

ISSN 2185-0437

山口県農林総合技術センター研究報告

第 11 号

令和 2 年（2020 年）3 月

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No.11

March, 2020

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Ouchi Hikami, Yamaguchi City, Yamaguchi Prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県山口市大内氷上一丁目 1 番 1 号

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri.

& For. Gen. Tech. Ctr.

目次

1101	飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法 金子 和彦・池尻 明彦	1
1102	酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響 前岡 庸介・金子 和彦・中野 邦夫・池尻 明彦・陣内 暉久・有吉 真知子・ 中島 勘太	22
1103	花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発 日高 輝雄・木村 靖・鶴山 浄真・藤井 宏栄・茗荷谷 紀文	34
1104	中晩生カンキツ「せとみ」における緑かび病と青かび病の防除対策 村本 和之・世良 友香・兼常 康彦	48
1105	カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策 兼常 康彦・世良 友香・西岡 真理	61
1106	山口型放牧の更なる省力管理技術の検討 ―牛衣を用いた放牧牛の暑熱対策― 鈴木 真士・古澤 剛・鳴重 夏美・刀禰 瑞世	74
	訂正のお願い 「山口県農林総合技術センター研究報告 第10号」掲載課題	78
	山口県農林総合技術センター研究報告投稿規定	79

飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法

金子 和彦・池尻 明彦*

Low-Cost, Labor-Saving High-Yield Cultivation of Forage Rice (*Oryza sativa* L.)

KANEKO Kazuhiko, IKEJIRI Akihiko

Abstract: In this study, we examined the low-cost, labor-saving high-yielding cultivation method of forage rice in Yamaguchi-City. 'Hoshiaoba,' 'Hokuriku 193,' 'Minachikara,' and 'Hokuriku 262' used in the study show growth characteristics similar to those observed on application of conventional slow-release fertilizers, viz., poultry manure and coated urea in combination. The yield of 'Hoshiaoba,' 'Takanari,' 'Hokuriku 193,' 'Minachikara,' and 'Hokuriku 262' used in the study are equivalent to the standard planting of 18.0 strains / m² with sparse planting density of 11.0 strains / m². 'Minachikara' and 'Hokuriku 262' used in the study were able to reduce the moisture of rough rice to about 16%, i.e., to such an extent that shattering and ear germination were observed slightly even at harvest 30 days after maturation. The yield of 'Minachikara' was higher than that of the conventional 'Hokuriku 193' for Mine-City, which is a middle land. In addition, regarding the planting density of 'Minachikara,' the yield under standard planting and sparse planting was equal in Yamaguchi-City, which is on flat ground, but the yield under sparse planting is inferior to that under standard planting in Mine-City, which is at a higher elevation. From this, it was thought that it would be necessary to avoid sparse planting in areas and fields where it is difficult to secure a stable number of stems.

Key Words: rice variety for feeding, poultry manure, sparse planting, field drying

キーワード：専用品種、鶏糞、疎植、立毛乾燥

緒言

本県では、主要な担い手として集落営農法人の育成を進めているが、米の生産数量目標が減少する中、水田を有効活用した新規需要米の生産性向上が法人経営の安定化を図る上でも重要な課題となっている。

新規需要米のひとつである飼料用米は 2008 年から県内での栽培が開始され、2010 年の戸別補償制度の開始、2014 年の数量払い制度の導入等により作付面積が増加してきている。2019 年度山口県水田フル活用ビジョンでは県内の飼料用米の作付面積は 875 ha、生産量は約 4,600 t (2018 年) となっているが、県内の需要量は 6,530 t (2018 年) であり、今後も生産拡大が必要である (山口県, 2019)。しかし、飼料用米は、助成金はあるものの低価格で取引されるため、安定供給するためには専用品種を利用した省力・低コスト・多収栽培技術の確立が大きな課題である。

飼料用米に利用できる専用品種は、極多収で耐倒伏性があり複数の病害抵抗性をもつ多数の品種が国の研究機関を中心に育成されてきている (農研機構, 2017)。

また、飼料用米は外観品質や食味を重視しないことから、省力・低コスト・多収栽培法が食用米とはやや異なる。

本試験では、当センターの水稻奨励品種決定調査の中で選定した山口県に適応可能な飼料用米専用品種を供試し、鶏糞を利用した施肥法、疎植栽培及び立毛乾燥の可否について 2012 年～2017 年に検討した。その結果、省力・低コスト・多収栽培に寄与するいくつかの知見が得られたので報告する。

*現在：山口農林水産事務所

材料および方法

1 省力・低コストのための鶏糞を活用した施肥法の確立

5月上旬に各品種・系統を乾籾120g/箱播種し、稚苗を5月下旬にセンター（山口市大内氷上 標高31m）内49号田に移植した。栽植密度は18.0株/㎡とし、施肥は鶏糞と被覆尿素を用いて第1表の試験区のとおりとした。鶏糞は移植の10日前（荒代前）に施用し、被覆尿素は荒代後、植代前に施用した。2012年から2014年までは「ホシアオバ」、2015年から2017年までは「中国217号」（現「みなちから」；以下「みなちから」という。）、「北陸262号」、「北陸193号」を供試した。移植後20日から10日毎に20株/区の草丈、茎数、葉令、葉色の生育調査を行い、成熟期に各区の調査株の中から中庸な5株を採取し籾数の調査を行うとともに各区から100株を採取して収量調査を行った。調査区の配置は乱塊法とし、2反復で行った。

2 省力・コスト低減のための疎植適応性の確認

5月上旬に各品種・系統を乾籾120g/箱播種し5月下旬にセンター内14号田に移植した。栽植密度は18.0株/㎡と11.0株/㎡の2水準とし前者を標準区、後者を疎植区とした。施肥量は窒素、リン酸、加里がそれぞれ23%、10%、12%の緩効性肥料を用い1.2kg/aとし、基肥で荒代後、植代前に施用した。2012年から2014年は「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」、2015年から2017年は「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」を供試した。移植後20日から10日毎に20株/区の草丈、茎数、葉令、葉色の生育調査を行い、成熟期に各区の調査株の中から中庸な5株を採取し籾数の調査を行った。稔実歩合は採取した籾を籾摺りし、全玄米数を籾数で除して算出した。また、収量調査は各区から100株を採取して行った。調査区の配置は乱塊法とし、2反復で行った。

3 コスト低減のための立毛乾燥の可否の確認

供試試料として、2015年から2017年に別試験で供試し、いずれの年次も5月下旬に49号田に移植した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」のそれぞれの慣行区の立毛植物体を用いた。調査は、成熟期、成熟期+10日、成熟期+20日、成熟期+30日にそれぞれの品種・系統から2株分の穂を採取し、籾水分、穂発芽程度、脱粒程度を測定、評価した。籾水分はKett社製の米麦水分計で測定し、穂発芽程度は30本の穂の全籾中の発芽籾の割合で評価した。また、脱粒程度は30本の穂をそれぞれ手で強く握りしめ、脱粒した籾の割合で評価した（福田・福井、1996）。

4 現地実証

2016および2017年に美祢市秋芳町（標高115m）で「みなちから」を供試して現地実証試験を行った。

「北陸193号」を対照品種（栽植密度は2016年が16.6株/㎡、2017年が17.2株/㎡）とし、「みなちから」の栽植密度を2016年は13.6株/㎡（疎植）と18.0株/㎡（標準）、2017年は13.2株/㎡（疎植）と17.4株/㎡（標準）のそれぞれ2水準として試験を行った。移植は稚苗機械移植で6月21日、基肥は、窒素、リン酸、加里がそれぞれ23%、10%、12%の緩効性肥料を用い基肥で窒素成分あたり1.2kg/a施用した。

生育調査は移植後20日から10日毎に20株/区の草丈、茎数、葉令、葉色の生育調査を行い、成熟期に各区の調査株の中から中庸な5株を採取し籾数の調査を行うとともに各区から100株を採取して収量調査を行った。調査は各区2反復で行った。

第1表 試験区の設定

区名	肥料の種類と窒素成分比	鶏糞 ² (kg/10a)	施肥窒素 (kg/10a)			備考
			鶏糞由来	化成由来	計	
鶏糞+S100日	シグモイド型100	500	4.5	7.5	12	
鶏糞+S120日	シグモイド型120	500	4.5	7.5	12	
鶏糞+SS100日	Sシグモイド型100	500	4.5	7.5	12	2013、2014年「ホシアオバ」でS120に替えて実施
慣行	速効性：リニア型100：シグモイド型100＝40：20：40	0	0	12	12	

² 鶏糞はA社製の発酵鶏糞(N-P-K：2.2-5.8-3.7 水分：15.3%)を使用

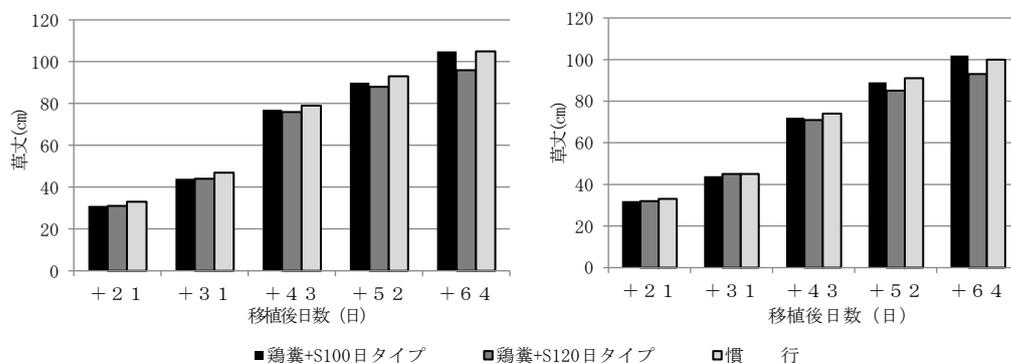
結 果

1 省力・低コストのための鶏糞を活用した施肥法の確立

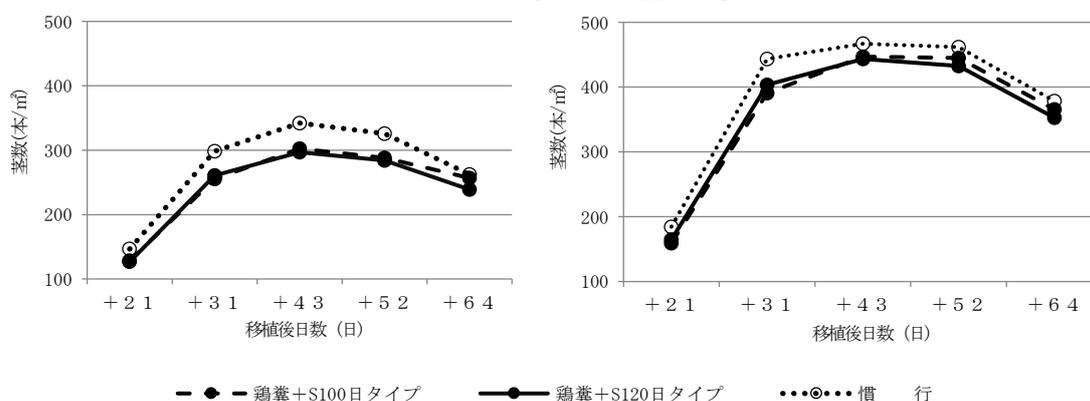
2012年の「ホシアオバ」および「北陸193号」では、移植後50日頃まで鶏糞と被覆尿素を組み合わせた区で慣行区に比べて草丈はやや低く推移し、茎数も少なく推移した。また、特に鶏糞+S120日タイプ区でその傾向は顕著であった(第1図、第2図)。葉色は両品種とも移植後40日頃までは各区で差はなかったが、移植後50日頃から鶏糞+S100日タイプ>慣行>鶏糞+S120日タイプの順で濃くなった(第3図)。各試験区で生育ステージの差はなかった(第2表)。成熟期調査では「ホシアオバ」の鶏糞+S120日タイプ区が他の区に比べて稈長、穂長が短く、穂数が少なくなった。また、「北陸193号」は鶏糞+S100日タイプ区と鶏糞+S120日タイプ区が慣行より稈長は短くなり、鶏糞+S120日タイプ区が他の区に比べて穂数が少なくなった(第3表)。収量調査では「北陸193号」は区間で有意差は認められなかった。また、「ホシアオバ」では「北陸193号」と同様、区間で有意差は認められな

かったものの鶏糞+S120日タイプ区が他の区に比べて穂数が少なく、収量が低い傾向であった(第4表)。

2012年に「ホシアオバ」の鶏糞+S120日タイプで収量が低い傾向がみられたため、2013年からは「ホシアオバ」のみ、S120日タイプをやや溶出の早いSS100日タイプに置き換えて試験を行った。「北陸193号」は草丈では2013年、2014年とも2012年と同様の推移を示したが、茎数は2013年、2014年とも各試験区において各処理区間に差はみられなかった(第4図、第5図)。「ホシアオバ」はS120日タイプを窒素成分の溶出速度(以下「溶出速度」という。)のやや早いSS100日タイプに置き換えたことにより、2013年、2014年とも鶏糞+SS100日タイプ区は草丈が鶏糞+S100日タイプ区に比べてやや高く推移した。また、茎数は2013年は鶏糞+SS100日タイプ区が鶏糞+S100日タイプ区に比べて多く推移したが、2014年は区間に差はみられなかった(第4図、第5図)。葉色は2013年は両品種とも区間に差はなかったが(データ省略)、2014年は移植後40日頃から「ホシアオバ」では鶏糞+SS100日タイプ、「北陸193号」では鶏糞+S120日タイプで葉色がやや淡くなった(第6図)。

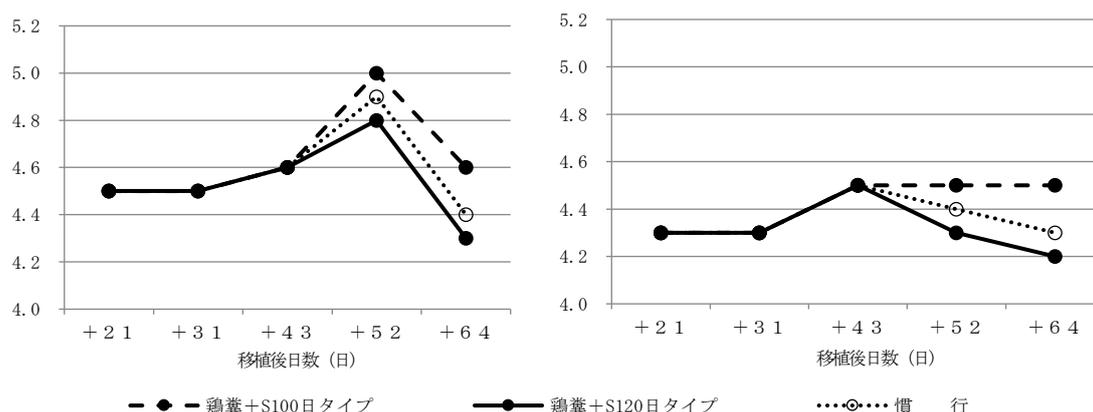


第1図 「ホシアオバ」、 「北陸193号」の草丈の推移 (2012年)
左: 「ホシアオバ」、右: 「北陸193号」



第2図 「ホシアオバ」、 「北陸193号」の茎数の推移 (2012年)
左: 「ホシアオバ」、右: 「北陸193号」

飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法



第3図 「ホシアオバ」、「北陸193号」の葉色(カラスケール)の推移(2012年)
左:「ホシアオバ」、右:「北陸193号」

第2表 各試験区の生育ステージ(2012年)

品種名	区名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ	8.11	9.30
	鶏糞+S120日タイプ	8.11	9.30
	慣行	8.11	9.30
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ	8.17	10.07
	鶏糞+S120日タイプ	8.17	10.07
	慣行	8.17	10.07

第3表 成熟期調査結果(2012年)

品種名	試験区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0-5)
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ	96	a 20.9	a 235	a 0
	鶏糞+S120日タイプ	90	b 20.3	b 210	b 0
	慣行	97	a 21.0	a 241	a 0
分散分析 ^z		**	**	**	-
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ	91	a 28.0	252	a 0
	鶏糞+S120日タイプ	90	a 28.2	228	b 0
	慣行	95	b 27.5	256	a 0
分散分析		**	ns	**	-

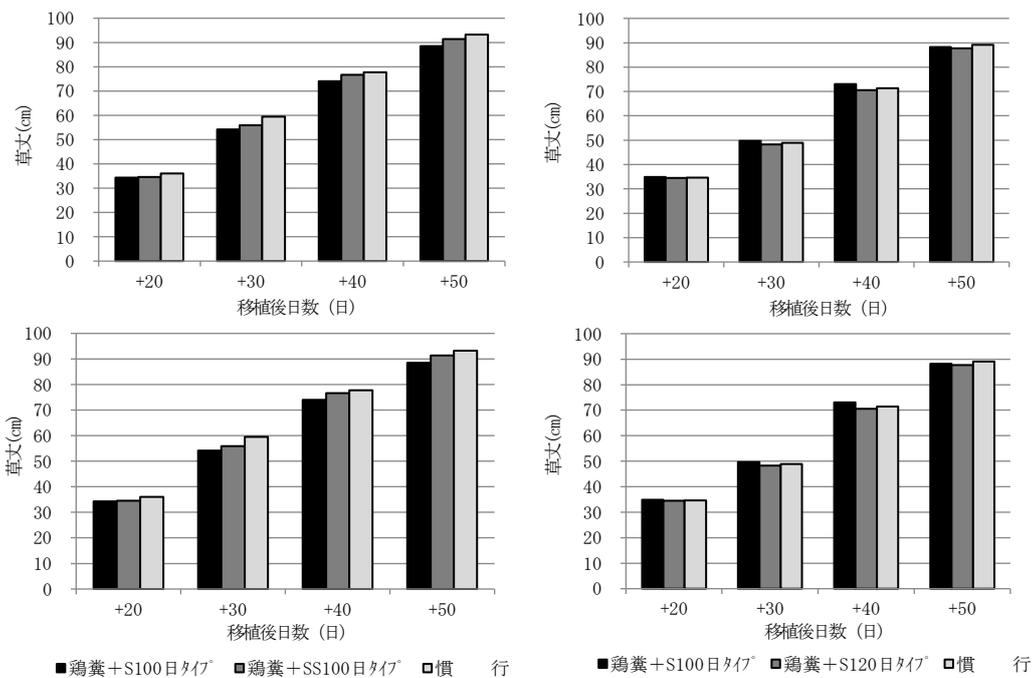
^z 分散分析の**は1%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す
また、異なる英文字間にはTukeyの多重比較により1%水準で有意差があることを示す

第4表 収量調査結果(2012年)

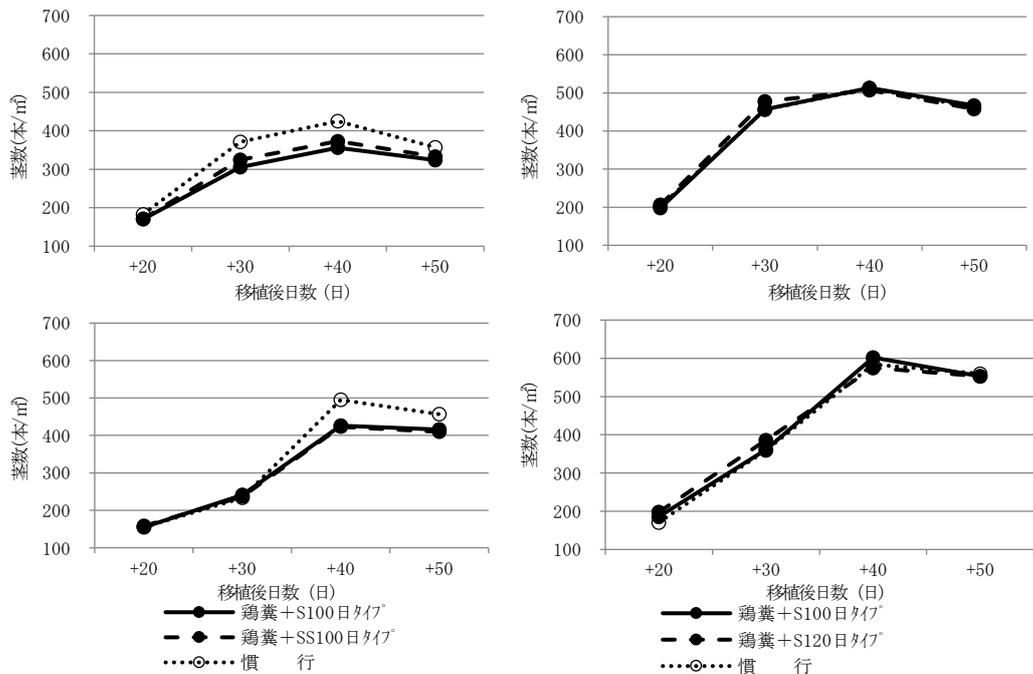
品種名	区名	全重 (kg/a)	精粳重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	同左 比率	精玄米重(kg/a)			1穂 ×100	稈実 歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)	
						1.7≤	1.85≤	1.9≤					
						ns	ns	ns					
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ ^y	180	80.8	67.8	101	67.5	66.3	65.0	126	296	87	27.9	7.1
	鶏糞+S120日タイプ	172	71.5	59.3	88	59.1	58.4	57.5	108	227	89	28.7	7.6
	慣行	193	80.2	67.1	(100)	66.9	65.8	64.5	118	284	87	28.0	7.2
分散分析 ^y		ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ	250	103.5	83.3	103	82.9	77.6	56.4	167	421	92	22.5	7.6
	鶏糞+S120日タイプ	237	100.0	80.1	100	79.9	77.2	63.9	161	367	93	23.2	7.4
	慣行	240	100.4	80.5	(100)	80.1	76.5	59.5	149	380	93	23.0	7.2
分散分析		ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

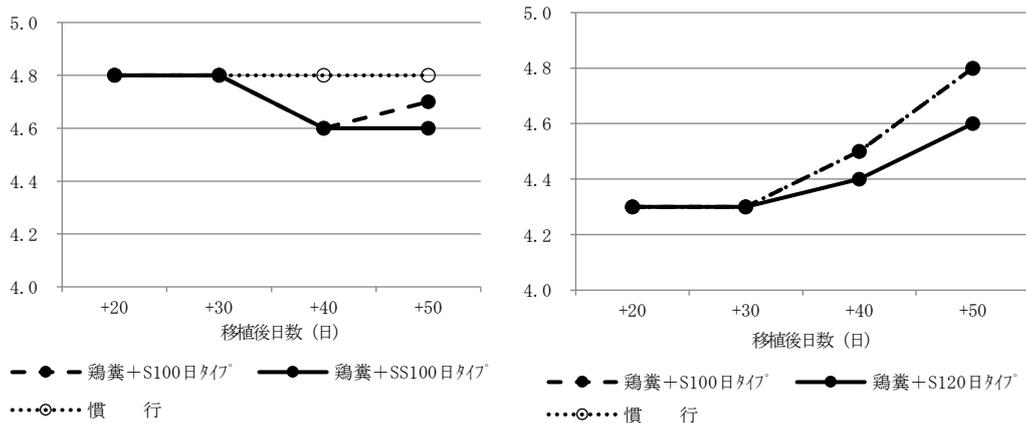
^y 分散分析のnsは有意差がないことを示す



第4図 「ホシアオバ」および「北陸193号」の草丈の推移 (上:2013年 下:2014年)
左:「ホシアオバ」、右:「北陸193号」



第5図 「ホシアオバ」および「北陸193号」の茎数の推移 (上:2013年 下:2014年)



第6図 「ホシアオバ」および「北陸193号」の葉色の推移 (2014年)

生育ステージは2012年と同様、2013年、2014年も各試験区で差はなかった(第5表)。成熟期調査では「ホシアオバ」、「北陸193号」とも稈長は各試験区が慣行区に比べて短かった。また、穂長は2014年の「ホシアオバ」の鶏糞+S100日タイプ区が他の区に比べて長かったが、2013年の「ホシアオバ」、2013年、2014年の「北陸193号」では区間に差はみられなかった。穂数は2013年の「北陸193号」、2014年の「ホシアオバ」で溶出速度の遅い被覆尿素の区でやや穂数が少なくなったが、2013年の「ホシアオバ」、2014年の「北陸193号」で区間に差はみられなかった(第6表)。収量調査は2013年、2014年とも「ホシアオバ」、「北陸193号」の両品種で収量構成要素、収量で区間に有意差は認められなかった(第7表)。

2015年から2017年に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」ではいずれの品種も

3年とも慣行区に比べて鶏糞+被覆尿素の区の草丈が高く推移し、特に鶏糞+S100日タイプ区の草丈が高かった(第7図)。また、茎数は「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」とも2015年は慣行区に比べて鶏糞+被覆尿素の区がやや多く推移したが、2016年、2017年は各区でほぼ同様に推移した(第8図)。葉色はいずれの年も各品種で区による差はなかった(データ省略)。生育ステージは2016年の「みなちから」の鶏糞+S100日タイプ区の出穂期が他の区より1日遅かったが、それ以外は区間で出穂期、成熟期の差はなかった(第8表)。成熟期調査でも稈長、穂長、穂数に区間の差はみられなかった(第9表)。2015~2017年いずれの年も鶏糞+被覆尿素、慣行の各区で収量構成要素、収量の差はなかった。また、玄米タンパク含有率も各区で差はなかった(第10表)。

第5表 各試験区の生育ステージ (2013年、2014年)

品種名	試験区	2013年		2014年	
		出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ ^o	8.09	9.25	8.09	9.25
	鶏糞+SS100日タイプ ^o	8.09	9.25	8.09	9.25
	慣行	8.09	9.25	8.09	9.25
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ ^o	8.18	10.04	8.18	10.04
	鶏糞+S120日タイプ ^o	8.18	10.04	8.18	10.04
	慣行	8.18	10.04	8.18	10.04

第6表 成熟期調査結果 (2013年、2014年)

品種名	試験区	2013年				2014年							
		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0-5)				
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ ^o	89	a	21.3	231	0	99	a	22.7	b	235	a	0
	鶏糞+SS100日タイプ ^o	93	ab	22.1	232	0	98	a	21.6	a	223	b	0
	慣行	96	b	21.5	245	0	103	b	21.4	a	237	a	0
分散分析 ^z		*	ns	ns	-	*	*	*	-	-	-	-	
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ ^o	93	ab	29.3	241	ab	0	93	27.8	248	0		
	鶏糞+S120日タイプ ^o	91	a	28.3	237	a	0	92	27.4	241	0		
	慣行	95	b	28.2	250	b	0	94	27.0	252	0		
分散分析		*	ns	*	-	ns	ns	ns	-	-			

^z 分散分析の*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す
また、異なる英文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差があることを示す

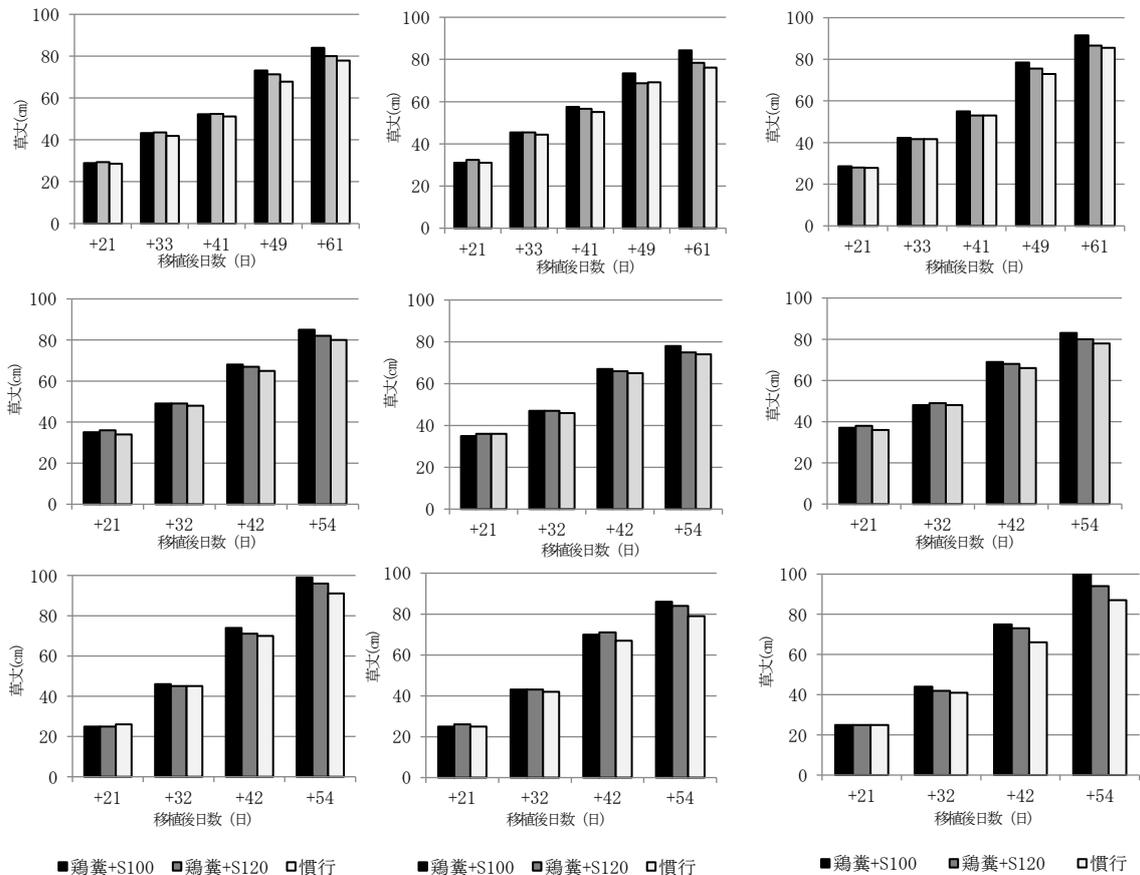
第7表 収量調査結果(上:2013年、下:2014年)

品種名	区名	全重 (kg/a)	精籾重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	同左 比率	精玄米重(kg/a)			籾数		稔実 歩合 (%)	千粒重 1.85≤ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
						1.7≤	1.85≤	1.9≤	1穂	m ² ×100			
						1.7≤	1.85≤	1.9≤	1穂	m ² ×100			
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ	182	83.4	68.9	97	68.7	68.0	67.6	126	292	84	28.5	8.0
	鶏糞+SS100日タイプ	189	87.6	72.5	103	72.4	71.7	71.1	134	310	84	28.5	8.2
	慣行	195	85.8	70.7	(100)	70.5	69.8	69.2	130	318	84	28.3	8.0
分散分析 ^y		ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ	199	95.7	75.6	96	74.0	59.5	46.0	172	415	86	22.0	7.8
	鶏糞+S120日タイプ	209	98.1	78.1	99	77.3	70.4	47.6	166	392	92	22.0	7.8
	慣行	221	99.2	78.7	(100)	78.1	72.9	54.1	159	395	92	22.3	7.7
分散分析		ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

品種名	区名	全重 (kg/a)	精籾重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	同左 比率	精玄米重(kg/a)			籾数		稔実 歩合 (%)	千粒重 1.85≤ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
						1.7≤	1.85≤	1.9≤	1穂	m ² ×100			
						1.7≤	1.85≤	1.9≤	1穂	m ² ×100			
ホシアオバ	鶏糞+S100日タイプ	202	87.5	74.2	98	74.1	73.5	72.5	127	297	93	29.3	8.2
	鶏糞+SS100日タイプ	195	84.2	71.1	93	71.0	70.4	69.5	116	244	94	29.4	8.3
	慣行	214	89.9	76.1	(100)	76.0	75.2	73.8	122	295	94	28.9	8.0
分散分析		ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸193号	鶏糞+S100日タイプ	241	109.6	88.7	103	88.3	86.7	81.2	154	388	85	24.7	7.5
	鶏糞+S120日タイプ	235	107.0	86.3	100	86.1	84.7	80.2	157	358	91	24.4	7.6
	慣行	236	106.5	86.2	(100)	85.9	83.8	77.4	149	380	89	24.3	7.1
分散分析		ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

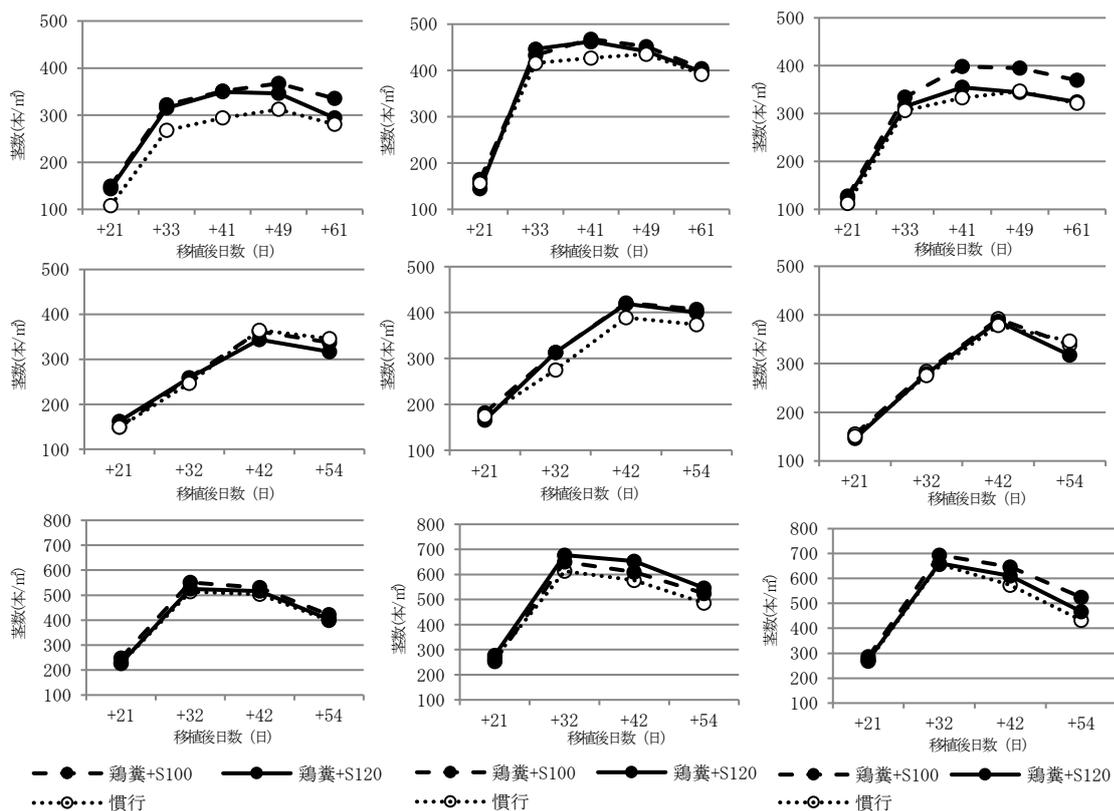
^z 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

^y 分散分析のnsは有意差がないことを示す



第7図 「みなちから」、「北陸262号」および「北陸193号」の草丈の推移
左から「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」(上段:2015年 中段:2016年 下段:2017年)

飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法



第8図 「みなちから」、「北陸262号」および「北陸193号」の茎数の推移
 左から「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」(上段:2015年 中段:2016年 下段:2017年)

第8表 生育ステージ (2015~2017年)

品種・系統	試験区	2015年		2016年		2017年	
		出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)
みなちから	鶏糞+S100	8.16	10.12	8.13	9.27	8.12	10.05
	鶏糞+S120	8.16	10.12	8.12	9.27	8.12	10.05
	慣行	8.16	10.12	8.12	9.27	8.12	10.05
北陸262号	鶏糞+S100	8.18	10.10	8.13	9.29	8.10	9.29
	鶏糞+S120	8.18	10.10	8.13	9.29	8.10	9.29
	慣行	8.18	10.10	8.13	9.29	8.10	9.29
北陸193号	鶏糞+S100	8.22	10.20	8.17	10.04	8.17	10.09
	鶏糞+S120	8.22	10.20	8.17	10.04	8.17	10.09
	慣行	8.22	10.20	8.17	10.04	8.17	10.09

第9表 成熟期調査 (2015~2017年)

品種・系統	試験区	2015年				2016年				2017年			
		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (0-5)
みなちから	鶏糞+S100	76	22.8	275	0	80	21.8	230	0	80	21.8	230	0
	鶏糞+S120	74	23.8	237	0	76	21.6	220	0	76	21.6	220	0
	慣行	74	22.9	219	0	78	21.9	221	0	78	21.9	221	0
北陸262号	鶏糞+S100	76	28.0	297	0	84	27.6	279	0	84	27.6	279	0
	鶏糞+S120	76	28.0	279	0	82	27.8	263	0	82	27.8	263	0
	慣行	76	27.2	281	0	82	26.5	241	0	82	26.5	241	0
北陸193号	鶏糞+S100	82	27.2	243	0	93	28.9	223	0	93	28.9	223	0
	鶏糞+S120	82	27.1	214	0	93	28.9	218	0	93	28.9	218	0
	慣行	80	27.1	223	0	91	28.4	211	0	91	28.4	211	0
分散分析 ^z	品種・系統	ns	*	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns
	施肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z 分散分析の*はそれぞれ5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第10表 収量調査(上:2015年 中:2016年 下:2017年)

品種・系統	試験区	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			㎡当たり 粒数 (×100)	千粒重 1.7≦ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦			
みなちから	鶏糞+S100	202	87.6	85.7	70.8	72.1	69.7	65.1	340	24.8	8.3
	鶏糞+S120	197	85.4	85.7	69.1	72.8	70.8	66.1	320	25.2	8.6
	慣行	183	81.6	80.1	65.0	69.6	67.5	62.8	283	24.5	8.1
北陸262号	鶏糞+S100	211	104.8	101.9	80.8	79.4	67.9	49.9	398	20.8	8.5
	鶏糞+S120	206	102.2	100.2	79.7	79.0	71.0	55.3	397	21.4	8.1
	慣行	185	99.0	97.6	76.7	75.9	68.3	53.9	391	21.4	7.3
北陸193号	鶏糞+S100	214	94.2	91.1	72.8	69.9	66.7	63.4	348	23.0	7.5
	鶏糞+S120	210	94.3	91.9	73.2	68.4	66.0	63.2	316	23.2	7.5
	慣行	197	90.3	88.2	70.0	64.3	61.9	59.0	387	23.3	7.1
分散分析 ^y	品種・系統	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	**	**
	施肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

品種・系統	試験区	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			㎡当たり 粒数 (×100)	千粒重 1.7≦ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦			
みなちから	鶏糞+S100	211	97.3	95.1	78.6	69.9	66.7	63.4	318	26.2	8.3
	鶏糞+S120	206	91.3	89.3	73.7	68.4	66.0	63.2	279	27.0	8.5
	慣行	195	90.2	88.3	73.0	64.3	61.9	59.0	282	26.7	7.9
北陸262号	鶏糞+S100	206	104.0	101.5	80.9	80.5	78.0	66.9	370	22.2	7.0
	鶏糞+S120	208	106.9	104.5	82.4	82.1	80.9	73.3	369	23.3	8.4
	慣行	198	104.9	103.2	81.3	81.0	79.1	69.2	329	22.5	7.3
北陸193号	鶏糞+S100	231	116.4	114.0	91.3	72.1	69.7	65.1	365	23.9	7.3
	鶏糞+S120	217	109.3	107.2	85.8	72.8	70.8	66.1	379	24.1	7.5
	慣行	204	102.8	101.0	81.3	69.6	67.5	62.8	333	24.5	7.0
分散分析	品種・系統	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	**	ns
	施肥	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

品種・系統	試験区	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			㎡当たり 粒数 (×100)	千粒重 1.7≦ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦			
みなちから	鶏糞+S100	269	111.4	107.6	89.4	88.3	85.7	82.5	398	25.8	8.6
	鶏糞+S120	267	112.7	108.7	89.8	88.9	86.5	84.1	412	26.2	8.8
	慣行	245	104.4	102.0	84.4	83.8	81.9	79.6	371	26.4	8.6
北陸262号	鶏糞+S100	220	119.8	116.7	94.2	92.3	71.3	37.8	468	20.9	9.0
	鶏糞+S120	229	123.5	121.3	97.7	97.3	85.5	54.4	506	21.6	8.8
	慣行	203	112.5	110.7	88.6	88.3	77.5	48.1	415	21.7	8.1
北陸193号	鶏糞+S100	299	126.6	122.2	99.4	99.1	97.1	88.7	434	23.9	8.1
	鶏糞+S120	284	130.6	127.3	103.6	103.5	102.3	94.8	456	24.1	7.9
	慣行	258	117.7	108.8	89.4	89.3	88.1	80.9	412	24.5	7.4
分散分析	品種・系統	ns	ns	ns	*	*	*	**	*	**	ns
	施肥	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

^y 分散分析の*, **はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

2 省力・コスト低減のための疎植適応性の確認

2012~2014年の「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」の草丈は3品種とも2012年、2013年は標準区が疎植区よりやや長い傾向であったが、2014年は疎植区が標準区より長い傾向であった(第9図)。茎数は「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」とも移植後50日頃まで概して標準区が疎植区より多く推移したが、2013年の「ホシアオバ」、「北陸193号」、2014年の「ホシアオバ」では、移植後40~50日頃から標準区と疎植区がほぼ同等となった。

また、穂数も3品種とも標準区と疎植区がほぼ同等となった(第10図)。葉色は3品種とも移植後30日頃から疎植区が標準区よりやや濃くなった(第11図)。出穂期、成熟期は3品種とも疎植区が標準区よりやや遅れる傾向であった(第11表)。稈長、穂長は区間で差はみられるものの品種や年次により傾向が異なった。また、穂数は3品種とも区間の差はなかったが、有効茎歩合は概して疎植区が標準区に比べて高かった(第12表)。収量調査では2012年の「タカナリ」で標準区が㎡当たり粒数が多く、収量も多かった

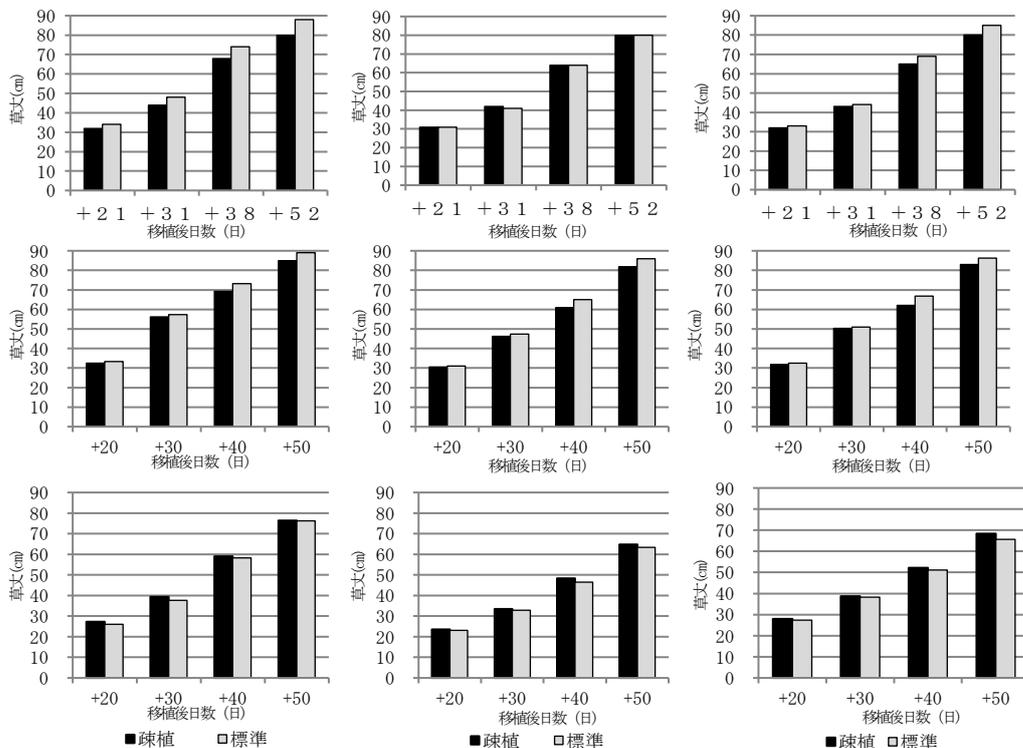
が、それ以外は「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」とも標準区と疎植区で㎡当たり籾数、稔実歩合、千粒重の収量構成要素、収量（粗玄米重）に差はなく、玄米タンパク含有率も差はなかった（第13表）。

2015～2017年に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」では3品種・系統とも草丈については区間でわずかに差はみられるものの品種・系統や年次により傾向が異なった（第12図）。茎数は3品種・系統とも概して移植後50日頃まで標準区が疎植区より多かったが、2016年の「北陸262号」、「北陸193号」、2017年の「北陸262号」、「北陸193号」を除いて、穂数はほぼ同等となった（第13図）。葉色は3品種・系統とも移植後30日頃から疎植区が標準区に比べて濃くなった（第14図）。出穂期、成熟期はいずれの年も標準区が疎植区と同等～やや早かった（第14表）。成熟期の稈長、穂長は3品種・系統とも区による差はなかった。また、穂数は2016年、2017年の「北陸262号」、「北陸193号」で標準区が疎植区に比べて多かったが、それ以外は区間に差はなかった（第15表）。収量調査では2016年、2017年の「北陸262号」、「北陸193号」で標準区が疎植区に比べて穂数が多かったものの、1穂籾数は疎植区が多かったこと

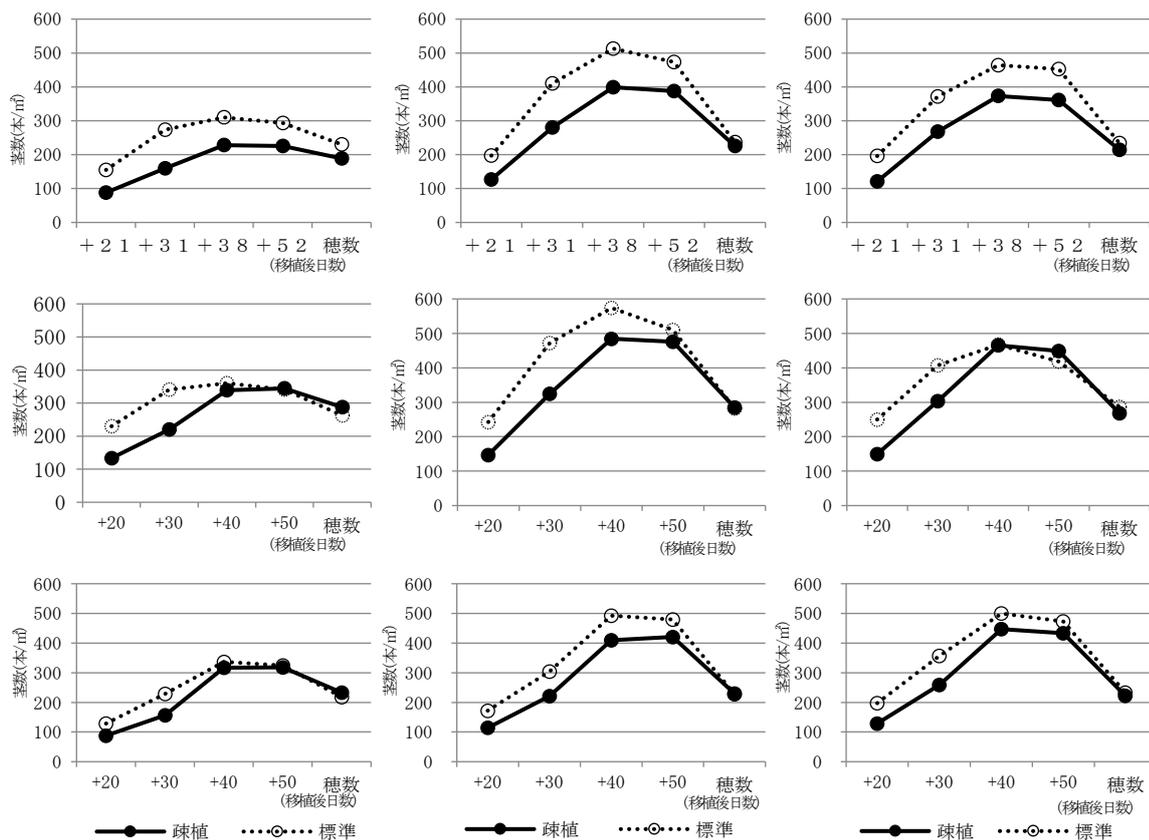
から㎡当たり籾数の差は小さくなり、2016年の「みなちから」を除いて稔実歩合、千粒重の差もなかったことから、3品種・系統とも収量（粗玄米重）の差はなかった（第16表）。また、玄米タンパク含有率も3品種とも区間に差はなかった。

3 コスト低減のための立毛乾燥の可否の確認

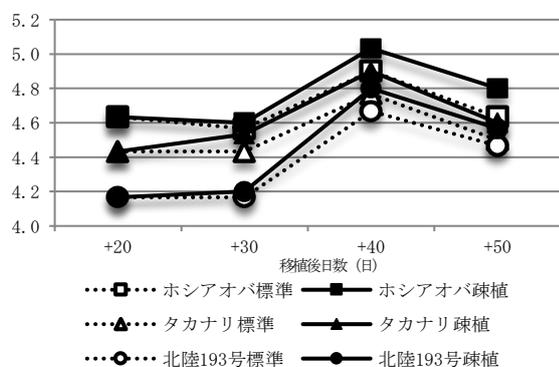
2015～2017年に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」は3品種・系統とも成熟期の籾水分は23～26%程度であったが、その後、徐々に水分が低下し、成熟期から30日後には籾水分は14～19%程度まで低下した（第17表）。籾水分は収穫前の降水量の影響を受けており、収穫前数日間に降雨があった場合はいずれも籾水分が高くなっていた（第15図）。「北陸193号」は成熟期でもわずかに脱粒がみられ、その後、脱粒程度は増加したが、「北陸262号」は成熟期から30日後でもほとんど脱粒しなかった。「みなちから」は成熟期から10日後から脱粒がみられたが、成熟期から30日後までは脱粒の大きな増加はなかった（第17表）。また、「北陸193号」は成熟期から30日後まで穂発芽はほとんどみられなかったが、「みなちから」、「北陸262号」では成熟期の10日後からわずかに穂発芽がみられる年もあった（第17表）。



第9図 「ホシアオバ」、「タカナリ」および「北陸193号」の草丈の推移
左から「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」(上段: 2012年 中段: 2013年 下段: 2014年)



第10図 「ホシアオバ」、「タカナリ」および「北陸193号」の茎数→穂数の推移
左から「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」(上段:2012年 中段:2013年 下段:2014年)



第11図 「ホシアオバ」、「タカナリ」および「北陸193号」の葉色の推移
(2012年、2013年、2014年平均)

第11表 生育ステージ (2012年~2014年)

品種名	試験区	2012年		2013年		2014年	
		出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)
ホシアオバ	標準	8.12	9.30	8.09	9.26	8.10	10.04
	疎植	8.13	9.30	8.10	9.27	8.11	10.06
タカナリ	標準	8.14	10.05	8.12	9.28	8.13	10.08
	疎植	8.16	10.05	8.13	9.29	8.15	10.09
北陸193号	標準	8.18	10.07	8.17	10.03	8.17	10.15
	疎植	8.19	10.08	8.19	10.04	8.19	10.17

第12表 成熟期調査 (2012年~2014年)

品種名	試験区	2012年					2013年					2014年				
		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m²)	有効茎 歩合	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m²)	有効茎 歩合	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m²)	有効茎 歩合	倒伏 (0-5)
ホシアオバ	標準	87	21.3	230	74	0	94	20.5	288	80	0	84	20.8	218	65	0
	疎植	83	22.2	189	83	0	95	21.8	263	76	0	89	20.6	233	74	0
t検定 ^z		*	*	ns	*	-	ns	*	ns	ns	-	*	ns	ns	*	-
タカナリ	標準	77	25.5	237	46	0	81	25.7	285	50	0	79	24.4	227	46	0
	疎植	77	24.8	226	57	0	78	26.2	282	58	0	84	25.2	230	55	0
t検定		ns	*	ns	*	-	*	ns	ns	*	-	*	*	ns	*	-
北陸193号	標準	85	27.3	234	50	0	92	28.2	268	57	0	86	27.2	233	46	0
	疎植	85	27.3	214	57	0	89	28.5	287	62	0	87	27.6	222	50	0
t検定		ns	ns	ns	*	-	*	ns	ns	*	-	ns	ns	ns	*	-

^z t検定の*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第13表 収量調査(上段:2012年、中段:2013年、下段:2014年)

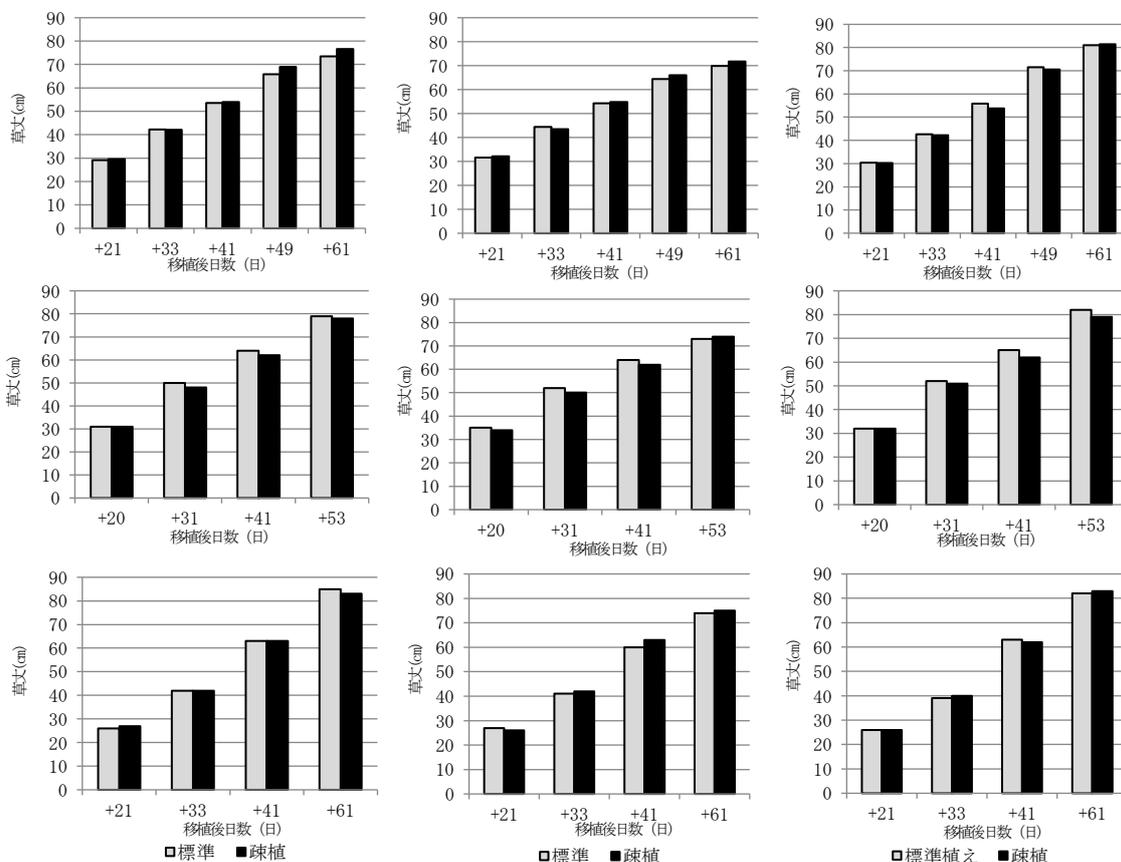
品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			粒数		稈実歩合	千粒重 (g)	玄米タンパク ² 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦	1穂	㎡ ×100			
ホシアオバ	標準	158	68.2	66.8	56.0	55.9	55.4	54.7	109	251	83	28.2	7.1
	疎植	141	66.8	65.4	55.3	55.1	54.5	53.9	123	232	85	28.3	7.1
	t検定 ³⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
タカナリ	標準	182	93.5	92.8	75.5	74.5	57.6	32.2	156	370	95	21.0	8.3
	疎植	158	82.5	81.7	66.4	64.4	42.3	20.4	144	325	96	20.8	8.4
	t検定	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
北陸193号	標準	209	91.8	90.2	72.1	71.6	67.4	51.4	155	363	94	22.6	6.9
	疎植	200	90.0	88.5	71.3	70.8	64.4	45.0	154	330	92	22.3	6.9
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			粒数		稈実歩合	千粒重 (g)	玄米タンパク ² 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦	1穂	㎡ ×100			
ホシアオバ	標準	190	83.1	81.0	66.6	66.5	65.6	65.1	112	256	85	28.8	7.5
	疎植	173	80.3	78.3	64.8	64.7	64.2	63.8	118	222	82	28.9	7.5
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
タカナリ	標準	184	94.2	92.7	73.5	71.7	47.2	24.2	146	346	93	21.4	8.5
	疎植	189	96.3	94.5	75.4	73.3	45.8	30.7	154	347	90	21.3	8.8
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
北陸193号	標準	224	99.6	97.5	77.1	76.8	70.2	61.5	148	346	93	22.9	6.9
	疎植	211	98.8	96.8	76.7	76.2	66.6	53.5	145	310	92	22.5	7.1
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

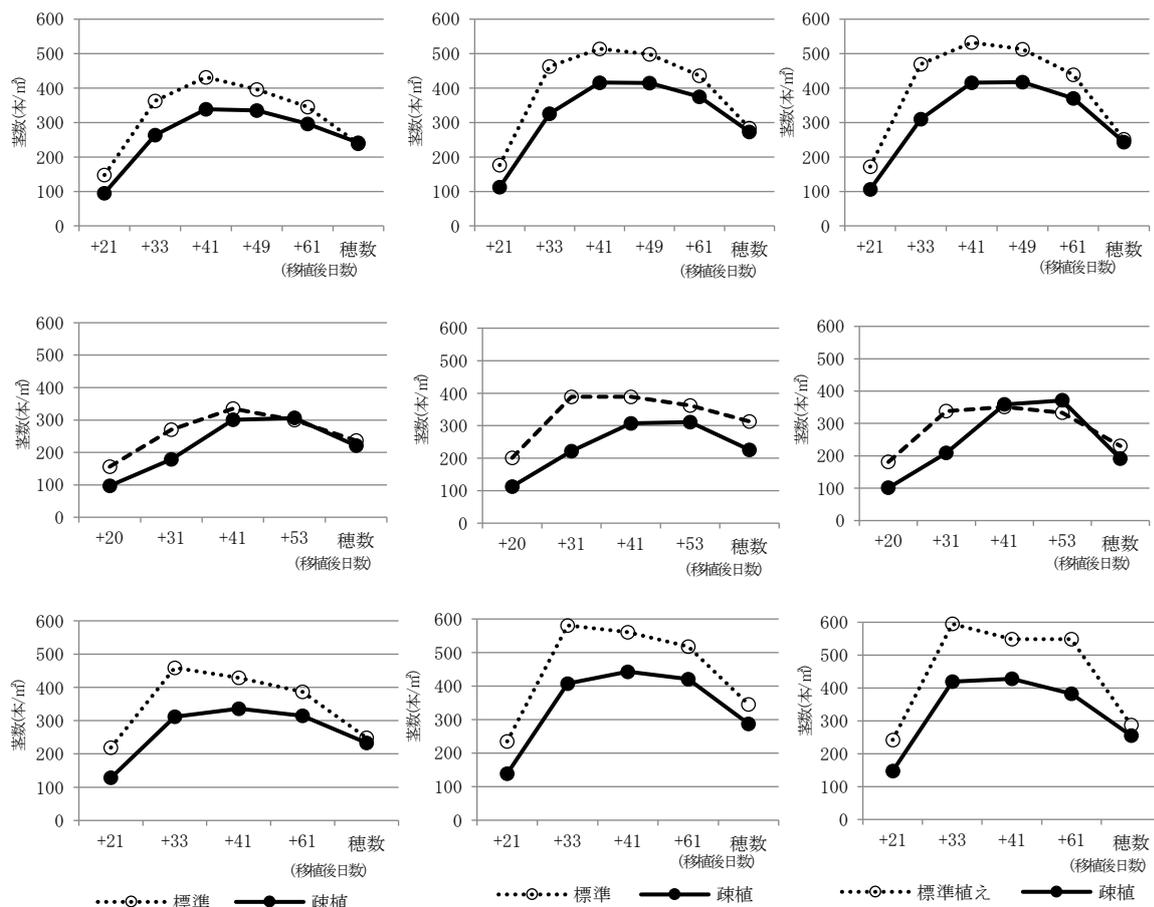
品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重(kg/a)			粒数		稈実歩合	千粒重 (g)	玄米タンパク ² 含有率 (%)
						1.7≦	1.85≦	1.9≦	1穂	㎡ ×100			
ホシアオバ	標準	162	77.1	75.4	64.1	63.3	63.2	63.0	111	241	91	30.2	7.9
	疎植	160	77.9	76.1	64.9	64.0	63.7	63.4	113	264	91	30.3	7.7
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
タカナリ	標準	167	94.2	92.0	74.7	73.2	68.4	58.6	149	339	95	22.1	8.0
	疎植	164	93.1	91.3	74.4	72.7	67.0	57.8	164	378	95	22.3	7.9
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸193号	標準	217	100.4	98.1	77.0	76.0	74.4	71.2	150	349	95	24.5	6.7
	疎植	215	98.7	96.6	77.9	76.9	75.1	72.0	165	366	95	24.5	6.7
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

² 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

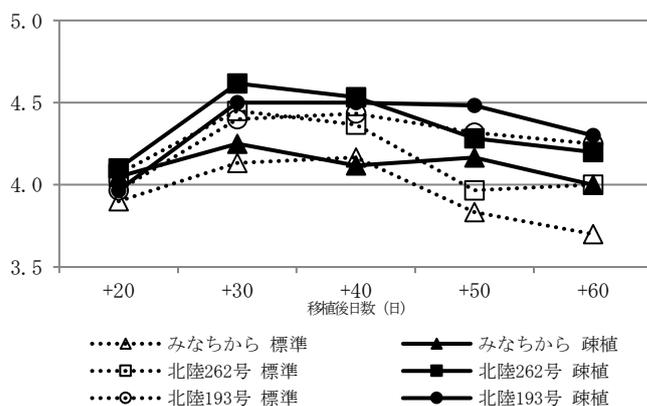
³⁾ t検定の*は5%水準で有意差があることを示す、nsは有意差がないことを示す



第12図 「みなちから」、「北陸262号」および「北陸193号」の草丈の推移
左から「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」(上段:2015年 中段:2016年 下段:2017年)



第13図 「みなちから」、「北陸262号」および「北陸193号」の茎数→穂数の推移
左から「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」(上段:2015年 中段:2016年 下段:2017年)



第14図 「みなちから」、「北陸262号」および「北陸193号」の葉色の推移

第14表 生育ステージ (2015年～2017年)

品種名	試験区	2015年		2016年		2017年	
		出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)
みなちから	標準	8.12	10.10	8.11	9.26	8.12	10.07
	疎植	8.14	10.11	8.12	9.27	8.13	10.08
北陸262号	標準	8.16	10.08	8.11	9.27	8.10	9.28
	疎植	8.17	10.09	8.12	9.28	8.11	9.29
北陸193号	標準	8.21	10.17	8.16	10.03	8.17	10.09
	疎植	8.22	10.19	8.16	10.03	8.18	10.10

飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法

第15表 成熟期調査 (2015年～2017年)

品種・系統名	区名	出穂期	成熟期	2015年				2016年				2017年			
				成熟期			倒伏 (0-5)	成熟期			倒伏 (0-5)	成熟期			倒伏 (0-5)
				稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	
みなちから	標準	8月12日	10月7日	71	22.6	239	0	76	21.9	237	0	79	22.5	248	0
	疎植	8月13日	10月8日	73	22.2	241	0	78	22.6	221	0	79	23.0	233	0
t検定 ²				ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	-
北陸262号	標準	8月10日	9月28日	71	27.0	284	0	79	26.9	313	0	79	27.0	346	0
	疎植	8月11日	9月29日	72	27.4	273	0	81	27.5	226	0	80	27.8	288	0
t検定				ns	ns	ns	-	ns	ns	**	-	ns	ns	**	-
北陸193号	標準	8月17日	10月9日	80	26.3	252	0	93	27.1	230	0	93	25.8	287	0
	疎植	8月18日	10月10日	80	26.6	243	0	89	28.6	191	0	95	26.4	255	0
t検定				ns	ns	ns	-	ns	ns	**	-	ns	ns	**	-

² t検定 の*,**はそれぞれ5%水準,1%水準で有意差があることを示し,nsは有意差がないことを示す

第16表 収量調査(上段:2015年、中段:2016年、下段:2017年)

品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	㎡穂数	収数		穂実歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク含有率 (%)
							1穂	㎡ ×100			
みなちから	標準	184	94.2	92.7	73.5	239	124.8	305	-	24.9	7.8
	疎植	189	96.3	94.5	75.4	241	120.6	295	-	24.6	7.8
t検定 ²		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸262号	標準	190	83.1	81.0	66.6	284	130.4	370	-	22.0	6.9
	疎植	173	80.3	78.3	64.8	273	139.7	375	-	22.2	7.3
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北陸193号	標準	224	99.6	97.5	77.1	252	167.5	440	-	23.3	7.1
	疎植	211	98.8	96.8	76.7	243	144.0	349	-	23.0	7.1
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	㎡穂数	収数		穂実歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク含有率 (%)
							1穂	㎡ ×100			
みなちから	標準	190	88.6	86.7	72.1	237	122.9	291	86	26.8	8.3
	疎植	179	90.6	89.0	74.2	221	144.9	320	80	26.6	8.3
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns
北陸262号	標準	208	106.2	104.5	82.6	313	139.5	437	91	22.9	7.5
	疎植	196	102.9	101.6	80.2	226	152.7	345	92	22.3	7.9
t検定		ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns
北陸193号	標準	221	108.7	107.2	85.6	230	157.1	361	92	24.1	6.9
	疎植	206	103.4	101.6	81.3	191	176.9	338	91	24.0	7.1
t検定		ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns

品種名	区名	全重 (kg/a)	粗粒重 (kg/a)	精粒重 (kg/a)	粗玄米重 (kg/a)	㎡穂数	収数		穂実歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク含有率 (%)
							1穂	㎡ ×100			
みなちから	標準	207	91.8	90.0	74.2	248	120.0	299	-	26.7	8.0
	疎植	206	90.4	88.5	73.8	233	128.3	294	-	26.4	8.0
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
北陸262号	標準	183	98.6	97.4	77.6	346	129.7	451	-	21.3	7.3
	疎植	187	100.5	98.9	79.0	288	147.6	418	-	21.1	7.4
t検定		ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns
北陸193号	標準	223	107.6	105.3	84.2	287	141.7	289	-	22.7	7.2
	疎植	222	103.3	100.8	81.5	255	158.5	250	-	23.1	7.2
t検定		ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns

² 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

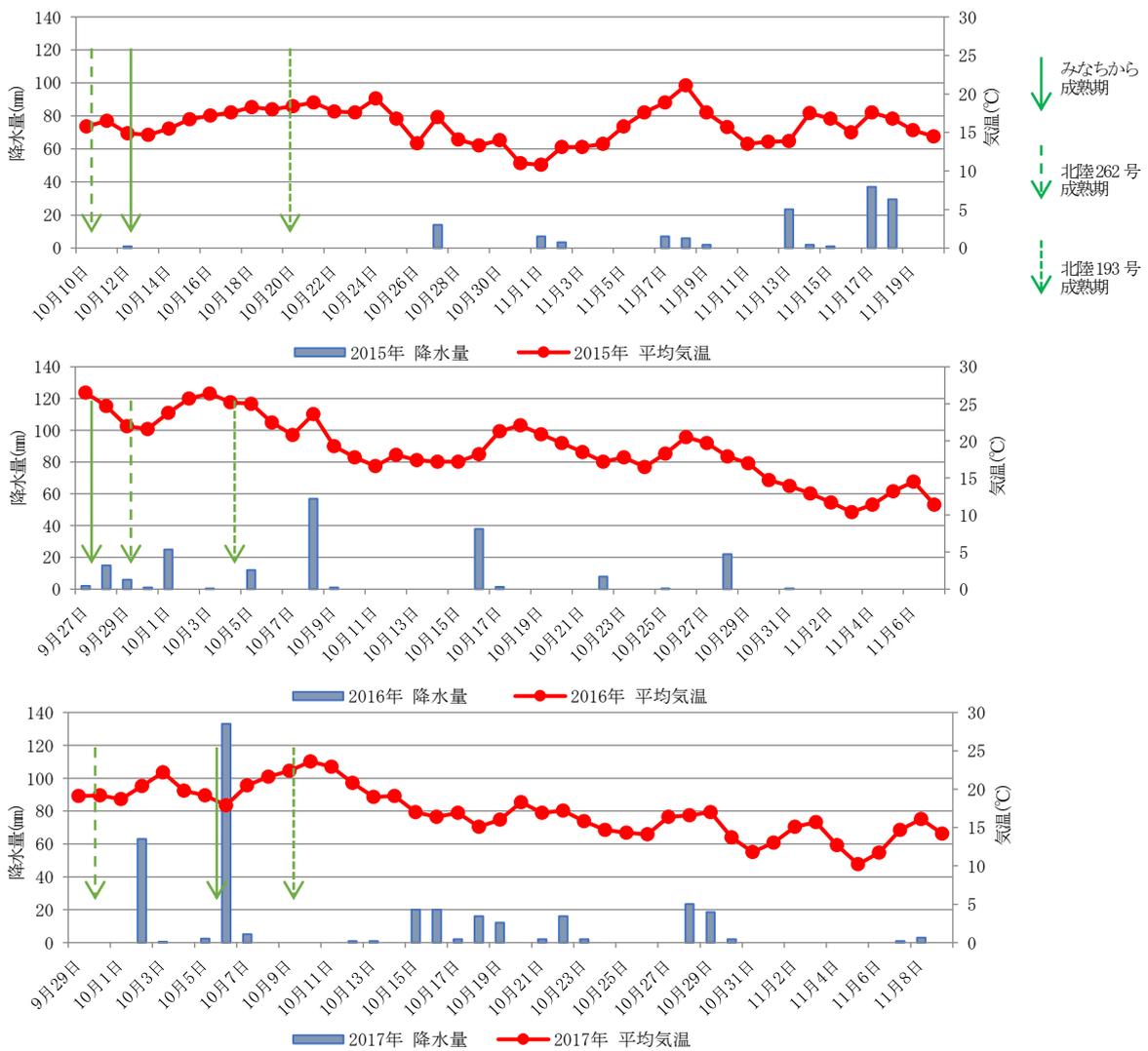
² t検定の*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第17表 立毛乾燥調査 (2015年～2017年)

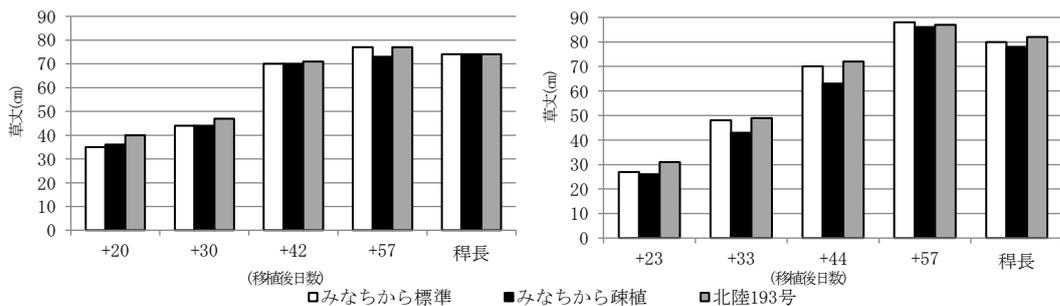
品種・系統	年次	成熟期			成熟期+10日				成熟期+20日				成熟期+30日			
		籾水分 (%)	脱粒 ²	穂発芽 ²	成熟期後 積算気温 (°C)	籾水分 (%)	脱粒	穂発芽	成熟期後 積算気温 (°C)	籾水分 (%)	脱粒	穂発芽	成熟期後 積算気温 (°C)	籾水分 (%)	脱粒	穂発芽
みなちから	2015年	25.4	0	0	173	22.6	0	0	321	16.9	1.7	0	481	15.7	2.9	0
	2016年	24.8	0	0	238	17.0	0.5	0	424	15.5	1.2	0.3	616	13.8	1.3	0.3
	2017年	26.0	0	0	205	25.1	0.1	0	366	16.5	0.9	0	513	16.1	0.8	0
北陸262号	2015年	23.8	0	0	168	21.3	0	0	330	15.3	0.1	0	483	15.2	0.1	0
	2016年	23.5	0	0	234	18.3	0	0.5	421	17.6	0	0.8	604	14.1	0.1	0.5
	2017年	26.4	0	0	202	21.3	0	0	389	22.2	0	0	550	16.0	0.1	0
北陸193号	2015年	22.7	4.0	0	162	21.0	5.3	0	315	20.1	8.1	0	471	17.2	9.5	0
	2016年	22.9	1.5	0	198	18.3	2.8	0	388	16.7	3.7	0	545	15.7	3.2	0.1
	2017年	25.9	2.1	0	187	23.3	2.5	0	348	18.4	4.0	0	483	18.7	5.4	0

² 脱粒は2株からランダムに選んだ15本の穂について1本ずつの中央(長さ:約6cm)を片手で強く握り、脱粒した籾の平均粒数

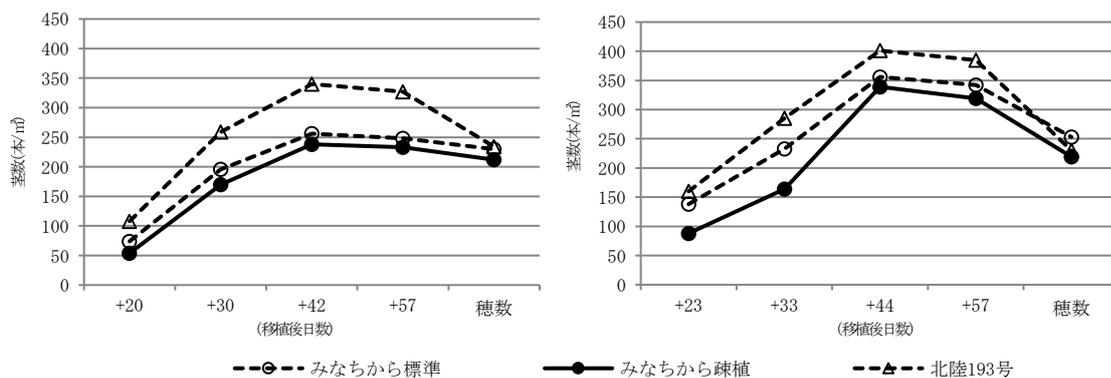
² 穂発芽は1穂当たりの穂発芽粒率(%)



第15図 供試品種・系統の成熟期～+30日までの気温と降水量



第16図 現地試験における草丈→稈長の推移(左:2016年、右:2017年)



第17図 現地試験における茎数→穂数の推移(左:2016年、右:2017年)

4 現地実証

2016年～2017年に供試した「みなちから」の草丈は「北陸193号」と同等～短く推移し、稈長も「北陸193号」と同等～短かった(第16図)。茎数は2年とも「みなちから」が「北陸193号」より少なく推移した。「みなちから」の疎植と標準植の茎数は年次によって差の大きさは異なるが移植後60日頃まで疎植が標準植に比べて少なく推移した。穂数は「みなちから」の標準植が「北陸193号」とほぼ同等で「みなちから」の疎植は標準植よりやや少なかった(第17図)。「みなちから」は「北陸193号」より出穂期、成熟期

とも4～5日早かった。また、「みなちから」の標準植と疎植は出穂期、成熟期に差はなかった(第18表)。2016年は「みなちから」が「北陸193号」より収量(粗玄米重)が多かった。また、「みなちから」の標準植と疎植では疎植が標準植に比べて収量(粗玄米重)がやや低かった。2017年は「みなちから」の標準植が「北陸193号」と同等の収量であったが、「みなちから」の疎植は2016年と同様に標準植に比べて収量が低かった。玄米タンパク含有率はいずれの年も「みなちから」が「北陸193号」に比べて高かった(第20表)。

第18表 現地試験における生育ステージ(2016年、2017年)

品種・系統名	試験区	2016年		2017年	
		出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)
みなちから	疎植	8月20日	10月13日	8月20日	10月17日
	標準	8月20日	10月13日	8月20日	10月17日
北陸193号	対照	8月24日	10月18日	8月25日	10月21日

第19表 現地試験における成熟期調査(2016年、2017年)

品種・系統名	試験区	2016年				2017年			
		成熟期			倒伏 (0-5)	成熟期			倒伏 (0-5)
稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)		穂数 (本/m ²)			
みなちから	疎植	74	24.4	212	0	78	21.0	219	0
	標準	74	23.4	230	0	80	21.3	253	0
t検定 ^z		ns	ns	*	-	ns	ns	*	-
北陸193号	対照	74	24.6	234	0	82	25.5	230	0

^z t検定 の*はそれぞれ5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第20表 現地試験における収量調査(上:2016年、下:2017年)

品種・系統	試験区	全重	粗粳重	精粳重	粗玄米重	m ² 当たり 粳数 (×100)	稔実 歩合	千粒重 1.7≦ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
		(kg/a)	(kg/a)	(kg/a)	(kg/a)	(×100)			
みなちから	疎植	160 ^A	82.7 ^A	80.8 ^A	65.6 ^A	212 ^A	85	26.0 ^A	7.7 ^a
	標準	189 ^B	92.7 ^B	90.1 ^B	72.9 ^B	230 ^B	86	25.7 ^A	8.4 ^a
北陸193号	対照	160 ^A	67.1 ^C	65.5 ^C	52.8 ^C	234 ^B	89	22.5 ^B	6.0 ^b
分散分析 ^y		**	**	**	**	**	ns	**	*

品種・系統	試験区	全重	粗粳重	精粳重	粗玄米重	m ² 当たり 粳数 (×100)	稔実 歩合	千粒重 1.7≦ (g)	玄米タンパク ^z 含有率 (%)
		(kg/a)	(kg/a)	(kg/a)	(kg/a)	(×100)			
みなちから	疎植	157 ^A	71.7 ^A	69.9 ^A	58.1 ^A	233 ^A	63 ^A	26.4 ^A	8.4 ^A
	標準	175 ^B	80.9 ^B	79.0 ^B	65.2 ^B	290 ^B	53 ^B	26.2 ^A	8.3 ^A
北陸193号	対照	185 ^C	81.2 ^B	79.0 ^B	64.2 ^B	279 ^B	52 ^B	24.7 ^B	6.9 ^B
分散分析		**	**	**	**	**	**	**	**

^z 玄米タンパク含有率はN社製スペクトロフォトメーターで測定した

^y 分散分析の**は1%水準、*は5%水準で有意差があり、nsは有意差がないことを示す
また、異なる英文字間にはTukeyの多重比較により有意差があることを示す

考 察

1 省力・低コストのための鶏糞を活用した施肥法の確立

鶏糞は安価であり、即効的な肥料としての効果が期待できるため、山口県内でも利用する生産者が増えてきている（山口県，2013）。また養鶏業者との契約栽培では生産者は無償で鶏糞を入手できる場合もあることから鶏糞は飼料用米の低コスト栽培に利用できる重要なアイテムである。

また、被覆尿素は基肥で施用することで穂肥施用と同等の効果が得られることから鶏糞との組み合わせは省力・低コスト栽培法のひとつとして有効であると考えられる。

2012年の「ホシアオバ」、「北陸193号」は、移植後50日頃まで鶏糞と被覆尿素を組み合わせた区で慣行区に比べて草丈はやや低く推移し、茎数も少なく推移した。同年の平均気温（山口アメダス）を基にした被覆尿素の溶出シミュレーションを第18図に示した。S100日タイプ、S120日タイプの溶出は移植後10日頃から始まっているが、分げつ発生時期である移植後40日頃までの溶出率がS100日タイプ、S120日タイプとも低く、特にS120日タイプが低かったことが原因と考えられた。また、成熟期調査では「ホシアオバ」の鶏糞+S120日タイプ区が他の区に比べて稈長、穂長が短く、穂数が少なくなり、収量調査でも「ホシアオバ」は鶏糞+S120日タイプ区が他の区に比べて穂数が少なく、収量が低い傾向であった。これは「ホシアオバ」の幼穂形成期に当たる移植後50日頃のS120日タイプの溶出率が低かったことが原因と考えられる。

2013年からは「ホシアオバ」のみ、S120日タイプをやや溶出の早いSS100日タイプに置き換えて試験を行った。2013年の平均気温（山口アメダス）を基にした被覆尿素の溶出シミュレーションを第19図に示した。SS100日タイプはS120日タイプより溶出が早く、このことにより「ホシアオバ」の鶏糞+SS100日タイプ区は2013年、2014年とも草丈、茎数が鶏糞+S100日タイプ区と同等～同等以上に推移したものと思われる。また、「ホシアオバ」の鶏糞+SS100日タイプ区は2014年は他の区に比べて穂数がやや少なかったものの2013年、2014年とも他の区と比べて収量、収量構成要素に差はなかった。

以上、「北陸193号」は鶏糞+S100日タイプ区、鶏糞+S120日タイプ区で慣行と同等の収量が確保でき、

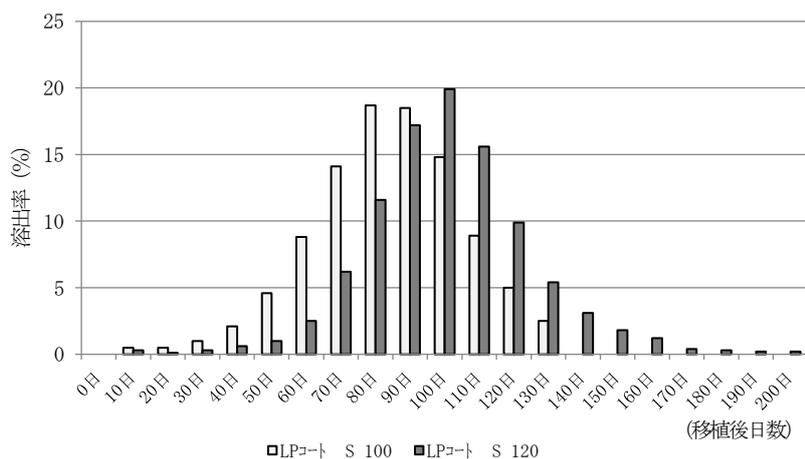
「ホシアオバ」では鶏糞+S100日タイプ区、鶏糞+SS100日タイプ区で慣行と同等の収量が確保できることが明らかとなった。ただし、被覆尿素の溶出については試験年次の気温によりやや変動がみられたことから、使用する地域や移植時期等によって使用する被覆尿素の種類を検討する必要がある。

2015年から2017年に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」では2012年から2014年までに供試した「ホシアオバ」、「北陸193号」とはやや異なり、いずれの品種も3年間とも慣行区に比べて鶏糞+被覆尿素の区の草丈が高く推移した。また、茎数も3年間とも慣行区に比べて同等～やや多く推移した。

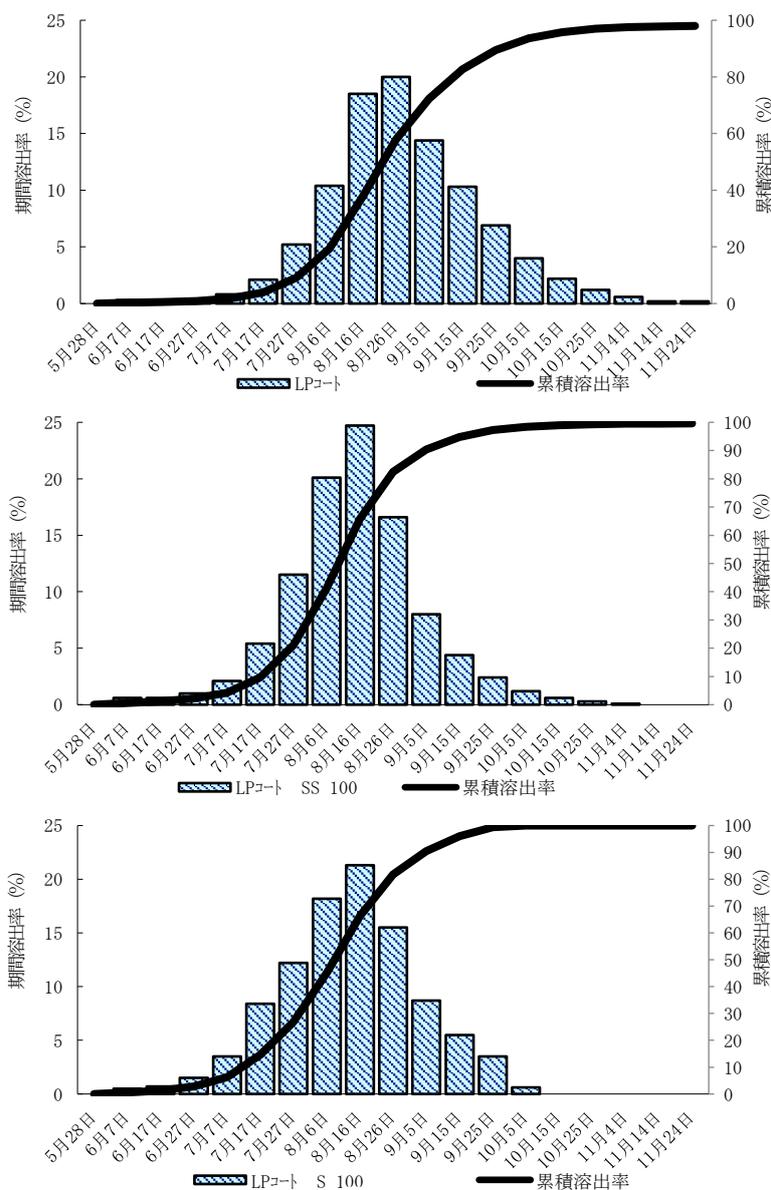
試験を行ったセンター内49号田の土壌分析結果を第21表に示した。49号田は鶏糞連用の影響を確認するため、2012年から2017年まで試験区の場所を固定して試験を行った。2017年の試験終了時では鶏糞を連用した鶏糞+被覆尿素区が緩効性肥料を連用した慣行区に比べて腐植、可給態リン酸、可給態窒素が多くなっていた。鶏糞の施用ではリン酸は土壌中に蓄積する傾向があるが、加里は水稲作後に土壌中含有量が低下する（山口県，2013）ことが明らかになっている。可給態リン酸と可給態窒素は多くなっていたが、加里は慣行に比べて少なくなっていたことはこの結果と一致した。また、住居ら（住居・徳永，2009）は鶏糞の連用9年目では場の腐植含量や全窒素、有効態リン酸が増加し、基肥や追肥を半量まで削減しても対象区と同等以上の収量が確保できるとしている。草丈と茎数の推移の差は腐植含量や全窒素、有効態リン酸の増加の影響によるものと考えられる。また、収量、収量構成要素も2015年から2017年まで鶏糞+被覆尿素区と慣行区で有意差はないが、2016年の「北陸262号」を除いて鶏糞+被覆尿素区が慣行区に比べて多収傾向であったことも鶏糞の連用の影響によるものと考えられる。住居らが試験に用いた鶏糞は鶏糞堆肥であり、これまで、おがくずやバーク等の副資材を含む鶏糞堆肥は腐植含量の増加や物理性の改善効果が期待できるが、副資材を含まない発酵鶏糞は腐植含量の増加や物理性の改善効果は期待できないとされてきた（山口県，2013）。しかし、今回の試験で発酵鶏糞の連用でも腐食含量の増加が期待できることが明らかとなった。

2012年から2017年までに供試した5品種・系統で鶏糞+被覆尿素の組み合わせで慣行の緩効性肥料と同等の収量を確保できた。また、試算したところ、鶏糞

飼料用米の省力・低コスト・多収栽培法



第18図 試験に供試した被覆尿素の溶出シミュレーション (2012年)



第19図 試験に供試した被覆尿素の溶出シミュレーション (2013年)

第21表 試験ほ場の土壌分析結果 (2017年試験終了後)

ほ場名 区名	pH	EC ms/cm	T-C	腐植 %	T-N	C/N	交換性塩基 (mg/100g)			塩基交換容量 (me/100g)	塩基飽和 度 (%)	可給態 (mg/100g)	
							石灰	苦土	加里			リン酸	窒素
49号緩効性肥料	5.9	0.067	2.25	3.87	0.214	10.6	245	23.9	10.8	13.9	73.2	15.1	13.0
49号鶏糞+被覆尿素	6.1	0.072	2.38	4.10	0.240	10.0	201	20.9	6.9	13.0	64.7	27.0	15.0

第22表 鶏糞+被覆尿素と慣行肥料の資材費の比較 (10a 当たり)

鶏糞利用	鶏糞 500kg (N-P-K : 2.2-5.8-3.7 水分 : 15.3%) (2,500円/500kg=2,500円)	+	被覆尿素 N 7.5kg (N-P-K=40-0-0) (2,500円/10kg×1.875=4,688円)	=	7,188円
慣行	慣行基肥一発肥料 N 12.0kg (N-P-K=23-10-12) (3,430円/20kg×2.6=8,918円)			=	8,918円
8,918円 - 7,188円 = 1,730円					

+被覆尿素は慣行の緩効性肥料に比べて10a 当たりで1,700 円程度の資材費を低減できることが明らかとなった(第22表)。

本試験では移植の10日前、入水前の耕起時に施用した。鶏糞を施用して4週間以上経過するとほとんど窒素が無機化しなくなるため(山口県, 2013)、鶏糞の窒素の肥効を活用する場合は7日~10日前の施用が望ましいと考えられる。

2 省力・コスト低減のための疎植適応性の確認

株間30 cm、条間30 cmのいわゆる疎植が可能な田植機が開発され、疎植にすると20枚/10a程度必要であった苗箱数が40%程度削減され、資材費と労働費が6,000円/a程度低減できる(山口県, 2011)。

2012~2014年に供試した「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」の草型は「ホシアオバ」と「タカナリ」が極穂重型(前田ら, 2003)、(井辺ら, 2004)、「北陸193号」が穂重型(Goto et al, 2009)とされている。これらの品種では茎数は疎植区が標準区より少なく推移したが、有効茎歩合は疎植区が高く、穂数はやや少ない~同等となった。葉色は疎植区が標準区に比べて濃く推移した。また、出穂期、成熟期は概して疎植区が標準区に比べて遅くなった。また収量、玄米タンパク含有率は3品種とも穂数がやや少ない場合も1穂粒数の増加により m^2 当たり粒数はほぼ同等となり、疎植区と標準区で差はなかった。2015~2017年に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」のうち「みなちから」、「北陸262号」の草型も穂重型(中込ら, 2017)とされているが、これら品種、系統の生育の推移もほぼ同様であり、収量、玄米タンパク含有率は疎植区と標準区で差はなかった。

大野ら(2001)は水稻品種「こいごころ」、安田ら(2006)は水稻品種「ヒノヒカリ」、池尻ら(2013)は「ヒノヒカリ」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」を供試して疎植栽培の収量、品質やコストについて試

験を行っている。「こいごころ」では栽植密度を9.3株/ m^2 と18.5株/ m^2 、安田ら(2006)の「ヒノヒカリ」では11.1株/ m^2 と14.8株/ m^2 と22.2株/ m^2 、池尻ら(2013)の「ヒノヒカリ」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」では11.1株/ m^2 と22.2株/ m^2 で試験されているが、いずれの試験でも疎植の穂数はやや少ないものの1穂粒数の増加によって m^2 当たり粒数は標準植えとほぼ同等となり、収量に差はなかったとしている。また、いずれの試験でも疎植は標準植えに比べて生育期の葉色が濃く推移しているが玄米タンパク含有率に差はなかったと述べている。なお、試験に供試された品種の草型は「ひとめぼれ」が偏穂数型、「こいごころ」、「コシヒカリ」が中間型、「ヒノヒカリ」が偏穂重型である。松下(1996)は水稻の疎植栽培における草型と施肥法の影響を検討し、穂重型の品種は多くの1穂当たり粒数に対して十分な同化能力をもつ草型であり、登熟性に優れた品種特性を有すると思われると述べている。今回供試した5品種系統は極穂重型、穂重型であり、疎植で標準植えと同等の収量を確保できたことはこの結果と一致している。

以上、今回供試した5品種、系統の疎植適応性はあると考えられるが、移植時期やほ場条件等についてはさらに検討が必要である。

3 コスト低減のための立毛乾燥の可否の確認

2019年、山口県内で2番目に多く作付けされている「北陸193号」は育成地の評価では脱粒性が「やや難」とされている(Goto et al, 2009)。しかし、生産現場では収穫時の脱粒による収穫ロスが問題になっており、成熟期を過ぎるとより脱粒しやすくなるため、収穫適期幅が狭いことも問題となっている。今回供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」のうち、「北陸193号」はやはり成熟期から脱粒がみられ、成熟期から日数がたつにつれて脱粒程度が大きくなった。また、育成地の評価で脱粒性が「難」とな

摘 要

っている「みなちから」(中込ら, 2017)、「北陸262号」は、成熟期の30日後でもわずかに脱粒がみられる程度であった。

育成地の穂発芽性の評価では「北陸193号」が「やや難」(Goto et al, 2009)、「みなちから」は「やや易」(中込ら, 2017)、「北陸262号」は「易」であるが、今回の試験ではいずれの品種・系統もわずかに穂発芽がみられる程度であった。

成熟期の籾水分は3品種・系統とも23~26%程度であったが、その後、徐々に水分が低下し、成熟期から30日後には籾水分は14~19%程度まで低下していた。また、籾水分は収穫前の降水量の影響を受けており、降雨から収穫までの時間が短いほど籾水分が高まる傾向であった。

県内ライスセンターの作業委託費で試算すると、水分24%で収穫する場合と水分16%で収穫する場合では10aで9,000円程度のコストを低減できることになる。また、「みなちから」、「北陸262号」では脱粒、穂発芽の問題もないため成熟期後30日まで立毛で置いておくことが可能である。

4 現地実証

疎植適応性が確認された「みなちから」を供試して標高115mの山口県美祢市で2016年~2017年に現地実証を行った結果、「北陸193号」よりも収量は多かったが、2か年とも疎植は標準植えに比べて収量が低かった。標高33mのセンター内ほ場の疎植では生育期の茎数は標準植えより少なく推移するものの有効茎歩高が高まることにより、穂数はやや少~同等となり、1穂籾数が増加することによって m^2 当たり籾数がほぼ同等、収量もほぼ同等となった。それに対して現地実証では2年とも「みなちから」の疎植は標準植えより茎数が少なく推移し、穂数もやや少なくなった。2016年の1穂籾数は疎植がやや多かったものの2017年は標準植えより少なかったこともあり、両年とも疎植の m^2 当たり籾数は少なく、収量も低かった。

美祢市は山口市に比べて日平均気温が1~2°C程度低いこと(データ省略)、現地実証ではやや移植時期が遅かったこと等が原因として考えられるが、ほ場条件や気象条件により穂数、籾数が確保しにくいほ場では疎植で収量が低下する場合もあることが明らかとなった。今後は疎植が適応可能なほ場条件や栽培方法についてさらに検討する必要がある。

1 省力・低コストのための鶏糞を活用した施肥法の確立

試験に供試した「ホシアオバ」、「北陸193号」、「みなちから」、「北陸262号」は鶏糞と被覆尿素を組み合わせて施用することで慣行の緩効性肥料と同等の収量を確保できることが明らかとなった。

2 省力・コスト低減のための疎植適応性の確認

試験に供試した「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」、「みなちから」、「北陸262号」は栽植密度11.0株/ m^2 の疎植で18.0株/ m^2 の標準植と同等の収量が得られ、疎植適応性があることが確認できた。

3 コスト低減のための立毛乾燥の可否の確認

試験に供試した「みなちから」、「北陸262号」、「北陸193号」のうち「みなちから」、「北陸262号」は成熟期後30日の収穫でもわずかに脱粒、穂発芽がみられる程度で、籾水分を16%程度まで低下させることが可能であった。

4 現地実証

美祢市秋芳町での「みなちから」の収量は慣行の「北陸193号」より多かった。また、「みなちから」の栽植密度については、疎植の収量が標準植えより劣った。このことから穂数が確保しにくい地域やほ場では疎植を避け、標準植えとすることが必要であることが考えられる。

引用文献

- Akitoshi GOTO・Hideki SASAHARA・Akiko SHIGEMUN・and Kiyoyuki MIURA. 2009. Hokuriku 193 A New High-yielding Indica Rice Cultivar Bred in Japan. JARQ. 43(1): 13-18.
- 福田善通・福井希一. 1996. イネ育種マニュアル. p. 114-115. 養賢堂. 東京.
- 池尻明彦・中司祐典・前岡庸介. 2013. 疎植栽培が水稻の生育、収量、品質に及ぼす影響 第1報 疎植栽培における主要品種の生育特性. 山口農林総技セ研報. 4: 11-18.
- 井辺時雄・赤間芳洋・中根晃・羽田丈夫・伊勢一男・安東郁男・内山田博士・中川宣興・古舘宏・堀

- 末登・能登正司・藤田米一・木村健治・森宏一・高柳謙治・上原泰樹・石坂昇助・中川原捷洋・山田利昭・古賀義昭. 2004. 多用途向き多収水稻品種「タカナリ」. 作物研報. 5: 35-51.
- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構. 2017. 飼料用米の生産・給与技術マニュアル (2016年度版). p. 1-6. 茨城.
- 前田英郎・春原嘉弘・飯田修一・松下景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬. 2003. 飼料用水稻新品種「ホシアオバ」の育成. 近中四研報. 2: 83-98.
- 松下美郎. 1996. 水稻の疎植栽培における草型と施肥法の影響. 大阪農技セ研報. 32: 32-36.
- 中込弘二・出田収・重宗明子・松下景・春原嘉弘・石井卓朗・前田英郎・飯田修一. 2017. 飼料用米生産に適した多収水稻品種「みなちから」の育成. 西日本農研セ報告. 17: 31-41.
- 信岡誠治. 2013. 飼料用米の現状と将来. All about swine. 42: 3-8.
- 大野高資・杉山英治・川崎哲郎. 2001. 水稻疎植栽培が省力・低コスト化に及ぼす影響. 愛媛農試研報. 36: 1-5.
- 住居丈嗣・徳永哲夫. 2009. 水稻の堆肥連用栽培における化学肥料の削減. 山口農試研報. 57: 43-49.
- 山口県地域農業戦略推進協議会. 2019. 2019年度山口県水田フル活用ビジョン. 山口.
<http://y-ninaite.jp/efforts/thing>
- 山口県農林総合技術センター. 2013. 鶏糞の利用促進マニュアル. 山口.
- 山口県農林総合技術センター・山口県農林水産部農業振興課. 2011. エコ50 水稻栽培マニュアル. 山口.
- 安田英樹・宮下武則・福島淳・山田千津子. 2006. 水稻疎植栽培と短期育成苗を組み合わせた省力低コスト栽培法の確立. 香川農試研報. 58: 9-17.
- 吉永悟志. 2017. 飼料用イネの低コスト・多収栽培技術. 日草誌. 63(1): 34-37.

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

前岡 庸介・金子 和彦・中野 邦夫・池尻 明彦*・陣内 暉久・有吉 真知子・中島 勘太

Effects of Transplanting Time and Nitrogen Application on the Yield and Quality of 'Yamadanishiki' Rice Variety of Suitable for Brewing

MAEOKA Yousuke, KANEKO Kazuhiko, NAKANO Kunio, IKEJIRI Akihiko,
JINNOUCHI Teruhisa, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta

Abstract: We examined the effects of planting time, the amount of basal fertilizer applied, and the combinations and amounts of topdressing applied at the panicle formation stage on the production quality and quantity of 'Yamadanishiki' brewer rice to standardize these parameters. We established that the optimal planting time was 10 days around June 10, because later transplanting caused excessive spikelet formation and poor ripening. There was no difference in yield and quality when compared between nitrogen application rates of 0 kg/10a and 2 kg/10a as basal fertilizer. Topdressing at 20 days before heading was the most important, because the white core occurrence rate, whole grain formation rate, and number of spikelets formed tended to increase with fertilizer application. Finally, as a measure of the effectiveness of fertilizer application, we determined the SPAD value and the number of stems at the panicle formation stage to ensure kernel quality within grade one at inspection of agricultural products and a yield of over 420 kg/10 a.

Key Words: 'Yamadanishiki,' yield, kernel quality, transplanting times, nitrogen application

キーワード：山田錦、収量、玄米品質、移植期、窒素施用

緒言

山口県産日本酒の需要が高まり、課税数量は平成 25 酒造年度までの 5 年間で 2 倍以上に伸びたが、県内の酒米産地側の供給はこの伸びに対応できず、供給率は 70%程度に止まっていた。作付けが伸びない理由の一つに、「山田錦」は倒伏しやすい等、栽培が難しいとの認識から、栽培にはなかなか取り組まれなかったことが挙げられた。酒米の生産を新たに始める場合には、それが経営に十分メリットが生じること、併せて酒造メーカーが十分に利用できる品質が確保されていることが重要である。そこで筆者らは、2016 年度から「山田錦」の栽培特性や製品の品質を考慮した適切な栽培方法を明らかにすることとした。本研究では、具体的な目標として、収量 420 kg/10a 以上（篩目 2.0 mm）、検査等級 1 等以上を設定し、収量や品質に及ぼす移植時期および基肥と穂肥の施用の影響について検討した。さらに、酒造適性は精米性や吸水性、消化性等多

*現在：山口農林水産事務所

くの酒米の特性から判断される。その中で、栽培による変動が大きいものとして、玄米の充実など精米性に関わる整粒歩合、酒質に影響する玄米蛋白質含有率、製麴性等に関与する心白発現率がある。これらの酒造適性への穂肥の影響についても検討し、適切な施用方法を明らかにした。

材料および方法

1 栽培方法と試験区、調査方法

試験は「山田錦」を用いて、2016～2018 年に山口県農林総合技術センター（山口市大内氷上：標高 31 m）の地力が異なる 11-1 号田、11-2 号田、53 号田で行った。地力の高低は作土深、腐植含量、可給態窒素を勘察して 11-1 号田、11-2 号田を高地力ほ場、53 号田を地力中庸ほ場に分類した（第 1 表）。移植期の影響を検討するため、11-1 号田および 53 号田は「山田錦」の普通期にあたる 6 月 8 日または 9 日に移植（普通期植）

し、11-2号田は晩植とし6月22日または23日に移植を行った。それぞれのほ場に基肥の施用有無、穂肥1回目(穂肥Ⅰ)と穂肥2回目(穂肥Ⅱ)の施用量の組合せを変えて施用区を設けた(第2表、第3表、第4表)。試験区の配置は乱塊法とし、3反復(53号田は2反復)とした。基肥は移植3日前に行った植代の直前に施用し、穂肥の1回目は出穂前20日頃に、2回目は出穂前10日頃に施用した。リン酸とカリの施用量は、2016年はいずれも7kg/10aとし、2017年と2018年はリン酸を8kg/10a、カリを10kg/10aとした。植え付け後に各施用区の反復全てにおいて生育中庸な条から20株(平成30年は15株)を連続で抽出し、最高分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期および穂前期に草丈、莖数を計測するとともに、ミノルタ葉緑素計SPAD-501で最高分げつ期、幼穂形成期および減数分裂期に完全展開第2葉中央部、穂前期には止葉中央部のSPAD値を測定した。成熟期には、生育調査を行った同じ株の穂数を計測し、倒伏程度を0(無)~5(全倒伏)の5段階で調査した後、各区60株を刈り取った。風乾後に脱穀、籾摺りを行って玄米の粒厚2.0mmで篩選、調製し、千粒重と収量を求めるとともに、SATAKE社製穀粒半別機で整粒歩合と心白発現率を測定し、さらに蛋白質含有率を山口県産業技術センターに依頼して分析(ケルダール法、置換係数6.25)した。㎡当たり籾数と登熟歩合は生育調査を行った株の穂数が平均値前後の3~4株を採取し、籾を外して計数して籾数を求め、籾摺り後2.0mmで篩って登熟歩合を求めた。

収量と千粒重は玄米水分を15%として換算し、玄米蛋白質含有率は乾物換算した。

2 各年の気象経過

各年の気温と日照時間を第5表にまとめた。気象データは山口のアメダス地点のデータを用いた。2016年は出穂期までは梅雨時期を除き、好天であったが、出穂後の9月は日照時間が少なかった。晩植の登熟期間は日照不足が著しかった。2017年は空梅雨で出穂期までは好天で、7月は高温傾向であったが、9月中旬に天候不順となり、特に晩植の登熟初期は日照時間が少なかった。2018年の6月は梅雨傾向であったが、7月に入ると平年よりもかなり早く梅雨が明けたため、7月から8月にかけては好天で気温もかなり高かった。9月に入ると気温が下がり、日照時間も少なくなった。

第1表 供試ほ場の化学性(2018年)

ほ場名	地力	作土深 cm	pH	CEC me	T-N %	腐植	可給態
						含量 %	窒素 mg/100g
11-1	高	18.6	6.0	11.2	0.22	4.31	15.9
11-2	高	22.0	6.0	11.8	0.23	4.70	14.6
53	中庸	14.2	6.1	11.8	0.15	2.87	7.3

注) いずれのほ場も礫質灰色低地土・砂壤土

第2表 普通期植高地力ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量、設置年次

窒素施用量(kg/10a)			試験区設置年次		
基肥	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	×	○	○
0	1	1	○	×	×
0	2	2	○	×	×
2	0	0	×	○	○
2	2	0	○	○	○
2	0	2	○	○	○
2	1	1	○	○	○
2	2	2	○	○	○

第3表 普通期植地力中庸ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量、設置年次

窒素施用量(kg/10a)			試験区設置年次		
基肥	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	○	○	○
0	2	0	○	○	○
0	0	2	×	×	○
0	4	0	×	○	×
2	0	0	○	○	○
2	2	0	○	○	○
2	0	2	×	○	○
2	1	1	×	○	×
2	2	2	○	○	○
2	4	0	○	×	×

第4表 晩植高地力ほ場における窒素施用区の基肥と穂肥の施用量

窒素施用量(kg/10a)			試験区設置年次		
基肥	穂肥Ⅰ	穂肥Ⅱ	2016	2017	2018
0	0	0	×	○	○
0	2	0	○	○	○
0	0	2	○	×	×
0	2	2	○	○	○
2	2	2	○	○	○

第5表 生育期間の気象と日照時間

年	移植期	日平均気温(℃)				日照時間
		分げつ期 ^z	ラグ期 ^y	幼穂 発育期 ^x	登熟 初期 ^w	(hr/日)
2016	普通期植	25.5	28.7	29.4	25.1	3.6
	晩植	26.6	29.6	27.6	24.9	2.9
2017	普通期植	25.2	29.7	28.8	25.1	5.6
	晩植	27.8	29.9	28.1	23.5	3.7
2018	普通期植	25.1	30.3	29.3	25.3	3.5
	晩植	27.8	29.3	28.9	23.8	2.6

^z 移植日~最高分げつ期

^y 最高分げつ期~幼穂形成期(幼穂長の目安5mm)

^x 幼穂形成期~出穂日

^w 出穂日~出穂20日

結果

1 移植時期の影響

1) 普通期植と比較した晩植の生育

同一施用水準の区について年次ごとに移植期で比較した。

2016年の試験では、幼穂形成期で比較すると晩植の茎数は500本/㎡以上となり、普通期植よりも1割以上多かったが、㎡当たり穂数には差がなかった。SPAD値も3ポイント高かったが、減数分裂期には差がなくなり、穂揃期には逆転し普通期植が42.2に上がったため、差は約4ポイントとなった(第6表)。倒伏程度は普通期植に比べて有意に大きく、晩植では穂先が地面に付く程度であった。1穂籾数が有意に少なく、㎡当たり籾数は少ない傾向があった。いずれも有意ではなかったが、移植期ごとの平均値を比較すると晩植では千粒重は0.8g軽く、登熟歩合が11ポイント低く、収量は10%程度少なかった。整粒歩合は4%程度低かったものの、心白発現率は高い傾向があった(第7表)。

2017年の晩植は0-0-0区、2-2-2区のいずれも移植直後から旺盛な生育となり、SPAD値にはすべてのステージで有意差があり、幼穂形成期で4~6ポイント、減数分裂期で4ポイント程度、穂前期で2ポイント程度普通期植に比べて高かった。穂数は移植時期による差がなかったが、倒伏は晩植で大きくなる傾向があった(第8表)。晩植で1穂籾数と㎡当たり籾数は2割程度多かったが、登熟歩合は15ポイント以上低下する傾向となり収量にはばらつきがみられたため、有意差が認められなかった。整粒歩合と心白発現率は普通期植よりも有意に低下し、いずれも25ポイント以上の差が認められた。玄米蛋白質含有率も同一施用水準では高かった(第9表)。

2018年の晩植は基肥窒素無施用の区でも分けつの発生は旺盛で幼穂形成期では茎数は有意に2割以上多く、SPAD値は有意に高かった。減数分裂期と穂前期にはSPAD値は逆に有意に低くなった(第10表)。また、普通期植よりも穂数が多い傾向であったが、1穂籾数が少ない傾向が認められ、収量は少なかった。検査等級はやや良かった(第11表)。

第6表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響(2016年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/㎡)	
		茎数 (本/㎡)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期					
普通期植	0-2-2	454	34.1	36.8	42.2	8/23	10/2	2.5	b	343
晩植	0-2-0	528	37.2	36.6	36.2	9/1	10/14	3.4	a	371
	0-0-2	503	36.5	36.4	39.0	9/1	10/14	3.4	a	377
	0-2-2	522	37.3	36.8	37.8	9/1	10/15	3.4	a	357
	2-2-2	513	37.6	36.8	38.7	9/1	10/15	3.6	a	376
分散分析 ^z		ns	ns	ns	ns	-	-	*		ns

^z 分散分析の*、**はそれぞれ危険率5%水準、1%水準で有意差があることを、nsは示す
数値の右に付した異なる英文字間にはTukeyの多重比較により危険率5%水準で有意差があることを示す
第7表~第21表まで同じ

第7表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響(2016年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 籾数	㎡当たり 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級	
普通期植	0-2-2	617	509	28.2	78.2	a	269	69.0	66.0	65.5	7.9	1上、1下、2
晩植	0-2-0	550	442	27.3	65.4	bc	243	60.7	61.8	77.8	7.9	1中、1中
	0-0-2	549	421	27.3	68.5	c	258	49.5	55.5	81.7	8.0	1中、2
	0-2-2	566	462	27.4	70.6	bc	252	57.8	61.8	80.2	8.1	1下、2
	2-2-2	555	433	27.3	72.9	b	274	64.3	59.5	83.6	8.4	2、2
分散分析		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	-	

第8表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2017年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値				出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/m ²)	
		茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期							
普通期植	0-0-0	405	36.0	c	32.4	d	31.9	d	8/22	9/30	0.5	310
	2-2-2	407	36.8	c	35.6	c	37.5	b	8/23	10/4	2.0	329
晩植	0-0-0	435	41.8	a	37.2	b	34.1	c	8/30	10/13	2.0	319
	0-2-0	449	41.9	a	39.0	a	36.5	b	8/31	10/14	2.5	321
	0-2-2	459	40.2	b	39.2	a	39.9	a	8/30	10/15	2.3	338
	2-2-2	472	41.0	ab	39.5	a	39.7	a	8/30	10/15	2.5	325
分散分析		ns	*		*		**		-	-	ns	ns

第9表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)		登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級			
普通期植	0-0-0	473	444	28.4	55.6	c	173	d	84.8	78.8	a	64.5	a	6.8	d特、1
	2-2-2	573	537	29.2	59.5	c	196	cd	86.5	73.0	a	63.9	a	7.4	c特、1
晩植	0-0-0	557	489	28.1	69.2	b	221	bc	69.0	52.1	b	38.8	b	7.4	c 1、2
	0-2-0	567	486	28.1	72.2	ab	231	ab	70.4	44.7	bc	34.0	bc	7.9	b 2、3
	0-2-2	582	491	28.5	76.7	a	259	a	47.8	41.0	c	32.3	bc	8.6	a 2、3
	2-2-2	560	464	28.0	77.0	a	250	ab	62.1	37.9	c	30.6	c	8.5	a 3
分散分析		ns	ns	ns	*		**	ns	**	*	**	**	*	**	-

第10表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2018年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値				出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	穂数 (本/m ²)		
		茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃 期								
普通期植	0-0-0	374	c	33.6	a	31.7	bc	34.8	bc	8/27	10/13	0	268
	2-2-2	385	c	34.2	c	35.1	a	40.1	a	8/26	10/14	0	294
晩植	0-0-0	446	b	35.1	d	29.0	c	34.0	c	9/1	10/15	0	281
	0-2-0	475	ab	34.8	ab	34.3	b	36.6	ab	9/1	10/15	0	314
	0-2-2	447	b	34.9	abc	33.4	a	39.9	b	9/1	10/20	0	300
	2-2-2	484	a	36.2	bc	32.8	a	39.0	ab	9/1	10/20	0	328
分散分析		*	*	*	**	**	**	**	**	-	-	ns	ns

第11表 窒素施用体系が晩植「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2018年)

移植期	窒素 施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)		登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級			
普通期植	0-0-0	466	bc	402	bc	27.7	b	66.9	187	68.8	74.5	59.9	a	7.2	b 1下
	2-2-2	540	a	471	a	28.7	a	72.4	212	72.1	73.2	65.3	ab	8.0	a 1上
晩植	0-0-0	426	c	373	c	27.7	b	57.8	170	77.9	74.7	64.1	abc	7.2	b 特、1下
	0-2-0	494	ab	429	ab	28.2	ab	64.4	200	73.9	69.4	61.2	ab	7.5	b 特
	0-2-2	481	b	424	b	28.6	a	59.8	178	79.0	74.2	67.8	c	8.3	a 特
	2-2-2	502	ab	438	ab	28.5	a	63.5	203	72.7	73.2	68.7	c	8.3	a 特、1下
分散分析		*	*	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	-

2) 晩植における窒素施肥

2016年は、幼穂形成期の茎数、SPAD値の推移には、基肥窒素量による差はなかった(第6表)。また、倒伏程度には、穂肥窒素の施用量および施用時期による差はなかった。1穂粒数は穂肥を2回施用すると多くなったが、穂数と m^2 当たり粒数に差はなかった。収量は穂肥施用量および施用時期による差はなかったものの、減数分裂期に穂肥を2kg施用した0-0-2区で登熟歩合が低く、収量が低い傾向があった。心白発現率に差はなかったものの、整粒歩合が0-0-2区で低い傾向があった。玄米蛋白質含有率には穂肥施用量および施用時期による差はなかった(第7表)。

2017年は、標準とした基肥及び穂肥2回施用区が最も生育が旺盛で粒数も多かったが、登熟歩合が低下して、収量は基肥無施用区より少なくなった。穂肥IIを施用した区は m^2 当たり粒数の増加傾向が認められ、整粒歩合と心白発現率が低くなる傾向が見られた。玄米蛋白質含有率は穂肥の施用に関係なく7.0%を超えたが、穂肥IIの施用で有意に高まった(第9表)。

2018年は2-2-2区で穂前期のSPAD値が高くなり、一穂粒数が増加する傾向が認められた(第10表、第11表)。検査等級には基肥や穂肥による影響は認められなかった。玄米蛋白質含有率は2017年と同様に穂肥IIの施用で有意に高まった。

2 基肥の窒素施用量と地力に対する反応

2016年は、ほ場の肥沃度にかかわらず、茎数、穂数は基肥窒素0kg区と2kg区で同等が確保され、収量には基肥窒素施用量による差はなかった(第12表)。

2017年は、両ほ場において、基肥窒素2kg区が0kg区よりも最高分けつ期と幼穂形成期の茎数が多かった。収量は同等で、基肥窒素の影響は見られなかった(第13表)。

2018年は、地力が高いほ場では、基肥窒素2kg区が0kg区よりも分けつ期の生育が良好であったが、地力中庸ほ場では違いは見られなかった。いずれのほ場でも、穂数増への効果は有意ではなく、収量は同等となり、基肥窒素の影響は見られなかった(第14表)。

第12表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	441	360	29.6	0.7	254	402
	2	447	378	29.9	0.7	260	390
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	522	455	33.5	2.3	347	507
	2	525	430	34.2	2.5	337	495
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

注) データは穂肥窒素施用量が、53号では0-0と2-0、11-1号では1-1と2-2の平均値
各ほ場とも分散分析では表中の項目に穂肥による影響がなかったため平均した
第13表、第14表も同じ

第13表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2017年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	348	346	35.0	0.5	288	440
	2	400	375	32.6	1.0	322	448
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	437	405	36.0	0.5	310	444
	2	445	422	36.6	1.0	331	448
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

第14表 基肥窒素施用量が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響(2018年)

ほ場 (地力)	基肥窒素 施用量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	幼穂形成期		倒伏 (0-5)	穂数 (本/ m^2)	収量 (kg/10a)
			茎数 (本/ m^2)	SPAD 値			
53 (中庸)	0	368	343	30.0	0	254	341
	2	368	343	30.0	0	254	341
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns
11-1 (高)	0	416	374	33.6	0	268	402
	2	437	366	33.9	0	269	409
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns

3 穂肥の窒素施用量と地力に対する反応

2016年は、地力中庸ほ場では穂肥Iに2 kgあるいは4 kgを施用した区(2-0区、2-2区および4-0区)で稈長が長くなったが、倒伏は軽微であった。高地力ほ場の倒伏は少程度であったが、穂肥IとIIに2 kg施用した区(2-2区)でその程度は大きい傾向があった(第15表)。中庸ほ場では、穂肥Iに2 kgを施用した区(2-0区)で、穂肥無施用区(0-0区)に比べて籾数が多く、千粒重が重くなることで、収量420 kg/10 aを超えた(第16表)。高地力ほ場の収量は、いずれの区も420 kg/10a以上であった。2-2区で籾数も多く、収量は多かったが、整粒歩合が低い傾向があり、玄米蛋白質含有率は高かった。穂肥の総窒素量を2 kgとした区と比較すると、籾数に差はなかったものの、穂肥IIに2 kgを施用した区(0-2区)に比べて、2-0区と穂肥IとIIに1 kgを施用した区(1-1区)で登熟歩合が高く、収量は多かった。

2017年の中庸ほ場は、2-2区で穂揃期のSPAD値が高く稈長が長くなり(第17表)、収量は最も多い傾向であった。(第18表)。総窒素量2 kg区と比較すると生育や収量、収量構成要素には大きな差はなかった。高地力では中庸ほ場同様に2-2区で穂揃期のSPAD値が高く稈長が長く、収量は最も多い傾向であった。総窒素量2 kgの区では2-0区が減数分裂期から穂揃期にかけてSPAD値が高くなり、1穂籾数と㎡当たり籾数が多くなり、多収となる傾向が認められた。

2018年は生育のばらつきが大きかったため(第19表)、穂肥の施用法による収量構成要素への影響は検出できなかったものの、穂肥窒素施用量を多くすると、穂数、一穂籾数が増加する傾向があり、収量は有意に増加した(第20表)。穂肥1回目と2回目の施用の効果は、ほ場間で傾向が異なった。玄米蛋白質含有率は、穂肥量が多いほど、施用時期は遅いほど明らかに増加した。

第15表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期			SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)			
		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	SPAD 値	減数 分裂期	穂揃期									
53 (中庸)	0-0	77	364	29.5	28.7	c	31.6	c	8/23	9/30	0.4	95	d	21.0	254
	2-0	79	392	30.3	34.1	b	35.7	b	8/23	10/2	1.1	101	c	21.4	267
	2-2	79	380	30.7	34.9	b	41.9	b	8/23	10/3	1.4	102	a	22.9	266
	4-0	80	375	30.4	38.8	a	38.9	a	8/23	10/3	1.3	104	b	22.0	280
分散分析		ns	ns	ns	**	**	-	-	ns	*	ns	ns	ns	ns	
11-1 (高)	0-2	86	454	34.5	32.1	c	38.5	b	8/23	10/2	2.2	111	ns	21.2	341
	2-0	87	426	33.2	35.9	ab	37.5	b	8/23	10/1	2.2	110	ns	21.5	343
	1-1	86	425	34.7	34.4	b	38.5	b	8/23	10/2	2.1	111	ns	21.5	341
	2-2	87	436	33.7	36.5	a	41.3	a	8/23	10/2	2.9	112	ns	21.8	344
分散分析		ns	ns	ns	**	*	-	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

注) 各ほ場とも基肥窒素は2 kg/10 a施用した
第16表~第20表も同じ

第16表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響(2016年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量		千粒 重 (g)	1穂 籾数	㎡当たり 籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級			
			(kg/10a)	(kg/10a)											
53 (中庸)	0-0	437	c	359	b	27.3	b	73.2	185	70.5	75.2	58.4	6.7	1上、1上	
	2-0	508	b	420	a	28.0	ab	78.4	209	71.4	75.6	65.8	6.9	特、1上	
	2-2	560	a	445	a	28.2	ab	85.6	227	67.5	73.4	68.7	7.4	1上、1上	
	4-0	543	a	460	a	28.5	a	78.6	220	72.9	77.9	71.4	7.2	-	
分散分析		**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
11-1 (高)	0-2	602		460	b	27.6		73.9	252	64.5	37.5	51.4	b	7.5	b 1上、1上、1中
	2-0	602		498	a	27.8		74.7	255	71.4	66.5	61.5	a	7.3	b 1上、1上、2
	1-1	597		487	a	28.1		75.3	257	68.6	68.2	61.5	a	7.2	b 1上、1上、1下
	2-2	618		503	a	27.9		77.9	268	68.6	60.1	62.5	a	8.0	a 1上、1中、2
分散分析		ns		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

第17表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)					
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期							穂揃期				
53 (中庸)	穂 I-II															
	0-0	78	375	32.6	31.3	c	31.7	c	8/23	10/2	0.8	b	99	18.1	b	322
	2-0	79	357	33.8	37.3	a	36.8	b	8/23	10/3	1.8	a	103	20.4	a	309
	0-2	78	352	33.0	31.5	c	37.1	b	8/23	10/3	2.0	a	103	19.9	a	306
	1-1	80	365	33.1	35.0	b	37.0	b	8/23	10/3	1.8	a	104	19.9	a	319
	2-2	79	370	33.1	37.2	a	40.0	a	8/23	10/4	2.0	a	107	20.3	a	331
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	**	ns	**	ns			
11-1 (高)	0-0	87	422	36.6	32.2	c	31.9	d	8/22	10/1	1.0	b	103	18.0	c	331
	2-0	87	426	37.5	36.1	a	35.0	c	8/22	10/3	2.0	a	105	19.1	a	342
	0-2	87	417	37.9	33.0	bc	36.1	b	2/23	10/3	2.0	a	107	18.7	b	334
	1-1	86	422	36.6	34.0	b	35.9	bc	8/23	10/3	2.2	a	107	19.0	a	326
	2-2	86	407	36.8	35.6	a	37.5	a	8/23	10/5	2.0	a	109	19.5	a	329
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	**	**	*	ns			

第18表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級				
53 (中庸)	穂 I-II														
	0-0	489	448	b	27.5	b	58.0	b	187	b	81.3	76.2	55.6	6.2	特、1
	2-0	540	494	ab	28.0	ab	68.2	a	211	ab	79.4	76.5	61.4	6.6	特、1
	0-2	532	490	ab	28.2	ab	67.9	a	208	ab	76.4	76.5	64.4	6.8	特
	1-1	524	501	ab	28.3	a	67.6	a	215	a	81.3	77.1	62.8	6.6	特、1
	2-2	571	523	a	28.5	a	67.3	a	222	a	76.9	75.0	67.0	7.1	特
	分散分析	ns	*	**	*	*	ns	ns	ns	**					
11-1 (高)	0-0	480	c	448	c	28.4	52.4	173	b	85.5	79.9	62.7	6.9	c	特
	2-0	538	ab	507	ab	28.8	58.5	200	ab	85.5	78.0	63.2	7.1	b	特、1
	0-2	524	ab	495	b	29.1	57.4	191	ab	87.4	80.1	68.8	7.2	b	特
	1-1	559	ab	527	a	28.8	57.7	188	ab	85.3	77.1	66.2	7.1	b	特、1
	2-2	573	a	537	a	29.2	59.5	196	a	86.5	73.0	63.9	7.4	a	特、1
	分散分析	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	**					

第19表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の生育に及ぼす影響 (2018年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	幼穂形成期		SPAD値		出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)				
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD 値	減数 分裂期							穂揃期			
53 (中庸)	穂 I-II														
	0-0	71	345	31.1	28.0	34.1	c	8/28	10/13	0	95	b	18.5	c	241
	2-0	70	323	29.5	31.7	37.5	b	8/28	10/13	0	98	b	19.6	b	255
	0-2	70	332	29.6	30.9	37.9	b	8/29	10/13	0	98	ab	20.1	ab	252
	2-2	70	349	29.9	34.3	41.1	a	8/28	10/14	0	102	a	20.8	a	269
	分散分析	ns	ns	ns	ns	**	**	-	-	-	**	**	ns		
11-1 (高)	0-0	74	366	33.9	31.2	b	34.2	c	8/27	10/13	0	100	18.8	b	269
	2-0	73	365	32.9	34.4	a	36.9	b	8/26	10/13	0	101	19.3	b	273
	0-2	75	371	34.3	30.8	b	38.4	a	8/26	10/13	0	105	19.6	a	283
	1-1	74	412	34.0	34.4	a	37.6	b	8/27	10/13	0	103	20.0	ab	290
	2-2	74	385	34.2	35.1	a	40.1	a	8/26	10/14	0	105	20.4	a	294
	分散分析	ns	ns	ns	**	**	*	-	-	-	ns	*	ns		

第20表 穂肥窒素施用量が「山田錦」の収量・品質に及ぼす影響 (2017年)

ほ場 (地力)	窒素施用量 (kg/10a)	粗玄 米重 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	同左 比率 (%)	千粒 重 (g)	1穂 粒数	m ² 当たり 粒数 (×100)	登熟 歩合 (%)	整粒 歩合 (%)	心白 発現率 (%)	玄米 蛋白 (%)	検査 等級				
53 (中庸)	穂 I-II															
	0-0	375	b	308	c	78	27.3	b	65.5	163	68.1	77.4	65.1	6.7	c	1上、1下
	2-0	416	b	346	b	87	28.3	a	71.8	185	64.4	76.7	67.2	6.9	bc	特、1下
	0-2	416	b	337	b	87	27.7	ab	74.3	189	61.1	77.0	68.5	7.2	ab	1上、1下
	2-2	478	a	381	a	100	28.0	ab	73.5	194	65.2	75.1	68.7	7.5	a	1下、2上
	分散分析	*	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*				
11-1 (高)	0-0	473	409	c	88	27.7	69.3	190	72.1	75.1	61.1	bc	7.0	b	1上、1上、1中	
	2-0	492	421	bc	91	28.3	71.9	196	71.4	72.9	59.7	c	7.2	b	1上、1下、2上	
	0-2	524	444	ab	97	28.5	72.2	205	70.7	74.9	64.4	a	7.8	a	特、1上、1上	
	1-1	509	426	bc	94	28.4	70.5	204	70.9	72.7	60.4	c	7.3	b	1上、1上、1下	
	2-2	540	471	a	100	28.7	72.4	212	72.1	73.2	65.3	a	8.0	a	特、1上、1上	
	分散分析	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**					

考 察

1 晩植に対する適性と移植適期

「山田錦」の晩植に対する適性を検討し、移植適期の確認を行った。

晩植では3年間を通じて移植後の分けつが旺盛で、葉色も比較的高く維持されて穂数の確保が容易であった。山本ら(1993)は、代かき時の入水から地力窒素の無機化が漸次的に多くなり、温度と無機化量の間には相関があると報告している。また、安藤ら(1988)は移植後が高温になりやすい晩植で十分な窒素の供給があり、吸収量が増加すると述べている。本試験においても、晩植では普通期植よりも移植後の気温が高かったため、活着が早まるとともに、地力窒素の無機化が多くなり、窒素吸収量が増加して穂数確保につながったものと考えられる。

田中ら(2010)は、適正な籾数レベルの範囲内では、移植時期を遅らせると地力窒素の吸収が多くなって栄養条件が良好になることや、肥沃度が高いほ場では、幼穂形成期から穂揃期の期間で窒素吸収量が多くなることから、晩植と基肥の削減を組み合わせることで検査等級が向上すると述べている。本試験の「山田錦」では、基肥を施用しない0-2-2区と施用した2-2-2区の比較では整粒歩合に差はみられなかった。むしろ、2017年の晩植のように基肥を施用しない場合でも幼穂形成期の茎数やSPAD値の高さが示すように普通期植よりも窒素の供給が増大することで、籾数が過剰となり、倒伏が大きくなることがあった。

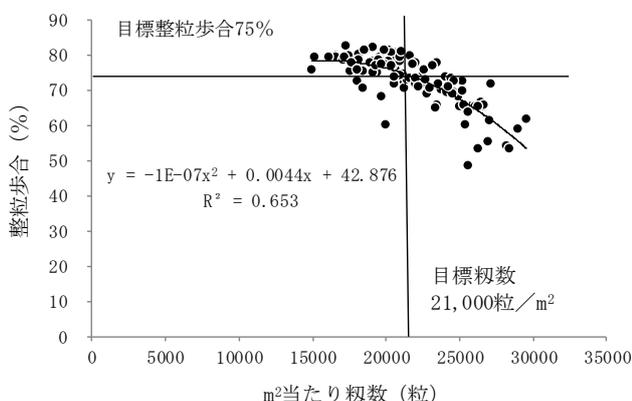
2016年と2017年は普通期植に比べて、千粒重が軽く登熟歩合が低い傾向があり、収量は普通期植に比べて10%程度減少した。整粒歩合も同様に低く、心白粒の発現も悪くなるなど登熟形質や品質が優れなかつ

た。また、玄米蛋白質含有率は、晩植で高くなる傾向があり、穂肥の2回目を施用すると8.0%を超えることも多かった。今野(1990)は、登熟前半の遮光処理で玄米千粒重が軽くなり、収量は減少し、玄米および白米の粗蛋白質含有率の増加が認められたとしている。山口県では、秋雨前線が停滞する時期が、9月中旬または下旬のいずれかであることが多く、この時期の日照時間が少なくなることがある。2017年の晩植では出穂日から出穂後20日までの日照時間が普通期植よりも極端に少なく、登熟形質や品質の悪化は、この気象条件の影響をより強く受けた可能性が高い。他の2か年も晩植では普通期植に比べて日照時間が少ないことから、同様の状況が生じるリスクがあった。

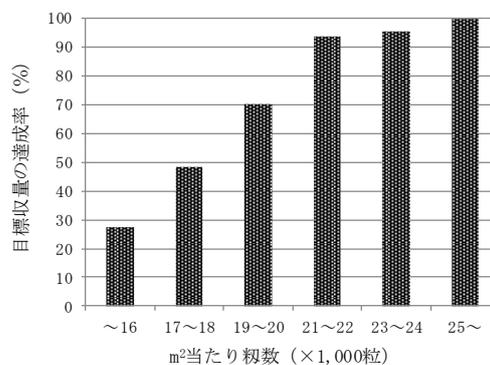
本県酒造組合では玄米蛋白質含有率に関して6.9%(乾物ベース)以下が最も望ましいが、これを超える場合でも上限を7.9%としている。移植期による収量低下や玄米蛋白質含有率超過のリスクを軽減するためには、県下の各地域での試作等による確認が必要であるが、試験の結果からは平坦部における移植適期の目安は6月10日を中心とする10日間とみるべきであろう。目標収量と品質を達成した施用区から判断すると、地力が高いほ場で晩植する場合は、適切な基肥施用により生育を初期調整するとともに、穂肥は2回とも施用しないか、または幼穂形成期の穂肥1回に留めるべきである。

2 「山田錦」の籾数確保の目安

収量および品質目標達成のための栽培基準の作成に当たり、移植適期と考えられた普通期植における栽培管理のための目安となる適正籾数を検討した。㎡当たり籾数と整粒歩合との間には、籾数が多くなるに伴い、整粒歩合が低くなる関係が認められ、その関係は二次



第1図 「山田錦」の整粒歩合と㎡当たり籾数の関係(2016~2018年普通期植)



第2図 「山田錦」の㎡当たり籾数と収量目標達成率(2016~2018年普通期植)

酒造好適米「山田錦」の収量及び品質に及ぼす移植期と窒素施用の影響

関数で近似できる回帰式で表された(第1図)。農産物検査において酒造好適米の1等の品位として、整粒歩合の最低限度が70%と定められているが、回帰式の誤差(RMSE = 4.2)を考慮して1等の限度よりもやや高い整粒歩合75%に目標を設定すると、これを達成するための籾数は21,000粒/㎡と算出された。また、3か年の全試験区の目標収量(420kg/10a)の達成率を籾数の範囲ごとにみると、籾数が21,000粒/㎡を超えるとほぼ目標に達した(第2図)。したがって、目標とする収量と品質を達成するための最適な籾数は、21,000粒/㎡程度と考えられた。さらに、試験3か年のうち籾数が19,000粒/㎡以上21,000粒/㎡未満の試験区の条件をみると、目標が未達成であったのは、ラグ期から出穂期までが高温で経過した2018年の地力中庸ほ場の試験区がほとんどであり、その区の幼穂形成期のSPAD値は高温の影響で著しく低かった。松永ら(2017)は「ヒノヒカリ」が出穂期後20日間の平均気温が26℃以上の高温に遭遇した場合には、穂揃期の葉色が淡く栄養条件不良で登熟が悪くなり、このような年には栄養条件を向上させるための追肥が有効であることを示した。同じ中生品種の「山田錦」でも同様の傾向を示したことから、高温時には葉色等に配慮し、追肥等の適切な管理を行う必要がある。

この検討に用いたデータは山口県山口市大内(標高33m)で取得したものであることから、山口県平坦部における適正籾数の目安と考えられる。また、今野ら(1990)は、登熟期の日照時間は収量・品質に影響を及ぼすことから、適正籾数の設定に当たっては各地域の日照条件にあった籾数を確保する必要があると述べている。したがって、本県の他の地域における適正籾数については、確認が必要である。

3 普通期植の基肥施用

基肥の施用有無が「山田錦」の生育、収量に及ぼす影響について検討した。地力中庸ほ場、高地力ほ場とも基肥窒素量を2kg/10aにした場合、幼穂形成期の茎数は多く、SPAD値は高くなったが、施用量の違いによる収量や収量構成要素への影響は検出されなかった。

「山田錦」の場合、基肥は生育のスターターとしての効果はあるが、穂数確保や生殖成長にはあまり寄与しないと考えられるので、今後、基肥施用の必要性を現地等の栽培を確認し検討する必要がある。しかしながら、苗の活着期が低温時期にあたる中山間部などでは初期生育確保のために基肥窒素の施用は必要と考えられ(高橋ら, 1976)、この点についても検討が必要である。

第21表 「山田錦」の地力差があるほ場における穂肥施用法が収量および収量構成要素に及ぼす効果

ほ場地力	穂肥体系区 (kg/10a)	収量 (kg/10a)	㎡当たり 籾数 (×100)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	整粒歩合 (%)	心白発現率 (%)
中庸	0-0区	387	181	27.5	73.9	76.3	59.7
	0-2区	107	110	101	93	101	111
	2-0区	106	110	102	97	100	109
	2-2区	115	118	103	96	98	114
	4-0区	124	127	103	100	96	106
分散分析	2016年	**	ns	*	ns	ns	ns
	2017年	*	*	*	ns	ns	ns
	2018年	**	ns	**	ns	ns	ns
高地力	0-0区	435	193	27.8	75.4	75.6	57.3
	0-2区	107	112	102	98	98	107
	2-0区	109	112	102	101	96	107
	1-1区	111	111	102	101	96	109
	2-2区	116	117	103	101	91	111
分散分析	2016年	*	ns	ns	ns	ns	*
	2017年	**	*	ns	ns	ns	ns
	2018年	*	ns	ns	ns	ns	*

注) 穂肥の体系は穂肥1回目(出穂前20日)と穂肥2回目の窒素施用量である。穂肥効果は0-0区を100とし、各々の穂肥体系区の比率である。地力中庸ほ場の4-0、0-2は2か年の平均である

4 普通期植の穂肥施用

移植適期と考えられた普通期植（6月8日植）における穂肥の施用効果と施用基準等について検討した。まず、穂肥の施用効果を明らかにするために、試験を実施した3か年のそれぞれの穂肥の組み合わせにおける収量形質と品質データの平均と分散分析の結果を表にして検討した（第21表）。収量に関しては地力中庸ほ場では、いずれの年も穂肥施用で有意差が検出され、収量に影響したと考えられる要因は2016年と2018年は千粒重、2017年は m^2 当たり籾数の影響によるものであった。高地力ほ場では、収量に対する効果は2017年のみで認められ、また、地力に関わらず m^2 当たり籾数を増加させる効果は3年間いずれの年次でも穂肥1回目と2回目とも同等であった。

古味・坂田（1999）は、酒造用原料米として重要な千粒重と収量に影響する m^2 当たり籾数との関係を検討し、籾数が20,000粒/ m^2 以下であれば穂肥施用によって籾数は多く、千粒重は重くなって収量向上に結び付き、籾数が超過すると千粒重は軽くなることを報告している。本試験の地力中庸ほ場では元々の籾数レベルが低いことから、穂肥施用によって籾数が増えるとともに、充実も促進されたことで千粒重は重くなり収量が向上したものと考えられる。一方、高地力ほ場では穂肥施用による籾数の増加は検出されたが、千粒重に関しては効果ははっきりしなかった。これはほ場の養分供給力が高く、籾数が確保しやすい状況であったため、すでに籾数の目安を超過しており、穂肥施用により、玄米の充実促進効果が期待できるレベルではなかったと考えられたことから、このようなほ場では、穂肥の過剰施用には注意する必要がある。

心白粒の発現については手塚・宮島（1977）は心白発現率と玄米千粒重に正の相関を認めている。杉浦ら（2001）は種々の文献から千粒重を重くするためには

減数分裂期を中心とした時期の環境や栄養が影響し、幼穂形成期以前の窒素追肥は千粒重を軽くし、心白発現率を低下させると仮定して、酒造好適米「夢山水」で確認を行ったところ、穂肥施用時期は千粒重のみに影響したとしている。本試験では、幼穂形成期と減数分裂期の穂肥施用による千粒重への影響は前述のとおりであったが、心白発現率は地力によらず向上する傾向があり、高地力ほ場では有意差も認められた。減数分裂期を中心とした時期は穎花が発達する時期であり、この時期の栄養条件が大きく関与していると考えられ、収量関連形質にも関与していることから、穂肥施用は「山田錦」の安定栽培上、特に重要な管理と考えられる。

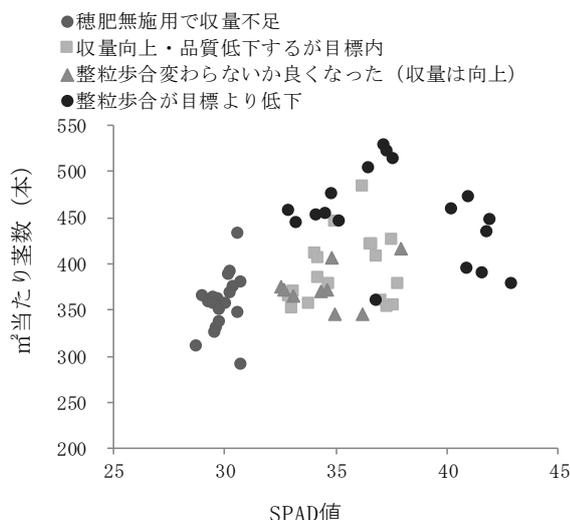
玄米蛋白質含有率に影響すると考えられる穂肥の施用法をはじめとし、いくつかの要因の影響を検討するため、各重回帰分析を行った（第22表）。重回帰分析の結果から年次変動の他、地力、穂肥施用量が影響する可能性が示された。杉浦ら（2001）は穂肥窒素量の増加に伴い玄米蛋白質含有率が増加することを報告しており、本試験の結果と一致した。穂肥施用の影響に関しては、1kg/10aの窒素施用で、穂肥1回目は0.1%程度増加し、2回目は玄米への分配が多く、登熟が向上した場合でも一律で0.2%程度の増加が見込まれた。実際の栽培では、籾数管理のための2回の穂肥施用量の組合せと同時に、玄米蛋白質含有率の制御のためのほ場の地力に応じた穂肥2回目の量の設定を考慮することが重要である。

以上の穂肥に対する千粒重、心白発現率、とりわけ玄米蛋白質含有率等の反応から、穂肥の1回目が収量と品質の安定や向上のための制御の要であり、1回目の穂肥は出穂20日前までに窒素成分で2kg/10aを基準に施用する必要が認められた。

第22表 目的変数を玄米蛋白質含有率(%)としたときに説明力が高い重回帰式

回帰式① ($R^2=0.704$)		回帰式② ($R^2=0.677$)	
説明変数	係数	説明変数	係数
切片	6.05	切片	3.32
X1 穂肥ⅠのN量(kg/10a)	0.13	X1 穂肥ⅠのN量(kg/10a)	0.05
X2 穂肥ⅡのN量(kg/10a)	0.23	X2 穂肥ⅡのN量(kg/10a)	0.19
X3 年(ダミー変数)	0.31	X3 籾数(粒/ m^2)	7.8×10^{-5}
X4 年(ダミー変数)	0.47	X4 登熟量	5.6×10^{-4}
X5 地力(ダミー変数、中庸=0、高=1)	0.39	X5 年(ダミー変数)	0.45
		X6 年(ダミー変数)	0.70

最後に、目標とした収量と品質を確保するための、1回目の穂肥施用量について、幼穂形成期の茎数とSPAD値により検討した。方法としては収集した普通期植のデータから、穂肥1回目を施用しなかった場合に目標収量(420 kg/10a)に届かなかったグループ、穂肥1回目を施用することで目標とする収量と整粒歩合(70%)は達成したが、整粒歩合が低下したグループ、収量、整粒歩合ともに向上したグループ、整粒歩合が目標を下回ったグループの4つに分け、m²当たり籾数とSPAD値を軸としてプロットした(第3図)。図上のグループの位置関係からある程度の閾値として茎数とSPAD値の目安を明らかにすることができた。施用の判断の目安としては、若干の主観が入るが、「穂肥1回目の施用量は幼穂形成期にSPAD値で31を下回る場合には増量する。茎数が440本/m²またはSPADの値が39を超える場合には穂肥を施用しない」という基準の設定が可能と考えられた。なお、この目安はデータが少ないなか、暫定的に設定したものであり、今後データを追加して精度を高める必要がある。



第3図 幼穂形成期の生育と穂肥施用による目標とする収量・品質の達成との関係

摘要

酒造好適米「山田錦」を新たに作付けする際に参考となるよう、県平坦部の地力が異なるほ場において移植期と窒素施肥法が収量と品質に及ぼす影響を明らかにし、適切な移植期と基肥施用量、穂肥施肥法を栽培基準に反映した。

6月22日の晩植では、6月9日の普通期植と比べ、初期生育が旺盛で幼穂形成期まではSPAD値が高く推

移するものの、登熟歩合と整粒歩合が低下し、玄米蛋白質含有率は高くなる傾向があった。このため、移植適期は6月10日頃とした。

基肥施用量に関しては、窒素施用量で0 kg/10aと2 kg/10aの比較では収量と品質に差異は認められず、平坦部では必要性が認められなかったが、スターターとしての基肥施用が必要な条件については検討が必要である。

穂肥窒素に関しては、地力中庸ほ場ではm²当たり籾数の増加と千粒重の加重に、高地力ほ場では籾数の向上に特に関与しており、減数分裂期の栄養条件の改善により心白粒の発現にも影響していた。玄米蛋白質含有率は2回目の穂肥で高くなるため、1回目の穂肥施用の判断が重要である。施用の判断の目安は、試験データのグループ化によって「穂肥1回目の施用量は幼穂形成期にSPAD値で31を下回る場合には増量する。茎数が440本/m²またはSPADの値が39を超える場合には穂肥を施用しない」という基準を設定した。

引用文献

安藤豊・安達研・南忠・西田直樹. 1998. 水稻生育初期の茎数と土壌アンモニア態窒素の関係. 日作紀. 57: 678-684.

古味一洋・坂田雅正. 1999. 酒米品種「土佐錦」の移植期と窒素施肥法が収量・酒造適性に及ぼす影響. 高知農技セ研報. 8: 75-82.

今野周・今田孝弘・中山芳明・宮野斉. 1990. 登熟期の少照条件が水稻の登熟、品質、収量に及ぼす影響. 東北農業研究. 43: 29-30.

杉浦和彦・大竹敏也・林元樹・工藤悟. 2001. 酒造好適米「夢山水」の高品質・安定生産技術. 愛知農総試研報. 33: 49-56.

高橋重郎・和田源七・庄子貞雄. 1976. 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について: 第6報 温度が水稻の窒素吸収および土壌中のアンモニア態窒素の消長におよぼす影響. 日作紀. 45: 213-219.

田中浩平・宮崎真行・内川修・荒木雅登. 2010. 水稻の外観品質に及ぼす稲体窒素栄養条件や施肥法の影響. 日作紀. 79: 450-459.

手塚光明・宮島吉彦. 1977. 酒米たかね錦の品質向上に関する研究(特に施肥量、施肥法について). 北陸作物学会報. 12: 20-25.

松永雅志・中島勘太・池尻明彦・内山亜希・渡辺大輔
・金子和彦. 2018. 耕土深および緩効性肥料の施肥方法が水稻の収量、品質に及ぼす影響. 山口農林総技セ研報. 9 : 19-24.

宮川英雄. 1999. 年次による水稻の登熟と籾数の関係. 東北農業研究. 5 : 37-38.

山本富三・田中浩平・角重和浩. 1993. 団地水稻における地力窒素発現パターンと施肥の診断. 第2報 水田土壌の窒素無機化特性と水稻生育期間中の窒素供給パターン. 日作紀. 62 : 363-371.

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

日高 輝雄・木村 靖*・鶴山 浄真・藤井 宏栄・茗荷谷 紀文

Development of Super-forcing Cultivation Technology of Field Wasabi for Processing Raw Materials that can Harvest Flower Stems

HIDAKA Teruo, KIMURA Yasushi, TSURUYAMA Johshin,
FUJII Kouei and MYOUGATANI Norifumi

Abstract: Forcing cultivation technology for processing wasabi was developed to promote its cultivation in wasabi production areas and secure new growers and meet the growing demand for domestic processing of raw materials. In this cultivation method, seeds are sown from the end of May to the beginning of June in a greenhouse covered with a high-performance light-shielding material, and the seedlings are grown by the bottom water supply method. After planting in October and by maintaining the greenhouse warm from the middle of December, flower stems are harvested in February, and petioles and rhizomes used as a raw materials for processing are harvested in May. Using this cultivation method, the cultivation period is shortened from 20 months to 12 months. In addition, this cultivation method can obtain a high gross profit from a crop that grows from autumn to winter in a mountainous area. Furthermore, this cultivation method does not need the specific location like high altitude fields under the forest, which are extremely difficult to obtain, making it possible to start a new farm with wasabi cultivation.

Key Words: mountainous area, green house, shortening of cultivation period

キーワード: 中山間地域、施設化、短期栽培

緒言

本県中山間地域の特産野菜のひとつに畑ワサビがあげられる。平成25年特用林産基礎資料(林野庁)によると、その生産量は全国4位に位置付けられ、全国有数のワサビ産地となっている。畑ワサビは、練りわさび原料として大手加工業者に出荷されるとともに(第1図)、腋芽(ガニ芽と呼ぶ)や新葉は醤油漬け原料として地域の加工業者に出荷され、地域ぐるみの6次産業化に貢献している。さらに、ワサビの花茎(花わさびと呼ぶ)は、春の季節感を醸し出す高級食材として関西市場で人気を博し、生産者にとっては、冬期の貴重な収入源となっている(第2図)。しかし、生産者の高齢化と新規栽培者がほとんどいない現状の中、産地の規模は急速に縮小しつつある。

本県のワサビ栽培は、標高の高い林地を開墾して作った林間畑での栽培が大半を占めるものの、一部でハ

ウス促成栽培も行われている。林間畑は育苗および本ほ栽培に必須であるが、適地が限られるため規模拡大は困難で、いったん、自然災害を受けると復旧が難しい。さらに林間畑の入手はきわめて難しく、新規参入の障壁になっている。また、昨今の地球温暖化の進展により、高温によりワサビが枯れる「夏枯れ症状」が頻繁に発生するようになり、生産を不安定にしている。



第1図 練りわさび原料となる葉柄と根茎

*現在:退職

慣行の促成栽培でさえも、播種から収穫まで 20 か月以上かかり、そのうち、育苗は1年を要し、多大な労力を必要とするため、増反は容易ではない。その育苗も夏越しのための林間畑が必要であるため、促成栽培においても新規参入は難しい。

一方、消費者の本物志向、国産志向の高まりと中国産ワサビの生産不安定により 2010 年頃より国産ワサビの需要は伸びている。さらに、2017 年9月に全ての加工食品について、重量割合上位1位の原料の原産地を義務表示の対象とする新たな食品表示基準が設けられたことから、「国産」をアピールしたいメーカーの間では、国産ワサビの需要が高まってきた。しかし、前述のとおり、規模拡大と新規生産者の確保が難しいこと、栽培期間が長いことから需要に対応できていない。

筆者らは前述の課題を解決するために、播種から1年以内に収穫する作型を「超促成栽培」と名付け、その技術開発に取り組んできた。人工気象室内で苗を60日間育成し、9月下旬に定植し、冬期は2重保温をすることで、慣行促成栽培と同等以上の収量を得ることができた(廣林ら, 2010)。次に、温度調節や照明に係る経費の削減と地域資源の活用を目的に廃坑道内のLEDを活用したワサビの育苗技術を検討した(鶴山ら, 2011)。しかしながら、超促成栽培に利用可能な良苗が育成できたものの、これを事業化するに当たり、苗の販売希望価格と生産者の購入希望価格との間にかい離があり、実用化には至らなかった。

そこで、生産者が導入可能な簡易・低コスト型の夏期育苗技術の開発に着手し、その苗を用いて「花茎も収穫できるワサビの超促成栽培技術の開発」に一定の成果が得られたので、ここに報告する。

なお、現地試験を行うに当たり、御協力をいただいた山口県わさび生産者団体連絡協議会および周南市の関係者の皆様に深く感謝の意を表す。

また、本研究は、(国研)科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)、農林水産試験研究費補助金:農林水産業の革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)および農林水産省:農林水産業の革新的技術開発・緊急展開事業(地域戦略プロジェクト)の支援を受けて実施した。

材料および方法

1 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗法

1) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗と超促成栽培への適応

ワサビの低コスト夏期育苗技術の確立を目的に、植物による遮光および透水性育苗トレイの蒸発散による気化熱を活用した昇温抑制技術について、2013年にセンター内(標高31m)で品種「奥多摩」を対象に、処理区ハウスおよび対照区ハウスの2棟を用いて以下の試験を行った。

処理区ハウスは間口3.6m×奥行8mのパイプハウスを用いた。ハウス天井部にPOフィルムを展張し、外部に遮光率70%の遮光網(商品名:ダイオネット、ダイオ化成株式会社)を張り、10.5cmポリポットで育成したツルレイシをハウス外周部に50cm間隔で定植し、その蔓をハウス外部に這わせ「植物による遮光」を行った。さらに、ハウス内の地面が露出しないようにソルゴーを育成し、熱エネルギーを吸収・反射させ、



第2図 ワサビ花茎の発生状況(左)と収穫物(右)

暑熱対策とした（以下「処理区ハウス」という。）。対照区ハウスは間口6 m×奥行22 mのパイプハウスにP0フィルムを展張し、外部に40%遮光資材（商品名：ふあふあシルバー、ダイヤテックス株式会社）を展張した（以下「対照区ハウス」という。）。

水稻用育苗箱の上に給水マット（商品名：ジャームガード4 mm厚、東洋紡株式会社）を敷き、その上に育苗トレイを置き、片側から底面給水させ、反対側にかけて流した（以下「底面給水掛け流し法」という。第3図）。貯水槽に水位センサーを設置し、一定水位を維持するよう井戸水を給水した。

育苗資材として、128穴プラスチックセルトレイ、128穴ペーパーポット、固化培地（商品名：エクセルソイル、みのる産業株式会社）を128穴ペーパーポットに1穴おきに充填したものおよび200穴パルプモールドセルポット（商品名：ナウエルポット、井関農機株式会社）を比較検討した（第4図）。固化培地以外は、ヤンマー社製の育苗培地（N150）を用いた。なお、対照区ハウスではプラスチックセルトレイのみを供試した。

前述の底面給水させた水稻用育苗箱に育苗培地を充填し、8月1日に播種し、双葉展開時（8月14日）に育苗トレイにそれぞれ移植した。1区24株、3反復とした。育苗中の施肥として、底面給水の給水側の貯水槽にエコロング70日タイプを1トレイ当たり10 g施用し、溶け出した肥料成分が給水と同時に施用されるようにした。

10月19日に栽植密度800株/a（畝幅1.5 m、株間25 cm、3条植え）で間口6 m×奥行16 mのパイプハウス内に定植した。試験規模は、1区18株、3反復と

した。11月13日にP0フィルムを展張し、12月16日より2重被覆保温を開始した。基肥として窒素量で1.0 kg/a、追肥0.4 kg/aを施用した。

育苗時の培地温度、ハウス内の気温を測定するとともに8月22日に処理区ハウス及び対照区ハウス内の表面温度をサーモグラフィで撮影した。また、現地慣行栽培で用いられる70%遮光下と処理区ハウス内の光合成有効光量子束密度（PPFD）を測定した。さらに、定植時のワサビの生育および加工原料収量を調査した。

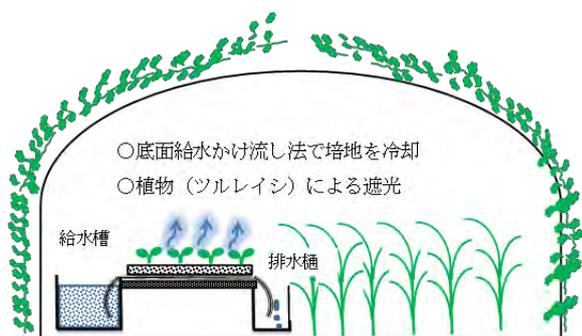
2) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗による花茎も収穫できる超促成栽培

8月播種作型ではワサビの花茎がほとんど発生しないことから、2014年にセンター内で播種時期を前進化させる試験を行った。

3月から7月までの各月の1の日に、培地を充填した水稻育苗箱に品種「奥多摩」を播種し、双葉展開時に128穴セルトレイに移植した。育苗は1-1)に準じて行った。ただし、ハウス内の地面が露出しないようにソルゴーに代わり、ローズグラスを育成した。

間口6 m×奥行25 mのパイプハウスを用い、10月6日に1区18株、3反復で定植し、11月7日にP0フィルムを展張し、12月25日より2重被覆保温を開始した。基肥として窒素量で1.0 kg/a、追肥0.4 kg/aを施用した。

定植時の苗の生育、花茎収量および収穫時の生育と加工原料収量を調査した。



第3図 植物を用いた遮光と底面給水掛け流し法によるワサビの夏期育苗概要図



第4図 使用した育苗資材に培地を充填した様子

2 中山間地におけるワサビ超促成栽培の実証

1) 中山間地における底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗

課題1では、ツルレイシをハウス外部に這わせて遮光する暑熱対策を活用したが、ツルレイシの育成に多大な労力を要すること、台風対策の支障になることから実用性に問題があった。

ワサビ産地は、夏期比較的冷涼な標高の高い地域に展開しているため、平たん地と同程度等の強遮光は不要と考え、現地実証を行うにあたり、ツルレイシでの遮光を高機能遮光資材（太陽光を高率に反射・拡散させる遮光資材；日本ワイドクロス株式会社製、商品名：らくらくスーパーホワイト w65）に代替させた。本資材はイチゴ栽培の暑熱対策として効果が認められている（鶴山，2017）。

山口県岩国市錦町向峠のU氏のハウス（間口6 m×奥行き30 m、標高400 m）に高機能遮光資材を展張し、内部に底面給水かけ流し育苗ベンチを設置した（第5図、第6図）。山水（湧水）を自然落差でプラスチックパイプを通して貯水槽に導き、オーバーフローする水はハウスの外に排水して一定の水位を維持した。2015年6月1日、6月15日、7月1日に培地を充填した水稻育苗箱に品種「賀茂自交」を播種し、双葉展開時に128穴プラスチックセルトレイに移植して、底面給水掛け流し法により育苗した。育苗中の施肥は、1トレイ当たり5gの緩効性肥料（商品名：マイクロロング70日タイプ）を本葉展開時にトレイ上に散布し、育苗後半は液肥を適宜施用した。

6月播種苗は9月14日に、7月播種苗は10月13日に成苗率、草丈を調査した。調査株数はセル1列（8株）の9反復とした。

周南市が運営する周南市鹿野のワサビ苗増殖施設「あぐりハウス」において、鉄骨温室の外部（間口7.2 m×奥行き25 m、標高400 m）に高機能遮光資材を、内部に遮光カーテン（遮光率40%程度）を展張し、温室内に底面給水かけ流し育苗ベンチを設置した（第7図）。貯水槽に水位センサーを設置し、一定の水位を維持するよう水道水を給水した。組織培養で増殖したワサビ苗「k2（周南市鹿野で選抜された優良株）」を2015年5月から6月にかけて128穴セルトレイに移植し、順化した苗を底面給水かけ流し育苗ベンチに移動させ、苗を養成した。同一の温室の中に、128穴セルトレイをベンチに並べ、頭上灌水する無処理区を設けた。育苗中の施肥は、現地の慣行法により液肥を適宜

施用した。

セル1列（8株）の16反復を対象に、9月18日に成苗率を調査した。

2) 中山間地における花茎も収穫できる超促成栽培の実証

平坦地での試験では、6月上中旬播種で128穴セルトレイを用いて夏期育苗を行い、10月上旬に定植することで、2月から3月にかけてワサビの花茎が収穫でき、加工原料収量も現地慣行栽培と同水準の収量が得られた。そこで、現地（標高400 m程度）でこの成果が適用できるかを実証した。



第5図 高機能遮光資材を展張したU農園ハウス

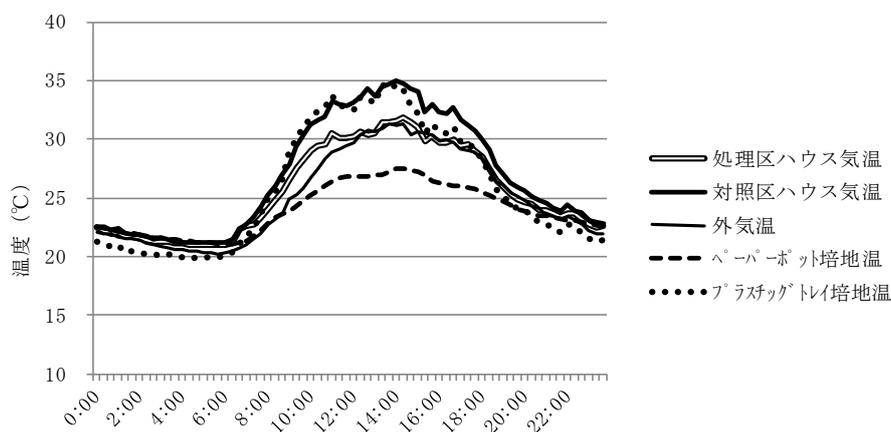


第6図 U農園に設置した底面給水掛け流しベンチ



第7図 あぐりハウスに設置した底面給水掛け流しベンチ

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発



第8図 ワサビ夏期育苗時の気温および培地温の推移
(2013年8月26日～28日の平均)

2016年5月6日、6月1日、6月15日、7月1日、8月1日に培地を充填した水稻育苗箱に播種し、それぞれの苗を双葉展開時に128穴セルトレイおよび72穴セルトレイに移植した。ただし、5月6日播種区は苗立ち数が少なかったため、128穴セルトレイのみとし、7月1日播種72穴区は、立枯病が多発したため試験区より除外した。移植後、U農園の底面給水掛け流しベンチにセルトレイを置き、苗を養成した。育苗中の施肥は、1トレイ当たり5gの緩効性肥料(商品名:マイクロロング70日タイプ)を本葉展開時にトレイ上に散布し、育苗後半は液肥を適宜施用した。

5月および6月播種苗は9月28日に、7月播種苗は10月26日に、8月播種苗は11月6日に苗の生育を調査した。

U農園のハウス(間口7.2m×奥行30m)において6月1日および15日播種苗は10月11日に、7月播種苗は10月26日に、8月播種苗は11月4日に定植した。栽植密度は880株/a(畝幅1.8m、株間25cm、4条植え)とし、施肥は現地慣行法とした。

1区24株、3反復とし、花茎収量は全株を、生育および加工原料収量は12株を調査対象とした

山口市阿東生雲のN農園(標高370m)のハウス(間口6m×奥行20m)において、U農園で育成した5月播種苗、6月1日および15日播種苗を9月28日に、7月播種苗を10月26日に定植した。栽植密度は、800株/a(畝幅1.5m、株間25cm、3条植え)とし、施肥は現地慣行法とした。1区18株、3反復とし、花茎収量は全株を、生育および加工原料収量は12株を調査対象とした。

いずれのハウスも12月中旬から保温を開始し、厳寒期は2重被覆保温を行った。

結果

1 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗法

1) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗と超促成栽培への適応

日中の対照区ハウスでは外気温より2~3°C高く推移したのに対し、処理区ハウスの気温は、外気温とほぼ同等に推移した(第8図)。プラスチックトレイの培地温に対し、ペーパーポット、固化培地、ハルプモウルトの培地温は最大で7°C低く推移し、外気温が30°Cを超えても、培地温は27°C程度にとどまった(第8図)。この時の貯水槽の水温は26°C前後であった。

サーモグラフィ画像によると、晴天時の処理区ハウスの育苗トレイおよび周辺部は30°C程度であったのに対し、対照ハウスの育苗トレイの周辺部は38°Cを超える高温環境であった(データ省略)。

また、晴天日のPPFDは、現地慣行の遮光率70%の遮光資材のみの場合は $394 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、であるのに対し、処理区ハウスでは $101 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、約1/4に下がっていた(第1表)。

第1表 光合成有効光量子束密度の比較 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

処理区ハウス ^z	遮光のみハウス ^y	露天
101	394	1594

^z 70%遮光資材を展張し、その上にツルレイシを這わせた

^y 70%遮光資材のみを展張

注) 2013年8月28日14時(晴天)に10カ所測定

第2表 異なる育苗方法がワサビ苗および定植初期の生育に及ぼす影響 (センター内、2013年)

処 理 方 法		定植時の苗の生育 ^z				定植1か月後の生育 ^y		
		成苗率	葉齡	草丈	葉長	生葉数 ^x	草丈	葉長
遮光方法	育苗資材	(%)	(葉)	(cm)	(cm)	(枚)	(cm)	(cm)
	プラスチックセルトレイ	90.3 ab	3.1	8.4	3.1 ab	4.6 a	21.3	9.5
ツルレイシ+70% 遮光資材 (処理区ハウス)	ペーパーポット	88.7 ab	3.1	8.0	3.1 ab	4.2 ab	19.7	9.3
	固化培地	95.8 a	3.0	8.1	3.1 ab	4.3 ab	20.2	9.6
	パルプモールドセルポット	84.3 ab	2.8	6.8	2.5 b	3.1 b	16.7	7.6
40%遮光資材 (対照区ハウス)	プラスチックセルトレイ	63.3 b	3.5	9.4	3.8 a	4.1 ab	19.0	9.0
分散分析		*	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	n. s.

z 2013年10月13日調査、24株×3反復

y 2013年11月20日調査、12株×3反復

x 直径5 cm以上の葉をカウントした

成苗率は角変換後統計処理した

*: 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

処理区ハウスにおける各区の苗の成苗率は、いずれの育苗資材も80%以上であった(第2表)。供試した育苗資材で培地温が最も高かったプラスチックセルトレイにおいても高い成苗率で生育も良好であった(第9図)。定植1か月後の生育は、パルプモールドポットがやや劣った(第2表)。

処理区ハウス苗のいずれの区も収穫時の株重は1 kgを超え、収量も多かったが、対照区ハウス苗はそれらよりやや劣った(第3表)。現地慣行の促成栽培が生育期間20か月で目標収量350 kg/aであるのに対し、処理区ハウス苗では播種から8か月で600~700 kg/aと短期間で高い収量が得られた。なお、この作型では花茎の発生はほとんど見られなかった。

以上のことから、植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いることでワサビの夏期育苗が可能であること、その際には広く普及しているプラスチックセルトレイが利用できること、育成した苗により超促成栽培が可能となることが明らかとなった。

2) 平坦地における植物による遮光および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗による花茎も収穫できる超促成栽培

定植時の苗の大きさは、5月播種区が最も大きく、次いで3月と4月播種区であったが、3月と4月播種区は古い葉の落葉が認められ、生葉数はやや少なかった



第9図 定植時の苗の姿

左からペーパーポット、プラスチックセルトレイ、固化培地、パルプモールドセルポット

た(第4表)。6月と7月播種区は相似た生育を示したが、7月播種区は欠株が多く、そのため、残存株は生育が進んでいた(第4表)。いずれの播種期も2月初旬より花茎の収穫が始まり、3月末で終了した(第10図)。7月播種区の花茎収量は、他区に比べ、著しく少なかった。3月~6月播種区の中では、5月播種区が多い傾向にあったが、有意な差ではなかった。収穫時の生育は、いずれの区も有意な差は認められなかった(第4表)。調製重もいずれの区も有意な差は認められず、換算収量は、320~400 kg/aと現地慣行栽培と同程度であった。

以上のことから、平坦地において6月以前に播種することで、花茎も採れる超促成作型が成立することが明らかになった。

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

第3表 異なる育苗方法がワサビの生育および収量に及ぼす影響 (センター内、2013年)

処 理 方 法		株重	草丈	葉柄数 ^z	調製重	換算収量 ^y
遮光方法	育苗資材	(kg)	(cm)	(cm)	(g)	(kg/a)
	プラスチックセルトレイ	1.12 ab	80.2	38.6	844 ab	675
ツルレイシ+ 70%遮光資材 (試験ハウス)	ペーパーポット	1.18 ab	81.0	37.9	840 ab	672
	固化培地	1.23 a	80.5	40.5	891 a	713
	パルプモールドセルトレイ	1.06 ab	77.1	37.4	740 ab	592
40%遮光資材 (対照ハウス)	プラスチックセルトレイ	0.84 b	75.7	28.9	575 b	460
分散分析		*	n. s.	n. s.	*	-

2014年4月22日調査、1区12株×3反復

z 葉身の直径が5 cm以上の葉柄をカウントした

y 800株/aで換算

* : 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

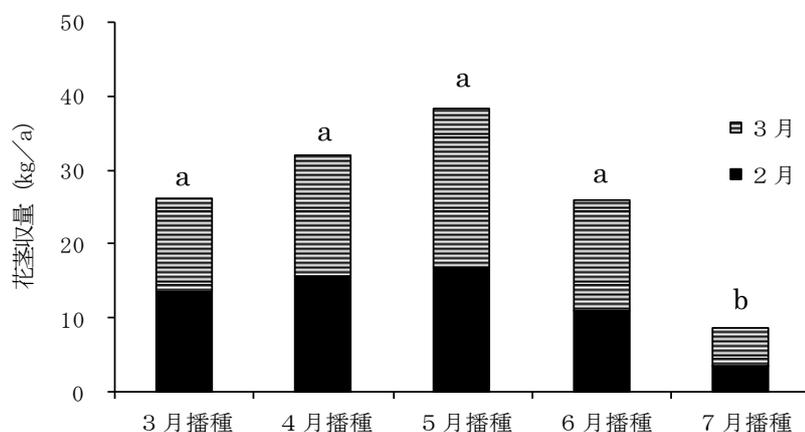
第4表 播種期の違いがワサビ苗の生育および加工原料収量に及ぼす影響 (センター内、2014年)

播種期	定植時の生育 ^z		収穫時の生育・収量 ^y				換算収量 ^x
	生葉数 (葉)	草丈 (cm)	株重 (g)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	調製重 (g)	
3月	3.0 bc	13.3 b	685	57.0	31.2	410	328
4月	2.7 c	13.6 b	814	63.5	38.2	504	403
5月	3.6 ab	16.4 a	710	59.8	33.2	404	323
6月	3.8 a	9.7 c	687	61.3	35.2	419	335
7月	3.6 ab	9.0 c	786	61.3	39.1	494	395
分散分析	**	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-

z n=36、2014年10月6日定植 y 2015年4月30日収穫、12株×3反復 x 800株/a

** : 1%水準で有意差あり n. s. : 有意差なし

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には1%水準で有意差あり



第10図 異なる播種期がワサビ花茎収量に及ぼす影響 (センター内、2014年)

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

2 中山間地におけるワサビ超促成栽培の実証

1) 中山間地における底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗

U農園では6月1日および6月15日播種はいずれも高い成苗率であった(第5表)。7月1日播種の成苗率はこれらより有意に低かった。播種が遅いほど定植時の生育が優れる傾向にあった。

また、あぐりハウスでは、底面給水掛け流し育苗(処理区)により、ほぼ90%の成苗率であったのに対し、慣行法(無処理区)では約3/4が枯死した(第6表)。

以上により中山間地において、高機能遮光資材および底面給水掛け流し法を用いた夏期育苗の実用性が実証された。

2) 中山間地における花茎も収穫できる超促成栽培の実証

U農園における5月6日播種から7月1日播種区の定植時の苗の生育はいずれも良好で区による差はなかったが、育苗日数の短い8月1日播種区はやや劣り、特に最大葉長が短かった(第7表)。また、セルポットの大きさによる苗の生育に差は認められなかった。

U農園の花茎収量は、セルポットの大きさを問わず、6月1日播種、6月15日播種区とも同等であった(第11図)。7月1日播種、8月1日播種区は、これらより著しく少なかった。

第5表 U農園における夏期育苗の成苗率(2015年)

試験区	成苗率 (%)	草丈 (cm)
6月1日播種	88.9 a	9.1 c
6月15日播種	97.2 a	11.5 b
7月1日播種	76.4 b	15.4 a
分散分析	**	**

6月播種は9月14日、7月播種は10月13日調査

セル1列(8株)×9反復調査

成苗率は角変換後に統計処理を行った

** : 1%水準で有意差あり

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第6表 あぐりハウスにおける夏期育苗の成苗率(2015年)

試験区	成苗率 (%)
処理	89.6
無処理	26.4
分散分析	**

セル1列(8株)×16反復

9月18日調査

成苗率は角変換後に統計処理を行った

** : 1%水準で有意差あり

第7表 播種期とセルポットの大きさが定植時の苗の生育に及ぼす影響(U農園、2016年)

試験区		生葉数	最大葉長	育苗日数
播種期	セル数	(枚)	(cm)	(日)
5月6日	128	3.3 b	11.7 a	145
	72	3.7 ab	13.3 a	
6月1日	128	3.8 ab	13.2 a	120
	72	3.4 b	12.3 a	
6月15日	128	3.8 ab	13.6 a	105
	72	4.2 a	11.0 a	
7月1日	128	3.3 b	4.7 b	96
	72	3.3 b	6.3 b	
分散分析		*	**	

5、6月播種は9月28日、7月播種は10月26日、8月播種は11月6日に中庸な16株を調査

** : 1%水準で有意差あり * : 5%水準で有意差あり

Tukeyの多重比較により、異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発

N農園の花茎収量は、5月6日播種、6月1日播種および6月15日播種区とも同等の収量であった（第12図）。7月1日播種区は、これらより少ない傾向にあった。

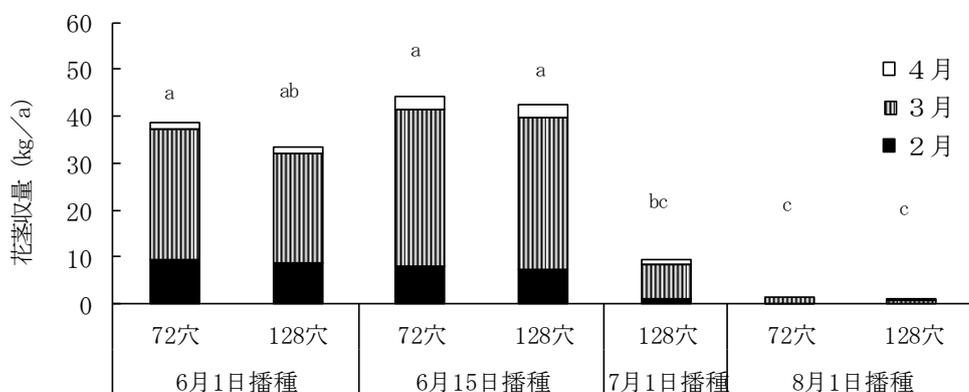
定植後の生育の推移は、両農園とも2月までは5月～6月播種区が7月～8月播種区より優れたが（データ省略）、いずれも2月以降に生育旺盛に転じ、収穫時にはほぼ同等になった（第8表、第9表）。

U農園、N農園ともに加工原料収量は、いずれの播種期もほぼ同等であった（第8表、第9表）。

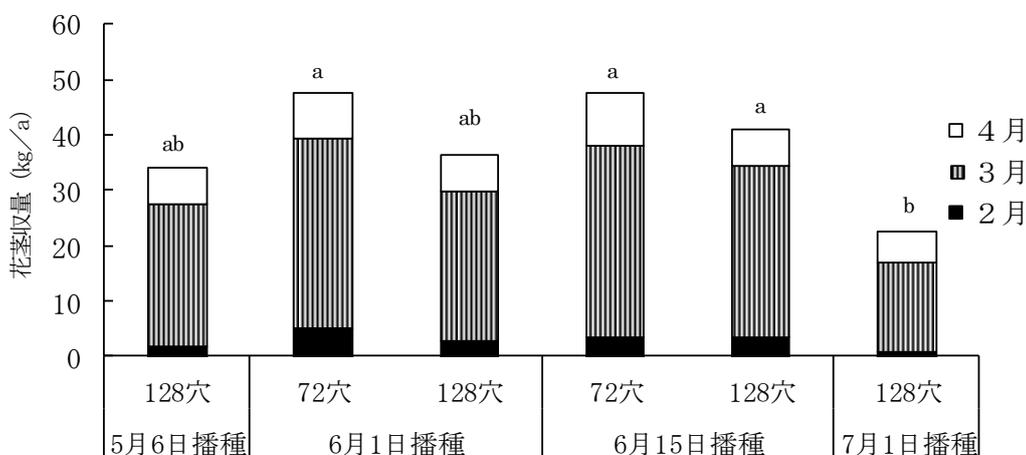
換算収量は、N農園で515～651 kg/aと多収性を示したが、U農園では、根こぶ病が発生したためN農園の半量程度となった。

次に、播種期とセル数の対応のある区を抽出して、播種期とセル数の各要因の効果を検討すると、N農園の花茎収量ではセル数に有意差が認められたが、それ以外の苗の生育、U農園の花茎収量、U農園およびN農園の収穫時の生育・収量に有意な差がなく、交互作用も認められなかった（第10、11、12、13、14表）。

以上のことから、中山間地において6月15日以前に播種することで花茎も収穫できる超促成作型が成立し、その際には育苗効率の点から128穴セルトレイの使用が有効であることが明らかになった。



第11図 播種日とセルポットの大きさがワサビ花茎収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)
注 Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり



第12図 播種期とセルポットの大きさがワサビ花茎収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)
注 Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第8表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		株重 (g/株)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	換算収量 ^z (kg/a)
播種期	セル数				
6月1日	72	505.5	52.2	28.3 ab	313
	128	515.5	53.1	23.9 ab	303
6月15日	72	512.0	54.3	24.8 ab	289
	128	538.6	53.0	36.2 a	325
7月1日	128	374.5	51.6	23.0 b	222
8月1日	72	406.6	56.7	27.3 ab	242
	128	325.0	50.0	23.1 ab	190
分散分析		n. s.	n. s.	*	n. s.

^z 練りわさび原料収量として、面積換算 (880株/a)

* : 5%水準で有意差あり、n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第9表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試験区		株重 (g/株)	草丈 (cm)	葉柄数 (本)	換算収量 ^z (kg/a)
播種期	セル数				
5月6日	128	1002.4	65.5	40.8	624
6月1日	72	932.1	67.1	33.3	577
	128	961.1	66.0	35.2	606
6月15日	72	831.4	67.1	32.1	515
	128	899.8	63.9	32.1	519
7月1日	128	1082.7	67.9	39.6	651
分散分析		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z 練りわさび原料収量として、面積換算 (800株/a)

n. s. : 有意差無し

第10表 播種期とセルの大きさが苗の生育に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		生葉数 (枚)	最大葉長 (cm)
播種期	セル数		
6月1日	128	3.7 a	13.3 a
	72	3.8 a	13.2 a
6月15日	128	3.4 a	12.3 a
	72	3.8 a	13.6 a
8月1日	128	3.3 b	4.7 b
	72	3.3 b	6.3 b
播種期		*	**
分散分析	セル数	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.

*は5%水準、**は1%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

第11表 播種期とセルの大きさが花茎収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		収量 (kg/a)
播種期	セル数	
6月1日	128	34.3 a
	72	38.5 a
6月15日	128	42.3 a
	72	44.0 a
8月1日	128	0.9 b
	72	1.3 b
播種期		**
分散分析	セル数	n. s.
交互作用		n. s.

** : 1%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

Tukeyの多重比較により異なるアルファベット間には1%水準で有意差あり

考察

第12表 播種期とセルの大きさが花茎収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試験区		収量
播種期	セル数	(kg/a)
6月1日	128	36.5
	72	47.8
6月15日	128	41.2
	72	47.6
播種期		n. s.
分散分析	セル数	*
交互作用		n. s.

* : 5%水準で有意差あり n. s. : 有意差無し

第13表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (U農園、2016年)

試験区		株重	草丈	葉柄数	換算収量 ^z
播種期	セル数	(g/株)	(cm)	(本)	(kg/a)
6月1日	72	505.5	52.2	28.3	313
	128	515.5	53.1	23.9	303
6月15日	72	512.0	54.3	24.8	289
	128	538.6	53.0	36.2	325
8月1日	72	406.6	56.7	27.3	242
	128	325.0	50.0	23.1	190
播種期		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
分散分析	セル数	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

z 練りわさび原料収量として、面積換算 (880株/a)

n. s. : 有意差無し

第14表 播種時期とセルの大きさが生育・収量に及ぼす影響 (N農園、2016年)

試験区		株重	草丈	葉柄数	換算収量 ^z
播種期	セル数	(g/株)	(cm)	(本)	(kg/a)
6月1日	72	932.1	67.1	33.3	577
	128	961.1	66.0	35.2	606
6月15日	72	831.4	67.1	32.1	515
	128	899.8	63.9	32.1	519
播種期		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
分散分析	セル数	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

練りわさび原料収量として、面積換算 (800株/a)

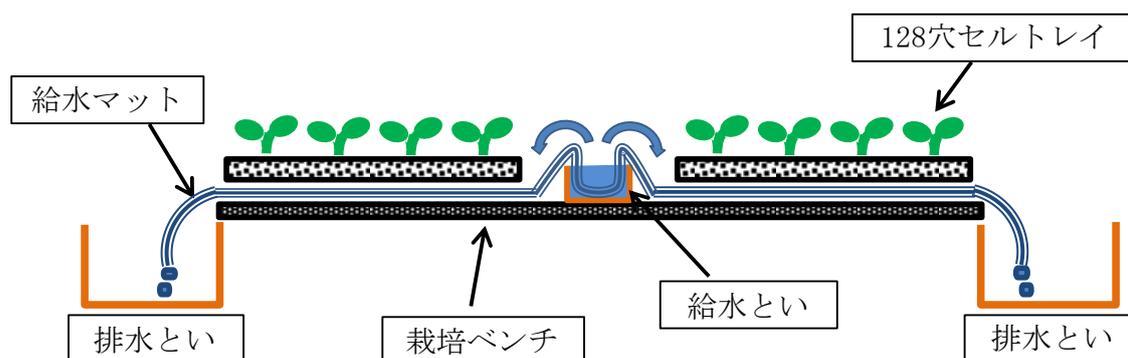
n. s. : 有意差無し

1 底面給水掛け流し法によるワサビ夏期育苗

6月11日から8月30日にかけて7回播種し、雨よけハウスの遮光条件下(山口市阿東徳佐、旧山口県農業試験場徳佐寒冷地分場、標高312m)で育苗した場合、成苗率は0~8.6%と著しく低く、実用性を認めなかった(廣林ら、2010)。

次に、人工気象室や廃坑道を利用することにより良苗の育成に成功したが、苗の生産コストの低減が実用化への課題となった(廣林ら、2010、鶴山ら、2012)。

そこで、ツルレイシによりハウスを遮光し、その中で底面給水掛け流し法により苗を養成したところ、平坦地においても実用に耐えうる苗を育成できた。この時のPPFDは、 $101 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で、人工光栽培(田中ら、2008)での設定値に近い値であり、ワサビにとって好ましい光環境であったと言える。次に、透水性のあるセルポットでは気化熱により培地温が下がっていたが、透水性のないプラスチックセルトレイはこれらより最高で7°Cも高かった。しかし、成苗率、生育とも透水性のセルポットと同等であり、かつ、広く普及している資材であることから、以後はプラスチックセルトレイを使用することにした。プラスチックセルトレイが良好な生育を示すのには、底面給水掛け流しで培地温を下げる効果に加え、ワサビの辛みの主成分であるアリルイソチアネートの他感作用が関与しているのではないかと考える。藤井(2004)はアブラナ科作物のカラシナの他感作用候補物質としてアリルイソチアネートを同定し、草川ら(2000)はカラシナのアリルイソチアネートがレタスとアオビユの発芽を抑制することを明らかにしており、アリルイソチアネートは生育を抑制する作用があると考えられる。ワサビの夏期の慣行育苗ではほとんどが枯死してしまうこと(廣林ら、2010)や連作障害が認められることは、ワサビ自らが生成したアリルイソチアネートによる他感作用が関与し、生育が抑制されるのではないかと推察される。ところが、底面給水掛け流し法では、セルの底穴から給水マット内に根が伸長すると生育が良好になる現象が認められる。底面給水掛け流しにより培地内のアリルイソチアネートをはじめとする他感物質が洗い流され一定濃度以上にならないことに加え、アリルイソチアネート等の濃度がきわめて低い給水マット内に根が伸長していることにより生育不良を免れているのではないかと考えられる。この機作の解明や他感



第13図 底面給水掛け流し法改良型

作用による連作障害との関係については、今後の研究の展開を期待したい。

2016年度にセル数(72穴と128穴)と播種期を組み合わせた実証試験を行った。このうち、播種期とセル数の対応のある区を抽出して各要因の効果を検討したところ、一部を除き培地容量の大きい72穴セルの優位性は認められなかった。夏期は緩やかな生育を示すので、培地容量の小さい128穴セルトレイでも育苗期の生育抑制が生じなかったと考える。したがって、育苗効率の良い128穴セルトレイを選択することが適切と判断した。

初期の底面給水かけ流しでは、給水槽から給水マットで吸い上げて、反対側に掛け流す方法をとっていたが、極暑日には、吸い上げる部分が乾燥して、水の流れが途絶えることがたびたびあった。そこで、給水槽から吸い上げる方式から吸い下げる方式に変えることで、安定した水の流れを維持することが可能になった(第13図)。

平坦地では、ツルレイシをハウスの外部に這わせることによりハウスの遮光を行ったが、ツルレイシの育成に労力を要することや台風対策の障害になることから、実用面で問題があった。そこで太陽光を高率に反射・拡散させる遮光資材「高機能遮光資材」に代替させたところ、実用性を認めた。また、あぐりハウスでは、外部に高機能遮光資材、内部に40%程度の遮光資材を展張したところ、苗の成苗率が高い水準で安定し、良苗の安定生産ができるようになった。中山間地では、ハウス外部に高機能遮光資材とハウス内部に40%程度の遮光資材の併用を推奨したい。

現在、周南市がこのワサビ超促成栽培と夏秋トマトの輪作経営で新規就農を促進・支援する「就農支援パッケージ事業」を実施している。この事業の中でハウスを導入し、トマトとワサビの育苗施設として利用し、

第15表 ワサビの底面給水掛け流し育苗に係る経費

項目	金額(円)	前提条件など
育苗ハウス ^z	35,400	180 m ² 、リース、トマトと共用
育苗施設	24,400	8年償却
育苗資材	72,400	種子 ^y 、給水マットなど
合計	132,200	
1トレイ当たり	1,650	80トレイ(1万株)育苗
1株当たり	17	成苗率80%

注) 10a分を自家育苗、労賃は含まない

z 関係機関資料抜粋

y 種子購入

自家育苗する場合には、1株当たりの苗代が17円(労賃含まず)と試算される(第15表)。高冷地で育成された培養苗が150~185円/株で流通している実態を踏まえれば、コスト面においても十分生産者が導入できる技術と考える。さらに、育苗に標高の高い林間畑を使用しないので、林間畑を所有しない者でもワサビ栽培に新規参入できる。

2 花茎も収穫できるワサビ超促成栽培

センター内で2013年8月1日に播種した作型では、花茎はほとんど発生しなかった。ワサビの花芽分化は緑色植物感応型であり、播種1年後の株で茎径が10~15mm以上に肥大した後に15℃程度の低温に感応し、10月15~20日頃(標高312m地点)花芽分化するという報告がある(坂井ら, 2002)。そこで、秋期の生育量の確保のため、9月下旬から10月上旬を定植期とし、播種時期を前進化させて6月15日以前に播種すると、40kg/a程度の花茎を収穫することができた。しかし、わずか15日後の7月1日の播種では花茎はほとんど収穫できなかった。本作型では、現地慣行法に倣って、育苗箱に筋播種し、本葉展開時に育苗トレイに移植している。6月15日播種が9月下旬~10月

上旬に定植可能な苗になるのに対し、7月1日播種の場合、移植直後に梅雨が明けて、高温により活着および根鉢の形成が遅れるため、定植が10月下旬まで遅れてしまう。従って、十分な花芽分化の期間が得られないまま本格的な冬を迎え、生殖成長期から栄養成長期へ転換してしまうものと考えられる。本試験では6月15日以前に播種すれば花茎が収穫できる結果であったが、梅雨明けが早い年や空梅雨のリスクを想定して、実際の営農の場面では5月下旬から6月初旬播種が良いと考える。

一方、加工原料収量のみに着目するならば、3月から8月播種の範囲内では、いずれの播種期でも同等の収量が得られた。これは、遅い播種期でも2月以降、旺盛な生育に転じるためである。一般的に越年生植物は冬期の環境に対する自衛手段として、矮化し休眠する現象が見られる。ワサビも同様に一旦、自発的休眠に入った後に低温遭遇により休眠打破され、その後の保温により他発的休眠から覚醒し、生育が旺盛に転じるものと考えられる。実際、ワグナルポットに移植したワサビを11月中旬より順次ハウス内に移し、保温を開始すると、12月中旬以降に保温開始した区は11月中旬から保温開始した区より生育が著しく旺盛になる現象が認められている(日高・重藤, 2018)。保温開始時期の決定は、本作型のポイントとなることから次稿で検討を深めたい。

葉ワサビが対象であるが、10月上旬に地床に直播するハウス促成栽培の作型が検討されている(春木ら, 1987)。加工原料生産に特化した超促成栽培においても9~10月播種作型が確立できれば、ホウレンソウ等の夏秋野菜と加工原料用ワサビの超促成栽培との輪作組み合わせの自由度が高まり、多彩な輪作体系を提案することができる。

超促成栽培では短期間で成長するため、加工原料としての辛み成分が不足するのではないかと指摘を受けられることがある。共同研究機関において、成分分析や官能試験を行ったところ、加工原料としては従来のものと遜色ないと回答を得ている。

超促成栽培では5~6月に播種を行うため、当年採種の種子は十分な登熟期間を確保できないことと休眠の問題で使用することができない(中野ら, 1990)。そのため、前年に採種し貯蔵した種子を使用する必要がある。現地慣行法では、6月に採種し、湿った砂と一緒に袋に詰め、山中に埋設し、秋期に掘り出して、播種を行っている。これをそのまま山中においた場合、

3月中下旬に袋の中で発芽が始まってしまい、6月まで貯蔵することができない。現地試験を行ったU農園では、3月初旬に袋を掘り出し、自然条件下で種子の中央部が凹むほど乾燥させた後、氷温で貯蔵することで1年以上の種子の貯蔵を可能としており、この貯蔵法は中野らの報告(1990)とよく似ている。また、本研究の共同研究機関である静岡県農林技術研究所では、シリカゲルやリン酸溶液を用いて乾燥処理を施した種子を冷凍することで複数年の種子保存に成功している(本間ら, 2015、馬場, 2019)。本技術を使えば、2~3年の種子貯蔵が可能となり、天候不順等により採種量が少ない年であっても、種子の確保ができる。

3 花茎も収穫できるワサビ超促成栽培の導入のメリット

ワサビの花茎は「花わさび」として関西市場では人気を博し、京都市場においては静岡県に次ぐ主産地となっている。しかし、生産者の高齢化や育苗に1年かかり多労を要することから生産量は減少している。超促成栽培は育苗期間を4か月に短縮し、1年1作であることから「花わさび」の増産に活用できる作型である。さらに、加工原料としても1年1作であるので、実需者との契約栽培が行いやすく、実需者においては原料の計画的確保、生産者にとっては安定価格が保証され、互いにウィンウィンの関係が構築できる。加えて、育苗と本播栽培ともに林間畑を使わないので、林間畑を保有しない人がワサビ栽培に参入でき、新規栽培者の確保に貢献できる。

慣行作型では、地球温暖化の進展によって、酷暑年には「夏枯れ」が発生し、生産を不安定にしているが、本作型では初夏までに収穫するので、地球温暖化対応策にもなる。

中山間地の施設栽培では、夏秋野菜が中心で、秋冬作は収益性の高い品目が見当たらず、さらに雪害の怖れから作付しない場合が多い。和食ブームの追い風もあって、「花わさび」の価格は安定しており、400 kg/10a収穫できれば約70万円の粗収益が見込まれる。さらに、加工原料が5 t/10a収穫できれば約170万円の粗収益が得られ、合計で240万円程度の粗収益が見込まれる。収穫・調製作業に多労を要する問題点もあるが、中山間地の秋冬期の作物としては収益性が高いと考える。

亀田ら(2006)は耐雪型ハウスを用いて、夏秋トマトと葉ワサビの輪作栽培体系について検討している

が、ワサビの苗の確保とコストが実用化する上での課題であるとしている。超促成栽培技術はこの課題を克服し、夏秋トマトとワサビの輪作体系、あるいは複合経営体系の社会実装を可能にするものと考え。今後、ワサビ超促成栽培を核とした産地振興と新たな担い手の確保に向けて、夏秋期の作物との複合経営、あるいは輪作での高収益モデルの構築と現地への提案を行いたい。

摘 要

ワサビ産地の維持・拡大と新規参入者の確保および国産加工原料の需要の高まりに応えるために、播種から1年以内に収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術を開発した。本栽培法では、5月下旬から6月初旬に播種し、高機能遮光資材による暑熱対策を施したハウスの中で底面給水かけ流し法によりセル成形苗(128穴)を育成し、10月上中旬に定植する。12月中下旬から保温を開始すると2月より花茎が収穫でき、5月には加工原料として葉柄と根茎が収穫できる。花茎400 kg/10a程度、加工原料が5 t/10a程度の収量が得られるので、花茎で約70万円、加工原料で約170万円、合計で240万円程度の粗収益が見込まれ、中山間地の秋冬期の作物としては収益性が高いと考える。この栽培法では標高の高い林間畑を使わないので、林間畑を所有しない者でもワサビ栽培に新規参入が可能である。

引用文献

- 馬場富士夫. 2019. 地域の農林水産業の競争力強化を支える革新技術. In press. (国研) 農研機構生物系特定産業技術研究支援センター. 神奈川.
http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/chiiki/yasai_kaki/result-3-07.html
- 藤井義晴. 2004. 他感作用の検定法の開発と他感作用候補物質の同定. 日本土壌肥科学雑誌. 75(5). 557-560.
- 春木和久・中川善紀・上野良一. 1987. ビニルハウス利用によるワサビ栽培. 島根農試研報. 22. 37-47.
- 日高輝雄・重藤祐司. 2018. ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育及び収量に及ぼす影響(第

- 3報). 園芸学研究. 17(別2). 490.
- 廣林祐一・古江寿和・杉山久枝・日高輝雄. 2010. ハウスワサビの夏播き作型の開発. 山口農林技セ研報. 1. 31-36.
- 本間義之・馬場富士夫・中野隆之・石川雅也. 2015. 26年間超低温保存したワサビ種子の発芽. 園芸学研究. 14(別2). 209.
- 亀田修二・木村順二・清水達夫. 2006. 耐雪型パイプハウスを利用した野菜・花きの周年輪作体系の確立. 鳥取園試報. 7. 9-18.
- 草川知行・平舘俊太郎・藤井義晴・高崎強. 2000. カラシナ(*Brassica juncea* Cross.)由来の揮発性物質による雑草の発芽抑制. 千葉農試研報. 41. 29-34.
- 中野敬之・太田光輝・本間義之. 1990. ワサビ種子の登熟特性と乾燥種子の保存. 静岡農試研報. 35. 1-8.
- 坂井崇人・刀祢茂弘・河村和成・陶山紀江. 2002. 畑栽培におけるワサビの花芽発育過程と花芽分化に影響を及ぼす要因. 山口農試研報. 53. 41-49.
- 田中逸夫・船橋芳仁・嶋津光鑑. 2008. ワサビの人工光栽培に関する研究. *Eco-Engineering*. 20(3). 119-124.
- 鶴山浄真. 2017. イチゴ品種「かおり野」花芽未分化苗の本ほ直接定植技術. 山口農林総技セ研報. 8. 33-39.
- 鶴山浄真・廣林祐一・日高輝雄. 2011. 加工わさびの超促成栽培技術の確立 第2報 苗齢の違いがワサビの生育・収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 10(別2). 610.

中晩生カンキツ「せとみ」における緑かび病と青かび病の防除対策

村本 和之・世良 友香・兼常 康彦*

Control Measures for Green and Blue Molds in the Citrus Cultivar ‘Setomi’

MURAMOTO Kazuyuki, SERA Tomoka and KANETSUNE Yasuhiko

Abstract: The citrus cultivar ‘Setomi’ has to be stored for a longer period than *Citrus unshui*; hence, the measures to prevent fruit rot are important. Fruit rot in ‘Setomi’ increases after late April, and many fruits are affected by *Penicillium digitatum* and *P. italicum* in the early phases of storage in some storage houses. The conidia of green and blue molds are released in the field in the mid September, and the release peaks during the mid and late October. It is important to clear thinning fruits left on the field to decrease the density of conidia. A high correlation was observed between the density of conidia in the storage container and fruit rot during storage. The best way to sterilize containers is to soak them in calcium hypochlorite solution for a brief period and subsequently rinse with water. The rot caused by *P. digitatum* and *P. italicum* occurred on fruits that were surface sterilized, and both fungi were detected from the skin of surface-sterilized fruits. These results indicated that fruit rot was associated with the presence of conidia, which exist in small scars or hollows on citrus skin surfaces. Furthermore, we observed that the application of fruit wax had an effect on suppressing fruit rot induced by scars during shipping.

Key Words: thinning fruit, spore release, sterilizing material

キーワード: 摘果果実、孢子飛散、資材消毒

緒言

山口県では、県オリジナルカンキツ「せとみ」や「南津海シードレス」など、需要の拡大が見込まれる優良品種への改植等を積極的に推進している。

「せとみ」の収穫適期は2月上旬であるが、寒波の襲来により早期に収穫される年があり、通常よりも貯蔵期間が長くなる。また、「せとみ」の主な出荷時期は3月から4月であり、この時期は「不知火」、「清見」、「せとか」など競合する国産カンキツが多い。そのため、主産地の周防大島町では、他のカンキツ類の出荷量が減少し、単価の上昇する5月以降まで出荷期間を拡大する試みが始まった。

しかしながら、貯蔵期間が長期化すると腐敗果が多発することから、その対策が重要となる。カンキツ果実の貯蔵中に腐敗の発生する原因となる病害には、*Penicillium digitatum*による緑かび病、*P. italicum*

による青かび病、*Diaporthe citri*による軸腐病など多くの種類があり、特に前二者の被害が大きい(北島, 1989; Holmes・Eckert, 1995)。これらの病害は出荷後の果実においても発生し、流通中の容器内に腐敗果が1個でも混入すると、産地イメージを低下させる大きな原因となる(田代, 2005; 山田ら, 2007; 篠崎, 2016)ため、いずれの産地もその対策に力を注いでいる。

緑かび病等の防除対策としては、園地における伝染源の除去や果実の付傷防止、収穫前の殺菌剤の散布、貯蔵前の予措、貯蔵庫内の適切な温湿度管理などが有効である(辻・三好, 2001; 田代, 2005; 山田ら, 2007; 田代, 2016)。これらの研究の大半は、ウンシユウミカンを用いて実施されており、「せとみ」など1月以降に収穫して長期間貯蔵した後に出荷する中晩生カンキツでの研究は少ない。

著者らは、緑かび病菌や青かび病菌の動向を把握す

*現在: 柳井農林水産事務所

る目的で、ペニシリウム培地Sおよびその組成のひとつであるソルボースを入手が容易なグルコースに変更したペニシリウム培地Gを開発し、これらが園地内の菌の飛散数や貯蔵資材における付着菌数の把握に利用できることを確認した(村本・兼常, 2015; 村本ら, 2016)。そこで、これらの培地を用いて「せとみ」園地における菌の飛散量の推移や貯蔵に使用する資材の消毒法について検討した。また、薬剤の散布時期や鮮度保存被膜剤処理の効果等についても検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

なお、本研究の一部は、農林水産試験研究費補助金：攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)および農林水産試験研究費補助金：革新的技術開発・緊急展開事業(地域戦略プロジェクト)革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)実証研究型の支援を受けて実施した。

材料および方法

1 「せとみ」における貯蔵病害の発生状況

山口県農林総合技術センター柑きつ振興センター(以下「センター」という。)内の「せとみ」園に慣行防除区と無防除区を設置し、2013年11月13日に慣行防除区のみにはチオファネートメチル水和剤2,000倍液を散布した。翌日、両区の果実に果実袋を被覆し、2014年2月1日に収穫後予措を行った。2月12日に各区の果実をコンテナに詰め、常温貯蔵庫内に積み上げて高密度ポリエチレン製不織布の貯蔵シートで被覆した。3月11日から4月30日まで発病果数と種類を継続調査し、発病果率を求めた。試験規模は1区40果6反復とした。

また、貯蔵病害の多発している周防大島町内の「せとみ」生産者の貯蔵庫において、その発生状況を調査した。栽培園では、2015年10月1日にイミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル水和剤1,500倍液が散布され、10月5日から15日にかけて袋掛け、2016年1月15日に収穫が行われた。その後、1月25日まで貯蔵庫内で予措が行われ、コンテナを貯蔵シートで被覆して貯蔵された。全貯蔵量は1,120 kg、約6,600個であった。調査は、2016年3月1日と3月15日に前述の方法により実施した。

2 「せとみ」園における摘果果実の除去が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響

1) 地面上の摘果果実の変化

センター5号園の「せとみ」において、摘果後の「せとみ」果実の変化を調査した。2016年7月15日から9月25日まで4回摘果を実施し、その果実を地面の1 m四方の枠内に並べ、そのまま放置した。摘果から17日または21日後に果実の変化を目視で調査した。

2) 園内における緑かび病菌および青かび病菌の飛散状況

2014年と2015年に、日照条件が良好な1号園および不良な6号園において試験を実施した。両年とも9月25日に高さ2 mのシートで園を仕切り、各園内に摘果果実放置区(以下「放置区」という。)と清掃区を設置した。両区の地面に放置されていた摘果果実を全て除去した後、放置区の樹冠下のみには1樹あたり2014年は50果、2015年は250果の新鮮な「せとみ」の摘果果実を放置した。

園内における緑かび病菌および青かび病菌の飛散状況を調査するため、各区3樹の樹冠下に高さ30 cmの台を設置し、その上に培地を分注した直径9 cmのシャーレ3枚を6時間静置して園内に飛散する菌を捕捉した。使用した培地は、2014年はペニシリウム培地S(村本・兼常, 2015)、2015年はペニシリウム培地G(村本・兼常, 2015; 村本ら, 2016)とし、シャーレの回収後に23℃または25℃で10日間培養し、各菌のコロニー数を調査した。

2014年の1号園における調査は2014年8月20日、10月7日および10月28日の3回実施し、6号園では10月28日に代えて11月14日に実施した。また、2015年の調査は、8月17日、9月15日、10月19日および11月19日の4回実施した。

3) 貯蔵中の果実における緑かび病および青かび病の発生調査

菌の飛散状況を調査した各試験区の果実について緑かび病および青かび病の発生を調査した。収穫後に予措を行い、常温貯蔵庫においてコンテナにより貯蔵を行った。2014年の試験では、2月16日に貯蔵を開始し、4月13日および5月8日に調査を実施した。2015年は2月10日に貯蔵を開始し、3月30日、4月11日、4月27日および5月23日の4回調査を実施した。試験規模は放置区、清掃区ともに70果3反復とした。

また、2015年は上記貯蔵試験とは別に、各区の果実赤道部に深さ2mmの付傷処理を行い、ポリエチレン袋で個装して同様に貯蔵を実施した。試験規模は各区35果3反復とした。

3 貯蔵施設、資材における緑かび病菌および青かび病菌の生存確認と消毒法の検討

1) 夏期の貯蔵庫における生存確認

2014年8月26日にカンキツの常温貯蔵庫および低温貯蔵庫内(温度10℃、湿度90%)にペニシリウム培地Sを分注したシャーレを3時間静置し、前述の方法により両菌のコロニー数を調査した。

2) 貯蔵開始前の貯蔵棚およびコンテナにおける生存確認

2015年12月4日に、センター内の竹製貯蔵棚の3か所およびコンテナ3個の表面300cm²を湿らせた滅菌スティック(アズワン社製)で拭き取り、Tween20(0.05v/v%)を加用した15mLの殺菌水とともに遠沈管に入れて2時間振盪した。振盪液をペニシリウム培地Gの平板培地に塗布し、コロニーを数えることにより、単位面積当たりの付着菌数を求めた。

また、2015年12月15日から24日に周防大島町と萩市における生産者6名のコンテナ計25個について、同様の調査を実施した。

なお、これらの資材は前年度にカンキツ果実の貯蔵で使用された後、水洗して貯蔵庫内で保管されていた。

3) 貯蔵資材に付着した緑かび病菌が発病に及ぼす影響

塩素系漂白剤(花王株式会社製 キッチンハイター)50倍液に1分間浸漬し、15分後に水洗することにより消毒したコンテナを試験に用いた。2015年12月14日にウンシュウミカン果実に形成させた緑かび病菌の分生子をコンテナ内側の底面に刷毛で均一に塗布した。コンテナによって塗布の程度を変え、前述の方法によりコンテナに付着した単位面積当たりの分生子数を調査した。分生子の付着数は0~1.1×10⁵ conidia/cm²の範囲であった。

試験にはコンテナと同様の方法で表面を消毒した「青島温州」の果実を用いた。12月16日に虫針の先端3mmを5本突出させたゴム栓を用いて果頂部に付傷し、上記のコンテナ内に並べた。コンテナを貯蔵庫に積み上げ、貯蔵シートで被覆して2016年1月15日

まで発病果数を調査した。供試コンテナ数は18個とし、コンテナ当たり35個の果実を用いた。

4) 貯蔵資材の消毒法の検討

洗車ブラシを用いて水洗後、カルシウムハイポクロライト70%剤(ケミクロンG)500倍液に5分間浸漬し、水洗したコンテナを用いた。試験にはPDA培地上に形成させた青かび病菌の分生子を用いた。

コンテナ内側の底面に記した13×10.5cmの枠内に、青かび病菌の分生子が均一に付着するように刷毛を用いて塗布した。試験構成は、①CaH区:カルシウムハイポクロライト70%剤500倍液に瞬時浸漬、②CaH水洗区:カルシウムハイポクロライト剤500倍液に瞬時浸漬後ただちに水洗、③Haiteer水洗区:塩素系漂白剤50倍液に瞬時浸漬後水洗、④10秒高圧水洗区:動力噴霧器に取り付けた鉄砲ノズルで水を10秒間噴射、⑤10秒水洗区:水道水を10秒間噴射、⑥水洗ブラシ区:水道水を5秒間噴射後、洗車ブラシで10往復擦り、5秒間噴射および⑦無処理区の7区とし、3反復で試験を実施した。

処理後のコンテナをガラス室内で1日間乾燥後、前述の方法により枠内の単位面積当たり付着菌数を調査した。

4 薬剤散布時期の検討

1) 収穫前の薬剤散布が貯蔵病害の発生に及ぼす影響

センター内5号園の「せとみ」を供試し、チオファネートメチル水和剤2,000倍液の散布時期を変えて防除効果を比較した。試験構成は、①被袋前+収穫前散布区、②被袋前散布区(慣行)および③無散布区とし、1区2樹3反復で実施した。薬剤の散布時期については、被袋前散布は2014年11月7日、収穫前散布は2015年1月27日とした。

2月2日に果実を収穫し、2月16日まで予措を行なった後、1区70果をコンテナに入れて積み上げ、前述の方法により貯蔵試験を実施した。発病調査は3月17日から5月8日まで3回実施した。

2) 10月下旬の薬剤散布が貯蔵病害の発生に及ぼす影響

5号園の「せとみ」を供試し、菌の飛散数の増加する10月下旬における薬剤散布の防除効果を検討した。試験構成は、①10月下旬(2015年10月26日)+被袋直前(11月12日)散布区、②被袋直前散布区(慣行)

および③無散布区とし、1区1樹3反復で試験を実施した。薬剤はイミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル水和剤1,500倍液を用いた。

2016年1月15日に果実を収穫し、2月10日に貯蔵試験を開始した。発病調査は3月30日から5月23日まで4回実施した。

また、上記貯蔵試験とは別に、各区の果実赤道部に深さ2mmの付傷処理を行い、ポリエチレン袋で個装したのち、同様に貯蔵を実施した。試験規模は各区35果とした。

5 果皮組織内における緑かび病菌および青かび病菌の生存

1) 果実の表面殺菌が発病に及ぼす影響

センター内で収穫し、貯蔵中の「せとみ」果実を用いた。2015年2月16日に果実をアンチホルミン液(有効塩素濃度1%)に5分間浸漬して果実の表面を殺菌したのち、水道水で5分間洗浄し、室内で乾燥した。翌日、果実の赤道面に深さ3mmの付傷処理を行ってポリエチレン袋に個装し、23°Cの定温室内に静置して7日後に緑かび病および青かび病の発病果率を調査した。なお、対照として無殺菌区を設け、同様の処理を実施した。試験規模は1区9~10果、3反復とした。

2) 健全果実からの緑かび病菌および青かび病菌の分離

(1) 健全果実からの分離

「せとみ」の健全果実の果皮組織内における緑かび病菌および青かび病菌の生存を明らかにするため、組織分離法により菌を分離した。

2016年2月13日に無傷の果実赤道面を薄く切り取り、直径5mmのコルクボーラーを用いて1果あたり10個の組織片を作成した。次いで70%エタノールに瞬時浸漬後、アンチホルミン(有効塩素濃度1%)に3分間浸漬して表面殺菌を行った。組織片を殺菌水で水洗後、ペニシリウム培地G上に置床し、23°Cで10日間培養して各菌の分離率を求めた。なお、試験には、前述の「4 薬剤散布時期の検討 2) 10月下旬の薬剤散布が貯蔵病害の発生に及ぼす影響」の各試験区から選んだそれぞれ3果を用いた。

(2) 接種果実からの分離

2015年12月24日に慣行防除園から採取した無傷の「せとみ」果実を供試した。12月28日にPDA培地で形成させた緑かび病菌および青かび病菌の分生子を刷

毛により果実に塗布した後、殺菌水を噴霧して23°Cの湿室内に4日間静置した。対照区は果実への殺菌水の噴霧のみとした。菌の分離は前述の方法により実施し、各菌の分離率を求めた。なお、試験規模は1区3果3反復とした。

6 果実果菜用鮮度保存被膜剤の塗布が発病に及ぼす影響

1) 被膜剤の塗布による発病抑制効果

ウンシュウミカン「日南1号」の果実を供試した。2016年10月21日に3種類の果実果菜用鮮度保存被膜剤(いずれも甲東株式会社製、以下「被膜剤」という。)および重曹水を果実表面にガーゼを用いて塗布した。試験構成は、①コートフレッシュ KF-8000DX(主成分はカルナウバロウ、以下「KF-8000DX」という。)区、②コートフレッシュ KF-9000(主成分はセラック、以下「KF-9000」という。)区、③フレッシュエバー(主成分はカルナウバロウ)区、④2%重曹水区および⑤無処理区とし、1区25~29果3反復で試験を実施した。処理した果実を風乾後、虫針の先端2mmを5本突出させたゴム栓を用いて果実赤道部の2か所に付傷し、ポリエチレン袋に個装して常温貯蔵した。10月24日に処理を行い、11月24日まで発病果数を調査した。

また、「せとみ」の果実を用いて、付傷せずに同様の試験を実施した。2017年2月17日に処理を行い、5月15日まで発病果数を調査した。試験規模は、1区70果3反復とした。

2) 重曹を添加した被膜剤の発病抑制効果

「興津厚生」の果実を供試した。試験構成は、①KF-8000DX区、②1%重曹添加KF-8000DX区、③KF-9000区、④1%重曹添加KF-9000区および⑤無処理区とし、1区27~30果3反復で試験を実施した。2016年11月29日に前述の試験と同様に塗布後に付傷処理を行い、12月28日まで発病果数を調査した。

3) 被膜剤塗布前後の付傷による発病抑制効果

「古田温州」の果実を供試した。被膜剤は、KF-8000DX、KF-9000およびフレッシュエバーの3種類を用い、それぞれに塗布後付傷区と塗布前付傷区を設け、1区25果3反復で試験を実施した。2017年1月31日に処理を行い、3月1日まで発病果数を調査した。

結果

1 「せとみ」における貯蔵病害の発生状況

慣行防除を行って常温貯蔵した「せとみ」では、4月中旬までは腐敗果の発生は少なく、気温の上昇する4月下旬から緑かび病や青かび病、軸腐病などによる腐敗果が増加した。一方、無防除区では4月上旬から腐敗果が増加した（第1表）。

また、貯蔵病害の多発事例の調査では、出荷時期前の3月上旬からほぼ全てのコンテナ内で緑かび病や青かび病が発生し、3月中旬までに7.4%の果実が腐敗した（第2表）。発病果に接触し連続して発病している果実も認められた。2月20日の生産者による点検において約0.9%の腐敗果実が廃棄されていたことから、3月15日までの発病率は全体の約8.3%と推定された。なお、当貯蔵庫の果実の約2割に果皮の一部が褐変、陥没するこはん症が認められた。

第1表 「せとみ」における貯蔵病害の発生
(2013年産果実)

種類	試験区	累積発病率(%)			
		3月11日	4月1日	4月14日	4月30日
緑かび病	慣行防除 ^z	0	0	0	2.1
	無防除	0	2.1	2.1	5.4
青かび病	慣行防除	0	0	0	0.8
	無防除	0	0.4	0.8	2.1
軸腐病	慣行防除	0.4	0.4	0.4	1.3
	無防除	0	1.3	1.3	1.7
黒腐病	慣行防除	0	0	0	0
	無防除	0.8	1.3	1.3	1.3
炭疽病	慣行防除	0	0	0	0
	無防除	0	0	0	0
黒斑病	慣行防除	0	0	0	0
	無防除	0	0.8	0.8	0.8
合計	慣行防除	0.4	0.4	0.4	4.2
	無防除	0.8	5.8	6.3	11.3

^z 2013年11月13日にチオファネートメチル水和剤2,000倍を散布
2014年2月1日に収穫し、2月12日まで予措の後、常温貯蔵庫で貯蔵

第2表 「せとみ」における貯蔵病害の多
発事例(2015年産果実)

種類	累積発病率(%) ^z	
	3月1日	3月15日
緑かび病	2.2	4.0
青かび病	1.4	3.3
軸腐病	0	0
黒腐病	0	0
炭疽病	0	0
黒斑病	0	0
その他	0	0
計	3.5	7.4

^z 調査前の生産者による2月20日の点検により、約0.9%の腐敗果を廃棄

2 「せとみ」園における摘果果実の除去が緑かび病 および青かび病の発生に及ぼす影響

1) 地面上の摘果果実の変化

7月と8月に地面上に放置した摘果果実は、日時の経過とともに色が褐変して乾燥状態となった。一方、9月上旬に行くと果実の一部に白色のカビが見られたが、緑かび病や青かび病の発生は認められなかった。9月下旬の場合は果実の8.0%に緑かび病が発生し、多量の分生子の形成が認められた（第3表）。

第3表 摘果時期の違いによる地面上の
「せとみ」果実の変化

摘果日 ^z	発生果率 ^y (%)	備考
7月15日	0.0	褐変し、乾燥
8月9日	0.0	褐変し、乾燥
9月1日	0.0	一部の果実に白色のカビが発生
9月25日	8.0	緑かび病が発生

^z 2016年

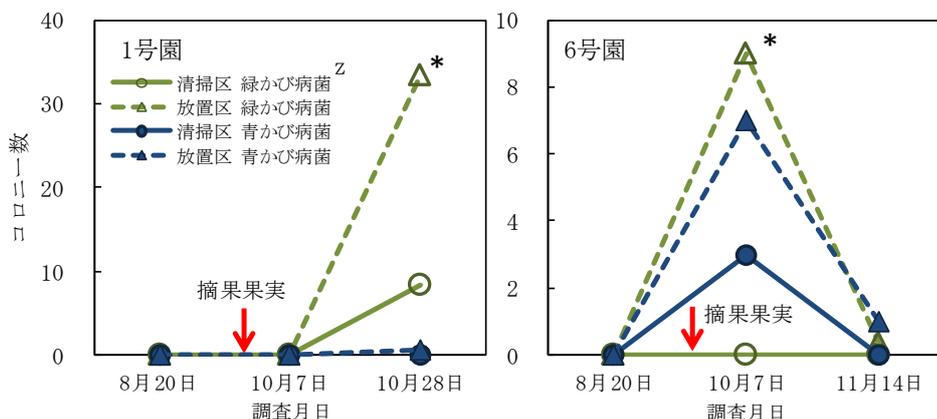
^y 17日～21日後に緑かび病および青かび病の発生を調査

2) 園内における緑かび病菌および青かび病菌の飛 散状況

摘果果実の除去が、「せとみ」園における緑かび病菌および青かび病菌の飛散に及ぼす影響を調査した。

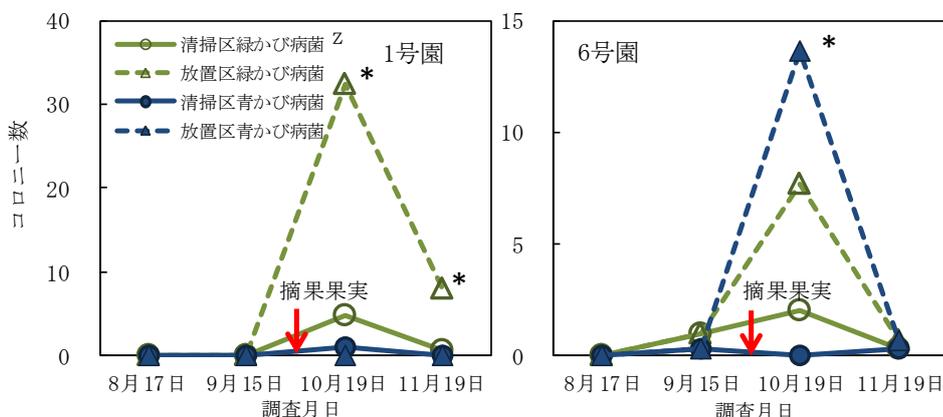
2014年の試験において、日照条件の良好な1号園では、9月25日の果実放置から33日後の10月28日に多量の緑かび病菌が捕捉され、摘果果実を除去した清掃区では放置区の25%であった。青かび病菌の捕捉数についてはいずれの区もわずかで、区間差はなかった（第1図）。また、同一の試験を実施した日照条件の不良な6号園では、10月7日に最も多量の両菌が捕捉された。同日の清掃区では緑かび病菌の捕捉はなく、摘果果実を除去により有意に減少した。また、青かび病菌についても減少する傾向にあったが、有意差は認められなかった（第1図）。

2015年の試験において、1号園では果実放置から24日後の10月19日に緑かび病菌の捕捉数が急増し、摘果果実を除去した清掃区の緑かび病菌の捕捉数は、放置区の8%となった。青かび病菌については、両区とも調査期間中にほとんど捕捉されなかった（第2図）。6号園では10月19日に緑かび病菌と青かび病菌が最も多く捕捉された。同日の清掃区の青かび病菌の捕捉はなく、摘果果実の除去により有意に減少した。緑かび病菌についても減少する傾向にあったが、有意差は



第1図 「せとみ」園の摘果果実清掃が緑かび病菌および青かび病菌の園内飛散に及ぼす影響（2014年産）

2014年9月25日に摘果果実を園外に持ち出し、放置区には1樹あたり50果の摘果果実を放置
*のないものは、t検定により5%の危険率で有意差なし



第2図 「せとみ」園の摘果果実清掃が緑かび病菌および青かび病菌の園内飛散に及ぼす影響（2015年産）

2015年9月25日に摘果果実を園外に持ち出し、放置区には1樹あたり250果の摘果果実を放置
*のないものは、t検定により5%の危険率で有意差なし

認められなかった（第2図）。

なお、両年の試験とも、8月、9月および11月における緑かび病菌および青かび病菌の捕捉数はわずかであった。

2) 貯蔵中の果実における緑かび病および青かび病の発生調査

2014年の試験では、1号園における各試験区の発生果率に差は認められなかった。一方、6号園では、清掃区の青かび病の発生果率は放置区の39%となった（第3図）。

2015年の試験でも前年と同様の傾向であり、6号園の清掃区の青かび病の発生果率は放置区の14%に減少した（第4図）。また、果実の付傷試験において、1号園では各区の発病果率に差が認められなかったが、6号園では清掃区において両病害の発生が減少した（第5図）。

3 貯蔵施設、資材における緑かび病菌および青かび病菌の生存確認と消毒法の検討

1) 夏期の貯蔵庫における生存確認

8月の調査で、常温貯蔵庫内では緑かび病菌および青かび病菌の生存は認められなかった。一方、低温貯蔵庫では両菌が捕捉され、これらの菌の生存が確認された（第6図）。

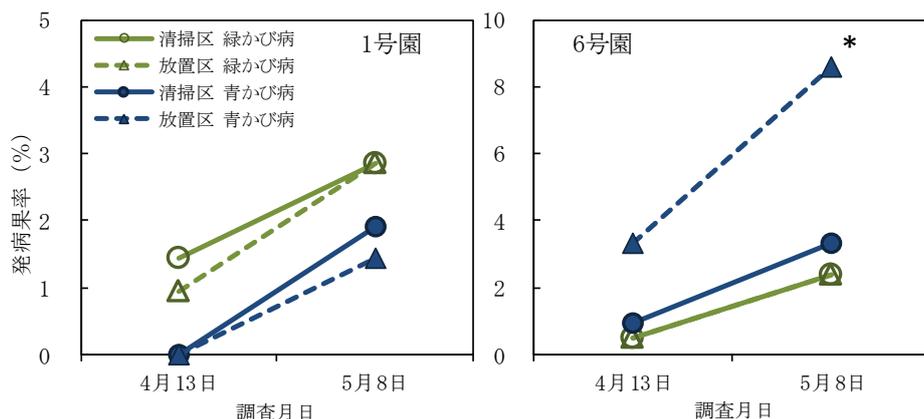
2) 貯蔵開始前の貯蔵棚およびコンテナにおける生存確認

貯蔵開始前の12月の調査では、センターの竹製貯蔵棚とコンテナ、「せとみ」生産者のコンテナにおいて、緑かび病菌および青かび病菌の生存は確認されなかった（データ略）。

3) 貯蔵資材に付着した緑かび病菌が発病に及ぼす影響

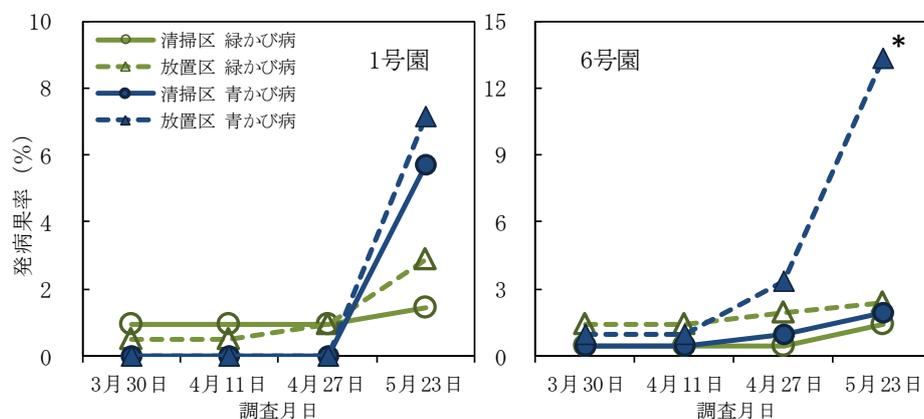
コンテナに付着した分生子数と貯蔵中における緑かび病の発生果率の間には、正の高い相関が認められた（第7図）。

中晩生カンキツ「せとみ」における緑かび病と青かび病の防除対策



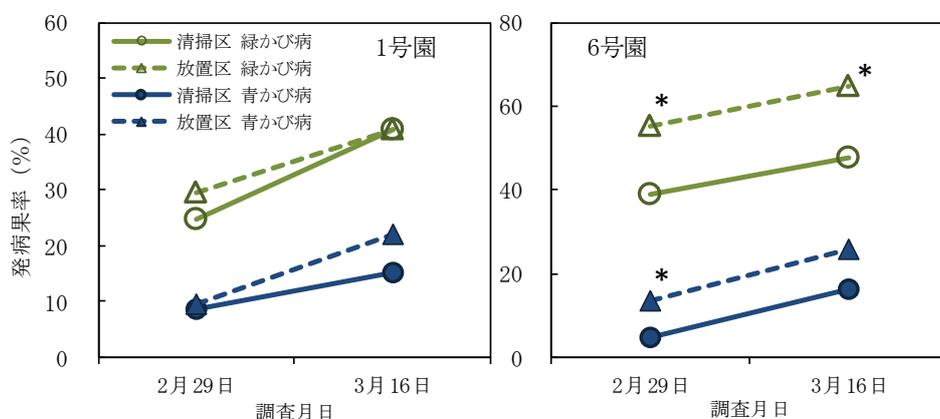
第3図 「せとみ」園の摘果果実清掃が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響 (2014年産 長期貯蔵試験)

2014年9月25日に摘果果実を園外に持ち出し、放置区には1樹あたり50果の摘果果実を放置
 2015年2月2日に収穫し、2月15日に貯蔵試験を開始
 *のないものは、5%の危険率で有意差なし(リスク比)



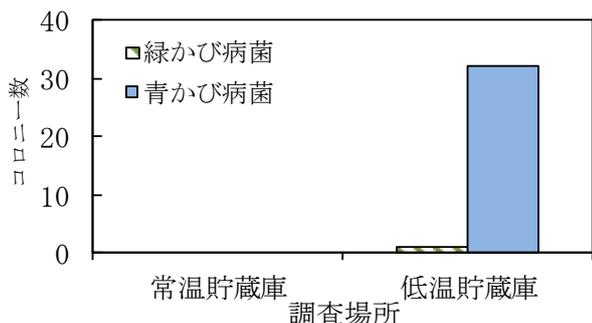
第4図 「せとみ」園の摘果果実清掃が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響 (2015年産 長期貯蔵試験)

2015年9月25日に摘果果実を園外に持ち出し、放置区には1樹あたり250果の摘果果実を放置
 2016年1月15日に収穫し、2月10日に貯蔵試験を開始
 *のないものは、5%の危険率で有意差なし(リスク比)



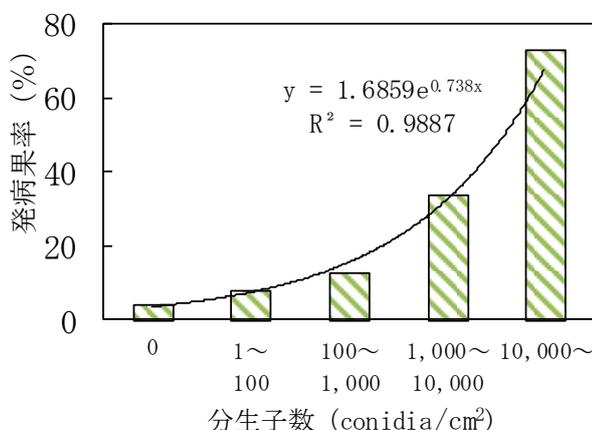
第5図 「せとみ」園の摘果果実清掃が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響 (2015年産 付傷試験)

2015年9月25日に摘果果実を園外に持ち出し、放置区には1樹あたり250果の摘果果実を放置
 2016年1月15日に収穫し、2月10日に貯蔵試験を開始
 *のないものは、5%の危険率で有意差なし(リスク比)



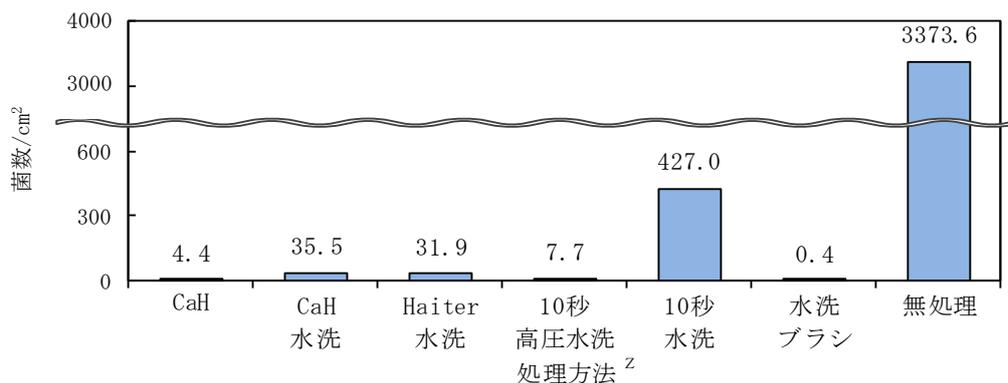
第6図 コンキツ貯蔵庫内における緑かび病菌および青かび病菌の生存 (8月)

2014年8月26日に常温貯蔵庫および低温貯蔵庫内(温度10℃、湿度90%)にペニシリウム培地Sの入ったシャーレを3時間静置



第7図 コンテナに付着した緑かび病菌が貯蔵中における緑かび病の発生に及ぼす影響

緑かび病菌の分生子を塗布したコンテナに付着したウンシュウミカンの果実を並べて貯蔵
 試験開始: 2015年12月16日、調査: 2016年1月15日



第8図 各種処理による貯蔵コンテナに付着した青かび病菌の洗浄効果

青かび病菌の分生子を刷毛で7分コンテナに塗布後、各処理を実施

²CaH区: カルシウムハイポクロライト70%剤500倍液に瞬時浸漬、CaH水洗区: カルシウムハイポクロライト剤500倍液に瞬時浸漬後水洗、Haiter水洗区: 塩素系漂白剤50倍液に瞬時浸漬後水洗、10秒高压水洗区: 動力噴霧器に取り付けた鉄砲ノズルで水を10秒間噴射、10秒水洗区: 水道水を10秒間噴射、水洗ブラシ区: 水道水を5秒間噴射後、洗車ブラシで10往復擦り5秒間噴射、無処理区: 2016年1月15日

4) 貯蔵資材の消毒法の検討

青かび病菌を塗布したコンテナの消毒法と洗浄効果について検討した結果、水道水を5秒間噴射後にブラシで10往復擦り、再度5秒間噴射する方法、カルシウムハイポクロライト70%剤500倍液に瞬時浸漬する方法、動力噴霧器に取り付けた鉄砲ノズルで水を10秒間噴射する方法などの効果が高く、いずれも99.5%以上の高い殺菌および除菌効果が得られた。カルシウムハイポクロライト液に瞬時浸漬後直ちに水洗した場合には、水洗しない場合と比較して効果がやや劣った。水道水を10秒間噴射する方法は、他の方法に比べ効果が低かった(第8図)。

4 薬剤散布時期の検討

1) 収穫前の薬剤散布が貯蔵病害の発生に及ぼす影響

「せとみ」の慣行防除では被袋前に薬剤散布を行っているが、収穫前の1月下旬に追加散布を行っても、発病果率には差が認められなかった(第4表)。

2) 10月下旬の薬剤散布が貯蔵病害の発生に及ぼす影響

慣行である被袋前の1回散布に加え、10月下旬の散布を実施すると緑かび病および青かび病の発病果率が低下する傾向にあったが、有意差は認められなかった(第5表、第6表)。

中晩生カンキツ「せとみ」における緑かび病と青かび病の防除対策

第4表 収穫前の薬剤散布が「せとみ」の貯蔵病害発生に及ぼす影響 (2014年度)

散布時期 ^z	累積発病果率(%) ^y					計
	緑かび病	青かび病	軸腐病	黒腐病	その他	
被袋前収穫前散布	1.3	1.3 a	0.3	0.3	0.0	3.2 a
被袋前散布	1.3	0.0 a	0.0	1.0	0.0	2.3 a
無散布	3.0	4.7 b	0.7	0.2	0.0	8.6 b

^z 被袋前散布は2014年11月7日、収穫前散布は2015年1月27日に実施し、2月16日に貯蔵を開始、5月8日までの累積発病果率を調査、薬剤はチオファネートメチル水和剤2,000倍を使用

^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

第5表 10月下旬の薬剤散布が「せとみ」の貯蔵病害発生に及ぼす影響 (2015年度)

散布時期 ^z	累積発病果率(%) ^y					計
	緑かび病	青かび病	軸腐病	黒腐病	その他 ^x	
10月下旬+被袋直前	0.5 a	11.0	1.0	0.0	2.4	14.9
被袋直前	2.4 ab	14.3	3.8	0.0	0.0	20.5
無散布	7.6 b	14.8	1.4	0.0	1.0	24.8

^z 10月下旬散布は10月26日、被袋直前散布は2015年11月12日に実施し、2月10日に貯蔵を開始、5月23日までの発病果率を調査、薬剤はイミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル水和剤1,500倍を使用

^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

^x 10月下旬+被袋直前区の1コンテナで黒斑病が5.7%認められた

第6表 10月下旬の薬剤散布が「せとみ」の貯蔵病害発生に及ぼす影響 (2015年度 付傷試験)

散布時期 ^z	累積発病果率(%) ^y					計
	緑かび病	青かび病	軸腐病	黒腐病	その他	
10月下旬+被袋直前	14.0 a	2.7	0.0	0.7	0.0	17.4 a
被袋直前	25.7 ab	9.5	0.0	0.0	0.0	35.2 a
無散布	63.8 b	10.5	0.0	0.0	0.0	74.3 b

^z 10月下旬散布は10月26日、被袋直前散布は2015年11月12日に実施し、付傷後2月10日に貯蔵を開始、2月29日までの発病果率を調査、薬剤はイミノクタジン酢酸塩・チオファネートメチル水和剤1,500倍を使用

^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

5 果皮組織内における緑かび病菌および青かび病菌の生存

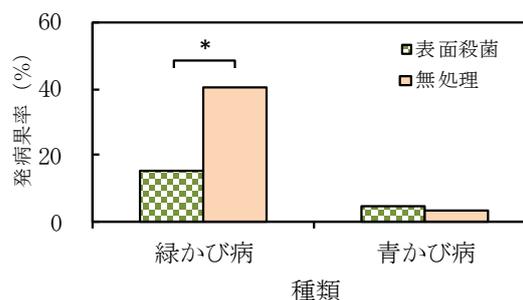
1) 果実の表面殺菌が発病に及ぼす影響

アンチホルミン液で表面殺菌を実施した果実においても、緑かび病と青かび病の発生が認められた。ただし、緑かび病の発病果率は無処理果実の35%であった。青かび病については差がなかった(第9図)。

2) 健全果実からの緑かび病菌および青かび病菌の分離

(1) 健全果実からの分離

「せとみ」の健全な果実から、緑かび病菌が分離された。10月下旬と被袋前に薬剤散布を行った区で分離率の低い傾向にあったが、果実による分離率の差が大きく、有意差は認められなかった。なお、青かび病菌は分離されなかった(第10図)。



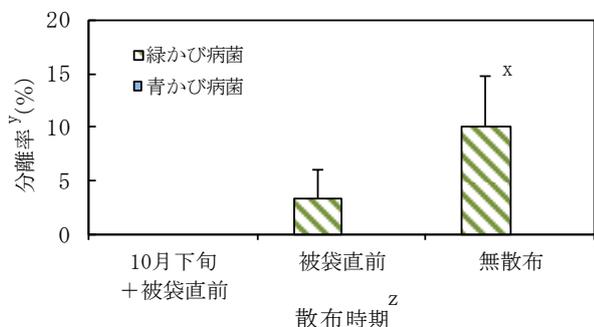
第9図 果実の表面殺菌が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響

2015年2月16日に「せとみ」果実をアンチホルミン(有効塩素濃度1%)に5分間浸漬し水洗後風乾、深さ3mmの傷を2か所付け、23°Cで7日間保持後に発病調査

*のないものは、5%の危険率で有意差なし(リスク比)

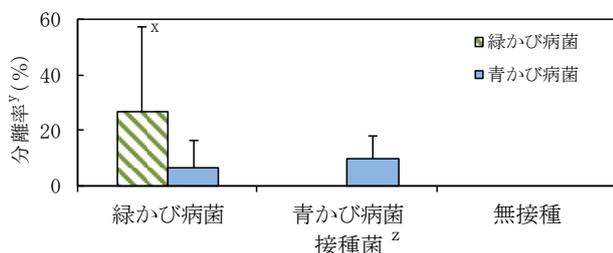
(2) 接種果実からの分離

緑かび病菌または青かび病菌を塗布接種した「せとみ」の無傷果実から、同じ種類の菌が分離された。一方、無接種の果実からは両菌のいずれも分離されなかった(第11図)。



第10図 薬剤の散布時期の異なる果実からの緑かび病菌および青かび病菌の分離

^z 10月下旬+被袋直前は2015年10月26日と11月12日、被袋直前は11月12日にイミノクタジン菌種殺菌・チオファネートメチル水和剤1,500倍を散布
^y 果皮組織片を70%エタノールに瞬時、有効塩素濃度1%のアンチホルミンで3分間表面殺菌して殺菌水で洗浄後、ペニシリウム培地Gに置床して分離
^x エラーバーは標準偏差を示す



第11図 緑かび病菌および青かび病菌を接種した果実からの菌の分離

^z 「せとみ」の健全果実に緑かび病菌または青かび病菌の分生子を刷毛で塗布した後、殺菌水を噴霧し、23°Cの湿室に4日間静置
^y 果皮組織片を70%エタノールに瞬時、有効塩素濃度1%のアンチホルミンで3分間表面殺菌して殺菌水で洗浄後、ペニシリウム培地Gに置床して分離
^x エラーバーは標準偏差を示す

6 果実果菜用鮮度保存被膜剤の塗布が発病に及ぼす影響

被膜剤を塗布したウンシュウミカンおよび「せとみ」果実において、緑かび病および青かび病の発生が抑制された(第7表、第8表、第9表、第10表)。緑かび病や青かび病の抑制作用のある重曹(有本ら, 1977)を被膜剤に添加しても効果の向上は認められなかった(第9表)。なお、塗布前に付傷した場合には、抑制効果が認められなかった(第10表)。

第7表 鮮度保存被膜剤塗布がウンシュウミカンの緑かび病の発生に及ぼす影響

試験区 ^z	発病果率(%) ^y
KF-8000DX	39.0 ab
KF-9000	22.0 a
フレッシュエバー	33.3 a
2%重曹 ^x	49.4 ab
無処理	72.0 b

^z 2016年10月24日にウンシュウミカンの果実に塗布後赤道部に付傷して貯蔵し、11月24日までの累積発病率を調査、1区25-29果3反復
^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

^x w/v

第8表 鮮度保存被膜剤処理が「せとみ」の緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響

試験区 ^z	発病果率(%) ^y	
	緑かび病	青かび病
KF-8000DX	3.3 b	1.4
KF-9000	0.0 a	1.0
フレッシュエバー	3.8 b	0
無処理	5.2 b	5.2

^z 2017年2月17日に「せとみ」の果実に塗布後、果実の赤道面に付傷して貯蔵し、5月15日までの累積発病率を調査、1区70果3反復
^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

第9表 重曹を添加した鮮度保存被膜剤の塗布がウンシュウミカンの緑かび病の発生に及ぼす影響

試験区 ^z	発病果率(%) ^y
KF-8000DX	23.9 ab
KF-8000DX(1%重曹添加) ^x	36.4 bc
KF-9000	15.6 ab
KF-9000(1%重曹添加) ^x	13.5 a
1%重曹 ^x	24.4 ab
無処理	58.9 c

^z 2016年11月29日にウンシュウミカンの果実に塗布後、果実の赤道部に付傷して貯蔵し、12月28日まで累積発病率を調査、1区27-30果3反復

^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

^x w/v

第10表 鮮度保存被膜剤塗布前後の付傷が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響

試験区 ^z		発病果率(%) ^y	
		緑かび病	青かび病
KF-8000DX	塗布後付傷	27.9 a	29.1 abc
	塗布前付傷	81.6 b	80.3 d
KF-9000	塗布後付傷	29.8 a	24.2 ab
	塗布前付傷	77.3 b	61.3 bcd
フレッシュエバー	塗布後付傷	27.9 a	16.3 a
	塗布前付傷	81.4 b	77.8 cd
無処理	付傷	91.2 b	82.4 d

^z 2017年1月31日にウンシュウミカンの果実に塗布、3月1日までの累積発病率を調査、1区25果3反復

^y 同一のアルファベット間には5%の危険率で有意差なし(角変換後にTukeyの方法により検定)

考 察

1 「せとみ」における貯蔵病害の発生状況

「せとみ」では、4月下旬に腐敗果が増加するが、一部の生産者では貯蔵初期から緑かび病や青かび病による腐敗果が多量に発生する事例がある。調査した果実には、果皮障害の一種であるこはん症が多発していた。本症状は生産者の間で「ヤケ果」と呼ばれており、9月以降の物理的な損傷や成熟期における果実の濡れで発生し、低温によって助長される（兼常ら, 2017）。本症状と緑かび病等との関連については明らかになっていないが、これらの病原菌の侵入には果皮面に傷が必要である（宮川, 1959）ことから、本症状による果皮の損傷が発生を助長した可能性が高い。

2 「せとみ」園における摘果果実の除去が緑かび病および青かび病の発生に及ぼす影響

緑かび病菌および青かび病菌はカンキツ園の土壤中で1年以上生存し、樹上や地面上における発病の一次伝染源となる（倉本, 1979）。発病果には10~20億個の分生子が産生され（Holmes・Eckert, 1995）、収穫前の果実に付着した分生子は果実とともに貯蔵庫内に持ち込まれ、果実に傷があると感染、発病する（辻・三好, 2001）。

田中ら（2016）はウンシュウミカン園での試験において、9月中旬以降に園内に放置された摘果果実が緑かび病の伝染源として重要であることを報告している。

「せとみ」では、樹上選果として9月から10月にかけて傷果や大玉果を中心に摘果が行われる。本研究において、この時期の摘果果実を園内に放置すると、緑かび病菌だけでなく、青かび病菌の飛散量も増加することが明らかとなった。

摘果果実を除去すると、日照条件の不良な園地では両病害の発生が少なくなった。しかしながら、日照条件の良好な園地では発生に差はなかった。この原因は不明であるが、山本（1958）は、緑かび病菌と青かび病菌は乾燥に弱く、直射日光下では速やかに死滅することを明らかにしており、両園での病原菌の生存期間の違いが関係した可能性がある。

3 貯蔵施設、資材 における緑かび病菌および青かび病菌の生存確認と消毒法の検討

緑かび病菌および青かび病菌は貯蔵庫内では越冬し

ない（山本, 1958）。本研究においても、ウンシュウミカンの貯蔵開始時期の12月には、常温貯蔵庫内の棚やコンテナにおいて両菌の生存は認められなかった。一方、「せとみ」は1月から2月にかけて収穫され、ウンシュウミカン等の収穫や貯蔵に使用されたコンテナをそのまま使用する場合が多い。また、低温貯蔵庫では、これらの菌が越冬することが確認された。

本研究において、コンテナに付着する緑かび病菌の分生子数と貯蔵中の発病との間には高い相関が認められる。したがって、「せとみ」の貯蔵に使用するコンテナなどの資材や施設については、病原菌の汚染に注意する必要がある。

コンテナの消毒法として、ブラシを用いる洗浄や水を高圧噴射する方法、カルシウムハイポクロライト剤に瞬時浸漬する方法などで高い殺菌、除菌効果が得られた。このうち、前二者は、コンテナ全体の処理に多くの時間を要する。また、上記の剤に瞬時浸漬し直後に水洗すると、水洗しない場合に比べて殺菌効果が低下した。

したがって、病原菌に汚染されたコンテナの消毒方法として、カルシウムハイポクロライト剤に瞬時浸漬し、時間をかけて薬液を水で洗い流す方法が適していると考えられる。

4 薬剤散布時期の検討

「せとみ」の慣行防除では、11月の被袋直前に薬剤が散布されるため、収穫する2月までに約3か月の期間が存在する。薬剤の残効期間を考慮すると、収穫直前の追加散布により防除効果が向上するのではないかと考えたが、慣行防除との差は認められなかった。

また、菌の飛散量の上昇する10月下旬の追加散布の効果については、緑かび病の発生がやや減少する傾向は認められたものの有意差は認められなかった。また、これらの試験区の果皮から菌を組織分離した結果、10月下旬に追加散布した区の分離率が低下する傾向にあったが、有意差は認められなかった。

したがって、収穫直前の追加防除は不要であり、一方、10月下旬の追加散布は、本試験では効果は認められなかったものの、防除効果を高める可能性があるため、今後更なる検討が必要である。

5 果皮組織内における緑かび病菌および青かび病菌の生存

緑かび病菌および青かび病菌は、園内で果実表面に

付着して貯蔵庫内に持ち込まれ、果実に傷があると感染して発病する(辻・三好, 2001)。また、宮川(1959)は、緑かび病菌や青かび病菌の果皮への侵入にはある大きさの傷が必要であり、1 mm以上の深さの傷で容易に発病するが、0.5 mm以下では発病率が低いこと、また接種した菌が長期間潜伏し、3~4か月後に発病する場所があると述べている。本研究において、表面殺菌した無傷の果実に両病害の発生が認められ、さらに組織分離法によりこれらの病原菌が分離された。

これらのことから、果実表面に付着している菌以外に、目視で確認できないごく軽微な傷や果皮の小さな間隙などで生存している菌も両病害の発生に関与していることが示唆された。

6 果実果菜用鮮度保存被膜剤の塗布が発病に及ぼす影響

三好ら(2011)はウンシュウミカンやイヨカン果実へのカワラヨモギ抽出物の処理によって、顕著に腐敗を抑制することを報告し、野口ら(2012)は「不知火」でも効果があることを明らかにした。

著者らは、選果場等で広く使用されている鮮度保存被膜剤においても、緑かび病および青かび病の発病抑制効果があることを認めた。

したがって、出荷前の被膜剤の塗布は、緑かび病および青かび病に対して一定の抑制効果があるものと考えられる。

摘 要

「せとみ」はウンシュウミカン等と比べて貯蔵期間が長く、腐敗対策がきわめて重要である。貯蔵中の腐敗果は、4月下旬から増加し、一部の生産者では貯蔵初期から緑かび病と青かび病による腐敗果が多量に発生した。園内における両病原菌の飛散は9月中旬に始まり、10月上旬から下旬にかけて最大となった。園内の病原菌密度を低減させるためには、9月以降の摘果果実を園外に持ち出すことが重要と考えられる。コンテナに付着する緑かび病菌の分生子数と発病との間には高い相関が認められた。病原菌に汚染されたコンテナの消毒法としては、カルシウムハイポクロライト剤に瞬時浸漬し、時間をおいて薬液を水で洗い流す方法が適していると判断される。表面殺菌した果実に両病害の発生が認められ、さらに組織分離法によりこれらの病原菌が分離された。これらのことから、菌が果

実表面に付着した場合以外にも、ごく軽微な傷や果皮の小さな間隙などで生存している場合でも両病害の発生に関与する可能性のあることが示唆された。また、出荷前の被膜剤の塗布は、緑かび病および青かび病に対して一定の抑制効果があるものと考えられる。

引用文献

- 有本裕・本間 保男・見里 朝正. 1977. 炭酸水素ナトリウムのカンキツ貯蔵病害防除効果について. 日本農薬学会誌. 2: 163-167.
- Holmes, G. J. and J. W. Eckert. 1995. Relative fitness of imazalil-resistant and -sensitive biotypes of *Penicillium digitatum*. Plant Dis. 79: 1068-1073.
- 磯田隆晴. 1986. 緑かび病・青かび病. p. 102-104. 山口昭・大竹昭郎編. 果樹の病害虫診断と防除. 全国農村教育協会. 東京.
- 兼常康彦・宮田明義・西岡真理・村本和之・岡崎芳夫. 2017. カンキツ‘せとみ’における果皮障害の発生の要因解明. 園学研. 16(別2): 115.
- 北島博. 1989. 青かび病・緑かび病. 果樹病害各論. p. 65-70. 養賢堂. 東京.
- 倉本孟. 1979. カンキツ青かび病および緑かび病菌の土壤中における生存. 果樹試験場報告 B. 6: 137-149.
- 宮川経邦. 1959. 温州蜜柑の緑黴及び青黴病に関する研究(第1報)貯蔵果実に対する感染及び発病経過について. 園芸学会雑誌. 27: 179-185.
- 三好孝典・大嶋悟士・清水伸一. 2011. カワラヨモギ抽出物の収穫後処理による温州ミカン果実の腐敗抑制. 愛媛農水産物研報. 3: 19-28.
- 村本和之・兼常康彦. 2015. カンキツ青かび病菌および緑かび病菌の選択培地. 日植病報. 81: 225.
- 村本和之・兼常康彦・宮田明義. 2016. カンキツ青かび病菌および緑かび病菌のモニタリング手法. 近畿中国四国地域農業成果情報果樹推進部会. http://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h27/pdf/09_kaju/42-0901.pdf
- 野口真弓・井手洋一・口本文孝. 2012. カンキツ‘不知火’の長期貯蔵におけるカワラヨモギ抽出物および新規個装資材の利用. 佐賀果試研報. 17: 41-49.
- 篠崎毅. 2016. かんきつ果実腐敗に対する防除対策に

ついて. 農薬時代. 197: 1-3.

田中義樹・田代暢哉・島政勝・川崎敦之・本村祥子.

2006. 園内に放置された温州ミカン果実の除去は
緑かび病の発病抑制に有効である. 九州病害虫研
究会報. 52: 88.

田代暢也. 2005. カンキツ果実腐敗の防除対策. 九州

病害虫防除推進協議会連絡試験成果集. 2: 1-21.

田代暢也. 2016. 温州みかん果実腐敗の防除対策. 農

薬時代. 189: 1-8.

辻雅人・三好孝典. 2001. 青かび病・緑かび病.

p. 197-201. 農業総覧病害虫防除・資材編 5. 農文
協. 東京.

山田宇・戸田世嗣・宮田良二・土田通彦. 2007. 極早

生・早生ウンシュウの緑かび病による果実腐敗防
止技術. 熊本県農業研究センター研究報告. 14:
159-166.

山本滋. 1958. 青黴、緑黴病菌の生存力について. 九

州農業研究. 20: 104-106.

カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策

兼常 康彦*・世良 友香・西岡 真理

Studies on the Mechanism of Sunscald Occurrence and its Mitigation in Citrus Fruit

KANETSUNE Yasuhiko, SERA Tomoka and NISHIOKA Mari

Abstract: There is growing concern that damages such as sunscald on citrus fruit can be exacerbated by increased global warming. To decrease the intensity and the frequency of occurrence of such damages, the mechanism of sunscald formation in citrus fruit was investigated. The following observations were made. Firstly, the fruit surface temperature and transpiration rate of sunscalded fruit were higher than those of normal fruit. Secondly, upon heating the fruit surface by electrical wires, the intensity of sunscald occurrence increased with fruit maturation; sunscald happened when the fruit surface was heated to 45 °C for more than 1 h in August, and to 40 °C for more than 3 h, or to 45 °C for more than 1 h in September. In addition, sunscald occurred at a high level on the citrus cultivar, 'Setomi,' when its leaf water potential was maintained between -0.7 MPa and -0.9 MPa during late July to the middle of September. On the contrary, the sugar content and coloration of the fruit improved when the tree was kept hydrated (-0.5 MPa to -0.7 MPa) from late July to the middle of September and dried (-0.7 MPa to -0.9 MPa) from the middle of September to November. Mitigation measures were also investigated, and it was found that fruit sprayed with calcium carbonate had less sunscald, and the effective timing of the chemical's application was late July and the middle of August. The white stain of calcium carbonate on the fruit is removable by washing and brushing in the packinghouse lines. Also, the use of tetoron bags on fruits proved to be an effective mitigation measure, and offered the highest rate of protection from sunscald. In addition, attaching cloth masking tapes on the fruit was also effective for the prevention of sunscald and it did not leave any adhesive on the fruit's surface.

Key Words: calcium carbonate, stoma, transpiration, leaf water potential

キーワード: 炭酸カルシウム、気孔、蒸散、葉内最大水ポテンシャル

緒言

カンキツ果実の日焼けは 8~9 月にかけて発生し、特に極早生および早生ウンシュウミカンに多い果皮障害の一つである。日焼けの主要因は、日射による高温であることが知られている(真子, 1982)。

気候変動監視レポート 2018 (気象庁, 2019) によると、世界の年平均気温は上昇しており、上昇率は 100 年あたり 0.73°C、日本では 1.21°C と報告されている。下関地方気象台の周防大島町安下庄におけるアメダスデータを筆者らが分析すると、1978 から 2013 年までの期間で年平均気温は上昇の傾向が認められ、1984 から 2013 年までの 30 年間で 10 年毎に平均すると、最近 10

年 (2004~2014 年) の月別平均気温については特に 7~10 月が平年 (1981-2010 年) と比較して 0.5~0.9°C 高い。杉浦ら (2009) は、温暖化が果樹生産に及ぼす影響と適応技術について報告している。その中で、果樹では柑橘を含めてほとんどの樹種で日焼けなどの問題が顕在化しており、果樹は永年性作物であることと経済樹齢が長いことから他の作物と比べて温暖化の影響が著しいと述べている。今後、さらなる温暖化による夏季の高温が予想されるなか、被害の拡大が見込まれる。そこで、本研究では日焼け果の発生要因を解明するため温度条件や樹体乾燥条件を調査し、軽減対策についても検討していくつかの知見を得たので報告する。

*現在: 柳井農林水産事務所

材料および方法

1 発生実態

1) 品種別の日焼け果の発生

供試した品種は山口県農林総合技術センター柑きつ振興センターの水田埋め立て造成ほ場（2号ほ場）に栽植の「日南姫」、「日南1号」、「興津早生」、「南柑20号」、「石地」、「青島温州」、「宮内伊予柑」、「せとか」、「不知火」、「西南のひかり」、「はれひめ」および「南津海」の計12品種である。日焼け果の発生実態調査は「日南姫」を2017年9月29日に、それ以外の品種は10月26日に実施した。各品種1樹の樹冠外周部について50果程度を調査し、日焼け果の有無によって発生率を求めた。

2) 品種別の果皮の形態特性

当センターの水田埋め立て造成ほ場（4号ほ場）に栽植されたウンシュウミカンの「日南1号」、「宮川早生」、「南柑20号」および「青島温州」並びに中晩生カンキツの「せとみ」、「不知火」および「せとか」を供試した。2017年7月から9月まで1か月毎に樹冠赤道部の果実を採取して、果皮表面の単位面積当たりの油胞数（ $\sqrt{\text{cm}^2}$ ）と気孔数（ $\sqrt{\text{mm}^2}$ ）並びにアルベドとフラベドの厚さを調査した。油胞数は赤道部の果皮を実体顕微鏡（Nikon社製 SMZ1000）で、気孔数は赤道部の果皮をスンプ法により光学顕微鏡（Nikon社製 ECLIPSE Ni-U）で観察した。なお、調査は1品種5果1反復とし、7月は5～6日に、8月は1～2日に、9月は4～5日に行った。

3) 日焼け果および健全果における蒸散量と果皮特性の差異

当センターの4号ほ場に栽植された「日南1号」26

年生樹と「宮川早生」25年生樹を供試して、2016年と2017年に調査を行った。

2016年には、「日南1号」において同一樹内で日焼け果と近接する健全果の蒸散量を調査した。果皮表面からの蒸散量はポリエチレン製の袋を果実に被覆して、一定期間密封したのちに生じる袋内部の水滴の重さから求めた。試験は1区1樹1果の4反復とし、9月27日10時45分から15時15分までの蒸散量を測定した。

2017年は8月1日に「宮川早生」の日焼け果を採取し、採取した日焼け果における日焼け部（果頂）と発生していない健全部（果頂と赤道面）について、単位面積当たりの油胞数と気孔数を調査し、果皮の形状および色を観察した。なお、試験は5果の果実を調査し、油胞数と気孔数の調査方法は前述の試験と同様である。

2 日焼け果の発生要因の解明

1) 日焼け果の発生と果皮表面温度との関係

当センターの4号ほ場に栽植された「宮川早生」25年生樹を供試した。試験は2017年と2018年に実施した。

2017年7月30日～8月1日に樹冠外周部の外成り果と内成り果の果皮表面温度を、T型熱電対とデータロガー（グラフテック社製 GL200）を用いて、測温接点果皮表面に接するように絶縁テープで貼り付けて調査した。なお、樹冠周辺部の気温もあわせて測定した。次に、2017年9月19～21日に、樹冠外周部の果実の果皮表面に電熱線をアルミテープで覆ったテープ片を果皮表面に張り付けて、温度調節器（アズワン社製 TXN-400）、ボルトスライダ（山菱電機株式会社製 TYPE V-130-5）を用いて所定の温度および時間で熱処理を行った（第1図）。処理温度は40℃、45℃、



（果皮表面に設置）



（電熱線の加工）

第1図 電熱線による熱処理方法

50℃、処理時間は1、3、5時間に設定し、処理部の症状を無（症状なし）、微（果皮がわずかに硬い）、軽（果皮がやや硬いが問題ないレベル〜少し果肉にす上がりの障害あり）、中（果皮が硬く、果肉の10〜20%にす上がりあり）、甚（果皮が硬く、果肉の20%以上にす上がりあり）の5段階で目視調査した。

なお、試験は1区3果の1反復で行った。

また、2018年に電熱線をアルミテープで覆ったテープ片を用いた同様の熱処理を8月8〜30日と9月11〜26日に行い、症状を前述と同様の方法で11月2日に調査した。なお、処理温度を40℃、45℃、処理時間を1、3、5時間とし、1区3果の1反復で行った。

2) 日焼け果の発生と樹体水分との関係

日焼け果の発生と樹体水分との関係を精密に調査するため、雨水を遮断できる移動式の屋根があり灌水の水が隣の樹に浸水しないようコンクリート枠で仕切られた、当センターの移動上屋に栽植された「せとみ」5年生樹を供試した。①前期湿潤・後期乾燥（梅雨明け〜9月中旬：湿潤・9月中旬〜11月：乾燥）、②前期乾燥・後期湿潤（梅雨明け〜9月中旬：乾燥・9月中旬〜11月：湿潤）、③全期湿潤（梅雨明け〜11月：湿潤）、以上の3つの乾燥条件を設けた。

樹体の乾燥程度は、湿潤条件では葉内最大水ポテンシャル（以下「LWP」という。）が-0.5〜-0.7 MPa、乾燥条件では-0.7〜-0.9 MPaとし、2016年7月20日から11月30日まで1週間おきにLWPを、プレッシャーチャンバー（大起理化工業株式会社製 DIK-7000）を用いて測定した。調査に用いた葉は、無着果新梢の中位葉とした。湿潤期間の灌水処理は1週間おきに30 mm程度を、乾燥期間の処理は基準のLWPを超える場合に10 mm程度とした。

2016年8月10日に果皮表面温度を赤外放射温度計（testo 830-T2）で測定した。8月15日に樹上果実の蒸散量を、10月6日に日焼け果の発生を前述と同様の方法で、2017年1月31日に果実品質を調査した。なお、試験の規模は1区1樹4反復で、LWPの調査では1区1葉4反復、果皮表面温度は1区5果4反復、果実の蒸散量は1区1果3反復、日焼け果の発生は1区30果程度4反復で行った。

3 日焼け果の軽減効果

1) 炭酸カルシウム剤の散布時期と白斑除去方法

(1) 散布時期

当センターの4号ほ場に栽植されたシートマルチ栽培の「日南1号」26年生樹を供試した。炭酸カルシウム水和剤（炭酸カルシウム95.0%、商品名：ホワイトコート）50倍液を、以下の3時期に樹冠散布し、あわせて無処理区も設けた。①6/下・7/中区（6月26日および7月15日に散布）、②7/下・8/中区（7月20日および8月15日に散布）、③8/下・9/中区（8月22日および9月13日に散布）。

2016年8月17日に各処理区の樹冠赤道部の果実について果皮表面温度を前述の2-2)と同様の方法で測定した。果皮表面温度の調査は1区5果4反復の計20果とした。

10月13日に樹上で樹冠外周部の果実30果で日焼け果の発生を調査した。翌日の10月14日に樹冠上部および赤道部から30〜50果程度採取し、浮皮および果実品質を調査した。日焼け果の発生程度は無、微、軽、中、甚の5段階、浮皮の発生程度はカンキツの調査法（農林水産省果樹試験場興津支場, 1987）に準じて無、軽、中、甚の4段階を目視で調査した。なお、試験は1区1樹4反復で行った。

(2) 白斑除去方法

大島郡周防大島町久賀地区の現地ほ場における「宮川早生」6年生樹を供試し、2018年7月23日と8月30日に炭酸カルシウム水和剤（炭酸カルシウム95.0%）25倍を樹冠散布した。10月25日に収穫した果実を、JA山口大島柑橘選果場（現 JA山口県周防大島柑橘選果場）の選果ラインで水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤（商品名：フレッシュ・エバー）を塗布処理した。その後、白斑の残留程度を無（白斑なし）、少（白斑が散見される）、中（白斑が果面の1/4〜1/2に残留）、多（白斑が果面の1/2以上に残留）の4段階で達観調査した。試験は1区約100果の5反復とした。

また、2018年11月下旬に採取した当センター産の「南柑20号」果実を供試し、12月4日に炭酸カルシウム水和剤（炭酸カルシウム95.0%）を散布したのち、風乾した。12月5日に、前述と同様にJA山口大島柑橘選果場の選果ラインで一連の処理をした後、白斑の残留程度を調査した。炭酸カルシウム水和剤の希釈倍数は25倍、50倍、100倍、250倍、500倍、1,000倍、2,000倍の7種類とした。

2) 各種被覆資材による日焼け軽減効果

当センターの4号ほ場に栽植されたシートマルチ栽培

培の「日南1号」26年生樹を供試した。試験は2016年度と2017年度の2か年実施した。梅雨明け後の7月下旬から8月上旬にかけて樹冠外周部の果実に対して、第1表に示した白色と桃色の被覆資材を各々被覆し、または色や素材の異なる3種類のテープを果実の陽光面に各々貼り付け、併せて無被覆区も設けた。10月上中旬に果実を採取して、前述と同様、日焼け果の発生を5段階で調査するとともに、着色および果実品質の調査も実施した。なお、試験は1区3~4果、4~5反復とした。

結果

1 発生実態

1) 品種別の日焼け果の発生

当センターの水田埋め立て造成ほ場における、品種別の日焼け果の発生率を第2図に示した。ウンシュウミカンについては、極早生の「日南姫」と「日南1号」、早生の「興津早生」で多かった。また、「南柑20号」はやや少なく、「石地」および「青島温州」では全く認められなかった。

中晩柑の日焼け果の発生は、「せとか」において最も多く、次いで「宮内伊予柑」および「西南のひかり」となり、「はれひめ」、「不知火」および「南津海」では全く認められなかった。

年度	被覆資材・テープ	処理日	採取・調査日
2016	テトロン製果実袋	白色	8月8日
		桃色	
	クラフトテープ	茶色	
	塗装用マスキングテープ	茶色	
2017	鉄鋼用養生テープ	白色	7月25日
	テトロン製果実袋	白色	
	クラフトテープ	桃色	
	床用養生テープ	茶色	
	鉄鋼用養生テープ	白色	10月4日

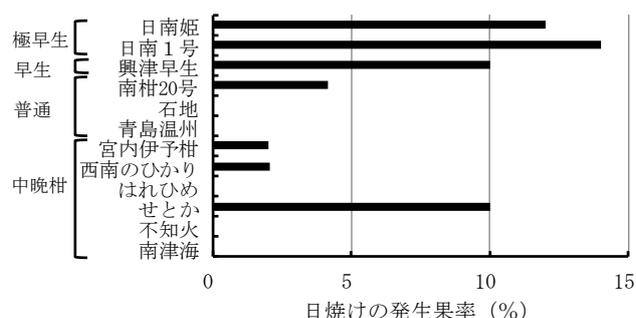
2) 品種別の果皮の形態特性

調査結果を第2表に示した。果皮表面の油胞数と気孔数は、ウンシュウミカンおよび中晩柑のいずれの品種とも、7月から9月にかけて少なくなり、アルベドは薄くなった。品種間差については、「せとか」は「せとみ」や「不知火」と比べて気孔数が少なく、アルベドおよびフラベドが薄かった。なお、ウンシュウミカンの品種間では、9月調査において熟期が早い品種ほど、油胞数と気孔数が少なく、アルベドが薄くなる傾向にあった。

3) 日焼け果および健全果における蒸散量と果皮特性の差異

日焼け果および近接する健全果の蒸散量を第3表に示した。日焼け果の蒸散量は2.49 mg/cm²/hとなり、健全果1.55 mg/cm²/hに比べて多かった。

また、日焼け果の日焼け部（果頂）の果皮は、発生していない健全部（果頂）と比較すると硬く、油胞は黄緑色から黒色に変色し、油胞間では緑色から黄緑色に変色した（第3図）。日焼け部（果頂）の果皮は健全部（果頂）と比較すると、油胞数が多く、気孔数は少なく、気孔の孔辺細胞が押しつぶされた状態に変化していた（第4表、第4図）。



第2図 カンキツの品種別日焼け果の発生
注1) 調査: 2017年9月29日、10月26日
注2) 各品種1樹50果程度調査

第2表 各品種における7~9月の果皮特性の推移

品種	7月				8月				9月			
	油胞数 (/cm ²)	気孔数 (/mm ²)	アルベド (mm)	フラベド (mm)	油胞数 (/cm ²)	気孔数 (/mm ²)	アルベド (mm)	フラベド (mm)	油胞数 (/cm ²)	気孔数 (/mm ²)	アルベド (mm)	フラベド (mm)
極早生 日南1号	191	13.2a	3.1	0.92	123a	9.6	1.7	0.85	80a	6.4a	1.3a	0.84
早生 宮川早生	221	12.4a	2.9	1.01	140ab	10.2	2.0	0.97	94ab	6.6a	1.6ab	1.01
中生 南柑20号	190	13.2a	3.1	1.01	145ab	10.8	1.9	0.93	113 bc	7.6 b	1.6 b	1.05
普通 青島温州	217	17.0 b	3.7	1.02	160 b	9.6	2.0	1.12	110 bc	7.3 b	1.7 b	1.08
有意性 ²	n. s.	*	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	*	n. s.
中晩柑 せとか	266 b	8.4a	2.7a	1.05	163 c	5.8a	1.7a	0.99	105 b	3.2a	1.0a	0.80a
不知火	92a	18.8 b	5.1 b	1.45	85a	14.2 b	3.7 b	1.41	81a	10.2 b	2.5 b	1.35 b
せとみ	216 b	20.0 b	5.1 b	1.34	128 b	14.6 b	3.9 b	1.35	91ab	9.4 b	2.6 b	1.23 b
有意性 ²	*	**	**	n. s.	**	**	**	n. s.	*	**	*	**

² Tukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差 (**: 1%, *: 5%) があることを示す
調査日: 7月; 2017年7月5~6日 8月; 2017年8月1~2日 9月; 2017年9月4~5日

第3表 「日南1号」における果実の日焼けの有無が蒸散量に及ぼす影響

処理区		蒸散量 (mg/cm ³ /h)
日焼け	有り	2.49
	無し	1.55
有意性 ^z		*

^zt検定 (*:5%)

調査日:2016年9月27日

10時45分から15時15分まで「日焼け無し」は「日焼け有り」の隣接している果実を調査
1区1樹1果4反復



(健全部)

(日焼け部)

第3図 「宮川早生」の日焼け果における日焼け部(果頂)と健全部(果頂)の果皮

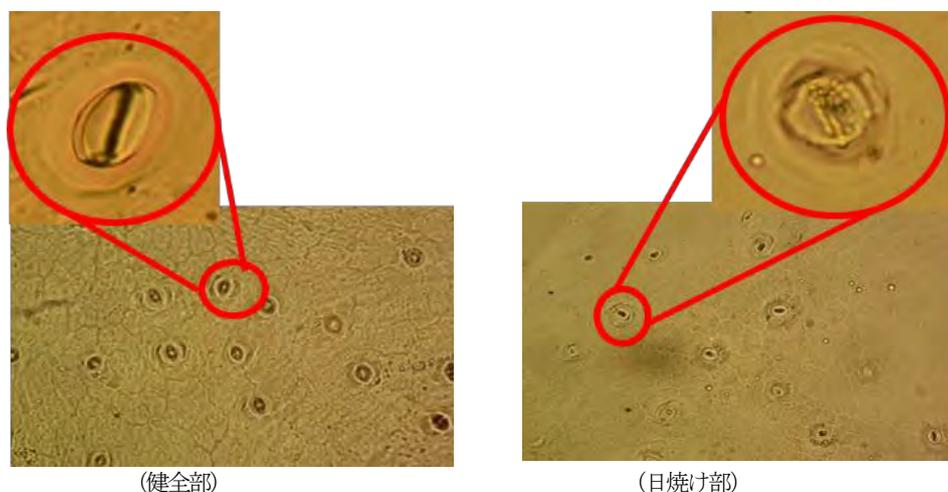
注)撮影日:2017年8月1日

第4表 「宮川早生」における日焼け果の日焼け部と健全部の果皮特性

調査部位	横径 (mm)	重さ (g)	油胞数 (/cm ²)	気孔数 (/mm ²)
日焼け部 (果頂)	42.8	37.4	169 b	6.3a
健全部 (果頂)			110a	9.2 b
(赤道面)			112a	9.5 b
有意性 ^z	—	—	**	**

^zTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差(**:1%)があることを示す

調査日:2017年8月1日



(健全部)

(日焼け部)

第4図 「宮川早生」の日焼け果における日焼け部(果頂)と健全部(果頂)の気孔

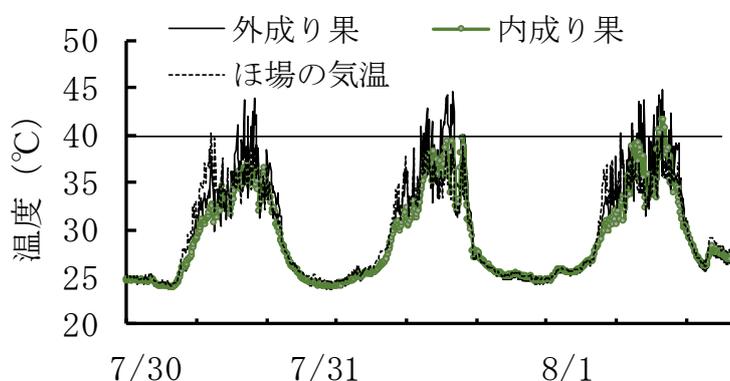
注)撮影日:2017年8月1日

2 日焼け果の発生要因の解明

1) 日焼け果の発生と果皮表面温度との関係

2017年7月30日から8月1日の晴天時では、当センター内のほ場における外気温は38℃程度まで上昇したのに対して、「宮川早生」の外成り果の果皮表面温度は43~44℃で5℃程度高くなり、内成り果では37℃程度であった(第5図)。なお、計測期間中の下関地方気象台安下庄アメダスポイントにおける最高気温は33.6℃であり、調査ほ場との差は4~5℃となった(データ略)。

電熱線を利用して果皮表面に異なる処理温度と処理時間を組み合わせて2017年9月に熱処理した結果、50℃処理区では処理時間にかかわらず果皮表面に褐変



第5図 外成り果と内成り果の果皮表面温度の推移

注) 調査: 2017年7月30日~8月1日

あるいは灰色化する障害(第6図)が発生し、40℃区では3時間処理区で果皮が硬くなる日焼けの症状が認められ、特に45、50℃区ではその発生は顕著であった(第5表)。

果皮表面への熱処理を2018年8月と9月の2時期に行うと、8月・40℃処理区では日焼けの症状は認められなかったが、9月・40℃処理区では3および5時間処理で認められた(第6表)。45℃処理区では8月および9月の両時期とも日焼けの症状が認められ、その発生程度は9月処理において顕著であった(第6表)。



第6図 熱処理(50℃)によって発生した果皮表面の障害(2017年)

注) 撮影日: 2017年9月26日

第5表 電熱線による熱処理が「宮川早生」の果皮障害に及ぼす影響(2017年)

処理区	温度	時間	障害の有無	日焼け ^z
40℃	—	1h	無	—
		3h	無	—~±
		5h	無	—~±
45℃	—	1h	無	±
		3h	無	±
		5h	無	±~+
50℃	—	1h	有	—~+
		3h	有	+
		5h	有	++

^z日焼け: —; 無; ±; 微; +; 軽; ++; 中; +++; 甚
調査: 2017年11月22日
処理: 2017年9月19~21日 各処理区3果

第6表 「宮川早生」における時期別の熱処理が果皮の日焼け症状に及ぼす影響(2018年)

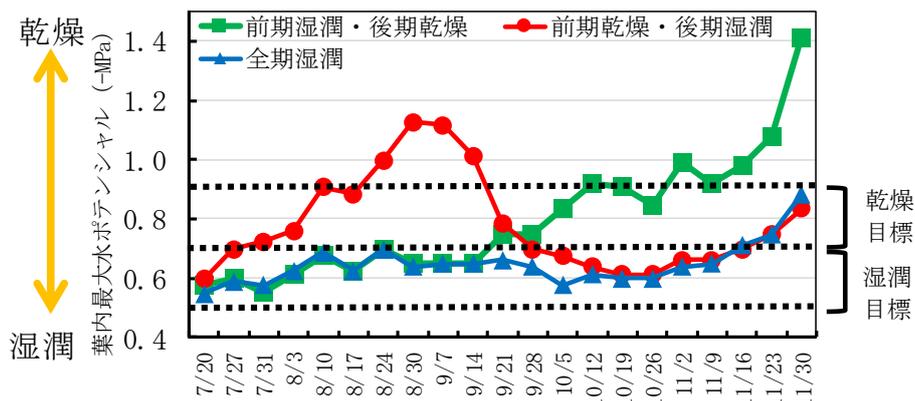
処理区	温度	時間	8月	9月
40℃	—	1h	— ^z	— ^z
		3h	—	—~+
		5h	—	+
45℃	—	1h	—~±	—~+
		3h	—~±	±~++
		5h	—~++	—~±

^z: —; 無; ±; 微; +; 軽; ++; 中; +++; 甚
調査: 2018年11月2日
処理: 8月; 2018年8月8~30日
9月; 2018年9月11~26日 各処理区3果

2) 日焼け果の発生と樹体水分との関係

「せとみ」におけるLWPは、前期乾燥・後期湿潤区において8月下旬から9月中旬まで低下し、やや強乾燥となったが、それ以外の期間、または他の処理区においては概ね目標（湿潤条件 -0.5～-0.7 MPa、乾燥条件 -0.7～-0.9 MPa）とする樹体の乾燥程度を推移した（第7図）。日焼け果の発生は前期乾燥・後期湿潤区で多く、前期湿潤・後期乾燥区および全期湿潤区で少なかった（第7表）。前期乾燥・後期湿潤区では、

他の区と比べて8月の果皮表面温度が高く、蒸散量は少なかった（第7表）。糖度は前期湿潤・後期乾燥および前期乾燥・後期湿潤区で高く、全期湿潤区でやや低かった（第8表）。クエン酸は前期乾燥・後期湿潤区で高く、前期湿潤・後期乾燥区と全期湿潤区でやや低かった（第8表）。8分以上着色果の割合は、前期湿潤・後期乾燥区と前期乾燥・後期湿潤区では100%と高かったが、全期湿潤区では87%程度とやや低かった（第8表）。



第7図 「せとみ」における樹体の乾燥処理と葉内最大水ポテンシャルの推移

前期湿潤・後期乾燥：梅雨明け～9/中 湿潤 + 9/中～11月 乾燥
 前期乾燥・後期湿潤：梅雨明け～9/中 乾燥 + 9/中～11月 湿潤
 全期湿潤：梅雨明け～11月 湿潤

第7表 「せとみ」における樹体の乾燥時期が日焼け果の発生、果皮表面温度および蒸散量に及ぼす影響

処理区	日焼け		果皮表面温度 (°C)	蒸散量 (mg/cm ³ /h)
	発生果率 (%) ^z	指数 ^y		
前期湿潤・後期乾燥	3.9a	1.8a	42.1a	3.72 b
前期乾燥・後期湿潤	12.1 b	3.7 b	44.8 b	3.03a
全期湿潤	3.9a	1.3a	42.1a	3.89 b
有意性 ^x	*	*	**	*

^zアークサイン変換後に統計処理を行った

(微 × 1) + (軽 × 2) + (中 × 3) + (甚 × 4)

^y指数： $\frac{\text{調査果数} \times 4}{\text{調査果数} \times 4} \times 100$

^xTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差 (**: 1%, *: 5%) があることを示す

果皮表面温度の調査：2016年8月10日

蒸散量の調査：2016年8月15日11時から16時

日焼け果の調査：2016年10月6日

第8表 「せとみ」における樹体の乾燥時期が果実品質に及ぼす影響

処理区	果実重 (g)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色 程度	着色程度別果率 (%) ^z			
					1～4	5～7	8～10	うち完着果
前期湿潤・後期乾燥	170	14.2 b	1.46ab	9.1 b	0.0	0.0a	100.0 b	88.3
前期乾燥・後期湿潤	166	14.4 b	1.74 b	9.1 b	0.0	0.0a	100.0 b	85.2
全期湿潤	171	13.5a	1.36a	8.1a	0.0	12.9 b	87.1a	54.5
有意性 ^y	n. s.	*	*	*	n. s.	*	*	n. s.

^zアークサイン変換後に統計処理を行った

^yTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差 (*: 5%) があることを示す

採収日：2017年1月20日 果実品質調査：2017年1月31日

3 日焼け果の軽減効果

1) 炭酸カルシウム水和剤の散布時期と白斑除去方法

(1) 散布時期

炭酸カルシウム水和剤 50 倍液を 3 つの時期に変えて散布した結果を第 9 表に示した。日焼け果の発生は無処理区と比較して 7/下・8/中区で少なく、6/下・7/中区および 8/下・9/中区では差が認められなかった。果皮の表面温度は、7/下・8/中区が無処理区および 8/下・9/中区と比較して有意に低く、6/下・7/中区では同程度であった。また、浮皮の発生は炭酸カルシウム剤を散布した区で少なく、無処理区で

多かったが、散布時期による発生差は認められなかった。果実品質については、糖度およびクエン酸の間隔差は認められなかった。

(2) 白斑除去方法

2018 年 7 月 23 日と 8 月 30 日に炭酸カルシウム水和剤 25 倍液を樹冠散布し、約 2 か月後の 10 月 25 日に収穫した果実の白斑は、選果場の選果ラインの一連の処理（水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布処理）によって除去された（第 8 図、第 9 図）。

第 9 表 炭酸カルシウム水和剤の樹冠散布時期が「日南 1 号」の日焼け果の発生、果皮表面温度および果実品質に及ぼす影響

処理区	果実重 (g)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	着色程度	日焼け		浮皮		果皮表面温度 (°C)
					発生果率 (%) ^z	指数 ^y	発生果率 (%) ^z	指数 ^x	
6/下・7/中	113.4	11.0	0.71	5.9	12.8 b	4.7 b	6.4a	2.1a	41.2ab
7/下・8/中	112.3	10.7	0.65	5.3	3.2a	0.9a	3.3a	1.1a	39.7a
8/下・9/中	112.1	10.5	0.70	5.9	12.3 b	5.4 b	0.6a	0.2a	41.9 b
無処理	112.4	10.3	0.67	6.1	16.8 b	7.3 b	17.9 b	7.0 b	42.2 b
有意性 ^v	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	*	*	**

^vアークサイン変換後に統計処理を行った

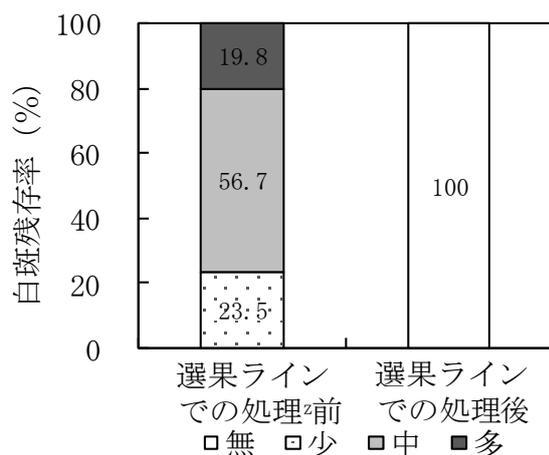
$$^y \text{指数} = \frac{(\text{微} \times 1) + (\text{軽} \times 2) + (\text{中} \times 3) + (\text{甚} \times 4)}{\text{調査果数} \times 4} \times 100$$

$$^x \text{指数} = \frac{(\text{軽} \times 1) + (\text{中} \times 2) + (\text{甚} \times 3)}{\text{調査果数} \times 3} \times 100$$

^zTukey の多重検定により、異なる英文字間に有意差 (*:5%、**:1%) があることを示す

果皮表面温度調査: 2016 年 8 月 17 日、果実品質調査: 2016 年 10 月 14 日

処理: 6/下・7/中: 2016 年 6 月 26 日、7 月 15 日、7/下・8/中: 7 月 20 日、8 月 15 日、8/下・9/中: 8 月 22 日、9 月 13 日



第 8 図 選果場の選果ラインでの処理が炭酸カルシウム水和剤処理果実の白斑に及ぼす影響（「南柑 20 号」）

^z選果ラインでの処理: 水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布

注 1) 炭酸カルシウム水和剤 25 倍液の処理日

: 2018 年 7 月 23 日、8 月 30 日

注 2) 採収日: 2018 年 10 月 25 日

注 3) 選果ラインでの処理日・調査日: 2018 年 11 月 1 日



(選果ラインでの処理前)



(選果ラインでの処理後)

第 9 図 選果ラインでの処理^zによる炭酸カルシウム水和剤処理果実の白斑除去効果（「南柑 20 号」）

^z選果ラインでの処理: 水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布

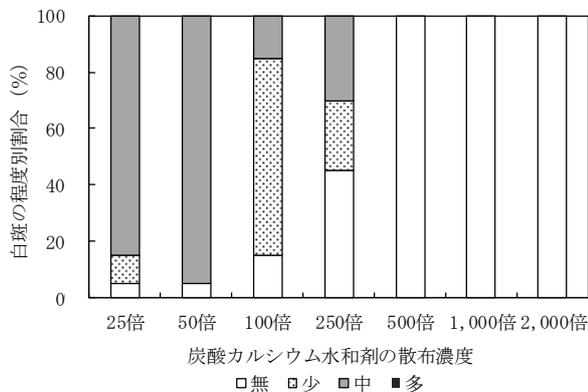
注 1) 炭酸カルシウム水和剤 25 倍液の処理日

: 2018 年 7 月 23 日、8 月 30 日

注 2) 採収日: 2018 年 10 月 25 日

注 3) 選果ラインでの処理日・調査日: 2018 年 11 月 1 日

一方、2108年12月4日に炭酸カルシウム水和剤25倍、50倍、100倍、250倍、500倍、1,000倍および2,000倍液を果実に処理した翌日に、選果場で洗浄した結果、炭酸カルシウム水和剤25倍～250倍までは白斑が残ったものの、500～2,000倍の濃度では認められなかった(第10図、第11図)。

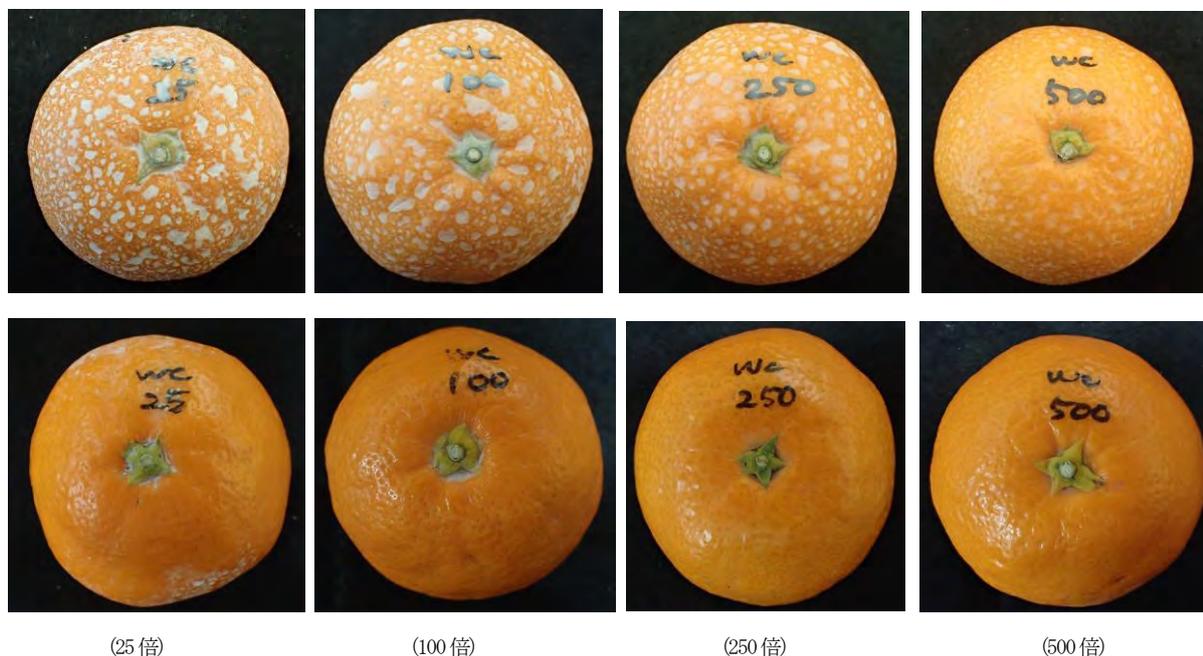


第10図 散布翌日の選果ラインでの処理²が異なる処理濃度の炭酸カルシウム水和剤による果実の白斑除去に及ぼす影響

²選果ラインでの処理：水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布
 注1) 炭酸カルシウム水和剤の処理：2018年12月4日に採取した果実に処理
 注2) 選果ラインでの処理日・調査日：2018年12月5日

2) 各種被覆資材による日焼け軽減効果

異なる被覆資材を梅雨明け後に被覆して、日焼け果および果実品質を調査した2016年の結果を第10表、2017年を第11表に示した。日焼け果の発生は、2016年の試験では無処理区と比較して各処理区で少なく、2017年ではテトロン製果実袋・白色および桃色区、床用養生テープ区で少なく、クラフトテープおよび鉄鋼用養生テープ区では有意な差は認められなかった。2016年は、無処理区66.7%に対して各種テープ区では15～20%と日焼け果の発生は少なかったが、クラフトテープ区と塗装用マスキングテープ区の果皮表面にはのりの痕跡が認められ、鉄鋼用養生テープ区では認められなかった(第12図)。2017年の結果では、のりの痕跡はクラフトテープ区も含めて認められなかった。なお、糖度およびクエン酸は両年とも区間の差は認められなかった。



第11図 散布翌日の選果ラインでの処理²が異なる処理濃度の炭酸カルシウム水和剤による果実の白斑除去に及ぼす効果

²選果ラインでの処理：水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布
 注1) 上：選果ラインでの処理前 下：選果ラインでの処理後
 注2) 炭酸カルシウム水和剤の処理：2018年12月4日に採取した果実に処理
 注3) 選果ラインでの処理日・調査日：2018年12月5日

第10表 各種被覆資材が「日南1号」における日焼け果の発生および果実品質に及ぼす影響 (2016年)

処理区	日焼け		着色 程度	テープ 残存果率 (%) ^z	のりの痕跡		糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	
	発生果率 (%) ^z	指数 ^y			発生果率 (%) ^z	指数 ^x			
テトロン製果実袋	白色	5.0a	1.3a	4.4	—	—	8.8	0.70	
	桃色	0.0a	0.0a	4.3	—	—	8.9	0.68	
クラフトテープ		20.0a	12.5a	3.7	25.0a	70.0 b	30.0 b	9.0	0.74
塗装用マスキングテープ		15.0a	6.3a	3.5	88.3 b	100.0 c	81.1 c	9.2	0.70
鉄鋼用養生テープ		20.0a	6.3a	3.5	70.0 b	0.0a	0.0a	9.1	0.70
無処理		66.7 b	39.6 b	4.3	—	—	—	9.3	0.69
有意性 ^w		**	**	n. s.	*	**	**	n. s.	n. s.

^zアークサイン変換後に統計処理を行った

(微 × 1) + (軽 × 2) + (中 × 3) + (甚 × 4)

^y指数: $\frac{\text{調査果数} \times 4}{\text{調査果数} \times 4} \times 100$

^x指数: $\frac{(\text{軽} \times 1) + (\text{中} \times 2) + (\text{甚} \times 3)}{\text{調査果数} \times 3} \times 100$

^wTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差 (*:5%、**:1%)があることを示す

調査日:2016年10月12日 処理:2016年8月8日

第11表 「日南1号」における各種被覆資材が日焼け果の発生 および果実品質に及ぼす影響 (2017年)

処理区	日焼け		着色 程度	テープ 残存果率 (%)	のりの痕跡		糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)	
	発生果率 (%) ^z	指数 ^y			発生果率 (%) ^z	指数 ^x			
テトロン製果実袋	白色	0.0a	0.0a	3.0	—	—	7.9	1.01	
	桃色	0.0a	0.0a	3.2	—	—	8.0	0.90	
クラフトテープ		41.7abc	16.7ab	3.1	8.3a	0.0	0.0	8.4	0.96
床用養生テープ		25.0 b	10.4ab	3.3	66.7 b	0.0	0.0	8.0	0.87
鉄鋼用養生テープ		33.3abc	10.4ab	3.0	66.7 b	0.0	0.0	7.8	0.91
無処理		66.7 c	29.2 b	3.3	—	—	—	8.0	0.92
有意性 ^w		*	**	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^zアークサイン変換後に統計処理を行った

(微 × 1) + (軽 × 2) + (中 × 3) + (甚 × 4)

^y指数: $\frac{\text{調査果数} \times 4}{\text{調査果数} \times 4} \times 100$

^x指数: $\frac{(\text{軽} \times 1) + (\text{中} \times 2) + (\text{甚} \times 3)}{\text{調査果数} \times 3} \times 100$

^wTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差 (*:5%、**:1%)があることを示す

調査日:2017年10月4日 処理:2017年7月25日



(クラフトテープ)

(塗装用マスキングテープ)

(鉄鋼用養生テープ)

第12図 各種テープ貼り付け後におけるのりの痕跡 (「日南1号」 2016年)

注) 撮影日:2016年10月13日

考 察

当センター内の同一ほ場における十数品種について、日焼け果の発生を調査した結果、極早生ウンシュウの「日南姫」と「日南1号」、早生ウンシュウの「興津早生」、中晩柑の「せとか」において日焼け果の発生が多かった。日焼け果の発生と果皮特性との間の関係については、日焼け果の発生が多い系統ほど着色の熟期が早く、しかもフラベドおよびアルベドとも薄い傾向にあると大垣ら(1967)によって報告されており、本試験においても同様な結果を得ている。さらに、本試験では果皮の単位面積当たりの気孔数は果実肥大に伴い少なくなり、日焼け果の発生が多い極早生および早生系統ほど少ない傾向にあることを確認した。

また、林田(2011)は中晩生カンキツの中では「せとか」と「麗紅」において日焼け果の発生が多いことを報告しており、比較した品種が同一でないものの、本試験でも「せとか」での発生が顕著であった。「せとか」は果皮の薄さに加えて、果皮の気孔数が著しく少ないことから、今後生理学的な観点からのさらなる研究が必要である。

日焼け果の症状について、日焼け部と健全部とを比較すると、油胞が褐色から黒色に変色、油胞間は脱緑のち黄緑色に変色して果皮は固くなるなどの特徴が認められ、既報告と一致した(近泉, 2007)。本試験における日焼け部(果頂)の油胞数が健全部(果頂)と比較して多かった原因は、日焼け部の果皮生長が停止したのに対して、健全部では果皮生長が継続している(近泉, 2007)ことによる密度低下と考えられる。一方で、日焼け部における果皮の気孔数が健全部と比べて少ないのは、本試験ではスンプ法によって果皮表面の形状を転写したものであり、日射で障害を受けた気孔の一部が転写できなかったためと推察されるが、詳細は不明である。本試験では、日焼け果の蒸散量は、その周囲で同様な日射条件の健全果と比べて大きいことを明らかにした。一方で、「せとみ」では、前期乾燥・後期湿潤区において日焼け果の発生が多く、前期乾燥時の8月の蒸散量が少なく、果皮表面温度が高かった。前者は健全果と日焼け果との蒸散量の比較で、後者は健全果における乾燥条件の違いによる蒸散量、果皮表面温度および日焼け果の発生の比較である。前者の結果から、日焼け果では気孔の損傷から開閉機能が働かなくなると蒸散量が大きくなっていると考えられる。一方、後者の結果からは、乾燥条件下では果実

の蒸散量が少なくなり、果皮表面温度が上昇して日焼け果の発生が多くなると推察される。すなわち、日焼け果の発生機構は、最初、果皮表面温度が上昇して油胞や気孔の損傷が発生して油胞、油胞間に変色あるいは黄変、次に気孔の損傷によって開閉機能が働かなくなり異常蒸散が生じて果皮の硬化、褐変、果肉のす上がりなどの症状へ進むものと示唆される。また、日焼け果が発生する果皮表面温度の上昇は、強日射によって果皮表面が高温となり果皮表面の蒸散による冷却機能の限界を超える、あるいは乾燥状態での冷却機能の低下によって生ずると推察される。

日焼け果の発生と温度との関係について調査した報告は多数あり、大垣ら(1967)の調査した結果では、9月10日と12日に果皮表面温度が43~45℃となり、気温に対して10~17℃高く、一方で日陰側の果皮では気温と同じ程度かむしろ2~3℃低いとしている。また、近泉(2007)は8月29日に調査して、気温が30℃前後の場合、日射部の果皮温度は40℃前後に高まって気温よりも約10℃高くなり、日陰部では1~3℃低くなることを報告している。本試験においても同様の傾向を示し、日焼け果が生じやすい外成り果の果皮表面温度は7月30日から8月1日の晴天時で43~44℃とほ場の外気温と比べて5℃、下関地方気象台の本センター内に設置されている安下庄アメダスポイントと比べて10℃程度高くなった。

次に、これらの果皮表面温度の実態を踏まえて、電熱線を利用して40~50℃の熱処理を行い、日焼け症状が発生する温度を明らかにした。すなわち、「宮川早生」において8から9月までの間では生育ステージが進んだ果実ほど日焼け症状が発生しやすく、8月では45℃以上に遭遇することで、9月については40℃以上に遭遇することで日焼けの症状が生ずると考えられる。なお、50℃の熱処理では、翌日に果皮が褐変あるいは灰色化したのが、通常の日焼け症状とは異なるように観察された。

日焼け症の発生は水分の供給不足が一要因とされており、山頂に近いところや稜線に沿った園地に多く、水田転換園で少ないなどの園地条件を調査した報告(倉岡ら, 1962)はあるが、日焼け症と樹体水分との関係を示した報告は少ない。山口県が「清見」を種子親に、「吉浦ポンカン」を花粉親に育成した中晩生カンキツ「せとみ」では、7月下旬から9月中旬までの期間にLWPが-0.7~-0.9 MPaの乾燥条件を継続させた場合に日焼け果が多発生した。その理由としては、

乾燥条件下の樹では蒸散量が少なく果皮表面温度が高かったことから、水分不足によって蒸散量が低下し、冷却機能が十分に働かなかつたためと推察される。さらに「せとみ」について、7月下旬から9月中旬まで湿潤状態(-0.5~-0.7MPa)と9月中旬から11月までを乾燥状態(-0.7~-0.9MPa)の維持は、日焼けの発生を軽減しつつ糖度や着色などの果実品質向上効果を可能にすることが明らかとなった。

筆者ら(2015)や副島ら(2012)は、炭酸カルシウム剤の樹冠散布が日焼け果の発生を抑制することを報告している。本試験では、日焼け果の発生軽減効果が高い散布時期を検討し、その散布は梅雨明け後の7月下旬と8月中旬の2回であることを明らかにした。日焼けが軽減される要因の一つとして、炭酸カルシウム剤の樹冠散布によって果皮表面温度が2°C程度低くなることを明らかにした。さらに、出荷時に問題となる炭酸カルシウム剤によって生ずる果皮表面の白斑除去方法について検討した。早生温州に炭酸カルシウム剤を7月下旬と8月下旬の2回散布をして、その約2か月後に収穫した果実の白斑は選果場の選果ラインでの一連の処理(水洗、ブラッシングおよび鮮度保存被膜剤の塗布処理)によって除去できることを明らかにした。また、収穫した果実に炭酸カルシウム剤を処理して翌日に同様の処理した結果、果皮の白斑は25~250倍の濃度では残ったが、500~2,000倍の濃度では除去された。この二つの結果と採取時の白斑の程度から、早生ウンシュウでは日焼け果軽減のための炭酸カルシウム剤25~50倍液の樹冠散布は問題なく、極早生ウンシュウにおいても散布から収穫までの間に1~2回降雨があれば問題なく使用できると推察される。今後は、極早生ウンシュウにおける採取時期と選果場での白斑除去の程度を、さらに選果場を使用しない直売所向けの果実を想定した効率的な除去方法についても検討する必要がある。

現場では日焼け軽減対策の一つとして、白色のテトロン製果実袋を被覆する方法やクラフトテープを果実の陽光面に貼る方法が実施されている。そこで、本試験では桃色のテトロン製果実袋や数種のテープ資材を供試して日焼けに及ぼす影響を調査した。日焼けの軽減効果はテトロン製果実袋が最も高く、次いで各種テープ資材であった。ただし、テープ資材を陽光面の果皮表面に張り付けると、クラフトテープと塗装用マスキングテープにおいてのり痕跡が認められた。大垣ら(1962)によると、新聞紙小片の果面貼り付け試験に

おいて市販ヤマト糊および自家製糊で貼り付けたものでは収穫して新聞紙小片を剥いた後が汚染されない一方、セロテープで張り付けたものは果面に痕跡が残ることを報告している。障害の認められたクラフトテープと塗装用マスキングテープの基材は各々、クラフト紙とクレープ紙、ゴム系の粘着剤であった。なお、果面にのりの痕跡が残らなかった鉄鋼用・床用養生テープは、基材がポリエチレンクロスで、粘着剤はアクリル系である。このことから、糊の痕跡要因は粘着剤と貼り付ける素材の種類や組み合わせによるものと推察される。なお、鉄鋼用養生テープと床用養生テープの粘着力は、前者が4.7N/10mm、後者が3.2N/10mmであり、強風による耐性を考えれば、粘着力の高い鉄鋼用養生テープが日焼け軽減資材として適すると推察される。本試験では、テトロン製果実袋またはテープを果皮表面に貼り付けることによる着色への影響はほとんど認められなかった。今後は、8分着色以上の果実を収穫する早生カンキツや被覆期間が長期にわたる中晩生カンキツなどで試験を実施して、着色および果皮色などへの影響を調査する必要がある。

摘 要

世界および日本の年平均気温が上昇しており、今後、さらなる温暖化によって夏季の高温が予想される中、カンキツ果実において日焼けなどの被害の拡大が見込まれる。このため、日焼け果の発生要因および軽減対策について調査し、以下の結果を得た。日焼け果は健全果と比べて果皮表面温度が高くなり、蒸散量は多かった。日焼け部位の果皮をスンプ法で観察すると単位面積当たりの気孔数は少なく、孔辺細胞の形状が押しつぶされた状態に変化していた。夏季の晴天時、ほ場の外気温は38°C程度まで上昇するのに対して、樹冠外周部の外成り果の果皮表面温度は43~44°C、内成り果では37°C程度であった。この実態を踏まえて、電熱線を利用して40~50°Cの熱処理を行った結果、8から9月までの期間では生育ステージが進んだ果実ほど日焼け症状は発生しやすく、8月では45°C以上に、9月では40°C以上に3時間以上遭遇することで日焼けの症状が生じた。また、「せとみ」では7月下旬から9月中旬までの期間に葉内最大水ポテンシャル-0.7~-0.9MPaの乾燥条件を継続させた場合、日焼け果が多発生した。7月下旬から9月中旬まで湿潤状態(-0.5~-0.7MPa)と9月中旬から11月までを乾燥状態(-0.7~-0.9MPa)

の維持は、日焼けの発生を軽減しつつ、糖度や着色などの果実品質向上に有効であることが明らかとなった。軽減対策については、炭酸カルシウム剤を樹冠散布することによって日焼け軽減効果が認められ、効果の高い散布時期は梅雨明け後の7月下旬と8月中旬の2回であることを明らかにした。さらに、炭酸カルシウム水和剤を樹冠散布すると果実に白斑が付くものの、収穫した後の選果場の選果ラインでの一連の処理によって白斑が除去されることを確認した。テトロン製果実袋と数種のテープ資材を供試して日焼けに及ぼす影響を調査した結果、日焼け軽減効果はテトロン製果実袋が最も高く、テープ資材では粘着力が高く、のり跡も認められない鉄鋼用養生テープが有効と考えられる。

焼け障害防止に関する試験(第2報)防止試験(2)袋掛期間並びに、被害度と気象条件、光線の波長との関係. 神奈川園試研報. 10: 17-24.
杉浦俊彦・杉浦裕義・阪本大輔・朝倉利員. 2009. 温暖化が果樹生産に及ぼす影響と適応技術. 地球環境. 14(2): 207-214.

引用文献

- 近泉惣次郎. 2007. カンキツ類の果皮障害の発生原因とその防止対策. 愛媛大学農学部紀要. 52: 13-123.
- 副島康義・宮崎俊英・荒牧貞幸. 2012. カンキツ黒点病に対する炭酸カルシウム水和剤の防除効果. 九州病害虫研究会報. 58: 121.
- 林田誠剛. 2011. 中晩生カンキツの果面障害発生実態と‘せとか’における発生軽減技術. 長崎農林技セ研報. 2: 129-142.
- 兼常康彦・西岡真理・宮田明義. 2015. 炭酸カルシウム剤の樹冠散布がウンシュウミカンの果実品質に及ぼす影響. 園学研. 14(別2).
- 倉岡唯行・松本和夫・門屋一臣・向井武. 1962. 早生ウンシュウミカン果実の日焼け防止に関する研究(第1報)日焼け発生と気象条件. 園学要旨. 昭37春: 6.
- 気象庁. 2019. 気候変動監視レポート2018. p. 29. 東京.
- 真子正史. 1982. 日焼け. p. 411-414. 農業技術体系果樹編1カンキツ. 農文協. 東京.
- 農林水産省果樹試験場興津支場. 1987. カンキツの調査方法-1987-. p. 12. 静岡.
- 大垣智昭・中島利幸・牛山鉄司. 1967. 早生温州果の日焼け障害防止に関する試験(第3報)発生限界果実温と機構および、網被覆による防止法について. 神奈川園試研報. 15: 1-8.
- 大垣智昭・関野茂・牛山鉄司. 1962. 早生温州果の日

山口型放牧の更なる省力管理技術の検討

—牛衣を用いた放牧牛の暑熱対策—

鈴木 真士・古澤 剛*・鳴重 夏美**・刀禰 瑞世**

Examination of a Labor-Saving Management Technology During Yamaguchi-Type Grazing
- Measures to Reduce Stress Caused by Summer heat by Dressing Cattles with Clothes -

SUZUNAGA Shinji, FURUSAWA Takeshi, NARUSHIGE Natsumi and TONE Mizuyo

Abstract: Grazing cattle are exposed to heat stress owing to strong summer sunlight. To investigate the heat stress-mitigating effect of cattle clothes, cattle were covered in cattle clothes in summer and the effect was judged based on changes in body temperature. The shading material is durable and can be used continuously for about 3 weeks. Therefore, the basic use is for short periods, of less than 3 weeks. Short-term use until suitable shade facility is installed is considered appropriate.

Key Words: grazing, cattle clothing, heat measure

キーワード: 放牧、牛衣、暑熱対策

緒言

山口型放牧は、和牛繁殖雌牛の飼養において低コストで省力的な管理技術として、県内の各地域で普及している(山口県畜産技術協会, 2006)。そのなかで、梅雨明け以降の夏期においては、特に日射が強くなり、かつ高温となることから、放牧牛にとって暑熱ストレスの多い時期である(農研機構近畿中国四国農業研究センター大田研究拠点, 2009)。

このようなことから、放牧牛の暑熱ストレス低減や熱射病を予防するために、日陰のない放牧地においては、人工的に日陰を作り出すため寒冷紗を張った簡易な庇陰舎が設けられる(農研機構近畿中国四国農業研究センター大田研究拠点, 2009)。しかしながら、夏期における庇陰舎の設置作業は、高温下で負担が大きい上に、放牧牛の移動を伴う場合には、その都度、庇陰舎の設置場所を変える必要が生じる。

このような背景から、庇陰舎に代わる簡易な暑熱対策技術として、牛体への直射日光を避けるため、夏期を快適に過ごせるとされるアパレル用途の冷感素材や農業用遮光素材に着目し、それらの生地で作成した牛衣を着せることによる放牧牛の体温低減効果を調査した。

*現在: 柳井農林水産事務所、**現在: 山口県畜産振興課

材料および方法

1 試験研究期間、供試牛

本研究期間は、2014年度～2017年度、供試牛は黒毛和種繁殖雌牛の妊娠牛を用いた。

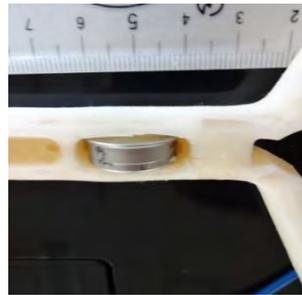
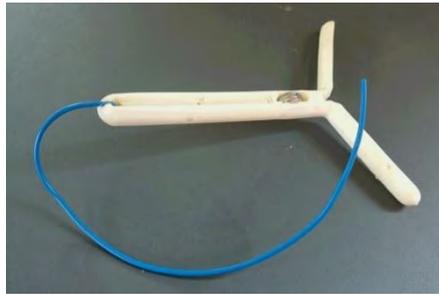
なお、飼養管理は試験地を電気牧柵で囲み放牧を行い、補助飼料は給与しなかった。

2 暑熱対策試験

1) 腔内固定型の体温測定器の試作

暑熱環境下において、牛は日射にさらされると呼吸数を増加させるとともに体温が上昇し、暑熱ストレスとなる(農研機構近畿中国四国農業研究センター大田研究拠点, 2009)。そこで、牛に対する暑熱ストレス低減の指標として、今回の試験では体温を測定することとした。

放牧牛の体温測定は、一般に測定者がその都度牛を捕獲し、直腸に体温計を差し込み測定する。広い面積の放牧場においては捕獲自体に時間がかかるとともに、誘導や追い込みで牛が動きまわることにより体温の上昇も考えられる。このように放牧牛の日中体温を継続的に測定することは、煩雑で困難なことから、腔



第1図 試作した体温測定器（全体） 第2図 試作した体温測定器（ボタン電池型温度ロガーを埋設した状況） 第3図 放牧牛へ着せた牛衣の外観

内固定型の体温測定器を試作した。すなわち、市販されている腔内留置型黄体ホルモン製剤である商品Aの中央部を刃物で削り、直径約17mm、厚さ約6mmのボタン電池型温度データロガーを埋設し、これを腔内に固定することで腔内温度の測定と記録を行えるようにした（第1図、第2図）。

試作品による体温測定の精度を検証するため、供試牛1頭に本品を取り付けて繫留し、腔内温度を15分間隔で測定するとともに15分間隔で直腸温度を測定した。その後本品を回収し、記録されたデータから腔内温度と直腸温度の相関係数を算定し、供試可能な精度かどうかを判断した。

2) 牛衣の形状と用いた素材及び体温測定方法

試作する牛衣は、牛の体表面への直射日光を効果的に避けること、かつ普及性を考えた場合に、構造が簡易で利用者が作製しやすいものとした。長さ約150cmで幅約150cmの正方形の生地を、放牧牛のき甲部前部から尾根部にかけ背線より両端にたらし、腹部側を25mm幅のゴムテープで緊縛した（第3図）。

生地の素材は、2種類を選定しそれぞれ冷感素材区、遮光素材区とした。まず、冷感素材区は、繊維メーカーB社より提供を受けたもので、材質はポリアミド系エラストマーで主にアパレル用途である。高い吸熱、放熱性能と冷感性が持続しやすい特徴とされている。一方、遮光素材区は、ホームセンター等で農業用遮光資材を利用し、人の頭部から腰部の直射日光を遮るマントとしてC社が販売しているものであり、遮光率は80%、材質はポリエチレン100%である。

比較対照として、通常放牧地に設置される寒冷紗を設置した庇陰施設区と牛衣、庇陰のいずれも施さない無処理区を設けた。

調査は、2014年の9月の12時から15時の間に15分毎に腔内固定型の体温測定器で調査した。黒毛和種繁殖雌牛4頭を供試し、1頭がすべての試験区に1日

ずつ滞在するようにし、1頭/区となるように配置した。

3) 牛衣の脱落防止方法

牛衣は、耕作放棄地や樹木のある場所では生地を障害物に引っ掛けて脱落させる可能性もある。このことから、まず平場で2頭に牛衣を着せて放牧を行い、牛衣のずれや脱落状況を確認し、どの程度の期間牛の飼養者の手をかけずに継続的な着用が可能であるかを、2017年8月から10月にかけて調査した。

牛衣の着用法として、以下の3通りの方法を試みた。いずれも、牛の背線から両側に牛衣を垂らし、固定にゴムテープを使用した。

試作1は、胸垂前部で1か所、左右の肘後から反対側の下けん部にそれぞれクロスさせ2か所、尾根部から尾杖下を通り反対側の尾根部に1か所、計4か所取り付けた。

試作2では胸垂前部で1か所、左右の前胸から胸底をとおり反対側の肘後にそれぞれクロスさせ2か所、腹部で中央部に1か所、下けん部で1か所、尾根部から尾杖下を通り反対側の尾根部に1か所、計6か所取り付けた。

試作3では、胸垂前部で1か所、前胸部で1か所、肘後で1か所、腹部で中央部に1か所、下けん部で1か所、尾根部から尾杖下を通り反対側の尾根部に1か所、計6か所取り付けた。

4) 製作コスト

製作コストは、使用した材料費により算出した。

結果および考察

1 腔内固定型の体温測定器の有用性

試作した腔内固定型の体温測定器に内蔵したボタン電池型温度データロガーで15分毎に測定した腔内温

第1表 腔内温度と直腸温度

区分	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	相関係数
腔内温度 (°C)	38.3	38.3	38.2	38.2	38.3	0.873
直腸温度 (°C)	38.4	38.5	38.6	38.6	38.5	

注) 供試牛1頭の腔内と直腸の温度を15分おきに測定

度と体温計で同時刻に測定した直腸温度を第1表に示した。腔内温度と直腸温度の相関係数は0.873となり、両者には高い相関が認められたため、以下の牛衣による暑熱ストレスの低減効果を判定する指標として、試作した体温測定器で測定した腔内温度を用いることとした。

また、試作した測定器は、今回の試験に供用した述べ7日間の使用中にトラブルはなく、連続使用に耐え、体温測定の実用に耐えうると考えられた。

2 牛衣を用いた暑熱ストレスの低減効果の比較

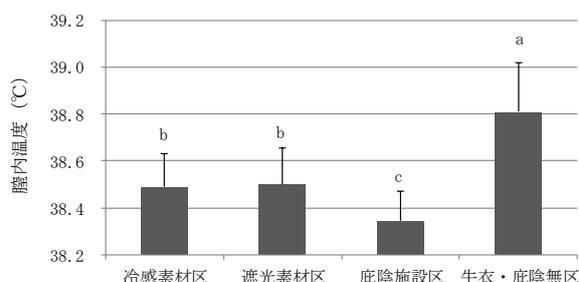
放牧時の日中の腔内温度を第4図に示した。直射日光を浴びた対照区が38.8°Cと最も高く、一般に設置される庇陰施設区が38.3°Cと最も低くなった。牛衣として用いた冷感素材区が38.5°C、遮光素材区が38.5°Cであり対照区と庇陰施設中間の値であり体温の上昇抑制が確認された。このことから、両素材とも暑熱ストレス低減効果があると考えられた。

両牛衣区の効果は同程度であったが、アパレル素材である冷感素材区は、3年間の屋外使用で生地劣化が著しかった。本素材は、本来衣類としてこまめに着替え、洗濯されるものであり、屋外の連続使用は想定しておらず紫外線による生地劣化が生じたためと考えられる。一方、遮光素材区は、本来農業用の遮光素材であることから、同条件での使用にも問題なかったことから、普及を想定した場合牛衣としては、入手のし易さも含め遮光素材が適当と考えられた。

また牛衣は、牛体への直射日光を防ぐことに加え、牛体に生える体毛により密着せず一定空間ができたことも体温の上昇を抑制し、暑熱ストレス低減に効果があると考えられる。

3 牛衣の脱落状況

牛衣を試作し、着用後の脱落やずれを継続的に観察し、その結果を第2表に示した。牛衣は、着脱の簡単さから、まず試作1を調査したが、試験牛Aは3日目



第4図 放牧時の日中の体温

注) 各処理区内で各異符号間にはt検定により5%水準で有意差あり

に牛衣がずれたため試験を中止し、試験牛Bは7日目に脱落し短期間の使用に限られた。試作2では試験牛Aは7日目に脱落し、試験牛Bは25日目に牛衣がずれたため試験を中止した。試作3では試験牛Aが22日目に脱落し、試験牛Bでは25日目に脱落した。

牛衣脱落の原因は、牛が着衣に対する不快感から取り除こうする行為ではなく、横臥した状態から立ち上がる際に、曲げた肢締を延ばし、踏ん張る動作により、肢締を腹側のゴムテープに引っ掛けたり、ゴムテープが常にテンションのかかった状態で密着性能が落ちて、牛衣がずれることで最終的に脱落すると推測された。

4 製作コスト

試作1、2、3の製作コストを第3表に示した。試作3は10,213円であった。

一般的に牛衣は、牛舎内において冬期の子牛保温用として着せるものや、共進会での飾り付けに用いられる。いずれも、牛舎内の飼養者の目が届く範囲や、屋外での共進会場で短時間着用させるものである。そのため、牛衣のずれは気づけば直すことができる。今回、放牧地で連続的に着せる牛衣については事例が見当たらず、試作したものに改良を加えるという方法をとった。放牧ではダニ駆除剤を3週間おきに塗布(熊本畜産協会, 2006)することが放牧衛生の基本であり、その都度牛を捕捉し塗布することになる。牛衣の使用を

第2表 遮光素材区の耐久性 (脱落状況)

区分		脱落状況	試作内容
試作1	試験牛A	3日目に牛衣のずれ	牛衣を腹部側で固定(頸部から尾部にかけゴムテープ4か所)
	試験牛B	7日目に脱落	
試作2	試験牛A	7日目に脱落	牛衣を腹部側で固定(頸部から尾部にかけゴムテープ6か所)
	試験牛B	25日目に牛衣のずれ	
試作3	試験牛A	22日目に脱落	試作2のゴムテープの掛け方変更
	試験牛B	25日目に脱落	

第3表 牛衣の製作コスト (1頭当たり)

区分		小計	合計
試作1	ゴムテープ・金具	853円	9,813円
	生地	8,960円	
試作2	ゴムテープ・金具	1,335円	10,295円
	生地	8,960円	
試作3	ゴムテープ・金具	1,253円	10,213円
	生地	8,960円	

想定した場合、その際に状況を確認し、牛衣のずれや破損状況の確認、場合によっては交換することもできると考えられる。その点から、3週間程度の連続使用が可能であったことは、実用的な利用の最低限のラインに到達していると考えられた。

摘要

夏期に牛衣を着せることによる暑熱ストレス低減効果を確認するため、牛衣に用いる資材の種類と着用方法を検討した。ストレス低減効果は、自作した腔内固定型体温計を用いて腔内温度を測定することで評価した。体温低下効果と耐久性及び入手のしやすさから、農業用遮光資材を用いた牛衣が優れると判断した。本牛衣は、3週間程度はずれなく安定して着衣することができた。

引用文献

- 熊本県畜産協会. 2006. 広域放牧マニュアル. 熊本, 農研機構近畿中国四国農業研究センター大田研究拠点. 2009. よくわかる移動放牧Q&A. 島根.
山口県畜産技術協会. 2006. 山口型放牧マニュアル放牧技術編. 山口.

訂正のお願い

「山口県農林総合技術センター研究報告（令和元年9月発行）」掲載内容に誤りがございました。ご迷惑をおかけしましたことをお詫びするとともに、以下のとおり訂正させていただきます。

なお、HP上に掲載されている内容につきましては、訂正が反映されております。

1 該当箇所

「白おからのブランチング冷凍貯蔵技術の確立」（掲載ページ：P1～6）

2 修正内容

※ : 訂正箇所

誤	第3表 温度と時間の組み合わせ処理が色 (L*)に及ぼす影響																																																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">条件</th> <th colspan="6">色</th> </tr> <tr> <th>極小</th> <th>小</th> <th>中</th> <th>規格外大</th> <th>M</th> <th>L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80℃ 1分</td> <td>36.6</td> <td>37.9 ab</td> <td>39.3</td> <td>40.9 c</td> <td>40.0 b</td> <td>40.1 b</td> </tr> <tr> <td>80℃ 3分</td> <td>36.3</td> <td>41.4 a</td> <td>48.9 a</td> <td>45.8 b</td> <td>45.3 ab</td> <td>44.9 ab</td> </tr> <tr> <td>100℃ 1分</td> <td>35.5</td> <td>42.0 a</td> <td>48.6 a</td> <td>49.4 a</td> <td>48.9 a</td> <td>47.5 a</td> </tr> <tr> <td>100℃ 3分</td> <td>34.9</td> <td>34.7 b</td> <td>43.4 ab</td> <td>45.7 b</td> <td>43.0 ab</td> <td>45.8 a</td> </tr> </tbody> </table> <p>1)食塩：添加なし 貯蔵温度：-30℃ 2)ブランチング処理後冷凍し、1 か月経過時に流水解凍して色差計で測定した 3)各項目内で異符号間には、Turkeyの多重比較法により5%水準で有意差あり</p>	条件	色						極小	小	中	規格外大	M	L	80℃ 1分	36.6	37.9 ab	39.3	40.9 c	40.0 b	40.1 b	80℃ 3分	36.3	41.4 a	48.9 a	45.8 b	45.3 ab	44.9 ab	100℃ 1分	35.5	42.0 a	48.6 a	49.4 a	48.9 a	47.5 a	100℃ 3分	34.9	34.7 b	43.4 ab	45.7 b	43.0 ab	45.8 a																						
条件	色																																																															
	極小	小	中	規格外大	M	L																																																										
80℃ 1分	36.6	37.9 ab	39.3	40.9 c	40.0 b	40.1 b																																																										
80℃ 3分	36.3	41.4 a	48.9 a	45.8 b	45.3 ab	44.9 ab																																																										
100℃ 1分	35.5	42.0 a	48.6 a	49.4 a	48.9 a	47.5 a																																																										
100℃ 3分	34.9	34.7 b	43.4 ab	45.7 b	43.0 ab	45.8 a																																																										
P3	<p>※項目名の表記変更 ※「規格外・中・80℃ 1分」に符号を記載</p> <p style="text-align: center;"> 第3表 温度と時間の組み合わせ処理が色 (L*)に及ぼす影響 </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">条件</th> <th colspan="6">色</th> </tr> <tr> <th colspan="4">規格外</th> <th colspan="2">規格</th> </tr> <tr> <th>極小</th> <th>小</th> <th>中</th> <th>大</th> <th>M</th> <th>L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80℃ 1分</td> <td>36.6</td> <td>37.9 ab</td> <td>39.3 b</td> <td>40.9 c</td> <td>40.0 b</td> <td>40.1 b</td> </tr> <tr> <td>80℃ 3分</td> <td>36.3</td> <td>41.4 a</td> <td>48.9 a</td> <td>45.8 b</td> <td>45.3 ab</td> <td>44.9 ab</td> </tr> <tr> <td>100℃ 1分</td> <td>35.5</td> <td>42.0 a</td> <td>48.6 a</td> <td>49.4 a</td> <td>48.9 a</td> <td>47.5 a</td> </tr> <tr> <td>100℃ 3分</td> <td>34.9</td> <td>34.7 b</td> <td>43.4 ab</td> <td>45.7 b</td> <td>43.0 ab</td> <td>45.8 a</td> </tr> </tbody> </table> <p>1)食塩：添加なし 貯蔵温度：-30℃ 2)ブランチング処理後冷凍し、1 か月経過時に流水解凍して色差計で測定した 3)各項目内で異符号間には、Turkeyの多重比較法により5%水準で有意差あり</p>	条件	色						規格外				規格		極小	小	中	大	M	L	80℃ 1分	36.6	37.9 ab	39.3 b	40.9 c	40.0 b	40.1 b	80℃ 3分	36.3	41.4 a	48.9 a	45.8 b	45.3 ab	44.9 ab	100℃ 1分	35.5	42.0 a	48.6 a	49.4 a	48.9 a	47.5 a	100℃ 3分	34.9	34.7 b	43.4 ab	45.7 b	43.0 ab	45.8 a																
条件	色																																																															
	規格外				規格																																																											
	極小	小	中	大	M	L																																																										
80℃ 1分	36.6	37.9 ab	39.3 b	40.9 c	40.0 b	40.1 b																																																										
80℃ 3分	36.3	41.4 a	48.9 a	45.8 b	45.3 ab	44.9 ab																																																										
100℃ 1分	35.5	42.0 a	48.6 a	49.4 a	48.9 a	47.5 a																																																										
100℃ 3分	34.9	34.7 b	43.4 ab	45.7 b	43.0 ab	45.8 a																																																										
誤	第5表 貯蔵中における品質																																																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">規格</th> <th colspan="4">色 (L*)</th> <th colspan="4">粘性</th> <th colspan="4">一般生菌数 (cfu)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">月</th> <th colspan="4">月</th> <th colspan="4">月</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M</td> <td>50.6</td> <td>48.0</td> <td>47.6</td> <td>48.2</td> <td>4.7</td> <td>4.6</td> <td>4.7</td> <td>4.6</td> <td>2.8×10^2</td> <td>2.4×10^2</td> <td>2.5×10^2</td> <td>2.8×10^2</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>52.7</td> <td>47.4</td> <td>48.2</td> <td>47.6</td> <td>4.2</td> <td>4.3</td> <td>4.2</td> <td>4.2</td> <td>3.4×10^2</td> <td>2.9×10^2</td> <td>3.2×10^2</td> <td>3.5×10^2</td> </tr> </tbody> </table> <p>1)ブランチング：100℃ 時間：1分 食塩：添加なし 貯蔵温度：-30℃ 2)ブランチング処理後冷凍し、3,8,15 か月経過時に流水解凍して色差計、物性試験器、寒天培地で測定した 3)色：数値大(白) ←→数値小(黒) 4)粘性：数値大(大) ←→数値小(小) 5)測定は4 反復とした</p>	規格	色 (L*)				粘性				一般生菌数 (cfu)				月				月				月				0	3	8	15	0	3	8	15	0	3	8	15	M	50.6	48.0	47.6	48.2	4.7	4.6	4.7	4.6	2.8×10^2	2.4×10^2	2.5×10^2	2.8×10^2	L	52.7	47.4	48.2	47.6	4.2	4.3	4.2	4.2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.5×10^2
規格	色 (L*)				粘性				一般生菌数 (cfu)																																																							
	月				月				月																																																							
	0	3	8	15	0	3	8	15	0	3	8	15																																																				
M	50.6	48.0	47.6	48.2	4.7	4.6	4.7	4.6	2.8×10^2	2.4×10^2	2.5×10^2	2.8×10^2																																																				
L	52.7	47.4	48.2	47.6	4.2	4.3	4.2	4.2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.5×10^2																																																				
P4	<p>※一般生菌数の単位を修正</p> <p style="text-align: center;"> 第5表 貯蔵中における品質 </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">規格</th> <th colspan="4">色 (L*)</th> <th colspan="4">粘性</th> <th colspan="4">一般生菌数 (cfu/g)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">月</th> <th colspan="4">月</th> <th colspan="4">月</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> <th>0</th> <th>3</th> <th>8</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M</td> <td>50.6</td> <td>48.0</td> <td>47.6</td> <td>48.2</td> <td>4.7</td> <td>4.6</td> <td>4.7</td> <td>4.6</td> <td>2.8×10^2</td> <td>2.4×10^2</td> <td>2.5×10^2</td> <td>2.8×10^2</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>52.7</td> <td>47.4</td> <td>48.2</td> <td>47.6</td> <td>4.2</td> <td>4.3</td> <td>4.2</td> <td>4.2</td> <td>3.4×10^2</td> <td>2.9×10^2</td> <td>3.2×10^2</td> <td>3.5×10^2</td> </tr> </tbody> </table> <p>1)ブランチング：100℃ 時間：1分 食塩：添加なし 貯蔵温度：-30℃ 2)ブランチング処理後冷凍し、3,8,15 か月経過時に流水解凍して色差計、物性試験器、寒天培地で測定した 3)色：数値大(白) ←→数値小(黒) 4)粘性：数値大(大) ←→数値小(小) 5)測定は4 反復とした</p>	規格	色 (L*)				粘性				一般生菌数 (cfu/g)				月				月				月				0	3	8	15	0	3	8	15	0	3	8	15	M	50.6	48.0	47.6	48.2	4.7	4.6	4.7	4.6	2.8×10^2	2.4×10^2	2.5×10^2	2.8×10^2	L	52.7	47.4	48.2	47.6	4.2	4.3	4.2	4.2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.5×10^2
規格	色 (L*)				粘性				一般生菌数 (cfu/g)																																																							
	月				月				月																																																							
	0	3	8	15	0	3	8	15	0	3	8	15																																																				
M	50.6	48.0	47.6	48.2	4.7	4.6	4.7	4.6	2.8×10^2	2.4×10^2	2.5×10^2	2.8×10^2																																																				
L	52.7	47.4	48.2	47.6	4.2	4.3	4.2	4.2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.5×10^2																																																				

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程

平成 21 年 6 月 1 日 制定

平成 25 年 2 月 1 日 改正

平成 26 年 7 月 16 日 改正

令和元年 7 月 8 日 改正

1 目 的

山口県農林総合技術センター研究報告（以下「研究報告」という。）および山口県農林総合技術センター特別研究報告（以下「特別研究報告」という。）に係る投稿の取り扱いについては、この規程に定めるところによる。

2 投 稿 者

投稿者は、山口県農林総合技術センターの研究職員または当センターの研究職員であった者に限る。ただし、共同執筆者に前記以外の者を含むことは差しかえない。

3 論 文

(1) 研究報告に投稿できる論文は、山口県農林総合技術センター試験研究評価実施要領に規定する中間評価または完了評価において成果の取り扱いを研究報告とされた課題（以下「研究報告課題」という。）および受託試験事業で受託した課題（以下「受託課題」という。）についてとりまとめた報文または短報とする。論文は未発表のものに限る。

ただし、学会などにおいて口頭・ポスター発表したもので、別途発表していないものはこの限りでない。

(2) 投稿できる期限は原則として、研究報告課題については評価を受けた年度の翌々年度、受託課題については課題が終了した年度の翌々年度までとする。

(3) 短報は、報文にまとめ得ないが速やかに発表すべき内容を持つもので、分割報告の形式はとらない。研究が完成した場合の再掲載は妨げない。

(4) 特別研究報告に投稿できる論文は、完了した試験研究課題の成果を総合的にとりまとめた報文一編で博士論文相当のものとする。

4 原稿の作成及び提出

(1) 研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。その論文のページ数は、図表を含め原則として原稿 10 ページ以内とし、短報は 2 ページとする。

(2) 研究報告に投稿する論文は、担当編集委員の校閲を受けた上で、編集委員会 で 定 め た 日 ま で に 編 集 委 員 会 事務局に提出しなければならない。

(3) 特別研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。

(4) 特別研究報告に投稿する論文は、随時編集委員会事務局へ提出できる。

5 投稿された論文の掲載採否及び順位

(1) 研究報告は、編集委員会において投稿された論文の掲載採否及び順位の案を作成し、農林総合技術センター所長（以下「所長」という）が決する。

(2) 特別研究報告は、編集委員会において投稿された論文の採否の案を作成し、所長が決する。

6 校正及び印刷

(1) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文は、編集委員会が必要と認めた場合、著者に原稿または図・表の校正を要求し、あるいは説明を求めることができる。

(2) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文の著者による校正は原則として初校のみとし、文章、図・表の変更や追加は原則として認めない。

(3) 研究報告に投稿された論文は、編集委員会 で そ の 内 容 に 基 づ き 報 文 と 短 報 の 区 分 替 え を 行 う こ と が 可 能 である。

7 その他

この規程に定めるもののほか、研究報告および特別研究報告について必要な事項は編集委員会 で 別 に 定 め る。

附則

1 平成 25 年 2 月 1 日改正は平成 25 年 4 月 1 日から施行する。

2 平成 25 年 7 月 16 日改正は平成 26 年 8 月 1 日から施行する。

3 令和元年 7 月 8 日改正は令和元年 8 月 1 日から施行する。

山口県農林総合技術センター研究報告編集委員会
Editorial Board

編集委員長
Editor in Chief

村本 和之

MURAMOTO Kazuyuki

編集委員
Editors

徳永 哲夫
TOKUNAGA Tetsuo

岡崎 亮
OKAZAKI Akira

金子 和彦
KANEKO Kazuhiko

日高 輝雄
HIDAKA Teruo

品川 吉延
SHINAGAWA Yoshinobu

吉村 剛志
YOSHIMURA Tsuyoshi

松本 容二
MATSUMOTO Youji

秋友 一郎
AKITOMO Ichiro

小枝 登
KOEDA Noboru

山口県農林総合技術センター研究報告
第 11 号

発行日 令和2年（2019年）3月

発行 山口県農林総合技術センター
〒753-0231 山口県山口市大内氷上一丁目1番1号
TEL 083-927-0211 FAX 083-927-0214

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No.11

CONTENTS

1101	Low-Cost, Labor-Saving High-Yield Cultivation of Forage Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) KANEKO Kazuhiko, IKEJIRI Akihiko	1
1102	Effects of Transplanting Time and Nitrogen Application on the Yield and Quality of ‘Yamadanishiki’ Rice Variety of Suitable for Brewing MAEOKA Yousuke, KANEKO Kazuhiko, NAKANO Kunio, IKEJIRI Akihiko JINNOUCHI Teruhisa, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta	22
1103	Development of Super-forcing Cultivation Technology of Field Wasabi for Processing Raw Materials that can Harvest Flower Stems HIDAKA Teruo, KIMURA Yasushi, TSURUYAMA Johshin, FUJII Kouei and MYOUGATANI Norifumi	34
1104	Control Measures for Green and Blue Molds in the Citrus Cultivar ‘Setomi’ MURAMOTO Kazuyuki, SERA Tomoka and KANETSUNE Yasuhiko	48
1105	Studies on the Mechanism of Sunscald Occurrence and its Mitigation in Citrus Fruit KANETSUNE Yasuhiko, SERA Tomoka and NISHIOKA Mari	61
1106	Examination of a Labor-Saving Management Technology During Yamaguchi-Type Grazing - Measures to Reduce Stress Caused by Summer heat by Dressing Cattles with Clothes - SUZUNAGA Shinji, FURUSAWA Takeshi, NARUSHIGE Natsumi and TONE Mizuyo	74