

“十一五”国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书

华北平原 秋播优质小麦 节水栽培

王俊英 季书勤 徐方 主编

“十一五”国家重点图书

当代农业学术专著系列丛书

华北平原 秋播优质小麦 节水栽培

■ 王俊英 季书勤 徐方 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

华北平原秋播优质小麦节水栽培/王俊英等主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2010. 2
ISBN 978-7-5116-0040-0

I. 华… II. 王… III. 小麦-栽培 IV. S512.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 167829 号

责任编辑 鱼汲胜

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106629 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106636

网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 22. 75

字 数 390 千字

版 次 2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月第一次印刷

定 价 29. 00 元

编委会

策 划 曹广才 吴东兵 (中国农业科学院作物科学研究所)

主 编 王俊英 (北京市农业技术推广站)

季书勤 (河南省农业科学院小麦研究中心)

徐 方 (中国农业科学院农业资源与区划研究所)

副主编 (以姓名的汉语拼音为序)

李向东 (河南省农业科学院小麦研究中心)

刘进前 (河南省农业科学院小麦研究中心)

王奉芝 (沧州市农林科学院)

王汉芳 (河南省农业科学院小麦研究中心)

元文革 (廊坊市农林科学院)

周吉红 (北京市农业技术推广站)

编 委 (以姓名的汉语拼音为序)

陈建铃 杜伟娜 杜宗清 樊惠超 冯争光

付铁梅 韩烈刚 郜秋华 谷俊涛 谷增辉

郭 瑞 季书勤 阚玉文 康明辉 李 琳

李向东 刘爱华 刘发魁 刘国明 刘进前

刘素霞 罗东万 吕凤荣 秦振栓 石中泉

佟国香 王奉芝 王汉芳 王俊英 王瑞华

王睿辉 王学众 武月梅 谢耀丽 徐 方

徐 毅 徐劲草 杨丽英 杨明宇 于 亮

元文革 张德奇 张青显 张晓颖 张学斌

赵春霞 赵松山 周吉红 周建东 周永香

内容简介

全书包括九章。第一章是小麦品质，对小麦籽粒的形成和结构、小麦品质的含义、小麦的筋性和中国小麦的质量标准进行了论述。重点是小麦品质含义一节，对小麦品质的概念、小麦籽粒的形态品质、营养品质和加工品质等内容进行了阐述。第二章是中国小麦品质区划，主要说明了小麦品质区划的依据，中国小麦品质区划，并对中国专用小麦优势产业带进行了论述。第三章对秋播优质小麦节水栽培的生态基础进行了综述，作者结合本人近年来的研究成果，将国内外在外部条件（降水、气温、土质、肥力等）和人为因素（包括灌水、施肥、病虫害防治、播种期与密度以及收获时间和贮存时间等）对小麦品质的影响等方面的研究进行了综述。第四章介绍了秋播优质小麦节水栽培的生理基础，从水分代谢、小麦灌浆过程中蛋白质和淀粉积累动态及碳、氮代谢3个方面进行了介绍。第五章介绍了华北平原的水资源和节水灌溉方式。第六章是华北平原秋播优质小麦节水高产栽培，从选用良种、培肥地力、播前整地、科学播种、节水灌溉、合理施肥、田间管理、适时收获、晾晒和贮存9个方面详细介绍了优质小麦节水栽培技术。第七章为逆境胁迫对策，包括水分、温度和盐碱胁迫与对策以及灾害性天气防御4部分。第八章为病、虫、草害防治与防除。第九章是华北平原秋播优质小麦良种简介。

前 言	王俊英(北京市农业技术推广站)
第一章	
第一节	周吉红、韩烈刚(北京市农业技术推广站)
第二节	王俊英、周吉红(北京市农业技术推广站)
第三节	王俊英(北京市农业技术推广站)
	杨明宇(北京市密云县农业技术推广站)
第四节	王俊英(北京市农业技术推广站)
第五节	王俊英(北京市农业技术推广站)
第二章	
第一节	王汉芳、季书勤、刘发魁(河南省农业科学院小麦研究中心)
第二节	王汉芳、季书勤、康明辉(河南省农业科学院小麦研究中心)
	秦振栓(河南省南阳市农业局)
第三节	张德奇、刘进前、王汉芳(河南省农业科学院小麦研究中心)
	刘素霞(河南省农业科学院)
第三章	
第一节	王俊英(北京市农业技术推广站)
	刘国明(北京市顺义区农业科学研究所)
	佟国香(北京市房山区农业科学研究所)
第二节	王俊英、李琳(北京市农业技术推广站)
	周永香(北京市通州区农业技术推广站)
	付铁梅(北京市房山区农业科学研究所)
第四章	谷俊涛(河北农业大学生命科学学院)
	谷增辉(河北省石家庄市农业技术推广中心)
	石中泉、王睿辉(河北农业大学农学院)

第五章	徐方(中国农业科学院农业资源与区划研究所) 徐劲草、杨丽英(北京师范大学水科学研究院)
第六章	赵松山、王奉芝、于亮(河北省沧州市农林科学院)
第七章	
第一节	张德奇、李向东、张学斌(河南省农业科学院小麦研究中心) 张青显(河南省新郑市农业科学研究所)
第二节	李向东、季书勤、吕凤荣(河南省农业科学院小麦研究中心) 谢耀丽(河南省西平县农业局)
第三节	郭瑞、李向东、刘进前(河南省农业科学院小麦研究中心)
第四节	李向东、季书勤、吕凤荣(河南省农业科学院小麦研究中心) 谢耀丽(河南省西平县农业局)
第八章	
第一节	王瑞华、杜宗清(河北省廊坊市农业局技术站) 杜伟娜(河北省廊坊市农业局植检中心)
第二节	武月梅、罗东万(河北省廊坊市农业局技术站)
第三节	元文革、郜秋华、樊惠超、王学众、陈建玲(河北省廊坊市农林科学院) 张晓颖(河北省廊坊市农业局技术站)
第九章	
冯争光、阚玉文、周建东、赵春霞、元文革、刘爱华(河北省廊坊市农林科学院)	
统 稿	曹广才(中国农业科学院作物科学研究所)

前言

华北平原为中国小麦主要产区，近年来克服了干旱等不利气象条件实现了连续增产，为保障全国粮食安全做出了很大贡献。20 世纪 80 年代以前，小麦生产的主要目标是提高单产、增加总产，因此选育高产品种、研究高产栽培技术成为育种和栽培的主攻方向，积累了大量的研究成果。随着人民生活水平提高，对小麦食用品质和营养品质提出了更高要求。从 20 世纪 80 年代中期开始，为了适应市场需求，中国小麦科研工作者在学习总结国外研究成果基础上，在优质小麦遗传规律、优质小麦品种选育以及环境和栽培技术对小麦品质影响方面进行了大量的研究，选育出了豫麦 47、郑麦 9023、藁城 8901（藁麦 6 号）、中优 9507 等一批优质强筋小麦品种，并在较大面积进行了推广。同时，探索了优质小麦订单生产和“企业 + 基地 + 农户”的优质小麦生产模式，面粉加工厂用国产优质小麦生产出了高档的面包、面条和饺子专用粉，解决了小麦积压的问题，也实现了种麦农民增收致富。小麦栽培专家也对纬度、海拔、土质、肥力等环境因素以及氮肥、磷肥、钾肥施用和病虫草害防治等栽培措施与收获、贮存等管理技术对小麦品质的影响进行了大量研究，获得了一批科研成果，为优质小麦品质潜力的充分发挥和进一步提高做出了贡献。针对华北地区缺水严重的现状，在小麦节水灌溉生理基础、节水灌溉方式等方面也做了大量的研究工作。本书以华北平原为覆盖面，以秋播优质小麦为主体，以节水栽培为重点，对近年来的研究成果进行总结和归纳，供科研单位、大专院校和推广系统从事优质小麦育种、栽培研究与推广工作的技术人员参考。

全书包括 9 章。系统阐述了小麦品质含义、中国小麦品质区划、秋播优质小麦节水栽培生态基础和生理基础、华北平原的水资源和节水灌溉方式、节水高产栽培技术、逆境胁迫与对策、病虫草害防治以及华北平原秋播优质小麦良种简介。各章的参考文献列于本章之后，以作者姓氏的汉语拼音顺序编排，同一作者的文献则依出版或发表的年代先后为序，以便读者查阅。

本书的作者都是科研单位、农业院校和推广系统长期从事小麦栽培生理、优质小麦育种和栽培技术方面的专家学者。编写过程中，除总结记述作者本人多年的研究成果外，还参考了国内外大量有关优质小麦品质研究的文献，力求全面、系统地反映国内外小麦品质研究的最新进展。由于时间仓促，作者水平有限，不当或错误之处在所难免，敬请同行和读者指正。

王俊英
2009 年 10 月

[illegible]

❁ 1 ❁

第五章 华北平原的水资源和节水灌溉方式 154

 第一节 华北平原的水资源 154

 第二节 秋播优质小麦节水灌溉主要方式 171

第六章 华北平原秋播优质小麦节水高产栽培 186

 第一节 选用良种 187

 第二节 培肥地力 192

 第三节 播前整地 196

 第四节 科学播种 200

 第五节 节水与灌溉 205

 第六节 合理施肥 213

 第七节 田间管理 221

 第八节 适时收获 230

 第九节 晾晒和贮存 234

第七章 逆境胁迫对策 243

 第一节 水分胁迫与对策 243

 第二节 温度胁迫与对策 254

 第三节 盐碱胁迫与对策 267

 第四节 灾害性天气防御 279

第八章 病、虫、草害防治与防除 290

 第一节 华北平原麦田主要病害与防治 290

 第二节 华北平原麦田主要虫害与防治 304

 第三节 华北平原麦田主要草害与防除 321

第九章 华北平原秋播优质小麦良种简介 334

第一章 小麦品质

第一节 小麦籽粒的形成和结构

一、小麦籽粒的形成

小麦从开花受精到籽粒成熟，根据籽粒内外的变化可分为三个过程。

（一）籽粒形成过程

受精后，子房迅速发育，受精卵经分裂先形成原胚，进而形成完整的胚，这一过程为两周左右时间。双受精后的极核形成初生胚乳核并进行旺盛分裂，产生许多游离胚乳核，散布在胚囊边缘，使胚囊不断增大，继而细胞质不断增多，充满整个胚囊，最后形成胚乳细胞。胚乳细胞数量与基因型有关，一般为10万~15万个，均在籽粒形成过程中建成，转入下一时期主要是细胞体积的增大和干物质的积累。籽粒形成过程结束（受精后15d左右），籽粒长度达最大值的3/4，含水量在70%以上，此时干物质积累已较少。此期结束胚已具备发芽能力，籽粒外观由灰白色逐渐转为灰绿色，胚乳由清水状变为清乳状，挤之有稀薄而略带黏性的液汁。

（二）籽粒灌浆过程

从籽粒形成到腊熟期前为灌浆过程，可分为两个时期。

1. 乳熟期 历时12~18d。籽粒形成后首先长度达到最大，然后宽度和厚度明显增加，并于开花后20~24d左右达到最大值，即俗称的“顶满仓”。随着体积增长，胚乳细胞中开始明显沉积淀粉，干物质迅速增加，千粒重日增长值达1~1.5g，后期可达2g左右。此期水分绝对含量变化比较平稳，但相对含水量则由于干物质不断积累而下降（由70%降为45%左右）。开花以前贮存在非经济器官中的光合产物也重新分配，向籽粒运转，参与籽粒干物质的积累。

籽粒外观由灰绿变鲜绿，再进一步转为绿黄色，表面有光泽，胚乳则由开始的清乳状最后成为乳状。植株基部叶片枯黄，中部变黄，上部叶片、节间和穗部尚保持绿色。

2. 面团期 面团期历时 3d，籽粒含水量下降为 40% ~ 38%，干物重增加转慢，籽粒表面由绿黄色变为黄绿色，失去光泽，胚乳内含物呈凝胶状，体积开始缩小，尤以宽度和厚度缩减明显。面团期是穗鲜重量最大的时期。

（三）成熟过程

1. 蜡熟期 含水量由 40% ~ 38% 急剧降至 22% ~ 20%，籽粒黄绿色，胚乳由凝胶状变为蜡质状，初期可塑性大，可搓成条，后期变硬，籽粒干重达最大值。旗叶开始变黄，其余叶片干枯，穗下节间及穗部变黄，有芒品种麦芒尚未炸开。蜡熟期一般为 3 ~ 7d。蜡熟末期干物质积累达最大值，生理上已正常成熟，是带秆收割的最适期，但机械收割尚较早。

2. 完熟期 含水量继续下降至 20% 以下，干物质停止积累，体积缩小，籽粒变硬，表现出成熟种子的特性。如果延迟到此期收获，不仅容易断穗落粒，且由于呼吸消耗，籽粒干重也会下降。

（四）外界条件对灌浆过程的影响

1. 温度 籽粒灌浆的最适温度为 20 ~ 22℃。随温度升高灌浆过程加速。温度高于 25℃，籽粒脱水过快，灌浆过程缩短，淀粉积累少，导致千粒重降低。当温度高于 30℃ 时，即使有灌水条件，也会导致胚乳中淀粉沉积提前停止。华北地区小麦灌浆过程中常出现 30℃ 以上的高温，致使叶片过早死亡，灌浆中断，严重影响粒重。在晚熟品种的灌浆后期，如果雨后骤然升温，蒸腾作用随之加强，就会出现逼熟现象，影响灌浆正常进行，造成粒重下降。

2. 光照 光照不足影响光合作用，并阻碍光合产物向籽粒转移。光照条件对灌浆的影响以灌浆盛期（开花后 12 ~ 15d）最大，灌浆始期（10 ~ 12d）次之，灌浆后期（开花后 25 ~ 30d）较小。除天气条件外，高产田群体过大造成株间光照不足，也是粒重降低的主要原因，因此应特别注意建立合理的群体结构。

3. 土壤水分 土壤水分适宜能延长绿叶功能期，保证正常灌浆，对提高粒重有重要作用。一般适宜的土壤水分含量为田间最大持水量的 75% 左右。研究表明，灌浆期间植株和籽粒含水量降到 40% 时，营养物质运转、积累达最低值，含水量低于 40% 会导致过早脱水和灌浆停止。土壤水分过多，也会影响根系活力及对 N 素的吸收，降低籽粒的含 N 量，粒重降低。

4. 矿质营养 生育后期 N 素不足影响灌浆过程，但 N 素过多，会过分加强叶的合成作用，抑制水解作用，影响光合产物由茎叶流向籽粒，造成贪青晚熟，粒重降低。P、K 可促进碳水化合物和含氮化合物的转化，有利于籽粒灌浆成熟，所以后期根外喷施 P、K 肥可以提高粒重。

二、小麦籽粒的形态结构

从外观来看，小麦籽粒可分为腹背两面，腹面有腹沟，背面基部有胚，顶端着生短而硬的茸毛。在植物学意义上，小麦籽粒属于颖果，其解剖结构外层为果皮，果皮以内是真正的种子，包括种皮、珠心层、胚和胚乳。果皮包括外表皮、中间细胞层、横细胞层和管状细胞层等各层组织，成熟后无色。种皮由透明的内、外种皮和夹在其中的色素层构成，色素层的色素是决定小麦皮色的主要因素。种皮的内侧是珠心层，与种皮结合紧密，透水性差。珠心层以内是胚乳，其最外层是由一单层或两层（腹沟与两端处）厚壁细胞构成的糊粉层，糊粉层以内是淀粉质胚乳，占籽粒重量的绝大部分。胚位于籽粒背面基部，内侧紧贴胚乳，外侧被皮层包裹。小麦籽粒结构如图 1-1 所示。

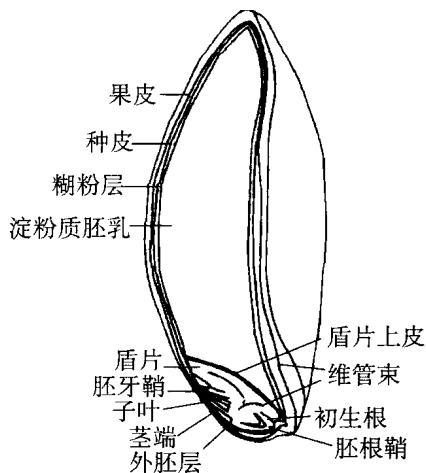


图 1-1 小麦籽粒结构示意图

引自：《小麦品质遗传改良的目标和方法》。

成熟小麦籽粒各组成部分所占的相对比例在不同品种间相当稳定，各组成部分及所占小麦籽粒的比例如表 1-1 所示。

表 1-1 小麦籽粒构成部分比例（《小麦品质遗传改良的目标和方法》）

小麦 籽粒	果皮	外层（外果皮、中果皮）	厚约 30 μ m，占籽粒重的 2.6% ~ 4.5%
		内层（含中层细胞、横细胞等）	厚约 15 μ m，占籽粒重的 1.0% ~ 1.5%
	种子	种皮（含内、外种皮）	厚 5.5 ~ 11.5 μ m，占籽粒重的 0.2% ~ 2.2%
		糊粉层	厚 65.0 ~ 70.0 μ m，占籽粒重的 6.0%
		胚乳	占籽粒重的 82.0% ~ 85.0%
		胚	占籽粒重的 2.0% ~ 3.6%

果皮起源于子房壁，种皮由胚珠的外被产生，故两者都来自于母本组织，其作用主要是保护内在的胚乳和胚不易受外界条件变化的影响，尤其是对土壤中微生物和 Hg、Cd 等有害重金属元素的污染起隔离作用，使其大量沉积于外皮层。粮食加工业常把果皮和种皮合称为皮层。磨粉时，皮层分离，可使加工出来的可食性面粉保持纯洁、卫生。

胚乳的主要成分是淀粉和蛋白质，前者占籽粒重的 60% ~ 80%，后者占 7% ~ 18%。小麦品质的优劣主要决定于这两种成分的含量和性质，其中蛋白质尤为重要。胚乳一般占籽粒总重的 82% ~ 85%，加上糊粉层可达到 90% 左右。由于糊粉层细胞与种皮组织结合紧密，传统的磨粉工艺往往把本属于外胚乳组织的糊粉层与皮层一起排除，是一种很可惜的损失。现在采用的分层碾磨新工艺，可单独加工出糊粉层强化面粉。

因品种不同，胚一般占种子总干重的 2% ~ 3.6%，高者可达 7%。

第二节 小麦品质的含义

一、小麦品质的概念

小麦品质（Quality）是籽粒（Grain）外在和内在性状（Character）的综合体现，是基因型与环境综合作用的结果，反映了小麦对某种特定产品的适合和满足程度。

小麦品质由籽粒外观品质和内在品质组成。外观品质主要包括籽粒颜色、形状、饱满度、整齐度、腹沟深浅等；内在品质主要包括营养品质和加工品质，加工品质又可分为制粉品质和食品加工品质等。

二、小麦籽粒的形态品质 (Morphological quality)

(一) 籽粒形状 (Grain shape)

小麦籽粒形状可分为长圆形、卵圆形、椭圆形和短圆形等几种类型。长圆形籽粒中部稍宽、两端较窄，长度为宽度的2倍以上；卵圆形籽粒下部宽、上部窄；椭圆形籽粒中部宽，两端狭窄，长度是宽度的1.5~2倍；短圆形籽粒外形近圆形。一般情况下短圆形和椭圆形小麦更有利于提高容重和出粉率。

(二) 籽粒整齐度 (Grain tidy degree)

籽粒整齐度是指籽粒形状和大小的均匀一致性。籽粒整齐度可分为三级：同样形状和大小的籽粒占总籽粒数的90%以上为整齐，低于70%为不整齐，介于两者之间为中等。籽粒整齐度与小麦品种的特性有关，分蘖成穗多、每小穗粒数结实过多或棍棒形穗的籽粒整齐度偏低，原因是上位小穗以及每个小穗的高位籽粒较小。

(三) 籽粒饱满度 (Grain full degree)

小麦籽粒的饱满度与出粉率有很大关系，一般情况下籽粒饱满度好的品种出粉率较高。籽粒饱满度与品种的遗传特性和环境条件有较大关系。在北方冬麦区，由于灌浆期短，大粒品种往往饱满度较差。另外，灌浆期间高温干旱等因素也会造成饱满度下降。

(四) 籽粒颜色 (Grain colour)

小麦籽粒颜色以白色和红色最为常见，此外还有琥珀色。黑色、紫色和蓝色品种较少。由于白粒小麦种皮较薄，较适宜面粉加工企业需求。因此，中国大部分地区白粒小麦较同一等级红粒小麦的收购价格较高。但红粒小麦比白粒小麦更抗穗发芽。

(五) 胚乳质地 (Endosperm quality)

胚乳质地包括角质率和硬度两个指标，两者存在正相关。角质率反映的是籽粒外观上的角质程度，而硬度反映的是胚乳中蛋白质与淀粉结合的紧密程度。

1. 角质率 (Vitreousness) 角质率是指籽粒横断面角质胚乳所占的比例。根据角质率可将小麦籽粒分为全角质、半角质和粉质3种类型。蛋白质含量是影响角质率的重要因素，一般情况下蛋白质含量高的品种角质率也高。另外，籽粒的成熟度、收获时降雨或受潮都会影响角质率。

2. 籽粒硬度 (Gain hardness) 测定硬度的方法主要有颗粒度指数法、近红外反射法和单粒硬度测定法。籽粒硬度与小麦加工品质有较密切关系。

三、小麦籽粒的营养品质

营养品质是指小麦籽粒中含有的各种营养成分,如蛋白质、氨基酸、淀粉、脂肪、纤维素、维生素和某些矿物质等,其含量多少及生物价值高低是衡量小麦营养品质的标准。一般在成熟的小麦籽粒中,淀粉占 64% ~ 70%,蛋白质占 10% ~ 15%,水分占 13% ~ 15%,油脂占 2%,粗纤维占 2%,灰分占 1.8% (李宗智等,1994)。其中脂肪主要分布在胚中,蛋白质、淀粉和纤维素主要分布在胚乳中。

(一) 蛋白质

1. 蛋白质及其分类 蛋白质是一切生命的物质基础,这不仅是因为蛋白质是构成机体组织和器官的基本成分,更重要的是蛋白质本身不断地进行合成与分解。这种合成、分解的对立统一过程,推动生命活动,调节机体正常生理功能,保证机体的生长、发育、繁殖、遗传及修补损伤的组织。在评价食物的营养品质时,主要是看其蛋白质含量和质量能否满足人的需要。小麦籽粒(面粉)中蛋白质含量是评价小麦营养品质优劣的重要指标。Osborne 根据蛋白质的溶解性,将其分成四大类,包括清蛋白(溶于水)、球蛋白(溶于稀盐)、醇溶蛋白(溶于乙醇)和谷蛋白(溶于稀酸或稀碱),它们占蛋白质的百分比一般为 9%、5%、40% 和 46%。随着电泳技术的发展,根据迁移率又把醇溶蛋白分为 α 、 β 、 γ 、 ω 4 种类型。目前已知麦醇溶蛋白和麦谷蛋白的基因定位于第一部分和第六部分同源群的染色体上。清蛋白和球蛋白又称为可溶性蛋白或细胞质蛋白,主要以参与代谢活动的酶类为主,属营养价值较高的蛋白质,富含人体所必需的氨基酸,含量大约占小麦干重的 1%,占籽粒总蛋白量的 20% 左右。醇溶蛋白和麦谷蛋白又称贮存蛋白,均属简单蛋白,是面筋的主要部分。醇溶蛋白是面筋的主要成分,占面筋蛋白总量的 43%,麦谷蛋白占面筋总蛋白的 9%。前者与面团延伸性关系密切,后者则与面团抗延阻力高度相关,两种蛋白对于决定面包的烘烤品质具有重要作用。胚乳中的蛋白质主要由麦谷蛋白和醇溶蛋白组成,球蛋白和清蛋白很少。

中国小麦蛋白质含量受生态环境影响从北向南有下降趋势。北方地区(包括东北春麦区)小麦籽粒蛋白质含量较高的品种较多,而南方地区达到 15% 的品种极少。蛋白质含量对食品加工品质影响很大。据国内外研究结果,同一小麦品