	(50)
3. 单细胞花粉期	(50)
图 1-37 水稻花粉发育之四: 单细胞花粉的发育情况	(51)
4. 二、三细胞花粉期	(51)
图 1-38 水稻花粉发育之五: 小孢子有丝分裂 I	(52)
图 1-39 水稻花粉发育之六: 小孢子有丝分裂 II	(53)
图 1-40 花粉在柱头上萌发和花粉管的生长	(54)

第二编 小麦幼穗的分化发育

一、小麦穗的形态	(57)
彩图 2 小麦穗的形态	(57)
图 2-1 小麦小穗、小花的形态结构	(58)
二、小麦幼穗的分化发育过程	(59)
(一) 幼穗形态建成	(59)
1. 发育时期	(59)
(1) 伸长期	(59)
图 2-2 伸长与未伸长以及进入单棱初期的生长锥形态比较	(59)
(2) 单棱期(穗轴节片分化期)	(60)
图 2-3 单棱期——穗轴节片原基分化	(60)
(3) 二棱期(小穗原基分化期)	(61)
图 2-4 二棱期之一: 小穗原基分化	(61)
图 2-5 二棱期之二: 苞原基退化、护颖原基分化	(62)
(4) 小花原基分化期	(63)
图 2-6 小花原基分化期之一: 外稃原基(L)和 小花生长点(F)分化	(63)

图 2-7 小花原基分化期之二: 小花生长点膨大	(64)
(5) 内稃、雌雄蕊分化形成期	(64)
图 2-8 内稃、雄蕊原基分化	(65)
图 2-9 雌蕊原基分化	(66)
图 2-10 药隔形成, 浆片原基分化	(67)
图 2-11 雌蕊形成	(67)
2. 从小麦幼穗发育特点看增加穗粒数的途径	(68)
(1) 适当推迟顶小穗形成期, 增加每穗小穗数	(68)
图 2-12 顶小穗形成	(69)
图 2-13 顶小穗形成的迟早与品种、栽培技术的关系	(70)
(2) 减少小花的退化与小穗的败育, 增加每穗结实粒数	(70)
图 2-14 一个小穗小花的分化数与结实数	(71)
(二) 小麦花粉发育	(72)
1. 花粉母细胞形成及其减数分裂期	(72)
(1) 花粉母细胞形成期	(72)
图 2-15 花粉母细胞形成及其减数分裂	(72)
(2) 花粉母细胞减数分裂期	(73)
2. 单细胞、二细胞花粉期	(73)
(1) 单细胞花粉期	(73)
图 2-16 单细胞花粉发育与二细胞花粉的形成	(73)
(2) 二细胞花粉期	(74)
3. 三细胞花粉期	(74)
图 2-17 三细胞花粉期——精细胞的分化形成	(74)
图 2-18 两个精细胞的千姿百态	(75)
附表 水稻品种一次枝梗上不同粒位小穗分化顺序的类群	(76)
参考文献	(78)
后记	(80)

第一编 水稻幼穗的分化发育

本编图像的特点

——去掉水稻幼穗枝梗上的苞毛

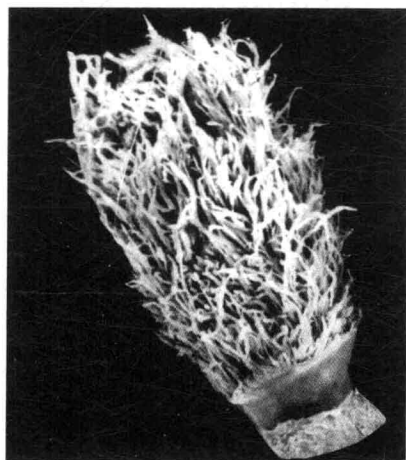


图 1-1 长着浓密苞毛的水稻幼穗

(一) 难点所在

水稻幼穗发育到了第 3、4 期，整个幼穗为厚厚的苞毛所覆盖（图 1-1），妨碍观察与准确判断。

(二) 去掉苞毛

去掉水稻幼穗枝梗上苞毛的技术，国内外文献未见报道，其技术难度很大，湿时无法除去，干时又易连小穗原基也弄下来。作者经过反复探索，终于突破难关，如图 1-2 是一条具有三次枝梗（TB）的一次枝梗原基，其实际长度仅为 1.4mm，去掉苞毛后，便可见上部第 5 个小穗原基较大，也可见下面各二次枝梗原基上不同粒位小穗分化进度的差异情况。

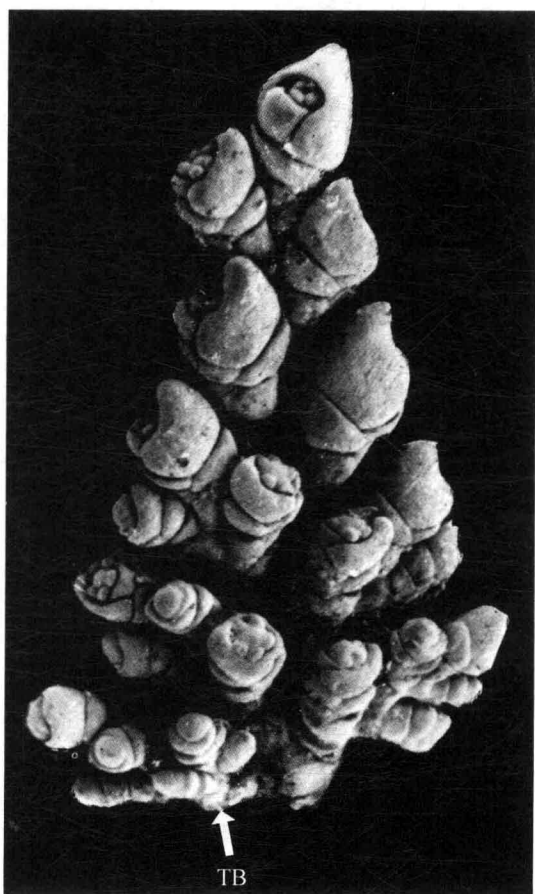
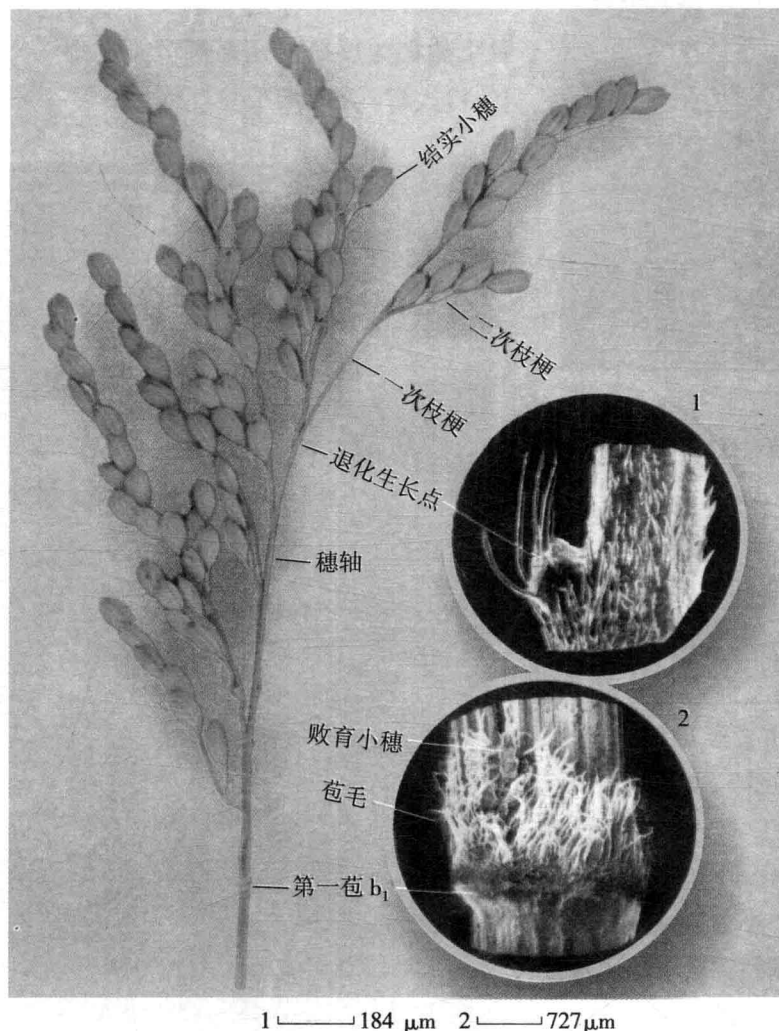


图 1-2 去掉苞毛的水稻幼穗一条一次枝梗

一、稻穗的形态

稻穗是圆锥花序，由穗轴、一次枝梗、二次枝梗（偶有三、四次枝梗）、小穗梗和小穗组成。从穗颈节到顶端退化生长点是穗轴。从穗轴节上长出的

枝梗，称为一次枝梗；由一次枝梗上再分出的枝梗，称为二次枝梗。每条一次枝梗上直接着生5~7条小穗梗，每条二次枝梗上直接着生3~4条小穗梗，其末端着生一个小穗。穗下部会有一些枝梗和小穗败育，在成熟的稻穗上留有其痕迹（彩图1）。



彩图1 稻穗的形态

二、稻穗的分化发育过程

根据水稻幼穗分化发育的特点，把它整个发育过程划分为幼穗形态建成和花粉发育两个阶段。第一阶段包括苞分化期、一次枝梗原基分化期、二次枝梗和小穗原基分化期、雌雄蕊形成期等；第二阶段包括花粉母细胞形成期、花粉母细胞减数分裂期、单细胞花粉期以及二、三细胞花粉期等。

(一) 幼穗形态建成阶段

1. 发育时期

(1) 苞分化期

苞分化期始于第一苞原基分化，止于第四苞原基出现。

1) 第一苞原基分化、形成

当顶叶原基 (FB) 形成 (图 1-3 之 1) 后，在其对面，生长锥 (A) 基部出现半环状突起，这是第一苞原基 (b_1) (图 1-3 之 2)，随后它沿着生长锥基部左右两侧延伸，并逐渐增高，生长锥显著伸长 (图 1-3 之 3)，第一苞原基将长成穗颈节上的第一苞 (B) (图 1-3 之 4)。

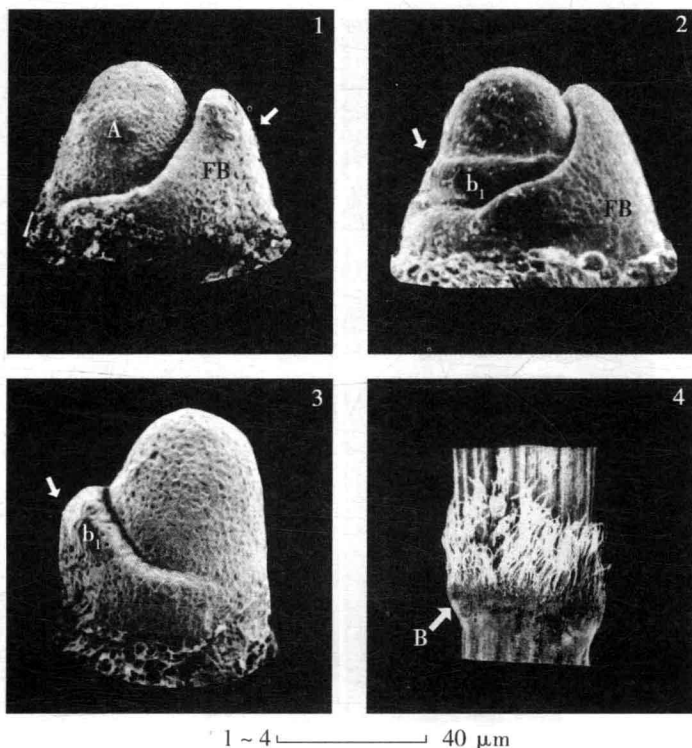


图 1-3 第一苞原基分化、形成

- | | |
|-----------|------------|
| 1 顶叶原基形成 | 2 第一苞原基分化 |
| 3 第一苞原基形成 | 4 穗颈节上的第一苞 |