

无公害谷子生产与加工技术

黄瑞冬 方子山 赵凤喜 主编

中国农业科学技术出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了谷子生长发育规律及其对环境条件的要求、无公害谷子生产技术、主要病虫害及其防治方法、无公害谷子加工技术等，介绍部分谷子优良品种，并附无公害谷子生产操作规程和绿色谷子生产操作规程。本书知识简洁易懂，技术可操作性强，可供农民、农业技术人员和农业企业、科研及教学人员参考。

《无公害谷子生产与加工技术》

编委会

顾	问	王树怀	张致才		
主	编	黄瑞冬	方子山	赵凤喜	
副	主 编	徐亚非	李喜庆	潘继峰	国泽新
		王景宇	王雪东		

编委会委员 (按姓氏笔画为序)

丁桂华	于文奇	方子山	王国飞
王艳红	王雪东	王景宇	尤广兰
邓立军	田 伟	付艳忠	刘文达
孙 丽	李月荣	李向伟	李跃荣
李喜庆	宋 莹	张国志	张学灵
杜国平	陈 明	国泽新	郑彩英
赵凤喜	胡媛媛	贾向阳	顾晶晶
徐亚非	徐丽华	郭伟令	盖亚波
黄艳华	黄瑞冬	路 颖	潘继峰

目 录

第一章 概述	(1)
一、谷子在粮食生产中的地位	(1)
二、谷子生产概况	(4)
三、谷子种植分布、生产与区划	(4)
四、谷子及粟类作物	(8)
第二章 谷子的生长发育	(10)
一、谷子的一生	(10)
二、谷子器官的形态特征及生长	(13)
第三章 谷子对环境条件的要求	(29)
一、谷子生长对温度的要求	(29)
二、谷子生长对水分的要求	(32)
三、谷子生长对光照的要求	(36)
四、谷子对养分的要求	(38)
五、谷子对土壤的要求	(43)
第四章 无公害谷子栽培技术	(45)
一、轮作倒茬	(45)
二、选地与整地	(46)
三、增施粪肥	(48)
四、播种	(49)
五、合理密植	(54)
六、田间管理	(55)
七、及时收获	(63)

八、安全贮藏	(63)
第五章 谷子病虫害防治	(65)
一、谷子病害及防治	(65)
二、谷子虫害及防治	(71)
第六章 无公害谷子加工技术	(78)
一、谷子加工的基本特性	(78)
二、谷子加工技术	(80)
三、小米食品开发与加工技术	(85)
第七章 谷子优良品种介绍	(93)
附录1 无公害谷子生产技术操作规程	(99)
附录2 绿色谷子生产技术规程	(105)

第一章 概 述

谷子又叫粟，在我国北方通称谷子，去皮后为小米，南方有的地方为区别稻谷而称谷子为小米，也有的地方叫粟谷。

一、谷子在粮食生产中的地位

谷子是我国主要粮食作物之一，它的种植面积约占全国粮食播种面积的6%~7%，播种面积和总产量都居于世界第一位。在我国北方，小米是人们喜爱的粮食，很多地方流传着“谷子浑身宝，人畜离不了，人吃小米饭，牲畜吃谷草，谷糠猪饲料，根茬当柴烧”的说法，这是广大人民群众对谷子的评价。谷子生产的重要性包括以下几点：

（一）谷子抗旱、耐瘠薄、适应性广

谷子蒸腾系数小，较玉米、高粱、小麦等作物抗旱，如谷子每形成1克干物质，仅需水271克，比高粱、玉米、小麦需水少15.8%~47.1%，谷子种子发芽所需水分仅相当于种子重量的26%，而高粱需40%，玉米需44%，小麦需55%；谷苗出土后，如遇上干旱，20~30天也不致旱死，一旦有水分，就会迅速恢复生长。在十年九旱，特别是春旱严重不能正常播种时，可做备荒作物种植。

(二) 谷子好保管，耐贮藏，是备荒的好粮食

谷子籽实有较硬的外壳，称它为带盔甲的粮食。因此耐贮藏，籽粒在风干的情况下，密闭贮藏 20 年，也不致变质，这是任何作物难于比拟的，古书上也有九谷尽藏，以粟为主之说，因此谷子是最好的备荒救灾的粮食作物。

(三) 小米营养丰富

小米的营养价值较高，容易消化，是北方城乡人民喜爱的粮食品种之一。据分析，每千克小米含有维生素 A₁ 600 个国际单位，而且含有丰富的维生素 B₁ 和 B₂，蛋白质含量约为 9.2% ~ 14.3%，脂肪含量为 3.0% ~ 4.6%，比大米、小麦、玉米、高粱多（表 1-1），特别是人体不能合成的色氨酸、蛋氨酸等氨基酸含量很高，每百克小米含有色氨酸 192 毫克、蛋氨酸 297 毫克，虽比大豆少，但均比大米、玉米、小麦、高粱含量高（表 1-2）。

表 1-1 主要粮食营养成分 (%)

粮食名称	水分	蛋白质	碳水化合物	热量 (千卡/100 克)	灰分
大米	12.44	7.19	78.75	359	0.76
面粉	13.40	12.00	70.40	337	1.50
小米	10.02	9.27	75.71	377	1.24
玉米	14.88	7.87	72.20	355	1.15

表 1-2 几种主要粮食氨基酸含量 (毫克)

百 克 粮 食 名 称	氨 基 酸 含 量	氨基酸			
		苏氨酸	缬氨酸	亮氨酸	异亮氨酸
大米		272	388	655	370
小米		462	415	1 360	-
玉米		372	408	1 315	315
高粱		415	562	1 713	-
大豆		1 635	1 810	1 290	1 809

百 克 粮 食 名 称	氨 基 酸 含 量	氨基酸			
		赖氨酸	蛋氨酸	苯丙氨酸	色氨酸
大米		250	132	328	120
小米		234	297	546	194
玉米		254	157	412	68
高粱		236	180	574	100
大豆		2 424	410	1 800	462

(四) 谷草是牲畜的好饲料

谷草营养价值很高,适口性好,是饲养大牲畜很好的粗饲料。一般谷子籽粒和谷草的比例是 1:1~1:2。谷子亩产 300 千克,就可以收 300~600 千克谷草,谷草中可消化总养分为 47%~51.1%,接近于豆科牧草。畜牧比较发达的国家,多把谷子作为饲草栽培,在干旱地区干草产量大大

超过一般禾本科牧草。

二、谷子生产概况

（一）世界谷子生产概况

全世界栽培谷子的主要产区在亚洲东南部，非洲中部和中亚细亚等地，以中国、印度、巴基斯坦、马里和苏丹栽培谷子较多。中国是世界第一大谷子生产国，总产约占世界的80%，印度是第二大谷子生产国，占世界总产的10%，澳大利亚、美国、加拿大、法国、日本、朝鲜、匈牙利等国也有少量种植。我国谷子主要分布在北方干旱半干旱地区，其中2/3分布在干旱最严重的华北地区。

（二）我国谷子生产概况

谷子原产于我国，是我国最古老的作物之一，有悠久的栽培历史。1954年在西安半坡村新石器时代的遗址中，发现用陶罐装有大量的谷子，证明在我国六、七千年前的新石器时代，谷子就已成为重要的种植作物。在四、五千年前原始甲骨文字里有关谷子的记载很多，这也充分说明，在我国古代，谷子是一种重要的作物。

三、谷子种植分布、生产与区划

（一）谷子种植分布与生产

目前，全国谷子年种植面积约1 500万亩，年总产量180万吨左右，2004年种植面积较大的省区依次是山西、

河北、内蒙古、辽宁、陕西、黑龙江、河南、甘肃、山东和吉林，上述 10 个省区谷子面积占全国谷子总面积的 97%，其中 60% 分布在华北干旱最严重的河北、山西、内蒙古三省区。

各省区间由于自然和生产条件的差异，致使产量水平差异也较大，以山东、辽宁省产量水平较高，陕西、甘肃省产量水平较低，2004 年山东省谷子平均单产 255 千克/亩，辽宁省平均单产 223 千克/亩，甘肃省平均单产 81 千克/亩，陕西省平均单产 69 千克/亩。

(二) 谷子的种植区划

谷子适应性强，分布广泛。我国北起黑龙江、南至海南岛，从东到西都有谷子的栽培。但以淮河秦岭一线以北，西至河西走廊，北至黑龙江省是我国谷子的集中产区。谷子主要产区的无霜期较短，气候比较干燥，降雨偏少，生长期间的雨量一般在 500 毫米以下，但只要做好蓄水保墒工作，即使没有灌溉条件，也能达到较高的产量水平。

在谷子育种和品种管理中采用的是 3 大区划分法，即：东北春谷区、北部高原春谷区、华北夏谷区。在资源研究中一般采用 4 大区划分法，即：东北平原区、华北平原区、内蒙古高原区和黄土高原区。20 世纪 90 年代，王殿赢等根据我国谷子生产形势的变化，通过组织全国谷子生态联合试验，将中国谷子主产区分为 5 大区 11 个亚区。

1. 春谷特早熟区

(1) 黑龙江沿江和长白山高寒特早熟亚区 包括我国最北部的黑龙江沿江各县及长白山高海拔县。该区气候最寒

冷，是我国种谷北界。谷子品种生育期 100 天以下，对温度和短日照反应中等，对长日照反应敏感。植株矮小，穗小，不分蘖，粒小，灌浆快。

(2) 晋冀蒙长城沿线高寒特早熟亚区 包括内蒙古中部南沿、晋西北和冀北坝上高寒地区。谷子品种的抗旱性强，植株矮小，穗短，不分蘖。对日照和温度反应敏感，适应范围小，生育期 100 天左右。

2. 春谷早熟区

(1) 松嫩平原、岭南早熟亚区 包括黑龙江省除松花江平原和黑龙江沿线以外的全部吉林长白山东西两侧、内蒙古大兴安岭东南各旗。该区品种对短日照和温度反应中等，对长日照反应不敏感至中等，粒较小，植株较矮，穗较短，不分蘖，生育期 100 ~ 110 天。

(2) 晋冀蒙甘宁早熟亚区 包括河北张家口坝下、山西大同盆地及东西两山高海拔县、内蒙古中部黄河沿线两侧、宁夏六盘山区、陇中和河西走廊、北京市北部山区。谷子品种对日照反应敏感，对温度反应中等至敏感。秆矮不分蘖，穗较长，粒大，抗旱性强，生育期 110 天左右。

3. 春谷中熟区

(1) 松辽平原中熟亚区 包括黑龙江南部的松花江平原，吉林松花江上游河谷、长春、白城平原，内蒙古哲盟山地和西辽河灌区。本区东西两翼是丘陵山区，中部是广阔的松辽平原，是春谷面积最大的亚区。品种对短日照反应中等，对长日照反应不敏感至中等，感温性弱。

(2) 黄土高原中部中熟亚区 包括冀西北山地丘陵、

晋西黄土丘陵、晋东太行山地，陕北丘陵沟壑和长城以北的风沙区、陇中干旱区，宁夏中部黄土丘陵区。谷子品种抗旱耐瘠，植株中等，穗特长，生育期 110 ~ 120 天。对长日照反应中等至敏感，除甘肃品种外对温度反应不敏感。

4. 春谷晚熟区

(1) 辽吉冀晚熟亚区 包括吉林四平、辽宁铁岭平原、辽西北丘陵、辽东山区、冀东承德丘陵山区。是辽宁、河北春谷主产区。谷子品种对短日照反应中等，对长日照不敏感，温度反应不敏感。植株较高，穗较长，粒小，生育期 110 ~ 125 天。

(2) 辽冀沿海晚熟亚区 包括沈阳以南的辽东半岛、辽西走廊和河北唐山地区。谷子品种光反应接近华北夏谷区，温度反应敏感，短日照生育期长，显著不同于其他春谷区。株高中等，生育期 120 天以上。本区已由春谷向夏谷发展。

(3) 黄土高原南部晚熟亚区 包括山西太原盆地、上党盆地、吕梁山南段、陕东泾渭上游丘陵及陕南少数县，陕西延安地区和北京市西山。本区南界为春夏谷交界线，南部有少量夏谷，但面积和产量都不稳定。谷子品种对短日照反应中等至敏感，对长日照反应中等，温度反应不敏感，生育期 120 ~ 135 天。植株高大繁茂，穗较长，有少量分蘖，籽粒小。

5. 夏谷区

(1) 黄土高原夏谷区 包括山西汾河河谷、临汾、运城盆地、泽州盆地南，陕西渭北旱原和关中平原。该区包括三个不同熟期地段，生育期 80 ~ 90 天。品种对短日照反应

中等至敏感，对长日照不敏感，个别敏感；对温度反应不敏感，个别敏感。植株较高，穗较长，千粒重较高。

(2) 黄淮海夏谷亚区 包括北京、天津以南、太行山、伏牛山以东、大别山以北、渤海和黄海以西的广大华北平原，是我国夏谷主产区。品种对短日照不敏感至中等，对长日照不敏感。品种多为中早熟型，少数晚熟，一般生育期80~90天。植株较矮，穗较长，粒小。

四、谷子及粟类作物

在禾谷类作物中，凡是籽粒较小可以作为食用或饲用、与谷子性状类似的一年生作物，统称为粟类作物。现在世界上栽培的粟类作物，主要有谷子 (*Setaria italica* Beauv.)，黍 (稷) (*Panicum miliaceum* L.)，栽培稗 (*Echinochloa crusgalli* Beauv. var. *frumentacea* Wight)，龙爪谷 (*Eleusine coracana* L.)，蜡烛稗 (*Pennisetum americana* Leeke) 五种。

谷子在我国北方栽培甚广，是主要的粟类作物。黍稷同种，黍是糯性，稷是粳性，黍稷抗旱性强，我国华北、内蒙古、西北、东北等地区栽培较多。栽培稗是稗的一个变种，籽粒较野生稗大，不易掉粒，我国北方低洼瘠薄地区有栽培。龙爪谷或称龙爪稷，多栽培在非洲和南亚，我国西藏南部栽培较多，主要作食用。蜡烛稗原产非洲，亚洲、非洲多用作食用栽培，美国、俄罗斯等国多作饲料种植，我国华北地区也有栽培。粟类作物的形态特征见表1-3。

表 1-3 粟类作物形态特征的比较

	谷子	黍稷	栽培稗	蜡烛稗	龙爪谷
茎	高 1 ~ 1.5 米, 直立, 茎圆, 中空少髓	高 1 米左右, 直立或倾斜, 茎圆, 节间中空, 节上生短毛	高 1 ~ 1.5 米, 直立, 茎圆, 中空	高 2 ~ 3 米, 直立, 茎圆, 实髓	高 1 米左右, 直立茎扁, 三棱形
叶	叶鞘有短茸毛或光滑。叶片较窄, 有叶舌	叶鞘和叶片密生茸毛, 有叶舌, 叶片较宽	叶光滑, 无毛, 叶片较窄, 无叶舌	叶鞘平滑, 边缘有纤毛。叶片最宽, 有茸毛和叶舌	叶光滑, 有叶舌, 叶片较窄
穗	圆锥花序, 枝梗密集呈穗状。小穗下部有刚毛, 成熟时刚毛不随小穗脱落	松散的圆锥花序。小穗无芒	圆锥花序, 密集直立。小穗外稃上有芒或芒状突起	圆锥花序, 紧密呈柱状。成熟时刚毛与小穗一起脱落	穗状花序, 指状排列, 成熟时向内弯曲如爪。每小穗含 5 ~ 8 个小花

第二章 谷子的生长发育

一、谷子的一生

谷子的一生是指种子从发芽开始，经过生长发育到重新结成种子为止，即谷子的整个发育过程。主要经过种子萌动、发芽、出苗，长出根、茎、叶，分化出穗，经抽穗、开花、授粉、受精、灌浆，直到新种子成熟，即可完成整个生长发育过程。

（一）谷子的生育期

谷子从出苗到成熟所经历的时间叫生育期。生育期长短，因品种、播期、栽培地区不同而不同，谷子的生育期一般在 70 ~ 140 天之间。春谷的生育期一般为 100 ~ 140 天，少于 110 天为早熟品种，111 ~ 125 天为中熟品种，125 天以上为晚熟品种。夏谷生育期为 70 ~ 90 天。夏播条件下，70 ~ 80 天为早熟品种，80 ~ 90 天为中熟品种，大于 90 天为晚熟品种。

（二）谷子的生育时期及产量因素

1. 谷子的生育时期

作物的生育时期是指作物一生中其外部形态上呈现显著变化的若干阶段，每一个阶段即是一个生育时期。

谷子生长发育的时期，同一品种在同一地点变化不大。

以春播谷子为例，它的一生大体可分为5个时期：苗期、拔节期、孕穗期、抽穗开花期、灌浆成熟期。

(1) 苗期 从出苗、分蘖到拔节为苗期。在温度适宜、氧气具备的条件下，吸足水分的种子开始萌动，第一条幼根突破谷壳向下生长，而后幼茎开始向上生长，最初露出表土的是保护幼芽的无色芽鞘，芽鞘中第一片叶顶出表土，就叫做出苗。谷子伸出4片真叶后开始分蘖。分蘖的多少主要决定于品种特性，也和栽培条件有关。由于谷子分蘖穗的生产力一般不如主茎穗，所以生产上应以加大留苗密度，依靠主茎穗为主。谷子从发芽出土到分蘖为止，春谷约需20多天，夏谷约需10多天。这一时期的田间管理，主要是保证苗全、苗壮。

(2) 拔节期 指从拔节到茎生长锥开始伸长，大约20天左右。由于这时穗分化还未开始，在田间管理上仍以蹲苗为主。蹲苗的主要作用是促使根系向纵深方向发展。植株下部节间粗壮，对培育壮苗和防止倒伏具有很大的作用。同时，由于适度的干旱锻炼，在生理上也发生了相应的变化，其中最突出的是体内糖分含量的增加，提高了植株吸水的能力，不仅增强了抗旱性，而且为后期的穗大粒饱奠定了基础。

(3) 孕穗期 指从拔节后幼穗开始分化到抽穗，大约需21天。该时期是谷子营养生长和生殖生长同时旺盛进行的时期，不仅对水、肥等营养物质的需要量大，而且对水、肥的供应反应极为敏感。这时水、肥缺乏，就会严重地影响穗部的发育，所以是田间管理最关键的时期。

(4) 抽穗开花期 指从抽穗到开花结束。谷子幼穗发

育完成以后，穗子从旗叶的叶鞘中伸出，即为抽穗。从抽穗到穗全部抽出大约需要3天的时间。抽穗后3~5天开始开花。一个谷穗的开花顺序是中上部分的小穗先开花，然后是中部和顶部，穗基部的小花开花最迟，一般主穗开花需要15天左右，分蘖穗开花需要7~15天。

(5) 灌浆成熟期 指从灌浆开始到成熟。谷子雌蕊在受精后，子房开始发育，并积累营养物质，逐渐充实，最后发育成籽粒。从灌浆到成熟，春谷约需要1个多月的时间，夏谷约需要20~25天。当穗部籽粒硬化，呈现原品种特有的颜色时，籽粒成熟。这时，谷子个体发育的整个生命活动周期便告完成。

谷子生长发育的各个阶段有不同的特点。掌握这些特点，根据各个时期谷子对外界条件要求采取适宜的栽培措施，发挥有利因素，克服不利条件，满足谷子各个时期对外界条件的要求，对进一步提高谷子产量有重要意义。

2. 谷子产量构成因素

谷子的产量因素是由单位面积上的穗数、穗粒数和粒重3个因素组成的，三者之间相互联系，相互制约，共同决定谷子产量的高低。穗数过多，则穗头小、饱粒少、千粒重低，不能高产。稀谷大穗，籽粒虽饱，千粒重高，但总粒数不足，同样产量也不会高。影响产量高低的主要因素是单位面积上的成粒数，即：在“产量 = 穗数 × 每穗粒数 × 千粒重”的公式中，主要取决于穗数与每穗粒数的乘积。

成粒数多少是建立在合理的群体结构基础上的。只有在群体结构合理，成粒数多，千粒重高时，才能获得高产。