

作物产量差与玉米高产设计

王崇桃¹, 李少昆²

1. 北京联合大学商务学院, 北京 100025
2. 中国农业科学院作物科学研究所农业部作物生理生态与栽培重点开放实验室, 北京 100081

摘要 回顾作物产量差及其成因的研究进展, 从产量实现的稳定性、群体发育特点、品种选择与栽培技术特征及气候、土壤条件基础等方面, 分析了中国玉米高产纪录田块与农户大田玉米的产量形成特征, 设计了缩小高产纪录产量与农户产量差距, 实现从小面积高产纪录田块到大面积高产的技术途径与方案。作物产量潜力的实现应是多层次的。产量目标不同, 产量差距成因不同, 产量潜力实现的限制因素、技术需求结构及增产途径也不同, 生产技术研究推广的目标、内容、结构和方式都要进行相应的调整, 才能获得预期的目标。理论上阐明了作物实际产量与潜在产量之间差距成因的机制, 明确了缩小差距的途径与技术对策, 对于提高粮食产量、满足日益增加的粮食需求具有重要意义。

关键词 作物; 产量差; 高产

中图分类号 F323.3

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.07.008

Yield Gaps and High-yielding Design of Corn

WANG Chongtao¹, LI Shaokun²

1. College of Business, Beijing Union University, Beijing 100025, China
2. Key Laboratory of Crop Physiology and Production, Ministry of Agriculture/Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract There is a huge gap between crop's actual and potential yields, among farmers in the same region and in different regions. It is very important to study the formation mechanism of the gap between the actual field yield and the potential yield, and to clear the way and to take technical countermeasures to narrow the gap for increasing the corn production to meet the increasing demand for food in future. Based on a review of studies of crop yield gaps and its causes, and an analysis of the yield formation characteristics of the record yield and the actual field yield related with the yields stability, the structure and the development characteristics of population, the variety selection, the characteristics of cultivation techniques and the climate, soil conditions, a technical program is designed in this paper to achieve a high yield from small plots to large areas. In addition, it is suggested that the realization of the potential yield should be in multi-levels, and the limiting factors to achieve the potential yield, the technical requirements and the yield-increasing ways are also not the same because of the different causes of the gap formation under the different yield goals. Therefore, the objectives, the contents, the structure and the methods of research and promotion of the high-yield technology must be adjusted accordingly in order to achieve the desired objectives.

Keywords crop; yields gaps; high yield

0 引言

多年来, 围绕提高作物产量这一课题, 世界许多国家和组织开展了大量的研究与实践, 主要集中在两方面: 一是提高产量潜力, 二是缩小产量差距^[1-3]。其中, 在提高作物产量潜

力方面, 近年中国在高产创建、丰粮工程和农业科技入户示范工程等项目的支持下, 各地广泛开展了作物高产研究和高产竞赛, 已陆续创造出一批高产纪录。高产纪录的创建展示了作物的现实产量潜力。然而, 在现有生产管理条件下, 作物

收稿日期: 2011-09-16; 修回日期: 2012-01-09

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2009CB118601); 优势农产品重大技术推广项目; 国家玉米产业技术体系(CARS-02-25)

作者简介: 王崇桃, 讲师, 研究方向为创新管理与农业经济管理, 电子信箱: wangcho11@sina.com.cn

生产潜力远没有得到充分挖掘,作物实际产量与潜在产量之间存在较大的差距,包括不同地区之间以及同一地区不同农户之间。因此,从理论上阐明产量差成因的机制,明确缩小差距的途径与技术对策,对于提高粮食产量,满足日益增加的粮食需求具有重要意义,也是作物科学需要长期研究的重要课题。为此,本文重点回顾国内外在作物产量差及其成因方面的研究进展,并以玉米为例分析高产纪录田块与普通农户田块产量形成的特点及其差异,提出缩小产量差、实现玉米大面积高产的技术途径和对策,为中国玉米高产突破提供一定的理论依据。

1 作物产量差研究进展

1.1 作物产量差概念的提出与发展

作物产量水平可区分为不同的层次,层次之间产量的差距称为产量差。作物产量差研究始于20世纪70年代中期。国际水稻研究所(IRRI)1974年在印度、巴基斯坦和菲律宾等亚洲6国开始的水稻限制因子研究拉开了产量差研究的序幕。之后,大量的产量差研究在世界各地广泛开展,特别是在一些发展中国家。在组织科学家通过不同栽培管理程序的改变对亚洲多个地区稻谷产量限制因素影响进行研究后,国际水稻研究所总结出亚洲地区稻谷生产存在3种显著的产量差距^[4]:(1) 试验农场目前可能达到的产量与土壤、水分或其他地点因素欠适宜的农场可能获得产量之间的差距;(2) 在农户水平上采用最适宜的技术可能获得的产量与经济合算的产量之间的差距;(3) 经济合算的产量与实际产量之间的差距。1978年,De Datta^[5]首次明确提出了产量差概念,并定义为农民实际收获的作物产量与试验站获得的潜在产量之间的差距,引起这个产量差距的因子叫做产量限制因子。在这里,产量差只被定义在一个层次上,即农田实际产量与试验站潜在产量的差距。之后,产量差概念被多次发展和完善。从区域考虑,Cook^[6]将作物产量分为4个层次:(1) 潜在产量,即由区域光温资源决定的最高理论产量;(2) 纪录产量,即某作物所出现的最高产量纪录,反映了区域可实现的最高产量水平;(3) 实验站产量,即实验田或好的农户田间产量水平;(4) 平均产量,即区域或农场平均实际产量水平。

在1991年召开的“作物产量的生理和决定”国际研讨会上,美国学者Still提出了作物4“A”产量的概念:绝对产量(Absolute yield),即除受作物遗传潜力限制外,不受其他因素限制的产量,可用理论最高产量或世界纪录产量反映;可达到的产量(Attainable yield),即一个特定环境、地点和年份的可能产量,受到不可控的自然环境因子(如气候、土壤深度等)的限制;合算的产量,即考虑投入、收入或回报的经济上合算的产量(Affordable yield);实际产量,即农户或农田实际收获的产量(Actual yield),是作物对环境、管理反应的结果^[7]。

根据生产实践的特征,Evenson^[8]提出了5种产量水平:(1) 农户实际产量,即农户实际收获的产量;(2) 农户最高产量,即农户在好的栽培措施下获得的产量;(3) 试验站产量,

即在试验站获得的产量;(4) 试验站最优产量,即使用最高产的品种、在最优化的栽培措施下获得的试验站产量;(5) 潜在产量,即通过品种设计突破了产量潜力而获得的产量。并进一步将产量差距表述为:(1) 推广差距,即最适栽培条件下产量与平均产量之差;(2) 研究差距,即科学研究条件下的潜力产量与最适栽培条件下产量之差;(3) 科学差距,即理论上的潜在产量与研究条件下的潜在产量之差。由上可见,随着研究的逐步深入,产量差的内涵也在逐渐丰富。

1.2 作物产量差成因分析

为了探究产量差成因,20世纪70年代中期以来出现了多种“产量差”的概念模型,这些模型一般通过限制因子分组寻找引起产量差的因子。如Gomez^[9]把实验站与农户间的产量差限制因子分为两组:差距1为农户可获产量与试验站产量的差距,主要归咎于环境条件的差异;差距2则指农户可获产量与实际产量的差距,主要归咎于生物、技术和社会经济的限制。在对中国水稻生产研究之后,Lin^[10]提出中国水稻生产中存在两种产量差距:一是最高的试验产量与适宜条件下农户可获产量之间的差距,认为这个差距反映了试验用品种与农户使用品种之间及试验的小区环境与农户的大田环境间的差异;二是适宜条件下的农户可获得产量与农户实际产量间的差距,认为这个差距反映了气候、环境、土壤、病虫害等对产量的限制作用。其中,前者占总产量差距的70%,成因包括品种特性、环境条件(光照、温度、土壤等)以及其他不可控的影响因素等;后者占30%,主要成因是关键生育期的干旱、渍水、冷害、高温、倒伏、杂草和病虫害等因素。

Chaudhary^[11]认为亚洲环太平洋地区由于生态条件和作物自身的原因,水稻的产量差距程度明显,原因主要包括生物物理因素、生产管理、社会经济状况以及技术推广和应用程度等(图1)。具体表述为地域性品种的更替和技术演变,稳产技术的组合(抵抗生物胁迫和非生物胁迫),具有高产潜力的技术发展和应用,技术推广的成功模式,研究与推广之间关系的紧密程度,以及高产生产的扶植和激励政

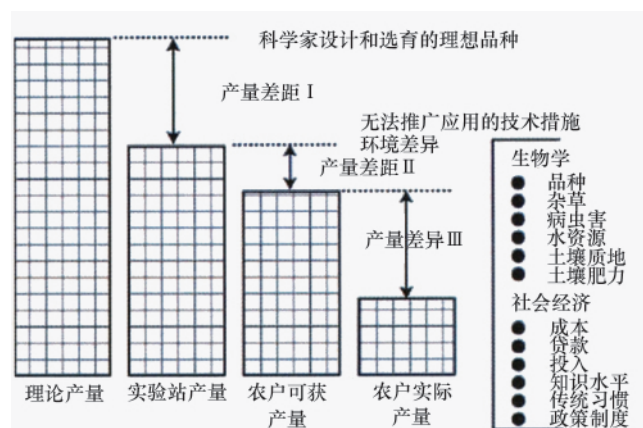


图1 产量差距示意图
Fig. 1 Concept of yield gaps

策等。通过性能比较分析(Comparative Performance Analysis, CPA)研究得出水稻不同限制因素对产量差距的相对贡献率:水资源短缺占41%,病虫害占22%,播期占18%,倒伏占10%,土壤环境占8%。

De Datta^[5]认为,水分控制、季节因素(太阳辐射)和经济因素是菲律宾水稻潜力产量和大田实际产量差的主要制约因素。De Bie^[2]进一步将产量定义为5个层次,定义了各级产量差,对各级产量差的主要限制因子进行了分析,结果见图2。

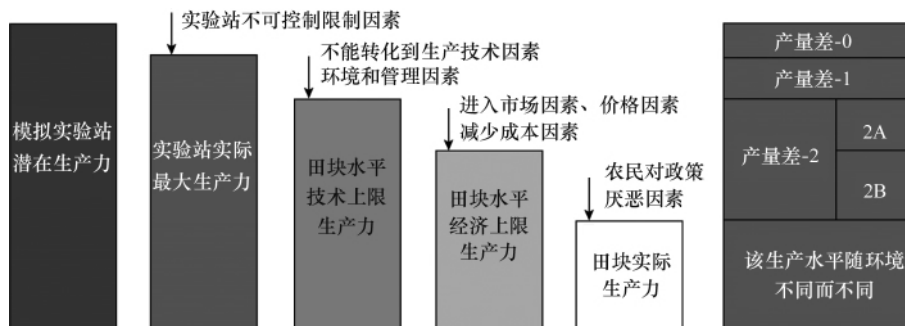


图2 产量差及其主要限制因子分解图

Fig. 2 Decomposition graph of yield gap and its major limiting factors

Cassman 等^[3]将雨养条件下作物的产量水平划分为潜力产量、水分限制产量和大田实际产量(图3),认为基因型、太阳辐射、温度、CO₂、种植密度和水分亏缺程度决定了水分限制产量的潜力。除水分限制外,营养缺乏或不平衡、土壤质量差、病虫害、杂草竞争、涝害、倒伏限制了大田实际产量水平的提高。农田管理如杂交种的选择、种植日期和密度等通过影响太阳有效辐射、土壤水分的利用等影响产量潜力的实现。此外,由于太阳辐射和温度的变化,作物的产量潜力也会发生年际间变化,通常变幅在±(10%—15%)。为了实现产量潜力,必须满足作物的水分和营养供应,有效地控制病虫害的发生及其他影响生长的因素。

作物产量差的形成有多方面原因,与生物特征、环境因素、技术水平、经济状况、政策法规等均有密切的联系,不同层次上产量差形成的主要原因不同。

由于影响作物生长和产量的因素很多,前人分别在田块尺度和区域尺度,从不同角度对产量差形成的原因开展了大量的研究,并发展了多种研究方法,主要包括产量差距分析法、作物生长模型、快速农村评估法(Rapid Rural Appraisal, RRA)、以及回归、途径、比较优势、主成分和回归树等多种分析方法。近年来,遥感和地理信息技术的出现为研究区域尺度作物产量差成因提供了新的手段^[14-15]。

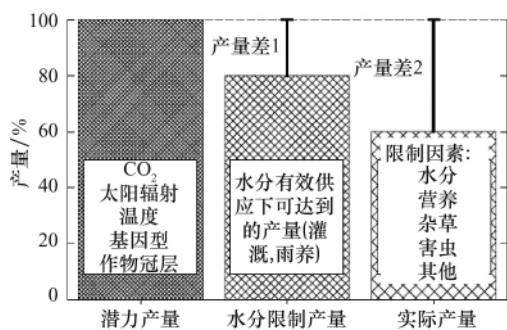


图3 产量潜力的概念框架

Fig. 3 Conceptual framework of potential yield, water-limited potential yield, and actual farm yields as constrained by a number of production factors

针对中国作物生产现状与数据的易获取性,李少昆等^[7]将作物产量水平由高到低划分为光温理论产量、高产纪录产量、区试产量和大田平均单产4个层次,并构造了一个可操作的作物产量差模型。认为作物产量差反映了在作物内部层次上技术需求结构的差异,提出实现高产可从小面积潜力突破和大规模高产高效实现两个层次开展的思路。综上所述,

2 高产纪录田与普通农户田的特征及大面积高产设计

2.1 高产纪录田与普通农户田的产量差距

比较玉米主产省高产纪录与全省农户平均产量水平可见,当前,玉米主产省的高产纪录一般为大田农户产量水平的2—3倍(图4)。图4中大田平均产量来自《中国农业年鉴》2005—2007年各省份产量平均数据^[16-18];大田高产纪录采自各省份玉米高产田产量验收报告或文献;吉林(2007)、内蒙古

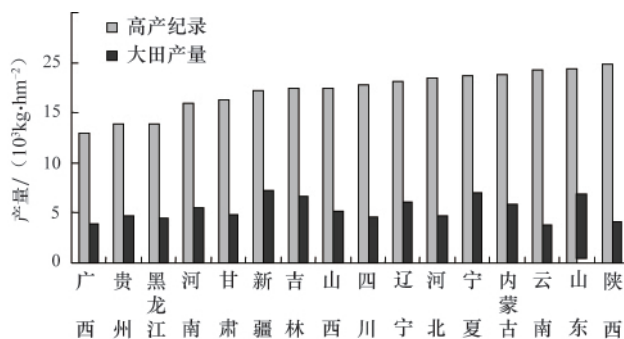


图4 中国玉米主产省区高产纪录与平均产量比较

Fig. 4 Comparison between record yields and the average yields in China's major corn producing provinces

(2008)、河北(2007)、山东(2005)、河南(2007)、陕西(2008)、四川(2008)、宁夏(2008)、甘肃(2008)、新疆(2006)产量由农业部玉米专家组、中国作物学会玉米栽培学组验收;山西、贵州和广西分别由山西(1998)、贵州(2000)和广西(1999)农业厅组织验收;黑龙江由黑龙江农垦总局(2007)组织验收;辽宁由辽宁省科技厅(2006)组织验收;云南(1991)见文献[19]。

2.2 高产纪录田与普通农户田的特征

对全国近年经过农业部专家组正式验收的 57 块玉米高产纪录田块的分析(表 1)表明,各地高产纪录主要出现在光热水等生态条件和土壤基础较好的地区与田块。主要的技术包括选择较晚熟、潜力大的品种,增加种植密度,全程超量施肥,充分保障供水及全程精细管理等。高产玉米植株生长整齐度高、生育后期不脱肥、不早衰,花后光合作用长、物质生产量大(图 5)。但存在着投入大、投入产出率低、调控途径复杂、技术繁琐、高产重演性差、异地复制难和农民难以掌握等

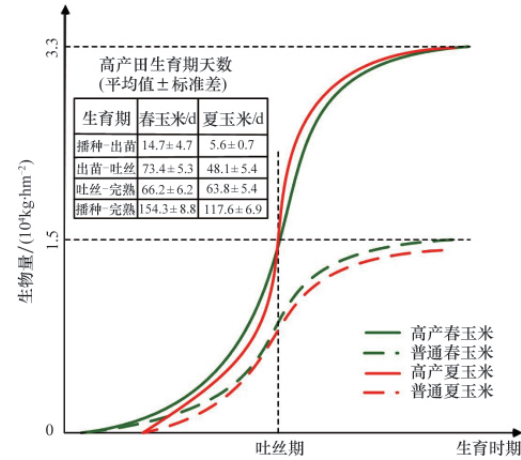


图 5 高产玉米与普通玉米物质积累动态示意图
Fig. 5 Dynamic diagram of dry material accumulated of high-yield corn

表 1 缩小高产纪录与农户产量差实现大面积高产的途径

Table 1 Design for technology to go from the record of highest yield in small area to high yield in large-scale

| 项目 | 小面积高产纪录田现状 (各地高产纪录) | 农户大面积生产现状 (农户大田生产水平) | 大面积高产实现设计 (区试产量水平) |
|----------------------------|---|---|--|
| 产量目标/(kg·hm ²) | 15000—20000 | 4500—7500 | 8250—11250 |
| 产量稳定性与投入产出情况 | 高产,风险大 投入大,投入产出率低 | 产量低,风险小 投入产出率低 | 高产稳产,风险较小 节省投入,提高投入产出率 |
| 管理水平与特点 | 精细管理,用工多,管理繁琐,调控途径复杂,技术可移植性差 | 管理粗放,简化,技术到位率低 | 技术轻简化,标准化,实用化,到位率高 |
| 群体特点 | 整齐度高,花后物质生产量大,贪青晚熟 | 玉米密度过小或过大,整齐度不高,常出现倒伏;后期光合作用生产量少,向籽粒转运少;后期早衰或晚熟;籽粒有效灌浆期短,灌浆不充分 | 整齐度高,增加花后物质生产量和转移比例,群体动态合理 |
| 实现的土壤条件 | 以砂壤土为主,耕层深,保、供水肥能力强;有机质含量较高,土壤库容大。 土壤含有机质 16.2g/kg (6.7—32.2g/kg), 碱解氮 89.0mg/kg (39.0—170.4mg/kg), 有效磷 34.2mg/kg (7.5—118.3mg/kg), 有效钾 164.5mg/kg (84.0—391.5mg/kg) | 土壤质地类型多,侵蚀严重,耕层浅(平均 16.5cm)、缓冲能力差,有机质含量普遍较低,土壤库容小,蓄、供水肥能力弱;地力差异大,一些田块土壤障碍严重 | 通过秸秆还田、施用有机肥、深松、轮作等培肥地力,加深耕层(大于 30cm),改善容重(达到 1.2—1.3g/cm ³),增加土壤库容,改善保、供水肥能力。 |
| 实现的气候条件 | 35°N—45°N 的高纬度地区或低纬度高海拔地区,昼夜温差大,光照充足,光热资源丰富,降水量在 500mm 左右,或有灌溉条件做保障 | 各玉米产区,多种多样的气候条件 | 各玉米主产区,多种多样的气候条件 |
| 品种选用 | 品种类型: 紧凑、耐密、生育期较长的晚熟或中晚熟品种;喜肥、水,产量潜力大 生育期/d: 春玉米 154(133—168) 夏玉米 118(110—131) | 高秆、大穗型、晚熟或中晚熟品种或紧凑、耐密、中大或中穗型品种;喜肥水,产量潜力大 90—150 | 耐密、中大或中穗型、中熟或中晚熟品种;产量潜力较大,抗逆、适应性广品种 春玉米 130—150 夏玉米 100—120 |

表 1 缩小高产纪录与农户产量差实现大面积高产的途径(续)
Table 1 Design for technological way from the record of highest yield in small area to high yield realizing in large-scale (continued)

| 栽培技术特征 | 小面积高产纪录田现状 (各地高产纪录) | 农户大面积生产现状 (农户大田生产水平) | 大面积高产实现设计 (区试产量水平) |
|----------------------------|---|--|---|
| 种植密度/(株·hm ⁻²) | 70000—100000 | 35000—67500 | 60000—75000 |
| 单株生产力/g | 200(160—240) | 130—250 | 170—210 |
| 播种质量 | 播种质量高,一次保苗好,苗匀 | 人、畜、机械多种方式播种,种子发芽率 85%以上,播种质量不高,保苗不好 | 发芽率大于 95%,纯度大于 98%,种子包衣质量高;机械化(施肥播种一体化),播种质量高,一次播种保全苗、齐苗和壮苗 |
| 水分供应 | 充分保障,重视底墒、孕穗-开花和灌浆水,水分利用率不高 | 季节性干旱,水分常不能满足或灌溉地区大水漫灌 | 补充灌溉;深松、秸秆还田等耕作措施有效利用降雨;出苗、籽粒灌浆等关键时期与降水同步;提高水分利用率 |
| 施肥 | 超量施肥,养分全程供应,通过养分高投入抵消产量降低的风险;每公顷施氮素 483kg(107—993kg),P ₂ O ₅ 242kg(104—1167kg),K ₂ O 224kg(6—1280kg),有机肥 45—75m ² ;施肥方式为基、追肥 3—5次,施足基肥、重施穗肥、补施粒肥的“三攻”施肥;养分利用率不高。氮肥生产效率 39kg/kg(19—165kg/kg) | 施有机肥田块不足 30%,每公顷施氮素 180—450kg;施肥方式为 1—2次施肥,多采用基施“一炮轰”,追肥多撒施,后期易脱肥;施肥盲目性大,养分利用率不高。氮肥利用率约为 26kg/kg,磷肥利用率 11kg/kg,钾肥利用率 32kg/kg | 因产量、品种和土壤配方施肥、分类指导,提高养分利用率;有机物料还田,每公顷施氮素 195—255kg;施肥方式为侧深施肥,施足底肥,分 1 或 2次追氮,施肥与作物需求同步,并特别重视玉米花后需肥,延缓衰老 |
| 病虫害防治 | 防治及时,防效好 | 防治不够及时,防效差或不防 | 及时预报,有效防治,减少污染 |
| 收获 | 人工收获;晚收 | 以人工为主,机械化收获占 10%—20%;夏玉米区早收现象严重,春玉米区因种植品种熟期偏晚,籽粒成熟度差 | 机械收获(以收穗收向籽粒过度);适时晚收,籽粒充分成熟 |
| 其他措施 | 地膜覆盖,育苗移栽等 | | 积温不足或干旱地区可酌情采取地膜覆盖,育苗移栽技术 |

问题。对全国上千户普通农户大田玉米生产现状的调研(表 1)表明,目前大田农户生产是在复杂多样的气候、土壤等自然及社会经济条件下进行的,生产目标更突出简化、高效,玉米田普遍存在耕层浅、土质差、地力薄的问题,选用的品种生育期普遍偏晚,种植品种类型多样,生产管理粗放、技术集成与到位率低,并突出表现出播种质量不高,保苗不好,密度偏低,整齐度不高;灌溉条件难以保证,肥水施用盲目性大、技术落后;病虫害防治不及时、效果差;收获偏早、籽粒充实度差,玉米群体后期早衰或晚熟现象严重,光合生产量少,向籽粒转运率低等特点。农户种植风险虽小,但投入产出率低。

2.3 大面积高产设计思路与技术途径

依据笔者提出的作物产量差模型原理^[7],提出缩小高产纪录与农户产量差距,实现从小面积高产纪录田块到大面积高产的设计思路与技术途径(表 1)。

(1) 产量目标。产量指标的设置要立足近期可行,建议以各地区区试产量为目标,即每公顷产 8250—11250kg。

(2) 高产与稳产高效兼顾。设计的原则要兼顾高产与稳

产,同时种植风险要小,资源利用率和投入产出率要高。

(3) 技术路线。以培肥地力为基础,选择耐密、抗逆、适应性广、产量潜力较大及适应机械化作业的品种;科学施肥、补充灌溉、适时晚收,充分提高资源利用效率;以玉米全程机械化为突破口,通过技术轻简化、标准化、实用化,提高技术到位率。

(4) 生理机制。增加群体密度,提高群体整齐度,建造动态合理、抗倒的群体,增加花后物质生产量和向籽粒的转移比例,实现高产与稳产。

3 结论

通过对作物产量差及其成因的分析,得出以下结论。

(1) 作物实际产量与潜在产量之间存在较大的差距,产量差的形成有多方面原因,与生物特征、环境因素、技术水平、经济状况、政策法规等均有密切的联系,不同层次上产量差形成的主要原因不同。

(2) 作物产量潜力的实现应是多层次的。产量目标不同,

产量差距成因不同,产量潜力实现的限制因素、技术需求结构及增产途径也不同,生产技术与推广的目标、内容、结构和方式都要进行相应的调整,才能获得预期的目标。

(3) 由于区试产量是在区域内各地代表性地点多品种、多点次、多年份条件下获得的产量结果,产量限制主要来源于技术因素和市场及社会经济因素,大部分限制因素是生产者可控的,区试产量可以通过生产者努力达到,因此,现阶段各地可以将区试产量作为大面积高产实现的目标。2005 年在全国 11 个玉米主产省 15 个科技入户示范县开展高产设计研究与实践,经对全部示范户测产表明,15003 户共种植玉米 9805hm²,平均单产 8703.6kg/hm²,比普通农户(7222.1kg/hm²)增产 1481.5kg(增幅 20.5%)。该产量水平接近全国玉米区域化试验产量(8854.8kg/hm²),是全国平均产量(约 4950kg/hm²)的 1.79 倍,缩小了与高产纪录的差距。

(4) 今后作物生产中产量、资源效率和经济收益之间的矛盾将日益突出,三者协同提高的机制以及其平衡点将是作物产量差研究和实现大面积高产设计今后需要重点解决的问题。

参考文献 (References)

- [1] Mann C C. Future food: Crop scientists seek a new revolution[J]. *Science*, 1999, 283(5400): 310-314.
- [2] 王志敏. 迈向新的绿色革命—全球粮食高产研究动向 [J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(4): 3-6.
Wang Zhimin. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2004, 6(4): 3-6.
- [3] Reetz H F. Producing high corn yields—Herman Warsaw's challenging legacy[J]. *Better Crops with plant food*, 2000, 84(1): 20-22.
- [4] Evans L T. Crop evolution, adaptation and yield [M]. London: Cambridge University Press, 1993: 54-55.
- [5] De Datta S K, Comez K, Herdt R W, et al. A handbook on the methodology for an integrated experiment on rice yield constraints[M]. IRRI, Los Baños: Philippines, 1978: 60.
- [6] Cook R J, Veseth R J. Wheat health management[M]. St Paul: APS Press, 1991.
- [7] 李少昆, 王崇桃. 玉米高产潜力途径[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
Li Shaokun, Wang Chongtao. Potential and ways to high yield in maize [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [8] Evenson R. The economic contributions of agricultural extension to agricultural and rural development [M]/Swanson B E, Bentz R P,

- Sofranko A J. Improving Agricultural Extension: A Reference Manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997, chap4: 36-48.
- [9] Gomez K A. On-farm assessment of yield constraints: Methodological problems [R]/Constraints to high yields on Asian rice farms: An interim report. Los, The Philippines: IRRI, 1977: 1-16.
- [10] Lin Y F. Rice production constraints in China, sustainability of rice in the global food system[M]. Manila: Philippines, 1998: 335-356.
- [11] Chaudhary R C. Strategies for bridging the yield cap in rice: A regional perspective [R]/FAO regional office for Asia and the Pacific: Bridging the rice yield gap in the ASIA-PACIFIC. RAP Publication, 2000, 16, 201-214.
- [12] De Bie CAJM. Comparative performance analysis of Agro-Ecosystems [D]. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 2000.
- [13] Cassman K G, Dobermann A, Walters D T, et al. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality [J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003, 28: 315-358.
- [14] 王纯枝, 李良涛, 陈健, 等. 作物产量差研究与进展[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6): 1283-1287.
Wang Chunzhi, Li Liangtao, Chen Jian, et al. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2009, 17(6): 1283-1287.
- [15] 张胜全, 耿以工, 黄琴, 等. 论作物产量差距与增产途径[J]. 耕作与栽培, 2009, 29(1): 1-4.
Zhang Shengquan, Geng Yigong, Huang Qin, et al. *Farming and Cultivation*, 2009, 29(1): 1-4.
- [16] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
China Ministry of Agriculture. *Chinese agricultural yearbook* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [17] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
China Ministry of Agriculture. *Chinese agricultural yearbook* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [18] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
China Ministry of Agriculture. *Chinese agricultural yearbook* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [19] 路季梅, 李坤阳, 俞炳泉, 等. 滇中高原高产玉米的产量形成[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(4): 7-13.
Lu Jimei, Li Kunyang, Yu Binggao, et al. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 1995, 18(4): 7-13.

(责任编辑 张媛媛, 马骁骁)



《科技导报》征集“封面文章”

为快速反映我国最新科技研究成果,《科技导报》拟利用刊物最显著位置——封面将最新科研成果第一时间予以突出报道。来稿要求:研究成果具创新性或新颖性;反映该领域我国乃至世界前沿研究水平;可以图片形式予以反映,图片美观、清晰、分辨率超过 300dpi;文章篇幅不限,要说明研究的背景、方法、取得的结果,以及结论。在线投稿:www.kjdb.org。