

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.010

日本の寒地，北海道におけるうるち米粒外観品質の年次間地域間差異とその発生要因（日文）

丹野 久

（北海道農産協会，日本 北海道札幌，060-0004）

摘 要：北海道では，米粒外観品質である整粒，未熟粒，被害粒，着色粒および死米の各歩合および玄米白度と精米白度のいずれも，年次間差異（1999—2006 年の 6~8 年間）は地域間差異（15 地域）より大きく，最大値最小値の差異と標準偏差の両比の平均で 1.5~6.4 倍であった。これは障害危険期（出穂前 24 日以降 30 日間）の平均気温および登熟気温（出穂後 40 日間の日平均積算気温）で，年次間差異は地域間差異に比べ 3.0~3.7 倍，不稔歩合，千粒重および玄米収量の生育特性や精米蛋白質含有率（蛋白）で，1.4~3.3 倍と大いいためであった。年次間で，整粒歩合は千粒重が重いほど高く，また整粒歩合が高いほど多収で蛋白が低かった。また，障害危険期気温が高く不稔歩合が低く蛋白が低く，さらに登熟気温が高いほど，玄米白度が高く精米白度が高くなった。被害粒と着色粒歩合の間には正の相関関係があり，両歩合は登熟気温がそれぞれ 890，850 °C になるまで高いほど低くなった。また，未熟粒歩合は登熟気温が 808 °C で最低となる二次曲線の関係がみられ，とくに登熟期間 40 日の前半よりも後半の影響度が大きかった。日射量不足も未熟粒を多発させた。地域間では，年次間に比べこれらの関係は概して明確でなかったが，死米歩合は灰色低地土比率が低く泥炭土比率が高い地域ほど高くなる傾向があった。現在，これら米粒外観品質を向上させる栽培技術が開発され，生産者に普及、指導されている。

キーワード：うるち米粒外観品質；年次間差異；地域間差異；発生要因；寒地

中图分类号：TS5-33；S511 **文献識別コード：**A **文章番号：**1007-7561(2020)06-0086-11

ネットワークの最初発表時間：2020-10-30 11:45:35

ネットワークの最初発表アドレス：<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201030.1135.004.html>

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

Hisashi Tanno

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

Abstract: In 1999—2006(6~8 years), appearance quality of rice grains, namely percentages of whole, immature, damaged, colored and opaque grain, and whiteness of brown, milled rice were examined in 15 areas

投稿日時：2020-09-20

作者紹介：丹野 久，男，1957 年生まれ，博士，教授，研究方向は米の品質改良における育種栽培、生産技術及びその形質との関係である。E-mail: bun01_0405@yahoo.co.jp。このコラムの背景と作者の紹介は C4-C13 にて具体的に掲載しており，本論文の中国語訳文は P75-P85 を参照できる。

of Hokkaido. The range of the yearly variation in those appearance qualities was 1.5-6.4 times respectively, larger than that of regional variation. That was because the range of the yearly variation in the mean temperature during of some growth stages such as both the temperature during the sensitive stage to stelile-type cool injury (TSSC) and the cumulative daily mean temperature during 40 days after heading (CTAH) and in growth characteristics like grain yield and protein content (PC) was 3.0-3.7, 1.4-3.3 times, larger than that of regional variation. Among years, the lower the sterility, the heavier the 1000-kernel-weight; the higher was the percentage of whole grain. Higher the percentage of whole grain, the higher the grain yield; the lower was the PC. The higher the TSSC, lower the sterility, the lower the PC; the higher the CTSH, the higher the whiteness of brown rice, the higher was the whiteness of milled rice. Moreover between the percentages of both damaged and colored grains a positive correlation was found, and the higher the CTAH to 890, 850 °C respectively, those percentages were the lower. At 808 °C of the cumulative daily mean temperature during CTAH, the percentage of immature grains were lowest in the quadratic regression relationship, and the latter half of CTAH affected greater on percentage of immature grain than the first half of it. Poor sunshine increased number of immature grains, too. The regional variation of appearance quality of rice grains did not correlate with these growth characteristics, but the lower the ratio of peat soil in the paddy field, the higher the ratio of gray lowland soil, the lower was the percentage of opaque grains. At the present cultivation techniques that improve those appearance quality of rice grains have been developed and have disseminated to farmers.

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

北海道の 1 等米比率は、1970 年代以降大きく上昇した。その結果、旧来日本全国に比べ低かったが、1998 年以降高くなり、同年から 2018 年までの 21 カ年の平均で北海道が 86%±7.1%(±標準偏差)と日本全国の 76%±5.9%より 10%高かった。(図 1)。しかし、その年次間差異を示す標準偏差の値は日本全国よりやや大きく、これを小さくする必要があった。

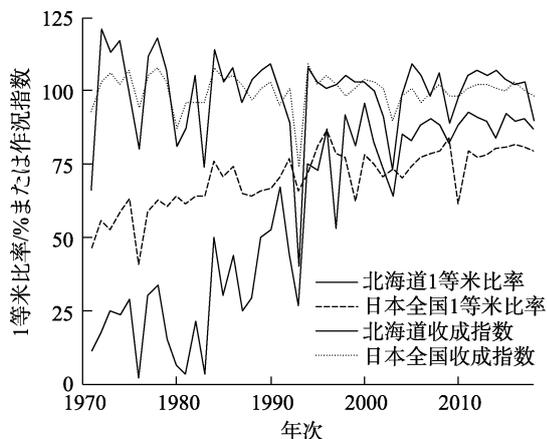


図 1 北海道と日本全国における 1 等米比率および作況指数の年次推移^[1]

また、同 21 年間で 1 等米比率が 85%以下となった年次は 7 カ年あった。それらの落等要因

は、多くの年次で、腹白粒や心白粒などの白未熟粒の発生による整粒不足や青未熟粒などによる充実度不足であった。さらに、アカヒゲホソミドリカスミカメの多発生による斑点米を含む着色粒の発生も見られた(表 1, 図 2)。

表 1 1998—2018 年において北海道の 1 等米比率が 85%以下となった 7 カ年の落等要因^[2-8]

年次	1 等米比率/%	作況	(試験場) 落等要因
1999	81.1	103	(中央) 斑点米の混入。
2001	82.7	100	(中央) 青未熟粒が多く、形質充実度不足。(植遺) 整粒不足。
2002	73.8	91	(中央) 青未熟粒多く、形質充実度不足。(道南) 形質充実度不足。
2003	64.2	73	(道南) 整粒不足。(植遺) 着色粒が多い。
2005	82.8	109	(中央) 乳白粒の混入。
2009	82.3	89	(中央) 充実度不足、腹白の多発。
2014	83.9	107	(中央) 白未熟粒の混入による整粒不足。(上川) 青米や形質不足の粒がやや多い。(道南) 心白、腹白による。

注：主要農作物作況—北海道立(現、北海道立総合研究機構)農業・畜産試験場における—による。試験場の中央：北海道立中央農業試験(以下、農業試験場は農試)、上川：同上川農試、道南：道南農試、植遺：植物遺伝資源センター(現、中央農試遺伝資源部)。1999 年の斑点米はアカヒゲホソミドリカスミカメの多発生による。

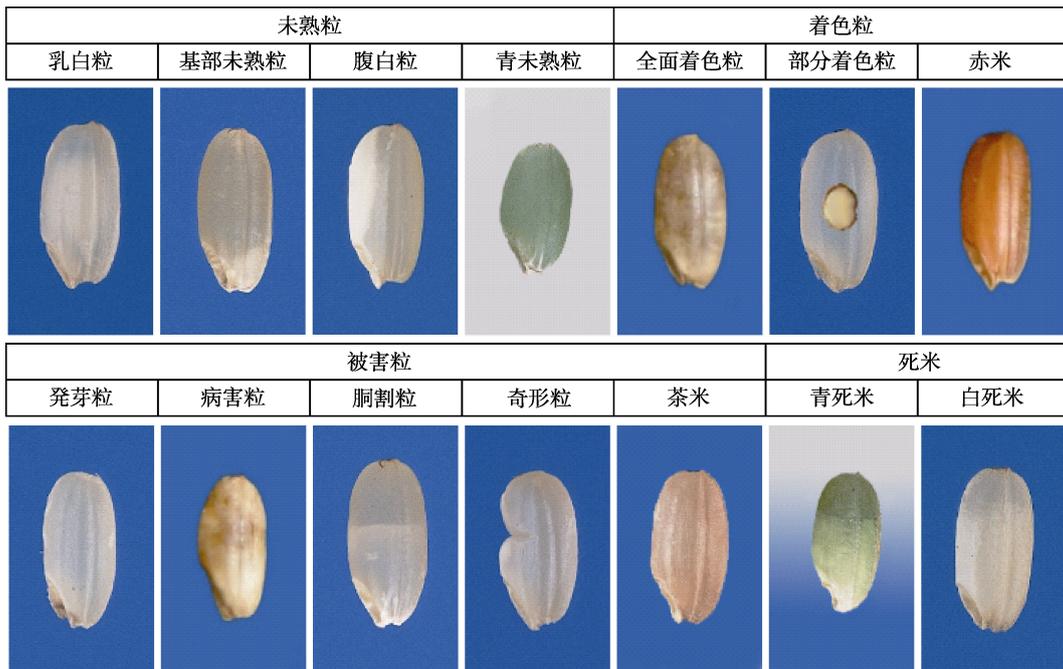


図 2 農産物検査規格での玄米品位（等級）における被害粒，死米，着色粒および未熟粒の例

注：農林水産省「検査用語の解説」（https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/k_kaisetsu/）による。未熟粒とは死米を除いた成熟していない粒で，図示の他，心白粒，背白粒およびその他未熟粒がある。被害粒とは損傷を受けた粒で，図の奇形粒は胴割粒。図示の他，芽くされ粒，虫害粒，奇形粒のねじれ粒とその他奇形粒，碎粒，斑点粒，胚芽欠損粒およびはく皮粒がある。死米とは充実していない粉状質の粒である。着色粒とは粒面の全部または一部が着色した粒および赤米をいう。ただし，着色が搗精によって除かれ，または精米の品質および精米歩留に著しい影響を及ぼさない程度のもをを除く^[9]。

作況指数と 1 等米比率の関係を見ると，1998—2018 年では作況指数が高い年次ほど 1 等米比率が高くなった（図 3）。一方，1971—1997 年でこの関係は明確でなく，その要因は同期間における育種による外観品質の向上^[10]や栽培

法の改善^[11]による影響が反映されているためと推測された。また，この相関関係は日本全国平均ではみられず，北海道に特徴的な関係であった。

一方，食味に係わるアミロース含有率と精米蛋白質含有率（以下，蛋白）では，年次間差異が地域間差異に比べ大きく，それは栽培期間や生育ステージ別での気温の年次間差異が地域間差異よりも大きく，玄米収量などの生育特性でも大きいためであった^[12]。これらのことから，米粒外観品質の年次間差異や地域間差異も水稻の生育ステージ別気温や生育特性の差異に影響されていることが考えられる。

そこで，本報では，米粒外観品質として整粒，整粒から除かれる未熟粒，被害粒および死米，整粒に含まれるが落等要因となる着色粒および精米の外観評価に影響する玄米白度と精米白度を取りあげた。主に 1999—2006 年の 6~8 年間，15 地域における調査結果から，それら米粒外観品質の年次間と地域間の差異を解明するとともに，それらと気象および生育特性との間の関係を明らかにした^[13-14]。さらに，未熟粒，

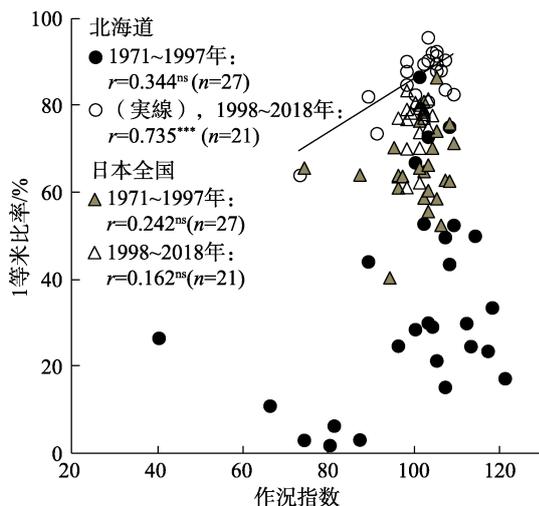


図 3 北海道と日本全国における作況指数と 1 等米比率との関係^[1]

注：1998 年以降北海道の 1 等米比率は日本全国を安定して上まわるようになったため，その前と以降に分けて示した。回帰式，北海道の 1998—2018 年： $y=0.623 5x+23.868$ 。***は 0.1%水準で有意。

被害粒，死米および着色粒の発生の抑制および玄米白度と精米白度の上昇を図る外観品質向上のための栽培技術が開発され，生産者に普及・指導されているので，その概要も紹介する。

1 米粒外観品質の年次間地域間差異

整粒歩合，未熟粒歩合，被害粒歩合，死米歩合，さらに着色粒歩合，玄米白度および精米

白度において，最大値と最小値の差異および標準偏差を年次間と地域間で比べると，いずれも年次間が大きかった。すなわち，年次間差異は地域間に比べ，被害粒が最大でそれぞれ 6.5, 6.2 倍，次いで整粒，未熟粒および着色粒の 2.5~3.1, 2.9~3.1 倍，玄米白度および精米白度が 2.0~2.1, 2.4~3.1 倍で，それらに比べ，死米が最も小さく 1.1, 1.9 倍であった（表 2）。

表 2 年次間と地域間における米粒外観品質の統計量^[13-14]

年次または地域 (データ数)	統計項目	整粒歩合/%	未熟粒歩合/%	被害粒歩合 [‡] /%	死米歩合 [†] /%	着色粒歩合 [†] /%	玄米白度	精米白度
年次 (6 [†] , 7 [‡] , 8)	平均	75.7	14.0	6.4	1.3	0.2	18.8	37.6
	標準偏差(A)	8.4	6.1	7.29	0.69	0.20	1.13	1.15
	最小値(B)	57.7	9.0	0.0	0.7	0.1	17.2	35.4
	最大値(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
地域 (15)	平均	75.6	14.0	6.4	1.3	0.2	18.8	37.6
	標準偏差(E)	2.8	2.0	1.17	0.37	0.07	0.36	0.48
	最小値(F)	71.4	11.2	4.9	0.9	0.1	18.2	36.9
	最大値(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
変動比同上	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：年次は 15 地域，地域は 1999—2006 年の 8 ヶ年の平均，ただし，2006 年は 14 地域で，1 地域のみ 7 ヶ年，また被害粒歩合は 1999 年を，死米歩合と着色粒歩合は 1999, 2006 年を除く。整粒は被害粒，死米，未熟粒，異種穀粒および異物を除いた粒。静岡製機社製品品質判定機 RS1000 で測定。白度はケツト科学研究所社製白度計 C-300 による。供試品種は「きらら 397」。

2 生育ステージ別気温および生育特性の年次間地域間差異

出穂前 24 日以降 30 日間である障害型冷害の危険期（以下，障害危険期）の平均気温および出穂後 40 日間の日平均積算気温（以下，登熟気温と記す）の年次間差異は地域間差異に比べ，

また年次間の標準偏差は地域間に比べ，それぞれ 2.4~3.4 倍および 3.6~3.9 倍と大きかった。さらに，不稔歩合，千粒重，玄米収量の生育特性および蛋白では，年次間の差異は地域間に比べ，また年次間の標準偏差は地域間に比べ，それぞれ 1.3~3.1, 1.5~3.4 倍と大きかった（表 3）。

表 3 年次間と地域間における生育ステージ別気温および生育特性の統計量^[13-14]

年次または地域 (データ数)	統計項目	障害危険期の 気温/°C	登熟気温/°C	出穂期 (7月1日=1)	不稔歩合/%	千粒重/g	玄米収量/ (kg/10a)	精米蛋白質 含有率/%
年次 (8)	平均	20.9	831	32.4	12.9	22.9	513	7.5
	標準偏差(A)	1.14	65.2	3.3	8.9	0.70	74.6	0.41
	最小値(B)	18.7	753	28.8	7.4	21.5	345	7.2
	最大値(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
地域 (15)	平均	20.6	806	32.3	12.9	22.9	515	7.5
	標準偏差(E)	0.29	18.0	3.2	2.6	0.42	44.9	0.27
	最小値(F)	20.1	769	26.9	8.3	22.3	430	7.1
	最大値(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
変動比同上	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：年次は 15 地域，地域は 1999—2006 年の 8 ヶ年の平均，ただし 2006 年は 14 地域で，1 地域のみ 7 ヶ年。障害危険期の気温は，障害型冷害危険期に該当する出穂前 24 日以降 30 日間の平均気温。登熟気温は出穂後 40 日間の日平均積算気温。供試品種は「きらら 397」。

以上のように、生育ステージ別の気温や生育特性では、年次間差異が地域間差異よりも大きかった。そのため、米粒外観品質の年次間差異が地域間差異よりも大きいと推察された。

3 年次間地域間における米粒外観品質の間の関係

未熟粒歩合と被害粒歩合は、死米歩合よりも年次間と地域間の差異が大きいため、整粒歩

合への影響が大きいと考えられた(表2)。それらの間の相関係数を比較すると、年次間では被害粒歩合が、地域間では被害粒歩合よりも未熟粒歩合で絶対値が大きく、整粒歩合により大きく影響すると思われた(表4, 図4)。なお、供試年次の中で2003年は、北海道の作況指数が73となる冷害年であった。本試験でも同年は他の年次に比べ被害粒歩合と着色粒歩合が高く、整粒歩合が低かった。

表4 年次間と地域間における米粒外観品質の間の相関係数

項目(データ数)	形質	未熟粒歩合	被害粒歩合	死米歩合	着色粒歩合	玄米白度	精米白度
年次(6 [†] , 7 [‡] , 8)	整粒歩合	-0.478	-0.873	0.418	-0.835	0.391	0.635
	未熟粒歩合		-0.051	-0.253	-0.046	0.319	0.076
	被害粒歩合 [‡]			-0.395	0.946	-0.717	-0.825
	死米歩合 [†]				-0.615	0.678	0.796
	着色粒歩合 [†]					-0.760	-0.890
	玄米白度						0.922
	地域(15)	整粒歩合	-0.820	-0.695	-0.545	-0.703	0.617
	未熟粒歩合		0.469	0.367	0.507	-0.613	-0.057
	被害粒歩合			0.565	0.874	-0.673	-0.539
	死米歩合				0.592	-0.475	-0.447
	着色粒歩合					-0.744	-0.510
	玄米白度						0.659

注: 具体的データは表2を参照。表中の相関係数の有意水準は、5, 1, 0.1%で各々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。

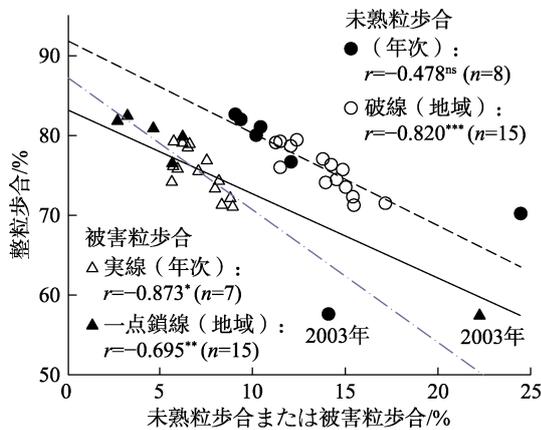


図4 年次間と地域間における未熟粒歩合および被害粒と整粒歩合との関係

注: 回帰式, 未熟粒歩合の地域: $y = -1.1594x + 91.88$, 被害粒歩合の年次: $y = -1.05x + 83.153$ および地域: $y = -1.6541x + 87.222$ 。図中の2003年は、北海道の作況指数が73となる冷害年であった。*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意。

また、整粒歩合は年次間と地域間で被害粒歩合と負の相関関係があり、さらに被害粒歩合と正の相関関係が見られる着色粒歩合(図5)とも負の相関関係があった。整粒歩合は地域間

で玄米白度との間に正の相関関係があった。また、玄米白度と精米白度との間には、年次間と地域間ともに正の相関関係があった(図6)。すなわち、整粒歩合、玄米白度および精米白度を

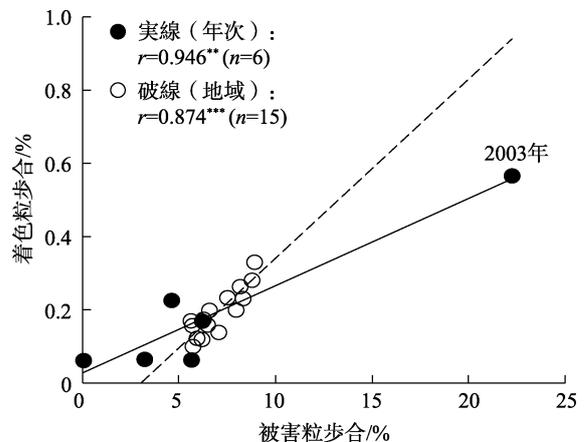


図5 年次間と地域間における被害粒歩合と着色粒歩合との関係

注: 回帰式, 年次間: $y = 0.0238x + 0.0273$, 地域間 $y = 0.049x - 0.1496$ 。図中の2003年は図4脚注を参照。*, **はそれぞれ1, 0.1%水準で有意。

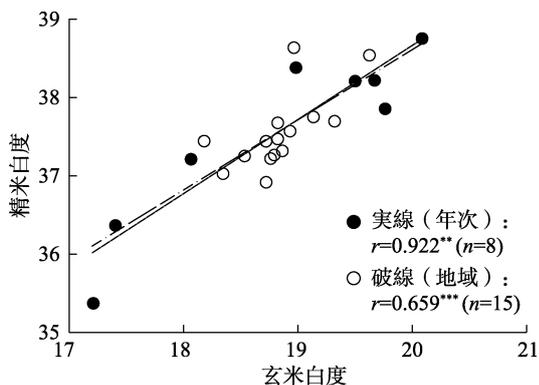


図 6 年次間と地域間における玄米白度と精米白度との関係

注：回帰式、年次間： $y=0.943 \cdot 2x+19.8$ ，地域間： $y=0.890 \cdot 9x+20.786$ 。**は 1%水準で有意。

向上させる要因は類似し、それら要因は被害粒と着色粒を減少させると思われた。

死米が多いほど年次間では、概して被害粒と着色粒が少なく、玄米白度と精米白度が高く

なった。一方、地域間では、死米が多いと被害粒や着色粒も多く、玄米白度と精米白度が低くなった。このように、死米とこれら外観品質との関係は、年次間と地域間で異なった。

4 年次間における米粒外観品質と生育特性および生育ステージ別気温との間の関係

年次間では、整粒が多いほど多収で低蛋白となった（表 5，図 7，図 8）。また、障害危険期気温が高く不稔歩合が低く蛋白が低いほど、さらに登熟気温が高いほど玄米白度と精米白度が高くなった（図 9，図 10）。一方、被害粒と着色粒は、冷害危険期が高温で不稔が少なく千粒重が重く多収なほど（表 5），また登熟気温がそれぞれ 890，850℃になるまで高くなるほど、その発生が少なくなった（図 11，図 12）。

表 5 年次間と地域間における米粒外観品質と生育特性および生育ステージ別気温との間の相関係数

項目（データ数）	形質	千粒重	精米蛋白質含有率	不稔歩合	玄米収量	障害危険期の気温	登熟気温
年次（6†, 7‡, 8）	整粒歩合	0.628	-0.764	-0.660	0.798	0.435	0.166
	未熟粒歩合	0.211	-0.085	-0.240	0.025	0.498	0.602
	被害粒歩合‡	-0.891	0.953	0.942	-0.948	-0.896	-0.692
	死米歩合†	0.610	-0.550	-0.631	0.647	0.515	0.518
	着色粒歩合†	-0.856	0.939	0.963	-0.952	-0.925	-0.703
	玄米白度	0.807	-0.735	-0.844	0.827	0.819	0.933
	精米白度	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
	精米蛋白質含有率			0.954	-0.961	-0.867	-0.648
	不稔歩合				-0.965	-0.932	-0.764
地域（15）	玄米収量					0.834	0.687
	整粒歩合	0.270	-0.405	-0.456	0.195	-0.262	0.127
	未熟粒歩合	-0.130	0.181	0.373	-0.030	-0.030	-0.228
	被害粒歩合	-0.341	0.158	0.364	-0.330	-0.041	-0.553
	死米歩合	0.269	0.356	-0.128	0.262	-0.023	-0.060
	着色粒歩合	-0.405	0.299	0.536	-0.368	-0.021	-0.544
	玄米白度	0.061	-0.291	-0.217	-0.137	0.307	0.529
	精米白度	-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
	精米蛋白質含有率			0.264	0.036	0.437	0.286
不稔歩合				-0.594	0.327	-0.281	
玄米収量					-0.372	0.223	

注：具体的データは表 2 と表 3 を参照。障害危険期の気温と登熟気温は表 3 脚注参照。表中の相関係数の有意水準は表 4 脚注参照。冷害危険期の気温と登熟気温との間の相関係数、年次間 0.861，地域間 0.416。

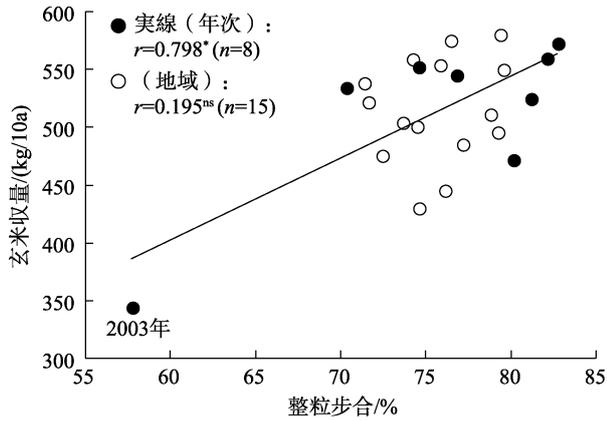


图 7 年次間と地域間における玄米収量と整粒歩合との関係
注：回帰式，年次間： $y=7.092 9x-23.571$ 。図中の 2003 年は図 4 脚注を参照。*は 5%水準で有意。

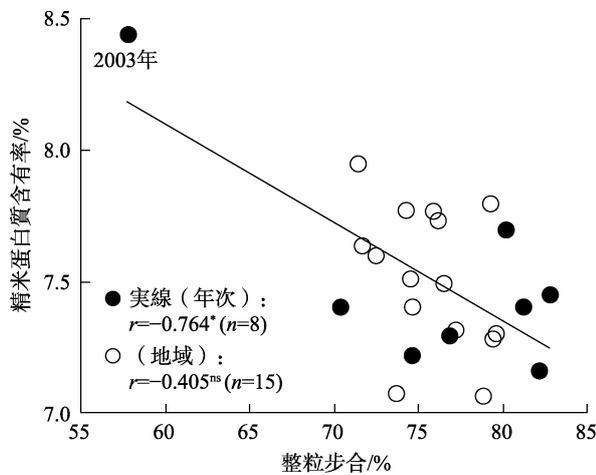


图 8 年次間と地域間における精米蛋白質含有率と整粒歩合との関係

注：回帰式，年次間： $y=-0.037 3x+10.337$ 。図中の 2003 年は図 4 脚注を参照。*は 5%水準で有意。

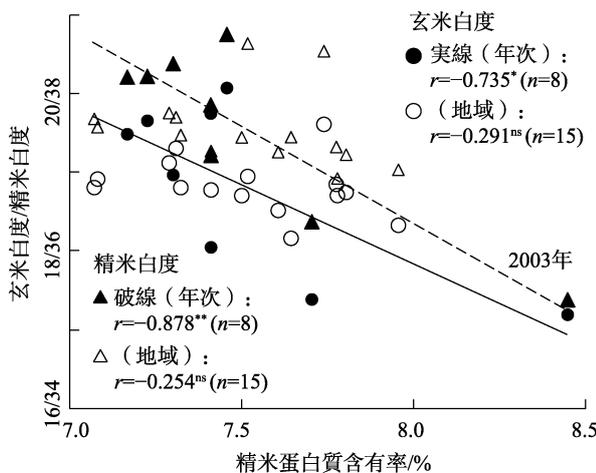


图 9 年次間と地域間における精米蛋白質含有率と玄米白度および精米白度との関係

注：回帰式，玄米白度の年次： $y=-2.020 7x+34.005$ ，精米白度の年次： $y=-2.470 7x+56.116$ 。図中の 2003 年は図 4 脚注を参照。*，**はそれぞれ 5%，1%水準で有意。

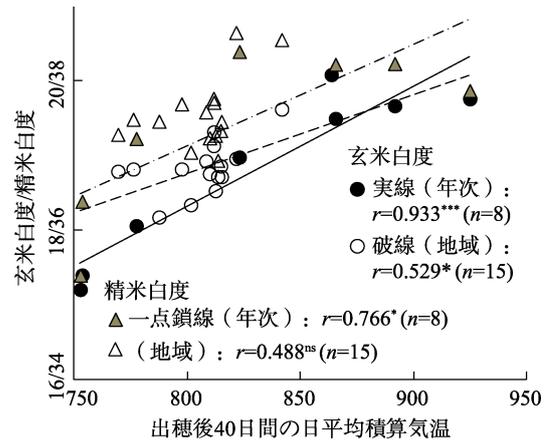


图 10 年次間と地域間における出穂後 40 日間の日平均積算気温と玄米白度および精米白度との関係

注：回帰式，玄米白度の年次： $y=0.016 1x+5.402 8$ ，同地域： $y=0.010 5x+ 10.366$ ，精米白度の年次： $y=0.013 6x+26.273$ 。
*，***はそれぞれ 5%，0.1%水準で有意。

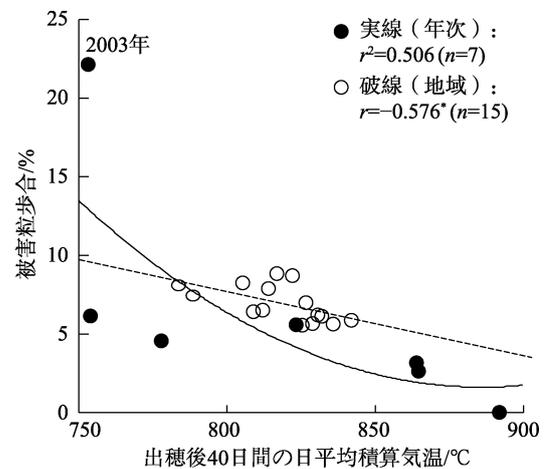


图 11 年次間と地域間における出穂後 40 日間の日平均積算気温と被害粒歩合との関係¹⁴⁾

注：回帰式，●： $y=0.000 64x^2-1.139 8x+506.42$ ，○： $y=-0.040 6x+40.159$ 。図中の 2003 年は図 4 脚注を参照。*は 5%水準で有意。

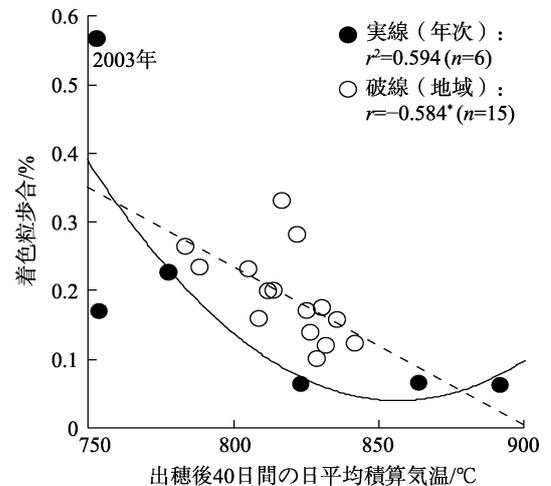


图 12 年次間と地域間における出穂後 40 日間の日平均積算気温と着色粒歩合との関係¹⁴⁾

注：回帰式，●： $y=0.000 031x^2-0.052 7x+22.613$ ，○： $y=-0.002 3x+2.080 3$ 。図中の 2003 年は図 4 脚注を参照。*は 5%水準で有意。

死米歩合とこれら生育ステージ別気温や生育特性との間の関係は、整粒歩合や玄米白度と精米白度の場合に類似したがやや明瞭ではなかった。また、未熟粒歩合は、これら生育ステージ別気温や生育特性との間の関係に一定の傾向がなかった。

5 年次間における未熟粒歩合と気象との関係

未熟粒歩合は年次間で登熟気温が 808 °C で最低となり、それよりも高くなると白未熟粒が多くなり^[15-17]または低くなると青未熟粒が多くなり^[18]、同歩合は高くなった(図 13)。さらに、登熟期間である出穂後 1~20 日の前半および 21~40 日間の後半における日平均積算気温と未熟粒歩合との二次回帰曲線の決定係数を比較すると、登熟期間後半の値が大きく(表 6)、影響度がより大きいと思われた。さらに、主要な

未熟粒である乳白粒・腹白粒は、高温に加えて日照が少ないほど多くなった(図 14)。

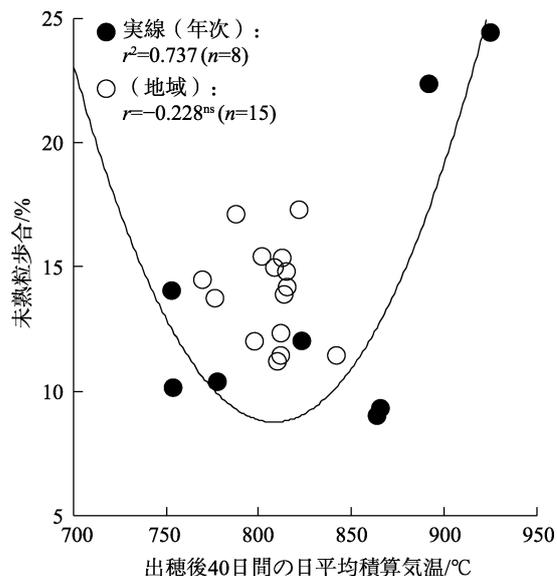


図 13 年次間と地域間における出穂後 40 日間の日平均積算気温と未熟粒歩合との関係^[14]

注: 二次回帰式, 年次: $y=0.001\ 23x^2-1.982\ 84x+810.00$ 。

表 6 出穂後 1~20 日間および 21~40 日間における日平均積算気温と未熟粒歩合との二次回帰式の決定係数の比較^[14]

試験別	品種	登熟気温の積算期間				データ数
		出穂後 1~20 日間		出穂後 21~40 日間		
		未熟粒歩合との二次回帰式	決定係数	未熟粒歩合との二次回帰式	決定係数	
A	きらら 397	$y=0.001\ 34x^2-1.106\ 78x+239.67$	0.237	$y=0.006\ 72x^2-5.146\ 93x+995.34$	0.975	8
		$y=0.000\ 917x^2-0.748\ 51x+163.94$	0.137	$y=0.004\ 17x^2-3.148\ 45x+603.55$	0.580	
B	ななつぼし	$y=0.001\ 78x^2-1.518\ 24x+327.56$	0.131	$y=0.000\ 853x^2-0.621\ 55x+115.79$	0.575	33
	きらら 397	$y=0.001\ 56x^2-1.230\ 38x+246.01$	0.219	$y=0.001\ 91x^2-1.440\ 28x+273.52$	0.718	
	きたくりん	$y=0.002\ 46x^2-2.063\ 13x+438.94$	0.206	$y=0.000\ 754x^2-0.500\ 79x+86.57$	0.557	
	ふつくりんこ	$y=0.002\ 76x^2-2.363\ 72x+509.47$	0.156	$y=0.001\ 19x^2-0.863\ 25x+159.95$	0.585	

注: 試験 A のデータ数, 8 は 1999—2006 年の年次(地域平均), 119 は年次と 15 箇所の地域込み。試験 B は 2006—2011 年, 9 箇所のデータによる。

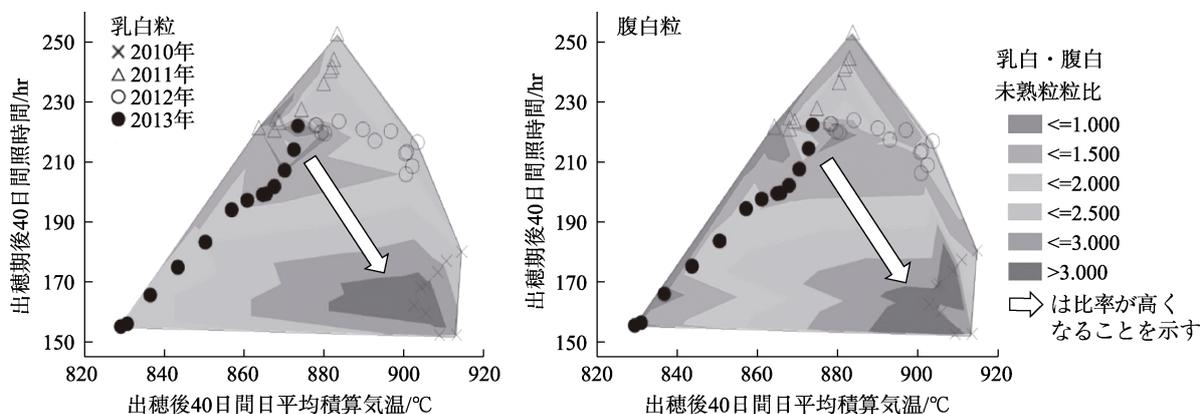


図 14 出穂後 40 日間の日平均積算気温と日照時間が乳白粒ならびに腹白粒の発生に及ぼす影響^[19]

6 地域間における米粒外観品質と生育特性および生育ステージ別気温との間の関係

地域間では、登熟気温が高いほど被害粒と着色粒が少なく、玄米白度と精米白度が高くなる傾向があったが、その他では相関係数の絶対値がやや小さく、明確な関係を示さなかった(表5)。ただし、死米は、泥炭土比率が高く灰色低地土比率が低いほど多くなった(図15)。すなわち、泥炭土は初期生育が劣るに関わらず、その後の窒素供給量が多く㎡当たり初数が多くなる特徴がある^[20]。そのため、出穂が遅れた穂に着粒した初が十分に登熟できず、死米が多くなると思われた。このように、死米発生地域間差異には、土壌型の違いが影響し、このことが前述した3.における死米歩合と被害粒歩合、着色粒歩合、玄米白度および精米白度との間の関係が、年次間と地域間で異なった大きな要因と思われた。

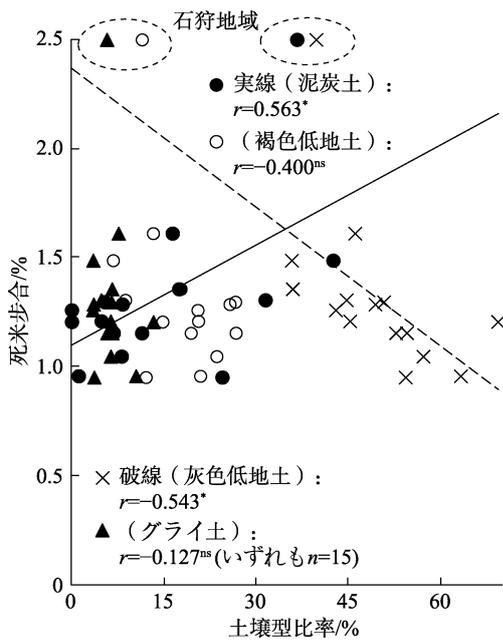


図15 調査地域間における土壌型比率と死米歩合との関係^[14]

注: 回帰式, 泥炭土: $y=0.0154x+1.0969$, 灰色低地土: $y=-0.0212x+2.3658$. *は5%水準で有意。

7 米粒外観品質を向上させる対策

以上のように、外観品質を向上させるためには、未熟粒、被害粒、着色粒および死米の発生を抑制する必要がある。そのため、未熟粒および死米については、適正な栽植密度の遵守や側条施肥による初期生育の促進および早期異常

出穂の発生回避により穂揃いを良くするとともに出穂を促進する。さらに、土壌診断を用いた施肥量の決定などにより㎡当たり初数を適正化し、登熟期に土壌への十分な水分を供給し、同時に適期刈り取りを行う必要がある^[11,18,21]。なお、これらの対策技術は、玄米形質の充実度を高めることや光沢を良くすることにも有効である^[21]。さらに、死米については、いもち病による登熟停止を防ぐため、防除を十分に行う。

被害粒について、発芽粒には多肥を避け倒伏を防止する。胴割粒には刈り遅れで降雨に当てないことや、収穫後の高温乾燥を避ける。また、茶米には、強風地帯における防風網の設置やケイ酸資材施用により葉鞘褐変病や褐変穂の発生を軽減すること^[22-24](図16)、および適期刈り取りを励行する^[21](図17,表7)。

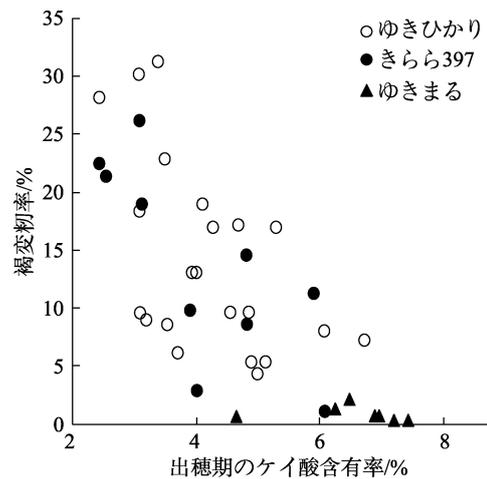


図16 出穂期のケイ酸含有率と褐変初率との関係^[23]

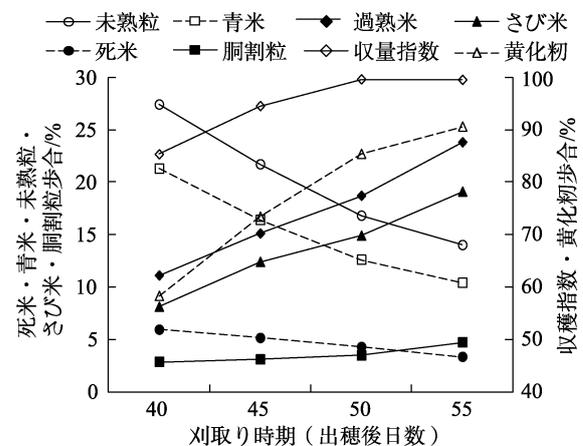


図17 刈取り時期と玄米外観品質との関係^[21]

注: 北海道立中央農業試験場空知支場(1963)による。過熟米は成熟期が過ぎて時間がたち光沢が失われた粒で、さび米は粒表面にさび(銹)状の部分が生じた茶米(被害粒)である。青米は生き青粒である。

表 7 適期刈りと遅刈りにおける着色粒から分離した *Alternaria* 菌接種による籾（穎）の褐変と着色粒の発生、および同菌接種と遅刈りが玄米に及ぼす影響^[23]

刈り取り時期 または処理種別	接種	籾（穎）褐 変籾率/%	玄米 [†] /%				
			健全	淡茶	背黒茶	背黒	濃茶
適期刈り	-	9.5	76.2	8.7	1.9	1.4	0.00
	+	56.5	46.1	34.7	2.3	1.7	0.34
遅刈り	-	18.4	44.9	21.7	15.6	10.2	0.00
	+	50.8	25.0	37.0	19.2	8.6	0.33
処理が籾または玄米に及ぼす影響、高まるまたは増える（○），変わらない（△）							
菌接種遅刈り		○	-	○	-	△	○
		△	-	○	-	○	△

注：表の着色粒は検査等級の着色粒とは異なり，搗精により除かれる着色が軽微な粒も含む（図 2 参照）。北海道立中農業試験場における試験。†未熟米，屑米および不稔粒は略す。

また，着色粒は，アカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米^[25-26]（図 18）が主であるが，エピコッカム菌による紅変米も年次により発生する^[24]。これらの粒は，いずれも割割が多い品種で発生率が高いので，作付け品種の選定に留意する（図 19）。また，同カスミカメの多発生防止のために，畦畔や周辺のイネ科雑草の適切な管理と水稲への薬剤散布による十分な防除を実施する^[25]。紅変米は，成熟が進む過程で玄米水分が高いほど感染しやすく症状も激しくなり，また籾周囲の湿度が高いほど多発するので（図 20），刈り遅れが生じないように注意し，収穫後は速やかな乾燥を行う^[24]。

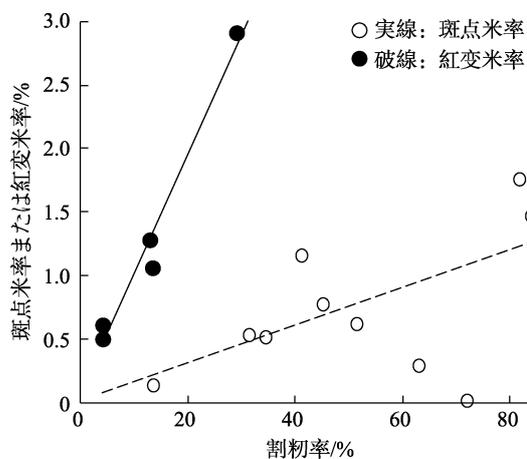


図 19 品種間における割割率と着色粒である斑点米および紅変米の各発生率との関係^[27-28]

注：斑点米は北海道立総合研究機構 中央農業試験場および上川農業試験場により 2009—2013 年にうるち 5 品種を，紅変米は北海道立上川農業試験場により 1982 年にうるち 9 品種およびもち 2 品種の計 11 品種を供試。

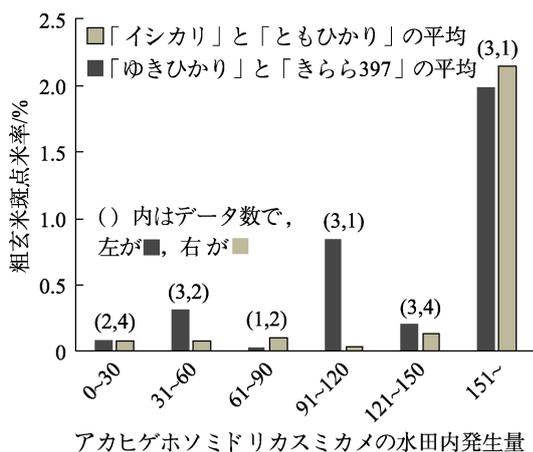


図 18 アカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発生量と粗玄米斑点米率との関係^[26]

注：発生量は，出穂期以降 6 半月の水田内カメムシの成虫発生量の合計で，すくい取り調査の 20 回振り×30 日分。北海道立中央農業試験場および同上川農業試験場における発生予察試験および資材試験で，「イシカリ」と「ともひかり」は 1981 年から，「ゆきひかり」と「きらら 397」は 1988 年から 1993 年までの該当するデータによる。

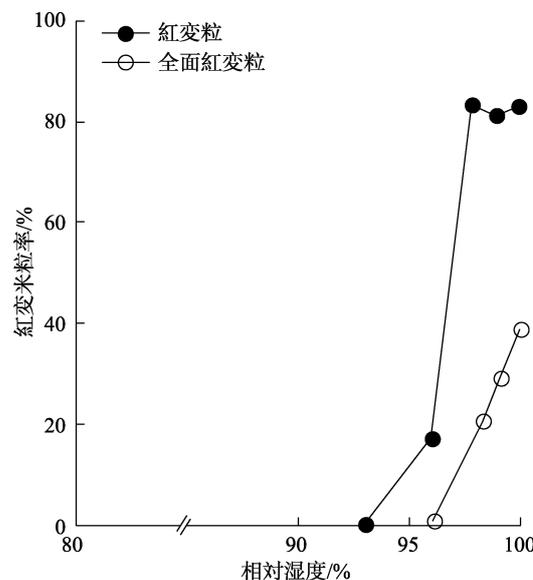


図 20 *Epicoccum purpurascens* 菌の接種による玄米の紅変と相対湿度との関係^[28]

さらに、玄米白度と精米白度を向上させるためには、整粒歩合を高め、低蛋白化を図ることが必要である(図9)。そのためには、初期生育促進を含めた低蛋白米生産技術が有効である^[29]。

引用文献:

[1] 北海道農政部 生産振興局農産振興課編. 米に関する資料 [生産・価格・需要]令和元年 10 月. 北海道 農政部 生産振興局農産振興課 北海道の水田農業(2019). [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/nsk/kome/01_r1zentai.pdf\(2020/8/7 閲覧\)](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/nsk/kome/01_r1zentai.pdf(2020/8/7 閲覧)).

[2] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 11 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2000, 67(1): 42-76.

[3] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 13 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2002, 69(1): 53-90.

[4] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 14 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2003, 70(1): 42-79.

[5] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 15 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2004, 71(1): 17-53.

[6] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 17 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2006, 73(1): 42-77.

[7] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 21 年主要農作物作況—北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2010, 77(1): 68-100.

[8] 北海道立総合研究機構農業試験場, 畜産試験場. 平成 26 年主要農作物作況—道総研農業・畜産試験場における—. 北農, 2015, 82(1): 79-107.

[9] 全国食糧検査協会編. 農産物検査ハンドブック米穀編. 東京: 日本農民新聞社, 2002: 1-361.

[10] 丹野 久, 吉村徹, 木下雅文. 日本の寒地, 北海道におけるうるち米粒外観品質の育種(日文)[J/OL]. 粮油食品科技: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20201030.1927.016.html>.

[11] 丹野 久. 日本の寒地, 北海道のうるち米における白未熟粒発生を抑制する栽培法(日文)[J/OL]. 粮油食品科技: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20201030.1149.006.html>.

[12] 丹野 久. 日本の寒地, 北海道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地域間差異とその発生要因(日文)[J/OL]. 粮油食品科技: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20201030.1430.011.html>.

[13] 丹野久, 平山裕治. 北海道におけるうるち米の外観品質とその変動要因. 松江勇次編著, 米の外観品質・食味—最新研究と改善技術—. 東京: 養賢堂, 2018: 349-368.

[14] 丹野久, 平山裕治, 其田達也. 北海道のうるち米品質における年次間および地域間差異とその発生要因, 米の外観品質・食味研究の最前線 [39]. 農及園, 2016, 91(1): 16-32.

[15] 月森弘. 島根県における高温のイネ生産への影響と技術的

対策. 日作紀, 2005, 74(1): 80-82.

[16] 若松謙一, 佐々木修, 上蘭一郎, 等. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀, 2007, 76(1): 71-78.

[17] 森田敏. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀, 2008, 77(1): 1-12.

[18] 熊谷聡. 北海道米における白濁要因明らかにされ軽減可能に 生育と初数のバランス良い稲を育てる. ニューカントリー, 2018, 767(2018.2): 54-55.

[19] 五十嵐俊成. 高温年における米の「腹白」「乳白」などの発生について. 農家の友, 2014, 66(1): 41-43.

[20] 渡辺祐志. 北海道の水田土壌の特徴. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米作り[2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 52-61.

[21] 五十嵐俊成. 外観品質を左右する要因と向上対策. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米づくり[2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 89-95.

[22] 富島邦之. イネ葉鞘褐変病に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 1983, 43: 1-74.

[23] 北海道立中央農業試験場. 水稻の葉しょう褐変病および褐変穂の被害解析とその対策. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覽(1999), [https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h11gaiyo/1998504.htm\(2020/8/7 閲覧\)](https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h11gaiyo/1998504.htm(2020/8/7 閲覧)).

[24] 田中文夫. 病害防除. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米づくり[2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 165-182.

[25] 橋本庸三. 虫害防除. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米づくり[2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 183-193.

[26] 北海道立中央農業試験場. カメムシの水田内発生予測システムと防除法. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覽(1994), [https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h06gaiyo/1993216.htm\(2020/8/7 閲覧\)](https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h06gaiyo/1993216.htm(2020/8/7 閲覧)).

[27] 北海道立総合研究機構 中央農業試験場, 上川農業試験場. 水稻の割初歩合ランク‘少’や‘少’品種に対する斑点米カメムシの要防除水準. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覽(2014). [https://www.hro.or.jp/list/agricultural/result_pdf/result_pdf2014/2014243.pdf\(2020/8/7 閲覧\)](https://www.hro.or.jp/list/agricultural/result_pdf/result_pdf2014/2014243.pdf(2020/8/7 閲覧)).

[28] 北海道立上川農業試験場. 紅変米の発生生態と防除対策. 北海道立総合研究機構 農業技術情報広場 試験研究成果一覽 (1986). [https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/S61gaiyo/1985164.htm\(2020/8/7 閲覧\)](https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/S61gaiyo/1985164.htm(2020/8/7 閲覧)).

[29] 丹野久. 日本の寒冷地における良食味米栽培. 粮油食品科技(中国), 2019, 27(6): 18-26. ㊦

備考:

1. 参考文献の中で、国家を明記するジャーナル以外、その他はすべて日本語のジャーナルである。

2. 本論文のカラーグラフは本誌のHPサイト (<http://lyspkj.ijurnal.cn/ch/index.aspx>)、中国知網、万方、唯普、超星などのデータベースをダウンロードして取得できる。