

委託試験成績（令和2年度）

担当機関名 部・室名	茨城県農業総合センター 農業研究所 作物研究室																																																			
実施期間	平成30年度～令和2年度、継続																																																			
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立																																																			
課題名	新素材「米ゲル」生産に適した高アミロース米栽培技術の開発																																																			
目的	<p>主食用米の消費量は年々減少しており、新たな米用途の開発が求められている。農研機構で開発された米ゲルは、これまでにない食品素材として注目されており、県内でも商品開発が進められ、工場規模での量産も始まっている。米ゲルの製造には高アミロース米が適するが、本県の栽培に向く品種は明らかになっておらず、原料の安定供給が課題となっている。</p> <p>そこで、本試験では、現地で普及している「ミズホチカラ」と比較して、栽培性と米ゲル加工適性に優れた高アミロース米品種を選定し、選定品種と慣行品種の移植時期、穂肥時期、実肥量を変えた試験を行い、多収栽培技術を確立する。</p>																																																			
担当者名	作物研究室 技師 古渡拳人																																																			
<p>1. 試験場所（圃場条件）</p> <p>茨城県農業研究所内水田圃場 水戸市上国井町（表層腐植質多湿黒ボク土）／龍ヶ崎市大徳町（中粗粒灰色低地土）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(a) 供試品種 有望品種「笑みたわわ」慣行品種「ミズホチカラ」 (b) 苗質 稚苗 (c) 栽植密度 18.1 株/m² (60 株/坪) (d) 移植方法 機械（水戸市）、手植え（龍ヶ崎市） (e) 肥料の種類 基肥：オール14（14-14-14）、穂肥：NK-C6（17-0-17）、実肥：尿素（46-0-0） (f) 移植時期・施肥（成分）量・施肥時期 以下の通り</p> <p>ア) 栽培性に優れた高アミロース米品種の選定</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験地</th> <th>品種</th> <th>移植時期 (月/日)</th> <th>基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)</th> <th>穂肥量 (kg/10a)</th> <th>穂肥時期 (出穂前日数)</th> <th>総施肥量 (kg/10a)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">水戸市</td> <td>笑みたわわ</td> <td rowspan="2">5/7</td> <td rowspan="2">9:9:9</td> <td rowspan="2">3:0:3</td> <td>21</td> <td rowspan="2">12:9:12</td> </tr> <tr> <td>ミズホチカラ</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">龍ヶ崎市</td> <td>笑みたわわ</td> <td rowspan="2">4/23</td> <td rowspan="2">8:8:8</td> <td rowspan="2">3:0:3</td> <td>14</td> <td rowspan="2">11:8:11</td> </tr> <tr> <td>ミズホチカラ</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table> <p>イ) 高アミロース米の米ゲル加工に適した多収栽培法の解明（水戸市のみ）</p> <p>・移植時期試験</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>品種</th> <th>移植時期 (月/日)</th> <th>基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)</th> <th>穂肥量 (kg/10a)</th> <th>穂肥時期 (出穂前日数)</th> <th>総施肥量 (kg/10a)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">笑みたわわ</td> <td>5/1</td> <td rowspan="3">9:9:9</td> <td rowspan="3">3:0:3</td> <td>19</td> <td rowspan="3">12:9:12</td> </tr> <tr> <td>5/15</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>6/1</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ミズホチカラ</td> <td>5/1</td> <td rowspan="3">9:9:9</td> <td rowspan="3">3:0:3</td> <td>20</td> <td rowspan="3">12:9:12</td> </tr> <tr> <td>5/15</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>6/1</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>		試験地	品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	総施肥量 (kg/10a)	水戸市	笑みたわわ	5/7	9:9:9	3:0:3	21	12:9:12	ミズホチカラ	20	龍ヶ崎市	笑みたわわ	4/23	8:8:8	3:0:3	14	11:8:11	ミズホチカラ	21	品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	総施肥量 (kg/10a)	笑みたわわ	5/1	9:9:9	3:0:3	19	12:9:12	5/15	18	6/1	16	ミズホチカラ	5/1	9:9:9	3:0:3	20	12:9:12	5/15	21	6/1	18
試験地	品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	総施肥量 (kg/10a)																																														
水戸市	笑みたわわ	5/7	9:9:9	3:0:3	21	12:9:12																																														
	ミズホチカラ				20																																															
龍ヶ崎市	笑みたわわ	4/23	8:8:8	3:0:3	14	11:8:11																																														
	ミズホチカラ				21																																															
品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	総施肥量 (kg/10a)																																															
笑みたわわ	5/1	9:9:9	3:0:3	19	12:9:12																																															
	5/15			18																																																
	6/1			16																																																
ミズホチカラ	5/1	9:9:9	3:0:3	20	12:9:12																																															
	5/15			21																																																
	6/1			18																																																

・穂肥時期試験

品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	総施肥量 (kg/10a)
笑みたわわ	5/15	9:9:9	3:0:3	27	12:9:12
	5/1			18	
				19	
ミズホチカラ	5/15	9:9:9	3:0:3	28	12:9:12
	5/1			21	
				20	
				10	
				13	

注) 穂肥は出穂 30 日前。20 日前、10 日前を目安に実施。

・実肥試験

品種	移植時期 (月/日)	基肥量 N:P2O5:K2O (kg/10a)	穂肥量 (kg/10a)	穂肥時期 (出穂前日数)	実肥量 (kg/10a)	実肥時期 (穂揃い期)	総施肥量 (kg/10a)
笑みたわわ	5/1	9:9:9	3:0:3	19	0:0:0	8/3	12:9:12
					3:0:0		15:9:12
					6:0:0		18:9:12
ミズホチカラ	5/1	9:9:9	3:0:3	20	0:0:0	8/7	12:9:12
					3:0:0		15:9:12
					6:0:0		18:9:12

ウ) 米ゲル用品種の生育予測システムの開発にかかるデータ収集 (ア) イ) と同様

(g) 調査項目 栽培特性：出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、玄米収量、収量構成要素
品質特性：糊化特性、米ゲルの色彩、加工適性 (製パン試験)

(h) その他 生育予測システムは、農研機構が開発した栽培管理システムを利用する。

3. 試験結果

ア) 栽培性に優れる高アミロース米品種の選定

「笑みたわわ」は、「ミズホチカラ」と比較して以下のような特徴があった(表 1)。

- 1) 出穂期が 1~7 日早く、成熟期が 6~10 日早かった。
- 2) 穂数が少なく、千粒重は軽かった。一穂粒数は、水戸市で多いが、龍ヶ崎市では少なかった。登熟歩合が高く、収量(粗玄米重)は 8~12% 高かった。稈長は 10cm 以上長い、稈が太く、倒伏程度は 0 であった。
- 3) 糊化特性は、最高粘度・ブレイクダウン等がやや高かった(表 2)。米ゲルの色彩は、分光測色計の測定で明るさと黄みがわずかに低かったが、目視による差は判然としなかった(写真 1)。製パンした結果、膨らみは同等で(写真 2)、食味官能評価は、「すだち」と「食感」の評価が有意に高く、その他の項目は同程度であった(表 3)。

イ) 高アミロース米の米ゲル加工に適した多収栽培法の解明 (水戸市のみ)

・移植時期試験

「笑みたわわ」

- 1) 収量は、移植時期が遅いほど高かった(図 1)。5/1 移植では、冷害により白稈(穎花の退化現象)が発生し、一穂粒数が減少した(表 4)。
- 2) 玄米品質(整粒歩合)は、移植時期が早いほど高くなった(図 2)。
- 3) 玄米品質は糊化特性と相関があり、品質が高い玄米は、最高粘度・ブレイクダウン・最終粘度・コンシステンシーの値が低下するため、加工中および加工後の米ゲルは軟らかく、粘りが抑えら

れ、老化しにくい傾向があると考えられた（図3）。

「ミズホチカラ」

- 1) 収量は、移植時期が遅いほど高かった（図1）。5/1～15 移植では、白稔の発生はなかったが、登熟歩合が極端に低く、冷害による不稔で減収したと推察された（表4）。
- 2) 玄米品質は、5/1、6/1、5/15 の順に高くなった（図2）。

・穂肥時期試験

「笑みたわわ」

- 1) 収量は、穂肥時期が早いほど高く（図1）、同様に稈長と穂長も長くなった（表5）。
- 2) 玄米品質は、出穂27日前の穂肥で出穂18日前より低く、出穂19日前の穂肥で出穂10日前よりわずかに高くなった（図2）。

「ミズホチカラ」

- 1) 収量は、出穂28日前の穂肥で出穂21日前よりわずかに高く、出穂20日前の穂肥で出穂13日前より低かった（図1）。一穂粒数・登熟歩合・千粒重は、穂肥時期が早いほど減少した（表5）。
- 2) 玄米品質は、出穂28日前の穂肥で出穂21日前より高く、出穂20日前の穂肥で出穂13日前よりわずかに低くなった。（図2）。

・実肥試験

「笑みたわわ」

- 1) 収量は、実肥施用により増加しなかった（図1）。また、登熟歩合の向上効果は判然としなかったが、千粒重はやや重くなった（表6）。
- 2) 玄米品質は、実肥量が多いほど顕著に高くなった（図2）。

「ミズホチカラ」

- 1) 収量は、実肥施用により増加しなかった（図1）。また、登熟歩合と千粒重の向上もなかった（表6）。
- 2) 玄米品質は、実肥施用により向上しなかった（図2）。

ウ) 米ゲル用品種の生育予測システムの開発にかかるデータ収集

- 1) ア)～イ) の試験により、出穂期および成熟期のデータを収集し（表1、4～6）、栽培管理支援システムによる生育予測との比較に使用した。
- 2) 「ミズホチカラ」について、水戸市の生育予測結果は、予測日が実測日より、出穂期で10日早く、成熟期で1日早かった。龍ヶ崎市の生育予測結果は、予測日が実測日より、出穂期で3日遅く、成熟期で7日遅かった。
- 3) 昨年の出穂期および成熟期の実測日を用いて、「ミズホチカラ」のパラメータを調整した場合、水戸市の出穂期の誤差が10日から0日となり、龍ヶ崎市の成熟期の誤差が7日から0日となった。
- 4) 「笑みたわわ」のパラメータは未搭載であることから、生育予測の検証は行えなかった。

4. 主要成果の具体的なデータ

表1 生育・収量および収量構成要素<品種選定試験>

試験地	品種名	移植時期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0-5)	粗玄米重 (kg/10a)	収量比 (%)	精玄米重 (kg/10a)	一穂粒数 (粒/穂)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
水戸市	笑みたわわ	5/7	8/3	9/17	84.7	20.3	276	0.0	655	108	630	135	87.8	23.0
	ミズホチカラ		8/4	9/23	71.5	20.9	328	0.0	605	-	560	128	73.9	24.8
龍ヶ崎市	笑みたわわ	4/23	7/29	9/4	78.6	19.1	269	0.0	615	112	601	119	75.7	22.9
	ミズホチカラ		8/5	9/14	68.2	20.2	317	0.0	548	-	511	129	54.7	24.7

注) 精玄米重、千粒重は篩目 1.85mm での調製後に測定 (表 4・5・6 も同様)。

表2 糊化特性および米ゲルの色彩 (水戸市サンプルのみ)

品種名	糊化特性						米ゲルの色彩			
	最高粘度	最低粘度	ブレイク ダウン	最終粘度	コンシス テンシー	糊化開始 温度	アミロース 含量	明るさ (L*)	赤み (a*)	黄み (b*)
笑みたわわ	3823	1052	2771	2177	1125	70.2	19.6	86.1	-2.2	4.7
ミズホチカラ	3773	1058	2715	2152	1094	69.9	19.7	87.3	-2.2	5.9

注) 1. 測定には Perten 社 RVA TecMaster および KONIGAMINOLTA 社分光測色計 (CR-410) を使用。

2. 単位は RVU (粘度特性)、% (アミロース含量)。

3. デンプン粉を加熱し、糊化が始まる温度を「糊化開始温度」、糊化開始から終了に至るまでの粘度推移に対して、「最高粘度」「最低粘度」が存在する。これら粘度の差(最高粘度-最低粘度)を「ブレイクダウン」と呼び、数値が大きいほど粘りが強い。最低粘度に達した後、デンプン粉を冷却すると再度粘度が上昇し、最終的に安定した粘度の値を「最終粘度」と呼ぶ。(最終粘度-最低粘度)の差を「コンシステンシー」と呼び、値が小さいほど老化しにくい性質を持っている。

表3 米ゲルパンの食味官能評価 (水戸市サンプルのみ)

品種名	対照品種	内部の色	すだち	香り	味	食感	硬さ	総合評価
笑みたわわ	ミズホチカラ	0.13 ns	0.50 *	-0.29 ns	-0.08 ns	0.33 *	-0.25 ns	0.25 ns

注) 1. 製パンは Panasonic ホームベーカリー (SD-BMS104) を使用。

2. 加工は小麦粉 100%のうち 30%を米ゲルに置き換えて実施。

3. 食味評価は、-3 (黒い、かなり不良、軟らかい) ~ 0 (基準と同等) ~ 3 (白い、かなり良い、硬い) の 7 段階評価で判定。パネリストは 24 名 (農業研究所及び生物工学研究所職員)。

4. *は 5%水準、**は 1%水準、***は 0.1%水準で有意であることを示す。ns は有意でないことを示す。

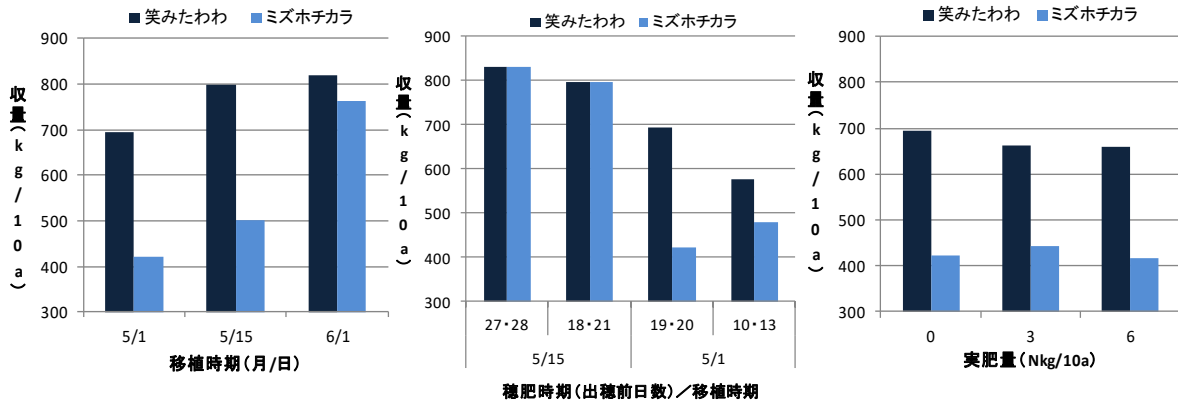


図1 移植時期と施肥方法による収量 (粗玄米重)

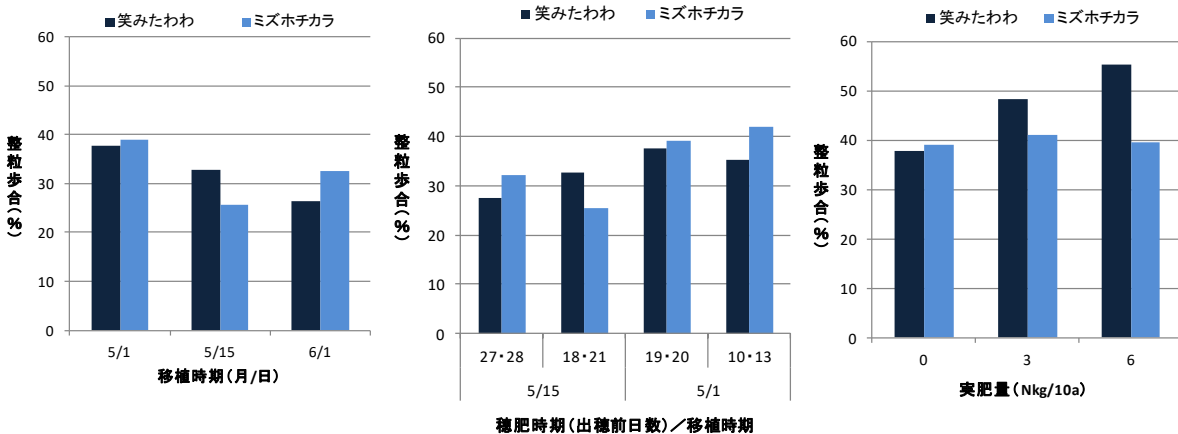


図2 移植時期と施肥方法による玄米品質 (整粒歩合)

注) 1. ここでの整粒歩合とは、基部未熟粒、腹白未熟粒、乳白粒、白死米等の白未熟粒を除いた割合を指す。

2. 測定には、穀粒判別器 RGQ1-90A を使用。

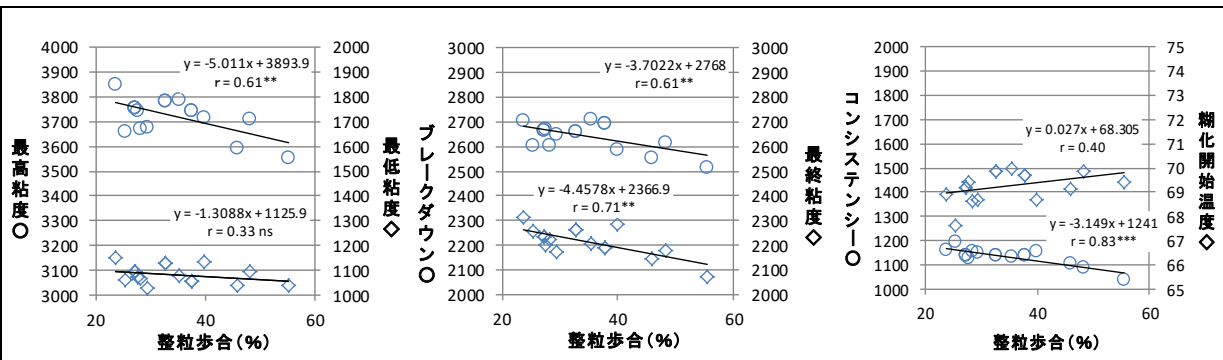


図3 玄米品質と糊化特性の相関

注) 1. *は5%水準、**は1%水準、***は0.1%水準で有意であることを示す。
2. nsは有意でないことを示す。

表4 生育・収量および収量構成要素<移植時期試験>

品種名	移植時期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度 (0-5)	粗玄 米重 (kg/10a)	精玄 米重 (kg/10a)	一穂 粒数 (粒/穂)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)
笑みたわわ	5/1	8/1	9/7	83.6	19.2	298	0.5	694	686	118	73.9	23.7
	5/15	8/9	9/16	86.5	20.1	309	1.0	798	779	133	88.0	24.0
	6/1	8/16	9/30	78.7	22.0	322	0.5	821	776	147	77.1	24.0
ミズホチカラ	5/1	8/4	9/14	68.9	20.0	345	0.0	422	387	119	35.2	24.8
	5/15	8/12	9/26	73.7	20.2	324	0.0	502	463	154	42.4	25.4
	6/1	8/21	10/8	90.0	21.3	295	0.0	764	645	138	59.2	24.9

表5 生育・収量および収量構成要素<穂肥時期試験>

品種名	穂肥時期 (出穂前日数)	移植時期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度 (0-5)	粗玄 米重 (kg/10a)	精玄 米重 (kg/10a)	一穂 粒数 (粒/穂)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)
笑みたわわ	27	5/15	8/9	9/17	77.5	21.0	376	1.0	831	815	130	85.0	24.0
	18			9/16	73.7	20.2	324	0.5	798	779	133	88.0	24.0
	19	5/1	8/1	9/7	83.6	19.2	298	0.5	694	686	118	73.9	23.7
	10			9/7	78.8	18.7	280	0.5	576	568	114	79.7	23.7
ミズホチカラ	28	5/15	8/12	9/26	87.5	20.1	304	0.0	831	815	141	40.9	24.9
	21			9/28	86.5	20.1	309	0.0	798	779	154	42.4	25.4
	20	5/1	8/4	9/14	68.9	20.0	345	0.5	422	387	119	35.2	24.8
	13			9/14	67.2	19.8	318	0.5	481	446	123	43.8	25.0

表6 生育・収量および収量構成要素<実肥試験>

品種名	実肥量 (Nkg/10a)	移植時期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度 (0-5)	粗玄 米重 (kg/10a)	精玄 米重 (kg/10a)	一穂 粒数 (粒/穂)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)
笑みたわわ	0	5/1	8/1	9/7	83.6	19.2	298	0.5	694	686	118	73.9	23.7
	3				79.1	19.2	308		664	656	119	77.0	23.9
	6				78.7	19.0	309		659	644	117	59.8	24.0
ミズホチカラ	0	5/1	8/4	9/15	68.9	20.0	345	0.0	422	387	119	35.2	24.8
	3				69.9	19.8	356		444	408	122	32.7	24.9
	6				69.7	19.8	365		417	382	119	33.3	24.8

5. 経営評価

「笑みたわわ」の所得は、「ミズホチカラ」より 10,720 円/10a、「コシヒカリ」より 25,927 円/10a 向上した。

品種	収量 (kg/10a)	単価 (円/kg)	粗収益額(円/10a) …A				生産費(円/10a) …B			A-B (円/10a) ミズホチカラとの差額			
			販売額	戦略作物 助成	産地交付金 (国)	産地交付金 (県)	合計	種苗費	肥料費	その他	合計	所得	(円/10a)
笑みたわわ	641	50	32,063	98,579	12,000	6,000	148,641	1,680	6,034	88,938	96,651	51,990	10,720
ミズホチカラ	592	50	29,593	90,329	12,000	6,000	137,921	1,680	6,034	88,938	96,651	41,270	—
コシヒカリ	510	236	120,173	—	—	—	120,173	1,891	4,552	87,667	94,110	26,063	▲15,207

注) 1. 「笑みたわわ」「ミズホチカラ」の収量は、水戸市(2年間)の収量平均値×0.95。「コシヒカリ」は栽培暦の基準収量。
2. 「笑みたわわ」「ミズホチカラ」の単価は、ライスジュレ用の買い取り価格。「コシヒカリ」は、県内の平均相対取引価格。
3. 複数年契約と仮定し、産地交付金(国)を加算する。産地交付金(県)は、新規需要米生産向上等の取組みへの加算、多収品種の取組への加算は令和2年度限りの暫定的な措置のため、含めない。
4. 種の価格は、現地生産者の聞き取りにより、「ミズホチカラ」700円/kg、「コシヒカリ」788円/kg。「笑みたわわ」は、種子業者への問い合わせにより、700円/kg。乾籾150gの苗箱を、16枚/10a使用する。
5. 資材は、基肥にオール14(1,383円/袋)、追肥にBBNK707種(1,800円/袋)を使用する。施肥量は、「笑みたわわ」「ミズホチカラ」が9+3Nkg/10a、「コシヒカリ」が6+3Nkg/10aとする。
6. その他の生産費は、茨城県経営指標の県西地域水稲移植50ha「コシヒカリ」のモデルを参考にした。

6. 考察

ア) 栽培性に優れる高アミロース米品種の選定

「笑みたわわ」は、「ミズホチカラ」より、収量が高く、所得の向上が可能であった。稈長は10cm以上長いが、稈が太く、倒伏のリスクは少ないと考えられた。また、成熟期が6～10日早いいため、「笑みたわわ」を5月下旬～6月上旬に移植した場合、5月上～中旬に移植した「コシヒカリ」の刈取り後、すぐに刈り取りできると想定された。加工面では、「笑みたわわ」は、「ミズホチカラ」より、最高粘度・ブレイクダウン等の糊化特性がやや高く、明るさと黄み等の色彩がわずかに低かった。一方、米ゲルに外観上の差は見られず、製パンの膨らみも同程度であったため、加工適性はほぼ同等と考えられた。上記の理由から、過去に品種試験を行った「あみちゃんまい」「亜細亜のかおり」「ふくのこ」「モミロマン」を含め、「笑みたわわ」が「ミズホチカラ」の性質に最も近く、収量と熟期の点で有望品種として考えられた。

イ) 高アミロース米の米ゲル加工に適した多収栽培法の解明

本年度の試験結果および、過去の試験結果を踏まえて「笑みたわわ」と「ミズホチカラ」における多収および高品質栽培法を以下のように整理した。

「笑みたわわ」の収量は、5月中旬～6月上旬移植で高く、穂肥の施用時期が早いほど増加する。玄米品質は、移植時期が早いほど高く、実肥施用により顕著に高まる。「ミズホチカラ」の収量は、6月上旬移植で高く、穂肥の施用時期が早いほど増加する。ただし、収量と穂肥時期の関係は、本年度の試験では傾向が得られなかった。玄米品質は、5月中旬を避けて移植することで高く、実肥施用では向上しなかった。その他、玄米品質は糊化特性と相関があるため、栽培法によって米ゲルの性質を変化させられる可能性が示唆された。

ウ) 米ゲル用品種の生育予測システムの開発にかかるデータ収集

予測精度の検証を実施し、パラメータ調整機能による予測精度向上が確認された。そのため、収集した出穂期・成熟期データを反映させることにより、栽培管理支援システムの予測精度は、栽培時の参考として十分であると考えられた。

7. 問題点と次年度の計画

「笑みたわわ」および「ミズホチカラ」は、暖地および温暖地向きの品種であるため、各栽培地に適した移植日は異なることが推察される。

8. 参考写真

写真1 米ゲルの外観



写真2 製パン後の外観



