

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”特约专栏文章之二

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.05.002

丹野久. 日本寒地北海道稻作极限地带糯米蛋白质含量和白度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): 26-34.

TANNO H. Variation of the protein content and whiteness of glutinous rice grains among years and among areas, and its occurrence factors in the coldest regions for rice cultivation in Hokkaido, Japan[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(5): 26-34.

日本寒地北海道稻作极限地带 糯米蛋白质含量和白度的年度间 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:北海道在最寒冷的稻作地带种植糯稻, 考察了产量和品质变动较大的4个年度及其6个种植地区。在种植年度之间, 障碍型冷害危险期的气温越高, 秕粒比率越低; 出穗后40天之间的日平均累计气温(灌浆气温)越高, 千粒重越重, 产量越高, 其蛋白质含量越低, 糙米和大米的白度就越高。然而在种植地区之间, 这些关系不是很明确。这是由于年度间的最小值与最大值之差以及变异系数和地区间的相比, 大米蛋白质含量(蛋白质)分别是1.0、1.3倍, 为相同或稍高, 各生育期的气温和生育特性是1.3~8.5倍, 米粒的两种白度是1.6~2.6倍。此外, 综合年度间和地区间的所有数据, 蛋白质在灌浆气温849℃时为最低, 相互之间呈现二次回归关系。当年度和地区的各项平均值其障碍型冷害危险期的平均气温越低, 秕粒比率越高, 千粒重越轻, 糙米产量越低, 蛋白质越高, 米粒的两种白度越低; 即, 各项指标越差时, 同年度的地区间或同地区的年度间的变异系数越大。米粒的两种白度都与每平方米每粒稻谷的灌浆气温之间呈正相关关系, 可以从达到目标糙米白度的每粒稻谷的灌浆气温以及该地区正常年份的灌浆气温求得每平方米的稻谷数量, 从而推算出达到目标糙米白度的氮肥施用量。

关键词: 大米蛋白质含量; 米粒白度; 年度间地区间差异; 糯米; 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)05-0026-09

网络首发时间: 2022-09-06 09:14:38

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220905.1314.002.html>

收稿日期: 2021-11-01

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P35-43。

Variation of the Protein Content and Whiteness of Glutinous Rice Grains Among Years and Among Areas, and Its Occurrence Factors in the Coldest Regions for Rice Cultivation in Hokkaido, Japan

Hisashi TANNO

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

Abstract: Glutinous rice is produced in the coldest and the severest regions for rice cultivation in Hokkaido, Japan. The rice quality of four years and six cultivation areas with large fluctuation in yield and quality was investigated. Among years, the higher the temperature during the stage sensitive to sterile-type cool injury, the lower the sterility. Moreover, the higher the cumulative daily mean temperature during 40 days after heading (grain-filling temperature), the heavier the 1 000-kernel-weight, the higher the grain yield, the lower was the protein content and the higher were the whiteness of both brown and milled rice. However, the correlation among different planting areas was not clear. This was because, compared to the range of the regional variation (differences between the two extreme values and coefficients of variation), the range of the yearly variation in protein content was 1.0 and 1.3 times larger, the mean temperatures during some growth stages and growth characteristics like grain yield were 1.3~8.5 times higher, and the whiteness of both brown and milled rice were 1.6~2.6 times larger. It should be noted that the protein content was the lowest in the quadratic regression relationship at a grain-filling temperature of 849 °C, among the 6 areas during the 4 years. In addition, concerning the mean values for year and area, the lower the temperature during the sensitive stage to sterile-type cool injury, the higher the sterility, the lighter the 1 000-kernel-weight, the lower the grain yield, the higher the protein content, the lower the whiteness of both brown and milled rice; namely, the worse these characteristics, the larger the coefficient of variation among areas and years. Moreover, the whiteness of both brown and milled rice showed positive relationships with grain-filling temperature per one unhulled rice in one square meter. Therefore, the number of unhulled rice in one square meter could be calculated from the grain-filling temperature per one unhulled rice to reach the target value of whiteness of brown rice and the grain-filling temperature in a normal year in the target area, and then the amount of nitrogen fertilizer application to obtain the target value of whiteness of brown rice could be determined.

Key words: protein content; whiteness of rice grains; variation among years and among areas; glutinous rice; coldest regions for rice cultivation

为了防止由于粳稻花粉直感作用产生粳性颗粒以及粳米混入照成的品质下降,在北海道远离粳稻品种的种植地区种植糯稻品种,从而形成了糯米生产区^[1]。北海道的糯稻种植地区是气候条件严峻的稻作极限地带(图1)。因此,北海道的糯稻生产容易受气候条件的影响,容易产生年度间差异和地区间差异(图2)。糯米大多被作为加工原料,在应用上品质很重要。为了使糯米品质稳定化,有必要明确糯米品质的年度间和地区间差异及其产生因素。

因此,我们从糯稻种植的主要地区收集了产量和品质变化较大的4个年度(2000—2003年)生产的糯米品种“天鹅糯米”^[2]的糙米样品。比如,在以糯稻种植为主的网走地区这4年的糙米产量为86~520 kg/10a,平均281 kg/10a,变异系数71%,最小值与最大值的差达到434 kg/10a。这与网走地区种植同品种较多的20年(1991—2010年)的糙米产量35~546 kg/10a,平均368 kg/10a,变异系数42%相比,其最小值与最大值的差要小些为0.85倍,变异系数要大为1.7

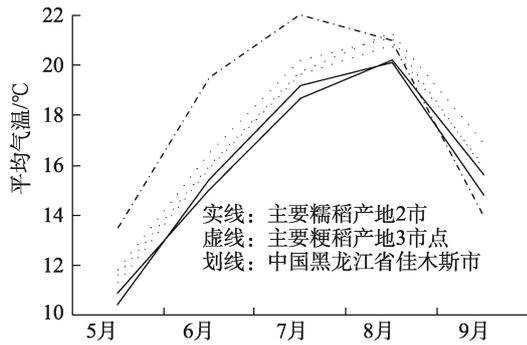


图 1 日本北海道主要糯稻和粳稻产地的水稻栽培期的平均气温推移

注：按 7 月份平均气温低的顺序，糯稻产地（北纬，东经）：北见市（43.8，143.9）和名寄市（44.4，142.5），粳稻产地：泷川市（43.6，141.9）、岩见泽市（43.2，141.8）以及旭川市（43.8，142.4）。气象数据，佳木斯市（北纬 46.8 度，东经 130.3 度）为 <https://www.chinaviki.com/service/china-weather/Heilongjiang/Jia-Mu-Si/> 的日最低最高气温的平均，其它出自日本气象厅的气象数据自动采集系统。

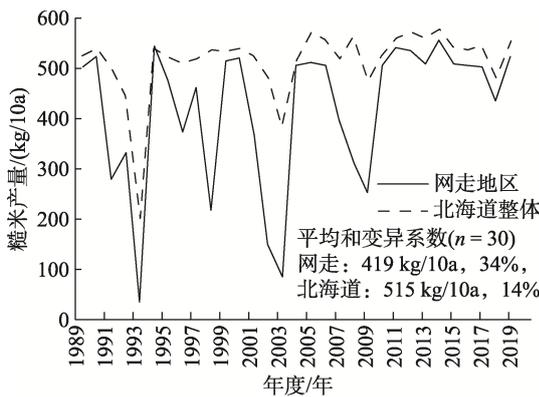


图 2 稻作极限地带的糯稻种植地区网走以及北海道整体的糙米产量年度推移^[1]

注：2013 年以后网走地区包括十胜地区。北海道整体除了粳稻品种以外还包括了 7.1%±0.92% 的糯稻品种。

倍^[1]。因此，通过调查分析这些收集的样品可知北海道糯米品质的年度间和地区间差异。

为此，使用这些样品分析了糯米品质中的大米蛋白质含量（以下称“蛋白质”）、米粒白度、与等级有关的米粒外观品质、以及捣制年糕的硬化特性和与其有关的糊化特性等，将这些数据按照 6 个主要的糯稻种植地区分开，调查了年度间差异和地区间差异以及这些差异与气候和水稻生育特性之间的关系^[3]。

比如，糯米品质中要求对影响捣制年糕食味^[4]以及年糕面胚的伸展性^[5]和膨化伸展性^[6]的蛋白质要低，对影响以糯米为原料的加工品外观的大

米白度要高^[7]。但是，北海道的糯米与日本东北以南的糯米相比，一般认为蛋白质要高，大米白度要低^[7-8]（图 3、图 4）。在此，本文首先解明了蛋白质和米粒白度的年度间和地区间差异及其产生因素，然后提出了要达到目标米粒白度的施肥量计算方法^[9]。

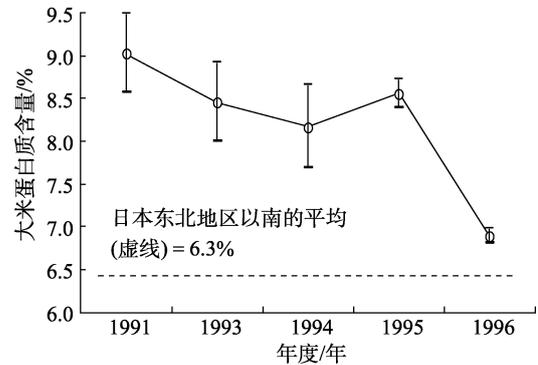


图 3 北海道糯稻的大米蛋白质含量的年度推移以及与东北地区以南产糯米的比较^[8]

注：折线的○为各年度的平均，误差线为标准差。测定样品为 1991、1993—1996 年的北海道立上川农业试验场和北见农业试验场的糯稻品种 191 份。东北以南品种为 1991、1992、1994 年收集的糯稻品种 16 份的平均。

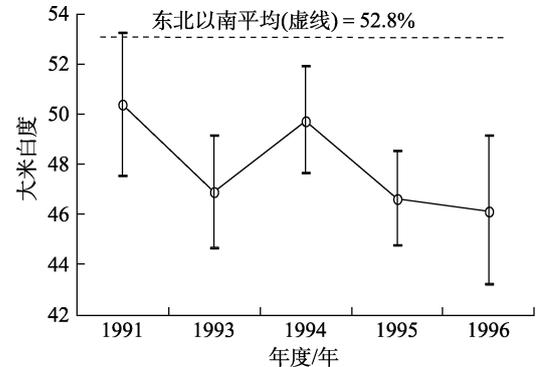


图 4 北海道糯稻的大米白度的年度推移以及与东北以南产糯米的比较^[8]

注：参照图 3 的脚注。

1 各栽培期和生育期的气温及生育特性的年度间地区间差异

栽培期的营养生长期（即出穗期前，大概 5—7 月份）的累计气温，从出穗开花期到灌浆期（大概 8—9 月份）的累计气温，以及从出穗 24 天前开始的 30 天之间（以下称为障碍型冷害危险期）的平均气温和出穗后 40 天之间的日平均累计气温（以下称为“灌浆气温”）的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为

2.5~8.5 倍。生育特性也同样,其年度间与地区间相比,除了出穗期是 0.9、1.1 倍(为基本相同)

以外,秕粒比率、千粒重和糙米产量其年度间要比地区间大 1.3~1.8 倍(表 1)。

表 1 北海道糯稻不同试验年度和地区的栽培期间的日平均累计气温,各生育期的气温及生育特性^[3,10]

年度 (n=4) 或 地区 (n=6)	日平均累 计气温		出穗期 (7月1日 =1)	障碍型冷 害危险期 的平均气 温/°C	出穗后 40天 之间的日 均累计气 温/°C	秕粒 比率 /%	千粒重/g	糙米产量 /(kg/10a)	大米蛋白 质含量/%	糙米白度	大米白度
	5~7月 /°C	8~9月 /°C									
平均											
最小 (A)											
最大 (B)											
变异系数 (C)	4.5	7.6									
方差分析	**	**									
年度											
平均	1 408	1 073	32.5	19.7	767	22.5	20.1	402	9.0	23.6	48.4
最小 (D)	1 384	1 036	29.9	19.1	755	12.5	19.3	308	8.4	22.3	45.2
最大 (E)	1 441	1 098	36.5	20.1	776	37.8	20.4	489	9.9	24.4	50.2
变异系数 (F)	1.7	2.4	7.8	1.8	1.1	44.9	2.2	17.8	7.1	3.6	4.3
方差分析	*	**	**	*	ns	**	**	**	**	ns	ns
地区											
(B-A)/(E-D)	2.5	2.9	0.9	3.8	7.7	1.4	1.6	1.3	1.0	2.3	1.6
C/F	2.6	3.1	1.1	4.4	8.5	1.6	1.8	1.6	1.3	2.6	1.8

注: 2000—2003 年及各地区均为有代表性的 2~3 个市町村的平均, 年度为 6 个地区, 地区为 4 个年度的平均。使用品种为「天鹅糯米」。日平均气温为日最高气温和日最低气温的平均。出穗期以 7 月 1 日 = 1 换算成数字, 比如 8 月 1 日 = 32。障碍型冷害危险期为从出穗 24 天前开始的 30 天期间。*、**分别为在 5%和 1%的水平上有显著性差异。

2 大米蛋白质含量和米粒白度的年度间地区间差异

蛋白质的最小值与最大值之差以及变异系数在年度间分别为 1.5% (最小值 8.4%~最大值 9.9%, 以下同样)和 8.9%, 在地区间分别为 1.5% (8.4%~9.9%) 和 7.1%。同样, 糙米白度在年度间分别为 4.9 (21.6~26.5) 和 9.2, 在地区间分别为 2.1 (22.3~24.4) 和 3.6。大米白度在年度间分别为 8.0 (45.1~53.1) 和 7.7, 在地区间分别为 5.0 (45.2~50.2) 和 4.3。这些最小值与最大值之差以及变异系数, 其年度间与地区间相比, 蛋白质分别是 1.0 和 1.3 倍, 为相同或年度间稍大。糙米白度分别为 2.3 和 2.6 倍, 大米白度分别为 1.6 和 1.8 倍, 年度间要比地区间大(表 1)。

根据上述结果, 栽培期气温其年度间差异大于地区间差异, 因此水稻生育期的气温也同样, 年度间的差异要大。受其影响, 在包括糙米产量的水稻生育特性上, 除了出穗期以外其年度间差异要大于地区间差异。而蛋白质其年度间差异与地区间差异相比为相同或稍大, 糙米白度和大米

白度的年度间差异要大。

3 各栽培期和生育期的气温及生育特性其年度和地区的各平均值与变异系数之间的关系

从年度和地区的各平均值与变异系数(各年度的 6 个地区之间的变异系数、各地区的 4 个年度之间的变异系数)之间的相关系数可知, 5~7 月份和 8~9 月份的累计气温中只有 5~7 月份的年度间有负相关关系, 累计气温越低的年度其地区间的变动越大。出穗期和灌浆气温在年度间和地区间均无一定的相关关系。而障碍型冷害危险期的平均气温其年度间和地区间均为负值, 秕粒比率为正值, 千粒重以及糙米产量均为负相关关系(表 2, 图 5)。

在蛋白质的平均值与变异系数之间的关系上, 年度和地区都是平均值越高变异系数越大(表 3, 图 6、图 7)。但是, 综合年度和地区的所有数据, 蛋白质超过 10.5%后变异系数有变小的趋势, 可以推测地区整体的高蛋白质化使蛋白质均一化。糙米白度和大米白度的年度和地区都是平

表 2 北海道糯稻的各栽培期间和生育期的气温以及生育特性其试验年度和地区的各平均值与变异系数之间的相关系数^[10]

年度 (n=4) 或地区 (n=6)	日平均累计气温		出穗期	障碍型冷害危险期的平均气温	出穗后 40 天之间的日平均累计气温	秕粒比率	千粒重	糙米产量
	5-7 月	8-9 月						
年度	-0.999***	-0.474	-0.514	-0.787	0.096	0.983*	-0.970*	-0.993**
地区	0.095	-0.411	-0.329	-0.836*	0.400	0.701	-0.794	-0.966**

注: 平均值与变异系数之间的相关系数中, 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。具体数据参照表 1。*、**、***分别为在 5%、1%、0.1%的水平上有显著性差异。

均值越低其变异系数越大 (表 3, 图 8、图 9)。

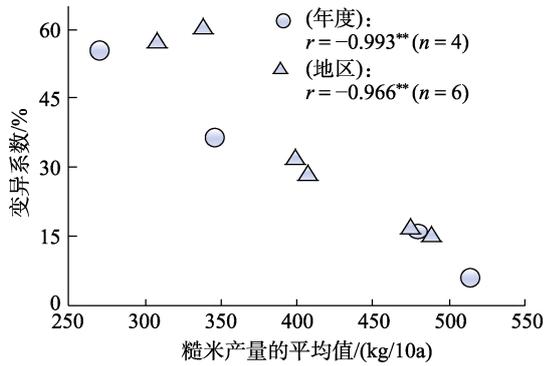


图 5 糙米产量的平均值与变异系数之间的关系^[10]

注: 平均值与变异系数之间的相关系数参照表 2 的脚注。

**为在 1%的水平上有显著性差异。

表 3 北海道糯稻的大米蛋白质含量和米粒白度其试验年度及地区的各平均值与变异系数之间的相关系数^[10]

年度 (n=4), 地区 (n=6) 或年度与地区综合 (n=24)	大米蛋白质含量	糙米白度	大米白度
年度	0.875	-0.833	-0.825
地区	0.928**	-0.912*	-0.946**
年度与地区综合	0.241	-0.611**	-0.735***

注: 平均值与变异系数之间的相关系数参照表 2 的脚注。

具体数据参照表 1。*、**、***分别为在 5%、1%、0.1%的水平上有显著性差异。

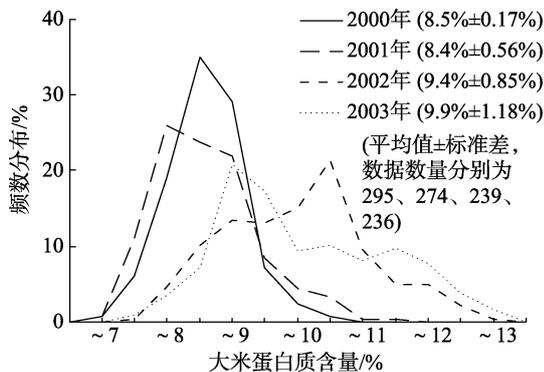


图 6 大米蛋白质含量的各年度频数分布

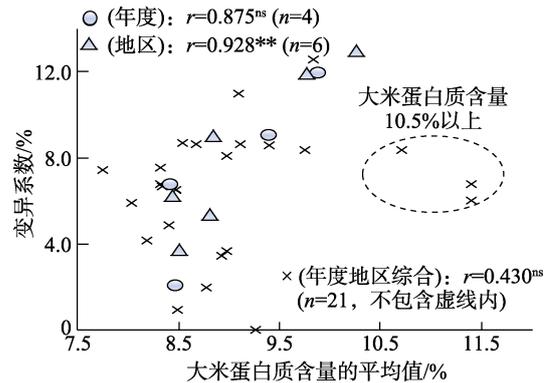


图 7 大米蛋白质含量的平均值与变异系数之间的关系^[10]

注: 平均值与变异系数之间的相关系数参照表 2 的脚注。

**为在 1%的水平上有显著性差异。

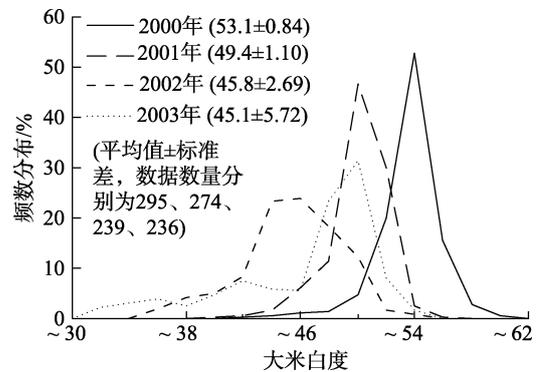


图 8 大米白度的各年度频数分布

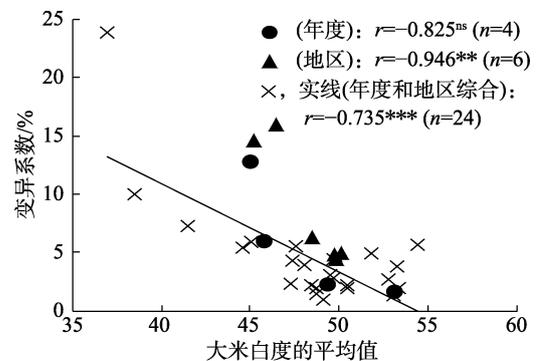


图 9 大米白度的平均值与变异系数之间的关系^[10]

注: 平均值与变异系数之间的相关系数参照表 2 的脚注。

实线的回归方程, $y = -0.764x + 41.54$ 。*、**、***分别为在 1%、0.1%的水平上有显著性差异。

综上所述,糙米产量及蛋白质、米粒的两种白度越是在收成不好的年度和地区其地区间和年度间的变异系数就越大。所以,这些成为稳定生产一定品质糯米的困难因素。

4 大米蛋白质含量、米粒白度、各生育期气温以及生育特性之间的关系

在年度之间,出穗期越早,障碍型冷害危险

期的平均气温越高,秕粒比率越低,灌浆期的日照时间(以下称“灌浆日照”)越长,千粒重越重,产量越高,蛋白质就越低(表 4,图 10~12)。在地区之间,蛋白质与秕粒比率、糙米产量以及千粒重之间具有和年度间类似的关系,而与其它指标之间的关系不明确。另外,综合分析年度和地区的所有数据,蛋白质在灌浆气温 849 °C 时为最低,在 849 °C 以下或以上时变高(图 13)。

表 4 北海道糯稻年度间和地区间的大米蛋白质含量、米粒白度、生育特性以及各生育期气温之间的相关系数^[10]

项目(数据数量)	指标	糙米白度	大米白度	糙米产量	千粒重	出穗期	秕粒比率	障碍型冷害危险期的平均气温	出穗后 40 天之间的日平均累计气温	出穗后 40 天之间的日累计日照时间
年度(4)	大米蛋白质含量	-0.859	-0.882	-0.994	-0.952	0.837	0.971	-0.809	-0.549	-0.748
	糙米白度		0.994	0.909	0.951	-0.984	-0.939	0.954	0.888	0.540
	大米白度			0.928	0.945	-0.994	-0.940	0.920	0.878	0.625
	糙米产量				0.972	-0.889	-0.986	0.856	0.635	0.729
	千粒重					-0.902	-0.998	0.950	0.702	0.557
地区(6)	大米蛋白质含量	-0.952	-0.951	-0.865	-0.980	0.352	0.879	-0.322	-0.155	-0.629
	糙米白度		0.999	0.918	0.992	-0.448	-0.927	0.469	0.432	0.431
	大米白度			0.910	0.990	-0.408	-0.911	0.485	0.417	0.454
	糙米产量				0.898	-0.663	-0.950	0.231	0.357	0.437
	千粒重					1.000	-0.417	-0.913	0.340	0.486
年度和地区综合(1 044 或 24 [#])	大米蛋白质含量	-0.704	-0.745	-0.764	-0.726	0.493	0.768	-0.528	-0.394	-0.444
	糙米白度		0.889	0.738	0.800	-0.538	-0.815	0.755	0.723	0.310
	大米白度			0.754	0.780	-0.566	-0.804	0.657	0.634	0.371
	糙米产量 [#]				0.892	-0.734	-0.937	0.668	0.518	0.463
	千粒重 [#]					-0.618	-0.931	0.782	0.595	0.424

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 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)时各为 0.811、0.917、0.974, $n=24$ (自由度 22)时为 0.404、0.515、0.629, $n=1 044$ (自由度 1 042)为 0.052、0.068、0.086。

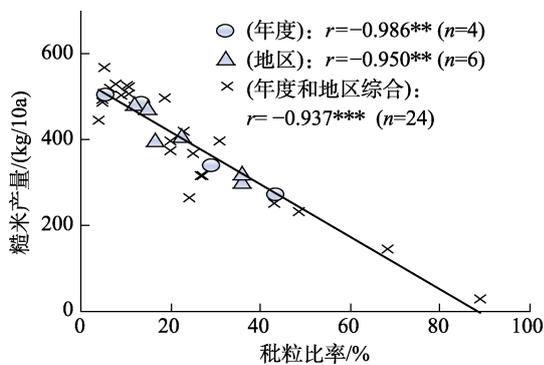


图 10 秕粒比率与糙米产量之间的关系^[10]

注:实线的回归方程, $y = -6.123x + 538.3$ 。*、**、***分别为在 5%、1%、0.1%的水平上有显著性差异。

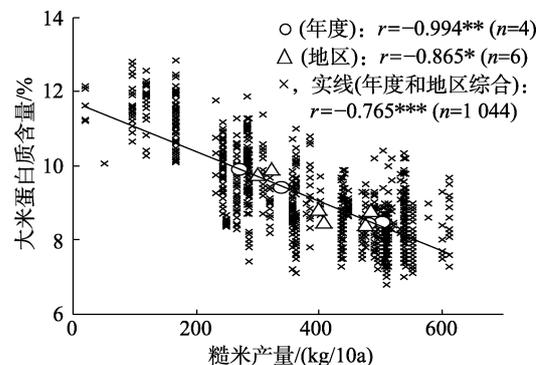


图 11 糙米产量与大米蛋白质含量之间的关系^[10]

注:实线的回归方程, $y = -0.0067x + 11.74$ 。*、**、***分别为在 5%、1%、0.1%的水平上有显著性差异。

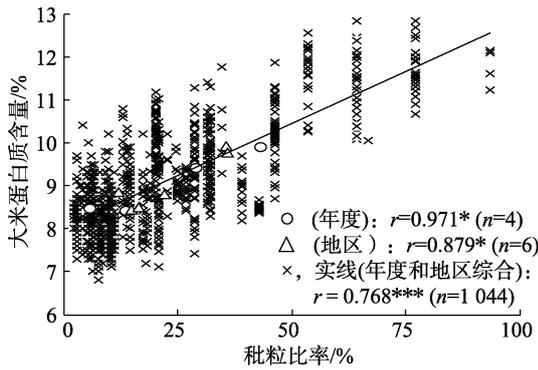


图 12 秈粒比率与大米蛋白质含量之间的关系^[10]

注: 实线的回归方程, $y = 0.048 8x + 8.02$ 。*、***分别为在 5%、0.1% 的水平上有显著性差异。

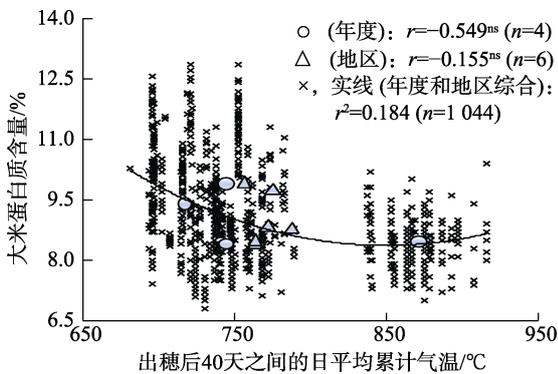


图 13 出穗后 40 天之间的日平均累计气温与大米蛋白质含量之间的关系^[10]

注: 实线的回归方程, $y = 0.000 065 2x^2 - 0.110 675x + 55.36$ 。

糙米白度与大米白度之间, 在年度间和地区间都有明确的正相关关系 (图 14)。在年度之间, 障碍型冷害危险期以及灌浆气温越高, 秈粒比率越低, 千粒重越重, 产量就越高; 蛋白质越低, 糙米白度和大米白度就越高 (表 4, 图 15~17)。而在地区之间, 米粒的两种白度当秈粒比率越低,

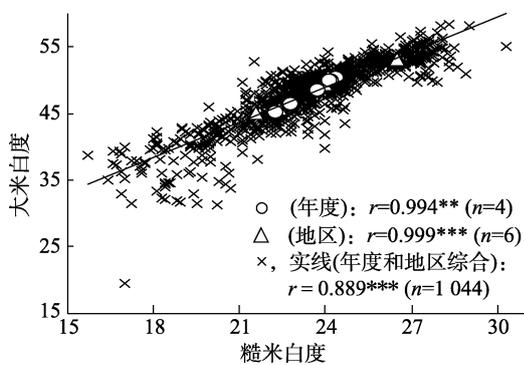


图 14 糙米白度与大米白度之间的关系

注: 实线的回归方程, $y = 1.765x + 6.59$ 。**、***分别为在 1%、0.1% 的水平上有显著性差异。

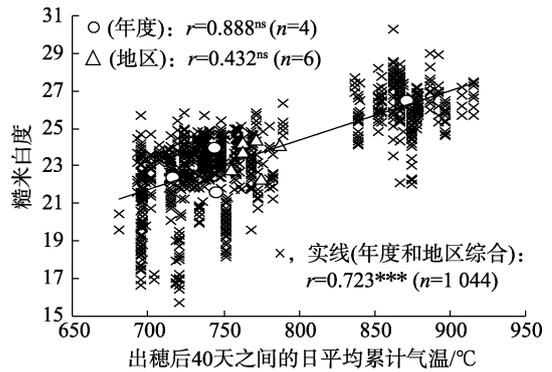


图 15 出穗后 40 天之间的日平均累计气温与糙米白度之间的关系

注: 实线回归方程, $y = 0.026 4x + 3.23$ 。***为在 0.1% 的水平上有显著性差异。

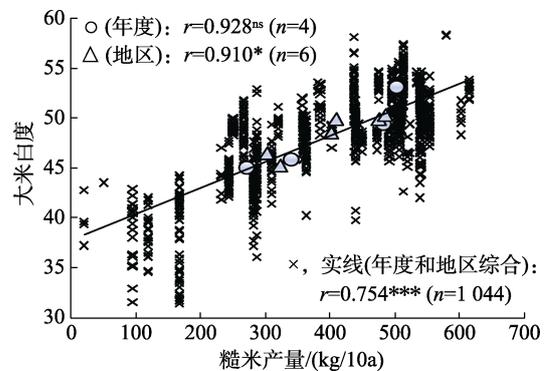


图 16 糙米产量与大米白度之间的关系^[10]

注: 实线的回归方程, $y = 0.026 3x + 37.68$ 。*、***分别为在 5%、0.1% 的水平上有显著性差异。

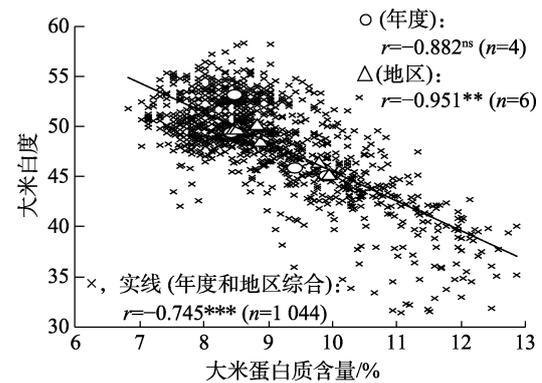


图 17 大米蛋白质含量与大米白度之间的关系^[10]

注: 实线的回归方程, $y = -2.955x + 75.01$ 。**、***分别为在 1%、0.1% 的水平上有显著性差异。

千粒重越重, 产量越高, 蛋白质越低时就越高, 但是与灌浆气温以及灌浆日照之间没有明确的相关关系。

综合上述项目 1 和项目 2, 在生育气温和生育特性之间, 最小值与最大值之差和变异系数其年度间要比地区间大。因此, 这些指标之间的相

关关系也是年度间比地区间要明确。从这些相关关系可以推测在上述项目 3 的年度和地区的各平均值与变异系数之间的关系上, 5-7 月份的气温下降带来障碍型冷害危险期的气温下降, 产生秕粒的同时抑制稻壳形成而使千粒重变轻^[11], 糙米产量下降, 蛋白质上升, 米粒的两种白度下降。这成为年度间和地区间的这些品质指标越差变异系数就越大的因素。

5 低蛋白米的生产技术以及根据目标米粒白度决定施肥量

为了生产优质大米, 需要降低蛋白质并提高米粒的两种白度。根据蛋白质与米粒的两种白度之间具有的负相关关系 (表 4, 图 17), 降低蛋白质的栽培很重要。因此, 有必要推广为优良食味粳稻开发的低蛋白米生产技术^[12]。

糙米白度和大米白度都与每平方米每粒稻谷的灌浆气温 (以下称“每粒稻谷的灌浆气温”) 成正相关关系 (图 18、图 19)。如果设定糙米白度的目标值为 25 (根据以往的研究结果^[7]相当于大米白度 50, 图 14), 根据一次回归方程每粒稻谷的灌浆气温需要 0.025 °C/粒/m² 以上。以糯稻主要产地之一的名寄市正常年份的灌浆气温 760 °C 为例, 0.025 °C/粒/m² 时的每 m² 稻谷粒数为 30 000 (图 20)。而与每 m² 稻谷粒数 30 000 相对应的灌浆期氮吸收量为 10 kg/10a (图 21)。然后明确各种土壤的施肥量与灌浆期氮吸收量以

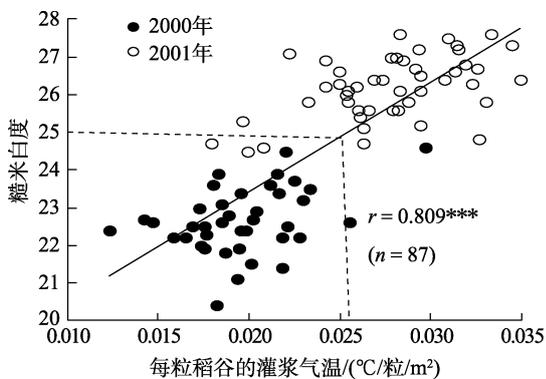


图 18 每 m² 每粒稻谷的出穗后 40 天之间的日平均累计气温 (每粒稻谷的灌浆气温) 与糙米白度之间的关系^[9]

注: 根据现场实际调查。图中的虚线显示: 如果需要糙米白度 25 以上, 每平方米每粒稻谷的灌浆气温需要为 0.025 °C/粒/m² 以上。***为在 0.1% 的水平上有显著性差异。

及糙米产量之间的关系, 同时考虑目标产量, 这样可以决定达到目标糙米白度的各种土壤的施肥量^[9]。

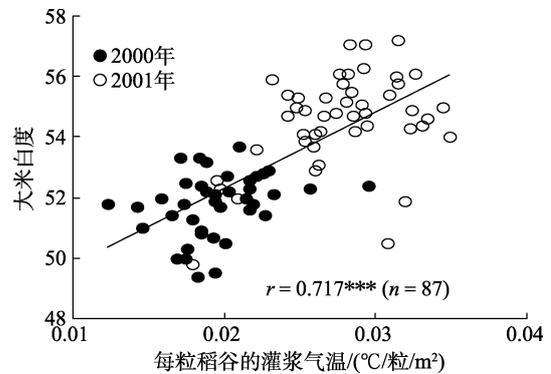


图 19 每平方米每粒稻谷出穗后 40 天之间的日平均累计气温 (每粒稻谷的灌浆气温) 与大米白度之间的关系^[9]

注: 根据实际调查。***为在 0.1% 的水平上有显著性差异。

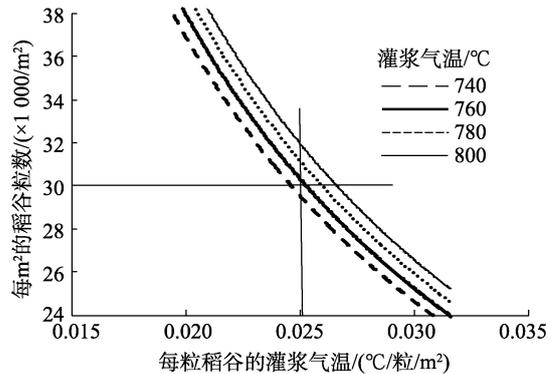


图 20 每平方米每粒稻谷出穗后 40 天之间的日平均累计气温 (每粒稻谷的灌浆气温) 与每平方米的稻谷粒数以及灌浆气温之间的关系^[9]

注: (等高线图) 图中的曲线表示灌浆气温 (°C)。根据图中的两根直线, 为了确保图 18 的糙米白度 25 时的每粒稻谷灌浆气温 0.025 °C/粒/m², 灌浆气温的等高线图 760 °C 时, 每平方米的稻谷粒数上限大约 30 000。

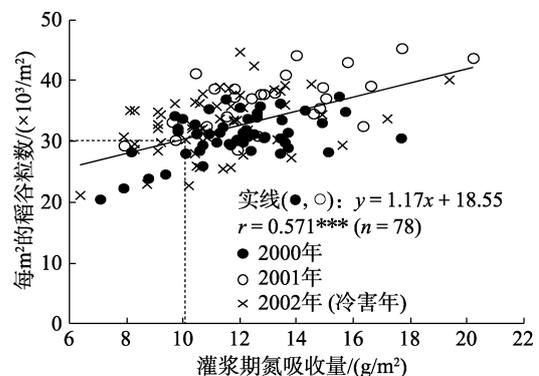


图 21 灌浆期氮吸收量与每 m² 稻谷粒数之间的关系^[9]

注: 因 2002 年为冷害年, 未加入回归分析。图中的虚线显示灌浆期氮吸收量 10 g/m² 时, 每平方米的稻谷粒数为 30 000 m²。***: 在 0.1% 的水平上有显著性差异。

(术语备注: 文中的“硬化性”在日本主要用于评价糯米、年糕的再生特性。)

参考文献:

- [1] 北海道农政部 生产振兴局农产振兴课编. 稻米相关资料 [生产·价格·需求] (令和 2 年 10 月)北海道农政部生产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](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01_r2zentai_1.pdf) (2021/5/18 浏览).
- [2] 本间昭, 楠谷彰人, 前田博, 等. 糯稻新品种「天鹅糯米」的育成[J]. 北海道立农试集报, 1991, 62: 1-11.
- [3] 丹野久, 木下雅文, 佐藤毅. 寒地糯稻品质的年度间和地区间差异及其产生因素[J]. 日作纪, 2009, 78(1): 50-57.
- [4] 杉浦和彦, 坂纪邦, 工藤悟. 用于选育糯稻品种的年糕硬化特性及切块年糕食味的简易评价法[J]. 日作纪, 2005, 74(1): 30-35.
- [5] 中森朋子. 年糕面胚的物性和颜色的评价, 为满足优良食味和不同需求的稻米品种开发和技术改进的新努力(稻米技术研讨会记录)[R]. 北海道立农业试验场资料, 2005, 35: 61-65.
- [6] 柳濂肇, 大坪研一, 桥本胜彦. 糯米的品质和加工适用性研究(第 6 报)糯米面胚的热水融化及膨化伸展性的品种间差异[J]. 食总研报, 1984, 45: 1-8.
- [7] 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.
- [8] 柳原哲司. 提高北海道大米的食味和不同用途品质的研究, 提高北海道糯米加工适用性的技术开发[R]. 北海道立农业试验场报告, 2002, 101: 55-62.
- [9] 五十岚俊成, 后藤英次, 中森朋子. 主食用糯米的栽培管理指南策定[J]. 土肥杂志, 2004, 75(1): 109-114.
- [10] 丹野久, 木下雅文, 佐藤毅. 北海道糯稻品质的年度间和地区间差异及其产生因素, 大米的外观品质·食味研究的最前线〔40〕[J]. 农及园, 2016, 91(4): 455-467.
- [11] 松岛省三. 稻作的理论和技术——产量成立的理论和应用—[M]. 东京: 养贤堂, 1960: 1-302.
- [12] 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. 完

日译中: 河野元信(日本株式会社佐竹)