

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”特约专栏文章之三

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.05.003

丹野久. 日本寒地北海道稻作极限地带糯米外观品质的年度间地区间差异及其产生因素[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(5): 44-54.

TANNO H. Variation of the appearance quality of glutinous rice grains among years and among areas, and its occurrence factors in the coldest region for rice cultivation in Hokkaido, Japan[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(5): 44-54.

日本寒地北海道稻作极限地带糯米外观品质的年度间地区间差异及其产生因素

丹野 久

(日本水稻品质·食味研究会, 日本 东京都中央区, 104-0033)

摘要: 在六个种植地区及四个年度调查了北海道最寒冷的稻作地带生产的糯米外观品质。在不同年度之间, 障碍型冷害危险期的平均气温和抽穗后40天之间的日平均累计气温(灌浆气温)越高, 使得秕粒比率越低, 千粒重越重, 产量越高, 整粒比率越高, 未熟粒、受害粒及着色粒比率越低, 大米蛋白质含量越低, 糙米白度和大米白度越高。而在不同地区之间, 这些关系不是很明确。这是由于各生育期的气温、生育特性以及整粒、未熟粒比率的变动(最小值与最大值之差以及变异系数)其年度间要比地区间大。但是, 受害粒和着色粒比率其变动年度间要比地区间小, 年度和地区综合分析时当灌浆气温分别为845、857℃时为最低, 显示二次回归的关系。另外, 整粒比率在年度间和地区间变化, 受害粒和着色粒只在年度间变化; 这些指标越差, 同一年度时的地区间、同一地区时的年度间的变异系数就越大。烘干后半透明的阴糯籽粒与乳白不透明的糯米籽粒之间, 其蛋白质含量、淀粉含量、淀粉颗粒的大小、纯化淀粉的碘吸收曲线最大吸收波长、吸光度等理化特性以及年糕面胚的明度基本上没有差异, 且年糕面胚物理特性的差异不大, 因此混有阴糯籽粒的糯米并不影响年糕面胚加工。与粳稻花粉杂交的糯稻品种胚乳变成粳性的异粉籽粒, 其秕粒发生较多; 虽然粳稻和糯稻的田块距离越远秕粒发生就越少, 但是隔离距离600m时也有发生。北海道为了避免糯米品质下降, 在远离粳稻品种的地区种植糯稻。

关键词: 糯米外观品质; 整粒比率; 年度间地区间差异; 阴糯籽粒; 异粉籽粒; 稻作极限地带

中图分类号: TS5-33; S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2022)05-0044-11

网络首发时间: 2022-09-01 14:59:55

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20220831.1826.012.html>

收稿日期: 2021-11-26

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 P55-65。

Variation of the Appearance Quality of Glutinous Rice Grains Among Years and Among Areas, and Its Occurrence Factors in the Coldest Region for Rice Cultivation in Hokkaido, Japan

Hisashi TANNO

(Japanese Society for Rice Quality and Palatability, Chuo-ku, Tokyo, 104-0033 Japan)

Abstract: Appearance quality of glutinous rice grains produced in the six areas of cultivation in the coldest regions for rice cultivation in Hokkaido, Japan was investigated during four years. Among years, the higher the temperature during the stage sensitive to sterile-type cool injury, and the cumulative daily mean temperature during 40 days after heading (grain-filling temperature), the lower the sterility, the heavier the 1000-kernel-weight, the higher the grain yield, higher the percentage of whole grain, the lower the percentages of immature, damaged and colored grains, the lower was the protein content, and the higher was the whiteness of both brown rice and milled rice. On the other hand, the relationship among the 6 areas was not clear. This was because the range of the yearly variation (differences between the two extreme values and coefficients of variation) in the temperatures during the growth stages, the growth characteristics, and the percentages of both whole grain and immature grain were larger than the regional variations. However, the range of the yearly variation in the percentages of damaged grain and colored grain were smaller than the regional variations, and the percentages of damaged grain and colored grain were the lowest in the quadratic regression relationship, at the grain-filling temperature of 843 °C and 857 °C, respectively, among the 6 areas during the 4 years. In addition, the percentage of whole kernels varies between years and regions, and the affected kernels and colored kernels only change between years; the worse these characteristics, the the larger the coefficient of variation among years in the same area or among areas in the same year. Moreover, glutinous grains, called mihaze grains, that are translucent after drying, did not show clear differences in physicochemical characteristics such as contents of both protein and starch, size of starch granules, iodine absorption spectrum of prepared starch and lightness of rice-cake dough as compared with the opaque grains called haze, and did not show large differences in physical property of rice-cake dough. Therefore, contamination of mihaze grains is considered to have little effect on the processing quality of rice-cake dough. Xenia seeds of glutinous rice plants occurred by outcrossing with pollen of a non-glutinous variety, and were found more in rice plants with high sterility than those with low sterility. The longer the isolation distance from non-glutinous variety to glutinous rice plant; the lower was the Xenia seed rate. However, Xenia seeds were found even at an isolation distance of 600 m. Therefore, in Hokkaido, to avoid quality deterioration, glutinous rice varieties should be cultivated in a district distant apart from paddy fields of non-glutinous rice varieties.

Key words: appearance quality of glutinous rice grain; percentage of whole grain; variation among years and among areas; translucent glutinous grain; Xenia seed; coldest region for rice cultivation

北海道的糯稻种植地区处于气候条件严峻的稻作极限地带, 为了避免糯稻品种与粳稻品种花粉杂交而产生粳性籽粒, 在远离粳稻种植地区形成了糯稻生产区^[1]。因此, 北海道的糯稻收成容易受气候条件的影响(图 1), 米粒的外观品质

也不稳定(图 2)。

此外, 碾米加工企业和外餐企业最重视的品质指标是整粒比率^[2]。外观不好是不使用北海道糯米的理由之一, 提高米粒整齐度或减少变色粒等是改善外观品质的重要事项(图 3)。所以,

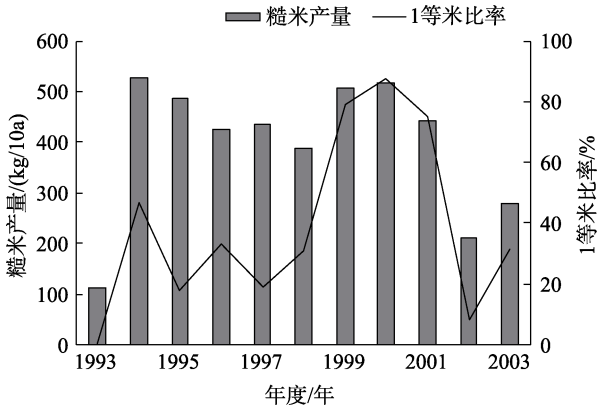


图 1 北海道糯稻的糙米产量及 1 等米比率的年度推移^[1]

注：数据为只种植糯稻品种的北见市、女满别町、远别町、美深町以及南富良野町的平均。

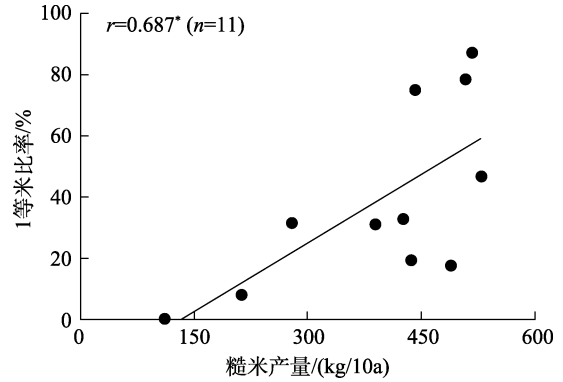
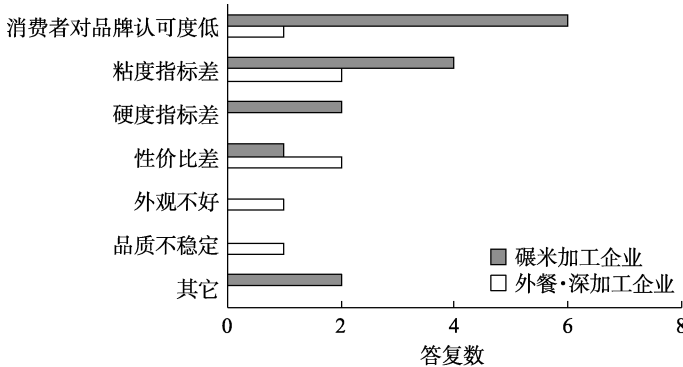
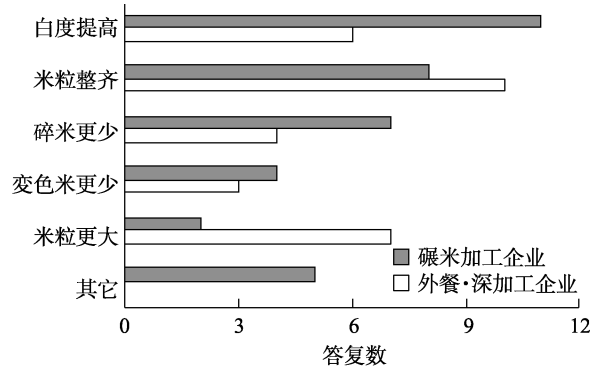


图 2 北海道糯稻的糙米产量与 1 等米比率之间的关系 (1993—2003 年)^[1]

注：实线的回归方程， $y=0.1488x-19.58$ 。数据参照图 1。
*为在 5% 的水平上有显著性差异。



(A) 不使用北海道糯米的理由



(B) 希望北海道糯米改进的事项

图 3 不使用北海道糯米的理由以及希望改进的事项 (针对碾米加工企业和外餐·深加工企业的问卷调查和答复数)^[2]

问卷调查：碾米加工企业发送 118 份，答复 30 份；外餐·深加工企业发送 123 份，答复 25 份。

糯米的外观品质在流通上是极其重要的，为了稳定糯米品质有必要明确年度间和地区间的差异及其产生因素。

另一方面，糯稻籽粒在收获后的高水分时是半透明的，烘干时随着水分降低会变成乳白色，称为“白变”。但有极少部分籽粒在烘干后不会变成乳白色（未白变粒，阴糯籽粒），在外观上与粳稻籽粒没有区别。生产者为了使阴糯籽粒白变，烘干时将水分降低到比糙米定等水分要低很多，由于过度烘干有时会产生爆腰粒。所以，需要了解未白变籽粒的发生条件及其品质特征^[3-4]。

使用混入粳米的糯米原料会大幅度降低糯米食品的品质。糯稻糙米的农产物检验标准中规定了粳米混入比率的最高限度，标准中的 1、2、3 等其允许混入的限度分别为 1%、2%、3% 以下^[5]。但是，种子亲本的糯稻与扩散的粳稻花粉杂交而

使胚乳变成粳性的籽粒，这种粳性籽粒的混入比率高时，会成为糯米品质上的大问题。这种异粉籽粒发生的频率与粳稻品种和糯稻品种的稻田距离成反比例^[6]。另外，根据以往的研究在冷害年份产生秕粒的情况下，异粉籽粒的混入比率明显上升^[7]。因此，在生产秕粒条件下明确隔离距离与粳稻花粉杂交带来的异粉粒发生率之间的关系很重要。

综上所述，本文针对收集的北海道糯米收成变化较大的 4 个年度（2000—2003 年）度以及 6 个栽培地区的糯稻品种“天鹅糯米”，分析了与农产物定等检验有关的米粒外观品质，即整粒、未熟粒、受害粒和着色粒其发生比率的年度间差异和地区间差异，以及与各生育期的气候、生育特性、大米蛋白质含量（以下称“蛋白质”）、米粒白度之间的关系，得到了改善品质的见解^[9-10]。另外，还解明了阴糯籽粒的产生与烘干过程（米

粒水分)之间的关系以及未白变的阴糯籽粒和白变的糯米籽粒之间的理化特性差异^[3]。在糯稻品种产生秕粒的情况下,将种子亲本糯稻品种和花粉亲本粳稻品种的稻田距离最长隔离到600 m,阐明了隔离距离和异粉籽粒发生率之间的关系^[11]。

1 米粒外观品质、各生育期气候以及生育特性的年度间地区间差异

年度间的最小值最大值之差和变异系数与地区间的相比,整粒比率分别为1.4、1.6倍,年度间要比地区间大;未熟粒比率分别为1.1、1.3倍,要稍微大些;受害粒和着色粒比率都为0.6倍,反而要小(表1)。如此,米粒外观品质之间其最小值最大值之差以及变异系数的年度间与地区间之比存在大的差异。

另一方面,蛋白质的最小值最大值之差以及变异系数,其年度间是地区间的1.0、1.3倍,为相同或稍大,糙米白度和大米白度是1.6~2.6倍为年度间要大。在各生育期的气候上,抽穗后40天之间的日累计日照时间其年度间是地区间的1.1~1.3倍,要稍大些。抽穗前24天以后的30天之间(以下称为“障碍型冷害危险期”)的平均气温以及抽穗后40天之间的日平均累计气温(以下称“灌浆气温”)为3.8~8.5倍,秕粒比率、千粒重以及糙米产量的生育特性为1.3~1.8倍,都是年度间要比地区间大(表1)。也就是说,由于各生育期气候的最小值最大值之差以及变异系数其年度间要比地区间大,因而生育特性同样为年度间要大,整粒比率、未熟粒比率、蛋白质及米粒白度也是同样的结果。

表1 北海道糯米不同试验年度和地区的米粒外观品质、米粒白度、大米蛋白质含量、各生育期的气候及生育特性^[10]

年度(n=6) 或 地区(n=4)	整粒比 率/% ¹⁾	未熟粒 比率 /% ²⁾	受害粒 比率 /% ³⁾	着色粒 比率 /% ⁴⁾	糙米 白度	大米 白度	大米蛋 白质含 量/%	障碍型冷 害危险期 的平均气 温/°C ⁵⁾	抽穗后40 天之间的 日平均累 计气温/°C	抽穗后40 天之间的 日累计日 照时间/hr	秕粒 比率 /%	千粒 重/g	糙米 产量 /(kg/ 10a)
平均	80.2	13.6	5.9	0.2	23.6	48.4	9.0	19.7	767	186	22.5	20.1	402
年度 最小(A)	73.5	7.9	2.6	0	21.6	45.1	8.4	17.9	712	148	5.7	19.2	270
年度 最大(B)	90.0	17.0	9.1	0.4	26.5	53.1	9.9	21.7	873	224	42.3	21	514
年度 变异系数(C)	9.3	31.1	45.1	74.4	9.2	7.7	8.9	7.9	9.4	17.3	71.6	3.9	28.4
年度 方差分析	*	ns	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
地区 平均	80.2	13.6	5.9	0.2	23.6	48.4	9.0	19.7	767	186	22.5	20.1	402
地区 最小(D)	74.2	9.8	2.8	0.0	22.3	45.2	8.4	19.1	755	149	12.5	19.3	308
地区 最大(E)	86.3	18.4	13.8	0.7	24.4	50.2	9.9	20.1	776	221	37.8	20.4	489
地区 变异系数(F)	6.0	23.2	69.9	124.7	3.6	4.3	7.1	1.8	1.1	13.3	44.9	2.2	17.8
地区 方差分析	ns	ns	**	*	ns	ns	**	*	ns	**	**	**	**
年度/ 地区 (B-A)/(E-D) C/F	1.4 1.6	1.1 1.3	0.6 0.6	0.6 0.6	2.3 2.6	1.6 1.8	1.0 1.3	3.8 4.4	7.7 8.5	1.1 1.3	1.4 1.6	1.6 1.8	1.3 1.6

注:年度为6个地区,地区为4个年度的平均。1)整粒为去除受害粒、死米、未熟粒、异种谷粒及异物的籽粒。2)未熟粒为除死米以外的未成熟籽粒。即:乳白粒、心白粒、青未熟粒、基部未熟粒、腹白未熟粒、背白粒、其它未熟粒。3)受害粒为受损伤的籽粒。即:发芽粒、病害粒、芽烂粒、虫害粒、爆腰粒、畸形粒、茶色米、碎米、斑点粒、胚芽缺损粒、剥皮粒。另外,畸形粒有腰部畸形米、扭曲粒、其它畸形粒。4)着色粒为粒面的全部或一部分着色的籽粒及红米,但不包括通过碾米加工可去除的或对大米品质及大米成品率没有显著影响的籽粒。5)障碍型冷害危险期为抽穗24天前开始的30天期间。试验品种为「天鹅糯米」。白度由凯特科学研究所的白度计C-300-3,整粒、未熟粒、受害粒及着色粒由静冈制机的品质判定仪RS2000X测定,另外死米比率(不充实的粉质籽粒、青死米及白死米)在年度间和地区间都为0.0~0.1%。*、**分别为在5%、1%的水平上有显著性差异。

2 年度和地区的各平均值与变异系数之间的关系

整粒比率在各个年度都分布较广(图4)。从外观品质的年度和地区的各平均值与其变异系

数(年度为各年度的6个地区间的变异系数,地区为各地区的4个年度间的变异系数)之间的关系可知,整粒比率都是年度和地区平均值越低其变异系数就越大,受害粒和着色粒只是年度平均值越高其变异系数就越大(表2、图5)。即:在

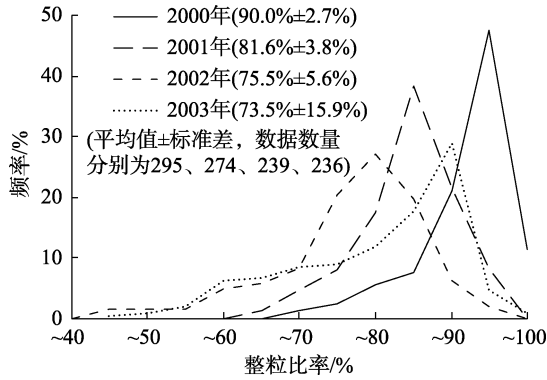


图 4 整粒比率的不同年度频率分布

注: 整粒比率 30% 以下, 频率不到 1% 的数据被省略。

表 2 米粒外观品质在不同试验年度和地区的各平均值与变异系数之间的相关关系^[10]

年度 (n=6) 或地区 (n=4)	整粒比率/%	未熟粒比率/%	受害粒比率/%	着色粒比率/%
年度 (n=4)	-0.749	0.313	0.872	0.872
地区 (n=6)	-0.873*	0.576	0.307	0.536
年度和地区综合 (n=24)	-0.826***	-0.416*	-0.327	-0.359

注: 平均值与变异系数之间的相关关系中, 年度为与各年度的 6 个地区间的变异系数, 地区为与各地区的 4 个年度间的变异系数之间的相关。*、***分别为在 5%、0.1% 的水平上有显著性差异。

整粒比率 (糙米农产物定等检验的重要指标) 低

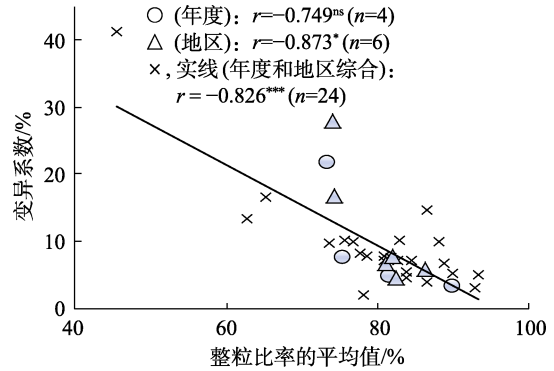


图 5 整粒比率的平均值与变异系数之间的关系^[10]

注: 变异系数参照表 2 的脚注。实线的回归方程, $y = -0.6013x + 57.40$ 。*、***分别为在 5%、0.1% 水平上有显著性差异。

的年度或地区, 其地区间或年度间的变异系数就大, 从而影响外观品质的稳定化。

3 米粒外观品质、各生育期气候以及生育特性之间的关系

在年度间, 障碍型冷害危险期的平均气温以及灌浆气温越高, 受害粒比率, 着色粒比率以及未熟粒比率就越低, 整粒比率就越高, 糙米白度和大米白度就越高 (表 3~4, 图 6~7)。另一方面, 年度和地区综合分析时, 受害粒比率和着色粒比率当灌浆气温分别在 845、857 °C 时为最低, 具有二次回归的关系 (图 8、图 9)。

表 3 北海道糯米年度间和地区间的米粒外观品质、米粒白度与各生育期气候之间的相关关系^[10]

项目 (数据数量) 指标	整粒比率	未熟粒比率	受害粒比率	着色粒比率	糙米白度	大米白度
年度 (n=4)						
障碍型冷害危险期的平均气温	0.938	-0.919	-0.957	-0.826	0.954	0.920
抽穗后 40 天之间的日平均累计气温	0.893	-0.925	-0.837	-0.857	0.888	0.878
抽穗后 40 天之间的日累计日照时间	0.575	-0.569	-0.571	-0.751	0.540	0.625
地区 (n=6)						
障碍型冷害危险期的平均气温	0.214	0.583	-0.647	-0.692	0.469	0.485
抽穗后 40 天之间的日平均累计气温	0.527	-0.129	-0.478	-0.538	0.432	0.417
抽穗后 40 天之间的日累计日照时间	0.350	-0.175	-0.266	-0.153	0.431	0.454
年度和地区综合 (n=1044)						
障碍型冷害危险期的平均气温	0.460	-0.156	-0.507	-0.332	0.755	0.657
抽穗后 40 天之间的日平均累计气温	0.502	-0.237	-0.471	-0.336	0.723	0.634
抽穗后 40 天之间的日累计日照时间	0.202	-0.065	-0.227	-0.169	0.310	0.371

注: 障碍型冷害危险期参照表 1 的脚注。表中相关系数的差异性评价: $n=4$ (自由度 2) 时的 5% 水平为 0.950, 1% 水平为 0.990, 0.1% 水平为 0.999, $n=6$ (自由度 4) 时分别为 0.811、0.917、0.974, $n=1044$ (自由度 1042) 时分别为 0.052、0.068、0.086。

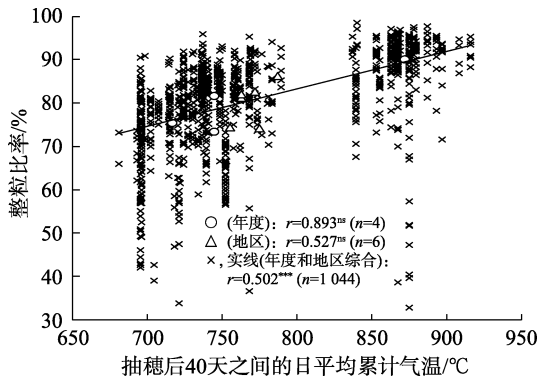


图 6 抽穗后 40 天之间的日平均累计气温与整粒比率之间的关系^[9]

注: 实线的回归方程, $y=0.08674x+13.85$ 。***为在 0.1% 水平上有显著性差异。

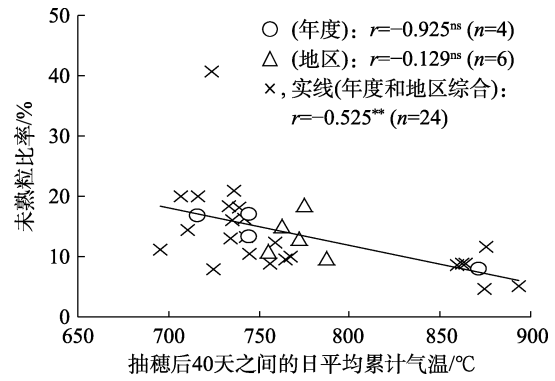


图 7 抽穗后 40 天之间的日平均累计气温与未熟粒比率之间的关系

注: 年度和地区综合的数据用地区平均来显示。实线的回归方程, $y=-0.06187x+61.23$ 。**为在 1% 的水平上有显著性差异。

表 4 北海道糯米年度间和地区间的米粒外观品质, 米粒白度, 大米蛋白质含量及生育特性之间的相关系数^[10]

项目(数据数量)指标	未熟粒比率	受害粒比率	着色粒比率	糙米白度	大米白度	大米蛋白质含量	秕粒比率	千粒重	糙米产量
年度 (n=4)									
整粒比率	-0.997	-0.993	-0.968	0.999	0.998	-0.862	-0.935	0.944	0.912
未熟粒比率		0.980	0.970	-0.993	-0.994	0.824	0.903	-0.913	-0.880
受害粒比率			0.951	-0.995	-0.992	0.903	0.969	-0.976	-0.944
着色粒比率				-0.955	-0.980	0.875	0.897	-0.891	-0.915
糙米白度					0.994	-0.859	-0.939	0.951	0.909
大米白度						-0.882	-0.940	0.945	0.928
地区 (n=6)									
整粒比率	-0.452	-0.773	-0.721	0.921	0.914	-0.838	-0.955	0.883	0.906
未熟粒比率		-0.216	-0.285	-0.123	-0.115	0.057	0.367	-0.051	-0.400
受害粒比率			0.992	-0.923	-0.921	0.881	0.786	-0.932	-0.710
着色粒比率				-0.875	-0.871	0.815	0.735	-0.882	-0.639
糙米白度					0.999	-0.952	-0.927	0.992	0.918
大米白度						-0.951	-0.911	0.990	0.910
年度和地区综合 (n=1044)									
整粒比率	-0.738	-0.610	-0.559	0.814	0.778	-0.535	-0.668	0.619	0.565
未熟粒比率		-0.084	-0.048	-0.423	-0.362	0.036	0.216	-0.158	-0.132
受害粒比率			0.863	-0.712	-0.738	0.756	0.741	-0.735	-0.687
着色粒比率				-0.573	-0.611	0.576	0.566	-0.581	-0.525
糙米白度					0.889	-0.704	-0.815	0.800	0.738
大米白度						-0.745	-0.804	0.780	0.754

注: 表中相关系数的差异性评价: $n=4$ (自由度 2) 时的 5% 水平为 0.950, 1% 水平为 0.990, 0.1% 水平为 0.999, $n=6$ (自由度 4) 时分别为 0.811、0.917、0.974, $n=1044$ (自由度 1042) 时分别为 0.052、0.068、0.086。

抽穗后 40 天之间的日累计日照时间与米粒外观品质之间, 在年度间虽然与灌浆气温一样显示同样的关系, 但除了着色粒比率以外关系不是很明确。在地区间, 各生育期的气候与外观品质之间没有明确的关系。

在年度间, 未熟粒比率, 受害粒比率以及着

色粒比率越低, 整粒比率就越高 (表 4, 图 10)。秕粒比率越低, 千粒重越重, 产量越高时, 整粒比率越高, 受害粒比率以及着色粒比率越低, 蛋白质越低, 糙米白度和大米白度就越高 (表 4、图 11、图 12)。在受害粒比率与着色粒比率之间的关系上, 随着受害粒比率变高, 着色粒比率也

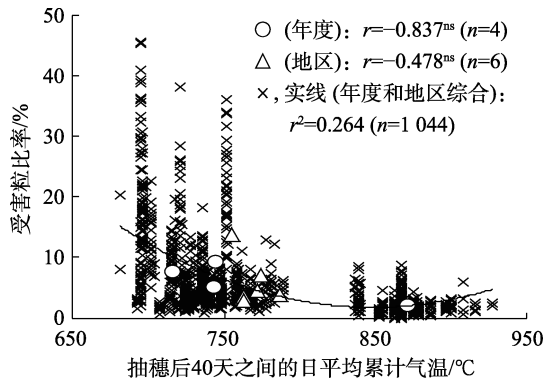


图 8 抽穗后 40 天之间的平均累计气温与受害粒比率之间的关系

注: 实线的二次回归方程, $y = 0.000\ 478x^2 - 0.811\ 3x + 345.89$ 。此外, 一次回归方程时, $r^2 = 0.221$ 。

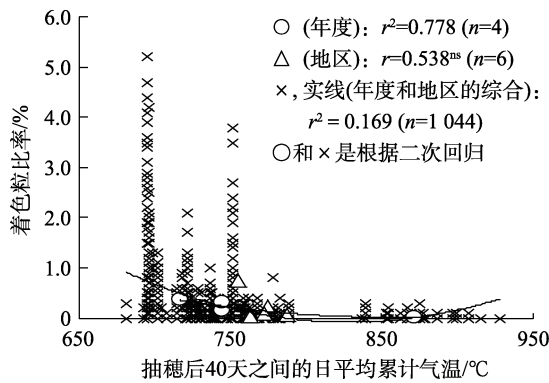


图 9 抽穗后 40 天之间的日平均累计气温与着色粒比率之间的关系

注: 实线的二次回归方程, $y = 0.000\ 045\ 86x^2 - 0.075\ 94x + 31.36$ 。此外, 一次回归直线方式时, $r^2 = 0.113$ 。

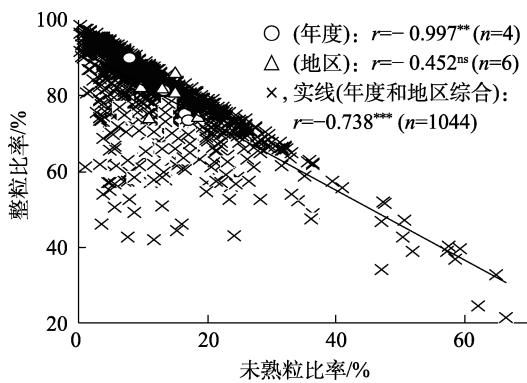


图 10 未熟粒比率与整粒比率之间的关系

注: 实线的回归方程, $y = -0.929\ 3x + 92.17$ 。**, ***分别为在 1%、0.1% 水平上有显著性差异。

变高, 为几乎通过原点的正二次回归关系 (图 13)。

在地区间虽然也有与年度间相似的关系, 但是未熟粒比率与其它指标之间的关系不是很明确 (表 4)。也正如第 1 项所述, 与年度间相比,

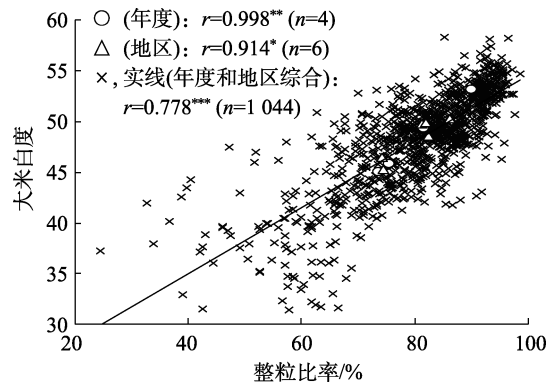


图 11 整粒比率和大米白度之间的关系^[10]

注: 实线的回归方程, $y = 0.325\ 5x + 22.00$ 。*, **, ***分别为在 5%、1%、0.1% 水平上有显著性差异。

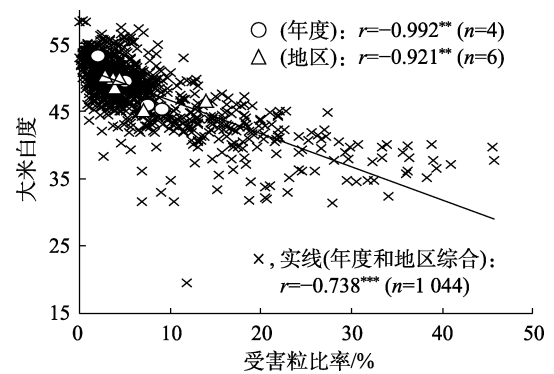


图 12 受害粒比率与大米白度之间的关系

注: 实线的回归方程, $y = -0.491\ 7x + 51.53$ 。**, ***分别为在 1%、0.1% 水平上有显著性差异。

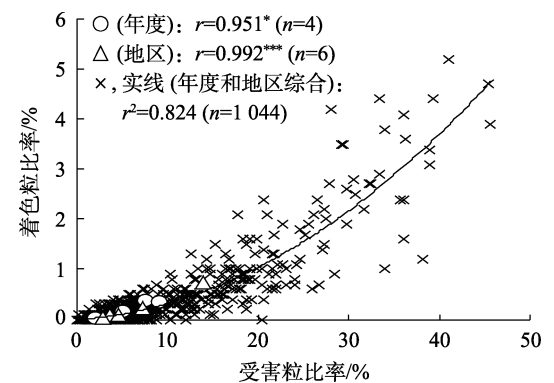


图 13 受害粒比率与着色粒比率之间的关系

注: 实线的二次回归方程, $y = 0.002\ 01x^2 + 0.012\ 2x - 0.005\ 6$ 。此外, 一次回归直线方程时 $r^2 = 0.745$ 。*, ***分别为在 5%、0.1% 水平上有显著性差异。

而地区间的各生育期气候、生育特性以及整粒比率、未熟粒比率其最小值最大值之差以及变异系数要小, 由此这些气候指标与外观品质之间的关系以及未熟粒与其它外观品质或生育特性之间的关系也不明确。

4 提高米粒外观品质的栽培方法

随着成熟度的提高,从抽穗到收获为止的日平均累计气温(以下称“抽穗后累计气温”)也渐渐变高,青色米粒会减少,糙米产量变高,受害粒和着色粒会同时增加^[12](图 14)。另外,抽穗后累计气温越高,整粒比率就越高,整粒比率为 80% 时是收获的时期,这时的抽穗后累计气温大概为 800 °C(图 15)。由此,为了提高整粒比率,通过尽早插秧和使用叶龄大的秧苗等可以促进抽穗,充分确保灌浆气温,抑制青色未熟粒的产生^[12](图 7)。同时遵守标准种植密度和进行侧条施肥可以促进初期的生育,使抽穗整齐,抑制因成熟不均匀而产生的白色未熟粒和青色未熟粒。

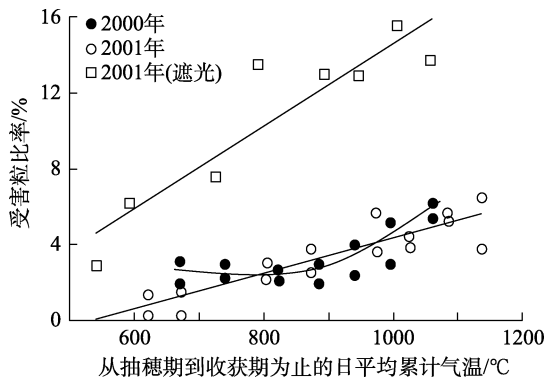


图 14 不同收获时期时从抽穗期到收获期为止的日平均累计气温与受害粒比率之间的关系^[4]

注:北海道立上川农业试验场的试验结果。

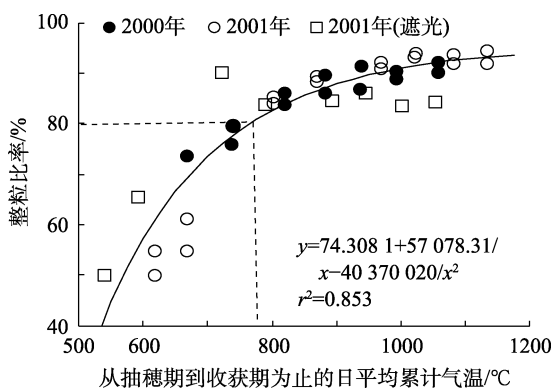


图 15 不同收获时期时从抽穗期到收获期为止的日平均累计气温与整粒比率之间的关系^[4]

注:北海道立上川农业试验场的试验结果。遮光处理为从 7 月 13 日到 7 月 27 日为止的 50% 遮光。图中的虚线表示整粒比率要达到 80% 的话,其灌浆期间的累计气温大概需要为 800 °C。

为了尽量减少受害粒和着色粒的发生,参考

抽穗后累计气温 800 °C 时的结果,决定了糙米产量高,同时不影响糙米外观品质的最佳收获时期,有必要严格遵守。特别是糯稻比起粳稻其糙米水分的下降比较缓慢,产生着色粒之一的红变米而使等级下降的情况较多,有必要种植稻谷裂口少的品种,避免收获太迟,同时收获后尽快进行烘干^[13]。

正如第 1 项中所述,受害粒和着色粒的产生与整粒和未熟粒不同,地区间差异要比年度间大。但是,地区间差异的原因不太可能是由于年度差异大于区域差异的各生育期气候和生育特性。另一方面,正如本项所述,受害粒比率和着色粒比率随着抽穗后的累计温度升高,即随着收获时期延迟而增加。从这些结果来看,造成受害粒比率和着色粒比率的地区间差异大于年度间差异的原因可能是由于在栽培管理(实际收获时期与最佳收获时期的时间差距)上具有地区间差异。

5 阴糯籽粒的发生

调查了糯稻大米烘干过程中的大米水分与半透明的阴糯籽粒比例之间的关系。糯米水分 17% 时 80% 以上为阴糯籽粒,到了糙米定等检验标准的水分 15% 时大部分为不透明,即白变的籽粒。但是,在水分 15% 以下时还有一些阴糯籽粒,最低 13.5% 的水分时也有阴糯籽粒^[3-4](图 16)。另外,相同的水分时阴糯籽粒和白变籽粒同时存在(图 17),不同籽粒其白变的临界水分可能不同。

当我们观察未白变的籽粒和白变籽粒之间的

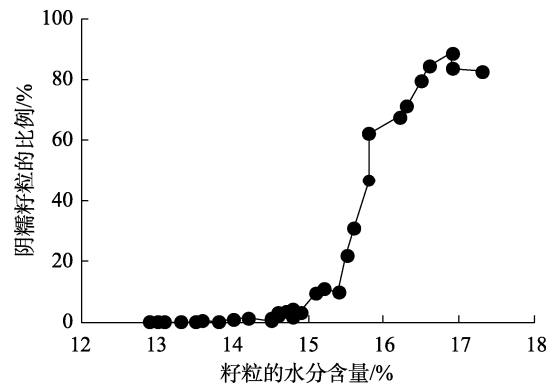


图 16 糯稻大米烘干试验过程中大米水分含量与阴糯籽粒的比例^[3]

注:使用水分含量 17% 的糯稻大米在室内进行自然烘干,每 10 分钟测定 50 粒籽粒中的阴糯籽粒比例和水分含量。

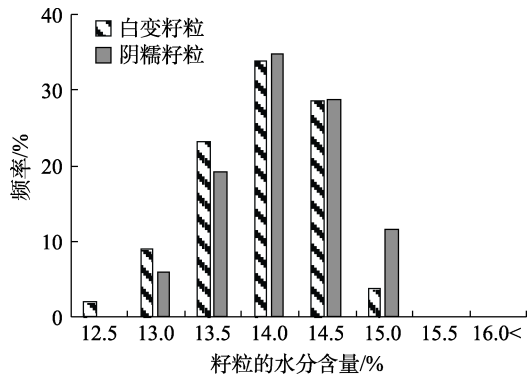


图 17 白变籽粒和阴糯籽粒的水分含量频率分布^[3]

注：收获后将稻谷烘干到水分含量 15%，加工成糙出白 90.0% 的大米，分别测定 50 粒白变籽粒和阴糯籽粒的水分含量。水分含量（%），白变籽粒：12.5~15.5，平均 13.9。阴糯籽粒：13.0~15.5，平均 14.1。

理化特性差异时，由于相同水分的两种籽粒在蛋白质和淀粉含量，淀粉颗粒大小，纯化淀粉中碘吸收曲线的最大吸收波长和吸光度方面几乎没有差异（表 5），因此可以认为理化特性上基本上没有差异。未白变籽粒的白度和明度明显低于白变籽粒，但在年糕面胚的明度上没有差异

（表 5、表 6）。就年糕面胚的物理特性而言，在 5 °C 保存 24 h 后，未白变籽粒比白变籽粒要稍软些，但差异很小（表 6）。综上所述，可以认为在年糕面胚加工中阴糯籽粒混入糯米中不会成为问题^[14]。

由于糯糙米的农产物定等检验时粳米的混入会降低等级，所以生产者在收获后的烘干时为了尽量使籽粒白变，而通常将糙米水分降低到标准所规定的水分 15% 以下。产生爆腰粒和过度干燥成为问题，让生产者避免过度干燥很重要。另一方面，在糯糙米的农产物定等检验中，半透明的粳米籽粒与糯米籽粒的区分是通过碘淀粉反应进行的，超过检验等级允许范围的粳米籽粒混入是不会发生的。但是，对实际消费者来说，由于未白变的阴糯籽粒，其米粒的白度和明度都低于白变的糯米籽粒，对混有阴糯籽粒的糯米其外观品质评价往往容易偏低。因此，实际消费者有必要充分了解，在年糕面胚加工时混入阴糯籽粒并不影响其外观。

表 5 白变籽粒和阴糯籽粒的大米水分含量、千粒重、白度及理化特性^[3]

籽粒外观	水分含量/% [†]	千粒重/g [†]	白度 [†]	蛋白质含量/%	淀粉含量/%	淀粉颗粒的大小/ μm	最大吸收波长 [#]
白变籽粒	13.9	18.2	49.7	6.7	93.2	5.6	1.14
阴糯籽粒	14.1	18.0	35.9	6.7	91.9	5.4	1.06

注：†：使用大米测定，#：碘-淀粉复合体的最大吸收波长。

表 6 白变籽粒和阴糯籽粒其大米和年糕面胚的明度及 5 °C，2 h、24 h 冷藏后的年糕面胚物理特性^[14]

籽粒外观	明度 (L*)		年糕面胚的物理特性 (5 °C 冷藏时间)		
	大米 (n=9)	年糕面胚 (n=9)	硬度 (2 h)	伸展性 (2 h)	硬度 (24 h)
白变籽粒	79.7±0.4	74.8±0.4	40.9	3.77	78.7
阴糯籽粒	77.2±0.3	74.5±0.7	42.5	4.13	72.8

注：明度为色彩分析仪、物理特性为质地分析仪的测定结果。试验材料、明度为 2001 年北海道立上川农业试验场生产，物理特性为 2002 年北海道立中央农业试验场生产，使用品种都是「天鹅糯米」。

6 与粳稻花粉杂交产生的异粉籽粒

针对不同秕粒比率的种子亲本糯稻品种，为了明确糯稻种子亲本与粳稻花粉亲本间的隔离距离与产生杂交之间的关系，在距粳稻花粉亲本稻田下风 2~600 m 处设置了糯稻种子亲本。对种子亲本的试验设计有为了促进秕粒发生而在孕穗期进行冷水处理和无处理的试验区，以及隔离距离为 150~600 m 的试验区。结果表明，在每个隔离

距离上，秕粒比率较高的冷水处理区的杂交率高于秕粒比率较低的无处理区，并且随着距离的增加，杂交率普遍下降。然而，在冷水处理区，即使在最大隔离距离 600 m^[11]也观察到杂交（表 7，图 18）。

这样，即使隔离距离为 600 m，也无法防止异粉籽粒的产生。其原因有以下四点^[6-7,11,15-16]：

(1) 从种子亲本和花粉亲本的抽穗开始到齐穗为

表 7 隔离距离 150~600 m 的种子亲本糯稻品种「天鹅糯米」和花粉亲本粳稻品种「七星」的抽穗日期、秕粒比率以及不同花粉亲本品种的杂交粒数和杂交率^[11]

亲本类型	种子亲本与花粉亲本稻田之间的距离	有无冷水处理	抽穗日期 (月日)			秕粒比率/%	调查粒数	不同花粉亲本的杂交粒数				同左杂交率/%	
			始穗	抽穗	齐穗			七星	闪光	397	星之梦		不明
种子亲本	150 m 试验区	冷水处理区	7.28	7.29	8.2	42.1	35 609	27	3	0	0	30	0.084
		无处理区	7.27	7.29	7.31	24.0	41 180	7	0	0	0	7	0.017
	300 m 试验区	冷水处理区	7.28	7.29	8.2	37.3	39 213	9	0	0	0	9	0.023
		无处理区	7.28	7.29	8.1	25.1	43 590	6	0	0	0	6	0.014
	450 m 试验区	冷水处理区	7.28	7.29	8.1	46.4	33 828	2	2	0	0	4	0.012
		无处理区	7.28	7.29	8.1	27.0	42 885	1	0	0	0	1	0.002
	600 m 试验区	冷水处理区	7.28	7.29	8.2	47.5	31 709	9	2	0	0	11	0.035
		无处理区	7.28	7.29	8.1	26.3	38 152	0	0	0	0	0	0.000
	花粉亲本稻田			7.28	7.31	8.3	11.3						

注: 2007 年的水田试验。在使用 1/5000a 瓦氏盆的种子亲本区, 设计了孕穗期的冷水处理区和无处理区。使用 DNA 标记进行花粉亲本品种的判别。

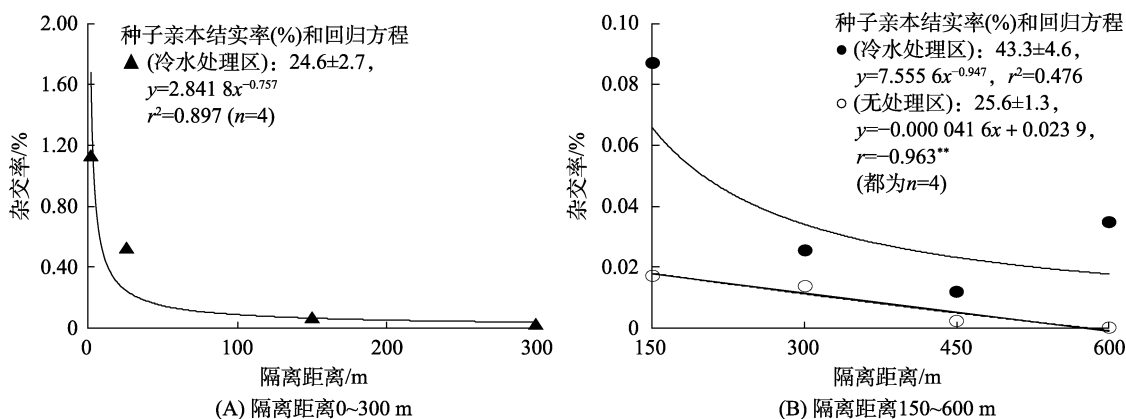


图 18 种子亲本的糯稻品种与花粉亲本的粳稻品种的隔离距离与杂交率之间的关系^[11]

注: 隔离距离和试验年度, 隔离距离 0~300 m: 2006 年, 同 150~600 m: 2007 年。2007 年的具体数据参照表 7。**为在 1% 的水平上有显著性差异。

止的时期重叠; (2) 种子亲本的秕粒比率高于花粉亲本, 其差异较大; (3) 粳稻花粉源的稻田面积大; (4) 开花期间的风向以从花粉亲本朝种子亲本的方向为主, 这个方向的平均风速也较大。

因此, 在同一地区种植粳稻品种时, 尤其是在冷害年份很难防止糯稻品种出现异粉籽粒。在北海道, 为了避免异粉籽粒的混入导致品质下降, 在粳稻品种种植地区之外建立了专门种植糯稻品种的区域, 即糯稻生产区^[1]。用此方法将糯稻品种和粳稻品种的种植稻田隔离开来。

参考文献:

[1] 北海道农政部 生産振兴局农产振兴课编. 有关大米的资料 [生产·价格·需求] (令和 2 年 10 月) 北海道农政部 生産振

兴局农产振兴课 北海道的水田农业(2020)[R]. http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01_r2zentai_1.pdf (2021/5/18 浏览).

[2] 平山裕治. 北海道糯米的需现状和理化特性[J]. 北农, 2001, 68(4): 355-360.

[3] 中森朋子, 柳原哲司, 加藤淳. 糯米的阴糯籽粒发生的研究[J]. J. Appl. Glycosci., 2003, 50(2): 139-142.

[4] 五十岚俊成, 后藤英次, 中森朋子. 主食用糯米的栽培管理规程制定[J]. 土肥誌, 2004, 75(1): 109-114.

[5] 全国食粮检查协会编. 农产物检查手册 米谷部分[M]. 东京: 日本农民新闻社, 2002: 1-361.

[6] 大内邦夫. 通过低温处理从糯稻出现粳稻[J]. 北农, 1960, 27(8): 1-3.

[7] 山崎信弘. 水稻糯稻采种田的粳稻籽粒混入的实际调查[J]. 北农, 2005, 72(3): 231-239.

[8] 本間昭, 楠谷彰人, 前田博, 等. 水稻糯稻新品种「天鹅糯米」的培育[J]. 北海道立农集报, 1991, 62: 1-11.

[9] 丹野久, 木下雅文, 佐藤毅. 寒地水稻糯米品质的年度间和

- 地区间的差异及其产生因素[J]. 日作纪, 2009, 78(1): 50-57.
- [10] 丹野久, 木下雅文, 佐藤毅. 北海道水稻糯米品质的年度间和地区间差异及其产生因素, 大米外观品质·食味研究最前线〔40〕[J]. 农及园, 2016, 91(4): 455-467.
- [11] 丹野久, 竹内徹, 木内均, 等. 水稻孕穗期冷温秕粒发生条件下的隔离距离与杂交率的关系[J]. 日作纪, 2011, 80(1): 49-58.
- [12] 五十嵐俊成. 决定外观品质的因素和提高对策. 北海道米麦改良协会编, 北海道的稻作[2011 年版][M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 89-95.
- [13] 田中文夫. 病害植保. 北海道米麦改良协会编, 北海道的稻作[2011 年版][M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 165-182.
- [14] 北海道立中央农业试验场, 上川农业试验场. 糯米品质对年糕面胚品质(颜色·物性)的影响及其评价方法[R]. 北海道立综合研究机构 农业技术情报广场 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 阅览).
- [15] 品田裕二, 佐々木忠雄, 前川利彦. 水稻糯稻品种「风之子糯米」的采种栽培中的梗稻籽粒产生因素[J]. 北农, 1999, 66(3): 273-276.
- [16] 佐藤裕, 横谷砂贵子. 孕穗期低温引起的雄性秕粒化对水稻杂交率的影响[J]. 育种学研究, 2008, 10: 127-134. ㊦

日译中: 河野元信(日本株式会社佐竹)