

“日本寒地北海道非糯米的食味和米粒外观品质提高” 特约专栏文章之五

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.009

日本寒冷地带北海道粳稻米粒 外观品质的年度及地域间差异 及其发生原因

丹野 久

(北海道农产协会, 日本 北海道札幌, 060-0004)

摘要: 在北海道, 作为米粒外观品质的整粒、未熟粒、受害粒、着色粒和死米的各比率以及糙米白度和大米白度都是年度间差异(1999—2006年的6~8年间)比地区间差异(15个地区)大, 最大值最小值的差与标准偏差之比平均为1.5~6.4倍。这是由于障碍危险期(出穗前24日之后30天时间)的平均气温和成熟气温(出穗后40天时间的日平均累计气温), 其年度间差异与地域差异相比大3.0~3.7倍, 而不结实比率、千粒重和糙米产量的生长特性和大米蛋白质含量(蛋白)多1.4~3.3倍的原因。在年度之间, 千粒重越重, 整粒比率就越高, 而整粒比率越高, 由于丰产导致蛋白含量就越低。另外, 障碍危险期的气温越高, 不结实率越低, 蛋白含量越低, 且成熟气温越高, 糙米白度、大米白度也就越高。受害粒和着色粒比率之间存在正相关关系, 两种比率在成熟气温分别达到890、850℃之前, 成熟气温越高, 比率就越低。还有, 未熟粒比率在成熟气温808℃时最低, 出现二次曲线的相关关系, 特别是成熟期间40天的后半部分影响比前半部分大。日照量不足也使未熟粒多发。在地区之间, 虽然与年度间相比这些关系基本上还不太明确, 但是死米比率在灰色低地土比率较低而泥炭土比率较高的地区, 有升高的趋势。现在, 这些使米粒外观品质提高的栽培技术在逐渐被开发, 并在生产者中被普及和指导。

关键词: 粳稻米粒; 外观品质; 年度差异; 地域差异; 发生原因; 寒冷地带

中图分类号: TS5-33; S511 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0075-11

网络首发时间: 2020-10-30 14:43:30

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201030.1402.009.html>

Variation and Its Occurrence Factors of the Appearance Quality of Nonglutinous Rice Grains Among Years and Among Regions, in Cold Region, Hokkaido in Japan

Hisashi Tanno

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

Abstract: Appearance quality of rice grains, including percentages of whole, immature, damaged, colored and opaque grain, and whiteness of brown, milled rice were examined in 15 areas of Hokkaido during 1999—

收稿日期: 2020-09-20

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 P86-P96。

2006 (6~8 years). The range of the yearly variation in those appearance qualities was 1.5~6.4 times larger than that of regional variation. That was because the annual difference of average temperature and mature temperature (40 days after heading) in sensitive stage to stelite-type cool injury (SSC, 24 days before heading and 30 days after heading) is 3.0~3.7 times larger than that of regional difference, while the rate of non seed setting, the growth characteristics of 1000 grain weight and brown rice yield and the protein content of rice are 1.4~3.3 times higher than that of regional difference. Among years, the heavier the 1 000 grain weight, the higher the whole grain ratio, and the higher the whole grain ratio, the lower the protein content due to high yield. In addition, the higher the temperature in SSC, the lower the rate of non seed setting, the lower the protein content, and the higher the CSH, the higher the whiteness of brown rice and milled rice. There was a positive correlation between the ratio of damaged grain and colored grain. The higher the CTAH was, the lower the ratio was before the CTAH reached 890 °C and 850 °C. Moreover, the ratio of immature grains was the lowest at 808 °C and showed a quadratic correlation, especially the effect of the second half of 40 days is greater than that of the first half. The lack of sunshine also makes the immature grains more frequent, too. Among regions, although these relationships are still unclear compared with those among years, the ratio of dead rice trends to increase in areas with low gray soil ratio and high peat soil ratio. At the present, these cultivation techniques that can improve the appearance quality of rice grains are gradually developed, further are popularized and guided by farmers. At the present cultivation techniques that improve those appearance quality of rice grains have been developed and have disseminated to farmers.

Key words: nonglutinous rice grains; appearance quality; difference among years; difference among areas; occurrence factors; cold region

北海道的一等米比率在 1970 年代以后得到了大幅上升。其结果，北海道与日本全国相比以往较低，但从 1998 年以后开始变高，自该年至 2018 年的 21 年平均为 86%±7.1% (±标准偏差)，比日本全国的 76%±5.9%高 10% (图 1)。但是，显示年度间差异的标准偏差值比日本全国稍大，这个值还需要缩小。

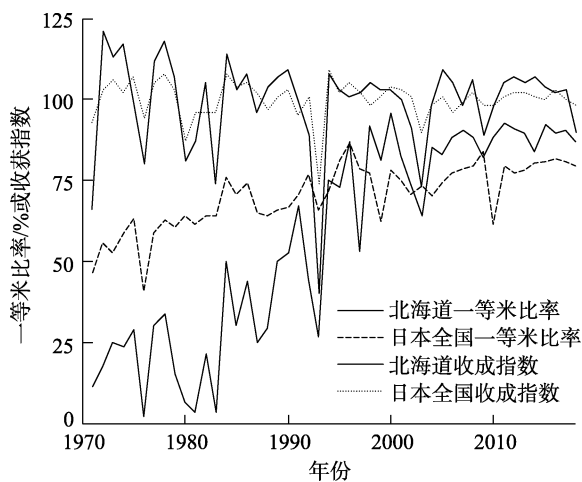


图 1 北海道和日本全国的一等米比率及收成指数的年度推移^[1]

另外，这 21 年间一等米比率低于 85%的年份

有 7 年。究其等级下降的因素，在很多年中都是由于腹白粒和心白粒等白未熟粒的产生导致的整粒不足和青未熟粒等导致的充实度不足造成的。此外，还发现有由于水稻盲蝽多发而造成的含有斑点米的着色粒 (表 1, 图 2)。

表 1 1998—2018 年北海道一等米比率低于 85% 的 7 年等级下降的主要原因^[2-8]

年份	一等米比率/%	收成指数	(试验场)等级下降主要原因
1999	81.1	103	(中央)斑点米混入。
2001	82.7	100	(中央)青未熟粒多，形质充实度不足。 (植遗)整粒不足。
2002	73.8	91	(中央)青未熟粒多，形质充实度不足。 (道南)形质充实度不足。
2003	64.2	73	(道南)整粒不足。(植遗)着色粒多。
2005	82.8	109	(中央)乳白粒混入。
2009	82.3	89	(中央)充实度不足，腹白多发。
2014	83.9	107	(中央)由于白未熟粒混入导致整粒不足。 (上川)青米及形质不足谷粒较多。 (道南)由于心白，腹白导致。

注：主要农作物收成：根据北海道立（现为北海道立综合研究机构）农业·畜产试验场。试验场的中央：北海道立中央农业试验场（以下简称农业试验场为农试），上川：同上川农试，道南：道南农试，植遗：植物遗传资源中心（现在的中央农试遗传资源部）。1999 年的斑点米是由于水稻盲蝽多发造成的。

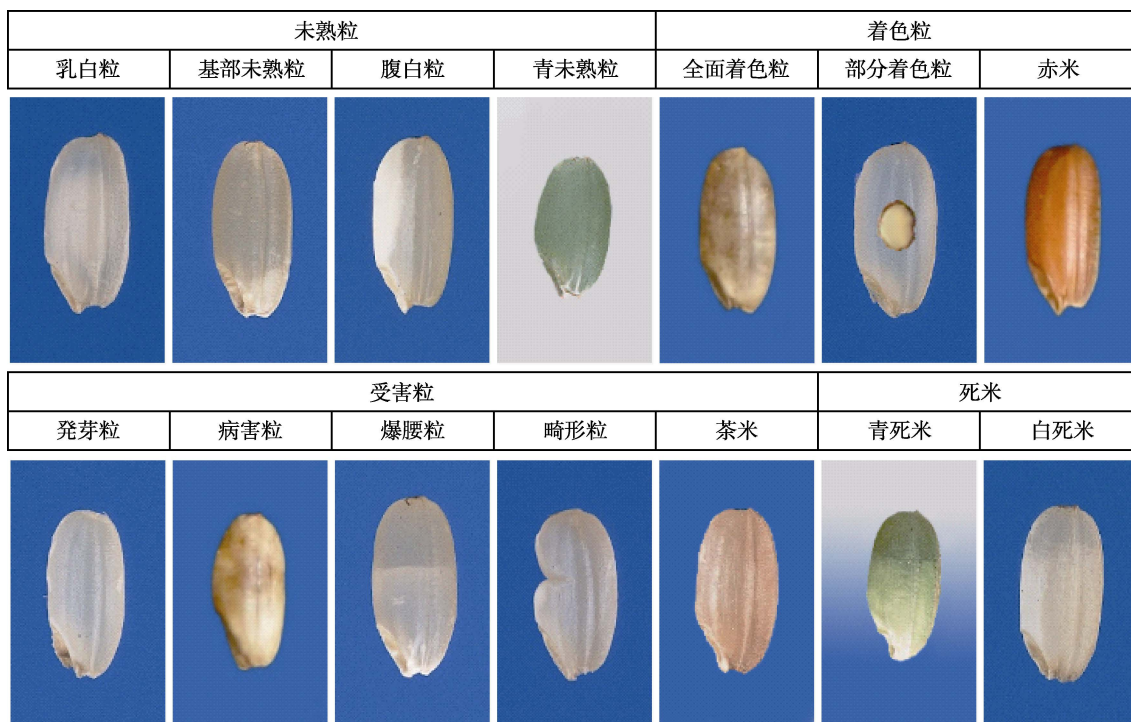


图 2 农产品检验标准中糙米品质（等级）中的受害粒、死米、着色粒及未熟粒的例子

注：根据农林水产省“检查用语的解说”（https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/k_kaisetsu/）。未熟粒是除死米以外还未成熟的谷粒，除图中所示之外，还有心白粒、背白粒及其他未熟粒。受害粒是指受到损伤的谷粒，图中的畸形粒是胴切粒。除图中所示之外，还有腐败粒、虫害粒、畸形粒的扭曲粒和其他畸形粒、碎粒、斑点粒、胚芽缺损粒和剥皮粒。死米是不充实的粉质粒。所谓着色粒是指粒面全部或部分着色的谷粒和赤米。但是，除去通过碾米加工能去除着色，或者对大米的质量和成品率没有造成显著影响程度的籽粒^[9]。

从收成指数和一等米比率的关系来看，1998—2018 年之间收成指数越高的年度，一等米比率就越高（图 3）。然而，在 1971—1997 年之间这种关系并不明确，推测其原因是受同期间的育种导致外观品质提高^[10]和栽培方法改良^[11]的影响。另

外，这种相关关系在日本全国的平均值中也看不到，这是北海道的特征性关系。

另一方面，在与食味相关的直链淀粉含量和 大米蛋白质含量（以下简称蛋白质）中，年度间差异比地域间差异大，这是因为栽培期间和不同生长阶段气温的年度间差异比地域间差异大，糙米产量等的生长特性差异也较显著^[12]。因此，可推测米粒外观品质的年度间差异和地域间差异都会受水稻不同生长阶段气温和生长特性差异的影响。

因此，本报告列举了作为米粒外观品质的整粒，从整粒中去除的未熟粒、受害粒及死米，以及含在整粒中造成等级下降的着色粒及影响大米外观评价的糙米白度和大米白度等。主要由 1999—2006 年的 6~8 年间，15 个地区的调查结果，阐明了这些米粒外观品质的年度间和地域间的差异，并且明确了它们和气象以及生长特性之间的关系^[13-14]。此外，开发了抑制未熟粒、受害粒、死米及着色粒的产生以及提高糙米白度和大米白度的提高外观品质的栽培技术，并面向生产者进行普及和指导，在此也介绍了其大概内容。

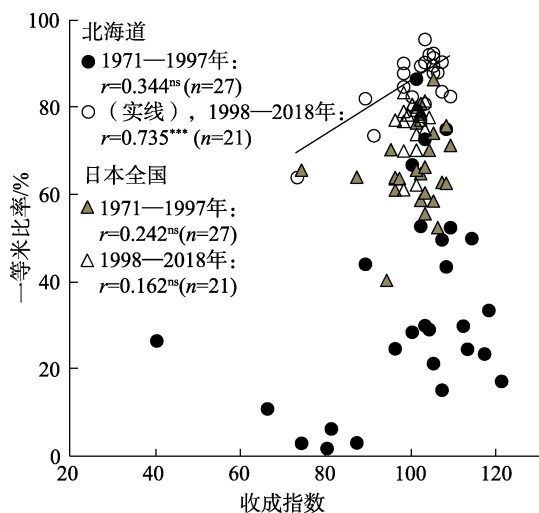


图 3 北海道与日本全国的收成指数与一等米比率之间的关系^[11]

注：1998 年以后，北海道的一等米比率比日本全国稳定上升，所以显示分为 1998 年之前和之后。回归方程，北海道的 1998—2018 年： $y=0.6235x+23.868$ 。***在 0.1% 的水平上有显著性差异。

1 米粒外观品质的年度间地区间差异

在整粒比率、未熟粒比率、受害粒比率、死米比率，以及着色粒比率、糙米白度和大米白度方面，比较年度间和地区间的最大值和最小值之差以及标准偏差，结果都是年度间的差异大。也

就是说，年度间的差异与地区间的相比，受害粒最大分别为 6.5、6.2 倍，其次是整粒、未熟粒及着色粒的 2.5~3.1 倍、2.9~3.1 倍，糙米白度及大米白度为 2.0~2.1、2.4~3.1 倍，与之相比，死米最小，为 1.1、1.9 倍（表 2）。

表 2 年度间和地区间米粒外观品质统计结果^[13-14]

年度或地区(数据数)	统计项目	整粒比率/%	未熟粒比率/%	受害粒比率 ⁺ /%	死米比率 ⁺ /%	着色粒比率 ⁺ /%	糙米白度	大米白度
年度 (6 [†] , 7 [‡] , 8)	平均值	75.7	14.0	6.4	1.3	0.2	18.8	37.6
	标准偏差(A)	8.4	6.1	7.29	0.69	0.20	1.13	1.15
	最小值(B)	57.7	9.0	0.0	0.7	0.1	17.2	35.4
	最大值(C)	82.7	24.4	22.2	2.4	0.6	20.1	38.8
	C-B(D)	25.0	15.4	22.2	1.7	0.5	2.9	3.4
地区 (15)	平均值	75.6	14.0	6.4	1.3	0.2	18.8	37.6
	标准偏差(E)	2.8	2.0	1.17	0.37	0.07	0.36	0.48
	最小值(F)	71.4	11.2	4.9	0.9	0.1	18.2	36.9
	最大值(G)	79.5	17.3	8.3	2.5	0.3	19.6	38.6
	G-F(H)	8.1	6.1	3.4	1.6	0.2	1.4	1.7
变动比同上	D/H	3.1	2.5	6.5	1.1	2.5	2.1	2.0
	A/E	3.0	3.1	6.2	1.9	2.9	3.1	2.4

注：年度为 15 个地区，地区为 1999—2006 年的 8 年的平均值，但是，2006 年为 14 个地区，只有 1 个地区为 7 年，还有受害粒比率除去 1999 年，死米比率和着色粒比率除去 1999、2006 年。整粒是除去了受害粒、死米、未熟粒、异种谷粒和异物的谷粒。用静冈制机公司生产的品质判定仪 RS1000 进行测定，白度由凯特科学研究所公司生产的白度计 C-300 测定，供试品种为“闪光 397”。

2 各生长阶段的气温及生长特性的年度间地区间差异

出穗前 24 日以后 30 天之间的障碍型冷害危险期（以下称为障碍危险期）的平均气温以及出穗后 40 天之间的日平均累计气温（以下称为成熟

气温）的年度间差异与地区间差异相比，以及年度间的标准偏差与地区间相比，分别为 2.4~3.4 倍以及 3.6~3.9 倍。而且，在不结实比率、千粒重、糙米产量的生长特性及蛋白质方面，年度间的差异与地区间相比，还有年度间的标准偏差与地区间相比分别为 1.3~3.1、1.5~3.4 倍（表 3）。

表 3 年度间和地区间各生长阶段的气温及生长特性的统计结果^[13-14]

年度或地区(数据数)	统计项目	障碍危险期的气温/°C	成熟气温/°C	出穗期 (7月1日=1)	不结实比率/%	千粒重/g	糙米产量/(kg/10a)	大米蛋白质含量/%
年度 (8)	平均值	20.9	831	32.4	12.9	22.9	513	7.5
	标准偏差(A)	1.14	65.2	3.3	8.9	0.70	74.6	0.41
	最小值(B)	18.7	753	28.8	7.4	21.5	345	7.2
	最大值(C)	22.1	925	37.2	32.5	23.4	573	8.4
	C-B(D)	3.4	172	8.4	25.1	1.9	228	1.2
地区 (15)	平均值	20.6	806	32.3	12.9	22.9	515	7.5
	标准偏差(E)	0.29	18.0	3.2	2.6	0.42	44.9	0.27
	最小值(F)	20.1	769	26.9	8.3	22.3	430	7.1
	最大值(G)	21.1	841	37.7	16.5	23.7	580	8.0
	G-F(H)	1.0	72	10.8	8.2	1.4	150	0.9
变动比同上	D/H	3.4	2.4	0.8	3.1	1.4	1.5	1.3
	A/E	3.9	3.6	1.0	3.4	1.7	1.7	1.5

注：年度是 15 个地区，地区是 1999—2006 年的 8 个年度的平均值，但是 2006 年是 14 个地区，有 1 个地区只有 7 个年度。障碍危险期的气温，是相当于障碍型冷害危险期的出穗前 24 日以后 30 天之间的平均气温。成熟气温是出穗后 40 天之间的日平均累计气温。供试品种为“闪光 397”。

如上所述，在各个生长阶段的气温和生长特性方面，年度间差异均比地区间差异大。因此，推断米粒外观品质的年度间差异比地区间差异大。

3 年度间与地区间米粒外观品质之间的关系

由于未熟粒比率和受害粒比率比死米比率在

年度间和地区间的差异更大，所以被认为对整粒比率的影响更大（表 2）。比较它们与整粒比率之间的相关系数，年度间的受害粒比率，地区间的未熟粒比率比受害粒比率的绝对值更大，其对整粒比率的影响更大（表 4，图 4）。另外，试验年度中的 2003 年，是北海道收成指数为 73 的冷害年。在本次试验中，该年与其他年度相比，受害粒比率和着色粒比率增高，整粒比率降低。

表 4 年度间和地区间米粒外观品质之间的相关系数

项目（数据数）	形质	未熟粒比率	受害粒比率	死米比率	着色粒比率	糙米白度	大米白度
年度（6 [†] , 7 [‡] , 8）	整粒比率	-0.478	-0.873	0.418	-0.835	0.391	0.635
	未熟粒比率		-0.051	-0.253	-0.046	0.319	0.076
	受害粒比率 [‡]			-0.395	0.946	-0.717	-0.825
	死米比率 [†]				-0.615	0.678	0.796
	着色粒比率 [†]					-0.760	-0.890
	糙米白度						0.922
地区（15）	整粒比率	-0.820	-0.695	-0.545	-0.703	0.617	0.226
	未熟粒比率		0.469	0.367	0.507	-0.613	-0.057
	受害粒比率			0.565	0.874	-0.673	-0.539
	死米比率				0.592	-0.475	-0.447
	着色粒比率					-0.744	-0.510
	糙米白度						0.659

注：具体数据请参照表 2。表中相关系数的有意义水平，5，1，0.1%分别为 n=6:0.811, 0.917, 0.974, n=7:0.755, 0.875, 0.951, n=8:0.707, 0.834, 0.925, n=15:0.514, 0.641, 0.760。

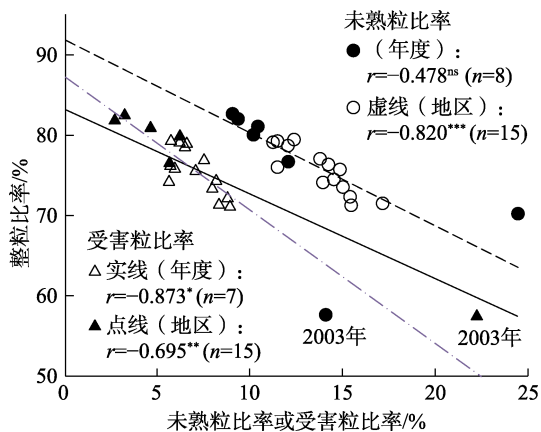


图 4 年度间和地区间的未熟粒比率以及受害粒比率与整粒比率之间的关系

注：回归方程，未熟粒比率的地区： $y = -1.1594x + 91.88$ ，受害粒比率的年度： $y = -1.05x + 83.153$ 及地区： $y = -1.6541x + 87.222$ 。图中的 2003 年是北海道的收成指数为 73 的冷害年。*，**，***分别在 5，1，0.1%的水平上有显著性差异。

另外，整粒比率在年度间和地区间与受害粒比率之间呈负的相关关系，并且与受害粒比率呈正相关性的着色粒比率（图 5）也有负的相关关系。整粒比率在地区间与糙米白度之间存在正的相关关系。另外，糙米白度和大米白度之间，在年度和地区间都有正的相关关系（图 6）。也就是

说，提高整粒比率、糙米白度和大米白度的因素有类似性，并且这些因素会减少受害粒和着色粒。

在年度之间，死米越多通常受害粒和着色粒就越少，糙米白度和大米白度也就越高。另一方面，在地区之间，死米多，受害粒和着色粒也增多，而糙米白度和大米白度却降低。因此，死米和这些外观品质之间的关系，在年度间和地区间是不同的。

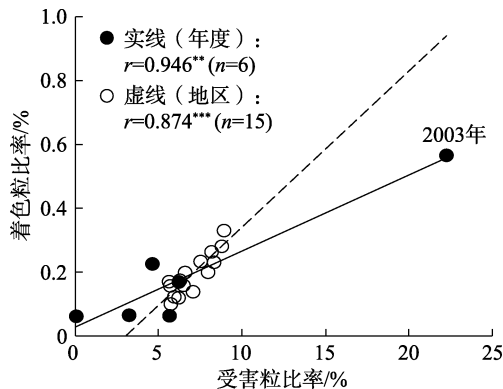


图 5 年度间和地区间的受害粒比率和着色粒比率之间的关系
注：回归方程，年度间： $y = 0.0238x + 0.0273$ ，地区间： $y = 0.049x - 0.1496$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*，**，***分别在 1，0.1%的水平上有显著性差异。

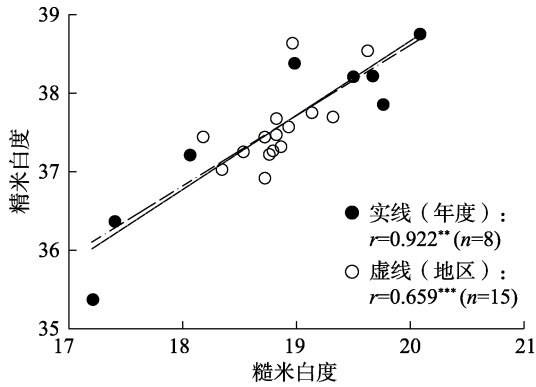


图 6 年度间和地区间的糙米白度和大米白度之间的关系

注：回归方程，年度间： $y=0.943 2x+19.8$ ，地区间： $y=0.890 9x+20.786$ 。**在 1% 的水平上有显著性差异。

4 年度间米粒外观品质与生长特性及不同生长阶段气温之间的关系

年度之间，整粒越多，由于丰产使得蛋白质越低（表 5，图 7，图 8）。另外，障碍危险期的气温越高，不结实比率越低，蛋白质越低，并且成熟气温越高，糙米白度和大米白度就越高（图 9，图 10）。另一方面，在冷害危险期为高温情况下，不结实率越低，千粒重越重，越是丰产（表 5），并且分别达到 890 和 850 °C 的成熟温度越高，受害粒和着色粒发生就减少（图 11 和图 12）。

表 5 年度间和地区间米粒外观品质和生长特性以及各生长阶段气温之间的相关系数

项目（数据数）	形质	千粒重	大米蛋白质含量	不结实比率	糙米产量	灾害危险期的气温	成熟气温
年度（6 [†] ，7 [‡] ，8）	整粒比率	0.628	-0.764	-0.660	0.798	0.435	0.166
	未熟粒比率	0.211	-0.085	-0.240	0.025	0.498	0.602
	受害粒比率 [‡]	-0.891	0.953	0.942	-0.948	-0.896	-0.692
	死米比率 [†]	0.610	-0.550	-0.631	0.647	0.515	0.518
	着色粒比率 [†]	-0.856	0.939	0.963	-0.952	-0.925	-0.703
	糙米白度	0.807	-0.735	-0.844	0.827	0.819	0.933
	大米白度	0.891	-0.878	-0.938	0.949	0.818	0.766
	千粒重		-0.955	-0.936	0.938	0.861	0.751
	大米蛋白质含量			0.954	-0.961	-0.867	-0.648
	不结实比率				-0.965	-0.932	-0.764
	糙米产量				0.834	0.687	
地区（15）	整粒比率	0.270	-0.405	-0.456	0.195	-0.262	0.127
	未熟粒比率	-0.130	0.181	0.373	-0.030	-0.030	-0.228
	受害粒比率	-0.341	0.158	0.364	-0.330	-0.041	-0.553
	死米比率 [†]	0.269	0.356	-0.128	0.262	-0.023	-0.060
	着色粒比率 [†]	-0.405	0.299	0.536	-0.368	-0.021	-0.544
	糙米白度	0.061	-0.291	-0.217	-0.137	0.307	0.529
	大米白度	-0.017	-0.254	0.091	-0.258	0.112	0.488
	千粒重		-0.117	-0.758	0.778	-0.556	0.163
	大米蛋白质含量			0.264	0.036	0.437	0.286
	不结实比率				-0.594	0.327	-0.281
	糙米产量				-0.372	0.223	

注：具体数据参照表 2 和表 3。障碍危险期的气温和成熟气温参照表 3 脚注。表中相关系数的有意义水平参照表 4 脚注。冷害危险期的气温和成熟气温之间的相关系数，年度间 0.861，地区间 0.416。

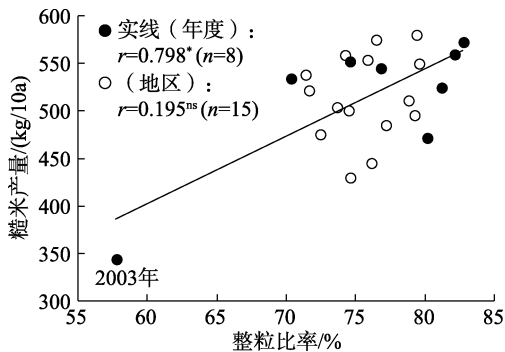


图 7 年度间和地区间的糙米产量与整粒比率之间的关系

注：回归方程，年度间： $y=7.092 9x-23.571$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*在 5% 的水平上有显著性差异。

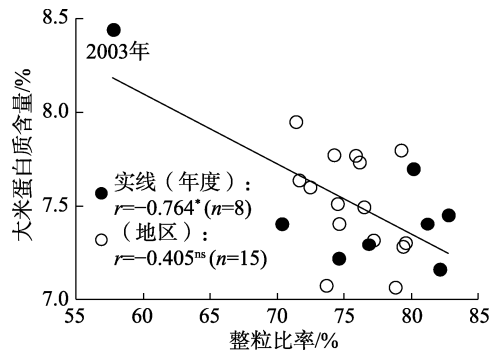


图 8 年度间和地区间的大米蛋白质含量与整粒比率之间的关系

注：回归方程，年度间： $y=-0.037 3x+10.337$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*在 5% 的水平上有显著性差异。

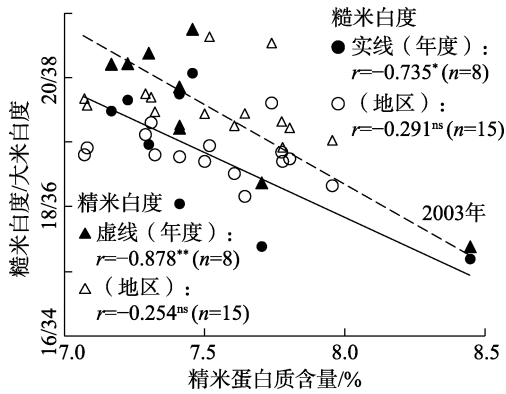


图 9 年度间和地区间的大米蛋白质含量与糙米白度及大米白度之间的关系

注：回归方程，糙米白度的年度： $y = -2.0207x + 34.005$ ，大米白度的年度： $y = -2.4707x + 56.116$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*，**分别在 5% 和 1% 的水平上有显著性差异。

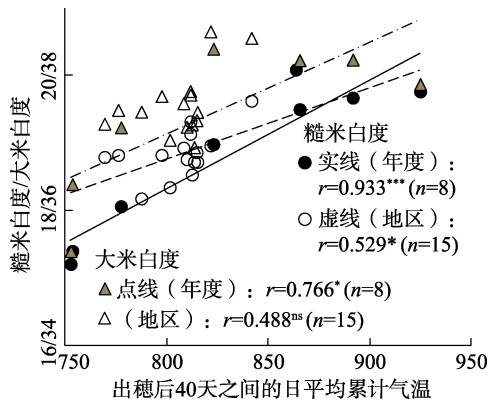


图 10 年度间和地区间的出穗后 40 天之间的日平均累计气温与糙米白度及大米白度之间的关系

注：回归方程，糙米白度的年度： $y = 0.0161x + 5.4028$ ，地区： $y = 0.0105x + 10.366$ ，大米白度的年度： $y = 0.0136x + 26.273$ 。*，***分别在 5%，0.1% 的水平有显著性差异。

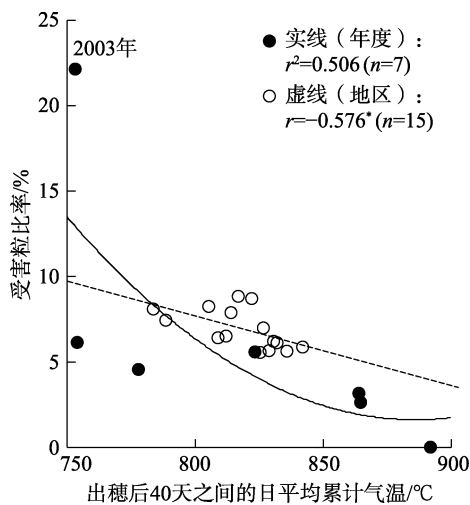


图 11 年度间和地区间的出穗后 40 天之间的日平均累计气温与受害粒比率之间的关系^[14]

注：回归方程，●： $y = 0.00064x^2 - 1.1398x + 506.42$ ，○： $y = -0.0406x + 0.159$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*在 5% 的水平上有显著性差异。

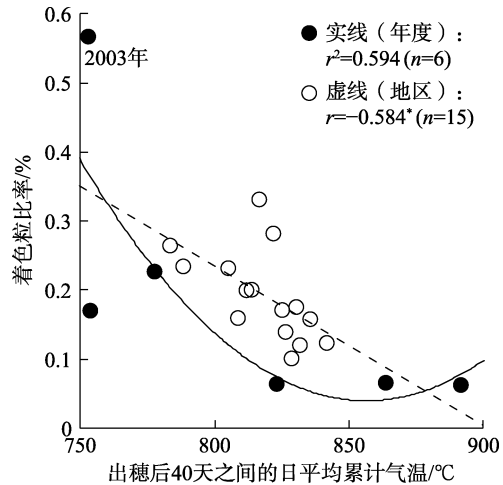


图 12 年度间和地区间的出穗后 40 天之间的日平均累计气温和着色粒比率之间的关系^[14]

注：回归方程，●： $y = 0.000031x^2 - 0.0527x + 22.613$ ，○： $y = -0.0023x + 2.0803$ 。图中的 2003 年参照图 4 脚注。*在 5% 的水平上有显著性差异。

死米比率与这些生长阶段的气温和生长特性之间的关系，与整粒比率、糙米白度和大米白度的情况类似，但稍显不清晰。另外，未熟粒比率与这些生长阶段的气温和生长特性之间的关系没有固定的倾向性。

5 年度间未熟粒比率与气象之间的关系

年度间的未熟粒比率当成熟气温在 808 °C 时为最低，比其高的话白未熟粒增多^[15-17]，低的话青未熟粒增多^[18]，其比率变高（图 13）。并且，对成熟期间的出穗后 1~20 日的前半以及 21~40 日的后半的日平均累计气温和未熟粒比率的二次

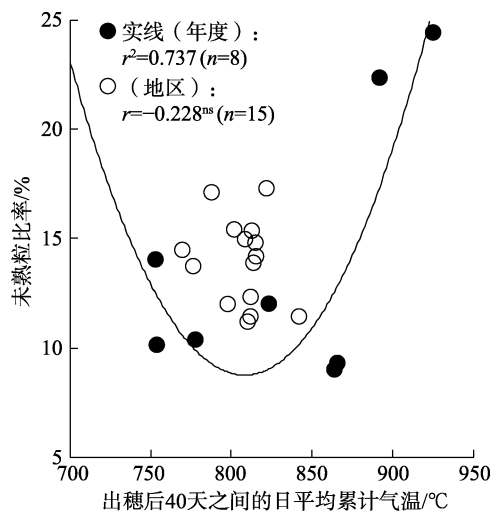


图 13 年度间和地区间的出穗后 40 天之间的日平均累计气温和未熟粒比率之间的关系^[14]

注：二次回归方程，年度： $y = 0.00123x^2 - 1.98284x + 810.00$ 。

回归曲线的决定系数进行比较的话，由于成熟期间后半的值更大(表 6)，可认为其影响度也更大。

另外，作为主要未熟粒的乳白粒和腹白粒，除了高温之外，日照越少就越多(图 14)。

表 6 抽穗后 1~20 天以及 21~40 天的日平均累计气温和未熟粒比率的二次回归方程决定系数的比较^[14]

试验组	品种	成熟气温的累计时间段				数据数
		出穗后 1~20 天之间		出穗后 21~40 天之间		
		与未熟粒比率的二次回归方程	决定系数	与未熟粒比率的二次回归方程	决定系数	
A	闪光 397	$y=0.00134x^2-1.10678x+239.67$	0.237	$y=0.00672x^2-5.14693x+995.34$	0.975	8
		$y=0.000917x^2-0.74851x+163.94$	0.137	$y=0.00417x^2-3.14845x+603.55$	0.580	119
B	七星	$y=0.00178x^2-1.51824x+327.56$	0.131	$y=0.000853x^2-0.62155x+115.79$	0.575	33
	闪光 397	$y=0.00156x^2-1.23038x+246.01$	0.219	$y=0.00191x^2-1.44028x+273.52$	0.718	
	北洁	$y=0.00246x^2-2.06313x+438.94$	0.206	$y=0.000754x^2-0.50079x+86.57$	0.557	
	松软	$y=0.00276x^2-2.36372x+509.47$	0.156	$y=0.00119x^2-0.86325x+159.95$	0.585	

注：试验 A 的数据数，8 是 1999—2006 年的年度(地区平均)，119 是包括年度和 15 个地区。试验 B 根据 2006—2011 年、9 个地方的数据。

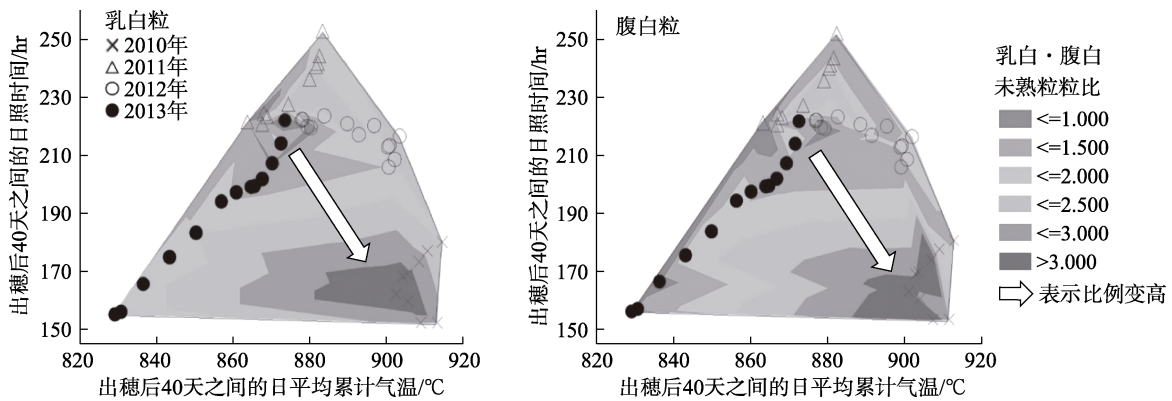


图 14 出穗后 40 天之间的日平均累计气温和日照时间对乳白粒以及腹白粒产生的影响^[19]

6 地区间米粒外观品质与生长特性及不同生长阶段气温之间的关系

地区之间，存在成熟气温越高，受害粒和着色粒就越少，糙米白度和大米白度就越高的趋势，但其他方面相关系数的绝对值略小，没有显示明确的相关关系(表 5)。但是，泥炭土比率越高，灰色低地土比率越低，死米就越多(图 15)。也就是说，泥炭土具有即使在初期生长较差，但之后由于氮供给量多，每平方米的稻谷数量多的特征^[20]。由此，在迟穗上生长的稻谷不能充分成熟，死米就会变多。因此，由土壤类型差异造成了死米产生的地区间差异，这是前述 3. 的死米比率与受害粒比率、着色粒比率、糙米白度和大米白度之间的关系在年度间和地区间不同的主要原因。

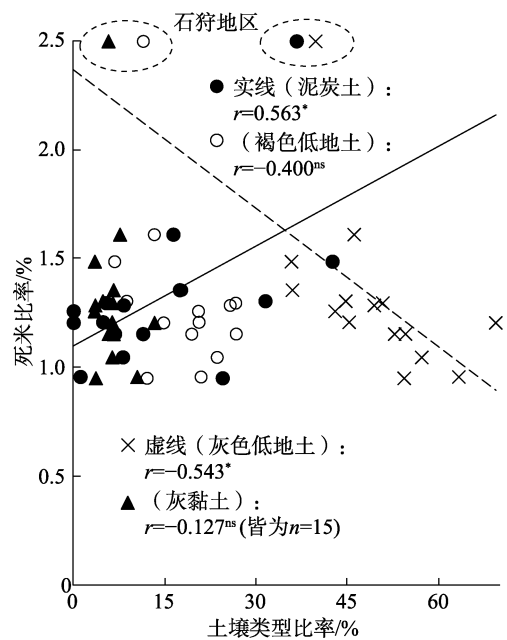


图 15 调查地区之间土壤类型比率与死米比率之间的关系^[14]

注：回归方程，泥炭土： $y=0.0154x+1.0969$ ，灰色低地土： $y=0.0212x+2.3658$ 。*在 5% 水平有显著性差异。

7 提高米粒外观品质的对策

如上所述，为了提高外观品质，有必要抑制未熟粒、受害粒、着色粒和死米的产生。因此，对于未熟粒及死米，要遵守适当的种植密度，通过侧条施肥促进初期生长，以及避免早期异常出穗，使稻穗整齐，同时促进出穗。此外，通过土壤诊断决定施肥量等，将每平方米的稻谷数量适当化，在成熟期向土壤供给充足的水分，同时进行适期收割。另外，这些对策技术对于提高糙米形质的充实度和增加光泽度也很有效^[21]。此外，对于死米，为了防止因稻瘟病而导致的成熟停止，应充分采取防治措施。

有关受害粒，对于发芽粒要避免多肥，防止倒伏。对于爆腰粒应避免迟收淋雨，或收获后的高温干燥。此外，对于茶米，鼓励在强风地带设置防风网和使用硅酸肥料来减轻叶鞘褐变病和褐变穗的产生^[22-24]（图 16）以及适期收割^[21]（图 17，表 7）。

另外，着色粒主要是水稻盲蝽造成的斑点米^[25-26]（图 18），但是由于黑附球菌而产生的红变米也会在一些年份发生^[24]。这些谷粒都是破损稻谷多的品种发生率高，所以要注意选择种植品种（图 19）。另外，为了防止盲蝽的多发，对田埂畔和周边的禾科杂草进行适当的管理，并在水稻上撒布药剂进行充分的防治^[25]。红变米在成熟过程中，糙米水分越高，越容易感染，症状也越严重，稻谷周围的湿度越高，就越容易多

发（图 20），注意不要迟割，收获后迅速进行干燥。

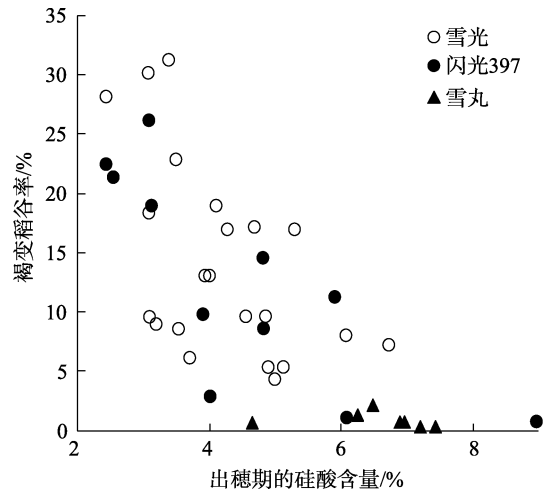


图 16 出穗期的硅酸含量与褐变稻谷率之间的关系^[23]

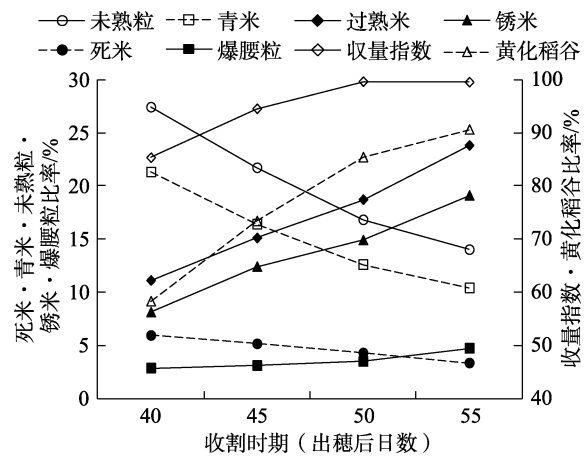


图 17 收割时期与糙米外观品质之间的关系^[21]

注：根据北海道立中央农业试验场空知支场（1963）。过熟米是超过成熟期后随时间流逝而失去光泽的谷粒，而锈米是在谷粒表面产生锈蚀状部分的茶米（受害粒）。青米是新鲜的青粒。

表 7 从适期收割和推迟收割的着色粒中分离的 *Alternaria*（链格孢）菌接种而产生的稻谷（稻穗）褐变和着色粒，以及接种该菌和推迟收割对糙米的影响^[23]

收割时间或处理种类	接种	稻谷（稻穗）褐变稻谷率/%	糙米 [†] /%				
			健全	淡茶	背黑茶	背黑	浓茶
适期收割	-	9.5	76.2	8.7	1.9	1.4	0.00
	+	56.5	46.1	34.7	2.3	1.7	0.34
推迟收割	-	18.4	44.9	21.7	15.6	10.2	0.00
	+	50.8	25.0	37.0	19.2	8.6	0.33
处理对稻谷或糙米的影响，提高或增加（○），不变（△）							
接种菌推迟收割	○	○	—	○	—	△	○
	△	△	—	○	—	○	△

注：表中的着色粒与检查等级的着色粒不同，还包括通过碾米加工能除去的着色较轻的谷粒（参照图 2）。北海道立中央农业试验场进行的试验。[†] 省略未熟米，碎米和不结实粒。

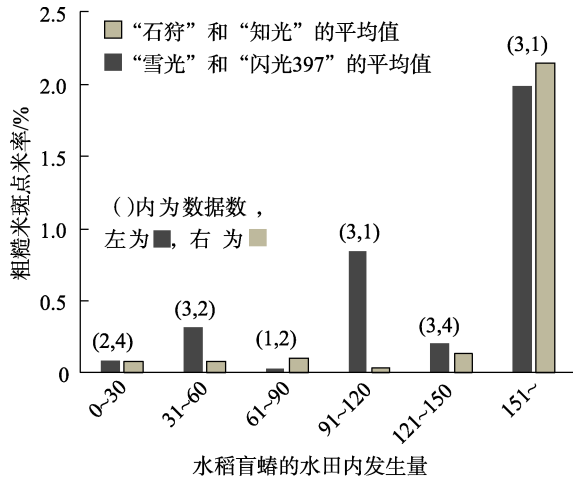


图 18 水稻盲蝻的水田内发生量与糙米斑点米率的关系^[26]

注：发生量是抽穗期以后第 6 半旬的水田内盲蝻成虫发生量的合计，采取调查的 20 次×30 天的量。在北海道立中央农业试验场及同上川农业试验场发生的预察试验及资材试验中，“石狩”和“知光”是从 1981 年开始，“雪光”和“闪光 397”是从 1988 年到 1993 年为止的相应数据。

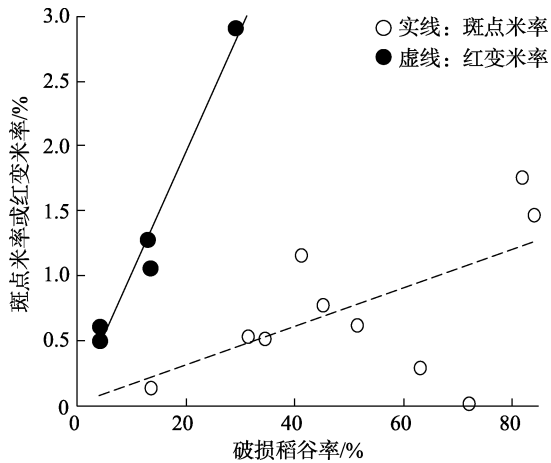


图 19 品种间的破损稻谷率和作为着色粒的斑点米和红变米的各发生率之间的关系^[27-28]

注：斑点米是由北海道立综合研究机构中央农业试验场及上川农业试验场在 2009—2013 年提供的 5 个梗稻品种，红变米是由北海道立上川农业试验场在 1982 年提供的 9 个梗稻品种及 2 个糯稻品种共计 11 个品种。

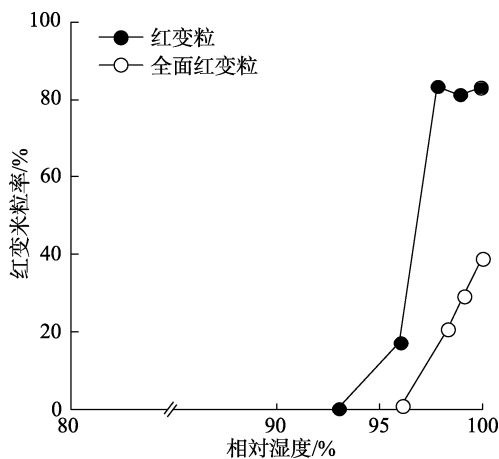


图 20 黑附球菌接种导致的糙米红变和相对湿度之间的关系^[28]

此外，为了提高糙米白度和大米白度，有必要提高整粒率，实现低蛋白化（图 9）。为此，包括促进初期生长在内的低蛋白米生产技术是非常有效的^[29]。

参考文献：

- [1] 北海道农政部生产振兴局农产振兴课编. 有关大米的资料《生产、价格、需求》令和元年 10 月[M]. 北海道农政部生产振兴局农产振兴课北海道的农田农业(2019). http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01_r1zentai.pdf (2020 年 8 月 7 日阅览).
- [2] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 11 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2000, 67(1): 42-76.
- [3] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 13 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2002, 69(1): 53-90.
- [4] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 14 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2003, 70(1): 42-79.
- [5] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 15 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2004, 71(1): 17-53.
- [6] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 17 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2006, 73(1): 42-77.
- [7] 北海道立农业试验场, 畜产试验场. 平成 21 年主要农作物收成—根据北海道立农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2010, 77(1): 68-100.
- [8] 北海道立综合研究机构农业试验场, 畜产试验场. 平成 26 年主要农作物收成—根据道总研农业·畜产试验场—[J]. 北农, 2015, 82(1): 79-107.
- [9] 全国粮食检查协会编. 农产品检查手册粮食篇[M]. 东京: 日本农民新闻社, 2002: 1-361.
- [10] 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/OL]. 粮油食品科技: 1-10. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201030.1609.014.html>.
- [11] 丹野久. 日本寒冷地带北海道抑制梗稻生成白未熟粒的栽培法[J/OL]. 粮油食品科技: 1-10. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201030.1048.002.html>.
- [12] 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/OL]. 粮油食品科技: 1-10. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201029.1556.002.html>.
- [13] 丹野久, 平山裕治. 北海道梗米的外观品质及其变动因素. 松江勇次编著, 大米的外观品质与食味-最新研究与改善技术-[M]. 东京: 养贤堂, 2018: 349-368.
- [14] 丹野久, 平山裕治, 其田达也. 北海道的梗米品质中的年度

- 间及地域间差异及其发生原因, 大米的外观品质·食味研究最前线[39][J]. 农及园, 2016, 91(1): 16-32.
- [15] 月森弘. 岛根县高温对水稻生产的影响和技术对策[J]. 日作纪, 2005, 74(1): 80-82.
- [16] 若松谦一, 佐佐木修, 上菌一郎, 等. 温暖地区水稻成熟期的高温对糙米品质的影响[J]. 日作纪, 2007, 76(1): 71-78.
- [17] 森田敏. 为了克服水稻的高温成熟障碍[J]. 日作纪, 2008, 77(1): 1-12.
- [18] 熊谷聪. 明确和减轻北海道米的白浊因素生长和稻谷数量平衡的水稻种植[J]. 新乡村, 2018, 767(2): 54-55.
- [19] 五十岚俊成. 关于高温年大米的“腹白”“乳白”等的发生[J]. 农家之友, 2014, 66(1): 41-43.
- [20] 渡边祐志. 北海道水田土壤的特征. 北海道米麦改良协会编, 北海道水稻种植〔2011年版〕[M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 52-61.
- [21] 五十岚俊成. 左右外观品质的主要原因和提高对策. 北海道米麦改良协会编, 北海道水稻种植[2011年版][M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 89-95.
- [22] 富岛邦之. 关于水稻叶鞘褐变病的研究[R]. 北海道立农业试验场报告, 1983, 43: 1-74.
- [23] 北海道立中央农业试验场. 水稻叶鞘褐变病及褐变穗的受害分析及其对策[R]. 北海道立综合研究机构农业技术信息广场试验研究成果一览(1999). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h11gaiyo/1998504.htm> (2020年8月7日阅览).
- [24] 田中文夫. 病害防治. 北海道米麦改良协会编, 北海道水稻种植〔2011年版〕[M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 165-182.
- [25] 桥本庸三. 虫害防治. 北海道米麦改良协会编, 北海道水稻种植〔2011年版〕[M]. 札幌: 北海道米麦改良协会, 2011: 183-193.
- [26] 北海道立中央农业试验场. 蜡象水田内发生预测系统和防治方法[R]. 北海道立综合研究机构农业技术信息广场试验研究成果一览(1994). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h06gaiyo/1993216.htm> (2020年8月7日阅览).
- [27] 北海道立综合研究机构中央农业试验场, 上川农业试验场. 对于水稻破损稻谷比率等级“少”~“略少”品种的斑点米蜡象的要防治标准[R]. 北海道立综合研究机构农业技术信息广场试验研究成果一览(2014). https://www.hro.or.jp/list/agricultural/result_pdf/result_pdf2014/2014243.pdf (2012/8/7 阅览)
- [28] 北海道立上川农业试验场. 红变米的发生生态和防治对策[R]. 北海道立综合研究机构农业技术信息广场试验研究成果一览(1986). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/S61gaiyo/1985164.htm> (2020年8月7日阅览).
- [29] 丹野久. 日本寒冷地带的优良食味米栽培[J]. 粮油食品科技(中国), 2019, 27(6): 18-26. 完

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: 殷宏; 专业校对: 河野元信; 编辑加工: 尤梦晨)