

## 富铁营养保健型超早熟谷子新种质的创新

刘正理<sup>1</sup>, 孙世贤<sup>2</sup>, 程汝宏<sup>1</sup>, 黄文胜<sup>3</sup>, 刘君馨<sup>3</sup>, 曲祝丰<sup>4</sup>, 夏雪岩<sup>1</sup>, 师志刚<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>国家谷子改良中心/河北省农林科学院谷子研究所, 石家庄 050031; <sup>2</sup>全国农业技术推广中心, 北京 100026;

<sup>3</sup>河北省高寒作物研究所, 张北 076450; <sup>4</sup>河北省丰宁县农业局, 丰宁 067004)

**摘要:**【目的】解决中国广大高寒地区种植作物单一、效益低下的难题。【方法】采用目标性状基因库育种法创新超早熟谷子新种质—超早熟2号。【结果】超早熟2号具有以下几个方面的突出特点:(1)生育期间需有效积温1650℃,在海拔1400m左右的河北省坝上正常成熟;(2)超早熟2号小米含铁量为54.10 mg·kg<sup>-1</sup>,比中国小米平均含量高出62.0%;(3)粗脂肪含量为6.24%,比中国小米平均含量高出54.1%;(4)中国小米粗蛋白平均含量为12.71%,超过14%的品种仅5%,超早熟2号粗蛋白含量为14.36%,其粗蛋白含量是中国谷子推广品种中少见的;(5)综合性状优良。【结论】超早熟2号的育成并在高寒地区推广对促进中国超早熟谷子育种的开展和高寒地区种植业结构调整具有重要意义,实践表明目标性状基因库育种法在超早熟等特种质创新方面效果明显。

**关键词:** 谷子; 超早熟; 富铁; 粗脂肪; 种质创新

## An Innovation in New Germplasm of Iron-Enriched Nutritive Health Care Type Super Prematurity Millet

LIU Zheng-li<sup>1</sup>, SUN Shi-xian<sup>2</sup>, CHENG Ru-hong<sup>1</sup>, HUANG Wen-sheng<sup>3</sup>, LIU Jun-xin<sup>3</sup>, QU Zhu-feng<sup>4</sup>,

XIA Xue-yan<sup>1</sup>, SHI Zhi-gang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Nation Millet Improvement Center /Institute of Millet Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Science, Shijiazhuang 050031; <sup>2</sup>Popularization Center of National Agricultural Technology 100026; <sup>3</sup>Institute of High Cold Crop Hebei Province, Zhangbei 076450; <sup>4</sup>Fengning Agricultural Bureau, Fengning 067004)

**Abstract:** 【Objective】The objective of this study was to solve the difficult problem that adapted crops is single and inefficient in high altitude and cold areas of China. 【Method】Using “target character gene bank breeding method”, a new millet germplasm Super Prematurity No.2 was developed. 【Result】It has some prominent characters: (1) It can normally mature in Bashang of Hebei where the altitude is above 1400 meters. It needs effective accumulated temperature 1650℃ in growing period. (2) The millet is rich in iron and the content of iron is 54.10 mg·kg<sup>-1</sup>. The average content of iron is 62.0% higher than other varieties in China. (3) The content of crude fat is 6.24%, and the average content of fat is 54.1% higher than other millet varieties. (4) The average content of crude protein of the millet varieties in China is 12.71%, among these varieties, whose crude protein content is higher than 14% is only 5%. The protein content of Super Prematurity No.2 is 14.36%. (5) The synthetic characters are better. 【Conclusion】 It has important significance that super prematurity No.2 has been bred and extended in high altitude and cold areas, thus promoting the development of Super Prematurity millet breeding and the adjusting the structure of crop production in the wide areas with high altitude and low temperature. The practice of super prematurity millet variety breeding indicates that the “targeted-character-gene bank-breeding method” has obvious effects in innovating super prematurity millet and other special idioplasm.

**Key words:** Millet (*Setaria italica* Beauv); Super prematurity; Rich of iron; Crude fat; Germplasm innovation

收稿日期: 2005-04-07; 接受日期: 2005-11-02

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2001AA241231)

作者简介: 刘正理(1966-), 男, 河北沧县人, 研究员, 研究方向为谷子育种和方法。Tel: 0311-87670706; Fax: 0311-87670702; E-mail: liuzhengli65@126.com

## 0 引言

【本研究的重要意义】解决中国广大高寒地区种植作物单一的难题。【前人研究进展】20 世纪 70 年代中后期中国各谷子科研单位先后开展了超早熟谷子育种工作，曾取得过一定成绩，如内蒙古农业科学院、黑龙江省农业科学院育种研究所先后培育出超早熟谷子品种内谷 2 号<sup>[1]</sup>、龙谷 26<sup>[2]</sup>，但均因适应性问题在坝上不能正常成熟，使这些地区成为我国谷子育种的盲区。在国外，日本、印度曾培育出 50 日粟、60 日粟、PCB138、Birsa Gundli<sup>[3,4]</sup>等早熟品种，但由于生态条件差别较大，引种到中国后并不早熟，熟期与夏谷中熟品种接近，在坝上等高寒地区种植更不能成熟。

铁是人体必需的矿物质元素，缺铁可导致贫血等疾病。人们可从日常饮食中得到人体所需的大部分矿物质元素，但单从食品中获取的钙和铁，在有些地区尚不能满足人体的健康需求。因此，富铁食品倍受人们欢迎。脂肪是机体的重要组成部分，粗脂肪容易消化和吸收，且能促进脂溶性维生素的吸收，是体内储存能量的重要物质。【本研究切入点】河北省农林科学院谷子研究所经过多年的努力攻关，在育成超早熟 1 号<sup>[5]</sup>的同时，育成了比超早熟 1 号熟期略晚、富铁、粗脂肪含量高的超早熟 2 号。经试验，在海拔 1 400 m 以上的河北省坝上中南部能够正常成熟，一般单产 3 000 kg·ha<sup>-1</sup> 左右，高产可达 4 500 kg·ha<sup>-1</sup>，可在坝上中南部及其同类型区推广。该品种综合性状优良，成熟时青枝绿叶，是牲畜的好饲料。由于超早熟 2 号有秸秆和小米兼优的特性，很适合在自然条件差的中国广大高寒地区推广，对促进该地区种植业结构调整具有重要意义。与超早熟 1 号一样，超早熟 2 号也可作为华北夏谷区及以南各省的备荒品种利用。【拟解决的关键问题】笔者从介绍超早熟 2 号的创新过程入手，对种质创新方法和开发应用问题进行探讨。

## 1 材料与方 法

自 1994 年开始以搜集的 18 份早熟材料为基础种质，组建目标性状基因库<sup>[6]</sup>，创新超早熟新种质，然后采用杂交和阶梯杂交方法逐步导入超早熟新种质所需的优良性状，并对其后代采用系谱法进行选择，培育具有多种优良性状的超早熟新品种，整个选育过程均在石家庄、三亚两地交替进行，自 2002 年开始在河北省高寒作物研究所和河北省农林科学院谷子研究所进行不同生态条件下的异地同步选择，同时在河北省高寒作物研究所进行高寒地区适应性种植试验，经过

10 年 20 个世代的选育工作，于 2001 年育成超早熟 2 号。并对其特征特性进行研究，发现该品种还具有富铁，粗脂肪、粗蛋白含量高的特点。

小米中铁、粗蛋白、粗脂肪及其它营养成分的测定均在农业部谷物质量监督检验测试中心进行，样品由河北省高寒作物研究所提供，生产地点为张北县油篓沟乡。铁含量的测定采用 ICP 法（等离子发射光谱法），粗蛋白的测定按照 NY/T3-1982 谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法（半微量凯氏法）规定进行，粗脂肪按照 NY/T4-1982 谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 超早熟 2 号的创新过程

2.1.1 组建早熟基因库，创新出超早熟中间材料 Z97045 1994 年以搜集到的 18 份早熟材料为基础种质，以不育材料为工具，经过多代不断的混合杂交，构建了一个早熟材料的混合群体，即“基因库”<sup>[7,8]</sup>，群体中聚合了大量的早熟基因，笔者称之为“早熟基因库”，早熟、超早熟成为该基因库的目标性状，亦即该基因库的主攻创新目标。同时组建了国外材料综合基因库和丰产、优质、抗倒、抗病、矮秆、特用等 6 个基因库，由于每个群体都有自己的主攻创新目标，故称它们为“目标性状基因库”。在早熟基因库中，充分利用基因的累加效应，进行超早熟新种质的创新，经过南繁北育，于 1997 年创新出超早熟新种质 Z97045，在石家庄夏播生育期 62 d，需有效积温 1600 ℃左右，但 Z97045 经济性状差、产量低、农艺性状较好。同样，从组建的丰产基因库、优质基因库、抗倒基因库选育出了一些目标性状突出的材料，并从国外材料基因库中选育出一些对中国自然条件适应性较好的材料。

2.1.2 根据 Z97045 的缺点，采用阶梯杂交法导入丰产、优质基因，育成目标种质 根据 Z97045 的缺点，采用阶梯杂交的方法逐步从国外基因库、丰产基因库、优质基因库创新的熟期偏早的新材料 W97156、F97536、Y98524 中导入其所需的丰产、优质性状，产生阶梯杂交 2 代种子 J2。为增大 Z97045 在后代中的遗传份额，1998 年在海南开始用 Z97045 与 J2 进行连续两代回交，后开始采用系谱法对其后代进行选择，于 2001 年选育出熟期与 Z97045 相当的超早熟新品系 201162。2002 年分别在河北省谷子研究所和河北省高寒作物研究所进行异地同步鉴定，确定 201162-5 表现较好，定名为超早熟 2 号（图）。

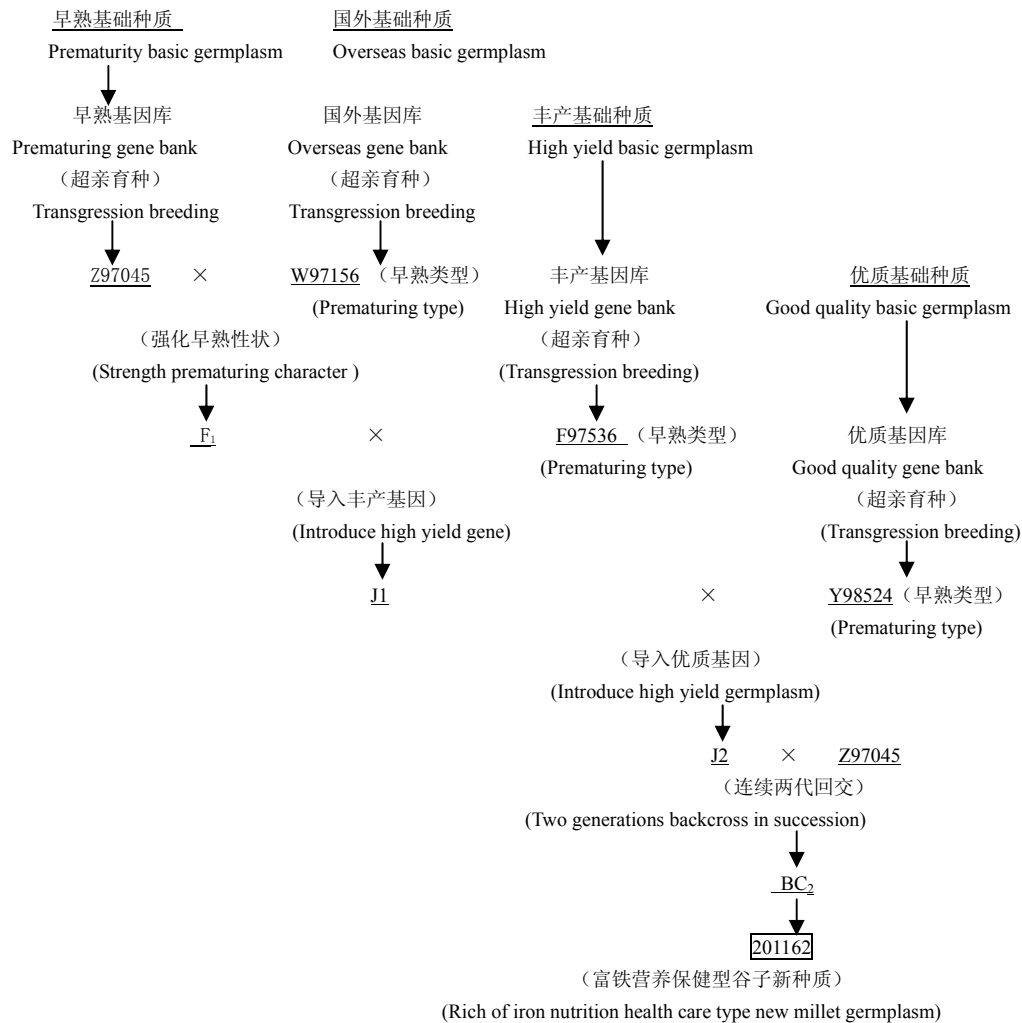


图 超早熟 2 号选育程序图

Fig. Breeding process of Super Prematurity No.2

## 2.2 超早熟 2 号的特征特性研究

**2.2.1 超早熟** 2002~2004 年在河北省谷子研究所和位于坝上的河北省高寒作物研究所、尚义县新华镇、丰宁县大滩对超早熟 2 号进行试种鉴定。结果表明，超早熟 2 号在位于坝上，海拔 1 400 m 的河北省高寒作物研究所和海拔 1 350 m 的尚义县新华镇南壕堽均能正常成熟，生育期间仅需有效积温 1 650℃ 左右，生育期分别为 104 d、102 d；在位于坝头、海拔 1 600 多米的丰宁县大滩，超早熟 2 号未能正常成熟；据此确定超早熟 2 号的推广区域为河北省坝上张北、尚义等积温条件相对较好的地带及其同类型区，在河北省谷子所超早熟 2 号 2003 年 6 月 27 日播种，7 月 2 日出苗，8 月 5 日抽穗，9 月 3 日成熟，生育期 63 d。

**2.2.2 超早熟 2 号小米富铁、粗脂肪含量高，具有营养保健作用** 中国小米铁含量在 18~36 mg·kg<sup>-1</sup> 之间，平均为 33.4 mg·kg<sup>-1</sup>，粗脂肪含量在 3.0%~4.6% 之间，平均为 4.05%<sup>[9]</sup>。经农业部谷物品质检测中心化验，超早熟 2 号小米铁含量达 54.1 mg·kg<sup>-1</sup>，粗脂肪含量达 6.24%，分别是中国小米平均含量的 1.62 倍、1.54 倍；而同一地点收获的超早熟 1 号小米铁和粗脂肪含量分别为 38.53 mg·kg<sup>-1</sup>、4.86%，超早熟 2 号小米铁和粗脂肪含量是超早熟 1 号的 1.41 倍、1.28 倍；因此超早熟 2 号小米具有营养保健作用。中国小米粗蛋白平均含量为 12.71%，超过 14% 的品种仅 5%，超早熟 2 号的粗蛋白含量为 14.36%，也是中国谷子育成品种中少见的。

2.2.3 食用品质较好 超早熟 2 号米色金黄, 经农业部谷物品质检测中心化验, 超早熟 2 号小米含直链淀粉 17.92%、胶稠度 148 mm、碱消指数 3.2、硒 0.06 mg·kg<sup>-1</sup>、锌 21.00 mg·kg<sup>-1</sup>、V<sub>B1</sub> 6.3 mg·kg<sup>-1</sup>, 综合评定达一级优质米标准(表)。

2.2.4 农艺性状、经济性状优良 2002~2004 年连续 3 年的试验结果表明, 超早熟 2 号幼苗为绿色, 农

艺性状、经济性状优良, 一般单产 3 000 kg·ha<sup>-1</sup> 左右, 高产可达 4 500 kg·ha<sup>-1</sup> 以上; 为中秆型品种, 株高 118 cm, 穗长 18 cm, 单穗重、穗粒重分别为 17.8 g、12.7 g, 出谷率、出米率分别为 71.3%、74.6%, 千粒重 2.52 g, 谷草单产 3 750 kg 左右, 粮草兼用; 抗病性好, 成熟时青枝绿叶, 是牲畜的好饲料。

表 超早熟 2 号小米品质化验结果

Table The test result of millet quality of Super Prematurity No.2

粗蛋白 Protein (%)	粗脂肪 Fat (%)	直链淀粉 Amylose gluing (%)	胶稠度 Degree of alkaline (mm)	糊化温度 The index of hydrolysis (碱消指数)	维生素 B <sub>1</sub> Vatamin B <sub>1</sub> (%)	硒 Selenium (μg·kg <sup>-1</sup> )	铁 Iron (mg·kg <sup>-1</sup> )	锌 Zinc (mg·kg <sup>-1</sup> )
14.36	6.24	17.92	148	3.2	6.3	60.44	54.10	21.00

### 3 讨论

#### 3.1 超早熟 2 号育成的意义

经中国农业科学院科技文献信息中心查新, 超早熟 2 号的超早熟、小米富铁、粗脂肪含量高几个特性在国内外未见报道。因此, 超早熟 2 号的育成在多个方面实现了突破, 它的育成和推广将促进中国广大高寒地区种植业结构调整, 带动高寒地区经济的发展。

#### 3.2 目标性状基因库育种法在特异型材料创新中的应用问题

超早熟 2 号和超早熟 1 号等超早熟谷子新品种均是采用目标性状基因库育种法育成, 该方法可充分利用基因的累加效应进行超亲育种, 因此能够创造出超亲变异类型, 再加上阶梯杂交、聚合杂交、诱变等有效创造变异的手段, 通过基因互作、基因重组、基因突变能够产生新类型, 选育出目标性状更加突出, 综合性状优良的新品种<sup>[10]</sup>。超早熟 2 号和超早熟 1 号等超早熟品种的超早熟性状属于超亲类型, 是将分散在各早熟品种中的早熟基因聚合到超早熟后代中, 利用基因的累加效应创造的新类型; 而富铁, 粗脂肪、粗蛋白含量高特性是利用多种杂交手段, 通过基因互作、基因重组产生的新类型。超早熟 2 号、超早熟 1 号等具有特异性状超早熟谷子新品种的育成表明, 目标性状基因库育种法在创新超早熟等特异种质方面是可行的、且效果明显。

3.3 超早熟 2 号超早熟、小米铁和粗脂肪积累的机理及其遗传机制尚需进一步研究。

### 4 结论

4.1 超早熟 2 号是采用目标性状基因库育种法创新的超早熟谷子新种质, 多年的试验、示范结果表明: 它具有超早熟、小米富铁、粗脂肪、粗蛋白含量高, 综合性状优良等优点。它的育成并在高寒地区推广对促进我国超早熟谷子育种的开展和高寒地区种植业结构调整具有重要意义。

4.2 超早熟谷子育种的实践表明, 目标性状基因库育种法在超早熟等特异种质创新方面效果明显。

### References

- [1] 李荫梅. 谷子育种学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 58.  
Li Y M. *Millet Breeding*. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 58. (in Chinese)
- [2] 李景春, 张太民. 我国最北部高寒地区谷子新品种的选育和开发利用. 见: 谷子新品种选育技术. 西安: 天则出版社, 1990: 43-44.  
Li J C, Zhang T M. Breeding and exploitation of foxtail millet in frigid zones in the last of north China. In: *The Breeding Technology of New Foxtail Millet Varieties*. Xi'an: Tianze Press, 1990: 43-44. (in Chinese)
- [3] VirK D S, Mangat S K, Rai K N, Gill K S. PCB138 variety of pearl millet for Punjab. *Madras Agricultural Journal*, 1990, 77(3): 183-185.
- [4] Haider Z A, Birsa A S. Gundil 1 little-millet for Bihar's tribals. *Indian Farming*, 1991, 41(4): 28.
- [5] 刘正理, 程汝宏, 黄文胜, 曲祝丰, 刘君馨. 甜秆多穗型超早熟谷子新种质的创新. 中国农业科学, 2005, 38(1): 17-21.  
Liu Z L, Cheng R H, Huang W S, Qu Z F, Liu J X. Innovation of super-prematurity new millet idioplasm with sweet straw and multi-spike. *Scientia Agricultural Sinica*, 2005, 38(1): 17-21. (in Chinese)

- Chinese)
- [6] 刘正理, 程汝宏. 谷子目标性状基因库育种技术体系的构建及其应用. 中国农业科学, 2005, 38 (7): 1306-1311.
- Liu Z L, Cheng R H. Establishment and application of breeding technology system on millet target character gene bank. *Scientia Agricultural Sinica*, 2005, 38(7): 1306-1311. (in Chinese)
- [7] 浙江农业大学主编. 遗传学. 北京: 农业出版社, 1985: 215.
- Zhe jiang Agricultural University. Genetics. Beijing: China Agriculture Press, 1985: 215. (in Chinese)
- [8] 蒋国梁. 小麦抗赤霉病基因库研究 II. 抗源库群体改良效果初报. 第二届全国青年作物遗传育种学术会文集. 北京: 中国科技出版社, 1991: 83-87.
- Jiang G L. The study on gene bank of resistance to gibberellin II. The elementary report about the effect of population improvement in bank of resistance source. *The Second Science Seminar Corpus on Crop Genetics and Breeding all the Country*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1991: 83-87. (in Chinese)
- [9] 王尧琴. 研究谷子(粟)营养含量, 培育优质新品种. 见: 中国作物学会谷子专业委员会. 粟论文集. 1987: 192-197.
- Wang Y Q. Studies on foxtail millet nutrition and breeding new varieties with good quality. In: China Crops Academy Millet Major Committee. *Millet Thesis Volume*. 1987: 192-197. (in Chinese)
- [10] 刘正理, 程汝宏, 李素英, 曲祝丰, 师志刚. 目标性状基因库育种研究. 华北农学报, 2004, 19(增刊): 40-44.
- Liu Z L, Cheng R H, Li S Y, Qu Z F, Shi Z G. Theory and application of target character gene bank breeding in millet. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2004, 19(Suppl.): 40-44. (in Chinese)

(责任编辑 张淑兰)