

BULLETIN
OF THE
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER
No.3
March 2021

茨城県農業総合センター研究報告

第3号

2021年3月

目 次

イネ縞葉枯病抵抗性を付与した‘ふくまる’の同質遺伝子系統‘ふくまるSL’の育成と
奨励品種採用

岡本和之, 深沢芳隆, 川又 快, 秋田和則, 古山憲秀, 早坂賢将, 関根さゆ里, 岡野克紀,
山内歌子, 安藤 露, 水林達実, 米丸淳一, 田中淳一 1

ニホンナシ‘恵水’における側枝枝齡および側枝密度が収量・果実品質に及ぼす影響

加川敬祐, 市毛秀則, 寺門 巖, 清水 明 15

ニホンナシ‘恵水’果実の収穫後生理特性および1-MCP処理による品質保持効果

坂本宏平, 加川敬祐, 中村宣貴, 梶山康平, 石井 貴 22

茨城県におけるダイズ‘里のほほえみ’の特性および安定生産技術

四宮一隆, 生井幸子, 寺門ゆかり, 豊田蓉子, 青木隆治, 宮本 勝 32

茨城県農業総合センター

茨城県笠間市安居3165-1

イネ縞葉枯病抵抗性を付与した‘ふくまる’の同質遺伝子系統

‘ふくまる SL’の育成と奨励品種採用

岡本和之^{1,3)}・深沢芳隆^{1,4)}・川又 快^{1,5)}・秋田和則¹⁾・

古山憲秀²⁾・早坂賢将^{2,6)}・関根さゆ里^{2,7)}・岡野克紀^{2,8)}・

山内歌子⁹⁾・安藤 露⁹⁾・水林達実⁹⁾・米丸淳一⁹⁾・田中淳一⁹⁾

(茨城県農業総合センター生物工学研究所¹⁾, 茨城県農業総合センター農業研究所²⁾)

要約

‘ふくまる SL’は、大粒で玄米品質に優れ、良食味の早生品種‘ふくまる’にイネ縞葉枯病抵抗性を付与することを目的として育成された品種である。2013年に‘ふくまる’を母、イネ縞葉枯病抵抗性を持つ極早生品種‘一番星’を父とした交雑から得られたF₁後代に、‘ふくまる’を2回戻し交雑した後、選抜と固定を進め2019年に育成された。

‘ふくまる SL’は、イネ縞葉枯病抵抗性を有するが、その他の特性は‘ふくまる’とほぼ同じであり、奨励品種決定調査においても、上記特性が認められたことから、2020年に茨城県の奨励品種に採用された。

キーワード：イネ、同質遺伝子系統、イネ縞葉枯病抵抗性、DNA マーカー選抜、奨励品種

1 はじめに

茨城県の2018年の主食用米の作付面積は66,800haであり、その農業算出額は868億円で本県産出額の19.3%を占める(農林水産省, 2020)、重要な品目である。本県における水稻品種の作付構成は、中生熟期の‘コシヒカリ’が約80%を占めており、作業が集中することで、移植や収穫遅れによる収量や品質の低下が問題となっている。本県では早生及び晩生品種導入による作期分散を図るため、2012年に早生品種‘ふくまる’を育成した(岡本ら, 2015)。「ふくまる」は、「コシヒカリ」より成熟が7~10日早く、収穫等の作業分散が図れるとともに、大粒で多収かつ良食味であることから、中食・外食用として実需者から高い評価を得ており、増産が要望されている。

一方、2008年頃から関東地方においてイネ縞葉枯病の発生が増加傾向である。本県においても2008年に本田で発病株が確認され、2015年にはその発生面積は水稻作付面積の約4割の30,000haに増加している(岡部・杉山, 2016)。イネ縞葉枯病はイネ縞葉枯病ウイルスにより感染する病害であり、イネの吸汁性害虫のヒメトビウンカによって媒介され、防除には抵抗性品種の導入が有効であり、本県でも1970年代から1980年代に被害が拡大した際には抵抗性品種の‘青い空’や‘月の光’が導入された。抵抗性品種を育成するにあたっては、従来よりパキスタン原産のインド型品種‘Modan’に由来するイネ縞葉枯病抵抗性遺伝子*Svb-i*が利用され、現在ではDNAマーカーの開発により、連続戻し交雑育種におけるDNAマーカー選抜の有効性が実証されている(杉浦ら, 2004)。

連続戻し交雑による既存品種への病害抵抗性遺伝子の導入による新品種育成はこれまでも他県において行われており、いもち病真性抵抗性を導入したマルチラインの‘コシヒカリ新潟BL’(Ishizaki et al., 2005)(新潟県)及び‘コシヒカリ富山BL’(Kojima et al., 2004)(富山県)、穂いもち場抵抗性とイネ縞葉枯病抵抗性を導入し

-
- 3) 現 茨城県農業総合センター農業大学校 4) 現 茨城県県央農林事務所笠間地域農業改良普及センター
5) 現 茨城県農業総合センター農業研究所 6) 現 茨城県県西農林事務所結城地域農業改良普及センター
7) 現 茨城県会計事務局会計管理課 8) 現 茨城県農業総合センター生物工学研究所
9) 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

た‘コシヒカリ愛知 SBL’（杉浦ら，2004），‘中部 138 号’（鈴木ら，2017）（以上，愛知県）やイネ縞葉枯病抵抗性を導入した‘ハツシモ岐阜 SL’（荒井ら，2011）（岐阜県）等が育成されている。本県でも‘コシヒカリ’にいちもち病ほ場抵抗性とイネ縞葉枯病抵抗性を導入した‘いばらき IL2 号’を育成している。

そこで，今後も需要が見込まれる‘ふくまる’に，DNA マーカーを利用した連続戻し交雑によるイネ縞葉枯病抵抗性遺伝子の導入を行い，同病の被害発生地域における作付拡大を図るため，同質遺伝子系統‘ふくまる SL’を育成した。

2 育種目標および育成経過

2. 1 育種目標及び育成経過

‘ふくまる SL’は，‘ふくまる’にイネ縞葉枯病抵抗性を付与することを目的として育成した（図 1，表 1，図 2）。2013 年夏に‘ふくまる’を母，イネ縞葉枯病抵抗性を有し，極早生の‘一番星’を父とする交雑を実施し，約 200 粒の F₁ 種子を得た。同年冬に F₁ 世代 179 個体の養成を行い，DNA マーカーを用い，*Stvb-i* 遺伝子の有無により 175 個体が F₁ 個体であることを確認し，選抜した。翌 2014 年春にかけて，‘ふくまる’を母，上記 F₁ を父とする戻し交雑を行い，約 200 粒の BC₁F₁ 種子を得た。BC₁F₁ 世代の 200 個体について F₁ 世代と同様に DNA マーカーにより，*Stvb-i* 遺伝子をヘテロで持つ個体 93 個体を選抜した。この 93 個体から，‘一番星’型の染色体領域の残存が少ない個体を選抜するため，SNP アレイを用いて全染色体領域のスクリーニングを行った。このうち，残存率が 27.9~36.9%の BC₁F₁ 世代 5 個体を選抜し，次の戻し交雑に用いることとした。

2014 年夏に‘ふくまる’を種子親，BC₁F₁ 個体を花粉親とした戻し交雑を行い，5 個体中 4 個体から約 200 粒の BC₂F₁ 種子を得た。これらの BC₂F₁ 世代を前世代と同様に DNA マーカーを用いて *Stvb-i* 遺伝子をヘテロで持つ 99 個体を選抜した。さらに SNP アレイにより‘一番星’型領域の残存率が低く，残存断片数の少ない 3 個体を選抜した。同年冬から翌年春にかけて世代促進を行い，得られた BC₂F₂ 世代 184 個体のうち，*Stvb-i* 遺伝子をホモで有し，この遺伝子が座する第 11 番染色体以外の染色体領域が‘ふくまる’型になっており，かつ *Stvb-i* 遺伝子近傍の SNP 座がホモとなっている 3 個体を選抜した。これらの 3 個体は自殖により，2015 年 5 月までに BC₂F₃ 種子を得た。BC₂F₃ 世代は同年 6 月 29 日には場に移植し，個体毎に生育特性として出穂期，稈長，穂長及び穂数，収量性として精籾重及び籾千粒重を測定した。その結果，最も‘ふくまる’に近い特性を示した「B202-154」を選抜し，育成地番号‘生研 142 号’を付与した。‘生研 142 号’は，2016 年に生物工学研究所で生産力検定試験に供試するとともに，県農業研究所での水稻系統適応性検定試験に供試し，生育特性や収量性について評価を行った。2017 年に地方番号‘ひたち IL3 号’を付して農業研究所に配付し，以後 2019 年まで奨励品種決定調査に供試した。2019 年の特性確認を以て育成を完了し，2020 年 5 月 29 日に種苗法に基づく品種登録出願を行い，同年 8 月 3 日に出願公表された（出願番号 34724 号）。また，同年に茨城県の水稲奨励品種に採用された。

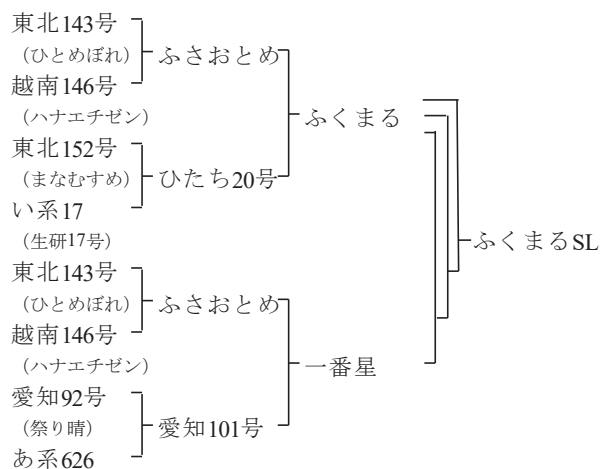


図 1 ‘ふくまる SL’ の系譜

表1 ‘ふくまる SL’ の育成経過

項目	年次 世代	2013		2014		2015		2016	2017	2018	2019	2020
		—	F1	BC ₁ F ₁	BC ₂ F ₁	BC ₂ F ₂	BC ₂ F ₃	BC ₂ F ₄	BC ₂ F ₅	BC ₂ F ₆		
主な育成業務		交配	MAS	MAS	MAS	系統	→	→	→	育成	登録	
			戻し交雑戻し交雑個体選抜				系統				完了	申請
							生産力検	→	→	→		
							・特性検定					
付与した番号・名称等		水交2013-1453				生研142号 ひたちIL3号				ふくまるSL		
栽植系統群数							1	2	1			
栽植系統数 (個体数)		179	200	200	184		3	5	10	10		
系統内個体数						14-84	30	120	60			
選抜系統数		175	5	3	3	1	2	1	1			
奨励品種決定調査等の実施状況 (調査個所数)												
系統適応性検定試験 (水戸, 龍ヶ崎)								2				
奨励品種決定調査 (水戸, 龍ヶ崎)									2	2	2	
奨励品種決定調査現地調査									2	3	3	

注)MAS : DNAマーカー選抜

年次 世代	2014		2015		2016	2017	2018
	BC ₁ F ₁	BC ₂ F ₁	BC ₂ F ₂	BC ₂ F ₃	BC ₂ F ₄	BC ₂ F ₅	BC ₂ F ₆
	B121-082 (34.2)						
	B121-132 (33.3)						
	B121-170 (36.9)	B134-128 (13.0)	B202-068	B202-068	2671 ~ 2675		
		B134-134 (8.3)	B202-137	B202-137		2676 ~ 2680	
			B202-154	B202-154	2681 <u>2682</u> ・ ・ ・ ・ ・ ・ 2683 <u>2684</u> ・ ・ ・ ・ 2685	2601 ・ <u>2603</u> ・ ・ ・ ・ ・ 2605	2541 ・ <u>2543</u> ・ 2550
	B121-220 (34.2)	B134-089 (13.0)				2606 <u>2607</u> ・ ・ 2610	2551 ・ 2560
	B121-222 (27.9)						

図2 ‘ふくまる SL’ の育成系統図

注1)系統番号の下の () 内は ‘ふくまる’ と ‘一番星’ の多型領域のうち

‘一番星’ に由来する領域の残存割合

注2)選抜した系統に下線を付した

2. 2 ゲノム解析

交雑後代の染色体領域の確認及び DNA マーカーを用いた選抜は次のとおり実施した。染色体領域の確認にあたり、国立研究開発法人農業・食品産業総合研究機構が開発した SNP アレイを用いて、まず、反復親の‘ふくまる’と一回親の‘一番星’の全ゲノム領域の比較を行った。SNP アレイの 768 か所のうち、両品種間での多型は 19.4%と少ないことが示された (図 3)。「ふくまる」、‘一番星’とも片親は‘ふさおとめ’であることから、両親間で共通となる‘ふさおとめ’由来の染色体領域が多く保存されていることが示唆され、これにより、僅かな回数の戻し交雑により遺伝子背景を‘ふくまる’に近づけることができると考えられた。BC₁F₁ 世代で *Stvb-i* 遺伝子を持つ 93 個体について SNP アレイを用いて確認したところ、ヘテロ領域の‘一番星’由来領域の残存率は 27.9~82.0%であり、その平均は 56.0%であった。この 93 個体の中から‘一番星’由来領域の残存率が低い 5 個体を選抜した (図 2)。これら 5 個体に戻し交雑を行い、種子が得られた 4 個体に由来し、*Stvb-i* 遺伝子を有する BC₂F₁ 世代 99 個体についても同様に SNP アレイを用いて多型領域中の‘一番星’由来領域の残存率を確認したところ、その平均は 19.2%と BC₁F₁ 世代に比べて約 60%まで減少していた。このうち、*Stvb-i* 遺伝子を含む領域を除く‘一番星’由来断片が 1 か所残存する 2 個体と、2 か所残存する 1 個体を選抜し、自殖を行い、BC₂F₂ 世代 184 個体を得た。このうち、*Stvb-i* 遺伝子をホモで有し、同座が座上する領域以外の‘一番星’由来断片を持たない個体が 3 個体得られ、‘ふくまる SL’候補として選抜した (図 4)。

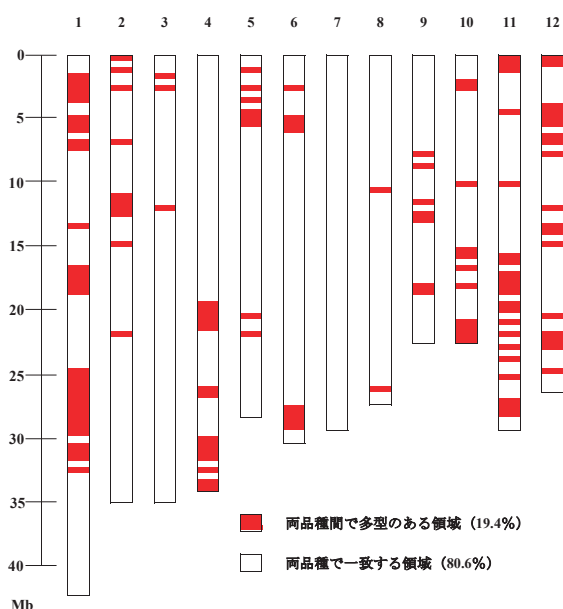


図 3 ‘ふくまる’と‘一番星’で多型を示す SNP マーカーの染色体上での分布

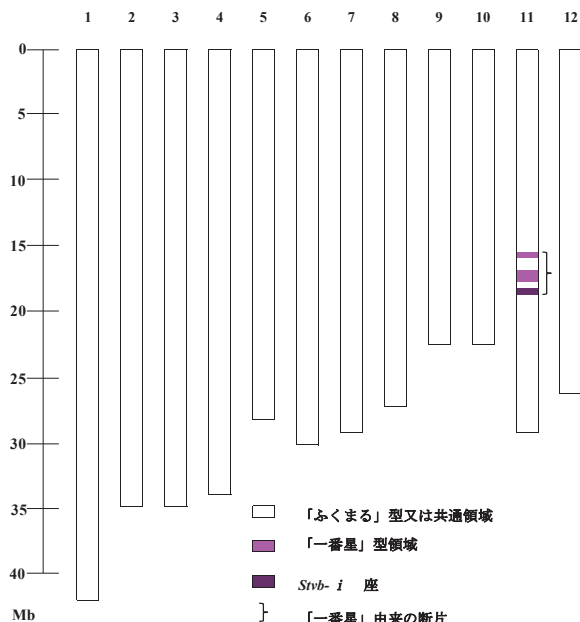


図 4 ‘ふくまる SL’の‘一番星’由来 SNP マーカーの染色体上での分布

3 品種特性

育成地において生産力検定を 3 区制で実施し、形態的特性、収量性、玄米特性及び食味特性等を評価した。

3. 1 形態的特性

稲種の登録出願品種審査要領 (農林水産省) に基づき、ほ場での調査により分類した。‘ふくまる SL’の草型は元品種の‘ふくまる’と同じ「中間型」であり、稈長は同じである。稈の細太は「やや細」で倒伏に強い。穂長、穂数も同程度である。‘ふくまる’同様に止め葉はよく立ち、葉色は「中」、直立性は「半立」、成熟期の草姿は優れる。穂軸は良く抽出し、穂型は「紡錘型」である。「稀」に「極短」の芒を有し、ふ先色およびふ色は「黄白」である。葉色の程度は「中～濃緑」である (表 2, 図 5)。

表2 ‘ふくまる SL’ の形態的特性

品種	止葉		稈の細太	穂の抽出	穂型	芒		ふ先色	穎の色
	葉色	直立性				有無	長短		
ふくまるSL	中	半立	やや細	穂軸もよく抽出	紡錘型	有	極短	黄白	黄白
ふくまる	中	半立	やや細	穂軸もよく抽出	紡錘型	有	極短	黄白	黄白

注) 農林水産省の稲種登録願品種審査要領に基づき、圃場で調査により分類

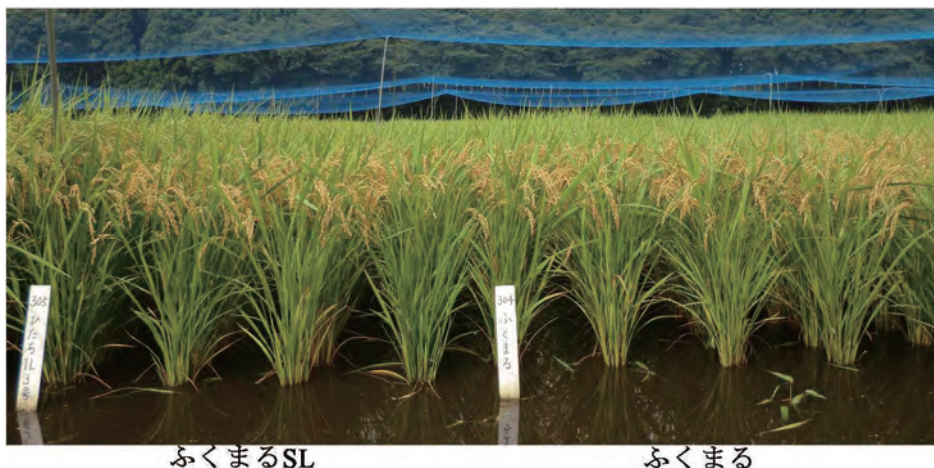


図5 ほ場における‘ふくまる SL’の草姿

3. 2 生態的特性

‘ふくまる SL’は元品種の‘ふくまる’と比較し、出穂期は同等であり、成熟期は同等から1日遅い。収量は同等からやや多く、玄米千粒重は0.3~0.6g重い。玄米品質は同程度である(表3, 図6)。

表3 育成地(水戸市)における‘ふくまる SL’の生育特性、収量性及び玄米品質(2016~2019年)

品種	試験年次	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	被害の多少				籾重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左標準比 (%)	玄米品質	玄米千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	玄米タンパク質 含量(%)
							倒伏 程度	葉い もち	穂い もち	紋枯病							
ふくまるSL	2016	7.18	8.24	82	18.3	399	1.1	0.3	0.2	0.9	83.8	67.9	111	4.2	25.0	86.9	6.4
	2017	7.19	9.1	83	19.0	390	0.5	0.3	0.0	1.6	76.6	61.5	100	4.8	23.9	82.6	6.3
	2018	7.17	8.23	66	19.2	260	0.0	0	0.2	0.7	48.6	38.0	103	4.7	24.9	68.9	6.7
	2019	7.23	8.23	68	20.1	260	0.0	0	0	0	53.9	42.1	99	4.9	25.3	65.9	6.8
	平均	7.19	8.25	75	19.2	327	0.4	0.2	0.1	0.8	65.7	52.4	103	4.7	24.8	76.1	6.6
ふくまる	2016	7.18	8.24	83	18.6	388	1.0	0.3	0.0	0.6	76.2	61.1	100	4.2	24.4	87.2	6.5
	2017	7.19	8.31	83	18.5	425	0.3	0.4	0.1	0.9	76.7	61.7	100	4.7	23.6	87.0	6.2
	2018	7.17	8.23	66	19.0	285	0.0	0.1	0.3	0.9	47.9	37.0	100	4.8	24.4	71.6	6.8
	2019	7.23	8.22	69	19.9	260	0.0	0.0	0.0	0.0	54.7	42.7	100	4.8	24.8	76.2	6.8
	平均	7.19	8.25	75	19.0	340	0.3	0.2	0.1	0.6	63.9	50.6	100	4.6	24.3	80.5	6.6

注1) 苗質は稚苗, 栽植密度は16.8株(33×18cm)/m², 植え付け本数5本

注2) 耕種概要: 移植日は2018年から順に5月12日, 5月11日, 5月10日, 5月9日

注3) 施肥量 N: 0.7+0.2, P₂O₅: 0.7, K₂O: 0.7(kg/a)

注4) 被害の多少は達観により0(無)~5(甚)で判定した

注5) 玄米品質は1(上上)~9(下下)まで観察により調査

注6) 整粒歩合は穀粒判別器(サタケRGQ110A)により測定

注7) 玄米タンパク質含量は米粒食味計(サタケRCTA11A)により測定

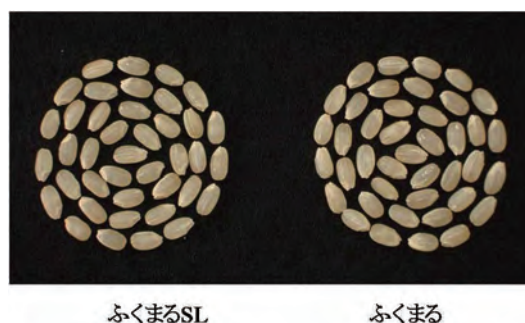


図6 玄米の外観

3. 3 病害抵抗性

イネ縞葉枯病検定は、根本(1996)の方法に従い、保毒虫接種による幼苗検定により評価した。‘ふくまる SL’の発病指数は「0」であり、抵抗性の比較品種である杜稻の発病指数比が「100」であることから抵抗性と判定された(表4)。「ふくまる SL」はイネ縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb-i* を持つ‘一番星’を一回親とした戻し交雑から育成されており、DNA マーカーによる検定結果からも同遺伝子を持つと推定された。

2016年及び2017年に、イネ縞葉枯病が多発している現地ほ場(筑西市)において、‘ふくまる SL’の発病株率、発病茎率及び生育等を調査した(表5、図7)。2か年間の平均では、‘ふくまる SL’の発病株率は2.9%、発病茎率は0.1%と、それぞれ‘ふくまる’の73.5%、25.5%を大きく下回った。また生育は、罹病により穂数が減少したと推察される‘ふくまる’より穂数が多く、精玄米重が重くなった。‘ふくまる’の発病株率及び発病茎率が高いほど、精玄米重の差は大きくなり、‘ふくまる SL’はイネ縞葉枯病に抵抗性であり、イネ縞葉枯病多発ほ場における減収が少ないことが確認できた。

表4 ‘ふくまる SL’のイネ縞葉枯病抵抗性検定の結果

品種	調査株数	発病指数	発病指数比	判定	備考
ふくまるSL	30	0	0	抵抗性	
陸稲農林11号	13	0	0	抵抗性	基準品種
農林8号	23	47.0	75.4	罹病性	〃
St.No1	28	0	0	抵抗性	〃
杜稻	35	62.3	100	罹病性	〃
日本晴	34	59.4	95.4	罹病性	〃

注1)保毒虫接種による幼苗検定により、発病程度をA,B,Bt,Cr,C,Dの6段階に評価

注2)発病指数は次式により算出し、‘杜稻’に対する発病指数比により抵抗性を判定

発病指数=(100A+80B+60Bt+40Cr+20C+5D)/調査株数

注3)2019年に西日本農業研究センターにおいて実施

表5 イネ縞葉枯病多発ほ場における‘ふくまる SL’の発病程度及び収量

試験年次	品種	発病程度		精玄米重(kg/a)	同左標準比率(%)
		発病株率(%)	発病茎率(%)		
2016	ふくまるSL	1.7	0.1	46.8	116
	ふくまる	49.4	8.0	40.3	100
2017	ふくまるSL	4.2	0.1	58.1	285
	ふくまる	97.5	43.0	20.4	100
平均	ふくまるSL	2.9	0.1	52.5	173
	ふくまる	73.5	25.5	30.3	100

注1)筑西市二木成の多発圃場(薬剤防除未実施)における調査

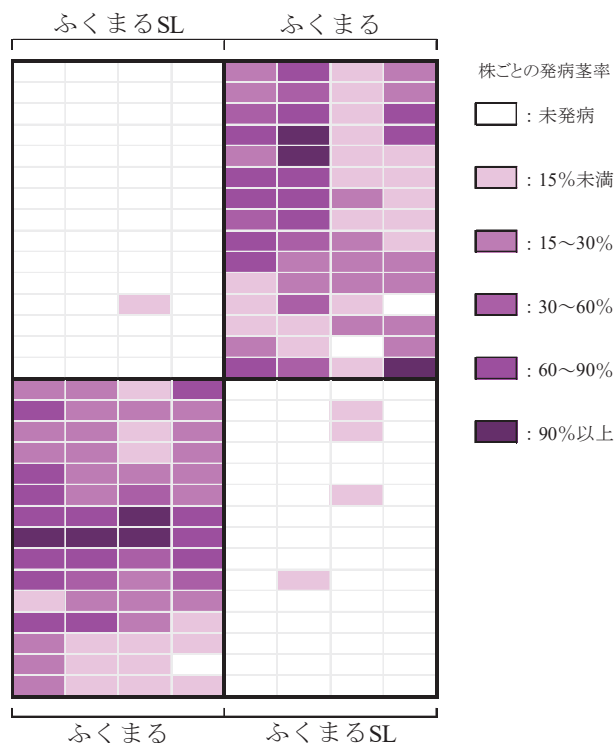


図7 ‘ふくまる SL’ のイネ縞葉枯病の発生程度

注1) 筑西市二木成の多発ほ場(薬剤防除未実施)における調査(2017年)
 注2) 両品種を1区60株(2区制)移植し、出穂期に全株の発病茎率を調査した。

イネいもち病検定試験は、東と小綿(1996)及び東(1996)の方法に従い、葉いもち検定及び穂いもち検定を畑ほ場で実施した。基準品種との比較から、‘ふくまる SL’の葉いもち圃場抵抗性は‘ふくまる’と同じ「弱」、穂いもち圃場抵抗性は‘ふくまる’の「中」に対し、「強」であり、穂いもちの発生はやや少なかった(表6)。いもち病真性抵抗性遺伝子の推定型は、田村ら(1996)の手法による接種試験の結果から‘ふくまる’と同じ「Pii」と推定された(表7)。

表6 ‘ふくまる SL’の葉いもち及び穂いもち特性検定の結果

品種	推定 遺伝子型	葉いもち		穂いもち		備考
		発病程度 2016~2019年	評価	発病程度 2019年	評価	
ふくまる SL	Pii	6.1	弱	2.3	強	
ふくまる	Pii	6.2	弱	4.7	中	
黄金錦	+	5.3	やや強	3.7	やや強	基準品種
日本晴	+	5.3	やや強			〃
トドロキワセ	Pii	5.7	中	4.7	中	〃
藤坂5号	Pii	5.8	中			〃
イナバワセ	Pii	5.9	やや弱	8.7	弱	〃
マンゲツモチ	Pik	6.2	弱			〃
ヤシロモチ	Pita	3.0	極強			〃

注1) 発病程度: 0(無)~10(甚)の11段階評価

注2) +, Pii, Pik, Pita: いもち病抵抗性推定遺伝子型の種類

注3) 評価は基準品種の発病程度を基に1(極強)~7(極弱)の7段階*で評価

*極強, 強, やや強, 中, やや弱, 弱, 極弱

表7 ‘ふくまる SL’ のいもち菌接種検定及び遺伝子型の推定

品種	推定 遺伝子型	接種菌株（レース）				判定	備考
		007	033.1	035.1	037.1		
ふくまるSL		S	R	S	S	<i>Pii</i>	
新2号	+	S	S	S	S	+	基準品種
愛知旭	<i>Pia</i>	S	S	R	S	<i>Pia</i>	〃
BL1	<i>Pib</i>	R	R	R	R	R	〃
石狩白毛	<i>Pii</i>	S	R	S	S	<i>Pii</i>	〃
関東51号	<i>Pik</i>	R	S	S	S	<i>Pik</i>	〃
ツユアケ	<i>Pik-m</i>	R	S	S	S	<i>Pik</i>	〃
関東60号	<i>Pik-p</i>	R	S	S	S	<i>Pik</i>	〃
関東59号	<i>Pit</i>	R	R	R	R	R	〃
ヤシロモチ	<i>Pita</i>	R	R	R	R	R	〃
Pi No.4	<i>Pita-2</i>	R	R	R	R	R	〃
フクニシキ	<i>Piz</i>	R	R	R	R	R	〃
とりで1号	<i>Piz-t</i>	R	R	R	R	R	〃

注1)R：抵抗性，S：感受性

注2)+, *Pia*, *Pii*・・・*Piz-t*：いもち病抵抗性推定遺伝子型の種類

注3)判定におけるRは本試験では推定遺伝子型を判定できなかった真性抵抗性を示す

※ 2019年度に中央農業研究センターにおいて実施

‘ふくまる SL’ の白葉枯病抵抗性は、堀末（1996）の手法による発生ほ場での発病程度から、‘ふくまる’と同じ「やや弱」と推定された（表8）。

表8 ‘ふくまる SL’ の白葉枯病抵抗性検定の結果

品種	出穂期 (月・日)	発病程度	判定	備考
ふくまるSL	8.23	3.3	やや弱	
ふくまる	8.23	3.7	やや弱	
あそみのり	8.29	7.8	やや強	基準品種
ウズシオ	9.4	4.3	やや強	〃
日本晴	8.23	4.4	中	〃
黄金晴	8.24	4.0	中	〃
クジュウ	8.26	2.5	やや弱	〃
金南風	9.2	3.0	やや弱	〃

注1) 自然発病による発病程度を1（枯死）～9（病徴なし）の9段階評価

注2) 2019年に宮崎県農業試験場において実施

3. 4 耐冷性・穂発芽性

耐冷性検定は上原（1996）の方法に準じ、所内の耐冷性検定ほ場において、冷水かけ流しにより実施した。基準品種との比較による評価から、不稔程度は評価が「強」の‘ひとめぼれ’よりやや高く、障害型耐冷性は「やや強」と判定された（表9）。

穂発芽性検定は堀内（1996）の方法に従い、28℃で4日間保温後、穂発芽の程度を観察により評価した。‘ふくまる SL’ の穂発芽の程度は「難」の‘ひとめぼれ’よりやや高く、‘あきたこまち’と同程度の「やや難」と判定された（表10）。

表9 ‘ふくまる SL’ の障害型耐冷性検定の結果 (2017~2019 年)

品種	不稔程度	評価	備考
ふくまるSL	2.8	やや強	
ふくまる	2.2	やや強	
ヒメノモチ	7.0	やや弱	基準品種
あきたこまち	4.2	中	〃
ひとめぼれ	1.5	強	〃

注1)達観により不稔程度を1(極強)~9(極弱)の9段階で評価

表10 ‘ふくまる SL’ の穂発芽性検定の結果 (2016~2019 年)

品種	2016年		2017年		2018年		2019年		平均		備考
	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	
ふくまるSL	2.5	難	3.0	難	3.2	やや難	4.5	やや難	3.3	やや難	
ふくまる	2.5	難	3.5	やや難	4.0	やや難	4.8	やや難	3.7	やや難	
ひだほまれ	8.0	極易	8.0	極易	8.0	易	7.0	やや易	7.8	易	基準品種
美山錦	-	-	-	-	4.5	中	4.0	やや難	4.3	中	〃
あきたこまち	3.0	難	4.5	中	4.0	やや難	6.0	中	4.4	やや難	〃
チヨニシキ	5.0	やや難	4.0	やや難	2.5	難	4.5	やや難	4.0	やや難	〃
ひとめぼれ	2.5	難	2.5	難	2.0	難	3.0	かなり難	2.5	難	〃
ふさおとめ	-	-	-	-	3.0	やや難	2.0	かなり難	3.0	難	〃

注1) 成熟期に収穫した穂を28℃、湿度90%で4日間処理した後に達観で発芽率を評価

注2) 2016~2017年は2(極難)~8(極易)の7段階、2018~2019はかなり難(2)~易(7)の6段階で評価

3. 5 収量及び品質特性

育成地での生産力検定調査の結果から、‘ふくまる SL’ の精玄米重は‘ふくまる’ とほぼ同じである。玄米千粒重の4か年平均値は24.8gで‘ふくまる’より0.5g重かった。また、玄米の粒厚分布は2.2mm以上の割合が‘ふくまる’より高かった(表3, 図8)。玄米品質は、‘ふくまる’と同じ「4.6」であり、同等であった(表3)。

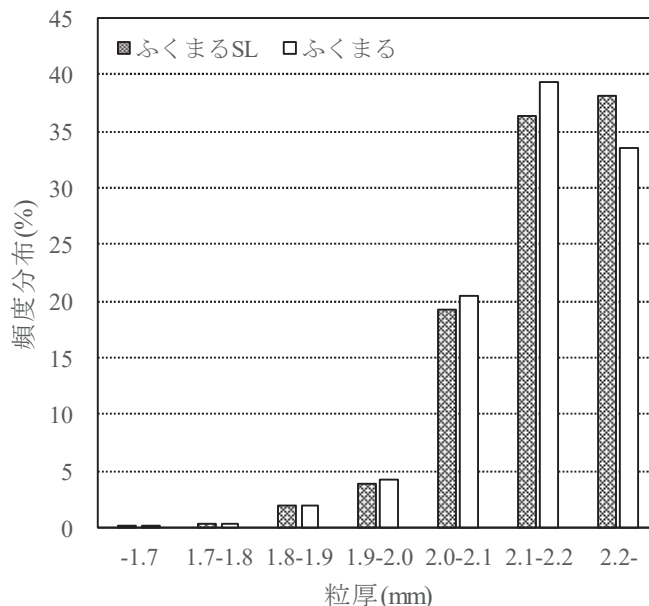


図8 ‘ふくまる SL’ の玄米粒厚分布 (2016 年)

玄米 200g を大屋丹蔵製作所縦目篩機を用いて
5分間選別し、各篩目上に残った玄米の重量割合

4 奨励品種決定調査

4. 1 奨励品種決定調査の概要

‘ふくまる SL’は、2016年度に‘生研142号’として生物工学研究所から配付を受け、農業研究所作物研究室（水戸市）及び水田利用研究室（龍ヶ崎市）において系統適応性検定試験に供試した。2017年度からは‘ひたちIL3号’として前述の両研究室において2019年度まで奨励品種決定調査試験に供試し、所内試験に加え、筑西市、常陸太田市及び稲敷市で現地試験を実施した（表11、12）。

4. 2 形態的及び生態的特性

形態的特性については、‘ふくまる’と比較し、稈長及び穂数は同等であったが、穂長は同等からやや長くなった。また、耐倒伏性は同等であった。

生態的特性においては‘ふくまる’と比較し、水戸市、龍ヶ崎市及び稲敷市における出穂期及び成熟期は同等であった。

病害については、所内及び現地試験ほ場における葉いもち、穂いもち及び紋枯病の発病程度は同程度であった。イネ縞葉枯病の多発地域である筑西市において、‘ふくまる’の同病発病株率は2017～2019年の3カ年平均で16.7%であったが、‘ふくまる SL’では、いずれの年次でも発病は認められなかった。

4. 3 収量性及び品質

‘ふくまる’と比較し、所内標肥、所内多肥及び現地試験での収量はそれぞれ同程度であった。玄米千粒重は試験地ごとの平均では‘ふくまる’より0.4～0.7g重かった。玄米品質は‘ふくまる’と同程度であり、農産物検査規格における品位については、‘ふくまる SL’は‘ふくまる’と同じ判定であり、2016～2018年度は供試した全試験地においても一等相当と判定されたが、2019年度は水戸市及び常陸太田市では高温による白未熟粒の増加により二等相当と判定された。玄米タンパク質含量は、いずれの区においても‘ふくまる’と同程度であった（表11）。

4. 4 食味特性

生物工学研究所及び農業研究所職員をパネリストとし、福井・小林（1996）の方法に準じ、食味官能試験を実施した。‘ふくまる’を基準とした比較において、水戸市、筑西市及び常陸太田市産では総合評価を含むすべての項目において同等であったが、龍ヶ崎市産は「硬さ」が硬く、「味」が劣る傾向であり、総合評価も劣る傾向であった（表12）。

また、2018～2019年度に‘ふくまる SL’の奨励品種採用に向けて、‘ふくまる’の取扱のある実需3社に対する品質・食味評価に関する聞き取り調査において、‘ふくまる’と比較した炊飯米の食味や品質は同等であり、今後‘ふくまる’から‘ふくまる SL’に品種転換された場合にも継続して取り扱うことは可能との回答を得た。

表 11 奨励品種決定調査における試験成績 (2016~2019 年)

試験地	施肥水準	品種	試験年次	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	被害の多少				イネ 縞葉枯病 発病株率 (%)	精玄 米重 (kg/a)	同左 標準 比率 (%)	玄米 品質 (g)	玄米 千粒重 (%)	玄米 タンパク 質含量 (%)	品位 (等)
									倒伏 程度	葉い もち	穂い もち	紋枯 病							
水戸市	標肥	ふくまるSL	2016	7.20	8.25	72	18.5	396	0.8	0.4	0.2	1.5	0	55.6	98	4.0	26.3	6.4	-
			2017	7.20	9.03	79	20.5	408	1.3	0.5	0.5	2.2	0	56.2	101	4.3	25.5	6.1	1
			2018	7.18	8.21	66	18.9	327	0	0.3	0	1.7	0	47.0	104	4.9	26.7	6.4	1
			2019	7.25	8.24	70	18.5	411	0	0	0	2.3	0	53.2	100	4.8	24.4	6.3	2
			平均	7.21	8.26	72	19.1	386	0.5	0.3	0.2	1.9	0	53.0	101	4.5	25.7	6.3	1-2
			2016	7.21	8.25	72	18.8	356	0.8	0.3	0.8	1.0	0	56.5	100	4.3	25.7	6.4	-
	多肥	ふくまる	2017	7.21	9.03	80	19.4	425	1.2	0.4	0.4	1.8	0	55.9	100	4.4	24.8	6.1	1
			2018	7.20	8.21	67	19.2	328	0	0.3	0	1.3	0	45.3	100	4.9	26.6	6.3	1
			2019	7.25	8.24	71	18.3	421	0	0	0	2.3	0	53.4	100	4.6	23.6	6.1	2
			平均	7.22	8.26	73	18.9	382	0.5	0.3	0.3	1.6	0	52.8	100	4.6	25.2	6.2	1-2
			2017	7.21	9.04	89	19.7	468	1.8	0.2	0.2	1.0	-	64.7	100	4.5	25.0	6.3	1
			2018	7.18	8.21	70	18.9	387	0	0	0	1.5	-	50.6	100	5.6	25.7	6.3	1
龍ヶ崎市	標肥	ふくまるSL	2019	7.20	8.24	80	18.7	459	1.3	0	0	1.5	-	60.0	99	4.5	23.5	6.4	2
			平均	7.20	8.26	80	19.1	438	1.0	0.1	0.1	1.3	-	58.4	100	4.9	24.7	6.3	1-2
			2017	7.21	9.04	88	19.6	474	1.8	0.2	0.2	1.0	-	64.7	100	4.3	24.3	6.3	1
			2018	7.18	8.22	69	18.9	377	0	0	0	2.0	-	50.4	100	5.2	25.8	6.4	1
			2019	7.25	8.24	81	17.6	466	1.5	0	0	1.5	-	60.6	100	4.5	22.8	6.6	2
			平均	7.21	8.27	79	18.7	439	1.1	0.1	0.1	1.5	-	58.6	100	4.7	24.3	6.4	1-2
	多肥	ふくまる	2016	7.14	8.24	79	18.9	438	2.9	0	0	2.2	0	68.6	100	4.7	25.2	6.6	1
			2017	7.11	8.19	72	18.8	477	0	0.3	0	1.3	0	65.2	103	4.3	25.4	6.4	1
			2018	7.11	8.15	74	20.1	452	0.1	0	0	2.2	0	63.4	100	3.8	23.8	7.0	1
			2019	7.20	8.20	78	18.2	468	0.9	0	0	0.5	0	64.9	100	4.5	23.9	6.7	1
			平均	7.14	8.20	76	19.0	459	1.0	0.1	0	1.6	0	65.5	101	4.3	24.6	6.7	1
			2016	7.15	8.23	79	18.8	452	2.9	0	0	1.8	0	68.8	100	3.7	24.6	6.6	1
筑西市	農家慣行	ふくまる	2017	7.12	8.21	71	18.4	467	0	0.2	0	1.0	0	63.1	100	4.5	24.6	6.3	1
			2018	7.12	8.16	75	19.4	460	0.7	0	0	2.0	0	63.2	100	4.7	23.1	7.0	1
			2019	7.20	8.20	80	17.7	454	1.0	0	0	0.5	0	64.6	100	4.5	23.2	6.6	1
			平均	7.15	8.20	76	18.6	458	1.2	0.1	0	1.3	0	64.9	100	4.4	23.9	6.6	1
			2017	7.11	8.21	78	18.8	527	0.1	0.5	0.5	1.3	0	71.1	101	5.0	24.5	6.7	1
			2018	7.11	8.15	78	19.6	479	0.2	0	0	2.8	0	65.2	99	4.8	23.0	7.1	1
	ふくまるSL	2019	7.21	8.24	84	18.1	514	2.3	0	0	1.3	0	66.9	101	4.8	22.8	7.3	1	
		平均	7.14	8.20	80	18.8	507	0.9	0.2	0.2	1.8	0	67.7	100	4.9	23.4	7.0	1	
		2017	7.12	8.23	79	18.9	522	0.1	0.3	0.5	1.3	0	70.7	100	5.3	24.1	6.5	1	
		2018	7.12	8.17	82	18.7	502	0.9	0	0	2.5	0	65.9	100	5.0	22.6	7.0	1	
		2019	7.21	8.24	84	18.3	527	2.8	0	0.5	1.0	0	66.3	100	4.8	22.4	7.0	1	
		平均	7.15	8.21	82	18.6	517	1.3	0.1	0.3	1.6	0	67.6	100	5.0	23.0	6.8	1	
常陸太田市	農家慣行	ふくまるSL	2017	-	8.31	82	18.9	454	2.0	0.2	0.2	1.0	0	51.0	98	4.5	25.2	6.9	1
			2018	-	-	75	19.7	349	0	0.5	0	-	0	53.6	106	4.2	24.9	6.8	1
			2019	-	-	86	20.3	472	1.0	0	1.0	1.0	0	63.0	99	4.0	22.8	7.1	1
			平均	-	-	81	19.6	425	1.0	0.2	0.4	1.0	0	55.9	101	4.2	24.3	6.9	1
			2017	-	9.01	84	19.0	445	1.5	0.2	0.2	0.8	20.2	52.2	100	4.5	24.6	6.8	1
			2018	-	-	79	19.2	339	0	1.0	0.5	-	10.5	50.8	100	4.3	24.3	6.7	1
	ふくまる	2019	-	-	85	20.5	419	1.5	0	0.5	1.0	19.5	63.4	100	4.0	22.6	7.0	1	
		平均	-	-	83	19.6	401	1.0	0.4	0.4	0.9	16.7	55.5	100	4.3	23.8	6.8	1	
		2018	-	-	76	19.2	417	0	2.0	0	-	0	54.6	94	4.7	26.0	6.3	1	
		2019	-	-	79	18.7	466	1.8	0	1.0	1.0	0	56.9	104	5.3	21.3	7.1	2	
		平均	-	-	78	19.0	442	0.9	1.0	0.5	1.0	0	55.8	99	5.0	23.7	6.7	1-2	
		2018	-	-	80	18.2	457	0	1.5	0	-	0	58.1	100	4.4	25.0	6.3	1	
稲敷市	農家慣行	ふくまるSL	2019	-	-	78	18.3	435	1.3	0	1.0	1.0	0	54.7	100	4.8	21.3	6.9	2
			平均	-	-	79	18.3	446	0.7	0.8	0.5	1.0	0	56.4	100	4.6	23.2	6.6	1-2
			2017	7.14	8.20	70	18.3	398	0	0.5	0.5	0	0	58.0	106	3.8	25.6	5.9	1
			2018	7.14	8.18	75	18.9	460	1.3	0	0.1	0	0	62.7	103	4.0	23.5	6.6	1
			2019	7.22	8.25	82	19.0	563	2.8	0	0.5	0.5	0	67.1	103	5.8	22.4	7.3	1
			平均	7.17	8.21	76	18.7	474	1.4	0.2	0.4	0.2	0	62.6	104	4.5	23.8	6.6	1
	ふくまる	2017	7.15	8.21	70	17.9	406	0	0.5	0.5	0	1.0	54.9	100	3.8	24.8	6.0	1	
		2018	7.14	8.18	74	18.3	451	1.2	0	0	0	0	60.8	100	4.3	23.2	6.5	1	
		2019	7.22	8.25	83	19.2	545	2.8	0	0.5	1.0	0	65.3	100	5.3	21.8	7.1	1	
		平均	7.17	8.21	76	18.5	467	1.3	0.2	0.3	0.3	0.3	60.3	100	4.5	23.3	6.5	1	

注1)苗質は稚苗、栽植密度は18.5株/m²、植え付け本数5本。

注2)耕種概要 移植日：年次が早い順に、(水戸市) 5/6, 5/9, 5/8, 5/8 (龍ヶ崎市) 4/28, 4/28, 4/26, 4/25 (筑西市) 5/18, 5/18, 5/17 (常陸太田市) 5/11, 5/13 (稲敷市) 5/2, 5/1, 5/1

施肥量(kg/a)：(水戸市) 標肥 N：0.6+0.3, P₂O₅：0.6, K₂O：0.6+0.3 多肥 N：0.9+0.3, P₂O₅：0.9, K₂O：0.9+0.3

(龍ヶ崎市) 標肥 N：0.6+0.3, P₂O₅：0.6, K₂O：0.6+0.3 多肥 N：0.8+0.3, P₂O₅：0.8, K₂O：0.8+0.3

(筑西市) 2017年 N：0.52+0.26, P₂O₅：0.52, K₂O：0.52+0.26, 2018年 N：0.57+0.57, P₂O₅：0.57, K₂O：0.57+0.57, 2019年 N：0.57, P₂O₅：0.57, K₂O：0.57

(常陸太田市) 2018年 N：0.24, P₂O₅：0.3, K₂O：0.24, 2019年 N：0.45, P₂O₅：0.5, K₂O：0.45

(稲敷市) 2017年 N:0.5+0.2, P₂O₅：0.5, K₂O：0.5+0.2, 2018年 N:0.8+0.4, P₂O₅：0.8, K₂O：0.8+0.4, 2019年 N:0.8+0.4, P₂O₅：0.8, K₂O：0.8+0.4

注3)筑西市及び常陸太田市の出穂期および成熟期は未調査

注4)被害の多少は遠観により0(無)～5(甚)の6段階で判定した

注5)縞葉枯病の発病株率は試験区全株数に占める発病株率の割合を調査した

注6)精玄米重及び玄米千粒重は1.85mm篩目のグレーダー調整後のサンプルを用いた

注7)玄米品質は1(上上)から9(下下)まで遠観で調査

注8)玄米タンパク質含量はサタケ米粒食味計(RCTA11A)による推定値(水分15%換算値)

注9)品位は農産物規格規程に基づく参考格付け

表 12 ‘ふくまる SL’ の食味官能評価

基準品種	試験地	試験年次	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ
ふくまる	水戸市	2016	-0.06	0.19	-0.06	0.25	-0.44	0.25
		2017	0.17	0.17	0.00	0.38	-0.23	-0.08
		2018	0.38	0.13	-0.13	0.31	0.00	-0.19
		2019	0.00	0.15	-0.08	0.23	0.00	0.00
		平均	0.12	0.16	-0.17	0.29	-0.17	-0.01
	龍ヶ崎市	2016	-0.78	-0.11	-0.11	-0.44	0.00	0.44
		2017	-0.50	-0.17	-0.67	-0.50	-0.17	0.50
		2018	-0.14	0.14	0.14	-0.14	0.29	0.57
		2019	-0.50	0.17	0.33	-0.67	0.33	0.00
		平均	-0.48	0.01	-0.08	-0.44	0.11	0.38
	筑西市	2017	-0.31	0.00	0.00	-0.38	0.23	-0.23
		2018	-0.06	0.12	0.12	0.00	0.12	-0.35
		2019	-0.14	0.14	-0.21	-0.14	-0.07	0.14
		平均	-0.17	0.09	-0.03	-0.17	0.09	-0.15
	常陸太田市	2018	0.06	0.00	0.06	-0.12	0.18	0.29
2019		0.14	0.21	0.00	0.14	0.29	0.14	
平均		0.10	0.11	0.03	0.01	0.24	0.22	

注1)基準(0.00)はそれぞれ同一ほ場で栽培した‘ふくまる’とした

注2)食味評価：-3（極端に劣る，軟らかい，粘らない）～0（基準と同等）～3（極端に優れる，硬い，粘る）の7段階で評価

注3)農業研究所および生物工学研究所職員により，水戸市産12～16名，龍ヶ崎市産15～22名，筑西市産13～17名，常陸太田市産14～17名のパネリストで評価した

5 奨励品種採用の理由

本県の水稲品種の熟期構成は，早生 16.0%，中生 81.1%，晩生 2.8%（2019 年度）であり，中生品種に極端に偏っていることから，経営面積の大規模化に伴う作業分散への適応及び気象災害等による集中被害を回避するため早生及び晩生品種の導入が求められている。

本県で育成された‘ふくまる’は，作期分散を目的に多収で大粒の良食味品種として 2012 年に茨城県水稲準奨励品種に採用されたが，近年，県西地域を中心に被害が拡大しているイネ縞葉枯病の抵抗性を有していないことから，県内全域への普及拡大が困難であった。

‘ふくまる SL’は，イネ縞葉枯病抵抗性を有し，栽培特性・玄米品質とも‘ふくまる’と同等の形質を示すことから，イネ縞葉枯病の発生地域でも安定多収生産が可能である。また，実需からは中食・外食向けの増産を求められており，‘ふくまる SL’への品種切り換えをすることで，イネ縞葉枯病の発生により作付が進んでいない県西地域においても普及拡大を図り，需要に応じた生産を進めるため，奨励品種に採用する。

6 栽培適地及び栽培上の留意点

‘ふくまる SL’の栽培適地は県内全域である。また，栽培においては，「ふくまる栽培マニュアル」や，「ふくまる高品質多収栽培マニュアル」を参考とし，‘ふくまる’の栽培に準じて行う。

なお，‘ふくまる SL’はイネ縞葉枯病抵抗性を有するが，イネ縞葉枯病ウイルスの媒介虫であるヒメトビウンカを減らす効果はないため，‘ふくまる’と同様に体系的な薬剤防除や畦畔除草等の耕種的防除を実施する。

7 命名の由来

これまでに他県等で育成されている同質遺伝子系統の命名法に準拠して‘ふくまる（原品種名）’＋「SL（導入した形質）」の形で命名した。なお，導入した形質「SL」はイネ縞葉枯病抵抗性系統（Rice Stripe Disease Resistant Line）の略である。

謝辞

‘ふくまる SL’の育成にあたり，品種登録に向けた特性検定は，国立研究開発法人農業・食品産業総合研究機構中央農業総合研究センター北陸研究拠点，同西日本農業研究センター，愛知県農業総合試験場山間農業研究所及び宮崎県総合農業試験場の各担当者により実施して頂いた。奨励品種決定調査においては，現地試験担当農家及び実需評価担当米卸業者の協力を頂いた。奨励品種採用及び品種登録出願にあたっては，茨城県農林水産部産地振興課，農業技術課及び農業総合センターの関係各位にご尽力頂いた。ここに記してこれらの方々への感謝の

意を表する。

本品種は農林水産省委託戦略的プロジェクト研究推進事業「ゲノム情報を活用した農産物の次世代生産基盤技術の開発 (RBS1001)」(2013～2017年)により育成された。

摘要

‘ふくまる SL’は早生品種‘ふくまる’へのイネ縞葉枯病抵抗性の導入を目的として、‘ふくまる’を反復親、イネ縞葉枯病抵抗性を持つ‘一番星’を一回親とする連続戻し交雑により育成された同質遺伝子系統である。イネ縞葉枯病抵抗性を有し、玄米千粒重がやや重いことを除き、その特性は‘ふくまる’と同じである。

‘ふくまる SL’は2020年に品種登録出願公表され、茨城県の水稲奨励品種に採用された。

引用文献

- 荒井輝博・山田隆史・吉田一昭(2011) イネ縞葉枯病抵抗性同質遺伝子系統「ハツシモ岐阜 SL」の育成と栽培法について. 岐阜県農業技術センター研究報告 11:1-6.
- 東 正昭・小綿寿志(1996) A. 特性検定 I. 耐病性 3. 葉いもちほ場抵抗性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.9-11.
- 東 正昭(1996) A. 特性検定 I. 耐病性 6. 穂いもち抵抗性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.11-13.
- 福井清美・小林 陽(1996) A. 特性検定 IV. 食味関連検定 1. 食味官能検査 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.22-28.
- 堀内久満(1996) A. 特性検定 VI. 生理的特性 3. 穂発芽性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.147-150.
- 堀末 登(1996) A. 特性検定 I. 耐病性 9. 白葉枯病ほ場抵抗性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.19-22.
- Ishizaki, K., T. Hoshi, S. Abe, Y. Sasaki, K. Kobayashi, H. Kasaneyama, T. Matsui and S. Azuma (2005) Breeding of blast resistant isogenic lines in rice variety “Koshihikari” and evaluation of their characters. *Breed. Sci.* 55:371-377.
- Kojima, Y., T. Ebitani, Y. Yamamoto, and T. Nagamine (2004) *Rice Blast: Interaction with Rice and Control.* (Kawasaki, S. eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp.209-214.
- 根本 博(1996) A. 特性検定 I. 耐病性 10. イネ縞葉枯病圃場抵抗性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.22-28.
- 岡部 克・杉山恵乃(2016) 茨城県におけるイネ縞葉枯病の発生状況と防除対策. *植物防疫* 70(2):89-95.
- 岡本和之・西宮智美・平山正賢・眞部 徹・飯田幸彦・桐原俊明・横田国夫・小菅一真・田畑美奈子・平澤秀雄(2015) 水稲新品種「ふくまる」の育成. 茨城県農業総合センター生物工学研究所研究報告 15:33-40.
- 杉浦直樹・辻 孝子・藤井 潔・加藤恭宏・坂 紀邦・遠山孝通・早野由里子・井澤敏彦(2004) 水稲病害抵抗性付与のための連続戻し交雑育種における DNA マーカー選抜の有効性の実証. *育種学研究* 6:143-148.
- 鈴木太郎・中村 充・坂 紀邦・池田彰弘・寺島竹彦・水上優子・野々山利博・吉田朋文・加藤恭宏(2017) 「ミネアサヒ」にいもち病抵抗性とイネ縞葉枯病抵抗性を付与した準同質遺伝子系統「中部 138 号」の育成. *愛知県農業総合試験場研究報告* 49:93-102.
- 田村泰章・山口誠之・東 正昭(1996) A. 特性検定 I. 耐病性 1. 葉いもち真性抵抗性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.3-6.
- 上原泰樹(1996) A. 特性検定 VI. 生理的特性 1. 耐冷性 イネ育種マニュアル(山本隆一・堀末 登・池田良一共編). 養賢堂, 東京, pp.134-141.

**Breeding of New Rice Variety ‘Fukumaru SL’
A Rice Stripe Disease Resistance Isogenic Line of ‘Fukumaru’
and Adopting as a Recommended Variety.**

**Kazuyuki OKAMOTO¹ , Yoshitaka FUKAZAWA , Kai KAWAMATA , Kazunori AKITA ,
Kenshu FURUYAMA , Kento HAYASAKA , Sayuri SEKINE , Katsunori OKANO ,
Utako YAMAUCHI , Tsuyu ANDO , Tatsumi MIZUBAYASHI , Jun-ichi YONEMARU
and Junichi TANAKA**

Summary

A new rice variety called ‘Fukumaru SL’ was developed with the goal of achieving rice that had the big grain, the excellent quality, good flavor and the early ripening property of the ‘Fukumaru’ rice variety, as well as the rice stripe virus resistance gene, Stvb-i. In 2013, we crossed ‘Fukumaru’ as the recurrent parent and ‘Ichibanboshi’ (which matures extremely early) as the donor parent that would provide the Stvb-i gene. The result of this hybridization was again crossed with ‘Fukumaru’ twice, then selected and fixed to give the final result in 2019. Other than its resistance to rice stripe disease, characteristics of ‘Fukumaru SL’ are equivalent to those of ‘Fukumaru’ and as a result, ‘Fukumaru SL’ was adopted as the recommended variety of rice of Ibaraki Prefecture in 2020.

Keywords : rice, isogenic line, rice stripe disease resistance, DNA marker assisted selection, recommended variety

1 Address : Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center, 3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan

ニホンナシ ‘恵水’ における 側枝枝齢および側枝密度が収量・果実品質に及ぼす影響

加川敬祐・市毛秀則・寺門 巖・清水 明¹⁾

(茨城県農業総合センター園芸研究所)

要約

ニホンナシ ‘恵水’ におけるせん定時の指標を得るために、側枝枝齢および側枝密度が収量・果実品質に及ぼす影響を検討した。その結果、1年生側枝（長果枝）は2～5年生側枝（短果枝）に比べて一果重が小さく、収量が低いことから、側枝枝齢は2～5年生を中心に配置することが望ましいと考えられた。また、側枝密度と10a換算収量には正の相関があり、着果量10果/m²の条件において収量5t/10a以上を確保するためには側枝密度を350cm/m²以上とすることが必要と考えられた。

キーワード：ナシ， ‘恵水’， 側枝枝齢， 側枝密度， 収量， 果実品質

1 はじめに

‘恵水’ は、茨城県オリジナルのニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) 新品種である。茨城県農業総合センター生物学研究所において、1994年に‘新雪’に‘筑水’を交配して得られた実生から、系統‘21-60’として選抜され、2004年から同園芸研究所で栽培試験を開始し、2009年10月に品種登録の出願を行い、2011年12月6日に品種登録された（登録番号21253号）（図1）。「恵水」は9月上旬～下旬にかけて成熟し、平均果重600g前後と大果であり、糖度は13%前後と高く、甘みが強い品種である（尾形ら、2015）。



図1 ニホンナシ ‘恵水’

‘恵水’ はナシの単価が下落する旧盆以降の時期に収穫できる、良好な食味と収量性をあわせもった品種として期待され、2013年に県内の生産者を対象とした苗木の販売が開始されて以降導入面積が増加しており、2019年の栽培面積は22.5haとなっている。今後、多くの生産者が導入していく中では、‘恵水’の大果で高糖度という品種特性を発揮していく上で、高品質果実を安定して生産するための栽培技術の基準化、平準化が必要である。本県の主要品種である‘幸水’は短果枝の維持が難しく、長果枝（えき花芽）を50%以上配置する側枝配置方法が推奨されている（茨城県果樹栽培基準、2016）。しかし、‘恵水’については、えき花芽の着生が悪く、短果枝の維持が容易であるなど、‘幸水’とは異なる側枝の生育特性（尾形ら、2015）や、高品質多収となる適正な着果量（加川ら、2019）が明らかとなっているが、せん定時の側枝の配置方法については明らかとなっていない。‘恵水’の高品質安定生産技術を確立するために、これらの特性を踏まえた側枝配置基準が必要である。そこで、‘恵水’において側枝枝齢が収量、果実品質に及ぼす影響について試験を実施した。また、本県においては‘幸水’では側枝配置の目安として、高収量確保に必要な側枝密度（側枝長／樹冠面積）が300 cm/m²とされていることから（多比良、2007）、‘恵水’において側枝密度が収量、果実品質に及ぼす影響について試験を実施したので、その結果を報告する。

1) 現 公益社団法人茨城県農林振興公社

2 材料および方法

2.1 ‘恵水’の高品質多収生産のための側枝枝齢の検討

試験は2014年～2015年に高接ぎ（中間台‘なつひかり’）‘恵水’2樹（2014年に11年生）を供試して実施した。試験樹のせん定は、本県における‘幸水’の一般的な側枝配置に準じて、30cm程度の予備枝または骨格枝から発生した新梢を棚付けして長果枝（1年生側枝）とし、翌年以降に先端から発生した新梢を2～3芽で切り戻した枝を短果枝（2～4年生側枝）とした（図2）。

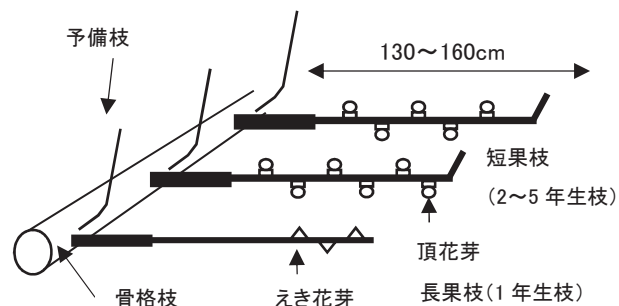


図2 側枝と予備枝の配置
(模式図、泉原図を一部改編)

試験区は、せん定後の側枝を枝齢別に区分し、2014年は1年生枝区から4年生枝区まで4区、2015年は1年生枝区から5年生枝区まで5区設定した。摘果は、2014年は満開後約30日（5月22日）に本摘果を行って着果量を2果そう1果とした。2015年は満開後36日（5月25日）に1果そう1果（予備摘果）とし、満開後約39日（5月30日）に本摘果を行って着果量を3果そう1果とした。生育調査は、生育期（2014年は7月14日～8月8日、2015年は6月30日）に側枝長、側枝から発生した新梢長、新梢発生数、果そう数および側枝別の葉枚数と着果数について調査を行った。葉枚数は側枝上の果そう葉数を計測し、着果数をもとに側枝別の葉果比（1果当たりの果そう葉枚数）を算出した。収穫は、2014年は9月3日～9月26日、2015年は8月27日～9月18日に、‘恵水’用カラーチャート値3～4を基準として全果実を収穫し、枝ごとの収量を算出した。また試験区ごとに30果をランダムに選び、一果重、糖度（Brix%）、硬度（マグネステラー硬度計、10lbs、5/16インチのプランジャー使用で赤道部を測定）を調査した。

2.2 ‘恵水’の高品質多収生産のための側枝密度の検討

2017年～2019年に‘恵水’4樹（2017年に11年生、高接ぎ10年生）を供試した。調査樹数は、2017年が3樹（11年生1樹、高接ぎ10年生2樹）、2018年が4樹（12年生1樹、高接ぎ11年生3樹）、2019年が2樹（高接ぎ12年生2樹）である。試験樹のせん定は、側枝枝齢の検討と同様に行った。側枝配置は、調査年ごとに、主枝1mあたりの側枝本数を4～6本（側枝配置の間隔が約30～50cm）とし、短果枝の配置割合が50%以上となるようにせん定した。せん定後に側枝長と樹幹占有面積を計測し、樹当たりの総側枝長を樹幹占有面積で除することにより側枝密度（cm/m²）を算出した。また、主枝長を計測し、主枝1mあたりの側枝数を算出した。摘果は、いずれの年も満開後約30日（2017年は5月25日、2018年は5月10日、2019年は5月20日）に1果そう1果（予備摘果）とし、満開後約60日（2017年は6月24日、2018年は6月7日、2019年は6月20日）に本摘果を行って着果量を樹冠占有面積1m²あたり10.0～10.5果に調整した。樹冠占有面積は、主幹中心から樹冠外縁までの距離を放射状に16方位に分けて測定し、得られた16の三角形の面積を合計して求めた。摘蕾は行わなかった。生育調査は、生育期（2017年は7月25日～8月7日、2018年は7月18日、2019年は7月16日）に側枝別の葉枚数と着果数の調査を行った。葉枚数は側枝上の果そう葉数を計測し、着果数をもとに樹ごとの葉果比（1果当たりの果そう葉枚数）を算出した。収穫は、2017年は9月4日～9月28日、2018年は9月4日～9月25日、2019年は9月5日～9月27日に、‘恵水’用カラーチャート値3～4を基準として全果実を収穫し、樹ごとの収量を算出した。調査樹ごとに30果をランダムに選び、一果重、糖度（Brix%）、硬度（果実硬度計ポケット型 CF-373、赤道部を測定）を調査した。

3 結果

3.1 ‘恵水’の側枝枝齢別の生育および果実品質

試験樹における枝齢別の側枝本数の割合は、1年生枝区が38～44%、2年生枝区が36～40%、3年生枝以上の区が16～26%であった（表1）。新梢の発生は、2015年の5年生枝区が4.9本と多かったが、それ以外の区では0.8～2.3本であった。着果数は、調査年によって着果基準が異なるものの、各調査年ともに1年生

枝区が0.4～1.3で他の枝齢の区に比べ少なかった。葉果比は2014年、2015年とも着果量が少ない1年生枝区で大きかった。2年生枝以上の枝齢の区では、2014年は約21～22、2015年は2～3年生枝区が約19～21、4～5年生枝区が約29であった（表1）。

表1 ‘恵水’の側枝枝齢別の新梢発生および葉果比

調査年	試験区 ¹⁾	側枝本数		新梢数 ²⁾		果そう数		着果数	葉果比 ³⁾
		本/樹	割合(%)	本/側枝1m	cm/側枝1m	個/側枝1m	枚/側枝1m	個/側枝1m	葉数/果数
2014年	1年生枝区	28	44	2.1	82	17.7	106.8	1.3	50.1
	2年生枝区	25	40	0.8	50	16.4	101.0	4.5	22.3
	3年生枝区	8	13	0.9	58	15.1	132.5	5.9	21.7
	4年生枝区	2	3	2.3	163	13.8	155.0	7.2	21.6
2015年	1年生枝区	24	38	2.1	68	18.3	84	0.4	102.2
	2年生枝区	23	36	1.1	44	15.1	90	4.3	19.2
	3年生枝区	11	17	1.2	63	13.1	89	4.1	20.9
	4年生枝区	4	7	2.1	79	12.0	122	3.9	29.4
	5年生枝区	1	2	4.9	187	12.8	142	4.1	29.0

¹⁾試験区は各区2か年とも同一樹を用いた。

²⁾新梢は長さ20cm以上のみを計測した。また、側枝基部5cm以内から発生した新梢は除外した。

³⁾葉果比は、果そう葉枚数における値。

収量は、着果数が少ない1年生枝区で少なく、2014年は枝齢が高い順に収量が多かった。2015年は2～4年生枝区の収量は同程度であったが、5年生枝区の収量が多かった。一果重は、2014年は1年生枝区で小さく、2年生以上の枝齢の区では有意な差がみられなかった。一方2015年は、1～3年生枝区の間で有意な差はみられなかったが、枝齢が高い4～5年生枝区において一果重が大きい傾向がみられた。

糖度は、2014年、2015年ともに1年生枝区が2年生以上の枝齢の区に比べ有意に高かった。硬度は、2014年は試験区間で有意な差はみられなかった。また、2015年は有意な差がある試験区があったが、枝齢による傾向はみられなかった。

表2 ‘恵水’の側枝枝齢別の収量および果実品質

調査年	試験区 ¹⁾	収量	収穫果数	一果重	表面色 ²⁾	地色 ³⁾	糖度	硬度
		g/側枝1m	個/側枝1m	g ₅₎	c.c値	c.c値	Brix% ₅₎	lbs
2014年	1年生枝区	615	1.3	482 a	3.7	3.7	13.7 a	5.8
	2年生枝区	2,503	4.5	552 b	3.7	3.7	13.0 b	5.6
	3年生枝区	3,243	5.9	550 b	3.7	3.8	13.2 b	5.6
	4年生枝区	4,114	7.2	572 b	3.7	3.8	13.0 b	5.4
分散分析 ⁴⁾		-	-	***	n.s	n.s	***	n.s
2015年	1年生枝区	205	0.4	508 c	3.8 ab	4.0	13.3 a	5.6 b
	2年生枝区	2,222	4.3	509 c	3.9 a	4.2	12.8 b	5.9 ab
	3年生枝区	2,154	4.1	539 bc	3.9 a	4.1	12.7 b	6.1 a
	4年生枝区	2,298	3.9	592 ab	3.7 ab	4.0	12.7 b	6.1 a
	5年生枝区	2,827	4.1	684 a	3.4 b	3.9	12.6 b	5.9 ab
分散分析 ⁴⁾		-	-	***	*	n.s	**	**

¹⁾試験区は各区2か年とも同一樹を用いた。

²⁾表面色は‘恵水’用カラーチャート値

³⁾地色はナン地色用カラーチャート値

⁴⁾*:5%, **:1%, ***:0.1%で有意。n.s:有意差なし

⁵⁾多重比較は、Tukey検定。異なる英文字間で有意(P<0.05)

3. 2 ‘恵水’の高品質多収生産のための側枝密度

試験樹の側枝密度は、279～499cm²/m²で、主枝1mあたりの側枝本数は3.9～7.1本であった。配枝割合は短果枝（2～5年生枝）が多く、長果枝（1年生枝）の割合は13～48%であった。予備枝数は、側枝1本あたり0.7～1.6本であった（表3）。

試験樹の側枝1mあたりの着果数は2.1～3.3、葉果比（果そう葉）は26～55、換算収量は4.4～6.3t/10a、

一果重は475g～639g, 糖度は12.8～13.9%となった(表4)。これらの側枝密度に関連する項目と換算収量, 一果重, 糖度との相関行列を算出したところ, 側枝密度と換算収量には正の相関が認められた。また, 糖度は側枝1mあたり着果数と負の相関がみられ, 一果重と正の相関が認められた(表5)。側枝密度と換算収量との関係は一次式に表され, 寄与率は $R^2=0.493$ *であった(図3)。また, 側枝密度と主枝1mあたり側枝本数の関係は一次式に表され, 寄与率は $R^2=0.823$ ***であった(図4)。

表3 ‘恵水’成木における側枝密度, 配枝割合および予備枝数

調査年	試験樹 ¹⁾	樹冠 占有面積 m ²	側枝密度		側枝数		配枝割合(%)		予備枝数		側枝長 cm
			cm/m ²	本/m ²	本	本 /主枝1m	長果枝 (1年生枝)	短果枝 (2～5年生枝)	本	予備枝数 /側枝数	
2017	樹A(11年生)	30.4	428	2.8	84	6.4	36	64	60	0.7	155
	樹B(高接ぎ10年生)	33.5	382	2.6	87	6.1	30	70	85	1.0	147
	樹C(高接ぎ10年生)	27.6	320	2.0	56	4.2	48	52	89	1.6	158
2018	樹A(12年生)	24.5	495	3.4	84	6.4	20	80	77	0.9	144
	樹B(高接ぎ11年生)	29.3	405	2.9	86	6.0	45	55	95	1.1	138
	樹C(高接ぎ11年生)	23.7	358	2.4	56	4.2	13	87	77	1.4	151
	樹D(高接ぎ11年生)	22.0	499	3.5	77	7.1	25	75	72	0.9	143
2019	樹B(高接ぎ12年生)	28.4	279	2.1	59	3.9	31	69	86	1.5	134
	樹C(高接ぎ12年生)	27.7	390	2.8	78	5.0	44	56	84	1.1	138

¹⁾試験樹名は調査年にかかわらず同一樹を示す。

表4 ‘恵水’成木における側枝密度が葉果比, 収量, 果実品質に及ぼす影響

調査年	試験樹 ¹⁾	樹冠占有面積 m ²	側枝密度 cm/m ²	着果数		葉枚数 ²⁾		葉果比 ³⁾ 枚/果	換算収量 ⁴⁾ t/10a	一果重 g	糖度 Brix%
				果	果/側枝1m	枚	枚/m ²				
2017	樹A(11年生)	30.4	428	340	2.6	11584	381	34	5.4	521	13.0
	樹B(高接ぎ10年生)	33.5	382	349	2.7	11829	353	34	5.2	522	13.2
	樹C(高接ぎ10年生)	27.6	320	290	3.3	7410	268	26	4.7	475	12.9
2018	樹A(12年生)	24.5	495	241	2.0	13298	543	55	6.3	639	13.9
	樹B(高接ぎ11年生)	29.3	405	292	2.5	12773	436	44	6.0	598	13.2
	樹C(高接ぎ11年生)	23.7	358	229	2.1	9454	399	41	5.2	495	13.2
	樹D(高接ぎ11年生)	22.0	499	248	2.9	10640	484	43	5.2	502	12.8
2019	樹B(高接ぎ12年生)	28.4	279	249	3.1	9313	328	37	4.4	527	12.8
	樹C(高接ぎ12年生)	27.7	390	238	2.2	12150	439	51	4.5	500	13.0

¹⁾試験樹名は調査年にかかわらず同一樹を示す。

²⁾葉枚数は, 果そう葉枚数を計測した。m²あたり葉枚数は, 全果そう葉枚数を樹幹占有面積で除した。

³⁾葉果比は, 果そう葉枚数における値。

⁴⁾換算収量は樹当たり収量を樹幹占有面積で除した。

表5 ‘恵水’の側枝密度に関する要素と収量, 一果重, 糖度との相関係数

項目 ¹⁾	側枝密度 ²⁾	側枝1mあたり着果数 ²⁾	1m ² あたり果そう葉枚数 ²⁾	葉果比 ²⁾	換算収量 ²⁾	一果重 ²⁾
側枝密度						
側枝1mあたり着果数	-0.459					
1m ² あたり果そう葉枚数	0.854 **	-0.702 *				
葉果比	0.569	-0.772 *	0.901 ***			
換算収量	0.702 *	-0.534	0.656	0.424		
一果重	0.463	-0.490	0.637	0.608	0.818 **	
糖度	0.465	-0.726 *	0.596	0.582	0.778 *	0.794 *

¹⁾2017～2019年の3か年のデータ(計9樹)による。

²⁾*:5%で有意, **:1%で有意, ***:0.1%で有意。

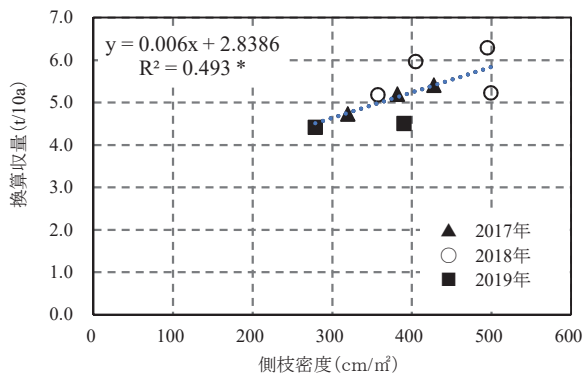


図3 ‘恵水’の側枝密度と換算収量との関係
(2017～2019年)

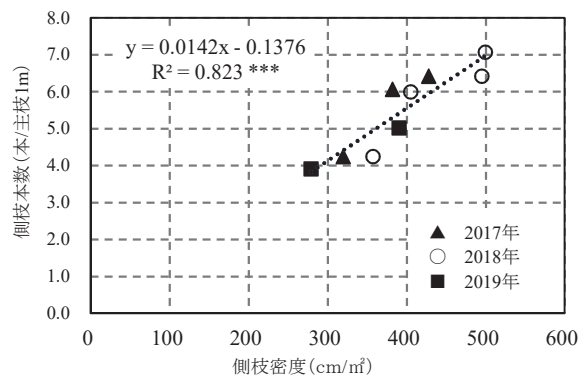


図4 ‘恵水’の側枝密度と側枝本数との関係
(2017～2019年)

4 考察

4.1 ‘恵水’の側枝枝齢別の生育および果実品質

側枝の枝齢別の果実品質をみると、枝齢が進むほど平均果重が大きくなる傾向がある一方、糖度は1年生枝が高い結果であった。

ナシの果実の生育に及ぼす重要な要因として葉果比がある。品種に関わらず葉果比と一果重の間には高い正の相関があり（平田ら，1980），また葉枚数と糖度との間には正の相関が認められ，‘幸水’で高い糖度の果実を生産するためには1果当たりの葉枚数（全葉数）が30～50枚必要とされている（大友ら，2000）。本試験では側枝の枝齢別に葉果比（果そう葉）を算出した。2～5年生枝では約19～29であったのに対し、着果数が少ない1年生枝の葉果比は約50～100と高かった。1年生枝の糖度は2か年とも2～5年生枝に比べ有意に高くなった。1年生側枝は、果そう数は多いが着果数が少なく、葉果比が高くなり果実の糖度が高くなったと考えられる。

一方、一果重は2014年は1年生枝が2～5年生枝に比べ有意に小さく、2015年は2～3年生枝に対して有意な差はなかったものの、枝齢が高い4～5年生区に比べ小さかった。金子（2000）は‘幸水’はえき花芽の果実の肥大が良好で、短果枝と品質上の差もない一方、‘新水’はえき花芽の着生が少なく、肥大が劣るため短果枝を中心に着果させている。また、島田ら（2013）は‘彩玉’について同様の傾向を指摘し、短果枝の果実が大きくなる「短果枝型品種」と判断している。今回の結果から、‘恵水’についても‘新水’や‘彩玉’と同様に短果枝の果実が大きくなる品種であると考えられた。しかし、1年生枝区の果実の糖度や硬度等の果実品質は2～3年生区と同等であり、葉果比が100程度と大きい2015年は、一果重についても2～3年生区と同等である。よって、着果数を制限して摘果時に肥大良好な果実を残すことにより、収量は少ないものの1年生区でも高品質果実を得ることは可能と考えられた。

一方、1年生枝を除いた2～5年生枝の一果重と葉果比の関係をみると、葉果比の差が小さい2014年では一果重に差はみられない一方、枝齢が進むにしたがって葉果比が大きかった2015年は、一果重も枝齢が進むほど大きい傾向がみられた。これらのことから、果そう数や果そう葉数の展葉が少ない年では、2年生以上の短果枝についても、側枝あたりの葉果比を高めることがより大玉果実の生産につながると考えられた。

本試験の結果、短果枝において葉果比約20～30の範囲では糖度に差はみられなかった。島田ら（2013）は‘彩玉’の最適な葉果比は25程度とした上で、果重は樹全体の養分分配の影響を受けるため樹ごとの葉果比の影響を受け、糖類の生産は果実に近接した葉の同化産物が利用されるため、側枝ごとの葉果比の影響を受けると報告している。‘恵水’においては、高品質な果実を得るために必要な側枝（2～5年生枝）あたりの葉果比は20以上を目標としたうえで、樹ごとの葉果比を高め、大玉化を目指していく必要があると考えられた。

本試験における側枝1mあたりの側枝上の新梢発生数は約5本以内で、特に1～3年生枝では約1～2本であった。‘恵水’は短果枝の着生が良好であり、せん定時における側枝（短果枝）の維持は容易である。よ

って、‘恵水’の側枝配置では2～5年生の短果枝を中心に配置することによって安定生産が可能と考えられる。また、1年生枝のえき花芽の果実は短果枝に比べ一果重は小さいものの、糖度は高く果形等に問題はみられないことから、側枝の育成方法は‘幸水’と同様に1年生枝を棚付けし、えき花芽の果実も利用可能と考えられた。

4. 2 ‘恵水’の高品質多収生産のための側枝密度

せん定後の側枝密度は目標収量を得るための指標となるものであり、これまでも特に側枝を短期間で更新する‘幸水’において検討されてきた（金子ら，1998；水戸部，2000；多比良，2007）。

金子ら（1998）は，‘幸水’では収量，果実肥大及び果実品質の面から側枝密度は m^2 あたり240～280cmの範囲が適正であり，側枝間隔は平均39cmとし，40cm程度の予備枝を樹冠占有面積 $1m^2$ あたり0.5本配置した状態が適正な枝の配置の基準としている。また水戸部（2000）は，適正な側枝の間隔は近接して配置してある隣の側枝の葉が少しの間隔を保ち，重ならない程度で側枝間隔40cm，側枝密度は m^2 あたり250cmとしている。また，本県では多比良（2007）により，‘幸水’の高収量確保に必要な側枝密度を m^2 あたり300cm，側枝間隔約30～35cmとし，側枝と同数の予備枝を確保することにより，早期展葉によって葉数を確保し高樹齢樹においても樹勢強化が可能としている。

本試験では，着果量は m^2 あたり10果（加川ら，2019）と一定にしたうえで，側枝密度が収量，果実品質に与える影響を検討した。その結果，側枝密度が m^2 あたり80～500cmの範囲では，収量と高い正の相関がみられた。一方，果実の生育に及ぼす重要な要因である葉果比と収量に有意な相関がみられなかった。この理由としては，着果量を一定として試験を行ったが，生育期間後期の落果等により実際の収穫果数は樹や調査年によって異なっている影響があると考えられた。しかし，側枝密度は m^2 あたり果そう葉枚数と高い正の相関があることから，多比良（2007）の‘幸水’の結果と同様に，‘恵水’においても果そう葉数の確保が高収量を得るために重要であることが示唆された。

また，側枝密度と収量との関係を一次式で表したところ（図3），‘恵水’において目標収量となる5tを得るために必要な側枝密度は m^2 あたり350cmとなった。このときの主枝1mあたりの側枝数は約5本であり（図4），これを側枝間隔に換算すると約40cmとなる。本試験で用いた4本主枝樹，2本主枝H型仕立てでは，適正な側枝の確保が難しい主幹部や，2本の垂主枝から交互に側枝を配置する場所，隣接樹と側枝を交互に配置する場所があるために，実際の側枝の配置間隔は均一ではなく，部分的には約20～30cmで‘幸水’の事例と同様または狭い間隔で側枝が配置されている。側枝間隔が狭い場合，新梢発生数の増加により棚上が暗くなり，果実品質の低下のおそれがあるが，‘恵水’では側枝からの新梢発生が非常に少なく（表1），糖度と側枝密度には有意な相関関係はみられない（表5）。これらのことから，‘恵水’では側枝密度を高めることによって果そう葉の落葉等により果実品質が低下するおそれは少なく，着果の少ない1年生枝も，高品質果実を得ながら次年度の短果枝を確保するための予備枝的な側枝として配置することで，安定して高品質多収を維持できると考えられた。

以上のことから，‘恵水’のせん定においては，側枝は2～5年生の短果枝を着生した側枝を中心とし，側枝密度 $350cm/m^2$ 以上を目標に配置することが高品質多収のために重要と考えられた。また，実際のせん定時には，短果枝（2年生以上の側枝）の割合は50%以上，側枝間隔は約40cmより狭く，予備枝を側枝1本につき1本程度配置するという目安が得られ，活用することができる。

摘要

ニホンナシ‘恵水’におけるせん定時の指標を得るために，側枝枝齢および側枝密度が収量・果実品質に及ぼす影響を検討した。その結果，次のことが明らかとなった。

1. 1年生側枝（長果枝）は2～5年生側枝（短果枝）に比べて，一果重が小さく，着果量が少ないが，葉果比が高まり果実糖度が高くなった。
2. 2～5年生側枝（短果枝）では，調査年により差はあるが，側枝枝齢の違いにより果実糖度に差はなく，側枝枝齢が進むほど葉果比が高くなり，一果重及び収量が高まる傾向があった。
3. ‘恵水’において側枝密度と10a換算収量には正の相関が認められた。着果量10果/ m^2 の条件下で，目標収量5t/10a以上を得るために必要な側枝密度は m^2 あたり $350cm/m^2$ 以上であった。

引用文献

- 茨城県農業総合センター (2016) 茨城県果樹栽培基準.
- 大友忠三 (2000) 適正着果. 果樹園芸大百科4ナシ. 農文協, 東京, pp.135-138.
- 尾形夏海・喜多晃一・郷内 武・霞 正一・佐久間文雄・石井亮二 (2015) ニホンナシ新品種‘恵水’の育成. 茨城農総生工研報15 : 53-58.
- 加川敬祐・市毛秀則・清水 明 (2019) ニホンナシ‘恵水’の着果量の違いが収量・果実品質に及ぼす影響. 茨城農総研報1 : 67-72.
- 金子友昭・山崎一義・三坂 猛 (1988) ニホンナシ幸水のせん定後の適正な側枝の配置密度について. 栃木農試研報 35 : 51-62.
- 金子友昭 (2000) 剪定の実際. 果樹園芸大百科4ナシ. 農文協, 東京, pp.325-337.
- 島田智人・浅野聖子・須賀昭雄・六本木和夫・酒井雄作 (2013) ニホンナシ‘彩玉’における高品質果実安定生産技術 (第一報). 埼玉農総研報 12 : 32-37.
- 多比良和生 (2007) 農業技術大系果樹編第3巻枝306. 農文協, 東京, pp.34-38.
- 平田克明・秋元稔万・小林英郎 (1980) 日本梨幸水, 新水の品種特性及び生産力増強に関する研究. 広島果試研報 6 : 19-24.
- 水戸部 満 (2000) 果実の大きさと着果量. 果樹園芸大百科4ナシ. 農文協, 東京, pp.143-147.

Effect of branch age and density of lateral branch on yield and fruit quality in Japanese Pear ‘Keisui’

Keisuke KAGAWA¹, Hidenori ICHIGE, Iwao TERAKADO and Akira SHIMIZU

Summary

In order to obtain an index at the time of pruning the Japanese pear, ‘Keisui’, we studied how the age and density of lateral branches affect the fruit yield and quality of the pear. It was observed that the fruit weight and yield of 2-5 years old lateral branches were superior to those of 1 year old lateral branches. Therefore, it was suggested that 2-5 years old lateral branches were ideal for mainstream use. Also, positive correlations were observed between the density of lateral branches and the yield over a 10a area.

From these results, we concluded that a lateral branch density greater than 350cm/m² is necessary to attain a yield higher than 5t/10a for the Japanese pear, ‘Keisui’.

Keywords : Japanese pear, ‘Keisui’ , density of lateral branches, yield, fruit quality

1 Address : Ibaraki Agricultural Center Horticultural Research Institute, 3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan

ニホンナシ ‘恵水’ 果実の収穫後生理特性および

1-MCP 処理による品質保持効果

坂本宏平¹⁾・加川敬祐・中村宣貴²⁾・梶山康平³⁾・石井 貴

(茨城県農業総合センター園芸研究所)

要約

ニホンナシ ‘恵水’ 果実を対象に収穫後の呼吸速度、エチレン生成速度、エタノール生成速度および 1-MCP 処理による品質保持効果を検討した。その結果、各生成速度と保存温度および着色程度とは、果実品質の変化に強い関連性があり、各生成速度が高く、着色程度の進行した果実において品質低下が早まることが明らかとなった。さらに、1-MCP 処理により、処理直後および冷蔵後における呼吸速度およびエタノール生成速度は抑制されると共に、果実品質が保持されることが明らかとなった。また、冷蔵後における品質低下を抑制する手段として、果皮色に緑色が残る状態で収穫することも有効であると考えられた。

キーワード：ニホンナシ ‘恵水’，収穫後生理，1-MCP，果実品質，冷蔵

1 はじめに

‘恵水’ は、茨城県農業総合センター生物工学研究所において、1994 年に ‘新雪’ に ‘筑水’ を交配して得られた実生から選抜され、2011 年 12 月 6 日に品種登録された茨城県育成のニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) の新品種である。果実は平均一果重 600g 前後と大果であり、糖度は 13% 前後と高く、食味が優れる (尾形ら、2015)。県内産地では、ブランド化に向け、高級果実販売店での販売や海外輸出に向けた取組みが検討されている。また、収穫時期が他の中生品種と重なるため、貯蔵出荷も検討され、果実品質を長期間保つための品質保持技術の確立が求められている。しかし、品質低下の主な要因である呼吸速度や果実の成熟等に影響を与えるエチレン (永田、2018)、あるいは、果実の成熟や老化等により促進され香気に影響を与えるエタノール (上田、2002) の生成等、生理活性を評価するうえで重要な特性が未解明である。

青果物の品質保持技術としては、一般に温度制御が最も有効であり、更に湿度制御、ガス環境 (酸素、二酸化炭素、エチレン) 制御、光制御、圧力制御などが挙げられる (永田、2018)。一方で、エチレン作用阻害剤である 1-methylcyclopropene (1-MCP) は、エチレン受容体に結合し、エチレンによって誘導される生理現象を抑制する効果があり、リンゴをはじめとした園芸品目で世界的に利用されている (Watkins, 2008)。日本では、2010 年にリンゴ、ナシ、カキの品質保持を目的とした植物成長調整剤として農薬登録されている。ナシでは、‘幸水’ ‘豊水’ などの主要品種において、果実軟化、表面色や地色の進行を抑制し、障害果の発生を抑制するなどの効果が報告されている (島田ら、2011; 戸谷ら、2018)。しかし、品質保持効果に必要な処理濃度および処理時間は、果実の種類や品種、成熟ステージなどにより大きく異なることから (Blankenship ら、2003)、同一品目であっても品種ごとの評価が不可欠である。

そこで、本研究では、‘恵水’ 果実収穫後の呼吸速度、エチレン生成速度、エタノール生成速度を明らかにするとともに、1-MCP の処理直後および冷蔵後における呼吸速度や果実品質等を評価し、1-MCP の ‘恵水’ に対する品質保持効果を明らかにしたので報告する。

1) 現 茨城県産業戦略部中小企業課

2) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構食品研究部門

3) 現 茨城県農業総合センター生物工学研究所

2 材料および方法

2.1 ‘恵水’ 果実の収穫後生理特性の評価

2017年9月19日および2018年9月12日に収穫した茨城県農業総合センター園芸研究所植栽の‘恵水’果実を供試した。収穫時の着色程度は‘恵水’用表面色カラーチャート値（茨城のナシ産地改革支援協議会作成，茨城県農業総合センター園芸研究所監修 以下CC）により，CC2.5をやや未熟，CC3～4を適熟，CC4.5を過熟とする区を設け，実験には出荷規格において5kg箱の果実数8～12玉の区分となる400以上650g未満の果実を用いた。

呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度は通気法（川越，2019）により，20℃および2℃で，収穫1日後から収穫6日後まで，酸素21.0%，窒素79.0%設定の混合ガスを果実の入ったチャンバに一定量流し，ガスクロマトグラフ（GC-2010，（株）島津製作所）により継時的に測定した。1チャンバ当たりの果実数は20℃では各5果，2℃では各15果とし，1チャンバ当たりの果実重は，いずれもCC2.5，CC3～4，CC4.5の順に，2017年の20℃では3.14kg，3.22kg，3.11kg，2℃では8.06kg，8.71kg，7.99kg，2018年の20℃では2.81kg，2.67kg，2.72kg，2℃では8.16kg，7.70kg，7.76kgとした。対照品種として，熟期が同時期（茨城県農業総合センター，2016）の県内主要中生品種である‘豊水’を供試した。‘豊水’は適熟（「茨城県梨組合連合会・茨城県監修なし選果基準表」熟度基準2）で2017年9月13日および2018年9月5日に収穫した果実を用いた。1チャンバ当たりの果実数は恵水と同様で，1チャンバ当たりの果実重は，2017年の20℃では2.87kg，2℃では6.35kg，2018年の20℃では2.44kg，2℃では7.19kgとした。

果実品質は，果皮色，地色，果肉硬度，糖度，食味について，2018年に収穫した果実を20℃および2℃で保存し，収穫1日後および収穫8日後に各9～11果調査した。表面色は，‘恵水’用表面色カラーチャート，地色は，地色用カラーチャート（ニホンナシ地色，富士平工業（株））により評価した。果肉硬度は，果実硬度計（FCF-372，（株）富士平工業）により果実縦断面の果肉中央部2ヶ所を測定し，その平均値とした。糖度は，果実縦断面から対角にくし型で切り出し，果皮・果芯を除いた果肉搾汁液をBrix糖度計（PAL-1，（株）アタゴ）で測定した。食味指数は，1名の評価者が1果ずつ評価した。

2.2 1-MCP処理が‘恵水’果実の収穫後生理特性に及ぼす影響

2019年9月11日に園芸研究所内で収穫した‘恵水’果実を供試した。実験は収穫直後と冷蔵後に分けて行った。1-MCP処理は，Agro Fresh社製0.14%薬剤を160mg秤取り，果実を入れた100Lのプラスチック製密閉容器内に入れて気化させ（1気圧，20℃条件下で0.1mlに相当）（樫村，2012），農薬登録上の処理濃度の1ppmになるようにして実施した。

収穫直後の実験では，CC3で収穫した400以上650g未満の果実を収穫1日後から常温で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度の測定は，収穫4日後～8日後まで20℃で経時的に実施し，処理区と対照区はそれぞれ3反復設けた。1チャンバ当たりの果実数は5果で，1チャンバ当たりの果実重は，処理区で2.48～2.51kg，対照区で2.46～2.51kgとした。調査方法等，その他の条件は，2.1と同様とした。

冷蔵後の実験では，CC2.5および3で収穫した400以上650g未満の果実を収穫2日後から0～1℃で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫1日後まで常温保存し，収穫1日後から収穫90日後は0～1℃・90%RHで冷蔵した。呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度の測定は，冷蔵1日後～6日後まで，20℃で経時的に実施し，処理区と対照区はそれぞれ2反復設けた。1チャンバ当たりの果実数は5果とし，1チャンバ当たりの果実重は，CC2.5では処理区で2.63kg，対照区で2.58～2.62kg，CC3では処理区で2.54kg，対照区で2.46～2.47kgとした。調査方法等，その他の条件は，2.1と同様とした。

2.3 1-MCP処理が‘恵水’の果実品質に及ぼす影響

2019年9月18日に園芸研究所内で収穫したCC3で400以上650g未満の‘恵水’果実を供試した。1-MCP処理は，2.2と同様の方法・濃度で収穫1日後から常温で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫2日後まで常温保存し，収穫2日後からは20℃・70～80%RHに設定した人工気象器内で保存した。

果実品質は、重量減少率、表面色、地色、果肉硬度、糖度、劣化・障害果実の発生、官能評価について、収穫直後および収穫 7, 9, 14, 21, 28 日後に各 9~10 果調査した。重量減少率は、収穫時と果実品質調査時との一果重（パーソナル天秤 EJ-4100B, (株) エー・アンド・デイ）の差から算出した。劣化・障害果については、果肉水浸は果肉が全体的に明瞭に透通った状態、果芯腐敗は芯部が一部明瞭に腐敗、果面腐敗は果実表面が一部でも腐敗した状態、果肉障害は佐久間（2002）のみつ指数調査基準を参考に 1cm² 以上の症状又は小斑点がかなりの面積を占める状態以上となったものを発生果とした。官能評価は、15~19 名により実施した。表面色、地色、果肉硬度、糖度の調査方法、その他の条件は、2. 1 と同様とした。

2. 4 1-MCP 処理が‘恵水’の冷蔵後の果実品質に及ぼす影響

2019 年 9 月 18 日に研究所内で収穫した CC2.5 および 3 で 400 以上 650g 未満の‘恵水’果実を供試した。1-MCP 処理は、2. 2 と同様の方法・濃度で収穫 2 日後からの 0~1°C で 20 時間処理し、対照区は 1-MCP 処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫 1 日後まで常温保存し、収穫 1 日後から収穫 78 日後は 0~1°C・90%RH で冷蔵し、冷蔵後は 21 日間 20°C・70~80%RH 設定の人工気象器内で保存した。

果実品質は、重量減少率、表面色、地色、果肉硬度、糖度、劣化・障害果実の発生、官能評価について、収穫直後および冷蔵後 0, 7, 13, 21 日後に各 9~10 果調査した。調査方法等、その他の条件は 2. 3 と同様とした。

3 結果および考察

3. 1 ‘恵水’果実の収穫後生理特性の評価

‘恵水’の呼吸速度およびエタノール生成速度は、20°C では CC の高い果実ほど高く、収穫後日数が経過するにつれて増加した（図 1, 2）。一方、両生成速度は 2°C では 20°C に比べて低く、いずれの CC も同程度で推移した。エチレン生成速度は、20°C では CC の高い果実ほど高いが、2°C では 20°C に比べて低く、いずれの CC も同程度で推移した（図 3）。また、適期収穫の‘豊水’と比べると、収穫時 CC2.5 のエタノール生成速度が同程度で推移した以外は、各生成速度ともに 20°C では高く推移し、2°C では同程度であった。以上より、収穫後の‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は、保存温度および収穫時の CC、すなわち着色程度の違いにより大きく異なることが明らかとなった。

果実品質は、収穫 1 日後では CC が高いほど地色は高く、糖度も同様の傾向で CC2.5 と CC4.5 の間には有意差が認められた。一方、硬度は有意差が認められなかった（表 1）。食味において、香りは CC3 - 4 が高く、シャリ感は有意差が認められず、総合は $CC3 - 4 \geq CC2.5 \geq CC4.5$ となり、CC3 - 4 と CC4.5 の間で有意差が認められた。収穫 8 日後では、20°C では CC2.5 は CC4.5 に比べて硬度は有意に高く、食味はいずれの項目も CC3 - 4 および CC4.5 より明らかに高かった（表 2）。一方、2°C ではいずれの CC も収穫 1 日後の傾向とほぼ同様であった。収穫直後の果実品質は特に CC3 - 4 が優れるが、20°C では収穫 8 日後には品質低下が認められ、CC2.5 は日持ち性が優れる傾向にあること、2°C ではいずれの CC でも品質低下を抑制することが明らかとなった。

青果物の呼吸速度と品質劣化には密接な関係があり（濱渦, 2019）、エタノール生成は果実の成熟や老化により促進され香気に影響を与えるとされている（上田, 2002）。‘恵水’果実においても、保存温度および CC と各生成速度とは果実品質の変化に関連性が認められ、特に呼吸速度が高い果実ほど果肉硬度および食味指数といった品質の低下が早まり、また、エタノール生成速度が高い果実ほど香りの悪化を招いたと推察される。

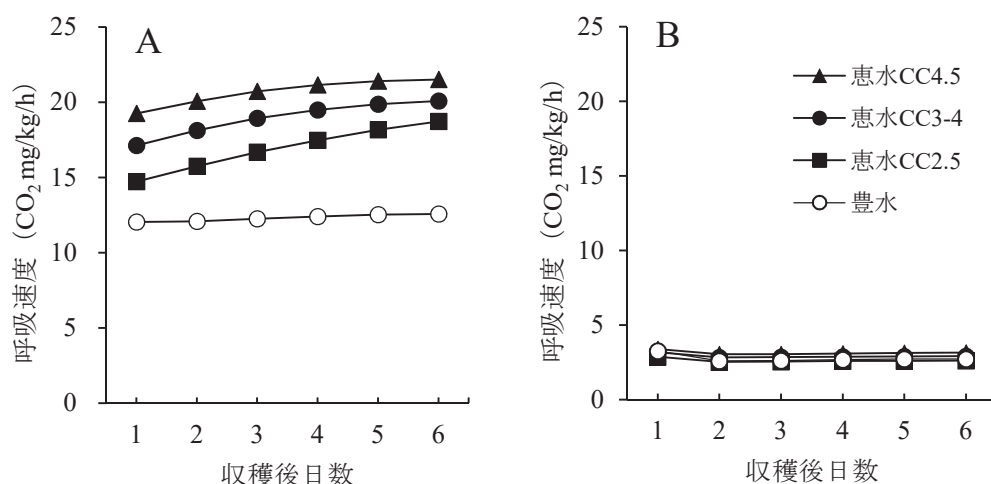


図1 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’の呼吸速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)
 2017年, 2018年の2ヶ年平均。凡例はA, B共通。所内で収穫盛期に収穫された‘恵水’, ‘豊水’ (適熟)。収穫日は, 2017年は‘恵水’ 9/19, ‘豊水’ 9/12, 2018年は‘恵水’ 9/12, ‘豊水’ 9/5, 一果重は‘恵水’ 400以上650g未満, ‘豊水’ 400以上500g未満である。供試数は, 20°Cは5果, 2°Cは15果。

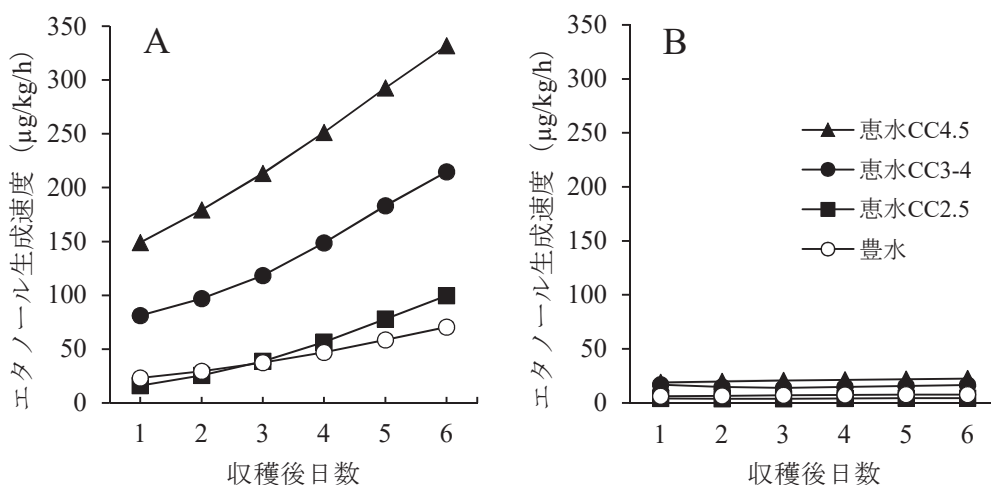


図2 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’のエタノール生成速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)
 実験条件及び凡例の表示は図1と同様

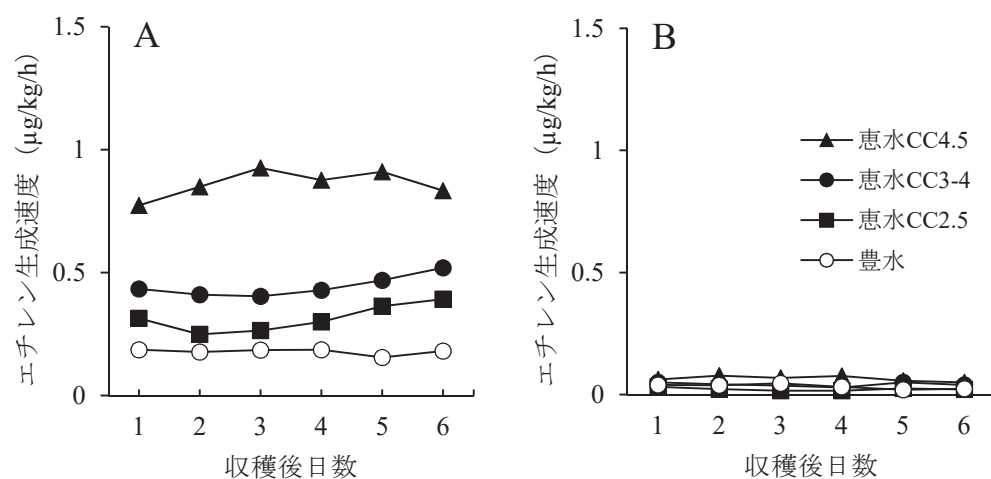


図3 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’のエチレン生成速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)
 実験条件及び凡例の表示は図1と同様

表1 収穫時のCCが収穫1日後の‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2018)

保存条件	収穫時果皮色 (CC)	表面色 ¹⁾ (CC)	地色 ¹⁾ (CC)	糖度 ¹⁾ (Brix%)	硬度 ¹⁾ (lbs)	食味指数 ¹⁾²⁾		
						香り	シャリ感	総合
20°C	2.5	2.5 c	3.7 c	12.6 b	5.6	4.1 b	4.5	4.3 ab
	3-4	3.4 b	4.4 b	13.0 ab	5.5	4.9 a	4.3	4.6 a
	4.5	4.5 a	4.8 a	13.8 a	5.6	4.0 b	4.3	3.6 b
有意性 ³⁾		**	**	*	n.s.	*	n.s.	*

1) CC及び食味指数はKruskal-Wallis検定, 他は分散分析により, **は1%, *は5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし (n=9~11)

2) 食味指数は果実毎に評価を実施して各項目5段階評価, 5(良い)~1(悪い)

3) 同一保存条件において, CC及び食味指数はSteel-Dwass法, 他はTukey-Kramer法により, 異なる文字間に5%水準で有意差あり (n=9~11)

表2 保存温度および収穫時のCCが収穫8日後の‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2018)

保存条件	収穫時果皮色 (CC)	表面色 ¹⁾ (CC)	地色 ¹⁾ (CC)	糖度 ¹⁾ (Brix%)	硬度 ¹⁾ (lbs)	食味指数 ¹⁾²⁾		
						香り	シャリ感	総合
20°C	2.5	3.1 b	4.5 b	12.9 b	5.3 a	4.2 a	4.1 a	4.3 a
	3-4	3.4 b	5.0 a	12.9 b	4.8 ab	3.4 b	2.6 b	2.7 b
	4.5	4.5 a	4.9 a	13.7 a	4.3 b	2.4 c	2.2 b	2.2 b
有意性 ³⁾		**	**	*	*	**	**	**
2°C	2.5	2.6 c	3.8 b	13.1 b	5.7	4.2	4.9 a	4.7
	3-4	3.5 b	4.7 a	12.7 b	5.5	4.7	4.5 ab	4.5
	4.5	4.5 a	4.8 a	14.2 a	5.3	3.9	3.6 b	3.7
有意性 ³⁾		**	**	**	n.s.	n.s.	*	n.s.

1) CC及び食味指数はKruskal-Wallis検定, 他は分散分析により, **は1%, *は5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし (n=9~11)

2) 食味指数は果実毎に評価を実施して各項目5段階評価, 5(良い)~1(悪い)

3) 同一保存条件において, CC及び食味指数はSteel-Dwass法, 他はTukey-Kramer法により, 異なる文字間に5%水準で有意差あり (n=9~11)

3. 2 1-MCP処理が‘恵水’果実の収穫後生理特性に及ぼす影響

‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は, 1-MCP処理により対照区の70~80%程度と低く推移し, 日数経過に伴う上昇を抑制する傾向であった(図4)。エチレン生成速度は, 両試験区ともに低く推移し, 試験区間差は認められなかった(データ省略)。冷蔵後の‘恵水’果実の呼吸速度は, 1-MCP処理により対照区の70%程度と低く推移し, 冷蔵後の保存日数の影響はほとんど認められなかった(図5)。エタノール生成速度は, 1-MCP処理により対照区の50~90%程度と低く推移し, 特にCC2.5では日数経過に伴う上昇を強く抑制した。エチレン生成速度は, いずれの試験区ともに低く推移し, 試験区間差は認められなかった(データ省略)。以上のことから, 1-MCP処理により, ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は, 処理直後および90日間冷蔵後ともに抑制されることが明らかとなった。

リンゴやニホンナシ, セイヨウナシを用いた研究では, 1-MCP処理による果実の呼吸速度およびエチレン生成速度の抑制効果が報告されており, 冷蔵時においても同様の効果が報告されている(Fanら, 1999; 立木, 2011; Ekmanら, 2004; Liら, 2009)。また, セイヨウナシでは, 1-MCP処理によりエタノールを含む揮発性成分の生成を抑制する効果が報告されている(Argentaら, 2003)。本研究で得られた‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度の測定結果はこれらの報告と同様で, 1-MCP処理は‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度を抑制する手法として有効であり, その効果は90日間の冷蔵後にも継続すると考えられる。一方, ‘恵

水’果実のエチレン生成速度は非常に低いことから、今回用いた通気法による測定精度では、1-MCP 処理のエチレン生成速度に及ぼす影響は判然としなかった。そのため、より精度の高い密閉法での測定等により、更に検討を進める必要があると考えられる。

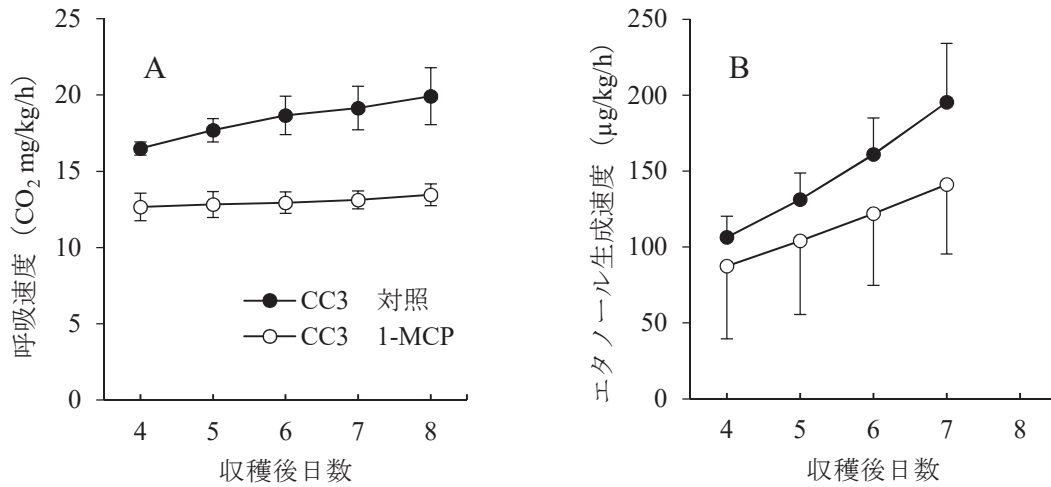


図4 1-MCP 処理が収穫後のナシ‘恵水’の呼吸速度 (A) およびエタノール生成速度 (B) に及ぼす影響 (2019)

凡例は両グラフ共通、保管温度は20°C、エラーバーは標準偏差を示す (n=3)、1区5果とし、測定は収穫4日後から実施

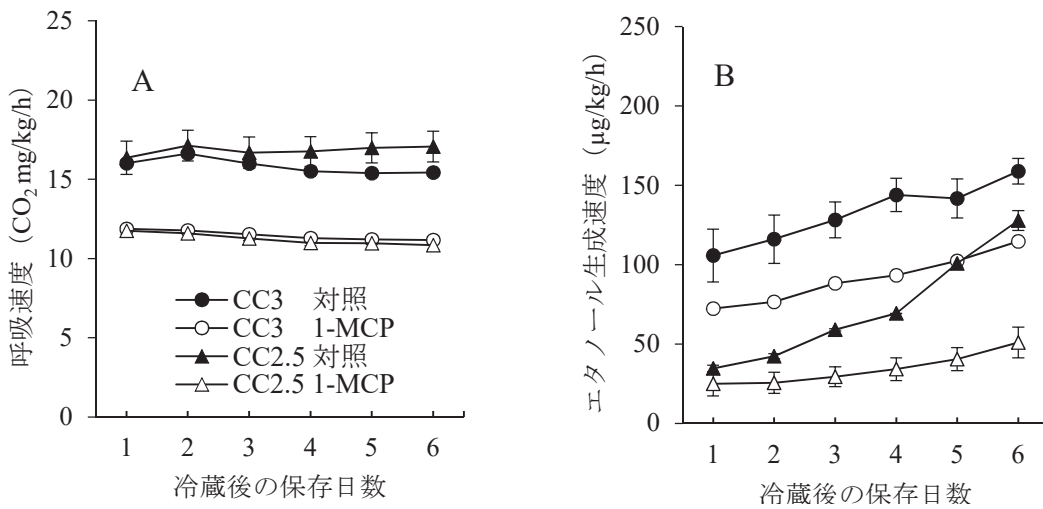


図5 1-MCP 処理が冷蔵後のナシ‘恵水’の呼吸速度 (A) およびエタノール生成速度 (B) に及ぼす影響 (2019)

凡例は両グラフ共通、エラーバーは最大値と最小値を示す (n=2)、1区5果とし、測定は冷蔵1日後から実施、収穫90日後まで約1°Cで冷蔵、冷蔵後は20°Cで保管して測定

3. 3 1-MCP 処理が‘恵水’の果実品質に及ぼす影響

‘恵水’の果実品質は、収穫7日後では1-MCP 処理による効果は認められなかったものの、収穫9、14、21日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制され、その効果は収穫後日数が経過するほど明らかだった (表3、図6)。ただし、収穫28日後には劣化・障害果の発生が多くなり、1-MCP 処理の効果はみられなくなった。一方、重量減少率、表面色および地色は、いずれの試験区でも1-MCP 処理による効果は認められなかった。

1-MCP 処理がニホンナシの果実品質に与える影響は大きく、特に‘幸水’および‘豊水’において、地色の保持、果肉硬度の低下や腐敗の抑制等の報告がなされている (戸谷ら, 2018)。本研究で用いた‘恵水’におい

ても、果肉硬度、劣化・障害果の発生数および官能評価に明確な差異があったことから、1-MCP 処理は品質保持の手法として有望であると考えられる。一方、表面色および地色については効果が認められなかった。1-MCP 処理は、収穫果実の成熟ステージによりその効果が異なるとの報告がある（樫村，2005；立木，2011）。CC3 で収穫した‘恵水’は、果皮の緑色がほぼ退色した状態であり、地色も同様の状態で収穫を行うため、緑色をある程度保持した状態で収穫する‘幸水’‘豊水’と比べ、緑色の退色に変化の余地が少ないことが原因の一つと推察される。

表3 1-MCP処理が収穫後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響（2019）

収穫後 日数 ¹⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ²⁾ (CC)	地色 ²⁾ (CC)	硬度 ³⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁴⁾				官能評価 ⁵⁾		
						果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	計	香り	しゃり感	総合
1日	無	0.0	3.1	4.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	3.9	4.1	4.1
7日	無	1.9	3.4	5.0	4.9	1/10	0/10	0/10	1/10	3.8	3.8	3.7
	有	1.8	3.3	4.9	5.0	0/10	0/10	0/10	0/10	3.6	3.2	3.6
9日	無	2.3	3.5	5.0	4.6	1/10	1/10	0/10	2/10	3.0	2.9	3.1
	有	2.3	3.4	4.9	5.2	0/10	0/10	0/10	0/10	3.5	3.8	3.8
14日	無	3.4	3.5	5.1	4.3	2/10	3/10	0/10	5/10	2.2	2.0	2.2
	有	3.5	3.4	5.0	5.0	0/10	1/10	0/10	1/10	3.6	3.7	3.8
21日	無	6.2	3.6	5.1	2.7	9/10	10/10	6/10	10/10	1.3	1.1	1.1
	有	5.2	3.5	5.1	4.8	1/10	3/10	0/10	3/10	2.9	3.1	3.0
28日	無	10.4	— ⁶⁾	—	—	9/9	9/9	9/9	9/9	—	—	—
	有	7.8	—	—	—	5/10	9/10	7/10	9/10	—	—	—

1) CC3で9/18収穫，収穫時の糖度は12.7±0.2%（平均値±標準誤差，n=10）

9/19～20常温（平均22.2℃）で20時間1-MCP処理，その後は20℃（湿度70～80%）で保存

2) 有意性はマンホイットニーのU検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）

3) 有意性はt検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）

4) 劣化・障害発生果実数について各々種類別に集計，劣化・障害果数/調査果数を示す

果肉水浸は発生程度0～2（0：健全な果実，1：果肉が全体的にうっすらと透通った状態，2：果肉が全体的に明瞭に透通った状態）で2を，果芯腐敗は発生程度0～3（0：健全な果実，1：芯部がうっすらと変色，2：芯部が一部明瞭に腐敗，3：芯部全体が腐敗）で2以上を，果面腐敗は発生した時点を，それぞれ劣化・障害果とした

5) 評価者（所員等15～19名）による，5（良好）～1（不良）の5段階評価

有意性はウィルコクソン符号付順位と検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）

6) 表中の—は未調査であることを示す



図6 収穫21日後の果実の状態（左：1-MCP処理，右：無処理）

3. 4 1-MCP処理が‘恵水’の冷蔵後の果実品質に及ぼす影響

CC3で収穫した‘恵水’の果実品質は，冷蔵出庫7日後では1-MCP処理による効果は認められなかったもの

の、13日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制され、21日後では果肉硬度の低下が抑制された(表4)。CC2.5で収穫した‘恵水’の果実品質は、冷蔵出庫7日後では表面色の進行、果肉硬度の低下、シャリ感の低下が抑制され、13日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生、官能評価の低下が抑制され、21日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生が抑制された(表5)。以上から、1-MCP処理は78日間冷蔵後の‘恵水’の果実品質の低下を抑制することが明らかとなった。また、CC2.5で収穫した果実は、CC3に比べ、表面色および地色の進行と劣化・障害果の発生が抑制され、官能評価は同等からやや優れる傾向であった。

リンゴにおいては、品種において違いはあるものの、長期冷蔵後の品質低下を抑制する手段として1-MCP処理は有望という報告(葛西ら, 2019)がありすでに実用化されている。ニホンナシ‘恵水’においても、本報告の結果から、冷蔵後の品質低下を抑制する手段として1-MCP処理は有望であると考えられる。また、果皮色に緑色が残る状態で収穫することは、冷蔵後における品質低下をより長期間抑制する手段として期待できるため、さらに長期の冷蔵での品質保持を図るには、より低いCCでの1-MCP処理の検討も行う必要がある。

一方で、1-MCP処理は果実本来の香りの高まりを抑制する効果が報告されている(櫻村, 2005; 葛西ら, 2019)。
‘恵水’においては、有意差は認められなかったもののCC3およびCC2.5で収穫した果実の冷蔵出庫直後の無処理区の[香り]の評価がわずかに優れる傾向がみられた。これらのことは、1-MCP処理は‘恵水’果実の香りを抑制する可能性を示唆しており、香气成分の分析や今回とは異なるCCで処理した場合の[香り]の評価など、更に検討を行う必要がある。

表4 1-MCP処理がCC3で収穫した冷蔵後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響(2019)

収穫後 日数 ¹⁾	冷蔵 出庫後 日数 ²⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ³⁾ (CC)	地色 ³⁾ (CC)	硬度 ⁴⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁵⁾					官能評価 ⁶⁾		
							果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	果肉 障害	計	香り	シャリ感	総合
1日	—	無	0.0	3.1	4.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.9	4.1	4.1
78日	0日	無	1.0	3.6	5.0	4.9	0/10	1/10	0/10	1/10	1/10	3.5	3.3	3.2
		有	1.0	3.4	5.0	4.8	0/10	1/10	0/10	0/10	1/10	3.1	3.6	3.5
85日	7日	無	3.0	3.7	5.0	4.8	0/10	3/10	0/10	0/10	3/10	3.3	3.1	3.1
		有	2.9	3.6	5.0	4.8	0/10	3/10	1/10	0/10	3/10	3.4	3.3	3.3
91日	13日	無	4.6	3.6	5.1	3.9	3/10	10/10	1/10	0/10	10/10	2.5	1.7	2.0
		有	4.3	3.5	5.0	4.7	1/10	2/10	0/10	0/10	2/10	2.9	3.5	3.2
99日	21日	無	6.6	3.8	5.0	3.2	7/9	9/9	6/9	0/10	9/9	— ⁷⁾	—	—
		有	6.3	3.5	5.0	4.3	3/10	7/10	2/10	0/10	8/10	—	—	—

1) 9/18収穫、収穫時の糖度は12.7±0.2% (平均値±標準誤差, n=10)

9/19~12/5まで0~1℃冷蔵、1-MCP処理は9/20~21まで20時間実施

2) 20℃(湿度70~80%)での保存開始後の日数を示す

3) 有意性はマンホイットニーのU検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

4) 有意性はt検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

5) 劣化・障害果数について各々種類別に集計、劣化・障害果数/調査果数を示す

果肉水浸は発生程度0~2(0:健全な果実, 1:果肉が全体的にうっすらと透通った状態, 2:果肉が全体的に明瞭に透通った状態)で2を, 果芯腐敗は発生程度0~3(0:健全な果実, 1:芯部がうっすらと変色, 2:芯部が一部明瞭に腐敗, 3:芯部全体が腐敗)で2以上を, 果面腐敗は発生した時点を, 果肉障害は発生程度0~3(0:健全な果実, 1:1cm未満の症状, 2:1cm以上の症状, または小斑点がかなりの面積を占める, 3:梗基部・ていあ部で1/4以上, または赤道部1/8以上の症状)で2以上を, それぞれ劣化・障害果とした

6) 評価者(所員等15~20名)による, 5(良好)~1(不良)の5段階評価

有意性はウィルコクソン符号付順位和検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

7) 表中の—は未調査であることを示す

表5 1-MCP処理がCC2.5で収穫した冷蔵後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2019)

収穫後 日数 ¹⁾	冷蔵 出庫後 日数 ²⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ³⁾ (CC)	地色 ³⁾ (CC)	硬度 ⁴⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁵⁾					官能評価 ⁶⁾		
							果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	果肉 障害	計	香り	シャリ感	総合
1日	—	無	0.0	2.5	3.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.6	4.1	3.6
78日	0日	無	1.0	3.0	4.7	4.8	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.8	4.1	4.1
		有	0.9	3.0 ^{ns}	4.6 ^{ns}	4.7 ^{ns}	0/10	0/10	0/10	1/10	1/10	3.5 ^{ns}	3.9 ^{ns}	3.7 ^{ns}
85日	7日	無	2.8	3.3 [*]	5.0	4.7 [*]	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.5	3.1 [*]	3.3
		有	2.5	3.0	4.8 ^{ns}	5.2 [*]	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.4 ^{ns}	3.6 [*]	3.4 ^{ns}
91日	13日	無	4.4	3.2 ^{ns}	5.0	4.2 [*]	1/10	6/10	0/10	0/10	7/10	3.0	2.1 [*]	2.4 [*]
		有	4.1	3.2	5.1 ^{ns}	4.6	2/10	0/10	0/10	0/10	2/10	3.1 ^{ns}	3.9	3.4
99日	21日	無	6.3	3.2 ^{ns}	5.0	3.4 [*]	3/10	10/10	3/10	0/10	10/10	— ⁷⁾	—	—
		有	8.1	3.2	5.0 ^{ns}	4.2	1/10	6/10	3/10	0/10	7/10	—	—	—

1) 9/18収穫，収穫時の糖度は12.5±0.1% (平均値±標準誤差，n=10)

9/19～12/5まで0～1℃冷蔵，1-MCP処理は9/20～21まで20時間実施

2)～7) 表4と同様

摘要

ニホンナシ‘恵水’果実の収穫後生理特性および1-MCP処理による品質保持効果を検討した。その結果，次のことが明らかとなった。

1. ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は，保存温度および収穫時のCCの違いにより大きく異なった。果実品質は保存温度が高く (20℃>2℃) かつ収穫時のCCが高い方 (CC4.5>CC3-4>CC2.5) が早期に低下した。‘豊水’と比べると，20℃ではやや高く，2℃では同程度であった。
2. ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は，1-MCP処理により，処理直後および90日間の冷蔵後ともに抑制された。
3. ‘恵水’の果実品質は，1-MCP処理により，果肉硬度の低下，劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制された。
4. 78日間冷蔵した‘恵水’の果実品質は，1-MCP処理により，果肉硬度の低下，劣化・障害果の発生，官能評価の低下が抑制され，冷蔵出庫後日数が経過するほどその差は顕著であった。また，CC2.5で収穫した果実は，CC3に比べ，劣化・障害果の発生が抑制される傾向がみられた。

謝辞

本研究は，国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下農研機構）の依頼研究員受入れ制度および農研機構と茨城県農業総合センターとの共同研究契約「茨城県産青果物の貯蔵特性，輸送耐性解明に関する研究」により，農研機構食品研究部門食品加工流通研究領域食品流通システムユニットの実験施設をお借りして研究を行った結果です。同ユニットの永田雅靖ユニット長，並びに同ユニットの皆様には多大なる御協力を賜りました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Argenta, L.C. Fan, X. and Mattheis, J.P. (2003) Influence of 1-methylcyclopropene on Ripening, Storage Life, and Volatile Production by d’Anjou cv. Pear Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:3858-3864.
- Blankenship, S. M. and DOLE, J.M. (2003) 1-Methylcyclopropene : a review . *Postharvest Biology and Technology*. 28 : 1-25.
- Ekman, J.H. Clayton, M. Biasi, W.V. Mitcham, E.J. (2004) Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for ‘Bartlett’ pears. *Postharvest Biology and Technology* 31:127-136.
- Fan, X. Blankenship, S. M. and Mattheis, J.P. (1999) 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening. *Journal of American Society for Horticultural Science* 124:690-695.
- 濱渦康範 (2019) 収穫後の生理 呼吸. 青果物の鮮度評価・保持技術 (阿部一博監修) (株)エヌ・ティー・エス, 東京, pp.3-13.
- 茨城県農業総合センター (2016) 茨城県果樹栽培基準. I 品種特性. 1 ナシ : 1.

- 葛西 智・小林 達・工藤 剛・後藤 聡 (2019) リンゴの長期貯蔵に適する品種および貯蔵技術の組み合わせ. 園学研. 18(2) : 173-184.
- 樫村芳記 (2005) 新規鮮度保持剤 1-MCP の作用機構と利用の展望. 日本農薬学会誌 30(3) : 262-264.
- 樫村芳記 (2012) 1-MCP の最新動向. 農産物流通技術 2012 (農産物流通技術研究会編) : 85-90.
- 川越義則 (2019) 呼吸速度測定法. ポストハーベスト工学事典 (農業食料工学会編) (株)朝倉書店, 東京, pp.12-13.
- Li,Z. and Wang,L. (2009) Effect of 1-methylcyclopropene on Ripening and Superficial Scald of Japanese Pear (Pyrus pyrifolia Nakai, cv. Akemizu) Fruit at Two Temperatures. Food Science and Technology Research 15(5):483-490.
- 永田雅靖 (2018) 青果物の鮮度に関する収穫後生理学. 食糧-その科学と技術-56 : 43-66.
- 尾形夏海・喜多晃一・郷内 武・霞 正一・佐久間文雄・石井亮二 (2015) ニホンナシ新品種 ‘恵水’ の育成. 茨城農総生工研研報 15 : 53-58.
- 佐久間文雄 (2002) ニホンナシ ‘豊水’ におけるみつ症発生に係わる栽培要因の解明に関する研究. 茨城農総セ園研特別研報 2 : 2-3.
- 島田智人・浅野聖子・六本木和夫・須賀昭雄 (2011) ニホンナシに対する 1-メチルシクロプロペン処理の効果. 農業および園芸 86(8) : 789-797.
- 立木美保 (2011) リンゴ果実のエチレン生成量が 1-MCP による鮮度保持効果を左右する. 農業および園芸 86(7) : 725-731.
- 戸谷智明・安藤利夫・鈴木 健 (2018) 1-MCP 処理時の冷蔵が ‘幸水’ および ‘豊水’ の鮮度保持に及ぼす影響. 園芸学研究第 17 巻別冊 2 : 361 (講要).
- 上田悦範 (2002) 青果物の香气生成とストレス. 日本食品保蔵学会誌 28(1) : 41-45.
- Watkins, C. B. (2008) Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. HortScience 43: 86-94.

Postharvest Physiology and Storage Quality of Japanese Pear

‘Keisui’ Treated with 1-methylcyclopropene

Kohei SAKAMOTO¹, Keisuke KAGAWA, Nobutaka NAKAMURA,

Kohei KAJIYAMA and Takashi ISHII

Summary

We evaluated the respiration rate, ethylene production rate, ethanol production rate and the quality preservation effects of 1-MCP of the Japanese pear ‘Keisui’. As a result, we found that each production rate, storage temperature and the coloring degree of the fruit were strongly related to changes in fruit quality. The quality of fruits that had high production rates and advanced coloring deteriorated earlier. In addition, it was clarified that 1-MCP treatment not only suppressed the respiration rate and ethanol production rate immediately after the treatment and after refrigeration, but also preserved the quality of the fruit. As a means of suppressing quality deterioration after refrigeration, it was also considered effective to harvest the fruits while green colored parts of the peel remained.

Keywords : Japanese pear ‘Keisui’, postharvest physiology, 1-methylcyclopropene, fruit quality, refrigeration

¹ Address : Ibaraki Agricultural Center Horticultural Research Institute, 3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan

茨城県におけるダイズ‘里のほほえみ’の特性および安定生産技術

四宮一隆¹⁾・生井幸子・寺門ゆかり²⁾・豊田蓉子³⁾・青木隆治⁴⁾・宮本 勝⁵⁾

(茨城県農業総合センター農業研究所)

要約

ダイズ‘里のほほえみ’は、対照品種のダイズ‘タチナガハ’と比較して、開花期は1日遅く、成熟期は3日早く、収量と品質は同等かつ、青立ち症状の発生が少なく、豆腐としての食味は同等以上である。また、ダイズモザイクウイルスと紫斑病に対する抵抗性と、難裂莢性の特性を有する。以上より、2015年に‘里のほほえみ’を本県の奨励品種として採用し、‘タチナガハ’からの品種転換を進めている。また、本県における‘里のほほえみ’の安定生産に適する栽培法として、播種適期の晩限は7月10日、適期より遅い播種期の場合は、狭畦栽培とすることが適していると推察された。

キーワード：ダイズ，‘里のほほえみ’，奨励品種，収量，播種期，狭畦栽培

1 はじめに

ダイズ‘タチナガハ’は1986年に茨城県の奨励品種に採用され、以降、本県のダイズの主力品種として普及し、作付面積の約6割を占めており、関東各県においても同様に主力品種として広く作付けられていた。しかし、‘タチナガハ’は、青立ち症状が多発し、収穫時期の遅れに伴う裂莢による減収や品質の低下が問題となっており、生産現場からは新品种の導入が求められてきた。2009年に育成された新品种‘里のほほえみ’は青立ちしにくく難裂莢性であり（菊池ら，2011），収穫時期の遅れに伴う裂莢による減収や品質の低下が改善できる可能性が考えられた。また，‘里のほほえみ’は，ダイズモザイクウイルスと紫斑病に対する抵抗性を有し，病害抵抗性に優れる（菊池ら，2011）。そこで，本県では奨励品種決定調査において，‘里のほほえみ’の栽培性と豆腐の食味官能評価を調査した。その結果，両者ともに良好な結果が得られたため，2015年に‘里のほほえみ’を奨励品種（認定品種）に採用し，‘タチナガハ’からの品種転換を進めている。2019年産の本県の品種別の作付面積比率において，‘里のほほえみ’が65%，‘タチナガハ’が2%であることから，品種転換は順調に進んでいる。関東各県や北陸地域においても‘里のほほえみ’の栽培性について調査され，良好な結果が得られたことから，関東地域では‘タチナガハ’，北陸地域では‘エンレイ’といった既存品種から‘里のほほえみ’への品種転換が進み，今後，東日本地域での作付面積の拡大が期待される。

本県においても，‘里のほほえみ’への品種転換を速やかに進めるため，2014年～2016年に試験課題「大豆有望品種における高品質・安定栽培技術の確立」に取り組み，‘里のほほえみ’において，目標収量250kg/10aと，農産物検査における一等最高限度である被害粒及び未熟粒混入率15%以下（農林水産省，2001）を達成できる栽培条件を明らかにした。本報では，茨城県における‘里のほほえみ’の栽培適性と，目標収量250kg/10aと，被害粒及び未熟粒混入率15%以下を達成できる栽培法について報告する。

-
- 1) 現 茨城県県西農林事務所坂東地域農業改良普及センター
 - 2) 現 茨城県県南農林事務所経営・普及部門
 - 3) 元 茨城県農業総合センター農業研究所
 - 4) 現 茨城県鹿行農林事務所行方地域農業改良普及センター
 - 5) 現 茨城県農業総合センター生物工学研究所

2 ‘里のほほえみ’の来歴および育成地における特性評価

‘里のほほえみ’は、1996年に東北農業試験場作物開発部大豆育種研究室（現 東北農業研究センター大豆育種研究東北サブチーム）において、ダイズモザイクウイルス抵抗性で大粒良質の品種育成を目標に、ダイズモザイクウイルス抵抗性系統の‘東北129号’を母，極大粒系統の‘刈交0264MYF₆’を父とした人工交配を行い，以降，選抜・固定して育成された品種である（図1）。2003年から‘刈系703号’として生産力検定予備試験，系統適応性検定試験および特性検定試験等に供試され，ダイズモザイクウイルスに強く，大粒良質で耐倒伏性も優れたことから2005年に‘東北160号’の地方番号が付され，以降，生産力検定試験，奨励品種決定調査および特性検定試験等に供試された。そして，2009年に‘里のほほえみ’の名称が付された。育成地における特性評価では，胚軸の色は緑，葉型は円型，花色は白であり，‘タチナガハ’との区別が可能であり，難裂莢性の特性を有する（表1）。ダイズモザイクウイルスのA, B, CおよびD系統に対して抵抗性を有し，ウイルス病圃場抵抗性は強である。紫斑病抵抗性は強であるが，ダイズシストセンチュウ抵抗性は，‘タチナガハ’と同様に弱である（表2）。

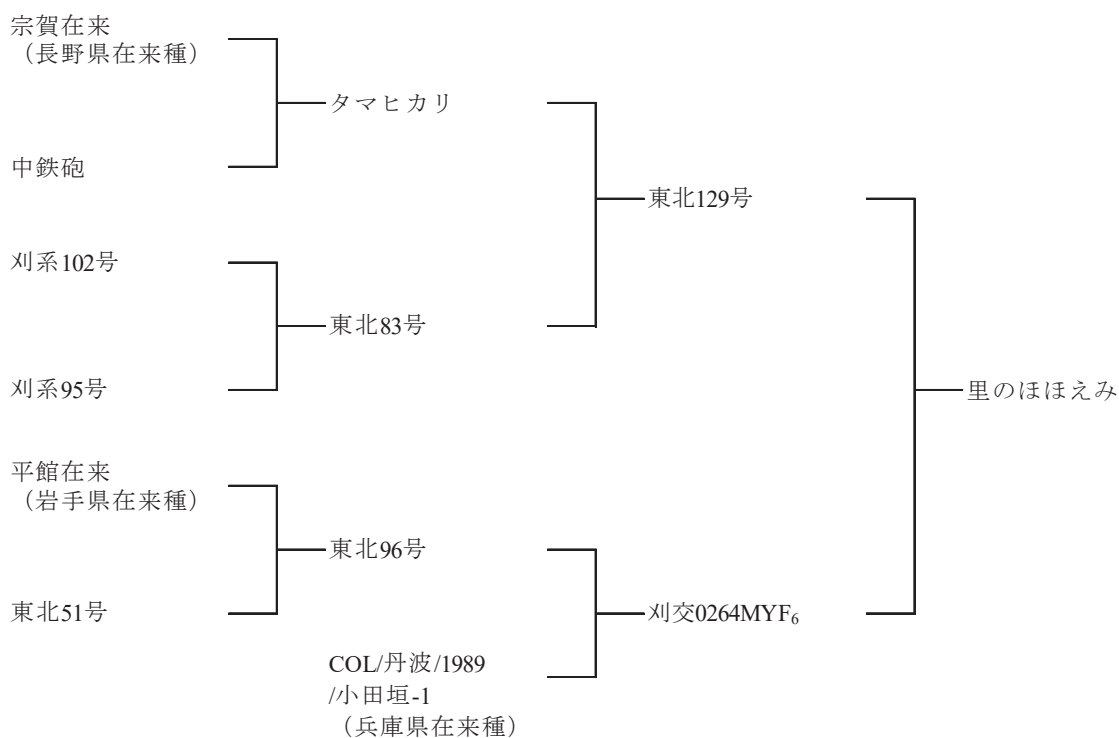


図1 ‘里のほほえみ’の系譜図（菊池ら，2011）

表1 ‘里のほほえみ’の形態的特性（菊池ら，2011）

品種	胚軸色	葉型	花色	毛茸色	熟莢色	粒の特性		裂莢性
						種皮色	臍色	
里のほほえみ	緑	円	白	白	中	黄白	黄	難
タチナガハ	紫	長	紫	白	中	黄白	黄	中

注) ‘タチナガハ’の特性は矢ヶ崎ら(2007)による。

表2 ‘里のほほえみ’生態的特性（菊池ら，2011）

品種	ダイズ モザイクウイルス	ダイズ シストセンチュウ	紫斑病
里のほほえみ	強	弱	強
タチナガハ	中	弱	強

3 茨城県における‘里のほほえみ’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、収量および品質調査は、茨城県水戸市の茨城県農業総合センター農業研究所作物研究室（表層腐植質黒ボク土，以下，水戸市），龍ヶ崎市の同研究所水田利用研究室（中粗粒灰色低地土，以下，龍ヶ崎市），筑西市現地圃場（細粒グライ土，以下，筑西市）で実施した。水戸市と龍ヶ崎市は2005年～2007年，2011年～2014年の合計7年，筑西市は2011年～2014年の4年実施した。対照品種は，‘タチナガハ’とした。豆腐の食味官能評価は，2013年筑西市産の‘里のほほえみ’を原料とした豆腐を評価した。

3.1.2 耕種概要および試験区構成

水戸市は，播種期が6月中旬，播種密度は8.3株/m²（畦間60cm・株間20cm），基肥量はN-P₂O₅-K₂O=3-10-10（kg/10a）を全面全層施用した。龍ヶ崎市は，播種期が6月下旬，播種密度は11.1株/m²（畦間60cm・株間15cm），基肥量はN-P₂O₅-K₂O=3-12-12（kg/10a）を全面全層施用した。筑西市は播種期が7月上旬，播種密度は11.1株/m²（畦間60cm・株間15cm），基肥は無施用とした。いずれの栽培地も中耕・培土は本葉第4葉展開時に子葉節まで，本葉第7葉展開時に初生葉節までの合計2回実施した。試験区は，龍ヶ崎市は15m²，水戸市と筑西市は9m²とし，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

開花期は，全株数の40%～50%が開花始に達した日として判定した。成熟期は，全株数の80%～90%の株の茎が大部分変色し，子実の大部分が品種特有の色を表し硬化した日とした。倒伏程度は，成熟期に主茎の傾斜角度が達観で0（5°以下），1（6～15°），2（16～25°），3（26～45°），4（46～65°），5（65°以上）の6段階評価とした。青立ち程度は，成熟期に達観で0（無）～5（甚）の6段階評価とした。主茎長，主茎節数，分枝数，莢数および最下着莢節位高は，成熟期に中庸な生育をしている10株を任意に抜き取り，調査した。子実重，百粒重，粗蛋白質含有率は，成熟期に試験区中央付近の2.5m²（水戸市），2.7m²（龍ヶ崎市），または1.9m²（筑西市）分の抜き取った株を初生葉節で切断し，網室等で乾燥後，脱穀，調製したサンプルで調査した。調製は，S社製大豆選別機と篩目7.3mmの篩で選別した後，目視で再度選別し

た。子実重と百粒重は水分15%換算値とした。子実水分は高周波容量式大豆水分計（K社製ダイザー）で測定した。粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置（F社製インフラテック1241型）で測定し、乾物換算値を用いた。粗蛋白質換算係数は6.25とした。外観品質は1（上の上）、2（上の中）、3（上の下）、4（中の上）、5（中の中）、6（中の下）、7（下）の7段階評価として、目視で判定した。豆腐の食味官能評価は、茨城県工業技術センターにおいて、2013年筑西市産の‘里のほほえみ’と‘タチナガハ’を原料とした豆腐で行った（中川ら，2014）。凝固剤は塩化マグネシウム、グルコノデルタラクトン、硫酸カルシウムの3種類を供試した。評価項目は、外観、色、におい、味、テクスチャーとした。これらの項目の評価は、‘タチナガハ’を基準（0）として、良い（2）、やや良い（1）、普通（0）、やや悪い（-1）、悪い（-2）の5段階で評価した。

3. 2 結果および考察

3. 2. 1 ‘里のほほえみ’の生育、収量および品質（‘タチナガハ’との比較）

‘タチナガハ’と比較して、開花期は水戸市と龍ヶ崎市ともに7月31日と1日遅かった（表3）。成熟期は水戸市で10月19日と3日早く、龍ヶ崎市で10月20日と3日早かった（図2）。倒伏程度は水戸市と龍ヶ崎市いずれも1であり、ほとんど倒伏は発生しなかった。青立ち程度は、水戸市で2（‘タチナガハ’は3）、龍ヶ崎市で2（‘タチナガハ’は4（図3））といずれも少なかった。主茎長は水戸市で56cmと3cm長く、龍ヶ崎市で61cmと3cm長かった。主茎節数は水戸市で13.9節（対照比97%）、龍ヶ崎市で14.1節（対照比100%）と同等であった。分枝数は水戸市で5.1本（対照比94%）、龍ヶ崎市で5.0本（対照比98%）と同等であった。1株当たり莢数は水戸市で62莢（対照比102%）、龍ヶ崎市で61莢（対照比98%）と同等であった。最下着莢節位高は、水戸市で17cmと5cm高く、龍ヶ崎市で13cmと4cm高かった。子実重は水戸市で288kg/10a（対照比96%）、龍ヶ崎市で317kg/10a（対照比104%）と同等であった。百粒重は水戸市で37.4g（対照比107%）、龍ヶ崎市で36.4g（対照比102%）と同等～やや重かった。外観品質は水戸市で5（‘タチナガハ’は5）、龍ヶ崎市で6（‘タチナガハ’は6）と同等であった。粗蛋白質含有率は水戸市で44.6%と2.3%高く、龍ヶ崎市で45.1%と2.0%高かった。筑西市現地圃場においても‘タチナガハ’と比べて青立ちはより少なく、子実重は同等、百粒重は重く、粗蛋白質含有率は高い結果が得られた。以上より、本県において‘里のほほえみ’は栽培適性があり、‘タチナガハ’よりも優れた特性が確認された。

表3 ‘里のほほえみ’の生育, 収量および品質

栽培地	品種名	栽培年	播種期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	倒伏程度 (0-5)	青立ち程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本/株)	莢数 (莢/株)	最下着莢節位高 (cm)	子実重 (kg/10a)	標準対比 (%)	百粒重 (g)	粗蛋白質含有率 (%)	品質 (1-7)
里のほほえみ		2005	6.14	7.29	10.13	1	2	57	13.3	6.6	66	19	298	89	36.5	43.9	5
		2006	6.14	7.29	10.16	0	2	51	13.2	4.9	59	15	270	102	35.2	43.1	4
		2007	6.18	8.03	10.18	2	1	69	14.8	5.5	64	19	355	91	37.8	46.4	4
		2011	6.16	7.29	10.22	1	2	54	14.3	3.8	42	24	159	74	33.7	44.0	6
		2012	6.19	8.03	10.28	0	2	52	14.2	5.3	64	13	281	124	41.2	45.3	7
		2013	6.18	8.02	10.19	1	1	54	13.7	4.3	67	12	308	105	35.9	44.4	6
		2014	6.19	8.01	10.20	1	2	58	14.1	5.3	70	18	345	87	41.2	45.3	5
	平均	6.16	7.31	10.19	1	2	56	13.9	5.1	62	17	288	96	37.4	44.6	5	
水戸		2005	6.14	7.28	10.15	1	2	54	13.9	6.2	60	13	336	-	35.3	40.6	5
		2006	6.14	7.29	10.16	1	2	50	14.2	5.5	56	14	264	-	33.5	41.2	6
		2007	6.18	8.02	10.20	2	2	63	14.6	4.9	65	14	391	-	34.6	41.6	4
	タチナガハ (標準)	2011	6.16	7.27	10.23	1	3	55	14.9	4.3	42	16	216	-	33.2	43.0	6
		2012	6.19	8.03	11.02	0	5	46	14.5	4.6	58	7	226	-	38.3	44.1	7
		2013	6.18	7.31	10.29	1	3	51	13.8	6.3	69	7	293	-	33.9	42.8	6
		2014	6.19	8.01	10.23	0	2	53	14.0	5.7	77	15	398	-	36.4	43.0	3
	平均	6.16	7.30	10.22	1	3	53	14.3	5.4	61	12	303	-	35.0	42.3	5	
里のほほえみ		2005	6.14	7.29	10.13	1	-	57	13.3	6.6	66	19	298	89	36.5	43.9	5
		2006	6.20	7.31	10.15	1	1	63	13.7	5.2	-	16	346	103	37.6	43.9	5
		2007	6.20	8.01	11.01	3	3	61	14.1	4.7	-	11	236	100	35.7	46.0	6
		2011	6.22	8.05	10.21	1	1	58	14.2	3.8	60	12	300	91	34.4	45.7	5
		2012	6.15	7.30	10.27	2	1	59	13.9	5.3	58	11	385	120	39.0	47.1	7
		2013	6.18	8.01	10.17	1	2	70	15.4	5.0	64	9	344	109	35.6	45.9	6
		2014	6.20	7.29	10.18	0	2	61	14.3	4.4	56	11	312	115	36.2	43.3	5
	平均	6.18	7.31	10.20	1	2	61	14.1	5.0	61	13	317	104	36.4	45.1	6	
龍ヶ崎		2005	6.14	7.28	10.15	1	-	54	13.9	6.2	60	13	336	-	35.3	40.6	5
		2006	6.20	7.31	10.18	1	2	62	13.7	4.4	-	9	336	-	38.2	42.9	5
		2007	6.20	8.01	10.30	3	4	55	14.2	4.8	-	8	236	-	33.5	43.6	6
	タチナガハ (標準)	2011	6.22	8.03	10.24	1	3	49	13.5	4.7	75	8	328	-	32.8	44.2	5
		2012	6.15	7.30	10.29	0	5	49	13.8	5.8	61	8	320	-	37.9	44.9	7
		2013	6.18	8.01	10.21	1	3	73	15.2	4.6	58	10	316	-	31.6	43.3	6
		2014	6.20	7.29	10.25	2	4	63	14.6	5.5	58	9	271	-	40.4	42.5	5
	平均	6.18	7.30	10.23	1	4	58	14.1	5.1	62	9	306	-	35.7	43.1	6	
里のほほえみ		2011	7.06	-	-	2	0	58	13.1	3.3	47	19	327	100	34.4	45.1	3
		2012	7.03	-	-	1	1	48	13.4	4.6	53	12	395	100	39.3	46.0	7
		2013	7.10	-	-	2	1	41	12.9	3.9	43	14	335	94	39.4	46.6	5
		2014	7.14	-	-	1	1	41	12.5	3.8	47	11	344	110	40.0	45.6	5
		平均	7.08	-	-	2	1	47	13.0	3.9	48	14	350	101	38.3	45.8	5
筑西		2011	7.06	-	-	2	1	48	14.5	3.6	45	16	327	-	32.6	42.6	4
	タチナガハ (標準)	2012	7.03	-	-	2	3	49	13.6	4.7	57	12	395	-	37.1	43.5	7
		2013	7.10	-	-	2	2	38	13.0	3.7	44	12	358	-	36.4	43.8	4
		2014	7.14	-	-	1	2	34	11.6	3.6	42	10	314	-	35.6	42.5	4
			平均	7.08	-	-	2	2	42	13.2	3.9	47	13	349	-	35.4	43.1

注1)2011年度水戸市はダイズシストセンチュウの影響により低収となった。

注2)播種密度は、水戸市が8.3株/m²(畦間60cm・株間20cm)、龍ヶ崎市と筑西市は11.1株/m²(畦間60cm・株間15cm)とした。

注3)施肥量は、水戸市がN-P₂O₅-K₂O=3-10-10(kg/10a)、龍ヶ崎市はN-P₂O₅-K₂O=3-12-12(kg/10a)、筑西市は無施肥とした。

注4)倒伏程度は、0(5°以下)、1(6~15°)、2(16~25°)、3(26~45°)、4(46~65°)、5(66°以上)とした。

注5)青立ち程度は、0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)とした。

注6)品質は、1(上の上)、2(上の中)、3(上の下)、4(中の上)、5(中の中)、6(中の下)、7(下)とした。

注7)粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置(インフラテック1241型)による乾物換算値、蛋白質換算係数は6.25とした。



図2 ‘里のほほえみ’ と ‘タチナガハ’ の成熟期の立毛

注1)写真上が‘里のほほえみ’，下が‘タチナガハ’で2014年10月26日に撮影した。

注2)栽培地は茨城県農業総合センター農業研究所水田利用研究室（茨城県龍ヶ崎市）。

注3)播種期は両品種ともに2014年6月20日，畦間は60cm，株間は15cm。



図3 ‘タチナガハ’の青立ちと裂莢

注1)写真は2014年10月26日に撮影した。栽培地，播種期，播種密度は図2に準じる。

3. 2. 2 ‘里のほほえみ’の豆腐食味官能評価

豆腐の食味官能評価の値は，凝固剤に塩化マグネシウム，またはグルコノデルタラクトンを用いた場合，すべての項目で同等からやや良い評価となり，総合評価は同等より良い評価となった（表4）。一方で，凝固剤に硫酸カルシウムを用いた場合，外観とテクスチャーの項目でやや低くなったが，その他の色，におい，味の項目は同等からやや良い評価となり，総合評価は同等の評価となった。

以上より，‘里のほほえみ’の豆腐食味官能評価は，‘タチナガハ’と比べて同等から同等以上に良い評価となった。

表4 ‘里のほほえみ’と‘タチナガハ’の豆腐の食味官能評価の比較

品種名	凝固剤の種類	評価項目					総合評価
		外観	色	におい	味	テクスチャー	
里のほほえみ	塩化マグネシウム	0.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40
	グルコノデルタラクトン	0.17	0.17	0.00	0.33	0.08	0.33
	硫酸カルシウム	-0.12	0.12	0.18	0.00	-0.18	0.06

注1)茨城県工業技術センターによる評価，原料大豆は2013年筑西市産を使用した。

注2)パネリストの人数は，塩化マグネシウムが10名，グルコノデルタラクトンが12名，硫酸カルシウムが17名である。

注3)数値は，‘タチナガハ’を基準（0）として，以下の5段階で評価した際の平均値を示す。

良い（2），やや良い（1），普通（0），やや悪い（-1），悪い（-2）

注4)テクスチャーとは，硬さ，粘り，しまり，水っぽさ，もろさなどの評価を示す。

4 ‘里のほほえみ’の高品質安定生産技術の開発

4. 1 材料および方法

4. 1. 1 試験年次および場所

試験は2014年～2016年の3年間、茨城県水戸市の茨城県農業総合センター農業研究所作物研究室（表層腐植質黒ボク土，以下，水戸市），龍ヶ崎市の同研究所水田利用研究室（中粗粒灰色低地土，以下，龍ヶ崎市）で実施した。

4. 1. 2 播種期の違いが生育，収量および品質に及ぼす影響（試験1）

水戸市，龍ヶ崎市ともに，播種期は6月20日，6月30日，7月10日，7月20日，7月30日の5水準，播種密度は11.1株/m²（畦間60cm・株間15cm（標準））とした。基肥量，中耕・培土の実施時期および試験区の面積，区制，配列については，「3. 1. 2 耕種概要および試験区構成」に準じて設定した。

4. 2. 3 播種期と播種密度の違いが生育，収量および品質に及ぼす影響（試験2）

水戸市と龍ヶ崎市ともに，播種期は6月30日，7月10日，7月20日の3水準，播種密度は11.1株/m²（畦間60cm・株間15cm（標準）），16.7株/m²（畦間60cm・株間10cm），22.2株/m²（畦間30cm・株間15cm），33.3株/m²（畦間30cm・株間10cm）の4水準とした。基肥量，中耕・培土の実施時期および試験区的面積，区制，配列については，「3. 1. 2 耕種概要および試験区構成」に準じて設定した。また，中耕・培土は畦間60cmの試験区のみ実施し，畦間30cmの試験区は実施しなかった。

4. 1. 4 生育，収量および品質調査

調査項目および調査方法は，豆腐の食味官能評価を除き，「3. 1. 3 生育，収量および品質調査」に準じて設定した。被害粒および未熟粒混入率は，調製後の子実300粒を目視で被害粒（紫斑粒，褐斑粒，裂皮粒，しわ粒，虫害粒）とその他未熟粒に分類し，それらの混入数から算出した。

4. 2 結果および考察

4. 2. 1 播種期の違いが生育，収量および品質に及ぼす影響（試験1）

（1）水戸市

播種期の違いが生育に及ぼす影響について表5に示す。開花期と成熟期は，播種期の違いの影響が有意に認められ，播種期が遅れるほど開花期と成熟期は遅くなった。倒伏程度は，播種期の違いの影響は有意に認められず，いずれの播種期においても少なかった。また，青立ち程度も播種期の違いの影響は有意に認められず，2016年7月30日播種を除いて無～少の発生程度であった。このことから，‘里のほほえみ’は，試験期間を通して，いずれの播種期においても倒伏と青立ちが発生しにくいことが示唆された。主茎長，主茎節数，分枝数および茎の太さは，播種期の違いの影響が有意に認められ，播種期が遅いほど，主茎長は短く，主茎節数は少なく，分枝数は少なく，茎の太さは細くなった。最下着莢節位高は，播種期の違いの影響は認められなかった。全体の莢数と稔実莢数は，播種期の違いが有意に認められ，播種期が遅いほど少なくなった。一方で，不稔莢数は播種期の違いの影響は認められなかった。このことから，‘里のほほえみ’は，播種期が遅いほど生育が不良となることが示唆された。

生育の年次間差については，開花期，成熟期，主茎長，分枝数，茎の太さ，最下着莢節位高および稔実莢数において認められた。特に，2015年産は，2014年産と2016年産と比較し，開花期と成熟期がやや遅く，主茎長は長く，分枝数は多く，茎の太さは太く，稔実莢数が多かった。開花期が遅くなったのは，7月第2半旬までの低温が影響したと推察された。成熟期が遅くなったのは，8月第3半旬～9月第4半旬まで平年より気温が低く，日照時間が短かったことが影響したと推察された。主茎長，分枝数および茎の太さの成長については，概ね8月下旬までであり，8月下旬以降の変動は小さい。2015年産の8月下旬までの気象は，7月第3半旬～8月第2半旬までは平年より高温で，日照時間が長かった。これにより株の成長が促進され，主茎長，分枝数および茎の太さの値が大きくなったと推察された。一方で，稔実莢数は開花期以降の高温により制限されるが，2015年産は開花期が8月18日と遅く，高温を回避でき，開花期以降も平年より気温が低かったため，莢数が制限されなかったと考えられた。

播種期の違いが子実重と品質に及ぼす影響について表6に示す。子実重は、播種期の違いの影響が有意に認められ、播種期が遅いほど軽くなった。また、播種期別平均値から、6月20日播種、6月30日播種、7月10日播種で目標収量250kg/10a以上となり、6月20日～7月10日に播種することで目標収量を達成できる可能性が示唆された。百粒重は、播種期の違いの影響が有意に認められ、播種期が遅いほど軽くなった。粗蛋白質含有率は、播種期の違いの影響は認められず、いずれの播種期においても高かった。また、子実重と品質の年次間差については、「5.2 気象条件の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響」で考察する。

子実重と調査項目の相関関係について、表7、図4、図5に示す。子実重と有意な相関関係が認められた生育項目は、主茎長、主茎節数、分枝数、茎の太さ、全体莢数、稔実莢数および百粒重であり、特に、稔実莢数と百粒重の相関関係が高かった。また、これらの生育項目は互いに有意な相関関係が認められた。回帰式に当てはめると、目標収量250kg/10aを達成するには、稔実莢数は442莢/m²、百粒重は39.9gを達成する必要があると推察された(図4、図5)。また、畦間60cmで播種期が遅いと、これらの生育を確保できず、目標収量を達成できないと示唆された。

被害粒および未熟粒混入率については、裂皮粒において播種期の影響が有意に認められ、播種期が早いと多くなる傾向が認められた。また、被害粒および未熟粒混入率(全体)、褐斑粒、裂皮粒、しわ粒および虫害粒は、栽培年の違いの影響が有意に認められた。これは、2015年産において褐斑粒、裂皮粒、しわ粒および虫害粒の発生が多かったことで、被害粒および未熟粒混入率(全体)が高くなったことが影響したと推察された。被害粒および未熟粒混入率(全体)は、栽培年の違いが有意に認められるが、2015年産を除く2014年産と2016年産の播種期別の平均値から、いずれの播種期においても農産物検査における1等最高限度である15%以下となった。

以上より、水戸市における‘里のほほえみ’の播種適期の晩限は7月10日であると推察された。

表5 播種期の違いが‘里のほほえみ’の生育に及ぼす影響(水戸市)

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	倒伏程度 (0-5)	青立ち程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本/株)	茎の太さ (mm)	節位高 (cm)	莢数		
												全体 (莢/m ²)	稔実 (莢/m ²)	不稔 (莢/m ²)
水戸	2014	6.20	8.01	10.21	0.0	0.0	43	13.4	4.2	9.5	16.0	736	460	276
		6.30	8.08	10.24	0.0	1.0	39	12.5	4.1	8.8	14.0	531	454	78
		7.10	8.14	10.27	0.0	0.0	35	11.4	2.7	8.1	12.0	456	403	52
		7.20	8.25	10.30	0.8	0.0	40	12.4	3.0	7.6	17.0	359	311	48
		7.30	9.03	11.11	0.0	0.0	35	10.7	2.4	6.6	14.0	306	246	61
	2015	6.20	8.03	10.24	0.5	1.0	61	13.6	5.1	12.0	18.0	743	605	138
		6.30	8.11	10.31	0.5	2.0	47	13.0	4.9	10.5	12.6	624	546	78
		7.10	8.18	11.04	1.5	2.0	50	12.5	4.9	10.3	12.7	507	448	59
		7.20	8.24	11.13	0.0	0.0	44	11.2	3.5	8.6	11.8	443	386	57
		7.30	9.03	11.23	0.0	1.0	41	9.7	3.3	7.4	10.3	385	313	72
	2016	6.20	8.02	10.19	0.0	0.3	52	12.7	4.2	11.3	11.6	624	513	110
		6.30	8.08	10.19	0.0	0.5	45	12.0	4.1	9.8	12.0	500	454	46
		7.10	8.15	10.24	0.0	0.0	37	10.8	2.9	8.7	11.5	464	397	67
		7.20	8.22	10.26	0.0	0.0	38	10.3	2.6	8.7	11.7	380	325	55
		7.30	9.01	11.15	0.0	2.8	35	9.9	1.8	8.1	7.3	427	289	138
要因別平均値	年次	2014	8.16 b	10.28 b	0.2	0.2	38 b	12.1	3.3 b	8.1 b	14.6 a	478	375 b	103
		2015	8.18 c	11.06 c	0.5	1.2	49 a	12.0	4.3 a	9.8 a	13.1 ab	540	460 a	81
		2016	8.15 a	10.26 a	0.0	0.7	41 b	11.1	3.1 b	9.3 a	10.8 b	479	396 b	83
	播種期	6.20	8.02 a	10.21 a	0.2	0.4	52 a	13.2 a	4.5 a	10.9 a	15.2	701 a	526 a	175
		6.30	8.09 b	10.25 b	0.2	1.2	44 ab	12.5 ab	4.4 ab	9.7 ab	12.8	552 b	485 a	67
	7.10	8.16 c	10.29 c	0.5	0.7	41 b	11.6 bc	3.5 bc	9.0 bc	12.1	475 bc	416 b	59	
	7.20	8.24 d	11.02 d	0.3	0.0	41 b	11.3 c	3.0 c	8.3 cd	13.5	394 c	341 c	53	
	7.30	9.02 e	11.16 e	0.0	1.3	37 b	10.1 c	2.5 c	7.4 d	10.5	373 c	282 c	90	
分散分析	年次 (A)		*	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	**	*	n.s.	**	n.s.
	播種期 (B)		***	***	n.s.	n.s.	**	**	**	**	n.s.	**	**	n.s.
	A×B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1)倒伏程度は、0(5°以下)、1(6～15°)、2(16～25°)、3(26～45°)、4(46～65°)、5(66°以上)とした。

注2)青立ち程度は、0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)とした。

注3)茎の太さは子葉節と初生葉節の中間で最も太い部分を測定した。

注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す(n=15)。

注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表6 播種期の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響（水戸市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)	粗蛋白質含有率 (%)	被害粒および未熟粒混入率						
						全体 (%)	紫斑粒 (%)	褐斑粒 (%)	裂皮粒 (%)	しわ粒 (%)	虫害粒 (%)	未熟の粒他 (%)
水戸	2014	6.20	235	39.0	44.6	10.0	0.0	0.0	0.7	1.7	5.8	1.8
		6.30	292	39.4	44.1	3.8	0.0	0.0	0.2	1.7	1.0	1.0
		7.10	237	35.8	44.1	11.2	0.0	0.0	0.0	2.8	4.0	4.3
		7.20	179	32.6	42.8	3.7	0.0	0.0	0.0	0.5	1.8	1.3
		7.30	132	33.4	43.0	9.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.8	3.7
	2015	6.20	336	43.7	45.2	50.2	0.2	2.2	6.8	30.2	9.3	1.5
		6.30	355	47.7	46.5	58.7	0.0	1.7	4.2	40.8	11.0	1.0
		7.10	330	46.7	46.5	78.7	0.3	3.8	1.2	52.3	19.0	2.0
		7.20	223	41.5	46.2	82.2	0.0	9.3	4.2	39.5	22.2	7.0
		7.30	121	35.0	43.8	79.7	2.2	12.0	3.7	18.0	28.3	15.5
	2016	6.20	259	40.1	45.2	14.0	0.0	0.0	3.5	6.5	4.0	0.0
		6.30	237	38.5	44.2	5.0	0.0	0.0	0.5	0.5	4.0	0.0
		7.10	221	34.7	43.6	12.7	0.0	0.0	0.3	9.0	3.3	0.0
		7.20	189	36.7	44.0	9.7	0.0	3.2	0.3	4.0	2.2	0.0
		7.30	62	30.5	44.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.5	7.7	0.0
要因別 平均値	年次	2014	215 b	36.0 b	43.7 b	7.5 b	0.0	0.0 b	0.2 b	1.8 b	3.1 b	2.4
		2015	273 a	42.9 a	45.6 a	69.9 a	0.5	5.8 a	4.0 a	36.2 a	18.0 a	5.4
		2016	194 b	36.1 b	44.3 b	9.9 b	0.0	0.6 b	0.9 b	4.1 b	4.2 b	0.0
	播種期	6.20	276 ab	40.9 a	45.0	24.7	0.1	0.7	3.7 a	12.8	6.4	1.1
		6.30	295 a	41.9 a	44.9	22.5	0.0	0.6	1.6 ab	14.3	5.3	0.7
		7.10	263 abc	39.1 ab	44.7	34.2	0.1	1.3	0.5 b	21.4	8.8	2.1
		7.20	197 bc	36.9 ab	44.3	31.8	0.0	4.2	1.5 ab	14.7	8.7	2.8
7.30	105 c	33.0 b	43.8	32.3	0.7	4.0	1.2 ab	7.0	12.9	6.4		
分散分析	年次 (A)	**	**	*	**	n.s.	*	**	**	**	n.s.	
	播種期 (B)	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	
	A×B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1)子実重、百粒重は水分15%換算値。S社製大豆選別機と篩目7.3mmで調製した後、目視で選別した後の重さを示す。
 注2)粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置(インフラテック1241型)による乾物換算値、蛋白質換算係数は6.25とした。
 注3)被害粒および未熟粒混入率の播種期別平均値は、しわ粒の発生が多かった2015年産を除き、2014年産と2016年産のデータの平均値とした。
 注4)被害粒及び未熟粒混入率はアークサイン変換した値で統計解析した。
 注5)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す (n=15)。
 注6)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表7 子実重と調査項目の相関関係と調査項目間の相関行列（水戸市）

	主茎長	主茎節数	分枝数	茎の太さ	最下着莢節位高	全体莢数	稔実莢数	不稔莢数	百粒重	子実重
主茎長	1.000									
主茎節数	0.699 **	1.000								
分枝数	0.859 ***	0.829 ***	1.000							
茎の太さ	0.887 ***	0.725 **	0.821 ***	1.000						
最下着莢節位高	0.437 n.s.	0.728 **	0.492 n.s.	0.264 n.s.	1.000					
全体莢数	0.725 **	0.804 ***	0.775 ***	0.848 ***	0.405 n.s.	1.000				
稔実莢数	0.819 ***	0.813 ***	0.880 ***	0.928 ***	0.384 n.s.	0.901 ***	1.000			
不稔莢数	0.211 n.s.	0.394 n.s.	0.218 n.s.	0.296 n.s.	0.244 n.s.	0.678 **	0.291 n.s.	1.000		
百粒重	0.754 ***	0.662 **	0.895 ***	0.767 ***	0.279 n.s.	0.639 **	0.798 ***	0.055 n.s.	1.000	
子実重	0.695 **	0.803 ***	0.880 ***	0.777 ***	0.478 n.s.	0.686 **	0.882 ***	0.017 n.s.	0.898 ***	1.000

注1)*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であることを示し、n.s.は有意でないことを示す(n=15)。

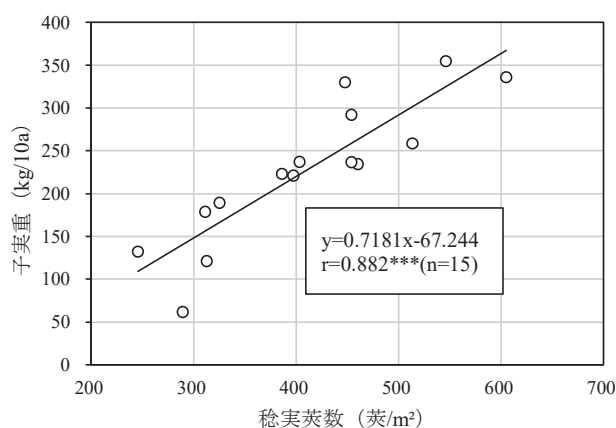


図4 稔実莢数と子実重の関係（水戸市）

注1)***は0.1%で有意であることを示す。

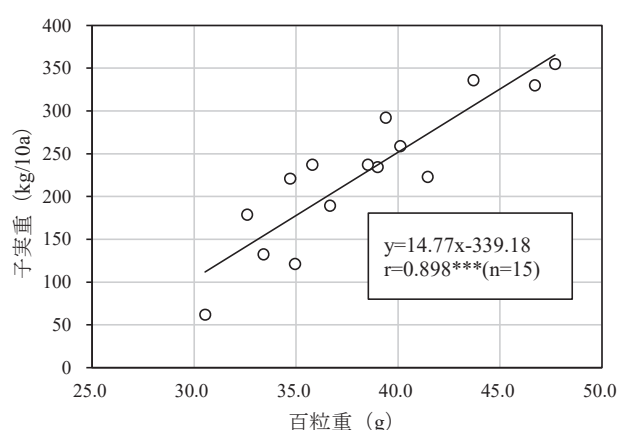


図5 百粒重と子実重の関係（水戸市）

注1)***は0.1%で有意であることを示す。

（2）龍ヶ崎市

播種期の違いが生育に及ぼす影響について表8に示す。開花期と成熟期は、播種期の違いの影響が有意に認められ、播種期が遅れるほど開花期と成熟期は遅くなった。倒伏程度は、播種期の影響は認められず、いずれの播種期においても少なかった。また、青立ち程度も、播種期の影響は有意に認められず、いずれの播種期においても無～少の発生程度であった。主茎長、主茎節数、分枝数および茎の太さは、播種期の違いの影響が有意に認められ、播種期が遅いほど、主茎長は短く、主茎節数は少なく、分枝数は少なく、茎の太さは細くなった。最下着莢節位高は、播種期の違いの影響は認められなかった。全体の莢数、稔実莢数および不稔莢数は、播種期の違いの影響がそれぞれ有意に認められ、播種期が遅いほど少なくなった。このことから、「里のほほえみ」は、播種期が遅いほど生育が不良となることが示唆された。

生育の年次間差は、開花期、成熟期、青立ち程度、主茎節数、稔実莢数、不稔莢数において認められた。特に、2016年産において、開花期と成熟期がやや遅く、稔実莢数が少なく、不稔莢数が多かった。開花期は7月第2半旬～第6半旬までやや気温が低かったことが影響したと推察された。成熟期は、9月第3半旬～9月第5半旬にまとまった降雨があったこと、9月第3半旬～10月第2半旬まで日照時間が短かったことが影響したと推察された。また、稔実莢数が少なかったことについては、開花期前後から莢伸長期にあたる7月第3半旬～8月第3半旬までほとんど降雨がなく、乾燥した状態となったことで着莢数が低下したことが影響したと推察された。一方で、不稔莢数が多かったことについては、8月第4半旬、9月第4半旬の暴風雨の影響を受けたと推察された。

播種期の違いが子実重と品質に及ぼす影響について表9に示す。子実重は、播種期の違いの影響がそれぞれ有意に認められ、播種期が遅いほど有意に軽くなった。また、播種期別平均値から、6月20日播種、6月30日播種、7月10日播種、7月20日播種で目標収量250kg/10a以上となり、6月20日～7月20日に播種することで目標収量を達成できる可能性が示唆された。一方で、百粒重と粗蛋白質含有率は、播種期の違いの影響は有意に認められなかった。また、子実重と品質の年次間差については、「4.4 気象条件の違いが「里のほほえみ」の収量、品質に及ぼす影響」で総合的に考察する。

子実重と調査項目の相関関係について、表10、図6、図7に示す。子実重と有意な相関関係が認められた生育項目は、全体莢数、稔実莢数および百粒重であり、特に、稔実莢数と百粒重の相関関係が高かった。水戸市では、全体莢数、稔実莢数および百粒重に加えて、主茎長、主茎節数、分枝数および茎の太さにおいても有意な相関関係が認められたが、龍ヶ崎市では、有意な相関関係は認められなかった。これは、龍ヶ崎市は水戸市より生育が旺盛になり、低収となる晩播においてもこれらの項目の値が大きかったことが影響したと考えられた。子実重と稔実莢数および百粒重の相関関係から、畦間60cmで目標収量250kg/10aを達成するには、稔実莢数が401莢/m²、百粒重が39.2g必要であると推察された（図6、図7）。また、畦間60cmで播種期が遅いと、稔実莢数が確保できず、目標収量を達成できないと示唆された。目標収量を

達成するために必要な稔実莢数について、水戸市では、稔実莢数が442莢/m²必要であると推察されたが、龍ヶ崎市では、稔実莢数が401莢/m²と水戸市より少なかった。これは、水戸市より龍ヶ崎市の方が、1莢粒数が多いためと考えられた。

被害粒および未熟粒混入率については、全体、裂皮粒と虫害粒で播種期の違いの影響が有意に認められた。特に、裂皮粒は播種期が早いほど多く、虫害粒は播種期が遅いほど多くなった。また、被害粒および未熟粒混入率（全体）としわ粒は栽培年の違いの影響が有意に認められた。これは、2016年産においてしわ粒の発生が多かったことで、被害粒および未熟粒混入率（全体）が高くなったことが影響したと推察された。被害粒および未熟粒混入率（全体）は、栽培年の違いが有意に認められるが、播種期別の平均値から、6月30日播種、7月10日播種、7月20日播種において農産物検査における1等最高限度である15%以下となった。6月20日播種は、2016年産は15%以上となったが、2014年産と2015年産では15%以下となり、最も多収となる播種期のため、播種適期であると考えられた。

以上より、龍ヶ崎市における‘里のほほえみ’の播種適期の晩限は7月20日と推察された。

表8 播種期の違いが‘里のほほえみ’の生育に及ぼす影響（龍ヶ崎市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	倒伏程度 (0-5)	青立ち程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本/株)	茎の太さ (mm)	最下着莢節位高 (cm)	莢数		
												全体 (莢/m ²)	稔実 (莢/m ²)	不稔 (莢/m ²)
龍ヶ崎	2014	6.20	7.30	10.18	0.8	1.7	57	14.0	4.6	11.4	10.9	669	584	84
		6.30	8.03	10.19	1.3	1.0	50	13.3	3.9	10.6	8.0	547	503	44
		7.10	8.12	10.21	0.2	0.7	45	11.9	3.5	9.6	9.7	478	451	27
		7.20	8.16	10.28	0.5	1.0	45	11.8	2.8	10.0	10.6	431	414	17
		7.30	9.03	11.16	0.7	2.0	46	11.1	3.2	10.3	9.4	384	349	35
	2015	6.20	8.01	10.25	0.0	0.8	57	14.1	5.7	11.1	11.3	773	517	257
		6.30	8.08	10.25	0.0	0.0	54	14.1	4.0	10.1	7.9	581	450	131
		7.10	8.18	10.26	0.0	0.0	55	13.5	3.5	10.5	10.9	504	423	82
		7.20	8.25	10.28	0.0	1.0	53	12.9	2.6	10.3	10.3	453	399	54
		7.30	9.05	11.20	0.0	1.0	44	11.1	2.7	8.1	10.5	346	287	59
	2016	6.20	7.31	11.01	2.0	1.0	67	14.7	4.1	11.3	9.6	602	391	211
		6.30	8.09	10.31	1.0	0.5	62	14.8	4.8	10.8	10.5	483	362	121
		7.10	8.16	10.31	0.5	0.5	51	13.3	3.7	10.1	10.2	487	369	118
		7.20	8.24	11.01	0.0	0.0	45	12.4	2.7	9.8	9.7	412	339	72
		7.30	9.05	11.15	0.0	0.0	37	11.0	2.3	8.0	6.3	372	296	77
要因別平均値	年次	2014	8.12 b	10.26 c	0.7	1.3 a	49	12.4	3.6	10.4	9.7	502	460 a	42 b
		2015	8.17 a	10.31 b	0.0	0.6 ab	53	13.1	3.7	10.0	10.2	532	415 a	116 a
		2016	8.17 a	11.03 a	0.7	0.4 b	52	13.2	3.5	10.0	9.2	471	351 b	120 a
	播種期	6.20	7.31 a	10.25 a	0.9	1.1	60 a	14.3 a	4.8 a	11.3 a	10.6	681 a	497 a	184 a
		6.30	8.06 a	10.25 a	0.8	0.5	55 ab	14.1 ab	4.2 ab	10.5 ab	8.8	537 b	438 ab	99 ab
		7.10	8.15 b	10.26 a	0.2	0.4	50 ab	12.9 bc	3.5 abc	10.1 ab	10.3	490 bc	414 ab	76 b
		7.20	8.21 b	10.29 a	0.2	0.7	48 ab	12.3 cd	2.7 c	10.0 ab	10.2	432 bcd	384 bc	48 b
7.30	9.04 c	11.17 b	0.2	1.0	43 b	11.1 d	2.7 bc	8.8 b	8.7	367 d	310 c	57 b		
分散分析	年次 (A)	**	*	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	
	播種期 (B)	***	***	n.s.	n.s.	*	**	**	*	n.s.	**	**	**	
A×B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1) 倒伏程度は、0(5°以下)、1(6~15°)、2(16~25°)、3(26~45°)、4(46~65°)、5(66°以上)とした。

注2) 青立ち程度は、0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)とした。

注3) 茎の太さは子葉節と初生葉節の中間で最も太い部分を測定した。

注4) *は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す (n=15)。

注5) 異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表9 播種期の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響（龍ヶ崎市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)	粗蛋白質含有率 (%)	被害粒および未熟粒混入率						
						全体 (%)	紫斑粒 (%)	褐斑粒 (%)	裂皮粒 (%)	しわ粒 (%)	虫害粒 (%)	未熟の粒他 (%)
龍ヶ崎	2014	6.20	395	40.8	45.3	7.3	0.0	3.0	3.5	0.2	0.7	0.0
		6.30	361	39.6	43.7	4.3	0.0	0.8	0.7	2.5	0.3	0.0
		7.10	316	40.1	42.4	6.8	0.0	5.7	0.3	0.7	0.2	0.0
		7.20	341	43.3	45.3	5.5	0.0	3.3	0.3	1.0	0.8	0.0
		7.30	266	42.4	44.3	11.3	0.0	2.3	0.7	1.0	6.8	0.5
	2015	6.20	341	44.3	42.7	11.5	0.0	0.7	7.2	1.5	0.3	1.8
		6.30	310	44.0	42.8	7.3	0.0	1.8	1.5	2.0	0.7	1.3
		7.10	278	42.3	41.8	11.3	0.0	1.8	0.2	7.0	1.2	1.2
		7.20	272	39.7	40.7	13.8	0.0	3.2	0.0	7.2	2.3	1.2
		7.30	149	40.2	41.6	24.5	2.2	1.3	0.2	7.5	6.0	7.3
	2016	6.20	159	37.2	46.4	28.2	0.0	0.2	6.5	19.7	0.7	1.2
		6.30	185	35.6	44.9	14.3	0.0	0.0	1.7	10.2	1.8	0.7
		7.10	185	34.6	45.3	19.8	0.0	0.5	0.2	16.7	2.2	0.3
		7.20	158	31.9	44.8	22.5	0.0	2.5	0.0	16.0	3.5	0.5
		7.30	141	38.0	44.7	24.0	0.0	9.2	0.0	9.2	4.7	1.0
要因別平均値	年次	2014	336 a	41.3 a	44.2 a	7.1 c	0.0	3.0	1.1	1.1 b	1.8	0.1
		2015	270 b	42.1 a	41.9 b	13.7 b	0.4	1.8	1.8	5.0 b	2.1	2.6
		2016	165 c	35.5 b	45.2 a	21.8 a	0.0	2.5	1.7	14.3 a	2.6	0.7
	播種期	6.20	298 a	40.8	44.8	15.7 ab	0.0	1.3	5.7 a	7.1	0.6 b	1.0
		6.30	285 a	39.7	43.8	8.7 b	0.0	0.9	1.3 b	4.9	0.9 b	0.7
		7.10	259 ab	39.0	43.1	12.7 ab	0.0	2.7	0.2 b	8.1	1.2 b	0.5
		7.20	257 ab	38.3	43.6	13.9 ab	0.0	3.0	0.1 b	8.1	2.2 b	0.6
7.30	185 b	40.2	43.5	19.9 a	0.7	4.3	0.3 b	5.9	5.8 a	2.9		
分散分析	年次 (A)	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	
	播種期 (B)	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	
	A×B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1)子実重、百粒重は水分15%換算値。S社製大豆選別機と篩目7.3mmで調製した後、目視で選別した後の重さを示す。
 注2)粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置(インフラテック1241型)による乾物換算値、蛋白質換算係数は6.25とした。
 注3)被害粒及び未熟粒混入率はアークサイン変換した値で統計解析した。
 注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す(n=15)。
 注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表10 子実重と調査項目の相関関係と調査項目間の相関行列（龍ヶ崎市）

	主茎長	主茎節数	分枝数	茎の太さ	最下着莢節位高	全体莢数	稔実莢数	不稔莢数	百粒重	子実重
主茎長	1.000									
主茎節数	0.918 ***	1.000								
分枝数	0.738 **	0.784 ***	1.000							
茎の太さ	0.843 ***	0.811 ***	0.730 **	1.000						
最下着莢節位高	0.450 n.s.	0.295 n.s.	0.382 n.s.	0.470 n.s.	1.000					
全体莢数	0.691 **	0.770 ***	0.869 ***	0.754 ***	0.299 n.s.	1.000				
稔実莢数	0.435 n.s.	0.540 *	0.648 **	0.694 **	0.273 n.s.	0.829 ***	1.000			
不稔莢数	0.670 **	0.679 **	0.718 **	0.460 n.s.	0.186 n.s.	0.725 **	0.215 n.s.	1.000		
百粒重	0.021 n.s.	-0.049 n.s.	0.214 n.s.	0.115 n.s.	0.111 n.s.	0.329 n.s.	0.453 n.s.	0.017 n.s.	1.000	
子実重	0.140 n.s.	0.211 n.s.	0.395 n.s.	0.493 n.s.	0.226 n.s.	0.556 *	0.886 ***	-0.121 n.s.	0.681 **	1.000

注1)*は5%、**は1%、***は0.1%水準で有意であることを示し、n.s.は有意でないことを示す(n=15)。

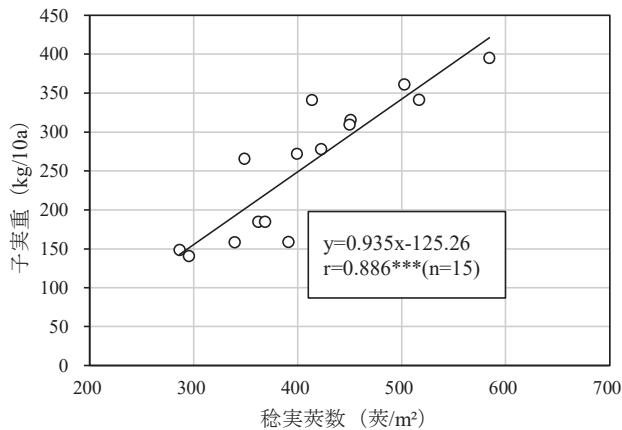


図6 稔実莢数と子実重の関係（龍ヶ崎市）

注1)***は0.1%で有意であることを示す。

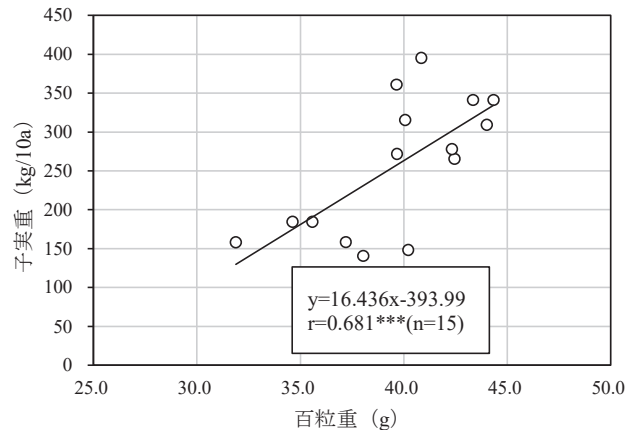


図7 百粒重と子実重の関係（龍ヶ崎市）

注1)***は0.1%で有意であることを示す。

4. 2. 2 播種期と播種密度の違いの影響（試験2）

（1）水戸市

播種期と播種密度の違いが生育に及ぼす影響について表11に示す。試験2は、6月30日播種と7月10日播種が適期播種、7月20日播種が適期より遅い晩播となることを想定し、適期播種および晩播の適正な播種密度を明らかにすることを目的に実施した。試験2では播種期の生育に及ぼす影響については、開花期を除いて有意に認められず、試験1とは異なった結果であった。これは、試験2では6月20日播種と7月30日播種が含まれていないことが考えられた。

播種密度の影響については、主茎長、分枝数、茎の太さ、最下着莢節位高、全体莢数、稔実莢数および不稔莢数において有意に認められた。播種密度が高いほど、主茎長は長く、分枝数は少なく、茎の太さは細く、最下着莢節位高は高くなった。全体の莢数と稔実莢数は、播種密度が高いほど多くなった。

なお、播種期と播種密度の交互作用については、稔実莢数において、播種密度と同水準の有意性が認められた。稔実莢数は、播種密度が高いほど多くなり、その傾向は6月30日播種でより強く認められた。

生育の年次間差については、開花期、成熟期、青立ち程度、主茎長、主茎節数、分枝数、茎の太さ、最下着莢節位高、不稔莢数で認められた。特に、2015年産は、2014年産と2016年産と比較して、開花期と成熟期が遅く、青立ちがやや多く見られたものの、地上部の生育が旺盛であった。また、この要因については、試験1と同様であると考えられた。

播種期と播種密度の違いが子実重と品質に及ぼす影響について表12に示す。子実重については、播種期、播種密度の影響は有意に認められなかったが、播種期が早く、播種密度が高いほど子実重が重くなる傾向が見られた。播種期が最も早い6月30日播種では、いずれの播種密度でも目標を達成でき、7月10日播種と7月20日播種では、播種密度が高い畦間30cm・株間10cm、畦間30cm・株間15cmで目標を達成できる傾向が認められた。試験1の結果から、目標収量を達成するには、稔実莢数は442莢/m²必要であると推察された。2014年7月20日播種では畦間30cm・株間10cmが415莢/m²、畦間30cm・株間15cmが385莢/m²と必要な稔実莢数が確保できなかったため、目標収量を達成できなかった。これは、10月6日の降雨により倒伏したことが要因と考えられた（水戸アメダス、103.5mm）。

被害粒及び未熟粒混入率（全体）は、6月30日播種の畦間30cm・株間15cmではしわ粒の発生により目標品質を達成できず、6月30日播種の畦間60cm・株間10cm、7月10日播種の畦間60cm・株間10cm、7月20日播種の畦間30cm・株間15cm、畦間60cm・株間10cmでは虫害粒の発生により目標品質を達成できなかった。その他の播種期と播種密度の条件では、目標品質を達成した。播種密度の影響については有意に認められず、目標品質を達成するための播種密度は判然としなかった。また、子実重と品質の年次間差については、「4.4 気象条件の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響」で総合的に考察する。

以上より、水戸市においては、播種期が最も早い6月30日播種では、いずれの播種密度でも目標収量を達成でき、7月10日播種と7月20日播種では、播種密度が高い畦間30cm・株間10cm、畦間30cm・株間15cmで目標収量を達成できる傾向が認められた。一方で、目標品質を達成するための播種密度については判然

としなかったが、しわ粒、または虫害粒の発生が多いと、目標品質を下回る可能性があることが示唆された。

表11 播種期と播種密度の違いが‘里のほほえみ’の生育に及ぼす影響（水戸市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	播種密度		開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	倒伏程度 (0-5)	青立ち程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本/株)	茎の太さ (mm)	最下着莢節位高 (cm)	莢数		
			畦間 (cm)	株間 (cm)										全体 (莢/m ²)	稔実 (莢/m ²)	不稔 (莢/m ²)
水戸	2014	6.30	30	10	8.07	10.22	0.0	1.0	57	12.7	1.6	6.0	24.0	691	508	183
			30	15	8.07	10.22	0.0	0.0	48	12.6	3.1	7.0	19.0	784	541	243
			60	10	8.07	10.20	0.0	0.0	45	12.7	3.3	8.0	17.0	601	470	131
			60	15	8.08	10.24	0.0	1.0	39	12.5	4.1	9.0	14.0	531	454	78
		7.10	30	10	8.14	10.27	0.5	0.0	44	11.4	1.5	6.0	20.0	737	595	142
			30	15	8.14	10.26	0.0	0.0	41	11.7	2.3	7.0	18.0	642	512	130
			60	10	8.14	10.23	0.0	1.0	38	11.3	2.1	7.0	17.0	499	403	96
			60	15	8.14	10.27	0.0	0.0	35	11.4	2.7	8.0	12.0	456	403	52
		7.20	30	10	8.25	10.30	1.8	0.0	56	12.7	0.7	6.0	25.0	538	415	123
			30	15	8.25	10.30	1.8	0.0	48	12.2	1.7	7.0	20.0	494	385	109
			60	10	8.25	10.30	0.5	0.0	46	12.3	2.1	7.0	20.0	430	343	87
			60	15	8.25	10.30	0.8	0.0	40	12.4	3.0	8.0	17.0	359	311	48
	2015	6.30	30	10	8.11	11.01	0.5	2.0	57	12.8	3.4	9.0	14.9	1100	947	153
			30	15	8.11	11.01	0.0	2.0	55	13.2	4.3	9.0	14.6	791	696	96
			60	10	8.11	10.31	0.5	2.0	56	12.8	4.1	10.0	13.0	654	531	123
			60	15	8.11	10.31	0.5	2.0	47	13.0	4.9	11.0	12.6	624	546	78
		7.10	30	10	8.18	11.05	1.0	2.0	61	12.1	1.0	7.0	15.2	535	472	63
			30	15	8.18	11.05	0.0	1.5	55	12.0	2.7	8.0	14.0	528	463	64
			60	10	8.18	11.04	0.5	1.5	54	12.3	4.4	9.0	13.6	643	542	102
			60	15	8.18	11.04	1.5	2.0	50	12.5	4.9	10.0	12.7	507	448	59
		7.20	30	10	8.24	11.13	1.0	3.0	61	10.7	0.4	7.0	9.8	645	542	103
			30	15	8.24	11.13	1.0	1.5	54	11.3	1.2	7.0	13.4	511	420	91
			60	10	8.24	11.14	0.0	1.5	47	10.9	2.6	8.0	12.7	538	428	111
			60	15	8.24	11.13	0.0	0.0	44	11.2	3.5	9.0	11.8	443	386	57
	2016	6.30	30	10	8.08	10.19	0.0	0.8	61	11.9	0.7	7.2	13.0	648	604	43
			30	15	8.08	10.19	0.0	0.5	58	12.2	2.1	7.6	11.4	561	513	48
			60	10	8.08	10.19	0.0	0.6	50	11.9	3.5	9.1	14.3	607	526	81
			60	15	8.08	10.19	0.0	0.5	45	12.0	4.1	9.8	12.0	500	454	46
		7.10	30	10	8.15	10.24	0.0	0.0	50	10.7	0.7	6.6	16.8	609	539	70
			30	15	8.15	10.24	0.0	0.0	45	10.6	2.0	7.2	13.1	594	535	59
			60	10	8.15	10.24	0.0	0.0	42	10.5	2.5	7.9	13.7	519	423	96
			60	15	8.15	10.24	0.0	0.0	37	10.8	2.9	8.7	11.5	464	397	67
		7.20	30	10	8.22	10.26	0.0	1.0	44	10.2	0.6	6.7	14.6	628	509	118
			30	15	8.22	10.26	0.0	0.5	41	10.2	1.6	7.4	14.3	555	467	88
			60	10	8.22	10.26	0.0	0.0	42	10.4	1.5	7.4	11.4	487	380	107
			60	15	8.22	10.26	0.0	0.0	38	10.3	2.6	8.7	11.7	380	325	55
	要因別平均値	年次	2014		8.15	10.25 a	0.5	0.3 b	45 b	12.2 a	2.4	7.2 b	18.6 a	564	445	119 a
			2015		8.17	11.06 b	0.5	1.8 a	53 a	12.1 a	3.1	8.7 a	13.2 b	627	535	92 ab
			2016		8.15	10.23 a	0.0	0.3 b	46 b	11.0 b	2.1	7.9 ab	13.1 b	546	473	73 b
		播種期	6.30		8.08 a	10.24	0.1	1.0	52	12.5	3.3	8.6	15.0	674	566	109
			7.10		8.15 b	10.28	0.3	0.7	46	11.4	2.5	7.7	14.8	561	478	83
			7.20		8.23 c	11.02	0.6	0.6	47	11.2	1.8	7.4	15.1	501	409	91
		播種密度	30	10	8.16	10.28	0.5	1.1	55 a	11.7	1.2 c	6.8 c	17.0 a	681 a	570 a	111 a
			30	15	8.16	10.28	0.3	0.7	49 ab	11.8	2.3 bc	7.5 bc	15.3 ab	607 ab	504 ab	103 ab
			60	10	8.16	10.28	0.2	0.7	47 bc	11.7	2.9 ab	8.2 ab	14.7 ab	553 ab	450 ab	104 ab
			60	15	8.16	10.28	0.3	0.6	42 c	11.8	3.6 a	9.1 a	12.8 b	474 b	414 b	60 b
		分散分析	年次	A	***	***	n.s.	***	**	**	**	***	***	n.s.	n.s.	*
			播種期	B	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
播種密度	C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	***	***	**	*	*		
交互作用	A×B		***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	A×C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	B×C		n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	**	n.s.	*	*	n.s.	
	A×B×C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1)倒伏程度は、0(5°以下)、1(6~15°)、2(16~25°)、3(26~45°)、4(46~65°)、5(66°以上)とした。

注2)青立ち程度は、0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)とした。

注3)茎の太さは子葉節と初生葉節の中間で最も太い部分を測定した。

注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す (n=36)。

注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表12 播種期と播種密度の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響（水戸市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	播種密度		子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)	粗蛋白質 含有率 (%)	被害粒および未熟粒混入率												
			畦間 (cm)	株間 (cm)				全体 (%)	紫斑粒 (%)	褐斑粒 (%)	裂皮粒 (%)	しわ粒 (%)	虫害粒 (%)	未熟の 粒他 (%)						
水戸	2014	6.30	30	10	279	37.5	43.5	8.2	0.0	0.0	0.2	2.0	6.0	0.0						
			30	15	291	38.9	43.9	7.5	0.0	0.0	0.2	3.3	4.0	0.0						
			60	10	263	37.6	44.1	26.5	0.0	0.0	0.2	0.8	19.5	6.0						
			60	15	292	39.4	44.1	5.1	0.0	0.0	0.2	1.7	1.5	1.7						
		7.10	30	10	341	37.9	44.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	1.0						
			30	15	263	34.3	43.6	6.4	0.0	0.0	0.0	2.2	2.7	1.5						
			60	10	209	34.3	43.8	3.7	0.0	0.0	0.2	1.3	2.2	0.0						
			60	15	237	35.8	44.1	20.4	0.0	0.0	0.0	2.8	15.4	2.2						
		7.20	30	10	228	33.3	43.4	8.6	0.0	1.8	0.0	0.7	3.3	2.8						
			30	15	214	32.5	43.0	2.5	0.0	0.0	0.3	0.2	1.0	1.0						
			60	10	182	31.6	43.1	8.6	0.0	0.0	0.0	0.3	4.0	4.3						
			60	15	179	32.6	42.8	4.2	0.0	0.0	0.0	0.5	3.7	0.0						
	2015	6.30	30	10	552	47.6	44.7	49.8	0.2	1.7	2.5	37.8	5.8	1.8						
			30	15	421	46.9	45.9	44.3	0.0	2.3	1.0	36.3	4.2	0.5						
			60	10	360	46.5	46.0	45.7	0.2	1.3	1.3	35.7	3.7	3.5						
			60	15	355	47.7	46.5	49.2	0.0	1.7	4.2	40.8	0.3	2.2						
		7.10	30	10	333	46.6	44.9	63.3	0.0	3.3	2.0	54.0	4.0	0.0						
			30	15	310	47.2	45.4	44.6	0.0	1.7	2.3	35.7	3.7	1.2						
			60	10	388	47.5	46.8	67.5	0.0	2.7	0.8	44.0	18.3	1.7						
			60	15	330	46.7	46.5	81.4	0.3	3.8	1.2	52.3	18.0	5.8						
		7.20	30	10	306	44.5	44.6	61.3	0.0	5.7	3.8	49.5	2.3	0.0						
			30	15	266	44.1	44.2	58.0	0.0	2.5	6.3	45.7	3.5	0.0						
			60	10	246	43.1	44.3	56.8	0.0	5.3	1.5	29.8	18.5	1.7						
			60	15	223	41.5	46.2	79.5	0.0	9.3	4.2	39.5	23.8	2.7						
2016	6.30	30	10	263	37.9	44.1	21.5	0.0	0.0	1.0	9.7	9.3	1.5							
		30	15	273	37.8	44.4	18.7	0.0	0.0	0.7	2.5	15.2	0.3							
		60	10	220	36.5	44.6	3.7	0.0	0.0	0.2	1.2	2.3	0.0							
		60	15	237	38.5	44.2	31.5	0.0	0.0	0.5	0.5	29.5	1.0							
	7.10	30	10	298	37.4	43.8	34.5	0.0	0.0	1.2	28.8	3.2	1.3							
		30	15	305	36.8	43.7	17.1	0.0	0.0	0.3	4.8	11.0	1.0							
		60	10	234	35.4	43.9	12.9	0.0	0.0	1.2	7.5	4.2	0.0							
		60	15	221	34.7	43.6	15.8	0.0	0.0	0.3	9.0	2.8	3.7							
	7.20	30	10	298	38.1	44.2	23.8	0.0	0.0	0.0	6.5	15.8	1.5							
		30	15	265	36.1	44.1	8.2	0.0	0.0	0.0	4.0	3.7	0.5							
		60	10	203	35.6	44.0	9.2	0.0	0.0	0.0	5.2	4.0	0.0							
		60	15	189	36.7	44.0	15.2	0.0	3.2	0.3	4.0	7.7	0.0							
要因別平均値	年次	2014		248	b	35.5	b	43.6	b	8.7	b	0.2	b	0.1	b	1.3	b	5.3	1.7	
		2015		341	a	45.8	a	45.5	a	58.5	a	0.1	3.4	a	2.6	a	41.8	a	8.8	1.8
		2016		251	b	36.8	b	44.1	b	17.7	b	0.0	0.3	b	0.5	b	7.0	b	9.1	0.9
	播種期	6.30		317		41.1		44.7		26.0		0.0	0.6		1.0	14.4		8.4	1.5	
		7.10		289		39.6		44.5		30.8		0.0	1.0		0.8	20.2		7.2	1.6	
		7.20		233		37.5		44.0		28.0		0.0	2.3		1.4	15.5		7.6	1.2	
	播種密度	30 10		322		40.1		44.2		30.3		0.0	1.4		1.2	21.0		5.6	1.1	
		30 15		290		39.4		44.2		23.0		0.0	0.7		1.2	15.0		5.4	0.7	
		60 10		256		38.7		44.5		26.1		0.0	1.0		0.6	14.0		8.5	1.9	
		60 15		251		39.3		44.7		33.6		0.0	2.0		1.2	16.8		11.4	2.1	
分散分析	年次	A		**	***	***	***	***	n.s.	***	***	***	n.s.	n.s.						
	播種期	B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
	播種密度	C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
	交互作用	A×B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
		A×C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
		B×C		n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
A×B×C		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.								

注1)子実重、百粒重は水分15%換算値。S社製大豆選別機と篩目7.3mmで調製した後、目視で選別した後の重さを示す。
 注2)粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置（インフラテック1241型）による乾物換算値、蛋白質換算係数は6.25とした。
 注3)被害粒及び未熟粒混入率はアークサイン変換した値で統計解析した。
 注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す（n=36）。
 注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

(2) 龍ヶ崎市

播種期と播種密度の違いが生育に及ぼす影響について表13に示す。試験2は、6月30日播種と7月10日播種が適期播種、7月20日播種が適期より遅い晩播となることを想定し、適期播種および晩播の適正な播種密度を明らかにすることを目的に実施した。試験2では播種期の生育に及ぼす影響については、開花期と分枝数を除いて有意に認められなかった。これは、試験2では6月20日播種と7月30日播種が含まれていないこと、播種密度の影響が大きいことが考えられた。

播種密度の影響については、倒伏程度、主茎長、分枝数、茎の太さ、最下着莢節位高、全体莢数、稔実莢数、子実重および百粒重において有意に認められた。播種密度が高いほど、倒伏は多く、主茎長は長く、分枝数は少なく、茎の太さは細く、最下着莢節位高は高くなった。全体莢数と稔実莢数は、播種密度が高いほど多かった。

播種期と播種密度の交互作用については、主茎節数、分枝数、全体莢数、稔実莢数およびその他未熟粒において、播種密度と同水準以上の有意性が認められた(表14)。主茎節数と分枝数については、播種密度が低いほど多くなり、その傾向は6月30日播種において強く認められた。全体莢数と稔実莢数については、播種密度が高いほど多くなり、その傾向は6月30日播種において強く認められた。その他未熟粒については、播種密度が高いほど多く、その傾向は7月10日播種において強く認められた。

播種期と播種密度の違いが子実重と品質に及ぼす影響について表14に示す。子実重については、播種期の影響は認められなかったが、播種密度の影響は有意に認められ、播種期が早く、播種密度が高いほど子実重が重くなる傾向が見られた。2014年産と2015年産は、いずれの播種期と播種密度においても目標収量を達成したが、2016年産はいずれの播種期と播種密度においても目標収量を達成しなかった。試験1の結果から、目標収量を達成するには、稔実莢数は401莢/m²、百粒重は39.2g必要であると推察された。2014年産は、いずれの播種期と播種密度においても、稔実莢数および百粒重ともに目標値を達成した。2015年産は、7月20日播種の畦間60cm・株間10cmと畦間60cm・株間15cmでは稔実莢数の目標値を達成しなかったが、その他の播種期と播種密度では稔実莢数の目標値を達成した。百粒重については、いずれの播種期と播種密度においても目標値を達成した。一方で、2016年産は、6月30日播種の畦間30cm・株間10cm、畦間30cm・株間15cm、畦間60cm・株間10cm、7月10日播種の畦間30cm・株間10cm、畦間30cm・株間15cmで稔実莢数の目標値を達成したが、百粒重については、いずれの播種期と播種密度においても達成しなかった。このことから、2016年産のいずれの播種期と播種密度においても目標収量を達成できなかったのは、百粒重が目標値を下回ったためと推察された。2016年産で百粒重が低下したのは、子実肥大期にあたる8月第4半旬、第5半旬、9月第4半旬にまとまった降雨があり、子実の肥大が抑制されたことが影響したと推察された。

品質については、2014年播種と2015年播種では、いずれの播種期と播種密度において目標を達成できたが、2016年播種ではしわ粒が多発し、7月20日播種の畦間30cm・株間15cmを除いて達成できなかった。また、被害粒および未熟粒混入率(全体)は、播種密度の影響は認められず、目標品質を達成するための播種密度は判然としなかった。また、子実重と品質の年次間差については、「4.4 気象条件の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響」で考察する。

以上より、龍ヶ崎市においては、子実重は播種期が早く、播種密度が高いほど重くなる傾向が見られ、試験2の播種時期と播種密度であれば、目標収量を達成すると推察された。また、播種適期より遅く播種する場合は、播種密度を高くすることで、稔実莢数の目標値を達成でき、収量の低下を軽減できる可能性が示唆された。目標品質については、しわ粒の発生が多いと、目標品質を下回る可能性が示唆された。

表13 播種期と播種密度の違いが‘里のほほえみ’の生育に及ぼす影響（龍ヶ崎市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	播種密度		開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	倒伏程度 (0-5)	青立ち程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節)	分枝数 (本/株)	茎の太さ (mm)	最下着莢節位高 (cm)	莢数		
			畦間 (cm)	株間 (cm)										全体 (莢/m ²)	稔実 (莢/m ²)	不稔 (莢/m ²)
龍ヶ崎	2014	6.30	30	10	8.03	10.20	3.8	2.1	65	13.4	1.6	8.1	17.1	890	828	62
			30	15	8.03	10.22	2.8	2.1	59	13.0	2.0	7.9	12.0	649	582	67
			60	10	8.03	10.20	1.1	1.5	53	13.2	2.7	9.6	12.0	619	559	60
			60	15	8.03	10.19	1.3	1.0	50	13.3	3.9	10.6	8.0	547	503	44
		7.10	30	10	8.12	10.24	0.7	1.3	58	11.8	0.5	6.8	20.3	655	605	50
			30	15	8.12	10.23	0.4	1.0	53	11.8	1.6	7.3	16.0	514	487	28
			60	10	8.12	10.22	0.3	0.8	49	11.7	2.5	8.5	13.8	499	464	35
			60	15	8.12	10.21	0.2	0.7	45	11.9	3.5	9.6	9.7	478	451	27
		7.20	30	10	8.16	10.30	2.5	1.2	62	12.3	0.1	7.2	17.5	552	517	35
			30	15	8.16	10.30	2.5	0.9	55	12.1	1.2	7.8	14.4	498	469	29
			60	10	8.16	10.27	0.3	1.0	51	11.2	1.4	8.5	14.4	438	418	21
			60	15	8.16	10.28	0.5	1.0	45	11.8	2.8	10.0	10.6	431	414	17
	2015	6.30	30	10	8.08	11.16	0.5	0.3	73	13.6	0.4	6.9	21.4	682	542	140
			30	15	8.08	10.25	0.5	0.3	64	13.8	1.6	7.9	14.7	621	481	140
			60	10	8.07	10.25	0.0	0.3	58	13.5	2.9	8.9	9.8	654	510	144
			60	15	8.08	10.25	0.0	0.0	54	14.1	4.0	10.1	7.9	581	450	131
		7.10	30	10	8.18	10.25	2.5	1.5	74	12.9	0.4	7.3	17.4	637	532	105
			30	15	8.18	10.27	2.0	0.5	64	12.9	1.1	8.2	14.9	558	458	100
			60	10	8.18	10.27	0.0	0.0	62	13.0	2.2	9.0	13.6	595	485	110
			60	15	8.18	10.26	0.0	0.0	55	13.5	3.5	10.5	10.9	504	423	82
		7.20	30	10	8.25	10.26	2.0	2.0	72	12.8	0.1	7.6	20.9	538	442	97
			30	15	8.25	10.29	2.0	2.0	63	12.6	1.1	8.6	15.8	540	426	114
			60	10	8.25	10.29	1.0	1.0	59	12.6	1.5	9.2	14.8	474	398	77
			60	15	8.25	10.28	0.0	1.0	53	12.9	2.6	10.3	10.3	453	399	54
2016	6.30	30	10	8.09	10.28	3.0	1.0	76	14.3	1.7	8.0	17.2	645	542	103	
		30	15	8.09	10.31	3.5	1.0	70	14.4	2.8	9.0	14.7	608	498	110	
		60	10	8.09	10.31	1.5	0.5	67	14.3	3.4	9.7	12.9	561	433	128	
		60	15	8.09	10.31	1.0	0.5	62	14.8	4.8	10.8	10.5	483	362	121	
	7.10	30	10	8.16	10.31	2.5	1.0	63	12.7	1.0	7.8	21.7	627	463	163	
		30	15	8.16	10.31	2.5	1.0	60	12.6	1.5	8.6	13.9	604	448	157	
		60	10	8.16	11.02	0.5	0.5	57	12.9	2.6	8.7	14.1	533	385	148	
		60	15	8.16	10.31	0.5	0.5	51	13.3	3.7	10.1	10.2	487	369	118	
	7.20	30	10	8.24	10.31	2.0	1.0	60	11.8	0.2	7.7	16.7	545	393	152	
		30	15	8.24	11.07	2.0	1.0	55	11.9	1.4	8.6	11.8	497	364	132	
		60	10	8.24	11.04	0.0	1.0	52	12.9	1.5	8.6	10.3	469	357	113	
		60	15	8.24	11.02	0.0	0.0	45	12.4	2.7	9.8	9.7	412	339	72	
要因別平均値	年次	2014		8.10 a	10.23 a	1.4	1.2	54 b	12.3 b	2.0 b	8.5	13.8	564	525 a	40 b	
		2015		8.16 b	10.28 a	0.9	0.7	63 a	13.2 a	1.8 b	8.7	14.4	570	462 b	108 a	
		2016		8.16 b	11.01 b	1.6	0.8	60 a	13.2 a	2.3 a	8.9	13.6	539	413 c	126 a	
	播種期	6.30		8.06 a	10.27	1.6	0.9	63	13.8	2.6 a	9.0	13.2	628	524	104	
		7.10		8.15 b	10.26	1.0	0.7	58	12.6	2.0 ab	8.5	14.7	558	464	94	
		7.20		8.21 b	10.30	1.2	1.1	56	12.3	1.4 b	8.7	13.9	487	411	76	
	播種密度	30 10		8.14	10.29	2.2 a	1.3	67 a	12.8	0.7 d	7.5 d	18.9 a	641 a	540 a	101	
		30 15		8.14	10.28	2.0 a	1.1	60 ab	12.8	1.6 c	8.2 c	14.2 b	565 b	468 b	97	
		60 10		8.14	10.27	0.5 b	0.7	56 bc	12.8	2.3 b	9.0 b	12.9 b	538 bc	445 bc	93	
		60 15		8.14	10.26	0.4 b	0.5	51 c	13.1	3.5 a	10.2 a	9.8 c	486 c	412 c	74	
分散分析	年次	A	**	**	n.s.	n.s.	**	***	**	n.s.	n.s.	n.s.	***	***		
	播種期	B	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
	播種密度	C	**	n.s.	**	n.s.	***	n.s.	***	***	***	***	***	n.s.		
	交互作用	A×B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
		A×C	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
		B×C	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	
		A×B×C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1)倒伏程度は、0(5°以下)、1(6~15°)、2(16~25°)、3(26~45°)、4(46~65°)、5(66°以上)とした。

注2)青立ち程度は、0(無)、1(微)、2(少)、3(中)、4(多)、5(甚)とした。

注3)茎の太さは子葉節と初生葉節の中間で最も太い部分を測定した。

注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す (n=36)。

注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

表14 播種期と播種密度の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響（龍ヶ崎市）

栽培地	栽培年	播種期 (月・日)	播種密度		子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)	粗蛋白質含有率 (%)	被害粒および未熟粒混入率													
			畦間 (cm)	株間 (cm)				全体	紫斑粒	褐斑粒	裂皮粒	しわ粒	虫害粒	未熟の粒他							
			(%)	(%)				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)							
龍ヶ崎	2014	6.30	30	10	544	44.8	45.6	6.0	0.0	1.8	2.7	0.8	0.7	0.0							
			30	15	447	45.0	44.9	7.3	0.0	1.0	5.8	0.2	0.3	0.0							
			60	10	405	40.6	45.0	4.4	0.0	1.7	1.8	0.7	0.2	0.0							
			60	15	361	39.6	43.7	4.2	0.0	0.8	0.7	2.5	0.2	0.0							
		7.10	30	10	399	42.5	45.0	5.6	0.0	2.2	0.3	1.8	0.8	0.5							
			30	15	393	45.5	44.8	2.6	0.0	0.3	0.8	0.5	0.8	0.2							
			60	10	356	42.5	43.6	4.8	0.2	3.0	0.5	0.8	0.2	0.2							
			60	15	316	40.1	42.4	8.5	0.0	5.7	0.3	0.7	1.5	0.3							
		7.20	30	10	419	46.0	46.1	3.7	0.0	2.7	0.0	0.5	0.5	0.0							
			30	15	372	44.0	46.0	2.6	0.0	1.8	0.3	0.2	0.3	0.0							
			60	10	342	43.4	45.5	4.2	0.0	3.2	0.2	0.3	0.3	0.2							
			60	15	341	43.3	45.3	5.3	0.0	3.3	0.3	1.0	0.5	0.2							
	2015	6.30	30	10	316	43.4	43.3	8.9	0.0	2.3	2.2	2.2	0.3	1.8							
			30	15	310	42.7	42.8	4.9	0.0	0.2	0.7	2.0	0.8	1.2							
			60	10	312	44.7	43.0	7.9	0.0	2.7	1.5	1.5	0.3	1.8							
			60	15	310	44.0	42.8	7.6	0.0	1.8	1.5	2.0	1.2	1.2							
		7.10	30	10	316	43.3	42.4	11.3	0.0	5.3	0.5	2.5	0.8	2.2							
			30	15	303	42.5	41.9	12.0	0.0	3.2	1.3	5.2	0.7	1.7							
			60	10	284	42.3	41.8	10.8	0.0	0.8	1.2	7.0	0.8	1.0							
			60	15	278	42.3	41.8	10.5	0.0	1.8	0.2	7.0	1.2	0.3							
		7.20	30	10	258	42.0	41.5	6.5	0.5	0.3	0.7	3.3	0.3	1.3							
			30	15	266	40.3	40.8	12.2	0.0	1.8	0.7	7.7	0.7	1.3							
			60	10	266	39.8	40.7	10.6	0.2	4.3	0.3	3.5	0.8	1.5							
			60	15	272	39.7	40.7	14.6	0.0	3.2	0.0	7.2	2.2	2.0							
2016	6.30	30	10	234	35.4	45.1	36.8	0.0	1.8	1.2	31.3	1.5	1.0								
		30	15	202	36.2	45.0	25.0	0.0	0.0	4.0	18.2	2.0	0.8								
		60	10	190	35.1	45.2	33.7	0.0	0.8	1.8	28.7	1.5	0.8								
		60	15	185	35.6	44.9	15.9	0.0	0.0	1.7	10.2	3.7	0.3								
	7.10	30	10	212	35.5	46.0	29.7	0.0	5.7	1.3	19.3	1.2	2.2								
		30	15	200	36.0	46.0	25.2	0.2	6.0	1.3	15.3	1.2	1.2								
		60	10	185	35.6	45.4	15.5	0.0	0.3	0.7	12.3	1.8	0.3								
		60	15	185	34.6	45.3	20.4	0.0	0.5	0.2	16.7	2.8	0.2								
	7.20	30	10	211	37.6	46.0	10.2	0.0	4.7	0.0	3.3	1.7	0.5								
		30	15	193	36.4	45.7	14.8	0.0	2.3	0.2	9.8	1.7	0.8								
		60	10	181	34.4	45.2	17.0	0.0	1.2	0.0	12.2	3.5	0.2								
		60	15	158	31.9	44.8	23.2	0.0	2.5	0.0	16.0	4.5	0.2								
要因別平均値	年次	2014		391	a	43.1	a	44.8	a	4.9	b	0.0	2.3	1.1	a	0.8	b	0.5	b	0.1	c
		2015		291	b	42.3	b	42.0	b	9.8	b	0.1	2.3	0.9	b	4.3	b	0.8	b	1.4	a
		2016		195	c	35.3	c	45.4	a	22.3	a	0.0	2.2	1.0	b	16.1	a	2.3	a	0.7	b
	播種期	6.30		318		40.6		44.3		13.5		0.0	1.2	2.1		8.4		1.1		0.7	
		7.10		286		40.2		43.9		13.1		0.0	2.9	0.7		7.4		1.2		0.8	
		7.20		273		39.9		44.0		10.4		0.1	2.6	0.2		5.4		1.4		0.7	
	播種密度	30	10	323	a	41.2	a	44.5		13.2		0.1	3.0	1.0		7.2		0.9	b	1.1	a
		30	15	298	ab	40.9	ab	44.2		11.9		0.0	1.8	1.7		6.6		0.9	b	0.8	ab
		60	10	280	b	39.8	b	43.9		12.1		0.0	2.0	0.9		7.4		1.1	b	0.7	ab
		60	15	267	b	39.0	b	43.5		12.2		0.0	2.2	0.5		7.0		2.0	a	0.5	b
分散分析	年次	A		***		***		***		***		n.s.		n.s.		***		***		***	
		B		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
		C		**		**		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		**	
	交互作用	A×B		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
		A×C		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
B×C		*		*		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		*	
A×B×C		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

注1)子実重、百粒重は水分15%換算値。S社製大豆選別機と篩目7.3mmで調製した後、目視で選別した後の重さを示す。
 注2)粗蛋白質含有率は、近赤外線多成分分析装置（インフラテック1241型）による乾物換算値、蛋白質換算係数は6.25とした。
 注3)被害粒及び未熟粒混入率はアークサイン変換した値で統計解析した。
 注4)*は5%水準、**は1%水準で有意差があることを示し、n.s.は有意差がないことを示す（n=36）。
 注5)異なる英字間にはTukey法による多重比較検定で5%水準で有意差があることを示す。

4. 3 播種期と播種密度の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響

本試験の結果から、水戸市においては‘里のほほえみ’を7月10日までに播種することで目標収量と目標品質を達成でき、適期より遅い播種期の場合は、狭畦栽培により収量の低下を軽減できると推察された。龍ヶ崎市においては、子実重は播種期が早く、播種密度が高いほど重くなる傾向が見られ、いずれの播種期においても狭畦栽培で目標収量が達成できると推察された。以上の水戸市と龍ヶ崎市の結果から、本県における‘里のほほえみ’の安定生産に適する栽培法として、播種適期の晩限は7月10日、適期より遅い播種期の場合は、狭畦栽培とすることが適していると推察された。一般的にダイズは播種期が遅くなると栄養成長量の低下や生育期間の短縮によって収量が低下することが報告されており（島田ら、1990）、本試験で供試した‘里のほほえみ’においても同様の傾向が認められた。また、ダイズの収量は、収量構成要素の中で莢数の影響を大きく受けることが多いと報告されているが（島田ら、1990；齊藤ら、1998）、本試験においても、収量と稔実莢数との間に有意な相関関係が認められた。齊藤らは、‘タチスズナリ’で播種密度の変動試験を行ったが、密度が高いほど莢数が多く、多収となることを報告しており、本試験と同様の結果であったと考えられる。一方で、磯部らは、‘里のほほえみ’において、畦間60cmで固定し、株間15cmを標準、7.5cmを密植として、播種密度と収量の関係について試験したが、播種密度の違いが収量と莢数に及ぼす影響については認められなかったと報告している。これは、本試験における播種密度は、畦間は60cmと30cm、株間15cmと10cmを組み合わせて変動させており、磯部らより播種密度の変動幅が大きく、収量と莢数の変動幅も大きくなったことが影響したと考えられた。また、磯部らは、6月播種の標準区に比べて、7月播種の密植区の方が多収となる傾向であったと報告している。この要因について、磯部らは、7月播種の密植区の方が、1莢粒数が多かったことが影響したと推察している。それに対して、本試験の試験2における龍ヶ崎市の結果において、収量は播種期の影響より播種密度の影響の方が大きく受けたが、これは、播種密度を高くしたことで稔実莢数が増加したことが影響したと考えられ、磯部らとは異なる結果であったと推察された。以上より、‘里のほほえみ’は、播種密度を高くすることで稔実莢数、または1莢粒数が増加し、多収となる傾向があることが推察された。ダイズの収量に1莢粒数が及ぼす影響については、本試験においても、目標収量250kg/10aを達成するのに必要な稔実莢数が水戸市と龍ヶ崎市で異なることから、大きいと考えられる。本試験においては、1莢粒数は調査しなかったが、今後、播種期と播種密度の違いがダイズの1莢粒数に及ぼす影響について検討する必要があると示唆された。

播種時期、播種密度の違いが品質に及ぼす影響については、本試験においては栽培年の違いの影響の方が大きく、目標品質である被害粒および未熟粒混入率15%以下を達成する播種時期、播種密度については判然としなかった。しかし、裂皮粒の発生については、播種時期の違いの影響が大きい傾向が認められた。内川らは‘サチユタカ’における裂皮粒の発生と播種時期、播種密度との関係を調査し、6月播種の早播が多く、7月10日以降の播種時期では減少する傾向が認められたと報告している。本試験においても、水戸市、龍ヶ崎市ともに裂皮粒は6月20日播種で多く発生し、播種期が遅いと発生が少ない傾向が認められた。本試験では、しわ粒の発生が最も多く、裂皮粒の発生はしわ粒より少なく、品質低下に問題にならない程度であったため、播種適期は6月20日～7月10日であると推察された。

4. 4 気象条件の違いが‘里のほほえみ’の収量、品質に及ぼす影響

水戸市、龍ヶ崎市ともに2014年産と2015年産は、播種適期では目標収量を達成できたが、2016年産は播種適期でも目標収量を下回った。また、品質においても、水戸市の2015年産、龍ヶ崎市の2016年産でしわ粒が多く発生した。このことから、栽培年によって収量と品質が異なる傾向が見られ、特に、栽培期間中の気象条件の違いが影響したと考えられた。

水戸市、龍ヶ崎市ともに低収であった2016年産は、2014年産と2015年産と比較して、7月第4半旬から8月第3半旬までほとんど降雨がなく、一方で、8月第4半旬と8月第6半旬に台風の影響によりまとまった降雨があった（図8）。その影響により、子実肥大期の生育については、株あたり莢数と莢重の低下が認められた（茨城県農業総合センター農業研究所、Web閲覧）。以上より、2016年産は、開花期前後の少雨と子実肥大初期の多雨が影響して、子実肥大期の莢数と莢重が低下し、稔実莢数が少なくなったことで、低

収となったと考えられた。ダイズの収量と気象条件との関係については、長期間の栽培データと気象データをもとに解析した事例がいくつか報告されている（内川ら，2003；山根ら，2016）。内川らは、 m^2 当たり稔実莢数は、開花期前後1週間の降水量との間に曲線的な関係が認められ、乾燥状態、または、湿潤状態となるほど m^2 当たり稔実莢数が少なくなることを報告している。内川らの報告から、本試験において2016年産が低収となった要因として、7月第4半旬から8月第3半旬までほとんど降雨がなかったことが主要因と考えられた。

品質については、水戸市の2015年産と龍ヶ崎市の2016年産でしわ粒が多く発生した。しわ粒は、子実の臍の反対側の子葉組織と種皮が収縮して細かく波上になる縮緬じわと、種皮が子葉から浮いて白く見える種皮の剥離状態を伴って亀甲状に隆起する亀甲じわに大別される。本試験においては、縮緬じわと亀甲じわの区別はせずに、ともにしわ粒として判定したが、縮緬じわと亀甲じわともに発生が認められた。縮緬じわの発生要因は、子実肥大期の養水分ストレス（田淵，2007）や窒素含有量の低下（井上ら，2006）に起因することが報告されている。亀甲じわの発生要因は、日中の乾燥と夜間の湿潤状態の繰り返しにより、種皮の弾力性が失われることに起因することが報告されている（佐藤ら，2008）。また、古畑らは圃場排水性の良否がダイズの子実生産に及ぼす影響について調査し、しわ粒は排水不良ほ場の方が多く発生する傾向があることを報告している（古畑ら，2011）。試験期間中の水戸市と龍ヶ崎市の気象条件は概ね同様で、2015年産は9月第2半旬、2016年産は9月第4半旬に多雨があり（図8）、水戸市と龍ヶ崎市ともにしわ粒の発生が多くなる気象条件であったと考えられる。ほ場の排水性の違いについては、畑ほ場の水戸市の方が、水田転換畑の龍ヶ崎より良好であり、しわ粒の発生傾向が異なる可能性がある。しかし、本試験で、2015年産では水戸市、2016年産では龍ヶ崎市でしわ粒が多発生した要因については判然としなかった。

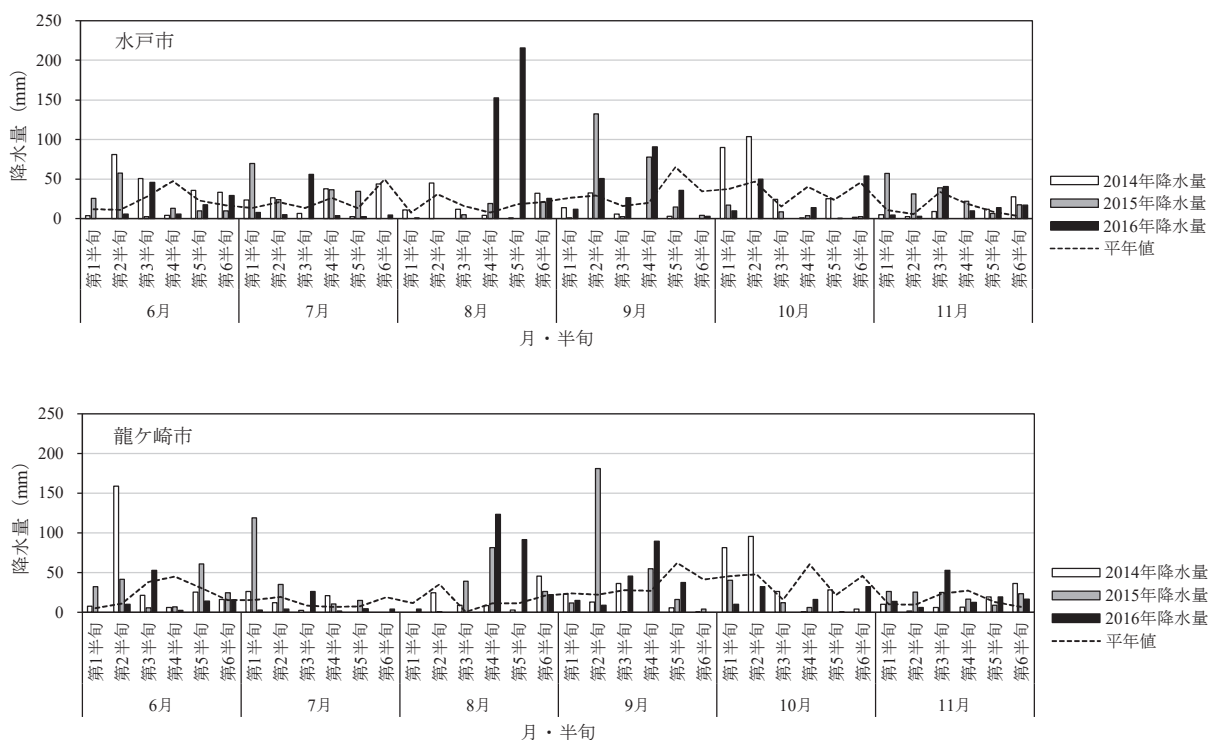


図8 試験期間における栽培期間中の降水量の推移

注1)水戸市は水戸アメダス、龍ヶ崎市は龍ヶ崎アメダスによる。

4. 5 ‘里のほほえみ’の安定生産技術とその費用対効果

本試験により、本県において、‘里のほほえみ’の目標収量250kg/10aと、農産物検査における1等最高限度である被害粒及び未熟粒混入率15%以下を達成する栽培条件は、(a)6月20日～7月10日に播種すること、(b)適期より遅い播種期の場合は、狭畦栽培により収量の低下を軽減できることを明らかにした。狭畦栽培を行う場合、標準の畦間60cmと比較して、中耕・培土を行わないため、労働費は安くなるが、播種量が多くなるため、種苗費は高くなる。そこで、本試験で得られた結果から、‘里のほほえみ’の高品質安定生産技術の費用対効果について検討した。所得を見ると、いずれの播種期においても狭畦栽培の方が高くなった(表15)。本試験では、いずれの播種密度においても同様に薬剤散布を実施したため、その他費用についてはすべて同額としたが、播種適期における狭畦栽培は過繁茂となりやすく、病害虫の発生が懸念される。‘里のほほえみ’は、べと病が発生しやすいことが県内各地で報告されており、薬剤散布のための費用がさらにかかることが懸念される。また、播種適期における狭畦栽培は主茎長が長くなり、倒伏が発生しやすい。近年、子実肥大期に集中豪雨となる傾向があり、倒伏のリスクが高まっているため、播種適期内では、標準の播種密度の方が適していると推察される。一方で、晩播では、標準の播種密度では目標収量を下回るため、畦間30cmの狭畦栽培の方が適していると推察された。特に、水戸市の7月20日播種において、標準の播種密度に比べて、畦間30cm・株間10cmの所得は19,018円/10a高かった。以上より、‘里のほほえみ’の高品質安定生産技術は、費用対効果においても優れていることが確認された。

表15 播種期と播種密度が異なる‘里のほほえみ’における収入と支出

栽培地	播種期 (月・日)	播種密度		子実重 (kg/10a)	検査等級	収入				支出				所得(A) - 同左標準差(B)	
		畦間 (cm)	株間 (cm)			販売額 (円/10a)	数量払額 (円/10a)	戦略作物助成 (円/10a)	合計(A) (円/10a)	種苗費 (円/10a)	労働費 (円/10a)	その他費用 (円/10a)	合計(B) (円/10a)		
水戸	6.30	30	10	365	1	38,901	65,828	0	104,910	7,254	6,000	38,008	51,262	53,648	16,017
		30	15	328	2	33,944	55,514	0	89,627	4,836	6,000	38,008	48,844	40,783	3,152
		60	10	281	2	29,026	47,472	0	76,667	3,627	6,750	38,008	48,385	28,282	-9,349
		60	15	295	1	31,434	53,192	0	84,807	2,418	6,750	38,008	47,176	37,631	-
	7.10	30	10	324	1	34,559	58,481	0	93,220	7,254	6,000	38,008	51,262	41,958	13,511
		30	15	293	1	31,210	52,812	0	84,202	4,836	6,000	38,008	48,844	35,358	6,911
		60	10	277	2	28,630	46,823	0	75,622	3,627	6,750	38,008	48,385	27,237	-1,211
		60	15	263	1	28,023	47,420	0	75,623	2,418	6,750	38,008	47,176	28,447	-
	7.20	30	10	277	1	29,592	50,075	0	79,847	7,254	6,000	38,008	51,262	28,585	19,018
		30	15	248	2	25,670	41,982	0	67,821	4,836	6,000	38,008	48,844	18,977	9,410
		60	10	210	2	21,730	35,539	0	57,438	3,627	6,750	38,008	48,385	9,053	-514
		60	15	197	1	21,010	35,552	0	56,743	2,418	6,750	38,008	47,176	9,567	-
龍ヶ崎	6.30	30	10	365	2	37,691	61,644	35,000	134,504	7,254	6,000	38,008	51,262	83,242	13,299
		30	15	320	2	33,044	54,042	35,000	122,255	4,836	6,000	38,008	48,844	73,411	3,468
		60	10	302	1	32,239	54,554	35,000	121,974	3,627	6,750	38,008	48,385	73,589	3,646
		60	15	285	1	30,436	51,503	35,000	117,119	2,418	6,750	38,008	47,176	69,943	-
	7.10	30	10	309	1	32,961	55,776	35,000	123,918	7,254	6,000	38,008	51,262	72,656	10,084
		30	15	299	1	31,841	53,880	35,000	120,901	4,836	6,000	38,008	48,844	72,057	9,485
		60	10	275	2	28,431	46,498	35,000	110,097	3,627	6,750	38,008	48,385	61,712	-860
		60	15	260	1	27,698	46,870	35,000	109,748	2,418	6,750	38,008	47,176	62,572	-
	7.20	30	10	296	1	31,574	53,429	35,000	120,184	7,254	6,000	38,008	51,262	68,922	7,116
		30	15	277	1	29,542	49,990	35,000	114,712	4,836	6,000	38,008	48,844	65,868	4,062
		60	10	263	1	28,055	47,474	35,000	110,709	3,627	6,750	38,008	48,385	62,324	517
		60	15	257	1	27,413	46,389	35,000	108,982	2,418	6,750	38,008	47,176	61,806	-

注1)網掛け部分は標準の播種密度を示す。

注2)検査等級は、被害粒および未熟粒混入率から判定した(1等最高限度:15%,2等最高限度:20%)。

注3)販売額は、単価を1等が6,400円/60kg,2等が6,200円/60kgとして算出した。

注4)数量払額は令和2年度経営所得安定対策畑作物の単価による(1等が10,830円/60kg,2等が10,140円/60kg)。

注5)戦略作物助成は、令和2年度経営所得安定対策水田活用の直接支払交付金により、

畑ほ場の水戸市は計上せず、水田転換畑の龍ヶ崎市は計上した。

注6)種苗費は、百粒重を37.2gとし、播種量を畦間30cm・株間10cmが12.4kg/10a,畦間30cm・株間15cmが8.3kg/10a,

畦間60cm・株間10cmが6.2kg/10a,畦間60cm・株間15cmが4.1kg/10aとし、単価は585円/kgとして算出した。

注7)労働費は時給を1,500円とし、労働時間は畦間30cmが4.0h/10a,畦間60cmが4.5h/10aとして算出した。

注8)その他費用は、農業経営統計調査における平成30年産大豆の10a当たり生産費のうち、物財費(種苗費は除く)、支払利子、支払地代を計上した。

4. 6 茨城県における‘里のほほえみ’の普及状況と今後の課題

特性調査により、‘里のほほえみ’は本県における栽培適性があり、‘タチナガハ’よりも優れた特性を有することが確認された。‘里のほほえみ’は、2015年に本県の奨励品種（認定品種）に採用されて以降、‘タチナガハ’からの品種転換が進み、2019年産では本県の作付面積の65%である2,243haが作付けられ（表16）、2020年産には‘里のほほえみ’への品種転換が完了する予定である。また、2020年に‘里のほほえみ’は認定品種から奨励品種となり、‘タチナガハ’は奨励品種から廃止された。しかし、‘里のほほえみ’の奨励品種（認定品種）採用以降も、本県の単収は低い状態が続いている。これは、播種時期の多雨、開花期前後の高温と乾燥、子実肥大期の多雨等の気象による影響が大きいと考えられる。特に、播種時期の多雨については、播種期の遅延、播種後の湿害の原因となり、収量に及ぼす影響が大きい。本県は、耕うん同時畝立て播種栽培が大豆の湿害回避に有効な技術であることを実証し、マニュアルとして取りまとめている（茨城県農業総合センター農業研究所，Web閲覧）。本県の単収の向上には、本研究で明らかにした高品質安定生産技術と併せて、耕うん同時畝立て播種をはじめとした湿害軽減技術の普及も必要である。

表16 茨城県の大豆の品種別作付面積と10a当たり収量の推移

		生産年度						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
里のほほえみ	作付面積 (ha)	-	-	38	373	1,238	1,874	2,243
	比率 (%)			1	10	34	54	65
タチナガハ	作付面積 (ha)			2,369	2,052	1,092	521	69
	比率 (%)	55	60	63	55	30	15	2
ハタユタカ	作付面積 (ha)			226	224	218	104	69
	比率 (%)	6	6	6	6	6	3	2
納豆小粒	作付面積 (ha)			1,090	1,082	1,092	972	1,070
	比率 (%)	39	35	29	29	30	28	31
全体作付面積	(ha)	3,990	3,920	3,760	3,730	3,640	3,470	3,450
10a当たり収量	(kg/10a)	140	138	113	108	130	110	96

注1)年度別作付面積率は茨城県農林水産部産地振興課推計。

注2)作付面積（田畑別）は農林水産省大臣官房統計部資料による。

謝辞

‘里のほほえみ’の選定にあたり、現地試験にご協力いただいた渡辺和弘氏に深甚な感謝の意を表す。また、本品種の普及拡大および高品質安定生産のために、現地指導にご尽力いただいている各地域の農林事務所経営・普及部門、または農業改良普及センターの方々に深甚な感謝の意を表す。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

茨城県における大粒ダイズ‘里のほほえみ’の特性を明らかにした。また、栽培条件の違いが‘里のほほえみ’の生育、収量および品質に及ぼす影響を調査し、安定生産に適する栽培法を明らかにした。

(a)大粒ダイズ‘タチナガハ’と比較して、開花期は1日遅く、成熟期は3日早く、青立ちは少なかった。

また、倒伏はほとんど発生しなかった。

(b)主茎長は3cm長く、主茎節数、分枝数、莢数は同等、最下着莢節位高は4cm～5cm高かった。

(c)子実重は同等、百粒重は同等～やや重かった。外観品質は同等、粗蛋白質含有率は高かった。

(d)‘里のほほえみ’を安定生産するには、6月20日～7月10日に播種し、適期より遅い播種期の場合は、狭畦栽培とすることで収量の低下を軽減できる。

引用文献

- 古畑昌巳・足立一日出・大野智史（2011）圃場の排水性の良否が北陸地域のダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響. 日本作物学会紀事80（1）：65-72.
- 茨城県農業総合センター農業研究所 平成26年度主要成果 青立ちしにくい大粒大豆「里のほほえみ」の認定品種採用<<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h26/h26seika.html>>（2020年7月29日閲覧）
- 茨城県農業総合センター農業研究所 平成28年度主要成果 大豆認定品種「里のほほえみ」の高品質・安定栽培法<<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h28pdf/h28seika.html>>（2020年7月29日閲覧）
- 茨城県農業総合センター農業研究所 平成28年度農研速報（大豆）<<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/sokuho/sokuho.html>>（2020年7月26日閲覧）
- 茨城県農業総合センター農業研究所（2020）麦・大豆の耕うん同時畝立て播種栽培マニュアルVer.2<<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/right.html>>（2020年8月3日閲覧）
- 井上健一・高橋正樹（2006）ダイズ子実肥大期の生育経過としわ粒発生率の関係. 北陸作物学会報41：96-99.
- 磯部勝孝・鈴木大輔・賀来はるか・加賀亮之介・成田啓人・小野 翼・肥後昌男（2020）ダイズ品種里のほほえみの関東南部での栽培に関する研究. 日本作物学会紀事89（1）：8-15.
- 菊池彰夫・河野雄飛・加藤 信・湯本節三・高田吉丈・島田信二・境 哲文・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清・中村茂樹（2011）倒伏に強く大粒良質で高蛋白なダイズ新品種「里のほほえみ」の育成. 東北農業研究センター研究報告113：1-15.
- 中川力夫・野口友嗣（2014）県産大豆の豆腐加工適性比較. 茨城県工業技術センター研究報告第43号
- 農林水産省（2001）平成13年2月28日農林水産省告示第244号農産物規格規定<https://www.maff.go.jp/j/kokkoku_tuti/kokuji/k0001439.html>（2020年8月2日閲覧）
- 齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎（1998）ダイズ収量成立過程における花器の分化と発育について－莢数と花蕾数の関係－. 日本作物学会紀事67（1）：70-78.
- 佐藤 徹・服部 誠・市川岳史・田村隆夫（2008）ダイズの亀甲じわ粒の発生に及ぼす成熟後の子実水分変動の影響. 日本作物学会紀事77（4）：457-460.
- 島田信二・広川文彦・宮川敏男（1990）山陽地域の水田転換畑高収量ダイズに対する播種期および栽植密度の効果. 日本作物学会紀事59：257-264.
- 田淵公清（2007）北陸地域におけるダイズのしわ粒など品質低下要因の解明と対策. 北陸作物学会報42：140-143.
- 内川 修・福島裕助・松江勇次（2003）北部九州におけるダイズの収量と気象条件との関係. 日本作物学会紀事72（2）：203-209.
- 内川 修・福島裕助・佐藤大和・田中浩平・松江勇次（2006）ダイズ「サチユタカ」における裂皮粒の発生と播種時期、栽植密度との関係. 日本作物学会紀事75（1）：23-27.
- 矢ヶ崎和弘・坂本秀彦・谷口岳志・山田直弘（2007）ダイズ新品種「タチホマレ」の育成. 北陸作物学会報42：62-65.
- 山根正博・国分牧衛（2016）東北地方におけるダイズ収量の年次・地域間変動と気象要因との関係. 日本作物学会紀事85（2）：198-203.

Agricultural Characteristics of Soybean ‘Satonohohoemi’ and Improvement in its Cultivating Techniques in Ibaraki Prefecture

**Kazutaka SHINOMIYA¹, Sachiko NAMAI, Yukari TERAKADO,
Yoko TOYODA, Ryuji AOKI and Masaru MIYAMOTO**

Summary

We investigated the characteristics of the soybean ‘Satonohohoemi’ and compared them to the soybean ‘Tachinagaha’, which is a standard cultivar of soybean in Ibaraki Prefecture. The quantity and quality of the ‘Satonohohoemi’ yield was similar to that of the ‘Tachinagaha’. However, as a tofu, the taste of the ‘Satonohohoemi’ was better than or equal to the ‘Tachinagaha’'s. ‘Satonohohoemi’ exhibited resistance to the soybean mosaic virus and soybean purple seed stain. It was also found to be pod dehiscence resistant. As a result, we adopted ‘Satonohohoemi’ as the recommended cultivar of Ibaraki Prefecture in 2015, and we have been substituting ‘Tachinagaha’ cultivations for ‘Satonohohoemi’. Furthermore, we investigated the effects of cultivation conditions on the growth and yield of ‘Satonohohoemi’. As a result, we surmised that although optimal sowing time for the stable production of ‘Satonohohoemi’ is until July 10th, narrow row cultivation methods can still provide stable production of ‘Satonohohoemi’ even during late sowing times.

Keywords: soybean, Satonohohoemi, recommended cultivar, yield, sowing time, narrow row cultivation method

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

本誌に掲載された記事に関しては「茨城県農業総合センター」ホームページ
<http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/nosose/cont/>にてPDFを掲載しております。

編集委員

副センター長兼企画情報部長（総括）	山中 賢一
生物工学研究所所長（編集委員長）	横田 国夫
園芸研究所所長（副編集委員長）	折本 善之
農業研究所所長（副編集委員長）	檜村 英一
山間地帯特産指導所所長	弓野 功
鹿島地帯特産指導所所長	駒形 智幸
専門技術指導員室長	久保 洋一
研究管理監	内藤 和也
企画調整課係長	半田 貴彦
企画調整課主事	阿久津 美智子

各研究所の連絡先

生物工学研究所	笠間市安居 3165-1	0299-45-8330
園芸研究所	笠間市安居 3165-1	0299-45-8340
農業研究所	水戸市上国井町 3402	029-239-7211
山間地帯特産指導所	大子町頃藤 6690-1	0295-74-0821
鹿島地帯特産指導所	神栖市息栖 2815	0299-92-3637

茨城県農業総合センター研究報告 第3号

2021年3月19日発行

発行者 茨城県農業総合センター

〒319-0292 茨城県笠間市安居3165-1

電話 0299-45-8321

FAX 0299-45-8350

印刷者 佐藤印刷株式会社

〒310-0043 茨城県水戸市松が丘2-3-23

電話 029-251-1212

FAX 029-251-1047

本誌に掲載された論文の著作権は、当センターに帰属するものとする

BULLETIN
OF THE
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER
No.3
March 2021

Contents

- Breeding of New Rice Variety 'Fukumaru SL' A Rice Stripe Disease Resistance Isogenic Line of 'Fukumaru' and Adopting as a Recommended Variety.
Kazuyuki OKAMOTO, Yoshitaka FUKAZAWA, Kai KAWAMATA, Kazunori AKITA,
Kenshu FURUYAMA, Kento HAYASAKA, Sayuri SEKINE, Katsunori OKANO,
Utako YAMAUCHI, Tsuyu ANDO, Tatsumi MIZUBAYASHI, Jun-ichi YONEMARU
and Junichi TANAKA 1
- Effect of branch age and density of lateral branch on yield and fruit quality in Japanese Pear 'Keisui'
Keisuke KAGAWA, Hidenori ICHIGE, Iwao TERAOKADO and Akira SHIMIZU 15
- Postharvest Physiology and Storage Quality of Japanese Pear 'Keisui' Treated with 1-methylcyclopropene
Kohei SAKAMOTO, Keisuke KAGAWA, Nobutaka NAKAMURA, Kohei KAJIYAMA
and Takashi ISHII 22
- Agricultural Characteristics of Soybean 'Satonohohoemi' and Improvement in its Cultivating Techniques
in Ibaraki Prefecture
Kazutaka SHINOMIYA, Sachiko NAMAI, Yukari TERAOKADO, Yoko TOYODA, Ryuji AOKI
and Masaru MIYAMOTO 32

Ibaraki Agricultural Center
3165-1, Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, JAPAN