

アミロース含有率が異なる栽培ヒエの生育・収量および品質に関する品種・系統間差異

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	熊谷,成子 吉田,晴香 佐川,了 谷口,義則 星野,次汪
発行元	日本作物學會
巻/号	80巻3号
掲載ページ	p. 269-276
発行年月	2011年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



研究論文

栽培

アミロース含有率が異なる栽培ヒエの生育・収量および品質に関する品種・系統間差異

熊谷成子^{1,2)}・吉田晴香²⁾・佐川了²⁾・谷口義則³⁾・星野次汪²⁾

(¹⁾ 岩手県立盛岡農業高等学校, ²⁾ 岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター, ³⁾ 東北農業研究センター)

要旨：ウルチ性・早生系統の「軽米在来 (白)」と、ウルチ性・中生系統の「ノゲヒエ」、アミロースを含まないモチ性品種の「長十郎もち」の3品種・系統の生育、収量および品質に関する品種・系統間差異を明らかにするため、2006年と2008年に試験を行った。その結果、「軽米在来 (白)」は穂数型、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は穂重型の特徴を有していた。草型からみた追肥時期は、「軽米在来 (白)」では登熟歩合の向上に効果的な8月上旬、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」では穂数の増加に効果的な有効分げつ期前半の7月上旬であると考察した。農業および収量特性は、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」の間には有意な差異は認められなかった。低アミロース性の「ノゲヒエ」のアミロース含有率は、「軽米在来 (白)」の半量程度であった。70%精白粉の平均粒度は、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」が「軽米在来 (白)」より有意に大きかった。70%精白粉の色調と色相は、「軽米在来 (白)」では「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に比べ、明度は劣るが彩度は高く、やや黄色味を帯びていた。糊化特性は、「軽米在来 (白)」はセットバック値が大きく、「ノゲヒエ」はブレイクダウン値が大きく、セットバック値が小さかった。「長十郎もち」は最高粘度が低く、なだらかな曲線を描いた。分散媒が水と硝酸銀の比較では、すべての特性値において、硝酸銀の方が高い値を示し、「長十郎もち」では分散媒による差異が大きかった。

キーワード：アミロース含有率、糊化特性、色調と色相、千粒重、粗タンパク含有率、ヒエ、平均粒度。

ヒエは東アジア起源で日本で栽培化され、朝鮮半島および中国北部に栽培が拡がり、特に水田稲作のできない丘陵部の畑作農村や山村で米食に代わる主要穀類として、重要な役割を果たしてきた (阪本 1988)。このような長い栽培の歴史の中で、それぞれの環境に適した多くの在来系統が成立したと考えられる。備荒作物として重要であった1930年当時、収集・保存されていた60在来系統の農業特性を調査し、大きな系統間変異が報告された (小原 1938)。昭和40年代始めにはコメの完全自給が達成された。当時、国民生活の質的向上やコメの生産過剰を背景に食の多様化への希求とも相まって、雑穀などの特産作物が注目され始めた。東北農業研究センターでは、収集保存していた122在来系統の農業特性を詳細に調査し (宮原・秋本 1984)、在来系統は農業生物資源研究所ジーンバンクに移管された。また、ヒエ穀粒が含有する栄養成分に関する研究から、その価値はコメと遜色がなく (小原 1936, 1937, 平 1961)、「黒稗」には高い抗酸化活性があることが報告された (Watanabe 1999)。このように在来系統の系統間変異や成分に関する研究は多いが、ヒエの栽培管理に関する研究報告は少なく (菊地ら 2001, 熊谷ら 2011)、ヒエの草丈、茎数、葉数の生長の推移に関する報告は見あたらない。

最近では、ヒエが含有する成分などが再評価され、ヒエを始めとする雑穀への関心が高まり、その生産量は増加している (熊谷ら 2009)。しかし、ヒエの子実収量はイネに比べ半分以下である。多収による収益性の改善のためには栽培管理の基本となる草丈、葉数、茎数の生長の推移や収量特性の把握が必須である。また、ヒエの加工・利用を考える上で、現在栽培されている品種・系統について、80%以上を占めるデンプンの糊化特性や10%以上を占める粗タンパク含有率、ヒエ粉の粒度や色調・色相などを明らかにしなければならない。

そこで、一般農家で栽培されているアミロース含有率が異なる3品種・系統を用い、生育の推移および農業特性、さらに品質特性を解明し、品種・系統に適した施肥管理や付加価値の高い加工・利用を図る基礎情報を得るために、2006年および2008年に実験を行った。

材料および方法

1. 供試材料

供試材料は、2006年、2008年ともに、ウルチ性で通常アミロース含有率の早生系統である「軽米在来 (白)」、在来ヒエ135品種・系統の中で、収量が多かったウルチ性で

第1表 2006年と2008年の旬別平均気温と積算降水量.

		平均気温 (°C)		積算降水量 (mm)	
		2006年	2008年	2006年	2008年
5月	下旬	18.5	12.2	16.5	9.5
	上旬	18.2	16.5	20.0	30.0
6月	中旬	20.0	17.1	19.0	8.5
	下旬	22.5	17.6	38.0	17.0
7月	上旬	21.6	21.7	109.5	37.0
	中旬	24.7	22.2	27.0	86.5
8月	下旬	22.6	22.4	51.5	99.5
	上旬	25.3	23.3	0.0	15.0
8月	中旬	25.8	22.1	37.5	83.5
	下旬	23.6	19.2	18.0	143.5

低アミロース含有率の中生系統である「餅ヒエ (商品名)」(系統名: ノゲヒエ) (星野ら2005), アミロースを含まない中生品種のモチ性ヒエ「長十郎もち」(Hoshinoら2010)を用いた.

2. 栽培方法

2006年(前作は飼料用トウモロコシ), 2008年(前作は大豆)に, 岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢農場畑圃場(岩手県滝沢村)で3区制の乱塊法で実験を行った. 栽培方法は, 1区当たり4畦, 畦間70cm, 畦長4m(1区当たり11.2m²)とした. 株間10cmに約5粒を点播し, 約4葉期に間引し1株当たり1本仕立てとした. 播種日は, 2006年が5月25日, 2008年が5月26日であった.

3. 調査項目および方法

2006年は, 稈長, 穂数, 葉数, 穂長, 玄ヒエ千粒重, 玄ヒエ重, 70%精白(玄ヒエ100に対して70%に搗精)粒を粉碎した粉(70%精白粉)のアミロース含有率, 玄ヒエの粗タンパク含有率を測定した. 2008年は, 「軽米在来(白)」は7月18日から8月15日の間に, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は7月18日から8月26日の間に1週間毎に各品種・系統とも1区当たり10株ずつ草丈, 茎数, 葉数を測定した. 草丈の生長率, 茎数の増加率, 葉数の増加率は, 1週間当たりの生長量または増加数を日数で割り算出した. 農業特性および収量特性として, 稈長, 穂長, 穂数, 玄ヒエ千粒重, 玄ヒエ重を調査した. 品質特性として, 70%精白粉のアミロース含有率, 糊化特性, 色調と色相, 平均粒度および玄ヒエの粗タンパク含有率を測定した. 収量および品質特性の調査方法は以下のとおりである.

(1) 玄ヒエ千粒重

2006年, 2008年ともに玄ヒエ約2gを, 正確に秤量し, マルチオートカウンター(藤原製作所, MODEL KC-10)を用いて粒数を数え, 含水率13.5%に換算し, 千粒重とした.

(2) 玄ヒエ重

2006年, 2008年ともに収穫適期である出穂期後30日(熊谷ら2011)に, 中央2畦の両側50cmを除く3mについて60株を収穫し, 自然乾燥した. その後機械脱穀し, 唐箕選ののち, 初すり機(大竹製作所, オータケミニダップFC2K)で脱ぶし, 玄ヒエとした. 4.2m²から収穫された玄ヒエ重量からa当たり玄ヒエ重を算出し, 含水率13.5%のa当たり玄ヒエ重とした.

(3) 70%精白粉のアミロース含有率

2006年, 2008年ともに玄ヒエを搗精機(サタケ社BDC)で玄ヒエ重に対して70%に搗精し, 精白粒をサイクロンサンプルミル(Udy Corporation, CSM-S1)で粉碎し(70%精白粉), その粉を100mg秤量し, 0.1N水酸化ナトリウム1.0mlを加え攪拌し, 一晩放置した. 翌日, 蒸留水3ml加え, 2006年はオートアナライザーII(BL-TEC社)を用い, 検量線はポテトアミロースから作成した. 2008年はオートアナライザー3(BL-TEC社)を用い, 検量線はアミロース含有率が既知の水稻「日本晴」, 「ゆきひかり」, 「ヒメノモチ」から作成した.

(4) 70%精白粉の糊化特性

70%精白粉の糊化特性は, 水分含有率13.5%換算で3.5g供試し, 分散媒を蒸留水25mlと, 硝酸銀25mlとし, ラビットビスコアアナライザー(NEWPORT社RVA-4)を用いて測定した. 測定は, 回転数160rpm, 34°Cで2分間保持し, 34°Cから94°Cまで毎分5°Cの割合で上昇させた. その後, 94°Cで5分間保持し, 34°Cまで毎分5°Cの割合で温度を下降させ, 34°Cで4分間保持の計35分間の条件で行った. 糊化特性値の最高粘度とは, 加温中の粘度の最高点を示す. 最低粘度とは, 澱粉崩壊後の粘度の最低点を示し, 最終粘度とは, 冷却時の粘度を示す. ブレイクダウン値とは, 最高粘度と最低粘度の差を示し, セットバック値とは, 最終粘度と最低粘度の差を示す.

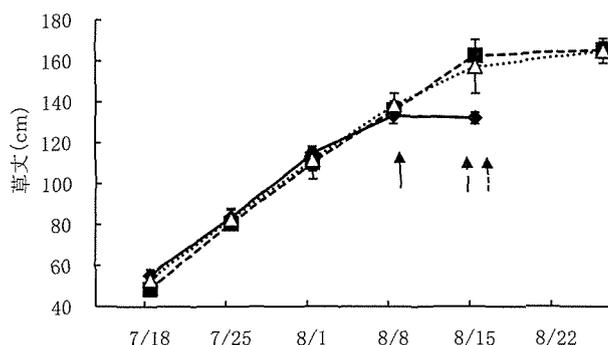
(5) 玄ヒエの粗タンパク含有率

2006年, 2008年ともに玄ヒエをサイクロンサンプルミル(Udy Corporation, CSM-S1)で粉碎し, ケルダール法で全窒素量を測定し含有率を求め, 窒素係数6.25を乗じて含水率13.5%での粗タンパク含有率とした.

(6) 70%精白粉の粒度および色調と色相

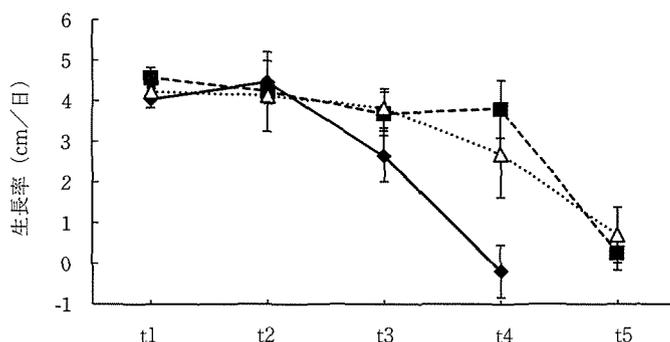
70%精白粉の粒度は, 粉碎粉をレーザー回折式粒度分布測定装置(Sympatec社HELOS & RODOS)を用いて, 乾式測定した. 70%精白粉の色調と色相は, 色彩色差計(ミノルタCM3500d)を用い, 明度L*と色度a*, b*を測色した. 色調を示すL*の値は, 100.0が完全な白を表し, 0.0が完全な黒を表す. 色相を示すa*の値は, プラスは赤色の領域でマイナスは緑色の領域を表し, b*の値は, プラスは黄色の領域でマイナスは青色の領域を表す. また, a*の値とb*の値を用い色調を示す彩度c*を以下の式を用いて算出した.

$$c^* = \sqrt{(a^* \times a^*) + (b^* \times b^*)}$$



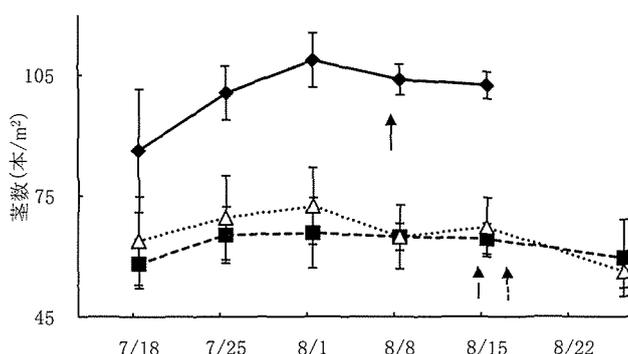
第1図 草丈の推移 (2008年).

—●— 軽米在来 (白) --■-- ノゲヒエ ...△... 長十郎もち
 8/15の「軽米在来 (白)」, 8/26の「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は、稈長。
 ↑「軽米在来 (白)」の出穂期, ↑「ノゲヒエ」の出穂期, ↑「長十郎もち」の出穂期。
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す。



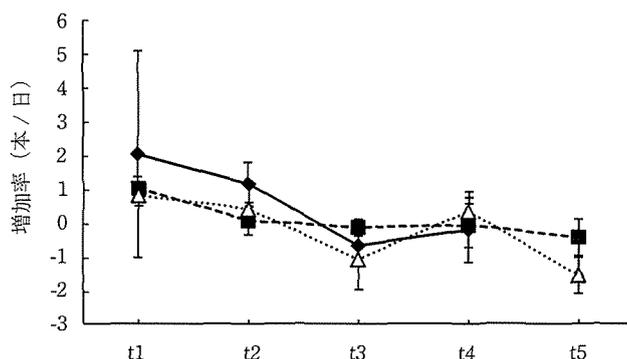
第2図 草丈の生長率 (2008年).

—●— 軽米在来 (白) --■-- ノゲヒエ ...△... 長十郎もち
 t1は7月18日から7月24日, t2は7月25日から7月31日,
 t3は8月1日から8月7日, t4は8月8日から8月14日,
 t5は8月15日から8月25日までを示す。
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す。



第3図 茎数の推移 (2008年).

—●— 軽米在来 (白) --■-- ノゲヒエ ...△... 長十郎もち
 8/15の「軽米在来 (白)」, 8/26の「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は、穂数。
 ↑「軽米在来 (白)」の出穂期, ↑「ノゲヒエ」の出穂期, ↑「長十郎もち」の出穂期。
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す。



第4図 茎数の増加率 (2008年).

—●— 軽米在来 (白) --■-- ノゲヒエ ...△... 長十郎もち
 t1は7月18日から7月24日, t2は7月25日から7月31日,
 t3は8月1日から8月7日, t4は8月8日から8月14日,
 t5は8月15日から8月25日までを示す。
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す。

(7) 統計解析

各特性値は、統計解析ソフト (エクセル統計2008) を用いて、Tukey法により多重比較し、5%水準での有意性検定を行った。

結 果

1. 2006年および2008年における生育期間中の気温および降水量

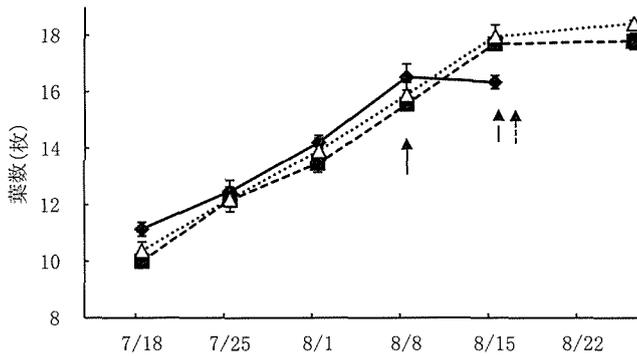
2006年の5月下旬から8月下旬までの旬別平均気温は、18.2℃から25.8℃の間で推移し、20℃以上の平均気温となったのは6月中旬から8月下旬まで、8月上旬と中旬は平均気温が25℃以上であった。それに対し、2008年の5月下旬から8月下旬までの旬別平均気温は、12.2℃から23.3℃で推移し、20℃以上の平均気温となったのは、7月上旬から8月中旬までと短く、25℃以上の平均気温に達し

た日はなかった (第1表)。2006年と2008年の9月上旬と中旬の旬別平均気温は、ほぼ同じであった。2006年と2008年の旬別積算降水量を比較すると、2008年は、5月下旬と6月中旬から7月上旬まで少なく、7月中旬から8月下旬に多く、9月上旬と中旬はほぼ同じであった。

2. 生育および農業特性

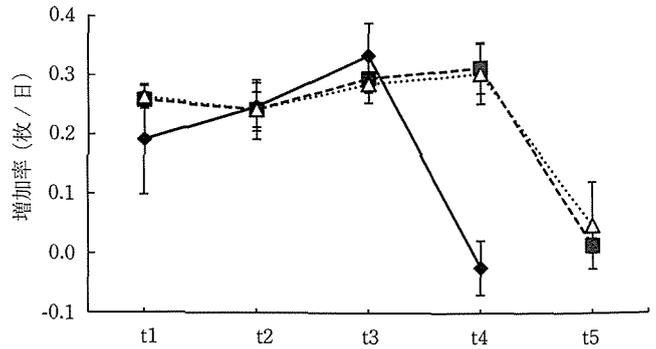
(1) 草丈・茎数・葉数の推移

2008年の草丈伸長の推移は、7月18日から8月8日まででは3品種・系統とも類似し、1週間に25 cmから30 cm伸長した。「軽米在来 (白)」は8月8日に出穂期となったため、草丈の伸長は停止した。しかし、8月15~16日に出穂期であった「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は、8月8日以降もほぼ同じように伸長し、出穂期の草丈は、「ノゲヒエ」が高かった (第1図)。草丈の生長率 (cm/日) の最も高かった期間は、本調査期間内 (7月18日から8月26日) で、「軽



第5図 葉数の推移 (2008年).

◆ 軽米在来 (白) ■ ノゲヒエ △ 長十郎もち
 ↑ 「軽米在来 (白)」の出穂期, ↑ 「ノゲヒエ」の出穂期, ↑ 「長十郎もち」の出穂期.
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す.



第6図 葉数の増加率 (2008年).

◆ 軽米在来 (白) ■ ノゲヒエ △ 長十郎もち
 t1は7月18日から7月24日, t2は7月25日から7月31日,
 t3は8月1日から8月7日, t4は8月8日から8月14日,
 t5は8月15日から8月25日までを示す.
 エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す.

第2表 供試系統・品種の農業特性.

系統・品種	熟期	ウルチ・モチ	アミロー ス含有率	出穂期		葉数 (枚)		稈長 (cm)		穂長 (cm)	
				2006年	2008年	2006年	2008年	2006年	2008年	2006年	2008年
軽米在来 (白)	早生	ウルチ	通常	8月3日	8月8日	18.2 b	16.4 b	159.6 b	131.9 b	14.3 b	13.7 b
ノゲヒエ	中生	ウルチ	低	8月14日	8月15日	19.9 a	17.9 a	195.6 a	165.3 a	17.2 a	16.5 a
長十郎もち	中生	モチ	ゼロ	8月15日	8月16日	19.8 a	18.7 a	189.5 a	164.8 a	17.1 a	16.7 a

同一項目内, 同一年の同一英文字間には5%レベルで有意差なし (Tukey法).

第3表 供試系統・品種の収量特性.

系統・品種	穂数 (本/m ²)		千粒重 (g/1000粒)		a当たりの玄ヒエ重 (kg/a)	
	2006年	2008年	2006年	2008年	2006年	2008年
	軽米在来 (白)	64.4 a	102.5 a	2.71 a	3.32 a	24.8 b
ノゲヒエ	41.5 b	59.6 b	2.68 a	2.82 b	28.3 a	20.6 a
長十郎もち	44.3 b	56.2 b	2.63 a	2.82 b	29.8 a	20.4 a

同一項目内, 同一年の同一英文字間には5%レベルで有意差なし (Tukey法).

米在来 (白) は t2 (7月25日から7月31日), 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は t1 (7月18日から7月24日) であった (第2図). その後, 「軽米在来 (白)」と「長十郎もち」の草丈の生長率は徐々に低下した. 出穂期の草丈が最も高かった「ノゲヒエ」は, 出穂期直前 (t4) の草丈の生長率も最も高かった.

m² 当たり茎数の増加は, 「軽米在来 (白)」が「ノゲヒエ」と「長十郎もち」より常に多く推移した (第3図). 最高分けつ期は, 3品種・系統とも8月1日で, 「軽米在来 (白)」が108.7本と最も多く, 「ノゲヒエ」は65.8本, 「長十郎もち」は72.9本であった. 茎数の増加率 (本/日) が最も高かった期間は3品種・系統とも t1 で, その後徐々に低下した (第4図).

葉数は, 3品種・系統とも7月18日以降出穂期まで, ほぼ直線的に増加し, 「軽米在来 (白)」は16.4葉, 「ノゲヒエ」は17.9葉, 「長十郎もち」は18.7葉であった (第5図).

「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は, 8月8日以降もほぼ同様に推移した. 葉数の増加率 (枚/日) が最も高かった期間は, 「軽米在来 (白)」が t3, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」が t4 であった (第6図).

(2) 農業特性

「軽米在来 (白)」の葉数は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に対し有意に少なく, 「軽米在来 (白)」の稈長は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に対し有意に低く, 「軽米在来 (白)」の穂長は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に対し有意に短かった (第2表). 2006年, 2008年ともに葉数, 稈長, 穂長は「ノゲヒエ」と「長十郎もち」の間に有意差は認められなかった. 6月中～下旬に低温で降水量の少なかった2008年の葉数は少なく稈長は短く (第2表), 2008年の「軽米在来 (白)」の出穂期は, 2006年に比べ5日遅れた.

3. 収量特性

「軽米在来 (白)」の穂数は、2006年、2008年ともに「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に対し有意に多く、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」の間に有意差は認められなかった(第3表)。2006年の玄ヒエ千粒重は、「軽米在来 (白)」(2.71 g)が一番重く、次いで「ノゲヒエ」(2.68 g)、「長十郎もち」(2.63 g)の順となったが、3品種・系統間に有意差は認められなかった(第3表)。2008年も2006年と同様な傾向であった。

a 当り玄ヒエ重は、2006年は「長十郎もち」(29.8 kg)が最も重く、次いで「ノゲヒエ」(28.4 kg)、「軽米在来 (白)」(24.9 kg)の順となった(第3表)。「ノゲヒエ」と「長十郎もち」のa 当り玄ヒエ重は、「軽米在来 (白)」に対し有意に重かったが、両者の間には、有意差は認められなかった。2008年は「ノゲヒエ」(20.6 kg)が最も重く、次いで「長十郎もち」(20.4 kg)、「軽米在来 (白)」(19.0 kg)の順となったが、3品種・系統間に有意差は認められなかった。

4. 品質特性

(1) 70%精白粉のアミロース含有率および玄ヒエの粗タンパク含有率

2006年、2008年ともにウルチ性系統の「軽米在来 (白)」は、低アミロース系統の「ノゲヒエ」に対しアミロース含有率が有意に高かった(第4表)。「長十郎もち」はモチ性のためアミロースを含まなかった。ただし、年次間比較をすると、2006年が2008年より高かった。

玄ヒエの粗タンパク含有率は2006年、2008年とも、「ノゲヒエ」が「軽米在来 (白)」や「長十郎もち」に比べ、

第4表 供試系統・品種のアミロース含有率および粗タンパク含有率。

系統・品種	アミロース含有率 (%)		粗タンパク含有率 (%)	
	70%精白粉		玄ヒエ粉	
	2006年	2008年	2006年	2008年
軽米在来 (白)	32.4 a	24.9 a	11.8 a	12.3 a
ノゲヒエ	15.5 b	13.9 b	11.0 a	11.9 a
長十郎もち	0.0	0.0	12.0 a	13.3 a

同一項目内、同一年の同一英文字間には5%レベルで有意差なし(Tukey法)。

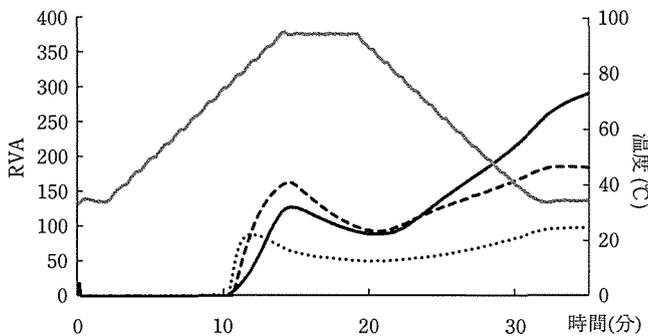
低い傾向が認められた(第4表)。しかし、3品種・系統間に有意差は認められなかった。

(2) 70%精白粉の糊化特性

水を分散媒とした場合の結果を第7図に示す。図に明らかなように、最高粘度は「ノゲヒエ」(161.7)が最も高く、次いで「軽米在来 (白)」(127.3)、「長十郎もち」(87.0)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。最低粘度は「ノゲヒエ」(91.5)が最も高く、次いで「軽米在来 (白)」(86.3)となったが、有意差は認められなかった。「長十郎もち」(46.7)は最も低く、「ノゲヒエ」と「軽米在来 (白)」に対し有意に低かった。最終粘度は「軽米在来 (白)」(290.2)が最も高く、次いで「ノゲヒエ」(182.8)、「長十郎もち」(94.6)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。ブレイクダウン値は「ノゲヒエ」(70.2)が有意に大きく、「軽米在来 (白)」(41.0)と「長十郎もち」(40.4)の間には、有意差は認められなかった。セットバック値は「軽米在来 (白)」(203.9)が最も大きく、次いで「ノゲヒエ」(91.3)、「長十郎もち」(48.0)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。

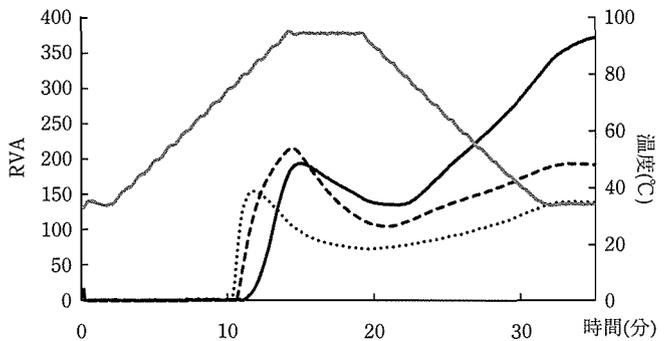
糊化特性に与える酵素の影響を除くために硝酸銀を分散媒とした(Yasuiら1999)場合の糊化特性を第8図に示す。図に明らかなように、最高粘度は「ノゲヒエ」(214.3)が最も高く、次いで「軽米在来 (白)」(199.9)となったが、有意差は認められなかった。「長十郎もち」(151.9)は、「軽米在来 (白)」と「ノゲヒエ」に対し有意に低かった。最低粘度は「軽米在来 (白)」(139.4)が最も高く、次いで「ノゲヒエ」(99.9)、「長十郎もち」(70.0)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。最終粘度は「軽米在来 (白)」(379.9)が最も高く、次いで「ノゲヒエ」(189.5)、「長十郎もち」(136.0)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。ブレイクダウン値は「ノゲヒエ」(114.5)が最も大きく、次いで「長十郎もち」(82.0)、「軽米在来 (白)」(60.5)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。セットバック値は「軽米在来 (白)」(240.6)が最も大きく、次いで「ノゲヒエ」(89.6)、「長十郎もち」(66.1)の順となり、3品種・系統間に有意差が認められた。

すべての特性値において、分散媒が硝酸銀の場合に、分



第7図 水を分散媒とした糊化特性(2008年)。

— 軽米在来 (白) - - - ノゲヒエ 長十郎もち ——— 温度



第8図 硝酸銀を分散媒とした糊化特性(2008年)。

— 軽米在来 (白) - - - ノゲヒエ 長十郎もち ——— 温度

第5表 供試系統・品種の70%精白粉の平均粒度および色調と色相(2008年).

系統・品種	平均粒度 (μm)	色調		色相	
		明度	彩度	赤味	黄味
		L*	c*	a*	b*
軽米在来(白)	69.8b	91.4b	12.2a	0.37a	12.2a
ノゲヒエ	78.1a	92.2a	10.5b	0.13b	10.5b
長十郎もち	77.6a	92.8a	9.7b	-0.01c	9.7b

同一項目内の同一英文字間には5%レベルで有意差なし(Tukey法).

散媒が水よりも高い値を示した. 最も影響が大きかったのは「長十郎もち」で, 次いで「軽米在来(白)」となり, 「ノゲヒエ」は最高粘度に影響があったものの, 最低粘度と最終粘度はあまり変わらなかった.

(3) 70%精白粉の平均粒度および色調と色相

平均粒度は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」が「軽米在来(白)」に対し有意に大きく, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」の間には有意差は認められなかった(第5表).

色調を表す明度(L*)は3品種・系統とも90より高く, 白に近い色調を示し, 「長十郎もち」と「ノゲヒエ」は, 「軽米在来(白)」より有意に高かった(第5表). 彩度(c*)は3品種・系統とも10前後の値となり, 「軽米在来(白)」は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」より, 有意に高かった. 色相を表す赤味(a*)は3品種・系統とも0に近い値を示したが, 「軽米在来(白)」, 次いで「ノゲヒエ」, 「長十郎もち」の順で品種・系統間に有意な差が認められた. 黄味(b*)は3品種・系統とも10前後の値となり, 「軽米在来(白)」は, 「ノゲヒエ」と「長十郎もち」よりも, 有意に高かった. すなわち, 「軽米在来(白)」の70%精白粉は「ノゲヒエ」と「長十郎もち」に比べ, 明度は劣るが彩度は高く, やや黄色味を帯びていると言える.

考 察

2008年の生育期間の旬別平均気温および積算降水量は, 2006年と比較して, 生育初期は低温で雨が少なく, 登熟期は低温で降水量が多かった. 2008年の早生の「軽米在来(白)」の出穂期は2006年に比べ, 5日遅れた. この要因の一つは, 2008年は6月中~下旬の低温・少雨の影響によると思われる. また, 玄ヒエの粗タンパク含有率は, 2008年が2006年より高い傾向を示したが, 前作の違いによると推察される.

水稻の多収を得る最も重要な技術の一つに, 幼穂の発育段階に応じた肥培管理が挙げられる(松島1967). 現在の水稻の追肥時期は, 主に必要粒数の確保のために, 倒伏の回避や食味低下に影響しないように決められる. その基盤情報として草丈, 茎数, 葉数の把握は, 追肥時期との関係で重要となる. 松島(1967)は, イネの幼穂の発育段階から, 4つの追肥時期を示している. すなわち, 穂数を増やすための有効分げつ期前半(最高分げつ期25日前), 粒数を増

やすための穂首分化期(出穂前32日頃), 千粒重を重くするための減数分裂期直前(出穂前18日頃), 登熟歩合をよくするための穂ぞろい期である. イネの場合, 主稈の葉数は, 早生種ほど少なく晩生種ほど多くなり, 最高分げつ期は早・中・晩品種の間には, 本質的な差は存在しない(松島1967). 早生の「軽米在来(白)」は葉数が少なく, 穂数が多い穂数型, 中生の「ノゲヒエ」, 「長十郎もち」は葉数が多く, 穂数が少ない穂重型と言える. 3品種・系統の最高分げつ期はともに8月1日で, イネと同様の結果となった. また, 「ノゲヒエ」の分げつ出現と主稈の葉の抽出との関係には, イネ科作物と同様な規則性が認められる(山口・大江1996). 水稻の穂数型品種と穂重型品種では, 多収化のための追肥時期が異なる(松尾1956). 供試したヒエ3品種・系統は, 本試験の基肥水準では倒伏は認められなかったことから, 追肥による多収の可能性は高いと推察される. そこで, ヒエの幼穂の発育相がイネと同じと仮定すると, 穂数型の「軽米在来(白)」は登熟歩合をよくする穂ぞろい期, すなわち8月上旬の追肥がより効果的であると推察される. 一方, 穂重型の「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は, 穂数を増加させる有効分げつ期前半, すなわち7月上旬が追肥適期と推察される. ただし, 水田と畑では, 施肥後の肥料効果の発現までの時間が異なるため, これらの仮説を検証することが求められる.

ヒエ在来系統の玄穀に含まれる各種成分は系統によって異なると推察されるが, 80%以上を占めるのデンプンと10%以上を占める粗タンパク含有率, 数%以下の繊維, 無機成分から構成されている(科学技術庁資源調査会, 2003). このうち, デンプンはアミロースとアミロペクチンで構成され, ヒエのアミロース含有率は, 通常アミロース系統では約24%, 低アミロース系統は約14%, モチ品種ではアミロースを含まない(木内ら2010). 本実験では品種・系統間差ばかりではなく, 年次間差も大きかったが, これは検量線作成の標品の違いによるものと思われる.

コメのアミロース含有率は, 炊飯米の粘りと相関が強く, 品種に最も強く影響されるが(稲津1988), ヒエでも同様に低アミロース系統やモチ品種の粘弾性は通常アミロース系統よりも優れ, 食味が優る(熊谷ら2008). しかし, ヒエ粉の糊化特性については十分に解明されていなかった. 本実験によって, 通常アミロース系統は, セットバック値の大きい曲線を描き, 低アミロース系統は, 最高粘度が高く, プレイクダウン値が大きく, セットバック値の小さい曲線を描き,モチ品種は, 最高粘度が低く, なだらかな曲線を描くことが明らかになった. すなわち, それぞれ違ったラピッドビスコアライザーによる粘度曲線を描くことが明らかになった. ウルチ性品種のコメでは, 「日本晴」に比べ粘りの強い「コシヒカリ」の最高粘度は高く, 最低粘度は同程度, 最終粘度は低く, プレイクダウン値が低い(伊勢ら2001). コムギではウルチ性品種の「農林61号」に比べ, 低アミロース品種の「きぬあずま」の最高粘度は

高く、ブレイクダウン値は大きく、生地特性は薄力的である(吉田ら2001)。また、モチ性コムギ品種「あけぼのもち」は「農林61号」に比べ、最高粘度は低く、ブレイクダウン値は大きい(山口ら2003)。ヒエでも、低アミロース系統の「ノゲヒエ」は粘弾性が優れ、冷めても硬くなりにくい特性であることが、イネやコムギとの比較からも明らかになった。また、これらの結果は、コメ(松田・高橋2003)やコムギ(Yasuiら1999)の結果と類似していた。

コメでは粗タンパク含有率は食味に影響する要因の一つであるが(稲津1988)、本実験に供試した3品種・系統の粗タンパク含有率に、有意差は認められなかった。粗タンパク含有率は、コメ(玄米)が6.8%、コムギ(玄穀)が10.6%、トウモロコシ(玄穀)が8.6%で(科学技術庁資源調査会、2003)、本試験に供試したヒエの粗タンパク含有率は、これらの穀類と比較すると明らかに高く、ヒエの食味がコメと同様に粗タンパク含有率によって影響されるかについては、今後検討しなければならない。

ヒエ70%精白粉の粒度は「軽米在来(白)」が小さく、「ノゲヒエ」と「長十郎もち」は大きかった。コメの上新粉では粉の粒度が菓子類の物理性と大きな関係があり(石谷1996)、コムギでは粉の粒度が二次加工適性に影響することが知られている(遠藤1995)。また、ヒエ3品種・系統(70%精白)の色相と色調は、イネ「キヌヒカリ」に比べ、明るく、赤見、黄味が高く(梶ら2010)、コムギ「農林61号」に比べ、明度は高く、黄色が低い(山口ら2003)と言える。現在の最も多いヒエ利用は、精白されたヒエ粒が単体でコメと混合炊飯され、あるいはアワ、キビ、紫黒米などとのブレンド素材として用いられることが多い。ヒエの菓子やパンへの用途拡大を考えると、コメやコムギのような粉の粒度と加工適性との解明が求められる。

以上のように、ヒエ品種・系統の生育の推移を明らかにし、安定多収生産のための品種・系統の特性を考慮した施肥管理に向けた追肥時期の考察を行った。また、加工・利用上、最も重要な一次品質情報としての粉の糊化特性、さらに粉の色調と色相や粒度の差異をアミロース含有率の異なる品種・系統で解明することができた。

謝辞：本研究の遂行に当たり、岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター九翟さとみ氏、岩手県農業研究センター阿部陽氏に、調査および測定に協力していただいた。ここに記して感謝する。

引用文献

遠藤徹 1995. 小麦粉の物理的性状. 長尾精一編, 小麦の科学. 朝倉書店, 東京. 77-82.
 星野次汪・松田秀之・西政佳・武田伸也・柁淵萌里・佐川了 2005. ヒエの遺伝資源の主要農業特性の変異とその相互関係. 日作紀 74 (別1): 200-201.
 Hoshino, T., T. Nakamura, Y. Seimiya, T. Kamada, G. Ishikawa, A. Ogasawara, S. Sagawa, M. Saito, H. Shimizu, M. Nishi, M. Watanabe, J.

Takeda and Y. Takahata 2010. Production of a fully *waxy* line and analysis of waxy genes in the allohexaploid crop, Japanese barnyard millet. *Plant Breeding* 129: 349-355.
 稲津脩 1988. 北海道産米の食味向上における品質改善に関する研究. 北海道立農業試験場報告 66: 1-89.
 伊勢一男・赤間芳洋・堀末登・中根晃・横尾政雄・安東郁男・羽田丈夫・須藤充・沼口賢治・根本博・古館宏・井辺時雄 2001. 低アミロース良食味水稻品種「ミルクークイーン」の育成. 作物研報 2: 39-62.
 石谷孝助 1996. 第4章 世界の米加工品. 梶淵欽也監修, 美味しい米 第1巻. 農林水産技術情報協会, 東京. 161-201.
 科学技術庁資源調査会 2003. 五訂食品成分表. 香川芳子監修. 女子栄養大学出版部, 東京. 28-41.
 梶亮太・岡本正弘・坂井真・溝淵律子・田村克徳・平林秀介・田村泰章・深浦社一・富松高治・中野洋 2010. ガンマ線照射による黄色胚乳突然変異を持つイネ新品種「初山吹」の育成. 育種学研究 12: 54-58.
 菊地淑子・大里達朗・藤原敏・石山伸悦 2001. ヒエ「軽米在来(白)」・アワ「虎の尾」「大槌10」・キビ「田老系」「釜石16」の特性. 岩手農研七研報 2: 45-52.
 木内亮輔・佐川了・吉田晴香・高草木雅人・星野次汪 2010. 栽培ヒエの農業形質および成分・品質の系統間変異とその相互関係. 育種学研究 12: 132-139.
 熊谷成子・守岡貴・佐川了・星野次汪 2008. アミロース含有率が異なるヒエ系統の炊飯特性とブレンド適性. 日作東北支部報 51: 49-50.
 熊谷成子・佐川了・星野次汪 2009. 雑穀生産の現状と課題. 農と園 84: 1068-1072.
 熊谷成子・松田英之・吉田晴香・阿部陽・佐川了・星野次汪 2011. 登熟後期における栽培ヒエの成熟特性から見た最適収穫時期. 日作紀 80: 29-34.
 松田佳奈・高橋節子 2003. 低アミロース米の理化学的性質. 日本家政学会誌 54: 889-897.
 松尾孝嶺 1956. 水稻栽培の理論と実際. 農業技術協会, 東京. 1-262.
 松島省三 1967. 稲の理論と技術. 養賢堂, 東京. 1-302.
 宮原萬芳・秋本勇 1984. 東北農業試験場保存穀類の品種目録と特性. 東北農試研資 4: 1-92.
 小原哲二郎 1936. 稗(稗)の栄養價に就て. 日本農藝化学會誌 12: 1049-1058.
 小原哲二郎 1937. 精白稗(稗)の蛋白質に就て. 稗種質の化学的研究 第一報. 日本農藝化学會誌 13: 6-11.
 小原哲二郎 1938. 稗の研究. 日作紀 9: 471-518.
 阪本寧男 1988. 雑穀のきた道. 日本放送出版, 東京. 1-214.
 平宏和 1961. 食用作物のアミノ産組成(第2報). 本邦産雑穀類(玉蜀黍, 粟, 稗, 黍, 蜀黍および蕎麦)のアミノ酸. 栄養と食糧 15: 57-61.
 山口勲夫・乙部(桐淵)千雅子・柳沢貴司・長嶺敬・牛山智彦・吉田久 2003. もち性小麦品種「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の育成とその特性. 作物研報 3: 21-31.
 山口裕文・大江真道 1996. 第2章 イネ科植物とヒエ属植物の基本形態と学名. 山口裕之編, ヒエの博物学. ダウ・ケミカル日本株式会社, 東京. 30-44.
 吉田久・乙部(桐淵)千雅子・柳沢貴司・山口勲夫・瀬古秀文・牛山智彦・天野洋一・小田俊介・宮川三郎・黒田晃・星野次汪 2001.

- 小麦新品種「きぬあずま」の育成. 作物研報 1 : 71 - 83.
- Yasui, T., T. Sasaki, and J. Matsuki 1999. Milling and flour pasting properties of waxy endosperm mutant lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Sci. Food Agric. 79 : 687 - 692.
- Watanabe M. 1999. Antioxidative phenolic compounds from Japanese barnyard millet (*Echinochloa utilis*) grains. J. Agric. Food. Chem. 47 : 4500 - 4505.

Growth and Yield Performance, and Flour Properties in Japanese Barnyard Millet Cultivars with Three Different Amylose Content : Seiko KUMAGAI^{1,2)}, Haruka YOSHIDA²⁾, Satoru SAGAWA²⁾, Yoshinori TANIGUCHI³⁾ and Tsuguhiro HOSHINO²⁾ (¹⁾Morioka Agricultural Senior High School; ²⁾Field Science Center, Faculty of Agriculture, Iwate University, Takizawa 020-0173, Japan; ³⁾National Agricultural Research Center for Tohoku Region)

Abstract : Growth, yield and quality of three Japanese barnyard millet cultivars differing in amylose content of endosperm were investigated in 2006 and 2008. Karumaizairai-Shiro is an early-maturing panicle-number type and Noge-Hie and Chojuromochi are medium-maturing panicle-weight type cultivars. The maximum tiller number stage in all three cultivars was 1 August in 2008, although the maturing duration differed with the cultivars. The appropriate time of top dressing to increase the yield was suggested to be the beginning of August, which improved the percentage of ripened grains in Karumaizairai-Shiro, while it was the beginning of July that increased panicle number in Noge-Hie and Chojuromochi. There was no significant difference between Noge-Hie and Chojuromochi in agricultural characteristics. Amylose content of endosperm of Noge-Hie was half that of Karumaizairai-Shiro. The particle size of 70% milled flour was larger in Noge-Hie and Chojuromochi than in Karumaizairai-Shiro. Seventy percent milled flour of Karumaizairai-Shiro was less bright but more colorful than of Noge-Hie and Chojuromochi. In a pasting test with a Rapid Visco Analyzer, Karumaizairai-Shiro had a high setback value and Noge-Hie had a high break down value with a low setback value, while Chojuromochi had a low maximum value and low final viscosity. In a pasting test with silver nitrate solution, peak viscosity was higher than that in the test with water, and the difference was large in Chojuromochi.

Key words : Amylose content, Average particle size, Color tone and hue, Crude protein content, Japanese barnyard millet, 1000-grain weight, Visco property.
