

作物遗传资源的抗病虫多样性与农业可持续发展

王晓鸣 金达生 戴法超 梁克恭

(中国农业科学院作物品种资源研究所 北京 100081)

S 332

J181

摘要 育种中对少数具显性单基因抗性的亲本材料的广泛利用,致使推广品种的抗病虫遗传背景狭窄,导致作物病虫害种类发生演变和重要病虫害持续爆发或流行。我国拥有丰富的作物遗传资源,在1986~1995年评价了7类粮食作物60万份次种质对58种病虫害的抗性,发掘出3万份次的抗性种质,其中6000多份兼抗2种以上病虫害。丰富的抗性资源是今后拓宽栽培品种遗传背景的重要基础。利用现代生物技术从农家品种、育成品种、外引品种、野生种和近缘植物中发掘并合理利用显性单基因抗性和微效多基因抗性,通过遗传多样性的恢复,达到农田生态系的稳定,促进农业的可持续发展。

关键词 作物种质 病虫害 多样性 持续农业

种质资源 抗性多样性

中国农业生产中最主要组成部分的粮食生产受到病虫害鼠害的极大威胁,每年造成约15%的粮食损失^[1]。近年来,病虫害鼠害发生面积继续扩大,80年代年平均发生面积1.87亿hm²次,90年代初达到2.36亿hm²次^[2],1998年上升至3.3亿hm²次。以小麦为例,90年代病虫害年平均发生面积0.6亿hm²次,经防治,年平均损失仍达347.3万t^[2]。尽管病虫害发生与流行受环境的制约,但从根本上讲,是一种人为灾害。人类在改造自然的同时,过分利用少数物种资源的特定基因,打破了自然生态系中由于物种间和物种内部多样性而形成的生态平衡。未来农业的可持续发展,需要恢复和保护生态体系的相对平衡,主要途径就是利用生物和环境资源的多样性。

1 人为选择性下的病虫害演变

1.1 作物品种更换与病虫害的演变

影响病原菌和害虫演化的最重要因素是作为其食物的寄主作物品种的更换。品种抗病虫性的改变,直接破坏了病原菌和害虫的生存条件,迫使其通过种群遗传因子的改变获得新的生存能力。

小麦品种碧蚂一号在50年代开始推广种植,1960年达到600万hm²。由于品种单一,直接导致了1号小种为主的条锈病大流行。60年代中期阿勃及相近血缘品种的种植,促成了条锈菌18、19号小种流行,造成较大的生产损失。70年代小麦品种泰山一号在华北和西北的推广哺育了24、25号小种,再次造成

了较大的区域生产损失。洛类血缘品种在80年代大范围种植,不但使28、29号小种急剧上升,品种抗锈性丧失,同时也使抗白粉性丧失^[3]。针对洛夫林系抗条锈性丧失,繁6—绵阳系抗条锈病小麦得到了推广,年种植面积近300万hm²。在新的选择压力下,30、31号新小种产生。90年代中期,川、陇、陕等地绵阳系小麦条锈病严重发生,并威胁到东部麦区^[4]。

小麦吸浆虫在80年代再次大发生,与同期推广小偃6号等感虫品种密切相关。

近50年间玉米病害的演变明显与品种更换有关。在农家品种当家的50年代至60年代初,病害种类虽多,但危害并不严重。60年代中期至70年代中期,选育推广第1、2代单交种,以感大、小斑病的维尔156、丹玉1号等杂交种为代表,导致了大斑病和小斑病流行,部分地区丝黑穗病亦严重。70年代中后期至80年代初期,第3代单交种中以525为亲本的杂交种高度感染矮花叶病,故矮花叶病迅速流行。80年代中后期的第4代单交种,以中单2、丹玉13、烟单14为杂交种代表,其推广致使青枯病和穗腐病愈加严重。自交系黄早四为亲本选育的杂交种对褐斑病呈感病反应,用吉63为亲本选育的杂交种高度感染圆斑病^[5]。90年代的第5代单交种所培育的杂交种,许多又对灰斑病、弯孢叶斑病感病。

由此可见,作物病虫害的发生与流行,与人为选择下生产品种的培育和推广有密切关联,其深层次的原因则是相关推广品种的抗性基因过于单一所致。

1.2 作物遗传背景狭窄与病虫害的发生

具有较高寄生专化性的病原菌与作物品种之间有“基因对基因”的遗传学关系,即对应病原菌的一个无毒基因,作物品种存在一个抗性基因。作物的小种专化抗性多由显性单基因控制,抗性效果突出,易为育种家利用。非小种专化抗性由多基因控制,呈数量性状遗传,抗性一般,利用较为困难,常为人们所忽视。70年代以来,少数抗病基因的广泛利用是造成育成品种抗病背景日益狭窄、抗病性只能维持数年的重要原因。

含黑麦1B/1R血缘的洛类小麦在70年代引进后为育种家广泛利用,致使70%的育成品种都含有

抗条锈病的 Yr9 基因和抗白粉病的 Pm8 基因^[4]。在这些品种推广初期,有效地控制了病害的发生。但由于含同一抗源的品种过多,种植面积过大,成了病原菌新毒性小种的哺育品种,导致 80 年代中期以来多次发生小麦条锈病和白粉病的大范围流行,生产损失严重。绵阳系小麦抗病性的丧失,也同样证明了遗传狭窄性的危险。但由于绵阳系小麦在具有显性单基因抗性背景下,还有温敏型微效抗性基因,因此在生产中仍保持了持久抗病性达 20 余年,这是其它推广品种所不及的^[6]。又例如目前生产种植的抗(耐)赤霉病品种的亲本均含意大利抗病品种瑞梯(Rieti)血缘,可见其抗性的遗传相似性是很高的^[7]。

玉米生产上占全国总面积 57.8% 的品种含有 6 个骨干自交系的血缘,即 Mo17、黄早四、E28、自 330、掖 478、丹 340。若按自交系应用面积在 10 万 hm² 以上统计,也只有 18 个自交系,可见玉米杂交种的遗传背景也是较狭窄的。遗传多样性的缺乏直接与病害发生相关。如 Mo17、自 330(兰卡斯特系统)对矮花叶病感病;唐四平头、黄早四(唐四平头系统)感染丝黑穗病和褐斑病;E28、丹 340(旅大红骨系统)感染矮花叶病、纹枯病和灰斑病;478、U8112、5003(瑞德黄马牙系统)对纹枯病、灰斑病、弯孢叶斑病感病。辽宁玉米灰斑病之所以严重发生,原因在于其育种亲本主要源于旅大红骨和瑞德黄马牙系统^[5]。掖单系列品种在 90 年代的崛起并未改变这种状况,却使用于育种的种质基础更加集中^[8],以这些骨干自交系育成的杂交种及组合在一些省份高达 95% 以上。遗传多样性值(GD)表明,我国玉米遗传基础狭窄,遗传多样性减弱^[10]。

在 651 个大豆品种中,随着育种时间的推移,地方品种为亲本的比率明显下降,从占主导地位(1960 年前)降至 33%(1961~1980),再降至 16%(1981~1995)。在东北地区育成的 330 个大豆品种中,243 个(73.6%)具金元血缘,218 个(66.1%)有四粒黄的遗传组成,131 个(39.7%)以白眉为共同祖先,这一状况在黑龙江大豆品种中更为突出^[11],黑龙江多数主栽品种对大豆疫霉病高度感染与此现象有关。黄淮海地区 221 个大豆育成品种中,137 个(61.9%)来自于齐黄 1 号等 4 个系谱^[12]。大豆遗传基础狭窄和在一定区域内遗传的高相似性,对于抵御线虫病害、锈病等灾害是极为不利的。

2 中国作物种质资源的抗病虫害多样性

2.1 作物种质资源抗病虫害特性系统评价

中国作物种质资源抗病虫害特性评价起步于 70 年

代。1985 年以后,抗病虫害鉴定评价进入国家科技攻关项目,形成了有较大组织规模、涉及内容广泛的作物抗病虫害特性鉴定评价网络。

粮食作物资源抗病虫害特性鉴定评价共涉及 7 类作物 58 种病虫害,包括稻类(栽培稻、野生稻)4 病 3 虫、小麦及野生近缘植物 7 病、大麦 4 病、燕麦 2 病 1 虫、玉米 4 病、高粱 1 病 2 虫、谷子 5 病 2 虫、黍 1 病、大豆 3 病、食用豆(绿豆、小豆、菜豆、蚕豆、豌豆、豇豆)13 病 6 虫。十多年来,共完成 15.9 万余份种质资源约 60 万份次的鉴定与评价,获得抗性种质 2 万余份次,其中抗 1 种病虫害的 13700 余份,兼抗 2 种以上病虫害种质 6000 余份,数十份种质兼抗 4 种病虫害,有很好的利用前景。

根据生产和育种需要,鉴定评价内容也在增加,以发掘新抗病虫害基因。此外,在作物育种领域也开展了抗性鉴定。如 1990~1995 年,对 13575 份小麦品种、品系和亲本材料抗 7 病 1 虫特性进行了鉴定^[14]。在玉米、大豆、水稻育种课题中也设立了抗病虫害性鉴定,这些工作有力推动了作物种质资源中抗病虫害基因的利用。

2.2 抗病虫害资源的利用

通过种质资源抗病虫害性鉴定,一批抗性良好的资源已用于育种,为减轻病虫害危害发挥了积极作用。在水稻方面,以密阳 46 为恢复系,育成了一系列抗病组合并已推广;以广陆矮 4 号为亲本的中育 1 号中抗白叶枯病,已开始推广种植。通过对小麦不同抗赤霉病种质的抗性累加,选育出一批抗赤霉病品种。利用二棱大麦中的抗黄花叶病基因,培育出耐黄花叶病的沪麦 8 号、沪麦 10 号。一批抗病玉米自交系,如百黄混、自立 182、红玉米、吉 818、威风 322、齐 35、获唐白 42 先后用于杂交种选配,有的抗病杂交种已大面积推广。大豆种质兴县灰布支黑豆、五寨黑豆等兼抗大豆胞囊线虫多个生理小种,已被 10 余省利用,配制组合 400 余个。抗高粱蚜资源 5-27 与抗高粱丝黑穗病种质 5-26 杂交,育成沈单 6 号,5-27 已成为抗高粱蚜育种主要亲本。利用一批抗锈病谷子农家品种,在河南已选育出抗病中间材料,有些已成为具有生产推广价值的优良品系。

2.3 作物种质资源的抗性多样性

评价结果表明,针对当前的主要病虫害,在作物资源中基本可以找到不同类型的抗性种质。如抗一种或多种病虫害种质,抗一个或多个小种的种质,高抗类型(免疫、高抗)和一般抗性类型(抗、中抗)。已发现抗 4 种病害小麦种质数十份,如三粒一寸、Cmh77A、785、

川 89-367-1、兴原 8625 等,水稻中对稻瘟病免疫、高抗白叶枯病、褐飞虱、白背飞虱的种质有沿潮(WD-13204)、高雄育 6 号、IR5853-162-1-2-3 等,岩京、三百粒粒抗 29 个稻瘟病菌生理小种。玉米中保-3-5-2 兼抗丝黑穗病、大斑病和小斑病,白马牙抗丝黑穗病、矮花叶病和小斑病。谷子资源黑谷兼抗谷瘟病、白发病和粟芒蝇。大豆中五寨黑豆、兴县灰布支黑豆等抗胞囊线虫 1、3、4、5 号小种。以往人们主要研究和利用单抗和高抗类型,但在持续农业中,如何利用一般抗性类型则犹显重要。

3 作物种质资源抗性多样性利用前景

3.1 新抗病虫基因的鉴定与利用

由于品种、栽培、气候等生产要素的改变,作物病虫害种类或生理小种/生物型亦在变化之中。病虫害流行的经验教训表明,今后的育种必须避免过分使用单基因高抗性种质。要使农田生态系病虫害危害稳定在一个较低水平、小种变异缓慢,必须增加生态系内的生物多样性。要不断从现有种质中特别是农家品种中挖掘和利用新抗性基因,包括显性单基因和具持久抗性效应的微效多基因。只要合理地将两类基因结合利用,可以达到丰富抗性品种遗传背景、保持农田生态系稳定的目的。中国是许多农作物的起源地,作物栽培历史久远,在作物资源中必定存在包括抗病虫多样性的大量遗传变异类型。为了农业可持续发展,必须调整单纯追求高度抗性(免疫和高抗)的抗病育种目标,提倡一般抗性和持久抗性。

不同气候带种质的基因交流和国外资源的引进,将丰富区域品种的遗传多样性。但在基因交流时,应选择对引种区和引入地主要病虫害呈抗性的种质。因为一旦感性基因导入新区,将会造成新病虫害的发生。

3.2 野生种和近缘植物资源抗性基因的利用

目前,一些主要病虫害抗性品种的遗传相似性过高。育种家希望从野生种和近缘植物中发掘抗性基因,拓宽品种的遗传基础。近年已鉴定和评价了大量小麦近缘植物的抗病性,发现其中许多属种和居群对小麦白粉病、锈病、赤霉病、黄矮病具良好抗性^[4,14,15,16],有很好的利用前途。一些抗黄矮病、白粉病、赤霉病基因已成功导入小麦,育成了一批抗病品种。来自于野生水稻的抗稻瘟病基因也开始得到利用。

小麦、水稻、大豆野生种和近缘野生植物中将有发现更多新的抗病虫基因。为防止短期内失效,

对新抗源基因,特别是显性单基因的应用,应与其它抗性基因及微效抗性基因相结合,使抗性具有持久性。

3.3 远源植物抗性基因和转基因植物的利用

分子生物学技术的发展,使远源杂交和转基因成为可能。寻找和转移远源植物的抗病虫基因,能够进一步丰富作物的遗传多样性。水稻、小麦、玉米同为禾本科作物,但各自的病虫害种类差异较大。试验表明,小麦白粉病菌、条锈病菌能够在玉米、水稻叶片上萌发,但不发生入侵,病原和寄主间呈非亲合反应。如果能阐明这种非亲合反应的机制并发现相关基因,对小麦病害的防治具有重要意义。要防止导入对所利用远源植物特定病虫害感染的基因,避免被改良作物发生新的病虫害。

近年来,转基因技术已在棉花和玉米上获得成功应用,创造出含 B.t 毒蛋白基因的抗虫品种,增加了这些作物种质的多样性。由于所转基因为单基因性质,其生产应用年限可能较短,原因在于①非纯合转基因植物易丧失抗性;②害虫抗性群体产生并成为主体。因此,转基因植物的利用尚有较大的局限性和风险性。

综上所述,在人为选择下,作物病虫害种类在发生着变化。由于人们对原本遗传基础丰富的种质资源未能科学、有效、全面地加以利用,造成培育出的抗病虫品种和主要推广品种遗传基础狭窄,抗性丧失加快。利用现代生物技术,通过多学科协作,充分发掘存在于农家品种、外引品种、野生种、近缘和远源植物乃至其它物种中的有益基因,特别是抗病虫基因,改善农田生态系的生物多样性和遗传多样性,病虫害的有效控制,农业的持续发展是完全可以达到的。

参 考 文 献

- 1 张广学、张润志、周光召主编. 科技进步与学科发展. 北京,中国科学技术出版社,1998:141~144
- 2 郭子元、周光召主编. 科技进步与学科发展. 北京,中国科学技术出版社,1998:728~732
- 3 曾士迈、张树榛. 植物抗病育种的流行病学研究. 北京,科学出版社,1998
- 4 牛永春、吴立人. 冀 6-绵阳系小麦抗条锈性变异及对策. 植物病理学报,1997,27(1):5~8
- 5 金善宝. 中国小麦学. 北京,中国农业出版社,1996
- 6 王凤乐、吴立人等. 持久抗小麦条锈品种抗病性特点分析. 植物保护,1997,23(3):3~6
- 7 王仲明、胡为涛等. 小麦抗赤霉病品种(系)系谱及其抗病遗传源问题. 作物品种资源,1996,(3):25~27

2000, 2(5), -70

1

- 8 吴纪昌,马丽君等主编. 植物病害研究与防治. 北京. 中国农业科技出版社, 1998, 384~387
- 9 彭泽斌,刘新芝. 我国玉米杂交育种现状的评析. 作物杂志, 1998, 增刊, 1~5
- 10 周洪生. 玉米遗传育种. 济南, 山东科学技术出版社, 1994
- 11 盖均镒,赵团结等. 中国 1923~1995 年育成的 671 个大豆品种的遗传基础. 中国农业科技导报, 1999, (1), 26~31
- 12 叶兴国,王连铮. 黄淮海地区大豆品种亲缘关系概势分析. 大豆科学, 1995, 14(3): 214~220
- 13 王剑雄,庄巧生等主编. 中国小麦育种研究进展, 北京, 中国农业出版社, 1996, 234~239
- 14 王永芳,颜 济等. 小麦近缘野生植物的赤霉病抗性研究. 植物病理学报, 1997, 27(2), 107~111
- 15 王晓鸣,李怡琳等. 小麦野生近缘植物对小麦白粉病的抗性鉴定. 作物品种资源, 1994, (1), 13~16
- 16 陈尚安,董玉琛等. 小麦野生近缘植物抗病性鉴定. 中国农业科学, 1990, 23(1), 54~59

The Diversity of Resistance to Disease and Pest in Crop Germplasm and The Sustainable Developing on Agriculture

Wang Xiaoming Jin Dasheng Dai Fachao Liang Kegong

(Institute of Crop Germplasm Resources, CAAS, Beijing, 100081)

Abstract The widely use of a few parent materials with dominant and resistant monogene caused narrow on genetic background of commercial varieties and resulted in change and epidemic of disease and pest. From 1986 to 1995, more than 600,000 accessions/times of seven major crops were evaluated for resistance to 58 diseases and pests and 30,000 were resistant in which 6,000 were resistant to 2~4 diseases/pests. By using modern biologic techniques the new monogenic and minor—polygenic resistance will be found in landraces, improved cultivars, introduced varieties, wild species and wild relatives. The biological and genetic diversity in field ecologic system is the basis of sustainable developing on agriculture.

Key words Crop germplasm Disease/pest Genetic diversity Sustainable agriculture

【科技攻关成果】

Co3.1 岩薯5号

该品种由福建省龙岩市农科所以岩齿红/岩94-1为材料育成的食用型甘薯新品种, 1997年3月通过福建省农作物品种审定委员会审定。

岩薯5号顶叶紫, 叶脉绿, 叶形浅复缺刻。短蔓、中粗, 分枝较多, 株型半直立, 茎叶生长势强。单株结薯4~8条, 结薯集中, 薯块大小较均匀整齐, 大薯重占90%左右, 薯块纺锤形, 薯皮紫红色, 薯肉橘红色。该品种1994~1995年参加福建省甘薯新品种区试, 两年平均鲜产、干产分别为2713.11kg/667m²、709.33kg/667m², 分别比对照新种花增产34.3%、31.1%, 均居参试品种首位。1996年参加省生产试验, 667m²产鲜薯2277.4kg, 比对照湘薯75-55增产

9.2%。1995年福建省漳州市示范333.3hm², 比对照每667m²增产鲜薯450kg, 最高667m²产量达3757.5kg。

岩薯5号种薯发芽早, 长苗快, 薯块较耐贮藏。耐旱、较耐水肥, 适应性强, 高抗蔓割病, 不抗薯瘟。薯块晒干率26%左右, 出粉率11.7%。以鲜基计, 100g鲜薯中含可溶性糖57.9mg, 胡萝卜素7.7mg; 以干基计, 粗蛋白4.38%, 粗脂肪1.7%, 磷0.084%, 钾1.33%。食味软甜。

岩薯5号适宜在南方夏秋薯区栽培种植。目前已推广面积达1.87万hm², 增产鲜薯1.4亿kg, 创经济效益1.2亿元。预计年种植面积可达13.3万hm²。