

粟的杂交育种

張履鵬 編著

上海科学技术出版社

栗的杂交育种

張履鵬 編著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

粟(小米)是我国北方地区的一种主要粮食作物,产量较高,栽培面积也广。为了进一步提高单位面积产量、改进品质,增强粟对不良环境的适应性,采用有性杂交选育新的品种,是一个有效的途径。

本书内容主要介绍杂交育种的操作技术,杂交后的变异、分离情况,粟的主要特征、特性及其记载方法等。可供农业技术人员、研究人员及农业院校师生等参考。

粟的杂交育种

張履鵬 編著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业登记证出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海洪兴印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 2 16/32 字数 48,000

1961 年 7 月第 1 版 1961 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—2,000

统一书号: 16119·441

定 价: (九) 0.24 元

前 言

粟是我国北方地区的主要粮食作物之一，較能耐旱，在华北、东北、内蒙及西北等地区栽培比較广泛。粟的籽实养分丰富，蘗秆还可作飼养騾馬等大家畜的飼料，因此，它是一种粮草兼用的作物。

我国栽培粟的年代很久，追溯到周代就已有“穗大、毛长、粒粗为粱，穗小、毛短、粒細为粟”的記載。后魏的“齐民要术”一书中載有粟的良种 86 种之多。清朝“授时通考”載有粟的主要品种 251 个，并描述了这些品种的特征特性。从这些記載中，可以說明我国古代劳动人民对于粟的选种工作有着悠久的历史和丰富的經驗。

利用有性杂交是人工創造新品种的主要方法之一。过去，粟的育种，以单株和混合选种为主；至于利用有性杂交的方法，还是近二十年的事情，远不如小麦、水稻、玉米等作物那样研究得比較广泛。因此，粟的杂交育种工作，至今还缺少比較完整的系統經驗。

为了推动粟的杂交育种工作，进一步提高粟的单位面积产量，我把几年来进行育种过程中积累的一些資料整理出来，以供有关方面参考。由于編著者的水平有限，缺点与錯誤在所难免，希讀者批評指正。

編著者 1961 年 4 月

目 录

前言

第一章 粟的花部构造和开花授粉的生物学特性	1
一、花部构造	1
二、穗的开花始末及其开花盛期	2
三、一昼夜中粟的开花情况和盛期	3
四、花的开放经历时间	5
五、授粉过程	6
第二章 亲本圃种植和杂交技术	8
一、亲本的选择	8
二、亲本圃种植	10
三、杂交技术	11
第三章 有性杂交的遗传变异与后代分离	20
一、以往有关粟有性杂交变异和分离的研究结果	20
二、杂种第一代遗传变异情况的观察	22
三、杂种第二代的分离情况	25
四、杂种第三代的分离情况	32
五、杂种第四代及以后各代的分离情况	38
第四章 杂种后代的种植、选择及育种程序	41
一、杂种第一代的种植	41
二、分离阶段的杂种选择与种植	44
三、杂种后代鉴定圃的选择与种植	48
四、杂种的品系比较试验工作	49
五、区域性的试验与大田生产对比	51
六、提早选育过程的方法	53
七、杂种选育过程中的培育工作	55

八、杂种后代的系譜編号.....	56
第五章 粟的主要特征特性及其記載方法.....	57
一、物候学性状.....	57
二、植物学特征.....	60
三、生物学特性.....	62
四、产量因素.....	64
五、其他記載.....	65
第六章 本书提要.....	65

第一章 粟的花部构造和开花授粉的生物学特性

粟的有性杂交育种,是利用粟的性器官进行异花授粉,达到杂交后杂种引起变异的目的,来进行选育工作,所以首先应了解粟的开花授粉的生物学特性,才能正确掌握和进行有性杂交工作。关于粟的开花授粉,国内外均有比较详细的研究,积累资料较多,现就花部构造和开花授粉的性状等叙述如下。

一、花部构造

粟为总状圆锥花序,中轴具有棱沟,并密生茸毛。穗轴上着生第一级分枝。第一级分枝数量很多,一般每穗有几十个,其上又依次着生第二级分枝和第三级分枝。第三级分枝上着生小穗花。每个小穗花包括两个护颖和两朵花,一为退化花,只能看出退化的外稃不能结实;一为完全花,能结实。完全花有内、外稃,花内有雌、雄蕊。雌蕊柱头为羽状分枝,原为白色,授粉后即干枯。子房之侧生三枚雄蕊,一枚在外稃中间,

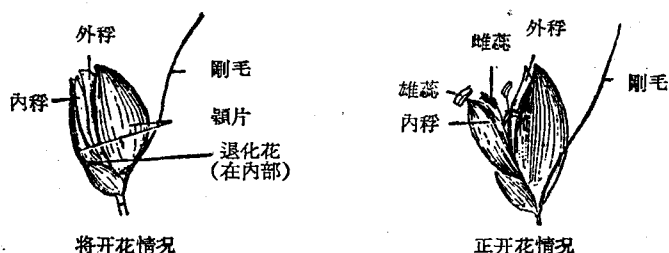


图1 花部构造

另两枚在内稃的两侧。花药为黄色或白色，散粉后也枯萎。子房下有两个鳞片（浆片），对温、湿度的影响很敏感，进行稃的开闭作用。

二、穗的开花始末及其开花盛期

每枝穗开花情况据国内外的观察结果，大体没有什么出入。开花次序自顶端由上至下，一般在穗抽出 $3/4$ 时到全穗抽出的第二日开始开花。全穗开花时间为 $10\sim 20$ 天，其中第三、四、五日为开花盛期，占全穗开花总数的 60% 以上。开花期因自然条件和品种不同而有差别，一般在高山冷凉地区开花时间长达 20 天（据延安农业试验站观察），而平原地区多为 $10\sim 15$ 天。

据印度欧阳格等的观察结果（1927、1928 和 1931 年）：穗抽出 $3/4$ 时开始开花，一穗开完需 $10\sim 15$ 天。

李先闻等在开封观察（1931 年）：抽穗后第五日开始开花（可能是由抽穗始期计算——著者注）。1933 和 1934 年观察，一穗开完需 $12\sim 15$ 天。

郝钦铭等在 1937 年曾就“南京 12 号”等 18 个品系观察：每穗开花需 $10\sim 16$ 天，以第四、五、六日开花最多，占开花总数的 65% 。

任惠儒等在北京观察（1949 和 1953 年）：穗开始抽出 $3/4$ 时开始开花，即相当于开始抽穗后 4 天左右。

著者在河南辉县观察（1954 年）：一般在穗尚未抽出到全穗抽出后第二日（即开始抽穗后 $3\sim 5$ 天）就开始开花，每穗由开始开花到全部结束要 $10\sim 15$ 天，其中第三、四、五日开花数目最多，约占全数的 60% 左右。

延安农业试验站观察（1957 年）：在延安山地一枝穗开花

完毕一般需要 20 天, 观察品种为“大红袍”和“干捞饭”。一穗开始开花后第三日即进入盛花期, 第十日后则逐日减少, 这一时间开花数目相当于总开花数目的 65~75%。

根据以上观察的每穗开花情况, 开花时间是很长的。但开花盛期总是集中在开花后的 3~5 天内, 这对于进行粟的人工杂交授粉是有利的。在育种工作中应根据开花习性安排工作。由于每穗开花时间很长, 做为母本植株者用花很少, 和每穗进行杂交工作时间较长, 以及父本植株因为开花盛期只有 3~4 天等的原因。为了便于采粉, 应考虑父本的种植时间和加多数量, 使在盛花期进行杂交时便于采粉。

三、一昼夜中粟的开花情况和盛期

关于粟的每日开花情况, 国内外均有详细观察, 现将其观察结果列于表 1。

观察表 1 的结果: 每日傍晚到次日早晨是粟的开花时间, 一般情况下早晨是第一集中开花期; 其次是在午夜。但由于地区和时间不同, 开花时间和开花集中时期也有差别, 这种差别明显的表现主要是受温度影响, 其次是湿度影响。由不同地区来看, 温度高的南部地区开花时间长, 而且在早晨的开花盛期也有所提早。我国开封、南京、辉县等地区开花时间由傍晚一直到翌日早晨, 而苏联是在早晨和傍晚两个阶段。山区如延安地区午夜才开始开花, 因此, 停止开花也比较晚。

著者在辉县观察 (1955 年): 同一年份开花日期也有差别, 7 月间开花为 18 时至翌日 8 时; 8 月间观察则延到 22 时至翌日 10 时; 9 月开花的是集中在 7 至 9 时; 晚播粟到 11 月开花者, 由于当时日平均气温为 20°C, 因此, 只能在气温比较高的 13~17 时开花了。

表 1

粟的每日开花情况

观察者	观察年份	观察日期	观察地点	每日开花始末	开花最盛时间
欧阳格等	1927 1928 1931		印 度	20 时~翌日 10 时之间	22~24 时 和 6~8 时
李先闻	1933		河南开封	16 时~翌日 10 时	5 时和 20 时
郝钦铭	1934~35		南 京	20 时~翌日 10 时	22~0 时和 6~10 时
著 者	1955	7 月	河南辉县	18 时~翌日 8 时	6~7 时和 20~21 时
著 者	1955	8 月	河南辉县	22 时~翌日 10 时	6~8 时和 24~2 时
著 者	1955	9 月	河南辉县	7~9 时	
著 者	1955	11 月	河南辉县	13~17 时	
华列尼查	1955		苏 联	5~6 时开放, 9~10 时 停止, 到黄昏又开花	
龔查諾夫	1957		苏联鄂 木斯克	5 时半~11 时, 17~19 时 延至傍晚	
延安农业 試驗站	1957	8 月	延 安	午夜至上午 10 时	6~8 时

在同一日期內由于天气的变化, 开花時間也有不同, 气温越低, 早晨开花盛期越向后延迟; 夜間开花也越少。在許多观察資料中都說明这种現象。沈寿銓(1942年)在北京观察: 晴天开花早, 5 时半渐盛, 迄 6 时半极盛; 阴天情况下, 开花能延长到上午 10 时; 微雨开花可拖到中午。李先闻 1933 年在开封观察: 当时溫度較低, 4~7 时开花特多; 而 1934 年溫度較高, 午夜与晨間开花相等。著者于 1957 年观察: 7 月 18 日天阴比次日晨有微雨者开花提前約 50 分钟。延安农业試驗站观察:

8月14日降雨后，6~8时有濃霧，空气湿度过大，开花盛期推迟到8~10时，中午仍有少量开花而夜間开花很少；反之，8月13日夜間溫度比較高而湿度低，午夜前即提早开花。又著者观察：夜晚在露水濃重时开花比較少，而晴朗多风时开花是不間断的。再如龔查諾夫于1957年观察：在阴暗的天气开始开花要比一般迟2~3小时，一直开一整天，但非常稀少。

每日开花情况与品种关系也很大。延安农业試驗站观察：在夜間开花的“大紅袍”谷，一般集中在4~6时，其次是2~4时；“干捞飯”谷則比較均匀分布在0~6时之間。根据以上开花時間的观察，早晨开花最盛，因此在进行有性杂交时，去雄和授粉工作应以早晨为宜。

据卢緯民、任惠儒等在北京观察結果：认为粟开花最有利的環境条件是在溫度 $17.7\sim 24.6^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为59~99%，如气温低于 10°C 則不利于开花，大多数品种在 $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 的条件下就可以开花，但开得很慢。著者在河南輝县观察：开花适宜溫度是 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，适宜湿度为80~90%。据П. 龔查諾夫的观察結果：溫度低于 20°C 时，則几乎看不到开花。

四、花的开放經历時間

小花的开閉是由于花的內、外稃受鱗片（浆片）影响的結果。在正常气候条件下，一般內、外稃开张为 45° 角，白昼和夜晚溫度过高、过低时，开裂比較小，約为 15° 角；在阴雨天湿度过大則不开張，穗部如事先經人工整穗去掉周圍花后，开张就大到 90° 角。每朵花开放經历時間，很明显是受到当时的溫度和湿度的影响，根据一些观察結果，溫度越低，开花時間越长。著者在河南輝县观察：早晨由开花到閉合約为70~90分钟，其中由始开到盛开是40~50分钟；日間10时左右开花者

較快，但不足 60 分钟；在夜間溫度低於 20°C 時，開花延長到 160 分钟。1957 年觀察：在 7 月 18 日天陰，開閉時間經 95~107 分钟；次日有雨氣溫比前一日低 1°C 、相對濕度高 3%，開閉時間延長為 115~135 分钟。任惠儒等在北京觀察：花開閉需要 70~80 分钟，早晨在 4 時 20 分始開花者比 5 時 15 分始開花者，開閉時間要長 10 分钟，主要受溫度較低的影响。早晨等溫度逐漸提高後能促使花早閉合，所以一般表現各花在開始時時間常參差不齊，而閉合時間常相一致。又據一些緯度高或地勢高而氣溫較低的地区觀察結果看，一般比上述平原地区開花時間長。位於河北長城附近的沙嶺子農場的粟，每朵花开閉要歷 140 分钟；延安農業試驗站的粟，從初開到全閉要達 120~160 分钟。蘇聯 E. T. 華列尼查報告：花開閉為 96~360 分钟。從以上資料看來，寒冷地区花開放時間比較長。

有些情況，授粉不經過稈的開張。著者觀察“華農四號”谷在陰雨和低溫的條件下正處於開花階段者，平均每穗經開花結實的有 1169 個，而有 2904 個則未經開花而結實，雄蕊並不伸出亦授粉，花藥遺留在稈內。這也是粟對不利開花授粉氣候的一種適應性。

五、授粉過程

在內、外稈開始開裂時，一般是雌蕊柱頭先伸出裂口外，雄蕊在柱頭透出後方漸伸長而伸出稈外，但有時也會雌、雄蕊同時伸出，在溫度較低時雌蕊柱頭伸出尚不如雄蕊快。雄蕊是靠外稈的一枚先伸出，其次是靠內稈兩側的兩枚再伸出。盧緯民、任惠儒等在北京觀察是：“將近完全開放時，羽狀柱頭即出穎外，約 5 分鐘後伸出一枚雄蕊，再過 4 分鐘其他兩枚雄蕊

同时伸出。”延安农业試驗站观察：雌蕊亦是当花盛开时柱头首先伸出。以上均比我們观察雄蕊的伸出时间为晚。

著者在輝县观察：在花初开雄蕊方伸出时，花药就能破裂，所以，如进行人工去雄应在稈开张以前，进行得越早越好。但延安农业試驗站以及北京等地观察认为，盛开后 10~20 分钟授粉較好，比我們观察的授粉时间晚。

花药在授粉时是中間纵裂借彈动力将花粉粒彈到羽状柱头上及其周圍，彈力不很大。延安农业試驗站观察彈射最远的也仅 3~5 毫米，所以粟一般虽为稈外傳授，但仍以自花授粉为主。每个花药約含花粉粒 200 个左右，每朵花共三个花药含花粉粒 600 个以上，因此花粉粒足够授粉之用。花粉粒渾圓，无色透明，有粘着力。收集一起的花粉則表现为淡黄色。

授粉后花即开始閉合，閉合的时间因气候条件而不同，在温度高、湿度小的情况下閉合得比較快，一般为 30 分钟；而阴雨、低温情况下，半閉状态可能維持 1 小时以上。花閉合以后，柱头和花药均殘留稈外，顏色变深逐漸枯萎而脫落。

著者观察：粟在开花授粉时逢雨对授粉有很大影响，正开放的花遇雨，花药不开裂，因而不能很好授粉。观察正在降雨时开花的 32 个花朵中，結实的为 20 个，不結实的为 12 个，即不結实的占 37.5%。曾經又用噴霧器人为加“雨”，因受水面广，观察 40 个花中只有 4 个結实，不結实者占 90%。又任惠儒等 1954 年在河北新城观察：在雨中开放 45 朵小花，其中結实籽粒 1 个、秕粒 3 个。

粟以自花授粉为主，但异交率也較高。据各地研究結果，天然异交率最低为 0.038%（1930 年安徽宿县金大农学院合作农場的研究結果），最高为 5.6%（1933 年李先聞在开封的

研究結果)。其他如燕大改良農場及開封農場(1934年)試驗結果,天然異交率為2.26~2.30%。天然異交率因種植方法及異品種的種植距離遠近也有差別,據高橋及星野1934年試驗,同行混播者天然異交率達2.33%。異品種種植遠近的試驗結果:在5尺以內者異交率達0.46%,而遠到35~40尺的異交率仍有0.014%。因為粟異交率高,在育種當中有廣泛利用自然雜交原始材料的机会。在育種中,選擇天然雜交的變異單株,可以減少雜交手續,而且能縮短育種過程。如我們所培育的“新專724”谷、“紅粒一號”谷等都是天然雜交的。這種方法可以廣泛利用。

第二章 親本圃種植和雜交技術

一、親本的選擇

正確的選擇親本,是決定育種成敗的關鍵。粟是古老作物,遺傳傳遞力很強,雜種的後代會把雙親的特征特性表現出來。其後代雖然發生明顯的變異,但大多數限于雙親的特征特性遺傳範圍。其後代大部分是有的傾向于一方,有的則介于兩親之間。親本如選擇不當就會使育種工作白費工夫。

粟在我國是以收穫糧食為主、飼草為輔,因此它是糧草兼用的作物。在選擇親本時必須考慮到籽實的豐產要素,而兼顧蘗秆的豐產要素。豐產的主要因素包括穗子大小和密度,穗上的分枝多少和粒數等。每株的有效分蘗數也與產量有關,但如其他要素具備可以依靠主穗增產的話,分蘗的作用就不很重要了。千粒重是豐產因素之一,粟的千粒重是因品種類型的不同而有高低。蘗秆的豐產要素則包括株高、莖粗以及

全株重等。在选择亲本时必须注意亲本对病害的抵抗性，特别是选出的亲本，对发生普遍的病害(如白发病)和在目前农业防治上效果比较差的病害(如红叶病)，应有抗病的能力。发育阶段等生物学特性也要注意，在一年两熟地区粟做为夏播时，早熟特性是符合生产上要求的。在春播地区对生育日期要求不很严格，但亦应以成熟期适当为宜。为了创造具有优良品质的杂交良种，也要注意选择品质优良的亲本。目前在生产上选种工作的主要要求是选出丰产、抗病、早熟和品质优良的粟种。

在进行杂交育种工作中利用某一亲本的优点来弥补另一个亲本的缺点，是杂交育种的要求。在杂交育种工作中证明，这个愿望只要正确选择亲本是可以达到的。如著者在1956年进行杂交育种中，“铁头碰”谷表现抗病而籽粒数多，但千粒重比较低，只2.4克。利用大粒种“大白谷”和“小谷”杂交以后，其后代有千粒重达到3.4克的单株。其他如欲选出抗病力强的粟种，只要用抗病的亲本进行杂交，也会有很好的抗病后代出现。

利用地理上相差远的或生态上相差比较大的亲本进行杂交，其后代分离比较大，苏联选种经验认为这些杂种后代还具有特别强的可塑性，因而更容易定向培育。利用生态相差比较大的亲本杂交，可以得到比较多的选种材料和更新的品种。但杂种后代分离现象大，选择比较困难，应注意定向培育和选择。我们曾依此经验将小粒种和山区的大粒种进行杂交，结果很好。利用生态型比较接近的品种进行杂交则其分离类型比较少，而且后代容易达到一致，选种容易，但其后代分离类型少，选择范围窄。选择亲本品种的类型远近主要依育种目的而定。

杂交育种工作者选择亲本时，利用本地推广种或种植面

积最大的品种做为亲本的一方,常是容易成功的,因为本地种的种植时间比较长,经过生产的考验,常能适合当地自然条件;如使其作为亲本进行杂交育种,后代受其遗传性影响也会适合当地条件。在育种工作中注意利用当地种为亲本,不断的进行杂交选择,可以使良种经常保持优良种性。种植年代久的当地种,常由于相对的相同自然条件的影响,致使生活力降低、病害严重,特别是白发病发生明显,种植年代越久发病也越多。进行杂交以后会提高生活力,改良种性。利用本地种为亲本是最有把握的方法,但用外来种如果选择适当也会有良好的效果。

二、亲本圃种植

进行杂交育种,应事先将亲本种于亲本圃中。亲本圃的种植方式,主要考虑如何便利杂交工作的进行。根据工作中的经验,母本种植每区以1~2行为限,这样距离父本很近,容易进行授粉工作。在母本两旁种植父本,父本播种的行数应多些,要相当于母本的10~20倍,以利授粉。因为粟的花粉较少,而且开花时间很长,其中盛期只有3~4天,早晨进行采粉又常遇露水,不易采粉,多种父本则可便于采粉。父本种植小区除适当增多外,并要分2~3期播种,使父本的盛花期错开,便于授粉。粟的开花期一般正逢雨季,常常因雨不便进行杂交工作,分期播种父本,则如这一期不能杂交授粉,可以利用下一期的花粉。母本因用花数不多,粟的每穗开花时间又长,可以不必分期播种。亲本圃宜分期设重复区,这样更会减少自然条件的影响,能保证杂交工作完成。母本的种植应为宽行距,一般行距以1.5尺以上为合适,对进行杂交工作比较方便。父本的行距可按一般大田的行距播种即可。母本的株距

也应比一般种植者大些，便于进行选择 and 调查。亲本圃行不宜过长，一般可以采用 10 尺行长。亲本圃种植的亲本，其生育阶段，事先必须有详细的了解，如果父母本开花期相差比较大者，应当用调节播种期的办法，使其开花期达到一致，便于进行杂交。

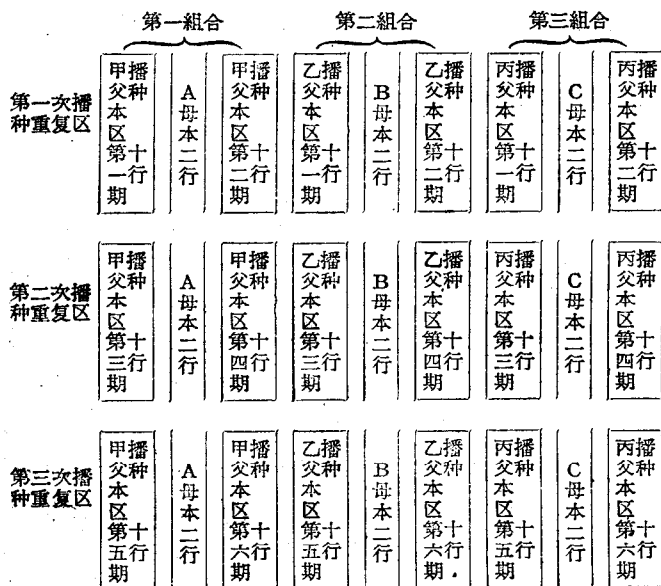


图 2 亲本圃种植示意图

三、杂交技术

1. 花的选择及杂交前的准备

杂交以前，应做好准备工作。先要选择好适当的植株。作为杂交的母本植株，必须生长正常而健壮，没有感染病虫害，并且不会倒折者；特别是已经发生蛀心害虫的植株，在未进行