

# 茨城県における二条ハダカムギ‘キラリモチ’の特性および 高品質安定生産技術

四宮一隆・柳澤貴司<sup>1)</sup>・菅 京子・寺門ゆかり<sup>2)</sup>・田中研一<sup>3)</sup>・福田弥生・森 拓也  
(茨城県農業総合センター農業研究所)

## Characterization and Optimum Cultivar Method of Two-rowed Naked Barley ‘Kirari-mochi’ in Ibaraki Prefecture

Kazutaka SHINOMIYA<sup>1</sup>, Takashi YANAGISAWA, Kyoko SUGA,  
Yukari TERAKADO, Kenichi TANAKA, Yayoi FUKUDA and Takuya MORI

### 要約

茨城県における二条ハダカムギ‘キラリモチ’の特性は、対照品種の二条カワムギ‘ミカモゴールドン’と比較して、オオムギ縞萎縮病I, II, IIIおよびV型に抵抗性を有し、出穂期はほぼ同等で、成熟期は2日～3日遅く、収量は同等～やや多く、現地ほ場でも360kg/10a以上の安定した収量が確保できるなどの栽培適性を持つ。また、 $\beta$ -グルカンが高い特性を有する‘キラリモチ’の精麦加工適性評価は‘シルキースノウ’に比べ黄色味がやや強いが、黒条線が薄く、品質が良好である。以上のことから、2017年に奨励品種(認定品種)として採用し、2020年までに300haを目標に普及拡大を図ることとした。さらに、遅れ穂の発生を抑え、高品質で安定収量を得るのに適する栽培法を明らかにした。

キーワード：二条ハダカムギ‘キラリモチ’，奨励品種，遅れ穂，収量， $\beta$ -グルカン

### 1 はじめに

茨城県の主要なオオムギ品種は、六条カワムギ‘カシマムギ’，六条カワムギ‘カシマゴール’，二条カワムギ‘ミカモゴールドン’で、ほとんどが麦茶用として加工されている。

一方、消費者の健康志向への高まりから生活習慣病に予防効果のある麦飯が注目され、実需者から本県の生産現場および関係機関に対し、精麦用オオムギ品種の生産が強く求められてきた。一方、生産現場からも、本県の主力オオムギ品種である‘カシマムギ’が、オオムギ縞萎縮病やその栽培性により収量、品質が安定しないため、オオムギ縞萎縮病に抵抗性を有し、栽培性が優れる品種の選定および導入が要望されてきた。このような実需者と生産現場の要望に応えるため、本県ではオオムギ縞萎縮病I, IIおよびIII型に抵抗性を有する、稈性の精麦用六条カワムギ‘シルキースノウ’を2007年に奨励品種(認定品種)として採用した。その後、2009年に‘シルキースノウ’の高品質安定栽培法を開発し、普及拡大に努めてきたが、需要動向の変化から、‘シルキースノウ’の作付面積は減少し、2011年には作付けがなくなり、奨励品種から除外した。

近年、生活習慣病に対して予防効果のある麦飯が再び注目を集めるようになり(青江, 2015)，精麦生産量が大幅に増加している(図1)。しかし、国内の生産量が需要に追いついていないため、外国産の輸入量が増加しており(図2)，国産の精麦用オオムギ品種の増産が強く求められている。特に、糯性の精麦用オオムギは、稈性と比較して良食感で、機能性成分である水溶性食物繊維( $\beta$ -グルカン)を多く含む(Ullrich et al., 1986)ことから増産の要望が強く、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

1) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構次世代作物開発研究センター

2) 現 茨城県県南農林事務所, 3) 現 茨城県産地振興課

1 Address : Agricultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, 3974 Daitokutyo, Ryugasaki, Ibaraki 301-0816, Japan

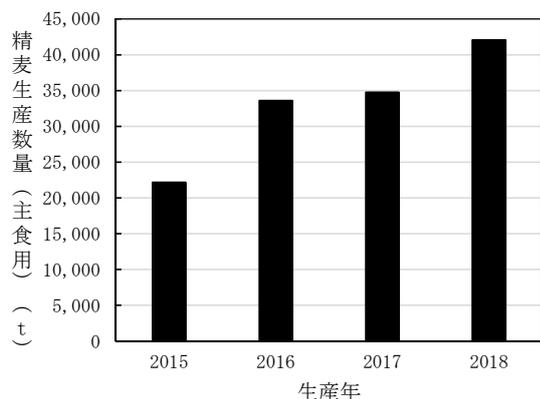


図1 全国の精麦生産量の推移

注1) 全国精麦工業協同組合連合会調べ。

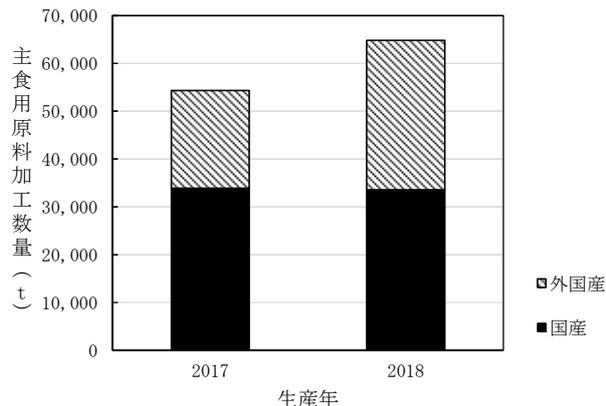


図2 主食用精麦の原料加工数量の

国産と外国産の内訳(2017年, 2018年)

注1) 全国精麦工業協同組合連合会調べ。

(以下, 農研機構)や各県が品種育成に努めてきた。その結果, 二条ハダカムギ‘キラリモチ’(Yanagisawa et al., 2011), 六条カワムギ‘はねうまもち’(関ら, 2018), 六条カワムギ‘ホワイトファイバー’(上原ら, 2016), 二条カワムギ‘もち絹香’(山口ら, 2019)といった品種が育成され, 国内産糯性オオムギ品種の種類は豊かになってきている。中でも, ‘キラリモチ’は, 糯性(良食感), 高 $\beta$ -グルカン(食物繊維に富む), プロアントシアニンフリー(炊飯後に褐変しにくい, 図3)の特性を有し(Yanagisawa et al., 2011), 健康面(青江ら, 2018)および品質面の両方で優位性があり, 実需者ニーズはかなり高い。また, 本県の二条カワムギの主力品種である‘ミカモゴールド’は, オオムギ縮萎病IおよびII型に抵抗性を有するが, III型には罹病性であり(Kashiwazaki et al., 1989), 県内の一部の地域でIII型の発生による生育不良, 収量の低下が問題となっている(渡辺ら, 1995)。



図3 二条ハダカムギ‘キラリモチ’と六条ハダカムギ‘イチバンボシ’の炊飯12時間後の様子

一方，‘キラリモチ’はオオムギ縞萎縮病I，II，IIIおよびV型に抵抗性を有し（Yanagisawa et al.2011），‘ミカモゴールドン’と比較して本病の抵抗性に優れている。そこで，本県は奨励品種決定調査において，‘キラリモチ’の栽培性や精麦加工適性を調査し，良好な結果が得られたことから，2017年に‘キラリモチ’を認定品種に採用し，2020年までの普及目標面積を300haとした。また，2017年～2019年にかけて試験課題「二条ハダカムギ‘キラリモチ’の高品質安定生産技術の開発」の中で，栽培条件の違いが‘キラリモチ’の収量，遅れ穂数及びβ-グルカン含有率に及ぼす影響について調査し，遅れ穂の発生を抑え高品質で安定収量を得るのに適する栽培法を明らかにした。本報では，‘キラリモチ’の栽培性と精麦加工適性に加えて，遅れ穂の発生を抑え，高品質で安定収量を得るのに適する栽培法について報告する。

## 2 ‘キラリモチ’の来歴および育成地における特性評価

1999年に四国農業試験場（現 農研機構西日本農業研究センター）において，極低ポリフェノール（*ant28*），モチ性，二条，早生，多収を育種目標に，「四国裸103号」と「大系HL107」（後の「とちのいぶき」）のF<sub>1</sub>（四交1951）を母親とし，「四国裸97号」を父親として交配を行った（Yanagisawa et al., 2011, 図4）。2001年にF<sub>3</sub>をほ場で栽培し，以降，系統育種法により育成を進めた。2003年（F<sub>5</sub>）より「四系9643」として生産力検定予備試験，2006年度（F<sub>8</sub>）から同本試験に供試し，2007年に特性検定試験，系統適応性試験に供試した。その結果，地方系統名「四国裸糯119号」が付され，2008年（F<sub>10</sub>）より関係各県における奨励品種決定調査に供試された。

育成地における特性評価（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構，Web閲覧）では，秋播き性程度はI，オオムギ縞萎縮ウイルスI，II，IIIおよびV型に抵抗性を有し，うどんこ病抵抗性は極強，赤かび病抵抗性はやや強，穂発芽性は易である。

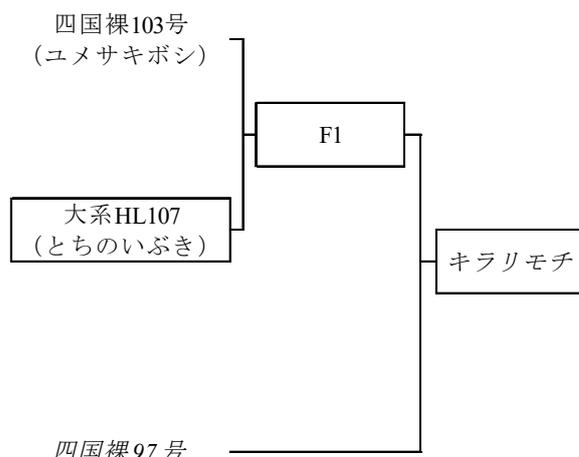


図4 ‘キラリモチ’の系譜図（Yanagisawa et al., 2011より作成）

注1) 四角で囲われているものはプロアントシアニジンフリー（*ant28*）を有する系統を示す。

注2) 斜体は糯性を有する系統を示す。

## 3 茨城県における‘キラリモチ’の特性調査

### 3. 1 材料および方法

#### 3. 1. 1 試験年次および場所

生育および収量調査は，茨城県龍ヶ崎市の茨城県農業総合センター農業研究所水田利用研究室（中粗粒灰色低地土，以下，龍ヶ崎市）で2008年播種から8年間，水戸市の同研究所作物研究室（表層腐植質黒ボク土，以下，水戸市）と筑西市現地圃場（表層腐植質多湿黒ボク土，以下，筑西市）で2013年播種から3年間実施した。対照品種は，‘ミカモゴールドン’とした。実需者による精麦加工適性評価は，龍ヶ崎市の2012年播種産と2013年播種産のサンプルで実施した。対照品種は，過去に精麦用オオムギとして本県の

認定品種に採用された‘シルキースノウ’とした。

### 3. 1. 2 耕種概要および試験区構成

龍ヶ崎市は播種期が11月上旬、播種量は10kg/10a、播種様式は条間30cmのシーダーテープ播種、基肥量はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=8-12-11 (kg/10a)を播種溝施用、茎立期追肥窒素量は4kg/10aを表層施用した。なお、茎立期は主稈長が2cmとなった日とした。水戸市は播種期が11月上旬、播種量は10kg/10a、播種様式は条間30cmのドリル播き、基肥量はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=6-6-6 (kg/10a)を全面全層施用、追肥は無施用とした。筑西市は播種期が11月中旬、播種量は10kg/10a、播種様式は条間30cmのドリル播き、基肥量はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=6-6-6 (kg/10a)を全面全層施用、追肥は無施用とした。試験区は水戸市が9.6m<sup>2</sup>、龍ヶ崎市が12m<sup>2</sup>、筑西市が9.6m<sup>2</sup>で、2区制、乱塊法で配列した。

### 3. 1. 3 生育、収量および品質調査

出穂期は、有効分けつの40～50%が出穂した日、成熟期は、茎葉並びに穂首部分が黄化し、穂軸や粒は緑色が抜け、粒には爪跡がわずかにつき、ほぼ蠟ぐらいの固さに達した粒を付ける茎が正常に出穂、登熟した穂の80%以上に達した日として判定した。稈長および穂長は、糊熟期～黄熟期に1試験区当たり生育が中庸な株の中から10本を任意に抽出して測定した。穂数は、稈長および穂長の測定と同時期に、1試験区当たり1条内50cm幅の本数を測定し、1m<sup>2</sup>当たり本数に換算した。倒伏程度は成熟期に達観で0(無)～5(甚)の6段階評価とした。収量、千粒重、容積重およびタンパク質含有率は、成熟期に試験区中央付近の2.4m<sup>2</sup>(水戸市、筑西市)または2.7m<sup>2</sup>(龍ヶ崎市)を地際から刈り取り、網室等で乾燥後、脱穀、唐箕選により調製したサンプルで調査した。千粒重は子実20.0g当たりの粒数から換算し、容積重は子実150gをブラウエル穀粒計で測定した。子実水分は穀粒水分計(K社製ライスタf2)で測定した。収量、千粒重および容積重は子実水分12.5%換算値とした。タンパク質含有率は、近赤外線多成分分析装置(F社製インフラテック1241型)による子実水分13.5%換算値とした。整粒歩合は‘キラリモチ’が2.2mm、‘ミカモゴールド’は2.5mmの篩目による値とした。検査等級は、全農茨城県本部米穀総合課の農産物検査員による目視判定とした。

精麦加工適性評価は、関東地域麦新品種等品質評価協議会大麦研究会において、(株)N精麦が2012年播種産と2013年播種産の2年実施した。‘キラリモチ’と‘シルキースノウ’ともに2.2mm篩目で調製後のサンプルを供試した。精麦加工適性評価は、‘キラリモチ’は60%搗精、‘シルキースノウ’は55%搗精した丸麦の白度、搗精時間、碎麦率、黒条線の濃さと太さおよび外観品位の評価と、丸麦を黒条線で切断し、加工した切麦の白度、碎麦率、未切断粒率、外観品位の評価をもとに総合的に評価した。

## 3. 2 結果および考察

### 3. 2. 1 ‘キラリモチ’の生育、収量および品質

‘ミカモゴールド’と比較して、出穂期は、龍ヶ崎市で4月6日と1日早く、水戸市で4月13日と1日遅かった(表1)。成熟期は龍ヶ崎市で5月21日と2日遅く、水戸市で5月26日と3日遅かった。稈長は龍ヶ崎市で73cmと18cm短く、水戸市で87cmと10cm短く、筑西市で78cmと19cm短かった。穂長は龍ヶ崎市で6.2cmと1.1cm長く、水戸市で6.5cmと1.0cm長く、筑西市で6.1cmと0.6cm長かった。穂数は、龍ヶ崎市で841本/m<sup>2</sup>(対照比109%)、水戸市で1078本/m<sup>2</sup>(対照比120%)、とやや多い～多い、筑西市で598本/m<sup>2</sup>(対照比76%)と少なかった。倒伏程度は、龍ヶ崎市で0.1(対照0.8)と小さかった。水戸市と筑西市では‘キラリモチ’、‘ミカモゴールド’ともに倒伏は認められなかった。収量は、龍ヶ崎市で421kg/10a(対照比100%)、水戸市で516kg/10a(対照比105%)、と同等～やや多かった。容積重は龍ヶ崎市で852g/L(対照比118%)、水戸市で833g/L(対照比114%)と重かった。千粒重は龍ヶ崎市で34.7g(対照比91%)、水戸市で35.6g(対照比86%)とやや軽い～軽かった。整粒歩合は、龍ヶ崎市で91%、水戸市で96%と高かった。タンパク質含有率は、龍ヶ崎市で8.1%と0.9%高く、水戸市で9.9%と0.6%高かった。検査等級は龍ヶ崎市で1～2等、水戸市で1～2等となった。

現地ほ場である筑西市は、目標である360kg/10a以上の収量を毎年達成するとともに、龍ヶ崎市および

水戸市同様に、容積重は854g/L（対照比116%）、タンパク質含有率は対照品種に比べ高く、検査等級は毎年1等を得るなど、安定した収量および品質を確保できることを明らかにした。以上のことから、‘キラリモチ’は本県における栽培適性があると判断した。

一方で、2014年播種の龍ヶ崎市において、出穂期の約2週間前に氷点下となる低温に遭遇し、不稔が発生した（図5）。また、遅れ穂も発生し（図6）、収量は281kg/10aと少なかった（表1）。遅れ穂が発生すると、収穫適期の判定が困難になることから収穫の遅れを誘発し、それに伴う子実品質の悪化が懸念される。不稔の発生と遅れ穂の発生および収量の低下との関連は不明であるが、凍霜害の回避に適した播種期の選定や、遅れ穂の発生を抑え、多収を得るための栽培法の開発が必要である。

表1 ‘キラリモチ’の生育、収量および品質

試験場所	品種	播種年度	播種期 (月・日)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏程度 (0-5)	収量 (kg/10a)	同左対照比 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク質含有率 (%)	検査等級 (等)
龍ヶ崎市	キラリモチ	2008	11.05	3.30	5.15	74	5.8	727	0.0	306	79	864	33.3	93	7.2	1
		2009	11.09	4.09	5.25	70	6.0	667	0.0	368	112	831	35.2	95	7.1	1
		2010	11.11	4.10	5.25	78	6.2	920	0.0	520	92	842	33.8	90	8.3	1
		2011	11.01	4.08	5.24	68	6.1	1,050	0.0	407	130	842	29.5	91	8.3	1
		2012	11.08	4.08	5.27	70	6.5	723	0.0	547	101	852	37.8	98	9.0	2
		2013	11.14	4.12	5.24	74	6.4	680	0.1	494	84	848	39.1	96	8.4	1
		2014	11.05	4.01	5.16	70	6.2	1,127	0.0	281	69	886	35.3	78	8.4	1
		2015	11.12	4.03	5.14	81	6.4	833	1.0	447	202	849	33.9	88	8.5	1
	平均	11.08	4.06	5.21	73	6.2	841	0.1	421	100	852	34.7	91	8.1	1.1	
	ミカモ ゴールドデン (対照)	2008	11.05	3.28	5.13	89	4.8	710	0.0	386	-	698	38.6	67	6.8	1
		2009	11.09	4.09	5.24	91	5.2	717	-	329	-	713	37.0	69	7.1	1
		2010	11.09	4.12	5.21	95	5.0	883	0.0	563	-	686	36.3	57	7.0	1
		2011	11.01	4.13	5.21	80	4.7	667	0.0	314	-	656	34.4	31	6.3	1
		2012	11.05	4.08	5.22	88	5.6	707	0.0	541	-	714	40.6	85	6.8	1
		2013	11.14	4.13	5.23	97	5.7	810	1.2	591	-	838	39.8	85	7.7	1
2014		11.05	4.02	5.16	83	4.7	807	0.5	409	-	754	43.7	85	8.0	1	
2015		11.12	4.02	5.12	102	5.3	903	4.0	221	-	703	33.8	41	8.0	1	
平均	11.07	4.07	5.19	91	5.1	775	0.8	419	-	720	38.0	65	7.2	1		
水戸市	キラリモチ	2013	11.05	4.15	5.26	76	5.5	657	0.0	327	105	820	36.9	98	9.4	2
		2014	11.04	4.18	6.01	82	6.4	1,543	0.0	601	103	837	38.1	99	10.7	1
		2015	11.04	4.08	5.21	103	7.5	1,035	0.0	621	107	842	31.8	92	9.5	1
	平均	11.04	4.13	5.26	87	6.5	1,078	0.0	516	105	833	35.6	96	9.9	1.3	
	ミカモ ゴールドデン (対照)	2013	11.05	4.14	5.25	93	4.9	813	0.0	311	-	733	41.6	89	9.0	1
		2014	11.04	4.17	5.25	98	5.7	958	0.0	586	-	722	44.5	89	9.7	1
2015		11.04	4.07	5.20	101	6.0	927	0.0	579	-	733	38.6	71	9.3	1	
平均	11.04	4.12	5.23	97	5.5	899	0.0	492	-	729	41.6	83	9.3	1		
筑西市	キラリモチ	2013	11.14	-	-	79	6.3	607	0.0	411	100	857	39.8	98	8.7	1
		2014	11.04	-	-	77	5.9	600	0.0	387	82	851	40.1	99	8.8	1
		2015	11.14	-	-	77	6.0	588	0.0	367	80	855	37.0	96	8.3	1
	平均	11.10	-	-	78	6.1	598	0.0	388	87	854	39.0	98	8.6	1	
	ミカモ ゴールドデン (対照)	2013	11.14	-	-	96	5.4	673	0.0	410	-	740	43.3	94	7.7	1
		2014	11.04	-	-	96	5.3	870	0.0	472	-	719	41.0	89	7.0	1
2015		11.14	-	-	99	5.7	810	0.0	459	-	748	40.0	63	6.9	1	
平均	11.10	-	-	97	5.5	784	0.0	447	-	736	41.4	82	7.2	1		



図5 ‘キラリモチ’の不稔発生の様子

注1) 光で透けている粒が不稔となった粒を示す。

注2) 写真は2015年4月23日撮影（この試験区の出穂期は2015年4月7日）。

注3) 2015年3月26日に-2.1℃，2015年3月27日に-0.9℃の最低気温を記録した（龍ヶ崎アメダス）。



図6 ‘キラリモチ’の遅れ穂発生の様子

注1) 穂首が曲がっているものが正常に登熟した穂であり，それより短く緑色が抜けていない穂が遅れ穂である。

注2) 写真は2015年5月21日撮影（この試験区の成熟期は2015年5月18日）。

注3) 2015年3月26日に-2.1℃，2015年3月27日に-0.9℃の最低気温を記録した（龍ヶ崎アメダス）。

### 3. 2. 2 実需者による‘キラリモチ’の精麦加工適性評価

経営所得安定対策における品質ランク区分では、主食用六条カワムギおよびハダカムギの評価項目は、容積重、細麦率、精麦白度および硝子率であり、それぞれ基準値と許容値が設定されている（表2）。また、実需者は搗精時間、砕麦の発生程度、黒条線支配率についても評価しており、搗精時間は短く、砕麦は少なく、黒条線支配率は低い方が高品質と評価される。

‘キラリモチ’における品質ランク区分の評価項目は、2012年播種産では容積重が基準値を下回ったが、2013年播種産では基準値を達成した（表3）。その他の項目は両年播種産ともに基準値または許容値を達成した。また、丸麦搗精の品質は、‘シルキースノウ’と比較して、‘キラリモチ’の方が白度は同等～やや劣ったが、搗精時間は短く、砕麦は同等、黒条線支配率は低かったため、高い評価となった。切麦搗精の品質は、白度はやや劣り、砕麦は同等～やや劣ったが、未切断粒率が少ないことから高い評価となった。丸麦搗精と切麦搗精ともに、‘キラリモチ’の方が、黄色味がやや強く、白度の評価はやや劣ったが、実需者が問題視する程度ではなかった。以上より、総合評価では同等となり、精麦加工適性に問題がないと判断した。

表2 品質ランク区分における主食用六条カワムギ  
およびハダカムギの評価項目別の基準値と許容値  
(農林水産省, 2006より作成)

評価項目	麦種	基準値	許容値
容積重	六条オオムギ	690g/L以上	-
	ハダカムギ	840g/L以上	-
細麦	六条オオムギ	2.2mm (篩) 下に2.0%以下	-
	ハダカムギ	2.0mm (篩) 下に2.0%以下	-
白度	六条オオムギ	43以上	40以上
	ハダカムギ	43以上	40以上
硝子率	六条オオムギ	40%以下	50%以下
	ハダカムギ	50%以下	60%以下

表3 ‘キラリモチ’の精麦加工適性評価

播種 年度	品種	原麦			丸麦搗精				切麦搗精			外観 品位	原麦 評価	丸麦 評価	切麦 評価	総合 評価	
		容積重 (g/L)	千粒重 (g)	硝子率 (%)	白度	搗精 時間 (分:秒)	砕麦 (%)	黒条線 支配率 (%)	外観 品位	白度	砕麦 (%)						未切断 (%)
2012	キラリモチ	B 833	A 40.0	A 49.5	C 42.8	A 11:45	A 0.5	A 10.6	C	B 45.0	A 4.0	B 5.5	C	5	4	4	4
	シルキースノウ (対照)	A 724	B 37.6	A 25.0	B 44.5	C 14:30	A 0.5	B 12.2	C	A 46.7	A 5.0	D 10.5	C	5	4	4	4
2013	キラリモチ	A 847	A 40.4	A 27.0	B 45.0	A 11:45	A 0.8	C 14.2	C	B 44.6	C 10.3	A 2.0	B	5	4	3	4
	シルキースノウ (対照)	A 719	B 35.1	A 29.5	B 45.0	C 14:45	A 0.8	C 15.7	C	A 45.9	B 8.8	D 9.3	C	5	4	4	4

注1) (株)N精麦による評価

注2) 判定基準：原麦、丸麦搗精、切麦搗精の調査項目を、A：上、B：上の下、C：中、D：中の下、E：下、F：問題あり、と判定した。

注3) 評価基準：判定基準をもとに、原麦、丸麦搗精、切麦搗精のそれぞれの評価を行い、それをもとに総合評価を行った。

5：優、4：良、3：可、2：劣、1：不可

注4) 判定基準の下の数字は測定値を示す。

## 4 ‘キラリモチ’の高品質安定生産技術の開発

### 4. 1 目的

‘キラリモチ’は気象条件や栽培条件によっては遅れ穂が発生しやすく、低収となる場合があるため、高品質多収栽培法の開発が生産現場から求められてきた。そこで、栽培条件の違いが‘キラリモチ’の遅れ穂数、収量および $\beta$ -グルカン含有率に及ぼす影響について調査し、遅れ穂の発生を抑え、高品質多収を得るのに適する栽培法を検討した。

### 4. 2 材料および方法

#### 4. 2. 1 基肥窒素量と茎立期追肥窒素量の組合せの影響（試験1）

試験は、茨城県龍ケ崎市の茨城県農業総合センター農業研究所水田利用研究室（中粗粒灰色低地土，以下，龍ケ崎市）において、2013年播種から2014年播種の2年実施した。播種期は2013年播種が11月9日，2014年播種が11月11日，播種量は10kg/10a，播種様式はシーダーテープ播種とした。基肥は播種溝施用，茎立期の窒素追肥は表層施用した。基肥窒素量（以下，基肥N）と茎立期追肥窒素量（以下，茎立期N）の組み合わせは以下のとおりとした。試験区は9m<sup>2</sup>，2区制，乱塊法で配列した。

(a) 6+2，(b) 8+0，(c) 6+4，(d) 8+2（基肥N+茎立期N）（kg/10a）

#### 4. 2. 2 播種期の違いの影響（試験2）

試験は、2015年播種から2017年播種の3年実施した。基肥量はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=8-12-11（kg/10a）で播種溝施用し，茎立期Nは2kg/10aとした。各試験年の播種期は以下のとおりとした。試験場所，播種量，播種様式，基肥と茎立期追肥の資材および施用法，試験区の面積，区制および配列は試験1と同じ。

(a) 2015年播種：11月13日（標準），11月25日，12月4日

(b) 2016年播種：11月15日（標準），11月24日，12月4日

(c) 2017年播種：11月15日（標準），11月27日，12月4日，12月14日

#### 4. 2. 3 播種量と基肥窒素量の組合せの影響（試験3）

試験は、2015年播種から2017年播種の3年実施した。播種期は2015年播種が11月13日，2016年播種が11月15日，2017年播種が11月15日とした。播種量と基肥Nの組み合わせは以下のとおりとした。また，茎立期Nは2kg/10aとした。試験場所，播種様式，基肥と茎立期追肥の資材および施用法，試験区の面積，区制および配列は試験1に準じた。

(a) 播種量：4，8，10，12（kg/10a），(b) 基肥N：4，6，8，10，12（kg/10a）

#### 4. 2. 4 後期重点施肥法の影響（試験4）

試験は、2016年播種から2017年播種の2年実施した。播種期は2016年播種が11月14日，2017年播種が11月7日とした。本試験における後期重点施肥法とは，基肥を無施用とし，同量の窒素量を4葉期頃に施用する方法とした。なお，基肥は播種溝施用した。4葉期の窒素施用は表層施用した。茎立期Nは2kg/10aで表層施用した。試験場所，播種量，播種様式と試験区の面積，区制および配列は試験1に準じた。

(a) 試験区（後期重点施肥法）：基肥無施用，4葉期に窒素8～10kg/10a

(b) 対照区（標準基肥施用）：基肥N8～10kg/10a

#### 4. 2. 5 土壌の違いが $\beta$ -グルカン含有率に及ぼす影響（試験5）

試験は2017年播種の1年実施した。供試サンプルは，試験2～4で得られたものと，水戸市の農業研究所作物研究室（表層腐植質黒ボク土，以下，水戸市）における11月6日，11月20日，12月4日播種のものである。播種量は10kg/10a，播種様式はドリル播種とした。基肥量はN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=6-6-6（kg/10a）とし全面全層施用，追肥は無施用とした。

#### 4. 2. 6 生育, 収量および品質調査

主稈長が2cmとなった日を茎立期と判定し、茎立期の草丈、茎数、葉色（SPAD値）を調査した。草丈は、1試験区当たり生育が中庸な株の中から10本を任意に抽出して測定した。茎数は、1試験区当たり1条内50cm幅の本数を測定し、1m<sup>2</sup>当たり本数に換算した。SPAD値は葉緑素計（M社製SPAD-502）を用いて測定した。出穂期、成熟期および倒伏程度の判定と、稈長、穂長および穂数の測定法は「3. 1. 3 生育, 収量および品質調査」に準じた。なお、穂数は遅れ穂を含めて測定した。本研究では、遅れ穂は、成熟期になっても正常に登熟した穂に比べて稈長が短く、黄色や緑色が抜けていない穂と定義して、成熟期に遅れ穂のみを再度測定した。収量および品質は、成熟期に試験区中央付近の2.4m<sup>2</sup>（水戸市）または2.2m<sup>2</sup>（龍ヶ崎市）を地際から刈り取り、網室等で乾燥後、脱穀、2.2mmの篩目で調製したサンプルを調査した。千粒重、容積重、子実水分およびタンパク質含有率の測定法は「3. 1. 3 生育, 収量および品質調査」に準じる。整粒歩合は2.2mmの篩目による値とした。精麦は60%搗精で行い、精麦白度は玄米・精米白度計（K社製C-600）を用いた。 $\beta$ -グルカン含有率（g/100gFW）は、2017年播種のみ試験2～試験5で得られた原麦と60%搗精麦を測定した。また、 $\beta$ -グルカン含有率は、原麦粉および精麦粉を試料として、市販の測定キット（Megazyme Mixed-linkage beta-glucan assay kit）を用いてAOAC995.16法に基づいて測定した。検査等級は、全農茨城県本部米穀総合課の農産物検査員による目視判定とした。

#### 4. 3 結果および考察

##### 4. 3. 1 基肥窒素量と茎立期追肥窒素量の組合せの影響（試験1）

茎立期は2013年播種が2014年3月17日、2014年播種が2015年3月13日であった。2013年播種、2014年播種ともに総施肥窒素量8kg/10aより10kg/10aの方が多収となった。遅れ穂が多発した2014年播種における、総施肥窒素量10kg/10aの組合せでは、基肥N6kg/10a+茎立期N4kg/10aより、基肥N8kg/10a+茎立期N2kg/10aの方が、遅れ穂の発生は少なく、27%多収であった。以上より、基肥を多くし、茎立期Nは2kg/10aまでとする基肥重点型の施肥法が、遅れ穂を抑制し安定収量を得るのに適している（表4）。

表4 基肥窒素量と茎立期追肥窒素量の組合せが‘キラリモチ’の生育, 収量に及ぼす影響

播種年度	播種期 (月・日)	総施肥窒素量 (kg/10a)	基肥N (kg/10a)	茎立期N (kg/10a)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数		収量 (kg/10a)	容積重 (g)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク質含有率 (%)	検査等級
									全体 (本/m <sup>2</sup> )	遅れ穂 (本/m <sup>2</sup> )						
2013	11.09	8	6	2	4.09	5.22	70	6.1	590	-	330	852	36.8	94	7.5	1
			8	0	4.09	5.22	68	5.8	583	-	310	853	37.5	96	7.8	1
		10	6	4	4.09	5.23	71	6.6	613	-	381	852	37.9	94	7.9	1
			8	2	4.09	5.22	74	6.2	640	-	362	854	37.3	95	7.7	1
2014	11.11	8	6	2	4.07	5.18	69	6.1	593	123	264	873	35.1	88	7.8	1
			8	0	4.07	5.18	71	5.8	603	13	269	874	35.0	93	8.0	1
		10	6	4	4.07	5.18	70	6.3	803	250	282	864	35.0	82	8.0	1
			8	2	4.07	5.18	75	6.4	800	127	357	867	35.8	94	8.3	1

注1) 試験は農業研究所水田利用研究室（茨城県龍ヶ崎市大徳町，中粗粒灰色低地土）で実施。

注2) 「-」は未調査を示す。

##### 4. 3. 2 播種期の違いの影響（試験2）

2015年播種、2016年播種は、いずれの播種期でも多収となり、遅れ穂の発生も少なかった。一方、遅れ穂の発生が多かった2017年播種の収量は、11月中の播種で375～436kg/10aであったが、12月中の播種では305～332kg/10aと少なく、遅れ穂は播種期が遅くなるほど多発した（表5）。茎立期の生育量（草丈（c

m) × 茎数 (本/m<sup>2</sup>) × 葉色 (SPAD) ) と収量との間には有意な正の相関関係が認められた (図7) 。一方、播種期の違いに伴って得られた茎立期の生育量は、その後の発生する遅れ穂数との間には有意な負の相関関係が認められた (図7) 。このことから、‘キラリモチ’で遅れ穂を抑え多収を得るには、11月中下旬播種により茎立期の生育量を確保することが重要であり、‘キラリモチ’の播種適期は11月中旬～下旬であると推察された。なお、播種期によって精麦白度とβ-グルカン含有率は変動したが、播種期の早晚が両者に及ぼす影響については判然としなかった (表5, 図8) 。

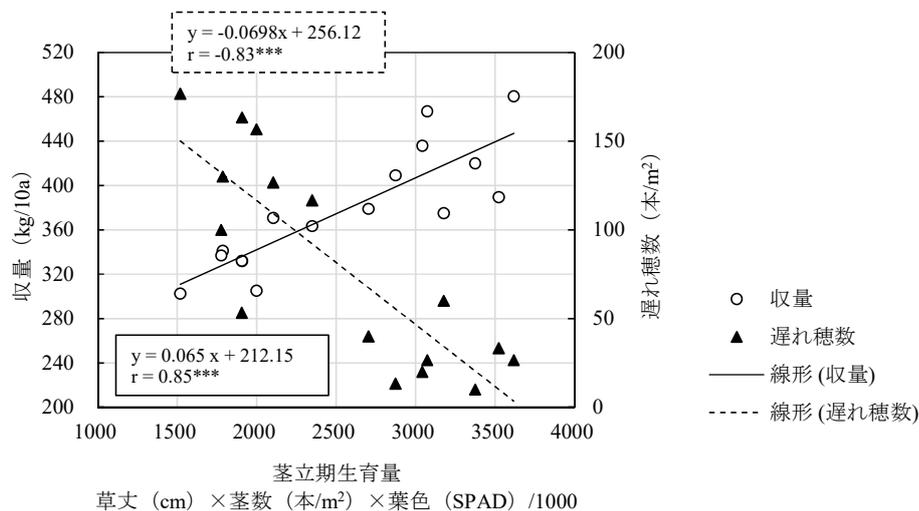


図7 ‘キラリモチ’における標準播種期から晩播の茎立期の生育量と収量、遅れ穂数との関係

注1) データは2017年播種。\*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

表5 播種期の違いが‘キラリモチ’の生育、収量に及ぼす影響

播種年度	播種期 (月.日)	苗立数 (本/m <sup>2</sup> )	茎立期の生育				出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	穂数					容積重 (g/L)	精麦白度
			草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD)	生育量 (×1000)			全体 (本/m <sup>2</sup> )	遅れ穂数 (本/m <sup>2</sup> )	収量 (kg/10a)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)		
2015	11.13	267	23.5	1957	43.3	1994	4.02	5.15	930	10	477	35.0	861	-	
	11.25	222	26.5	2160	43.8	2509	4.09	5.20	837	93	458	36.9	847	-	
	12.04	250	30.4	2567	43.6	3401	4.13	5.24	893	20	449	36.5	848	-	
分散分析		*	**	NS	NS	NS	-	-	NS	NS	NS	**	NS	-	
2016	11.15	202	20.9	2277	48.4	2316	4.13	5.22	903	57	470	36.9	850	36.7	
	11.24	237	28.7	2597	46.4	3459	4.18	5.26	843	20	497	38.5	848	39.9	
	12.04	238	30.2	2467	45.7	3397	4.19	5.28	947	13	558	39.8	845	41.1	
分散分析		**	**	NS	*	*	-	-	NS	NS	NS	**	NS	**	
2017	11.15	223	24.8	2543	48.1	3028	4.10	5.19	747	20	436	39.6	851	41.2	
	11.27	203	30.1	2410	43.7	3171	4.14	5.21	757	60	375	40.3	849	41.4	
	12.04	205	30.7	1500	39.7	1828	4.15	5.22	723	163	332	40.3	845	40.8	
	12.14	203	29.9	1537	43.6	2001	4.20	5.27	650	157	305	40.5	839	40.4	
分散分析		**	**	*	**	NS	-	-	NS	**	*	NS	NS	NS	

注1) 試験は農業研究所水田利用研究室(茨城県龍ヶ崎市大徳町, 中粗粒灰色低地土)で実施。

注2) 生育量は草丈 (cm) × 茎数 (本/m<sup>2</sup>) × 葉色 (SPAD) による。

注3) 分散分析は、播種期を要因とした一元配置分散分析を示し、\*は5%、\*\*は1%水準で有意であり、NSは有意でないことを示す。

注4) 2015年播種の各播種期の茎立期は11月13日が2016年2月26日、11月25日播種が2016年3月12日、12月4日播種が2016年3月18日

注5) 2016年播種の各播種期の茎立期は11月15日が2017年3月9日、11月24日播種が2017年3月24日、12月4日播種が2017年3月28日

注6) 2017年播種の各播種期の茎立期は11月15日が2018年3月16日、11月27日播種が2018年3月24日、12月4日播種が2017年3月29日

12月14日播種が2018年3月31日

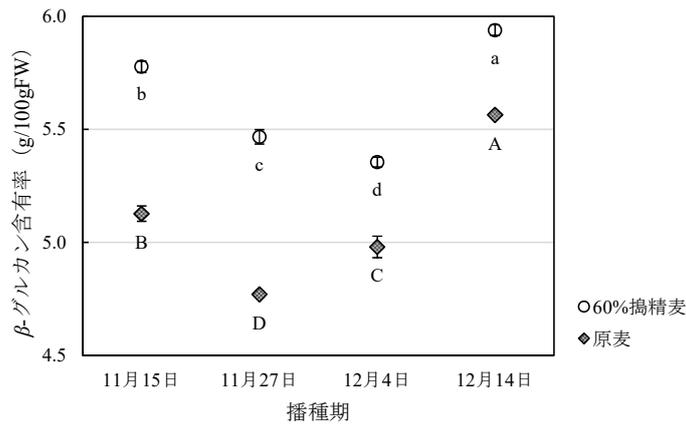


図8 播種期別の‘キラリモチ’原麦および60%精麦のβ-グルカン含有率

注1) 2017年播種のみ実施（農研機構次世代作物開発研究センター調べ）。

注2) 図中のバーは標準偏差を示す。

注3) 異なるアルファベットはTukey-Kramer法の多重比較により5%水準で有意差があることを示す。

#### 4. 3. 3 播種量と基肥窒素量の組合せの影響（試験3）

試験期間を通して、播種量と収量との間の相関関係は判然としなかった（表6, 図9）。これは、播種量が増加しても茎立期の生育量や穂数が増加しにくいことが影響したと推察された（表7）。また、同量の基肥Nにおける播種量別の収量を比べると、播種量8kg/10a～12kg/10aの範囲では収量の増加が認められなかった（表7）。播種量4kg/10aでは遅れ穂が発生し、低収となった。以上より、播種量は8kg/10a～10kg/10aが適切と推察された。

試験期間を通して、基肥Nと収量との間には高い正の相関関係が認められた（表6, 図10）。これは、基肥Nの増加により、茎立期の生育量が増加し、穂数が増加したためと推察された（表7）。また、播種量と基肥Nの組合せで変動させた茎立期の生育量と収量との間には有意な正の相関関係が認められた（図11）。このことから、多収を得るには茎立期生育量を確保することが重要であると推察された。しかし、播種量4kg/10aと基肥N12kg/10aの組合せでは、茎立期の生育量が確保され多収が得られるものの、遅れ穂が多発する傾向が認められたため（表7）、基肥Nは標準～標準+2kg/10aが適切と推察された。

一方、標準播種期において、播種量と基肥窒素量で変動させた茎立期の生育量と遅れ穂数との間には有意な相関関係は認められなかった（図11）。また、精麦白度は、播種量と基肥Nの影響は認められなかったが（表7）、β-グルカン含有率は、基肥Nが多いとわずかに高まる傾向が見られた（図12）。

表6 各播種年の播種量と収量，基肥窒素量と収量の相関係数

	播種年度		
	2015(n=26)	2016(n=26)	2017(n=26)
播種量と収量との相関係数	-0.31 NS	-0.44 *	-0.05 NS
基肥窒素量と収量との相関係数	0.88 ***	0.81 ***	0.89 ***

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。NSは有意でないことを示す。

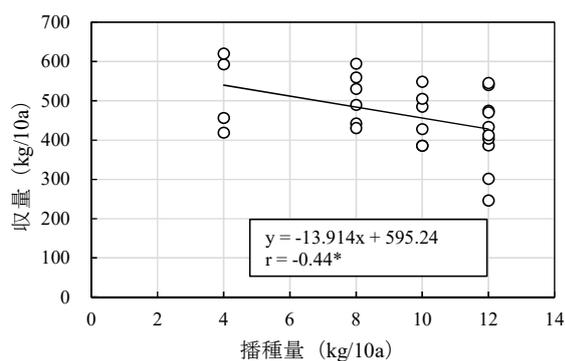


図9 播種量と収量の関係 (2016年播種)

注1) \*は5%水準で有意であることを示す。

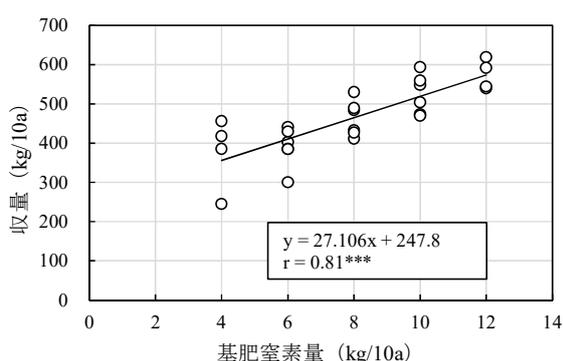


図10 基肥窒素量と収量の関係 (2016年播種)

注1) \*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

表7 播種量と基肥窒素量の組合せが‘キラリモチ’の生育、収量および品質に及ぼす影響

播種量 (kg/10a)	基肥N (kg/10a)	苗立数 (本/m <sup>2</sup> )	莖立期の生育				出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	穂数		収量 (kg/10a)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)	精麦白度
			草丈 (cm)	莖数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD)	生育量 (×1000)			全体 (本/m <sup>2</sup> )	遅れ穂 (本/m <sup>2</sup> )				
4	4	99	20.0	1653	44.5	1460	4.07	5.18	570	51	330	38.1	843	41.0
	12	105	22.4	1960	47.5	2105	4.08	5.18	769	73	428	38.3	844	41.3
8	6	196	21.3	2151	45.2	2084	4.08	5.17	659	3	374	37.7	852	39.9
	8	191	23.0	2372	47.0	2590	4.08	5.18	794	19	438	37.2	845	40.5
10	10	187	23.7	2531	46.9	2809	4.08	5.18	854	30	501	37.7	845	40.4
	6	214	20.3	2060	44.2	1891	4.07	5.17	624	4	369	37.1	846	40.5
12	8	201	21.9	2220	45.2	2200	4.08	5.17	717	1	417	37.0	843	40.7
	10	204	23.0	2374	47.2	2597	4.08	5.18	816	6	473	37.1	845	40.1
分散分析	4	253	18.7	1928	40.4	1502	4.07	5.17	583	33	325	36.7	849	41.0
	6	242	20.5	2111	43.5	1935	4.07	5.17	717	2	387	36.7	846	40.9
	8	246	22.2	2312	45.5	2345	4.08	5.17	817	23	447	36.5	846	40.4
	10	241	22.6	2256	48.0	2480	4.08	5.18	756	8	430	36.9	850	39.9
交互作用	12	243	23.8	2489	48.5	2871	4.08	5.18	948	21	521	37.3	846	40.0
	年次(A)	**	**	NS	**	**	-	-	NS	**	**	**	**	**
	播種量(B)	**	NS	**	**	NS	-	-	NS	**	**	NS	**	NS
	基肥N(C)	**	**	**	**	**	-	-	**	**	**	NS	*	NS
交互作用	A×B	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	NS	NS	NS	NS	**	NS
	A×C	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	NS	**	NS	NS	NS	NS
	B×C	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A×B×C	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注1) 試験は農業研究所水田利用研究室(茨城県龍ヶ崎市大徳町, 中粗粒灰色低地土)で実施。

注2) 播種期は2015年播種が11月13日, 2016年播種が11月15日, 2017年播種が11月15日。

注3) 生育量は草丈(cm)×莖数(本/m<sup>2</sup>)×葉色(SPAD)による。

注4) 各播種年の莖立期は, 2015年播種が2016年3月18日, 2016年播種が2017年3月9日, 2017年播種が2018年3月16日。

注5) 表中の値は試験期間の平均値。

注6) \*は5%水準, \*\*は1%水準で有意であることを示し, NSは有意でないことを示す。

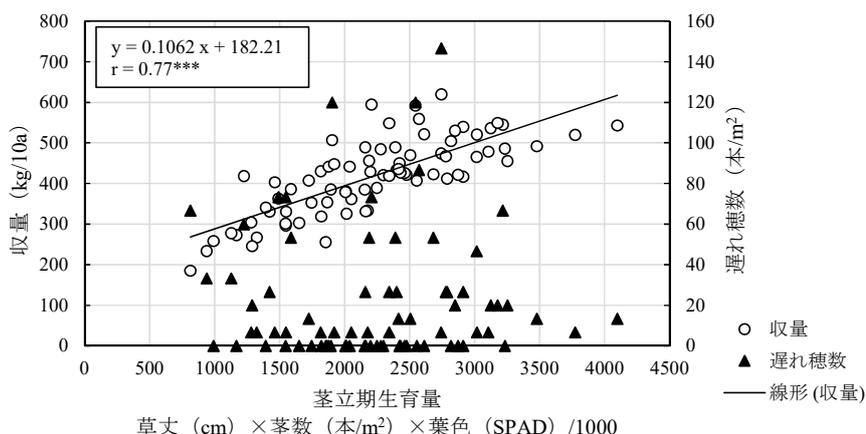


図11 ‘キラリモチ’の茎立期生育量と収量，遅れ穂数との関係

注1) 生育量は播種量と基肥窒素量の組合せで変動させている。

注2) データは2015年播種～2017年播種。\*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

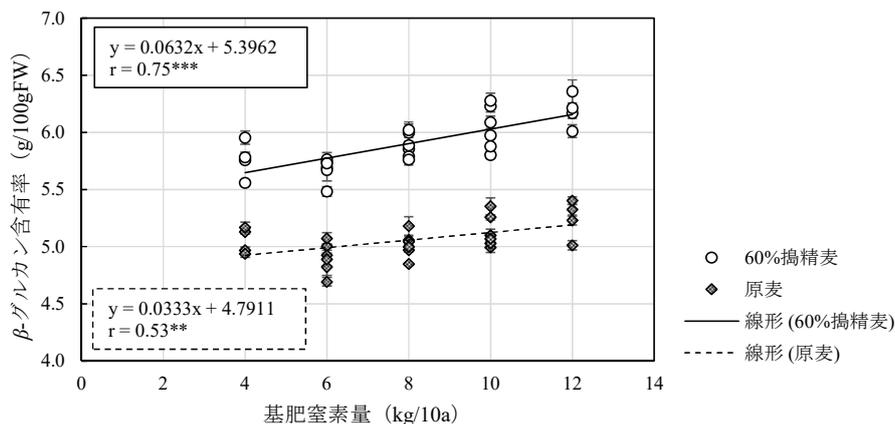


図12 基肥窒素量と‘キラリモチ’原麦および60%精麦のβ-グルカン含有率の関係

注1) 2017年播種のみ実施（農研機構次世代作物開発研究センター調べ）。

注2) 図中のバーは標準偏差を示す。\*\*は1%水準，\*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

#### 4. 3. 4 後期重点施肥法の影響（試験4）

基肥重点施肥法と比較して，後期重点施肥法の成熟期は，2016年播種では，2日遅くなったが，2017年播種では同日となり，施肥法の違いが熟期に及ぼす影響は試験期間中では認められなかった（表8）。後期重点施肥法の茎立期の生育量は，2016年播種ではかなり少なかったが，2017年播種では基肥重点施肥法を上回り，播種年度による違いが大きかった。収量は，試験期間を通して，後期重点施肥法の方が6～7%多収となった。また，60%搗精麦のβ-グルカン含有率も，後期重点施肥法の方が高くなる傾向が認められた（図13）。一方で，遅れ穂数は試験期間を通して後期重点施肥法の方が多かった（表8）。

また，遅れ穂が発生した場合の収穫適期を明らかにするために，2016年播種において，適期に収穫した場合と，遅れ穂が登熟するまで（成熟期20日後）収穫を遅らせた場合における，収量と子実の外観品質の比較を行った。その結果，遅れ穂が登熟するまで収穫を遅らせた場合，収量は同等となったが（表9），子実表面が茶褐色を帯びる‘ヤケ粒’が多くなる傾向が見られた（図14）。このことから，‘キラリモチ’で遅れ穂を抑え高品質多収を得るには，後期重点施肥法より基肥重点施肥法の方が適していると考えられる。また，遅れ穂が発生した場合の収穫は，‘ヤケ粒’の混入を防ぐため遅れ穂の登熟を待たずに実施した方が良いと考えられる。

表8 後期重点施肥法が‘キラリモチ’の生育、収量および品質に及ぼす影響

播種年度	施肥法	施肥窒素量			茎立期の生育				出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	穂数			千粒重 (g)	容積重 (g/L)	精麦白度
		基肥 (kg/10a)	4葉期	茎立期	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD)	生育量 (×1000)			全体 (本/m <sup>2</sup> )	遅れ穂 (本/m <sup>2</sup> )	収量 (kg/10a)			
2016	後期重点	0	10	2	18.0	877	48.4	764	4.12	5.24	903	57	531	38.0	839	38.4
	基肥重点	10	0	2	21.4	2737	49.4	2878	4.13	5.22	913	43	500	36.5	844	36.0
	分散分析				**	*	NS	**	-	-	NS	NS	NS	*	*	**
2017	後期重点	0	8	2	21.5	2567	49.8	2770	4.04	5.15	647	157	458	40.8	847	41.8
	基肥重点	8	0	2	26.7	2133	45.9	2657	4.04	5.15	783	0	428	38.6	829	40.5
	分散分析				**	NS	*	NS	-	-	NS	*	NS	*	NS	*

注1) 試験は農業研究所水田利用研究室(茨城県龍ケ崎市大徳町, 中粗粒灰色低地土)で実施。

注2) 播種期は2016年播種が11月14日, 2017年播種が11月7日。

注3) 各播種年の茎立期は, 2016年播種が2017年3月9日, 2017年播種が2018年3月14日。

注4) 生育量は草丈(cm)×茎数(本/m<sup>2</sup>)×葉色(SPAD)による。

注5) 分散分析は施肥法を要因としたときの一元配置分散分析を示し, \*は5%, \*\*は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。

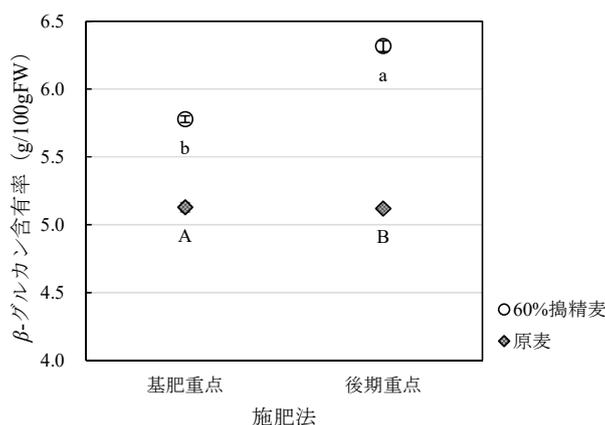


図13 施肥法別の‘キラリモチ’原麦および60%精麦のβ-グルカン含有率

注1) 2017年播種のみ実施(農研機構次世代作物開発研究センター調べ)。

注2) 図中のバーは標準偏差を示す。

注3) 異なるアルファベットはTukey-Kramer法の多重比較により5%水準で有意差があることを示す。

表9 後期重点施肥法における収穫時期の違いが‘キラリモチ’収量および品質に及ぼす影響

播種年度	施肥法	施肥窒素量			収穫期	収穫日 (月.日)	収量 (kg/10a)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)
		基肥 (kg/10a)	4葉期	茎立期					
2016	後期重点	0	10	2	成熟期	5.24	531	38.0	839
		0	10	2	成熟期 20日後	6.13	533	38.8	842
分散分析							NS	NS	NS

注1) 試験場所, 播種期は表8に準じる。

注2) 分散分析は, 収穫期を要因とした一元配置分散分析を示し, NSは有意でないことを示す。



図14 後期重点施肥法における収穫時期の違いが  
‘キラリモチ’の外観に及ぼす影響

注1) 2016年播種のみ実施。

注2) 図中の赤丸は‘ヤケ粒’を示す。どちらも検査等級は1等であった。

#### 4. 3. 5 土壌の違いがβ-グルカン含有率に及ぼす影響（試験5）

試験2～4で得られた龍ヶ崎市産（中粗粒灰色低地土）のβ-グルカン含有率は、原麦が4.5～5.6%（図15）、60%搗精麦が5.3～6.5%となり（図16）、栽培条件の違いにより、β-グルカン含有率がわずかに変動した。一方、水戸市産（表層腐植質黒ボク土）のβ-グルカン含有率は、原麦が6.3%（図15）、60%搗精麦が6.9～7.5%となり（図16）、龍ヶ崎市産よりも高い値となった。このことから、同じ種類の土壌において栽培条件を変動させることよりも、土壌の種類の違いの方がβ-グルカン含有率に及ぼす影響が大きいことが推察された。また、原麦β-グルカン含有率と近赤外線多成分分析装置で測定したタンパク質含有率の間には有意な正の相関関係が認められた（図17）。以上より、β-グルカン含有率は、腐植質黒ボク土のように土壌中の窒素が生育後半に多く無機化し供給されるほ場において、高くなると考えられる。また、近赤外線多成分分析装置で測定したタンパク質含有率の値から、β-グルカン含有率を予測できる可能性が示唆された。

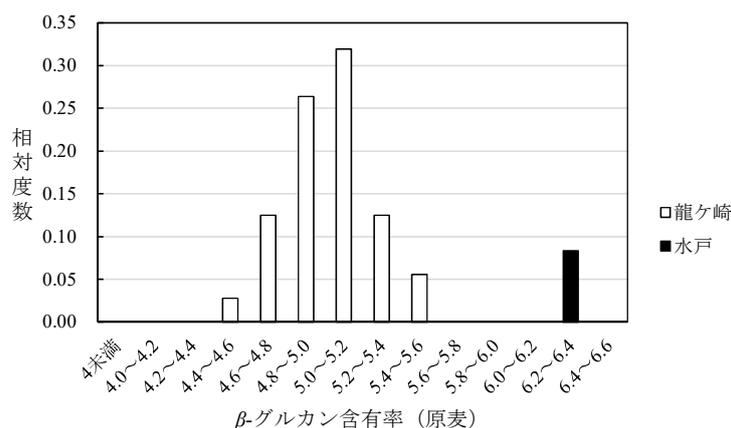


図15 栽培地別の‘キラリモチ’原麦のβ-グルカン含有率の分布

注1) 2017年播種のみ実施（農研機構次世代作物開発研究センター調べ）。

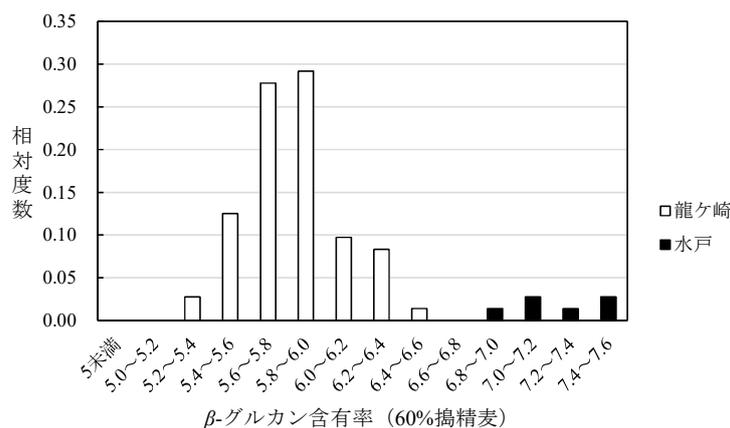


図16 栽培地別の‘キラリモチ’60%搗精麦のβ-グルカン含有率の分布  
注1) 2017年播種のみ実施（農研機構次世代作物開発研究センター調べ）。

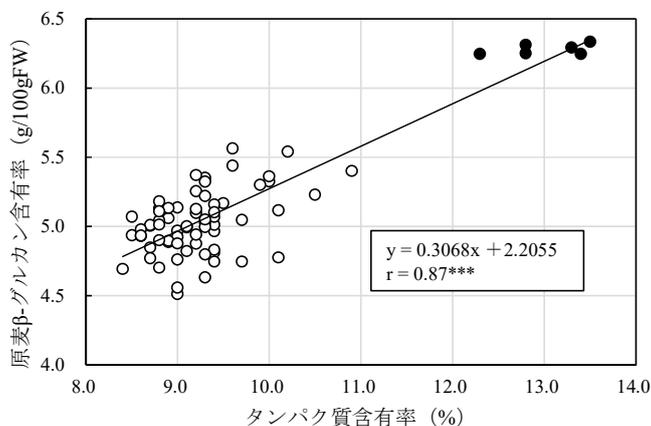


図17 栽培地別の‘キラリモチ’原麦β-グルカン含有率とタンパク質含有率の関係  
注1) 2017年播種のみ実施（農研機構次世代作物開発研究センター調べ）。  
注2) ○は龍ヶ崎市産（中粗粒灰色低地土），●は水戸市産（表層腐植質黒ボク土）を示す。  
注3) \*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

## 5 総合考察

本研究により、茨城県における二条ハダカムギ‘キラリモチ’の栽培特性を調査した結果、‘キラリモチ’は本県における栽培適性があり、実需者による精麦加工適性評価も良好な結果が得られた。これらの結果から、本県では、2017年に‘キラリモチ’を奨励品種（認定品種）に採用し、2020年産までに300haを目標に普及面積を拡大することとした。その後、筑西市および結城市現地において普及面積が拡大し、2020年産は256haとなる見込みである。目標面積である300haをわずかに下回ったが、順調に拡大している。

また、本研究により、栽培条件の違いが‘キラリモチ’の遅れ穂数、収量およびβ-グルカン含有率に及ぼす影響について明らかにし、高品質安定生産技術を開発した。結論として、‘キラリモチ’を高品質安定生産するには、(a) 11月中下旬に8～10kg/10a播種する、(b) 基肥窒素量は標準～標準+2kg/10a施用し、茎立期追肥窒素量は2kg/10aまでとする、(c) 収穫時期は遅らせずに適期に収穫する、という基本的な技術が重要であることを明らかにした。ここでは、‘キラリモチ’における今後の課題として、遅れ穂の発生要因と対策、β-グルカン含有率の変動要因について、本研究と既往の研究成果をもとにさらに考察する。

### 5. 1 遅れ穂の発生要因と対策

本研究において、遅れ穂は (a) 出穂期前後の低温による凍霜害、(b) 播種期の遅れ、(c) 少ない播

種量で多肥，(d) 後期重点施肥法，という条件で多発する傾向が認められた。松永ら(2017)は，ハダカムギ‘トヨノカゼ’における遅れ穂の発生は，出穂期付近の土壌の過湿等の環境変化によるストレスや，出穂期8日前の施肥が影響していると示唆している。また，遅れ穂の発生割合は，施肥時の茎数等の生育量の違いが影響していることも示唆している。本研究の成果と，松永らの報告を合わせて考察すると，ハダカムギにおける遅れ穂の発生は，(a) 出穂期付近の環境変化によるストレス(土壌の過湿または凍霜害)，(b) 生育が不足している状態での多肥条件，(c) 生育後半の施肥，によって助長され，遅れ穂の発生割合は施肥時の茎数等の生育量の違いが影響していると考えられた。

以上のような発生要因を考慮して，遅れ穂の発生を抑えるための対策を講じる必要がある。

まず，環境ストレスのうち凍霜害は，播種期によって発生程度が異なるため(高橋ら，2003)，凍霜害の回避に適した播種期を選定できる可能性がある。本研究において，標準より早い播種期も設置したが(データ略)，早播きから遅播きまで凍霜害の発生は軽微であり，凍霜害の回避に適した播種期を選定できなかった。しかし，出穂期11～12日前である2015年3月26日，3月27日の氷点下の低温により，軽微な不稔が発生した(図5)。高橋らは，群馬県東毛地域における1999年産の二条カワムギ‘きぬか二条’において，1999年4月9日の氷点下の低温による不稔が，播種期が遅くなるほど多く発生したことを報告している。その要因として低温に遭遇した生育ステージの差異が影響していることを示唆しており，出穂期12日前～15日前にあたる時期に低温に遭遇した区で不稔の発生が多かった。これらのことから，二条オオムギは，概ね出穂期約2週間前に氷点下の低温に遭遇すると不稔が発生しやすいことが考えられる。また，本研究の一環として，‘キラリモチ’の主稈幼穂長と積算温度との関係を解析し，主稈幼穂長から出穂期を予測する技術を開発した(茨城県農業総合センター農業研究所，Web閲覧)。この技術を応用すれば，播種期別の出穂期約2週間前となる日を予測することも可能となる。近年，3月下旬～4月上旬の気温の変動が激しく，‘キラリモチ’をはじめ，麦類の生育に及ぼす影響が懸念される。本研究の成果をもとに，さらなる研究開発を進める必要がある。

次に，施肥等の栽培条件によって遅れ穂を制御する方法である。本研究では，本県の既往の成果に準じ，追肥時期を茎立期に限定し，播種期，播種量および基肥窒素量を組み合わせて茎立期の生育量を変動させ，遅れ穂の発生を抑え収量を確保するのに適する栽培条件の解明に取り組んできた。その結果，適期播種と基肥重点型の施肥法により生育量を確保し，生育後半の追肥を控えることが重要であることを明らかにした。松永(2017)らは，ハダカムギ‘トヨノカゼ’において，施肥時期が遅れ穂の発生に及ぼす影響を調査し，出穂期32日前～出穂期19日前，または出穂期16日後～出穂期30日後の期間の施肥では遅れ穂の発生が少ないことを明らかにした。この結果からは，後者の施肥時期では穂数が確保できず，低収となることが予想されるため，前者の方が遅れ穂の発生を抑え収量を確保するのに適していると考えられる。また，本研究の追肥時期である茎立期から出穂期までの日数は，11月中旬播種が32日，11月下旬播種が25日，12月上旬播種が22日であり，松永らが報告した遅れ穂の発生が少ない時期に追肥していたと考えられた(表5)。一方で，本研究では，12月以降の播種期になると遅れ穂が発生し，茎立期の生育量の不足が影響したと推察された(表5)。今後は，基肥+追肥体系の栽培法において，茎立期の生育量と窒素追肥量の違いが‘キラリモチ’の遅れ穂の発生，収量および品質に及ぼす影響を調査する必要がある。

## 5. 2 $\beta$ -グルカン含有率の変動要因

本研究において， $\beta$ -グルカン含有率は，(a) 後期重点施肥法，(b) 地力の高いほ場で高くなることを明らかにした。また，地力の低いほ場で栽培条件を変動させるよりも，地力の高いほ場で作付ける方が $\beta$ -グルカン含有率が高くなる傾向が認められた。塔野岡ら(2010)は，灰色低地土水田と黒ボク土畑における稈性オオムギの精麦品質の差異について調査し，黒ボク土畑の方が $\beta$ -グルカン含有率が有意に増加したことを報告している。本研究においても，表層腐植質黒ボク土で栽培された‘キラリモチ’の $\beta$ -グルカン含有率の方が，中粗粒灰色低地土で栽培されたものよりも高くなり，塔野岡らの報告と同様の結果となった。

また，オオムギの $\beta$ -グルカン含有率を高める栽培法についても検討されており，特に，開花期の窒素追肥の施用が試みられている(稲葉ら，2017；島崎ら，2019；内田ら，2019)。島崎らは，六条カワムギ‘はねうまもち’を供試し，開花期の窒素施用量が多いほど $\beta$ -グルカン含有率は高くなり，開花後14日～28

日にかけて急速に蓄積することを報告している。

これらのことから、 $\beta$ -グルカン含有率を高めるには腐植質黒ボク土のように生育後半に土壤中の窒素が多く無機化し供給されるほ場、あるいは、生育後半の窒素施用が有効と考えられた。

一方で、 $\beta$ -グルカン含有率を高める栽培条件は、硝子率も高めることが報告されており（塔野岡ら，2010），それによる精麦白度の低下が懸念される。経営所得安定対策の主食用大麦の品質ランク区分において、精麦白度と硝子率は許容値と基準値が設定されており（表2），生産者の所得向上のためには、これらの達成が重要である。糯性大麦は稈性大麦よりも硝子率が高くなりにくいいため、硝子率と精麦白度ともに品質ランク区分の許容値および基準値を達成しやすいことが考えられる。したがって、糯性の二条ハダカムギ‘キラリモチ’は $\beta$ -グルカン含有率を高める栽培条件においても、硝子率の増加や精麦白度の低下による品質の低下が発生しにくく、実需者ニーズに応えた高品質安定生産が可能となると考えられた。

本研究においては、生育後半の窒素施用により遅れ穂が多発することが懸念されたため、窒素追肥量の変動試験は行わず、播種期、播種量、基肥窒素量が $\beta$ -グルカン含有率に及ぼす影響に注目した。その結果、播種期、播種量の影響はほとんど認められず（図8），基肥窒素量を多くするとわずかに高まる傾向が認められたが、顕著に高まらなかった（図12）。なお、本研究における $\beta$ -グルカン含有率の調査結果は、2017年播種のみであり、気象、生育および栽培条件が及ぼす影響について考察するには、継続して研究を行う必要がある。

## 謝辞

‘キラリモチ’の選定にあたり、現地試験にご協力いただいた堀江正一氏、検査等級の判定にご協力いただいた全農茨城県本部米穀総合課の農産物検査員各位、並びに精麦加工適性評価試験にご協力いただいた農研機構次世代作物開発研究センター大麦育種ユニット及び実需者各位に深甚な感謝の意を表す。また、本品種の普及拡大に向け、現地指導にご尽力いただいている県西農林事務所経営・普及部門の方々に深甚な感謝の意を表す。さらに、本報の一部は、農研機構と茨城県の包括的研究連携協定に基づき、農研機構次世代作物開発研究センターとの共同研究で得られた成果である。終わりに、日頃の研究活動から本報の取りまとめに際し、多大なるご指導を賜った農業研究所の方々に、深甚な感謝の意を表す。

## 摘要

茨城県において、オオムギ縞萎縮病I, II, IIIおよびV型に抵抗性を有する二条ハダカムギ‘キラリモチ’の特性を明らかにした。また、栽培条件の違いが‘キラリモチ’の遅れ穂数、収量及び $\beta$ -グルカン含有率に及ぼす影響について調査し、遅れ穂の発生を抑え高品質多収を得るのに適する栽培法を明らかにした。

- (a) ‘ミカモゴールドン’と比較して、出穂期は1日早い～1日遅く、成熟期は2日～3日遅かった。
- (b) 稈長は10～19cm短く、穂数は現地ではやや少なかったが、所内ではやや多い～多かった。
- (c) 収量は現地ではやや少なかったが、所内では同等～多かった。
- (d) ‘シルキースノウ’と比較して、実需者による精麦加工適性の評価は、黄色味はやや強いが、黒条線は薄く、品質は良好と評価された。
- (e) ‘キラリモチ’を高品質安定生産するには、11月中下旬に8～10kg/10a播種、基肥窒素量は標準～標準+2kg/10a施用、茎立期追肥窒素量は2kg/10aまでが適している。
- (f) 遅れ穂は、出穂期付近の低温による凍霜害、播種期が遅い、少ない播種量で多肥、後期重点施肥法の条件で多発する傾向がある。
- (g)  $\beta$ -グルカン含有率は、後期重点施肥法や地力の高いほ場で作付けすると高くなる。また、地力の低いほ場で栽培条件を変動させるよりも、地力の高いほ場で作付けした方が $\beta$ -グルカン含有率が高くなる傾向がある。

## 引用文献

青江誠一郎（2015）大麦 $\beta$ -グルカンの機能性について.日本食生活学会誌26(1):3-6

青江誠一郎・小前幸三・井上 裕・村田 勇・峰岸悠生・金本郁男・神山紀子・一ノ瀬靖則・吉岡藤治・

- 柳澤貴司 (2018) 配合比率の異なるモチ性大麦混合米飯の摂取が食後血糖値に及ぼす影響. 日本栄養・食糧学会誌71(6):283-288
- 茨城県農業総合センター農業研究所 H30主要成果 二条裸麦「キラリモチ」の茎立期・出穂期予測法<<http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h30pdf/documents/30-03.pdf>> (2019年8月27日閲覧)
- 稲葉俊二・高橋 肇・荒木英樹・水田圭祐・高橋飛鳥・吉岡藤治 (2017) 窒素の穂肥・開花期追肥によるモチ性大麦の高 $\beta$ -グルカン含量化. 第244回日本作物学会講演会要旨集
- Kashiwazaki S, Ogawa K, Usugi T, Omura T and Tsuchizaki T (1989) Characterization of Several Strains of Barley Yellow Mosaic Virus. *Annals of the phytopathological society of Japan* 55:16-25
- 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター2009年の成果情報 炊飯後に褐変しにくく、食味に優れる二条裸麦新品種「キラリモチ」<<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2009/wenarc09-08.html>> (2019年8月27日閲覧)
- 松永雅志・原田夏子 (2017) はだか麦「トヨノカゼ」の遅れ穂発生要因の解明. 日本作物学会中国史部研究集録57:22-23
- 農林水産省 (2006) 平成18年8月7日農林水産省告示第1010号 (農業の担い手に対する経営安定のための交付金の交付に関する法律施行規則第七条の農林水産大臣が定める規格及び第九条第一項第一号の農林水産大臣が定める規格を定める件) <[http://www.maff.go.jp/j/kokuji\\_tuti/kokuji/pdf/k0001494.pdf](http://www.maff.go.jp/j/kokuji_tuti/kokuji/pdf/k0001494.pdf)> (2019年8月27日閲覧)
- 島崎由美・関 昌子 (2019) 開花期窒素追肥がモチ性およびうるち性オオムギの $\beta$ -グルカン蓄積に及ぼす影響. 第247回日本作物学会講演会要旨集
- 関 昌子・長嶺 敬・青木秀之・山口 修・伊藤誠治・中田 克 (2018) 新たなモチ性遺伝子をもつ寒冷地向け六条皮麦新品種「はねうまもち」の育成. 育種学研究20:133-137.
- 高橋行継・佐藤泰史・前原 宏・石関敏宏 (2003) 群馬県東毛地域における1998年および、1999年産の麦類の不稔発生状況. 日本作物学会紀事72(2):219-226
- 塔野岡卓司・河田尚之・吉岡藤治・乙部千雅子 (2010) 黒ボク土がオオムギの精麦品質に及ぼす影響-灰色低地土水田と黒ボク土畑におけるオオムギ精麦品質の差異-. 日本作物学会紀事79(3):296-307
- 内田多江子・高橋 肇・荒木英樹・水田圭祐・高橋飛鳥・吉岡藤治 (2018) 遅れ穂の発生したオオムギ・モチ性はだか麦品種「キラリモチ」の収穫期前の穂重・粒重の分布. 日本作物学会中国支部研究集録58:44-45
- 内田多江子・高橋 肇・荒木英樹・水田圭祐・高橋飛鳥・吉岡藤治・杉田智彦 (2019) もち性オオムギ品種「キラリモチ」の後期重点型施肥体系における穂肥の早期施用が収量ならびに子実の $\beta$ -グルカン含有率に及ぼす影響. 第247回日本作物学会講演会要旨集
- 上原 泰・前島秀和・吉田清志・矢ヶ崎和弘・牛山智彦・細野 哲・久保田基成・酒井長雄・田淵秀樹・後藤和美・中澤伸夫・谷口岳志・新井利直・高橋伸夫・中村和弘 (2016) 糯性で $\beta$ -グルカン含量が高い六条大麦新品種「ホワイトファイバー」の育成. 育種学研究18(別2):79.
- Ullrich SE, Clancy JA, Eslick RF and Lance RCM (1986)  $\beta$ -glucan content and viscosity of extracts from waxy barley. *Journal of Cereal Science*4: 279-295
- 渡辺 健・小川 奎・飯田幸彦・千葉恒夫・山崎郁子・上田康郎 (1995) 茨城県におけるムギ類土壌伝染性ウイルス病の発生生態と防除に関する研究 第2報 被害と防除法. 茨城県農業総合センター農業研究所研究報告第2号
- 山口昌宏・大関美香・五月女敏範・大山 亮・加藤常夫・関和孝博・望月哲也・沖山 毅・春山直人・高山敏之・新井友輔・渡邊浩久・新井 申・豊島貴子・鈴木康夫・斉藤哲哉・薄井雅夫・塚原俊明・吉成悠佑・白間香里・長嶺 敬 (2019) もち性で良食味の温暖地向け二条大麦新品種「もち絹香」. 栃木県農業試験場研究報告79:1~22.
- Yanagisawa T, Nagamine T, Takahashi A, Takayama T, Doi Y, Matsunaka H and Fujita M(2011) Breeding of Kirari-mochi: A new two-rowed waxy hull-less barley cultivar with superior quality characteristics. *Breeding Science* 61:307-310

### Summary

We investigated the characterization of two-rowed naked barley 'Kirari-mochi' and compared with that of two-rowed hull barley 'Mikamo Golden' which is a standard cultivar of two-rowed hull barley in Ibaraki prefecture. The heading date is one day earlier or one day later than that of 'Mikamo Golden'. The maturity date is 2 or 3 days later than that of 'Mikamo Golden'. The grain yield of 'Kirari-mochi' is equal or slightly more than that of 'Mikamo Golden' in the laboratory fields. Furthermore, the grain yield of 'Kirari-mochi' is more than 360 kg/10a in the farmer's field. The pearling quality is more superior than that of 'Silkysnow' which had been recommended cultivar for pearled barley in Ibaraki prefecture. 'Kirari-mochi' exhibited resistance to barley yellow mosaic virus strain types I, II, III and V. As a result, we adopted 'Kirari-mochi' as a recommended cultivar in 2017. And the crop acreage of 'Kirari-mochi' will expand to 300ha in 2020. Furthermore, we investigated the effects of cultivation condition to late emerging head, yield, and  $\beta$ -glucan content of 'Kirari-mochi' and considered about optimum cultivar method.

**Keywords:** two-rowed naked barley 'Kirari-mochi', recommended cultivar, late emerging head, yield,  $\beta$ -glucan content