

丹野久教授主持“日本寒地北海道糯米品质改良与预研气候变暖对2030年代水稻生长的影响”特约专栏文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.05.001

丹野久, 吉村徹, 平山裕治. 日本寒地北海道的优质糯米育种[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(5): 1-12.

TANNO H, YOSHIMURA T, HIRAYAMA Y. Breeding for high quality glutinous rice in hokkaido in northern Japan[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(5): 1-12.

日本寒地北海道的优质糯米育种

丹野久¹, 吉村徹², 平山裕治³

- (1. 日本水稻品质·食味研究会, 日本 东京都中央区 104-0033;
2. 北海道立综合研究机构中央农业试验场遗传资源部, 日本 北海道泷川 073-0013;
3. 北海道立综合研究机构上川农业试验场, 日本 北海道比布 078-0397)

摘要: 北海道糯米一直以来由于硬化性低而不易变硬, 所以适合做糯米小豆饭和日式点心等。但与东北以南的品牌糯米相比, 其精米蛋白含量(蛋白质)高, 精米白度和捣年糕口感等较差。近年来为了扩大需求, 还要求培育用于切块年糕、成型年糕以及适合米制点心的捣年糕硬化性高的品种。因此, 对早期开发新品种进行了世代促进栽培及药物培养等, 为提高选拔效率, 从初期世代就开始对糙米和精米的白度、蛋白质以及和硬化性相关的糊化特性等用仪器进行了分析, 并用少量糯米实测了硬化性; 从中期世代开始进行了糯米小豆饭和捣年糕的品尝试验等, 在推进改善其农艺性状的同时促进了品质改良。其结果是: 近年来培育的糯米品种颗粒很大, 穗孕期和开花期两个障碍型耐冷性都很强, 提高了生产稳定性。进而, 培育年份上, 越是新品种蛋白质越低, 与蛋白质呈负相关关系的精米白度就越高, 而糯米小豆饭和捣年糕的口感也提高了。另一方面, 关于捣年糕的硬化性, 不仅培育出了传统的硬化性低的品种, 而且培育出了以黏性品种为母本的硬化性高的两个新品种。但与东北以南的品牌糯米相比, 捣年糕的口感和硬化性还不高, 还需要进一步改良。

关键词: 捣年糕的硬化性; 精米白度; 精米蛋白含量; 口感; 糯米育种; 寒地

中图分类号: TS5-33; S511 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)05-0001-12

网络首发时间: 2022-09-01 11:16:23

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220831.1842.018.html>

Breeding for High Quality Glutinous Rice in Hokkaido in Northern Japan

Hisashi TANNO¹, Tohru YOSHIMURA², Yuji HIRAYAMA³

- (1. Japanese Society for Rice Quality and Palatability, Chuo-ku, Tokyo 104-0033, Japan;
2. Plant Genetic Resources Section, Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station, Takikawa, Hokkaido 073-0013, Japan;
3. Kamikawa Agricultural Experiment Station, Hokkaido Research Organization, Pippu, Hokkaido 078-0397, Japan)

Abstract: Glutinous rice produced in the coldest rice cultivation region of Hokkaido Japan has low

收稿日期: 2021-06-11

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 PC11-15. 本文日语原文详见 P13-25.

hardening speed and is suitable for Japanese sweet and steamed glutinous rice called okowa. However, compared to the main branded glutinous varieties in the area south of Tohoku district, rice produced in Hokkaido has a high protein content, low whiteness of milled rice, and low eating quality of pounded rice cake. Moreover, recently in order to expand demands for Hokkaido rice, it's required to develop a new variety suitable for sliced rice-cake, molded rice-cake and rice cracker while has high hardening speed of pounded rice-cake. In order to develop a new variety quickly, we used accelerated generation advancement and drug cultivation techniques. In addition, for efficient selection, we analyzed the whiteness of brown and milled rice, the protein content and gelatinization property which is related to hardening speed from early generations of breeding materials mechanically. We also measured hardening speed using a small amount of rice sample. We tested the eating quality of steamed glutinous rice and of pounded rice-cake from the intermediate generations. In this way, agronomic characters and quality were improved at the same time. We obtained newly bred varieties with larger grain size and higher cold tolerance at both the flowering and the booting stages, leading to higher stability for production. Compared to earlier generation, later generation varieties had a lower protein content, higher whiteness of milled rice, and higher eating qualities of steamed glutinous rice and pounded rice-cake. Moreover, a negative correlation was found between the protein content and the whiteness of milled rice. On the other hand, in addition to new rice varieties with low hardening speed, two new varieties with high hardening speed were developed. However, concerning eating quality and hardening speed of pounded rice cake, these new varieties were inferior to the top branded glutinous varieties in the area of south of Tohoku district, and need to be improved further.

Key words: hardening speed of pounded rice-cake; whiteness of milled rice; protein content; eating quality; breeding of glutinous rice; cold region

在日本自古以来就将糯米品种和粳米品种一起栽培。现在北海道水稻主要产地的中央部，与东北以南地区相比晚了许多，在 1890 年代才开始扩大水稻粳品种的种植，而糯米品种则从 1900 年代以后才开始栽培^[1]。2019 年北海道糯米品种的种植量为 7 790 hm²，占北海道水稻面积的 7.4%^[2]。此外从日本全国来看，北海道和佐贺县、新潟县都是主要的糯米产地^[3]。

糯米不仅可作为主食用的蒸米、煮饭米做成糯米饭或红豆饭来食用，还可作为加工用的蒸米来制作捣年糕，做成切块年糕、成型年糕或米制点心等的原料来使用。此外，作为和式点心的原料，还可将煮熟或蒸好的糯米捣碎，直接或将糯米浸泡、干燥、蒸等处理后，将其磨成粉，加入开水搅拌后使用（表 1）。

关于在批发企业和餐饮业、加工业等倍受重视的糯米品质，报道有精米白度、口感、粘性、精米蛋白质含量（以下称“蛋白质”）以及硬化性等（图 1）。也就是说，无论是主食用还是加工用，

表 1 糯米的用途、加工方法及要求硬化性

用途	加工方法	要求硬化性
用于主食	糯米小豆饭 做成蒸米或煮饭米，常掺入多种食材，特别是将红小豆混在一起的叫做红豆饭。	低
用于加工	日式点心 1) 将煮熟或蒸好的糯米捣碎 2) 将糯米直接或浸泡、蒸煮等处理后进行干燥、制粉，加入热水进行搅拌加热	低
切块年糕、成型年糕	将蒸好的糯米用杵捣制成捣年糕，冷却后成型或切割成型	高
米制点心	同上切割成型后烤制，浇上调味料后，干燥	高

糯米的白度越高，对销售或加工产品的外观来说越理想。作为糯米小豆饭或捣年糕，口感好且粘性强也是必要的。另外，糯米的蛋白质越低，精米白度越高（图 2），年糕面胚的黄色越弱（图 3），则年糕面胚的白度越高（图 4）。而蛋白质越低，捣年糕的口感，即滑度和粘性就越好^[7]，年糕面胚的伸展性及加工时的膨胀扩展性越佳^[8]（图 5），

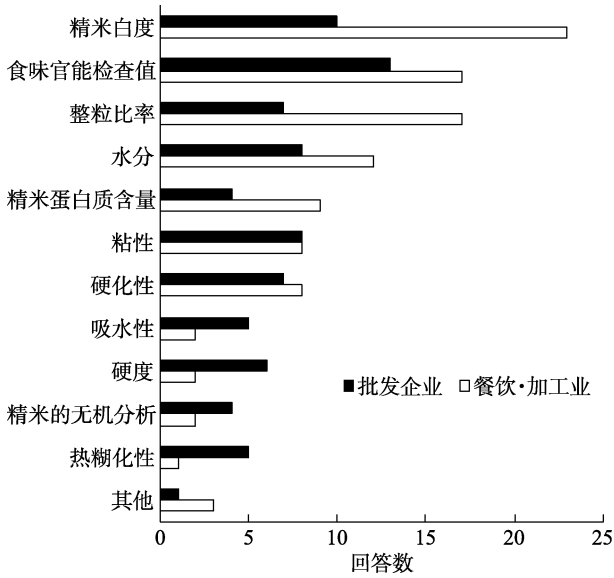


图1 在糯米品质的相关调查项目中都重视什么 (对批发商和餐饮·加工业的问卷调查, 多选)^[4]

注: 根据问卷调查, 对批发企业发出118份, 回答30份, 对餐饮·加工业发出123份, 回答25份。

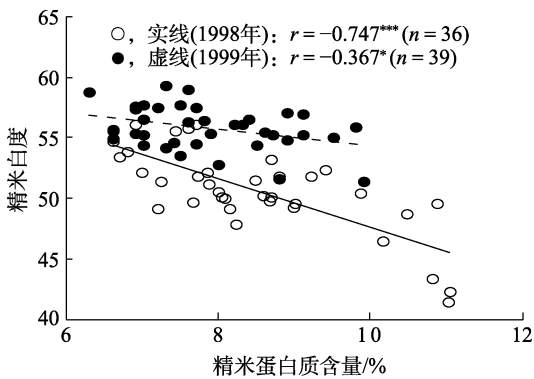


图2 糯米中精米蛋白质含量与精米白度之间的关系^[4]
注: *, ***: 分别为在5%、0.1%水平上有显著性差异。

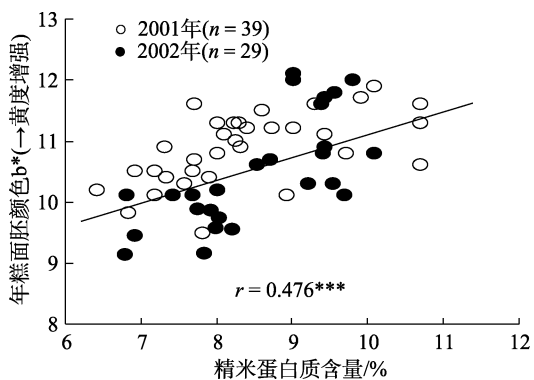


图3 精米蛋白质含量与年糕面胚颜色 (b*) 之间的关系^[5]

注: b*为色彩色差计的测定值越大, 黄度越强。***: 在0.1%的水平上有显著性差异。

煮饭的粘性也越好(图6), 所以蛋白质低非常重要。不过, 北海道的糯米与东北以南的糯米相比,

一直都是蛋白质含量较高, 精米白度、膨胀性以及粘性都较差^[4,6]。

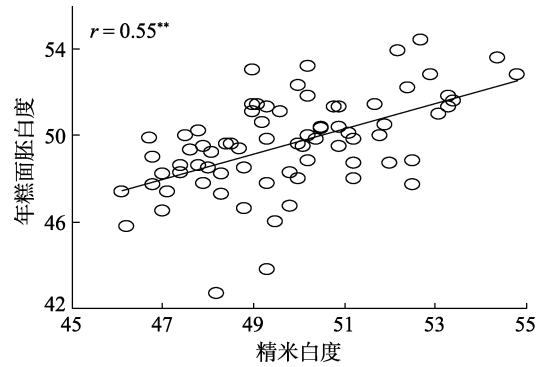


图4 精米白度和年糕面胚白度之间的关系^[6]
注: **: 1%水平有显著性差异。

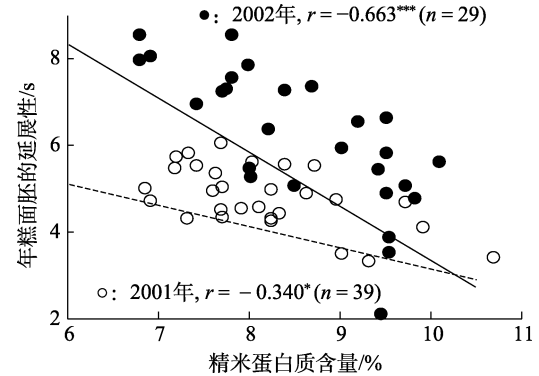


图5 精米蛋白质含量与年糕面胚延展性之间的关系^[5]

注: 捣年糕后将年糕面胚在5℃冷藏2h, 用质地分析仪测定延展性。*、***: 分别在5%、0.1%的水平有意义。

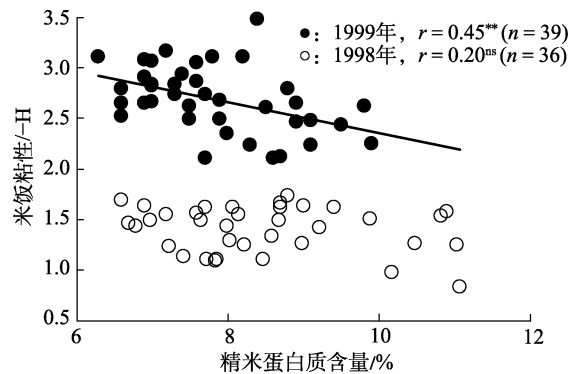


图6 糯米中精米蛋白质含量与米饭粘性之间的关系^[4]

注: 米饭的粘性由质地测定器测定。**: 1%水平有意义。

另一方面, 糯米作为加工原料使用时, 工厂的米制点心、切块年糕、成型年糕的制造是在捣年糕硬化后进行成型作业的, 为缩短硬化所需的时间, 就希望捣年糕的硬化性较高。在用于糯米小豆饭和团子等和式点心的情况下, 需要制作后保持柔软且保质期较长, 反之硬化性又必须较低

(表 1)。另外,即使是同一品种,登熟气温越低硬化性也越低^[9-10]。北海道在日本境内气候凉爽,登熟气温较低,所以生产的糯米主要作为硬化性低的原料使用^[4]。但是,近年来为了扩大需求,销售方也要求使用高硬化性的糯米品种。

综上所述,北海道的糯米育种在提高口感和降低蛋白化的同时,还以提高精米白度为目标。而在硬化性方面,一直以来对捣年糕的硬化性(以下省略捣年糕,标记为硬化性)较低的品种促进了高品质化,并且还开发了新的硬化性较高的品种。本文主要从大量进行糯米品质试验的 1970 年之后育成的糯米品种和一部分 1920 年代开始的新旧糯米品种的试验结果中,介绍了培育方法和成果的概要。

1 育种法

1970 年以后培育的北海道糯米 7 个品种,为了进行早期开发,每个品种都进行了世代促进(世促)栽培或药物培养法试验(表 2)。也就是说,除“温根糯米”^[11](1970 年培育)以外的其他所有品种都进行了冬季温室的 F1 世代培育。另外,在冬季温室里还培养了“温根糯米”F2 世代,“单根糯米”^[12](1983 年培育)F3 世代。“天鹅糯米”^[13](1989 年培育)、“风之子糯米”^[14](1995 年培育)、“北雪糯米”^[16](2009 年培育)以及“北福糯米”^[17](2013 年培育)4 个品种,进行了 F2 和 F3 世代 1 年 2 作的世促栽培。“白熊糯米”^[15](2007 年培育)是通过药物培养而培育出来的。

表 2 对 1970 年以后育成的 7 个北海道糯米品种,使用缩短育种年限方法,测试其品质及农业各特性^[2,11-19]

品种名称	缩短育种年限			育成时间	硬化性	味道	颗粒大小	成熟期	障碍型耐冷性		种植面积 (ha) (2019 年)
	F1 冬季温室	F2~F3 世促	药物培养						稻穗期	开花期	
温根糯米	—	(F2 冬温)	—	'61~'70	低	中上	略小	早	中	中	—
单根糯米	○	(F3 冬温)	—	'74~'83	低	上下	略小	早	中	略弱~中	—
天鹅糯米	○	○鹿儿岛	—	'80~'89	低	上下	略小	早	略强	中	2 429
风之子糯米	○	○鹿儿岛	—	'87~'95	低	上下	中	略早	中~强	中	3 179
白熊糯米	—	—	○	'00~'07	高	上下	略小	早	强	强	—
北雪糯米	○	○冲绳	—	'98~'09	低	上下	略大	早	强	中~略强	1 879
北福糯米	○	○道南	—	'05~'13	高	上下	中	早	强	极强	272

注:培育期的最后一年被认定为品种的年次,'61 和'07 分别是 1961 和 2007 年。F1 冬季温室是杂种第 1 代冬季温室栽培,F2~F3 世促是将 F2~F3 代进行 1 年 2 作的世代促进栽培,但是(F2 冬温)是只有 F2 代进行了冬季温室栽培,鹿儿岛、冲绳、道南分别指鹿儿岛县、冲绳县、北海道立(现在的北海道立综合研究机构)道南农业试验场水田温室进行的世代促进栽培。主要是根据品种决定时的成绩。障碍型耐冷性,稻穗期是由最新的记载方式更新的。

2 品质评价及选拔方法

为了在育种中提高选拔效率,最好尽可能地从初期世代的多数材料中进行选拔。但是,由于在初期世代中样品数量多,用于质量选拔的样品量少,以及测定多个材料方法必须要简便等,使得测定方法受到了限制。也就是说,糙米品质的外观和白度是直观的个体选拔试验,精米白度和蛋白质则分别使用白度计和近红外分析装置,都是从初期世代开始用糙米和精米 10~20 g 进行系统选拔试验(表 3)。

关于硬化性,捣年糕的弯曲法需要数百克精米的样品量,用 8 g 的少量精米样品量可以简易

测定捣年糕的质地分析器(T.A.)的评价呈高的正相关性(图 7)。另外,后者在更加少量的 3.5 g 米粉样品,测定时间也较短的快速粘度分析仪(RVA)中观察到最高粘度到达温度和糊化开始温度之间呈正相关性^[9](图 8~9)。因此,特别是从 RVA 最高粘度达到温度的个体选拔,从少量捣年糕就可测定 T.A.硬化性的系统选拔试验,从弯曲法的生产力预备试验,在这些以后的试验中使用并进行选拔。另外,使用这些初期世代开始的捣年糕硬化性筛选时,使用了北海道立综合研究机构中央农业试验场和民间企业共同开发的试验用小型捣年糕机(图 10)。

表 3 在北海道立综合研究机构上川农业试验场进行的糯米品种培养试验的供试品材料数量及品质选拔方法^[19]

试验名称	供试品材料数		糙米品质		精米		硬化性			味觉感受		实际需求评价
	田间	室内 (品质)	外观	白度	白度	蛋白质含量	RVA 最高粘度到达温度	捣年糕 T.A.	捣年糕 弯曲法	捣年糕	糯米小豆饭	
个体选拔	50 000	2 000	○	○			○					
系统选拔	穗别	1 500	200	○	○	○	○	○	○			
	单独	800	400	○	○	○	○	○	○			
生产力予	100	50	○	○	○	○	○	○	○	○		
生产力本	10	5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
奖决予	1	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
奖决本	1	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
奖决本	1	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
供试品重量/g	—	—	12	12	20	10	3.5	8	800	600	30 000	
同上试验材料种类			糙米	糙米	精米	精米	米粉	精米	精米	精米	精米	糙米

生产力予, 本文指生产力(产量)预备试验, 同正式试验。奖决是奖励品种决定试验。每年交配约有 20 组。穗别系统选拔试验近年来没有实施。调查方法是: 糙米品质的外观和白度直接用目测, 精米白度用凯特白度计 C-300, 精米蛋白质含量用近红外分析装置, 而 RVA 为快速粘度分析仪 (NEWPORT SIENTIFIC 公司), 测定捣年糕硬化性的 T.A.是质地分析器 (Stable MicroSystems 公司的 TA Xtplus Texture Analyser), 弯曲法是根据新潟县食品综合研究所的方式^[20], 不论哪一个都是在捣年糕 5 °C, 24 h 冷却储藏后测定的。另外, 调查法如果由于试验而改变的情况, 会记载在较早阶段的试验里。

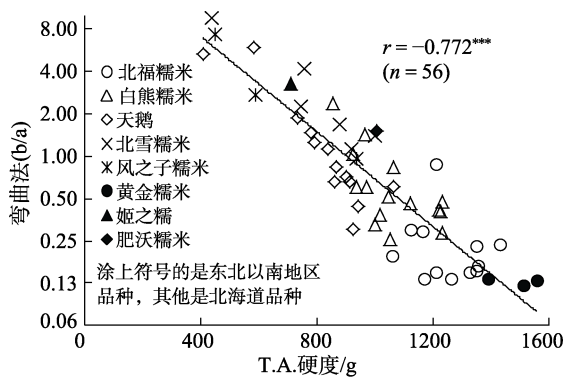


图 7 糯米品种测定的质地分析仪 (T.A.) 的硬度与弯曲法 (b/a) 之间的关系^[19]

注: 供试品为 2011、2012 年大米。弯曲法的测定方法是按照新潟县食品综合研究所的方式, 捣好年糕后制成长 50 cm、厚 1.5 cm、宽 5 cm 的面团, 在 5 °C 储藏约 24 h 后, 挂在钩挂器上, 测定上图 a、b 的距离。数值越小, 硬化性越高。根据质地分析仪 (T.A.) 的硬度测定值, 是使用直径为 2 mm 的圆形探针, 将 1 cm 厚的调制好的面团穿入 5 mm 时的最大电阻值。***: 0.1% 水平有显著性差异。

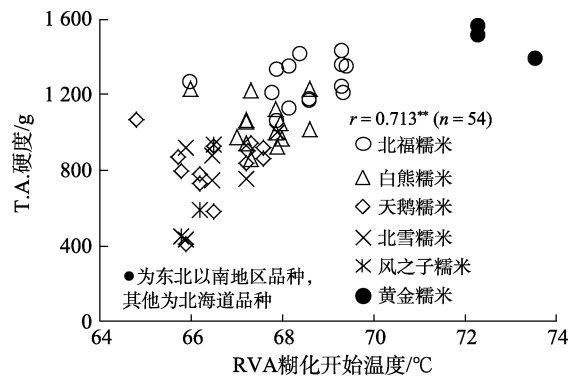


图 8 糯米品种中快速粘度分析仪 (RVA) 的糊化开始温度与质地分析仪 (T.A.) 硬度之间的关系^[19]

注: 供试品为 2011—2012 年生产大米。由质地分析仪 (T.A.) 测定的硬度参照图 7 脚注。**: 1% 水平有显著性差异。

另一方面, 捣年糕和糯米小豆饭的味道官能评价是在生产力试验之后, 供试系统的数量被限定。为提高育种效率, 今后有必要开发一种比官能评价更简单、可从初期世代就开始使用的选拔方法。在培育的最后不管硬化性的高低, 都可以从实际需求中获得作为新物种是否具有足够的品质特性的评价。

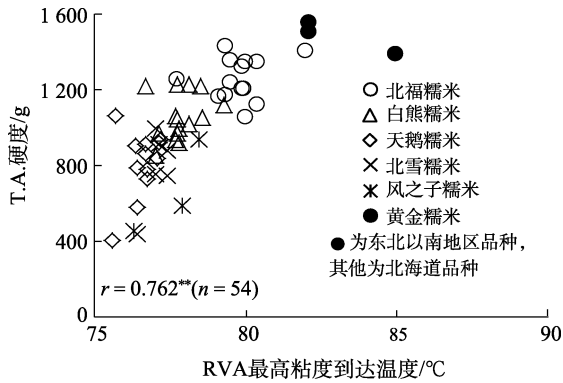


图 9 糯米品种中快速粘度分析仪 (RVA) 的最高粘度到达温度与质地分析仪 (T.A.) 的硬度之间的关系^[19]

注: 供试品为 2011、2012 年生产大米。由质地分析仪 (T.A.) 测定的硬度参照图 7 脚注。**: 1% 水平有显著性差异。



图 10 小型年糕捣制机

注: 宽 44×深 24×高 28 cm, 杵和白 5 组连接, 各供试糯米重量为 5~15 g。

3 近年培育品种的各种特性及系谱

硬化性方面, 1970—1995 年培育的 4 个品种以及“北雪糯米”为“低”(表 2)。另一方面, “白熊糯米”和“北福糯米”的硬化性为“高”, 和以往的北海道糯米品种不同。作为提高这些硬化性的遗传资源, “白熊糯米”的母本“北海糯米 290 号”中由粳米品种“星之梦”提供, 而“白熊糯米”的父本由粳米品种“大地之星”提供^[15](图 11)。另外, “温根糯米”和“单根糯米”虽然是单亲粳米品种, 但是硬化性不高, 为了提高硬化性, 需要进行母本的选定或选拔。

另外, 糯米品种的粒大, 以往与粳米品种相比, 等级是“稍小”和小粒。但是, “风之子糯米”之后除了“白熊糯米”之外, 其他 3 个品种的等级都为“中”或“稍大”, 比以前的都大。这是因为, 小粒品种在登熟条件不佳的情况下, 颗粒充实不足, 粒厚变薄, 出厂配制时根据粒厚的选择, 成品率下降, 容易低收。因此, 为了稳定产量, 增加了粒厚, 增大了粒大, 但粒大则有质量下降的倾向。可以认为这是通过育种打破了这个粒大和外观品质之间负相关关系的例子。

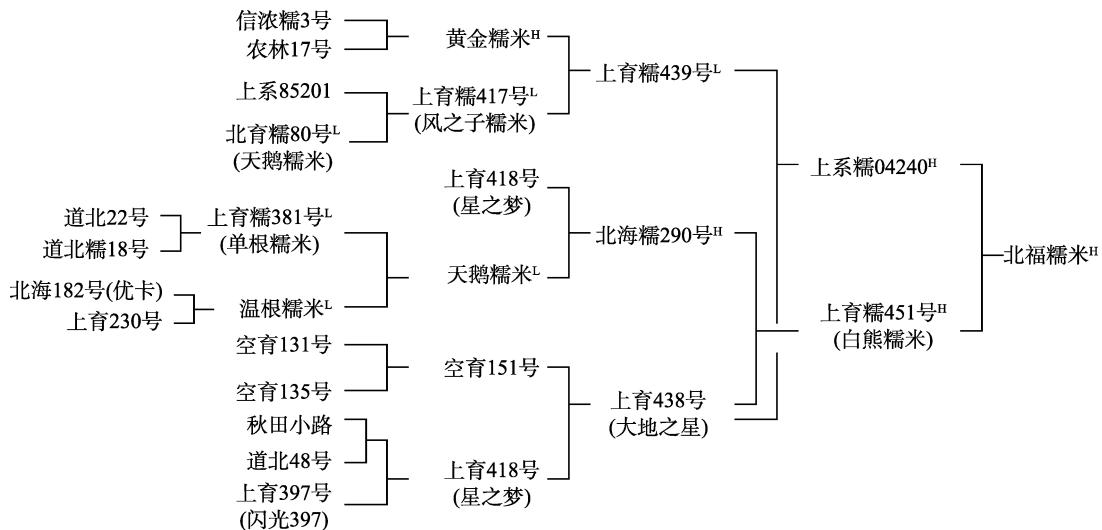


图 11 北海道糯米品种的系谱^[11-17,19]

注: 图中组合的上段为母本, 下段为花粉亲本。系统名称, 上育(上系)和道北是北海道立(现在的北海道综合研究机构)上川农业试验场, 空育是北海道立(现在的北海道综合研究机构)中央农业试验场, 北海是北海道农业试验场(现在的农业·食品产业技术综合研究机构北海道农业研究中心)培养成的。“上育 230 号”和“上系 85201”是糯米系统。糯米品种名称右上角的 H 表示硬化性高、L 表示硬化性低的特性。另外, 没有特别记载的情况为不明。

由于北海道气候寒凉, 为了水稻的稳定生产, 在抽穗期和开花期都必须保证种植品种的障碍型

耐寒性都很强。在抽穗期耐寒性方面, 从培育时期最早的两个品种的“中”到“天鹅糯米”的“略

强”，“风之子糯米”的“略强~强”，其后都提高为“强”。另外，开花期的耐寒性从“温根糯米”到“风之子糯米”也只有“中”的程度，而之后出现了很大的改善，如“白熊糯米”的“强”和“北福糯米”的“极强”等。

4 培育品种的品质评价

4.1 精米白度及精米蛋白质含量

“天鹅糯米”与之前培育的“温根糯米”和“单根糯米”相比，蛋白质相同，糙米白度较差，但精米白度较高(表 4)。糙米白度低是因为“天鹅糯米”

的成熟度好，所以锈米(茶米、黄变米)的产生较快，糙米的白度容易下降。糙米白度方面，“风之子糯米”、“北雪糯米”和“北福糯米”比“天鹅糯米”高，但是精米白度没有明显的差异(表 5)。

“天鹅糯米”之后培育的品种，蛋白质比“天鹅糯米”低，特别是“风之子糯米”和“北福糯米”低(表 5)。但是，在出穗后 40 天的累计平均气温超过 840~850 °C 的情况下，存在该累计气温越低蛋白质越低的相关关系^[22]，因此考虑“风之子糯米”成熟期晚登熟气温低也是蛋白质低的主要原因之一。

表 4 1970—1989 年育成的 3 个北海道糯米品种的糙米白度、精米白度及精米蛋白质含量^[19]

品种名	糙米白度 (1986, 1988 年, n=2)	最适捣精次数 (1985—1988 年, n=9)	捣精比率 (同左)	精米白度 (同左)	精米蛋白质含量/% (1986, 1987 年, n=18)
温根糯米	23.2±1.1	5.1±1.14	90.9±0.60	1.8±0.67	8.7±1.0
单根糯米	24.0±1.7	5.4±1.35	90.5±0.41	1.9±0.63	8.7±1.0
天鹅糯米	22.4±1.1	5.1±1.07	90.9±0.56	1.1±0.33	8.7±1.1

注：培养年度参照表 2。白度根据直观调查或凯特白度计 C-300，不过精米白度为良/48.0 以上：1，略良/46.5~47.9：2，中/46.4 以下：3。±标准差。糙米白度的供试品是农业试验场产米，其他的供试品是农业试验场和当地的试验产米。

表 5 1989 年以后培育的 5 个北海道糯米品种，以及东北以南 4 个品牌糯米品种的糙米白度、精米白度、精米蛋白质含量^[19]

品种名称	产地	白度		精米蛋白质 含量/%	供试米的 生产年度	测定 次数
		糙米	精米			
天鹅糯米	北海道	27.2±1.14	56.4±1.90	7.3±0.87	2004—2012	18
风之子糯米	北海道	27.9±1.58	56.1±1.85	6.6±0.85	2004—2012	18
白熊糯米	北海道	26.9±1.18	56.2±2.08	7.0±0.87	2004—2012	18
北雪糯米	北海道	28.7±1.22	56.9±1.58	7.1±0.99	2004—2012	18
北福糯米	北海道	28.5±0.74	55.6±2.01	6.2±1.02	2010—2012	6
黄金糯米	新泻县	27.7±1.30	54.6±2.78	6.1±0.70	2004—2012	12~13
棉帽子	新泻县	28.9±0.28	55.4±2.76	6.9±0.06	2007—2008	2
姬之糯	岩手县, 宫城县	29.5±1.87	55.2±1.78	6.3±0.35	2004—2008	6~7
肥沃糯米	佐贺县	27.7±2.04	55.3±1.93	7.4±0.32	2004—2008	6~7

注：培养年度参照表 2。北海道糯稻品种供试品为农业试验场产米，东北以南的产地是主要产地，还包括市售产品。90.5%捣精；±标准差。

另外，1920 年代以后培育的北海道新旧糯米品种，培育年份越新，精米白度越低(图 12)，蛋白质越低(图 13)。另外，蛋白质和精米白度之间，与北海道新旧粳品种之间同样^[23]存在负相关性(图 14)。另一方面，关于糙米白度，在 1965 年之前的培育糯米品种中还不明确(数据不够多)，但之后培育出的品种则越新白度越高(图 15)。另外，1965 年以后的培养糯米品种中，玄米白度越高，精米白度越高(图 16)。1970 年以

前的粳品种中，腹白和心白等白色未熟粒较多，这一现象被认为影响了糙米白度^[24]，即使是 1965 年前培育的糯米品种，糙米品质中也有很多形态不佳，可以推测出是它们影响了糙米白度。

另一方面，虽然试验数量有限，但这些北海道的 5 个糯米品种和东北以南地区新泻县产的“黄金糯米”和“棉帽子”，岩手县和宫城县产的“姬之糯”和佐贺县产的“肥沃糯米”之间的比较中，糙米白度是“姬之糯”最高，蛋白质中，

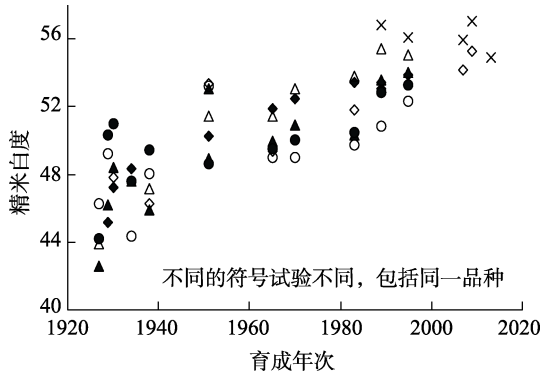


图 12 北海道新旧糯米品种的培育年次与精米白度之间的关系

注: 根据北海道立(现为北海道立综合研究机构)上川农业试验场数据。相关系数, ●(试验年次 1998, 1999 年的平均, 数据数 12): 0.675, ▲(2000, 2001 年, 13): 0.821***, ◆(2002 年, 9): 0.955***, ○(2003, 2004 年, 10): 0.623^{ns}, △(2005, 2008 年, 8): 0.957***, ◇(2010 年, 9): 0.842*, ×(2012, 2013 年, 5): -0.495^{ns}。*、**、***: 分别为 5%、1%、0.1% 水平上有显著性差异。

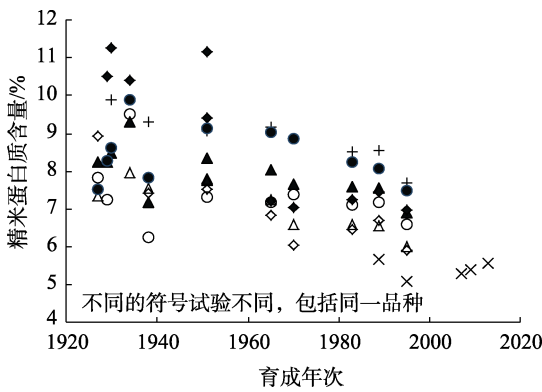


图 13 北海道新旧糯米品种的育成年次与精米蛋白质含量之间的关系

注: 根据北海道立(现为北海道立综合研究机构)上川农业试验场数据。相关系数, ●(试验年次 1998, 1999 年的平均, 数据数 12): -0.207^{ns}, ▲(2000, 2001 年, 13): -0.651*, ◆(2002 年, 11): -0.881***, ○(2003, 2004 年, 10): -0.400^{ns}, △(2005, 2006 年, 9): -0.878**, ◇(2007, 2008 年, 8): -0.875**, + (2009, 2010 年, 7): -0.918**, ×(2012, 2013 年, 5): -0.017^{ns}。*、**、***: 分别在 5%、1%、0.1% 水平有显著性差异。

除了“黄金糯米”、“姬之糯”和“北福糯米”是相同程度的最低外, 包括精米白度在内没有明显的差异(表 5)。

4.2 糯米小豆饭的味道

关于糯米小豆饭的味道, “温根糯米”、“单根糯米”和“天鹅糯米”, 育成年份越新数据量越少, 但外观的光泽越好、粘性越强, 综合评价越高(表

6)。“天鹅糯米”之后, 同类品种相比, “风之子糯米”基本相同, “北福糯米”在粘性、柔软性以及综合方面稍占优势, 而“白熊糯米”和“北雪糯米”在其他项目上略有优势。特别是“白熊糯米”外观的白色和光泽也得到了较高的评价(表 6)。另外, 虽然试验的例子不多, 但是在新旧糯米品种之间对煮熟米饭的物性进行比较, 煮饭后在 5 °C 24 h 储藏后的测定中, 越是新培育的品种粘性越强(图 17)。

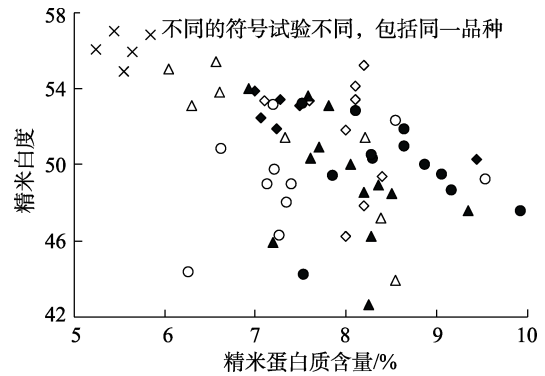


图 14 北海道新旧糯米品种的精米蛋白质含量与精米白度之间的关系

注: 根据北海道立(现为北海道立综合研究机构)上川农业试验场数据。相关系数, ●(试验年次 1998, 1999 年的平均, 数据数 12): -0.139^{ns}, ▲(2000, 2001 年, 13): -0.459^{ns}, ◆(2002 年, 10): -0.930***, ○(2003, 2004 年, 10): -0.654*, △(2005, 2008 年, 8): -0.877**, ◇(2010 年, 9): -0.284^{ns}, ×(2012, 2013 年, 5): 0.154^{ns}。*、**、***: 分别在 5%、1%、0.1% 水平有显著性差异。

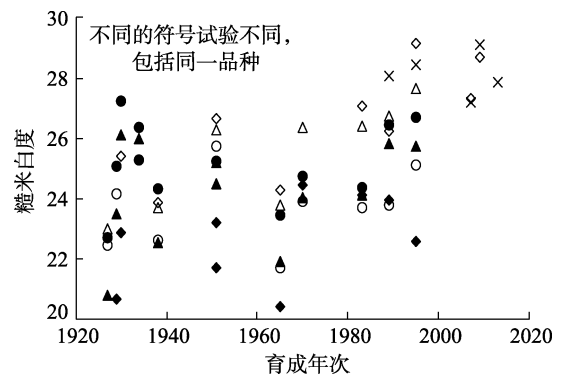


图 15 北海道新旧糯米品种的培育年次与糙米白度之间的关系

注: 根据北海道立(现为北海道立综合研究机构)上川农业试验场数据。育成年次, 1965 年以后培育的品种之间的相关系数如下。●(试验年次 1998, 1999 年的平均, 数据数 5): 0.886*, ▲(2000, 2001 年, 5): 0.905*, ◆(2002 年, 5): 0.353^{ns}, ○(2003, 2004 年, 5): 0.804^{ns}, △(2005, 2008 年, 5): 0.847^{ns}, ◇(2010 年, 6): 0.802^{ns}, ×(2012, 2013 年, 5): -0.075^{ns}。*: 5% 水平有显著性差异。

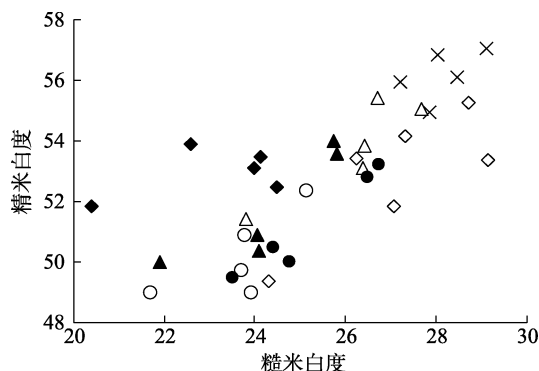


图 16 1965 年以后培育的北海道新旧糯米品种中糙米白度与精米白度之间的关系

注: 根据北海道立(现为北海道立综合研究机构)上川农业试验场数据。相关系数, ●(试验年次 1998, 1999 年的平均, 数据数 5): 0.972**, ▲(2000, 2001 年, 5): 0.890*, ◆(2002 年, 5): 0.459^{ns}, ○(2003, 2004 年, 5): 0.751^{ns}, △(2005, 2008 年, 5): 0.895*, ◇(2010 年, 6): 0.799^{ns}, ×(2012, 2013 年, 5): 0.562^{ns}。*、**: 分别在 5%、1% 水平有显著性差异。

4.3 捣年糕的味道

关于捣年糕的味道,“天鹅糯米”与培育时期较早的“温根糯米”相比,外观、纹理细腻度、触感、综合评价都更优秀,比“单根糯米”也略优(表 7)。而在“天鹅糯米”之后培育出的品种,在纹理细腻度、触感和综合评价方面也都如“天鹅糯米”一样优秀。

另一方面,就东北以南新潟县产的“黄金糯

米”在 2003—2008 年和 2009—2012 年的成绩来看,后者期间的评价明显偏低。因此,把“黄金糯米”分为两个时期,再将东北以南新潟县产的“棉帽子”、岩手县产的“姬之糯”以及佐贺县产的“肥沃糯米”与北海道的糯米品种进行了比较(表 7)。也就是说,“棉帽子”的粘性和在 2003—2008 年评价很高的“黄金糯米”触感的硬度和综合评价,获得了超过这些北海道糯米品种的很高的评价。这些改善点作为北海道糯米品种的课题被保留下来。

4.4 捣年糕的硬化性

捣年糕的硬化性在“温根糯米”、“单根糯米”和“天鹅糯米”之间没有明显的差异(表 8)。此外,在捣年糕的硬化性指标弯曲法中,将等级分为 1(硬)~5(软),在日本硬化性最高的是新潟县产的“黄金糯米”为等级 1,具有代表性的低品种“肥沃糯米”为等级 4^[25-26], (表 9, 图 18)。北海道糯米品种中,“天鹅糯米”、“风之子糯米”和“北雪糯米”的硬化性较低,“天鹅糯米”和“北雪糯米”大致为等级 4。另外,“风之子糯米”的等级比“天鹅糯米”还要略低、平均值为 4.7,这可能是因为如前所述成熟期晚、登熟温度低的缘故。此外,虽然在北海道的新旧糯米品种中缺

表 6 1970 年以后培育的 7 个北海道糯米品种的味道感官评价^[19]

品种名称	外观		口感	粘度	柔软度	综合评价	试吃年·次数
	白度	光泽					
神威糯米	0	0	—	0	(筋道)	0	1·1
温根糯米	0.20	0.10	—	0.00	0.20	0.10	1·1
单根糯米	-0.30	0.20	—	0.20	0.90	0.30	1·1
温根糯米	0	0	—	0	(筋道)	0	1·1
单根糯米	0.30	0.20	—	0.30	0.60	0.40	1·1
天鹅糯米	0.00	0.40	—	0.50	0.04	0.60	1·1
单根糯米	0	0	0	0	0	0	2·4
天鹅糯米	0.79±0.16	0.42±0.12	0.21±0.20	0.30±0.24	0.28±0.32	0.37±0.25	2·4
风之子糯米	0.24±0.21	0.29±0.20	0.08±0.11	0.17±0.22	0.35±0.30	0.28±0.15	2·4
天鹅糯米	0	0	0	0	0	0	—
风之子糯米	-0.20±0.37	0.05±0.18	0.05±0.20	0.11±0.24	0.12±0.24	0.04±0.24	10·29
白熊糯米	0.34±0.25	0.19±0.15	0.15±0.15	0.20±0.17	0.19±0.18	0.20±0.21	10·23
北雪糯米	0.03±0.34	0.13±0.22	0.16±0.21	0.21±0.24	0.18±0.20	0.21±0.26	10·36
北福糯米	-0.06±0.25	0.09±0.13	0.11±0.10	0.16±0.21	0.13±0.18	0.15±0.14	3·8

注: 最下段是农业试验场及当地试验产米, 其他仅提供农业试验场产米。育成年次参照表 2, 另外“神威糯米”为 1965 年育成可供参考。基准品种为上段开始的“神威糯米”、“温根糯米”、“单根糯米”以及“天鹅糯米”。最上段和从上数第 2 层的“柔软度”记载了“筋道”, 省略了“香”和“味”。试吃年、次数是指供试米的生产年次和试吃次数。±标准偏差。试吃人数为 4~33 人。

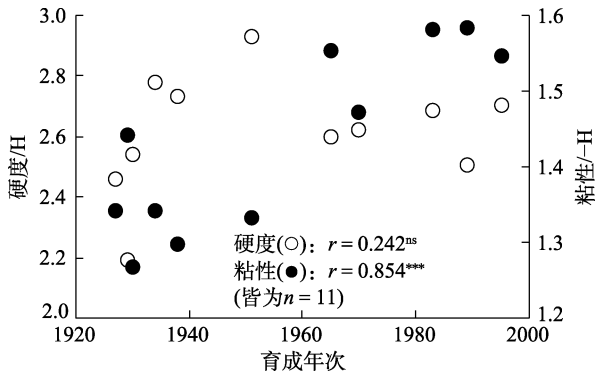


图 17 北海道的新旧糯米品种的育成年次和根据质地测定仪器煮饭后 24 h 的粘性和硬度之间的关系

注：根据北海道立（现为北海道立综合研究机构）上川农业试验场，2008 年和 2009 年的平均值。与育成年次相关，煮饭 1 小时后的质地测试仪的硬度： $r = -0.379^{ns}$ ，韧性： $r = 0.404^{ns}$ （皆为 $n = 11$ ）。不包括以高硬化性为育种目标的品种。***：0.1% 水平差异有显著性。

乏测定硬化性的报告，但是发现与硬化性有着正相关关系的 RVA 糊化开始温度，如果不包含近年培育的以高硬化性为目标的品种，则育成年份越是新的品种，越有降低（尽管很小）的倾向（图 19）。

另一方面，具有高硬化性的北海道糯米品种“白熊糯米”比“天鹅糯米”的硬化性高出 1 个等级，硬化性为等级 3。此外，最新培育出的“北福糯米”的等级平均为 1.6，进一步提高了（表 9）。但是，自“北福糯米”的育成已经过去了 8 年，而 2019 年的种植面积为 272 hm²，不到北海道糯米品种全部种植面积的 3.5%（表 2），可见实际需求的评价还不高。

表 7 1970 年以后培育的 7 个北海道糯米品种、以及东北以南产 4 个糯米品种捣年糕的味道官能评价^[19]

品种名称	产地	外观			触感		综合评价	试吃年·次数
		白度	光泽	纹理细腻度	粘性	筋道		
温根糯米	北海道	0	0	0			0	2·6
单根糯米	北海道	0.07±0.35	0.29±0.52	0.24±0.42	0.34±0.74	0.21±0.30	0.20±0.50	2·6
天鹅糯米	北海道	0.37±0.29	0.49±0.39	0.42±0.26	0.63±0.59	0.49±0.42	0.58±0.38	2·6
天鹅糯米	北海道	0	0	0	0	0	0	—
风之子糯米	北海道	-0.09±0.31	0.11±0.12	0.19±0.23	0.33±0.21	0.15±0.15	0.21±0.21	9·31
白熊糯米	北海道	0.22±0.20	0.16±0.13	0.28±0.21	0.25±0.18	0.21±0.20	0.33±0.21	10·40
北雪糯米	北海道	0.13±0.27	0.19±0.14	0.35±0.19	0.37±0.19	0.27±0.21	0.38±0.20	10·44
北福糯米	北海道	0.17±0.18	0.13±0.11	0.18±0.19	0.17±0.16	0.44±0.16	0.32±0.19	4·19
姬之糯	岩手县	-0.11±0.21	-0.09±0.25	0.02±0.04	0.44±0.14	-0.03±0.20	0.17±0.14	2·3
黄金糯米†(1)	新潟县	0.02±0.30	0.31±0.15	0.37±0.20	0.42±0.23	0.53±0.20	0.66±0.25	4·4
黄金糯米†(2)	新潟县	-0.68±0.44	-0.27±0.35	-0.58±0.43	-0.33±0.38	0.21±0.14	-0.36±0.46	4·6
棉帽子	新潟县	-0.05±0.07	0.25±0.11	0.36±0.16	0.58±0.28	0.38±0.07	0.41±0.04	2·2
肥沃糯米	佐贺县	0.09±0.20	0.21±0.26	0.27±0.26	0.34±0.13	0.17±0.35	0.39±0.48	2·3

注：†：由于新潟县产的“黄金糯米”根据生产年度时间的不同评价差异较大，所以期间分别以（1）2003—2008 年及（2）2009—2012 年表示。北海道糯稻品种供试农业试验场和当地试验产米。培养年度参照表 2。基准品种上段为“温根糯米”，下段为“天鹅糯米”。试吃年、次数是指供试米的生产年数和试吃试验的次数。±标准差。试吃人数为 6~33 人。

表 8 1970—1989 年培育的 3 个北海道糯米品种的捣年糕硬化性^[19]

品种名称	捣年糕后的放置时间/h			
	1	12	24	36
温根糯米	138±22.2	406±34.0	1 125±250.1	2 196±30.5
单根糯米	149±14.1	383±19.8	926±182.7	2 048±46.2
天鹅糯米	134±20.8	448±41.2	1 012±345.1	2 206±191.7

注：育成年度参照表 2。该测量值由雷欧仪表测量，单位为 g。为 1988 年生产，农业试验场 3 个地方和当地 1 个地方的平均±标准差。

在今后的糯米品种的培育中，希望作为硬化性较低的品种，无论登熟气温如何变化，都能得到比“天鹅糯米”更稳定、硬化性更低的品种。另一方面，作为硬化性高的品种，虽然北海道原本的登熟气温比新潟县平均低 5~6 °C，是不利的气候条件，但是期待开发出包括新的选拔法^[27]在内，更接近新潟县产“黄金糯米”的具有硬化性的品种^[10]。

表 9 1989 年以后培育的 5 个北海道糯米品种、以及东北以南出产的 3 个品牌糯米品种的捣年糕硬化性^[19]

品种名称	产地	弯曲法			T.A 测定的 硬度	同左年 · 次数	快速粘度分析仪			
		a/b	分类†	年·次数			最高粘度到达 温度‡/°C	年·次数	糊化开始 温度‡/°C	年·次数
北福糯米	北海道	0.31±0.23	1.6±0.80	3·21	1 262±122	3·18	79.7±1.04	3·17	68.6±0.90	3·17
白熊糯米	北海道	0.90±0.65	3.1±0.91	8·42	1 165±206	8·36	77.8±1.43	9·41	67.3±1.37	7·38
天鹅糯米	北海道	2.82±2.49	4.1±0.93	10·54	765±243	8·46	76.0±1.56	11·57	65.4±1.67	9·55
北雪糯米	北海道	3.09±2.75	4.2±0.89	10·43	865±327	8·35	76.5±1.69	11·51	65.9±1.57	9·49
风之子糯米	北海道	4.87±3.00	4.7±0.60	10·28	625±236	8·23	75.9±1.79	11·37	64.7±1.63	9·35
黄金糯米	新潟县	0.16±0.05	1.1±0.28	8·13	1 650±195	7·12	82.1±2.30	11·14	71.9±1.27	8·11
姬之糯	岩手县	2.40±1.49	4.2±1.33	5·6	1 012±244	4·5	79.0±2.21	8·11	68.0±1.32	6·8
肥沃糯米	佐贺县	2.52±2.40	4.0±0.87	7·9	1 120±412	6·8	78.4±1.73	8·10	67.5±1.67	6·8

注：†：弯曲法的分类 (b/a)，1：~0.25、2：0.25~0.5、3：0.5~1.0、4：1.0~2.0、5：2.0~。‡：快速粘度分析仪 (RVA)，最高粘度到达温度和糊化开始温度，都是数值较大的硬化性比较高。弯曲法和 T.A(质地分析仪)进行的硬度测定法参照图 7 的脚注。北海道糯稻品种由农业试验场和当地试验产米提供。培养年度参照表 2。±标准差。年、次数是供试米生产年数和试验次数，供试米生产年份是 2002—2012 年的全部或其中某一个。



图 18 北海道和东北以南地区捣年糕的硬化性各有很大不同糯米品种根据弯曲法测定的硬化性^[19]

注：2012 年生产的大米，“黄金糯米”：新潟县产，“肥沃糯米”：佐贺县产，其他品种：北海道立综合研究机构上川农业试验场产。弯曲法参照图 7 的脚注。根据北海道立综合研究机构上川农业试验场的数据。

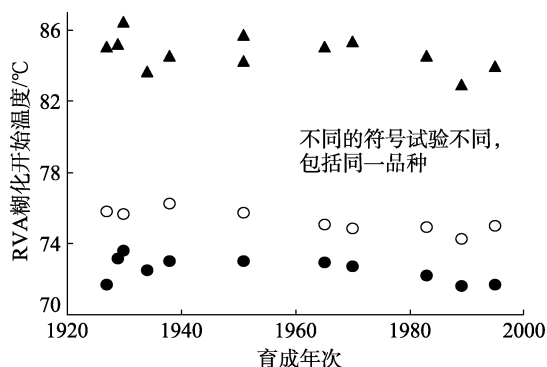


图 19 北海道新旧糯稻品种的育成年次与快速粘度分析仪 (RVA) 的糊化开始温度之间的关系

注：不包括以高硬化性为育种目标的品种。根据北海道立上川农业试验场。相关系数，●(试验年份 1998 年，数据数 11)：-0.544^{ns}，▲(1999 年，12)：-0.491^{ns}，○(2008 年，9) $r = -0.842^{**}$ 。
**：1% 水平有显著性差异。

如上所述，北海道糯米品种今后还将分为硬化性的高品种和低品种两种类型进行育种。但是，不管硬化性高低，糯米除了制作点心以外，大多数都是作为捣年糕或熟饭米来食用，所以其口感需要同时提高。另外，糯米蛋白质含量越高，捣年糕的外观和味道等会有降低；为了不因冷暖年造成的不繁殖而产生年度变动，需要进一步提高穗孕期和开花期的两种障碍型耐寒性。即使是糯米品种的栽培，也须和粳米品种一样，倡导以低蛋白米生产技术为先^[28]。

(术语备注：文中的“硬化性”在日本主要用于评价糯米、年糕的回生特性。)

参考文献:

- [1] 星野达三. 北海道稻作的历史发展及其背景[M]. 石冢喜明监修, 星野达三编著. 北海道稻作. 札幌: 北农会, 1994: 1-84.
- [2] 北海道农政部生产振兴局农产振兴课编. 美国的相关资料[生产、价格、需求][R]. (令和 2 年 10 月)北海道农政部生产振兴局农产振兴科, 北海道的水田农业, 2020. http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01_r2zentai_1.pdf (2021/5/18 浏览).
- [3] 粮食稳定供给确保支援机构. 糯米相关数据, 水稻糯米的主要县别收货数量[R]. 粮食机构米网 米粉、糯米 糯米的生产销售等相关数据, 2020. https://www.komenet.jp/_member/mochigome/r02/1-2-02.html(2021/5/19 浏览).
- [4] 平山裕治. 北海道糯米的实际需求和理化特性[J]. 北农, 2001, 68(4): 355-360.
- [5] 中森朋子. 糯米面胚的物性和颜色评价, 优良食味和应对满足多样需求的大米品种开发和技术改善的新措施(大米研讨会收录)[R]. 北海道立农业试验场资料, 2005, 35: 61-65.
- [6] 柳原哲司. 关于提高北海道米的食味和不同用途品质高级化的研究, 关于提高北海道糯米的加工适应性的技术开发[R]. 北海道立农业试验场报告, 2002, 101: 55-62.
- [7] 杉浦和彦, 坂纪邦, 工藤悟. 为水稻糯稻品种育种选拔采用的年糕硬化性和切块年糕味道的简易评价法[J]. 日作纪, 2005, 74(1): 30-35.
- [8] 柳濑肇, 大坪研一, 桥本胜彦. 关于糯米的品质和加工适应性的研究(第 6 报): 糯米面胚的热水溶解以及膨胀伸展性的品牌间差异[N]. 食总研报, 1984, 45: 1-8.
- [9] 松江勇次, 内村要介, 佐藤大和. 根据淀粉样特性的糊化开始温度的水稻糯米品种的年糕硬化速度的评价方法和从年糕硬化速度看的糊化开始温度和登熟温度[J]. 日作纪, 2002, 71(1): 57-61.
- [10] 木下雅文, 沼尾吉则, 尾崎洋人, 等. 府县稻糯品种以及具有高年糕硬化性培育系统的解析[N]. 育种·作物学会北海道谈话会报, 2005, 46: 61-62.
- [11] 佐佐木多喜雄, 山崎信弘. 关于水稻新品种“温根糯米”的培育[N]. 北海道立农试集报, 1972, 25: 35-47.
- [12] 佐佐木多喜雄, 沼尾吉则, 柳川忠男, 等. 关于水稻新品种“单根糯米”的培育[N]. 北海道立农试集报, 1983, 50: 120-134.
- [13] 本间昭, 楠谷彰人, 前田博, 等. 关于水稻糯米新品种“天鹅糯米”的培育[N]. 北海道立农试集报, 1991, 62: 1-11.
- [14] 丹野久, 前田博, 新桥登, 等. 关于水稻糯米新品种“风之子糯米”的培育[N]. 北海道立农试集报, 1997, 72: 55-68.
- [15] 粕谷雅志, 佐藤毅, 沼尾吉则, 等. 水稻糯米新品种“白熊糯米”的培育[N]. 北海道立综合研究机构农试集报, 2013, 97: 15-28.
- [16] 品田博史, 佐藤毅, 沼尾吉则, 等. 水稻糯米新品种“北雪糯米”的培育[N]. 北海道立综合研究机构农试集报, 2016, 100: 33-46.
- [17] 平山裕治, 前川利彦, 品田博史, 等. 水稻糯米新品种“北福糯米”的培育[N]. 北海道立综合研究机构农试集报, 2018, 102: 15-27.
- [18] 丹野久. 水稻开花期耐寒性简易鉴定方法的确立和遗传资源的评价[R]. 北海道立农业试验报告, 2004, 104: 1-49.
- [19] 丹野久, 平山裕治. 北海道水稻优良食味品种的开发. 松江勇次编著, 米的外观品质、味道[M]. 东京: 养贤堂, 2018: 3-32.
- [20] 山下浩. 硬化特性的测定. 农林水产省农业研究中心 山本隆一, 堀末登, 池田良一 共同编辑 水稻育种手册特性鉴定, 糙米成分剂量, 糯米[M]. 东京: 养贤堂, 1996: 72-73.
- [21] 北海道立中央农业试验场, 上川农业试验场. 糯米品质对糯米面胚品质(颜色、物性)的影响及其评价方法[R]. 北海道立综合研究机构 农业技术信息广场 北海道农业试验场 试验研究成果一览, 2004. <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h16gaiyo/2004610.htm>(2021/5/20 浏览).
- [22] 丹野久. 日本寒冷地带北海道大米蛋白质和直链淀粉含量的年度与地区间差异及其影响因素[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(6): 57-65.
- [23] 丹野久, 吉村彻, 木下雅文. 日本寒冷地带北海道注重梗稻米粒外观品质的育种研究历程[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(6): 20-28.
- [24] 吉村彻, 相川宗严. 北海道水稻新老品种的味道相关特性的比较 第 1 报 米的品质·白度的比较[J]. 北农, 1998, 65(3): 266-272.
- [25] 赤间芳洋, 有坂将美. 糯米[M]. 梳浏钦也监修, 日本水稻育种. 东京: 农业技术协会, 1992: 1997-208.
- [26] 江川和德, 吉井洋一. 由不同产地、品种的糯米制成的年糕硬化性[N]. 新泻食品研报, 1990, 25: 29-33.
- [27] 道满刚平, 平山裕治, 佐藤毅, 等. 利用直链淀粉自动分析仪开发水稻年糕硬化性高效评价法[J]. 育种学研究, 2020, 22(1): 11-20.
- [28] 丹野久. 日本寒冷地带北海道的优良食味稻米栽培技术研究(译文)[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(6): 10-17.

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。完

日译中: 殷宏(中国检验检疫科学研究院)