

超级小麦育种的可行性分析及其育种新方法构想

A Feasibility Analysis on the Plan and New Methods of Super- Wheat Breeding

王家利 崔建海 郑宏伟

(山东省科技厅 济南 250014)

田纪春¹ 丁兆堂² 张丙乾²

(山东农业大学, 教授、博士¹; 讲师² 泰安 271018)

据 1997 年在美国伊利诺斯州召开的世界食物和持续农业大会估计, 到 2020 年全世界小麦需求量将比目前的 5.52 亿吨高出 40%, 达 7.75 亿吨。我国同其它发展中国家一样, 由于经济发展, 人口逐渐向城市集中, 作为传统食物的玉米和水稻人均消费量将下降, 而小麦的年人均消费量则逐渐增加, 加上人口增长的因素, 到 2020 年前后, 我国每年至少需进口小麦 2 200 万吨才能弥补短缺^[1]。从这点讲, 今后几十年内, 我国的小麦生产将面临需求量迅速增长和加入 WTO 后市场激烈竞争的双重压力。解决我国越来越大的小麦需求问题, 再靠扩大种植面积已无大的潜力, 而单产水平的“超越性”提高应该是主要的途径。但是, 过去十几年中, 世界范围内的小麦单产提高一直处在“缓坡阶段”^[2]。我国小麦 2000 年平均产量为 3 808kg/hm²^[3], 高产地块的产量水平多年来也一直在 7 500kg/hm² 左右徘徊。近几年 CIMMIT(墨西哥国际玉米研究中心) 提出了打破小麦产量限制、培育超高产小麦的计划^[2]。因此, 在“十五”期间, 我们也应不失时机地启动“超级小麦育种”计划, 组织全国各学科农业工作者聚焦各种育种高新技术, 联合攻关, 尽早培育出超级小麦新品种应用于生产。这对大幅度提高我国的小麦产量、确保粮食安全和人民生活水平的提高、促进农业乃至整个国民经济的发展具有重要意义。

一、超级小麦的概念和育种目标

自袁隆平院士提出超高产水稻育种(1997)^[4]和农业部制定“超级水稻育种计划(1996~2005)”^[5]以来, 我国超级水稻育种和生产取得了举世瞩目的成绩。但是, 由于小麦产量多年来徘徊不前和超级小麦育种工作的难度很大, 国内外正式发表的文献中还未见到“超级小麦”的提法。近几年, 国内关于小

麦高产的文章虽然时有出现, 但各地提出的产量指标差别很大, 从每公顷 7 500kg 到 10 000kg 都有^[6,7]。如果对照超级稻“单产 12 000~15 000kg/hm², 比原水稻品种增产达 30%~50%”的概念^[8], 那么先前人们提出的小麦“超高产”概念, 并不完全等同于“超级小麦”。那么, 什么是“超级小麦”呢? 根据现在和今后几十年小麦生产水平的发展趋势以及小麦在食品加工方面的特殊地位, 我们认为: 抗倒、抗病、较大面积(100 亩以上)、连续 2 年每 hm² 单产稳定在 9 750~10 500kg(即比目前以 7 500kg/hm² 为基数的高产品种增产 30%~40%), 而且加工品质优良的小麦品种方可称为“超级小麦”品种。

根据“超级小麦”的概念, 超级小麦育种目标可概括为“产量超级、品质超级和稳产”为一体的“双超一稳”工程。“产量超级”, 即要求该类品种的光合物质生产率高, 经济系数高, 穗数、穗粒数、千粒重三要素高度协调, 籽粒产量有“超越性”增加, 这是超级小麦品种的主要内容。“品质超级”, 即要求该类品种在蛋白质含量、面筋强度和面团流变学特性方面能满足加工优质面包或饼干蛋糕的特殊要求, 代替国外进口小麦; 或者能满足加工优质水饺、面条、馒头等食品的品质要求, 提高我国传统食品的质量档次, 这是超级小麦与其它粮食作物不同的特殊要求。“稳产”, 即要求该类品种半矮秆, 有理想的株型、叶型, 抗或耐三锈、赤霉病和其它主要病害, 在高产地块和不同年份能重复高产水平, 这是超级小麦品种的基本条件。

二、超级小麦育种的可行性分析

超级小麦的育种目标能否实现? 其对产量和品质“双超一稳”的要求是否过于拔高或过于苛刻? 我们认为, “超级小麦”这个概念的本身就要求必须

“超越”现实。如果困难回避、降低标准,就失去了“超级小麦”育种的意义和价值。根据小麦物质生产潜力和我国黄淮冬麦区的光、热资源,我们认为实现超级小麦育种计划的主要条件和依据有以下几点。

1. 小麦有超高产的生产潜力

据美国育种家估算,在最佳条件下小麦产量可达 $21\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ (Kronstad, 1996)^[9],我国植物生理学家根据山东省的地理纬度,光、热资源和小麦的光能利用率,计算的最高理论产量为 $18\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ ^[10]。小麦和水稻同为具有分蘖成穗的禾本科作物,“超级稻”育种计划的实施,已培育了单季产量达 $15\ 120\text{kg}/\text{hm}^2$ 的杂交种^[11],接近了水稻的理论产量。超级稻的成功为启动超级小麦育种计划提供了重要启示。因此,在近 10 年内,把超级小麦的产量指标定在 $10\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右是切合实际的。

2. 小麦高产典型提供了例证

近几年英国和智利的小麦已获得 $15\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ 的籽粒产量^[10]。山东省桓台县 $2.60\text{万}\text{hm}^2$ 小麦已连续 3 年突破 $7\ 500\text{kg}/\text{hm}^2$ 大关。河南省睢阳县 0.72hm^2 高产攻关田每 hm^2 产 $9\ 379.5\text{kg}$ 。山东省龙口市 1.16hm^2 超高产地块创造了 $10\ 609.7\text{kg}/\text{hm}^2$ 的最高纪录^[6]。这些典型,虽然是在特殊区域或特殊栽培条件下实现的,但起码说明在我国北方和黄淮麦区小麦产量可以达到这个水平。超级小麦育种目标只不过是特殊到一般,由典型到争取大面积稳产高产,其目标并非高不可攀。

3. 超级小麦育种有特异育种资源作保证

目前的小麦育种材料中有许多矮秆、大穗、多粒等各具特点的资源。例如大穗源的穗粒数均在 100 粒以上,相当于目前品种的 2~3 倍^[12],千粒重高达 60~70g,高出目前品种平均值的 30%~40%^[13]。因此,只要采取合适的育种方案,聚集产量三要素的特异性状,培育每 hm^2 穗数 700 万、每穗粒数 40 粒、千粒重 50 克、理论产量 $12\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ 、实际产量达 $10\ 000\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右的超级小麦品种应是可行的。

4. 超高产与优良加工品质并不矛盾

从淀粉和蛋白质在小麦籽粒中的合成、累积机理分析,小麦的籽粒产量与蛋白质含量存在着一定矛盾。但是,优良的加工品质不完全决定于蛋白质含量,而与蛋白质质量密切相关。现已研究清楚,面筋强度和面包加工品质主要受高分子量谷蛋白优质亚基的影响^[14]。通过品种间杂交和基因工程方法,把决定优质蛋白质亚基的基因导入到高产小麦品种中去,可培育出籽粒蛋白质含量达一定水平,而加工品质和产量实现“双超”的超级小麦品种。

三、超级小麦育种的主要途径和方法

1. 基因转化、聚合育种

小麦中大约含有 25 000~30 000 个基因,尽管已作图谱分析的只有一部分,但许多对产量有重要作用的 Rht(矮化)、Vrn(感温)、Ppd(感光)、Nra(NO_3^- 还原)基因以及对小麦品质起重要作用的 Glu1D-1d, Glu1D-2d, Glu1A-2b, Glu1B-1i 和 Glu1D-2i 基因都已经克隆^[15],有的还在育种中发挥了重要作用。只是这些基因分散在不同品种中,没有发挥多基因聚合的累加效应。利用现在已经成熟的基因枪法、农杆菌介导法和花粉管通道法,把决定产量性状的几个重要基因聚合在一起,可以培育“超高产”品种;把决定品质性状的几个主要基因聚合在一起,可以培育“超优质小麦品种”;把优质基因与高产基因聚合在一起,可以培育具有“双超”性状的超级小麦品种。

2. 常规超亲育种

在常规育种中,应注重与超高产有关的最大光合速率,单株成穗数、穗粒数等数量性状的改良。通过阶梯式杂交、聚合杂交、回交等方法,把控制同一性状的多个微效基因累加于一个杂种个体中,可创造出超亲性状,实现超亲育种^[16]。

3. 一系法利用杂种优势

利用专性孤雌生殖基因或物理、化学诱导的方法,诱导小麦强优势组合的 F_1 植株产生专性二倍体孤雌生殖,可使亲代的杂合基因完整地传递给后代,达到固定杂种优势(即一系法利用杂种优势)的目的。因此,只要获得一个优良杂种单株,就可凭借种子繁殖,迅速在大面积上种植不分离的杂种一代^[17]。这比研究多年的化学杀雄、三系配套利用小麦杂种优势的方法更具实用价值。

4. 操纵物候期育种

小麦一生中的营养生长期、穗发育期和籽粒灌浆期三个主要发育阶段的长短受春化作用、光周期现象等物候期的影响。在决定小麦穗数、粒数和粒重临界期之间,应利用现在已经克隆的光周期 Ppd 基因、春化作用 Vrn 基因和分蘖抑制 Tin 基因,操纵小麦物候期,减少对产量无关紧要的早期营养生长期,并控制无效分蘖滋生,延长对产量形成非常重要的穗分化期和籽粒灌浆期。通过操作小麦的物候期可选育出对光周期不敏感,起身早,分蘖成穗率高而且大穗、大粒为一体的超级小麦新类型^[18]。

5. 生理特性育种

在目前小麦产量已经很高的水平上进一步提高产量,必须在育种工作中注重生理特性改良,才能取得“超级小麦”的突破。自 60 年代以来,对超级稻育种起很大作用的“绿色革命”、“理想株型”实质上是改良了水稻的光合性能等生理特性^[19]。超级小麦育种仍需基因与光合速率、株型与光能利用率、结构与物质运输等方面加强研究,以确定“超级

小麦”的理想株型,挖掘可以成倍提高光合速率的新种质,为超级小麦育种奠定物质基础。

综上所述,根据我国农业发展需求和科研优势,建议尽快启动“超级小麦”育种科技攻关计划,设立专项基金予以支持。“超级小麦”育种计划的实施似应分两步进行:第一步在“十五”期间完成,品种指标定在每公顷产 9 750kg,品质达国家二级优质麦标准;第二步在“十一五”期间完成,品种指标定在每公顷产 10 500kg,品质达国产一级优质小麦标准。

参考文献

- [1] Rosegrant. M. W., M. A Sombilla, R. V. Gerpacio, et al Global food markets and US exports in the twenty first century. Paper Presented at the Illinois World Food and Sustainable Agriculture program Conference[M], Meeting the Demand for Food in the 21st Century: Challenges and Opportunities, 1997, 28 May
- [2] Sayre, K. D. . The role of crop management research at CIMMYT in addressing bread wheat Yield Potential issues. In M. P Reynolds, et al (eds), Increasing Yield Potential in wheat: Breaking the Barriers[J] . Mexico D. F: CIMMYT. 1996: 203~ 207
- [3] 国家统计局国际统计信息中心, 世界主要国家小麦、粗粮和玉米收获面积和产量[J]. 世界农业, 2001, 2: 64
- [4] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种[J]. 杂交水稻, 1997, 12(6): 1~ 6
- [5] 农业部科学技术与质量标准司. 中国超级稻育种[J]. 1996, 10
- [6] 傅兆麟, 李洪琴. 黄淮冬麦区小麦超高产的几个问题探讨[J]. 麦类作物, 1998, 18(6): 48~ 51
- [7] 刘万代, 朱云集, 王晨阳等. 超高产小麦新品种(系)的筛选[J]. 河南农业科学, 1998, 4: 3~ 5
- [8] 旷一相, 肖宇龙. 超级杂交稻产量构成因素的分析及

其选育途径的探讨[J]. 江西农业学报, 1999, 11(2): 15~ 19

- [9] Kronstad, W. E. . Genetic diversity and the free exchange of germplasm in breaking Yield Barriers In M. P Reynolds, et al (eds) . Increasing yield potential in wheat: Breaking the Barriers (M) . Mexico, D. F: CIMMYT, 1996: 19~ 27
- [10] 梁作勤, 田纪春. 植物生理学[J]. 北京农业大学出版社, 1994: 100~ 104
- [11] 刘建丰. 水稻超高产育种研究概况及问题讨论[J]. 杂交水稻, 2000, 15(1): 4~ 6
- [12] 窦全文, 解俊峰. 巨穗小麦种质高分子量谷蛋白亚基组成[J]. 西北农业学报, 1999, 8(3): 115~ 116
- [13] 李月华, 丁寿康. 我国小麦大粒种质的研究[J]. 作物品种资源, 1993, 3
- [14] D'ovdio, S. Mascl, E. Porceddu et al. Duplication of the Bx7 high molecular weight glutenin subunit gene in bread wheat (Triticum aestivum L) cultivar Red River 68' [J]. Plant Breeding, 1997, 116: 525~ 531
- [15] Rex L. Smith, M. E. Schweder and R. D. . Barnett. Identification of Glutenin Alleles in wheat and Triticale Using PCR Generated DNA Markers[J]. Crop Science, 1994, 34: 1373~ 1378
- [16] 周俊儒, 李邦发, 庞启华等. 小麦 E·G·S·C 育种方法的研究及应用[J]. 西南农业学报, 1998, 11: 38~ 42
- [17] 高建伟, 李忠德, 孙其信等. 植物无融合生殖研究进展[J]. 生物工程进展, 2000, 20(5): 43~ 47
- [18] Rawson H. M., Richards. R. A. . Effects of high temperature and photoperiod on floral development in wheat isolines differing in vernalisation and photoperiod genes[J]. Field Crops Research, 1993, 32: 181~ 192 [ZK]
- [19] Charles C, Mann. Crop Scientists seek a new revolution [J]. Science, 1999, 283: 310~ 314

(责任编辑 王宏章)