

# 脆秆水稻的研究进展

黄艳玲 申广勒 王 慧 李侠芳 陈 思 张从合

(安徽荃银高科种业股份有限公司 / 农业农村部杂交稻新品种创制重点实验室, 合肥 230088)

**摘要:**水稻茎秆的机械强度与抗倒伏能力高度相关, 茎秆的强度又与细胞壁结构和组成有关, 脆秆水稻的出现有利于揭示细胞壁合成和调控机制, 对于提高水稻抗倒伏性、抗病虫害、抗逆性等有重要作用。选育谷草兼用型的脆秆水稻, 既能保障国家粮食安全和饲草供给平衡, 同时也能减少环境污染、节本增效。对脆秆基因的定位克隆及功能研究进行了综述, 阐述了脆秆水稻品种选育及其应用情况, 为脆秆品种的应用推广提供参考依据。

**关键词:**水稻; 脆秆基因; 纤维素含量; 定位克隆; 品种选育

## Research Progress on Brittle Culm Rice

HUANG Yanling, SHEN Guangle, WANG Hui, LI Xiafang, CHEN Si, ZHANG Conghe

(Anhui Win-all Hi-tech Seed Co., Ltd./Key Laboratory for New Variety Development of

Hybrid Rice of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hefei 230088)

水稻是世界主要粮食作物之一, 生产水稻主要取其种子进行去壳、去糙加工成为人类可食用的大米, 产生的秸秆主要通过机械粉碎的方式进行秸秆还田。普通水稻秸秆具有高纤维、硅质化等特点, 机械较难粉碎; 脆秆水稻具有纤维素含量低、木质素含量高、营养成分高、脆性强等特点, 可作为新型饲料资源, 实现了一种两收, 即成熟后稻谷供人类食用, 秸秆供动物食用, 经济效益更高。秸秆经过青贮—动物饲料—过腹还田, 实现更友好的绿色循环。

脆秆水稻秸秆变脆是由于细胞壁的纤维素含量降低、半纤维素含量增加所致。通过不断挖掘、定位、克隆新的脆秆基因, 解析细胞壁的生物合成机制, 改善秸秆的结构和组分, 可进一步提高脆秆水稻的产量、品质, 增强秸秆抗倒伏、抗病虫害的能力, 提高秸秆的饲喂功能和还田效率, 定向改良选育谷草兼用型水稻品种, 是脆秆水稻推广应用前提。

### 1 水稻脆秆相关基因的定位与克隆

自1963年第1个水稻脆秆基因 *bc1* 被发现后, 对于脆秆水稻的研究较多, 到目前为止, 已发现 *BC1*、

*BC3*、*Bc7*、*BC10*、*bc11*、*BC12*、*BC25* 等 20 多个水稻脆秆基因, 大多数脆秆基因已被定位和克隆(表1)。中国水稻所利用  $\gamma$  射线诱变籼稻双科早中发现茎、叶较脆的突变体 *fp1*, 较野生型有较少的纤维素和较多的木质素, SSR 标记在 RM16 和 CAPS 标记 C524a 之间, 遗传距离分别为 3.1cM 和 0.4cM, 与已知的水稻脆茎突变基因 *bc1* 等位, 位于 3 号染色体, 叶脆嫩是由单隐性基因控制<sup>[1-3]</sup>。沈革志等<sup>[4]</sup>通过根癌农杆菌介导 Ds 转座因子转化中花 11 的群体, 获得脆秆突变体 *bcm581-1*, 该突变体的变脆是受单个隐性基因控制。Yan 等<sup>[5]</sup>利用  $\gamma$  射线 <sup>60</sup>Co 诱变粳稻中花 11 获得脆秆突变体 *bc7(t)*, 精细定位 1 号染色体长臂上 8.4kb 的区段内, 与 *OsCesA4* 等位, 不能编码功能正常的蛋白。姜鸿瑞等<sup>[6]</sup>利用重离子辐照武运粳 7 号获得一个脆秆突变体 *bc17*, 其定位于水稻 7 号染色体 162kb 区域中, 受隐性单基因控制。戴文慧等<sup>[7]</sup>利用甲基磺酸乙酯(EMS)诱变籼稻 Kasalath 获得一个脆秆突变体 *bc21*, 其位于水稻 6 号染色体上 STS2 和 STS3 之间约 52.9kb 的范围内, 受隐性单基因控制。Aohara 等<sup>[8]</sup>发现突变体 *bc5* 是比较特殊的一类, 只在叶和茎的发育节点上表达, 该基因暂定位于 2 号染色体 3.1cM 内。

**基金项目:**合肥高新技术产业开发区生物育种重大新兴产业专项  
[第六批安徽省重大新兴产业专项]

**通信作者:**张从合

表 1 脆秆基因的名称、功能及所在染色体

序号	基因名称	基因功能	所在染色体
1	<i>BC1</i>	类 COBRA 蛋白	3 (已克隆)
2	<i>BC3</i> ; <i>BC19</i>	发动蛋白 OsDRP2B	2 (已克隆)
3	<i>Bc6</i> ; <i>BC13</i> ; <i>BC88</i> ; <i>OsCesA9</i> ; <i>Osfc16</i>	纤维素合酶催化亚基	9 (已克隆)
4	<i>Bc7</i> ; <i>bc11</i> ; <i>OsCesA4</i>	纤维素合酶催化亚基	1 (已克隆)
5	<i>BC10</i>	Ⅱ型内膜蛋白	5 (已克隆)
6	<i>BC12</i> ; <i>GDD1</i>	双靶向驱动蛋白 - 4	9 (已克隆)
7	<i>BC14</i> ; <i>OsNST1</i>	核苷酸糖转运蛋白 OsNST1	2 (已克隆)
8	<i>BC15</i>	类几丁质酶蛋白	9 (已克隆)
9	<i>CEF1</i> ; <i>MYB103L</i>	R2R3 型 MYB 转录因子	8 (已克隆)
10	<i>OsCesA7</i>	纤维素合酶催化亚基	10 (已克隆)
11	<i>bc17</i>	未报道	7 (已克隆)
12	<i>Bc21</i>	未报道	6 (未克隆)
13	<i>BC25</i>	UDP - 木糖合酶; 尿苷二磷酸木糖合酶	3 (已克隆)

## 2 水稻脆秆相关基因的功能

水稻茎秆细胞壁主要成分包括纤维素、木质素等,细胞壁中纤维素含量与茎秆强度密切相关<sup>[9-10]</sup>。*Bc6*、*BC13*、*BC88*、*Osfc16* 位于 9 号染色体上的同一基因位点,参与细胞壁的合成,编码纤维素合成酶催化亚基 *CESA9*。*Bc6* 是一个半显性的突变体,整个生育期都极其脆,*BC13* 仅机械强度降低 1/3,表型无明显差异,*bc88* 仅在第 5 外显子有一个点突变,*Osfc16* 能降低纤维素结晶度和次生细胞壁的厚度,表现出更强的去酯化半乳糖醛酸积累能力和富集微量 Cd 的能力<sup>[11-15]</sup>;脆秆基因 *Bc7* 和 *bc11* 是 *OsCESA4* 发生 2 种不同位点的突变,*bc11* 突变导致细胞壁结构改变,纤维素显著降低,植株的机械强度降低<sup>[4,16]</sup>。突变体 S1-24 是由 *OsCesA7* 基因中的一个隐性位点突变引起的,*OsCesA7* 在纤维素合成和植株发育过程中发挥重要作用<sup>[17]</sup>。*OsCesA4*、*OsCesA7* 和 *OsCesA9* 是 3 个不同的纤维素合酶催化亚基,参与纤维素的合成,它们在功能上并不冗余<sup>[18]</sup>。

*BC3*、*BC10*、*BC12*、*BC14*、*BC25* 均间接参与细胞壁的合成。脆秆基因 *BC3* 位于 2 号染色体上,编码发动蛋白 OsDRP2B,对次生细胞壁的合成起主要作用,调控质膜上纤维素合酶催化亚基 *OsCESA4* 的丰度<sup>[19-21]</sup>。*BC10* 位于 5 号染色体,编码Ⅱ型内膜蛋白,具有糖基转移酶的功能,主要在发育中的厚壁组织和维管束细胞中表达<sup>[22]</sup>。*BC12* 位于 9 号

染色体,编码水稻驱动蛋白 - 4,主要进行细胞分裂和次生细胞壁加厚的组织表达<sup>[23]</sup>,而 Li 等<sup>[24]</sup> 也发现了一个水稻赤霉素合成缺陷的突变体(*gdd1*),与 *BC12* 相同,编码一种驱动蛋白类似蛋白。Dai 等<sup>[25]</sup> 通过 T-DNA 插入 *OsBC1L4* 中,编码一个类 COBRA 蛋白,*OsBC1L4* 的表达与主要初生壁形成的纤维素合成酶基因(*CESAs*)高度相关。*BC14* 位于 2 号染色体,编码高尔基体的核苷酸糖转运蛋白 OsNST1,具有转运尿苷二磷酸葡萄糖(UDPG)的活性,参与细胞壁多糖合成<sup>[26]</sup>。*BC25* 定位在 3 号染色体,编码参与纤维素合成的 UDP 葡萄糖醛酸脱羧酶,参与糖代谢,次生细胞壁厚度减少,强烈影响水稻细胞壁的形成<sup>[27]</sup>。

水稻细胞壁生物合成代谢机制还有待研究,需要进一步解析影响茎秆强度的生物学机制。利用遗传学和图位克隆技术进行染色体定位,并通过生物信息学分析鉴定目标基因,可为培育谷草兼用型新水稻品种高效筛选可利用分子标记。

## 3 脆秆水稻品种的培育

中国水稻研究所采用三交组合Ⅱ - 32B// 协青早 B/Dular 群体中获得的显性脆秆水稻 ZGBCR,与中 9B/ 中 9A 杂交、回交,培育出显性脆秆水稻不育系——中脆 A,可用于选育谷草兼用型杂交稻新组合<sup>[28]</sup>。中国科学院合肥物质科学研究院利用重离子诱变扬粳 113 得到一个半显性水稻脆秆突变体 *sdbc1*,与武运粳 7 号杂交选育获得首个通过审定的

脆秆品种科辐粳 7 号,标志着我国从实验室创制的水稻脆秆基因资源到生产应用品种的跨越。科辐粳 7 号高效、低成本解决了水稻秸秆还田难题,脆嫩的秸秆是牛羊饲料的来源,对牛羊等动物来说脆性秸秆适口性好,易咀嚼、易消化,营养价值也得到提高<sup>[29-30]</sup>。中国科学院合肥物质科学研究院研究员吴跃进利用理想脆秆基因 *IBC* 培育“脆而不倒”水稻新品种科脆粳 1 号,克服了脆秆材料植株矮小、易碎、易倒伏、产量低等问题,通过增大秸秆茎粗、茎厚,弥补细胞壁组分变化带来的倒伏风险,保障产量,秸秆纤维素和木质素含量减少 10%,半纤维素含量增加 15%,具有粉碎效果好、易降解、营养价值高、饲喂效果佳、秸秆还田效率高等优点,实现水稻综合利用方面的重大突破<sup>[31]</sup>。李健等<sup>[32]</sup>利用中国科学院合肥物质科学研究院选育的脆秆 137 与连梗 7 号、徐稻 3 号杂交,将脆秆基因导入常规品种中,最终选育出具有优良农艺性状、可供生产应用的 2 个脆秆新品系 CG16-3 和 CG16-9。黑龙江省农业科学院生物技术研究所总农艺师牟凤臣以寒地优良粳稻为底盘品种,以科辐粳 7 号为脆秆基因供体,利用分子设计与常规育种相结合的方法培育出适宜黑龙江生态条件的优质、高产、耐逆、抗寒、粮饲兼用型新品种松科粳 169<sup>[33]</sup>。

#### 4 脆秆水稻的应用研究

控制水稻茎秆机械强度的基因突变绝大部分伴随着一些不利性状,如植株矮小、籽粒畸形、植株一碰就碎及水稻产量和品质降低等,不能为农业生产利用。科脆粳 1 号、松科粳 169 的培育成功改变了脆秆基因在生产中利用困难的现状。

2021 年 10 月中国科学院合肥物质科学研究院和安徽荃银高科种业股份有限公司(以下简称荃银高科)签约谷草兼用脆秆水稻科脆粳 1 号关键基因及技术转让,荃银高科获得该技术的独占使用权,真正实现了品种从创制到应用推广的飞跃<sup>[31]</sup>。黑龙江省农业科学院培育的脆秆水稻松科粳 169,稻谷产量达到了 550kg/667m<sup>2</sup>,比对照增产 5.1%,且米质达到国家优质稻谷二级;松科粳 169 苗期茎秆不脆,成熟期脆性增高,秸秆的纤维素含量较普通水稻下降 24.3%、半纤维素含量升高 17.2%,发酵成青贮饲料,酸香松软,营养价值高,通过饲喂肉羊试验,羊日增重为 135g,较普通秸秆提高 20.3%<sup>[33]</sup>。

#### 5 脆秆水稻的展望

据《第二次全国污染源普查公报》显示,秸秆年产生量为 8.05 亿 t,秸秆利用量只有 5.85 亿 t,剩下 2 亿多 t 的秸秆不但造成浪费,也引起环境污染<sup>[34]</sup>。近 20 年来,我国居民对牛肉、羊肉、猪肉及多种动物奶的需求持续增长,但优质饲草供给不足严重影响国内对这类产品的供应和国家粮食安全。大力开展水稻秸秆饲料化,不但能解决秸秆还田和环境污染的问题,也能有效缓解草食畜牧业与牧草资源供给之间的矛盾,谷草兼用型水稻是我国种业发展的重要方向。

水稻秸秆饲料化还需要与水稻秸秆青贮工艺及农机农具相配套。脆秆突变体的研究已有 60 多年,前人对脆秆突变体的形成、细胞壁合成和调控机制以及脆秆基因的定位和克隆进行研究,并取得长足的进步。中国水稻研究所培育了世界上第 1 个印水型显性脆秆水稻不育系中脆 A<sup>[28]</sup>;中国科学院合肥物质科学研究院培育的脆秆品种科辐粳 7 号和科脆粳 1 号,高效、低成本解决水稻秸秆还田难题;黑龙江省农业科学院培育出适宜黑龙江生态条件粮饲兼用型的新品种松科粳 169<sup>[33]</sup>;由于脆秆水稻的秸秆具有纤维素含量高,半纤维含量低,蛋白质、糖等成分增加的优点,利用脆秆水稻的秸秆喂养湖羊,增加进食量,湖羊的体重增加,能有效缓解饲料短缺问题<sup>[35]</sup>;吴超等<sup>[36]</sup>研究脆秆水稻的收获指数为 0.601,接近国际水稻所超级稻的收获指数。因此,加大脆秆水稻基因及品种研发投入,完善脆秆水稻品种的审定标准,可为保障国家粮食安全、减少环境污染、充分利用生物资源提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1] 钱前,李云海,曾大力,滕胜,汪政科,李学勇,董志刚,戴宁,孙磊,李家洋. 水稻脆性突变体的分离及其基因定位. 科学通报, 2001, 46 (15): 1273-1276
- [2] Li Y H, Qian Q, Zhou Y H, Yan M X, Sun L, Zhang M, Fu Z M, Wang Y H, Han B, Pang X M, Chen M S, Li J Y. *BRITTLE CULM1*, which encodes a COBRA-like protein, affects the mechanical properties of rice plants. *The Plant Cell*, 2003, 15 (9): 2020-2031
- [3] Liu L F, Shang-Guan K K, Zhang B C, Liu X L, Yan M X, Zhang L J, Shi Y Y, Zhang M, Qian Q, Li J Y, Zhou Y H. *Brittle Culm1*, a COBRA-like protein, functions in cellulose assembly through binding cellulose microfibrils. *PLoS Genetics*, 2017, 9 (8): e1003704
- [4] 沈革志,王新其,王江,宛新杉,李琳,张景六. 水稻脆秆突变体



- bcm581-1* 茎秆形态结构观察、理化测定和遗传分析. 实验生物学报, 2002 (4): 307-312
- [5] Yan C J, Yan S, Zeng X H, Zhang Z Q, Gu M H. Fine mapping and isolation of *Bc7* (*t*), allelic to *OsCesA4*. Journal of Genetics and Genomics, 2007, 34 (11): 1019-1027
- [6] 姜鸿瑞, 叶亚峰, 何丹, 任艳, 杨阳, 谢建, 程维民, 陶亮之, 周利斌, 吴跃进, 刘斌美. 一个新的水稻脆秆突变体 *bc17* 的鉴定及基因定位. 作物学报, 2021, 47 (1): 71-79
- [7] 戴文慧, 朱琪, 张小芳, 吕沈阳, 项显波, 马涛, 陈宇杰, 朱世华, 丁沃娜. 一个水稻脆秆突变体 *bc21* 的鉴定和基因定位. 作物学报, 2023, 49 (5): 1426-1431
- [8] Aohara T, Kotake T, Kaneko Y, Takatsuji H, Tsumuraya Y, Kawasaki S. Rice *brittle culm 5* is involved in secondary cell wall formation in the sclerenchyma tissue of nodes. Plant and Cell Physiology, 2009, 50 (11): 1886-1897
- [9] 李丰成. 植物细胞壁结构特征与生物质高效利用分子机理研究. 武汉: 华中农业大学, 2015
- [10] 刘仲发. 群体光分布对玉米茎秆强度及抗倒伏能力的影响. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011
- [11] Kotake T, Aohara T, Hirano K, Sato A, Kaneko Y, Tsumuraya Y, Takatsuji H, Kawasaki S. Rice *brittle culm 6* encodes a dominant-negative form of CesA protein that perturbs cellulose synthesis in secondary cell walls. Journal of Experimental Botany, 2011, 62 (6): 2053-2062
- [12] Song X Q, Liu L F, Jiang Y J, Zhang B C, Gao Y P, Liu X L, Lin Q S, Ling H Q, Zhou Y H. Disruption of secondary wall cellulose biosynthesis alters cadmium translocation and tolerance in rice plants. Molecular Plant, 2013, 6 (3): 768-780
- [13] Rao Y C, Yang Y L, Xin D D, Li X J, Zhai K E, Ma B J, Pan J W, Qian Q, Zeng D L. Characterization and cloning of a brittle culm mutant (*bc88*) in rice (*Oryza sativa* L.). Chinese Science Bulletin, 2013, 58 (24): 3000-3006
- [14] Li F C, Xie G S, Huang J F, Zhang R, Li Y, Zhang M M, Wang Y T, Li A, Li X K, Xia T, Qu C C, Hu F, Ragauskas A J, Peng L C. OsCESA9 conserved-site mutation leads to largely enhanced plant lodging resistance and biomass enzymatic saccharification by reducing cellulose DP and crystallinity in rice. Plant Biotechnology Journal, 2017, 15 (9): 1093-1104
- [15] Yu H, Hu M, Hu Z, Liu F, Yu H Z, Yang Q M, Gao H R, Xu C B, Wang M L, Zhang G F, Wang Y, Xia T, Peng L C, Wang Y T. Insight into pectin dominated enhancements for elimination of toxic Cd and dye coupled with ethanol production in desirable lignocelluloses. Carbohydrate Polymers, 2022, 286: 119298
- [16] Zhang B C, Deng L W, Qian Q, Xiong G Y, Zeng D L, Li R, Guo L B, Li J Y, Zhou Y H. A missense mutation in the transmembrane domain of CESA4 affects protein abundance in the plasma membrane and results in abnormal cell wall biosynthesis in rice. Plant Molecular Biology, 2009, 71 (4-5): 509-524
- [17] Wang D F, Qin Y L, Fang J J, Yuan S J, Peng L X, Zhao J F, Li X Y. A missense mutation in the zinc finger domain of OsCESA7 deleteriously affects cellulose biosynthesis and plant growth in rice. PloS one, 2016, 11 (4): e0153993
- [18] Tanaka K, Murata K, Yamazaki M, Onosato K, Miyao A, Hirochika H. Three distinct rice cellulose synthase catalytic subunit genes required for cellulose synthesis in the secondary wall. Plant Physiology, 2003, 133 (1): 73-83
- [19] Xiong G Y, Li R, Qian Q, Song X Q, Liu X L, Yu Y C, Zeng D L, Wan J M, Li J Y, Zhou Y H. The rice dynamin-related protein DRP2B mediates membrane trafficking, and thereby plays a critical role in secondary cell wall cellulose biosynthesis. The Plant Journal : for Cell and Molecular Biology, 2010, 64 (1): 56-70
- [20] Li R, Xiong G Y, Zhou Y H. Membrane trafficking mediated by OsDRP2B is specific for cellulose biosynthesis. Plant Signaling & Behavior, 2010, 5 (11): 159-162
- [21] Hirano K, Kotake T, Kamihara K, Tsuna K, Aohara T, Kaneko Y, Takatsuji H, Tsumuraya Y, Kawasaki S. Rice *BRITTLE CULM 3* (*BC3*) encodes a classical dynamin OsDRP2B essential for proper secondary cell wall synthesis. Planta, 2010, 232 (1): 95-108
- [22] Zhou Y H, Li S B, Qian Q, Zeng D L, Zhang M, Guo L B, Liu X L, Zhang B C, Deng L W, Liu X F, Luo G Z, Wang X J, Li J Y. BC10, a DUF266-containing and Golgi-located type II membrane protein, is required for cell-wall biosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.). The Plant Journal : for Cell and Molecular Biology, 2009, 57 (3): 446-462
- [23] Zhang M, Zhang B C, Qian Q, Yu Y C, Li R, Zhang J W, Liu X L, Zeng D L, Li J Y, Zhou Y H. Brittle Culm 12, a dual-targeting kinesin-4 protein, controls cell-cycle progression and wall properties in rice. The Plant Journal : for Cell and Molecular Biology, 2010, 63 (2): 312-328
- [24] Li J, Jiang J F, Qian Q, Xu Y Y, Zhang C, Xiao J, Du C, Luo W, Zou G X, Chen M L, Huang Y Q, Feng Y Q, Cheng Z K, Yuan M, Chong K. Mutation of rice *BC12/GDD1*, which encodes a kinesin-like protein that binds to a GA biosynthesis gene promoter, leads to dwarfism with impaired cell elongation. The Plant Cell, 2011, 23 (2): 628-640
- [25] Dai X X, You C J, Chen G X, Li X H, Zhang Q F, Wu C Y. *OsBCIL4* encodes a COBRA-like protein that affects cellulose synthesis in rice. Plant Molecular Biology, 2011, 75 (4-5): 333-345
- [26] Zhang B C, Liu X L, Qian Q, Liu L F, Dong G J, Xiong G Y, Zeng D L, Zhou Y H. Golgi nucleotide sugar transporter modulates cell wall biosynthesis and plant growth in rice. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108 (12): 5110-5115
- [27] Xu S L, Zhang M C, Ye J H, Hu D X, Zhang Y Y, Li Z, Liu J R, Sun Y F, Wang S, Yuan X P, Feng Y, Xu Q, Wei X H, Zeng D L, Yang Y L. *Brittle culm 25*, which encodes an UDP-xylose synthase, affects cell wall properties in rice. The Crop Journal, 2023, 11 (3): 733-743



# 专用特用大豆品种选育进展

刘 森 毕影东 来永才 邱树峰 李 炜 樊 超 刘建新 梁文卫 杨 光

(黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150086)

**摘要:**种子是现代农业的“芯片”,农作物种业是从源头上保障国家粮食安全的战略性、基础性核心产业。优良品种选育是种业振兴的关键环节。党的二十大报告提出,深入实施种业振兴行动,强化农业科技支撑,构建多元化食物供给体系。特用大豆作为大豆品种中不可或缺的组成部分,肩负着丰富大豆产业结构、延伸大豆产业链的重要使命。从特用大豆品种生物学特性与营养价值、育种目标和育种进展3个方面,对鲜食大豆、小粒大豆、黑大豆3种类型的特用大豆进行了介绍,旨在为针对不同的大豆产品选育不同的品种提供参考,保障特用大豆品种种源自主可控。

**关键词:**特用大豆;鲜食大豆;小粒大豆;黑大豆

## Progress in Breeding of Special Soybean Varieties

LIU Miao, BI Yingdong, LAI Yongcai, DI Shufeng, LI Wei, FAN Chao,

LIU Jianxin, LIANG Wenwei, YANG Guang

(Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

专用特用大豆专指能够满足特定生产和加工需求的具有特定属性的原料大豆品种。其中主要包括鲜食大豆、小粒大豆、黑大豆品种等。这些品种主要针对日本、韩国以及东南亚等外贸出口及国内市场。近年来,随着人们生活水平的逐渐提高,人们的膳食结构也随之发生了改变,保健意识和健康饮食意识不断增强,大豆食用方式也不再仅限于大豆油和传统豆制品,而是呈多元化发展趋势。为了满足

这一发展需要,大豆加工专用特用品种就显得尤为重要。

目前,各种大豆加工产品原料混杂,加工利用盲目,加工专用品种匮乏,制约了大豆加工业的发展。利用专用特用品种品质好、产品产出率高的优点,在不增加生产成本的基础上,可有效提高加工生产效率、产品附加值,同时可提高商品大豆的内在价值和种植效益<sup>[1]</sup>。发展大豆生产与食品加工,增强大豆对21世纪人类的营养保健作用,其成败的关键是加大大豆加工专用性品种的选育<sup>[2]</sup>和推广力度。

**基金项目:**黑龙江省重点研发计划(2022ZX02B05);黑龙江省种业创新发展项目(ZY22001);黑龙江省农业科技创新跨越工程农业科技基础创新优秀项目(CX22YQ04)

- [28] 彭应财,甘朝洪,王鹤潼,徐正进. 显性脆秆水稻不育系中脆A的选育. 杂交水稻, 2010, 25(4): 9-13, 101
- [29] 佚名. 中科院育成脆秆水稻新品种. 农村新技术, 2016(12): 35
- [30] 栗新, 陆秀兰, 胡祖余, 王举勇, 刘礼明. 脆秆水稻秸秆与其他作物秸秆喂牛育肥效果比较试验. 当代畜牧, 2021(6): 14-16
- [31] 沈春蕾. “脆而不倒、谷草兼用”水稻诞生记. 中国科学报, 2021-10-27(003)
- [32] 李健, 方兆伟, 王宝祥, 杨波, 迟铭, 卢百关, 刘艳, 陈庭木, 刘金波, 邢运高, 徐波, 孙志广, 徐大勇. 脆秆梗稻新品系主要特征特性的比较分析. 中国稻米, 2019, 25(6): 100-102

- [33] 黑龙江省农业农村厅. 黑龙江省科技农业典型展播, 吃“秆”榨净的粮饲兼用脆秆稻. (2023-02-22) [2023-09-25]. [http://nyncct.hlj.gov.cn/nyncct/c115405/202302/c00\\_31531820.shtml](http://nyncct.hlj.gov.cn/nyncct/c115405/202302/c00_31531820.shtml)
- [34] 生态环境部, 国家统计局, 农业农村部. 第二次全国污染源普查公报. 环境保护, 2020, 48(18): 8-10
- [35] 王举勇, 胡祖余, 栗新, 殷康银, 陆运霞, 刘礼明. 脆秆水稻秸秆饲喂湖羊效果研究. 现代农业科技, 2021(24): 171-172
- [36] 吴超, 林凤. 转基因脆茎水稻的收获指数研究. 安徽农业科学, 2007, 35(19): 5682-5683, 5685

(收稿日期: 2023-09-25)