

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.1007-7561.2019.06.004

日本の寒冷地における 良食味米栽培（日语原文）

丹野 久

（北海道米麦改良協会 日本 北海道札幌 060-0004）

摘要：日本最北の稲作地帯である北海道では、冷涼な気候の変動の影響を避けて良食味米を生産するため、アミロース含有率（アミロース）と精米蛋白質含有率（蛋白）の低下技術が開発された。アミロースは栽培品種の影響が大きいが、唯一登熟気温が高いほど低下するため、早植えや葉令が大きい苗で出穂を促進する。蛋白では、窒素施肥標準量を、稲作地帯の気象条件による20区分と各5土壤型別に、過去の収量実績による設定基準収量から蛋白7.0%以下を目標に決める。さらに可給態窒素量による施肥増減、前年秋と当年融雪後での降水量と気温による乾土効果および有機物施与に対応した減肥も行う。さらに、追肥の回避、泥炭土での客土やケイ酸資材の施与を行う。初期生育の促進技術として健苗の育成、移植適期内の早植え、密植、浅植え、側条施肥、および移植後での水温上昇のため夜または早朝の入水や強風地帯での防風施設設置がある。また不稔多発の回避のための幼穂形成期から穂ばらみ期の深水がある。登熟期間には、落水時期に注意し、適正な土壤水分を保持する。収穫後の稲わらは、多収と低蛋白のため堆肥化が最善だが、土壤に直接鋤き込むとしても春を避けて秋に行く。

关键词：良食味米；蛋白質含有率；寒冷地帯；アミロース含有率；栽培テクノロジー

中图分类号：T55-33 **文献标识码：**A **文章编号：**1007-7561(2019)06-0018-08

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 (Japanese 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 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

北海道は日本における最北の稲作地帯であり、緯度は北海道中央部滝川市が长春市とほぼ同じ北緯 44 度であり佳木斯市同 46 度よりも南に位置する。気候は日本で最も冷涼で、稲作期間中の気温条件は、生育前半の 6、7 月が、これら中国の両市よりも低く、後半の 8、9 月は同両市の中間である (図 1)。

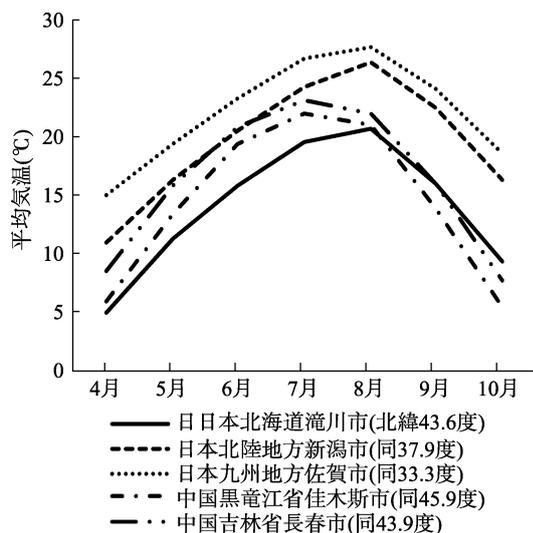


図 1 日本の北海道滝川市と他の 2 市および中国の佳木斯市と长春市における平均気温の推移

注：长春市は <http://world-season.com>，佳木斯市は <https://www.chinaviki.com/service/china-weather/Heilongjiang/Jia-Mu-Si/> の日最低最高気温の平均，他は日本気象庁アメダスによる。

そのため、気象の年次変動が水稻の生育に大きく影響し、例えば 4 年に 1 回は冷害が発生すると言われる。その変動は収量だけでなく、食味に関係が深い精米蛋白質含有率 (以下、蛋白) やアミロース含有率 (同アミロース) にも大きく影響する。すなわち、ご飯は蛋白が低く、アミロースも低いほどおいしい^[2] (図 2) が、アミロースは登熟気温が高い年次には低くなり、

年次変動幅が大きい (図 3)。また、蛋白は冷害年に高くなり、さらに同一年次内でもその幅が大きく、流通販売上の問題となっている。そこで、良食味米を生産するために、以下のような両含有率の低下技術が指導されている。

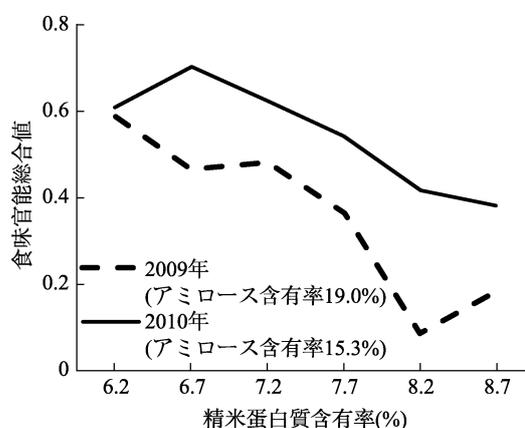


図 2 アミロース含有率が異なる年次における精米蛋白質含有率と食味官能総合値との関係^[1]

注：データは各 3~18 (平均 9) の平均。「ほしのゆめ」を食味基準品種として、「ゆめびりか」の食味を評価。精米蛋白質含有率の 6.2% は 6.0% 以上 6.5% 未満。「ほしのゆめ」のアミロース含有率は 2009 年 23.8%，2010 年 20.9% で、それに比し「ゆめびりか」は各 -4.8，-5.6% と前年よりも後年でさらに低い。

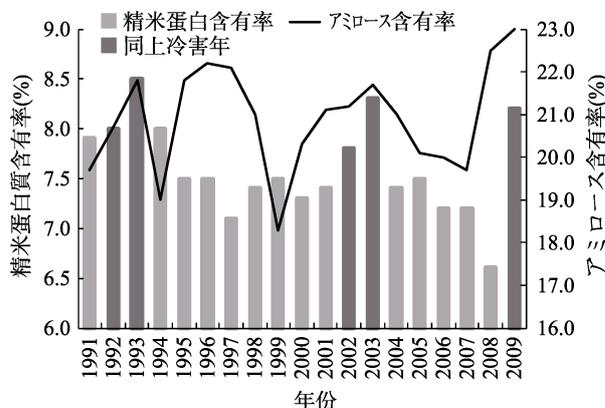


図 3 精米蛋白質含有率とアミロース含有率の年次変動^[3]

注：北海道全域における各年次で 518~6029 (平均 3075) サンプルの平均。供試品種は「きらら 397」。

1 アミロース含有率の低下技術

1) 出穂の早期化

北海道の栽培主要 4 品種のうち 3 品種は、日本穀物検定協会の食味ランキングで最高の「特 A」となっている家庭炊飯用で、他の 1 品種は業務用である（表 1）。これら 4 品種のアミロースは 15.4~20.1%と大きな差異がある。一方、蛋白は熟期がやや遅い 1 品種でやや低いが、他

の同熟期の 3 品種では大きな差異はない。

このように、アミロースは品種固有の遺伝的特性であり、栽培環境の影響はほとんど受けないが、唯一、登熟気温とは明確な負の相関を示し、登熟気温が高いほどアミロースは低くなる（図 4）。そのため、早植えや葉令が大きい苗によって出穂を促進し、登熟気温を高めることでアミロースを低下できる（図 5）。

表 1 北海道うち主要良食味品種の食味関連形質

品種名	作付け比率 (%)	食味	食味ランク 特 A 評価の期間	アミロース含有率 (%)	精米蛋白質含有率 (%)	熟期	用途
ななつぼし	49	上下	'10~'18	19.1	7.3	中生の早	家庭炊飯用
ゆめぴりか	22	上中	'10~'18	15.4	7.4	中生の早	家庭炊飯用
ふっくりんこ	7	上下	'14~'16	20.0	7.0	中生の晩	家庭炊飯用
きらら 397	10	中上	-	20.1	7.5	中生の早	業務用

注：作付け比率は 2017 年の北海道全うち作付面積 99,004ha に占める割合。食味ランクは日本穀物検定協会の食味ランキングで「特 A」は最高ランク、また'10 は 2010 年。アミロース含有率と精米蛋白質含有率は道総研中央農業試験場での 2012~2013 年の平均。

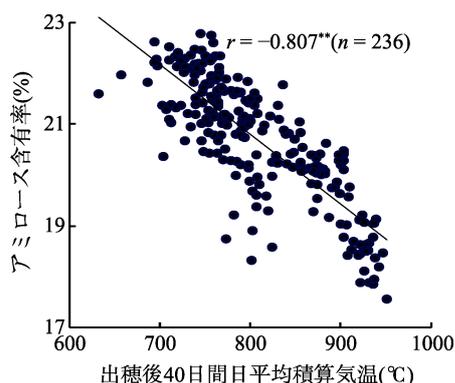


図 4 出穂後 40 日間の日平均積算気温とアミロース含有率との関係^[4]

注：北海道 15 地域、1991~2006 年のデータによる。回帰式、 $y = -0.0137x + 31.776$ 。**：1%水準で有意。

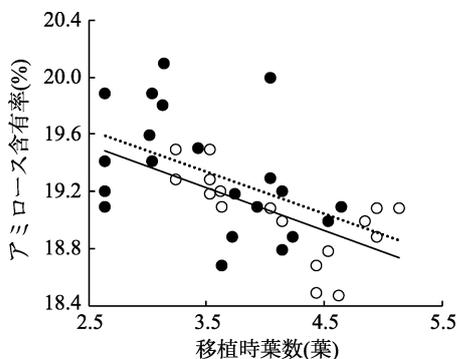


図 5 移植時葉数とアミロース含有率の関係（上川農試 1991, 1992 年）^[5]

注：（実線）は 1991 年で $r = -0.643***$ （ $n = 26$ ），（破線）は 1992 年で $r = -0.446*$ （ $n = 22$ ）。***, *：0.1, 5%水準で有意。

2 精米蛋白質含有率の低下技術

1) 土壌型

土壌型では泥炭土が多く分布する地帯ほど、蛋白が高い（表 2）。これは、水稻の生育後半まで土層深部から窒素放出が継続するためである^[6]。泥炭土は水田土壌における比率も比較的高いため、その対策が重要である。泥炭土壌には、とくに砂質土壌の客土を行うことにより幼穂形成期までの窒素吸収率を高め、成熟期までの窒素吸収量を低減することにより、蛋白を低下させることができる（図 6）。

表 2 北海道稲作 1.5 地帯における土壌型比率の最小、最大、平均値およびその精米蛋白質含有率との関係^[4]

土壌型	各地帯での比率			土壌型比率と精米蛋白質含有率との相関係数
	最小	最大	平均	
泥炭土	0	43	15	0.785***
褐色低地土	7	27	19	-0.596*
灰色低地土	36	69	47	-0.514*
グライ土	3	13	6	-0.482

注：相関係数で、*, ***は各 5, 0.1%で有意（ $n = 15$ ）。

2) ケイ酸施用

ケイ酸吸収は窒素玄米生産効率（玄米収量/吸収窒素量）を高め蛋白を低下させる（図 7）。

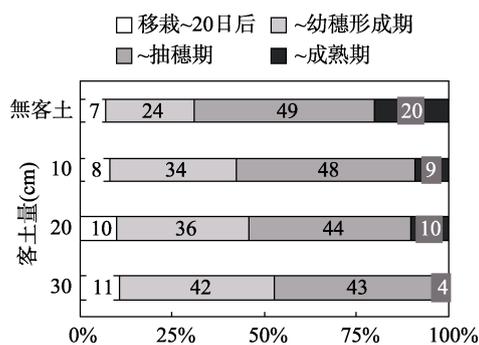


図 6 異なる深さの客土を行った泥炭土圃場における時期別窒素吸収率と精米蛋白質含有率の比較¹⁷⁾

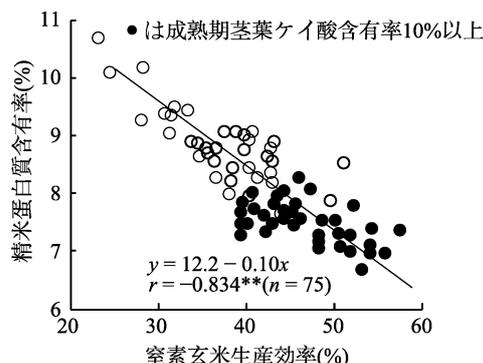


図 7 異なる茎葉ケイ酸含有率の圃場における窒素玄米生産効率（粗玄米収量 / 成熟期の吸収窒素量）と精米蛋白質含有率との関係¹⁸⁾

注：1992 年の北海道中央部と南部地域。

そのため、ケイ酸質肥料を土壤改良材に使ったり、幼穂形成期 1 週間後に追肥を行うことが望ましい。

3) 診断に基づく窒素施肥対応 (図 8)

蛋白には施肥窒素量が大きく影響する (図 9)。施肥量の決定に当たり、水稻栽培地帯を 20 地帯区分に分け、各区分ごと低地土 (乾), 低地土 (湿), 泥炭土, 火山性土, 台地土の 5 土壤型

別に、基準収量を 2004~2013 年の統計収量を基に、390~570 kg/10a に設定した。蛋白 7% を目標に、その基準収量に対応した全量全層施肥による施肥標準量を 5.0~9.5 kg/10a とした。40°C1 週間培養法による可給態窒素量から土壤窒素肥沃度水準を 4 分類し、それぞれに対応した施肥窒素増減量 (+0.5~-1.0 kg/10a) を得た。

1. 施肥標準量の設定

地帯	土壤型	基準収量	施肥標準量
20 区分	低地土 (乾) 低地土 (湿) 泥炭土 火山性土 台地土	390~570 kg/10a (過去 10 年間の収量実績に基づく)	5.0~9.5 kg/10a (蛋白質含有率 7% を目標に基準収量に応じて設定)

2. 土壤診断値 (可給態窒素、40 1 週間培養法) による増減

施肥標準に対する施肥窒素増減量 (kg/10a)

窒素肥沃度水準の区分			
低	中位	やや高	高
+0.5	±0	-0.5	-1.0

3. 有機物施与量に対応した減肥 (kg/10a、施与有機物 1 t 当たり)

連用年数	稲藁堆肥	家畜糞堆肥	稲藁鋤込み
1~4	-1.0	-1.5	0~-0.5
5~9	-1.5	-2.0	-1.0
10~	-2.0	-2.0	-2.0

4. 乾土効果 (土壤が平年より乾燥している場合) に対応した減肥 (kg/10a)

乾燥程度	同左 水熱係数	培養 N (mg N/100 g)		
		~10	~14	15~
著しく乾燥	0~2	-0.5	-1	-1.5
乾燥	2~3	-0.5	-0.5	-1
やや乾燥	3~4	±0	-0.5	-0.5
平年並~湿	4~	±0	±0	±0

水熱係数 (mm/日) = 10 × ΣPr / ΣT10、なお Pr は前年 9/1~10/31 および当年 4/11~5/10 の積算降水量 (mm)、ΣT10 は同時期の日平均 10 以上の日の積算気温 ()。

図 8 施肥標準および診断に基づく窒素施肥対応の手順¹⁹⁾

さらに、前年秋（9/1~10/31）および当年融雪後（4/11~5/10）の積算降水量と日平均気温10℃以上の日の積算気温から水熱係数を算出し、平年よりも土壤が乾燥している場合に、乾土効果に対応した窒素減肥を0~1.5kg/10a行う。また、稲わら堆肥、家畜糞堆肥および稲わら直接鋤込みなどの有機物施用に対しても、その種類別と連用年数から0~2kg/10aの減肥も行う。なお、追肥とくに止葉期以降の追肥は窒素の精米への利用率が高く、蛋白を高めるので行わない（図9）。

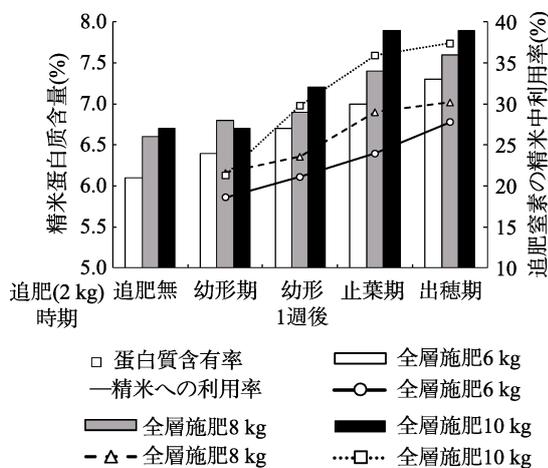


図9 追肥時期別の精米中の利用率と精米蛋白質含有率^[10]

4) 初期生育促進

(1) 初期生育と精米蛋白質含有率；稲体窒素含有率と蛋白との間には出穂期以降では正の相関関係が見られるが、幼穂形成期には一定の関係が無いことから、蛋白を高めずに窒素を吸収させることができるのは幼穂形成期までと思われる（図10）。また、全生育期間の窒素吸収量に対する割合は、幼穂形成期よりもさらに早い移植1ヶ月後で高いほど蛋白が低くなる（図11）。以上のことから、蛋白を低下させるためには初期生育を促進し、できるだけ生育前半に窒素を吸収させることが重要である。

(2) 育苗と栽植密度；初期生育を良くするには、まず健苗の育成が重要である。健苗が備える特徴としては、草丈が短い、葉齢が基準に達している、地上部が重く充実している、第一鞘高が短い、本葉第2葉の葉身が短い、成苗で

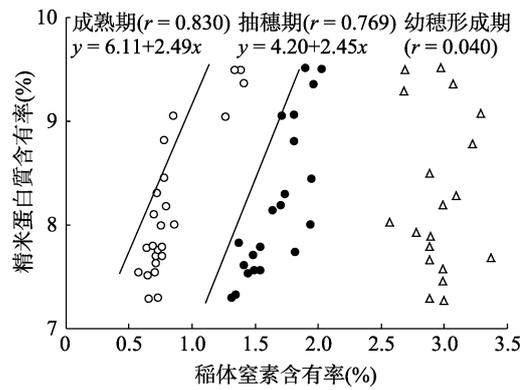


図10 生育時期別稲体窒素含有率と精米蛋白質含有率との関係^[11]

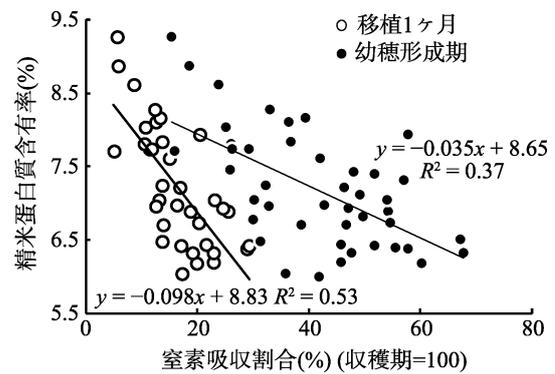


図11 生育初期における窒素吸収割合と精米蛋白質含有率との関係^[12]

は分けつがあるなどである。一方、移植時の深植や移植後の植傷みは初期生育を阻害する。そのため、健苗を可能な限り浅植することや強風あるいは低温が見込まれる日の移植は避けることが必要である。

また、北海道は生育期間が制限されるため、適期内の早植えを励行する。栽植密度は基準を守り、m²当たり中苗で25株以上、成苗で22~25株とする。さらに密植することで初期生育が促進され蛋白が低下し、その低下の程度は、慣行栽培で蛋白が高い圃場ほど大きい傾向がある（図12）。

(3) 水管理；5月下旬から7月中旬までの最高水温は最高気温よりも3~5℃高く、最低水温は最低気温よりも約3℃高い^[14]。初期生育は水温の影響が大きいので、可能な限りその上昇を図る。そのため、移植後は灌漑用水と水田との水温差が小さい夜または早朝に入水し、掛け流しは避ける。

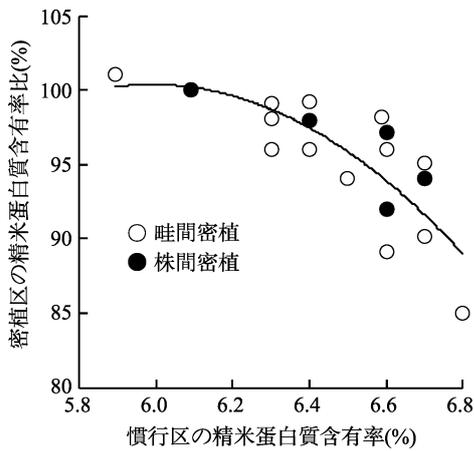


図 12 慣行区の蛋白質含有率と密植による低蛋白化効果との関係^[13]

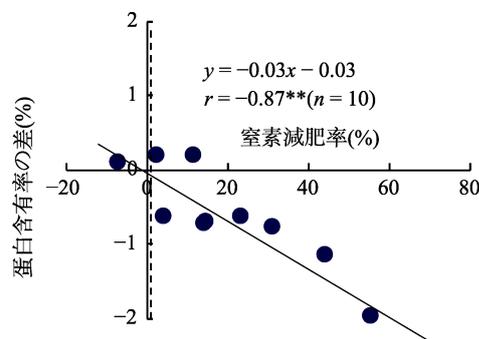
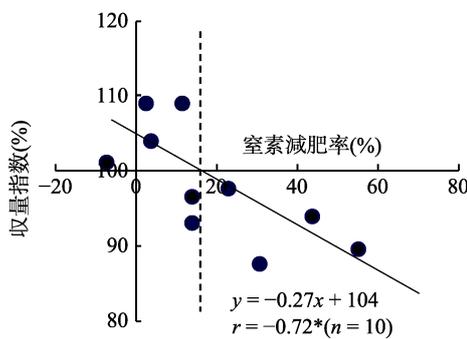


図 13 全量側条施肥による窒素減肥が収量および精米蛋白質含有率に及ぼす影響（全層施肥に対比した場合）^[15]
注：1996~1998 年，北海道立中央農業試験場と上川農業試験場のデータによる。

(5) 防風対策；移植後に風が強いと蒸発散の気化熱により水温の上昇が抑えられ，初期生育を阻害する。そのため，風の強い地域では蛋白が高い傾向がある（図 14）。そこで，それら地域では防風施設を設置することにより，水温の上昇を図る。そのことにより，初期生育促進され蛋白が低下する（表 3）。

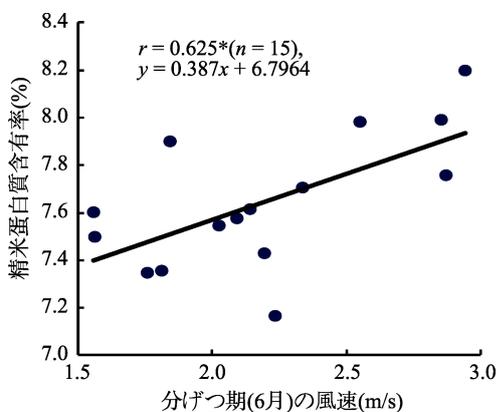


図 14 分げつ期の風速と精米蛋白質含有率との関係^[4]

注：北海道 15 地域における 1991~2006 年の平均による。分げつ期は 6 月で風速は 2~3 市町村の平均。*，**：それぞれ 5，1%水準で有意。地域

(4) 側条施肥；施肥法では側条施肥を導入することにより，初期の窒素吸収を促進する。全量側条の場合，収量を低下させない範囲で 15%の窒素減肥が可能で，同時に蛋白は 0.5%ほど低下する成績も得られている（図 13）。しかし，初期生育の良好な地帯および年次では，窒素吸収が早すぎて栄養成長期後半に窒素不足になる例もある。そのため，側条施肥は全層施肥との組合せにおいて窒素成分で 3.0~4.0kg/10a 程度とし，施肥総窒素量を全量全層施肥よりも 0.5kg/10a 減ずる。

表 3 防風処理が初期生育と収量、精米蛋白質含有率に及ぼす影響^[16]

形質	きらら 397		ほしのゆめ	
	処理	無処理	処理	無処理
初期生育 ^{*1} (本/m ²)	643	532	622	585
窒素吸収量 ^{*2} (kg/10a)	3.9	3.1	3.7	3.0
収量(kg/10a)	536	521	557	513
精米蛋白質含有率(%)	7.6	8.4	7.5	8.3

注：*1：幼穂形成期の茎数，*2：幼穂形成期まで，1997~2000 年の 4 ヶ年の平均値。北海道立中央農業試験場岩見沢試験地での調査。

5) 深水灌漑による不稔発生回避

不稔歩合が高まると蛋白は上昇する（図 15）。これは，不稔発生により稔実初数が減少し，1 初当たり分配到される窒素量が増えるためである。冷温による不稔発生の危険期は穂ばらみ期と開花期であるが，前者の影響がより大きい。冷温による不稔発生の回避策としては，幼穂形成期から冷害危険期（葉耳間長-5~+5cm）の前までの前歴深水とその後の冷害危険期での深水を励行し，稔実に十分な充実花粉数を確保する

ことである。前歴と危険期での水深が深く水温が高いほど、稔実歩合が高くなるが(図 16)、指導における水深はそれぞれ 10cm および 18~20cm である。また、過剰な窒素施与は冷害危険期の稲体の窒素含有率を高め、不稔が発生し易くなる^[18]ため、避けることが肝要である。

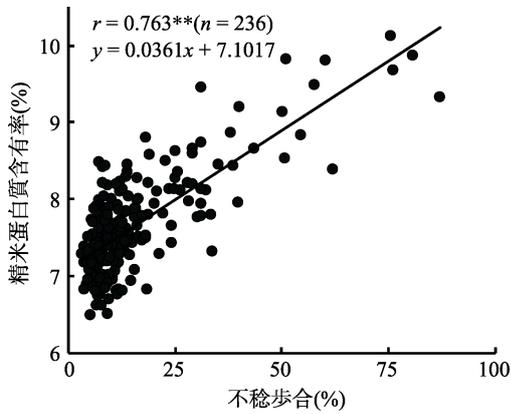


図 15 不稔歩合と精米蛋白質含有率との関係^[4]
注：北海道 15 地域，1991~2006 年のデータによる。

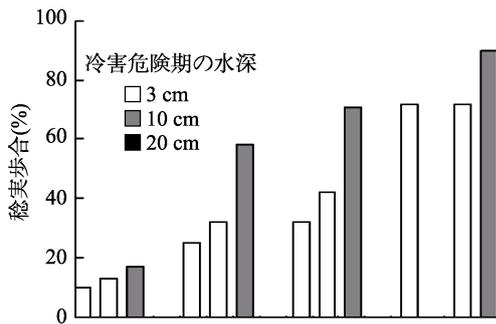


図 16 幼穂形成期から穂ばらみ期にかけての前歴水深と冷害危険期水深による冷害防止^[17]
注：前歴は幼穂形成期から冷害危険期前迄，冷害危険期は葉耳間長-5~+5cm。冷害危険期 5 日間で水温 18℃ 処理。

6) 登熟期間の土壤水分

落水時期は一定時期をこえて早いほど千粒重が小さく低収化し，蛋白も高くなる(表 4)。そこで，出穂始めは浅水にして，土壤にヒビが入る前に入水するという間断灌漑を繰り返す，出穂後 25 日の穂屈み期に落水する。

表 4 異なる落水時期における精玄米収量と品質^[16]

落水時期	精玄米収量 /kg/10a	千粒重/g	精米蛋白質含有率/%
止葉期	412	21.0	6.5
出穂期	512	21.3	6.1
出穂後 1 週	584	21.7	6.2
慣行	586	21.6	6.2

注：1998~2000 年の平均。慣行は出穂後 3 週目に降に落水。

落水後にも，土壤乾燥が進んで PF 値が 2.5 以上になると収量や品質に悪影響を及ぼす。そこで，PF 値で 2.1~2.3(土壤含水比で 58~66%)，土壤の表面に小さい亀裂が生じてわずかに足跡がつく状態を目処に水分を維持する(表 5)。これらにより登熟期の土壤水分を適正に保つことにより千粒重を重くすると低蛋白化が図れる(図 17)。

表 5 登熟期間の土壤水分状態(PF)が収量と品質に及ぼす影響^[19]

落水後	土壤観察	与える影響	
登熟期間の土壤 PF		収量	産米品質
2.5 以上	作土に深い大亀裂が生成、水稻根の切断が観察	×	×
2.4 程度	作土に幅 1cm くらいの亀裂多数、足跡がつかない		×
2.1~2.3	表面に小亀裂生成、わずかに足跡がつく		
2.1 以下	表面のみ乾燥、亀裂微、明瞭に足跡が残る	-	-

注：○：好適，△：境界領域，×：不適。PF2.1~2.3 は土壤含水比のグライ土 58%、褐色地土 66%に相当。

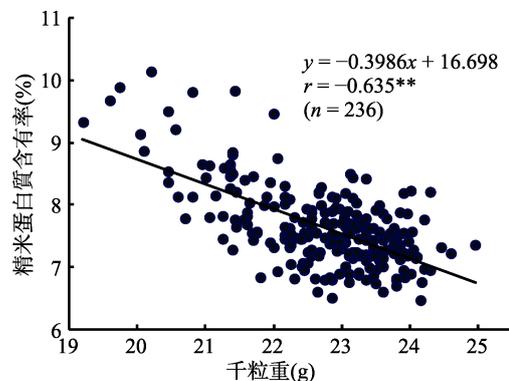


図 17 千粒重と精米蛋白質含有率との関係^[4]
注：北海道 15 地域，1991~2006 年のデータによる。**：1%水準で有意。

7) 稲わらの搬出と圃場の乾田化

収穫後，圃場に放置された稲わらをそのまま土壤に鋤き込むと，土壤還元を生じさせ稲の根の活性や生育を障害する。例えば，藁搬出(無施与)，堆肥施与，秋と春の鋤込みにおける収量と変動係数を比べると，堆肥区が収量は最高で変動係数も最小で，次が秋鋤込み区であった。春鋤込み区では搬出区より多収であるが収量変

動が大きかった。蛋白は藁搬出区が最も低く、次いで堆肥区，秋鋤込み区，春鋤込み区の順であった（図 18）。以上から，稲藁の処理では堆肥化が最も良く，鋤込む場合は春ではなく秋に行うことが重要である。

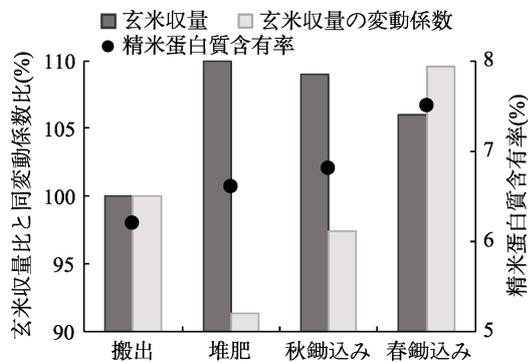


図 18 褐色低地土圃場での有機物無施用と連年施用圃場における玄米収量と精米蛋白含有率^[20]

透排水が不良な圃場では，春始めの地温上昇が遅く，土壤中への酸素供給が悪く，有害物質が滞留し，初期生育が不良化する。そのため，暗きょ排水や心土破碎などにより水田の透排水性を良くする。さらに，融雪剤の散布や弾丸暗きょまたはサブソイラをかけるなど圃場を乾かすことにより，土壤窒素の早期有効化を促す。

8) 技術の影響度；これまで取り上げた技術項目を北海道におけるアミロースと蛋白への影響度からみると，アミロースについては品種の影響が大きく，栽培技術では出穂を早めることが重要である。蛋白では前述した技術の中から，とくに土壤型，窒素施肥，初期生育促進および不稔多発を防ぐ深水灌漑の4つが大きい。ただし，この影響度は各栽培地域の作付け品種，土壤型および気象環境で変わるため，各栽培地域での検討が必要である。

参考文献：

[1] 上川農業試験場・中央農業試験場. 「ゆめぴりか」の当面の品質・食味管理目標. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覧, 2011 (<http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/panf/23/30.pdf>) (2019/10/14 閲覧).

[2] 稲津脩. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 1988, 66: 1-89.

[3] 丹野久. 北海道における良食味低蛋白米の生産技術. 松江勇次編, 米の外観品質・食味. 東京: 養賢堂, 2018, 323-347.

[4] 丹野久. 寒地のうるち米における精米蛋白質含有率とアミロース含有率の年次間と地域間の差異およびその発生要

因. 日作紀, 2010, 79: 16-25.

[5] 五十嵐 俊成・古原 洋. 「きらら 397」における登熟温度および枝梗着生位置がアミロース含有率に及ぼす影響. 日作紀, 2008, 77: 142-150.

[6] 水野直治. 北海道の稲作, ニューカントリー選書 1. 札幌: 北海道協同組合通信社, 1992, 1-155.

[7] 柳原哲司. 北海道米の食味向上と用途別品質の高度化に関する研究. 土壤改良による北海道米食味の高位平準化の検討. 北海道立農業試験場報告, 2002, 101: 13-39.

[8] 北海道立中央農業試験場. 低蛋白米生産のための稲体および土壌のケイ酸指標. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覧, 1995 (<http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h07gaiyo/1994125.htm>) (2019/10/14 閲覧).

[9] 北海道農政部. 道総研農業研究本部編, 北海道施肥ガイド, 水稻 2015. 札幌: 北海道農政部, 2015, 14-34 (<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/shs/clean/schiguide2015.htm>) (2019/10/15 閲覧).

[10] 後藤英次. 北海道における高品質米生産に関する土壌化学性と合理的施肥法の研究. 北海道立農業試験場報告, 2007, 116: 1-88.

[11] 北海道立中央農業試験場. 空知管内における低蛋白米生産のための稲体および土壌の窒素指標. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覧 (<http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h09gaiyo/1996141.htm>), 1997 (2019/10/14 閲覧).

[12] 北海道米高水準食味確立緊急対策協議会編. おいしい北海道米生産ハンドブック. 北海道米高水準食味確立緊急対策協議会(北海道農政部, 北海道立農業試験場, 北海道農業協同組合中央会, ホクレン農業協同組合連合会, 社団法人北海道米麦改良協会). 2001, 1-32.

[13] 北海道立上川農業試験場・中央農業試験場. 高品位米を目標した成苗密植栽培技術. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覧, 2009 (<http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h21gaiyo/f2/048.pdf>) (2019/10/14 閲覧).

[14] 藤原忠. 水温上昇対策. 堂腰純・島崎佳郎監修, 北海道の農業気象(ニューカントリー臨時増刊). 札幌: 北海道協同組合通信社, 1982, 86-91.

[15] 北海道立中央農業試験場・上川農業試験場. 育苗箱施肥の利用による水稻の減化学肥料栽培. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覧, 2000 (<http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h12gaiyo/2000405.htm>) (2019/10/14 閲覧).

[16] 古原洋・渡辺祐志・竹内晴信, 等. 北海道米の食味・白度の変動要因と高位安定化技術. 北農, 2002, 69(1): 17-25.

[17] Satake T., S. Y. Lee, S. Koike. 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. Jour. Crop Sci. 1988, 57: 234-241.

[18] 天野高久. 水稻の冷害に関する作物学的研究. 北海道立農業試験場報告, 1984, 46: 1-67.

[19] 北海道立中央農業試験場・上川農業試験場. 北海道米の食味・白度の変動要因解析と高位安定化技術. 北海道農政部農業改良課編, 平成 13 年普及奨励ならびに指導参考, 2001, 220-222 (<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/shingijutsu/19/1912.htm>) (2019/10/15 閲覧).

[20] 野村美智子. 褐色低地土水田における有機物の長期連用効果 第 1 報 水稻の生育・収量・食味に与える影響. 北農 64, 1997, (2): 175-181. ㊦

备注：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；参与培育了 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。

广告

《食品与机械》

中国食品科学技术学会会刊

中文核心期刊

更专业	权威论坛	基础研究	研究进展
	安全与检测	提取与活性	开发应用
更实用	包装与机械	贮藏与保鲜	市场分析

月 刊 国内邮发代号：42-83 每期 20 元

 国际邮发代号：DK43003 每期 12 美元

地 址：长沙市天心区赤岭路 45 号长沙理工大学内

电 话：0731-85258200 85258201 邮编：410076

网 址：<http://ifoodmm.com> E-mail：foodmm@vip.sina.com