

河南省粮食作物育种方向的选择

解宗方

(河南省农业科学院 农业经济与信息研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 优良品种是粮食增产的基础,而正确的育种方向对选育优良品种至关重要。根据河南省情和粮食生产实际,利用粮食生产统计数据,对河南省粮食生产现状和影响因素进行分析。结果表明,河南省粮食总产增长主要是依赖粮食单产的增长,而且主要是由小麦、玉米产量的增长实现的。气象灾害频繁,抗灾能力不强;化肥投入过量,物质转化效率下降,农业面源污染加剧。耕地质量和分布不平衡,中低产田具有增产潜力。作物育种过程中重视产量性状,忽视相关性状;种质资源狭窄,导致主导品种单一。由于农村劳动力转移,种粮人数减少,在此基础上,提出了高产性、高效性、适应性、抗逆性、专用性和安全性的作物育种方向。通过育种方向的调整,提高粮食作物育种水平,培育优良品种,实现粮食生产的土地集约利用、物质集约节本、劳动集约替代、环境集约减损、技术集约高效,促进粮食生产持续稳定发展。

关键词: 河南省; 粮食; 作物育种; 产量; 方向

中图分类号: S3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)11-0021-06

Breeding Direction of Food Crops in Henan Province

XIE Zong-fang

(Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences,
Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The fine varieties are the basis for food production, and the proper breeding direction is essential for breeding good varieties. Based on the circumstances and grain production reality in Henan province, the statistic data of grain production were used to analyze the current situation of grain production and the influencing factors. The result showed that, in Henan, the increase of total grain output mainly relied on the growth of yield per unit area, which was realized by increasing the wheat and corn output. The meteorological disasters were frequent, the anti-disaster ability was weak, the chemical fertilizer investment was excessive, the material transformation efficiency was low, and the agricultural non-point source pollution became serious. The quality and distribution of farm land were unbalanced, and the medium and low yielding farmland had the increasing potential of production. In the process of crop breeding, much attention was put on the yield characters while the related characters were neglected; the germplasm resources were narrow, leading to the simplification of leading varieties. The number of farmers decreased because of the shift of rural labor force. Based on above analysis, the crop breeding direction was proposed: high yield, high efficiency, adaptability, stress resistance, special-purpose and security. Through the adjustment of breeding direction, the breeding level of food crops could be improved and fine varieties could be bred, so as to realize the intensive use of land, the intensive cost-saving of material, the intensive substitution of labour force, the intensive loss reducing of environment and the intensive high-efficiency of technology in grain production, and promote the sustainable and stable development of grain production.

Key words: Henan province; grain; crop breeding; output; direction

国以民为本,民以食为天,食以粮为源。粮食安全问题是最大的民生问题。河南省作为全国第

一农业大省和粮食生产核心区,粮食生产在全国占有重要地位,为国家粮食安全做出了重大贡献。

收稿日期: 2013-07-15

作者简介: 解宗方(1956-),男,河南泌阳人,研究员,硕士,主要从事宏观农业研究。E-mail: xxzzff110@yahoo.com

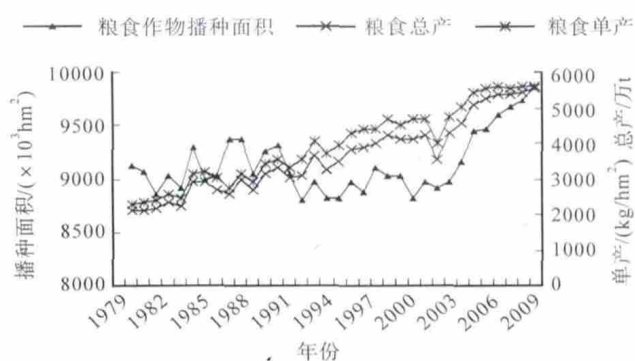
2004 年以来,河南省粮食产量实现连续 9 a 增产。2006 年以来,连续 7 a 超过 500 亿 kg,成为维系全国粮食安全的战略基地。河南省用占全国 1/16 的耕地生产了占全国 1/10 的粮食,小麦产量占全国小麦总产的 1/4。在河南省粮食生产取得巨大成就的同时,必须清醒地认识到粮食生产持续稳定发展中仍存在一些亟待解决的问题。受全球气候变化、自然条件和经济社会因素的影响,农业资源环境约束不断加大。粮食生产靠继续消耗水土资源的余地越来越小,靠不断增施化肥、农药的空间不大。在连年粮食增产之后,出现滑坡拐点的几率在累积,风险在上升。站在河南省粮食生产“九连增”新的历史起点上,要实现粮食稳定增产的新突破,任务艰巨。

选育和推广优良品种是粮食生产持续稳定和增产高效的前提和基础,而正确的育种方向对选育出符合市场需求和适应生产环境的优良品种至关重要。结合河南省情和生产实际,分析影响粮食生产的障碍因素,探讨粮食作物育种方向,旨在为选育作物优良品种和河南省粮食增产提供依据。

1 河南省粮食生产制约因素

1.1 粮食单产对粮食总产的贡献增加,优良品种增产潜力有待开发

河南省近 10 a 的粮食增长(图 1),是粮食播种面积扩大和单产提高共同作用的结果。其中,播种面积对粮食增长的贡献率为 41.5%;单产提高对粮食增长的贡献率为 58.5%。但是,由于粮食播种面积从 2003 年以后,扩大速度明显放缓,面积增长对粮食增长的贡献份额呈明显下降态势,单产提高的贡献大幅度提高,2006—2008 年,粮食播种面积扩大对粮食增长的贡献率仅有 11.7%,而单产提高的贡献率高达 88.3%,粮食增长越来越依赖于单产的提高来实现,而优良品种是提高单产的重要因素。河南省粮食总产增长主要是依靠小麦、玉米产量的增长实现的^[1-2]。河南省主要粮食作物小麦、玉米、水稻分别进行第 9 次、8 次、7 次品种更新换代,有力促进了粮食产量增长。但我国小麦、玉米、水稻三大粮食作物单产水平与先进国家相比,差距在 48.5%~90.3%,除去土壤、气候等因素造成的差异,我国优良品种对提高产量的贡献率仅为 1/3 左右,远低于美国杂交玉米品种 60% 的贡献率。河南省粮食作物新品种试验示范和展示田的产量与大田实际产量有 40%~50% 差距,优良品种增产潜力巨大。



数据来源于河南省统计年鉴(2011),下图同

图 1 河南省粮食播种面积与产量变化

2011 年全省粮食平均产量为 5 621.27 kg/hm²,比 2001 年增加 951.68 kg/hm²,增长 20.38%;从 2004 年起连续 8 a 增产,连续 6 a 超 500 亿 kg。2011 年全省粮食总产达到 554.25 亿 kg,比 2001 年的 411.99 亿 kg 增加 34.53%。

高产作物比例日趋扩大。河南省粮食作物基本为一年两熟,夏粮主要种植小麦,秋粮品种相对较多,主要有玉米、稻谷、大豆、红薯等。近年来随着社会需求的增加和种粮经济效益的好转,高产粮食作物种植面积日趋扩大。2010 年,全省 974.02 万 hm² 粮食作物种植面积中小麦、玉米、稻谷、大豆等的种植面积分别为 528 万 hm²、294.6 万 hm²、62.8 万 hm²、45.33 万 hm²,和 2001 年相比,小麦、玉米、稻谷的种植面积分别增加了 47.87 万 hm²、74.6 万 hm²、21.2 万 hm²,增幅分别为 10.0%、33.9%、51.0%,而大豆的种植面积则减少了 11.07 万 hm²,减幅为 19.8%。其中小麦、玉米、稻谷、大豆的种植面积占全年粮食作物面积的比重也分别由 2001 年的 54.4%、24.9%、4.7%、6.4% 调整为 2010 年的 54.2%、30.2%、6.4%、4.7%(图 2)。

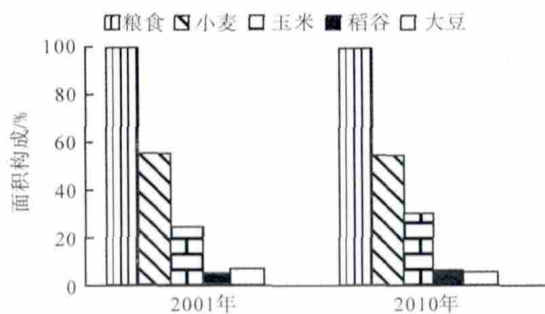


图 2 河南省主要粮食作物面积构成

1.2 气象灾害频繁,影响粮食生产

河南省位于北纬 31°23'~36°22',东经 110°21'~116°39',大部分区域处于暖温带,南部跨亚热带,属北亚热带向暖温带过渡的大陆性季风气候,同时还

具有自东向西由平原向丘陵山地气候过渡的特征,具有四季分明、雨热同期、复杂多样和气象灾害频繁的特点。全省由南向北年平均气温为 15.7~12.1℃,年均降水量 532.5~1 380.6 mm,降雨以 6—8 月份最多,年均日照 1 848.0~2 488.7 h,全年无霜期 189~240 d。

除气候的优势特征明显外,农业自然条件的制约因素也相当突出,旱、涝、干热风、冰雹、低温及连阴雨等农业气候灾害频繁发生,尤以旱、涝灾害最为严重,严重影响了粮食稳定生产。

河南省干旱灾情十分严重,对农业生产危害极大。新中国成立后,虽然发展了灌溉事业,增强了抗旱能力,但干旱仍是农业生产的严重灾害。河南省干旱一年四季均可发生,其中春旱出现频率为 37%,干旱持续时间长,最长达 80~90 d;伏旱频率低,占 20%,早期较短,旱象较重;秋旱占 14%。在干旱强度上,北部春旱重于秋旱,南部秋旱重于春旱。就小麦而言,生育期干旱以豫北最多,陇海线以北频率在 80.8%,几乎年年皆有。河南省小麦生长发育中后期的 5、6 月份,大风大雨频繁发生,对高产田小麦倒伏造成威胁。

河南省洪涝大致分为 4 个区,一是豫东平原易涝区,即京广线以东淮河流域,地势平坦,多条河流汇集,下游之水顶托,下泄排水不畅,易形成洪涝,该地区以夏涝为主,几率可达 60%~80%。二是南阳盆地和豫西黄土易涝区,即京广线以西,卢氏、南召、内乡一线以东地区,耕作层以下为砂姜块,渗透性差,易形成上浸地,以夏涝为主,几率占 40%。三是淮河春涝区,即淮河流域以南,几率占 25%。四是豫西山区阴雨塌方区,夏秋季阴雨较多,易引起滑坡,几率占 2%。玉米生育期间的涝害 5 a 三遇,危害时段为出苗至拔节期;阴雨天气常年发生,玉米苗期雨水多、日照少,造成幼苗细弱,草害严重;玉米吐丝一成熟常遇阴天,造成灌浆不充分,对玉米产量影响较大^[3]。

1.3 耕地质量和分布不平衡,中低产田具有增产潜力

河南省土地资源少,耕地占有量只有 0.07 hm²/人,远远低于全国人均耕地面积 0.09 hm² 的水平,为全国人均耕地的 78%,而且耕地质量和分布不平衡。河南省耕地资源中高产田、中产田、低产田的面积分别为 364.90 万 hm²、290.40 万 hm²、139.00 万 hm²,其在全省耕地资源总面积中的比例分别为 45.94%、36.56%、17.50%。中低产田比例

合计达到 54.06%。目前河南省有 400 多万 hm² 中低产田,中产田粮食单产 4 500 kg/hm²,低产田粮食单产低于 3 000 kg/hm²。中低产田粮食单产与高产田粮食生产能力差距较大,中产田单产比高产田低 1/3,低产田单产不到高产田的一半^[2]。

1.4 化肥投入过量,农业面源污染加剧

改革开放以来,化肥和农药的使用量一直在增加,我国已成为世界上化肥用量最大的国家。以河南省为例(表 1),1980 年施用化肥(折纯,下同) 101.70 kg/hm²,粮食单产 2 430 kg/hm²,1 kg 化肥生产粮食 23.89 kg,化肥与粮食的投入产出比为 1:23.89;1990 年施用化肥 307.50 kg/hm²,是 1980 年化肥施用量的 3 倍,粮食单产 3 540 kg/hm²,是 1980 年粮食单产的 1.46 倍,1 kg 化肥生产粮食 11.51 kg,化肥与粮食的投入产出比为 1:11.51;2000 年施用化肥 611.92 kg/hm²,粮食单产 4 542 kg/hm²,1 kg 化肥生产粮食 7.42 kg,化肥与粮食的投入产出比为 1:7.42;2008 年施用化肥 835.40 kg/hm²,粮食单产 5 589 kg/hm²,1 kg 化肥生产粮食 6.69 kg,化肥与粮食的投入产出比为 1:6.69;2008 年粮食单产是 1980 年 2.3 倍,化肥施用量是 1980 年的 8.2 倍,化肥与粮食的投入产出比由 1:23.89 下降到 1:6.69。随着化肥施用量的增加,增加了粮食生产成本。一方面造成化肥增产的边际效益逐年下降,种粮效益不高;另一方面造成了严重的农业面源污染,影响资源环境。因此,土地高产出(粮食单产)与资源低效率并存,物质投入对粮食产量的增长具有重要作用,但也付出了资源环境代价^[4-5]。

表 1 河南省粮食单产与化肥投入变化

| 年份 | 粮食单产/ (kg/hm ²) | 化肥/ (kg/hm ²) | 1 kg 化肥生 产粮食/kg |
|------|--------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1980 | 2 430 | 101.70 | 23.89 |
| 1990 | 3 540 | 307.50 | 11.51 |
| 2000 | 4 542 | 611.92 | 7.42 |
| 2007 | 5 540 | 791.00 | 7.00 |
| 2008 | 5 589 | 835.40 | 6.69 |

注:数据来源于中国农业统计年鉴(1981—2009)。

1.5 作物育种过程中重视产量性状,忽视相关性状

在育种研究中片面追求高产再高产目标,而对品种的适应性、抗逆性、节肥省水等指标关注较少。育成品种有很高的产量潜力,在高水肥条件下的小面积产量较高。但适应性、抗逆性差,生育期适应范围狭窄,对水肥条件敏感,大田生产条件下表现不

佳,致使育成品种的表现很不稳定。如豫玉 22 玉米是一个优良品种,是当时全国第二大玉米推广品种和黄淮海夏玉米区种植面积最大的品种。但是由于其抗倒性差这一致命的缺陷,2003 年秋季阴雨连绵的自然灾害,造成豫玉 22 号大幅度减产,给整个黄淮海地区带来了惨痛的损失^[6]。在风调雨顺的年份其产量很高,在出现灾害性天气的年份则表现很差。此外,育种目标普遍存在忽视生产上以中低水肥条件为主的现实,一味紧盯高水肥条件的现象^[7],致使育成品种不适应中低产田种植。此外,在粮食作物高产育种目标的引导下,对于品种的专用性、适应机械化生产等目标重视不够。

1.6 种质资源狭窄,主导品种单一

目前玉米生产上所利用的种质日趋集中,主要集中在 Reid 类群×四平头,78599 选系×四平头,品种单一化、同质化现象较为严重。统计表明,郑单 958、鲁单 981 和农大 108 3 个品种 2005 年在河南省推广种植总面积接近 466.7 万 hm^2 ,约占当年全国玉米总种植面积的 60%。2007 年郑单 958 的种植面积为 124.7 万 hm^2 ,浚单 20 的种植面积也超过 50 万 hm^2 ,占当年全省玉米总种植面积的 58%左右。加上鲁单 981 和济单 7 号 2 个品种,全省 2007 年推广种植面积总计超过 200 万 hm^2 ,约占当年全省玉米总种植面积的 70%。2008 年,浚单 20、郑单 958、中科 4 号、鲁单 981 种植面积分别为 75.80 万、73.49 万、24.07 万、16.48 万 hm^2 ,4 个品种占全省玉米种植面积的 62%。品种过分单一,必将导致农业生态系统的失衡,易导致病虫害的大流行,面临着潜在的生产风险^[8-9]。

2 河南省粮食作物育种方向

生产实践证明,世界上不存在任何能包打天下、永不衰退的作物品种。因此,粮食生产的可持续发展需要不断培育新品种作为支撑。另一方面,随着科技进步、生产水平的提高和生态环境改变,需要调整作物育种方向和任务。以高产性、高效性为主题,抗逆性、广适性为基础,优质专用和节省劳动为关键,生产生态安全为保障,选育出适应和满足粮食生产和社会经济发展需要的突破性品种。

2.1 面对耕地资源刚性约束,高产性、高效性是品种选育的永恒主题

面临着人口增长和土地刚性的双重压力,提高作物单产是粮食生产的永恒主题。郑单 958 和先玉 335 2 个玉米品种在短期内跃居全国种植面积

之首。目前生产上主导品种郑麦 9023 推广面积连续 6 a 位居全国小麦品种第 1 位。郑麦 366 在全省各地示范田产量都在 8 250~9 750 kg/hm^2 ;综合品质评价连续多年名列前茅,完全达到美国和加拿大小麦的品质。这些品种具有高产优质的特点,是得到迅速推广的主要原因。

适应粮食发展方式转变,高效性是缓解资源约束的重要途径。应在加强高产、超高产育种研究的同时,对适应中低产田、抗旱节水省肥、物质转化率高品种选育给予充分重视,挖掘作物遗传潜力。通过选育资源高效利用的作物新品种,实现节约资源和资源替代的目的。

加强养分高效品种选育。大量研究证明,养分高效品种在同样投入下可增产 10%~20%。按 10%估算,采用这类品种,在不增加施肥投入的情况下,按现在三大粮食作物的播种面积和产量水平,可以实现增产 4 000 万 t 粮食^[10]。

加强高光效品种选育。高光效育种的最终目标是把个体高光合效率和理想株型结合起来,实现群体光合效率的最大化。玉米是 C4 植物,其生理上的高光效是其他主要农作物所不具备的。目前,通过基因转化手段把玉米的高光效基因导入水稻已成为未来水稻产量取得突破的一个重要技术途径。近年来,中、小穗型玉米品种在生产上不断取得成功,而高秆大穗型品种逐渐淡出市场,说明决定玉米产量的是“源”而不是“库”,也说明了进行高光效育种的必要性。玉米品种的光合效率存在着较大的遗传变异,所以通过遗传改良手段来选育高光效玉米品种不仅必要,也完全可行^[10]。

2.2 适应生产条件,抗逆性、适应性是作物稳产的重要基础

抗倒伏:随着种植密度增加和产量提高,随之而来的问题就是倒伏。需要加大对育种材料次生根和支持根以及茎秆韧度的选择强度,提高品种的抗倒伏能力。

抗病虫害:随着种植方式变化,病虫害危害不断增加,通过选育抗病虫品种,减轻生产损失。

抗逆境:加强耐旱、耐渍、耐盐碱、耐贫瘠土壤及耐低温冷害的抗逆品种的选育。生产上使用了 21 a 的中单 2 号、14 a 的丹玉 13、当前推广面积最大的郑单 958 玉米和面积快速扩大的郑麦 366 小麦等都表现出良好的丰产性,而且都有很好的抗逆性,包括耐贫瘠、耐干旱、耐高温、抗病虫等,这是其成为主导品种的原因之一。

应对自然环境,适应性是品种快速推广的基本前提。适应不同生产水平,对水肥条件和土壤环境不敏感,在高水肥或低水肥条件下,在高产田或中低产田,都表现出稳定性和丰产性。在高产育种的基础上,重视选育适合中低产田的品种,促使高中低田全面增产。选育生育期和成熟期适合河南省小麦—玉米一年两熟的作物品种,促进全年均衡增产。

适应不同的气候环境。选育作物生育期适应范围广、容易在不同气候带推广种植的品种。选育的作物新品种需要在不同地区、纬度、气候和多生态类型条件下进行试验或试种,以提高适应能力。

在常规育种的基础上充分利用生物技术,是提升常规育种技术效率和提高品种抗逆性的重要途径。利用标记辅助育种、分子育种、细胞工程育种和转基因育种等方法,把耐干旱、耐盐碱、耐寒的基因聚合到新品种中,提高品种的抗逆性和稳产性,已成为改良作物耐胁迫性和提高抗逆性的新途径。通过生物技术育种,实现单基因生物抗逆性向持久抗逆性的转变。利用分子标记辅助选择育种可以实现多种基因累加,培育出多抗或广谱的种质或品种。又由于农作物所处的非生物逆境包括干旱、盐渍、冷害或高温、营养贫瘠、重金属胁迫、水灾等,成为制约作物生长和影响作物产量与质量的重要因素。通过转基因技术对作物导入抗性外源目的基因,实现生物抗逆与非生物抗逆的结合。

适应农村劳动力转移。随着社会经济和城镇化的发展,农村劳动力以“农民工”为主要方式进行跨产业流转,造成种粮农民数量减少,劳动力缺乏。因此,需要加强适合轻简化栽培和机械化生产的品种选育,实现粮食生产过程中对劳动的节约和替代。“懒汉型”品种的选育成为时代的需要。不论是密植还是稀种都可以,而且对管理要求不苛刻,这正是当今农民喜欢的品种,也是育种家们追求的理想品种。

2.3 符合市场需求,优质专用性是作物品种发展的必然趋势

以玉米为例,玉米作为人们主食的时代,已成为历史。随着农产品生产越来越趋向于产业化和商品化,市场需求的多样化,粮食的营养品质、加工品质和商品品质成为品种选育和推广应用的重要因素。目前生产的玉米饲料因品种籽粒养分满足不了禽畜的营养要求而需添加多种其他营养原料(如鱼粉、饼类等);用作青贮的玉米秸秆则因茎秆养分含量偏低或病虫害危害,不能使牲畜过腹还田而降低其利用价

值甚至丢弃;用于工业原材料的专用玉米档次偏低且数量不足,难以完全达到加工要求致使工序增加,成本增大;同样,作为食用的玉米品种质优味美者少,难满足人们的生活要求。因此,开展专用玉米品种育种工作,分别选育出适于各种用途、品质优良的专用玉米品种,前景广阔^[11]。

我国目前用于大面积生产的小麦品种除蛋白质和赖氨酸含量外,沉降值、湿面筋、面团形成、稳定时间、面包烘烤体积和评分等品质指标均达不到国外优质小麦分级标准。农业部对我国 16 个省(市)大面积种植的 79 份小麦优良品种的分析检测表明,适宜制作优质面包的小麦品种仅占 2.5%,大部分品种的面筋弹性属中等偏弱。就专用品种而言,适合不同用途的专用品种在发达国家占 80%,而我国目前专用品种仅占 10%。特别是一些适宜制作饼干、糕点的软质小麦品种更是缺乏^[12]。因此,加强强筋、弱筋等优质专用小麦新品种的选育和开发力度,培育出在主要品质指标上能完全替代进口、产量与普通品种相当的优质专用小麦新品种,加强商业化品种选育,成为必然。

通过专用品种选育和推广,推动专用粮食作物区域化种植、标准化生产、规模化发展,促进粮食产业化经营和壮大。

2.4 利用生物技术提高作物育种水平

生物技术在应对我国粮食缺口、资源短缺、污染、气候变化等问题的种种挑战方面,代表了未来农业科技的发展方向。未来世界种子产业竞争的焦点主要是生物技术,应作好作物育种的转基因技术基础研究和储备。生物技术是常规技术的重要补充和发展,生物技术需要与常规育种等技术相结合,能明显提高育种效果。

利用生物技术手段,挖掘优良基因,改良种质,创新种质。加快高产稳产、抗旱耐涝、抗病抗虫的新型种质材料创新,丰富遗传资源基础,改变作物品种遗传基础狭窄的状况,全面提高粮食作物育种水平。逐步建立与常规育种紧密结合的分子育种和基因工程体系,选育出遗传基础丰富的多种类型的主导品种,保持生态平衡,实现主导品种单一化向多样化转变。防止由于主导品种单一造成的病虫害大流行,或作物存在某种农艺性状缺陷造成生产巨大损失,化解生态风险。

3 结论与讨论

随着社会经济的不断发展和人民生活水平的提

高,市场消费呈现多样化趋势。粮食加工业和粮食产业化的推进,以及农民劳动方式和生活方式的改变,粮食生产面临诸多挑战。粮食生产对新品种的需求愈加强烈,要求也越来越高,不仅要求高产稳产,而且还要求适宜种植范围广、适应耕作制度改变和简化栽培要求、有利扩大复种指数和全年均衡增产。作物品种选育必须适应经济社会的变化、生产生活方式的变动,满足市场经济和消费需求,适应作物生产的区域化、规模化、机械化、轻简化的发展趋势,适应现代农业发展的新形势和转变粮食发展方式的新要求。就目前河南省粮食生产和育种情况看,高产仍是育种的永恒主题,而稳产、优质、多抗(包括抗病虫、抗倒、抗旱、抗涝等)、广适(生育期适宜和适应范围广等)等,都是实现高产的基础和保证。因此,在重视品种高产性和突出抓好小麦、玉米新品种的选育基础上,需要调整作物育种方向和任务。把以提高土地产出率(粮食单产)、高产为主导,转向提高土地产出率、劳动生产率和资源利用率并重,高产、稳产、适产(适应中低产田)兼顾;高产、优质、高效匹配;节力(便于机械化操作、栽培轻简化,实施劳动力替代)与节物(节水省肥减药,降低物质投入,提高物质转化效率)协调;传统育种技术与现代生物技术结合,提高育种效果;加强品种抗逆性研究,强化适应性,减少自然灾害造成的损失;拓宽种质资源遗传基础,由主导品种单一化向多元化发展。通过调整粮食作物育种方向,提高作物育种水平和粮食产量,实现粮食生产的土地集约利用、物质集约节本、劳动集约替代、环境集约减损、技术集约高效,

促进粮食生产高产高效持续稳定发展。

参考文献:

- [1] 解宗方,张伟. 提高河南省粮食综合生产能力的战略途径[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(4): 395-396.
- [2] 解宗方,张伟,滕永忠. 基于粮食资源潜力开发的粮食增产途径——以河南省为例[J]. 地域研究与开发, 2012, 31(5): 126-127.
- [3] 唐保军. 河南省玉米生产与品种利用的现状、问题及对策[J]. 河南农业科学, 2009(9): 58.
- [4] 解宗方. 粮食生产过程的不协调性分析[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(3): 283-284.
- [5] 解宗方. 基于三螺旋模型的国家粮食安全保障战略[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(12): 117-118.
- [6] 卢秉生. 我国玉米育种的发展进程及对未来育种目标的初探[J]. 杂粮作物, 2010(2): 70.
- [7] 赵保献. 河南省玉米育种存在问题、解决途径及发展方向[J]. 玉米科学, 2008, 16(1): 19-21.
- [8] 雒峰. 二十年来河南省玉米品种利用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [9] 李继军,梁增灵. 郑单 958 等玉米种子 2008 年度供需形势分析以及对玉米育种方向的影响[J]. 种业导刊, 2008(4): 8.
- [10] 王激清. 养分资源综合管理与中国粮食安全[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 8-11.
- [11] 夏瑛光,陈梅英. 调整玉米育种方向,加强专用玉米品种选育[J]. 玉米科学, 2003(3): 49.
- [12] 许为钢,曹广才,魏湜. 中国专用小麦育种与栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.