

2019年中日稻米产业科技研讨会特约专栏文章之二（特邀专家）

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.06.003

日本寒冷地带北海道的优良食味稻米栽培技术研究（译文）

丹野 久

（日本北海道米麦改良协会，日本 北海道札幌 060-0004）

摘要：北海道是日本最北部的水稻栽培地区，在当地气候寒冷、环境多变的条件下，为能生产优良食味的稻米，研发出一系列降低直链淀粉和精米蛋白质含量的技术。影响直链淀粉含量的主要因素在于水稻品种，但水稻成熟期的气温越高，其含量也会随之降低，因此可通过提前插秧、选取叶龄较大稻秧等方式来加速水稻的抽穗。关于蛋白质含量，参考氮肥施用标准，分析20个不同栽培区域的气候条件以及5种土壤类型，在以往水稻产量基础上计算出标准产量，将蛋白质含量的目标值定为7.0%以下。可采取各类技术手段，比如：调整施肥量，分析上年秋季与当年雪融后的降水量与气温得出土壤干燥程度，并根据土壤干燥度及有机肥使用量相应减少氮肥量；避免追肥、泥炭土的客土、增加硅酸肥料也是有效措施；可通过培育壮秧，在适宜时机提前移栽、密植、浅插、侧条施肥，以及为保证移栽后水温的夜间或早晨灌水、增加强风地区的防风设备等，达到加快水稻早期生长的目的；为避免出现空秕谷，可在幼穗形成期到孕穗期阶段增加稻田水深；在灌浆期需要注意放水时机，始终保证水田土壤保持适宜水分状态；水稻收割后，将秸秆堆肥化处理，最有利于提高产量和降低蛋白，如要直接翻耕入田，也应选在秋季而非春季。

关键词：优良食味稻米；日本寒冷地带；蛋白质含量；直链淀粉含量；栽培技术

中图分类号：TS5-33 文献标识码：A 文章编号：1007-7561(2019)06-0010-08

网络出版时间：2019-10-29 17:34:37

网络出版地址：<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20191029.1734.002.html>

Study on cultivation techniques of good taste rice in cold region of Hokkaido in Japan (Translated text)

Hisashi Tanno

(Hokkaido Rice & Wheat Improve Association, Sapporo Hokkaido Japan 060-0004)

Abstract: In the northernmost Japan, Hokkaido, where with cold climate and changeable environment, to product good taste rice, the cultivation techniques for reducing amylose content and protein content were developed. Although amylose content is affected by cultivated rice varieties largely, early planting and seedling with large leaf stage are used in order to increase temperature during grain filling period by hastening heading date, since during mature period, the amylose content decreases along with the increase of temperature. About protein content, referring to the standard rate of nitrogen fertilizer application, analyzing the climate in 20 cultivation areas and in each 5 soil types, the standard grain yield is figured out based on previous grain yield and the target value of protein content is decided as below 7.0%. Amount of available nitrogen in soil, magnitude of air drying effect on ammonification, amount and duration of organic matter application are used to adjust that application rate. No top dressing, application of soil dressing in peat land and application of silicate fertilizer are needed. In order to increase initial growth, transplant ahead of time, close planting, shallow seedling, side dressing, and irrigating in the night or early morning to keep lower

收稿日期：2019-09-28

作者简介：丹野 久，1957年出生，男，博士，教授。

water temperature, wind break net and so on are used. The depth of water in the field can be increased during irrigation from panicle forming stage to booting stage in order to prevent occurrence of male sterility by cool weather. During grain filling period draining residual water at the proper time and after that retaining proper soil water are needed. Using rice straw after harvesting, compost is the best for high grain yield and low protein content and plowing-in is better in autumn than that in spring.

Key words: good taste rice; northernmost Japan; protein content; amylose content; cultivation techniques

北海道位于日本北端，是最北部的水稻栽培地区，从地球纬度来看，北海道的中部城市——泷川市地处北纬 44 度，与中国长春市纬度基本相同，比位于北纬 46 度的佳木斯市略微偏南。从气候条件来看，北海道属于日本最寒冷地带，在水稻种植前期的 6、7 月份，泷川市的气温低于以上中国两城市，而在后期的 8、9 月份，其平均气温基本处于长春与佳木斯之间（图 1）。

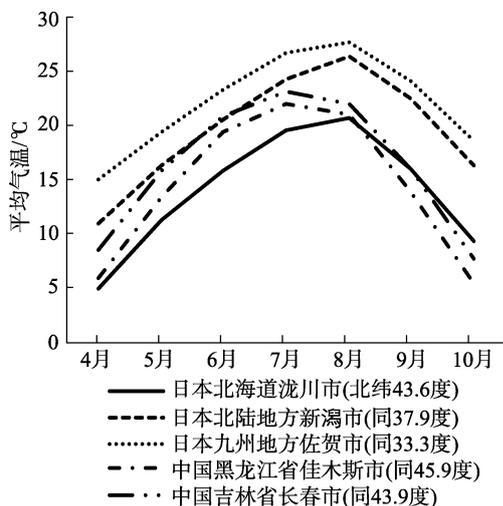


图 1 日本北海道泷川市及其他两市与中国佳木斯市、长春市的平均气温对比图

注：长春市参考 <http://world-season.com>；佳木斯市参考 <https://www.chinaviki.com/service/china-weather/Heilongjiang/Jia-Mu-Si/>。根据两市的每日最低和最高气温所计算出的平均值，其他数据来源于日本气象厅。

众所周知，每年气象条件的变化会给水稻种植带来较大影响。恶劣的气候条件不仅会影响水稻的产量，还会对与食味密切相关的精米蛋白质含量（以下简称蛋白）以及直链淀粉含量（以下简称直链淀粉）产生很大影响。换言之，米饭中的蛋白和直链淀粉含量越低越好吃^[1]（图 2），在水稻成熟期，气温高的年份中，稻米的直链淀粉就偏低，不同年份间的变化幅度也较大（图 3）。同时，在遭遇冷害的年份，稻米中蛋白会升高，即便在同一年份中，其变化幅度也很大，最终会

影响稻米的上市流通销售环节。因此，为能够生产出美味大米，需通过技术手段降低其蛋白和直链淀粉含量。

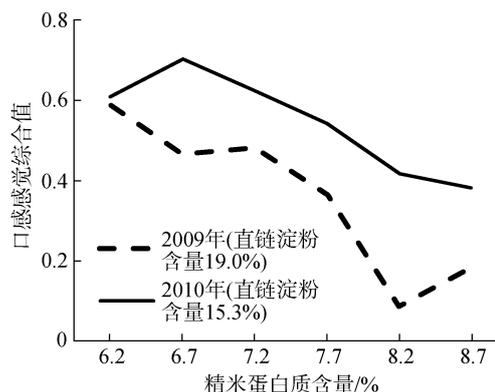


图 2 直链淀粉含量不同的年份中，精米蛋白质含量与食味感官综合评分值间的关系^[2]

注：数据为 3~18（平均 9）的平均值。以“星之梦”（hoshinoyume）作为食味标准品种，对“梦美”（yumepirika）的食味进行评价。精米蛋白质含量 6.2%，高于 6.0%，未达 6.5%。“星之梦”的直链淀粉含量，2009 年为 23.8%，2010 年为 20.9%；“梦美”的含量分别比其低 4.8%，5.6%，并低于上一年度数值。

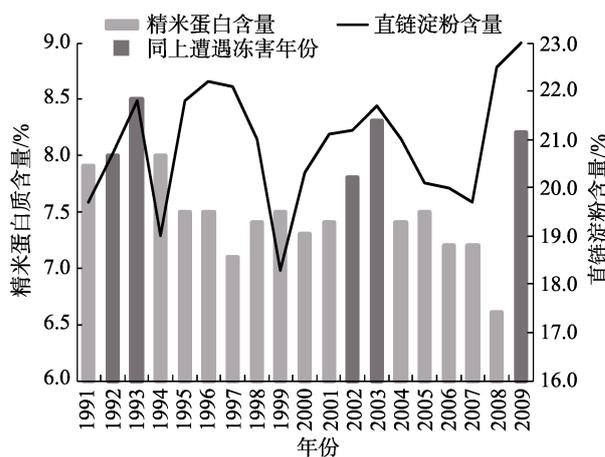


图 3 精米蛋白质与直链淀粉含量的年度变化情况^[3]

注：北海道全域各年份的 518~6029 份（平均 3075）样品的平均。实验品种为“闪光 397”（kirara397）。

1 降低直链淀粉含量的技术手段

1.1 提前抽穗期

北海道地区目前主要种植四个水稻品种，其中三个品种被日本谷物检定协会认定为食味排行榜

最高级别——特 A，推荐家庭食用；另外一个品种为外餐用（表 1）。以上四个品种的直链淀粉处于 15.4%~20.1% 之间，相互间存在很大的差异；对于其中一种成熟期略微延迟的蛋白品种，蛋白质含量稍低；其余三种同期成熟，蛋白质含量基本相同。由此看来，直链淀粉含量主要取决于水稻品

种的基因，几乎不受栽培环境的影响，唯一一点就是与其成熟期的环境温度成反比，灌浆期的气温越高直链淀粉含量就会越低（图 4）。因此，可采用早插秧或选择叶龄较大稻秧的方式来加速抽穗，并在水稻成熟期提高温度来降低其直链淀粉含量（图 5）。

表 1 北海道粳米主要优良口味品种的口感相关特性

品种名称	种植比率/%	食味	食味级别特 A 级评价年份	直链淀粉含量/%	精米蛋白质含量/%	成熟期	用途
七星 (nanatsubosi)	49	上下	'10~'18	19.1	7.3	中稻早熟	家庭食用
梦美 (yumepirika)	22	上中	'10~'18	15.4	7.4	中稻早熟	家庭食用
松软 (fukkurinnko)	7	上下	'14~'16	20.0	7.0	中稻晚熟	家庭食用
闪光 397 (kirara397)	10	中上	—	20.1	7.5	中稻早熟	外餐用

注：种植比率为 2017 年北海道粳米种植面积 (99 004 ha) 的所占比。食味级别为日本谷物检定协会的食感排行榜中的最高级别——“特 A”。'10 表示 2010 年。直链淀粉与精米蛋白质含量为道总研中央农业试验场 2012~2013 年的平均值。

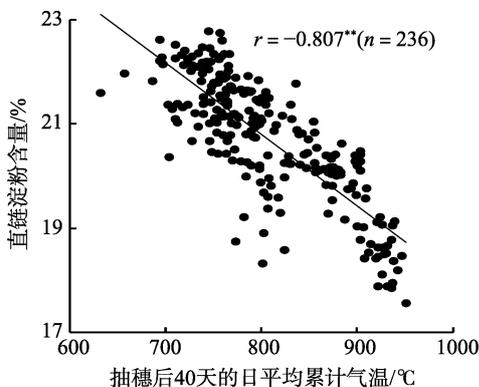


图 4 抽穗后 40 天的日平均累计气温与直链淀粉含量的关系^[4]
注：来源于北海道 15 个地区，1991~2006 年的相关数据。回归直线， $y = -0.0137x + 31.776$ 。**：在 1% 显著性水平上具有显著相关性 (n=15)。

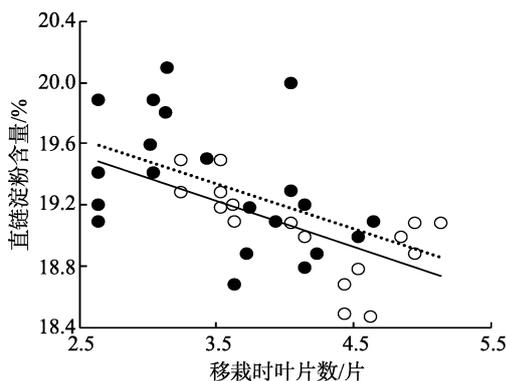


图 5 移栽时叶片数与直链淀粉含量的关系 (上川农试 1991, 1992 年)^[5]

注：(实线)为 1991 年 $r = -0.643^{***}$ ($n = 26$)，(虚线)为 1992 年 $r = -0.446^*$ ($n = 22$)。***、*：分别表示在 0.1%、5% 显著性水平下具有显著相关性。

2 降低精米蛋白质含量的技术手段

2.1 改良土壤类型

从土壤类型看，泥炭土分布较广地区的稻米

蛋白含量也会较高（表 2），因为一直到水稻生长后期，土壤深处会持续释放氮^[6]。

表 2 北海道水稻种植 15 个地区中，土壤类型比例及与精米蛋白含量间的关系

土壤类型	各地区的比例			土壤类型比例与精米蛋白含量的相互关系
	最小	最大	平均值	
泥炭土	0	43	15	0.785***
褐色冲积土	7	27	19	-0.596*
灰色冲积土	36	69	47	-0.514*
潜育土	3	13	6	-0.482

注：表中，*、***分别为在 5%、0.1% 显著性水平下具有显著相关性 (n=15)。

通常情况下，由于泥炭土在水田土壤中的比例相对较高，相应的政策显得尤为重要。通过在泥炭土中增加沙质土壤的办法，可以在水稻幼穗形成期之前提高氮的吸收率，从而减少成熟期氮的吸收量，最终达到降低稻米蛋白含量的目的（图 6）。

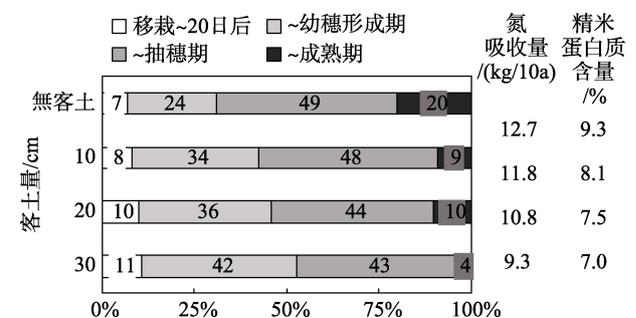


图 6 不同深度客土的泥炭土中，不同时期氮的吸收率与精米蛋白含量的比较^[7]

2.2 施用硅酸肥料

水稻通过吸收硅酸可以提高氮糙米的生产效率

(糙米产量/氮吸收量),降低蛋白质含量(图7)。因此,施用硅酸质肥料可有效改善土壤质量,建议在幼穗形成期一周后进行追肥。

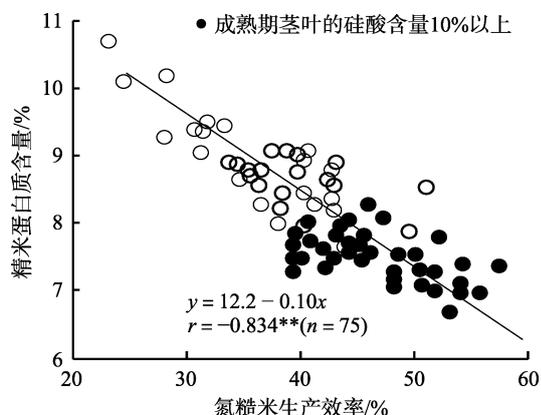


图7 茎叶中硅酸含量不同的农田中,氮糙米生产效率与精米蛋白质含量的关系^[8]

注:1992年北海道的中部与南部地区。

2.3 因地制宜施用氮肥

施肥标准以及因地制宜氮肥施用方法如表3a~表3d所示^[9]。

表3a 设定施肥标准

地区	土壤类型	标准产量	施肥标准
20个地区	冲积土(干)	390~570 kg/10a (根据过去10年的实际产量统计)	5.0~9.5/10a(蛋白质目标含量为7%的前提下,根据标准产量设定的数值)
	冲积土(湿)		
	泥炭土		
	火山土		
	重粘土		

表3b 施肥标准用氮肥的增减量 kg/10a

氮的肥沃度标准分类			
低	中	较高	高
+0.5	±0	-0.5	-1.0

表3c 有机肥使用量减少 kg/10a(每施用有机肥1t)

氮的肥沃度标准分类			
连用年数	秸秆堆肥	家畜粪堆肥	秸秆翻耕
1~4	-1.0	-1.5	0~-0.5
5~9	-1.5	-2.0	-1.0
10~	-2.0	-2.0	-2.0

表3d 干土条件下(土壤比往年干燥)肥使用量减少 kg/10a

干燥程度	同左 水热系数	培养 N/ (mgN/100g)		
		~10	~14	15~
极其干燥	0~2	-0.5	-1	-1.5
干燥	2~3	-0.5	-0.5	-1
较干燥	3~4	±0	-0.5	-0.5
与往年持平~湿润	4~	±0	±0	±0

氮肥的施用量会严重影响稻米中的蛋白含量,如图8所示^[10]。

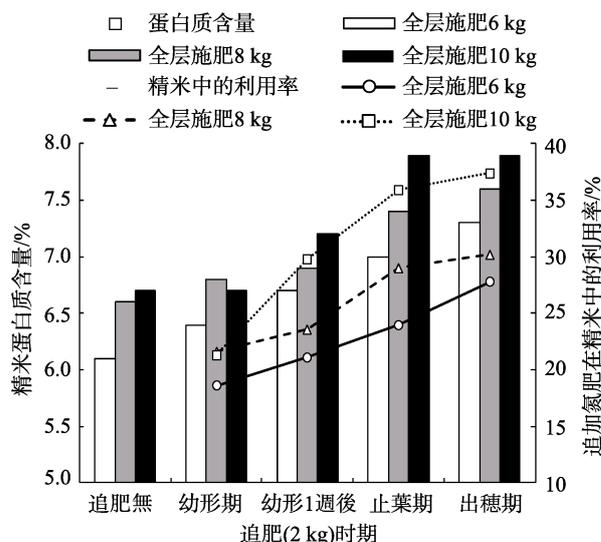


图8 不同追肥阶段中的精米利用率与精米蛋白质含量

关于施肥量的确定,将水稻栽培地区分为20个区域,每个区域又按照干冲积土、湿冲积土、泥炭土、火山土、重粘土5种土壤类型进行分类,以2004~2013年间所统计产量作为标准,最终设定为390~570 kg/10 a。以目标蛋白含量达7%为前提,根据标准产量进行全量全层施肥的方式,确定施肥标准量为5.0~9.5 kg/10 a。通过40条件下的一周培养法,将可吸收氮量归类为4种土壤中氮肥沃度标准,然后得出针对不同情况下施用氮肥的增减量为+0.5~-1.0 kg/10 a。

根据上一年秋季(9/1~10/31)以及当年积雪融化后(4/11~5/10)的累计降水量和日平均气温10以上天数的累计气温,计算得出水热系数,在与往年相比土壤干燥的情况下,针对干土条件减少氮肥施用量为0~1.5 kg/10 a。另外,针对秸秆堆肥、家畜粪堆肥、秸秆直接翻耕等有机肥使用情况以及连用年数,减少氮肥施用量为0~2 kg/10a。同时,由于孕穗期之后的追肥会明显提高氮在精米中的利用率,进而增加稻米中的蛋白含量,建议孕穗期后不再追施氮肥(图8)。

2.4 加快水稻早期生长速度

2.4.1 早期生长与精米蛋白质含量

通常认为,抽穗期之后,水稻中的氮含量与稻米的蛋白质含量之间成正比关系,但由于在幼

穗形成阶段以上两者并无直接关系，所以在幼穗形成期之前，提高氮肥吸收率并不会增加稻米的蛋白质含量（图 9）。在水稻的全生长周期中，移栽一个月之后，水稻的氮吸收量越高而蛋白含量却越低（图 10）。由此得出，加快水稻早期生长速度，尽可能提高其生长周期前期的氮吸收量，这样更有利于降低稻米的蛋白质含量。

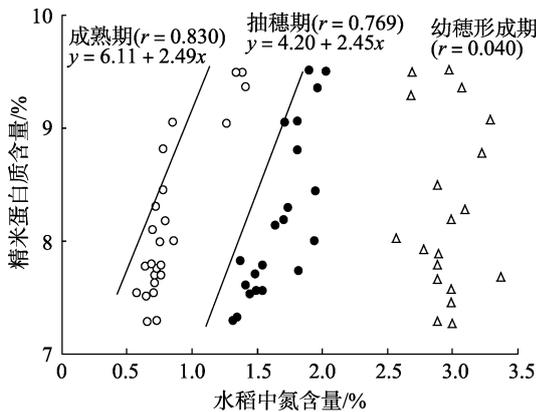


图 9 不同生长阶段，水稻中氮含量与精米蛋白质含量间关系^[11]

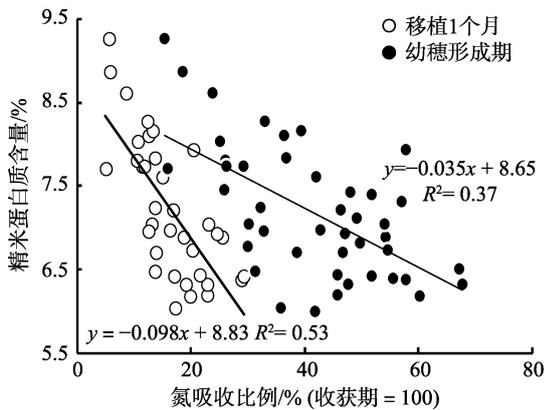


图 10 生长初期氮吸收比例与精米蛋白含量间的关系^[12]

2.4.2 育苗与移栽密度

为了促使水稻早期茁壮生长，培育壮秧显得尤为重要，壮秧需具有以下特征：植株矮健、叶龄达标、茎基粗壮、鞘叶短、1 叶的叶长较短、成苗有分蘖等。另外，移栽时插秧太深或移栽后的植伤等均会阻碍返青期稻苗的生长，因此，移栽插秧时应该尽可能浅插，并避开强风或低温天气。

由于在北海道地区水稻的生长时间受限，须适时地提前插秧。同时可遵守标准插秧密度，一般是中苗（4~5 叶）25 棵以上/m²，成苗（6~7 叶）

22~25 棵/m²。但也可通过密植的方法，加速水稻的初期生长，从而降低蛋白含量，而在正常种植情况下，以往蛋白越高的农田其下降程度越大（图 11）。

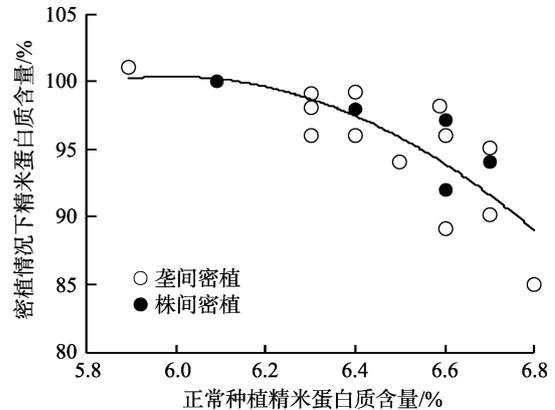


图 11 正常种植蛋白质含量与密植情况下蛋白降低程度的关系^[13]

2.4.3 用水管理

5 月下旬到 7 月中旬期间，最高水温需高于最高气温 3~5℃，最低水温需比最低气温约高 3℃^[14]。水稻初期生长过程中，受水温影响较大，应尽可能地提高水温，因此，移栽后灌溉时间应选在灌溉水与水田温差较小的夜间或早晨，应避免不间断式灌水。

2.4.4 侧条施肥

采用侧条施肥法有利于前期水稻对于氮的吸收，加快其发育。如采用全量侧条法，在不降低产量的前提下，可有效减少 15% 的氮肥施用量，同时蛋白含量约可降低 0.5%（图 12）。但是，需要注意在前期生长良好的地域及年份，也会出现由于过早吸收氮肥而后后期氮肥不足的案例。所以，也可采用侧条施肥与全层施肥相结合的方式，将氮含量控制在 3.0~4.0 kg/10 a 的范围，比起全量、全层的方法，总体氮肥量可减少 0.5 kg/10 a。

2.4.5 防风措施

移栽后如果风力过强，会导致水田水温无法上升，影响水稻的前期生长。这种情况下，在风力较强地区就会出现蛋白增高的现象（图 13）。所以，在风大地区，需要通过增加防风设备来提高水温，加快水稻前期生长，降低蛋白质含量（表 4）。

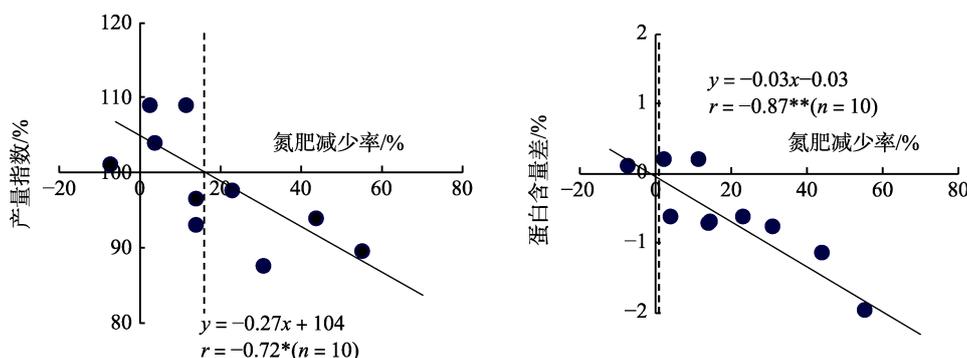


图 12 采用全量侧条施肥法所减少氮肥量对于产量和精米蛋白含量的影响（与全层施肥对比）^[15]

注：数据来源于 1996~1998 年北海道立中央农业试验场和上川农业试验场。

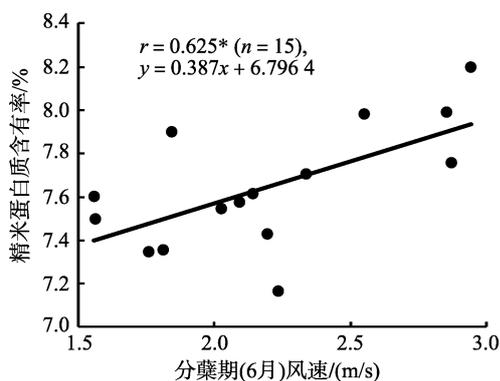


图 13 分蘖期风速与精米蛋白质含量的关系^[14]

注：数据来源于北海道 15 个地区，1991~2006 年间的平均值。分蘖期为 6 月期间，风速为 2~3 市政区划的平均。*、**：分别为 5%、1% 显著性水平下具有显著相关性。

表 4 防风措施对于前期生长和产量、精米蛋白质含量的影响^[16]

项目	闪光 397		星之梦	
	防风	无措施	防风	无措施
前期生长 ^{*1} /(本/m ²)	643	532	622	585
氮吸收量 ^{*2} /(kg/10 a)	3.9	3.1	3.7	3.0
产量/(kg/10 a)	536	521	557	513
精米蛋白质含量/%	7.6	8.4	7.5	8.3

注：*1：幼穗形成期的株数，*2：幼穗形成期为止，1997~2000 年四年间的平均值。北海道立中央农业试验场岩见试验基地数据。

2.5 通过深水灌溉减少空秕粒现象

伴随水稻空秕粒比重的升高，蛋白含量也提高（图 14），主要是因为空秕粒会导致成熟谷粒数量减少，每粒稻谷所吸收的氮量就会增加。因低温引起的空秕粒情况大多出现在孕穗期与开花期，而前者受影响更大。为避免低温导致的空秕粒现象，从幼穗形成期到冷害危险期（叶耳间长 -5~+5 cm）之前须前历深水，之后的冷害危险期也须深水，从而确保水稻可结粒的充足花粉量。

前历及危险期的水深越深，水温越高，结粒的比例也会随之提高（图 15），指导水深分别是 10 cm 和 18~20 cm。同时，需要特别提醒的是，过度施用氮肥会提高冷害危险期水稻中的含氮量，从而更易引起空秕粒现象。

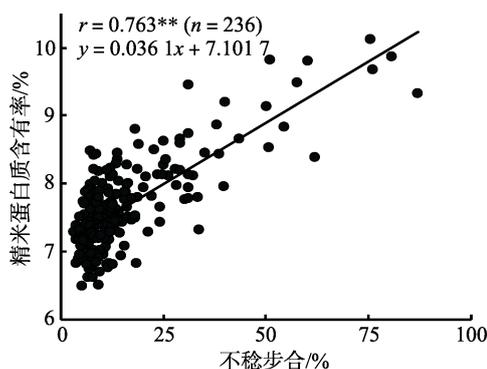


图 14 空秕粒比例与精米蛋白质含量的关系^[14]

注：来源于北海道 15 地区，1991~2006 年间的数据库。

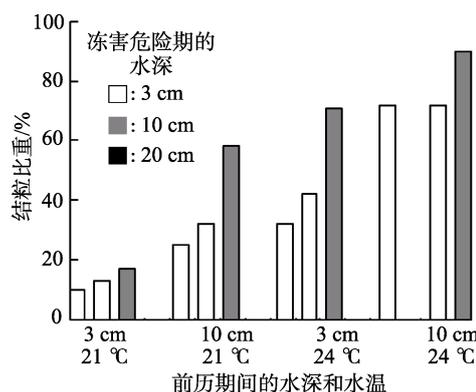


图 15 通过幼穗形成期至孕穗期的前历深水与冻害危险期深水防止冻害^[17]

注：前历是指幼穗形成期到冷害危险期之前，冷害危险期为叶耳间长 -5~+5 cm，冷害危险期的 5 天期间水温需保持 18 。

2.6 灌浆期的土壤水分

若稻田放水时间不合理，时期越早干粒重越轻，导致减产，稻米蛋白质含量也会增加（表 5）。

因此，水稻开始抽穗后，需将水深改为浅水，然后在土壤即将出现龟裂前再注水，如此多次反复地间断灌溉，直到抽穗后 25 天的弯穗期再完全将水放干。

表 5 不同放水时期的精糙米产量与品质^[16]

放水时期	精糙米产量/ (kg/10 a)	千粒重/g	精米蛋白质 含量/%
孕穗期	412	21.0	6.5
抽穗期	512	21.3	6.1
抽穗后一周	584	21.7	6.2
通常情况	586	21.6	6.2

注：1998~2000 年的平均数据。通常一般情况指抽穗后的第三周之后放水。

放水之后，土壤干燥速度加快，一旦 PF 值超过 2.5 以上便会降低稻米的产量和质量。因此，需保持 PF 值在 2.1~2.3 之间（土壤含水比例为 58%~66%），该状态下的土壤表面会出现小龟裂，踩上去会稍稍留下脚印（表 6）。这样便可保证灌浆期的土壤水分适中，从而提高千粒重质量，并可降低蛋白质含量（图 16）。

表 6 灌浆期土壤水分（PF）对产量与品质的影响^[19]

放水之后灌浆 期土壤 PF 值	土壤状态	影响	
		产量	稻米品质
2.5 以上	耕土出现较深较大龟裂	×	×
2.4 程度	耕土出现多处宽 1 cm 左右的龟裂，不留脚印		×
2.1~2.3	土壤表面出现小龟裂，可留下浅脚印		
2.1 以下	仅土壤表面干燥，微微龟裂，留下明显脚印	—	—

注：：适宜，：临界，×：不适宜。PF 值 2.1~2.3 之间的土壤含水比如下：潜育土 58%、褐色冲积土 66%。

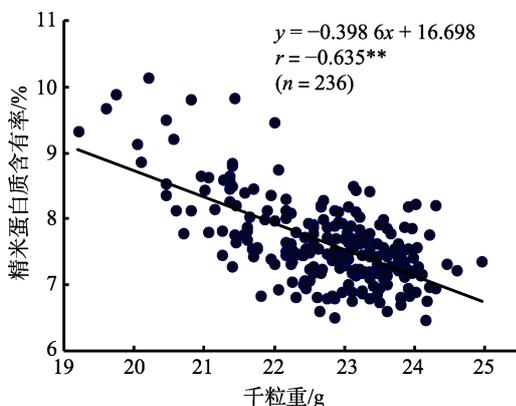


图 16 千粒重与精米蛋白质含量的关系^[14]

注：来源于北海道 15 个地区，1991~2006 年的数据。**：1% 显著性水平下具有显著相关性。

2.7 水稻秸秆运出与农田干燥处理

水稻收割后，如将稻草直接翻耕在农田中，土壤会发生还原现象，而影响来年水稻根系活力和植株的发育。将稻草直接运出（未使用）堆肥处理、秋季与春季翻耕入田等不同处理方式下的稻米产量与变化系数进行比较，就会发现堆肥处理的产量最高且变化系数最小，其次是秋季翻耕入田；春季翻耕入田会增加产量，但是状态不稳定；蛋白质含量最低的是将稻草直接运出，而堆肥处理、秋季翻耕、春季翻耕的蛋白含量会依次升高（图 17）。综上所述，将水稻秸秆堆肥处理是最推荐的方式，如要翻耕入田，应该选在秋季而非春季。

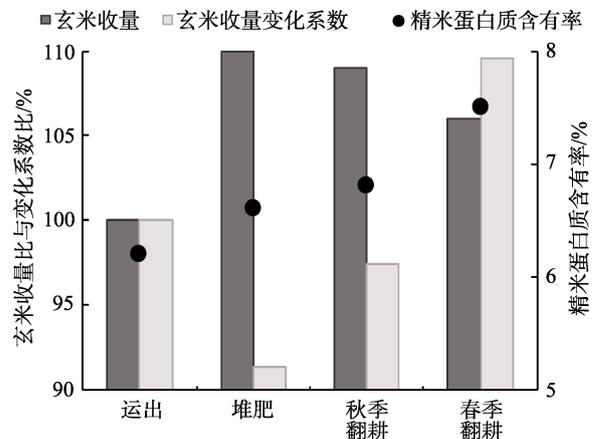


图 17 褐色冲积土农田中未施用有机肥与连年施用情况下糙米产量和精米蛋白质含量^[20]

注：旭川市的褐色冲积土农田。1962 年开始连年处理的农田，糙米产量为 1979~1993 年间的平均数，精米蛋白质含量仅是 1992 年的数据。比较的糙米产量与变动系数分别 468.4 kg/10a，11.5%。

如水田的透排水不畅，开春后的土壤温度回升会延迟，导致土壤中氧气供给不足，引发有害物质滞留，会给水稻前期生长带来不良影响。所以需通过暗渠排水、深耕破土（约 60 cm 深）等方式提高水田的透排水能力，同时可利用撒融雪剂、弹丸暗渠（水管似的孔状暗渠）或者 SUBSOILER 机械耕地等方式来加速农田干燥，促进土壤中氮迅速生成。

3 结束语

综合分析北海道地区对稻米直链淀粉和蛋白质的影响因素，会发现水稻品种对于直链淀粉含

量的影响较大,同时,加快水稻抽穗也是降低其含量的重要技术手段。而对于蛋白质含量影响较大的主要是以下四个技术手段:土壤类型、氮肥施用、加速前期生长以及能防止空秕粒的深水灌溉。但是,以上影响因素会随不同地区的种植品种、土壤类型以及气候环境的变化而发生变化,因此必须因地制宜,研究适合当地的栽培技术。

参考文献:

- [1] 稻津脩. 通过提高北海道产稻米食味来改善品质的相关研究,北海道立农业试验场报告[R]. 1988, 66: 1-89.
- [2] 上川农业试验场与中央农业试验场. “梦美”的品质与食味管理目标,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(2011)[R]. <http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/panf/23/30.pdf>, 2019-10-14.
- [3] 松江勇次编. 米的外观品质与食味//丹野久. 北海道良食味低蛋白米的生产技术[M]. 东京: 养贤堂, 2018: 323-347.
- [4] 丹野久. 寒地粳米的精米蛋白质与直链淀粉含量的年份地区差异以及产生原因[C]. 日本作物协会投稿, 2010, 79: 16-25.
- [5] 五十嵐 俊成, 古原 洋. 「闪光 397」的成熟温度以及分蘖位置对直链淀粉含量的影响[C]. 日本作物协会投稿, 2008, 77: 142-150.
- [6] 水野直治. 北海道的水稻种植, New country 选书 1[M]. 札幌: 北海道协同组合通信社, 1992: 1-155.
- [7] 柳原哲司. 关于北海道大米的口味提升与用途别品质提高的相关研究, 通过土壤改良实现北海道大米口味的统一标准化, 北海道立农业试验场报告[R]. 2002, 101: 13-39.
- [8] 北海道立中央农业试验场. 生产低蛋白米所需的稻秆及土壤的硅酸指标, 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(1995)[R]. <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h07gaiyo/1994125.htm>, 2019-10-14.
- [9] 北海道农政部. 道总研农业研究本部编, 北海道施肥指南——水稻(2015)[M]. 札幌: 北海道农政部, 2015: 14-34, <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/shs/clean/sehiguide2015.htm>, 2019-10-15.
- [10] 后藤英次. 关于北海道高品质大米生产的土壤化学性与合理施肥法的研究. 北海道立农业试验报告, 2007, 116: 1-88.
- [11] 北海道立中央农业试验场. 空知管内地区低蛋白米生产所需稻秆及土壤的含氮指标. 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(1997)[R]. <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h09gaiyo/1996141.htm>, 2019-10-14.
- [12] 北海道米的高标准食味确立紧急对策协议会编. 美味北海道大米生产册[M]. 北海道米的高标准食味确立紧急对策协议会(北海道农政部、北海道立农业试验场、北海道农业协同组合中央会、HOKUREN 农业协同组合联合会、社团法人 北海道米麦改良协会), 2001: 1-32.
- [13] 北海道立上川农业试验场·中央农业试验场. 高品位米的成苗密植栽培技术, 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(2009)[R]. <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h21gaiyo/f2/048.pdf>, 2019-10-14.
- [14] 藤原忠. 提高水温办法[J]. 北海道的农业气象(New country 临时增刊). 札幌: 北海道协同组合通信社, 1982: 86-91.
- [15] 北海道立上川农业试验场·中央农业试验场. 利用育苗箱施肥减少水稻栽培的化学肥料. 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(2000)[R]. <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h12gaiyo/2000405.htm>, 2019-10-14 查阅.
- [16] 古原洋, 渡边祐志, 竹内晴信, 等. 北海道米的食味和白度的变化要因与高度稳定化技术[J]. 北农, 2002, 69(1): 17-25.
- [17] SATAKE T, LEE S Y, KOIKE S. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants XXVIII. Prevention of cool injury with the newly devised water management practices-effects of the temperature and depth of water before the critical stage Jpn[J]. Jour. Crop Sci. 1988, 57: 234-241.
- [18] 天野高久. 关于水稻冻害的作物学研究, 北海道立农试验场报告[R]. 1984, 46: 1-67.
- [19] 北海道立上川农业试验场·中央农业试验场. 北海道米的食味和白度的变化要因解析与高度稳定化技术. 北海道农政部农业改良课编, 平成 13 年普及奖励与指导参考[R]. 2001: 220-222, <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/shingijutsu/19/1912.htm>, 2019-10-15.
- [20] 野村美智子. 褐色冲积土水田中有机物的长期连用效果 第 1 报 对水稻生长、产量和食味的影响[J]. 北农 64. 1997(2): 175-181. 完

备注 1: 译文在不改变文章主旨内容的前提下, 经作者认可, 本刊对文章标题做了适当调整, 出现中日两个版本形式上不一致, 特此说明。

备注 2: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>) 中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。



丹野 久 (Hisashi Tanno) 教授简介: 日本北海道米麦改良协会, 中心主任, 博士, 教授。从事稻米品质改良方面的育种栽培、品质变化、生产技术研究。发表学术论文 25 篇; 参与培育 14 个日本水稻品种; 累计获奖 14 次: 日本育种学会奖、日本作物学会论文奖、日本作物学会技术奖、北农奖、北海道科学技术奖、北海道新闻文化奖、北海道农业合作社梦幻大奖、中国云南省荣誉奖、中国作物学会栽培专业委员会荣誉奖。

(组稿: 谭洪卓; 审核: 河野元信; 编辑加工: 林家永; 翻译: 吴香雷)