

关中地区小麦超高产育种问题探讨

王 辉, 孙道杰, 时晓伟, 闵东红, 李学军

(西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100)

〔摘 要〕 关中地区当前小麦超高产育种的产量指标为 $10\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。产量性状和光合生理性状是决定品种产量潜力的关键性状, 超高产育种重点应进行单位面积穗数、穗粒重、穗粒数、花后 21~30 d 平均光合速率、花后 30 d 绿叶面积、灌浆高峰期单穗平均日增重、灌浆高峰持续时间、生物学产量、收获指数等 9 个性状的遗传改良。集优交配法是选育超高产品种的有效育种技术。为了适应超高产育种的纵深发展要求, 要加强光合生理特性、性状遗传规律等基础理论研究和超高产大穗材料创新工作。

〔关键词〕 小麦; 超高产育种; 性状改良; 大穗材料; 关中地区

〔中图分类号〕 S512.1+10.33

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-2782(2001)01-0037-04

面对日趋开放的世界贸易, 我国正在加速进行作物种植结构的调整, 部分地区将调减小麦种植面积。在此形势下, 改进小麦品质、提高单位面积产量已成小麦生产发展的必由之路。小麦是关中地区的优势粮食作物, 选育产量潜力大、品质优的超高产优质小麦品种, 对保障陕西的粮食供应、促进陕西小麦跨出省界、进入世界粮食市场有十分重要的作用。这里仅就关中地区小麦超高产品种选育问题进行粗浅的探讨。

1 关中地区小麦超高产品种的产量指标

品种的产量指标涉及品种的产量潜力和品种的生产水平 2 个方面。品种的产量潜力是指在外界条件与品种特征特性要求相一致条件下, 品种的内在生产能力。由于外界条件不可能完全符合品种的性状要求, 因此品种的真实产量潜力一般难以完全实现, 但在多年多点的产量试验中所出现的最高产量应该与品种的产量潜力相接近^[1]。品种的生产水平是指品种在大田生产条件下通常表现的产量, 可以用品种多年多点的平均产量表示。根据关中地区近几年小麦品种区域试验和生产示范的资料, 及部分生产条件较好的高产县(区)大面积生产田的产量水平, 得知关中地区当前推广的高产小麦品种的产量潜力接近 $9\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 生产水平接近 $6\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 生产水平约占产量潜力的 75% (见表 1)。

表 1 关中地区当前推广小麦品种的产量水平

Table 1 Yield of spreading cultivars at present in Guanzhong Area

品 种 Cultivars	产量潜力/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield potential	生产水平 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield of field crop	生产水平与产量 潜力之比/% The ratio of yield of field crop to yield potential
西农 1376 Xinong 1376	8610.0	6888.0	80
陕 354 Shaan 354	8772.0	6409.5	73
小偃 22 Xiaoyan 22	8586.0	6540.0	76
平 均 Mean	8643.8	6671.3	77
理论估测 Theoretical estimation of yield	9000.0	6750.0	75

关中地区小麦品种演变大体经历了蚂蚱麦→碧蚂 1 号→陕农 1 号、9 号→丰产 3 号→小偃 6 号→陕 229→当前推广品种等 6 次大的品种更换过程^[2]。品种演变过程中, 品种生产水平逐步提高, 单位面积 (hm^2 , 下同) 产量依次经历了 $1\ 500\ \text{kg} \rightarrow 3\ 000\ \text{kg} \rightarrow 3\ 750\ \text{kg} \rightarrow 4\ 500\ \text{kg} \rightarrow 5\ 250\ \text{kg} \rightarrow 6\ 000\ \text{kg} \rightarrow 6\ 750\ \text{kg}$ 的变化过程, 前期的品种演变单位面积产量按 $1\ 500\ \text{kg}$ 递增, 60 年代后的品种演变单位面积产量按 $750\ \text{kg}$ 递增, 按照这样一个递增幅度, 下一次品种更换生产水平应达到 $7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 按生产水平占品种产量潜力的 75% 推算, 关中地区当前超高产育种的品种产量潜力指标应为

〔收稿日期〕 2000-03-21

〔基金项目〕 国家“九五”攻关项目(96-002-02-03-01)

〔作者简介〕 王 辉(1943-), 男, 陕西杨陵人, 教授, 博士生导师, 主要从事小麦育种学研究。

10 000 kg/hm²。

2 提高品种产量潜力的性状改良途径

对关中地区小偃 6 号、陕 229、陕 213、陕 160、小偃 168、小偃 503、绵阳 19、西农 84G6、西农 1376、西农 88、西农 881、西农 8727 等 12 个近期推广品种的形态结构、生育期、光合生理、生长量、灌浆、产量等 6 组 24 个性状与产量的相关性进行了研究。

2.1 6 组性状与产量的相关性

形态结构、生育期、光合生理、生长量、灌浆、产量等 6 组性状与产量的多元相关分析结果表明,产量性状与产量的相关极显著($r=0.9581$),生理性状与产量的相关显著($r=0.9018$),形态结构、生育期、生长量和灌浆等 4 组性状与产量的相关不显著。但生长量和灌浆两组性状与产量的相关系数(r 分别为 0.5742 和 0.5064)远大于形态结构和生育期两组性状与产量的相关系数(r 分别为 0.2754 和 0.2116),表明 6 组性状在产量形成中属于不同层次的性状,产量性状对产量的形成起主导作用,是决定品种产量潜力的最直接的关键性状。光合生理性状直接关系到光合产物的形成,是产量潜力的物质源,是决定品种产量潜力第 2 层次的关键性状,生长量和灌浆两组性状涉及到光合产物的累积量和累积方向,两组性状与产量的相关性较高且相接近,是决定品种产量潜力的第 3 层次重要性状,形态与生育期两组性状与产量的相关性相对较小,是决定品种产量潜力第四层次的性状。

2.2 与产量相关显著的 9 个性状对产量的通径分析

通过 24 个测试性状对产量的逐步回归,筛选出单位面积穗数、平均穗粒重、穗粒数、花后 21~30 d 平均光合速率、花后 30 d 绿叶面积、灌浆高峰期单穗平均日增重、灌浆高峰持续时间、生物学产量、收获指数等 9 个与产量相关显著的性状。9 个性状对产量的通径分析结果表明,对产量的直接效应大小依次是平均穗粒重($p=0.8524$)>穗粒数($p=0.7721$)>单位面积穗数($p=0.6035$)>花后 21~30 d 平均光合速率($p=0.4734$)>灌浆高峰期单穗平均日增重($p=0.3744$)>花后 30 d 绿叶面积($p=0.3618$)>生物学产量($p=0.2503$)>灌浆高峰持续时间($p=0.1342$)>收获指数($p=0.1328$)。

筛选的 9 个性状中,单位面积穗数、穗粒数、平均穗粒重等 3 个性状属于产量性状,而且对产量的直接效应都大于其他性状,进一步表明产量性状对

提高品种产量潜力的重要性。该 3 个产量性状中,平均单穗粒重对产量的直接贡献最大,表明在群体条件下提高平均单穗粒重(穗大、穗匀)是提高品种群体产量潜力的首要关键。穗粒数对产量的直接贡献仅次于平均单穗粒重,穗粒数和千粒重又是决定穗粒重高低的关键性状,因此,通过提高单穗粒重来提高品种产量潜力的有效途径是穗粒数和千粒重并重、突出穗粒数。单位面积穗数对产量虽有较大的直接效应,但由于其与穗粒重、穗粒数等呈显著负相关(r 分别为 -0.7454 和 -0.7624),表明依靠进一步增加单位面积穗数来提高品种的产量潜力风险很大,可能会导致穗粒数和穗粒重的大幅度减少而降低群体的产量水平。由此可见,提高关中灌区小麦品种产量潜力的产量因素改良途径,是保持或适当降低单位面积穗数,突出增加穗粒数和千粒重,通过提高单穗粒重来提高品种的群体产量潜力^[3~7]。

花后 21~30 d 平均光合速率和花后 30 d 绿叶面积是筛选的 2 个光合生理性状,对产量有较大的直接效应,在超高产品种选育中,要特别重视小麦生育后期光合生理性状的改良。小麦的许多病害都在生育后期发生,再加上青干、早衰等生理障碍,不但直接影响小麦生育后期的光合性能,而且降低光合面积,对生育后期光合产物的形成有严重影响。小麦籽粒产量大约有 70% 来自开花后的光合产物,因此超高产品种应该具有良好的抗病性和良好的光合生理特性。

以单穗日增重大于 60 mg 为灌浆高峰期,灌浆高峰期单穗平均日增重和灌浆高峰期持续时间是 2 个对产量直接贡献较大的灌浆性状。小麦籽粒干物质的累积大部分来自灌浆期的光合产物,特别是灌浆高峰期对籽粒干物质累积量的作用尤为显著^[8]。本研究中灌浆高峰期单穗平均日增重和高峰期持续时间在品种间有显著差异(61.15~82.27 mg/(d·穗); 8~15 d),表明通过灌浆特性的改良来提高品种的产量潜力是完全可行的重要途径。

在入选的 9 个性状中,生物学产量和收获指数是两个对产量直接贡献相对较小的性状,但与产量有显著的正相关。在关中地区小麦品种性状演变趋势的研究中发现,早期品种产量潜力的提高与生物学产量和收获指数的协同提高有重要关系(由蚂蚱麦到丰产 3 号,每公顷籽粒产量约由 1 500 kg 提高到 4 500 kg,生物量约由 7 500 kg 提高到 15 000 kg,收获指数由 0.22 提高到 0.31),而晚期

品种产量潜力的提高主要依赖于收获指数的提高(由丰产3号到1376,籽粒产量由4 500 kg提高到6 750 kg,生物学产量基本保持在15 000 kg,而收获指数由0.31提高到0.44)。近期推广品种籽粒产量与生物学产量及收获指数的相关性研究结果,生物学产量对产量的直接效应大于收获指数,且通过单位面积穗数和穗粒数对产量有较大的贡献。这表明在收获指数达到较高水平时,提高生物量成为提高品种产量潜力的重要途径,或者把高的生物学产量和高的收获指数结合起来,实现源、库在高水平上的协调平衡,是提高品种产量潜力的有效途径^[9-11]。从高秆品种到半矮秆、矮秆品种,依靠增加群体茎数保持了高秆品种高的生物量,同时又获得了矮秆类型高的收获指数,矮秆品种的育成,在总生物量不减少而收获指数显著提高的条件下大幅度提高了品种的产量潜力。现在的问题是在较高水平的收获指数前提下,如何提高生物量,较好的途径是壮秆大穗,既有利于提高群体生物量,又有利于保持矮秆高水平的收获指数。壮秆包含着粗秆、壁厚、结构紧密、比重高;大穗包含着小穗数多、穗粒数多、单穗粒重高。壮秆大穗必须有更加良好的根系和良好的光合效能。

3 超高产小麦品种的育种途径

超高产小麦品种是在综合性状遗传改良基础上生产潜力获得更大突破的新型品种类型,其育种难度较大,且由于基础研究的薄弱和种质材料的缺乏,更增加了超高产育种的难度。为了适应超高产育种的纵深发展要求,应该加强超高产育种的基础研究和超高产种质材料创新,同时,要进行育种技术的改进。

3.1 超高产育种的基础研究

涉及超高产育种基础研究的课题很多,但结合当前超高产育种实际,急待加强研究的问题有两个^[12]。一是光合生理特性的研究。包括源、流、库的协调性,高光效的内部生理特性和理想株型以及提高群体光合生产率、改善同化产物的运输速率和分配功能的途径,特别是产量形成关键时期的光合功能、光合产物的运输、分配和积累的特性及改良途径等,光合生理特性的深入研究和有关性状的改良,必将改进小麦的光合生产能力,大幅度提高品种的产量潜力。二是主要性状遗传规律的研究。超高产品种随着源、库结构的改变,必然涉及到众多性状多方位的遗传改良和众多优性基因的聚合,由于基因间

多层次的复杂关系,许多涉及生产力的性状的遗传规律有待深入研究。超高产育种中与生产力有关的主要性状多为多基因控制,有关多基因性状的遗传规律已有许多研究,但由于条件、认识和研究方法的局限性,研究工作尚需继续深入,有许多问题需要应用现代分子遗传学的理论进行深入研究,以便更有效地指导超高产育种工作。

3.2 改进育种技术

随着品种产量潜力的提高,超高产育种的难度越来越大,利用现代生物技术进行超高产品种选育,不可能对基因总体或大部分基因进行遗传改良,而通过个别或少数基因的改良,仅仅只能涉及个别性状的改良,且个别基因的改变所导致的基因组系统行为的变化是难以预测的,因此,杂交育种作为一种宏观的基因调控遗传工程,在近期仍然是超高产育种的唯一可靠途径,但在育种技术上需要改进。

目前的超高产育种多集中于综合性状优良的壮秆大穗品种的选育,而现有的大穗材料除秆粗、穗大外,在群体适应性、抗病性、成熟性、籽粒饱满度等方面都很差^[13],用其作亲本,采用单交、回交和简单的复交,其育种效果都不理想。杂交育种的核心是优性基因的组合效应,因此,多亲本复合杂交越来越受到育种界的重视。期望通过多亲本复合杂交,逐步综合不同亲本的优性基因以满足超高产品种的多种性状要求。通常的复合杂交多在 F_1 进行,但 F_1 产生优性重组的配子机率很低,两个 F_1 交配时,双方优性重组的配子结合产生优性合子的机率更低,在连锁条件下其优性组合的机率还要降低,从而导致变异方向难以预测,群体规模难以控制,选择难度大,因而育种效果与育种期望差距很大。笔者根据多年育种实践认为,利用 F_2 优株或 F_3 优系(即 F_2 或 F_3 的优性基因结合体)进行集优交配,会显著提高复交的应用效果。利用 F_2 或 F_3 的优性基因结合体杂交,亲本有较高的杂合性,既保持了复交杂种后代遗传变异类型的多样性特点,又提高了后代群体优性基因的频率,可以有效地控制变异方向,还可以缩小杂交规模,能有效控制后代群体规模。同时,杂种后代目标性状相对集中,便于集中选择目标,提高选择的可靠性,因而会显著提高复合杂交的育种效果。如果在复交后代配合利用单倍体育种技术,则会更进一步提高其育种效果。

3.3 组建超高产大穗材料杂交抗原群

大穗材料是超高产育种的重要资源材料,但可供超高产育种直接利用的大穗材料极缺,主要原因

是现有的大穗材料农艺性状差、缺点多而严重,特别是综合抗病性差,在产量形成的关键时期叶片早枯,灌浆受阻,籽粒秕瘦,直接用于超高产育种,随着农艺性状和抗病性的改良,其大穗性状逐步丢失,失去对其期待的作用。因此,创造可供育种直接利用的大穗材料,是超高产育种值得重视的问题。由于大穗材料需要改良的农艺性状和病害类型多,逐个改良历时甚长,而利用聚合杂交、轮回选择的方法人工创建大穗材料杂交抗源群,可以对其进行有效的性状改良。第一步,用不同类型大穗材料分别与农艺性状较好的不同抗源材料(抗不同病害、或抗不同生理小种、或具有多抗性)杂交,将同一抗源与不同类型大穗杂交的杂交种子合并归为一类,有几个抗源材料就形成几个 F_1 类群,再进行不同抗源 F_1 类群间的杂交,如此逐步聚合,直到形成不同类型大穗与不同抗源聚合为一体的杂交群,以该杂交群作为创建大穗材料多抗源杂交抗源群的基础材料。第二步,在基

础材料的后代分离群体中,选择抗病性较好的大穗单株,进行株间杂交,杂交种子混合种植,形成第一轮改良群体。第三步,在第一轮改良群体的后代分离群体中,选择抗病性好的大穗单株,再进行株间杂交,杂交种子混合种植,形成第二轮改良群体。如此进行,直至形成较为理想的改良群体为止(一般到第三轮或第四轮改良群体即可),该改良群体在后代分离纯合过程中淘汰劣株(穗小、抗性差、农艺性状差),混收混种,即形成大穗材料多抗源杂交抗源群。将太谷核不育基因或光敏核不育基因转入亲本材料,或利用化学杀雄剂处理母本材料,将会减少杂交工作量,便于通过轮回选择实现有利基因的聚合和组建超高产大穗材料杂交抗源群。该杂交抗源群是一个动态群体,可随时从中选拔超高产育种的亲本材料,也可随时向群体中输入新的抗源或新的优性基因,不断丰富杂交抗源群的遗传基础,长期供育种工作利用。

[参考文献]

- [1] 李德炎 小麦育种学[M]. 北京: 科学出版社, 1976 6- 7.
- [2] 刘世林 陕西农业种子 50 年[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1999 56- 59.
- [3] 钱曼懋, 孙洪伟, 宋春华 北部冬小麦品种农艺性状演变研究[J]. 作物品种资源, 1989, (1): 3- 5.
- [4] 任明全 小麦高产育种回顾与展望[J]. 河南农业科学, 1988, (11): 1- 3.
- [5] 庄巧生, 杜振华 中国小麦育种研究进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996 32- 37.
- [6] 王 辉 提高渭北原区小麦品种产量潜力途径的研究[M]. 干旱地区农业研究, 1993, (3): 41- 44.
- [7] 张小燕, 宋哲民 关中小麦品种产量构成因素的相互关系和产量育种目标[J]. 西北植物学报, 1996, 16(1): 81- 87.
- [8] 王 辉 小麦西农 1376 籽粒干物质累积特点及调控途径[J]. 西北农业大学学报, 1996, (5): 31- 34.
- [9] 何中虎, 庞家智 CMMYT 麦类改良进展[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995 31- 32.
- [10] 李跃进 四川小麦产量性状的改良和超高产育种策略[J]. 西南农业学报, 1998, 11(育种和栽培专辑): 19- 21.
- [11] 吴兆苏 小麦育种学[M]. 北京: 农业出版社, 1996 206- 229.
- [12] 马素玲 四川六大作物超高产育种学术讨论会观点综述[J]. 西南农业学报, 1998, 11(育种和栽培专辑): 56- 61.
- [13] 庞红喜, 闵东红, 李学军, 等 大穗小麦发育特性研究初报[J]. 陕西农业科学, 1995, (5): 4- 7.

Strategy of super-high grain yield breeding in Guanzhong Area

WANG Hui, SUN Dao-jie, SHI Xiao-wei, MIN Dong-hong, LI Xue-jun

(College of Agronomy, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Now the yield index of super-high yield breeding on wheat is 10 000 kg/hm² in Guanzhong Area. Yield and photosynthetic and physiologic traits are keys determining yield potential of cultivars. Emphasis of superhigh yield breeding is traits genetic improvement which includes ears per hm², kernel weight per ear, kernel number per ear, mean photosynthetic rate of 21- 30 d postflora, green leaf area of 30 d postflora, diurnal mean increasing weight per ear at peak filling stage, duration of filling peak, biomass and harvest index. Hybrid method of accumulating good points is an effective breeding technique for selecting super-high yield cultivars. In order to meet the need of further development of super-high yield breeding, basic theory study such as photosynthetic and physiologic characters, traits genetic law and so on, and the innovation of super-high yield and big ear material should be enforced.

Key words wheat; super-high breeding; traits improvement; big ear material; Guanzhong Area