

登熟期高温が酒米・主食用米の玄米代謝成分に与える影響

安達成美^{1) 2)}・若山正隆¹⁾・石塚 和³⁾・曾我朋義¹⁾・富田 勝¹⁾

(¹⁾ 慶應義塾大学先端生命科学研究所・²⁾ 山形県農業総合研究センター・

³⁾ 山形県農業総合研究センター水田農業研究所)

Effect of high temperature during ripening period on brown rice metabolites in sake and cooking rice

Narumi ADACHI^{1) 2)}, Masataka WAKAYAMA¹⁾, Yawara ISHIZUKA³⁾, Tomoyoshi SOGA¹⁾ and Masaru TOMITA¹⁾

(¹⁾Institute for Advanced Biosciences Keio University・²⁾Yamagata Integrated Agricultural Research

Center・³⁾Rice Breeding and Crop Science Research Institute, Yamagata Integrated Agricultural Research Center)

1 はじめに

イネは登熟期高温により白未熟粒が発生し、玄米外觀品質が低下する(長戸ら 1965)。主食用米品種については高温登熟条件での白未熟粒の発生程度によって高温登熟性が評価されているが(梶ら 2016)、酒米では、主食用米で未熟粒として扱う心白粒が整粒とされるため主食用米と同じ指標で評価できず、そのメカニズムや品種間差についての知見も少ない。本研究では、酒米と主食用米において登熟期高温が玄米代謝成分に与える影響について、メタボローム解析を用いて調査した。

2 試験方法

(1) 栽培概要

2020 年に山形県農業総合研究センター水田農業研究所内圃場(山形県鶴岡市)で、酒米 7 品種系統と、主食用米 13 品種(早生～晩生熟期の東北地域の高温登熟性基準品種と、高温登熟性が「やや強」とされる中生熟期の「雪若丸」)を栽培した(表 1)。移植日は 5 月 18 日、栽植密度は 22.2 株/m²、植え込み本数は 5 本とし、施肥体系は基肥 0.5kgN/a、追肥 0.15kgN/a(各品種出穂約 25 日前)とした。その他栽培管理は所内慣行に従った。

登熟期に一部簡易ビニルハウスで被覆した高温区を設けた。気温データは、おんどとり Jr. (T&D 社製)で測定した。

(2) 玄米形質

玄米外觀品質は、穀粒判別機(RGQI100B, サタケ社製)により、玄米を主食用米、醸造用米各モードで測定、粒数%で算出した。酒米は心白その他未熟粒と白死米の合計を、主食用米は乳白、背腹白、基部未熟粒、白死米の合計を白未熟粒とした。玄米粗タンパク質含有率(d.b.%)は、食味計(SRE, 静岡製機社製)を用いて測定した。

(3) メタボローム解析

得られた高温区と対照区の玄米 50 粒についてメタノールを加え破碎し、懸濁液の一部、水、クロロホルムを 5:2:5 の比率で親水層を抽出し、一次代謝物を得た。糖類は LC-QqQMS、アミノ酸・核酸・有機酸等は CE-

TOFMS(アジレント・テクノロジー社製)を用いて測定し、乾物当たり含有濃度を算出した。

(4) 統計処理

気温及び玄米形質の処理は Excel で、代謝成分による主成分分析及び相関解析は JMP14.1.0 で行った。

3 試験結果及び考察

高温区は対照区より出穂後 20 日間の日平均気温が 1～2℃高かった(表 1)。どの品種も高温区では白未熟粒歩合が増加し、千粒重が減少し、玄米粗タンパク質含有率が高くなった。主食用米の高温区の白未熟粒歩合は、東北地域の基準(梶ら 2016)をもとにした高温登熟性に合致した結果となった。酒米は対照区でも心白の大きい品種で白未熟粒歩合が高く評価される傾向にあり、高温区では「雪女神」以外白未熟粒歩合が 70%を超え、品種間差は小さかった。

代謝成分濃度による主成分分析では、主成分 1 で高温区と対照区が区別された(図 1A)。高温区ではアミノ酸類等多くの成分濃度が高かった(表 1、図 1B)。主食用米の高温区では、白未熟粒歩合が高かった「ササニシキ」、「コシヒカリ」などで特に濃度が高い傾向があった。酒米の高温区では、「山形酒 153 号」は代謝成分濃度が高く、「雪女神」は低い傾向があった(表 1、図 1A)。

登熟期高温処理した玄米でアミノ酸類等の代謝成分濃度が高かった原因として、千粒重の低下による相対的な濃度の上昇、タンパク質含有率の増加、白未熟粒発生に関連したタンパク質合成異常に伴う遊離アミノ酸含有率の増加などが考えられた。総アミノ酸含有濃度は、白未熟粒歩合と玄米粗タンパク質含有率と高い相関係数を示したことから(表 2)、これらがアミノ酸含有濃度の増加に影響していると考えられる。

4 まとめ

本研究では酒米 7 品種系統と高温登熟性基準主食用米 13 品種系統を用いて登熟期高温が玄米代謝成分に与える影響について解析した。高温区の玄米は対照区と比較してアミノ酸類の濃度が高かった。総アミノ酸含有濃度は、白未熟粒歩合や玄米粗タンパク質含有率

と高い相関係数を示した。

引用文献

- 1) 梶亮太, 太田久稔, 福嶋陽, 津田直人, 森山茂治, 今智穂美, 遠藤貴司, 中込佑介, 佐藤浩子, 川本朋彦, 加藤和直, 後藤元, 阿部洋平, 佐藤弘一, 佐々木園子, 吉田直史, 大寺真史. 2016. 東北地域における水稲高温登熟耐性基準品種の選定. 東北農研研報. 118:49-55.
- 2) 長戸一雄, 江幡守衛. 1965. 登熟期の高温が穎花の発育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀 34:59-66.

表 1 供試品種の気温と玄米形質

品種	出穂期 月日	出穂後20日間の 平均気温(℃)		白未熟粒歩合 (%)		千粒重 (g)		玄米粗タンパク質 含有率(d.b.%)		総アミノ酸含有濃度 (nmol/g)*		高温 登熟性 (主食用) **
		高温	対照	高温	対照	高温	対照	高温	対照	高温	対照	
酒 五百万石	7.30	26.9	25.2	75.3	29.7	25.3	26.8	9.2	7.9	2954	2101	
酒 美山錦	7.31	26.8	25.3	85.3	20.2	22.3	24.5	9.1	7.4	3753	2388	
酒 雪女神	8.01	27.0	25.4	41.5	6.0	25.7	26.7	8.3	7.5	2626	2435	
酒 山形酒153号	8.03	27.3	25.4	86.3	54.8	23.8	27.2	9.9	7.7	4105	2545	
酒 出羽燦々	8.03	27.0	25.4	85.3	29.3	23.7	26.3	8.5	7.7	3643	2831	
酒 出羽の里	8.04	27.1	25.5	93.8	50.9	23.6	26.2	8.0	7.6	3564	2588	
酒 山田錦	8.25	27.0	26.2	74.4	18.0	23.8	25.9	7.9	7.1	2994	2263	
主食 ころもち	7.30	26.8	25.2	45.2	4.1	21.8	22.7	7.8	7.6	2787	2413	やや強
主食 ふさおとめ	7.30	26.8	25.2	38.8	2.0	22.7	23.9	7.9	7.6	2340	2084	強
主食 里のうた	8.01	27.1	25.4	60.4	1.2	20.9	23.1	8.7	7.7	2676	2285	やや強
主食 あきたこまち	8.02	27.1	25.4	72.0	15.1	20.6	22.3	8.6	7.7	2969	2750	中
主食 初星	8.03	27.3	25.4	72.9	18.5	21.6	23.8	8.7	7.7	3040	2592	弱
主食 はえぬき	8.05	27.3	25.5	53.4	12.0	21.4	22.4	8.2	7.5	3116	2712	中
主食 ササニシキ	8.06	27.6	25.5	61.6	11.0	19.9	20.7	7.9	7.3	3460	2677	弱
主食 ひとめぼれ	8.06	27.6	25.5	55.9	6.3	21.1	22.8	8.2	7.3	2810	2433	中
主食 雪若丸	8.06	27.0	25.5	34.2	4.7	23.2	24.1	8.2	8.0	2515	2330	やや強
主食 みねはるか	8.09	28.3	26.2	44.2	2.4	21.8	22.6	7.7	7.4	2747	2646	強
主食 コシヒカリ	8.14	28.6	26.2	84.2	4.2	19.7	20.9	7.8	7.0	3485	3103	中
主食 つや姫	8.14	28.1	26.2	58.7	3.6	21.0	21.7	7.7	7.5	2800	2735	やや強
主食 笑みの絆	8.14	28.1	26.2	49.6	1.6	19.9	20.5	8.2	7.8	2769	2371	強

*システインを除くアミノ酸19種の合計

**東北地域の基準(梶ら 2016)をもとに作成。「みねはるか」「雪若丸」は山形県の基準による

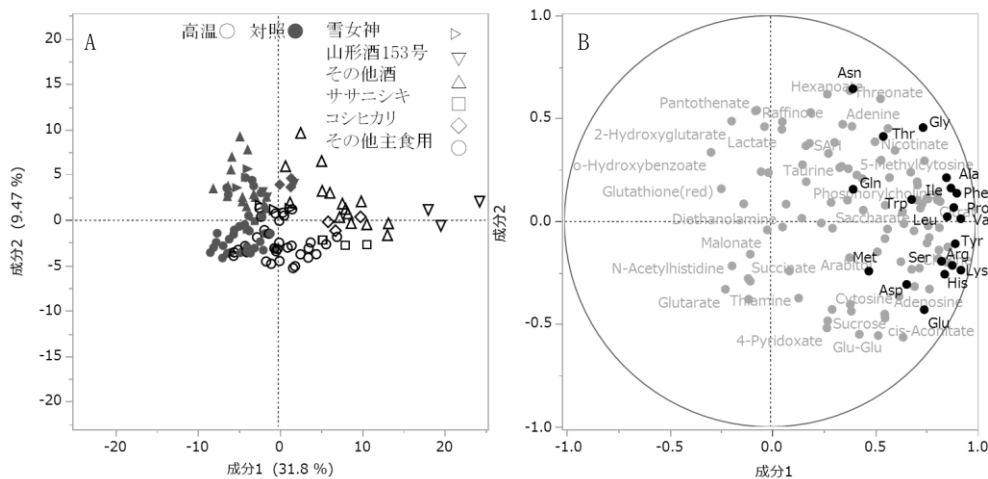


図 1 主成分分析による代謝成分の特徴解析

A) スコアプロット、B) ローディングプロット

※濃色の点はシステインを除くアミノ酸 19 種を指す。

表 2 各玄米形質の相関係数 (相関範囲: $-1 < r < 1$)

	総アミノ酸 含有濃度	白未熟粒歩合	玄米粗タンパク質 含有率	玄米千粒重
総アミノ酸含有濃度	—	0.72 *	0.56 *	-0.30 *
白未熟粒歩合		—	0.71 *	-0.11
玄米粗タンパク質含有率			—	-0.05
玄米千粒重				—

*: 1%水準で有意