

“日本寒地北海道非糯米的食味和米粒外观品质提高” 特约专栏文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.001

# 日本寒冷地带北海道优良食味 粳稻育种研究

丹野 久

(北海道农产协会, 日本 北海道札幌, 060-0004)

**摘要:** 长久以来, 北海道产大米的食味口碑一直不高, 也未出现像“越光”一样全日本知名的优良食味品种, 因此, 自 1980 年开始历时 28 年, 北海道立(现称道总研)农业试验场致力于粳稻优良食味品种快速研究项目的实施。为实现快速研发的目标, 通过世代促进栽培法和花药培养法成功缩短了育种年限; 采用扩大育种规模的方式, 并利用优良食味、耐寒性等内外部有效基因培育兼具优良食味及早熟耐寒性的品种; 初期世代开始主要通过分析大米的蛋白质含量、尤其是直链淀粉含量, 中间世代则通过少量蒸饭的方式进行食味品鉴, 选育出优良食味种系。在食味遗传基因的改良方面, 先是集聚北海道优良食味的遗传基因培育出品种“雪光”, 再经由北海道品种引进“越光”的优良食味遗传基因, 之后以日本东北优良食味遗传基因品种“秋田小町”作为直接杂交母本, 分别成功培育出品种“闪光 397”和“星之梦”, 其直链淀粉含量与以往多肥多产品种的 22%相比降低了 2%。在此基础之上, 引进美国品种“国宝玫瑰”优良食味遗传基因的品种“七星”成功问世, 其直链淀粉含量又降低了 1%; 以变异低直链淀粉种系“北海 287 号”为母本, 成功培育出“梦美”, 其直链淀粉含量 15%~16%, 粘度和软度俱佳, 食味亦可与“越光”媲美。

**关键词:** 优良食味; 早熟耐寒性; 粳米; 日本寒冷地带; 直链淀粉含量; 育种

中图分类号: TS5-33; S511 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0001-09

网络首发时间: 2020-11-03 14:01:10

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201103.1347.002.html>

## Breeding of Japonica Rice for Good Taste in Hokkaido in Cold Zone of Japan

Hisashi Tanno

(Hokkaido Agricultural Association, Sapporo Hokkaido Japan, 060-0004)

**Abstract:** In the northernmost Japan, Hokkaido, there wasn't a brand name of rice variety like "Koshihikari" for a long time, and its rice received poor evaluations for eating quality. Therefore, it has been 28 years since 1980 that Hokkaido Prefectural (current Hokkaido Research Organization) Experiment Station started a project of rapid research on the good eating varieties good eating variety of Japonica rice. In this project, In order to achieve the goal of rapid research and development, the breeding years were successfully shortened by generation promotion cultivation method and another culture method; By expanding the breeding scale, and using the internal and external effective genes such as good taste and cold tolerance, the varieties with good taste and early cold tolerance were bred. To select good eating strain effectively, the analysis of rice

收稿日期: 2019-12-29

作者简介: 丹野 久, 男, 1957 年出生, 博士, 教授, 研究方向为稻米品质改良方面的育种栽培、生产技术及其品质关系。E-mail: bun01\_0405@yahoo.co.jp。本专栏背景及作者介绍详见 C4-C13。本文日语原文详见 P10-P19。

protein content, especially amylose content were performed in early generation, after that estimating by eating a small amount of rice cooking were used. As a result, on introduction of gene for good eating quality, firstly, accumulating good eating quality genes of Hokkaido varieties was used in breeding of “Yukihikari”. In the next, good eating quality of “Koshihikari” and “Akitakomachi” of Tohoku and south area variety were introduced to “Flash 397” and “Hoshinoyume” respectively. Amylose content of those new varieties was lower 2% than 22% of old variety. Moreover good eating quality of “Kokuhorose” of USA variety was introduced to “Nanatsuboshi”, and amylose content reduced another 1% in its variety. After that, using low-amylose variant “Hokkai 287” induced by culture as parent, “Yumepirika” with amylose content of 15%~16% was bred which had excellent stickiness, softness and good eating quality as same as “Koshihikari”.

**Key words:** good taste; japonica rice; northernmost Japan; amylose content; breeding

在日本，北海道稻米产量与新潟县不相上下，全国排名不分伯仲。但由于北海道地处日本最北端，气候条件恶劣，与日本东北以南地区相比，水稻种植史较短，过去很长时间并未出现“越光”水准的全国知名优良食味品种，并且，在东京都、神奈川县、爱知县等大消费地区，北海道产大米的口碑也一般，外加 1975—1980 年间日本整体稻米产量过剩，更加导致了北海道产大米消费量下降。

如上篇文章<sup>[1-2]</sup>所述，培育优质水稻品种及相

关技术是生产优良食味大米的必要条件。为解决以上问题，从 1980 年开始历时 28 年，负责水稻育种研究工作的北海道立中央、上川、道南、北见农业实验场（现称北海道立综合研究机构农业研究本部）共实施了四期优质稻米快速研究项目（以下简称优质稻米快速研究项目），由此培育出了 21 个优良食味粳稻品种，以下列出主要品种和代表性品种的育种方法及食味等特性情况（表 1、图 1）。

表 1 1980 年后培育的 21 个优良食味粳稻品种中主要品种及代表品种是否进行了缩短育种年限方法试验，以及食味等各项特性<sup>[3]</sup>

品种名称	缩短育种年限			培育时间	食味	熟期	耐寒性	稻瘟病 抵抗力	耐倒 伏性	直链淀粉 含量/%	大米蛋白 质含量/%
	F <sub>1</sub> 冬季 温室	F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> (*F <sub>4</sub> ) 世促	药培养								
雪光	—	○	—	'74~'84	中中	中早	强	中	中	20.9	6.7
闪光 397	○	○	—	'80~'88	中上	中早	稍强	中	中	20.3	6.8
彩	—	—	○	'84~'91	上下	中晚	中	弱	中	14.1	6.7
星之梦	○	○*	—	'88~'96	上下	中早	强	稍弱	中	21.4	6.6
七星	—	—	○	'93~'01	上下	中早	强	稍弱	稍弱	19.6	6.6
彩姬	○	○	—	'92~'01	上下	中早	强	中	中	9.9	6.8
松软	○	○	—	'93~'03	上下	晚早	强	稍弱	中	20.9	6.3
胧月	○	○*	—	'95~'05	上下	中早	强	中	中	14.1	7.2
梦美	—	—	○	'97~'08	上中	中早	稍强-强	稍弱	稍弱	16.2	6.7

注：F<sub>1</sub> 冬季温室为杂交第 1 代冬季温室培育，世促为世代促进栽培。F<sub>2</sub>-F<sub>3</sub> 世促的 ○\* 表示对接下来的 F<sub>4</sub> 代进行了世代促进栽培法的试验，实施了 1 年 3 次加代栽培。

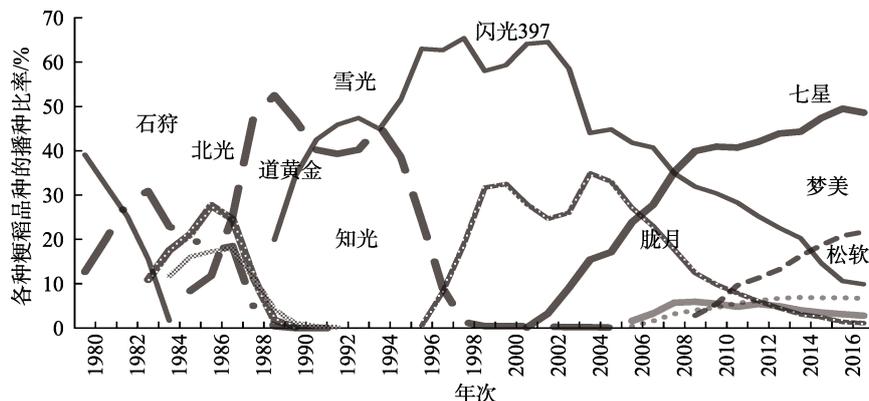


图 1 1980 年以来北海道粳稻播种比率变化<sup>[3]</sup>

最终，北海道产大米的食味得到大幅提升，丝毫不逊色于日本东北以南地区的知名品种<sup>[4-5]</sup>。在该研究项目中，尽管实施时期不同，但主要通过缩短育种年限、扩大育种规模、分析与食味相关的数值来进行食味选拔<sup>[6-7]</sup>(图 2)。本文将以此研究项目为中心，着重介绍北海道地区提高大米食味的相关育种经验。

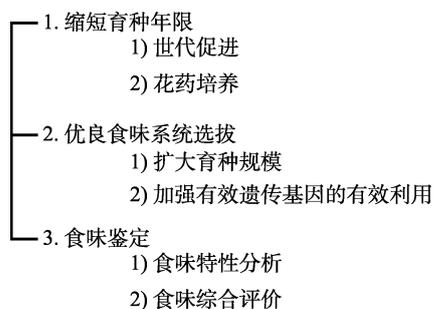


图 2 1980 年开始的北海道立农业试验场 (现称北海道立综合研究机构 农业研究本部) 优良食味稻米品种开发项目试验构成示例<sup>[6-7]</sup>

## 1 培育优良食味品种的育种战略

### 1.1 缩短育种年限

水稻品种育种成功的条件之一，就是该品种在实际种植过程中能保持稳定。通过杂交所培育的品种，在初期不稳定的个体较多，相关特性也很难统一，但伴随着培育代数的增加，出现特性稳定的个体几率也随之提高。因此，按照过去一年一熟的栽培方法，从初期杂交到育种成功一般需要 10 年时间。为适应时代发展要求，缩短水稻育种年限，采取了世代促进栽培法和花药培养法。

#### 1.1.1 世代促进栽培法

在优质稻米快速研究项目开始之前，杂交第 1 代 (F<sub>1</sub>) 是在冬季温室内培育的，但从 F<sub>2</sub> 代培育开始，只有中央农试在温暖地带 (鹿儿岛县) 利用世代促进栽培法 (以下简称世促)。之后参与该项目的所有试验场都从春季到秋季在鹿儿岛县对 F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 代实施了世促法，另外又拿出一部分继续在冬季时节放到冲绳县进行 F<sub>4</sub> 代的栽培。这样一来，包括已实施世促法的 F<sub>4</sub> 代在内，尽管育种年限没有变化，但育种材料的稳定性得以提高。原本通过杂交至少需要 10 年时间才能最终培育出的优良品种，通过上述世促法，其中也包括了

F<sub>1</sub> 温室培育法在内，将总需时长压缩到了 8 年 (表 2)。自 2001 年开始，在道南农试，由温暖地区世促法调整为在大型温室中培育 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 代的世促法，而现在不再实施 F<sub>4</sub> 参试的 1 年 3 次加代的世促法。

表 2 标准方法、世代促进栽培法以及花药培养法从杂交到成功培育出新品种的各需年数<sup>[8]</sup>

试验	培育出新品种的需要年数		
	标准法	世代促进栽培	花药培养法
杂交	1	夏	夏
F <sub>1</sub> 培育	2	冬季温室	冬季温室 花药置床
F <sub>2</sub> 培育	3	大型温室	夏季温室
F <sub>3</sub> 培育	4	(春~夏) 大型温室 (夏~秋)	A1 培育 冬季温室 A2 选拔
个体选拔	5	-	-
种系选拔	6	3	-
生产力预	7	4	3
生产力本	8	5	4
推荐决预	9	6	5
推荐决本	10	7	6
推荐决本	11	8	7
新品种			

注：生产力预、本分别指的是生产力 (收获量) 预实验和正式实验。推荐决指的是推荐品种决定实验。F<sub>1</sub> 指的是杂交第 1 代。标准法中，F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 代参加了集体选育或个体选育。此外，如果加急的话，比如从 F<sub>4</sub> 代 (第 5 年) 开始进行种系选育，到培育成功新品种需要 10 年时间。使用世促法在第 2 年对 F<sub>4</sub> 代进行培育的试验以及花药培养试验尚未实施。

#### 1.1.2 花药培养法

花药培养法是指将夏季收获的杂交种子在冬季播种，以培养 F<sub>1</sub> 个体的花药。由此获得来自花粉的单倍体，通过自然倍增尽快实现种系稳定。之后，在第 2 年夏季采种，冬季进行种系选育；后续在第 3 年进行产量预实验。如此，从杂交开始到培育出优良品种只需 7 年时间 (表 2)。该培养法在中央农试开展了一段时间，大部分时间仅在上川农试进行，每年从 100~120 组中选取最有可能成功的 3~5 组参与实验。但由于该实验需要相当大的成本和精力，难以持续，所以目前已中止。

通过以上缩短育种年限的方法，成功培育了优良稻米快速研究项目中的 21 个品种。其中通过花药培育法培育了 5 个品种，其余 16 个品种中，F<sub>1</sub> 为冬季温室培育法、F<sub>2</sub> 和 F<sub>3</sub> 代为世促法的共

13 个品种, 经历 F<sub>4</sub> 代世促法的有 3 个品种( 表 1 )。

### 1.2 优良食味种系选育

#### 1.2.1 扩大育种规模

当初, 很难培育出兼备优良食味、早熟性和耐寒性的水稻品种, 为了实现以上目标, 通过扩大个体和种系( 包括将一根稻穗作为下一年的 1 个种系) 选育试验的参试规模, 来提高培育成功的概率。

#### 1.2.2 加强有效基因的应用

应用内外部的有效基因与优良食味相关的低直链淀粉以及抗寒性等基因, 来加大基因变异, 从而培育出具备重要特性的优良种系, 当然, 需要同时采取扩大育种规模的方式。

### 1.3 食味鉴定

#### 1.3.1 食味特性分析

优良食味品种选育须经食味选拔环节。但是直接通过品尝米饭方法进行选评, 参试大米数量会受到限制。尤其是参与个体选育测试以及种系选育测试的初代样品, 由于参试数量过多, 同时单一个体和单一种系的糙米样品量很少。

在优质稻米快速研究项目实施之前, 就有专家指出, 北海道稻米中与食味相关的淀粉成分之一的直链淀粉含量以及大米蛋白质含量( 表 3 )

表 3 北海道与日本东北以南主要品种大米的食味相关特性与直链淀粉含量和蛋白质含量的相关系数 ( 1969—1971, 1980, 1983 年生产 )<sup>[9]</sup>

食味相关特性	相关系数	
	直链淀粉含量	蛋白质含量
粘弹性 ( n = 78 )		
硬度 ( H )	0.744**	0.350**
粘度 ( -H )	-0.679**	-0.603**
H/-H	0.660**	0.648**
淀粉热糊化特性 ( n = 284 )		
最高粘度	-0.789**	-0.047
直链淀粉含量 ( n = 284 )		-0.307
煮饭特性 ( n = 15 )		
加热吸水率	0.110	0.132
膨胀容积	0.551**	0.731**
溶出固形物	0.647**	0.383*
食味感官试验 ( n = 12 )		
综合评价	-0.946**	-0.530
粘度	-0.908**	-0.585*
硬度	0.885**	0.723**

均高于日本东北以南的优良食味稻米( 图 3、图 4 ), 必须对两者进行改良<sup>[9]</sup>。因此, 在进行个体选育以及种系选育的时候, 选拔了上述两种物质含量较低的个体和种系<sup>[11]</sup>( 表 4 )。在进行种系选育之后, 作为选拔的参考指标, 还会通过物性分析仪和色彩色差仪对米饭的质构变化及外观等进行测定。

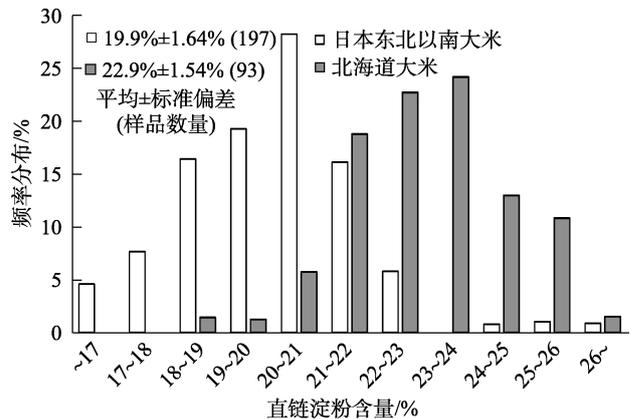


图 3 北海道与日本东北以南产大米中直链淀粉含量的频率分布比较 ( 1969—1971, 1980, 1983 年生产 )<sup>[9]</sup>

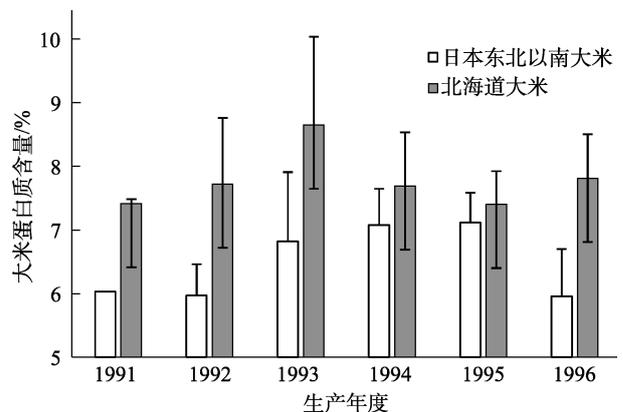


图 4 北海道与日本东北以南产大米的蛋白质含量比较 ( 1991—1996 年生产 )<sup>[10]</sup>

为了对多个样品进行快速测定, 在全国范围内率先使用分析直链淀粉的连续流动化学分析仪和分析蛋白质的近红外分析仪。以上两种分析, 实际操作过程均需约 10 g 糙米样品。从具体实例来看, 2007 年上川农试, 一共对 5 500 份样品进行以上两种物质的分析, 而在同期进行的种系选拔试验中, 通过 10~100 g 少量大米的煮饭进行了 350 份样品的食味选拔<sup>[12]</sup>。

#### 1.3.2 食味综合评价

在生产能力( 产量) 试验之后, 因参试的种系数量有限, 糙米样品量也较充足, 所以拿出

表 4 北海道水稻育种试验中的食味选拔·评价方法 (◎为重点使用, ○为补充使用, 道总研上川农业试验场实施)<sup>[8]</sup>

试验	食味相关分析						食味感官试验		实际需求方评价
	直链淀粉含量	大米蛋白质特性含量	糊化特性	蒸饭米			少量煮饭	一般煮饭	
				物性	外观品质	老化特性			
个体选拔	◎	◎							
系种选拔	◎	◎		○	○		◎		
生产力预备	○	○		○	○			◎	
生产力本	○	○	○	○	○	○		◎	
推荐决预备	○	○	○	○	○	○		◎	
推荐决本第1年	○	○	○	○	○	○		◎	
推荐决本第2年	○	○	○	○	○	○		◎	◎
检测样本重量	0.1	10	3.5	5~10	5	3.5	20~100	200~700	300 000
同上试料种类	米粉	米粉	米粉	大米	大米	米粉	大米	大米	玄米

注: 生产力预和生产力本以及推荐决参考表 2 的脚注。个体选育试验前未进行食味选拔。关于糊化特性和老化性通过快速粘度分析仪、物性通过物性测定仪、米饭外观品质通过色彩色差仪进行测定。

200~750 g 大米用于食味感官试验, 因此为主进行食味综合评价。在此基础上, 又通过快速粘度分析仪 (RVA) 的糊化特性测定其老化特性 (表 4)。在品种培育最后的推荐品种决定试验中, 还听取了大米经销商等相关用户的评价意见。

## 2 从引进优良食味遗传基因角度分析育种过程

### 2.1 集聚北海道内优良食味遗传基因

在开展优质稻米快速研究项目之前, 与日本东北以南地区大米相比, 北海道产大米的食味明显处于劣势。为提高品质, 通过降低直链淀粉含量进行选育的方式, 不仅提高了大米粘度, 食味也得到大幅提升。同时, 由于蛋白质含量也会影响食味, 所以挑选了蛋白含量低的种系。以“巴

胜”等北海道内优良食味品种为基础, 经改良后培育而成的“雪光”等品种<sup>[13]</sup> 于 1984 年成功问世 (图 5、图 6)。

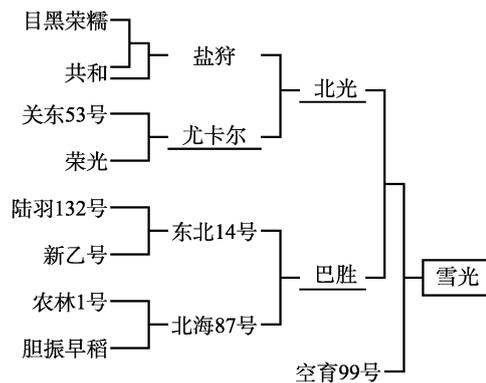


图 5 吸收了北海道品种优良食味遗传基因培育而成的「雪光」的谱系<sup>[13]</sup>

注: 下划线是具备优良食味遗传基因的品种。图中组合的上半部分为母本, 下半部分是花粉父本。「巴胜」于 1961 年培育成功。

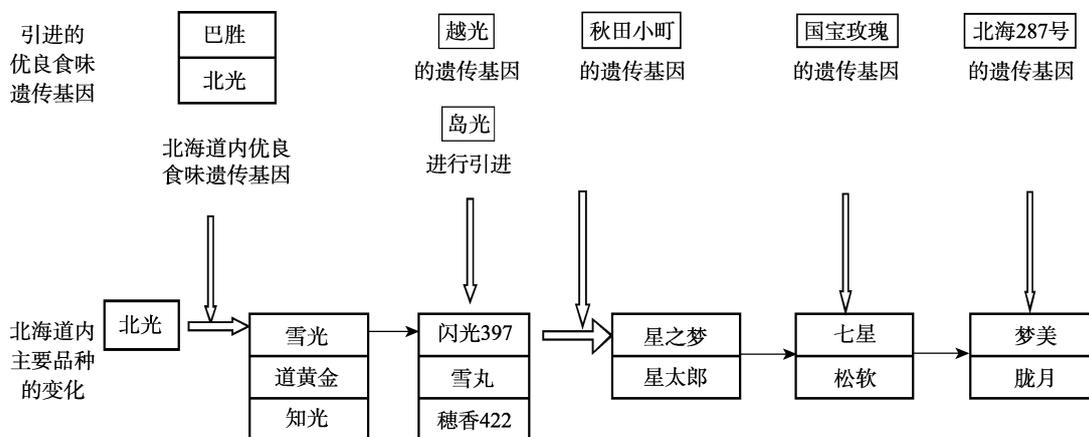


图 6 北海道优良食味品种引入的优良食味遗传基因<sup>[13]</sup>

注: ⇒表示箭头左侧品种的优良食味特性被右侧品种所继承, →表示不存在相应关系。北海道内主要品种的变化, 黑体字为种植面积大的主要品种。

### 2.2 引进“越光”优良食味遗传基因

1981 年, 实验人员以拥有“越光”血统的“越誉”为母本成功培育出“岛光”。之后, 又以“岛光”为母本, 于 1988 年培育出的“闪光 397”<sup>[14]</sup> (图 6、图 7) 在优秀的营销战略支撑下, 北海道产大米因其前所未有的优良食味, 首次成为日本知名的优良食味稻米品牌。发展至今, 虽在抗寒性能方面稍差, 但得益于其稳定的高产特点, 该品种在北海道地区仍被长期广泛种植。而为了提高“闪光 397”的抗寒性, 以拥有“越光”血统的日本东北品种“秋田小町”为母本, 于 1996 年成功培育出了“星之梦”<sup>[15]</sup> (图 6、图 7)。

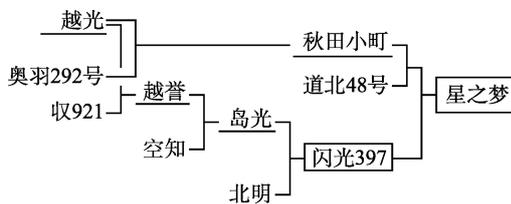


图 7 通过北海道品种「岛光」引入「越光」的优良食味遗传基因培育而成的「闪光 397」以及引入「秋田小町」的优良食味遗传基因培育而成的「星之梦」谱系<sup>[14-15]</sup>  
注: 参考图 5 的脚注。

虽然直链淀粉含量与水稻成熟温度成正比, 但因年份不同数据变化较大, 很难显示准确的数

据。不过, 研究发现“雪光”之前的多肥多产品种“石狩”等的直链淀粉含量为 22%, 而“闪光 397”和“星之梦”的含量为 20%, 普遍下降约 2% (图 8)。由于与日本东北以南地区相比, 北海道的水稻成熟温度更低, 所以“闪光 397”和“星之梦”的直链淀粉含量仍然偏高。也有研究表明, 在成熟温度相同的条件下, 北海道自有的优良食味品种与日本东北以南的优良食味品种之间, 直链淀粉含量并不存在差异<sup>[16]</sup> (表 5)。因此即便以日本东北以南地区的优良食味品种为母本进行培育, 也很难进一步降低其直链淀粉含量。

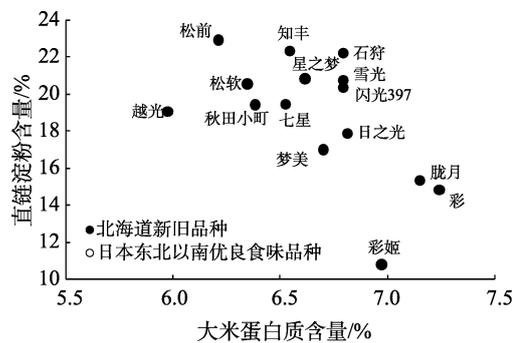


图 8 北海道的新旧品种和日本东北以南的优良食味品牌米品种的大米蛋白质含量和直链淀粉含量之间的关系 (道总研 上川农业试验场提供)<sup>[3]</sup>

注: 1995—2007 年的平均值。北海道品种来自上川农试, 东北以南品种来自各代表产地产米。

表 5 在农田及人工气象箱的温度条件一致前提下成熟时, 以往的北海道优良食味品种与日本东北以南的优良食味品牌米品种的食味特性<sup>[16]</sup>

品种名称	主要栽培地区	分别在北海道, 宫城县, 新潟县的 3 块农田里成熟 <sup>1)</sup>					人工气象箱的同一温度 <sup>2)</sup> 成熟的产米					
		成熟气温		直链淀粉含有比 <sup>3)</sup>	大米蛋白质含量/%	Text. <sup>4)</sup> H/H <sub>1</sub>	直链淀粉含量/%		大米蛋白质含量/%		Text. <sup>4)</sup> H/H <sub>1</sub>	
		20 日平均	40 日累计值				低温	高温	低温	高温	低温	高温
农林 20 号 <sup>5)</sup>	北海道	21.7	783	96	8.7	10.8	22.3	16.8	10.9	12.6	5.5	4.9
笹锦	东北南部	21.3	767	99	6.6	10.2	24.5	18.7	9.1	10.0	5.8	5.6
越光	北陆	20.8	778	95	7.4	9.3	22.6	17.7	9.1	10.4	6.1	5.1

注: 1) 北海道旭川市, 宫城县古川市, 新潟县上越市的 3 块农田里成熟的大米平均值。通过调整播种期等使出穗期和成熟温度接近。

- 2) 通过人工气象箱进行低温和高温处理时, 分别按照北海道旭川市、北陆地域新潟县上越市成熟期的气温进行设定。
- 3) 分析标准参照样的直链淀粉含量为 100 时的比率。
- 4) 通过物性测定仪测定。
- 5) 1941 年培育成功。

### 2.3 有效利用低直链淀粉遗传基因

为了进一步降低直链淀粉含量, 还尝试引进日本原生粳稻品种中所不具备的低直链淀粉遗传基因——低直链淀粉种系“NM391”的遗传基因, 该种系是通过伽马射线对“日本胜”进

行照射研发而成的。最终, 分别于 1991 年和 2001 年培育出了品种“彩”<sup>[16]</sup>和“彩姬”<sup>[18]</sup> (图 9)。由于其直链淀粉含量约为 10%~12%, 是“闪光 397”等一般粳稻品种的一半左右, 同时具有口感软糯特征, 所以更多被用于与一般粳米的配米。

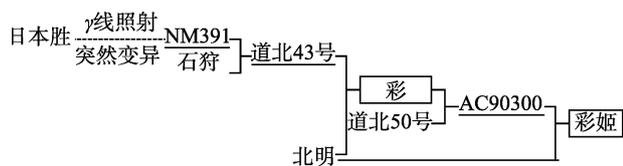


图 9 引入「NM391」的低直链淀粉突变基因培育而成的「彩」和「彩姬」的谱系<sup>[17-18]</sup>

注：下划线表示含有低直链淀粉遗传基因的品种。参考图 5 的脚注。

2001 年和 2003 年还以融合“国宝玫瑰”的优良食味特性的北海道培育种系为母本，分别研发了“七星”<sup>[19]</sup>和“松软”<sup>[20]</sup>（图 10）。与“闪光 397”和“星之梦”相比，“七星”的直链淀粉含量又降低约 1%（图 8），同时，其蛋白含量虽未得到大幅度改观，但与原有品种相比，“松软”的蛋白含量也略有降低。以上新品种的问世，让经销商和消费者对北海道产大米的食味给予了更高评价。

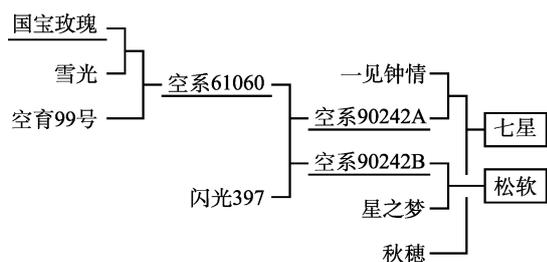


图 10 引入「国宝玫瑰」的优良食味遗传基因培育而成的「七星」和「松软」的谱系<sup>[19-20]</sup>

注：参考图 5 和图 9 的脚注。

后来又以“闪光 397”变异研发的低直链淀粉种系“北海 287 号”为母本，于 2003 年成功培育出了“胧月”<sup>[21]</sup>（图 6、图 11），不过这并不属

于优质稻米快速研发项目的成果，“胧月”的直链淀粉含量为 14%~15%，可作为低直链淀粉含量品种单独使用。而 2008 年培育成功的“梦美”<sup>[22]</sup>（图 6、图 11），与同样引入了“北海 287 号”基因的“胧月”相比，直链淀粉含量虽然要高 1% 左右，但栽培性能方面得到大幅提升。以上两个品种在“光泽”“粘度”“柔软度”方面表现极佳，且食味方面也与“越光”保持同等水准。

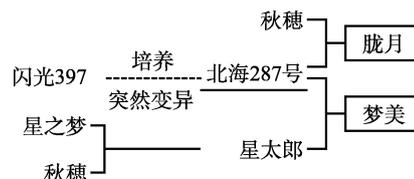


图 11 引入基因突变种系「北海 287 号」的低直链淀粉遗传基因后培育成功的「胧月」和「梦美」<sup>[21-22]</sup>

注：参考图 5 和图 9 的脚注。「北海 287 号」杂交时的种系名称是「95 晚 37」或「札系 96118」。

综上所述，引进北海道、日本东北以南地区以及美国“国宝玫瑰”的优良食味遗传基因和突然变异的低直链淀粉遗传基因，通过米饭的粘度和柔软度，提高了相关品种的食味（表 6）。但是，“北海道 287 号”以及具备低直链淀粉基因的“NM391”品种，虽然在食味感官试验中，其“粘度”和“柔软度”得到较高的评价，但“综合评价”并不高（表 6、图 12），由此看来，“粘度”和“柔软度”过高未必能提高食味。成熟期间的平均气温每上升 1℃，与其他品种相比，两种低直链淀粉遗传基因品种的直链淀粉含量降低幅度更大<sup>[22-23]</sup>（表 7）。

表 6 选育的优良食味品种其食味感官试验时的「粘度」、「柔软度」与「综合评价」值比较（食味基准品种均为一般粳稻品种）<sup>[13-14,17-22]</sup>

品种名称	优良食味， 低直链淀粉 遗传基因来源	基准品种	食味感官试验						
			粘度	柔软度	综合	年度综合-粘度，柔软度		年度	次数
						粘度	柔软度		
雪光	北海道品种	北光	0.73	0.58	0.82	0.09	0.24	81-83	8
闪光397	越光	雪光	0.69	0.61	0.70	0.01	0.09	85-87	11
星之梦	秋田小町	闪光397	0.45	0.49	0.54	0.09	0.05	92-95	38
七星	国宝玫瑰	星之梦	0.20	0.27	0.19	-0.01	-0.08	96-00	39
松软	国宝玫瑰	星之梦	0.23	0.19	0.23	0.00	0.04	98-02	46
胧月	北海287号	星之梦	0.77	0.59	0.46	-0.30	-0.12	99-02	19
梦美	北海287号	星之梦	0.73	0.62	0.47	-0.25	-0.15	01-07	71
彩	NM391	闪光397	1.30	1.14	0.70	-0.59	-0.44	88-90	14
彩姬	NM391	星之梦	1.24	1.04	0.01	-1.23	-1.03	98-00	8

注：决定推荐品种时的数据。

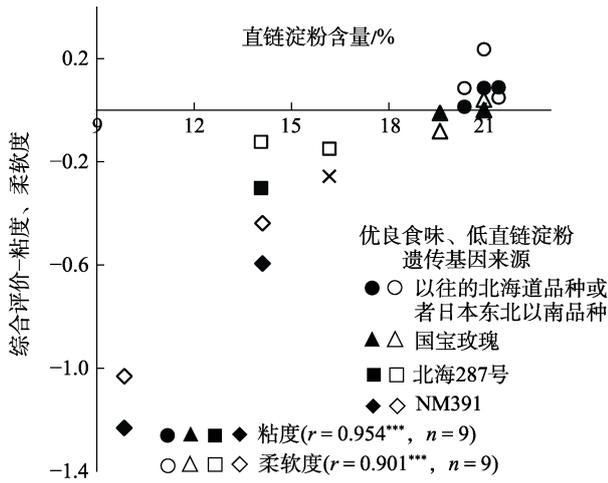


图 12 直链淀粉含量与食味感官试验中的「粘度」, 「柔软度」与「综合评价」差值之间的关系<sup>[13-15,17-22]</sup>  
注: 具体数值参考表 6。

表 7 成熟期间的日平均气温每变化 1 °C 导致直链淀粉含量的变动 ( $\Delta AM$ , %/°C)<sup>[22]</sup>

品种名称	$\Delta AM$ (2004—2006 年, 3 年平均)
星之梦	-0.61±0.035
七星	-0.54±0.053
胧月	-1.02±0.091
梦美	-1.10±0.133
彩	-1.07±0.144
彩姬	-0.89±0.006

注:  $\Delta AM$  (%/°C): 人工气象室的高温区 (日平均 27 °C) 和低温区 (日平均 19 °C), 从出穗期到成熟期的成熟为止, 用高温区的直链淀粉含量减去低温区的含量, 除以温度差的值。

### 3 未来的优良食味育种战略

总结以上研究成果可以发现, 1980 年以来, 北海道产大米直链淀粉含量大幅降低 (图 13), 而新品种的培育并未降低大米的蛋白质含量 (图 14)。当然, 大米的食味评价有了较大提升, 可与日本东北以南地区的优良食味品种相媲美 (图 15)。

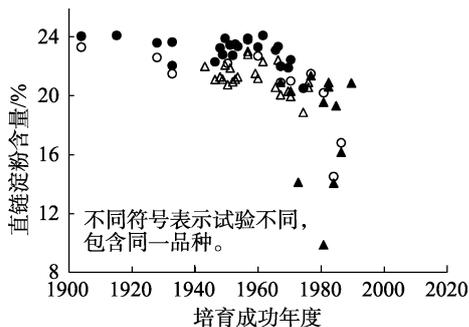


图 13 北海道新旧品种的培育成功年度和直链淀粉含量的关系<sup>[10,24-25]</sup>

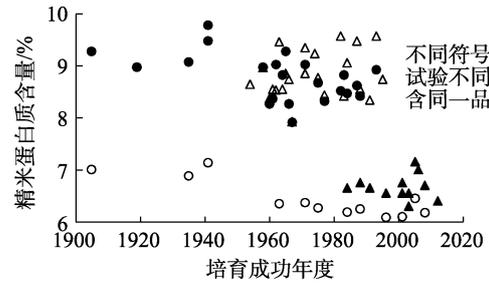


图 14 北海道新旧品种的培育成功年度和蛋白质含量的关系<sup>[10,24-25]</sup>

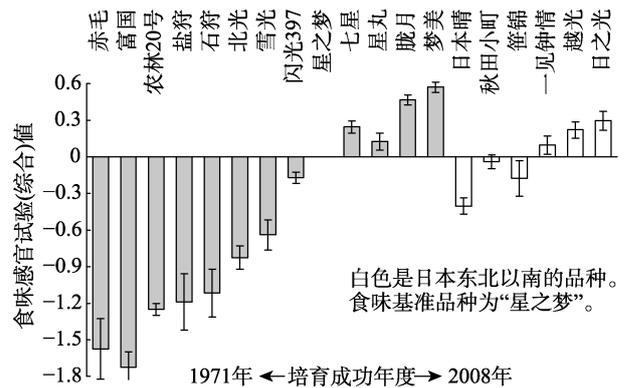


图 15 北海道新旧品种以及日本东北以南优良食味品牌品种的食味感官试验综合值比较<sup>[26]</sup>

注: 1996—2007 年共计实施 155 次, 不同品种的试验次数不同。

降低蛋白和直链淀粉含量 (图 16) 是进一步提升食味的非常重要的因素。在直链淀粉方面需

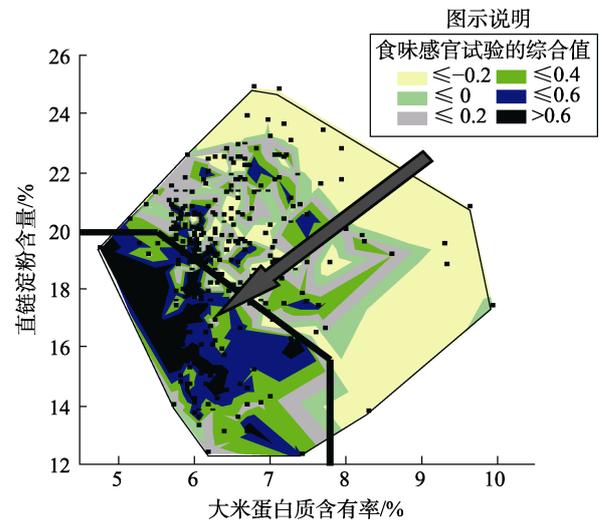


图 16 直链淀粉含量, 大米蛋白质含量以及食味感官综合值之间的关系<sup>[4]</sup>

注: 来源于 1996—2006 年上川农业试验场的 208 次食味感官试验数据。参试品种包含了日本东北以南优良食味品牌 4 种、以及北海道既有品种和培育种系。直链淀粉含量 12% 以下的品种因用于配米, 考虑到用途不同, 所以被排除在外。食味感官试验的基准品种为「星之梦」。箭头方向表示食味变好, 线的左下侧包含很多 +0.4 以上的品种。

要考虑恰当的“粘度”和“柔软度”，不能一味追求低直链淀粉含量，而是应该努力培育其含量为“七星”和“梦美”的中间值（图 8）且受产地和年份影响较小的品种<sup>[12,23]</sup>，因此，目前可考虑利用来自“国宝玫瑰”的种系继续研发新品种。在蛋白质方面，上川农试正尝试将从“国宝玫瑰”培育的种系等作为基因资源，从而将蛋白质含量降低 0.5%~1%左右<sup>[8,12]</sup>。为了改善“外观”、“光泽”以及冷饭也好吃的“米饭老化特性”，需要开发在育种过程中能高效准确测定以上特性的方法。同时，有必要加强相关基础研究，以期实现大米“色香味”的仪器分析。

### 参考文献：

- [1] 丹野久. 日本の寒冷地における良食味米栽培(日语原文)[J]. 粮油食品科技(中国), 2019, 27(6): 18-26.
- [2] 丹野久. 日本寒冷地帯北海道の優良食味稲米栽培技术研究(译文)[J]. 粮油食品科技(中国), 2019, 27(6): 10-17.
- [3] 沼尾吉则. 关于北海道米优良品种的培育[J]. 北农, 2009, 76: 336-342.
- [4] 木下雅文, 沼尾吉则, 佐藤毅. 北海道产米与各府县产米食味差异及相关理化特性分析[J]. 育种·作物学会北海道谈话会会报, 2007, 48: 27-28.
- [5] 横江未央, 川村周三. 北海道米与各府县米的品质和食味评价[J]. 日作纪, 2009, 78: 180-188.
- [6] 仲野博之·佐佐木多喜雄编. 优良米早期开发试验项目组第 I 期(昭和 55~61 年度)试验研究成果[M]. 北海道立农试资料, 1988, 19: 1-113.
- [7] 佐佐木多喜雄编. 优良米早期开发试验项目组第 II 期(昭和 62~平成 5 年度)高度优良食味米品种开发试验成果[M]. 北海道立农试资料, 1995, 24: 1-77.
- [8] 丹野久. 北海道优良食味水稻品种开发. 松江勇次编著, 米的外观品质·食味[M]. 东京: 养贤堂, 2018, 3-32.
- [9] 稲津脩. 通过改善北海道产米食味来提高品质的研究[R]. 北海道立农业试验场报告, 1988, 66: 1-89.
- [10] 柳原哲司. 北海道米食味改善与不同用途品质升级的相关研究, 北海道优良食味米生产现状与技术目标设定[R]. 北海道立农业试验场报告, 2002, 101: 5-12.
- [11] 佐佐木忠雄. 北海道水稻优良食味育种[J]. 育种学最新进展情况, 1991, 33: 3-15.
- [12] 佐藤毅. 新品种「梦美」的培育以及今后北海道的水稻育种[J]. 北农, 2009, 76: 343-357.
- [13] 和田定, 江部康成, 森村克美, 等. 关于水稻新品种「雪光」的培育[J]. 北海道立农试集报, 1986, 54: 57-70.
- [14] 佐佐木多喜雄, 佐佐木一男, 柳川忠男, 等. 关于水稻新品种「闪光 397」的培育[J]. 北海道立农试集报, 1990, 60: 1-18.
- [15] 新橋登, 前田博, 国广泰史, 等. 水稻新品种「星之梦」的培育[J]. 北海道立农试集报, 2003, 84: 1-12.
- [16] 江部康成, 佐佐木忠雄. 水稻农林 20 号及若干品种的理化食味特性[J]. 育种·作物学会北海道谈话会报, 1985, 25: 11.
- [17] 丹野久, 国广泰史, 江部康成, 等. 关于水稻新品种「彩」的培育[J]. 北海道立农试集报, 1997, 72: 37-53.
- [18] 木内均, 沼尾吉则, 平山裕治, 等. 水稻品种「彩姬」的培育[J]. 北海道立农试集报, 2009, 93: 13-24.
- [19] 吉村徹, 丹野久, 菅原圭一, 等. 水稻新品种「七星」的培育[J]. 北海道立农试集报, 2002, 83: 1-10.
- [20] 田中一生, 尾崎洋人, 越智弘明, 等. 水稻新品种「松软」的培育[J]. 北海道立农试集报, 2008, 92: 1-12.
- [21] 安东郁男, 荒木均, 清水博之, 等. 极佳食味的低直链淀粉水稻品种“胧月”[J]. 北海道农研报, 2007, 186: 31-46.
- [22] 尾崎洋人, 佐藤毅, 沼尾吉则, 等. 水稻新品种“梦美”的培育[J]. 北海道立综合研究机构农试集报, 2018, 102: 1-13.
- [23] 木下雅文, 佐藤毅. 成熟期气温差异对北海道水稻品种直链淀粉含量的影响[J]. 育种·作物学会北海道谈话会会报, 2004, 45: 19-20.
- [24] 吉村徹, 相川宗严. 北海道水稻新旧品种食味相关特性比较第 2 报 理化特性值比较[J]. 北农, 1998, 65(3): 273-279.
- [25] 木下雅文. 北海道新旧水稻品种的食味感官评价以及理化特性[J]. 北农, 2013, 80: 10-18.
- [26] 北海道立上川农业试验场·中央农业试验场. 北海道米品种的食味现状以及用于选拔强化高品位米的食味检定方法[M]. 北海道立综合研究机构 农业技术情报广场, 试验研究成果一览, 2009 (<http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyu-seika/gaiyosho/h21gaiyo/f2/058.pdf>)(2019/11/27 浏览). ㊦

### 备注：

1. 参考文献中，除注明国家的期刊外，其余均为日语期刊。
2. 本文的彩色图表可从本刊官网（<http://lspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>）、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。

（组稿：谭洪卓；日译中：吴香雷；专业校对：河野元信；编辑加工：尤梦晨）