

BULLETIN
OF THE
WAKAYAMA PREFECTURAL EXPERIMENT STATIONS
OF
AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES

NO. 7 March 2019

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第7号

平成31年3月

和歌山県農林水産部

Wakayama Prefectural
Agriculture, Forestry and Fisheries Department

目 次

【農業試験場】

実エンドウ栽培における太陽熱土壌消毒前全量基肥施用技術の確立

(第1報) 微生物分解性肥料を用いた肥効調節 ----- 1~9

橋本真穂・三宅英伸・林 恭弘

糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒によるトマト青枯病の防除 ---- 11~22

林 佑香・大谷洋子

【農業試験場暖地園芸センター】

和歌山県育成スターチス・シヌアータ品種における夏季無冷房育苗が促成栽培での

生育および開花に及ぼす影響 ----- 23~35

宮前治加・小川大輔

【果樹試験場】

極早生ウンシュウミカン‘YN26’の生育および果実品質と気象条件との関連 ----- 37~43

田嶋 皓・鯨 幸和・岩倉拓哉・古田貴裕

ウンシュウミカン‘きゅうき’幼木時の枝梢管理および結実管理が樹体生育に及ぼす影響 -- 45~54

中地克之・岡室美絵子・中谷 章・水上 徹・鯨 幸和

【果樹試験場かき・もも研究所】

モモ黄肉品種‘つきあかり’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発 ----- 55~62

和中 学・堀田宗幹・有田 慎・根来圭一

キウイフルーツかいよう病菌(Psa3)の樹体内分布と罹病枝の切除程度が再発に及ぼす影響 -- 63~72

間佐古将則・弘岡拓人・森口和久・木村 学・島津 康

モモ果実の水浸状果肉褐変症に関する研究(第2報) ----- 73~81

堀田宗幹・有田 慎・和中 学

カキ新品種‘紀州てまり’ ----- 83~91

古田貴裕・熊本昌平・野中亜優美・小松英雄

【果樹試験場うめ研究所】

ウメ‘南高’生果における黒点症(通称)および塩漬け果における油揚げ症(通称)

の発生要因と軽減対策 ----- 93~105

城村徳明・古屋挙幸・行森 啓

ウメの連作障害に関する研究(第2報) ウメ連作土への活性炭の混和がウメ幼木の

生育に及ぼす効果 ----- 107~118

大江孝明・城村徳明・西原英治・水口裕介・岡室美絵子

ウメの連作障害に関する研究(第3報) ウメ連作土に対する土壌消毒, 活性炭混和

並びにそれらの併用処理がウメ幼木の生育に及ぼす効果 ----- 119~127

大江孝明・下 博圭・武田知明・城村徳明・和中 学

【畜産試験場】

保存方法がウシ受精卵の融解後の生存性に及ぼす影響 ----- 129～135
後藤洋人・高田広達・谷口俊仁

【畜産試験場養鶏研究所】

龍神地鶏の産卵特性調査 ----- 137～143
橋本典和・伊丹哲哉・松井 望

【林業試験場】

和歌山県の森林防護柵沿いにおけるニホンジカ等の出現と行動 ----- 145～154
法眼利幸・大谷栄徳・日下昭宏
和歌山県の森林防護柵沿いにおけるニホンジカ誘導捕獲技術の開発 ----- 155～164
日下昭宏・法眼利幸・大谷栄徳
ヒノキ種子精選手法の検討及び充実種子播種によるコンテナ苗育苗試験 ----- 165～173
竹内隆介・法眼利幸

【水産試験場】

紀伊水道周辺海域におけるマルアジ肥満度の季節変化 ----- 175～182
武田保幸・原田慈雄・武田崇史
紀伊水道外域におけるサバ類の近年の漁獲動向及び漁況予測 ----- 183～192
武田崇史・武田保幸
滑走細菌の検出に用いる LAMP 法の開発 ----- 193～199
堅田昌英

【学会誌掲載論文抄録】

和歌山市の施設栽培コマツナにおけるコナガに対する各種薬剤の殺虫効果 ----- 201
井口雅裕
和歌山県におけるシロイチモジヨトウに対する各種薬剤の殺虫効果 ----- 202
岡本 崇
エンドウを加害するウラナミシジミに対する各種薬剤の殺虫効果 ----- 203
岡本 崇
トマト青枯病菌に対する糖含有珪藻土と糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の ----- 204
処理条件の検討
大谷洋子
Identification of QTLs controlling chilling and heat requirements for ----- 205
dormancy release and bud break in Japanese apricot (*Prunus mume*)
Yuto Kitamura, Tsuyoshi Habu, Hisayo Yamane, Soichiro Nishiyamal,
Kei Kajita, Takuya Sobue, Takashi Kawai, Koji Numaguchi, Tetsuya
Nakazaki, Akira Kitajima and Ryutaro Tao
Effect of maturity and after-ripening on the formation of gel in the ----- 206
syrup made from Japanese apricot 'Suiko' fruits
Yasuhisa Tsuchida, Sayo Onishi, Nobuki Gato, Yoshiaki Naka,
Takaaki Oe, Noriaki Jomural

実エンドウ栽培における太陽熱土壤消毒前全量基肥施用技術の確立 (第1報) 微生物分解性肥料を用いた肥効調節

橋本真穂・三宅英伸¹・林 恭弘²

和歌山県農業試験場

Establishment of Single Basal Application Method before Soil Solarization for Pea (*Pisum Sativum* L.) (1) Using Slow-release nitrogen fertilizer activated by microbial degradation

Maho Hashimoto, Hidenobu Miyake¹ and Yasuhiro Hayashi²

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県の特産野菜であるエンドウ類は、連作障害のみられる代表的な品目であるがその直接要因は明らかになっていない。実エンドウの生育や収量は初作に比べ2年目以降で大幅に低下するが窒素を多施用すると改善が見られ(平田ら, 1983), 現地の実エンドウ栽培圃場では多肥栽培と太陽熱土壤消毒が慣行的に行われている。しかし, このような多肥栽培は土壤への養分集積を招き, さらなる生育不良を引き起こす要因の一つとなっており, その改善策として, 太陽熱土壤消毒後に被覆肥料を用いることで, 無追肥で窒素施用量の慣行比2~3割削減が可能であることを森下ら(2007)は報告している。

従来の太陽熱土壤消毒では, 太陽熱土壤消毒の後に施肥・耕起・作畝を行うが, この体系では, 消毒不十分な土壤が混和し消毒効果が低下する恐れがあるため, 消毒前に施肥・耕起・作畝を行い, 消毒後は不耕起で播種を行う体系が望ましいとされている(白木ら, 1998)。しかし, 森下らが用いた被覆肥料のような化学分解性の肥効調節型肥料は温度依存性が高い(石橋ら, 1992)ため, 太陽熱土壤消毒前施用には適さないと考えられる。一方, 微生物分解性の肥効調節型肥料は, 被覆肥料などに比べると温度依存性が低く(坂本ら, 2003), 太陽熱土壤消毒前施用に用いることが可能ではないかと考えられる。実際に, 微生物分解性の肥効調節型肥料であるハイパーCDU[®](長期)を用いて太陽熱土壤消毒期間中と実エンドウ栽培中の窒素溶出率について調査したところ, 太陽熱土壤消毒期間中から栽培終了時までほぼ一定であった(未発表)。

そこで, 本県の実エンドウ栽培における主要作型である秋まきハウス冬春どりにおいて, 土壤消毒効果の安定化, 無追肥による施肥労力の軽減をはかるため, 微生物分解性の肥効調節型肥料を用いた太陽熱土壤消毒前全量基肥施用について検討した。さらに, 太陽熱土壤消毒後不耕起とした場合, 特に粘質土壤では土壤硬化による作業性の低下が懸念されるため, 家畜ふん堆肥を併用し, 土壤物理性の改善効果についても検討した。

なお本研究は, 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「太陽熱土壤消毒効果を活用した省

¹ 現在: 和歌山県農林水産部農林水産政策局農林水産総務課研究推進室

² 現在: 和歌山県農業試験場暖地園芸センター

エネ・省肥料・親環境栽培体系「陽熱プラス」の確立」(研究期間：2013～2015年)の一環として実施した。

材料および方法

1. 圃場試験

和歌山県農業試験場(紀の川市貴志川町高尾160番地)内の実エンドウを5年以上連作したビニルハウスにおいて、実エンドウ「きしゅううすい」を供試し、栽培試験を実施した。処理区は、牛ふんオガクズ堆肥と微生物分解性肥効調節型肥料であるハイパーCDU[®](長期)を用いて慣行比で窒素施用量を2割減肥し太陽熱土壤消毒前に全量基肥施用とした試験区と、化成肥料を用いて太陽熱土壤消毒後に基肥を施用し、栽培期間中に3回の追肥を行う慣行区の2区とした(表1)。試験は1区あたり畝幅1m×長さ1mの木枠栽培で、各区3反復とした。2013年8月5日に試験区のみ施肥・耕起・作畝を行い、8月9日から9月6日まで両区とも太陽熱土壤消毒を行った。太陽熱土壤消毒期間中は地表下5, 15, 30cmに自記温度計(おんどとり Jr. RTR-502 T&D社)を設置し地温を測定した。9月18日に慣行区に基肥施用・耕起・作畝を行った。10月3日に株間20cmで1株あたり5粒となるように低温処理した種子を播種した。12月26日、2014年2月25日および3月25日に、慣行区のみ追肥を施用した。栽培期間中はハウス内最低温度が5℃となるように加温し、また、病害虫防除は適宜行った。

収穫は2014年1月20日から5月15日の間、週に1～2回行い、全重量および上物重量を測定した。

実エンドウの養分含有率については、さやは2014年3月3日、茎葉は2013年12月26日と2014年3月18日、5月15日に一部を採取し、60℃で48時間以上乾燥後、微粉碎した試料を供試し、全窒素をCNコーダー法で、全リンを硫酸分解-バナドモリブデン酸法で、全カリウムを硫酸分解-炎光光度法で測定した。

土壌は、2013年8月5日、9月17日、12月26日(追肥施用前)、2014年3月18日、5月15日に各区の作土層から採取し、風乾後、無機態窒素(アンモニア態窒素+硝酸態窒素)量を10%-KCl抽出-蒸留法で、可給態リン酸量をトルオーグ抽出-モリブデンブルー法で、交換性カリウム量を1N酢安抽出-炎光光度法で測定した。また、9月19日と5月15日には、山中式土壌硬度計を用いて作土層の土壌硬度を、9月19日と5月15日には100mlコアに土壌を採取し、土壌三相計(DIK-1120大起理化工業株式会社)を用いて固相率を測定した。

表1 各処理区における施用資材と施用量および施用時期

処理区	牛オガ堆肥 (現物t/10a)	窒素(kg/10a)		リン酸 (kg/10a)	カリウム (kg/10a)	施用資材	施用時期
		基肥	追肥				
試験区	1	24	0	20	20	ハイパーCDU [®] (長期), PK40号, 苦土石灰	太陽熱土壤消毒前
慣行区	0	12	18	20	20	硫安, PK40号, 苦土石灰	太陽熱土壤消毒後

ハイパーCDU[®](長期):30-0-0, PK40号:0-20-20

牛ふんオガクズ堆肥 N:0.98%, P₂O₅:0.56%, K₂O:1.53%, C/N=28.7, 全て現物あたり

慣行区の追肥は6kgN/10aずつ3回施用

2. 土壌培養試験

1の圃場試験を実施したビニルハウスから採取し、風乾した土壌を用いて、表2のとおり各資材を混合後培養ビンに充填し、土壌水分を30%（体積含水率）に調整したのち、50℃（暗所）で4週間培養した。培養終了後に土壌中の無機態窒素量、可給態リン酸量および交換性カリウム量を1と同様の方法で測定した。

表2 処理区の構成と使用資材および混合量

処理区	土壌 (g)	牛ふん オガクズ堆肥 (g)	ハイパーCDU [®] (長期) (mg)
①牛オガ堆肥+H-CDU [®]	100	1	80
②牛オガ堆肥	100	1	0
③H-CDU [®]	100	0	80
④無処理(土壌のみ)	100	0	0

牛ふんオガクズ堆肥とハイパーCDU[®](長期)の成分は表1のとおり

3. 現地実証試験

印南町山口およびみなべ町西岩代の実エンドウ栽培圃場(いずれも2連棟ビニルハウス, 1区1.8a)において、牛ふんオガクズ堆肥とハイパーCDU[®](長期)を用いて太陽熱土壌消毒前に全量基肥施用とした試験区と、慣行区の2区(表3, 4)において栽培試験を行った。

印南圃場では、2014年6月26日に試験区のみ施肥・耕起・作畝を行い、6月26日から8月8日まで太陽熱土壌消毒を行った。8月25日に慣行区に基肥施用・耕起・作畝を行い、9月8日に株間25cmで一株あたり5粒となるように実エンドウ‘きしゅううすい’を播種した。みなべ圃場では、2014年5月9日に両試験区に施肥・耕起・作畝を行い、5月9日から8月8日まで太陽熱土壌消毒を行った後、10月2日に株間5cmで一株あたり1粒となるように実エンドウ‘きしゅううすい’を播種した。両圃場とも7月8日に地表下5, 15, 30cmに自記温度計(おんどとり Jr. RTR-502 T&D社)を設置し、播種前まで地温を測定した。栽培期間中の温度管理や病虫害防除は現地慣行に従った。両圃場ともに畝幅は150cmで、印南圃場では1区4畝、みなべ圃場では1区3畝であった。

収穫は、印南圃場では2014年12月11日から2015年4月3日まで、みなべ圃場では2015年1月28日から4月25日まで、週に1-2回行い、全重量を測定した。

実エンドウの養分含有率は、3月4日に収穫したさやの一部を60℃で48時間以上乾燥した後1と同様の方法で測定した。

土壌は、2014年5月9日(みなべのみ)、6月26日(印南のみ)、10月3日、10月28日、12月5日、2015年2月9日、3月4日、4月7日、5月1日に各区の作土層から採取し、風乾後、1と同様の方法で無機態窒素量、可給態リン酸量、交換性カリウム量を測定した。また、試験終了時の5月1日に、作土の土壌硬度および固相率を1と同様の方法で測定した。

表3 現地印南圃場における施用資材と施用量および施用時期

処理区	牛オガ堆肥 (現物t/10a)	N(kg/10a)		P ₂ O ₅ (kg/10a)	K ₂ O (kg/10a)	施用資材	施用時期
		基肥	追肥				
試験区	1	24	0	9	21	ハイパーCDU [®] (長期)、PK40号、塩化カリ、ネオベスト	消毒前
慣行区	-	12	7.2	25.6	22.4	いなみペレット、ネオベスト、トミー液肥	消毒後

牛ふんオガクズ堆肥とハイパーCDU[®](長期)の成分は表1のとおり、いなみペレット:6-8-7, トミー液肥:10-4-6

試験区 基肥:2014年6月26日(ハイパーCDU[®](長期), PK40号, 塩化カリ, ネオベスト)

慣行区 基肥:2014年8月25日(いなみペレット, ネオベスト), 追肥:2014年11月(いなみペレット), 12月(トミー液肥), 2015年3月(トミー液肥)

表4 現地みなべ圃場における施用資材と施肥量および施用時期

処理区	牛オガ堆肥 (現物t/10a)	N(kg/10a)		P ₂ O ₅ (kg/10a)	K ₂ O (kg/10a)	施用資材	施用時期
		基肥	追肥				
試験区	1	24	0	9	21	ハイパーCDU [®] (長期), PK40号, 塩化カリ, 苦土セルカ	消毒前
慣行区	-	10	5.6	20	13.3	固形30号, 粒状BMようりん, 苦土セルカ, トミー液肥	消毒前

牛ふんオガクズ堆肥とハイパーCDU[®](長期)の成分は表1のとおり, トミー液肥は表3のとおり, 固形30号:10-10-10

試験区 基肥:2014年5月9日(ハイパーCDU[®](長期), PK40号, 塩化カリ, 苦土セルカ)

慣行区 基肥:2014年5月9日(固形30号, 粒状BMようりん, 苦土セルカ), 追肥:2015年2月(トミー液肥), 3月(トミー液肥)

結果

1. 圃場試験

試験区における太陽熱土壤消毒期間中の平均日平均地温は, 地表下 5cm, 15cm, 30cm でそれぞれ 40.7°C, 40.3°C, 39.3°C, 積算地温はそれぞれ 1180°C, 1170°C, 1139°Cとなった(図1)。慣行区もほぼ同様であった(図省略)。

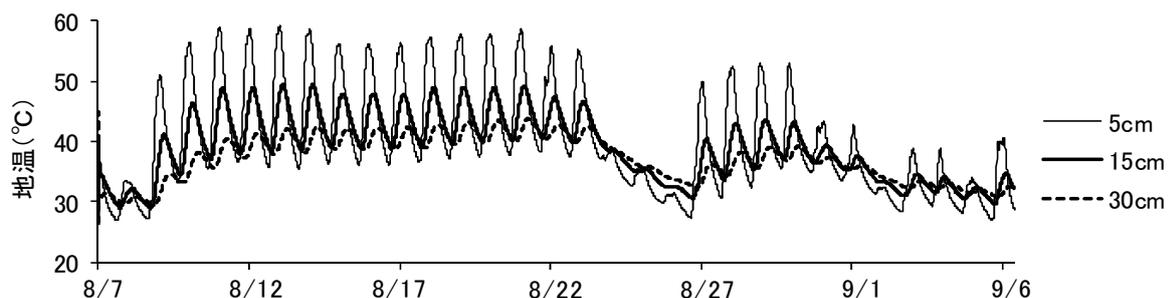


図1 試験区における太陽熱土壤消毒期間中の地温の推移

実エンドウの収量, 上物率および地上部乾物量は両区で差は無かった(表5)。実エンドウの養分含有率は窒素, リン, カリウムのいずれも両区で差は無かった(表6)。実エンドウの養分吸収量は, 栽培期間中のいずれの時期においても, 三要素とも両区で差は無かった(図2)。

表5 太陽熱土壤消毒前後の異なる施肥法が実エンドウの収量と上物率, 地上部重量に及ぼす影響

処理区	収量(g/区)		上物率 (%)	地上部重量 (乾物g/区)
	全収量	上物収量		
試験区	2688	2074	77.2	766
慣行区	2320	1851	79.8	882

処理区間に有意差なし(t検定)

収穫期間:2014年1月20日~5月15日, 地上部採取日:5月15日

表6 施肥の違いが実エンドウの養分含有率に及ぼす影響

処理区	N(%)		P(%)		K(%)	
	さや	茎葉	さや	茎葉	さや	茎葉
試験区	2.57	3.81	0.27	0.50	0.90	1.37
慣行区	2.58	3.81	0.29	0.52	0.87	1.35

処理区間に有意差無し(t検定)

試料採取日 さや:2014年3月3日, 茎葉:3月18日

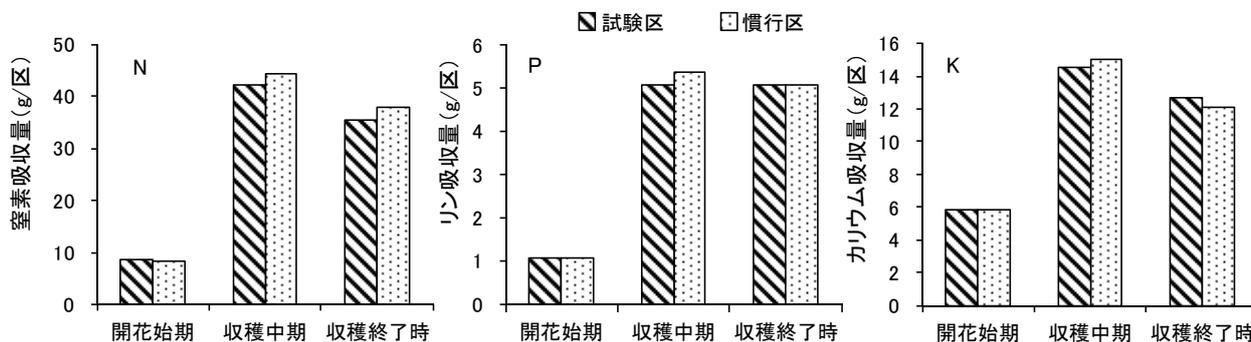


図2 施肥の違いが実エンドウの養分吸収量に及ぼす影響

開花始期: 2013年12月26日, 収穫中期: 2014年3月18日, 収穫終了時: 2014年5月15日
 処理区間に有意差無し(t検定)

土壌中の無機態窒素量は、試験区では太陽熱土壤消毒後に有意に増加したが、開花始期には消毒前より減少し、その後は大きな変化はなかった。慣行区では太陽熱土壤消毒後に増加する傾向を示し、開花始期には試験区と同様に消毒前より減少した。その後収穫最盛期から栽培終了時にかけて増加した。土壌中の可給態リン酸量は両区で差は無く、栽培期間中大きな変動はなかった。土壌中の交換性カリウム量は、試験区では太陽熱土壤消毒後に有意に増加し、その後開花始期から収穫最盛期にかけて、消毒開始前と同程度まで減少した。慣行区では開花始期に他の時期に比べて増加した(図3)。

土壌硬度は、両区とも太陽熱土壤消毒終了時には10mm未満と低かったが、栽培終了時には試験区および慣行区でそれぞれ18.2mm, 16.8mmに増加した(表7)。土壌の固相率は消毒終了時には試験区と慣行区でそれぞれ41.0%, 38.5%, 栽培終了時には試験区と慣行区でそれぞれ40.6%, 40.4%であった(表7)。

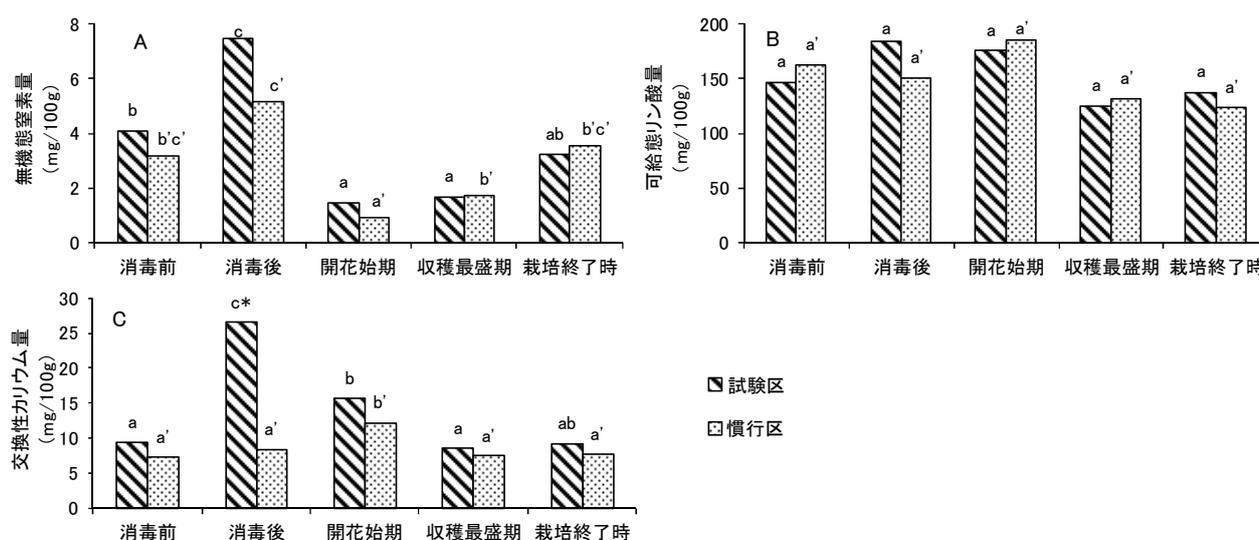


図3 施肥の違いが土壌中の無機態窒素量(A), 可給態リン酸量(B), 交換性カリウム量(C)に及ぼす影響

土壌採取日 消毒前: 2013年8月5日, 消毒後: 9月17日, 開花始期: 12月26日, 収穫最盛期: 2014年3月18日, 栽培終了時: 5月15日
 異文字間に5%水準で有意差有り(Tukey法), *: 慣行区に比べ5%水準で有意差あり(t検定)

表7 太陽熱土壤消毒終了時および栽培終了時の土壤硬度と固相率

処理区	土壤硬度(mm)		固相率(%)	
	消毒終了時	栽培終了時	消毒終了時	栽培終了時
試験区	6.2	18.2	41.0	40.6
慣行区	9.6	16.8	38.5	40.4

消毒終了時:2013年9月19日, 栽培終了時:2014年5月15日

2. 土壤培養試験

土壤中の無機態窒素量は, 牛ふんオガクズ堆肥を混合した区で1mg/100g程度増加した. また, いずれの処理区も培養後には培養前に比べて5mg/100g程度増加した. 土壤中の可給態リン酸量は, 全ての処理区でほぼ同等であり, 培養後も変化はなかった. 土壤中の交換性カリウム量は, 牛ふんオガクズ堆肥を施用した区で2mg/100g程度増加したが, 培養前後で差はなかった(表8).

表8 施用資材が土壤中の無機態窒素量, 可給態リン酸量および交換性カリウム量に及ぼす影響

処理区	無機態窒素量 (mg/100g)		可給態リン酸量 (mg/100g)		交換性カリウム量 (mg/100g)	
	培養前	培養後	培養前	培養後	培養前	培養後
牛オガ堆肥+H-CDU [®]	3.0 b	9.0 d	302 a	316 a	10.6 b	12.3 b
牛オガ堆肥	3.1 b	8.6 d	313 a	315 a	11.1 b	12.5 b
H-CDU [®]	2.2 a	7.1 c	290 a	271 a	8.4 a	8.5 a
無処理	2.2 a	7.1 c	293 a	275 a	8.5 a	8.5 a

各項目において異文字間に5%水準で有意差あり(Tukey法)
温度50°C, 土壤水分30%(体積含水率), 暗所にて4週間培養

3. 現地試験

印南圃場の試験区における7月7日から8月8日までの平均日平均地温は地表下5cm, 15cm, 30cmでそれぞれ43.8°C, 42.3°C, 41.8°C, 積算地温はそれぞれ1315°C, 1269°C, 1253°Cであり, 慣行区もほぼ同様であった. みなべ圃場の試験区における7月7日から8月8日までの平均日平均地温は地表下5cm, 15cm, 30cmでそれぞれ47.3°C, 46.9°C, 44.1°C, 積算地温はそれぞれ1419°C, 1408°C, 1322°Cであり, 慣行区もほぼ同様であった(図省略).

実エンドウの収量は, 印南圃場では試験区1,737kg/10a, 慣行区1,497kg/10a, みなべ圃場では試験区2,918kg/10a, 慣行区2,440kg/10aと,

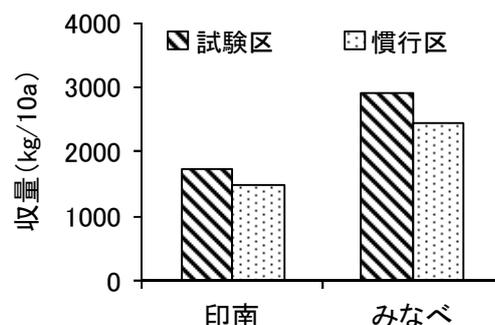


図4 施肥の違いが実エンドウ収量に及ぼす影響

印南圃場 収穫期:2014年12月11日~2015年4月3日

みなべ圃場 収穫期:2015年1月28日~4月25日

表9 施肥の違いが実エンドウの養分含有率に及ぼす影響

処理区	印南			みなべ		
	N(%)	P(%)	K(%)	N(%)	P(%)	K(%)
試験区	3.33	0.32	1.23	3.34	0.34	1.39
慣行区	3.14	0.36	1.39	3.31	0.35	1.35

分析部位:さや, 試料採取日:2015年3月4日

いずれの圃場でも試験区で増収する傾向であった（図4）。

実エンドウの養分含有率は、両圃場ともに試験区と慣行区で差は無かった（表9）。

土壌中の無機態窒素量は、印南圃場では両区で太陽熱土壤消毒後に増加した。その後、試験区では栽培終了時にかけて減少し、慣行区では2月9日にかけて増加した後減少した。みなべ圃場では、期間を通じて慣行区に比べ試験区で高く推移し、両区ともに太陽熱土壤消毒後に大きく増加した後、12月1日にかけて大きく減少した。その後は栽培終了時にかけて緩やかに減少した。可給態リン酸量は両圃場ともに試験期間中の大きな変動は見られなかった。交換性カリウム量は印南圃場では処理区による差はみられなかったが、みなべ圃場では慣行区に比べて試験区で高く推移した（図5）。

栽培終了時における土壌硬度は、印南圃場では試験区で16.1mm、慣行区で13.6mm、みなべ圃場では試験区で10.3mm、慣行区で14.7mmであった（表10）。固相率は、印南圃場では試験区で44.6%、慣行区で46.2%、みなべ圃場では試験区で40.2%、慣行区で44.2%であった（表10）。

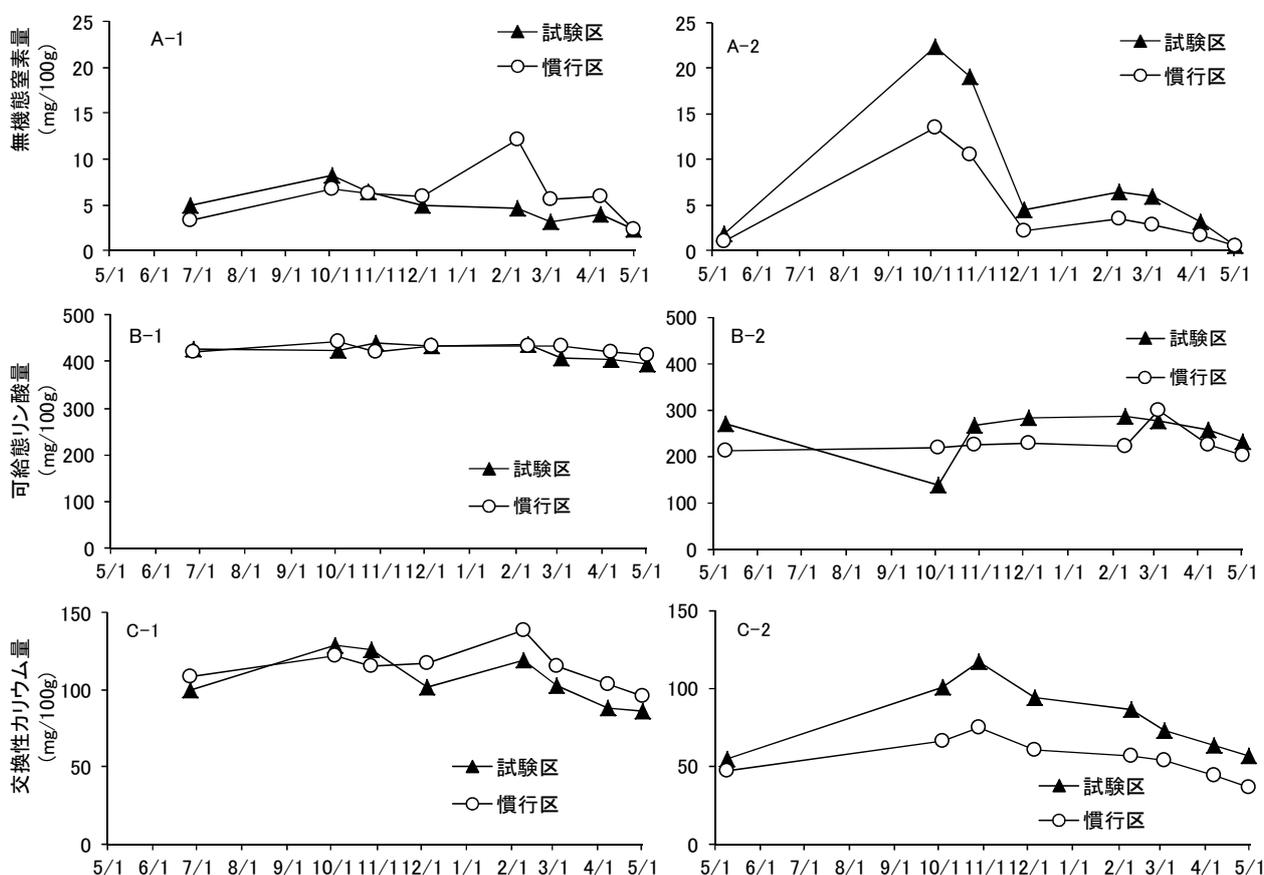


図5 施肥の違いが土壌中の無機態窒素量(A)、可給態リン酸量(B)および交換性カリウム量(C)に及ぼす影響

1: 印南圃場, 2: みなべ圃場

表10 栽培終了時の土壌硬度と固相率

処理区	土壌硬度(mm)		固相率(%)	
	印南	みなべ	印南	みなべ
試験区	16.1	10.3	44.6	40.2
慣行区	13.6	14.7	46.2	44.2

考 察

本研究で検討を行った太陽熱土壤消毒前全量基肥施用の利点として、①太陽熱土壤消毒後の土壤混和がないため消毒効果を持続させることが可能（白木ら，1998）、②無追肥による省力化（森下・藪野，2007）が挙げられる。一方で、地温が大きく上昇する太陽熱土壤消毒期間中の肥料溶出が不安定になり、栽培後期までに肥効が切れることが懸念された。

圃場試験では、牛ふんオガクズ堆肥と微生物分解性の肥効調節型肥料を用いた試験区において、太陽熱土壤消毒前全量基肥施用とし、かつ、窒素施用量を慣行比2割減としても慣行と同等の収量、品質が得られた。太陽熱土壤消毒後の土壤中の無機態窒素量は、消毒前に比べて増加したが、慣行区でも同様に増加していた。太陽熱土壤消毒中の土壤条件を模した土壤培養試験において、土壤のみ培養でも培養後に無機態窒素量が増加したことから、微生物分解性肥効調節型肥料であるハイパーCDU®（長期）のみ混合した場合の培養後の無機態窒素量は土壤のみ培養とほぼ同等であったことから、圃場試験における太陽熱土壤消毒後の無機態窒素量の増加は、主に土壤からの溶出に起因すると考えられた。また、栽培期間中の土壤中無機態窒素量が試験区と慣行区で同等であったこと、収穫中期や終了時において、実エンドウのさやおよび茎葉中の窒素含有率が慣行区と試験区で同等であったことから、生育後期においても十分な窒素肥効があったと推察された。

現地2圃場における実証試験では、いずれも慣行区に比べて試験区で増収する傾向がみられた。この要因の一つとして、現地圃場の慣行区では、実エンドウの生育状況に応じて追肥を施用したため、結果として全量基肥施用した試験区で窒素施用量が多くなったことが挙げられる。しかし、栽培後期における土壤中の無機態窒素量が試験区と慣行区でほぼ同等であったこと、実エンドウの窒素含有率が試験区と慣行区でほぼ同等であったことから、無追肥であっても栽培後期において窒素肥効が継続していたと考えられた。

太陽熱土壤消毒前全量基肥施用で太陽熱土壤消毒後不耕起とした場合、和歌山県に広く分布する黄色土のような粘土質の土壤では、栽培期間中の土壤硬化が増進され、作業性が低下することも懸念された。本県の黄色土圃場において、牛ふんオガクズ堆肥を連用すると土壤物理性が大きく改善されることが報告されている（橋本ら，2014）ため、本研究では牛ふんオガクズ堆肥の併用による土壤物理性の改善効果についても検討したが、単年施用であったためその効果については判然としなかった。しかし、圃場試験、現地試験ともに、栽培終了時の土壤硬度や固相率は慣行区と試験区に差は無く、消毒後不耕起であっても実エンドウの生育や作業性に問題はないと考えられた。

本研究において、微生物分解性の肥効調節型肥料を用いることで、太陽熱土壤消毒前全量基肥施用が可能であることが実証されたが、現場での普及に際しては課題が残る。本試験で用いたハイパーCDU®（長期）は窒素単肥であるため、PK資材の施用が必要となる。栽培試験を実施した農業試験場内の圃場および現地2圃場では、いずれも土壤中の可給態リン酸量は適正上限値である80mg/100gを大きく超過していた。また、交換性カリウム量についても現地2圃場では集積傾向にあった。このように、リン酸や加里の集積がみられる圃場では、リン酸およびカリウムは必要量のみ施用することが望ましいと考えられるが、生産現場では、複数の資材を施用することで作業性が低下することも考えられる。このことから、微生物分解性肥効調節型窒素肥料に、実エンドウの養分吸収量と現地土壤の養分集積状態を考慮してPK成分を配合した新しい肥料の開発が必要であると考えられる。

摘 要

本県の実エンドウ栽培における主要作型である秋まきハウス冬春どりにおいて、土壤消毒効果の安定化、無追肥による施肥労力の削減、土壤物理性の向上をはかるため、家畜ふん堆肥と微生物分解性の肥効調節型肥料を用いた太陽熱土壤消毒前全量基肥施用について検討した。

1. 牛ふんオガクズ堆肥 1t/10a とハイパーCDU®（長期）24kgN/10a を太陽熱土壤消毒前に全量基肥施用すると、太陽熱土壤消毒後の基肥と栽培期間中の3回の追肥で 30kgN/10a 施用した慣行区と同等の収量、品質が得られた。
2. 太陽熱土壤消毒により土壤由来の無機態窒素量の増加がみられたが、ハイパーCDU®（長期）や牛ふんオガクズ堆肥からの窒素溶出はほとんど無かった。可給態リン酸量や交換性カリウム量は太陽熱土壤消毒による変化はなかった。
3. 牛ふんオガクズ堆肥の施用による土壤物理性改善効果は判然としなかったが、牛ふんオガクズ堆肥を施用して消毒後不耕起としても消毒後耕起を行う従来の方法とで栽培終了時における土壤硬度や土壤の固相率に差は無かった。
4. 現地試験において、牛ふんオガクズ堆肥 1t/10a とハイパーCDU®（長期）24kgN/10a を太陽熱土壤消毒前に全量基肥施用すると、現地慣行に比べて増収する傾向があった。実エンドウの養分含有率や栽培後期における土壤中の無機態窒素量は試験区と現地慣行でほぼ同等であった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただきました「農食事業 25060 コンソーシアム」に参画の皆様へ深謝いたします。また、試験に多大なご協力を頂きました農業試験場の職員やアルバイトの皆様へ厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 橋本真穂・林 恭弘・久田紀夫・森下年起. 2014. 細粒黄色土普通畑における土壤改良資材の長期連用効果. 和歌山農林水研報. 2 : 15-28.
- 平田 滋・広部 純・小野善助. 1983. 連作エンドウの施肥反応について. 和歌山農試研究報告. 10 : 25-32.
- 石橋英二・金野隆光・木元英照. 1992. 反応速度論的方法によるコーティング窒素肥料の溶出評価. 土肥誌. 63 (6) : 664-668.
- 森下年起・藪野佳寿郎. 2007. 肥効調節型肥料による促成エンドウの施肥改善に関する研究. 和歌山県農林水技研報. 8 : 53-59.
- 坂本淳・埴 博志・坂本芳恵・橘 正躬. 2003. 新肥効調節型肥料「ハイパーCDU」の開発. 土肥誌講演要旨集. 49 : 105.
- 白木己歳・小岩崎規寿・串間秀敏. 1998. 太陽熱利用土壤消毒の効果安定策としての土壤管理体系の開発. 宮崎県総農試研報. 32 : 1-11.

糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒による トマト青枯病の防除

林 佑香・大谷洋子¹

和歌山県農業試験場

Control of Tomato Bacterial Wilt Disease by Reductive Soil Disinfection with Using Sugar-Containing Diatomite or Dried Molasses

Yuka Hayashi and Yoko Otani¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

本県ミニトマトの連作圃場では、土壤伝染性病害である青枯病の被害が問題となっている。現在、青枯病の防除対策として、改植時期に化学農薬や太陽熱を用いた土壤消毒や、ふすまを用いた土壤還元消毒が行なわれている。しかし、青枯病の病原細菌 *Ralstonia solanacearum* (以下、青枯病菌と呼ぶ) は土壤深層まで分布するため (小玉ら, 1984), これらの防除方法では、青枯病菌を完全に死滅させることは難しい (日本植物防疫協会, 1997)。それに加え、化学農薬による土壤消毒は作業者の身体への中毒症状が懸念される (岡田ら, 1970)。また太陽熱土壤消毒は、消毒効果が気象条件に左右される (山口ら, 1987; 戴ら, 2014)。ふすまを用いた土壤還元消毒は気象条件による影響は比較的小さいが、強い還元臭が発生するため、住宅に隣接した圃場等では適用が制約される (桑原ら, 2011; 小原, 2013)。

このような背景のもと、廃糖蜜や低濃度エタノールのような液体の有機物を使用した土壤還元消毒が開発された (新村, 2003; 小原ら, 2007)。これらは、中毒症状の心配がなく、還元臭も少なく、土壤深層に存在する病原菌に対して高い消毒効果を示すことが報告されている (新村, 2003; Momma et al, 2010; 門馬 2013)。しかし、廃糖蜜処理は、糖蜜水濃度を調整するために精度が高い機器を要することや、処理中の灌水濃度を監視するために、灌水処理に長時間の付き添いが必要であることが指摘されている (小松ら, 2006)。低濃度エタノール処理も同様であると思われる。廃糖蜜や低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒処理は作業が煩雑になるという欠点があり (前田ら, 2017)、普及に至っていない。

そこで、これまでの土壤消毒法の難点を解消できる土壤還元消毒の新規資材として糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材に着目した。糖含有珪藻土は、珪藻土を主体とした糖液の濾過助剤であり、糖蜜吸着資材は、大豆皮に糖蜜を吸着させたものである。バイアル瓶を用いた小規模試験において、青枯病菌汚染土壤に対し重量比で1%以上混和して土壤還元消毒処理したところ、両資材とも廃糖蜜

¹現在:和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

0.6%処理に優る青枯病菌密度低減効果が得られた（大谷，2018）．糖含有珪藻土は粉状，糖蜜吸着資材は粒状であり，両者とも資材に含まれる水溶性有機物が灌水時に溶出することで，下層土の消毒効果が期待できる．新潟県における糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒試験では，地下60cmまで還元され，トマト青枯病に対する高い防除効果が認められている（前田ら，2017）．本研究では，これらの資材を用いた土壌還元消毒が本県ミニトマトの連作圃場において，トマト青枯病の防除対策として有効であるかを検討した．

材料及び方法

1. 供試資材の概要

糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材の概要を表1に示した．

表1 資材の概要

資材 (商品名)	内容	状態	資材含水率 (%)	全COD	水溶性 COD	全炭素	全窒素	C/N比
				mg-O ₂ /資材乾物g		乾物重量あたり%		
糖含有珪藻土	アミノ酸を生成する際のタピオカスターチの糖化ろ過助剤であり，珪藻土を主体とする．	粉状	31.7	207	159	24	0.3	80.0
糖蜜吸着資材 (オマラス95)	サトウキビ糖蜜67%，大豆皮33%の糖蜜吸着混合飼料	粒状	6.2	424	357	41	1.4	29.3

資材の分析データは国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センターの井原啓貴博士からご提供いただいた。

糖含有珪藻土は味の素株式会社製，2019年3月現在未販売。

糖蜜吸着資材はWestway Feed Products LLC製。

含水率＝水分重量÷現物(乾物＋水分)重量×100。

COD: 化学的酸素要求量。被酸化性物質を酸化するために必要とする酸素量で示したもので，CODが高いほど有機物量が多いといえる。水溶性CODは灌水時に下層土へ浸透しやすい有機物量の指標として計測した。

2. 小規模圃場試験

農業試験場内(和歌山県紀の川市貴志川町高尾)のガラスハウス(面積125 m²(間口5m×奥行25m)，棟高3m)において試験を行った。試験を開始する前に以下の方法で圃場全体を青枯病菌で汚染した。2016年4月11日にトマト‘桃太郎ヨーク’を1 m²あたり4株定植した。6月28日と7月1日に，和歌山県日高郡印南町のミニトマト由来青枯病菌(2015年3月分離)のリファンピシン耐性株‘和R-1’をトマト全株に複数回有傷接種して発病させた。7月12日に地際部を切断し，地下部残渣を耕耘機ですき込んだ。

試験1 各種土壌消毒による消毒効果

試験圃場を二等分して，2反復で行った。反復Ⅰは2016年7月29日に，反復Ⅱは8月1日に土壌消毒処理を行った。試験区は表2のとおりとし，各試験区を畦畔波板で仕切った。土壌還元消毒はそれぞれの区に資材を所定量手散布し，耕耘機で混和した。灌水チューブ(エバフローA型，三菱ケミカルアグリドリーム株式会社製)を1区あたり3本(57cm間隔)設置し，170～180L/m²灌水し湛水状態にした。太陽熱区は，土壌還元消毒区と同様に灌水チューブを設置し，慣行に従い土壌体積含水率30～40%程度を目安に灌水チューブで灌水した。クロロピクリン液剤区は所定量の薬液を灌注処理した。土壌還元消毒区，太陽熱土壌消毒区，クロロピクリン液剤区は厚さ0.05mmのPOフィルムで処理後すぐに地表面を被覆した。無処理区は地表面の被覆を行わなかった。消毒期間中はハ

ウスを密閉した。処理開始から 21 日後（反復Ⅰは 8 月 19 日，反復Ⅱは 8 月 22 日）にハウスを開放し，地表面の被覆を除去した。畦畔波板の仕切りを残したまま，耕耘，施肥，畝立て後，ミニトマト‘キャロル 7’の実生苗を 9 月 14 日に定植した。栽植密度は表 2 のとおりとし，2017 年 6 月 8 日まで慣行に従って栽培した。

消毒期間中の糖含有珪藻土 1t/10a 区の地下 15cm および 30cm の地温を温度データロガー（おんどとり Jr. TR-52，ティアンドデイ社）を用いて 10 分間隔で測定した。地表面の被覆を除去した日に土壤還元消毒各区 2 か所の土壤をハンドオーガーで深さ 60cm まで掘り取り，0.2%ジピリジル液（注 1）（日本ペドロロジー学会，1997）をかけてジピリジル反応（注 2）によって還元している土壤の深さを調べた。土壤中青枯病菌密度は，消毒前，消毒後，消毒後作付け終了時（図 1）に各区 1～3 か所の深さ 0～10cm，20～30cm，40～50cm の土壤をハンドオーガーで採取した。この土壤を各区深さ別に 1 つに混和し，リファンピシンを 50ppm となるよう添加した改変 SMSA 培地（Elphinstone et al, 1996）を用いた土壤希釈平板法で調べた。作付け終了後の 2017 年 6 月 8 日～9 日に，発病株数と感染株数を調査した。発病株は，萎れ症状の有無により判断した。感染株は，全株の主茎の地際部を 10cm 程度採取し，改変 SMSA 培地で維管束から青枯病菌が分離された株とした。

（注 1）0.2%ジピリジル液… α ， α -ジピリジル 1g を 10%酢酸液 500mL に溶かしたもの。

（注 2）ジピリジル反応…還元的環境で生成される二価鉄に反応して赤色を発色する。

表 2 試験区概要

試験区	土壤消毒の方法	処理量	1区面積	消毒後作付けミニトマトの株数と栽植間隔			
				1区あたりの株数	畝幅	株間	条数
糖含有珪藻土 1t/10a	土壤還元消毒	1t/10a	12.6㎡	25	1.3m	40cm	2
糖含有珪藻土 2t/10a	〃	2t/10a	6.3㎡	14	〃	〃	〃
糖蜜吸着資材 1t/10a	〃	1t/10a	12.6㎡	26	〃	〃	〃
(対照)ふすま 1t/10a	〃	1t/10a	6.3㎡	14	〃	〃	〃
(対照)太陽熱	太陽熱土壤消毒	—	6.3㎡	13	〃	〃	〃
(対照)クロルピクリン液剤	クロルピクリン 99.5%液剤 くん蒸処理	30cm×30cmごとの 深さ15cmに1か所3mLを灌注	6.3㎡	12～14	〃	〃	〃
無処理			6.3㎡	14	〃	〃	〃



図 1 調査スケジュール

試験 2 連作下における消毒効果持続性の検討

2016 年～2018 年にかけてミニトマトとトマトを 3 作栽培し（図 2 および表 4），糖含有珪藻土を用いた土壤還元消毒効果の持続性を検討した。試験圃場には試験 1 の糖含有珪藻土 1t/10a 区の半分と，無処理区を用いた。試験区概要は表 3 のとおりとし，各試験区は畦畔波板で仕切った。調査スケジュールは図 2 のとおりで，調査項目は土壤中青枯病菌密度，発病株数，感染株数とし，試験 1 と同様の方法で調査した。

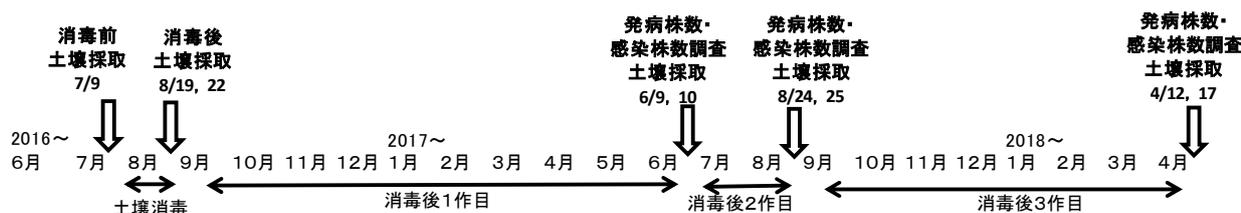


図2 栽培および調査スケジュール

表3 試験区概要

試験区	土壤消毒の方法	1区面積	消毒後作付けトマト, ミニトマトの株数と栽植間隔			
			1区あたりの株数	畝幅	条数	株間
糖含有珪藻土1t/10a	土壤還元消毒	6.3m ²	10~14	1.3m	2	40cm
無処理	"	"	10~15	"	"	"

表4 耕種概要

	栽培品種	定植日	栽培期間
消毒後1作目	ミニトマト‘キャロル7’実生苗	2016/9/14	2016/9/14~2017/6/9
消毒後2作目	トマト‘桃太郎ヨーク’実生苗	2017/6/14	2017/6/14~2017/8/24
消毒後3作目	ミニトマト‘アイコ’実生苗	2017/9/28	2017/9/28~2018/4/12

3. 現地実証試験

試験3 糖含有珪藻土を用いた土壤還元消毒の効果

和歌山県日高郡印南町島田の2連棟のビニルハウス（面積760 m²（間口15.2m×奥行50m）、棟高4m）において試験を行った。当該圃場は前作のミニトマトで青枯病の発病が確認された圃場であった。試験区概要は表5のとおりとし、試験区間に仕切りは行わなかった。土壤還元消毒処理は、2017年7月13日に所定量の糖含有珪藻土を手散布し、トラクターで混和した。土壤還元消毒区および太陽熱区に灌水チューブを70cm間隔で配置し灌水を行った。灌水開始直後にハウスを密閉した。水圧が低かったため、2連棟すべてを1度に灌水することができず、1棟ずつ切り替えながら翌日夕方まで26時間かけて灌水した。灌水開始3時間後にビニルフィルムで両土壤消毒区の地表面を被覆した。処理開始6日後の7月19日に6時間の追加灌水を行った。なお、台風の接近により8月7日にハウスの外張りフィルムを除去した。処理開始32日後の8月14日に地表面の被覆を除去した。消毒後のミニトマトの作付けは9月26日に、‘アイコ’の慣行接ぎ木苗（台木‘Bバリア’）と、同穂木と台木を用いて第2葉上または第3葉上で接いだ高接ぎ木苗（前田ら、2011；農林水産技術会議事務局、2013）を各畝に1条ずつ定植した。

調査項目は、還元深度、土壤中青枯病菌密度、発病株数とした。還元深度は、被覆を除去した日に各区中央の1か所をハンドオーガーで深さ50cmまで掘り取り、ジピリジル反応によって調べた。土壤中青枯病菌密度は、消毒前、消毒後、消毒後作付け終了時（図3）に、各区1~3か所の深さ30cmまでの土壤をハンドオーガーで採取し、区ごとに1つに混和しMPN-PCR法（Inoue・Nakaho, 2014）で国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター井上康宏博士に調べていただいた。発病株数調査は、前作のミニトマトと消毒後に作付けしたミニトマトについて、図3の日程で試験1と同様の方法で調査した。

表 5 試験区概要

試験区	土壤消毒の方法	1区面積	消毒後の作付けミニトマトの株数と栽植間隔			
			1区あたりの株数	畝幅	株間	条数
糖含有珪藻土1t/10a	土壤還元消毒	76m ²	160	1.5m	40cm	2条
糖含有珪藻土1.5t/10a	〃	〃	160~168	〃	〃	〃
太陽熱	太陽熱土壤消毒	〃	〃	〃	〃	〃

糖含有珪藻土1t/10a区と同1.5t/10a区は3反復、太陽熱区は4反復。
慣行接ぎ木苗と高接ぎ木苗を半数ずつ定植した。

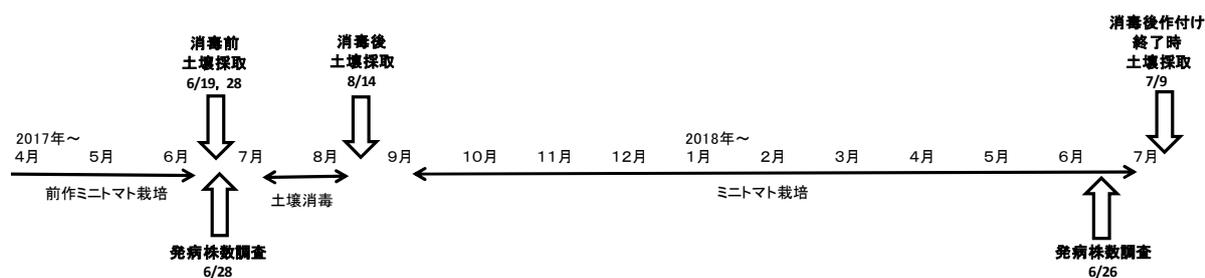


図 3 調査スケジュール

試験 4 糖蜜吸着資材を用いた土壤還元消毒の効果

和歌山県日高郡印南町古屋の4連棟ビニルハウス（面積768 m²（間口24m×奥行33m）、棟高4m）において試験を行った。当該圃場は前作のミニトマトで青枯病の発病が確認された圃場であった。試験区概要は表6のとおりとし、試験区間に仕切りは行わなかった。土壤還元消毒処理は、2018年7月17日に所定量の糖蜜吸着資材を手散布し、トラクターで混和した。土壤還元消毒区および太陽熱区に灌水チューブを85cm間隔で配置し、地表面をビニルフィルムで被覆後、ハウスを密閉して灌水を開始した。水圧が低かったため、1度にすべてを灌水することができず、2棟ずつ切り替えながら灌水し、7月24日まで8日間で合計64時間かけて灌水を行った。なお、台風接近のため7月28日にハウスの外張りフィルムを除去し、台風通過後の8月1日に外張りフィルムを再被覆した。処理開始22日後の8月8日にハウスを開放し、地表面の被覆を除去した。

調査項目は、還元深度、土壤中青枯病菌密度とした。還元深度は被覆を除去した日に試験3と同様の方法で調査した。菌密度測定は、消毒前と消毒後（図4）に、各区2か所、深さ30cmまでの土壌をハンドオーガーで採取して、区ごとに1つに混和しMPN-PCR法で国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター井上康宏博士に調べていただいた。消毒後のミニトマトの作付けは9月10日に、‘キャロル7’の慣行接ぎ木苗（台木‘がんばる根ベクト’）を表6の栽植密度で定植した。

表 6 試験区概要

試験区	土壤消毒の方法	1区面積	消毒後作付けミニトマトの株数と栽植間隔			
			1区あたりの株数	畝幅	株間	条数
糖蜜吸着資材1t/10a	土壤還元消毒	33m ²	72株	1.5m	40cm	2条
太陽熱	太陽熱土壤消毒	〃	〃	〃	〃	〃

両試験区とも3反復

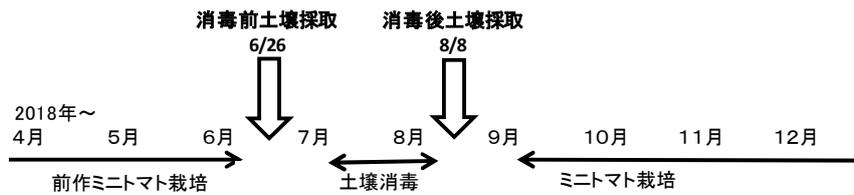


図4 調査スケジュール

結果

1. 小規模圃場試験

試験1 各種土壌消毒による消毒効果

土壌消毒期間中の糖含有珪藻土 1t/10a 区の地下 15cm, 30cm の日最低地温は, 消毒期間後半に 40℃ を超えた (図 5). 各種土壌還元消毒による土壌の還元深度は, 糖含有珪藻土 2t/10a 区が地下 49cm, 同 1t/10a 区が地下 35cm, 糖蜜吸着資材 1t/10a 区が地下 32cm であった (表 7). 対照のふすま 1t/10a 区は地下 24cm であった. 無処理区は, 還元が認められなかった. 土壌中の青枯病菌密度は, すべての土壌消毒区で消毒後に検出限界未満まで低減し (表 8), 消毒後作付け終了時まで検出限界未満で推移した. 消毒後に作付けしたミニトマトにおいては, 発病株が全ての区で認められず, 感染株率が全ての土壌消毒区で 0%, 無処理区で 32.1% であった (表 9).

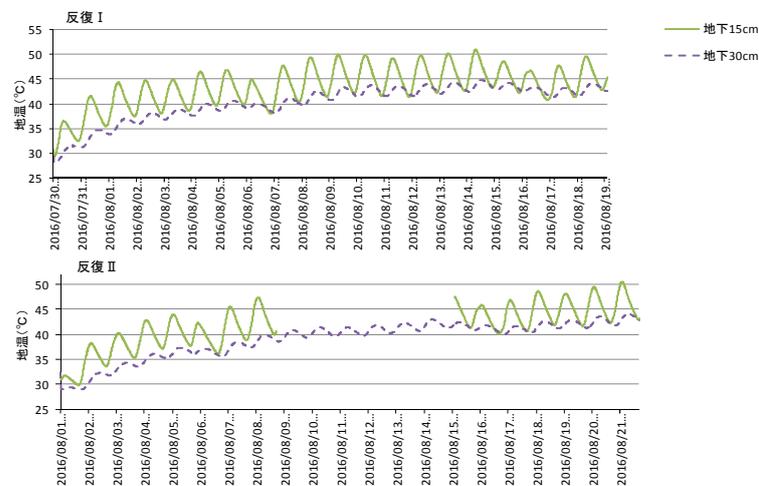


図5 消毒期間中の地下 15cm と 30cm の地温の推移

糖含有珪藻土区 1t/10a 区を測定.

2016/08/09~15 の間, 反復 II 地下 15cm の地温データ欠損.

表7 各種土壌還元消毒による土壌の還元深度

試験区	ジピリジル反応で陽性を示した 土壌の深さ(cm)
糖含有珪藻土1t/10a	35±4
糖含有珪藻土2t/10a	49±10
糖蜜吸着資材1t/10a	32±2
ふすま1t/10a	24±5
無処理	陽性反応なし

1区1~2か所×2反復の平均.

表中の数字は平均±標準誤差を示す.

表 8 小規模圃場試験における土壌中の青枯病菌密度

試験区	反復	深さ	青枯病菌密度 (cfu/g土壌)		
			消毒前	消毒後	消毒後 作付け終了時
糖含有珪藻土1t/10a	I	0-10cm	4.8×10^4	N.D.	N.D.
		20-30cm	9.3×10^5	N.D.	N.D.
		40-50cm	9.3×10^2	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	1.1×10^4	N.D.	N.D.
		20-30cm	7.1×10^3	N.D.	N.D.
		40-50cm	7.3×10^3	N.D.	N.D.
糖含有珪藻土2t/10a	I	0-10cm	5.9×10^5	N.D.	N.D.
		20-30cm	N.D.	N.D.	N.D.
		40-50cm	N.D.	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	2.2×10^5	N.D.	N.D.
		40-50cm	4.8×10^3	N.D.	N.D.
糖蜜吸着資材1t/10a	I	0-10cm	8.5×10^2	N.D.	N.D.
		20-30cm	1.7×10^6	N.D.	N.D.
		40-50cm	6.2×10^5	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	2.5×10^2	N.D.	N.D.
		20-30cm	4.9×10^2	N.D.	N.D.
		40-50cm	3.7×10^2	N.D.	N.D.
ふすま1t/10a	I	0-10cm	2.8×10^5	N.D.	N.D.
		20-30cm	3.0×10^5	N.D.	N.D.
		40-50cm	2.6×10^5	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	N.D.	N.D.	N.D.
		40-50cm	N.D.	N.D.	N.D.
太陽熱	I	0-10cm	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	4.2×10^4	N.D.	N.D.
		40-50cm	2.1×10^3	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	4.1×10^4	N.D.	N.D.
		20-30cm	6.1×10^5	N.D.	N.D.
		40-50cm	7.9×10^2	N.D.	N.D.
クオルピクリン液剤	I	0-10cm	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	N.D.	N.D.	N.D.
		40-50cm	1.7×10^2	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	3.0×10^4	N.D.	N.D.
		20-30cm	6.6×10^4	N.D.	N.D.
		40-50cm	1.4×10^3	N.D.	N.D.
無処理	I	0-10cm	6.3×10^5	2.0×10^2	N.D.
		20-30cm	6.3×10^2	7.1×10^3	9.6×10^2
		40-50cm	1.8×10^3	N.D.	2.1×10
	II	0-10cm	5.2×10^2	3.2×10^2	2.4×10
		20-30cm	2.1×10^4	3.5×10^2	7.8×10
		40-50cm	1.2×10^3	N.D.	1.5×10

N.D.は検出限界(9.2-18.1cfu/g乾土)未満を示す。

表 9 土壌消毒後の作付けミニトマトにおける発病株率と感染株率

試験区	調査株数	消毒後作付 (2016年9月~2017年6月)	
		発病株率(%)	感染株率(%)
糖含有珪藻土1t/10a	50	0	0
糖含有珪藻土2t/10a	28	0	0
糖蜜吸着資材1t/10a	52	0	0
ふすま1t/10a	28	0	0
太陽熱	26	0	0
クオルピクリン液剤	26	0	0
無処理	28	0	32.1

作付け終了時の2017年6月8日~9日に調査

試験 2 連作下における消毒効果持続性の検討

糖含有珪藻土1t/10a区は、消毒後3作目まで発病株、感染株ともに確認されなかった(表10)。一方、無処理区の発病株率は消毒後1作目は0%、2作目は90%、3作目は0%、感染株率は消毒後1作目は32.1%、2作目は90%、3作目は24.5%であった。

糖含有珪藻土1t/10a区の青枯病菌密度は消毒後から3作目終了時まで検出限界未満であった(表11)。無処理区は、消毒前から3作目終了まで青枯病菌が検出された。

表 10 消毒後1作目から消毒後3作目終了までの発病株率と感染株率

試験区	消毒後1作目 2016年9月~2017年6月			消毒後2作目 2017年6月~8月			消毒後3作目 2017年9月~2018年4月		
	調査株数	発病株率 (%)	感染株率 (%)	調査株数	発病株率 (%)	感染株率 (%)	調査株数	発病株率 (%)	感染株率 (%)
糖含有珪藻土1t/10a	25	0.0	0.0	20	0.0	0.0	28	0.0	0.0
無処理	28	0.0	32.1	20	90.0	90.0	29	0.0	24.5

土壌還元消毒は2016年7月~8月に実施。
調査は各作付けの終了時に実施。

表 11 3 作目までの土壌中青枯病菌密度の推移

(cfu/g 乾土)

試験区	反復	深さ	消毒前	消毒後	1作目終了時	2作目終了時	3作目終了時
			2016年7月	2016年8月	2016年9月～2017年6月	2017年6月～8月	2017年9月～2018年4月
糖含有珪藻土1t/10a	I	0-10cm	4.8×10^4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	9.3×10^5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		40-50cm	9.3×10^2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	II	0-10cm	1.1×10^4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		20-30cm	7.1×10^3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		40-50cm	7.3×10^3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
無処理	I	0-10cm	6.3×10^5	2.0×10^2	N.D.	4.6	2.2×10^3
		20-30cm	6.3×10^2	7.1×10^3	9.6×10^2	7.2×10^3	N.D.
		40-50cm	1.8×10^3	N.D.	2.1×10	3.2×10^2	2.2×10^4
	II	0-10cm	5.2×10^2	3.2×10^2	2.4×10	9.3	N.D.
		20-30cm	2.1×10^4	3.5×10^2	7.8×10	3.7×10^3	N.D.
		40-50cm	1.2×10^3	N.D.	1.5×10	1.4×10^4	8.8×10^3

N.D.は検出限界(8.7-12.5cfu/g乾土)未満を示す。

土壌還元消毒は2016年7月～8月に実施。

2. 現地実証試験

試験 3 糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒の効果

還元深度は、糖含有珪藻土 1.5t/10a 区が地下 22cm, 1t/10a 区が地下 18cm であった (表 12)。太陽熱区は還元が認められなかった。青枯病菌密度は消毒後に全ての区で減少した (表 13)。太陽熱区は、反復 I で消毒後に 7.4cfu/g 乾土の菌が検出された。糖含有珪藻土 1t/10a 区と同 1.5t/10a 区は 3 反復とも消毒後および消毒後の作付けミニトマト栽培終了後の菌密度が検出限界未満であった。青枯病の発病株については、消毒前作は全ての試験区で認められたが、消毒後の作付けでは、全ての試験区で認められなかった (表 14)。

表 12 糖含有珪藻土を用いた
土壌還元消毒による還元深度

試験区	ジピリジル反応で陽性を示した 土壌の深さ(cm)
糖含有珪藻土1t/10a	18±17
糖含有珪藻土1.5t/10a	22±19
太陽熱	陽性反応なし

3反復の平均、太陽熱のみ4反復

表中の数字は平均±標準誤差を示す。

表 13 土壌中の青枯病菌密度の推移

試験区	反復	青枯病菌密度(cfu/g乾土)		
		消毒前	消毒後	消毒後の 作付け終了後
		2017年6月	2017年8月	2018年7月
糖含有珪藻土1t/10a	I	>2400	N.D.	N.D.
	II	>2400	N.D.	N.D.
	III	N.D.	N.D.	N.D.
糖含有珪藻土1.5t/10a	I	>2400	N.D.	N.D.
	II	>2400	N.D.	N.D.
	III	3.6	N.D.	N.D.
太陽熱	I	460	7.4	3
	II	3.6	N.D.	N.D.
	III	1100	N.D.	N.D.
	IV	N.D.	N.D.	N.D.

青枯病菌密度は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター
井上康宏博士に測定していただいた。
N.D.は検出限界(3cfu/g乾土)未満を示す。

表 14 土壌消毒前後作の青枯病発病株率

試験区	反復	発病株率(%)		
		調査株数	消毒前作付け	消毒後作付け
			2017年6月	2018年6月
糖含有珪藻土1t/10a	I	160	90.0	0
	II	160	23.2	0
	III	160	6.0	0
糖含有珪藻土1.5t/10a	I	160	19.0	0
	II	160	23.2	0
	III	168	6.5	0
太陽熱	I	160	54.7	0
	II	168	6.5	0
	III	160	15.3	0
	IV	160	0.6	0

試験 4 糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の効果

還元深度は、糖蜜吸着資材 1t/10a 区が地下 38cm、太陽熱区が地下 30cm であった (表 15)。青枯病菌密度は、糖蜜吸着資材 1t/10a 区は消毒前が検出限界未満～1,100cfu/g 乾土であり、消毒後が検出限界未満～3.6cfu/g 乾土となった (表 16)。一方、太陽熱区で消毒前が検出限界未満～3.6cfu/g 乾土であり、消毒後も検出限界未満～3.6cfu/g 乾土であった。

表 15 糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒による還元深度

試験区	ジピリジル反応で陽性を示した 土壌の深さ(cm)
糖蜜吸着資材1t/10a	38±3
太陽熱	30±17

3反復の平均。
表中の数字は平均±標準誤差を示す。

表 16 土壌消毒前後の土壌中の青枯病菌密度

試験区	反復	青枯病菌密度(cfu/g乾土)	
		消毒前 2018年6月	消毒後 2018年8月
糖蜜吸着資材1t/10a	I	1,100	N.D.
	II	N.D.	N.D.
	III	N.D.	3.6
太陽熱	I	3.6	3.6
	II	N.D.	N.D.
	III	N.D.	N.D.

青枯病菌密度は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター井上康宏博士に測定していただいた。
N.D.は検出限界(3cfu/g乾土)未満を示す。

考 察

糖含有珪藻土と糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒を行い、トマト青枯病に対する防除効果を検討した。本試験の結果、糖含有珪藻土や糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒は、太陽熱土壌消毒やふすまを用いた土壌還元消毒と同等以上の防除効果が得られることが圃場において確認された。このことから、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒はトマト青枯病の防除対策として有効であると考えられた。

試験 1 では、各種土壌消毒による消毒効果を検討した。糖含有珪藻土と糖蜜吸着資材を用いたいずれの試験区も、対照のふすま区に優る還元深度がみられた(表 7)。糖含有珪藻土 2t/10a 区は、1t/10a 区より深くまで還元しており、施用量に応じて深くまで還元する傾向がみられた。青枯病菌密度は、土壌還元消毒区を含む全ての土壌消毒区で深さ 50cm まで検出限界未満となった(表 8)。糖含有珪藻土 1t/10a 区、糖蜜吸着資材 1t/10a 区、ふすま 1t/10a 区において、還元がみられた深さよりも下層の地下 50cm まで菌密度が低減した。伊達ら (2013) は、土壌における青枯病菌の死滅条件を室内試験で調べており、45℃12 時間処理や 40℃3 日間処理で青枯病菌が著しく減少することを明らかにした。本試験で太陽熱区の菌密度が地下 50cm まで検出限界未満に低下したことから、太陽熱土壌消毒の効果を受け、還元がみられた深さよりも深層の地下 50cm まで菌密度が低減したと推察された。一般的に太陽熱土壌消毒は地温の確保が可能な高温期の 7 月～8 月に実施されているが、気象条件が不安定な場合は、土壌還元消毒が効果的であると考えられている(戴ら, 2014)。糖含有珪藻土や糖蜜吸着資材を用いて 30℃14 日間で土壌還元消毒を行うと青枯病菌密度低減効果が得られることから(大谷, 2018)、冷涼な夏や、栽培の都合で 7～8 月に太陽熱土壌消毒が実施できない場合、糖含有珪藻土や糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒は有効と思われる。

トマト青枯病は土壌伝染性の難防除病害であり、全国でその防除対策に苦慮している。土壌消毒後にも土壌深層に青枯病菌が残存することから、生産地では土壌消毒を行ってもトマトを連作する

と再発することがしばしば見受けられる(野津・中保, 2014)。試験2では糖含有珪藻土 1t/10a 処理により消毒後3作目まで発病株と感染株がなく青枯病防除効果が維持された(表10)。また, 試験3の現地実証試験で糖含有珪藻土を 1t/10a あるいは 1.5t/10a 処理し土壌還元消毒を行ったところ, 栽培終了時まで青枯病の発病株がなく, 土壌中の青枯病菌密度も検出限界未満であった。このことから, 糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒はトマト青枯病の防除効果が長期間維持されると期待できる。

試験3では, 糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒の効果を現地実証試験で検討した。糖含有珪藻土 1t/10a 区および同 1.5t/10a 区は消毒後に菌密度が検出限界未満に低減し(表13), 消毒後の作付けで発病株が認められなかった(表14)。村元ら(2017)は, 岐阜県の青枯病発病圃場において糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒を行ったところ, 土壌中青枯病菌密度が検出限界未満となり, その後の作付けで発病が認められなかったと報告しており, 本試験と同様の結果であった。一方で, 太陽熱区では菌密度が低くなる傾向にあったが, 青枯病菌が検出される区があった(表13)。菌密度を低減させるには, 太陽熱土壌消毒よりも糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒の方が, 効果が安定する可能性が示唆された。

糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒効果を現地実証試験で検討した試験4の圃場では, 生産者が稲わら堆肥を施用していた。稲わらによっても土壌の還元が起こるため(日本植物防疫協会, 1997), 太陽熱区において地下30cmまで還元が確認されたと考えられる。

試験4では, 消毒前の菌密度は検出限界未満~1, 100cfu/g 乾土であった。糖蜜吸着資材を 1t/10a 用いた土壌還元消毒後の菌密度は検出限界未満~3.6cfu/g 乾土となり(表16), 土壌還元消毒の効果が概ね確認された。しかしながら, 糖蜜吸着資材の反復Ⅲで菌が検出された。その要因として灌水の不均一さが考えられる。資材散布後にトラクターで耕耘した際, 圃場内に高低差が発生し, 灌水時に水の届きにくい場所が発生したことや, 消毒処理時の灌水チューブの間隔が85cmあり, 灌水チューブ間を十分に灌水できなかったことが原因に挙げられる。土壌還元消毒時の土壌含水率がトマト青枯病菌密度に及ぼす影響について, バイアル瓶を用いて14日間30℃の条件で調べたところ, 青枯病菌汚染土に糖含有珪藻土を重量比で1%添加し土壌を還元させると, 土壌含水率が32%で菌密度が低下したが, 16%, 25%ではほとんど低下しなかった(大谷, 未発表)。また, 浅野ら(2012)は, 低濃度エタノールを用いて土壌還元消毒を行ったところ, 消毒処理14日後に圃場からフザリウム属菌が検出され, その原因は処理の不均一さによるものであり, 十分な量の処理液を均一に処理する必要があると述べている。本試験のように水溶性の固体有機物を用いて土壌還元消毒する際も, 十分な量の水を灌水し, 圃場全体に均一に有機物を拡散することが望ましいが, 水量や水圧は現場の圃場ごとに異なる。今後, 新規資材を安定的に用いるために灌水の不均一さを解消する対策が必要と思われる。

摘 要

糖含有珪藻土や糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒を行い, 本県ミニトマト連作圃場におけるトマト青枯病の防除効果を検討した。

1. 小規模圃場試験において糖含有珪藻土や糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒は, 土壌中の青枯病菌密度を検出限界未満まで低減させ, 消毒後に作付けたミニトマトでは発病株, 感染株ともにみられなかった。

2. 小規模圃場試験では、糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒後、3 作目までトマト青枯病の発病株や感染株がなく、効果の持続性が確認できた。
3. 現地実証試験において糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒により、土壌中の青枯病菌密度が検出限界未満まで低減し、消毒後に作付けたミニトマトでは発病株がみられなかった。
4. 現地実証試験において糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒により、土壌中の青枯病菌密度が検出限界未満まで低減した。

謝 辞

本試験の実施にあたり、終始有益なご指導、ご鞭撻を賜りました国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門中保一浩博士と新潟県農業総合研究所前田征之博士に感謝の意を表します。MPN-PCR法により青枯病菌密度の調査をしていただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター井上康宏博士、新規資材の概要データを提供していただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センターの井原啓貴博士に厚くお礼申し上げます。また、現地実証試験を実施するにあたりご協力いただいた紀州農業協同組合いなみ営農販売センター勝本卓氏、日高振興局農林水産振興部農業水産振興課松本比呂起副主査（現在、和歌山県農業試験場）、足立裕亮主査（現在、知事室秘書課）、新田佳範主任に深謝いたします。圃場管理や調査環境整備等多大なる協力を頂きました和歌山県農業試験場中地健主査に感謝の意を表します。

なお、本研究は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」（管理法人：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター）によって実施されました。

引用文献

- 浅野雄二・渡辺秀樹. 2012. 低濃度エタノールを用いた新規土壌消毒技術の開発—岐阜県におけるハウレンソウ栽培に適した新規土壌消毒技術の実用性規模化研究—. 岐阜県中山間農業研究所報告. 8: 1-10.
- Inoue・Nakaho. 2014. Sensitive quantitative detection of *Ralstonia solanacearum* in soil by the most probable number-polymerase chain reaction (MPN-PCR) method. Applied microbiology and biotechnology. 98: 4169-4177.
- Elphinstone, J. , J. Hennessy, J. K. Wilson and D. E. Stead. 1996. EPP0 Bulletin 26: 663-678.
- 大谷洋子. 2018. トマト青枯病菌に対する糖含有珪藻土と糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の処理条件の検討. 関西病虫研報. 60: 71-76.
- 岡田永子・高橋和郎・中村晴臣. 1970. クロロピクリン中毒症. 日内会誌. 59: 60-67.
- 小原裕三・坂本勝己・上別府史郎・佐藤理恵子・阿部倉博道・植松清次・三平東作・三輪千華. 2007. 土壌還元消毒方法, 土壌還元消毒剤, 土壌湿潤化消毒方法, 土壌湿潤化消毒剤および土壌消毒剤灌注システム. 特許 4436426 号.
- 小原裕三. 2013. 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒技術実施マニュアルの

- 紹介. 植物防疫. 67 : 193-198.
- 桑原克也・高橋まさみ・大堀智也・三木静恵. 2011. 施設キュウリにおける低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒による下層土のネコブセンチュウの防除効果. 関東東山病虫研報. 58 : 85-89.
- 小玉孝司・岡山健夫・堀本圭一. 1984. 薬剤を併用した太陽熱土壌消毒と接木栽培によるトマト青枯病の防除. 関西病虫研報. 26 : 61.
- 小松勉・松澤光弘・堀田治邦. 2006. 深耕還元消毒と抵抗性台木によるトマト青枯病の防除効果. 北日本病虫研報. 57 : 42-46.
- 新村昭憲. 2003. 糖蜜を利用した土壌還元消毒の下層土への防除効果. 日植病会報. 69 : 78.
- 戴燕燕・近藤美麻・伊藤健吾・吉山浩平・張鵬飛・張福平・千家正照. 2014. トマト青枯病の太陽熱土壌消毒における栽培管理用水量の実態. 農業農村工学会論文集. 294 : 85-92.
- 伊達寛敬・那須英夫・畑本求. 1993. 各種条件下におけるナス科野菜青枯病細菌の死滅に要する温度と時間. 日植病報. 59 : 709-713.
- 日本植物防疫協会. 1997. 植物防疫講座病害編. 第3版. p102. 日本植物防疫協会. 東京.
- 日本ペドロロジー学会編. 1997. 土壌調査ハンドブック改訂版. pp95-96. 博友社. 東京
- 農林水産技術会議事務局. 2013. 新規接ぎ木法による地域条件に適したトマト土壌病害総合防除の開発 (研究紹介). 2012年 : 3-4.
- 野津あゆみ・中保一浩. 2014. 北海道におけるトマト青枯病発生圃場の汚染程度と異なる温度および菌密度での高接ぎ木栽培の発病抑制効果. 北日本病虫研報. 65 : 54-58.
- 前田征之・鍛冶原寛・野津あゆみ・瓦朋子・太田沙友理・古川勇一郎・白鳥豊・中保一浩. 2011. 青枯病抵抗性台木の高接ぎによるトマト青枯病の発病抑制効果. 土と微生物. 65 : 161. (講要)
- 前田征之・太田紗由理・古川勇一郎・白鳥豊・原澤良栄・中保一浩. 2017. 新潟県における糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒法によるトマト青枯病の防除. 日植病報. 83 : 212. (講要)
- 村元靖典・渡辺秀樹・棚橋寿彦・中保一浩. 2017. 岐阜県における糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒法の有効性評価. 日植病報. 83 : 212. (講要)
- Monma, N., M. Momma and Y. Kobara. 2010. Biological soil disinfestation using ethanol:effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and soil microorganisms. JGPP. 76 : 336-344.
- 門馬法明. 2013. 土壌還元消毒法によるトマト萎凋病菌の密度低減効果のメカニズム解析. 植物防疫. 67 : 210-2013.
- 山口純一郎・浦田丈一・菅正道. 1987. 施設栽培のナス青枯病に対する太陽熱利用の防除効果. 九病虫研報. 33 : 45-47.

和歌山県育成スターチス・シヌアータ品種における夏季 無冷房育苗が促成栽培での生育および開花に及ぼす影響

宮前治加・小川大輔¹

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

Effect of Temperature without Artificial Control in Raising Seedling at Summer Season on Growth and Flowering in Forcing Culture of Wakayama Original Cultivar of *Limonium sinuatum* Mill.

Haruka Miyamae and Daisuke Ogawa¹

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

スターチス・シヌアータ（以下スターチス）の切り花生産では、種子と組織培養苗の2種類の種苗が供給されており、現在和歌山県での切り花生産では、ほとんどが生育揃いや収量性に優れた組織培養苗が用いられている。暖地の促成栽培を可能にした開花調節技術は、種子品種を用いて行われてきた。吾妻ら（1983）は‘アーリーブルー’を供試し、催芽種子を2~3℃で30日間低温処理すると、抽苔、開花は早まるが、低温処理直後の幼苗が25℃以上の高温に遭遇すると、低温処理の効果が低下または打ち消される、いわゆる高温による脱春化が起こることを明らかにした。また、春化した苗は展開葉8~10枚まで高温を回避して育苗することで脱春化を防止できるとした（吾妻・犬伏、1986）。この技術開発により、産地では冷房育苗や冷涼地での育苗が普及し、年内から収穫可能な促成栽培が拡大した。組織培養苗は、1989年頃から供給されるようになった（伊藤、1993）が、しばしば開花遅延が生じることが問題とされ、この要因について、継代培養の繰り返しや高い培養温度が開花遅延を引き起こす（深山ら、1998；古屋・藤岡、2009；土屋ら、1997）ことが示されている。また、組織培養苗は低温処理や低温処理後高温を回避した育苗により、開花促進や切り花本数が増加する（深山ら、1998；古屋・藤岡、2010；荻原ら1997）ことが明らかにされ、組織培養苗を用いる場合においても、促成栽培では冷房育苗や冷涼地での育苗は早期開花のための必須の技術として定着している。一方で、催花状態にある株の花茎を7月に切除し、その株から発生した芽を用いた挿し芽苗では、夏季の雨よけハウスで育苗しても脱春化することなく10月から収穫ができる（後藤ら、1996）ことや固化培地を用い遮光ハウスの無冷房下で育苗した場合、冷房育苗苗と同等以上の切り花本数が得られる（島ら、2013）という報告、さらに生産現場においても無冷房下で育苗した苗を使用した促成栽培が行われている事例もあり、促成栽培において、必ずしも高温を回避した育苗が必要ではない可能性が考えられる。また、本県の育成品種は、育成段階で早期に抽苔する個体を選抜しており（小川ら、2012；2014；小川・上山、2016a；2016b）、開花のための低温要求量が少な

¹現在：和歌山県農業試験場

いことも推察される。「培養系スターチス・シヌアータ稚苗の自家育苗マニュアル（2009）」によると、冷房育苗には初期導入経費の償却費と電気代で1苗当たり32.3円の経費が必要とされ、冷房育苗が不要になれば10a当たり約10万円のコスト削減が期待できる。また、県育成品種は種苗費が安価なため、これらを用いることでさらに種苗費が削減される。

生産者が県育成品種を自家育苗する際、低温処理後冷房育苗されたセル苗と培養容器に入った発根培養苗（ビトロ苗）が用いられる。種子品種では、幼苗ほど高温による脱春化が起きやすい（吾妻ら、1986）ことから、本実験では、県育成品種8品種について、ビトロ苗とセル苗を鉢上げした後、夏季遮光ハウスの無冷房下や無冷房より高温となる条件下で育苗した苗と冷房育苗苗とで生育および開花を比較し、冷房育苗を必要としない促成栽培の可能性を検討した。また、定植後の長日処理は高温による脱春化を防止できる（藤田、1986）、電照栽培により抽苔本数が増加する（島ら、2011）という知見に基づき、無冷房育苗時の電照処理による脱春化や抽苔の促進効果を8月下旬定植の作型において検討した。

材料および方法

1. 県育成品種における発根培養苗（ビトロ苗）鉢上げ後の育苗温度が生育・開花に及ぼす影響（実験1）

試験は2015年と2016年に実施した。2015年は‘紀州ファインバイオレット’、‘紀州ファインラベンダー’、‘紀州ファインイエロー’の3品種を、2016年は‘紀州ファインブルー’、‘紀州ファインパープル’、‘紀州ファイングレープ’、‘紀州ファインパール’、‘紀州ファインピンク’の5品種を供試した。

1) 育苗

2015年は暖地園芸センターで組織培養により増殖（培養温度20℃）し、その発根苗を培養容器に入れたまま5℃、16時間照明下で4週間冷蔵処理した苗を用いた。7月27日に発根苗を培養容器から取り出し、根に寒天培地を付けて切り分け、培土（タキイセル培土TM-1™）を充填した7.5cmのポリポットに鉢上げした。2016年は、(株)ベルディから入手したプラスチック製の容器に入った発根培養苗（図1）を5℃で24日間冷蔵処理し、7月28日に2015年と同様の方法で鉢上げした。鉢上げ後の温度管理区として、積極的な温度制御を実施しない無冷房区、換気を制御し高温管理とする高温区および対照として、冷房区の3処理区を設けた。

処理は3処理区ともガラス温室（間口3.8m、奥行き6m、軒高2.8m）で実施した。無冷房区は、遮光率65～70%の遮光資材（クールホワイト™、ダイオ化成（株））を展帳し、側窓、入り口（片側のみ）を開放、天窗は25℃換気とした。高温区は、無冷房区と同様の遮光資材を展帳し、入り口は開放したが、側窓は閉め切りにし、天窗は30℃換気とした。冷房区は、遮光率75%の遮熱資材（タイレンAG-20™、大豊化学工業（株））を展帳し、昼温（6時～20時）を25℃、夜温（20時～6時）を15℃で管理した。育苗中は7～10日おきに窒素濃度150ppmの液肥（OKF-9、大塚アグリテクノ（株）N:P₂O₅:K₂O=15:15:15）を灌水がわりに与えた。処理は鉢上げ日から2015年は9月1日まで、2016年は9月5日まで実施した。処理終了時に各区30～40株について、苗の株径、葉数および抽苔本数を調査した。



図1 培養容器に入った発根培養苗（ビトロ苗）

2) ほ場での栽培

栽培試験は両年ともガラス温室で実施した。定植は両年とも9月7日に幅90cmのベッドに株間30cm, 条間40cm, 2条千鳥植えで行った。基肥はN, P₂O₅, K₂Oをベッド1m²当たり2015年は5.5-7.4-6.4g, 2016年は6.4-8.6-7.5g(両年ともいなみペレット6-8-7)を施用した。追肥は液肥(OKF-2, 大塚アグリテクノ(株)N:P₂O₅:K₂O=14:8:16)を11月から3月まで2週間に1回程度1回当たりベッド1m²当たり窒素成分で0.6~1g施用した。定植後2週間, 抽苔花茎を除去しながら株養成を図った。なお, 2016年は生育初期に先端が黒変した花茎が発生したため, 10月12日に先端の黒変した花茎を除去した。冬季は最低夜温3°Cで管理した。試験区は, 2015年は1区8株1反復, 2016年は1区8株2反復とし, 2015年は10月29日~2016年3月15日まで, 2016年は10月31日~2017年3月15日まで切り花本数および切り花長, 切り花重, 花房数, 分枝数, 茎径を調査した。

2. 県育成品種におけるセル苗鉢上げ後の育苗温度が生育・開花に及ぼす影響(実験2)

試験は2015年と2016年に実施した。各年の供試品種は実験1と同様とした。

1) 育苗

2015年は8月5日に2016年は8月4日に288穴セル苗(バイオセンター中津から入手:セル苗を3°C設定で約20日間低温処理, 昼間25°C, 夜間15°Cで育苗)を実験1と同様にポットに鉢上げした。なお, 鉢上げ後の処理および育苗管理, 苗質の調査は, 実験1と同様の方法で行った。

2) ほ場での栽培

両年とも実験1と同様の栽培管理, 調査を行ったが, 試験区は両年とも1区8株2反復とした。

3. 8月下旬定植における無冷房育苗中の電照処理が生育・開花に及ぼす影響(実験3)

1) 育苗

‘紀州ファインバイオレット’, ‘紀州ファインブルー’, ‘紀州ファインパール’, ‘紀州ファインピンク’を供試した。発根培養苗((株)ベルディから入手)を5°C, 16時間照明下で25日間処理し, 2017年7月13日に7.5cmポリポットに鉢上げした。処理区は無冷房で育苗し電照による長日処理をする区(無冷房+電照区), 無冷房で育苗する無冷房区および対照として冷房育苗区の3処理区を設けた。電照は7月20日から8月24日までの期間白熱電球で日没後から20時間日長となるように照射した。各区の育苗温度は実験1と同様としたが, 冷房区に展帳する遮光資材は無冷房区と同じ資材を使用した。調査は1区40株とし, 各株が抽苔した日および処理終了時に株径, 葉数, 抽苔本数を調査した。

2) ほ場での栽培

栽培ほ場は実験1と同様の温室で行い, 2017年8月25日に幅90cmのベッドに株間30cm, 条間40cm, 2条千鳥植えで定植した。基肥はN, P₂O₅, K₂Oをベッド1m²当たりそれぞれ7g(JA花配合7-7-7)を施用した。追肥は液肥(OKF-9またはOKF-2)を2週間に1回程度ベッド1m²当たり窒素成分で1gを施用した。9月13日まで抽苔花茎を除去しながら株養成を図った。冬季は最低気温3°Cで管理した。切り花調査は10月16日~2018年3月13日まで実施した。試験区は1区8株2反復とし, 切り花本数および切り花長, 切り花重, 花房数, 分枝数, 茎径を調査した。

結 果

1. 育苗施設内の気温

育苗施設の遮光率は、無冷房区および高温区は70%、冷房区は80%であった。両年とも冷房区ではほぼ設定温度で推移した（図2）。無冷房区および高温区では、夜間の気温はほとんど差がなかったが、7時～20時頃までは高温区が無冷房区に比べて2015年で0.6～2.4℃、2016年で0.6～1.6℃高く推移した。冷房区の平均気温、最高気温、最低気温は、無冷房区および高温区に比べて約10℃低かった（表1）。また、2015年と2016年を比較すると、平均気温は2016年の方が無冷房区で1℃、高温区で0.6℃高かった。

表1 処理区の施設内気温

年度	処理区	平均気温 ^z (℃)	最高気温 ^y (℃)	最低気温 ^y (℃)
2015	無冷房	29.6	37.9	24.4
	高温	30.7	40.1	24.8
	冷房	20.3	28.1	13.6
2016	無冷房	30.6	37.8	25.0
	高温	31.3	38.9	25.1
	冷房	20.3	26.5	14.3

注)2015年は7月27日～9月1日、2016年は7月28日～9月5日

^z 各時刻の平均値 ^y 1日の最高気温または最低気温の平均

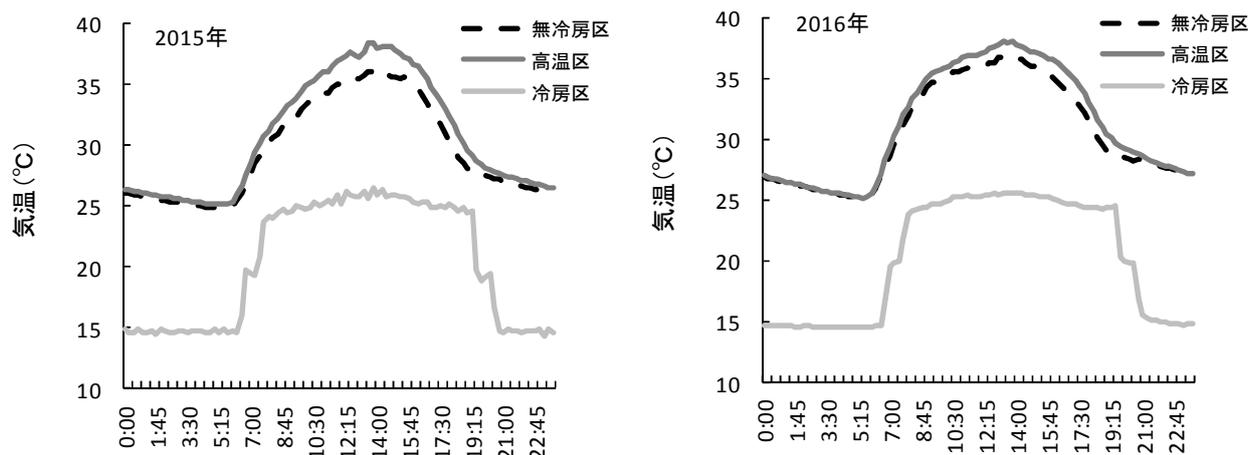


図2 各処理区の育苗施設内の気温の推移

注) 2015年は7月27日～9月1日、2016年は7月28日～9月5日各時刻の平均値

2. 県育成品種における発根培養苗（ビトロ苗）鉢上げ後の育苗温度が生育・開花に及ぼす影響（実験1）

1) 苗質および定植後の初期生育

定植時の苗質について（表2）、株径は全ての品種で冷房区が他区に比べて顕著に大きく、軟弱となった。葉数は、‘紀州ファンバイオレット’、‘紀州ファインイエロー’、‘紀州ファインパープル’および‘紀州ファイングレープ’では、冷房区が他区に比べてやや少なかったが、他の品種では処理区間に明らかな差異は認められなかった。抽苔株率は‘紀州ファインパープル’および‘紀州ファイングレープ’の2品種では、いずれの区においても0%であった。一方、‘紀州ファインラベンダー’、‘紀州ファインイエロー’および‘紀州ファインパープル’は、96～100%といずれ

の区においても高かった。また、‘紀州ファインバイオレット’は冷房区が81.3%と高かったが、他の2区は0~4.2%と顕著に低かった。逆に‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインピンク’の2品種は、冷房区の抽苔株率がそれぞれ46.2%、47.4%に対して、無冷房区と高温区は、96~100%と高かった。抽苔本数は抽苔株率が低い区で少なかった。

株養成終了時の抽苔株率について、‘紀州ファインバイオレット’、‘紀州ファインパープル’および‘紀州ファイングレープ’は、冷房区が100%と全株抽苔したが、無冷房区および高温区では抽苔株率が低く、特に高温区で顕著に低かった(表2)。一方、定植時に抽苔株率が低かった‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインピンク’の冷房区においても株養成時には全ての株が抽苔した。

株養成終了までの抽苔本数は、‘紀州ファインパープル’では、各区に顕著な差は認められなかったが、ほとんどの品種で、冷房区、無冷房区、高温区に多い傾向が認められた(表2)。定植後1ヵ月目の抽苔株率は、‘紀州ファインラベンダー’および‘紀州ファインイエロー’は全ての区で100%であったが、‘紀州ファインバイオレット’は無冷房区において、‘紀州ファインブルー’、‘紀州ファインパープル’、‘紀州ファイングレープ’は高温区において、‘紀州ファインパープル’および‘紀州ファインピンク’は無冷房区と高温区において、未抽苔株が発生した(表2)。特に‘紀州ファインピンク’は、無冷房区50%、高温区12.5%と顕著に低下した。抽苔本数は、冷房区が無冷房区および高温区よりも多かった。

表2 スターチス・シヌアータにおける発根培養苗(ビトロ苗)鉢上げ後の育苗温度が定植時の苗質および初期生育に及ぼす影響

栽培年	品種	試験区	定植時				株養成終了時		定植後1ヵ月目 ^z	
			株径 ^y (cm)	葉数 (枚)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^x (本/株)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^w (本/株)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^v (本/株)
2015年	紀州ファインバイオレット	無冷房	15.9	11.9	4.2	0.0	75.0	0.8	87.5	1.5
		高温	14.5	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100	1.8
		冷房	19.7	9.6	81.3	0.9	100	3.6	100	2.5
	紀州ファインラベンダー	無冷房	17.2	9.6	100	2.3	100	5.3	100	2.3
		高温	16.9	10.4	96.0	1.4	100	3.9	100	2.1
		冷房	18.9	11.0	100	2.2	100	6.6	100	2.6
	紀州ファインイエロー	無冷房	12.3	19.0	100	4.2	100	6.1	100	3.5
		高温	11.6	16.4	100	3.9	100	6.0	100	4.9
		冷房	12.5	15.2	100	3.8	100	7.3	100	5.6
2016年	紀州ファインブルー	無冷房	13.8	12.3	100	1.8	100	3.3	100	2.1
		高温	12.5	12.6	97.5	1.3	100	2.8	93.8	1.8
		冷房	19.7	12.0	46.2	0.5	100	3.8	100	3.6
	紀州ファインパープル	無冷房	15.5	12.8	0.0	0.0	75.0	0.8	100	3.6
		高温	18.5	13.2	0.0	0.0	43.8	0.4	81.3	1.8
		冷房	21.8	11.0	0.0	0.0	100	2.6	100	4.1
	紀州ファイングレープ	無冷房	14.8	10.8	0.0	0.0	56.3	0.6	100	2.3
		高温	13.6	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	87.5	1.0
		冷房	17.5	8.6	0.0	0.0	100	1.2	100	3.6
	紀州ファインパープル	無冷房	10.6	11.7	100	2.1	100	3.9	93.8	3.0
		高温	8.8	11.5	100	1.7	100	3.8	93.8	2.5
		冷房	12.4	10.3	97.4	1.0	100	3.6	100	3.8
	紀州ファインピンク	無冷房	18.2	14.0	100	1.2	100	2.4	50.0	0.6
		高温	15.1	14.7	100	1.5	100	1.9	12.5	0.1
		冷房	23.2	13.5	47.4	0.5	100	2.3	100	2.9

注)培養容器に入った発根培養苗を2015年は7月27日、2016年7月28日に鉢上げ、無冷房:天窓25℃換気、側窓入り口は開放、高温:天窓30℃換気、側窓閉めきり、入り口開放で管理、冷房:昼間25℃/夜間15℃、定植:9月7日、株養成のために定植後14~16日間抽苔花茎を除去した

^x 2015年は10月5日、2016年は10月12日に調査、^y最大株径、^z育苗中に除去した抽苔花茎と調査時の抽苔花茎の総数、^w株養成終了時まで除去した抽苔花茎の総数
^v株養成後に抽苔した花茎の本数

2) 切り花本数と切り花品質

切り花本数について(表3), ‘紀州ファインバイオレット’は, 高温区において10~12月の切り花本数が他区に比べて多かったが, 1~3月は逆に少なく, 総切り花本数は各区同程度であった. ‘紀州ファインパープル’および‘紀州ファイングレープ’は, 冷房区と無冷房区では同程度であったが, 高温区で10~12月の切り花本数が他の2区よりも少なく, 総切り花本数は冷房区の93~95%であった. ‘紀州ファインラベンダー’, ‘紀州ファインイエロー’は, 無冷房区および高温区において, 10~12月の切り花本数が冷房区よりも少なかったが, 1~3月には多くなり, 総切り花本数は冷房区と同等または多くなった. ‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインパール’は, 無冷房区および高温区では10~12月の切り花本数が冷房区に比べて少なく, 総切り花本数も冷房区と比べて, ‘紀州ファインパール’の無冷房区で92%, 高温区で83%, ‘紀州ファインブルー’ではそれぞれ82%, 75%と少なかった. また, ‘紀州ファインピンク’では, 無冷房区および高温区では切り花調査中に開花しない株が25~50%発生し, 総切り花本数は, 冷房区の40~50%と顕著に少なかった.

切り花品質について(表3), 各区で切り花本数が同程度であった品種は, 切り花長, 切り花重等の切り花品質も明らかな差は見られなかったが, 無冷房区や高温区の切り花本数が少なかった‘紀州ファインブルー’, ‘紀州ファインパール’, ‘紀州ファインピンク’では, 切り花本数が少ない区で, 切り花重, 茎径が大きく, 花房数が多かった.

表3 発根培養苗(ビトロ苗)鉢上げ後の育苗温度が切り花本数および切り花品質に及ぼす影響

栽培年	品種	試験区	切り花本数(本/株)			2L率 ² (%)	開花株率 ² (%)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)
			10~12月	1~3月	合計							
2015年	紀州ファインバイオレット	無冷房	7.0	11.6	18.6	82.6	100	81.3	38.1	5.7	4.6	6.8
		高温	12.8	5.1	17.9	83.9	100	80.4	38.2	5.9	4.6	6.4
		冷房	6.4	10.6	17.0	92.6	100	82.5	43.9	6.1	5.0	7.8
	紀州ファインラベンダー	無冷房	5.6	7.8	13.4	88.8	100	87.0	57.5	5.3	5.6	10.2
		高温	6.3	8.4	14.6	84.6	100	85.0	54.8	5.2	5.7	10.4
		冷房	7.1	6.6	13.8	94.5	100	85.6	56.3	5.1	6.0	11.0
	紀州ファインイエロー	無冷房	8.3	10.0	18.3	88.4	100	92.6	42.8	5.2	5.7	9.7
		高温	8.8	11.8	20.5	82.3	100	93.3	40.7	4.7	5.5	9.3
		冷房	10.1	9.6	19.8	82.9	100	93.5	43.3	5.1	5.5	9.4
2016年	紀州ファインブルー	無冷房	3.4	7.9	11.3	86.2	100	83.1	54.9	6.7	5.6	9.4
		高温	3.2	7.2	10.4	92.6	100	87.8	61.2	7.0	5.6	9.7
		冷房	5.5	8.4	13.8	88.1	100	83.6	50.9	6.2	5.7	9.3
	紀州ファインパープル	無冷房	5.4	9.4	14.8	82.6	100	77.0	43.5	6.4	5.2	8.0
		高温	4.9	7.1	12.0	85.9	100	77.8	46.1	6.8	5.2	8.1
		冷房	5.1	7.9	12.9	82.2	100	81.1	47.3	6.6	5.8	9.5
	紀州ファイングレープ	無冷房	5.7	7.4	13.1	79.5	100	80.7	44.6	6.8	4.5	6.4
		高温	4.0	8.3	12.3	90.8	100	86.6	48.3	6.8	4.8	6.7
		冷房	5.7	7.3	12.9	86.5	100	80.9	45.6	6.8	4.7	6.9
	紀州ファインパール	無冷房	3.6	7.8	11.4	84.8	100	87.0	55.0	5.9	7.4	14.1
		高温	2.7	7.4	10.1	86.8	100	90.1	61.3	6.4	7.9	15.4
		冷房	4.8	7.3	12.1	85.1	100	84.7	48.3	5.9	7.4	12.8
	紀州ファインピンク	無冷房	1.5	3.8	5.3	89.7	75	85.8	83.4	7.1	6.7	13.1
		高温	1.2	3.0	4.2	80.6	50	74.3	98.5	7.4	6.9	16.5
		冷房	4.2	6.5	10.7	89.5	100	84.9	65.2	6.0	6.6	11.2

注)9月7日定植、定植後14~16日間抽苔花茎を除去した、冬季最低夜温3℃で管理
調査期間:2015年:10月29日~2016年3月15日、2016年:10月31日~2017年3月15日

² 切り花総数に占める切り花長70cm以上、かつ花房数5個以上の切り花の割合 ³ 調査期間中に採花した株の割合

3. 県育成品種におけるセル苗鉢上げ後の育苗温度が生育・開花に及ぼす影響(実験2)

1) 苗質および定植後の初期生育

定植時の苗質について(表4), 株径は‘紀州ファインイエロー’では, 各区で顕著な差は認められなかったが, 他の品種では, 冷房区で他の2区に比べて大きい傾向が認められた. 特に2016年に

供試した5品種は、冷房区の葉長が大きく、厚みが薄い軟弱な苗であった。無冷房区と高温区では、株径に顕著な差は認められなかった。葉数は、‘紀州ファイน์ラベンダー’、‘紀州ファイน์イエロー’を除く6品種で、無冷房区、高温区、冷房区の順に多い傾向が認められた。抽苔本数は、‘紀州ファイน์バイオレット’および‘紀州ファイน์パープル’では、各区でほとんど差は見られなかったが、他の6品種は、冷房区が無冷房区および高温区よりも少なかった。また、‘紀州ファイน์ブルー’では高温区が無冷房区に比べてやや少なかった。抽苔株率は、‘紀州ファイน์パープル’で66.7～81.6%、‘紀州ファイน์バイオレット’で60～68.6%と各区とも低かった。他の6品種では各区ともほぼ100%と定植時にはほとんどの個体が抽苔した。株養成終了時までの抽苔本数は、‘紀州ファイน์ピンク’では、冷房区がやや少なかったが、他の7品種では各区ともほぼ同程度であった(表4)。また、‘紀州ファイน์パープル’の高温区では、未抽苔株が6%認められたが、定植時に抽苔率が低かった‘紀州ファイน์バイオレット’は株養成終了時には全株が抽苔した。定植後1ヵ月の期間に抽苔した花茎の本数は、多くの品種で冷房区が最も多く、高温区が最も少ない傾向が認められた(表4)。特に‘紀州ファイน์ピンク’では、無冷房区および高温区において、抽苔本数が顕著に少なく、抽苔株率も低かった。

表4 スターチス・シヌアータにおけるセル苗鉢上げ後の育苗温度が定植時の苗質および初期生育に及ぼす影響

栽培年	品種	試験区	定植時				株養成終了時		定植後1ヵ月目 ^z	
			株径 ^y (cm)	葉数 (枚)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^x (本/株)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^w (本/株)	抽苔株率 (%)	抽苔本数 ^v (本/株)
2015年	紀州ファイน์バイオレット	無冷房	17.3	12.5	62.9	0.8	100	2.1	100	2.4
		高温	16.6	11.5	68.6	0.8	100	1.9	100	2.2
		冷房	18.7	10.5	60.0	0.6	100	2.7	100	3.2
	紀州ファイน์ラベンダー	無冷房	17.7	13.6	100	2.8	100	4.1	100	4.5
		高温	16.4	12.3	100	2.9	100	3.4	100	3.9
		冷房	18.6	12.5	100	1.9	100	3.1	100	5.4
	紀州ファイน์イエロー	無冷房	13.9	20.7	100	5.0	100	6.4	100	3.6
		高温	12.6	19.0	100	5.0	100	6.3	100	3.4
		冷房	12.1	21.9	100	3.5	100	7.1	100	5.1
2016年	紀州ファイน์ブルー	無冷房	16.6	12.4	100	3.6	100	4.0	93.8	2.1
		高温	17.4	12.6	100	2.8	100	2.9	100	1.8
		冷房	23.3	10.4	100	2.0	100	3.4	100	2.7
	紀州ファイน์パープル	無冷房	21.7	13.3	81.6	1.2	100	2.7	100	3.2
		高温	20.2	11.8	66.7	0.9	93.8	2.1	93.8	2.6
		冷房	24.0	10.8	81.6	0.8	100	3.0	100	3.8
	紀州ファイน์グレープ	無冷房	18.9	12.8	97.5	2.3	100	2.9	100	2.1
		高温	18.4	12.8	100	2.4	100	3.0	100	2.1
		冷房	26.1	11.6	100	1.6	100	3.3	93.8	2.5
	紀州ファイน์パール	無冷房	15.6	18.0	100	4.1	100	5.3	100	3.4
		高温	14.1	15.2	97.4	3.6	100	4.7	100	3.3
		冷房	19.0	13.9	100	2.1	100	4.2	100	3.6
	紀州ファイน์ピンク	無冷房	18.7	16.3	100	3.5	100	4.3	75.0	1.4
		高温	18.4	14.4	100	3.1	100	4.1	93.8	1.4
		冷房	27.4	11.5	100	1.5	100	2.7	100	3.8

注)288穴セル苗を2015年は8月5日、2016年8月4日に鉢上げ、無冷房:天窓25℃換気、側窓入り口は開放、高温:天窓30℃換気、側窓閉めきり、入り口開放で管理、冷房:昼間25℃/夜間15℃定植:9月7日、株養成のために定植後14～16日間抽苔花茎を除去した

^z 2015年は10月5日、2016年は10月12日に調査、^y最大株径、^x育苗中に除去した抽苔花茎と調査時の抽苔花茎の総数、^w株養成終了時まで除去した抽苔花茎の総数
^v株養成後に抽苔した花茎の本数

2) 切り花本数と切り花品質

切り花本数について(表5)、『紀州ファイน์バイオレット』および『紀州ファイน์パープル』では10～12月および1～3月の切り花本数が冷房区に比べて無冷房区および高温区の方が多く、総切り花本数も多かった。また、『紀州ファイน์ラベンダー』、『紀州ファイน์ブルー』および『紀州

‘ファイングレープ’は、10～12月および1～3月の切り花本数が各区同程度であり、総切り花本数も同程度であった。‘紀州ファインイエロー’および‘紀州ファインパール’では、無冷房区および高温区の10～12月の切り花本数が、‘紀州ファインイエロー’で冷房区の68.5～70.3%、‘紀州ファインパール’で64.4～69.5%と少なかったものの1～3月の切り花本数が多かった。このため総切り花本数は、‘紀州ファインイエロー’で約10%の減少にとどまり、‘紀州ファインパール’で冷房区と同程度であった。‘紀州ファインピンク’も上記2品種同様10～12月の切り花本数は冷房区の40.3～53.2%と少なく、1～3月に切り花本数は増加し、総切り花本数は無冷房区で冷房区の93.2%と回復したものの、高温区で年内の切り花本数が極端に少なく、総切り花本数は、冷房区より約20%減少した。また、‘紀州ファインピンク’では、高温区において調査期間中未開花株が6%発生したが、これを除く品種では、全ての区の株が開花した。

切り花品質について(表5)、『紀州ファインピンク』を除く7品種では、各区で切り花長、切り花重、茎径、分枝数、花房数は同程度であった。‘紀州ファインピンク’では、無冷房区および高温区で冷房区よりも切り花重、茎径が大きかった。

表5 セル苗鉢上げ後の育苗温度が切り花本数および切り花品質に及ぼす影響

栽培年	品種	試験区	切り花本数(本/株)			2L率 ² (%)	開花株率 ³ (%)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)
			10～12月	1～3月	合計							
2015年	紀州ファインバイオレット	無冷房	8.5	11.8	20.3	84.6	100	82.6	38.1	5.6	4.5	6.6
		高温	7.9	13.8	21.8	77.9	100	83.0	35.8	5.5	4.4	6.4
		冷房	6.7	10.1	16.8	89.9	100	85.5	43.8	5.8	4.7	7.0
	紀州ファインラベンダー	無冷房	10.4	8.6	19.0	78.0	100	80.6	42.7	4.8	5.2	8.9
		高温	10.6	8.8	19.4	72.9	100	79.2	40.1	4.7	4.8	8.2
		冷房	11.0	7.3	18.3	86.0	100	80.1	42.1	4.6	5.5	8.9
	紀州ファインイエロー	無冷房	7.6	9.6	17.3	83.7	100	92.8	41.6	4.9	5.4	8.8
		高温	7.4	10.3	17.6	87.9	100	90.3	39.2	5.2	5.1	8.3
		冷房	10.8	8.4	19.2	87.9	100	92.4	41.9	5.0	5.3	9.1
2016年	紀州ファインブルー	無冷房	3.5	7.4	11.0	90.1	100	88.2	60.9	6.9	5.6	9.6
		高温	3.1	7.9	10.9	96.5	100	91.7	63.6	7.2	5.7	9.8
		冷房	3.4	7.6	10.9	96.0	100	89.3	65.4	7.1	5.9	10.1
	紀州ファインパール	無冷房	5.7	11.5	17.2	81.1	100	75.7	37.2	6.0	4.7	6.8
		高温	4.8	11.1	15.9	85.0	100	76.0	39.9	6.2	5.0	7.3
		冷房	4.5	9.9	14.3	96.9	100	79.7	43.0	6.4	5.5	8.2
	紀州ファイングレープ	無冷房	5.7	10.1	15.8	86.1	100	84.0	41.3	6.5	4.3	6.2
		高温	5.8	11.2	16.9	83.4	100	86.5	43.3	6.6	4.4	6.5
		冷房	5.3	10.0	15.3	87.3	100	86.7	47.1	6.8	4.6	7.0
	紀州ファインパール	無冷房	4.1	9.4	13.4	93.0	100	87.5	48.5	5.8	7.3	12.8
		高温	3.8	8.9	12.8	89.2	100	87.0	47.8	5.7	7.3	13.0
		冷房	5.9	7.2	13.1	91.9	100	86.3	45.7	5.8	7.1	12.2
	紀州ファインピンク	無冷房	3.3	8.9	12.3	86.0	100	84.7	61.6	6.0	6.0	10.1
		高温	2.5	8.5	10.9	92.1	93.8	85.0	62.3	6.1	6.0	10.1
		冷房	6.2	7.0	13.2	77.3	100	79.2	51.7	5.6	5.7	8.8

注)9月7日定植、定植後14～16日間抽苔花茎を除去した、冬季最低夜温3℃で管理

調査期間:2015年:10月29日～2016年3月15日、2016年:10月31日～2017年3月15日

² 切り花総数に占める切り花長70cm以上、かつ花房数5個以上の切り花の割合 ³ 調査期間中に採花した株の割合

4. 8月下旬定植における無冷房育苗中の電照処理が生育・開花に及ぼす影響(実験3)

1) 育苗

各処理区の施設内の平均気温は、無冷房+電照区 30.4℃、無冷房区 30.3℃、冷房区 21.1℃であった(データ省略)。冷房区では日中設定温度より3℃程度高くなる時間帯もあったが、夜間はほぼ設定温度で推移した。図3に鉢上げ後の抽苔株率の推移を示した。‘紀州ファインブルー’、‘紀州ファインパール’、‘紀州ファインピンク’では冷房区に比べて無冷房温度で育苗する2区で抽苔が早くから始まり、冷房区ではこれらより遅れて始まったが、8月21日には処理区に関係なくほぼ全ての株で抽苔した。また、電照することで、やや抽苔が促進された。一方、‘紀州ファインバイ

オレット’では、7月31日時点においては、冷房区0%に対して、無冷房+電照区および無冷房区が13~15%と早期に抽苔する個体も認められたが、以降増加が緩やかとなり、8月15日から冷房区の抽苔株率が他区より高くなった。無冷房+電照区は8月14日以降抽苔株が増加し、定植時には冷房区と差がなくなったが、無冷房区は横ばいで推移した。定植時の株径は‘紀州ファインピンク’を除いて、無冷房+電照区が最も大きい傾向が認められた(表6)。葉数は、無冷房温度で育苗する区で、冷房区より多かった。定植時の抽苔本数は‘紀州ファインブルー’、‘紀州ファインパール’、および‘紀州ファインピンク’では、無冷房+電照区>無冷房区>冷房区の順に多かった(表6)。一方、‘紀州ファインバイオレット’では無冷房区では他の2区よりも顕著に少なかった。抽苔株率は、‘紀州ファインブルー’、‘紀州ファインパール’、‘紀州ファインピンク’では、全ての区において97.5~100%とほぼ全ての株が抽苔したが、‘紀州ファインバイオレット’の抽苔株率は、無冷房+電照区と冷房区が約90%、無冷房区は36.8%とさらに低かった。

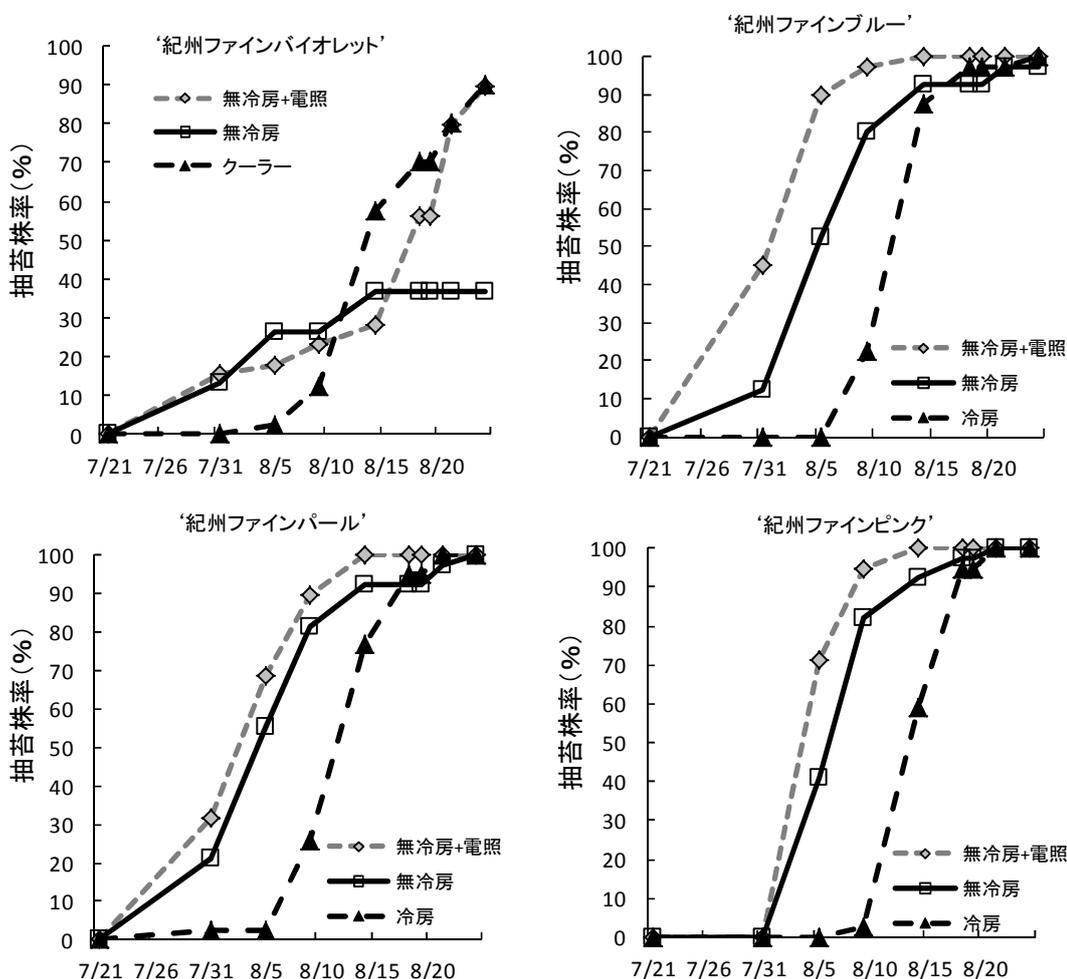


図3 無冷房育苗中の電照処理と抽苔株率の推移

注) 2017年7月13日に発根培養苗を直接ポットに鉢上げ、電照区は7月20日~8月24日まで20時間日長で処理

表6 無冷房育苗中の電照処理が定植時の苗質に及ぼす影響

品種	試験区	株径 ^z	葉数	抽苔本数 ^y	抽苔株率
		(cm)	(枚)	(本)	(%)
紀州ファインバイオレット	無冷房+電照	19.7	10.9	0.9	89.7
	無冷房	16.6	12.0	0.3	36.8
	冷房	16.7	10.7	0.9	90.0
紀州ファインブルー	無冷房+電照	18.9	15.6	2.1	100
	無冷房	15.8	14.8	1.6	97.5
	冷房	11.9	11.7	1.2	100
紀州ファインパール	無冷房+電照	16.4	14.9	2.9	100
	無冷房	14.8	13.6	1.7	100
	冷房	12.8	11.9	1.5	100
紀州ファインピンク	無冷房+電照	20.0	15.2	2.1	100
	無冷房	16.5	15.9	1.8	100
	冷房	18.7	13.2	1.4	100

注)2017年7月13日に発根培養苗を鉢上げ、電照区は7月20日～8月24日まで20時間日長の電照処理

調査日:8月24日, n=38~40

^z 最大株径、^y育苗中に除去した抽苔本数と調査時の抽苔本数の合計

2) 切り花本数と切り花品質

切り花本数について、‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインパール’は電照することで増加し、‘紀州ファインパール’の総切り花本数は冷房区よりも多かった(表7)。一方、‘紀州ファインバイオレット’では、無冷房区が最も多く、電照や冷房育苗することで逆に少なくなった。‘紀州ファインピンク’では、電照の有無にかかわらず、無冷房温度で育苗すると総切り花本数が冷房区の35%程度と顕著に少なく、切り花調査終了時において、未開花株が20~25%見られた。切り花品質について、‘紀州ファインバイオレット’、‘紀州ファインパール’、‘紀州ファインピンク’では、切り花長、切り花重、莖径、分枝数、花房数は、電照区と無冷房区とではほぼ同等であったが、‘紀州ファインブルー’では電照区で切り花長、切り花重がやや劣った(表7)。

表7 無冷房育苗中の電照処理が切り花本数および切り花品質に及ぼす影響

品種	試験区	切り花本数(本/株)			2L率 ^z (%)	開花株率 ^y (%)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	莖径 (mm)	分枝数 (本)	花房数 (個)
		10~12月	1~3月	合計							
紀州ファインバイオレット	無冷房+電照	5.5	8.3	13.8	85.5	100	83.9	45.7	6.9	4.9	7.2
	無冷房	7.8	10.4	18.2	83.8	100	82.0	42.1	6.6	4.9	7.1
	冷房	9.7	7.2	16.9	68.9	100	76.8	34.7	5.9	4.6	6.3
紀州ファインブルー	無冷房+電照	7.5	6.8	14.3	67.0	100	74.7	41.2	5.1	5.3	8.6
	無冷房	4.6	5.8	10.4	85.4	100	84.1	55.3	6.3	5.7	9.7
	冷房	7.4	7.3	14.7	80.1	100	81.4	49.4	5.9	5.8	9.4
紀州ファインパール	無冷房+電照	6.5	7.6	14.1	87.2	100	88.3	45.6	5.4	6.9	11.2
	無冷房	5.9	6.8	12.6	89.4	100	91.8	45.7	5.6	7.5	12.9
	冷房	7.1	5.8	12.9	88.4	100	86.4	42.5	5.4	7.1	11.9
紀州ファインピンク	無冷房+電照	2.5	3.1	5.6	67.6	81.3	79.8	77.1	6.4	6.2	11.6
	無冷房	2.9	3.0	5.9	82.9	75.0	82.7	79.5	6.6	6.5	12.5
	冷房	8.6	6.9	15.4	63.5	100	74.2	40.0	5.1	5.3	8.0

注)2017年8月25日定植、定植後19日間抽苔花茎を除去、冬季最低夜温3°Cで管理

調査期間:2017年10月16日~2018年3月13日

^z 切り花総数に占める切り花長70cm以上、かつ花房数5個以上の切り花の割合 ^y 調査期間中採花した株の割合

考 察

生産者が県育成品種を自家育苗する際、低温処理後冷房育苗された288穴セル苗と培養容器に入

った発根培養苗（ビトロ苗）の2種類を用いる場合が多い。ビトロ苗はセル苗に比べて移植後活着が遅く、初期生育は遅くなる。春化したスターチスは、葉枚数が少ない幼苗ほど高温に感応する程度が高くなる（吾妻ら, 1986）ことから、実験1, 2では、苗の生育ステージが異なるビトロ苗とセル苗を夏季に温度制御を行わない遮光ハウス下で育苗した場合の生育、開花について調査した。

セル苗の段階まで冷涼な環境で育苗した苗を用いた実験2では、‘紀州ファインイエロー’、‘紀州ファインパール’、‘紀州ファインピンク’の3品種は、無冷房区では、年内の切り花本数が冷房区よりも少なくなったが、すべての品種で総切り花本数では、冷房区と遜色なかった。一方、ビトロ苗を鉢上げした実験1においては、‘紀州ファインブルー’および‘紀州ファインピンク’の2品種は、総切り花本数が冷房区に比べて20~50%少なかった。このことから、‘紀州ファインピンク’および‘紀州ファインブルー’を除いた6品種は、培養容器から直接鉢上げした段階から無冷房下で育苗した促成栽培の適応性が示唆された。しかし、‘紀州ファインピンク’は、セル苗を用いた場合でも、株養成終了後に抽苔本数がほとんど見られなくなり、12月までの切り花本数の減少が著しかったことから、無冷房育苗は適さないと思われる。また、ビトロ苗を用いた場合に切り花本数の減少がみられた品種が認められたことから、組織培養苗においても、実生苗と同様に幼苗段階で高温に遭遇すると、低温の効果が低下するが、セル苗の段階まで冷房育苗することで高温に遭遇しても開花遅延が生じにくくなると考えられた。高温区と無冷房区を比較すると、育苗中の気温は、最高気温で1.1~2.2℃、平均気温で1.1~1.3℃高温区の方が高い条件であった。‘紀州ファインピンク’は高温区で3月までの切り花本数が少なく開花率も低かったことから、高温ほど抽苔が遅れる度合いが大きくなると考えられた。

各品種についてみると、紫系の‘紀州ファインバイオレット’、‘紀州ファイングレープ’、‘紀州ファインパープル’の3品種は、セル苗やビトロ苗のどちらの苗を用いた場合も、試験区にかかわらず他の品種に比べて抽苔が遅く、特に無冷房区や高温区で顕著であった。しかし、これら3品種の無冷房区および高温区の切り花本数は、冷房区と同等以上であった。県育成品種の紫系品種は、ブルー系品種や白色、黄色系品種に比べて低温要求量が多い（古屋・藤岡, 2009; 小川ら, 2012; 小川ら, 2014, 小川・上山, 2016b）とされるが、この程度の低温要求量では無冷房下で育苗しても切り花本数が低下しないことが示された。一方、‘紀州ファインピンク’は、無冷房区および高温区における定植時の抽苔率は100%であったにもかかわらず、株養成終了直後は、抽苔本数が顕著に少なくなり、10~12月の切り花本数は激減した。これは、‘紀州ファインピンク’が‘紀州ファインバイオレット’に比べてさらに低温要求量が多い（小川・上山, 2016a）ためと推察された。

スターチスは、定植後電照栽培による脱春化防止や抽苔促進効果が得られる（藤田 1986; 島ら 2011）ことから、実験3では無冷房育苗中の電照による脱春化防止や抽苔促進効果を検討した。この結果、無冷房育苗では抽苔が遅れる傾向にある‘紀州ファインバイオレット’では、育苗中に電照することで、抽苔が顕著に早まり、定植時の抽苔株率は冷房区と同程度となった。他の品種でも電照することで抽苔が促進され、定植時の抽苔本数も無冷房区よりも多く、抽苔促進効果が認められた。また、この苗を自然日長下で栽培すると、‘紀州ファインブルー’と‘紀州ファインパール’は、電照育苗することで10~12月の切り花本数の増加が認められ、定植後も育苗中の電照の効果が確認できた。しかし、‘紀州ファインピンク’では、無冷房+電照区は定植時の抽苔本数が最も多かったが、無冷房区とともに株養成終了後にほとんど抽苔が見られず、切り花本数が顕著に少なくなった。このような品種では、定植後も継続した電照栽培を検討する必要があると考えられた。一方、‘紀州ファインバイオレット’は、無冷房+電照区では無冷房区に比べて切り花本数が減少した。種子

品種を用いた苗冷蔵処理による開花促進効果の実験では、苗齢が本葉5~8枚よりも本葉9~12枚の苗を冷蔵すると収量が多くなったことから、スターチスでは腋芽が花芽になるため節数の少ない苗齢での早い着花は増収に結びつかないことを指摘している(藤田1986)。「紀州ファインバイオレット」で見られた育苗中の電照による切り花本数の減少は、株が充実しないまま早期に抽苔したために、花芽になるための脇芽が少なくなったことが影響していると考えられた。

生産現場では8月20日頃から9月中旬にかけて順次定植が行われる。実験3では、高温による切り花本数の減少が起きやすいビトロ苗を用い、8月25日と比較的早い時期に定植を行った。実験を行った2017年の8月下旬の平均気温(観測地点川辺)は、平年に比べて1.6℃高かった。このような切り花本数の減少の危険性が高い条件においても、無冷房で育苗した苗は、「紀州ファインピンク」を除いて、大幅な抽苔の遅れはみられず、作付け条件にかかわらず、比較的安定して抽苔・開花することが示された。

以上の結果から、スターチス県育成品種は、「紀州ファインピンク」、「紀州ファインブルー」を除いて、遮光ハウスの無冷房下で育苗しても、年内の切り花本数がやや少なくなる品種が認められるものの、3月彼岸までに冷房育苗苗と同等以上の切り花本数を得られることが確認できた。その際、セル苗の段階までは冷房育苗を実施する方法が、培養容器に入った発根培養苗から直接無冷房下で育苗するよりも、高温による抽苔本数の減少や脱春化のリスクが少ないと考えられた。本実験では、種苗生産許諾を行っている2社の苗を用いて実施した。これら2社では培養を20℃程度で行っている(小川・上山, 2016a)。培養苗の開花は、培養温度や低温処理などの生育時の温度履歴が影響を与える(古屋・藤岡, 2009, 2010; 深山ら, 1998; 荻原ら, 1997)ことから、遮光ハウスの無冷房下で育苗する際は、苗生産時の温度履歴や品種の低温要求性が把握できる苗を用いることに留意する必要がある。また、「紀州ファインピンク」でみられた高温による著しい抽苔本数の減少は、大幅な収量低下となるため、各品種について、脱春化が生じる温度などの条件をさらに検討する必要があると思われる。

摘 要

県育成品種8品種について、培養容器に入った発根培養苗(ビトロ苗)とセル苗の生育ステージの異なる2種類の苗を遮光ハウスの無冷房下や無冷房より高温となる条件下で育苗し、冷房育苗苗と生育、開花を比較した。ビトロ苗では、「紀州ファインピンク」、「紀州ファインブルー」を除いた6品種は、無冷房下で育苗した苗は、年内の切り花本数がやや少なくなる品種が認められるものの、3月彼岸までに冷房育苗苗と同等以上の切り花本数を得られることが確認できた。セル苗では、全ての品種で3月彼岸までの切り花本数は冷房育苗苗と遜色なかった。

「紀州ファインバイオレット」等4品種を用いて、無冷房育苗時の電照処理による脱春化防止や抽苔促進効果を8月下旬定植の作型において検討した。全ての品種で電照により育苗中の抽苔が早まり、「紀州ファインブルー」、「紀州ファインパール」では、切り花本数は冷房育苗苗と同等であった。一方、「紀州ファインバイオレット」は電照により切り花本数がやや減少し、「紀州ファインピンク」は、無冷房区と同様に切り花本数は少なくなり、電照による抽苔促進効果は得られなかった。

引用文献

- 吾妻浅男・犬伏貞明. 1986. スターチス・シヌアータの種子春化苗が高温を受けるときの苗齢と脱春化との関係. 園学雑. 55 (2) : 221-227.
- 吾妻浅男・島崎純一・犬伏貞明. 1983. 種子の低温処理によるスターチス・シヌアータの開花促進について. 園芸学雑. 51 (4) : 466-474.
- 藤田政良. 1986. スターチス・シヌアータの促成栽培に関する研究 (第2報) 苗冷蔵及び長日処理の開花及び収量に及ぼす影響. 和歌山農試研報 11 : 13-22.
- 藤田政良・西谷年生. 1982. スターチス・シヌアータの促成栽培に関する研究 (第1報) 各種苗齢における低温要求性. 和歌山農試研報 9 : 15-22.
- 古屋拳幸・藤岡唯志. 2009. スターチス・シヌアータのステージ別培養温度の違いが抽だいおよび収量、切り花品質に及ぼす影響. 和歌山県農林水技セ研報 10 : 43-48.
- 古屋拳幸・藤岡唯志. 2010. 冬秋期におけるスターチス・シヌアータの切り花増産のためのプラスチック苗低温処理の利用と冷房育苗温度. 近畿中国四国農業研究 17 : 15-20.
- 後藤丹十郎・山登千恵・景山詳弘・小西国義. 1996. スターチス・シヌアータの挿し芽苗による促成栽培. 岡山大学農学部学術報告 85 : 31-37.
- 伊藤吉成. 1993. 和歌山県における作型と栽培. P. 96-100. 藤田政良編著. 花専科 育種と栽培 スターチス. 誠文堂新光社. 東京
- 深山貴世・稲本勝彦・土井元章・今西英雄. 1998. 培養増殖中の温度と継代がスターチス・シヌアータの開花に及ぼす影響. 園学雑 67 (4) : 632-634.
- 小川大輔・古屋拳幸・藤岡唯志・宮本芳城. 2012. スターチス・シヌアータ新品種「紀州ファインバイオレット」, 「紀州ファイングレープ」の育成経過と特性. 和歌山県農林水技セ研報 13 : 15~34.
- 小川大輔・宮本芳城・藤岡唯志. 2014. スターチス・シヌアータ新品種「紀州ファインラベンダー」の育成経過と特性. 和歌山農林水研報 2 : 41~48.
- 小川大輔・上山茂文. 2016a. スターチス・シヌアータ新品種「紀州ファインピンク」の育成経過と特性. 和歌山農林水研報 4 : 11~19.
- 小川大輔・上山茂文. 2016b. スターチス・シヌアータ新品種「紀州ファインパープル」の育成経過と特性. 和歌山農林水研報 4 : 31-39.
- 萩原雅彦・湯地健一・土屋由起子・長田龍太郎・郡司定雄. 1997. スターチスにおける培養レベルでの春化処理後の育苗方法及び育苗期間が開花に及ぼす影響. 園学雑 66 (別1) : 62
- 島 浩二・松本比呂起・楠 茂樹・大橋佑司・藤井一徳・後藤丹十郎. 2013. 熱融着性ポリエステル繊維によって固化された培地を利用したポットレス育苗がスターチス・シヌアータの収量と切り花品質に及ぼす影響. 園芸学研 12 別1 : 206
- 島浩二・宮前治加・川西孝秀・山田真・石渡正紀・久松完. 2011. 異なる光質による光照射がスターチス・シヌアータの生育および開花に及ぼす影響. 園学研. (別) 2:553.
- 土屋由起子・湯地健一・萩原雅彦・郡司定雄・長田龍太郎. 1997. スターチス・シヌアータにおける培養レベルでの低温処理と培養の長期化が開花に及ぼす影響. 園学雑 66(2) : 62-63.

極早生ウンシュウミカン ‘YN26’ の生育および果実品質と 気象条件との関連

田嶋 皓・鯨 幸和・岩倉拓哉・古田貴裕¹

和歌山県果樹試験場

Relation between Growth, Fruit Quality and Meteorological Elements in Very Early Ripening Satsuma Mandarin ‘YN26’

Hikaru Tajima, Yukikazu Kujira, Takuya Iwakura and Takahiro Furuta¹

Wakayama Fruits Tree Experiment Station

緒 言

和歌山県は果樹生産が非常に盛んであり、中でもウンシュウミカンは2004年以降、生産量が全国一位となっている。しかし、近年の空梅雨や、秋期の高温多湿などの異常気象の影響で、ウンシュウミカンの高品質安定生産が困難になっている。そのような中、和歌山県果樹試験場（以下果樹試験場）では、優れたウンシュウミカンの新品種育成に取り組むとともに、品種育成後は現場へのスムーズな普及のための栽培試験を実施している。

‘YN26’は、果樹試験場において育成された9月下旬に成熟する極早生ウンシュウミカンである（中地ら，2008）。2001年に‘ゆら早生’に‘紅まどか’を交配して得た複数の珠心胚実生個体のうち、‘ゆら早生’，‘日南1号’と比較して着色，減酸が早い個体を2006年に最終選抜した。2012年1月20日に品種登録され，2015年には和歌山県内において19.2haで栽培されている（平成27年度特産果樹生産動態等調査）。またJAグループにおいては，一定の品質を満たした果実が「紀のゆらら」という名のブランドで販売されている。



図1 ‘YN26’の果実

‘ゆら早生’より着色が早い，樹勢が強いなど優れた特性を持つ‘YN26’であるが（中地ら，2014），普及に伴い，園地により糖度にばらつきがみられる，栽培に適した園地条件が不明である，などの栽培上の課題が顕在化してきた。‘YN26’の親品種である‘ゆら早生’は，生産面では強勢台木による影響（萩平ら，2011），果実特性については，樹冠内の着果特性と果実品質（宮本・中谷，2011），摘果と果実肥大の影響（中地ら，2007）などが明らかにされ，高品質安定生産技術は確立されている。しかし，登録後年数が短い‘YN26’はこれらの知見が十分ではない。

そこで本研究では，立地や気象条件が異なる園地に植栽された‘YN26’を用い，生育と果実品質の関連を明らかにしようとした。また，栽培に適した地域を判定するため，生育および果実品質と気象条件との関連性について解析した。

¹現在：和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

材料および方法

試験1 生育と果実品質の関連解析

立地や気象条件が異なる15か所の園地に植栽された‘YN26’の3~4年生苗木(2015年時点)を供試し、2015~2017年にかけて生育および果実品質調査を実施した。調査園の概要、気象データ、調査期間、調査樹数は表1のとおりである。

生育に関する項目として、表2に示したものを調査した。着花指数は1(甚少)~5(甚多)の5段階、直花割合は花全体に占める直花の割合を10段階で評価した。また、新葉数は0(なし)~5(甚多)の6段階、全体の葉数は1(甚少)~5(甚多)の5段階、樹勢は1(弱)~3(強)の3段階で評価した。いずれも5月上旬の開花時期に各園地内の調査可能な全樹(8~48樹)で調査を行った。また、園地ごとに生育の揃った調査樹を3樹選び、幹周、樹容積(長径×短径×有効樹高×0.7)を1月に調査した。

果実肥大については、調査可能な園地(11~14園)において、各調査樹につき平均的な10果を選び、7月中旬から9月中旬にかけて横径および縦径を月2回調査した。

果実品質については、9月中旬に各調査樹から平均的な5果を採取し、着色歩合(0~10の11段階)、果皮割合、果汁の糖度(アタゴ製PR-201αを使用)、クエン酸含有率(中和滴定法)を調べた。

生育に関する測定値と果実品質に関する測定値について、総当たり式で相関係数を求めた。なお、樹容積および幹周は2018年1月の測定値を利用し、それ以外の調査項目は各調査年の平均値を利用した。

表1 調査園地の概要と気象データ

調査園地の所在地と標高		使用した気象データ		2014年10月~2017年9月の気象データ			調査年	調査樹数
調査園地	標高(m)	気温	降水量・日射時間	平均気温(°C)	降水量+灌水(mm)	日照時間(h)		
海南市下津町下	10	温度計	1kmメッシュ	16.1	1488	5.6	2016-17	20
海南市下津町上	22	温度計	1kmメッシュ	16.9	1487	5.6	2015-17	48
有田市初島	3	温度計	1kmメッシュ	17.1	1534	5.8	2015-17	45
有田市野	6	温度計	1kmメッシュ	17.0	1510	5.7	2015-17	43
有田市千田	61	温度計	1kmメッシュ	16.5	1569	5.6	2015-17	22
有田市星尾	10	温度計	1kmメッシュ	17.2	1542	5.6	2015-17	25
有田川町徳田	50	温度計	1kmメッシュ	16.6	1813	5.2	2015-17	40
有田川町市場	166	温度計	1kmメッシュ	16.1	1779	5.2	2016-17	36
広川町南金屋	24	温度計	1kmメッシュ	16.4	1654	5.6	2016-17	15
有田川町奥(果試)	73	気象観測装置	気象観測装置	16.3	1980	5.1	2015-17	33
日高川町三百瀬	35	温度計	1kmメッシュ	16.3	2192	5.6	2015-17	8
日高川町平川	30	温度計	1kmメッシュ	16.3	2115	5.7	2015-17	42
日高川町千津川	94	1kmメッシュ	1kmメッシュ	16.1	2020	5.7	2015-16	15
日高川町若野	13	温度計	1kmメッシュ	17.0	2189	5.8	2015-17	15
上富田町岡	77	温度計	1kmメッシュ	16.5	2565	5.4	2015-17	29

試験2 生育および果実品質と気象データの関連解析

天井部に太陽電池で駆動する排気ファンを設置したウレタンフォーム製の円筒内に、温度データロガー(T&D製RTR502)を吊り下げた装置を作成した。果樹試験場(有田川町奥)を除く調査園地において、この装置を地上から約2mの気温を計測できるように支柱に固定し、気温を測定した(図2)。果樹試験場の気温は敷地内に設置している気象観測装置から収集した。気温の欠損データは有田地域以外では国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構が提供する1kmメッシュ農業気象データ(以下1kmメッシュ)で、有田地域では、果樹試験場が提供する有田地方50mメッシュ気温

(以下 50m メッシュ) でそれぞれ補完した。降水量および日射量は、1km メッシュから収集した。なお、降水量データについては、1km メッシュで収集した降水量の値と各調査園地において実施された灌水量の合計を供試した。

生育および果実品質に関する測定値(試験 1)と気象データ(平均気温, 最高気温, 最低気温, 降水量, 日照時間の各月上, 中, 下旬の数値)について, 総当たり式で相関係数を求めた。

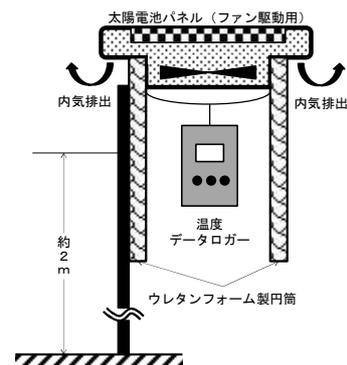


図2 現地に設置した温度計セット

結果

試験 1

生育に関しては, ほとんどの園地で着花および新葉が見られたため園地間のばらつきが比較的小さかった。また, 樹容積, 幹周は日高川町若野においてもっとも大きくなった(表 2)。

肥大調査の結果から, 各年とも 7 月中旬の果実横径が 40mm 程度の果実は, 9 月中旬には 60mm 程度となった(図 3)。

果実品質に関しては, 有田川町奥(果樹試験場)において, 糖酸比がもっとも高くなった。また, 全園地平均では, 果形指数は 118, 着色歩合は 1.6 分, 果皮割合は 20.8%, 糖度は 10.5, クエン酸含有率は 1.04% であった(表 3)。

生育および果実品質に関して, 相互の関連性の強さを評価するため, それぞれの組み合わせについて総当たり式で相関係数を求めたところ, ①全体の葉数と樹勢, 樹容積, 幹周, ②樹容積と幹周, ③樹容積, 幹周と糖酸比の間などに 5%水準以上で有意な正の相関がみられた(表 4)。また, 樹容積, 幹周とクエン酸含有率の間に 5%水準以上で有意な負の相関がみられた(表 4)。さらに, 樹齢が進み結実が安定した 2016, 2017 年では, 着花指数と糖酸比の間に 5%水準で有意な正の相関がみられた(図 4)。

表 2 各調査園地における生育

調査園地	調査年	着花指数 ^Z (1~5)	直花割合 ^Z (0~10)	新葉数 ^Z (0~5)	全体の葉 数 ^Z (1~ 5)	樹勢 ^Z (1~3)	樹容積 ^Y (m ³)	幹周 ^Y (cm)
海南市下津町下	2016-17	1.5	8.2	3.6	3.0	2.0	2.7	16.8
海南市下津町上	2015-17	3.3	9.0	2.5	2.9	2.0	3.0	21.4
有田市初島	2015-17	2.1	7.8	3.3	2.9	2.0	3.3	22.0
有田市野	2015-17	2.8	8.9	3.3	2.9	2.0	5.7	23.2
有田市千田	2015-17	2.0	8.3	3.2	3.0	2.0	5.8	23.3
有田市星尾	2015-17	2.7	8.6	3.0	2.9	2.0	3.8	22.7
有田川町徳田	2015-17	2.6	8.8	3.1	2.8	1.9	2.6	19.9
有田川町市場	2016-17	2.5	8.3	3.1	2.7	1.9	2.6	17.5
広川町南金屋	2016-17	2.9	8.7	3.0	2.7	2.0	3.6	19.3
有田川町奥(果試)	2015-17	2.2	8.4	3.3	2.9	2.0	5.7	23.0
日高川町三百瀬	2015-17	1.9	8.4	3.1	2.9	1.8	4.6	21.0
日高川町平川	2015-17	2.5	8.7	3.0	2.9	2.0	4.0	23.1
日高川町千津川	2015-16	2.0	8.0	3.3	2.3	1.6	-	-
日高川町若野	2015-17	2.5	9.0	3.2	3.1	2.1	6.1	25.8
上富田町岡	2015-17	2.0	6.4	3.3	2.9	1.9	4.9	22.8
平均		2.4	8.4	3.1	2.9	1.9	4.2	21.6

Z: 各調査年の平均値

Y: 2018年1月の測定値

表3 各調査園地における果実品質

調査園地	調査年	横径 ^Z (mm)	果形指数 ^Z	着色歩合 ^Z (0~10)	果皮割合 ^Z (%)	糖度 ^Z (Brix)	クエン酸 含有率 ^Z (%)	糖酸比 ^Y
海南市下津町下	2016-17	58.8	121	0.4	25.2	11.5	1.61	7.1
海南市下津町上	2015-17	55.1	115	0.9	21.3	10.7	1.07	10.0
有田市初島	2015-17	56.2	121	2.3	18.9	11.2	1.03	10.9
有田市野	2015-17	58.6	116	1.3	20.9	9.8	0.89	11.1
有田市千田	2015-17	59.4	117	1.1	20.6	10.1	1.00	10.0
有田市星尾	2015-17	58.9	120	2.4	20.8	9.8	0.89	10.9
有田川町徳田	2015-17	58.0	120	1.4	22.8	11.3	1.17	9.7
有田川町市場	2016-17	60.3	119	0.8	18.3	10.4	1.13	9.1
広川町南金屋	2016-17	57.9	118	1.2	21.0	11.1	1.08	10.3
有田川町奥(果試)	2015-17	59.7	119	1.7	19.9	10.3	0.82	12.5
日高川町三百瀬	2015-17	60.2	117	1.9	20.9	10.3	1.05	9.8
日高川町平川	2015-17	64.0	118	2.3	20.6	10.6	0.95	11.1
日高川町千津川	2015-16	58.5	118	1.9	21.8	9.7	0.84	11.5
日高川町若野	2015-17	58.7	117	1.9	19.8	11.0	1.04	10.5
上富田町岡	2015-17	64.6	118	2.0	19.6	9.5	1.02	9.3
平均		59.3	118	1.6	20.8	10.5	1.04	10.3

Z:各調査年の平均値

Y:糖度/クエン酸含有率

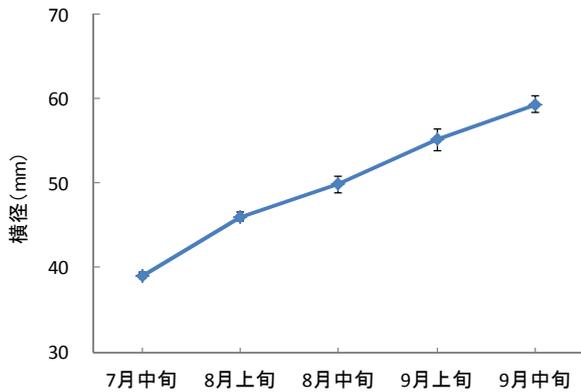


図3 果実横径の推移

値は2015-17年平均値 (n=11-14)
エラーバーは標準誤差

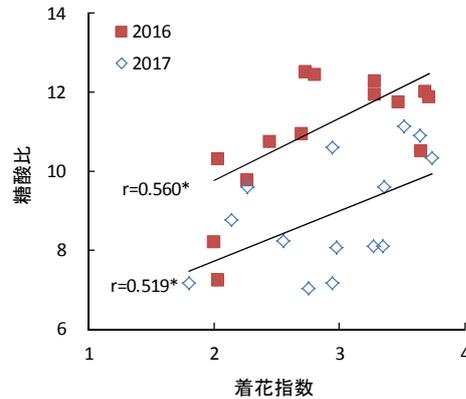


図4 着花指数と糖酸比の相関

値は2016年 (n=15), 2017年 (n=14) の数値
*は5%水準で有意

表4 測定値間の相関係数

	着花指数	直花割合	新葉数	全体の葉数	樹勢	横径	果形指数	着色歩合	果皮割合	糖度	クエン酸	糖酸比	樹容積 ^Z
直花割合	0.57*	-											
新葉数	-0.82**	-0.42	-										
全体の葉数	0.06	0.14	0.02	-									
樹勢	0.38	0.30	-0.14	0.85**	-								
横径	-0.34	-0.51	0.26	0.06	-0.07	-							
果形指数	-0.41	-0.21	0.46	-0.03	0.07	-	-						
着色歩合	-0.04	-0.19	0.01	-0.03	-0.10	0.28	0.10	-					
果皮割合	-0.22	0.21	0.22	-0.09	-0.14	-0.21	0.20	-0.43	-				
糖度(Brix)	0.03	0.39	0.00	0.29	0.35	-0.45	0.33	-0.32	0.34	-			
クエン酸	-0.31	-0.03	0.26	0.27	0.17	-0.12	0.34	-0.65**	0.60*	0.65**	-		
糖酸比	0.25	0.23	-0.18	-0.21	-0.11	-0.02	-0.21	0.65**	-0.51	-	-	-	
樹容積 ^Z	-0.13	-0.04	0.25	0.52*	0.23	0.28	-0.50	0.32	-0.33	-0.52*	-0.59*	0.56*	-
幹周 ^Z	0.16	0.05	-0.06	0.61*	0.44	0.16	-0.41	0.65**	-0.42	-0.42	-0.73**	0.71**	0.80**

Z:2018年1月の測定値から計算

*は5%水準で有意

**は1%水準で有意

n=15

試験 2

各調査年の生育に関する測定値と気象データ間の相関係数を求めたところ、いずれの間にも有意な相関はみられなかった（図表略）。

次に、各調査年の果実品質に関する測定値と気象データ間の相関係数を求めたところ、いくつかの組み合わせで有意な相関がみられた。そのうち、7月上旬の降水量と果実横径の間に5%水準で有意な正の相関がみられた（表5）。また、1, 3, 4月の平均気温および、3, 4, 6月の最低気温と糖酸比の間に、それぞれ5%水準で有意な正の相関がみられた（表6, 表7）。さらに、6, 8, 9月の降水量とクエン酸含有率の間に5%水準で有意な負の相関がみられた（表8）。

表5 果実横径と降水量の相関の推移

月	旬	相関係数
6月	上旬	0.284
	中旬	-0.031
	下旬	0.001
7月	上旬	0.603 *
	中旬	0.285
	下旬	0.233
8月	上旬	0.202
	中旬	0.374
	下旬	-0.091
9月	上旬	0.231
	中旬	-0.283
	下旬	0.277

*は5%水準で有意(n=15)。

表6 糖酸比と平均気温の相関の推移

月	旬	相関係数
1月	上旬	-0.084
	中旬	0.409
	下旬	0.580 *
2月	上旬	-0.354
	中旬	0.192
	下旬	0.339
3月	上旬	0.215
	中旬	0.576 *
	下旬	0.574 *
4月	上旬	0.536 *
	中旬	-0.346
	下旬	0.538 *

*は5%水準で有意(n=15)。

表7 糖酸比と最低気温の相関の推移

月	旬	相関係数
3月	上旬	0.431
	中旬	0.548 *
	下旬	0.005
4月	上旬	0.649 *
	中旬	-0.219
	下旬	0.554 *
5月	上旬	0.471
	中旬	0.401
	下旬	0.208
6月	上旬	0.634 *
	中旬	0.608 *
	下旬	-0.254

*は5%水準で有意(n=15)。

表8 クエン酸含有率と降水量の相関の推移

月	旬	相関係数
6月	上旬	-0.385
	中旬	-0.583 *
	下旬	0.205
7月	上旬	-0.404
	中旬	-0.461
	下旬	-0.413
8月	上旬	0.499
	中旬	-0.406
	下旬	-0.571 *
9月	上旬	-0.589 *
	中旬	0.095
	下旬	-0.323

*は5%水準で有意(n=15)。

考 察

ウンシュウミカンは、気温 30℃以下の条件下では気温が高いほど新梢伸長量が増加し、生育が盛んになることが明らかにされており（井上・原田，1988）、和歌山県は全国において生育適地に位置していると言える。しかし、本県は比較的南北に長く、地域によって気温や降水量に大きな差があるため、同じウンシュウミカンであっても植栽条件により生育や果実品質が異なる。このため、本県においてはこれまでも、極早生ウンシュウミカン‘宮本早生’の適地判定を行うために、植栽条

件の異なる園地における果実調査が行われている（島津ら，1984）。

本研究においては，‘YN26’の生育と果実品質の関連を明らかにするとともに，栽培に適した地域を判定するため，立地や気象条件が異なる15か所の園地に植栽された若木を供試し，生育，果実品質，および気象条件の関連について検討した。まず，生育に関する測定値間の相関を調べたところ，全体の葉数と幹周，幹周と樹容積に正の相関がみられた。したがって，樹冠拡大を図るためには葉数を多く確保する剪定管理が重要であると考えられる。次に，生育および果実品質に関する測定値間の相関を調べたところ，樹容積と糖酸比の間に正の相関，樹容積および幹周とクエン酸含有率の間に負の相関がみられた。このことから，比較的樹齢の若い樹で果実品質を向上させるには，早期に樹冠を拡大させることが重要と考えられた。さらに，樹齢が進み結実が安定してきた2016，2017年には，着花指数と糖酸比の間に正の相関がみられた。これは，着花量が確保されることにより着果負担が増し，果実品質の向上につながったと考えられる。早生ウンシュウミカンの若木では，着果が多いほど糖度が高まることが知られており（森岡，1987），極早生ウンシュウミカンである‘YN26’も同様の性質を示すことが明らかとなった。このことから，結果初期に高品質果実を生産するためには，着花量を多く確保する管理が重要と考えられる。

気象条件との関連解析では，7月上旬の降雨（または灌水）により，果実横径が大きくなる傾向がみられたことから，この時期の降雨または灌水で果実肥大を促進できることが示唆された。さらに，1，3，4，6月の気温が高いほど糖酸比が高まる傾向がみられたことから，比較的温暖な地域で高品質果実が生産できると考えられる。また，6，8，9月に降水量が多いとクエン酸含有率が減少する傾向がみられたことから，夏季の降水もしくは灌水が果実品質の向上に重要であると考えられる。生育やその他の果実品質と気象条件の間には明確な関係を見出すことができなかったが，これは試験に供試した‘YN26’が樹齢の若い樹であったことが要因の1つと考えられる。今後，高品質果実生産が可能な適地を明らかにするには，より樹齢の進んだ成木を用いて気象条件との関連解析を実施する必要がある。

摘 要

‘YN26’の生育と果実品質の関連を明らかにするとともに，栽培に適した地域を判定するため，2015～2017年にかけて，立地や気象条件が異なる15か所の園地に植栽された若木を供試し，生育，果実品質，および気象条件の関連について検討したところ，次の結果を得た。

1. 全体の葉数と幹周，幹周と樹容積の間に正の相関がみられたことから，多くの葉数を確保する管理が樹冠拡大のために重要であると考えられた。
2. 樹容積と糖酸比の間に正の相関がみられたことから，早期樹冠拡大が果実品質の向上に寄与すると考えられた。
3. 7月上旬の降雨量が多いほど，果実横径が大きくなる傾向がみられたことから，果実肥大には，この時期の降雨もしくは灌水がもっとも影響を及ぼすと思われた。
4. 1，3，4，6月以降の気温が高いほど糖酸比が高まり，夏季の降水量が多いほどクエン酸含有率が減少したことから，比較的温暖で夏季の降雨が多い地域で果実品質が向上すると考えられた。

謝 辞

本試験を実施するにあたり，現地試験に快くご協力いただき果実を提供くださった14名の‘YN26’

生産者の皆様に厚くお礼を申し上げます。また、調査にご協力いただいた JA ながみね，JA 紀州，JA 紀南，有田振興局，日高振興局，西牟婁振興局のご担当者の皆様にもお礼を申し上げます。

引用文献

- 萩平淳也・中地克之・田嶋 皓・山田芳裕・植田栄仁. 2011. ‘ゆら早生’強勢台木使用による早期樹冠拡大と増収. 和歌山県農林水技セ研報 12 : 13-20.
- 井上 宏・原田 豊. 1988. ウンシュウミカンの幼樹の生長と養分吸収の温度条件. 園学雑 57 (1) : 1-7
- 宮本久美・中谷 章. 2011. ‘ゆら早生’樹冠内の着果特性と果実品質. 和歌山県農林水技セ研報 12 : 21-32.
- 森岡節夫. 1987. ウンシュウミカン若木の着果程度及び摘果が果実の形質，翌年の着花などに及ぼす影響. 園学雑 56 (1) : 1-8.
- 中地克之・鯨 幸和・宮本久美. 2007. 極早生ウンシュウミカン‘ゆら早生’の摘果と果実肥大および果実品質. 和歌山県農林水技セ研報 8 : 69-76.
- 中地克之・森口幸宣・萩平淳也・藤本欣司. 2008. ‘ゆら早生’より早熟な極早生温州ミカン‘YN26’. 和歌山農林水技成果情報.
- 中地克之・田嶋 皓・山田芳裕・森口幸宣. 2014. ウンシュウミカン新品種‘YN26’の初期生育は‘ゆら早生’よりも優れる. 和歌山農林水技成果情報.
- 島津 康・中山幹朗・和田年裕・森本純平・田中 守. 1984. 宮本早生温州ミカンの果実の肥大及び品質に関する調査. 和歌山県果試研報 8 : 73-79.

ウンシュウミカン ‘きゅうき’ 幼木時の 枝梢管理および結実管理が樹体生育に及ぼす影響

中地克之・岡室美絵子・中谷 章¹・水上 徹²・鯨 幸和

和歌山県果樹試験場

Effects of Disbudding, Pinching and Bearing on Tree Growth in Young Trees of Satsuma Mandarin Cultivar ‘Kyuki’

Katsuyuki Nakachi, Mieko Okamuro, Akira Nakatani¹, Touru Mizugami² and Yukikazu Kujira

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

‘きゅうき’ (*Citrus unshiu Marc*) は、有田市の久喜護氏が1989年頃に、‘向山温州’の1樹変異個体として発見した。2004年より県やJAが中心となって優良な特性をもつ変異個体を現地から探索するために実施した「枝変わり探索事業」の中で特性調査が行われ、優良と認められたため選抜された。その後、育成者である久喜氏が種苗法に基づく品種登録申請を行い、2014年2月27日に品種登録（第23036号）された品種である。

‘きゅうき’の成熟期は、育成地において12月上旬～中旬と中生種に分類され、親品種である‘向山温州’と比較して浮皮の発生が少ない傾向である。果実品質は、果汁中の糖含有率が‘向山温州’と同程度であるが、減酸と着色がやや早いため‘向山温州’に比べてやや早熟性であると考えられる。また、じょうのう膜が薄いため、食感は早生種に近いと考えられる。樹体は‘向山温州’や‘林温州’と比較した場合、節間が短く葉も小さく、樹勢がやや弱く、幼木時の樹冠拡大がやや緩慢である（水上, 2015）

このように、品質面で優れた特性を有する‘きゅうき’であるが、着花性が良好で生理落果が少なく、着果しやすいため、苗木定植後の樹冠拡大が緩慢になることが懸念された。現地への導入が進む中で、生産現場からもこの点を指摘され、早急に対策を講じる必要があると考えられた。

そこで本研究では、‘きゅうき’の幼木時、特に2年生苗木定植後からの樹冠拡大を促進させる枝梢管理方法について検討した。

材料および方法

試験1 苗木定植後の枝梢管理の違いが樹体生育に及ぼす影響

1) 切り返しおよび芽欠き・摘心が樹体生育に及ぼす影響

‘きゅうき’、‘向山温州’（対照）および‘宮川早生’（対照）の2年生苗木を2015年3月に

¹現在:和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

²現在:和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

60L 容ポリポットに定植した。培土は山土：山砂：パーライト：パーク堆肥＝2:1:1:0.8（体積比）とした。定植時には主枝数を3本に揃えた。毎月上旬に高度化成肥料（N:P:K＝15:14:9）を窒素成分1g相当量を施用し、かん水は適宜実施した。すべての区において、着蕾（花）がみられた場合は随時摘蕾（花）を行い無着果とした。試験区は切り返し区、切り返し＋芽欠き・摘心区、無処理区の3区とした（表1）。

区	設定内容
切り返し区	植え付け時に前年夏梢で切り返し
切り返し＋芽欠き・摘心区	植え付け時に切り返し 新梢発生後、1芽/節に芽欠き 摘心（春梢で5,6葉、夏梢で8～10葉）
無処理区	植え付け時に無剪定・無整枝（植え付け時の切り返し、発芽後の芽欠き・摘心せずに管理）

切り返し区は、定植時の3月に前年に発生した夏梢を長さが半分となる程度に切り返し、以降は放任とした。切り返し＋芽欠き・摘心区は、切り返し区の処理に加え、新梢発生後には1節あたり1芽になるよう芽欠きを行い、自己摘心後に春梢では5～6葉、夏梢では8～10葉程度となるよう摘心した。無処理区は‘きゅうき’のみ設定し、枝梢管理は放任とした。各区5反復とした。2015年11月中下旬に、各区から生育の中庸な3樹を選び、解体調査を行った。

解体調査では、着生しているすべての新梢の長さを測定した。夏秋梢着生葉は、自動面積計（林電工（株）AAM-8）により各葉の葉面積を測定した。地下部は細根（径2mm以下）とそれ以外に分類し、60℃の通風乾燥機で48時間以上乾燥後、乾物重を測定した。

2) 芽欠きの程度および摘心の時期が樹体生育に及ぼす影響

‘きゅうき’，‘向山温州’（対照）および‘宮川早生’（対照）の2年生苗木を2016年3月に60L容ポリポットに定植した。培土は山土：真砂土：パーライト：パーク堆肥＝4.8:1.2:1.0:0.8（体積比）とした。定植時には主枝数を3本に揃えた。主枝先端は前年の夏梢で切り返し樹高をおおむね揃えた。定植後の管理方法は試験1の1)と同様とした。試験期間中は枝梢管理法を除いて同一条件で管理した。芽欠きの程度については強芽欠き、弱芽欠きの2段階、摘心の時期については早期摘心、通常摘心の2段階とした。

試験区は、これら芽欠きの程度・摘心の時期を組み合わせた4区に無処理区を加えた5区とした（表2）。各区6反復とした。

区	芽欠き	摘心
強芽欠き＋早期摘心区	強芽欠き	早期摘心
強芽欠き＋通常摘心区		通常摘心
弱芽欠き＋早期摘心区	弱芽欠き	早期摘心
弱芽欠き＋通常摘心区		通常摘心
無処理区	無整枝	無摘心

強芽欠きの方法は、先端節は1芽を残し、直下の3節から発生する芽をすべて欠き、それより下部から発生する芽は1節あたり1芽となるよう芽欠きを行った。弱芽欠きは、1節あたり1芽となるよう芽欠きした。早期摘心は、春梢では5葉、夏秋梢では8葉が完全に展葉した時点で、それらの葉のみ残して摘心した。通常摘心区は、自己摘心終了後に、春梢で5葉、夏秋梢で8葉を残して摘心した。2016年11月中下旬に、各区から生育の中庸な3樹を選び、試験1の1)と同様に解体調査を行った。なお、葉面積は全着生葉について調査した。

試験2 3年生苗木の結実管理が当年の生育に及ぼす影響

‘きゅうき’，‘向山温州’（対照）および‘宮川早生’（対照）の2年生苗木を2016年3月に60L容ポリポットに定植した。定植時の切り返しおよび定植後の管理方法は試験1の2)と同様とし

た．試験期間中は枝梢管理法を除いて同一条件で管理した．試験区は全摘蕾区，全摘果区，結実区の3区とした（表3）．

表3 試験区の設定

区	設定内容
全摘蕾区	着蕾時に全摘蕾(5/12)
全摘果区	幼果の時に全摘果(6/9)
結実区	着果した果実を8月に摘果(8/10)し、その後11月中旬まで結実

全摘蕾区は2017年5月12日に全摘蕾した．全摘果区は摘蕾を行わず，一次生理落果終了後の2017年6月9日に全摘果した．結実区は2017年8月10日に葉果比20～25枚/果程度になるように摘果し，そのまま結実させた．各区3反復とした．2017年11月中下旬に，各区から生育の中庸な1樹を選び解体調査を行った．

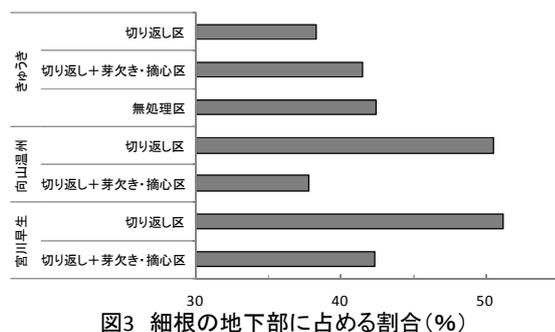
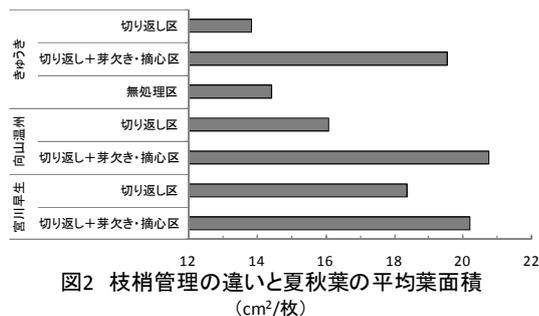
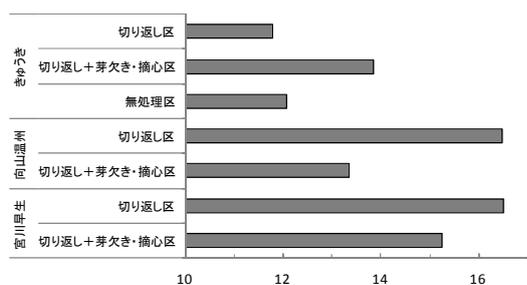
結 果

試験1 苗木定植後の枝梢管理の違いが樹体生育に及ぼす影響

1) 切り返しおよび芽欠き・摘心が樹体生育に及ぼす影響

平均新梢長を品種間で比較すると，‘きゅうき’は対照2品種より短い傾向であった．

‘きゅうき’では切り返し+芽欠き・摘心区で切り返し区より長かったが，‘向山温州’，‘宮川早生’では切り返し区で長かった（図1，写真1）．夏秋葉の葉面積は，いずれの品種も切り返し+芽欠き・摘心区で切り返し区より大きかった（図2）．細根の地下部に占める割合は，‘きゅうき’で切り返し+芽欠き・摘心区で切り返し区よりやや高く，‘向山温州’および‘宮川早生’では切り返し区で高かった（図3）．





切り返し区

芽欠き・摘心区

写真1 試験1-1)における調査時の各品種の比較

2) 芽欠きの程度および摘心の時期が樹体生育に及ぼす影響

‘きゅうき’の平均新梢長は、対照2品種に比べてやや短い傾向であったが、大きな差はなかった(図4, 写真2)。品種ごとにみると、‘きゅうき’の処理区では強芽欠き・通常摘心区で最も長

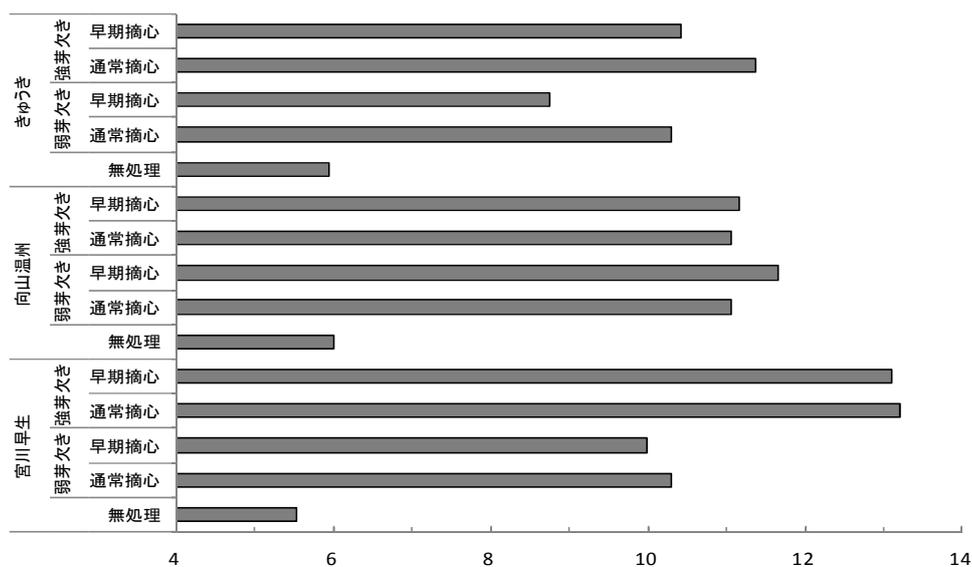


図4 芽欠きの程度および摘心時期と平均新梢長(cm/本)



‘きゅうき’

‘宮川早生’

‘向山温州’

写真2 試験1-2)における調査時の強芽欠き・早期摘心区の状況

く、弱芽欠き・早期摘心区で最も短かった。‘向山温州’では処理区間の差が小さく、‘宮川早生’では強芽欠き区で弱芽欠き区に比べて長く、両区とも摘心の時期による差はなかった。3品種とも、無処理区で処理区に比べて短かった。葉面積を品種間で比較すると、‘きゅうき’は対照2品種より小さかった。‘きゅうき’の夏秋葉の葉面積は、強芽欠き区、弱芽欠き区ともに同程度の値を示し、両区とも早期摘心で通常摘心に比べて大きかった。また、無処理区では夏梢・秋梢が発生しなかった(図5)。細根の地下部に占める割合を品種間で比較すると、‘きゅうき’は対照2品種より低い傾向であった。‘きゅうき’では、処理区より無処理区でやや高かった(図6)。

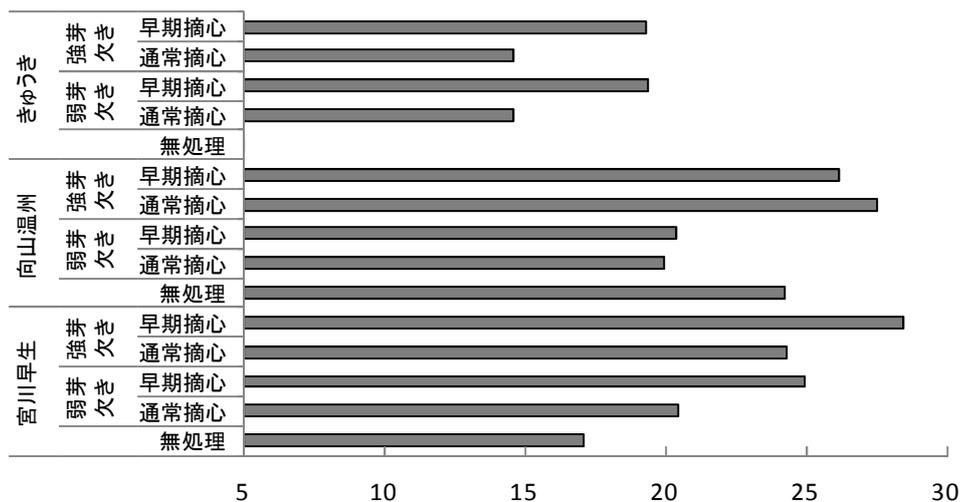


図5 芽欠きの程度および摘心時期の違いと夏秋葉の平均葉面積(cm²/枚)

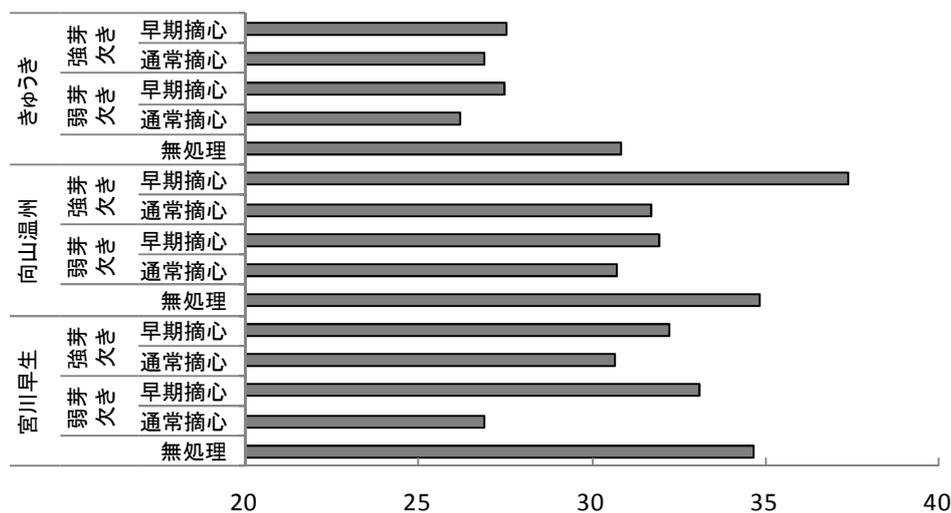


図6 芽欠きの程度および摘心時期の違いと地下部に占める細根率(%)

試験2 3年生苗木の結実管理が生育に及ぼす影響

‘きゅうき’の結実区では、春梢、夏秋梢ともに発生本数が他区より少なく、平均新梢長、総伸長量も短かった。対照2品種もほぼ同様の傾向であったが、その程度には差がみられた(表4)．‘きゅうき’の春葉、夏秋葉の1樹当たりの葉数は、新梢発生量と同様に結実区で他区より少なかった。平均葉面積は、結実区で他区に比べて大きかった。対照2品種でもほぼ同様の結果であったが、その程度には差がみられた(表5)。

表4 3年生苗木の枝梢管理方法の違いが新梢発生量に及ぼす影響

品種名	試験区	総伸長量(cm)			枝数(本)		平均長(cm/本)	
		春梢	夏秋梢	合計	春梢	夏秋梢	春梢	夏秋梢
きゅうき	全摘蕾	387	433	820	56	32	6.9	13.5
	全摘果	692	465	1157	61	33	11.3	14.1
	結実	160	69	229	41	7	3.9	9.9
向山温州	全摘蕾	251	629	808	65	47	3.9	13.4
	全摘果	315	708	1023	69	42	4.6	16.9
	結実	366	88	454	71	7	5.2	12.6
宮川早生	全摘蕾	521	387	908	66	32	7.9	12.1
	全摘果	651	125	776	64	7	10.2	17.9
	結実	81	0	81	38	0	2.1	-

表5 3年生苗木の枝梢管理方法の違いが葉数、葉面積に及ぼす影響

品種名	試験区	葉数(枚/樹)			平均葉面積(cm ² /枚)		
		春葉	夏秋葉	合計	春葉	夏秋葉	合計
きゅうき	全摘蕾	403	256	659	10.4	18.6	13.6
	全摘果	468	255	723	8.0	23.8	13.6
	結実	174	48	222	13.8	19.4	15.0
向山温州	全摘蕾	398	405	803	12.9	19.0	15.9
	全摘果	328	323	651	14.6	17.0	15.8
	結実	307	55	362	19.9	31.0	21.6
宮川早生	全摘蕾	240	396	636	17.7	12.5	14.5
	全摘果	428	69	497	12.2	22.3	13.6
	結実	111	1	112	21.9	40.9	22.0

‘きゅうき’の地上部および地下部の生育量は‘宮川早生’とほぼ同程度からやや軽く、‘向山温州’より明らかに軽かった。対照2品種においても結実区で軽かったが、品種によって程度に差がみられた(図7)。

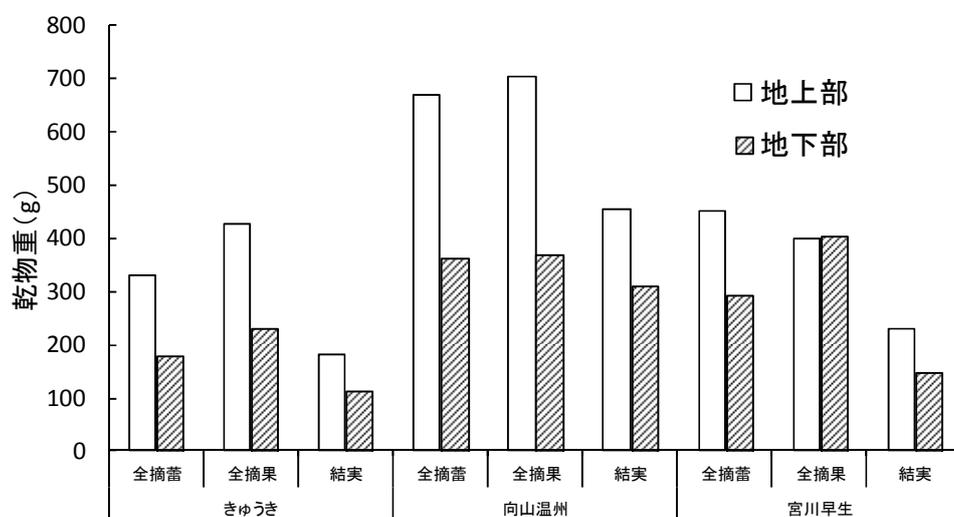


図7 3年生苗木の枝梢管理方法の違いが生育量に及ぼす影響

注)ポット定植:2016年3月、各処理は2017年、調査:2017年11月

‘きゅうき’の細根が地下部に占める割合は、結実区、全摘果区、全摘蕾区の順に低かった。‘宮川早生’では結実区で他区より低く、‘向山温州’では試験区間の差が小さかった（図8）。‘きゅうき’の各試験区の樹体状況は写真3に、各品種の試験区の状況については写真4の通りである。

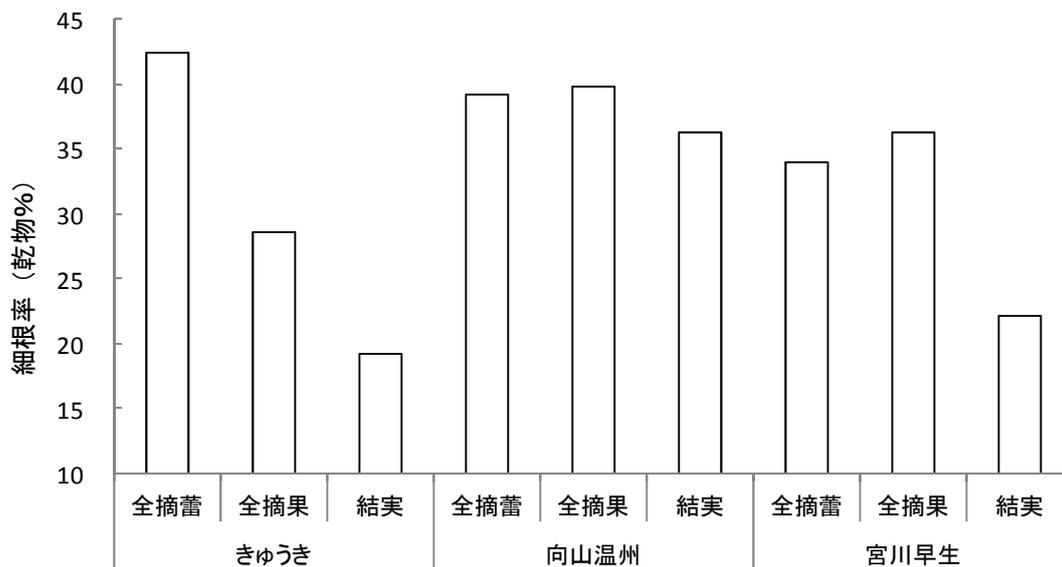


図8 3年生苗木の枝梢管理方法の違いが地下部に占める細根率(乾物%)に及ぼす影響



写真3 ‘きゅうき’各試験区の状況



写真4 試験2における調査時の樹体状況

考 察

ウンシュウミカン苗木の樹冠を早期に拡大させる方法は、新梢の競合を避けるために本数を減らし、主枝・亜主枝候補となる新梢を早く充実させるために摘心するとともに、競合する周辺の芽を欠くのが一般的である（岩垣，2000）。さらに、樹勢が弱い品種では、摘心や芽欠きの程度をより強めるのが望ましいとされている。本研究の対象とした‘きゅうき’は、品種登録にかかる特性調査等から、樹勢がやや弱いと考えられた。そこで、まず2年生苗木定植後の切り返し、芽欠きおよび摘心処理の有無がその後の樹体生育に及ぼす影響について検討した。その結果、切り返しのみでは無処理区との差は小さく、切り返しに芽欠き・摘心を加えることで新梢伸長量、葉面積が増加した。‘きゅうき’は品種登録にかかる特性調査から‘向山温州’や‘林温州’と比較して葉が小さいという特性をもつ。しかし、2年生苗木定植年にこれらの枝梢管理を行うことで新梢を長く、葉を大きくできることが明らかになった。

続いて、芽欠きの程度および摘心時期の違いがその後の樹体生育に及ぼす影響を調べた。その結果、強い芽欠きにより新梢長が長くなり、摘心を早めることで葉が大きくなった。このことから、新梢先端節、第5節以下は1芽残し、他はすべて芽欠きする強芽欠きと、春梢では5葉、夏秋梢では8葉が展葉した時点で行う早期摘心の併用処理が早期に樹冠を拡大するために有効であると思われる。

一方、‘向山温州’および‘宮川早生’では、切り返しに芽欠きと摘心を加えた場合に、切り返しのみ比べて細根の地下部に占める割合が低下した。今回の検討では、‘きゅうき’にこのような傾向はみられなかったが、今後、強めの枝梢管理により本品種でも細根量の低下する可能性があると考えられる。和歌山県内には、幼木時には弱めの剪定とし、細根の消失を抑えることでその後の樹体生育、果実品質を良好にするという篤農技術があることから、‘きゅうき’における枝梢管理と細根の関係については引き続き検討が必要である。

ウンシュウミカンでの当年の結実管理がその後の樹体生育に及ぼす影響については、これまでに多数の報文がある。2年生‘宮川早生’で着果数を変えて一年間の樹体生育を調べたところ、着果数が増すほど樹体の生長量は減少し、特に細根の減少が著しくなった（中村ら，2010）。6年生‘宮川早生’で無摘果として着果量を増加させた場合、翌年の着花が大幅に減少することが報告されている（森岡，1987）。また、14年生‘宮川早生’で当年の葉果比を30～300の範囲で複数設定して着果負担に差をつけた場合、翌年の新葉数に大きな差が生じ、生育相（栄養生長あるいは生殖生長）が変化することが報告されている（清水ら，1975）。さらに、収穫時期の早い極早生品種において、収穫時期を遅くすると冬期の貯蔵養分が減少し、翌年の着花量も減少することが明らかとなっている（中地ら，1999）。このように、当年の着果負担は翌年の樹体生育を抑制する方向に働くことは明らかである。よって実際の栽培場面では、2年生苗木を定植した後、2年間（3年生まで）は全摘蕾や早期全摘果によって無結実とし、早期の樹冠拡大を促すことが望ましい。

しかし、‘きゅうき’は着花性が良好であるため、2年生苗木を定植した時点から着蕾しやすく、着果させた場合、その後の樹冠拡大も緩慢になる。そこで、定植2年目（3年生）の着果が樹体に及ぼす影響を調査した。その結果、新梢の総伸長量および地下部乾物重は着果により明らかに減少し、細根が地下部に占める割合も低下した。このことから、定植後2年間は結実させない管理が重要であることを確認した。また、‘向山温州’では全摘蕾区、全摘果区と結実区の細根割合の差はほと

んどなかった。しかし、‘宮川早生’では他の2区に対して結実区で低下し‘きゅうき’ではさらに大きく低下した。このことから、早生種である‘宮川早生’よりも樹勢が弱いことが示唆された。‘宮川早生’よりも樹勢が弱い品種としては、‘宮川早生’の枝変わりである‘ゆら早生’が知られている。‘ゆら早生’の2年生幼木に結実させた場合、‘宮川早生’と比較して明らかな細根量の減少が確認され、早期の樹冠拡大には全摘蕾、主枝候補先端の切り返しおよび1節あたり1芽にする芽欠きの組み合わせが有効であると報告されている(鯨ら, 2006)。また、‘ゆら早生’は‘宮川早生’と比較して根量が少なく、夏期における過度の乾燥ストレスはその後の品質向上と樹勢維持を阻害することが明らかとなっている(中地ら, 2007)。今後、これらの知見は‘きゅうき’の栽培管理にも活用できる可能性が高い。

以上のことから、‘きゅうき’の2年生苗木定植後早期に樹冠拡大を促進させる管理方法として、強めの芽欠き、早めの摘心を行うとともに、定植後2年間は全摘蕾、全摘果によって無結実とする処理が有効であることが明らかとなった。しかし、産地ではまだ成木化の途上であるため、今後も生産性や品質の安定に向けた樹体管理法を検討する必要がある。

摘 要

中生ウンシュウミカン‘きゅうき’の苗木定植後の枝梢管理方法とその後の樹体生育について検討した。

1. ‘きゅうき’は樹勢がやや弱く葉が小さいことが特性であるが、芽欠き・摘心をすることで、新梢長が長く葉面積が大きくなった。
2. ‘きゅうき’苗木では、強い芽欠きを行うことで新梢長が長くなり、また摘心時期を早めることで夏秋葉が大きくなった。よって、苗木の新葉を早めに充実させるためには、強めの芽欠きと早期の摘心が有効である。
3. ‘きゅうき’は、結実させると地下部および地上部ともに生育が緩慢になる。苗木定植後2年間、全摘蕾や全摘果等によって着果させないことで早期の樹冠拡大を図ることができる。

引用文献

- 萩平淳也・田嶋皓・中地克之・山田芳裕. 2013. ウンシュウミカン新品種‘きゅうき’. 園芸学研究 12(別1): 244.
- 岩垣 功. 2000. 整枝・剪定の方法. 果樹園芸大百科 1 カンキツ. pp. 339-343.
- 鯨幸和・中谷章・植田栄仁・宮本久美. 2006. 適正な結実・枝梢管理による「ゆら早生」幼木の枝梢および根の発育促進. 和歌山県農林水技セ研究成果情報
- 水上徹. 2015. 「話題の品種」238 温州ミカン「きゅうき」. 果実日本 70(5): 8.
- 森岡節夫. 1987. ウンシュウミカン若木の着果程度及び摘果が果実の形質、翌年の着花などに及ぼす影響. 園学雑 56(1): 1-8.
- 中地克之・富田栄一. 1999. ウンシュウミカンの結果量・収穫時期と樹体養分及び翌年の着花数について. 園学雑 68(別2): 185.
- 中地克之・鯨幸和・宮本久美. 2007. 極早生ウンシュウミカン‘ゆら早生’の摘果と果実肥大および果実品質. 和歌山県農林水技セ研報 8: 69-76.

- 中村隆志・近泉惣次郎・水谷房雄. 2010. ‘宮川早生’ウンシュウ幼木の着果数の違いが樹体成長、養分含量並びに果実品質に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告 32 : 7-16.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1975. 温州ミカンの着果負担に関する研究 (第3報). 園学雑 43(4) : 423-429.

モモ黄肉品種 ‘つきあかり’ 果実の収穫適期把握のための カラーチャートの開発

和中 学¹・堀田宗幹¹・有田 慎^{1,3}・根来圭一^{2,4}

¹和歌山県果樹試験場かき・もも研究所・²和歌山県工業技術センター

Development of the Color Chart for Grasping Optimum Harvesting Time in ‘Tsukiakari’, Yellow Peach Cultivar

Manabu Wanaka, Muneki Hotta, Shin Arita and Keiichi Negoro

¹Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

²Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県のモモの栽培面積は 765ha (農林水産省, 2016) あり, 本県果樹の基幹品目の一つとして位置づけられており, 主な品種として ‘日川白鳳’, ‘白鳳’, ‘清水白桃’, ‘川中島白桃’ などが栽培されている. 近年, 主要品種間に端境期が生じてきたことや, 7 月中下旬に収穫される ‘清水白桃’ では生理落果や変形果の発生が多く栽培が難しいことなどから, 産地からはこのような課題に対応した時期に出荷できる優良品種の開発, 導入が求められている.

農研機構果樹茶業研究部門において育成されたモモ ‘つきあかり’ は, ‘まさひめ’ と ‘あかつき’ を交雑して得られた実生から選抜され, 2010 年に品種登録された中生の黄肉品種である (土師ら, 2012). 本県における ‘つきあかり’ の収穫期は ‘清水白桃’ とほぼ同時期の 7 月中下旬であり, 糖度が高く食味に優れた黄桃 (山口ら, 2009) として, 市場評価も高く, 県内での栽培は少しずつ増加している.

しかし, 本品種は, 本県で栽培の少ない黄肉品種であるため収穫適期の判断が難しく, 生産現場から客観的に判定できる収穫基準が求められている.

そこで, 本研究では, ‘つきあかり’ の収穫適期を明らかにし, これをもとに果実の熟度を判定できるカラーチャートの開発を目指し検討を行った.

なお, 本研究は, 和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業「黄色モモ新品種「つきあかり」の生産技術開発」(研究期間: 2013~2015) および生研支援センター「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)「果物の東アジア, 東南アジア輸出を促進するための輸出国ニーズに適合した生産技術開発及び輸出ネットワークの共有による鮮度保持・低コスト流通・輸出技術の実証研究」(研究期間: 2016~2018 年) で実施した.

³現在: 和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

⁴現在: 和歌山県農林水産部農業生産局経営支援課

材料および方法

試験 1. 収穫適期の把握と熟度判断指標の検討

2013, 2014 年に研究所内植栽の‘つきあかり’の高接ぎ樹 3 樹 (2013 年時で高接ぎ 11 年生および 5 年生樹) を供試した。施肥, せん定, 着果管理は地域慣行に準じ行った。袋かけ (遮光袋の果実袋: 小林製袋製 KB ちくま 7 以下同様) は 6 月中旬に行い, 収穫時まで除袋を行わず管理した。

2014 年には収穫 2 ~ 3 週間前の樹上の同一果実について, 果実側径, 測色計 (コニカミノルタ センシング社製 Color Reader CR-13) 以下同様) による縫合線を挟んだ赤道部の左右 2 箇所 (以下チーク部) の果皮色 (L*値, a*値, b*値) および糖度 (クボタ製フルーツセクター K-BA100R) を経時的に測定した。

収穫は, 熟度を外観から判断して 4 段階 (熟度 1: 果頂部にやや緑色残る, 熟度 2: 果頂部薄黄色, 果底部やや緑残る, 熟度 3: 果頂部濃黄色, 果底部黄色, 熟度 4: 果梗部離層形成) に分けて 2013 年は 7 月 12 日 ~ 7 月 23 日間に 4 回, 2014 年は 7 月 15 日 ~ 7 月 30 日間に 8 回行った。

各収穫日に果実重を測定し, チーク部の果皮色 (L*値, a*値, b*値), 果肉硬度 (精光舎製 SF-5050 円錐型 以下同様) を測定した。果実糖度 (アタゴ社製 PR-101 α), 果実酸度 (HORIBA 社製, LAQUAtwin B-712) については同部位を約 1cm の深さで採取し, 測定した (以下, 同様)。みつ症発生程度は育成系統適応性検定試験・特性検定試験調査法のみつ症の程度 ((独) 農業・食品総合研究機構果樹研究所, 2007) に準じて調査した (以下同様)。

果肉中カロテノイド含量 (β カロテン当量) の測定は 2013 年に熟度別 (1~4) に 1 樹あたり 5 果を収穫し, 1 果ずつ果肉 3g を採取し, 石油エーテルで抽出後, 分光光度計 ((株) 日立製作所 U-2000 型ダブルビーム分光光度計) で 450nm の吸光度を測定し求めた。

試験 2. カラーチャートの作成と熟度指標としての適用性

2015 年に収穫時まで除袋を行わず管理した研究所内高接ぎ 7 年生 ‘つきあかり’ 1 樹を供試して, 7 月 19 日に異なる熟度の果実を収穫し, 外観および果皮色 a*値により, ①未熟 (a*値 0~3 程度), ②やや未熟 (同 3~4 程度), ③適熟 (同 5~7 程度), ④やや過熟 (同 8~10), ⑤過熟 (同 12~14) の 5 段階の熟度に分類した。これらの熟度別の果実のチーク部の果皮色を JIS 標準色票 光沢版 (日本規格協会) と対比させながら図 1 のカラーチャート (暫定版) を作成した。

2016 年に収穫時まで除袋を行わず管理した研究所内高接ぎ 8 年生 ‘つきあかり’ 1 樹を供試して, 7 月 8 日および 12 日に果実の張りや色あい, 触感等から総合的に判断して未熟, やや未熟, 適熟, やや過熟の 4 段階に分けて収穫し, チーク部果皮色のカラーチャート値 (平成 27 年度作成暫定版) と果実重, 糖度 (Brix), 酸度 (pH), 果肉硬度, 果皮色 (L*値, a*値, b*値) の関係を調べた。

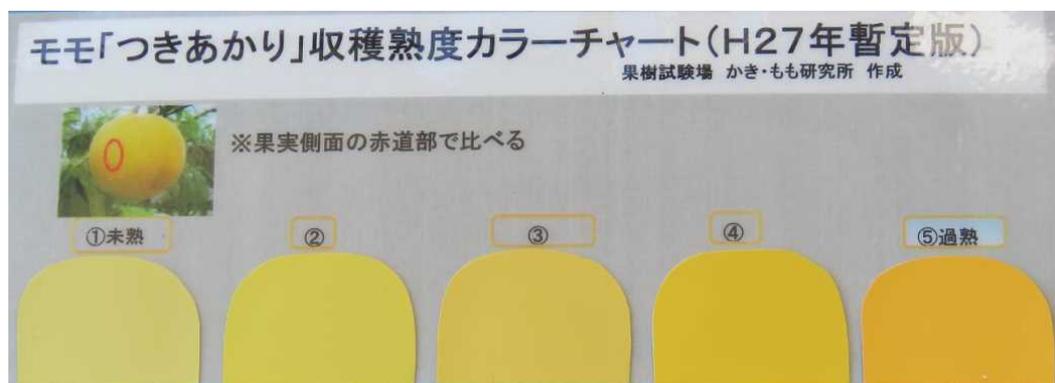


図 1 モモ ‘つきあかり’ の収穫熟度判定用カラーチャート (暫定版)

結 果

試験 1. 収穫適期の把握と熟度判断指標の検討

熟度別の果実品質を比較した結果を表 1 に示した。果実重、糖度は熟度 1 から 3 まで増加したが、熟度 3, 4 については有意な差は認められなかった。果皮色 L*値は、熟度が 2 から 4 に進むにつれ低下した。a*値は 1 から 4 まで熟度が進むにつれ上昇し、b*値は熟度 2~3 まで上昇し、その後横ばいとなった。酸度 (pH) については熟度による有意差はなかった。果肉硬度は熟度が進むにつれ低下した。みつ症は熟度 1 および 2 ではほとんどみられなかったが、熟度 3 では程度の軽いものの発生がみられ、熟度 4 でやや進行する傾向がみられた。また、果肉中のカロテノイド含量は熟度が進むにつれて増加した (第 2 図)。これらのことから、収穫適期は熟度では 2~3、果肉硬度では 1.8~2.7kg の範囲にあると思われる。

樹上の同一果実を収穫 2~3 週間前から経時的に調査した結果から、果皮色 a*値が 8 に達した時期を収穫期 0 日として示したのが図 3 である。チーク部の果皮色 a*値は収穫 15 日前までは-7 程度と横ばいで、それ以降成熟に伴い 1 日あたり約 1 ずつ直線的に上昇した。果実側径は調査開始時から直線的に肥大し、収穫期+2 日目以降には肥大速度がやや減少した。また、糖度は収穫期 10 日前から 4 日毎に約 1% 上昇した。

モモの熟度の判断指標の一つとされる果肉硬度と他の品質との関係をみたところ、2 か年ともに果肉硬度との相関が高かったのは果皮色の L*値、a*値、b*値であり、特に a*値との間に強い負の相関関係が認められた (表 2, 図 4)。

表 1 ‘つきあかり’の熟度別の果実品質 (2013)

熟 度	外 観	果実重 (g)	果 皮 色 (測色計値)			糖 度 (Brix %)	酸 度 (pH)	果肉硬度 (kg)	みつ症 程度 ^γ
			L*	a*	b*				
熟度1	果頂部にやや緑色が残る	187.4 c ^z	75.8 a	-0.7 d	46.4 c	13.3 c	4.2 a	2.9 a	0 b
熟度2	果頂部薄黄色、果底部やや緑色残る	270.2 b	76.0 a	5.0 c	50.4 b	15.8 b	4.2 a	2.7 b	0.2 b
熟度3	果頂部濃黄色、果底部黄色	329.0 a	71.5 b	12.2 b	53.6 a	17.7 a	4.3 a	1.8 c	1.1 a
熟度4	果梗部離層形成	305.0 ab	68.3 c	14.8 a	53.4 a	18.0 a	4.4 a	0.4 d	1.6 a

^z:数値の異符号間にTukeyの多重比較検定により5%水準で有意差あり

^γ:みつ症程度: (0×無の個数+1×軽の個数+3×中の個数+5×甚の個数) / 10

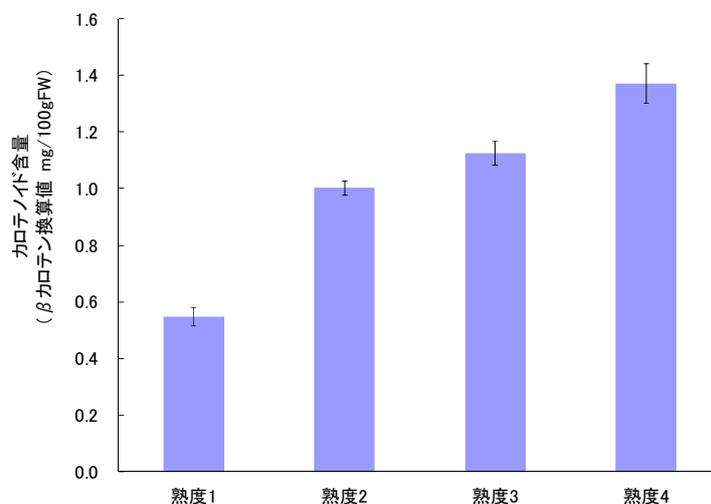


図 2 熟度別の果肉中のカロテノイド含量 (2013)

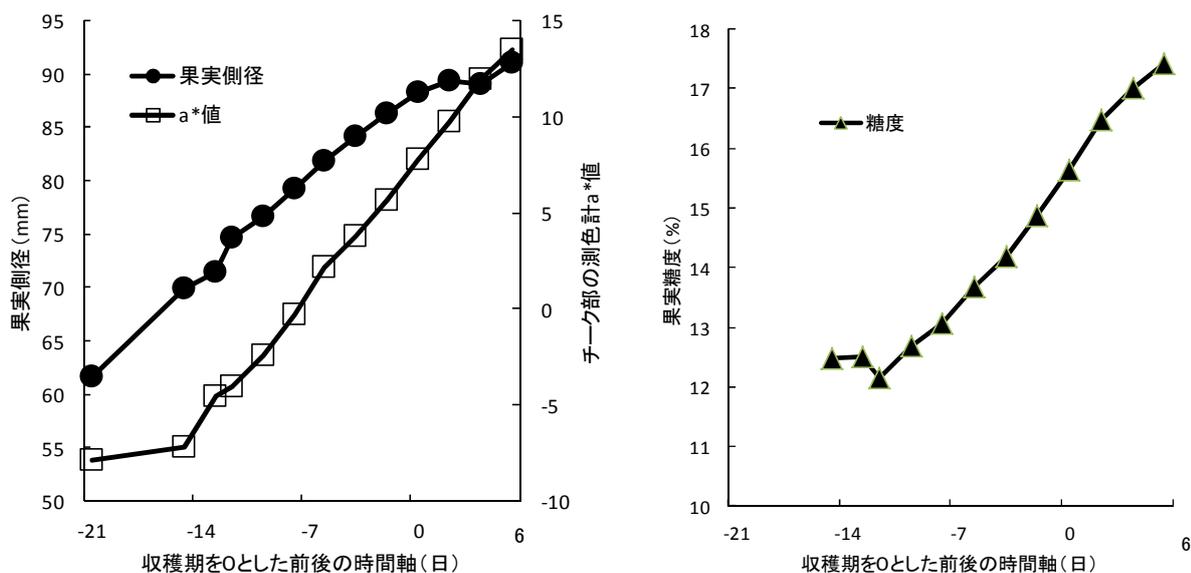


図3 収穫期前後の‘つきあかり’の果実品質の推移 (2014)

表2 果肉硬度と他の果実品質の相関係数

	2013年(n=113)		2014年(n=153)	
	相関係数	有意性 ^z	相関係数	有意性
果実重	-0.72	**	-0.20	*
縦径	-0.63	**	-0.14	
横径	-0.66	**	-0.20	*
側径	-0.73	**	-0.21	**
糖度	-0.73	**	-0.27	**
酸度(pH)	-0.47	**	-0.16	*
果皮色(測色計値)		**		
L*	0.78	**	0.56	**
a*	-0.93	**	-0.83	**
b*	-0.70	**	-0.67	**

^z: スピアマンの順位相関により, **は1%水準, *は5%水準で有意差あり

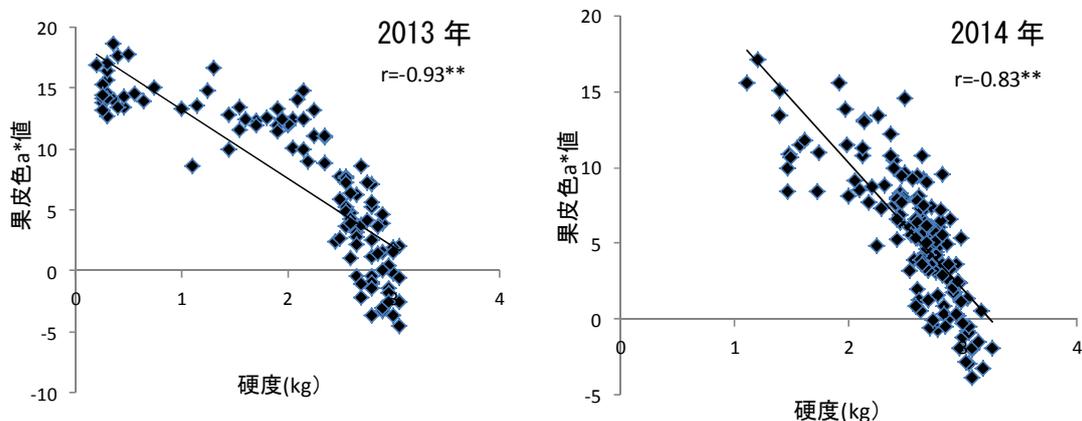


図4 果肉硬度と果皮色 a*値との関係 (2013 年は n=113, 2014 年は n=153)

試験 2. カラーチャートの作成と熟度指標としての適用性

収穫果の熟度が増すにつれ、果皮色の指標値としてのカラーチャート値や a*値が大きくなり、果実重、糖度が増し、果汁の pH は上昇し、果肉硬度が低下した。熟度 2 未満では、糖度は約 14% 未満で、果肉硬度は 2.4kg 以上と硬く、熟度 3 では、糖度は約 15% と高く、果肉硬度は 2.0kg と適度な硬さであった。一方、熟度 4 では糖度は約 17% と高かったものの、果肉硬度は 1.2kg と軟化が進んでいた。これらのことから、カラーチャート値 3.0 程度が収穫適期であると判断された (表 3)。

カラーチャート値と他の品質との関係をみたところ、酸度 (pH) および測色計示度 L*値との相関はやや低かったものの、それ以外の項目の相関係数の絶対値は 0.7 以上と高く、特に、測色計示度 a*値との間には相関係数 0.90 の強い正の相関が、果肉硬度の間には相関係数は-0.89 の負の強い相関関係が認められた (表 4, 図 5)

表 3 熟度とカラーチャート値および果実品質 (2016 年)

熟 度	カラーチャート 値	果実重(g)	果 皮 色(測色計値)			糖 度 (Brix %)	酸 度 (pH)	果肉硬度 (kg)
			L*	a*	b*			
熟度1 未熟	1.3	200.0	76.8	0.4	43.4	12.5	4.2	2.9
熟度2 やや未熟	2.4	289.2	77.3	5.0	45.6	13.9	4.2	2.4
熟度3 適熟	3.0	307.8	74.9	7.9	46.7	15.2	4.4	2.0
熟度4 やや過熟～過熟	4.1	322.8	71.5	10.9	50.5	17.0	4.6	1.2

表 4 カラーチャート値と他の果実品質の相関係数 (2016 年)

	相関係数	有意性 ²
果実重	0.78	**
果実糖度	0.79	**
酸度(pH)	0.55	**
果肉硬度	-0.89	**
果皮色(測色計値)		
	L*	-0.56 **
	a*	0.90 **
	b*	0.71 **

²: スピアマンの順位相関により、**は1%水準で有意差あり (n=52)

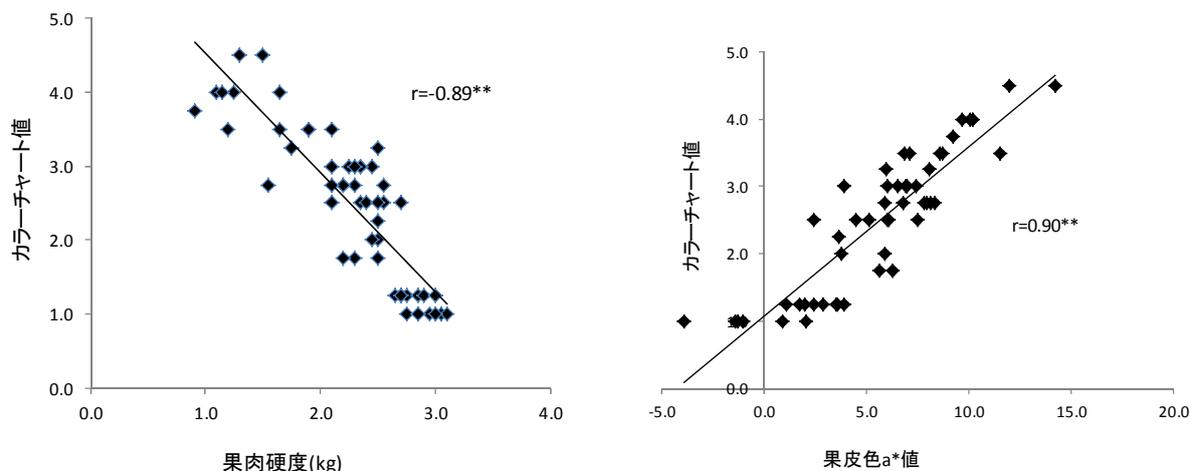


図5 カラーチャート値と果肉硬度および果皮色 a*値の関係 (n=52) (2016年)

考 察

モモは成熟に伴って果実肥大と糖度は上昇するが、果肉硬度と酸は低下し、過熟果では徐々に果肉の褐変や粉質化が認められるようになり、食味が不良となる(高野, 2010)ことから、食味、日持ち性に優れた高品質果実生産には収穫適期の見極めが重要になる。‘つきあかり’の果実を熟度別に調べた結果、熟度が進むにつれ糖度、機能性成分である果実中のカロテノイド含量が上昇し、果肉硬度が低下し、みつ症の発生が増加した。モモの果実熟度の指標として、生産現場では果肉硬度が利用されている(萩原ら, 2009)が、‘つきあかり’についても果肉硬度を熟度指標に利用できると考えられた。‘つきあかり’は慣行袋を用いると、果皮が一部赤色になり、果肉内に紅色素が入るが、遮光袋を用いると果皮が赤色に着色せず全面が地色の黄色になる(石橋ら, 2010)。着色させた‘つきあかり’の市場評価は低かったことから、本県では、遮光袋を用いた栽培が行われている。そこで、果皮着色抑制栽培における果肉硬度と各調査項目との相関を求めたところ、果皮色の a*値が利用できることが示された。

しかしながら、現地における汎用性の高い指標とするには、より簡便で安価に判定可能な熟度指標が必要である。果樹の収穫熟度の指標として果皮色から熟度を判定するカラーチャートが開発され(山崎・鈴木, 1980, 1981; 鈴木ら, 1981; 農林水産省果樹試験場, 1982)、本県のカキでは、収穫適期判断のための熟度指標として普及している。近年、新品種の開発に伴い、各品種に応じたカラーチャートが開発され、ニホンスモモ(富田ら, 2012, 2013)、ブドウ(小林ら, 2012, 2013)、ウメ(大江ら, 2014)について報告されている。

モモについては白肉系および黄桃用カラーチャートが開発されている(山崎・鈴木, 1980)。黄桃用カラーチャートは、当時栽培されていた缶詰用品種を主眼としたものであり、また、果皮と熟度指標としての硬度との相関は品種・系統によって差があること(鈴木ら, 1981)から、‘つきあかり’には適応できなかった。そこで、生食用の着色抑制栽培における‘つきあかり’における果皮色に近い色票からカラーチャートを作成し、熟度指標としての適用性を検討した。カラーチャート値と

果肉硬度，果皮色 a*値間には高い相関が認められたことから，カラーチャート値は熟度を判別する指標として利用できることが示され，カラーチャート値 3 程度を目安にすれば，糖度 15 度，果肉硬度 2.0kg 程度で収穫でき、適熟の高品質果実を消費者に提供できると考えられた。

カラーチャートの利用にあたっては，‘つきあかり’の熟度進行は樹冠の上部果実で早く，下部で遅い傾向があるため，収穫期が近づけば，樹冠上部の玉張りの良い果実数個を定期的に除袋し，チーク部の果皮色をカラーチャート値で確認し，収穫が可能かどうかを判断する（図 6）。なお，熟度の見極めに慣れてくれば，果実袋の上から軽く手をあて，果実の張り具合から熟度を判断して収穫ができるようになる。

以上のように，‘つきあかり’の収穫時にカラーチャートを利用することで品質良好な適熟果の収穫が可能となると考えられた。



図 6 カラーチャートを利用した‘つきあかり’の熟度判定の様子

摘 要

食味良好なモモ黄肉種，‘つきあかり’の収穫適期を明らかにし，これをもとに果実の熟度を判定できるカラーチャートの開発を目指し検討を行った。

1. ‘つきあかり’果実は，一定の時期までは熟度が進むと果実重，果皮色 a*値，糖度，カロテノイド含量が増加傾向にあったが，熟度が進み過ぎると果肉硬度が低下し，みつ症の発生が増加した。
2. ‘つきあかり’の収穫時の熟度判断には果肉硬度やチーク部の果皮色 a*値が利用できると考えられた。
3. カラーチャート値と果肉硬度および果皮色 a*値の相関係数はそれぞれ， $r=0.90$ ， -0.89 と高く，カラーチャート値を熟度指標として利用できることが示された。カラーチャート値 3 程度が収穫適期の目安になることを明らかにした。

以上のことから，‘つきあかり’の収穫にカラーチャートを利用することで適期収穫が可能となると考えられた。

引用文献

- 萩原栄揮・新谷勝広・富田晃・古屋栄・内藤一孝・渡辺晃樹. 2009. モモ果肉障害の発生と収穫時期との関係. 園学研. 8(別2): 424.
- 土師 岳・山口正己・八重垣英明・末貞祐子・京谷英壽・西村幸一・鈴木勝征・三宅正則・小園照雄・木原武士・福田博之・内田 誠. 2012. モモ新品種‘つきあかり’. 果樹研報. 14: 1-10
- 石橋正文・栗村光男・野方 仁. 2010. モモ黄肉中生品種「つきあかり」の福岡県における適応性. 福岡県農業総合試験場研究報告. 29: 74-78.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2012. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫適期の把握. 園学研 11 (別2): 337.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2013. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫適期の把握 (第2報). 園学研 12 (別2): 305.
- 農林水産省果樹試験場. 1982. 果実及び葉のカラーチャートの開発と利用方法に関する研究集録. pp. 326-329.
- 大江孝明・岡村美絵子・根来圭一・北村祐人・小西博文・原 大輔. 2014. ウメ‘南高’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発. 和歌山県農林水研報. 2: 115~124.
- 鈴木勝征. 山崎利彦・村瀬昭治・宮川久義・野方俊秀・水戸部満・森田彰. 1981. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究 (第3報) 成熟と果皮色の関係. 果樹試験場報告 A 第8号.
- 高野和夫. 2010. おいしいモモの生産技術に関する研究. 岡山県農業研報. 1: 23-90.
- 富田 晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一. 2012. スモモ‘サマービュート’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研 11 (別2): 357.
- 富田 晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一・山下路子. 2013. スモモ‘サマーエンジェル’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研 12 (別2): 357.
- 山口正己・末貞祐子・安達栄介・土師 岳・八重垣英明・三宅正則・内田 誠. 2009. 黄肉で良食味のモモ新品種‘つきあかり’. 園学研. 8(別1)1: 308.
- 山崎利彦・鈴木勝征. 1980. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究 (第1報) カラーチャートの色特性. 果樹試験場報告 A 第7号: 19-44, 79-100.

キウイフルーツかいよう病菌 (Psa3) の樹体内分布と 罹病枝の切除程度が再発に及ぼす影響

間佐古将則・弘岡拓人・森口和久・木村 学¹・島津 康²

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Influence of Distribution of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover3 in the Tree and Degree of Resection of Infected Branches on Recurrent Disease

Masanori Kansako, Takuto Hirooka, Kazuhisa Moriguchi, Manabu Kimura¹ and Kou Shimadu²

Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県におけるキウイフルーツの栽培面積は約 152ha で全国シェアの約 7% を占める。県内の主な産地は、面積の大きい順から紀の川市 (87ha)、海南市 (28ha)、かつらぎ町 (14ha)、有田川町 (14ha) である (2016 年市町村別統計検討協議会調べ)。本県で栽培している品種は、*Actinidia deliciosa* の‘ヘイワード’が多くを占め、*A. chinensis* に含まれるレインボーレッド (紅妃) (以下:「赤色品種」) 等は少ない。2014 年 4 月下旬、県北部の「赤色品種」栽培園から新梢が萎れ枯死する症状に関する問い合わせがあり、萎れた新梢と赤褐色の樹液漏出跡がみられる枝が持ち込まれた。まず、病害の関与を疑い、枝から病原菌の分離を試みたところ細菌は多かったが、形状や色の異なるコロニーがみられ単一でなかったため判断が難しかった。その後、5 月上旬に別の「赤色品種」栽培園に関して、同様の問い合わせがあり、現地調査したところ赤褐色の樹液漏出跡、新梢枯死、葉の褐色斑点がみられる樹を確認した。褐色斑点がみられる葉を中心に NA 培地で分離し 27°C、48 時間後に円形、淡黄色、不透明、やや平滑なコロニー性状を示す同様の細菌が高率に分離された。

同時期に他県でも同様の症状が発生しており、国立研究開発法人農業生物資源研究所による同定診断の結果、今まで発生した系統の中で最も病原性の強いキウイフルーツかいよう病菌の Psa3 系統 (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover3) であることが確認 (澤田ら, 2014 ; 2015) された。

本病害は、難防除病害で病原性が強く枝や樹体が枯死するため全国的に問題となっており、早急な対策が必要である。発生園では、健全樹や近隣園への新たな感染を防止するため感染枝の除去が必要であると考えられた。しかし、Psa3 系統の樹体内分布が明らかにされていないため適切な切除が困難となっている。そこで本試験は、2014 年秋以降全国の全園地調査が始まって以来、関係機関とともに県内の発生園を調査しており、2015 年~2017 年に平成 27 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「27008C かいよう病菌 Psa3 に対して、安心してキウイフルーツ生産を可能とする総合対策技術」の中で適切な被害枝処理に基づく園地のクリーン化技術として、和歌山県にお

¹ 現在:和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

² 現在:和歌山県果樹試験場

るかいよう病菌の樹体内分布を調査したとともに、罹病枝を切除処理した後の発病状況を調査したので併せて報告する。

材料および方法

病原菌の樹体内分布調査の方法

適切な被害枝処理に基づく園地のクリーン化技術について担当した愛媛県、佐賀県との調査方法をなるべく統一するとし、試料の破碎や使用機材などの違いはあるが、愛媛県で作成した調査方法に準じた。

(1) 枝の採取

「赤色品種」は、主に赤褐色樹液漏出の樹を調査樹とし、枝の採取方法は、伐採前の状態で主枝、亜主枝、側枝等を約 30cm 間隔でラベルを付け切断したものをを用いた。‘ヘイワード’は、主に葉に褐色斑点のみがみられた樹を調査樹とし、主に前年枝の基部から切除したものをを用いた。

(2) 試料の切り出しと破碎

採取した試料は、採取枝の長さ約 30cm 間隔で師部組織を切り出した。1年生枝、2年生枝等の細い枝は表皮を剥ぎ取り師部組織を幅 1cm 環状に切り出しビニル袋 (10cm×10cm×0.1mm) に入れ 1 検体とした。主幹、主枝等太い枝は表皮を剥ぎ取り師部組織を約 1cm 角で 3 箇所切り出しビニル袋に入れ 1 検体とした。検体を入れたビニル袋に滅菌水 (1ml) を加え乳棒で押し潰し破碎した後、破碎液をビニル袋から核酸抽出用に 300 μ l 取り出し 1.5ml チューブに移した。

(3) 核酸抽出と回収

核酸抽出には MagExtractor Plant genome (toyobo: 溶解液, 吸着液, 磁性ビーズ, 洗浄液), クロロホルム: イソアミルアルコール (24:1), 70%エタノール, TE バッファー, ヒートボックス、遠心分離器、ボルテックスミキサー、磁気スタンド等を用い、上澄み液の除去や回収を行った。

(4) 診断

プライマーとして biovar3 系統を幅広く検出できる P0 (hopA) -F1/P3 (hopA) -R2 のセット (清水ら, 2015) を、酵素には AmpliTaq Gold 360 Master Mix (Thermo Fisher Scientific) を用いた。PCR は Gene Amp PCR System9700 (Applied Biosystems) を用い、反応条件は 95 $^{\circ}$ C (1分) \rightarrow 「95 $^{\circ}$ C (30秒) \cdot 60 $^{\circ}$ C (30秒) \cdot 72 $^{\circ}$ C (20秒)」 \times 35 サイクル \rightarrow 72 $^{\circ}$ C (7分) \rightarrow 4 $^{\circ}$ C に設定した。電気泳動は、2%アガロース XP, 10%TBE, GELRED, 100bpDNALadder と 6 \times Loading Buffer (TAKARA) を用いた。電気泳動装置は Mupid-exu (ADVANCE) を用い、100V で 30 分後にバンドの有無を確認した。

1. 「赤色品種」発生園の病原菌の樹体内分布調査

樹体内分布調査を A 園・B 園・C 園の 3 園で実施した。A 園の植栽本数は 10 樹で、2016 年 5 月に新規の発病を確認した。収穫後の 11 月 1 日に全樹伐採を行った中から赤褐色樹液の漏出を確認した樹 No. 1 と、約 10m 離れた位置で葉に褐色斑点のみがみられる樹 No. 2 の合計 2 樹に約 30cm 間隔でラベルを付け切断後、ビニル袋に入れた主枝、亜主枝側枝を試料とした。B 園の植栽本数は約 50 樹で、2015 年 5 月に新規の発病を確認した。発病葉が多くみられた 31 樹は伐採し、発病葉が少ない残りの樹は 2 年生枝の基部から切除処理を行った。なお、切除による防除対策を行う時は、各枝を切除毎に剪定バサミを 70%エタノールで殺菌した。その後、2016 年 5 月に再発病を確認し、収穫後の 11 月 15 日に全樹伐採を行った中からランダムに 3 樹選び主枝、亜主枝、側枝などに約 30cm 間隔でラ

ベルを付け切断後ビニル袋に入れ試料とした。C園の植栽本数は18樹で2016年5月に新規の発病を確認した。5月に罹病葉を採取し、6月8日に2年生枝の基部から10枝を採取し試料とした。各園地の試料を用いPCRによるPsa3検出の有無を調査した(表1)。

表1 「赤色品種」調査園・調査樹の概要

園地	発病の確認		樹齢	切除による防除対策		試料採取(2016年)		
	年度	症状		時期	部位	採取時期	樹No.	採取部位
A	2016年新規	葉の褐色斑点 赤褐色樹液漏出跡	約7年生	2016年5月	2年生枝基部から	11月1日	No.1	主幹、主枝、垂主枝、側枝
		葉の褐色斑点					No.2	
B	2015年新規 2016年再発	葉の褐色斑点(2015年,2016年) 赤褐色樹液漏出(2016年)	約6年生	2015年5月	2年生枝基部から	11月15日	No.1	主幹、主枝、垂主枝、側枝
				2016年春から 梅雨明け頃			降雨前の度に 1年生枝基部から	
C	2016年新規 2017年再発	葉の褐色斑点(2016年) 赤褐色樹液漏出(2017年)	約10年生	2016年春から 梅雨明け頃	降雨前の度に 1年生枝基部から	6月8日	No.12	発病葉着生の1年生枝
							No.13	

2. 「赤色品種」再発園の発病状況調査

C園において再発病した2017年5月11日に赤褐色樹液漏出跡の力所数、発病葉を程度別に調査し、発病葉率(%)や発病度を算出した。葉の調査は、1樹あたり100枚(新梢基部から展開葉10枚×10新梢)を調査し、10枚に満たない新梢は展開した全葉(7枚以上ある枝を選び)について程度別に発病葉数を調べた。発病度の算出は、 Σ (指数×程度別発病葉数)÷(4×調査葉数)×100とし、指数を0:病斑なし, 1:1葉あたりの病斑数が1~3個, 2:病斑数が4~10個または葉の25%未満の面積, 3:病斑数が11~30個または葉の25~50%未満の面積, 4:病斑数が31個以上または葉の50%以上の面積とした。

3. ‘ヘイワード’再発園における病原菌の樹体内分布調査

2017年に‘ヘイワード’のD園・E園・F園において、葉に褐色斑点がみられ調査を行った。これらの園は2015年や2016年に初発を確認しており、D園とE園は、異なる切除の処理方法で防除対策を実施した。D園は、2015年5月と2017年6月に発病葉のついた枝を前年枝(2年生枝)の基部まで遡り、発病葉が無くなるまで間引く切除方法とした。E園は、2016年5月と2017年6月に収量確保を考慮するため、発病葉が多い枝を新梢(1年生枝)基部から間引き切除し、発病葉の少ない枝を残す切除方法とした。F園は、対照として切除処理を実施しなかった。なお、切除による防除対策を行う時は、各枝の切除毎に剪定バサミを70%エタノールで殺菌した。これらの園について樹体内分布を調査のため、D園とE園は切除実施日の6月7日に、F園は6月10日に、各園において達観で発病葉の多かった樹から前年枝(2年生枝)や前々年枝(3年生枝)に遡って枝を採取した。なお、採取枝は約30cm間隔で師部組織を切り出しPsa3の検出を試みた(表2, 図1)。

表2 ‘ハイワード’ 調査園・調査樹の概要

園地	発病の確認		樹齢	切除による防除対策		枝の採取(2017年)		
	初発年	症状		時期	切除部位	時期	採本	採取部位
D	2015年	葉の褐色斑点	約10年生	2015年5月 2017年6月	前年枝 基部	6月7日	16本	葉に褐色斑点が多い3樹について主に前々年枝まで遡って採取した。
E	2016年	葉の褐色斑点	約10年生	2016年5月 2017年6月	新梢基部 (収量確保を考慮)	6月7日	15本	葉に褐色斑点が多い3樹について主に前年枝まで遡って採取した。
F	2015年	葉の褐色斑点	約15年生	実施せず		6月10日	9本	葉に褐色斑点が多い1樹について主に前年枝まで遡って採取した。



図1 ‘ハイワード’ 採取枝の樹体内分布調査部位

4. ‘ハイワード’ 再発園の発病状況調査

D園の10樹、E園の3樹、F園の10樹について赤褐色樹液漏出跡のカ所数、発病葉を程度別に調査し、発病葉率(%)や発病度を算出した。しかし、ここでは、夏季以降の葉の症状は、かいよう病のみであることを断定するのは困難と考えられたが症状が類似していたため、発病葉に含めて調査した。葉の調査は、1樹あたり100枚(新梢基部から展開葉10枚×10新梢)について数え、発病度は「赤色品種」の発病度と同様に算出した。D園とE園は‘ハイワード’のみを植栽しており、F園は「赤色品種」が同一園内の西側に2016年まで位置していた状況であった(図2)。D園とE園の調査は2017年6月1日、8月4日、10月4日の3回、F園は同年5月27日と8月5日の2回実施した。

結 果

1. 「赤色品種」発生園における病原菌の樹体内分布調査

新規発生したA園のNo.1樹では、主枝の1本に赤褐色の樹液漏出跡を確認し、その部位から先の枝は枯死していた。枯死部付近で生存した枝からはPsa3を検出しなかったが、樹液漏出跡がみられた部分の手前で伸びた亜主枝、側枝と樹液漏出跡から遡った主枝、主幹にかけてPsa3を検出した。

一方、A園のNo.1樹から離れた位置にあるNo.2樹は、葉に褐色斑点はみられたが、樹体内分布調査では、すべての部位からPsa3が検出されなかった。再発したB園は、検定結果にばらつきはみられたが、3樹とも樹全体からPsa3を検出した(表3, 図2)。C園では、2016年5月、No.⑫と⑬の樹において葉に褐色斑点の初発がみられ、採取した罹病葉はPCRによってPsa3が検出され、同年6月に発病葉が着生した新梢や前年枝(10枝)からもPsa3が検出された(図4)。

表3 「赤色品種」発生園における樹体内分布調査(2016年)

園地	樹No.	分岐部からの距離(cm)																
		主幹		分岐部	主枝								垂主枝・側枝					
		60	30	0	30	60	90	120	150	180	210	240	60	90	120	150	180	
A	No.1	±	+		+	+	+	+	-	-							±	+
	No.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-
B	No.1	-	-	±	±	±	±	+	+	-	-				++			-
	No.2				±	±	++	±						±	±		+	
	No.3				±	±	+	+	+	±	±		±	±				+

注) 樹液: 赤褐色樹液漏出跡

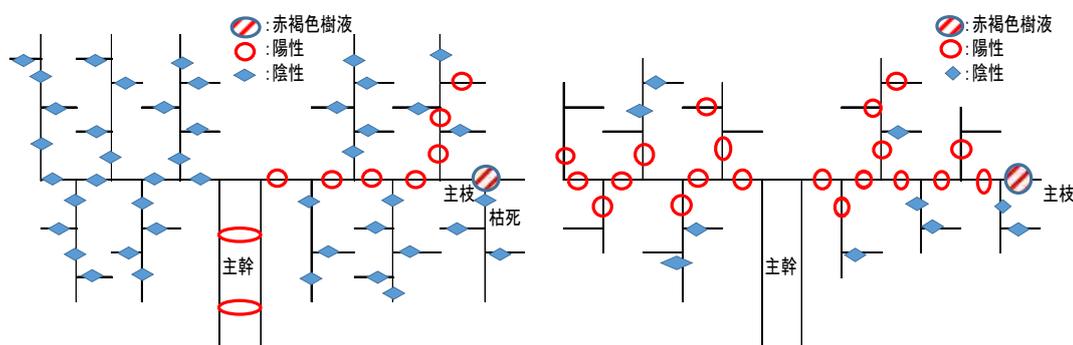


図2 赤褐色樹液が漏出した「赤色品種」におけるPsa3検出の概略図(2016年)

(左図: A園No.1樹、右図: B園No.3樹)

2. 「赤色品種」再発園の発病状況調査

B園では、2015年5月の伐採を免れた2016年の伐採を残りの19本について2016年は4月19日に発生はみられなかったが、5月20日にはすべての樹に葉の褐色斑点や赤褐色の樹液漏出症状がみられた(第3図)。C園では、園主が2015年春季から生育期の無機銅水和剤(水酸化第二銅)散布および収穫後から冬季の無機銅水和剤(塩基性硫酸銅)散布による薬剤防除を2017年5月まで続けた。さらに、2016年の初発確認以来梅雨明け頃まで降雨前の度に褐色斑点のついた罹病葉が着生した1年生枝基部の切除を続けた。その後、6月や10月の達観調査による葉の発病は軽微な状況を保っていた。しかし、2017年2月に樹勢が低下した1樹(No.18)を伐採した。2017年5月に再発病した17樹について発病状況を調査した結果、赤褐色樹液漏出跡が確認された樹は合計9本であった。

赤褐色樹液漏出力所数が最も多かった樹は、No. ⑬⑯⑰の7カ所であり、ほとんどが主枝や垂主枝部分にみられた。多かった樹の多くはNo. ⑫の樹から西側に集中していた。葉の発病は17本すべての樹で確認され、発病葉率が最も高かった樹はNo. 6の45.7%であった。発病度が最も高かったのはNo. ⑫の29.8であった（表4、図4）。

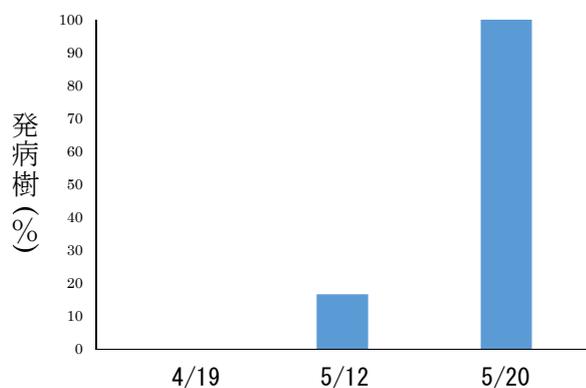
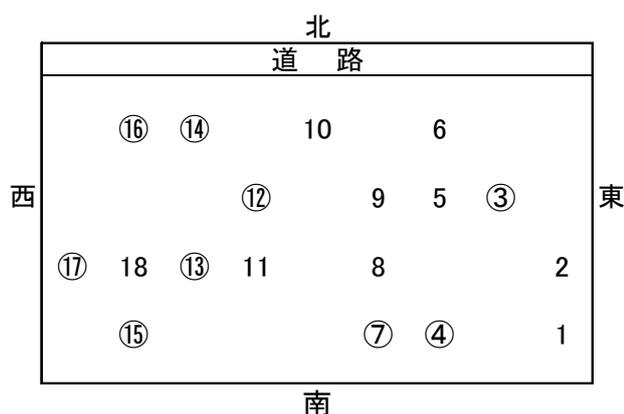


図3 B園の発病率増加状況 (2016年)



第4図 C園の植栽図 (2017年)

注) ○囲みの樹No. は赤褐色樹液漏出樹

No. 18は2017年2月に伐採

表4 C園の発病状況 (2017年)

樹No.	発病葉率 (%)	発病度	赤褐色樹液漏出力所数
1	22.1	11.3	0
2	27.8	17.2	0
③	26.8	13.4	1
④	27.7	10.9	3
5	30.9	15.7	0
6	45.7	20.5	0
⑦	39.6	21.9	1
8	37.4	27.7	0
9	40.0	19.7	0
10	24.4	13.3	0
11	14.5	6.5	0
⑫	32.5	29.8	5
⑬	33.8	21.4	7
⑭	32.9	14.8	4
⑮	21.4	9.6	4
⑯	30.7	20.7	7
⑰	31.6	15.1	7
平均	30.6	17.0	2.3

注) ○囲みの樹No. は赤褐色樹液漏出樹

⑫は主幹部1箇所含む

調査日：2017年5月11日注)

3. ‘ヘイワード’再発園の樹体内分布調査

樹体内分布調査の結果、D園では、1年生枝と2年生枝からのPsa3の検出率は12.5%以下であった。3年生枝に遡った部分からはPsa3は検出されなかった。その他、4年生枝や5年生枝からはPsa3が検出されなかった。E園では、1年生枝、2年生枝からの検出率は、それぞれ20.0%、6.7%であり、3年生枝からは検出されなかった。F園では、1年生枝、2年生枝および3年生枝からの検出率は、いずれも66.7%以上であった（表5）。

表5 ‘ヘイワード’ 再発園採取枝からの Psa3 の検出 (2017 年)

	D園			E園			F園		
	調査 (本)	検出 (本)	検出率 (%)	調査 (本)	検出 (本)	検出率 (%)	調査 (本)	検出 (本)	検出率 (%)
1年生枝	16	1	6.3	15	3	20.0	9	7	77.8
2年生枝	16	2	12.5	15	1	6.7	9	8	88.9
3年生枝	10	0	0.0	4	0	0.0	3	2	66.7
4年生枝	2	0	0.0	—	—	—	—	—	—
5年生枝	1	0	0.0	—	—	—	—	—	—

注) 枝の採取日: D園とE園は2017年6月7日, F園は同年6月10日

4. ‘ヘイワード’ 再発園の発病状況調査

2017年に‘ヘイワード’のD園・E園・F園において、葉に褐色斑点がみられ再発病を確認した。D園とE園は、‘ヘイワード’のみを栽培している園であり、切除処理前(6月1日)の発病葉率は、防風ネットを設置しているD園では12.8%であり、防風ネットを設置していないE園では66.7%であった。F園は、‘ヘイワード’の西側で発病した「赤色品種」を伐採した園地で、防風ネットを設置した園地条件であり、5月27日の発病葉率は28.8%であった(表6)。2017年6月7日に切除処理実施後のD園の発病葉率は、8月4日には0.3%で、10月4日にはみられなかった。E園の8月4日の発病葉率は54.3%で、発病度は23.9であった。切除処理を実施していないF園では、8月5日の発病葉率12.3%であり、5月27日の半分程度に低下した樹が多かった(表6)。F園について樹別にみると「赤色品種」に最も近かった樹No.1では、発病葉率88.0%、発病度44.5と最も高かった。次いで樹No.1に隣接する樹No.2, No.3において発病葉率、発病度ともに高かった。その他、樹No.4~10は、発病葉率26.0%以下、発病度9.0以下であった(表7, 図5)。

表6 ‘ヘイワード’ 再発園の発病調査 (2017 年)

園地.	発病葉率(%)			発病度			赤褐色樹液 漏出力所数
	6月1日	8月4日	10月4日	6月1日	8月4日	10月4日	
D	12.8	0.3	0.0	3.9	0.1	0.0	—
E	66.7	54.3	12.4	22.2	23.9	3.3	—
F	28.8	12.3	—	10.8	5.1	—	—

注) 表中の値: D園は10樹の平均値, E園は3樹の平均値, F園は10樹の平均値を示す。
調査日: F園は5月27日と8月5日に調査した。

表7 ‘ヘイワード’ 再発園F園の発病調査 (2017 年)

樹No.	発病葉率(%)		発病度		赤褐色樹液 漏出力所数
	5月27日	8月5日	5月27日	8月5日	
1	88.0	35.0	44.5	15.0	0
2	46.0	13.9	16.0	4.7	0
3	44.0	18.0	13.5	7.5	0
4	22.0	7.9	6.0	2.7	0
5	26.0	12.9	7.5	5.4	0
6	16.0	10.0	4.5	4.5	0
7	24.0	14.0	9.0	8.3	0
8	6.0	5.0	2.0	1.3	0
9	14.0	4.0	4.5	1.0	0
10	2.0	2.0	0.5	0.5	0
平均	28.8	12.3	10.8	5.1	0

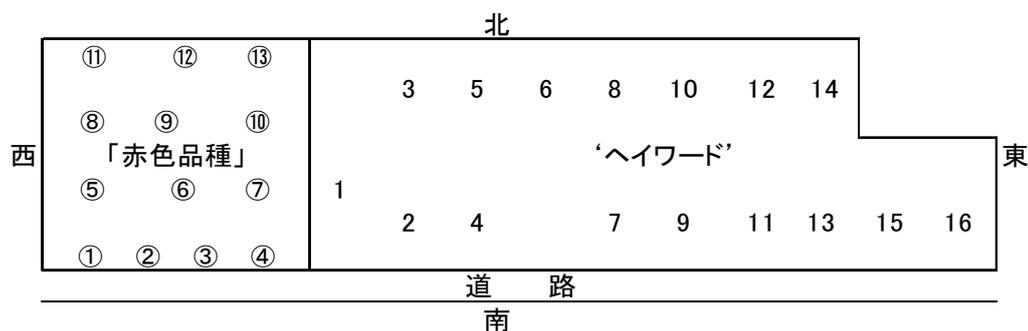


図5 ‘ヘイワード’再発園F園の植栽図

注) 西側①～⑬は「赤色品種」約3～4年生 2015年初発確認後伐採・縮伐
2016年再発病 赤褐色樹液漏出跡を確認 全樹伐採

考 察

本県におけるキウイフルーツかいよう病 (Psa3) の発病樹について樹体内分布調査と発病状況を調査した結果、「赤色品種」と‘ヘイワード’の品種によって発病による症状や対応策が異なることがわかった。Psa3系統のキウイフルーツかいよう病の症状は、Psa1系統と同様に冬季には結果母枝、枝幹部、枝の分岐部から白濁した樹液の漏出 (芹沢ら, 1989) がみられた。園地調査によってみられた葉の褐色斑点は‘ヘイワード’の方が遅れて症状を呈し、発病葉率が非常に高い樹がみられたが、枝幹部にみられる赤褐色樹液漏出跡の状況は「赤色品種」に比べ‘ヘイワード’の方が軽い傾向 (澤田, 2015) で、Psa1系統の傾向 (三好ら, 2014) と同様であった。

「赤色品種」の樹体内分布調査の結果、赤褐色の樹液漏出カ所が1箇所みられただけでも、病原菌が主幹部まで蔓延している場合があった。再発病した場合、樹体内全体に蔓延している樹が確認された。発生状況調査の結果、前年は軽症であっても当年に急激に多発した樹がみられた。特に赤褐色樹液の漏出跡がある樹は樹体内で症状が進行していると考えられた。これらのことから、「赤色品種」では、切除処理を実施しても再発防止は難しく、経済栽培の継続は困難になる場合があると考えられた。

‘ヘイワード’の樹体内分布調査の結果、葉に褐色斑点がみられる程度であれば、Psa3の検出率は低かったが、前年枝まで病原菌が蔓延している枝があると考えられた。なお、徹底した切除処理を実施しなかったF園と同様の場合は、前々年枝 (3年生枝) まで病原菌が蔓延している枝が存在する可能性がある。発生状況調査の結果、樹齢が10年生以上の成木であれば、葉に褐色斑点のみがみられる程度で、赤褐色樹液漏出跡の症状はみられなかった。防風ネットを設置した園の方が、生育期の被害葉の増加が抑えられている傾向であった。伝染源が近くにあったF園の事例から、伝染源側に近い樹の方が強風雨による二次伝染の影響を受けやすいと思われた。‘ヘイワード’において本病による被害葉をみつけた場合、D園のように被害葉が着生した新梢を前年枝 (2年生枝) の基部から速やかに切除することで生育期の二次伝染による被害葉の増加を抑えられるが、E園のように発病葉の少ない新梢を残した切除では十分な防除効果が得られないと思われた。

キウイフルーツかいよう病を起こす細菌の中には、接種試験において、キウイフルーツの他、モ

モやウメに対して病原性が認められたとの報告（瀧川ら, 1989）があり、本県にはモモ産地やウメ産地もあるため、今後の動向を注視する必要があると考えられた。2018年には、再発園や新規発生園がみられたことから、病原菌の密度が広範囲で高まっている可能性があり、2月以降の強風を伴う雨は細菌を周辺樹や園地へ飛散させ、発生拡大の要因になっている（篠崎・清水, 2014）ことから考え、翌春の被害を抑えることを目的に冬季の薬剤防除の徹底が重要と考えている。防除対策として、防風対策や薬剤防除等もあるが、物理的防除として実施する罹病枝切除の際には、今回得られた知見が活用されることを期待する。

摘 要

本試験では、キウイフルーツかいよう病 (Psa3) の病原菌の樹体内分布を把握し、再発を防止するための有効な切除部分を検討するため、品種別に事例を収集した。

1. 「赤色品種」発生園の樹体内分布調査では、新規発生園の主枝の1本に赤褐色の樹液漏出跡を確認し、その一部の樹液漏出跡から側枝、垂主枝、主枝、主幹にかけて検出した。再発園では、調査した3樹とも樹体内全体から検出した。
2. 「赤色品種」再発園の発病状況調査では、調査樹17本のうち赤褐色樹液漏出跡が確認された樹は9本で、そのほとんどが主枝や垂主枝部分にみられた。赤褐色樹液漏出箇所数が多かった樹や葉の発病度が最も高かったNo. ⑫は園内の西側に集中していた。
3. ‘ヘイワード’再発園の樹体内分布調査では、D園の新梢（1年生枝）と前年枝（2年生枝）からの検出率は12.5%以下であった。E園の新梢（1年生枝）は20.0%で、前年枝（2年生枝）は6.7%であった。F園は、新梢（1年生枝）、前年枝（2年生枝）および前々年枝（3年生枝）は、いずれも66.7%以上であった。
4. ‘ヘイワード’再発園の発生状況調査では、2017年6月1日疑似葉の発生率は、D園12.8%、E園66.7%、F園28.8%（調査：5月27日）であった。6月7日切除処理実施後、8月4日の疑似葉の発生率は、D園0.3%、E園54.3%、F園12.3%（調査：8月5日、切除処理未実施）であった。

謝 辞

この度の試験を実施するにあたり、発病状況の調査や調査用試料の提供にご協力頂いた生産者の方々に謝意を表す。

引用文献

- 澤田宏之・三好孝典・清水伸一・中畝良二・藤川貴史. 2014. キウイフルーツかいよう病菌の多様性. 植物防疫. 68:660~667.
- 澤田宏之・清水伸一・三好孝典・篠崎 毅・楠元智子・野口真弓・成富毅誌・菊原賢次・間佐古将則・藤川貴史・中畝良二. 2015. わが国で分離された *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biover 3 の特徴. 日植病報. 81:111~126.
- 篠崎 毅・清水伸一. 2014. 愛媛県におけるキウイフルーツかいよう病発生の現状と今後の課題.

植物防疫. 68:255~258.

清水伸一・澤田宏之・篠崎 毅・楠元智子・野口真弓・菊原賢次・三好孝典. 2015. キウイフルーツかいよう病菌の biover3 を検出する新しいプライマーの作成. 日植病報. 81:296.

Setuo Serizawa・Takeshi Ichikawa・Yuichi Takikawa・Shinnji Tsuyumu and Masao Goto. 1989. Occurrence of Bacterial Canker of Kiwifruit in Japan : Description of Symptoms, Isolation of the Pathogen and Screening of Bactericides. 日植病報. 55:427~436.

三好孝典・清水伸一・篠崎 毅・澤田宏之. 2014. キウイフルーツかいよう病菌 (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*) に対する ‘ヘイワード’ および ‘Hort16A’ の抵抗性の比較. 日植病報. 80:323.

Yuichi Takikawa・Setsuo Serizawa・Takeshi Ichikawa・Shinnji Tsuyumu and Masao Goto. 1989. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* pv. nov. : The Causal Bacterium of Kiwifruit in Japan. 日植病報. 55:437~444.

モモ果実の水浸状果肉褐変症に関する研究 (第2報)

堀田宗幹・有田 慎¹・和中 学

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Study of Water-soaked Brown Fresh Disorder in Peach Fruit (2)

Muneki Hotta, Shin Arita and Manabu Wanaka

Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Prefecture Fruit Tree Experiment Station

緒 言

和歌山県では、モモ‘川中島白桃’などにおいて年によって成熟果実の果肉が水浸状となり、重度になると褐変する水浸状果肉褐変症(高田ら, 2005)が問題となっている。

水浸状果肉褐変症の要因として、大玉や高糖度、熟度の進んだ果実で多いとされる(藤丸ら, 2005)。また、収穫前の高温遭遇や急激な土壤水分変動により、発生が助長される可能性が示唆されている(大浦ら, 2011; 手塚ら, 2012)。

著者らは、前報において着果管理やカルシウム剤散布が水浸状果肉褐変症に及ぼす影響について検討を行った(有田ら, 2017)が、効果の振れや労力面等により実用化には課題が残された。本報では、水分管理や着果管理法の検討および着果管理法と株元マルチ敷設を組み合わせた総合実証試験を実施したので得られた知見について報告する。

材料および方法

試験1 成熟前のかん水量の違いが水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

かき・もも研究所内の無加温アクリルハウスにおいて根域制限栽培を行っている2015年時点で6年生のモモ‘つきあかり’6樹を供試した。根域制限については、コンクリートパネルで縦9.5m、横2.4m、高さ0.45mの枠組を作り、底面に防根防水処理としてゴムシートを敷設した後、パーライト、牛ふん堆肥、バーク堆肥を混和した山土を約35cm入れ培土とした。これを2組作成し、1組あたり3樹を2.5m間隔で栽植した。かん水はドリップチューブ(ドリップ穴30cm間隔)を約40cm間隔で6列敷設して行った。2015年には6月25日以降、2016年には6月21日以降にかん水量を調節し、多かん水区と少かん水区(各区3樹)とした。多かん水区、少かん水区でかん水量をそれぞれ600L/日、50L/日とし収穫終了まで毎日1回かん水した。葉水分ポテンシャルについては、日の出前に各樹5葉を採取し、プレッシャーチャンバー法により測定した。果皮色や果実の張りを基準に適熟果を3回に分けて収穫し、各樹30果ずつ水浸状果肉褐変症程度、果実重、糖度(アタゴ

¹現在：和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

社製 PR-101 α)および果肉硬度(精光舎製 SF-5050 円錐型)を測定した。水浸状果肉褐変症程度は、育成系統適応性検定試験・特性検定試験調査方法((独)農業・食品総合研究機構果樹研究所, 2007)のモモ調査方法に準じ、図1のとおり程度を分けて調査した。

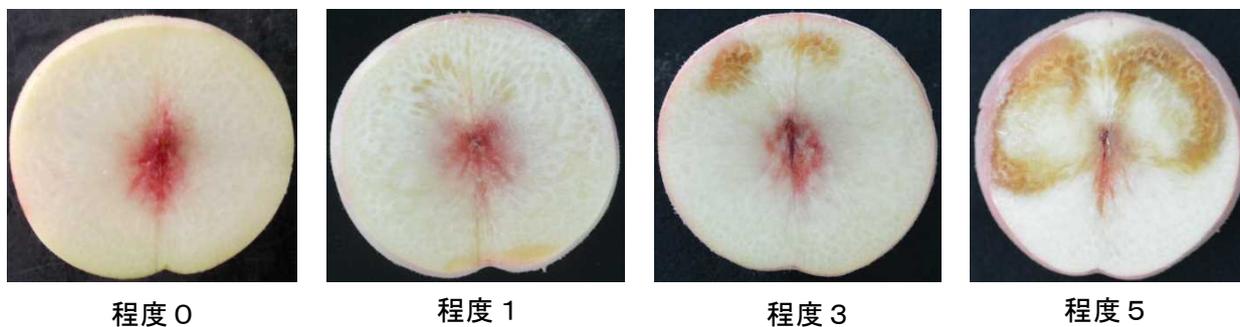


図1 水浸状果肉褐変症程度

試験2 着果部位が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

紀の川市現地圃場において、2016年、2017年の2年間、‘川中島白桃’3樹(2016年時11年生)を供試した。前報と同様に、仕上げ摘果時に長さ15cm程度の結果枝の中央より基部に着果させる基部着果区と、中央より先端に着果させる先端着果区を設け、1区1主枝または垂主枝単位で処理した。摘蕾を行わず、予備摘果および仕上げ摘果を地域慣行で行い、袋掛け(小林製袋株式会社製二重袋(商品名「Yピーチ22撥水ミニ止無」)使用)を実施した。各樹10枝の同等の長さの結果枝について、中央より基部と先端に分けて開花日を調査し、平均値を求めた。適熟に達した順に果実を数回に分けて採取し、各区30果程度の水浸状果肉褐変症程度、平均収穫日、果実重、果実径および果実品質(果肉硬度、糖度、酸度、核割れ果率)を調査した。

試験3 着果管理が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

紀の川市現地圃場において、2017年に7年生の‘川中島白桃’6樹を供試した。着果管理区では、樹冠面積あたりの着果量を慣行の1.2倍とし、結果枝(中果枝)の中央から基部に着果させた。対照区では慣行着果処理を行い、1区1樹3反復とした。摘蕾、予備摘果、袋掛け(試験2と同様)は地域慣行で行った。試験2と同様に収穫し、水浸状果肉褐変症程度、平均収穫日、果実重および果実品質(試験2と同様)を調査した。

試験4 総合実証試験

紀の川市現地圃場において2017年時に7年生の‘川中島白桃’6樹を供試し、1区1樹3反復として2017年、2018年の2年間行った。処理区として、多着果処理、基部着果処理および株元のマルチ敷設を併用した区を総合実証区とした。また、地域慣行の着果管理を行ったものを慣行区とした。多着果処理の設定は、2017年には樹冠面積あたり慣行の約1.2倍、2018年には側枝あたりで慣行より1果多い着果(樹冠面積あたり慣行の約1.4倍換算)を目安とし、地域慣行に準じて摘蕾、予備摘果、仕上げ摘果、袋掛け(試験2と同様)を行った。基部着果処理については結果枝(中果枝)の中央から基部に着果させた。マルチ敷設処理については、透湿性マルチシート(柴田屋加工紙株式会社製商品名「白王シート®(微細孔)」)を使用し、樹冠をほぼ覆うように2017年には株元

2m×2mで5月11日に、2018年には株元4m×4mで5月10日に、いずれの年も黒面を上にして敷設した。2017年には、7月14日および24日に日の出前の葉水分ポテンシャルを試験1と同様に測定した。成熟期の降水量については、調査圃場から最も近い気象庁かつらぎ観測所アメダスのデータを使用した。試験2と同様に収穫し、水浸状果肉褐変症程度、果実重、果実径、平均収穫日および果実品質を調査した。

結 果

試験1 成熟前の多かん水が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

かん水量調節後の葉水分ポテンシャルの推移を図2に示す。両年とも、多かん水区より少かん水区のほうが葉水分ポテンシャルの絶対値が高く推移し、特に処理から約2週間後には処理区間の差が最も大きかった。

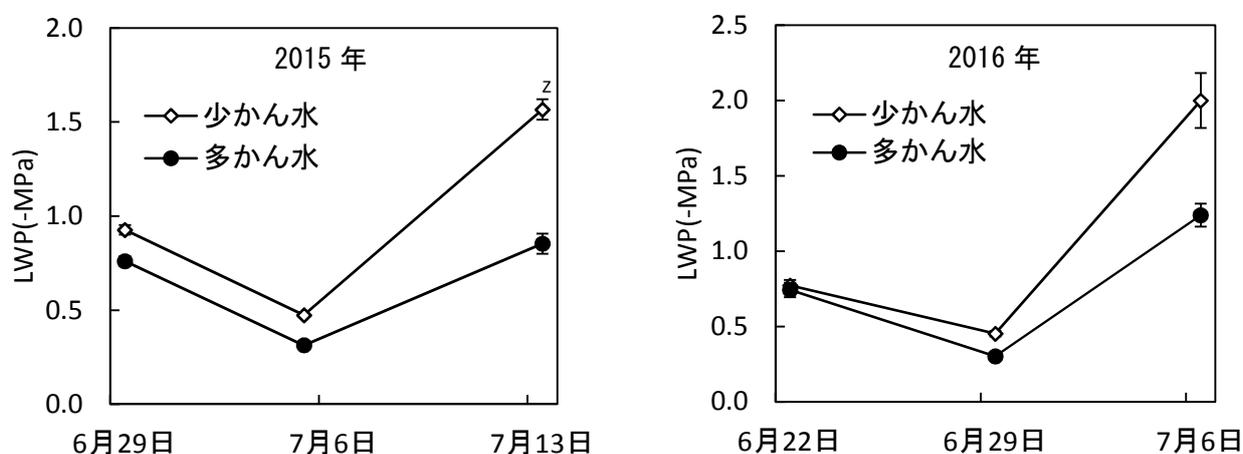


図2 各処理区における葉水分ポテンシャルの推移 z: 図中のバーは標準誤差

水浸状果肉褐変症発生率について、2015年には障害程度3以上において、多かん水区の23.3%に対して少かん水区では5.6%と有意に少なかった。2016年は2015年に比べ両処理区とも発生率は低く、処理区間で有意な差は認められなかった（表1）。果実品質については、2015年には処理区間で果実重、果肉硬度、糖度に有意差はなかったが、2016年には果肉硬度と糖度について多かん水区に比べ少かん水区のほうが有意に高かった（表2）。

表1 各処理区における水浸状果肉褐変症発生率

処理区	障害果率 (%)			
	2015年		2016年	
	障害程度 1以上	障害程度 3以上	障害程度 1以上	障害程度 3以上
少かん水	48.9	5.6	15.8	0.8
多かん水	70.0	23.3	28.9	3.3
有意性 ^z	ns	*	ns	ns

z: アークサイン変換後, t 検定により*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし

表2 各処理区における果実品質

処理区	2015年			2016年		
	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)
少かん水	239	2.1	13.4	197	2.3	15.9
多かん水	273	2.0	13.6	225	2.0	15.0
有意性 ^z	ns	ns	ns	ns	**	**

z:t 検定により**は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし

試験2 着果部位が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

先端着果区および基部着果区における開花ならびに収穫時期を表3に示す。基部着果区の平均開花日は先端着果区に比べ、2016年、2017年ともに2日遅かった。平均収穫日については、2016年には先端着果区のほうが1日早く、2017年には処理区間に差がなかった。

表3 着果部位が開花および収穫時期に及ぼす影響

処理区	2016年		2017年	
	平均 開花日	平均 収穫日	平均 開花日	平均 収穫日
基部着果	4月3日	7月28日	4月12日	8月6日
先端着果	4月1日	7月27日	4月10日	8月6日

障害果率については、基部着果区は先端着果区に比べ、2016年の障害程度3以上および2017年の障害程度1以上において有意に低かった(表4)。

表4 着果部位が水浸状果肉褐変症発生率に及ぼす影響

処理区	障害果率(%)			
	2016年		2017年	
	障害程度 1以上	障害程度 3以上	障害程度 1以上	障害程度 3以上
基部着果	33.7	14.7	19.3	11.9
先端着果	41.0	21.0	54.4	26.7
有意性 ^z	ns	*	*	ns

z:アークサイン変換後, t 検定により*は5%水準で有意差あり, n.s.は有意差なし

果実重および果実縦径ならびに側径については、2016年には処理区間に有意差はなく、2017年には果実径については有意差はなかったが、果実重については基部着果区が先端着果区に比べ有意に小さかった(表5)。

表5 着果部位が果実重および果実径に及ぼす影響

処理区	2016年			2017年		
	果実重(g)	縦径(mm)	側径(mm)	果実重(g)	縦径(mm)	側径(mm)
基部着果	337	80.5	89.6	352	80.8	89.1
先端着果	341	80.9	89.0	365	81.9	90.4
有意性 ^z	ns	ns	ns	*	ns	ns

z:t 検定により*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし

果肉硬度、糖度、酸度、核割れ率については、2016年、2017年とも、処理区間で有意差はなかった（表6）。

表6 着果部位が果実品質に及ぼす影響

処理区	2016年				2017年			
	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)	核割れ (%)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)	核割れ (%)
基部着果	2.2	14.5	4.5	10.0	2.2	15.8	4.2	8.1
先端着果	2.2	14.1	4.5	30.0	2.1	16.2	4.3	5.6
有意性 ^z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

z:t 検定により ns は有意差なし

試験3 着果管理が水浸状果肉褐変症発生に及ぼす影響

障害程度別の水浸状果肉褐変症発生率について、着果管理区では対照区に比べ障害程度3以上において有意な差は認められなかったが、障害程度1以上では有意に低かった（表7）。平均収穫日は対照区に比べ着果管理区で3日遅かった。果実重については、着果管理区は有意に小さく、果肉硬度、糖度、酸度については処理区間で有意差はなかった（表8）。

表7 各処理区における水浸状果肉褐変症発生率

処理区	障害果率 (%)	
	障害程度1以上	障害程度3以上
着果管理	19.8	10.9
対照	51.3	29.9
有意性 ^z	*	ns

z:アークサイン変換後, t 検定により処理区間で*は5%水準で有意差あり, ns は有意差なし

表8 着果管理が果実品質に及ぼす影響

処理区	平均 収穫日	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)	核割れ果率 (%)
着果管理	8月4日	343	2.6	16.6	4.6	40.5
対照	8月1日	353	2.4	17.1	4.4	15.3
有意性 ^z	ns	*	ns	ns	ns	ns

z:t 検定により処理区間で*は5%水準で有意差あり, ns は有意差なし

試験4 総合実証試験

着果管理と株元のマルチ敷設を組み合わせた総合実証を行った。気象庁かつらぎ観測所による2017年7月1日から14日までの降水量は71.5mmと多く、7月15日から7月21日の降水量は4.5mmで少なかった。日の出前の葉水分ポテンシャルの絶対値は、両区とも7月14日より7月24日のほうが高かった。処理区間をみると、7月14日については対照区に比べ総合実証区のほうが高く、7月24日については同等であった（図3）。

障害果率については、2017年には障害程度3以上には有意な差は認められなかったが、障害程度1以上では対照区に比べ総合実証区で有意に低く、2018年には障害程度別に関わらず処理区間に有意差は認められなかった（表9）。

果実品質をみると、2017年の果実重で対照区に比べ総合実証区のほうが小さく、その他については処理区間に有意差はみられなかった。平均収穫日については、両年とも総合実証区では対照区よりも4~5日遅かった（表10）。

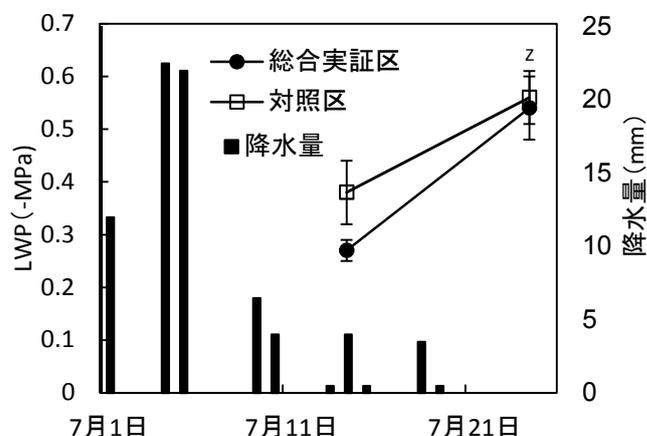


図3 降水量（気象庁かつらぎ観測所アメダス）と各区における葉水分ポテンシャルの推移（2017年）
z：図中のバーは標準誤差

表9 総合実証が水浸状果肉褐変症発生率に及ぼす影響

処理区	障害果率 (%)			
	2017年		2018年	
	障害程度 1以上	障害程度 3以上	障害程度 1以上	障害程度 3以上
総合実証	21.3	11.7	16.0	9.3
慣行	51.3	29.9	17.3	4.0
有意性 ^z	*	ns	ns	ns

z:アークサイン変換後, t 検定により*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし

表10 総合実証が果実品質に及ぼす影響

処理区	2017年						2018年					
	平均 収穫日	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)	核割れ 果率(%)	平均 収穫日	果実重 (g)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)	核割れ 果率(%)
総合実証	8月5日	331	2.6	17.0	4.4	15.3	8月5日	320	2.2	16.4	4.4	6.0
対照	8月1日	353	2.4	17.1	4.4	29.8	7月31日	332	2.2	16.3	4.5	22.0
有意性 ^z	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

z:t 検定により*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なし(核割れ果率についてはアークサイン変換後に検定)

考 察

水浸状果肉褐変症の要因の一つとして土壌水分に関する報告がされており、‘白鳳’や‘川中島白桃’で収穫約2週間前から収穫期にかけて土壌を乾燥状態から湿潤状態に急激に変動させると果肉

障害が増加する（手塚ら，2012）ことや，モモ‘清水白桃’において多水分状態が水浸状果肉褐変症の発生に影響する場合がある（森永ら，2014）ことが示されている．試験1では，根域制限を行った‘つきあかり’を用いて収穫前のかん水量による本症状への影響を検討した結果，2015年に多かん水区は少かん水区に比べ障害果率（3以上）は有意に高かった．一方で，2016年には2015年に比べ障害果の発生が少なく処理区間に有意な差は認められなかった．本症状は，大果で発生が多くみられることが報告されている（齋藤ら，2002；高田ら，2005；安川・久木崎，2006）．2016年に本症の発生が少なかった要因として，高温の影響で2015年に比べ生育が早まり，果実肥大が劣ったことが原因の一つであると考えられた．収穫前の多かん水は水浸状果肉褐変症を助長する可能性が示されたが，近年は梅雨末期の長期的な降雨や梅雨明け後の乾燥，夏季の集中豪雨といった土壌水分の激変が頻発しており，注意が必要である．

前報の基部着果の試験は2015年度単年のものであったため，試験2では同様の方法でさらに2か年検討した．基部着果区は先端着果区に比べ，両年とも開花日が2日遅く，本症の発生率は有意に低かった．果実重についてみると，2016年には処理区間に有意な差は認められなかったが，2017年には基部着果区で有意に小さかった．これらの結果は前報とほぼ同様の傾向であった．試験3では，基部着果に加え，着果量を慣行栽培（対照区）の1.2倍とし本症状の発生に及ぼす影響を検討した結果，着果管理区において，程度1以上の発生率は対照区の51.3%に対し19.8%と低く，果実重が有意に小さく，また平均収穫日が遅かった．前述のように，本症状は大果で発生が多くみられることから，基部着果区は先端着果区に比べ果実が小さい傾向により障害果の発生が少ないと考えられた．基部の果実が先端のものに比べ小玉果となる要因として，基部着果区の開花時期が先端着果区より遅いが収穫時期はほぼ変わらないため，果実の成熟日数が短いことが推察された．一方で，モモの結果枝では先端部から開花が始まり基部に向かって開花が進むことが観察されるが，モモ‘武井白鳳’および‘白鳳’を供試した研究で，着果枝における開花の早晩は成熟期や果実の大きさにほとんど影響しないとの報告（長谷川ら，2009）もあり，本症状発生には品種間差がみられる（高田ら，2005；萩原ら，2014）ことも考慮すると，今後，‘川中島白桃’以外の品種についても効果の検討が必要である．試験3の結果についても，着果管理区では対照区に比べ，果実肥大が抑制されたことで本症の発生が軽減したと考えられた．一方，缶桃において1果あたりの葉数が少ないと収穫が遅れることが報告されており（木戸ら，1965），本試験においても着果負担を増すと収穫期の遅延が認められたことから，生産現場での活用においては留意する必要がある．

試験4では現地の障害多発生園地で基部着果，多着果および収穫前の降雨を遮断して，樹体の吸水を抑制することを目的とした株元マルチ敷設を組み合わせた総合実証試験を2年間実施した．本症状発生には年次変動が認められるとされる（萩原ら，2014）が，2018年は2017年に比べ産地一般的に発生が少なく，軽微なものを含めた両区の障害発生率（程度1以上）は20%以下で処理区間の差は認められなかった．一方，2017年には障害程度1以上の発生率は慣行区の51.3%に対して総合実証区では21.3%と大幅に低減した．この要因として，マルチ敷設と慣行区の樹体の水分ストレス状況からはマルチ敷設の効果は判然とせず，基部着果や多着果による肥大抑制の影響が大きかったものと推察された．マルチ敷設については今後，園地条件や設置方法等さらに検討する必要があると考えられた．

以上のことから，‘川中島白桃’の水浸状果肉褐変症対策として，極端な大玉果生産は避け，中玉果生産を目標とし，基部に着果させるとともに仕上げ摘果後の着果量を慣行より20%程度増加させる着果管理が有効であると考えられた．

摘 要

モモの成熟前のかん水量および着果管理が水浸状果肉褐変症に及ぼす影響について検討し、現地の障害発生園での着果管理法と株元マルチ敷設を組み合わせた総合実証試験を行った。

1. 根域制限を行った‘つきあかり’雨よけ栽培において、2015年には成熟前多かん水区で水浸状果肉褐変症の発生が多かった一方、発生が少なかった2016年については処理区間に有意な差はみられなかった。
2. ‘川中島白桃’を供試した2年間の試験において、結果枝の基部に着果させることで、先端部に着果させる果実に比べて開花が遅く、水浸状果肉褐変症発生が減少する傾向がみられた。
3. ‘川中島白桃’において基部に着果させ着果量を1.2倍とすることで、果実重は小さくなり、水浸状果肉褐変症発生が減少した。
4. 基部着果、マルチ敷設、多着果を組み合わせた‘川中島白桃’における総合実証試験において、2017年には水浸状果肉褐変症発生率が減少し、障害の少なかった2018年には有意差がみられなかった。

本研究の実施にあたり、試験樹の供試に御協力いただいたモモ生産者の方々に深謝申し上げる。

引用文献

- 有田慎・堀田宗幹・和中学. 2017. モモ果実の水浸状果肉褐変症に関する研究(第1報). 和歌山県農林水研報 5: 73-79.
- 藤丸治・東光明・岡田眞治. 2005. 中晩生モモの「みつ症」の発生要因. 熊本県農業研究センター研究報告. 第13号: 93-99.
- 萩原栄揮・渡辺晃樹・富田晃・新谷勝広・古屋栄・手塚誉裕・中込一憲. 2014. モモの果肉障害に関する研究(1) モモ果肉障害の発生における品種間差異. 山梨果試研報. 第13号: 57-63.
- 長谷川耕二郎・濱田和俊・尾形凡生. 2009. モモ着果枝における開花時期の違いと果実生育日数との関係. 園学研. 8別2: 157.
- 木戸啓二・真田輝夫・平塚秀雄・佐藤弘弥. 1965. 缶桃の無袋栽培における着果量判定に関する試験. 東北農業研究. 第7号: 146-148.
- 森永邦久・小池悠太・国峰慎平・藤井雄一郎・福田文夫. 2014. モモのかん水制御下における水分の動態と非破壊簡易把握法ならびに果肉障害発生. 園学研. 13別1: 282.
- 大浦明子・福田文夫・藤井雄一郎・久保田尚浩. 2011. 果実発育第3期の高温がモモ‘清水白桃’の収穫期の遅延および果肉障害の発生に及ぼす影響. 園学研. 10別2: 387.
- 齋藤典義・古屋栄・猪股雅人. 2002. モモ果実に発生した障害「みつ症」の特徴. 園学雑. 71別1: 210.
- 高田大輔・内倉康幸・今井理夫・福田文夫・笹邊幸男・藤井雄一郎・大塚雅子・久保田尚浩. 2005. モモ果実における“水浸状果肉褐変症”の特徴. 園学研. 4(4): 429-433.
- 手塚誉裕・萩原栄揮・富田晃・加藤治・三宅正則・古屋栄・山下(土橋)路子. 2012. 土壌水分量の変動がモモ果肉障害の発生に及ぼす影響. 園学研. 11別2: 354.

山西久夫. 1998. モモの果実品質に及ぼす気象の影響. 果実日本. 53(5) : 42-45.

安川博之・久木崎孝弘. 2006. モモ果肉障害の発生要因の解明と耕種的軽減対策. 近畿中国四国農研. 8 : 103-107.

カキ新品種 ‘紀州てまり’

古田貴裕・熊本昌平¹・野中亜優美・小松英雄²

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

New persimmon cultivar ‘Kishu temari’

Takahiro Furuta, Shohei Kumamoto¹, Ayumi Nonaka and Hideo Komatsu²

Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県のカキの栽培面積は2,660haで、このうち渋ガキ品種が77%を占め、残りの23%で甘ガキ品種が栽培されている(農林水産省, 2015)。渋ガキ品種のうち‘刀根早生’は栽培面積全体の50%を占め(農林水産省, 2015)、収穫盛期である10月上旬に出荷が集中し、それ以降の販売単価の下落がしばしば問題となっている。このため、本県カキ産地において品種の分散化が課題である。2003年に品種登録された‘中谷早生’は9月上旬に出荷可能な極早生品種(小松, 2009)であり、高単価で取引されていることから、栽培面積が増加している。しかしながら、‘刀根早生’以降の販売単価下落を解消するには至っておらず、‘刀根早生’の出荷が終了する10月中旬以降に市場競争力の高い新品種の育成が望まれてきた。

ところで、カキの品種は種子形成と樹上での脱渋性の関係から完全甘ガキ (pollination constant and non-astringent)、不完全甘ガキ (pollination variant and non-astringent)、不完全渋ガキ (pollination variant and astringent) および完全渋ガキ (pollination constant and astringent) の4つのタイプに分類される(Hume, 1914)。このうち完全甘ガキは種子の形成にかかわらず自然条件下で脱渋するため、脱渋処理を必要とする渋ガキに対して流通の上で有利な点が多い。

そこで、かき・もも研究所では2007年より10月中旬以降に収穫可能で大果、高糖度であることを育種目標とした完全甘ガキ品種の育成に着手し、カキ新品種‘紀州てまり’を育成したのでその経過と特性を報告する。

材料および方法

1. ‘紀州てまり’の育成経過

‘紀州てまり’は‘早秋’に‘太秋’を交雑して育成した(図1)。2008年5月に交配を行い、得られた種子を翌年播種した。2年間ポリポットで育苗し46個体の実生群を獲得した。2011年に結実促進のため‘中谷早生’に高接ぎしたが、台木の樹勢が低下したため2012年に‘刀根早生’に再度高接ぎした。2013年に初結実し、大果で外観および食味が優れたため一次選抜し、複製樹を育成した。2015~2016年に親品種である‘太秋’および‘早秋’を対照品種として農林水産植物種別審

¹ 現在: 和歌山県果樹試験場

² 現在: 和歌山県伊都振興局農林水産振興部農業水産振興課

査基準 (*Diospyros* L.) に基づく特性調査を実施し、区別性、品質の均一性および安定性を確認した。また、2015～2016年に関係者および生産者への試食検討会を実施し、アンケートにおいて産地への普及が見込めるとの結果が得られたため、新品種候補とした。2017年3月16日に種苗法に基づく品種登録出願（品種登録出願の番号 第31942号）を行い、2017年6月26日に品種登録出願公表された（図2）。

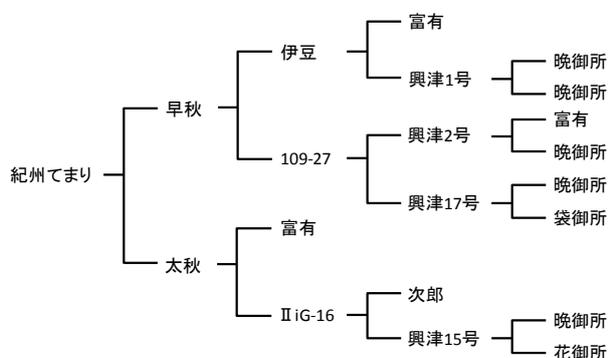


図1 「紀州てまり」の系統図



図2 「紀州てまり」の結実状況

2. 生育および果実品質特性

かき・もも研究所内植栽の2014年時点で高接ぎ1～2年生「紀州てまり」（中間台木：刀根早生）1～5樹、対照として16年生「太秋」5樹、14年生「早秋」1樹を供試した。2014～2018年に育成系統適応性検定試験・特性検定試験調査方法（カキ調査方法）に基づき生育期および果実品質を調査した。

3. 雌花着生の特性

かき・もも研究所内植栽の2017年時点で高接ぎ5年生「紀州てまり」（中間台木：刀根早生）3樹、4年生「紀州てまり」5樹、対照として10年生「富有」3樹を供試した。2017～2018年の4月下旬に全ての結果母枝に着生した新梢および着蕾数を調査した。結果母枝の長さごとに集計し、着蕾新梢率および着蕾した新梢のみの平均着蕾数（着蕾新梢あたりの平均着蕾数）を算出した。

4. 結実の特性

2017年にかき・もも研究所内植栽の4年生「紀州てまり」5樹、2018年に5年生「紀州てまり」4樹および対照として11年生「富有」3樹を供試した。開花期に「禅寺丸」の花粉を石松子で10倍希釈し受粉した区（受粉区）と開花前に果実袋で被覆し落弁期に除袋した区（花粉遮断区）を設けた。各処理を2017年に1樹あたり7～14花、2018年に14～35花に行った。2017年は7月7日、2018年は6月26日に満開45日後の着果数を調査し早期の生理落果率を算出した。葉果比20に摘果後、両年とも8月31日に着果数を調査し後期の生理落果率を算出した。また、果実成熟期に全果実を調査し含核率および1果あたりの含核数を算出した。

5. 果皮色別の果実品質および日持ち性

かき・もも研究所内植栽の2017年時点で高接ぎ5年生「紀州てまり」（中間台木：刀根早生）3～5樹、対照として19年生「太秋」5樹を供試した。2017～2018年に果頂部果皮色のカラーチャート

(以下CC)値が5, 6, 7に達した果実を一斉収穫し, 果実重を各10~17果, 糖度, 果肉硬度, 軟化までの日数を各4~7果調査した. 軟化までの日数は室温下に静置し, 岩田ら(1969)の方法により指で押すと崩壊しそうになる, または果肉の一部が水浸状になっている段階に達した時点とした.

栽培管理および果実調査

‘紀州てまり’および対照品種の着果管理は, 開花前の4月下旬から5月上旬に1枝1蕾に摘蕾し, 7月中下旬に葉果比20程度に摘果した. その他の栽培管理は地域の慣行に従った.

本報の果実調査では, CC値は農林水産省果樹試験場作成カキ用を用いて調査した. 糖度はアタゴ製PR-101 α , 果肉硬度は藤原製作所製KM-5(円柱型チップ)を用いて果実赤道部を2ヵ所調査した.

結 果

1. 品種登録出願に係る特性調査

農林水産植物種類別審査基準(*Diospyros* L.)に基づく形態的特性を表1に示した. ‘紀州てまり’の樹勢は「中」, 樹姿は「開帳」で‘太秋’および‘早秋’と同様である. 雌雄性は「雌花のみ」で‘早秋’と同様であるが, ‘太秋’とは異なり雄花, 両全花は着生しない. 枝の長さは「かなり長」で‘太秋’と‘早秋’の中間であった. 葉の形は「卵形」で‘太秋’と同様であったが, ‘早秋’と異なった. 果実縦断面の形は「扁円形」, 果実横断面の形は「角形」, 果頂部の形は「切形」で‘太秋’と同様で果形は似る(図3)が, 果実縦断面の形および果頂部の形は‘早秋’とは異なった. 果実に対するへたの大きさは「小」で‘太秋’とは異なった. 果皮の色は「橙赤」, 果肉の粗密は「中」, 果肉の色は「黄橙」で‘太秋’と同様であったが, ‘早秋’とは果肉の粗密および果肉の色が異なった.

表1 ‘紀州てまり’および対照品種の形態的特性

形質 ^z	紀州てまり	太秋	早秋
樹勢	中	中	やや弱
樹姿	開帳	開帳	開帳
雌雄性	雌花のみ	雌花、雄花及び両全花混合	雌花のみ
枝の長さ (cm)	かなり長 (34.6)	極長 (39.6)	長 (29.7)
枝の太さ (mm)	やや太 (5.9)	かなり太 (7.6)	太 (6.8)
節間長 (mm)	長 (33.6)	長 (34.4)	やや短 (25.0)
葉の形	卵形	卵形	楕円形
葉身の長さ (cm)	やや短 (13.3)	やや短 (14.1)	やや短 (14.2)
葉身の幅 (cm)	やや広 (9.5)	やや広 (9.8)	中 (9.3)
果実縦断面の形	扁円形	扁円形	横広楕円形
果実横断面の形	角形	角形	角形
果頂部の形	切形	切形	凹形
果頂の裂果性	無又は弱	無又は弱	中
果実に対するへたの大きさ	小	やや小	やや大
へたの姿勢	水平	水平	水平
果皮の色	橙赤	橙赤	橙赤
果肉の粗密	中	中	やや粗
果肉の色	黄橙	黄橙	橙

z: 農林水産植物種類別審査基準(*Diospyros* L.)に基づく



図3 ‘紀州てまり’（左）および‘太秋’（右）の果形

2. 生育および果実品質の特性

‘紀州てまり’の萌芽期は3月14日で‘太秋’および‘早秋’と同程度であった（表2）。開花盛期は5月16日で‘太秋’より5日，‘早秋’より2日遅かった。収穫盛期は10月22日で‘太秋’より6日，‘早秋’より23日遅かった。

果実重は389.6 gで‘太秋’と同程度で‘早秋’より有意に大きかった（表3）。果皮のCC値は果頂部が5.5，赤道部が5.2，果底部が5.4で‘早秋’より果頂部および赤道部が低かったが，‘太秋’より赤道部，果底部が有意に高く，着色は良好であった。糖度は17.7%で‘太秋’および‘早秋’より有意に高く，果肉硬度は1.4 kgで‘太秋’と同程度であったが‘早秋’より有意に低かった。

果頂裂果の発生果率は20.0%で‘太秋’と有意な差はみられず，‘早秋’より有意に低く，発生程度は0.3であった（表4）。条紋の発生は認められなかった。へたすきの発生果率は50.0%，発生程度は0.9で‘太秋’と同程度で‘早秋’より有意に高かった。汚損の発生果率は12.0%，発生程度は0.2で‘太秋’より有意に低かった。

表2 ‘紀州てまり’ および対照品種の生育期（2014～2018年の平均）

	萌芽期	開花盛期	収穫期		
			始期	盛期	終期
紀州てまり	3/14	5/16	10/13	10/22	11/3
太秋	3/14	5/11	-	10/16	-
早秋	3/14	5/14	-	9/29	-

表3 ‘紀州てまり’ および対照品種の収穫盛期の果実品質（2014～2018年の平均）

	果実重 (g)	果皮色(カーチャート値)			糖度 (%)	果肉硬度 (kg)
		果頂部	赤道部	果底部		
紀州てまり	389.6	5.5	5.2	5.4	17.7	1.4
太秋	399.1 n.s. ^z	4.8 n.s.	3.6 **	2.9 **	16.6 **	1.3 n.s.
早秋	274.8 **	7.4 **	6.1 **	4.8 n.s.	14.6 **	1.9 **

z: Dunnettの多重比較法により**, *は紀州てまりに対しそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n.s.は有意差なしを示す(n=5)

表4 ‘紀州てまり’ および対照品種の収穫盛期における障害発生果率および発生程度（2014～2018年の平均）

	障害果(左:発生果率(%) 右:発生程度)							
	果頂裂果		条紋		へたすき		汚損	
紀州てまり	20.0	0.3 ^z	0	0 ^y	50.0	0.9 ^x	12.0	0.2 ^w
太秋	4.0 n.s. ^v	0.1 n.s.	78.0	1.2	55.0 n.s.	0.8 n.s.	77.0 ** ^u	1.0 ** ^u
早秋	87.5 **	1.2 n.s.	6.7	0.1	14.2 *	0.1 **	0	0

z:果頂裂果 0:なし、1:微、2:小、3:中、4:大

y:条紋 0:なし、1:全体の30%未満、2:全体の30～70%、3:全体の70%以上

x:へたすき 0:なし、1:微、2:小、3:大

w:汚損 0:なし、1:少、2:多

v:Dunnettの多重比較法により**、*は‘紀州てまり’に対しそれぞれ1%、5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す(n=5).

発生果率はアークサイン変換後に検定した。

u:t検定により**は‘紀州てまり’に対して1%水準で有意差あり(n=5).発生果率はアークサイン変換後に検定した。

3. 雌花着生の特性

着蕾新梢率は、両年とも‘富有’で結果母枝の長さに関係なく70%以上であるのに対して、‘紀州てまり’は‘富有’より低く、結果母枝が短いほど低くなる傾向がみられ、その傾向は高接ぎ樹より苗育成樹のほうが顕著であった(図4)。2017年は、高接ぎ5年生‘紀州てまり’の20cm未満の結果母枝、4年生‘紀州てまり’の20cm未満、20～29cm、30～39cmの結果母枝で‘富有’より有意に低かった。2018年は、高接ぎ6年生‘紀州てまり’の20～29cmの結果母枝、5年生‘紀州てまり’の20cm未満、20～29cmの結果母枝で‘富有’より有意に低かった。

着蕾新梢あたりの平均着蕾数は、着蕾新梢率と同様に両年とも結果母枝の長さに関係なく‘紀州てまり’は‘富有’より少ない傾向がみられ、その傾向もまた高接ぎ樹より苗育成樹のほうが顕著であった(図5)。2017年は、高接ぎ5年生‘紀州てまり’の20cm未満、20～29cmの結果母枝、4年生‘紀州てまり’の20cm未満、20～29cm、40～49cmの結果母枝で‘富有’より有意に低かった。2018年は、高接ぎ6年生‘紀州てまり’、5年生‘紀州てまり’ともに20cm未満、20～29cm、30～39cm、40～49cmの結果母枝で‘富有’より有意に低く、40～49cmの結果母枝では高接ぎ6年生‘紀州てまり’より5年生‘紀州てまり’が有意に低かった。

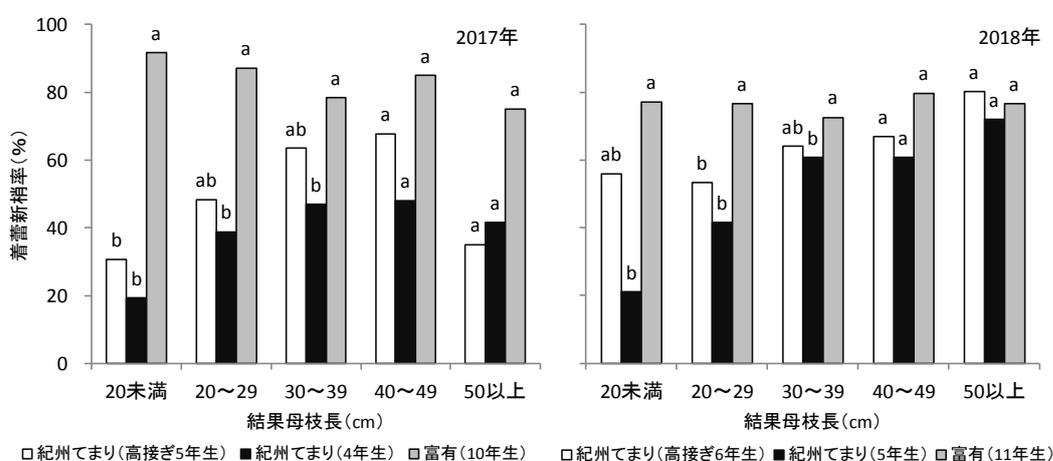


図4 ‘紀州てまり’ および対照品種の結果母枝長別の着蕾新梢率

注) Tukey-Kramerの多重比較法により異文字間には5%水準で有意差あり(n=3-5) 検定はアークサイン変換後に行った

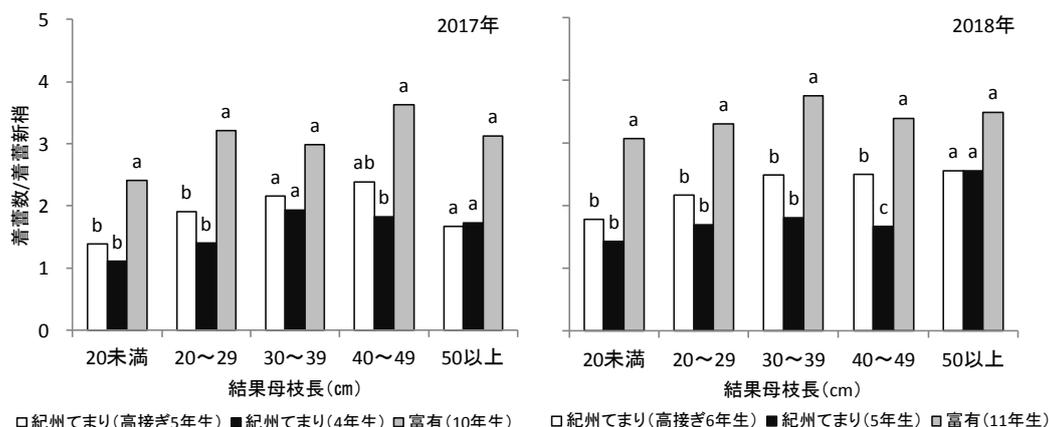


図5 ‘紀州てまり’ および対照品種の結果母枝長別の着蕾新梢あたりの平均着蕾数
注) Tukey-Kramer の多重比較法により異文字間には5%水準で有意差あり (n=3-5)

4. 結実の特性

‘紀州てまり’の早期落果率は2017年の受粉区で2.9%であったが花粉遮断区では発生しなかった(表5)。2018年は受粉区で5.2%、花粉遮断区では2.4%であったが、ともに処理区間で有意な差はみられず、‘富有’よりも少なかった。後期落果率は2017年の受粉区で6.9%、花粉遮断区で7.3%であった。2018年の受粉区は14.1%で‘富有’より高く、花粉遮断区は1.8%で‘富有’より低かったが、‘紀州てまり’の処理区間に有意な差はみられなかった。

‘紀州てまり’の含核果率は2017年の受粉区で100%であった。2018年の受粉区は91.4%で‘富有’の受粉区の88.9%と同程度であった。1果あたりの含核数は2017年の受粉区で2.6個であった。2018年の受粉区は1.8個で‘富有’の受粉区の2.4個に比べやや少ない傾向がみられた。花粉遮断区では、いずれも種子の形成は認められなかった。

表5 受粉の有無が‘紀州てまり’の生理落果および種子形成に及ぼす影響

品種名	処理区	早期落果率(%) ^z		後期落果率(%) ^y		含核果率(%)		含核数/果	
		2017年	2018年	2017年	2018年	2017年	2018年	2017年	2018年
紀州てまり	受粉区	2.9	5.2	6.9	14.1	100	91.4	2.6	1.8
	花粉遮断区	0	2.4	7.3	1.8	0	0	0	0
	有意性 ^x	-	n.s.	n.s.	n.s.	-	-	-	-
富有	受粉区	-	9.8	-	8.9	-	88.9	-	2.4
	花粉遮断区	-	24.5	-	13.7	-	0	-	0
	有意性	-	n.s.	-	n.s.	-	-	-	-

z: 受粉45日後までの期間の落果率

y: 7月上旬摘果後～8月末までの落果率

x: t検定によりn.s.は品種内の処理区間に有意差がないことを示す。検定はアークサイン変換後に行った。

5. 果皮色別の果実品質および日持ち性

‘紀州てまり’の果実重は2017年でCC値が大きくなるにつれて大きくなったが、2018年は差が認められなかった(表6)。糖度は2017年でCC値間に差は認められなかったが、2018年はCC値7

が 19.2%で最も高く、両年ともいずれの CC 値においても‘太秋’より高い傾向がみられた。果汁の多少は 2017 年、2018 年とも CC 値 5 が「中」で、6 および 7 が「多」で‘太秋’と同様であった。果肉硬度および軟化までの平均日数は、2017 年、2018 年とも CC 値 5 および 6 では 20 日以上となったが 7 に達すると有意に低くなった。

表 6 ‘紀州てまり’のカラーチャート(CC)値別の果実品質および日持ち性

年次	品種名	調査日	果実重 (g)	糖度 (%)	果汁の多少 ^z	果肉硬度 (kg)	軟化までの 平均日数
2017年	紀州てまり CC値5	10/12	375.4 bc	17.2 a	中	1.5 a	20.6 a
	紀州てまり CC値6	10/20	394.8 ab	16.8 ab	多	1.6 a	20.0 a
	紀州てまり CC値7	11/7	423.6 a	17.4 a	多	1.2 b	12.5 b
	太秋 ^y	10/20	356.1 c	16.0 b	多	1.4 ab	20.2 a
有意性 ^x			*	*		*	*
2018年	紀州てまり CC値5	10/22	404.8	17.0 bc	中	1.2 a	21.7 a
	紀州てまり CC値6	11/2	436.6	17.8 ab	多	1.1 a	22.4 a
	紀州てまり CC値7	11/13	421.9	19.2 a	多	0.8 b	12.5 b
	太秋	10/22	412.6	15.5 c	多	1.1 a	23.6 a
有意性			n.s.	**		**	*

z: 少、中、多を官能により評価

y: 調査に用いた果実の果頂部のCC値の平均は2017年:4.4、2018年:4.5であった

x: Tukey-Kramerの多重比較法により**、*は同一年次内の異文字間にそれぞれ1%、5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す(n=4-17)

考 察

‘紀州てまり’の親品種の一つである‘太秋’は 1995 年に育成された完全甘ガキ品種で、大果となり多汁で高糖度のため食味が優れる。しかしながら、雄花を着生するため雌花が少なくなりやすく、収量が低下しやすい特性がある。また、条紋が発生しやすく果実の外観を損なう(山根ら, 2001)。もう一方の親品種である‘早秋’は 2003 年に育成された完全甘ガキ品種で、果皮は赤く着色が良好なものの生理落果がやや多く、果形がいびつになりやすい(山田ら, 2004)。

本県で育成した‘紀州てまり’の形態的特性を親品種である‘太秋’および‘早秋’と比較すると、‘太秋’とは樹勢および樹姿が同様で、枝では 3 形質中 1 形質、葉では 3 形質全て、果実では 9 形質中 8 形質が同様であった。一方、‘早秋’とは樹姿および雌雄性が同様で、葉では 3 形質中 1 形質、果実では 9 形質中 3 形質のみが同様であったことから、枝葉や果実は‘早秋’よりも‘太秋’に似る。

カキの育種において収量性は重要な育種目標の一つであり、品種導入にあたって考慮される重要な要素でもある。収量性を支配する主な要因として、雌花の着生量、生理落果および果実肥大の程度があげられる。‘紀州てまり’は雄花を着生せず、‘太秋’のような雄花着生による雌花の減少はみられないため、極端な収量低下は起こりにくいと考えられる。しかし、結果母枝あたりの着蕾新梢率は‘富有’より 30cm 未満の結果母枝で少ない傾向がみられる。カキの着果管理は開花前に一枝一蕾に摘蕾し、早期落果が終了する 7 月上旬頃に品種に適した葉果比に摘果する。したがって、着果数を安定的に確保するためには、剪定時に着蕾新梢率が比較的高い 30cm 以上の結果母枝を多めに

残すとよいと考えられる。また一方で、着蕾新梢あたりの平均着蕾数は、50 cm未満の結果母枝で‘富有’より少ない傾向がみられるため摘蕾に要する労力は少ないと考えられる。カキの生理落果は早期落果と後期落果に分けられ、早期落果には種子形成力と単為結果力の2要因がある(梶浦, 1941)。受粉による‘紀州てまり’の含核率は高く、‘富有’と同程度であるため種子形成力は強いと思われる。しかし、花粉遮断条件下においても早期落果は少ないため、単為結果力も強いと思われる。したがって、人工受粉や受粉樹の混植は必要ないと考えられる。後期落果は、摘果後に起こり収量に直結するものであるが、今のところ有効な対策は見いだされていない(山田ら, 1987)ため、今後の発生について注意する必要がある。‘紀州てまり’は摘果時に葉果比を‘富有’と同程度の20とした場合、果実の成熟期には350 g以上の大果となる。これらのことから、‘紀州てまり’の収量性は比較的安定して確保できるものと考えられる。

‘紀州てまり’の果形は‘太秋’に似るが、糖度は親品種よりも高く17%程度になる。外観は赤道部や果底部の着色が‘太秋’より良好であり、条紋は発生せず、果頂裂果や汚損の発生も少ないため優れる。へたすきは、軽度のものが多かったものの発生果率が50%と高かったため、今後栽培する上で留意点となる可能性がある。へたすきの要因として、種子形成(中村, 1983)やへたの大きさとの関係(北川, 1970)、気象条件などの環境要因の影響(山田ら, 1986)が大きいいため、今後これらの関係性を調査する必要がある。

‘紀州てまり’の収穫期の果実品質は果皮の着色が進むと果汁量が多くなり、糖度も高くなるため食味が向上する。2017年に糖度の向上がみられなかったのは、10月中下旬に二度の台風により450mm程度の降雨があったためと考えられる。果肉硬度や果実の日持ち性はCC値5および6では‘太秋’と同程度で日持ち性は20日程度であるが、CC値7ではいずれも低下した。したがって、‘紀州てまり’の収穫適期は育成地の和歌山県紀の川市では10月中下旬頃とし、果頂部のCC値5~6を収穫基準とすることが望ましいと考えられる。

親品種である‘太秋’や‘早秋’は上述したように優れた形質を有しているものの栽培上の問題点も少なからず認められるため、県内での栽培面積は‘太秋’6ha、‘早秋’2haに限られる(農林水産省, 2015)。また、完全甘ガキの育種において、完全甘ガキ性は非完全甘ガキ性に対して劣性である(池田ら, 1985)ため、完全甘ガキ品種の育成は完全甘ガキ同士の交配により行われていることが多い。したがって、品種間の多様性が低下し、近交弱勢による樹勢や収量性の低下が問題となる(Sato and Yamada, 2016)。しかし、‘紀州てまり’については、比較的栽培上の問題点は少なく栽培がしやすい完全甘ガキの有望品種であると考えられる。

摘 要

本研究では、2008年に‘早秋’に‘太秋’を交配し得られた実生群の中から、大果で外観・食味が優れたカキ新品種‘紀州てまり’を育成した。

1. ‘紀州てまり’の樹勢は「中」、樹姿は「開帳」で雄花は着生しない。果実縦断面の形は「扁円形」、横断面の形は「角形」で‘太秋’に似る。
2. ‘紀州てまり’の育成地での開花盛期は5月中旬で、収穫盛期は10月中下旬である。果実重は380 g程度である。赤道部、果底部の果皮色が‘太秋’より良好である。糖度は17%程度で親品種より高い。条紋は発生せず、果頂裂果や汚損の発生も少ないため外観が優れるが、軽微なへたすきが発生する場合がある。

3. 30cm未満の結果母枝の着蕾数が少ない場合があるため、翌年の着果数を安定的に確保するためには剪定時に30cm以上の結果母枝を残すことが適当である。
4. 生理落果は少ないため、人工受粉や受粉樹の混植は不要である。
5. 育成地（和歌山県紀の川市）での収穫適期は10月中下旬とし、果頂部のCC値5~6を収穫基準とすることが望ましい。

引用文献

- Hume, H. H. 1914. A Kaki classification. J. Hered. 5: 400-406.
- 池田勇・山田昌彦・栗原昭夫・西田三夫. 1985. カキの甘渋の遺伝. 園学雑. 54: 39-45
- 岩田隆・中川勝也・緒方邦安. 1968. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第1報) カキ果実における呼吸のclimactericの有無. 園学雑. 38: 194-201
- 梶浦実. 1941. 柿の生理的落果に関する研究 II 授粉及び単為結実と落果との関係. 園学雑. 12: 247-283.
- 北川博敏. 1970. カキの栽培と利用. pp. 55-62. 養賢堂. 東京.
- 小松英雄. 2009. カキ「中谷早生」. 果実日本. 64(6): 72-75.
- 中村三夫. 1983. I 生理障害へたスキ. 農業技術体系果樹編4カキ. pp. 205-209. 農文協. 東京.
- 農林水産省. 2015. 特産果樹生産動態等調査
- Sato, A. and M. Yamada. 2016. Persimmon breeding in Japan for pollination-constant non-astringent (PCNA) type with marker-assisted selection. Breed Sci 66: 60-68
- 山田昌彦・栗原昭夫・角利昭. 1987. カキの結実性の品種間差異とその年次変動. 園学雑. 56: 293-299.
- 山田昌彦・山根弘康・平林利郎. 1986. カキ交雑育種法の改良に関する研究 第5報へたスキの変異の特徴と大きさについて. 果樹研報. E6: 21-30
- 山田昌彦・山根弘康・佐藤明彦・岩波宏・平川信之・吉永勝一・小澤俊治・中島育子. 2004. カキ新品種‘早秋’. 果樹研報. 3: 53-65
- 山根弘康・山田昌彦・栗原昭夫・佐藤明彦・吉永勝一・永田賢嗣・松本亮司・平川信之・角谷真奈美・小澤俊治・角利明・平林利郎・岩波宏. 2001. カキ新品種‘太秋’. 果樹試報. 35: 57-73

ウメ ‘南高’ 生果における黒点症（通称）および塩漬け果における油揚げ症（通称）の発生要因と軽減対策

城村徳明・古屋挙幸¹・行森 啓²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Mechanism and Control of Peel Potted Injury (Tentative Name) in Raw Fruits and Fried Like Injury (Tentative Name) in Pickled Fruit of Japanese Apricot 'Nanko'

Noriaki Jomura, Takayuki Furuya¹ and Akira Yukimori²

Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県においてウメは産出額がミカンに次ぐ基幹品目であり、2017年の生産量は53,500tで、全国生産量の62%を占める（農林水産統計）。主産地のみなべ町および田辺市ではその大半が完熟落果収穫され、梅干しの原料として塩漬けされている。

近年、当県のウメ主力品種である‘南高’において、果皮の主に果梗部に褐色等の小斑点が多数生じる黒点症（通称）が多発し商品価値を落とすことがあり、その発生要因の解明と対策が求められている。黒点症発生部位からは、特定の菌が検出されなかった（私信）ため、黒点症は何らかの環境要因により生じる生理障害である可能性がある。塩漬け後の白干し梅で果皮の一部が硬化する油揚げ症（通称）は、黒点症果実等の果皮に障害のある果実で発生する一方で、収穫時は正常果実であっても塩漬け後に発生する可能性がある。

果実の果梗部が褐変する果皮障害にナツダイダイの水腐れ症があり、春先に湿潤な条件にある樹で発生しやすいことや袋かけにより防止できることが報告されている（井上, 1967）。ウメの果実や塩漬け果実に発生する果皮障害に関する報告はないが、黒点症は、4月と5月の降雨量が多い年に発生する傾向があり、春先の気候条件との関係が推察される。

そこで本試験では、‘南高’果実に発生する黒点症と塩漬け後の白干し梅に発生する油揚げ症の発生メカニズムの解明を目指して降水量との関連性を調査した。さらに果皮の保護資材による黒点症と油揚げ症の軽減対策についても検討した。

材料および方法

1. 黒点症の発生メカニズムの解明

1) 水濡れ処理の影響と黒点症の形態観察

¹ 現在: 和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部農業水産振興課

² 現在: 和歌山県日高振興局農林水産振興部農業水産振興課

(1) 水濡れ処理による果皮障害の再現

2010年にうめ研究所内に植栽されている‘南高’から採取された正常果実を用い、追熟0日、2日および3日後の果実を供試した。なお、追熟条件は常温とした。果実を約40mlの蒸留水を含ませたキムタオルで1果ずつ包み、ポリ袋に10果入れ恒温暗黒条件(28℃)で48時間静置し(以下、水濡れ処理)、追熟日数別の果皮障害果発生率を調査し、果皮障害発生部位の形態を光学顕微鏡で観察した。

(2) 黒点症の発生部位の形態観察

2011年に和歌山県うめ研究所内に植栽されている‘南高’から採取された黒点症果実を用い、果皮表面と果皮断面を光学顕微鏡(Nikon, ECLIPSE 50i)および走査型電子顕微鏡(日立ハイテク, S-3400N)を用いて低真空低温観察法で観察した。

2) 樹上散水による黒点症再現試験

(1) 樹上散水が果皮ワックス量に及ぼす影響

2011年にうめ研究所内の降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区において、5月9日から完熟落果盛期の6月21日まで約2週間毎に各樹4果を採取し、表皮ワックス量を調査した。また、7月5日に別の自然条件の樹から、黒点症果実および正常果実を各3果採取し、表皮ワックス量を調査した。なお、黒点症果実は果面の1~2割で黒点症が発生した果実を供試した。果皮ワックス量は、広岡ら(1981)および内山ら(1989)の報告を参考に以下の手順で定量した。果実をクロロホルム90mlに30秒間浸漬し、抽出液をNo.2のろ紙でろ過してナス型フラスコに移した。ナス型フラスコは事前に重さを測定し、ロータリーエバポレーター(ヤマト科学, RE400)でクロロホルムを留去した後、3~4時間、自然乾固して再度重さを測定した。この重量からナス型フラスコの重さを差し引いた値を1果あたりのワックス量($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)とした。クロロホルムに浸漬した後の果実の大きさ(縦径、横径、側径)をノギスで測定し、表皮の表面積を回転楕円形として求め、単位面積あたりのワックス量($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)を算出した。

(2) 樹上散水による黒点症の再現および走査型電子顕微鏡による果皮の経時的観察

2013年に和歌山県うめ研究所内に植栽されている‘南高’を供試し、試験区として降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区を設けた。無降雨区は雨除けハウス内で実施し、樹上散水有区は地上約2mの樹冠上部に設置した小型スプリンクラーにより8:00~18:00に15分間隔で毎日約25mm散水した。樹上散水は、無降雨区で4月5日から、降雨区で4月11日から開始し、それぞれ完熟落果が終了した日(無降雨区:7月3日、降雨区:7月5日)まで慣行防除薬剤散布の前日、当日および翌日を除き毎日行った。主枝または側枝の3枝を1処理区とし、完熟落下果実の黒点症の程度を1果実の小斑点数100以上が重症、30以上100未満が中症、30未満が軽症としてそれらの発生率を調査した。また、5月15日、6月4日および6月23日に各区より果実を採取し、黒点症の発生の多い部位である果実果梗部の果皮を経時的に走査型電子顕微鏡で観察した。

(3) 樹上散水が果皮水分吸収率に及ぼす影響

1-2)-(2)の降雨(有および無)と樹上散水(有および無)を組み合わせた4区において、2013年5月23日~7月2日まで約1週間毎に各樹5果を採取し、1-1)-(1)と同様に水濡れ処理(恒温暗黒)

黒条件は 20℃）を行った。果皮水分吸収率は水濡れ処理前の果実重量を 100 とした時の処理後の増加率とした。また、果実への熟度の指標として果実硬度を直径 5mm の円柱形プランジャーを装着したレオメーター（サン科学，COMPACT100）を用い，60 mm/min の速度で 1mm 貫入する時の最大負荷として測定し，果実赤道部付近の果皮色 b*値を色差計（日本電色，NR-11）により測定した。

2. 油揚げ症の発生メカニズムの解明

1) 黒点症果実と油揚げ症との関係

2010 年にうめ研究所内の‘南高’樹上散水樹を供試し，6 月 21 日～7 月 6 日に採取した黒点症果実 947 果および正常果実 1,069 果を果実重量の 20%の食塩で約 50 日塩漬けした。なお，黒点症果実は発生部位をマークして塩漬けした。その後 3 日間天日干しし，油揚げ症の発生率を調査した。また，同期間において完熟落果の日別の油揚げ症の発生率も調査した。

2) 黒点症果実および正常果実におけるカロース蓄積観察

2013 年にうめ研究所雨除けハウス内の‘南高’を供試し，樹上散水有区の黒点症果実と正常果実，樹上散水無区の正常果実を 6 月 23 日に採取し，黒点症果実は黒点部を，正常果実は果梗部付近の果皮表面と果皮断面を 0.05%アニリンブルー溶液に 2 分間浸漬し，水洗後にシステム生物顕微鏡（オリンパス光学工業，BX41）を用いて蛍光観察法で観察した。

3. 黒点症および油揚げ症の軽減対策

1) 果皮被覆資材による黒点症および油揚げ症発生への影響

2013 年にうめ研究所雨除けハウス内の樹上散水した 12 年生の‘南高’を 6 樹供試した。果皮被覆資材としてマシン油乳剤 95%（200 倍）とパラフィンワックス系展着剤（1000 倍）をそれぞれ用いた。また，果皮の細胞強化を目的としてカルシウム剤（1000 倍）を処理した。無処理区は無散布とした。なお，各資材あたり 3 主枝を選定して主枝単位で処理を行った。マシン油乳剤 95%は 5 月 15 日～6 月 11 日まで 2 週間毎に 3 回，その他の資材は 4 月 4 日～6 月 11 日まで 2 週間毎に 6 回散布した。黒点症発生率は 6 月 13 日～7 月 3 日に完熟落下した果実で調査した。油揚げ症発生率は黒点症発生率を調査した黒点症果実および正常果実を果実重量の 20%の食塩で 30 日以上塩漬けし，3 日間天日干しを行い，果皮表面の 20%以上硬化した果実を重症，5%以上 20%未満を中症，5%未満を軽症としてそれらの割合を調査した。

2) 果皮被覆資材の散布時期および回数が黒点症および油揚げ症の発生に及ぼす影響

2015 年にうめ研究所露地ほ場植栽の 17 年生の‘南高’15 樹を用いた。試験樹について，地上約 2m の樹冠上部に設置した小型スプリンクラーにより 8:00～18:00 に 15 分間隔で毎日約 25mm 散水した。樹上散水は，4 月 2 日から完熟落果が終了した 7 月 8 日まで慣行防除薬剤散布の前日，当日および翌日を除き毎日行った。果皮被覆資材はパラフィンワックス系展着剤（1000 倍）を用いた。各区 5 主枝ずつとし，4 月 2 日～6 月 15 日まで 2 週間毎に 6 回散布する区と，4 月 2 日～5 月 13 日まで 2 週間毎に 4 回散布する区を設けた。対照として無散布区を設けた。1-2)-(2)および 3-1)と同様の基準で黒点症発生率および油揚げ症発生率を調査した。

結 果

1 黒点症の発生メカニズムの解明

1) 水濡れ処理の影響と黒点症の形態観察

(1) 水濡れ処理による果皮障害の再現

水濡れ処理により黒点症と類似した果皮障害が再現され、果皮障害の発生率は追熟日数が長い果実ほど高く（図1）、障害発生部位では気孔周辺部の褐変が観察された（図2）。

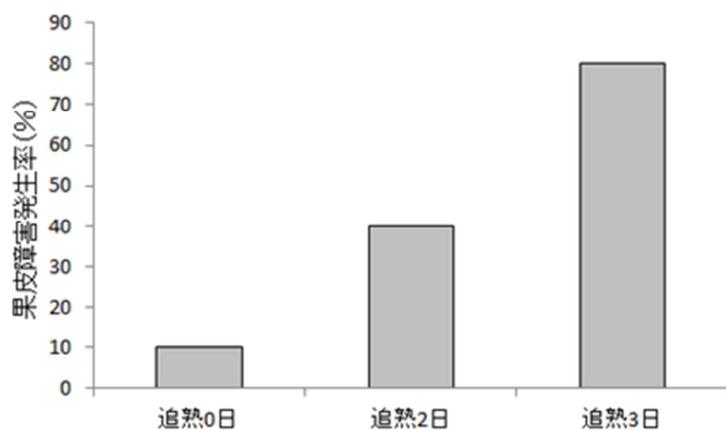


図1 水濡れ処理による追熟日数別の果皮障害の発生

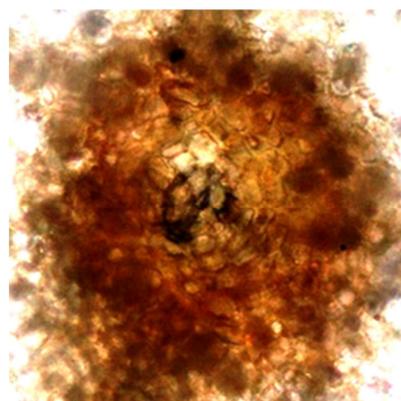


図2 障害発生部における気孔周辺部の褐変の様子(×200)

(2) 黒点症の発生部位の形態観察

黒点症果実（図3A）の発生部位を光学顕微鏡で観察すると、果皮では気孔周辺部の褐変または緑変がみられた（図3B）。

走査型電子顕微鏡では、正常な気孔は孔辺細胞が滑らかで閉じているが（図3C）、黒点症部の気孔は孔辺細胞がしわになり開いたままになっていることが観察された（図3D）。正常果実の果皮断面は細胞が規則正しく並んでいるのに対し（図3E）、黒点症部の果皮断面は細胞が崩壊しており、菌類の進入に反応して形成される乳頭状の構造物であり、組織が障害を受けた時に多糖類が蓄積して形成するパピラ様の構造が確認された（図3F）。

2) 樹上散水による黒点症再現試験

(1) 樹上散水が果皮ワックス量に及ぼす影響

黒点症果実の表皮ワックス量は、正常果と比べ少ない傾向であった（図4）。処理区別の表皮ワックス量は、降雨の有無にかかわらず、樹上散水有区が散水無区に比べ少なく推移した（図5）。

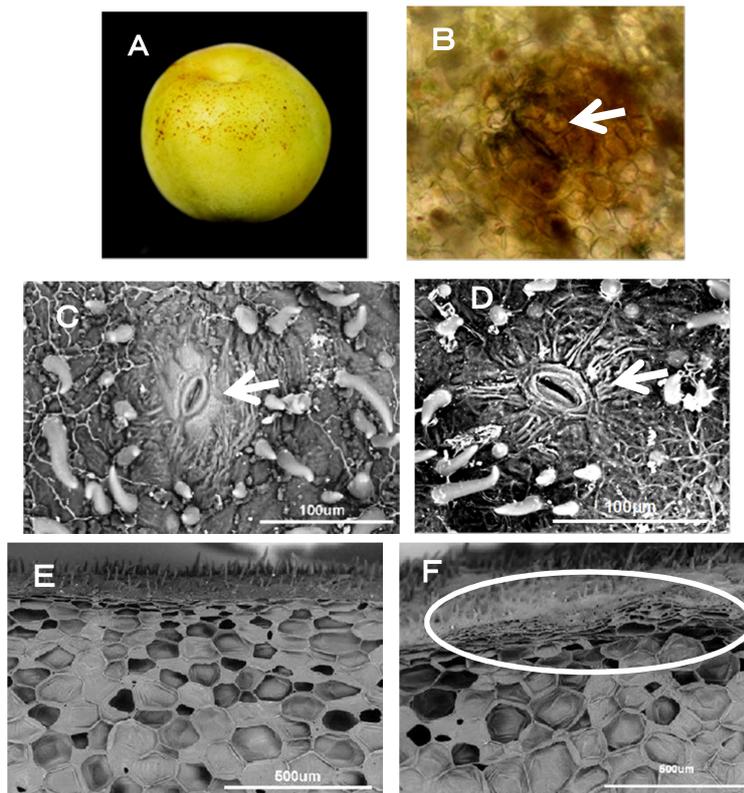


図3 黒点症果実および黒点症発生部位の形態観察

- A：黒点症果実の外観
- B：黒点症発生部位（果皮表面）の形態的特徴（×200）
- C：果実表皮の気孔（正常部）
- D：果実表皮の気孔（黒点症部）
- E：果実の果皮断面（正常部）
- F：果実の果皮断面（黒点症部；○部がパピラ様の構造）

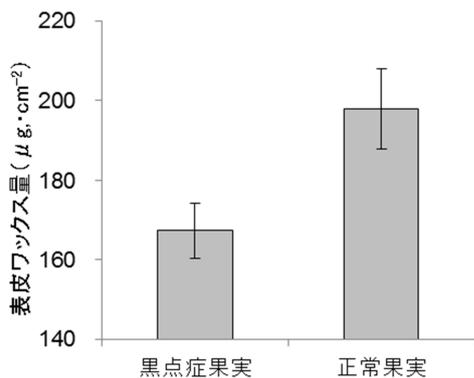


図4 黒点症果実, 正常果実の表皮ワックス量
縦棒は標準誤差を示す (n=3)

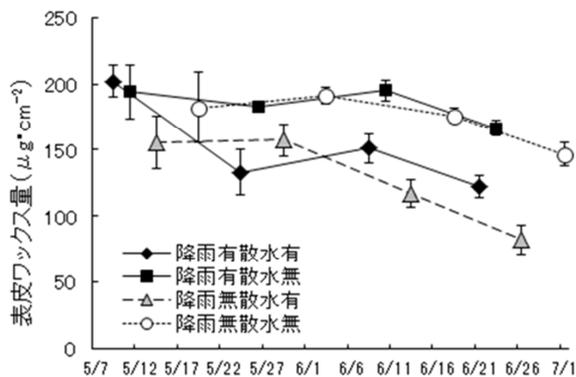


図5 降雨, 樹上散水の有無と表皮ワックス量
縦棒は標準誤差を示す (n=3)

(2) 樹上散水による黒点症の再現および走査型電子顕微鏡による果皮の経時的観察

黒点症の発生率は、重症、中症、軽症および合計ともに樹上散水有区で高く、降雨有+樹上散水有区の合計では39.1%で最も高くなり、降雨無+樹上散水無区では発生が見られなかった（表1）。

表1 降雨および樹上散水の有無と黒点症の発生率

降雨	樹上散水	降雨+樹上 散水量 (mm)	黒点症発生程度 (%) ^z			合計
			重症	中症	軽症	
有 (露地)	有	2,669	10.1 a	13.5 a	15.5 a	39.1 a
	無	2,025	0.0 b	0.0 c	2.7 b	2.7 b
無 (ハウス)	有	744	6.8 a	7.1 b	14.0 a	27.9 a
	無	0	0.0 b	0.0 c	0.0 c	0.0 c
有意性 ^y			**	**	**	*

^z黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、軽症（30未満）、

合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があることを示す

走査型電子顕微鏡で果皮を経時的に観察すると、5月15日の気孔においてはいずれの処理区でも孔辺周辺細胞が滑らかで閉じていた（図6A）。毛じについては長いものと短いものが観察され、いずれの処理区においても長いものが抜けて穴となった痕が観察された（図6B）。6月4日と6月23日の果皮は、いずれの処理区においても裂開した気孔や（図6C）、長い毛じの抜け痕が観察された（図6D）。

樹上散水すると、降雨の有無にかかわらず、6月23日の時点で毛じの量が少なくなった（図7A, C）。果皮に水が最も多くさらされる降雨有+樹上散水有区（図7A）で毛じが最も少なく、水にさらされない降雨無+樹上散水無区（図7D）で毛じが最も多かった。

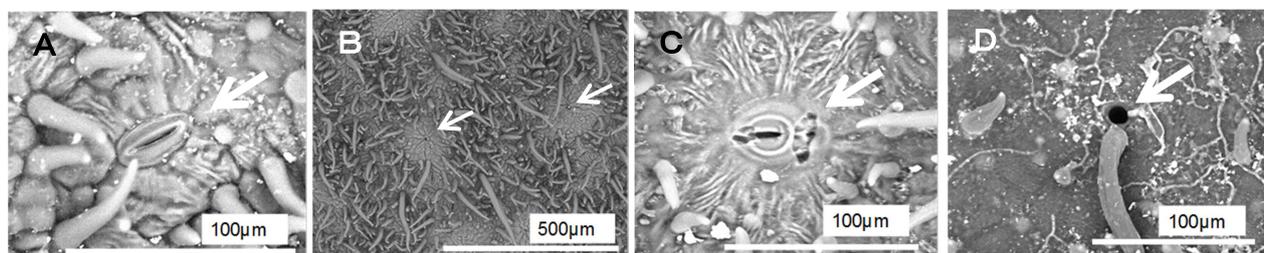


図6 果皮の気孔および毛じの様子 A：5/15の気孔，B：5/15の果皮，C：6/4の気孔，D：6/4の毛じ

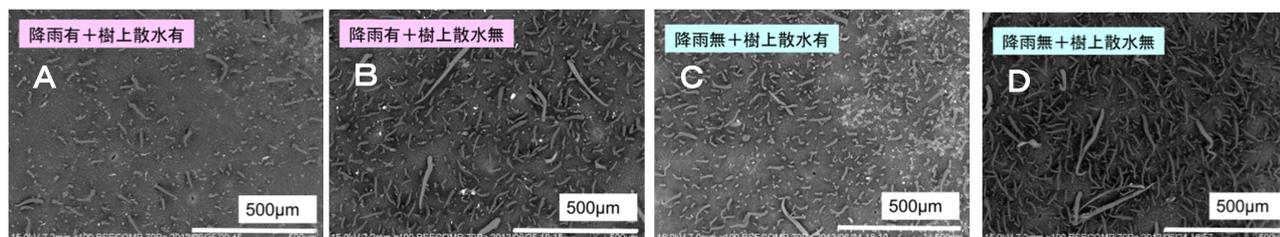


図7 降雨および樹上散水の有無と果実の果皮の様子（6/23）

（3）樹上散水が果皮水分吸収率に及ぼす影響

果皮水分吸収率は、いずれの区においても6月19日までは上昇しなかったが、その後、樹上散水有区で高くなった（図8）。果実硬度は、いずれの区においても6月19日にかけて低下した（図9）。果皮色b*値は、いずれの区においても6月19日にかけて高くなり（図10）、処理区別の熟度進行の差は見られなかった。

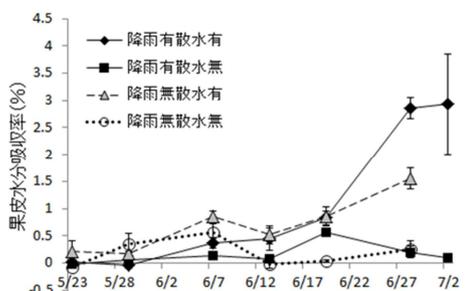


図8 各処理区における果皮水分吸収率
縦棒は標準誤差を示す (n=5)

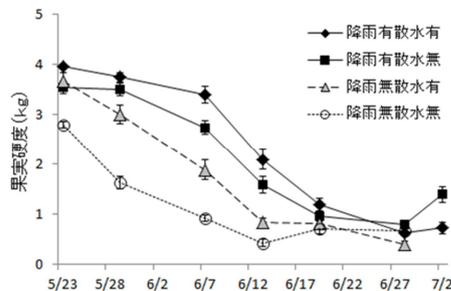
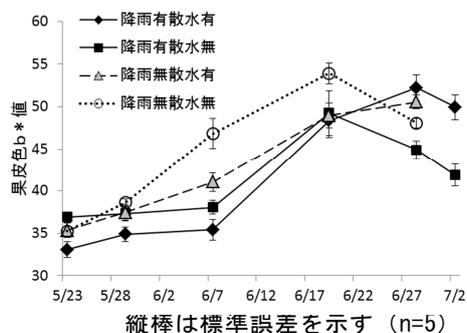


図9 各処理区における果実硬度
縦棒は標準誤差を示す (n=5)



縦棒は標準誤差を示す (n=5)

2. 油揚げ症の発生メカニズムの解明

1) 黒点症果実と油揚げ症との関係

樹上散水樹で発生した黒点症果実を塩漬けし白干し梅にすると、77.1%の果実で発生部位が油揚げ症（図11）となった。また、収穫時に正常果実であっても47.3%の果実で油揚げ症が発生し（図12）、その発生部位のほとんどが果梗部付近であった。

油揚げ症の落果収穫日別の発生率は、収穫日が遅いほど高くなり、落果盛期である6月30日以降では黒点症果での発生率が約80~90%であり、正常果でも約60%の発生率で推移した（図13）。



図11 油揚げ症果実

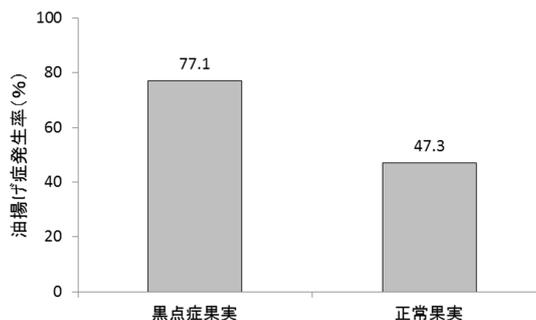


図12 黒点症果の油揚げ症発生率

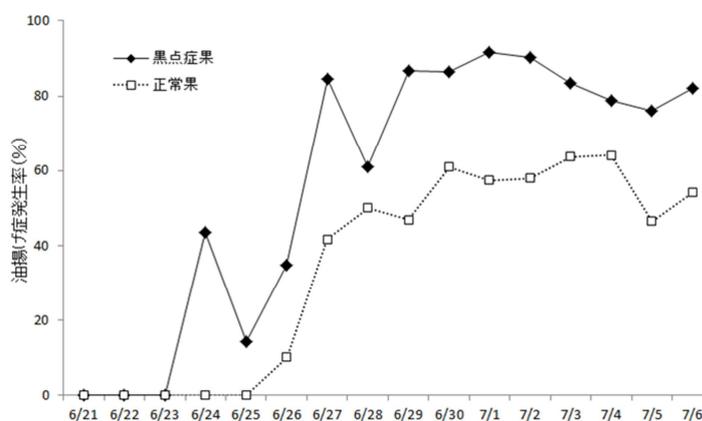


図13 落果収穫日別の油揚げ症発生率の推移

2) 黒点症果実および正常果実におけるカロース蓄積観察

雨除けハウス内の樹上散水有区の黒点症果実の黒点部は、果皮表面の気孔周辺部 (図14A) および果皮断面 (図14B) の表皮から内部に向かってアニリンブルー溶液により染色され、システム生物顕微鏡により黄色く発光したことにより、カロースの蓄積が観察された。

樹上散水無区では、正常果実の気孔部にカロースの蓄積は認められなかったが (図14C)、樹上散水有区においては正常果であっても、黒点部と比較して小規模であるが、気孔にカロースの蓄積が観察された (図14D)。

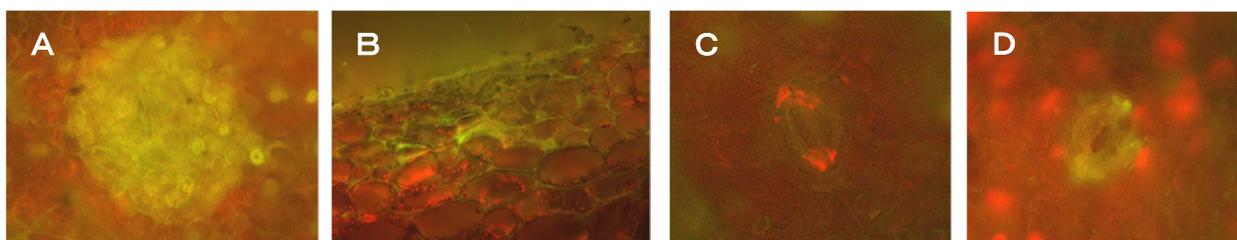


図14 黒点症発生部位および正常果果皮の染色による発光の様子

- A : 黒点症発生部位 (果皮表面) の染色による発光 (×200)
- B : 黒点症発生部位 (果皮断面) の染色による発光 (×100)
- C : 樹上散水無区の正常果における果皮表面 (×200)
- D : 樹上散水有区の正常果における果皮表面 (×200)

3. 黒点症および油揚げ症の軽減対策

1) 果皮被覆資材による黒点症および油揚げ症発生への影響

樹上散水下での黒点症の発生率は、果皮被覆資材として散布したマシン油乳剤95%区とパラフィンワックス系展着剤区で、重症、中症および軽症でカルシウム剤区と対照区より低い値となり、重症から軽症の合計ではそれぞれ4.3%と5.5%と低かった (表2)。油揚げ症の発生率も同様に、マシン油乳剤95%区で、パラフィンワックス系展着剤区で、重症、中症および軽症でカルシウム剤区と対照区より低い値となり、重症から軽症の合計ではそれぞれ5.8%と6.7%と低かった (表3)。しか

し、マシン油乳剤 95%区では薬害の発生が確認された（図 15）。

表2 散布資材別の黒点症の発生率

試験区	黒点症発生程度(%) ²			合計
	重症	中症	軽症	
マシン油乳剤95%	0.7 b	0.7 c	2.8 b	4.3 b
パラフィンワックス系展着剤	0.7 ab	1.4 bc	3.4 b	5.5 b
カルシウム剤	8.1 a	8.3 a	16.7 a	33.0 a
対照	6.8 a	7.1 ab	14.0 a	27.9 a
有意性 ³	*	*	**	**

²黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、軽症（30未満）、
合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

³アークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があることを示す

表3 散布資材別の油揚げ症の発生率

試験区	油揚げ症発生程度(%) ²			合計
	重症	中症	軽症	
マシン油乳剤95%	2.4	1.7	1.7 b	5.8 c
パラフィンワックス系展着剤	2.5	1.2	3.0 ab	6.7 bc
カルシウム剤	8.3	6.3	10.9 a	25.4 a
対照	5.1	4.0	9.9 ab	19.0 ab
有意性 ³	ns	ns	*	*

²油揚げ症発生程度：重症（果皮2割以上）、中症（0.5以上2割未満）、軽症（0.5割未満）、

合計：油揚げ症発生程度重症～軽症の合計

³アークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に*は5%水準で有意差があること、
nsは有意差がないことを示す



図 15 マシン油乳剤 95%散布により果実に発生した薬害

2) 果皮被覆資材の散布時期および回数が黒点症および油揚げ症の発生に及ぼす影響

黒点症の発生率は、重症と中症は散布回数の違いによる差は見られなかったが、軽症は 6 回散布区で 5.4%と最も低く、重症から軽症の合計では 6 回散布区で 8.4%、4 回散布区で 14.5%と対照区の 28.6%と比べて低い発生率となった（表 4）。油揚げ症の発生率は、重症は 6 回散布区で 0.4%と最も低く、中症は 6 回散布区と 4 回散布区でそれぞれ 0.9%と 1.6%と対照と比べて低く、軽症は 6 回散布区で 1.6%と最も低くなり、重症から軽症の合計では 6 回散布区で 2.9%、4 回散布区で 5.9%と対照区の 16.7%と比べて低くなった（表 5）。

表4 パラフィンワックス系展着剤散布回数別の黒点症発生率

試験区		黒点症発生程度(%) ²			合計
散布回数	散布月	重症	中症	軽症	
6回	4, 5, 6月	0.8	2.2 b	5.4 b	8.4 b
4回	4, 5月	1.9	3.7 ab	8.9 b	14.5 b
対照	-	3.4	7.3 a	17.9 a	28.6 a
有意性 ³		ns	*	**	*

²黒点症発生程度：重症（小斑点数100以上）、中症（30以上100未満）、
軽症（30未満）、合計：黒点症発生程度重症～軽症の合計

³アークサイン変換後Tukeyの多重検定により、異符号間に**は1%水準、*は5%水準で有意差があること、nsは有意差がないことを示す

表5 パラフィンワックス系展着剤散布回数別の油揚げ症発生率

試験区		油揚げ症発生程度(%) ^z			合計
散布回数	散布月	重症	中症	軽症	
6回	4, 5, 6月	0.4 b	0.9 b	1.6 c	2.9 b
4回	4, 5月	0.9 ab	1.6 b	3.4 b	5.9 b
対照	-	2.9 a	4.5 a	9.3 a	16.7 a
有意性 ^y		**	*	*	**

^z油揚げ症発生程度：重症(果皮2割以上)，中症(0.5以上2割未満)，軽症(0.5割未満)，
合計：油揚げ症発生程度重症～軽症の合計

^yアークサイン変換後Tukeyの多重検定により，異符号間に**は1%水準，*は5%水準で有意差があることを示す

考 察

過去の黒点症発生傾向からは，降雨量が4月に150mm以上かつ5月に200mm以上の年に多発すると推察された(データ略)。そのため，まず何らかの病害を疑い黒点症発生部位から病原菌の分離を試みたが特定の菌が検出されなかった。そこで本試験では，別の可能性を検証するため，水濡れ処理や4月から完熟落果期までの人工的な樹上散水処理による症状の再現を試みた。結果，黒点症の発生率が高まったため，黒点症の発生は降水量の影響を強く受けることが明らかとなった。黒点部では，ほとんどの気孔周辺部が褐変しており，また，表皮組織は重症であるほど細胞が崩壊していた。さらに，黒点部では気孔や毛じ痕周辺部の表皮組織がパピラ様の構造を形成していた。パピラは菌類の進入に反応して形成される乳頭状の構造物で，植物細胞が病原微生物の侵入を感知すると，カロースやフェノール類を生成・蓄積させることで形成される。これは，それ以上感染が進行しないようにする防御機構であると報告されており(Underwood, 2012)，黒点部でも同様の防御反応が起こっていると推測された。カロースは，高温あるいは低温(Majumder and Leopold, 1967; McNairn and Currier, 1968; Smith and McCully, 1977)，物理的障害(Currier and Strugger, 1956; Currier and Webster, 1964)，病原菌感染(Shimomura, 1979; Shimomura and Dijkstra, 1975)，細胞膜の変調(Kauss and Jeblick, 1986)など様々なストレスに対する防御反応により細胞壁に蓄積し，患部を包み込むようにして細胞壁を強化する(Currier, 1957)物質である。城村ら(2009)は，ウメ‘南高’塩漬け果実に発生する果肉硬化障害(シコリ果)について，塩漬け前に核付近に空洞が確認された果実に多く発生すること，また，空洞に隣接した組織の細胞壁がアニリンブルーで青く染まることから，障害果実は果肉が核から引きはがされた裂傷部に傷害カロースが蓄積することによって硬化することを明らかにしている。

走査型電子顕微鏡によりウメ果皮の経時的観察を行うと，降雨を遮断した正常果実でも2013年は5月15日～6月4日の間に気孔が裂開していた。このことから，気孔の裂開は多降雨等により助長されるものではなく，果皮の成熟に伴い進行するものであることが明らかとなった。よって，黒点症の発生は気孔の裂開によるものだけではないことが示唆された。しかし，果皮の毛じについては，多量の水にさらされることにより抜けが助長されることが確認された。樹上散水を行わなかった処理区では毛じ量が多く，黒点症の発生はほとんど見られなかったが，樹上散水を行った処理区では毛じ量が減少し黒点症の発生が多かった。また，ウメの表皮ワックス量は，樹上散水を行うと減少

した。木村（1990）は、雨水の付着量と葉面ワックス量との間には負の相関があり、3日間以上の降雨で葉面ワックス量は30～40%減少すると報告しており、本試験でも同様に表皮ワックスが雨や散水により流れ落ちたと考えられた。表皮ワックス量は、正常果実よりも黒点症果実で少ない傾向であったため、果実の撥水機能が低下することで黒点症が発生しやすくなったと考えられた。これらのことから、多量の水にさらされることにより毛じの離脱やワックス量の減少が起り、果皮の保護機能が損なわれて黒点症が発生すると考えられた。

ウメ果皮に水が浸入しやすくなる時期は、2013年においては果実の黄化が進んだ完熟落果収穫盛期の6月19日頃からであった。ナツダイダイに発生する水腐れ病の第1原因となる果皮の亀裂は、越冬後の春季の降雨により果実に付着した雨滴が外部から気孔を通じて浸入し、表皮組織を裂開することで生じると報告されている（井上，1967）。本試験でも同様に収穫後期の果実において、生育ステージの進行の過程で裂開した気孔や毛じの抜けた穴を通じて水が表皮組織に浸入したことにより黒点症が発生したと考えられた。このことは、果実への水濡れ処理において追熟日数が長いほど気孔周辺部が褐変する果皮障害の発生率が高くなることから推察できる。

以上のことから、黒点症の発生メカニズムは次のとおりと考えられる。①4～5月に降雨量が多いと毛じの抜けが助長されるとともに表皮ワックス量が低下し、果実表皮の保護機能や撥水機能が失われ果実表皮に水が付着しやすくなる。②完熟落果期になると果皮の老化により裂開した気孔や抜けた毛じ痕の穴から水が表皮組織に浸入し、防御反応として気孔や毛じ痕周辺部の表皮組織でカロース等が徐々に蓄積する。これらのことから、黒点症は生理障害であることが示唆された。

油揚げ症は、黒点症果実を塩漬けし白干し梅に加工すると高い率で発生することが明らかとなり、黒点症果実の黒点部が硬化し油揚げ症になった。このことから、黒点症と油揚げ症は密接に関係していると考えられた。一方で、多量の水にさらされている果実で肉眼では正常果実であると判断されても、塩漬け後の白干し梅で油揚げ症になる果実が確認されている。この果実の果皮をアニリンブルーで染色し気孔周辺部をシステム生物顕微鏡で観察すると小規模なカロースの蓄積が観察された。よって、大量の降雨により果皮に水が浸入することで肉眼では確認できない障害も起こっており、白干し梅に加工することでその障害が顕在化すると考えられた。

上記のことから、黒点症を軽減する対策を講じることで油揚げ症も軽減すると考えられた。黒点症を軽減するためには、発生メカニズムから判断して裂開した気孔や毛じ痕に水を浸入させないことが重要である。藤川ら（1999）の報告では、パッションフルーツ萎凋果実の果皮表面では、気孔部の崩壊が著しい場合でもパラフィンワックス系水和剤・蒸散抑制剤の樹上散布により障害果の抑制効果が認められている。本試験でも同様に、果皮を被覆する効果のあるマシン油乳剤95%やパラフィンワックス系展着剤を樹上散布することにより、黒点症が軽減でき、併せて油揚げ症も軽減することができた。この理由は、毛じの抜けを抑制し果皮を保護するとともに皮膜により裂開した気孔等への水の浸入を阻止しているためであると考えられた。しかし、マシン油乳剤95%を散布すると葉害の発生が見られたことから、パラフィンワックス系展着剤が最も有望な剤であると考えられる。一方で、一般に果実の生理障害防止に効果があるとされているカルシウム剤（瀧下ら，1991；持田ら，1964）は、本試験では効果が確認されなかった。

パラフィンワックス系展着剤の効率的な散布時期および散布回数は、4月上旬から2週間毎に6回散布が最も効果的であったが、4回散布でも同様の効果が確認されたことから、コスト等を総合的に検討した結果、パラフィンワックス系展着剤1000倍を4月上旬から2週間毎に4回散布が効率的であると判断された。なお、パラフィンワックス系展着剤は、容器のラベル等に記載された事項によ

り、単用施用はできず農薬（特定農薬）に添加して使用する必要がある。

摘 要

本試験では、‘南高’に発生する黒点症の発生メカニズムと塩漬け後の白干し梅に発生する油揚げ症の発生メカニズムおよび黒点症と油揚げ症の軽減対策について検討した。

- 1) 黒点症は、4～5月に降雨量が多い場合に毛じの抜けや果皮ワックス量が減少により果皮の保護機能や撥水機能が低下し、裂開した気孔や抜けた毛じ痕から水が浸入して、一種の防御反応が起こり発生する生理障害であることが示唆された。
- 2) 黒点症果実または大量の水にさらされた正常果実を塩漬けし、白干し梅に加工すると油揚げ症果実が高い率で発生することから、油揚げ症および黒点症の発生は密接に関係していると考えられた。
- 3) 黒点症および油揚げ症の軽減にはパラフィンワックス系展着剤 1000 倍の樹上散布が有効で、4月上旬から2週間毎に4回散布が効率的であると判断された。

走査型電子顕微鏡を使用させていただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センターに深く感謝の意を表す。

引用文献

- Currier, H. B. 1957. Callose substance in plant cells. *Amer. J. Bot.* 44: 478-488.
- Currier, H. B. and S. Strugger. 1956. Aniline blue and fluorescence. *Microscopy of callose in bulb scales of Allium cepa L.* *Protopla.* 45: 552-559.
- Currier, H. B. and D. H. Webster. 1964. Callose formation and subsequent disappearance: Studies in ultrasound stimulation. *Plant Physiol.* 39: 843-847.
- 藤川和博・松島健一・大倉野寿. 1999. パッションフルーツ萎凋果実の果皮微細構造観察と萎凋防止対策. *九州農業研究.* 61: 249.
- 広岡芳年・佐藤仁彦・諏訪内正名. 1981. 植物種における葉面ろう物質中炭化水素の炭素数の変化. *生環調.* 19: 1-7.
- 井上 宏. 1967. ナツダイダイの果実発育に関する研究, とくに水腐れ病の発生機構を中心として. *香川大学農学部紀要.* 23: 1-59.
- 城村徳明・桜井直樹・土田靖久・三宅英伸・東 卓弥・竹中正好. 2009. ウメ‘南高’塩漬け果実に発生する果肉硬化障害の発生原因. *園学研.* 8(2): 181-186.
- Kauss, H. and W. Jeblick. 1986. Influence of free fatty acids, lysophosphatidylcholine, platelet-activating factor, acylcarnitine and echinocandin B on 1,3-β-D-glucan synthase and callose synthesis. *Plant Physiol.* 80: 7-13.
- 木村和義. 1990. 葉の雨濡れ機構に関する研究. *文部省科学研究費補助金研究成果報告書.*
- Majumder, S. K. and A. C. Leopold. 1967. Callose formation in response to low temperature. *Plant Cell Physiol.* 8: 775-778.
- McNairn, R. B. and H. B. Currier. 1968. Translocation blockage by sieve plate callose. *Planta.*

82: 369-380.

持田圭介・牧 慎也・大西彩貴・中原 望・三谷宣仁・内田吉紀・倉橋孝夫. 2013. ブドウ‘シャインマスカット’におけるカスリ症の発生と果皮中無機成分含有率との関係. 島根県農技セ研報. 41: 41-50.

Shimomura, T. 1979. Stimulation of callose synthesis in the leaves of samsun NN tobacco showing systemic acquired resistance to tobacco mosaic virus. Ann. Phytopath. Soc. Japan. 45: 299-304.

Shimomura, T. and J. Dijkstra. 1975. The occurrence of callose during the process of local lesion formation. Neth. J. Plant Pathol. 81: 107-121.

Smith, M. M. and M. E. McCully. 1977. Mild temperature "stress" and callose synthesis. Planta. 136: 65-70.

滝下文孝・山田省吾・福田博之. 1991. りんご‘さんさ’の生理障害と無機成分の関係. 東北農業研究. 44: 183-184.

Underwood, W. 2012. The plant cell wall: a dynamic barrier against pathogen invasion. Front. Plant Sci. 3: 85.

内山武夫・田中穂積・小笠原長広・天野幸治. 1989. オオムギ葉うどんこ病菌 (*Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei*) の電顕観察と感染による葉ワックス構成成分の変化. 農化. 63: 1771-1774.

ウメの連作障害に関する研究 (第2報) ウメ連作土への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす効果

大江孝明¹・城村徳明¹・西原英治²・水口裕介²・岡室美絵子^{1,3}

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所

²鳥取大学農学部

Studies on Replant Failure of Japanese Apricot Tree

II. Effect of Activated Carbon Mixed in Continuous Cropping Soil on the Growth of Young Japanese Apricot Tree

Takaaki Oe¹, Noriaki Jomura¹, Eiji Nishihara², Yusuke Mizuguchi² and Mieko Okamuro^{1,3}

¹Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

²Faculty of Agriculture, Tottori University

緒 言

ウメの経済樹齢は25年程度とされており、産地を維持するためには老木園の若返りを推進する必要があるが、その際、改植した苗木が生育抑制される連作障害が問題となる。その要因として連作障害の発生しやすいモモでは、前作の根や土壌中に残っている青酸配糖体およびその分解物並びに縮合性タンニン様物質の関与が明らかにされている (Gur and Cohen, 1988; 平野, 1977; 水谷, 1979; Mizutani et al., 1988; Ohigashi, 1982)。そこで既報では、ウメ‘南高’の樹体にも青酸配糖体が含まれていることを確認するとともに、根域に他のウメ樹の根やその水抽出液が存在すると、夏季の葉中窒素含有率が低くなり、樹体生育が抑制されることを明らかにした (大江ら, 2003)。また、青酸配糖体の1種のアミグダリンやその分解物の安息香酸を根域に与えると、樹体成長が抑制されることを明らかにした (大江ら, 2003)。さらに実際のウメ連作土壌が生育阻害性を有することを明らかにするとともに、生育阻害要因としてフェノール性物質が関与することを示した (大江ら, 2018)。フェノール性物質が生育阻害に関与することは多くの植物で報告されており (Asao et al., 2004, 2007; 浅尾ら 1999b; Fukuhara et al., 2004; Kato-Noguchi, 2003; 田中, 2002; 土屋, 1990)、活性炭の添加により軽減することが水耕栽培の野菜類で報告されている (浅尾ら, 1998, 1999a, 2003a, 2003b)。また、アスパラガスでは実際の栽培ほ場において活性炭の土壌への処理が生育阻害の軽減に有効であることが確認されており (Motoki et al., 2004)、実用技術として普及している (西原・元木, 2009)。

そこで本試験では、ウメの連作障害対策技術を開発する一環として、ウメでの活性炭によるアレロパシー活性低減効果を検討するとともに、ウメの生育阻害性低減に効果が高い活性炭を選抜し、連作土壌での効果を検討した。

³現在:和歌山県果樹試験場

材料および方法

1. 連作土へのヤシガラ活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響（試験1）

2002年11月に和歌山県暖地園芸センター内の樹勢が低下した樹の根域土壌（以下、連作土）および樹間のウメ根の分布していない土壌（以下、樹間土）を採取し、30Lポットに入れて1年生‘南高’（実生台）を2003年1月21日に定植した。それぞれの土壌について、アスパラガスの連作障害対策で使用されている活性炭フロアブル（OAT アグリオ（株）製）の50倍希釈液をポットあたり5L土壌灌注する連作土活性炭区および樹間土活性炭区、活性炭無処理の連作土無処理区および樹間土無処理区の4区を設置した。各区3反復とし、アクリルハウス内で育成した。かん水は2日ごとに1Lとし、施肥は緩効性肥料（N:P:K=14:11:13）180日タイプを定植時と6月20日に250gずつ施用した。4~5月に新梢伸長停止率（10cm以上の新梢を対象）を、1~10月に幹径を調査した。また、10月27日に樹体を掘り上げて、葉を除いた新梢、主幹、根幹、細根（直径2mm以下）および太根（直径2mm以上）の各器官に分け、総新総長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて乾物重を測定した。さらに、両土壌を風乾後1mmの篩にかけ、50gを100mlの蒸留水または80%メタノール水溶液とともに振とう瓶に入れ振とうし、それらをろ紙（アドバンテック No.2）でろ過した。ろ過後、メタノールはエバポレーターにより留去した。留去分を補い抽出比率を合わせるため、それぞれ125mlに定容して水抽出液およびメタノール抽出液とし、それらの抽出液を用いて生育阻害性を調査した。すなわち、藤井（1994, 2000）および服部ら（2004）のプラントボックス法を参考に、組織培養用プラントボックス（65×65×100mm, Magenta製）に抽出液または水100mlとオートクレーブをかけた8%（W/V）寒天150mLを入れ攪拌し、固定化させた後、検定植物としてレタス‘グレートレックス366’（タキイ）を発根部位（先尖部位）を下にして36粒穿刺播種した。連作土の水抽出液を用いたものを連作水区、連作土のメタノール抽出液を用いたものを連作メタノール区、樹間土の水抽出液を用いたものを樹間水区、樹間土のメタノール抽出液を用いたものを樹間メタノール区とし、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた後、発芽したレタスの胚軸長および根長を調査した。

2. 幼植物検定による連作障害軽減に有効な活性炭の選抜（試験2）

2005年10月6日に和歌山県うめ研究所内の29年生‘南高’植栽園において、連作土、樹勢が良好な樹の根域土壌（以下、栽培土）および樹間土の3種類の土壌を採取した。採取した土壌は風乾後、1mmの篩にかけ、12月9日~12日に既報（大江ら, 2018）と同様、元木ら（2006a）の方法により生育阻害活性を測定した。すなわち、6穴マルチディッシュ（ヌンク製）に供試土壌3gおよび活性炭0.3gを混和して入れ、オートクレーブをかけた0.75%（W/V）低温ゲル化寒天（ナカライ製）5mlで固定化した後、5mlの0.75%低温ゲル化寒天を重層し固定させた。その上に検定植物としてレタス‘グレートレックス366’を1穴当たり5粒播種した。活性炭は西原ら（2006）と同様に、原材料や賦活方法が異なるヤシガラ系4種類（Y-1, Y-2, Y-3およびY-4）、木質系3種類（M-1, M-2およびM-3）、石炭系1種類（S-1）の合計8種類（味の素ファインテクノ（株）製）を用い、1区3反復とした。土壌無添加（寒天のみ）および土壌を添加し活性炭無添加の区（以下、無添加区）も設置し、3日間20℃のインキュベーター内で生育させた後、根長および胚軸長を調査し、土壌無添加に対する伸長阻害率を算出した。

3. 活性炭のポット植えウメ幼木に対する作用 (試験 3)

2006年2月28日に1年生‘南高’ (実生台) を30Lポットに定植する際、ウメ未栽培土壌 (以下新土) に対し活性炭を混和しない新土区、連作土に対し試験2で生育阻害活性軽減効果が認められた木質系活性炭M-1およびM-2を混和するM-1区およびM-2区、ヤシガラ系活性炭Y-2と同等品のY-5 (味の素ファインテクノ (株) 製) を混和するY-5区、新たに供試した木質系活性炭M-4 (味の素ファインテクノ (株) 製) を混和するM-4区、活性炭を混和しない無処理区を設置した。各区3反復とし、活性炭混和割合は1% (DW/V) とした。施肥は緩効性肥料 (N:P:K=14:11:13) 180日タイプを定植時に250gずつ施用した。うめ研究所内のアクリルハウス内で生育させ、4~5月に新梢伸長停止率 (10cm以上の新梢を対象)、2~9月に幹径を経時的に調査するとともに、9月6日に樹体を掘り上げて葉を除いた新梢、主幹、根幹および根の各器官に分けた。総新梢長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて器官別乾物重を測定した。

また、2008年1月に現地ウメ園 (みなべ町晩稲) から採取した連作土を2008年7月16日に25Lポットに充填し、‘南高’ 実生苗を1つのポットに7個体ずつ定植した。その際、活性炭を混和しない無処理区、2006年の試験で供試した活性炭のうちM-1およびY-5を混和するM-1区およびY-5区、新たに供試した木質系活性炭M-5 (味の素ファインテクノ (株) 製) を混和するM-5区を設置し、活性炭混和割合は1% (DW/V) とした。なお、2006年の試験ではM-1とM-4に効果がみられが、流通量等の実用性の点でM-1に絞った。うめ研究所内ガラス温室において生育させ、9月24日に樹体を掘り上げて主幹伸長指数 (解体時の主幹長/処理開始時の主幹長×100)、地上部および地下部の乾物重を測定した。

4. 活性炭混和の有無とウメ根水抽出液を与えた実生の生育 (試験 4)

2008年7月に所内で採取した新土を7月16日に25Lポットに充填し、‘南高’ 実生苗を1つのポットに7個体ずつ定植した。活性炭を混和しない無処理区、試験3で供試した3種の活性炭を用いるM-1区、M-5区およびY-5区を設置し、活性炭混和割合は1% (DW/V) とした。定植直後より、ウメ根水抽出液 (水:根=10:1で3日抽出したもの) とEC1.0の液肥 (N: 114ppm, P₂O₅: 52ppm, K₂O: 158ppm, MgO: 100ppm, CaO: 32ppm, MnO: 0.86ppm, Fe: 1.80ppm, B₂O₃: 0.86ppm) を1:1で混和して底面より吸与し、うめ研究所内ガラス温室において生育させた。9月24日に樹体を掘り上げて、主幹伸長指数、地上部および地下部の乾物重を測定した。また、2009年1月28日、1月31日および3月3日の計3回、試験1と同様の方法でウメ根水抽出液を作成し、各活性炭もしくはポリビニルポリピロリドン (PVPP) を5% (DW/V) 添加後、約3時間放置した。ろ紙および0.45μmのメンブレンフィルターでろ過した液、および活性炭を処理せざる過のみした液のフェノール性化合物量を既報 (大江ら, 2018) と同様にFolin-Ciocalteu法で測定し、クロロゲン酸相当量で表した。

5. 連作土への活性炭の混和がポット植えウメ幼木の生育に及ぼす影響 (試験 5)

2008年12月16日にうめ研究所内植栽の樹勢が低下した32年生‘南高’ 株元より採取した連作土および栽培園地周辺で採取した新土を25Lポットに充填し、1年生‘南高’ (実生台) を定植した。その際、それぞれの土壌について、木質系活性炭M-5を0.5%、1%および3% (DW/V) 混和する0.5%区、1%区および3%区並びに無処理区を各区5反復で設置した。定植時の平均幹径が各区とも同じになるように仕分けをしたうえで野外で育成し、定植時に緩行性肥料 (N:P:K=14:11:13) 180日タイプを表層に250g施用した。2009年5~6月に新梢伸長停止率を、5月および9月に幹径を調査

するとともに、9月24日に樹体を掘り上げて土を落とし、葉を除いた新梢、主幹、根幹および根の各器官に分けた。総新梢長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて器官別乾物重を測定した。なお、9月の幹径は乾燥後に測定した。

6. 連作ほ場での根域への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響（試験6）

2007年12月にうめ研究所内の9年生‘南高’3樹を主幹の約40cmを残して伐採し、株は根を残して約1年間放置した。2008年12月に伐採株を掘りあげ抜根し、その跡地を重機で混和し均質化した。試験5と同様M-5を用い植穴容量を30Lとして0.5%、1%および3%を混和する0.5%区、1%区、3%区並びに無処理区を設置し、12月16日に1年生‘南高’（実生台）を各区6反復で定植した。なお、定植時の平均幹径が各区とも同じになるように仕分けをしたうえで育成し、定植時に緩行性肥料（N:P:K=14:11:13）180日タイプを表層に200g施用した。2009年5～6月に新梢伸長停止率を、5月および11月に幹径を調査するとともに、11月18日に樹体を掘り上げて葉を除いた新梢、主幹、根幹および根の各器官に分けた。総新梢長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて器官別乾物重を測定した。

結 果

1. 連作土へのヤシガラ活性炭の添加がウメ幼木の生育に及ぼす影響（試験1）

活性炭フロアブルの処理効果を調査したところ、新梢伸長停止率は活性炭添加の有無に関わらず連作土に定植した区が高く推移した

（表1）。総新梢長は活性炭添加の有無に関わらず連作土に定植した区で有意に短かった。

幹径肥大指数は各区間に差がなかった（表2）。

乾物重は新梢が活性炭施用の有無

に関わらず連作土に定植した区で小

さく、地上部、地下部および全体で

は差がなかった（表3）。検定植物と

して用いたレタスの胚軸長は連作メ

タノール区が連作水区、樹間水区お

よび対照区に比べて短かった（表4）。

根長は連作メ

タノール区が他

区に比べて短

かった。

表1 ウメ園土壌への活性炭の添加と新梢伸長（2003年）

	新梢伸長停止率 (%) ^z				総新梢長 (cm)
	4/24	4/30	5/6	5/12	
樹間土無処理区	35	47	79	100	483 a ^y
樹間土活性炭区	17	23	59	100	521 a
連作土無処理区	80	100	100	100	309 b
連作土活性炭区	75	100	100	100	318 b

^z停止率の調査対象は10cm以上の新梢

^yTukeyの多重検定により異符号間には5%水準で有意差あり (n=3)

表2 ウメ園土壌への活性炭の添加と幹径肥大指数（2003年）^z

	1/21	4/24	6/2	7/2	8/4	10/3
樹間土無処理区	100	100	100	100	102	105
樹間土活性炭区	100	100	99	100	102	104
連作土無処理区	100	99	100	101	104	104
連作土活性炭区	100	100	99	99	103	103
有意性 ^y	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z処理開始時点の幹径を100とした指数

^yTukeyの多重検定により、nsは有意差なし (n=3)

表3 ウメ園土壌への活性炭の添加の有無と器官別乾物重（2003年）

	器官別乾物重 (g)							
	新梢	主幹	根幹	細根 ^z	太根 ^z	地上部	地下部	全体
樹間土無処理区	19.6 a	33.6	25.3	14.2	16.1	53.2	55.6	108.8 ± 11.1 ^y
樹間土活性炭区	20.8 a	33.9	26.5	13.8	15.3	54.7	55.5	110.2 ± 3.4
連作土無処理区	11.4 b	33.8	26.9	13.5	16.3	45.2	56.7	101.9 ± 5.1
連作土活性炭区	11.4 b	33.5	24.0	14.8	16.7	44.9	55.5	100.4 ± 11.7
有意性 ^x	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z細根は直径0.2cm以下、太根は0.2cm以上

^y全体は平均値±標準誤差 (n=3)

^xTukeyの多重検定により、*は5%水準で異符号間に有意差あり、nsは有意差なし

表4 ウメ園土壤の水およびメタノール抽出液の有無と検定植物レタスの生育

	胚軸長 (cm)	根長 (cm)
連作水区	3.3 a ^z	6.0 b
連作メタノール区	2.2 b	4.3 c
樹間水区	3.2 a	6.9 a
樹間メタノール区	2.7 ab	5.5 b
対照区	2.8 a	6.1 b

^zTukey-Kramerの多重比較により異なる記号間に1%水準で有意差あり(n=61-71)

2. 幼植物検定による連作障害軽減に有効な活性炭の選抜 (試験 2)

レタスを検定植物に用いて連作障害軽減作用を調査したところ、レタスの全長(根長と胚軸長の合計)の伸長率は各土壌とも無添加区で最も低く、樹間土が81%、栽培土が58%、連作土が15%であり、根長、胚軸長ともに樹間土、栽培土、連作土の順に低かった(表5)。樹間土では活性炭Y-2、Y-3およびM-1の添加により伸長率が土壌無添加とほぼ同等(95%以上)となった。栽培土は主に根長伸長を抑制し、全長では活性炭Y-2、M-1、M-2、M-3およびS-1の添加により伸長率が土壌無添加の80%以上となった。連作土は根長、胚軸長の両方の伸長を抑制し、活性炭Y-2、M-1およびM-2の添加により伸長率が土壌無添加の60%以上となった。

表5 土壌の種類、活性炭の種類とレタスの伸長率(%)^z

	樹間土			栽培土			連作土		
	根長	胚軸長	全長	根長	胚軸長	全長	根長	胚軸長	全長
無添加	73	101	81	47	89	58	12	21	15
Y-1	76	135	92	55	83	63	53	67	57
Y-2	95	111	99	93	133	104	58	71	61
Y-3	93	136	105	60	81	65	55	69	59
Y-4	76	110	85	71	95	77	12	50	22
M-1	87	119	95	77	90	80	60	79	65
M-2	80	131	94	80	136	95	63	72	65
M-3	80	131	94	91	118	98	55	64	57
S-1	84	108	91	78	107	86	45	72	52

^z土壌無添加(寒天のみ)に対する比率

3. 幼植物検定で有効な活性炭のポット植えウメ幼木に対する作用 (試験 3)

幼植物検定で選抜した活性炭のウメでの施用効果を調査したところ、2006年の試験において、新梢伸長停止率はM-1区およびY-5区が無処理区に比べて低く推移した(表6)。

表6 異なる種類の活性炭の連作土への混和と新梢伸長(2006年)

	新梢伸長停止率(%) ^z						総新梢長 (cm)
	4/11	4/18	4/25	5/2	5/9	5/16	
新土	7	24	31	87	100	100	475 a ^y
M-1	6	16	32	71	87	95	459 a
M-2	0	43	77	100	100	100	248 b
M-4	6	30	80	96	100	100	316 b
Y-5	0	4	20	53	93	100	424 a
無処理	0	21	64	89	100	100	318 b

^z停止率の調査対象は10cm以上の新梢

^yTukeyの多重検定により、総新梢長の異符号間に*は5%水準で有意差あり(n=3)

総新梢長は新土区、M-1区およびY-5区が無処理区に比べて長かった。幹径肥大指数は各区間に差がなかった（表7）。

表7 異なる種類の活性炭の連作土への混和と幹径肥大指数（2006年）^z

	2/28	4/10	5/10	6/12	7/12	8/14	9/6
新土	100	100	101	101	104	106	106
M-1	100	101	103	104	105	106	107
M-2	100	100	100	102	103	104	104
M-4	100	99	101	103	105	106	107
Y-5	100	101	103	104	106	108	109
無処理	100	100	102	102	103	104	105
有意性 ^y	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z処理開始時点の幹径を100とした指数

^yTukeyの多重検定によりnsは有意差なし（n=3）

乾物重について、新梢はY-5区が、根はM-4区が無処理区に比べて重かった（表8）。全体ではM-4区およびY-5区が無処理区に比べて大きい傾向であった。

表8 異なる種類の活性炭の連作土への混和と器官別乾物重（2006年）

	器官別乾物重 (g)						
	新梢	主幹	根幹	根	地上部	地下部	全体
新土	11.2 ab	22.2	29.5	19.7 c	33.5	49.2	82.7 ± 7.9 ^y
M-1	12.9 ab	23.2	24.7	26.0 abc	36.2	50.7	86.9 ± 4
M-2	6.3 c	23.8	34.4	23.6 bc	30.1	58.0	88.1 ± 13
M-4	9.8 abc	24.1	33.0	32.5 a	33.8	65.6	99.4 ± 4
Y-5	13.3 a	26.6	36.5	30.6 ab	39.9	67.1	107.0 ± 4
無処理	8.3 bc	23.8	32.2	23.5 bc	32.1	55.8	87.9 ± 7
有意性 ^z	*	ns	ns	*	ns	ns	ns

^zTukeyの多重検定により、*は5%水準で異符号間に有意差あり、nsは有意差なし（n=3）

^y平均値±標準誤差

2008年の試験において、主幹伸長指数は無処理区に比べてM-1区が大きい傾向であり、Y-5区が小さい傾向であった（表9）。乾物重はY-5区が無処理区に比べて地下部で小さく、全体で小さい傾向であった。

表9 異なる種類の活性炭の連作土への混和と主幹伸長および樹体生育（2008年）

	主幹伸長指数 ^z	樹体乾物重 (g)		
		地上部	地下部	全体
無処理	116 ± 3 ^y ab ^x	1.9 a	4.0 a	5.9 ± 1.3 a
M-1	132 ± 9 a	1.9 a	3.1 ab	5.0 ± 1.1 a
M-5	120 ± 7 ab	1.7 a	2.9 ab	4.5 ± 1.0 a
Y-5	100 ± 0 b	0.6 a	1.5 b	2.1 ± 0.3 a

^z定植時を100とした指数

^y平均値±標準誤差（n=7）

^xTukeyの多重検定により、異符号間に5%水準で有意差あり

4. 活性炭混和の有無とウメ根水抽出液を与えた実生の生育（試験4）

ウメ連作土を用いて選抜を進めた活性炭のウメ根抽出液に対する作用を調査したところ、主幹伸長指数はM-1およびM-5区が無処理区に比べて大きい傾向であり、Y-5区は無処理区に比べて小さい

傾向であった (表 10). 乾物重について, M-5 区は地上部および全体で Y-5 区に比べて大きかった. フェノール性物質残存量は, M-1 および M-5 区が Y-5 および無処理区に比べて少なく, PVPP 区と同等であった (表 11).

表10 異なる種類の活性炭の新土への混和とウメ根水抽出液を与えた樹の生育

	主幹伸長指数 ^z	樹体乾物重 (g)		
		地上部	地下部	全体
無処理	120 ± 10 ^y ab ^x	1.2 ab	2.5 a	3.8 ± 0.5 ab
M-1	144 ± 14 a	1.4 ab	3.1 a	4.4 ± 0.6 ab
M-5	150 ± 9 a	1.8 a	3.1 a	4.9 ± 0.7 a
Y-5	104 ± 2 b	0.7 b	2.0 a	2.7 ± 0.3 b

^z定植時を100とした指数

^y平均値±標準誤差 (n=7)

^xTukeyの多重検定により, 異符号間に5%水準で有意差あり

表11 ウメ根水抽出液への活性炭, PVPP添加後のフェノール性物質残存量

	フェノール性物質 (mg/L)
無処理	1234 ± 96 ^z a ^y
M-1	16 ± 12 b
M-5	15 ± 12 b
Y-5	1045 ± 170 a
PVPP	79 ± 1 b

^z平均値±標準誤差 (n=3)

^yTukeyの多重検定により, 異符号間に1%水準で有意差あり

5. 連作土への活性炭の混和がポット植えウメ幼木の生育に及ぼす影響 (試験 5)

活性炭は木質系 M-1 が試験 2~4 で安定的に生育阻害軽減効果が認められたが, 試験 4 で活性炭 M-5 は M-1 と同質でフェノール性物質の吸着能や生育改善効果が同様であったこと, 流通量や価格の点で実用化しやすいことから M-5 を使用して混和割合との関係をポット植栽樹で調査した. 新梢伸長停止率は, 無処理区に比べて新土では 3%区が, 連作土では 1%および 3%区がやや低く推移した (表 12). 新梢長は新土では 1次伸長, 2次伸長および総長のすべてにおいて, 3%区が他区に比べて長かった. 連作土では 1次伸長および総長において 3%区, 1%区の順に無処理区に比べて長かった. 試験終了時点の幹径は新土, 連作土ともに, 無処理区に比べて活性炭混和区が大きく, 活性炭混和区の中では 3%区が最も大きかった (表 13). 解体時の乾物重について, 3%区は無処理区に比べて新土では新梢, 主幹, 細根, 地上部および全体において大きく, 連作土では新梢, 主幹, 細根, 太根, 地上部, 地下部および全体において大きかった (表 14). 1%区は無処理区に比べて新土では新梢, 細根および地上部において大きく, 連作土では新梢, 主幹, 太根, 地上部, 地下部および全体において大きかった. 0.5%区は無処理区に比べて新土では差がなく, 連作土では新梢, 主幹, 地上部および全体において大きかった. 全体でみると, 新土では 3%区が他区に比べ, 連作土では 3%区および 1%区が他区に比べて大きかった.

表12 新土, 連作土への活性炭の混和割合とポット植栽樹の新梢伸長 (2008年)

		新梢伸長停止率 (%) ^z						新梢長 (cm)		
		5/15	5/21	5/27	6/2	6/8	6/14	1次伸長	2次伸長	総長
新土	0.5%区	87	91	96	96	99	100	701 b ^y	10 b	711 ± 19 b
	1%区	80	81	95	95	99	99	674 b	47 b	721 ± 46 b
	3%区	52	72	99	100	100	100	893 a	292 a	1185 ± 55 a
	無処理区	74	77	98	98	98	99	658 b	6 b	664 ± 46 b
連作土	0.5%区	75	81	91	94	97	100	621 c	204 a	825 ± 42 bc
	1%区	51	63	91	96	96	99	781 b	123 a	904 ± 29 b
	3%区	58	65	99	99	99	100	939 a	185 a	1123 ± 61 a
	無処理区	65	67	92	95	97	97	588 c	94 a	682 ± 37 c

^z調査対象は10cm以上の新梢

^y新土, 連作土それぞれについて, Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差あり (n=5)

表13 新土、連作土への活性炭の混和割合とポット植栽樹の幹径

		幹径 (mm)		
		2008年		2009年
		12/17	5/15	9/24 ^z
新土	0.5%区	13.6	13.8	18.0 ± 0.1 ^y b ^x
	1%区	13.6	14.0	18.1 ± 0.3 b
	3%区	13.6	13.9	19.7 ± 0.2 a
	無処理区	13.6	13.7	16.4 ± 0.2 c
連作土	0.5%区	13.6	13.7	17.9 ± 0.1 b
	1%区	13.6	13.7	18.3 ± 0.1 b
	3%区	13.6	13.9	19.8 ± 0.2 a
	無処理区	13.6	13.5	16.1 ± 0.3 c

^z乾燥後に測定^y平均値±標準誤差 (n=5)^x新土、連作土それぞれについて、Tukeyの多重検定により異符号間に1%水準で有意差あり

表14 新土、連作土への活性炭の混和割合とポット植栽樹の器官別乾物重 (2008年)

		器官別乾物重 (g)					地上部	地下部	全体
		新梢	主幹	根幹	細根 ^z	太根 ^z			
新土	0.5%区	68.2 bc ^y	82.9 ab	94.3 a	30.6 ab	38.6 a	151.1 bc	163.4 a	314.5 ± 13.7 ^x b
	1%区	77.7 b	82.7 ab	82.4 a	33.6 a	44.2 a	160.4 b	160.2 a	320.6 ± 11.0 b
	3%区	120.4 a	87.1 a	86.6 a	36.9 a	44.8 a	207.5 a	168.4 a	375.9 ± 17.0 a
	無処理区	52.5 c	73.5 b	95.7 a	22.3 b	36.3 a	126.0 c	154.3 a	280.3 ± 11.1 b
連作土	0.5%区	78.5 c	77.2 a	72.9 a	33.1 ab	31.4 b	155.7 c	137.4 ab	293.1 ± 8.9 b
	1%区	100.4 b	79.0 a	80.6 a	34.2 ab	43.3 a	179.4 b	158.1 a	337.5 ± 7.6 a
	3%区	122.0 a	86.0 a	81.6 a	36.6 a	40.8 a	207.9 a	158.9 a	366.9 ± 9.0 a
	無処理区	56.2 d	66.5 b	61.8 a	23.2 b	30.2 b	122.7 d	115.2 b	237.8 ± 10.8 c

^z細根は直径0.2cm以下、太根0.2cm以上^y新土、連作土それぞれについて、Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差あり (n=5)^x平均値±標準誤差

6. 連作ほ場での根域への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響 (試験6)

活性炭の混和割合を実際の連作ほ場で調査したところ、新梢伸長停止率は1%区が他区に比べてやや低く推移した (表15)。総新梢長は1%区が無処理区に比べて長い傾向であった。試験終了時点の幹径は、1%および3%区が大きい傾向であった (表16)。解体時の乾物重は全体において1%区および3%区が無処理区に比べて大きい傾向であった (表17)。

表15 連作ほ場での根域への活性炭の混和割合と新梢伸長 (2009年)

	新梢伸長停止率 (%) ^z							総新梢長 (cm)
	5/15	5/21	5/27	6/2	6/8	6/14	6/26	
0.5%区	77	77	77	77	77	78	78	1208 ± 249 ^y
1%区	62	67	67	67	67	67	67	1464 ± 74
3%区	78	80	80	81	83	84	86	1491 ± 272
無処理区	75	75	75	82	82	82	92	1142 ± 227
有意性 ^x	-	-	-	-	-	-	-	ns

^z停止率の調査対象は10cm以上の新梢^y平均値±標準誤差 (n=6)^xTukeyの多重検定により、nsは有意差なし表16 連作ほ場での根域への活性炭の混和割合と幹径^z

	幹径 (mm)		
	2008年	2009年	
	12/16	5/15	11/18
0.5%区	14.4	14.2	18.1 ± 0.7 ^y
1%区	14.4	14.5	20.0 ± 0.8
3%区	14.4	14.6	19.7 ± 1.1
無処理区	14.4	14.4	17.1 ± 1.1
有意性 ^x	ns	ns	ns

^z2009年11月18日のみ乾燥後の幹径^y平均値±標準誤差 (n=6)^xTukeyの多重検定により、nsは有意差なし

表17 連作ほ場での根域への活性炭の混和割合と器官別乾物重(2009年)

	器官別乾物重 (g)							
	新梢	主幹	根幹	細根 ^z	太根 ^z	地上部	地下部	全体
0.5%区	218.8	104.2	134.1	24.8	77.5	323.0	236.4	559.4 ± 124.2 ^y
1%区	295.3	120.8	164.3	34.9	137.9	416.1	337.1	753.2 ± 76.5
3%区	254.7	127.1	142.9	33.3	111.4	381.8	287.6	669.4 ± 82.8
無処理区	161.3	94.8	126.2	22.0	93.0	256.1	241.1	497.2 ± 64.4
有意性 ^x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z細根は直径0.2cm以下, 太根0.2cm以上^y平均値±標準誤差 (n=6)^xTukeyの多重検定により, nsは有意差なし

考 察

作物の連作障害にはアレロパシーが原因のものがあり(藤井, 2000; 土屋, 1990), 生育や収量, 収穫果数の減少等の影響に対し, 活性炭の添加が低減作用を有することが, キュウリ (*Cucumis sativus* L.) (浅尾ら, 1998, 1999a), レタス (*Lactuca sativa* L.) 等の葉菜類(浅尾ら, 2001, Asao et al., 2004), エンドウ (*Pisum sativum*) 等のマメ類(浅尾ら, 2003a, 2003b; 元木ら, 2012; 西原ら, 2006), アンペラ (*Lomandra longifolia* L.) (Asao et al., 2007), ムクナ (*Mucuna pruriens*) (牧ら, 2004), アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) (Motoki et al., 2004) 等で報告されている。元木ら(2006b, 2006c)は, アスパラガスには強いアレロパシー活性があることや, ある種の活性炭はそのアレロパシー活性を低減できることを明らかにしている。また, 実際のアスパラガス圃場での改植時においても, 活性炭の処理によって, 特に地下部重, 貯蔵根数, 株養成量および茎の生育が改善されることを明らかにしており(Motoki et al., 2004), 実際の栽培技術に実用化されている。さらに活性炭の混和が園芸作物の育苗期間短縮に有効であることも報告されている(元木ら, 2007)。ウメの連作障害についても既報(大江ら, 2018)でアレロパシーが関与していると考えられ, 生育阻害物質として熱に安定的なフェノール性物質の関与が示唆されている。

まず, アスパラガスで実用化されている活性炭フロアブルの施用効果をウメで検討した。供試土壌の80%メタノール抽出液は検定植物レタスの生育を阻害したことから(表4), 連作土中に生育阻害物質の存在が示唆されたが, 活性炭フロアブルは新梢伸長, 幹肥大および樹体生育に効果を及ぼさず, 生育阻害軽減につながらなかった。戸谷ら(2014)もナシにおいて, 活性炭フロアブル処理は新梢伸長や樹体生育等における生育阻害軽減につながらないと報告している。活性炭は材料, 賦活条件等により孔径の大きさが異なり, 吸着される物質が異なる(西原・元木, 2009)ことから, 活性炭フロアブルに使われているヤシガラ系活性炭にはウメやナシの連作障害の原因となる生育阻害物質に対する吸着性が低いものと判断された。そこで次に, ウメの連作障害軽減に有効な活性炭を探索することとし, レタスの幼植物体を用いて連作障害軽減作用の検定を行った。すると, いくつかの木質系活性炭とヤシガラ系活性炭でレタスの生育阻害軽減効果が認められた。また, 一部の木質系活性炭は, フェノール性物質を吸着する試薬のPPVPと同等にウメ根に含まれるフェノール性物質を吸着し, 実際に連作土へ混和することでウメ実生苗や幼木の生育を改善した。よって, ウメの連作障害に対するフェノール性物質の関与が改めて示され, ウメ連作障害対策用の活性炭はフェノール性物質吸着性が高いものを用いる必要があると考えられた。

次に、生育阻害軽減作用が安定して確認された M-1 と同質で、同様のフェノール性物質吸着性能や生育改善効果を有し流通量や価格の点で実用化しやすい M-5 を使用して生育阻害低減に最適な混和量を検討した。その結果、ポット試験では新土、連作土ともに 3% (DW/V) までは混和量が多いほど幹肥大、新梢伸長、地上部生育が優れる傾向であった一方、実際の連作ほ場では 1% と 3% 混和で差がなかった。ポット植栽樹とほ場植栽樹で違いがみられた要因として、ポット栽培では根域が制限されているため、生育阻害物質の影響を受けやすく、活性炭の効果がでやすかったのかもしれない。いずれも、1% の混和で生育が改善されたことから、コストを考慮すると混和割合は 1% が適当であると判断された。

以上のことから、ウメの連作障害の軽減に木質系活性炭の土壌混和が有効であることが明らかとなった。本研究を踏まえ、和歌山・堀田 (2011) はウメで選抜した木質系活性炭をモモに用いたところ、活性炭混和だけでは連作障害軽減に効果がないものの、土壌消毒との併用処理により有効であることを報告している。よって今後は、ウメにおいても本活性炭と土壌消毒との併用を検討することで、より連作土における生育を改善できる可能性があるため、さらなる研究が必要がある。

摘 要

本試験ではウメの連作障害対策技術を開発する一環として、ウメの生育阻害性低減に効果が高い活性炭の選抜と連作土壌での効果を検討した。

- 1) ウメ園土壌を用いて幼植物による検定を行ったところ、いくつかの木質系活性炭とヤシガラ系活性炭で生育阻害軽減効果が認められた。
- 2) 選抜した活性炭を用いてウメ苗木で複数回にわたり有効性の検討を行ったところ、木質系活性炭 M-1 で安定した効果が確認され、根に含まれるフェノール性物質の吸着能が高いことからウメ連作障害に有効な活性炭として選抜した。
- 3) M-1 と同質で実用化しやすい M-5 を用いて活性炭の混和量を検討した結果、ポット試験では 3% (DW/V) で生育が優れたが、実際の連作ほ場では 1% と 3% 混和で差がなかったことから、コストも考慮すると混和量は 1% が適当であると判断された。

活性炭の選抜および効果試験を行うにあたり、活性炭のご提供および試験へのご助言をいただいた味の素ファインテクノ(株)の平田武氏に感謝の意を表します。

引用文献

- Asao, T., H. Kitazawa, T. Ban, M. H. R. Pramanik, Y. Matsui and T. Hosoki. 2004. Search of autotoxic substances in some leaf vegetables. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 247-249.
- 浅尾俊樹・北澤裕明・細木高志・藤本 弦. 2003a. 水耕培養液非更新および活性炭添加がイチゴの生育および収量に及ぼす影響. 園学雑. 72 (別 2) : 398.
- 浅尾俊樹・北澤裕明・鷺津和彦・細木高志・藤本 弦. 2003b. 水耕培養液非更新および活性炭添加がマメ類の生育および収量に及ぼす影響. 園学雑. 72 (別 1) : 255.
- Asao, T., H. Kitazawa, S. Motoki, Y. Hashimoto and T. Ban. 2007. Amelioration of autotoxic

- soil constraints to lettuce and mat-rush growths by activated charcoals. *Environ. Control Biol.* 45: 33-38.
- 浅尾俊樹・大場友美子・富田浩平・太田勝巳・細木高志. 1999a. 水耕栽培キュウリの溶存酸素濃度を異にする培地への活性炭添加が植物体の生育と収穫果実数に及ぼす影響. *園学雑.* 68: 1194-1196.
- 浅尾俊樹・Md. H. R. Pramanik・富田浩平・大場友美子・太田勝巳・細木高志・松井佳久. 1999b. 水耕キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響. *園学雑.* 68: 847-853.
- 浅尾俊樹・谷口久美子・富田浩平・細木高志. 2001. 葉菜類の養液栽培における自家中毒の発生とその種間差異. *園学雑.* 70: 519-521.
- 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志・伊藤憲弘・植田尚文. 1998. 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復. *園学雑.* 67: 99-105.
- 藤井義晴. 1994. アレロパシー検定法の確立とムクナに含まれる作用物質 L-DOPA の機能. *農環研報.* 10: 115-218.
- 藤井義晴. 2000. アレロパシー. pp. 23-33, 187-189. 農文協. 東京.
- Fukuhara, K., K. Shimizu and I. Kubo. 2004. Arudonine, an allelopathic steroidal glycoalkaloid from the root bark of *Solanum arundo* Mrttei. *Phytochemistry* 65: 1283-1286.
- Gur, A. and Y. Cohen. 1988. Causes of soil sickness in replanted peaches: 1. The role of cyanogenesis in peach soil sickness. *Acta Hort.* 233: 25-31.
- 服部眞幸・平舘俊太郎・荒谷 博・西原英治・藤井義晴. 2004. 主要な在来・帰化およびブラジル産雑草のアレロパシー活性のプラントボックス法による検定. *雑草研究.* 49: 169-183.
- 平野 暁. 1977. 作物の連作障害. pp. 31-32, 87-89, 101-108. 農文協. 東京.
- Kato-Noguchi, H. 2003. Isolation and identification of an allelopathic substance in *Pisum sativum*. *Phytochemistry* 62: 1441-1444.
- 牧 浩之・渡辺和彦・藤井義晴. 2004. 改良型プラントボックス法によるムクナの他感作用の活性炭による軽減. *土肥誌.* 75: 697-700.
- 水谷房雄. 1979. モモのいや地に関する研究 (第 2 報) 根に含まれる生育抑制物質としての縮合性タンニンについて. *園学雑.* 48: 279-287.
- Mizutani, F., R. Hirota and K. Kadoya. 1988. Growth inhibiting substances from peach roots and their possible involvement in peach replant problems. *Acta Hort.* 233: 37-43.
- Motoki, S., T. Hattori, I. Suzumura, T. Ozawa, K. Komatsu and M. Tsukada. 2004. Reduction of the allelopathic effect on asparagus by the flowable agent of activated carbon. *Bul. Nagano Veg. Orn. Exp. Sta.* 12: 31-36.
- 元木 悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006a. 新規に開発した手法を利用したアスパラガス根圏土壌のアレロパシー活性測定. *園学研.* 5: 443-446.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温. 2006b. アスパラガス連作障害のアレロパシー回避における活性炭の利用. *園学研.* 5: 437-442.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・篠原 温. 2006c. 沖積土壌におけるアスパラガスの連作障害に対するアレロパシーの関与. *園学研.* 5: 431-436.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・久徳康史・上原敬義・矢ヶ崎和弘・酒井浩晃・重盛 勲. 2012. マ

- メ類連作圃場における活性炭施用がダイズの生育および収量性に及ぼす影響. 日作紀. 81: 77-82.
- 元木 悟・西原英治・高橋直志・Hermann Limbers・篠原 温. 2007. 育苗時の活性炭添加によるアレロパシー軽減効果. 園学研. 6: 603-609.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技术—. pp. 21-28, 42-47, 61-63, 129-135. 農文協. 東京.
- 西原英治・高橋 聡・平田 武・中野太佳司. 2006. ソラマメのいや地現象（アレロパシー）回避に向けた活性炭利用. 園学雑. 75（別2）: 569.
- 大江孝明・岩尾和哉・細平正人・菅井晴雄. 2003. ウメ‘南高’幼木の成長に及ぼす根含有成分の影響. 和歌山県農林水技セ研報. 4: 23-32.
- 大江孝明・城村徳明・岡室美絵子・西原英治. 2018. ウメの連作障害に関する研究（第1報）ウメ連作土壌および根含有成分の生育阻害作用の評価. 和歌山県農林水研報. 6: 51-59.
- Ohigashi, H., S. Minami, H. Fukui, K. Koshimizu, F. Mizutani, A. Sugiura and T. Tomana. 1982. Flavanols, as plant growth inhibitors from roots of peach, *Prunus persica* Batsh. cv. 'Hakuto'. Agric. Biol. Chem. 46: 2555-2561.
- 田中福代. 2002. 水田への麦わら施用に伴う芳香族カルボン酸の生成と水稻の生育抑制機構に関する研究. 九州沖縄農研セ報. 40: 33-78.
- 戸谷智明・加藤 修・藤井義晴. 2014. ニホンナシ改植における客土のいや地現象軽減効果およびマルチ処理の併用による若木生育促進効果. 園学研. 13: 229-234.
- 土屋一成. 1990. 野菜作におけるアレロパシーの諸問題. 農及園. 65: 9-16.
- 和中 学・堀田宗幹. 2011. 活性炭および土壌消毒処理によるモモの連作障害軽減効果. 和歌山県農林水技セ研報. 12: 33-44.

ウメの連作障害に関する研究 (第3報) ウメ連作土に対する土壌消毒, 活性炭混和並びに それらの併用処理がウメ幼木の生育に及ぼす効果

大江孝明¹・下 博圭^{1,3}・武田知明^{1,4}・城村徳明¹・和中 学²

¹和歌山県果樹試験場うめ研究所

²和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Studies on Replant Failure of Japanese Apricot Tree

III. Effect of Soil Disinfection, Mixture of Activated Carbon and Their Combination on the Growth of Young Japanese Apricot Trees Planted in Continuous Cropping Soil

Takaaki Oe¹, Hiroyoshi Shimo^{1,3}, Tomoaki Takeda^{1,4}, Noriaki Jomura¹ and Manabu Wanaka²

¹Laboratory of Japanese Apricot, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

²Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

ウメの経済樹齢は25年程度とされており、産地では改植が進められているが、その際に連作障害が問題となる。その要因として連作障害の発生しやすいモモでは、生育阻害物質の関与が明らかにされている (Gur and Cohen, 1988; 平野, 1977; 水谷, 1979; Mizutani et al., 1988; Ohigashi, 1982)。そこで既報では、ウメ‘南高’の樹体にも青酸配糖体が含まれていることを確認するとともに、根域に他のウメ樹の根やその水抽出液が存在すると、夏季の葉中窒素含有率が低くなり、樹体生育が抑制されること、青酸配糖体の1種のアミグダリンやその分解物の安息香酸を根域に与えると、樹体成長が抑制されることを明らかにした (大江ら, 2003)。また、実際のウメ連作土壌が生育阻害性を有することを明らかにするとともに、生育阻害要因としてフェノール性物質が関与することを示した (大江ら, 2018)。さらに、アスパラガスでは実際の栽培ほ場において活性炭の土壌処理が生育阻害の軽減に有効であることが確認されていることから (Motoki et al., 2004; 西原・元木, 2009)、ウメ根および連作土壌の生育阻害性低減に効果が高い活性炭を選抜し、選抜した活性炭の実際のウメ連作ほ場での効果を確認した (大江ら, 2019)。一方、和中・堀田 (2011) はモモの苗木植え付け時において、薬剤による土壌消毒と大江ら (2019) がウメで選抜した活性炭の混和の併用処理が連作障害軽減に有効であることを報告している。すなわち、モモの連作障害には細見・内山 (1998) のイチジクでの報告と同様、土壌微生物の関与が示唆される。加えて和中ら (2016) は、土壌微生物の防除に有効な低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒法 (浅野・渡辺, 2012; 小原, 2008; 桑原ら, 2011; 門馬, 2011; 大森・横田, 2018) と活性炭混和の併用処理がモモの連作障害軽減に有効であることを報告している。ウメにおいて連作障害と土壌微生物との関係を調べた報告はほとんど

³現在: 和歌山県総務部総務管理局財政課

⁴現在: 和歌山県果樹試験場

どなく、活性炭混和に土壤消毒を組み合わせることで生育がさらに促進されれば、一層の収益性向上につながると思われる。

そこで本試験では、各種土壤消毒と定植前の活性炭混和の併用処理がウメの連作障害軽減に対する効果を検討した。

材料および方法

1. 連作土を充填したポットにおける土壤消毒、活性炭混和並びにそれらの併用処理の効果（試験1）

2009年12月にうめ研究所内（褐色森林土）植栽の樹勢が低下した33年生‘南高’樹の根域土壤（以下、連作土）を採取して堆積し、その一部をクロルピクリン・D-Dくん蒸剤（三井化学製）により約30cm間隔で約9ml灌注し土壤消毒した。土壤消毒をした区、しない区それぞれについて、既報（大江ら、2018）でウメ連作障害軽減に有効な資材として選抜した木質系活性炭MおよびMと同質で幼植物検定での生育改善効果を確認した木質系活性炭Sを1%（DW/V）混和する区としない区を設置した（表1）。また、園地周辺のウメを栽培していない土壤（以下、新土）を採取し、新土区とした。2010年1月26日に各土壤を25Lポットに入れ、1年生‘南高’苗を平均幹径が各区とも同じになるように仕分けをしたうえで各区5反復で定植した。施肥は定植時に肥効調節型肥料（180日タイプ：40日タイプ=1：1）を各樹360g施用し、野外で育成した。2010年5～6月に新梢伸長停止率（10cm以上の新梢を対象）を、定植前の2009

年12月および試験終了時の2010年10月に幹径を調査するとともに、10月17日に樹体を掘り上げ、葉を除いた新梢、主幹、根幹および太根（直径2mm以上）および細根（直径2mm以下）の各器官に分けた。総新梢長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて器官別乾物重を測定した。

表1 試験1における各区の処理方法

区	土壤	土壤消毒	活性炭混和
連作	連作土	なし	なし
連作M	連作土	なし	木質系活性炭M
連作S	連作土	なし	木質系活性炭S
連作消毒	連作土	あり	なし
連作消毒M	連作土	あり	木質系活性炭M
連作消毒S	連作土	あり	木質系活性炭S
新土	新土	なし	なし

2. 連作ほ場における土壤消毒、活性炭混和並びにそれらの併用処理の効果（試験2）

2009年11月にうめ研究所内植栽の樹勢が低下した33年生‘南高’4樹を掘りあげ抜根した後、その4地点（4反復）で試験を行った。各根域の土壤を重機で均質化し、その一部は試験1と同様、クロルピクリンを30cm間隔で土壤灌注し消毒した。土壤消毒をする区、しない区それぞれについて、植穴容量は約300L（100cm×100cm×深さ30cm）とし、活性炭Sを1%（DW/V）混和する区としない区を設置し、それぞれ連作区、連作活性炭区、連作消毒区および連作消毒活性炭区とした。また、植え穴土壤を新土と入れ替えた客土区も設置した。2009年12月に1年生‘南高’苗を平均幹径が各区ともほぼ同じになるように仕分けしたうえで定植し、2010年1月26日に肥効調節型肥料（180日タイプ：40日タイプ=1：1）を各樹360g施用した。2010年5～6月に新梢伸長停止率（10cm以上の新梢を対象）を、定植時の2009年12月および試験終了直前の2010年10月に幹径を調査するとともに、2010年10月25日～11月4日に樹体を掘り上げ、葉を除いた新梢、主幹、根幹および根の各器官に分けた。総新梢長を測定するとともに、80℃で3日以上乾燥させて器官別乾物重を測定した。なお、試験した4地点での連作区の生育が大きく異なったため、各地点の連作区を100とした指数で各調査項目とも比較した。

3. 土壤還元消毒がウメ幼木の生育に及ぼす効果 (試験 3)

2012年10月9日に非透水性のコンテナ(容量約33L)に灰色低地土および褐色森林土を充填し, 水区は水道水, エタノール区は1.5%エタノール溶液(日本アルコール産業製エコロジアルを希釈), 調味廃液AおよびB区は和歌山県田辺市の梅干し加工業者から得た, 梅干し製造時に排出される2種の梅調味廃液AおよびBで湿潤状態とし, コンテナごと厚さ0.05mmのポリ塩化ビニル(以下ビニル)で被覆した. なお, 各区1反復とし, 梅調味廃液は1.5%エタノールの炭素含量と同等となるように調味廃液Aは11.8倍, 調味廃液Bは8.9倍に希釈して処理した. うめ研究所内ハウスに放置し, 処理11日後まで経時的にpH・ORPメーター(D-52, 堀場製作所)により酸化還元電位を測定した. この測定は, 測定直前にビニルに電極挿入口を空け, 測定直後にビニル用補修テープで挿入口を塞いで行った.

また, 2012年8月にうめ研究所内植栽の樹勢が低下した36年生‘南高’4樹を掘りあげ抜根した後, 各根域の土壤を重機で均質化した. その跡地において2012年8月30日(処理後1週間の平均気温25.5℃)および10月9日(同22.4℃)に, 先述と同様に1.5%エタノール溶液, 調味廃液AおよびB区を設置し, それぞれ約80L/m²の割合で灌注機により土壤灌注した. 加えて, 定植前の11月にクロロピクリン錠剤(南海化学製)を30cm間隔で深さ20cmに埋め込み, 灌水して処理する薬剤区も設置した. これらの4区は処理後直ちにビニルで被覆した. なお, 先述と同様に1.5%エタノール溶液, 調味廃液AおよびB区は処理7または13日後まで経時的に1区3カ所(被覆した中央付近)で酸化還元電位を測定した. また, 対照として裸地でも酸化還元電位を測定した. 定植5日前にビニルを除去し, 約200L(80×80×深さ30cm)の植穴容量で活性炭Sを1%(DW/V)混和し, 2013年1月11日に2年生‘南高’を平均幹径が各区とも同じになるように仕分けしたうえで各区5樹定植した. また, 溶液, 薬剤を処理せず活性炭も無添加とする無処理区も設定し, 定植時に各樹表層に肥効調節型肥料(180日タイプ:40日タイプ=1:1)を2kg施用した. 2013年10月28~29日に樹体を掘り上げ, 幹径, 総新梢長および器官別乾物重を調査した.

さらに, 2013年2月にウメ未植栽の灰色低地土をうめ研究所内に高さ70cmで積み上げ, 表層から深さ30cm程度まで切断したウメの根を埋設して放置した. 8月に埋設した根を取り除き, 8月29日に2012年の試験と同様, エタノール区(灌注量約70L/m²)および調味廃液A区(灌注量約50L/m²)を設置するとともに, 田川ら(2014)がアスパラガスの連作障害対策で報告している太陽熱消毒区を設置した. すなわち, 水道水を70L/m²灌注し厚さ0.1mmのビニルで被覆する区を太陽熱消毒区とした. 2014年1月にビニルを除去し, 活性炭を混和せず1月29日に1年生‘南高’を各区4~5樹定植し, 各樹表層に肥効調節型肥料(180日タイプ:40日タイプ=1:1)を720g施用した. 11月5日に樹体を掘り上げ, 幹径, 総新梢長および器官別乾物重を調査した.

結 果

1. 連作土を充填したポットに定植の幼木における土壤消毒, 活性炭混和並びにそれらの併用処理の効果 (試験 1)

ポット植栽樹での生育について, 新梢伸長停止率は, 連作消毒S区, 連作消毒M区, 連作S区の順に低く推移した(表2). 試験終了時点の総新梢長は, 連作区に比べて連作消毒S区, 連作消毒M区が長く, 他の区も長い傾向であった. 幹径は, 連作区に比べて連作消毒S区, 連作消毒M区が大きく, 連作消毒区, 新土区および連作S区が大きい傾向であった. 解体時の乾物重は, 連作区に比

べて地上部、地下部ともに薬剤消毒したすべての区が大きく、地下部のみでは新土区が大きかった（表3）。全体では連作区に比べて薬剤消毒したすべての区および新土区が大きく、連作M区および連作S区が大きい傾向であった。各項目とも、活性炭SとMの違いによる生育差はなかった。

表2 連作土に対する薬剤消毒および活性炭の混和とポット植栽樹の新梢伸長および幹肥大（2010）^z

	新梢伸長停止率（%） ^y						総新梢長 (cm)	幹径 ^x (mm)
	5/12	5/19	5/26	6/2	6/9	6/16		
連作	93	99	100	100	100	100	615 ± 95 ^w c ^y	13.1 ± 0.4 c
連作M	62	80	89	89	89	90	959 ± 169 abc	14.2 ± 0.9 c
連作S	52	72	78	78	78	78	1008 ± 125 abc	14.9 ± 0.8 bc
連作消毒	38	87	93	93	93	93	1272 ± 181 ab	17.1 ± 0.3 abc
連作消毒M	11	39	48	55	55	62	1489 ± 103 a	18.5 ± 0.2 a
連作消毒S	28	39	40	40	44	60	1492 ± 190 a	19.0 ± 0.5 a
新土	91	96	97	97	97	98	872 ± 99 bc	15.5 ± 0.5 c

^z活性炭の混和割合は1% (DW/V)

^y10cm以上の新梢を対象

^x試験終了時の2010年10月に調査

^w平均値±標準誤差 (n=5)

^yTukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを示す

表3 連作土に対する薬剤消毒および活性炭の混和とポット植栽樹の器官別乾物重（2010）^z

	器官別乾物重 (g)							
	新梢	主幹	根幹	細根 ^y	太根 ^y	地上部	地下部	全体
連作	35 d ^x	37 c	34 c	19 c	24 b	72 d	77 c	149 ± 15 ^w d
連作M	61 cd	40 c	40 bc	26 bc	35 ab	101 d	100 bc	201 ± 40 cd
連作S	75 cd	46 bc	37 bc	27 bc	36 ab	121 cd	100 bc	221 ± 36 bcd
連作消毒	111 bc	61 ab	63 a	39 abc	55 a	172 bc	157 ab	329 ± 21 ab
連作消毒M	162 ab	74 a	67 a	49 a	49 a	237 ab	165 a	402 ± 18 a
連作消毒S	180 a	78 a	70 a	51 a	55 a	257 a	177 a	434 ± 31 a
新土	68 cd	54 bc	56 ab	44 ab	51 a	122 cd	152 ab	273 ± 12 bc

^z活性炭の混和割合は1% (DW/V)

^y細根は直径0.2cm以下、太根0.2cm以上

^xTukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを示す

^w平均値±標準誤差 (n=5)

2. 連作ほ場に定植した幼木に対する土壌消毒、活性炭混和並びにそれらの併用処理の効果（試験2）

連作ほ場植栽樹の生育について、新梢伸長停止率は、連作消毒活性炭区、連作消毒区、連作活性

表4 連作ほ場での根域に対する薬剤消毒および活性炭の混和と新梢伸長および幹肥大（2010）^z

	新梢伸長停止率（%） ^y							新梢伸長指数 ^y	幹径指数 ^y
	5/12	5/20	5/26	6/3	6/9	6/17	6/28		
連作	43	51	53	55	55	63	72	100	100
連作活性炭	34	35	38	38	39	50	60	134 ± 22 ^x	105 ± 6 ^x
連作消毒	21	21	24	25	26	51	54	159 ± 36	116 ± 8
連作消毒活性炭	3	3	3	3	6	35	49	164 ± 41	127 ± 9
客土	13	24	26	36	36	63	67	154 ± 35	122 ± 9
有意性 ^w	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns

^z活性炭の混和割合は1% (DW/V)

^y各定植場所の連作区の総新梢長および幹径を100とした指数

^x平均値±標準誤差 (n=4)

^wTukeyの多重検定によりnsは連作区を除く各区間に有意差がないことを示す

炭区の順に低く推移した(表4)。新梢伸長指数は連作土区に比べて他区が大きい傾向であり, 連作区以外の各区間に顕著な差はなかった。試験終了時の幹径指数は, 連作区に比べて連作消毒区, 連作消毒活性炭区および客土区が大きい傾向であった。解体時の乾物重指数は, 地上部, 地下部および全体ともに連作区に比べて他区が大きい傾向であり, 地上部では連作消毒活性炭区が連作活性炭区よりも大きい傾向であった(表5)。

表5 連作ほ場での根域に対する薬剤消毒および活性炭の混和と樹体生育(2010)²

	乾物重指数 ^y		
	地上部	地下部	全体
連作	100	100	100
連作活性炭	147 ± 26 ^x	144 ± 9	146 ± 19
連作消毒	176 ± 44	140 ± 38	162 ± 41
連作消毒活性炭	240 ± 61	186 ± 51	218 ± 57
客土	171 ± 42	174 ± 41	172 ± 39
有意性 ^w	ns	ns	ns

²活性炭の混和割合は1% (DW/V)

^y各定植場所の連作区の樹体乾物重を100とした指数

^x平均値±標準誤差 (n=4)

^wTukeyの多重検定によりnsは連作区を除く各区間に有意差がないことを示す

3. 土壤還元消毒がウメ幼木の生育に及ぼす効果(試験3)

コンテナ入り土壌における酸化還元電位は, 褐色森林土では水区が緩やかに低下した後, 上昇傾向を示した(図1左)。エタノール区, 調味廃液AおよびB区は処理6日以後, 水区よりも酸化還元電位が低く推移した。灰色低地土では, 水区は酸化還元電位が緩やかに低下し, エタノール区, 調味廃液A区および調味廃液B区は水区よりも酸化還元電位が低く推移した(図1右)。

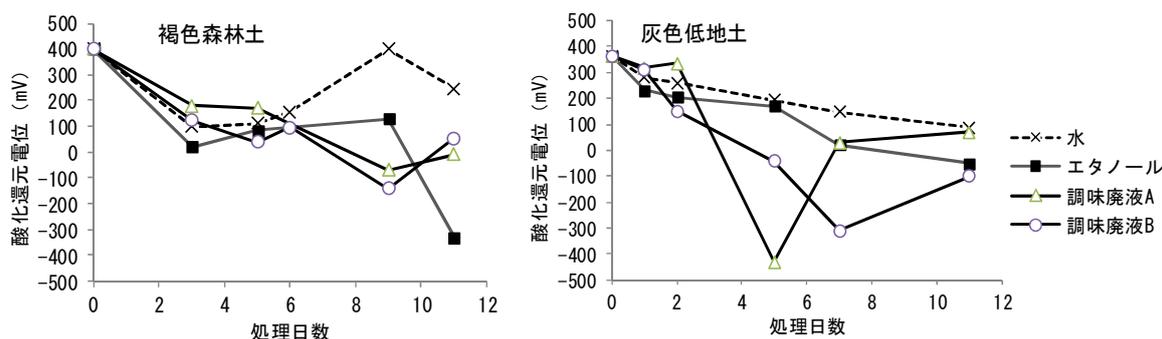


図1 コンテナ入り各土壌への各種液体の添加と酸化還元電位の推移(2012)

連作ほ場(褐色森林土)における酸化還元電位は, 8月処理ではエタノール区, 調味廃液AおよびB区が無処理区に比べて低く推移した(図2左)。10月処理では調味廃液AおよびB区は無処理区に比べてやや低く推移したが, 8月処理に比べてその差は小さかった(図2右)。エタノール区は, 8

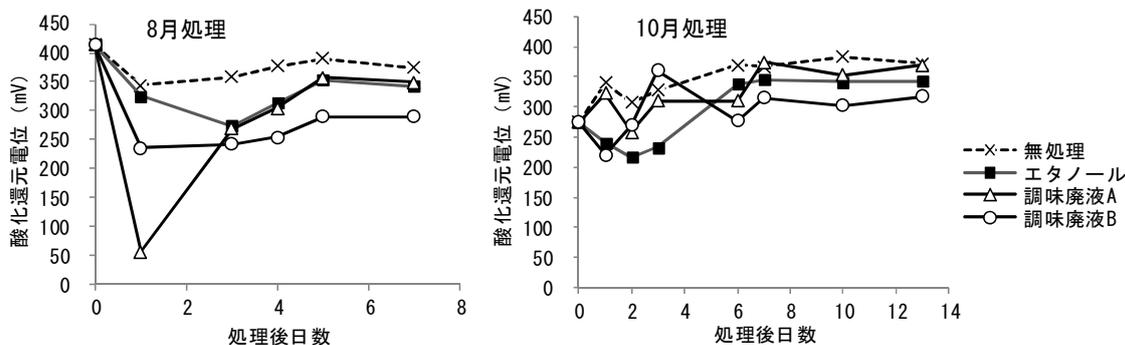


図2 連作ほ場(褐色森林土)での各種液体の添加と酸化還元電位の推移(2012)

月処理と同程度にまで低下し、無処理区に比べて低く推移した。なお、両処理時期ともに土壌が還元状態となった際に起こる灰緑色化や特有の臭気が認められた（データ略）。幹径肥大指数は8月処理、10月処理ともに、無処理区に比べて調味廃液A区、調味廃液B区、薬剤区およびエタノール区が大きい傾向であった（表6）。樹体乾物重は地上部では8月処理、10月処理ともに、調味廃液A区および薬剤区が無処理区に比べて重かった（表7）。全体の乾物重は8月処理では、無処理区に比べて調味廃液A区および薬剤区が重く、エタノール区および調味廃液B区が重い傾向であった。10月処理では、エタノール区、調味廃液A区および薬剤区が無処理区に比べて重い傾向であった。

表6 連作ほ場（褐色森林土）への各種処理と幹肥大（2013）^z

	幹径肥大指数 ^y	
	8月処理	10月処理
エタノール	148 ± 8 ^w ab	153 ± 9
調味廃液A	153 ± 5 a	158 ± 7
調味廃液B	152 ± 9 a	148 ± 10
薬剤	151 ± 10 a	161 ± 7
無処理	116 ± 8 b	132 ± 6
有意性 ^x	*	ns

^z無処理区以外は活性炭を1% (DW/V) 混和^y定植時の幹径を100とした指数^xTukeyの多重検定により*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す^w平均値±標準誤差 (n=5)表7 連作土（褐色森林土）への各種処理と器官別乾物重（2013）^z

	器官別乾物重 (g)					
	8月処理			10月処理		
	地上部	地下部	全体	地上部	地下部	全体
エタノール	640 ab	398	1038 ± 164 ^y ab	677 ab	452	1128 ± 163
調味廃液A	759 a	447	1206 ± 166 a	755 a	490	1245 ± 185
調味廃液B	698 a	411	1109 ± 147 ab	585 ab	366	951 ± 157
薬剤	708 a	436	1144 ± 220 a	776 a	481	1257 ± 101
無処理	246 b	195	441 ± 108 b	400 b	331	731 ± 91
有意性 ^x	*	ns	*	*	ns	ns

^z無処理区以外は活性炭を1% (DW/V) 混和^y平均値±標準誤差 (n=5)^xTukeyの多重検定により*は5%水準で異符号間に有意差があること、nsは有意差がないことを示す

ウメ根混和後除去した灰色低地土について、幹径肥大指数は各区間に差がなかった（表8）。総新梢長は調味廃液A区が無処理区に比べて長い傾向であった。樹体乾物重は全体でエタノール区および調味廃液A区が無処理区に比べて重い傾向であった（表9）。

表8 連作土（灰色低地土）への各種処理と幹肥大および新梢伸長（2014）

	幹径肥大指数 ^z	総新梢長 (cm)
エタノール	247 ± 10 ^y	1794 ± 145
調味廃液A	260 ± 13	2195 ± 237
太陽熱消毒	244 ± 13	1560 ± 162
無処理	235 ± 17	1692 ± 164
有意性 ^x	ns	ns

^z定植時の幹径を100とした指数^y平均値±標準誤差 (n=4-5)^xTukey-Kramerの多重検定によりnsは有意差がないことを示す

表9 連作土（灰色低地土）への各種処理と樹体乾物重（2014）

	器官別乾物重 (g)		
	地上部	地下部	全体計
エタノール	737	380	1117 ± 44 ^z
調味廃液A	770	442	1212 ± 124
太陽熱消毒	573	460	1033 ± 117
無処理	539	386	926 ± 125
有意性 ^y	ns	ns	ns

^z平均値±標準誤差 (n=4-5)^yTukey-Kramerの多重検定によりnsは有意差がないことを示す

考 察

和歌山県ではウメ樹の老木化に伴い改植が進められているが、一部で連作障害と思われる樹体の生育低下が見受けられる。筆者らは既報（大江ら，2019）において、ある種の木質系活性炭の1%混和が連作障害低減に有効であることを報告した。一方で和中・堀田（2011）は、モモ改植時の薬剤による土壤消毒とウメで選抜した種類の活性炭混和との併用処理が連作障害軽減に有効であると報告している。そこで、本試験でウメにおいても薬剤による土壤消毒と活性炭混和の併用処理効果を調査したところ、ポット試験および連作ほ場での試験ともに、土壤消毒にも活性炭の1%混和と同等の生育改善効果が確認され、それらの併用処理によりさらに連作障害軽減効果が高まることが確認された。先述のモモでは、ポット試験においては活性炭1%混和または土壤消毒単独で生育が改善するものの、実際の連作ほ場においてはそれら単独での効果は認められず、土壤消毒と活性炭混和の併用処理でのみ生育が促進されたとしており、この点はウメとは異なった。

一方、供試した土壤消毒剤はウメでの登録がなく、技術の実用化が難しいことから、次に別の土壤消毒法を検討することとした。土壤消毒法として連作障害低減を目的に、熱水消毒（北ら，2010；和中ら，2012）、湛水太陽熱処理（田川ら，2014）等が報告されているが、ここでは和中ら（2016）がモモで効果を報告している低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒法のウメでの効果を検討した。低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒法とは、エタノールの炭素を基質として微生物が増殖する際、土壤中の酸素が消費されて酸素濃度が下がり還元状態となることで、殺菌作用のある酢酸等の有機酸の生成や金属イオンの遊離が起り、病原菌が減少するものである（片瀬・牛尾，2010；小原，2008；門馬，2011）。このことから、エタノールの代替資材として、梅干し製造時に産業廃棄物として排出される調味廃液が含有する糖類やアミノ酸などの炭素を基質として利用することを併せて検討した。

和中ら（2016）はモモ2代畑の残根を除去した跡地において、8月中旬の1%エタノール溶液による土壤還元消毒と活性炭混和处理の併用により連作障害低減効果があったと報告している。また、モモ3代畑の跡地で8月17日、9月3日、9月24日の時期別に1.5%エタノール溶液による土壤還元消毒を行い活性炭を混和したところ、消毒時期が早いほどモモ幼苗の生育は総新梢長が長く、地上部、地下部の乾物重が重い傾向であったと報告している。さらに、地温の高い時期の処理が有効であることを報告している。これらを参考にエタノール濃度を1.5%に設定し、処理時期を気温の高い8月と気温の低下した10月として褐色森林土植栽のウメでの試験を行ったところ、10月の非透水条件下では、1.5%エタノールやそれと同等量の炭素を含む梅調味廃液の土壤への添加により酸化還元電位が還元状態まで低下し、これらは還元消毒用資材として利用できる可能性が示された。実際の園地（透水条件下）での効果を調査したところ、8月および10月の処理ともに測定時の酸化還元電位は還元状態まで低下していなかったが、土壤が還元状態となった際に起こる灰緑色化や特有の臭気が認められ、活性炭混和と併用処理をすることで薬剤消毒との併用処理と同等の生育改善効果が認められた。また、効果は劣るものの、灰色低地土で活性炭を混和しない場合でも還元土壤消毒による生育改善効果が確認された。なお、田川ら（2014）は湛水太陽熱消毒がアスパラガス連作ほ場においてアレロパシー物質の作土からの除去と病原菌の殺菌により生育改善効果を示すことを報告しているが、本試験のウメでは生育改善効果はみられなかった。この要因として、アスパラガスとウメでは生育阻害軽減に有効な活性炭の種類が異なることから（大江ら，2019）、生育阻害物質

の違いが一因と考えられた。また、田川ら（2014）は3回の湛水処理を行っており、その回数の違いも一因と考えられた。

以上のことから、活性炭の1%混和に土壌消毒を組み合わせることで、より連作障害低減につながる事が明らかとなった。また、低濃度エタノール溶液による夏秋季の土壌還元消毒と活性炭混和との併用処理は薬剤消毒と活性炭混和との併用処理と同様、ウメの連作障害低減に有効であり、本来は廃棄される調味廃液が低濃度エタノール溶液の代替となる事が明らかとなり、有効活用できる可能性が見出された。活性炭は主に工業に用いられるため高い均質性を備えており高価となるが、連作障害低減用資材としては活性炭ほどの均質性は不要と考えられる。また、和歌山県ウメ産地周辺にはウメの伐採樹やせん定枝、林産廃棄物など未利用の木質資源が豊富にある。よって今後、処理コスト低減や未利用資源活用等を目的に、連作障害低減に有効な木炭の作出も求められる。

摘 要

本試験では土壌消毒と活性炭混和の併用処理がウメの連作障害軽減に対する効果を検討した。

- 1) 薬剤による土壌消毒と活性炭の1%混和を組み合わせることで、それらの単独処理に比べてより連作障害低減につながる事が明らかとなった。
- 2) 登録のない薬剤の代替として、低濃度エタノール溶液による夏秋季の土壌還元消毒と活性炭混和との併用処理を検討したところ、薬剤消毒との併用処理と同様、ウメの連作障害低減に有効である事が明らかとなった。
- 3) 低濃度エタノール溶液の代替として梅干し製造時に排出される調味廃液を検討したところ、利用できる事が明らかとなった。

引用文献

- 浅野雄二・渡辺秀樹. 2012. 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒によるハウレンソウ萎凋病の発病抑制効果. 関西病害虫研報. 54: 115-117.
- Gur, A. and Y. Cohen. 1988. Causes of soil sickness in replanted peaches: 1. The role of cyanogenesis in peach soil sickness. Acta Hort. 233: 25-31.
- 平野 暁. 1977. 作物の連作障害. pp. 31-32, 87-89, 101-108. 農文協. 東京.
- 細見彰洋・内山知二. 1998. イチジクいや地ほ場における生育阻害要因. 園学雑. 67: 44-50.
- 片瀬雅彦・牛尾進吾. 2010. 土壌還元土壌における有機酸の生成と殺線虫効果. 植物防疫. 64: 569-574.
- 北 宜裕・小塚 恵・河田隆弘・北浦健生・窪田一豊. 2010. 熱水処理量がハウレンソウの生育及び収量に及ぼす影響. 神奈川県農技セ研報. 153: 17-22.
- 小原裕三. 2008. 低濃度エタノールによる新規土壌消毒法の開発. 植物防疫. 65: 427-432.
- 桑原克也・高橋まさみ・大堀智也・三木静恵. 2011. 施設キュウリにおける低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒による下層土のネコブセンチュウの防除効果. 関東東山病害虫研報. 58: 85-89.
- 水谷房雄. 1979. モモのいや地に関する研究（第2報）根に含まれる生育抑制物質としての縮合性

- タンニンについて. 園学雑. 48: 279-287.
- Mizutani, F., R. Hirota and K. Kadoya. 1988. Growth inhibiting substances from peach roots and their possible involvement in peach replant problems. *Acta Hort.* 233: 37-43.
- 門馬法明. 2011. 低濃度エタノールによる新規土壌消毒法の開発. *植物防疫.* 65: 486-490.
- Motoki, S., T. Hattori, I. Suzumura, T. Ozawa, K. Komatsu and M. Tsukada. 2004. Reduction of the allelopathic effect on asparagus by the flowable agent of activated carbon. *Bul. Nagano Veg. Orn. Exp. Sta.* 12: 31-36.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技术—. pp. 129-131. 農文協. 東京.
- 大江孝明・岩尾和哉・細平正人・菅井晴雄. 2003. ウメ‘南高’幼木の成長に及ぼす根含有成分の影響. *和歌山県農林水技セ研報.* 4: 23-32.
- 大江孝明・城村徳明・西原英治・水口裕介・岡室美絵子. 2019. ウメの連作障害に関する研究(第2報) ウメ連作土への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響. *和歌山県農林水研報.* 7: 107-118.
- 大江孝明・城村徳明・岡室美絵子・西原英治. 2018. ウメの連作障害に関する研究(第1報) ウメ連作土壌および根含有成分の生育阻害作用の評価. *和歌山県農林水研報.* 6: 51-59.
- Ohigashi, H., S. Minami, H. Fukui, K. Koshimizu, F. Mizutani, A. Sugiura and T. Tomana. 1982. Flavanols, as plant growth inhibitors from roots of peach, *Prunus persica* Batsh. cv. 'Hakuto'. *Agric. Biol. Chem.* 46: 2555-2561.
- 大森誉紀・横田仁子. 2018. 低濃度エタノール土壌還元消毒がファイトフトラ属菌 (*Phytophthora* sp.) 汚染土壌におけるアスパラガス連作障害の回避に及ぼす効果. *土肥誌.* 89: 552-556.
- 田川 愛・柳井洋介・中島寿亀・浦上敦子. 2014. アスパラガス連作障害回避のための太陽熱処理効果の検証. *園学研.* 13: 221-227.
- 和中 学・堀田宗幹. 2011. 活性炭および土壌消毒処理によるモモの連作障害軽減効果. *和歌山県農林水技セ研報.* 12: 33-44.
- 和中 学・堀田宗幹・有田 慎・藤本欣司. 2016. 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒と活性炭の併用処理によるモモの連作障害低減効果. *和歌山県農林水研報.* 4: 65-75.
- 和中 学・中村 仁・杵淵真也. 2012. モモ栽培土壌の高温処理および改植時の土壌の熱水処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響. *園学研.* 11 (別1) : 73.

保存方法がウシ受精卵の融解後の生存性に及ぼす影響

後藤洋人・高田広達・谷口俊仁¹

和歌山県畜産試験場

Effect of the Cryopreservation Method on Survivability of Thawed Bovine Embryo

Hiroto Gotoh, Hirotatsu Takada and Shunji Taniguchi¹

Livestock experiment station of Wakayama prefecture

緒 言

ウシ受精卵(以下 受精卵)を凍結保存する方法であるダイレクト法(Voelkel and Hu, 1992; Dochi et al. , 1995)は, 凍結受精卵融解後に 0.25ml プラスチックストロー(以下 ストロー)外で凍結保護剤を希釈するなどの複雑な作業が必要な従来の方法と異なり, 人工授精と同様の感覚で農家の庭先で凍結受精卵を融解し直接移植できるため, 国内に広く普及している(堂地・今井, 2016). しかし, ダイレクト法で受精卵を凍結保存するには受精卵凍結器(以下 プログラムフリーザー)が必要となるため, 和歌山県のようにプログラムフリーザーを野外で運用できる設備がない地域では農場でダイレクト法による凍結受精卵を作製することが困難である. 現在, 本県では, 農家所有の牛から採卵する場合, 農家に当场まで牛を運搬してもらい場内で採卵・凍結を行っているため, 牛の積み降ろし作業, 運搬, 採卵・凍結中の待機時間(120~180分)などが農家の負担となっている.

また, ガラス化保存(Ishimori et al. , 1993)は高濃度の凍結保護剤を凍結媒液に添加し, 短時間で凍結することで受精卵への障害を抑制する凍結法で, 凍結に液体窒素を用いるためプログラムフリーザーが不要である. しかし, 人工授精やダイレクト法のような庭先融解・直接移植への対応技術が確立されていないことから, 普及性の高いガラス化保存法の開発が望まれている. 一方, プログラムフリーザーが不要という点では, 農場での受精卵凍結に適していると考えられるため, ガラス化保存卵の庭先融解・直接移植でダイレクト法と同程度の受胎率を得ることが可能となれば, 農場で受精卵をガラス化保存することで農家負担軽減に繋がる可能性がある. 農家負担軽減により採卵回数が増えることによって, 受精卵移植実施数の増加につながり, 本県特産品である熊野牛素牛の改良速度向上も期待できる.

そこで, Ishimori らのガラス化保存法(以下 VSED 法)でストロー内でガラス化保存・希釈した受精卵の生存性を, ダイレクト法で保存した受精卵と比較し, 保存方法が受精卵の融解後の生存性に及ぼす影響を検討すると共にストロー内でガラス化保存・希釈した卵を当场牛に移植し受胎性を検討した.

¹現在:和歌山県紀南家畜保健衛生所

材料および方法

試験1 保存方法が受精卵の融解後の生存性に及ぼす影響

1) 供試材料

受精卵は、当场繁養の交雑種雌牛に過剰排卵処置し、人工授精後7日目に回収した後期桑実胚から胚盤胞のA、Bランク卵を用いた。

2) 過剰排卵処置

過剰排卵は任意の性周期の供試牛に対し臍内留置型黄体ホルモン製剤（家畜改良事業団）を臍内挿入し、挿入後3から5日後の朝に酢酸フェルチレリン（インターベツト）を25 μ g筋肉内投与、その3日後の朝に卵胞刺激ホルモン（共立製薬）20AUを皮下単回投与、その2日後の朝、臍内留置型黄体ホルモン製剤を抜去しクロプロステノール（あすかアニマルヘルス）0.75mgを筋肉内投与、さらに2日後の朝、酢酸フェルチレリン25 μ g筋肉内投与し同日夕方に人工授精した。人工授精後7日目に子宮内灌流法により受精卵を採取後、実体顕微鏡下で形態を観察し、正常卵、変性卵および未受精卵に分類した。正常卵についてはさらに変性部位の割合によりAランク、BランクおよびCランクの3段階に分類した。Aランクは変性部位10%以下、Bランクは変性部位10-30%、Cランクは変性部位30-50%とした。

3) 保存方法

(1) ダイレクト法

受精卵は20%子牛血清を加えた修正ダルベッコリン酸緩衝液（以下mPBS（小林，2007））に8.3%エチレングリコールと0.1Mスクロースを添加した溶液で15分間平衡し、ストローに充填した。プログラムフリーザー（富士平工業，ET-1N）の-7 $^{\circ}$ C冷却槽にストローを投入し、2分後に植氷し、8分間保持後、-30 $^{\circ}$ Cまで0.3 $^{\circ}$ C/分で冷却して液体窒素中に保存した。

(2) VSED法

ガラス化保存には0.4%牛血清アルブミン加mPBSを基礎媒液とし25%エチレングリコールと25%ジメチルスルホキシドを添加した溶液〔以下VSED（Vitrification Solution consist of Ethylene glycol and Dimethyl sulfoxide）〕を用いた。ストロー内の希釈液として5%エチレングリコール、0.15Mスクロース、17.4%牛胎子血清を添加したmPBSを用いた。凍結は引田ら（2009）の方法を参考にした。プラスチックシャーレ上の50%VSED小滴（VSEDを基礎媒液で等量希釈、100 μ l）中で受精卵を室温60秒平衡したのち、100%VSED小滴（100 μ l）中に受精卵を移し平衡液を洗浄後、直ちに次の100%VSED小滴（11 μ l）に移した。あらかじめ希釈液とVSED11 μ lを吸引しておいたストローへ小滴ごと受精卵を吸引し、平衡終了から30秒以内に図1の構成のストローを作成した。ストローは液体窒素蒸気中に2分静置してから液体窒素中へ浸漬し保存した。



図1 VSED法のストロー構成

4) 融解方法

(1) ダイレクト法

ストローを液体窒素から取り出し、室温空气中で10秒間保持し、35℃の水中で氷晶が消えるまで融解後、内容をシャーレに取り出し洗浄後培養した。

(2) VSED 法

ストローを液体窒素から取り出し、空气中で10秒間保持後、20℃の水中に静置し氷晶が消えるまで融解した。ストローのシール部を持ち、綿栓部を下にしてストローを振って液層を混和し、ふたたび20℃の水中に綿栓部を上にして垂直に5分間静置後、内容をシャーレに取り出し洗浄後培養した。

5) 融解卵の培養

融解した受精卵は100 μ M β -メルカプトエタノールを添加した20%牛胎子血清加TCM-199(GIBCO)を用いて5%CO₂, 95%空気, 38.5℃, 湿度飽和の気相条件で72時間培養を行った。融解後24時間および72時間の受精卵の生存数, 72時間の脱出胚盤胞数を実体顕微鏡下で観察した。

6) 試験区分

凍結保存せず培養した新鮮卵を陽性対照区とし、ダイレクト法およびVSED法の凍結卵を試験区とした。

7) 試験期間

2015年11月から平成2016年7月に試験を行った。

8) 統計処理

受精卵の生存率および脱出胚盤胞率は χ 二乗検定により解析をおこなった。

試験2 VSED法凍結・融解卵の場内移植試験

1) 供試材料

受精卵は畜産試験場繫養の黒毛和種雌牛に過剰排卵処置し、人工授精後7日目に回収した後期桑実胚から胚盤胞のA, Bランク卵を用いた。過剰排卵処置は試験1と同様に行った。凍結保存, 融解は試験1のVSED法と同様に行った。受卵牛として畜産試験場繫養の交雑種雌牛を供試した。妊否は直腸検査法で判定した。

2) 試験期間

2016年11月から2017年1月に試験を行った。

結 果

試験1

新鮮卵(非凍結卵), ダイレクト法凍結卵とVSED法凍結卵の融解後の24時間生存数, 72時間生存数, 72時間脱出胚盤胞数を表1に示した。各試験区の保存前および融解・培養後の胚の形態の推移を図2に示した。24時間生存率は, 新鮮卵100%(12/12), ダイレクト法86%(12/14), VSED法93%(14/15)で, 陽性対照区および両試験区間で差はなかった。72時間生存率は, 新鮮卵100%(12/12), ダイレクト法79%(11/14), VSED法93%(14/15)で, 陽性対照区および両試験区間で差はなかった。72時間脱出胚盤胞率は, 新鮮卵92%(11/12), ダイレクト法50%(7/14), VSED法73%(11/15)で, 陽性対照区に対しダイレクト法が5%水準で有意に胚盤胞脱出率が低く, 陽性対照区とVSED法および両試験区間で差はなかった。

試験 2

VSED 法凍結卵を当场交雑種雌牛へ延べ 6 回移植し、うち 3 回で受胎した。交雑種雌牛のうち、1 頭は分娩前に事故死したが、2 頭は正常に分娩し子牛も正常に発育した(表 2)。

表 1 保存方法が受精卵の生存性などに及ぼす影響

試験区	供試卵数	24 時間生存数 (%)	72 時間生存数 (%)	72 時間脱出数 (%)
新鮮 (非凍結)	12	12 (100)	12 (100)	11 (92) ^a
ダイレクト法	14	12 (86)	11 (79)	7 (50) ^b
VSED 法	15	14 (93)	14 (93)	11 (73) ^{a, b}

^{a, b}: 異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)

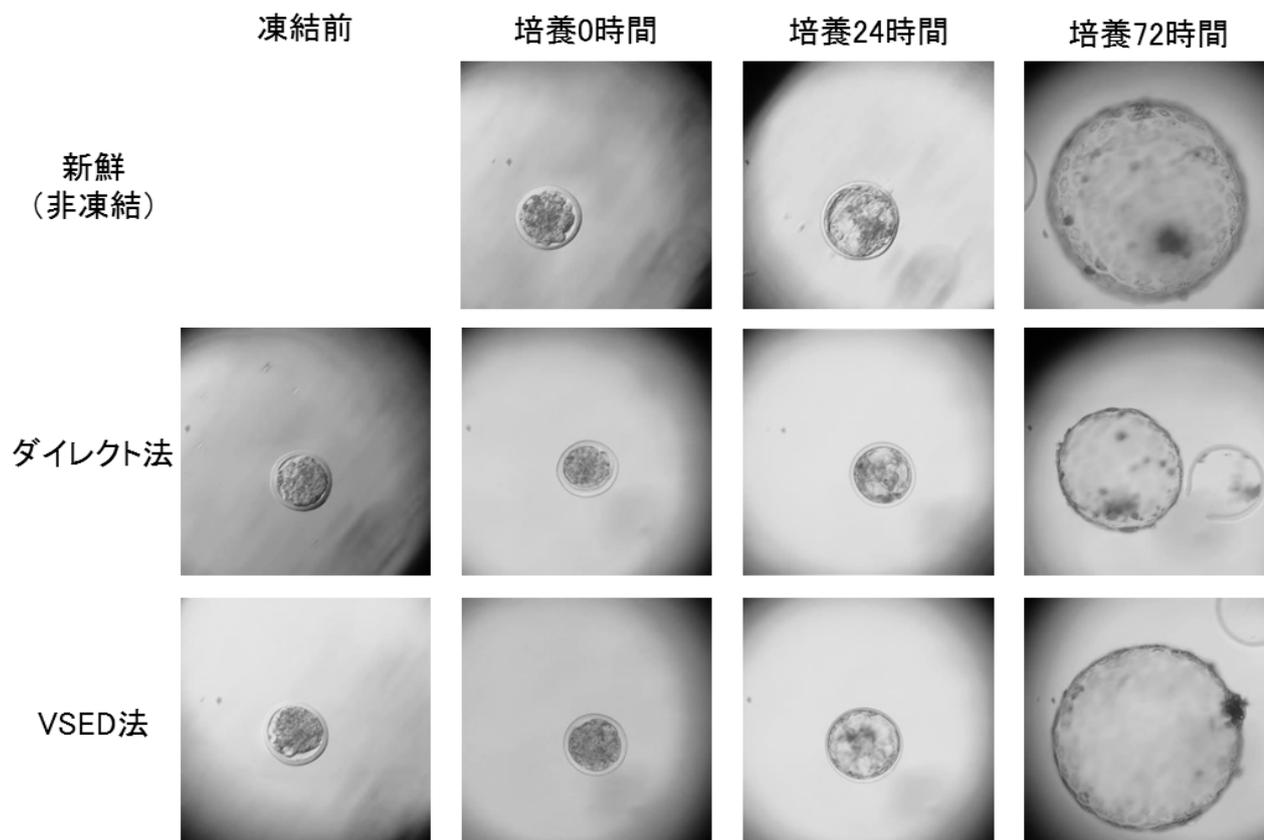


図 2 各試験区の保存前および融解・培養後の胚の形態の推移

表2 VSED 法凍結卵の移植成績

移植 No.	移植年月日	妊否	分娩年月日	産子
1	2016. 11. 10	-		
2	2016. 11. 25	-		
3	2016. 11. 25	+	2017. 8. 31	雄、生時体重 30kg
4	2016. 11. 25	+	(分娩前に事故死)	
5	2016. 12. 28	-		
6	2017. 1. 23	+	2017. 10. 30	雌、生時体重 35kg

考 察

受精卵の凍結保存には、受精卵の脱水と蛋白質の変性抑制のため、受精卵を含む溶液に凍結保護剤が添加される。高張の凍結保護剤を含んだ溶液は、融解時に受精卵へ高浸透圧衝撃を与えるため、かつては融解時に段階希釈による凍結保護剤除去やストローへの再充填など複雑な作業が必要であり、一般普及の障害となっていた(金川ら, 1984)。現在, 国内では, 融解後の凍結保護剤除去の必要がなく, そのまま移植器にセッティングして移植可能なダイレクト法が広く普及しており, 人工授精と同様の感覚で農家の庭先で凍結受精卵を融解し直接移植ができるようになった。しかし, ダイレクト法では, 細胞内の氷晶形成を最小限に抑えるため, 受精卵の凍結にプログラムフリーザーが必要である。高額で大きいプログラムフリーザーを野外で運用するには, 専用車両などさらに高額の設定投資が必要であるため, 現在, 本県では農家の庭先で受精卵を凍結保存することが困難である。

ガラス化保存法の一つである VSED 法は, プログラムフリーザーが不要であること, 凍結に特殊な資材を必要とせず凍結受精卵作製コストが低いこと, 融解から移植までの作業感覚がダイレクト法と近いことなどから, プログラムフリーザーの野外運用が困難で, かつダイレクト法が広く用いられている本県における普及性が高いと考え試験を行った。VSED 法以外にも液体窒素を用いる凍結方法として, GL-Tip 法(Tominaga and Hamada, 2001), オープンプルドストロー法(Vajta ら, 1998), マイクロドロップレット法(Papis ら, 1999), クライオトップ法(Kuwayama ら, 2005)などに代表される超急速ガラス化保存法が存在する。超急速ガラス化法は, 凍結媒液を微量化し凍結時間を短縮することで, 細胞を障害する凍結保護剤の濃度を VSED 法より低くすることが可能だが, 実験室内で顕微鏡を用いての融解およびストロー詰めしたうえで移植に供する手法が一般的であり, 融解後直接受胎牛に移植ができないことが現場普及への弊害となっている。

VSED 法凍結卵は, 培養後 24 時間生存率 93% (14/15), 72 時間生存率 93% (14/15), 72 時間脱出胚盤胞率 73% (11/15)と, ダイレクト法と同等かそれ以上の生存性を示した。また, 場内移植試験で 50% (3/6) の受胎率を示した。現在, 国内の受精卵移植受胎率は, 凍結体内受精卵移植で 45% 程度(大竹, 2018)であり, 野外応用可能な水準の成績であったと言える。他県でも VSED 法で同程度またはそれ以上の受胎率を示したとの報告があり, 高ランク体内受精卵で 86.7% および低ランク体内受精卵で 65.0% (藤井ら, 2009), 性判別受精卵で 40.0% (秋山ら, 2005), 44.0% (小田ら, 2008), 60.0% (小川ら, 2006) などの成績を示しているが, VSED 法の野外応用はいまだ国内普及が進んでいるとは言い難い。VSED 法は平衡終了からストロー充填し凍結するまでの 30 秒間に繊細で素早い作業が要求されるた

め、凍結の失宜で凍結不適卵が発生する可能性があるなど、難度の高い手法であることが一因と考えられる。野外でVSED法で凍結作業することを想定した場合、農家庭先は環境条件が一定でないため、季節・場所や技術者によらず安定して作業可能になるよう準備する必要がある。

また、低ランク受精卵(国際胚移植学会 IETS マニュアルにおけるFairランク)ではダイレクト法よりVSED法の方が受胎率が高い可能性があるとする報告(藤井ら, 2009)もあり、従来のダイレクト法では凍結に適さないとして廃棄されていた低ランク受精卵を、VSED法で有効活用できる可能性もある。

摘 要

ガラス化保存法の一つであるVSED法で凍結したウシ受精卵の融解後に培養した場合の生存性はダイレクト法と同等かそれ以上だった。また、VSED法凍結卵は場内牛への移植試験で50%の受胎率を示した。これにより、プログラムフリーザーなしで県内農家の庭先で凍結受精卵を作製できる可能性が示唆された。

引用文献

- 秋山清. 橋村慎二. 坂上信忠. 中澤慶紀. 岸井誠男. 2005. 牛性判別胚のガラス化保存方法の検討. 神奈川県畜産研究所研究報告. 90 : 11-15
- Dochi, O. K. Imai and H. Takakura. 1995. Birth of calves after direct transfer of thewewd bovine embryos stored frozen in ethyleneglycol. Anim. Reprod. Sci, 38 : 179-185.
- 堂地修. 今井敬. 2016. エチレングリコールを用いた牛胚のダイレクト法の技術開発. 日本胚移植学雑誌. 38 : 23-27
- 藤井陽一. 竹下和久. 引田久美子. 稲吉洋裕. 2009. ガラス化保存したウシ低ランク胚の生存性向上技術の確立. 山口県畜産試験場報告. 24 : 6-10
- 引田久美子. 藤井陽一. 竹下和久. 稲吉洋裕. 2009, ガラス化保存したウシ性判別胚のストロー内希釈法による移植試験. 山口県畜産試験場報告. 24 : 11-14
- Ishimori, H, K. Saeki, M. Inai, Y. Nagao, J. Itasaka, Y. Miki, N. Seike and H. Kainuma. 1993. Vitrification of bovine embryos in a mixture of ethylene glycol and dimethyl sulfoxide. Theriogenology. 40 : 427-433
- 金川弘司. 高橋芳幸. 井上忠恕. 福井豊. 1987. 牛の受精卵(胚)移植. p114
- 小林修司. 2007. ウシ生体卵子吸引・体外受精卵技術マニュアル. pp61-63
- Kuwayama, M. , G. Vajta, O. Kato and SP. Leibo. 2005. Highly efficient vitrification method for cryopresevation of human oocytes. Reproductive BioMedicine Online . 11 : 300-308.
- 小田頼政. 中原仁. 有安則夫. 2008. ウシバイオプシー胚のガラス化保存方法. 岡山県総合畜産センター研究報告. 19 : 20-23
- 小川賀雄. 藤井陽一. 川崎友子. 2006. ガラス化保存したウシ性判別胚の移植試験. 山口県畜産試験場報告. 21 : 9-11
- 大竹匡巳. 2018. 平成29年度受精卵移植関連新技術全国会議要旨. p13
- Papis, K. , M. Shimizu and Y. Izaike. 2000. Factors affecting the survivality of bovine oocytes vitrified in droplets. Theriogenology. 54: 651-8.

- Tominaga, K. and Y. Hamada. 2001. Gel-Loading Tip As Container for Vitrification of In Vitro-Produced Bovine Embryos. *J. Reprod. Dev.* 47: 267-273.
- Vajta, G. , P. Holm, M. Kuwayama, P.J. Booth, H. Jacobsen, T. Greve and H. Callesen. 1998. Open Pulled Straw(OPS) vitrification: a new way to reduce cryoinjuries of bovine ova and embryos. *Mol Reprod Dev.* 51: 53-8.
- Voelkel, S. A. , and Y. X. Hu. 1992. Direct transfer of frozen-thawed bovine embryos. *Theriogenology.* 37 : 23-37

龍神地鶏の産卵特性調査

橋本典和・伊丹哲哉・松井 望

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

Egg Laying Characteristic Investigation of The Ryujin-Jidori.

Norikazu Hashimoto, Tetsuya Itami and Nozomu Matsui

Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

龍神地鶏は和歌山県田辺市龍神村で古くから維持されてきた日本鶏で、成鶏雄は「赤笹」の羽装を示し（図 1），成鶏雌は一般の赤笹羽装の雌と同様であるが、背部から胸部の羽毛に黒色覆輪がある特徴的な羽装を示す（図 2）。当該品種は長年小規模集団で交配を繰り返してきた結果、近親交配が進み、遺伝的多様性が低下しているため、早急な増殖、保護が必要と示唆されている（岡ら，2009）。

このことから当所は 2012 年より「龍神地鶏保存事業」を開始，県内外の龍神地鶏愛好家および広島大学と協力し，増殖・保護の取り組みを続けている。これまで龍神地鶏生体の特性はほとんど調べられておらず，愛好家の経験や日頃の観察による情報しかなかったため，今回，当所でふ化育成した龍神地鶏集団の特性を調査したので，その概要を報告する。



図 1 龍神地鶏雄



図 2 龍神地鶏雌

材料および方法

当所で採取した種卵および愛好家から譲り受けた種卵計 83 個（5 つの交配家系でいずれも自然交配）を 2016 年 5 月に孵卵器（株式会社昭和フランキ ELECTRIC INCUBATOR P05）にてふ化，6 週齢までバタリーケージ，6 週齢～17 週齢まで育成ケージ（開放鶏舎），以降平飼い（開放鶏舎）にて雌雄別飼育した。雌雄判別は 12 週齢の時点で目視にて判別した。飼料は 6 週齢まで採卵鶏幼雛用（CP21%以上，ME2,900kcal 以上），6 週齢～10 週齢まで採卵鶏中雛用（CP18%以上，ME2,800kcal 以上），10 週齢～15 週齢まで採卵鶏大雛用（CP15%以上，ME2800kcal 以上），以降採卵鶏成鶏用飼料（CP17%以上，ME2850kcal 以上）を給与した。鶏病対策はふ化時にマレック病生ワクチン（ワクチノーバ株式会社 2 価 MD 生ワクチン（H+S）2000）を皮下投与，鶏痘生ワクチン（一般財団法人日本生物科学研究所 穿刺用鶏痘ワクチン）を翼膜接種，1 週齢に NB ワクチン（一般財団法人 化学及血清療法研究所 ニューカッスル・IB 混合生ワクチン），2 週齢に IBD ワクチンを飲水投与，10 週齢に混合不活化ワクチン（一般財団法人化学及血清療法研究所 ニューカッスル病・鶏伝染性気管支炎 2 価・鶏伝染性コリーザ（A・C 型）混合（油性アジュバント加）不活化ワクチン）を皮下接種，17 週齢で鶏痘生ワクチン（一般財団法人日本生物科学研究所 穿刺用鶏痘ワクチン）を翼膜接種した。光線管理は日照時間を含め 14 時間とした。調査項目は種卵卵重，受精率，ふ化率（対受精），雌雄比，育成率（初生時～20 週齢時まで），生存率（21 週齢～73 週齢まで），初産日齢，50%産卵日齢，ヘンデイ産卵率（22～73 週齢まで毎週），卵質検査（22～60 週齢まで 4 週ごとに実施し，実施日の前日に産卵した鶏卵を全て採取，検査材料とした），体重（4～56 週齢まで 2 週ごと）とした。卵質検査は，卵殻厚（ミットヨ社製 デジマチック標準外側マイクロメータ），卵殻破壊強度（インテスコ社製 ハーディングテスター），ハウユニット及び卵重（全国農業協同組合連合会製 Egg マルチテスタ EMT-5200）を測定した。

結 果

種卵卵重は 5 つの交配家系で 30.8g～35.0g の範囲にあり，平均値は 32.2g であった。受精率は各家系で 8.3～85.7% の範囲にあり，全体では 83 個中 34 個受精し 41.0% であった。受精卵のふ化率は各家系で 66.6～100% の範囲にあり，全体では 34 個から 32 羽ふ化し 94.1% であった。雌雄割合は雄 14 羽（43.8%）雌 18 羽（56.3%）と大きな偏りはなかった（表 1）。

表 1 龍神地鶏種卵のふ化成績

交配家系	入卵数	卵重 (g)	受精数(受精率 %)	ふ化数(ふ化率 % ^z)	雄羽数 ^y	雌羽数 ^y
A	7	31.4	6(85.7)	6 (100)	2	4
B	12	35.0	1 (8.3)	1 (100)	1	0
C	25	30.8	19(76.0)	19 (100)	9	10
D	15	30.8	3(20.0)	2(66.6)	0	2
E	24	33.2	5(20.8)	4(80.0)	2	2
合計	83	32.2	34(41.0)	32(94.1)	14	18

^z ふ化率はふ化数÷受精数×100.

^y 雄雌の判別は 12 週齢時の目視判定による.

育成率は、期間中8月の暑熱期に1羽斃死し96.8%、生存率は100%であった。

初産日齢は129日齢で、50%産卵日齢は153日齢であった。

産卵率は25週齢の74.5%をピークにその後減少、さらに35~38週齢にかけて急激に減少し11.8%まで低下、その後0~25.5%の範囲で推移し、73週齢では3.4%であった(図3)。また、期間中の平均産卵率は23.6%であった。

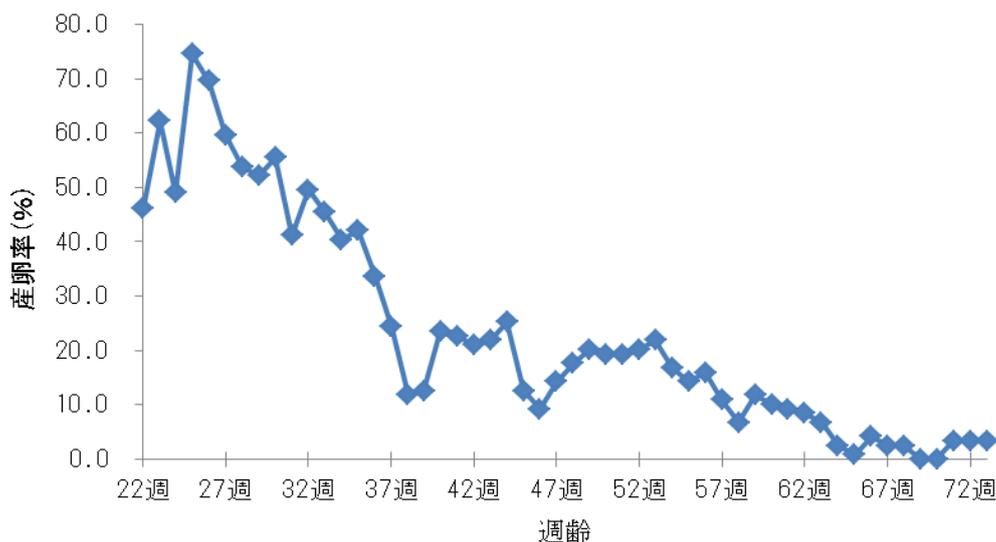


図3 龍神地鶏における産卵率推移 (22週齢~73週齢)

卵質検査各項目の推移において、卵殻厚、卵殻破壊強度、ハウユニットは日齢の経過と共に減少し、卵重は日齢の経過と共に上昇した(図4~7)。特に卵殻厚、卵殻破壊強度は46週齢から、ハウユニットは50週齢から値が急激に低下した。各項目の期間中平均値は、卵殻厚 $314.6 \pm 27.0 \mu\text{m}$ 、卵殻破壊強度 $3.86 \pm 0.60 \text{kg/cm}^2$ 、ハウユニット 83.1 ± 8.4 、卵重 $32.5 \pm 3.9 \text{g}$ であった。

体重の推移では、雄雌共に緩やかに増加した(図8)。56週齢時の平均はオスで $1309.3 \pm 91.4 \text{g}$ 、メスで $952.4 \pm 61.5 \text{g}$ であった。

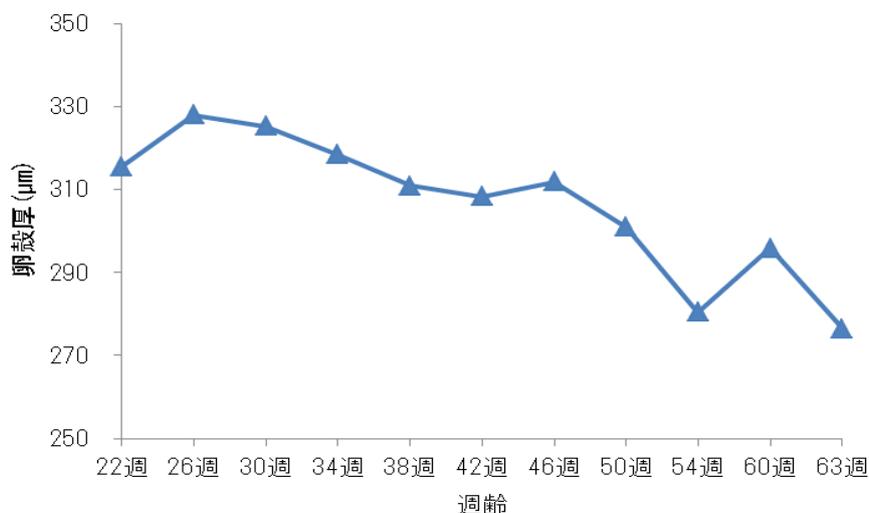


図4 龍神地鶏における卵殻厚の推移 (22週齢~63週齢)

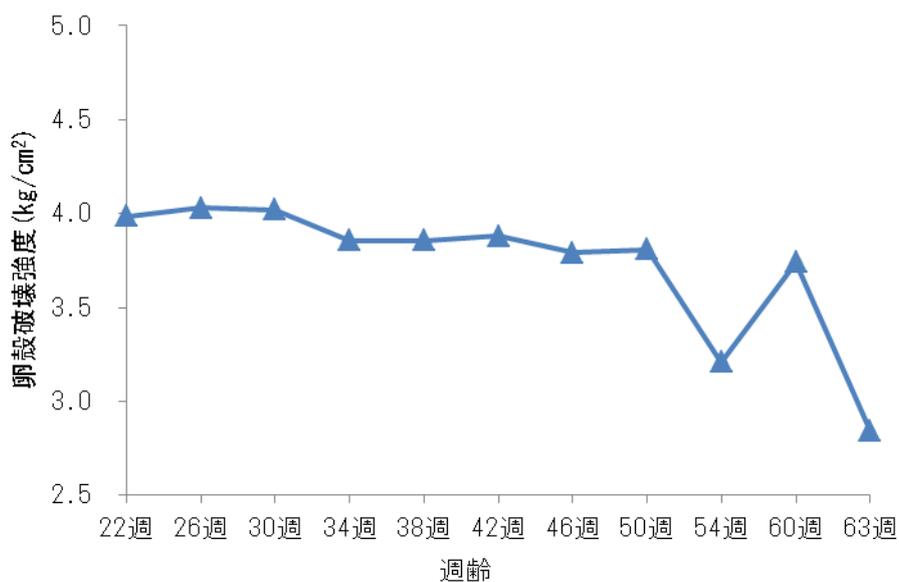


図5 龍神地鶏における卵殻破壊強度の推移 (22 週齢～63 週齢)

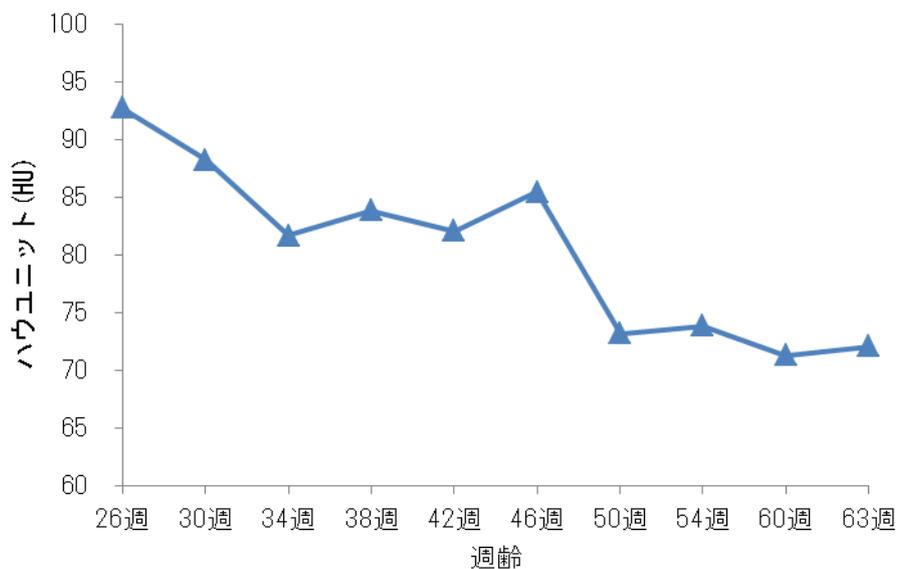


図6 龍神地鶏におけるハウユニットの推移 (26 週齢～63 週齢)

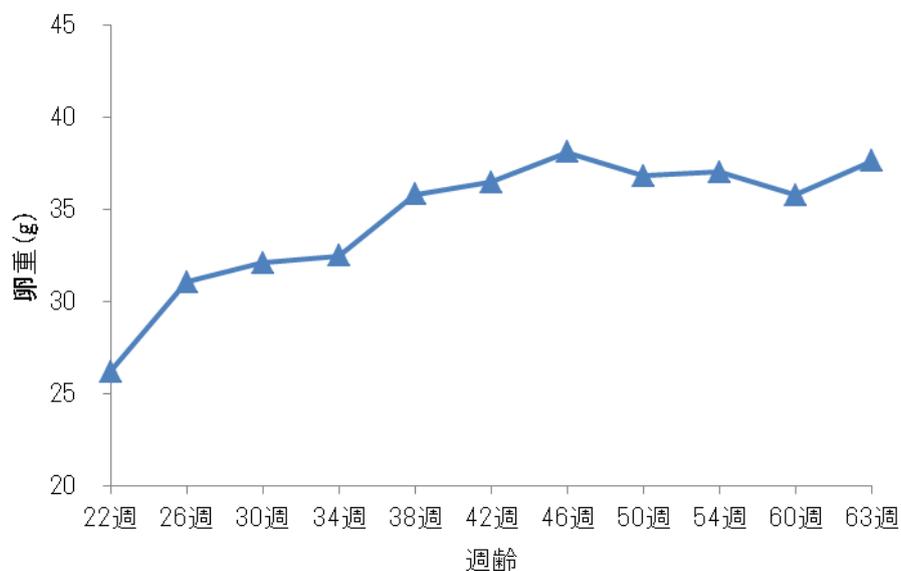


図7 龍神地鶏における卵重の推移 (22 週齢～63 週齢)

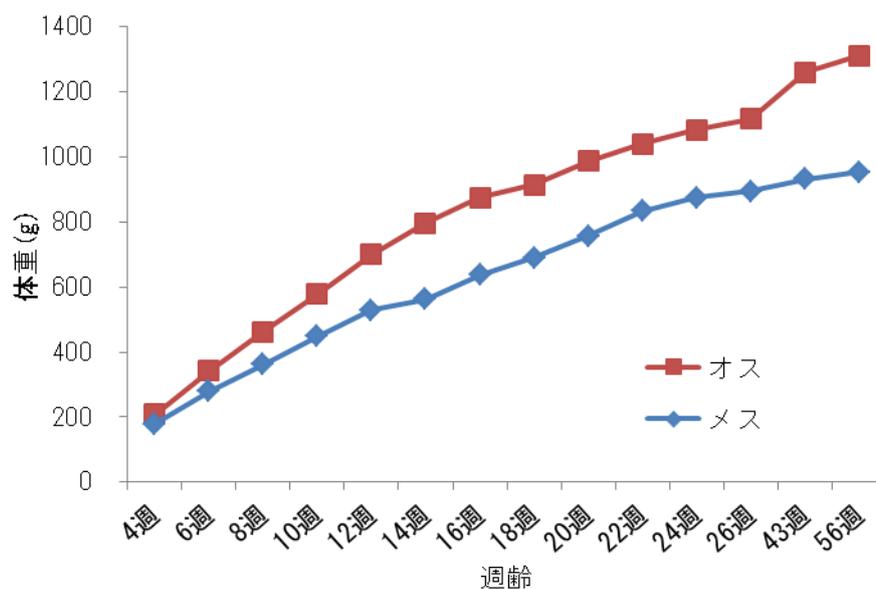


図8 龍神地鶏における雌雄体重の推移 (4 週齢～56 週齢)

考 察

今回、これまでほとんど調査されていなかった龍神地鶏の特性について調査を行ったところ、受精率およびふ化率は41.0%および94.1%、初産は18週齢であった。龍神地鶏の繁殖学的特徴を調査した報告では、受精率、ふ化率、初産週齢はそれぞれ82.8%、87.1%、26週齢(岡ら、2013)と受精率で今回の調査結果より高いものであった。一般的に近交退化により受精率やふ化率等が低下する

ことはよく知られているが、今回の調査では受精率のみが低くなったということ、また当所および愛好家では近親交配を可能な限り回避するような掛け合わせを行っていることなどから、今回の受精率低下は、交配に用いた雄個体の選抜、雌との馴致期間等、繁殖に関する技術的な要因が関係していると考えられる。

産卵について、愛好家の間では年間春と秋の2回産卵があり、その際繁殖を行うとのことであったが、今回の結果では初産後23週齢をピークとした一峰性の推移を示し、2回のピークは認めなかった。

産卵のピークに関して、金子ら(1997)は、これまで生産性向上に関する改良がほとんどなされていない岐阜地鶏を調査し、その産卵率は晩冬から初夏にかけて上昇し、晩夏から初冬にかけて下降しており、9月～翌年2月にふ化した群では初産後の産卵最盛期と70週齢頃の春期最盛期の2回のピークを示し、3月～8月にふ化した群では初産後の最盛期と春期の最盛期が重なるかまたは続くためピークは1回であったと報告している。

今回調査した龍神地鶏は5月ふ化であり、産卵率の推移は岐阜地鶏の報告と一致する。

龍神地鶏も岐阜地鶏と同様に、これまで生産性向上のための改良がほとんどなされていない品種で、ふ化時期により産卵率の推移が異なる可能性があることから、今後、ふ化時期の違いによる産卵率の推移を追加調査する必要がある。

卵質においては、全期間平均卵殻厚314.6 μ m、卵殻破壊強度3.86kg/cm²であり、全く卵用の改良がなされていないが一般的な販売卵程度の強度があることがわかった。しかし、ふ化後約1年以降の卵殻厚、卵殻破壊強度の急激な低下は、一般的な商用卵用鶏品種と大きく異なる点であった。

体重は、和歌山県天然記念物日本鶏保存会設定で雄1500g、雌1300g(高瀬, 1992)とされているものよりも小さい数値であった。このことは、近親交配の影響により体格が小さくなっている可能性を示唆した報告(岡ら, 2009)と一致している。

しかし、2013年の岡らの報告では、30週齢時の推定体重は雄で980.0g、雌で853.9gとしている。今回の調査で30週齢時の体重測定は行っていないが、26週齢で雄1115.0 \pm 69.0g、雌894.1 \pm 67.2gと岡らの報告よりも大きくなっていた。この理由については、飼養管理や飼料等の違いによるものの他に、龍神地鶏は商用改良されていないため、個体間のばらつきが大きいためではないかと推察されるが詳細は不明であり、追加調査が必要である。

今回の調査成績には、2013年の岡らの報告と比べ大きく劣っている点が認められなかったため、2013年からの3年間では、龍神地鶏の急激な近親交配の進行はないものと推察される。正確には遺伝子検査による遺伝的多様性の調査を実施する必要がある、この点についても今後の研究課題である。

現在、当所では絶滅が危惧されている龍神地鶏の保護を目的に個体数確保に取り組んでいるところであり、様々な調査を繰り返し、龍神地鶏の特性を明らかにし、恒久的な品種の保存に繋げたい。

摘 要

本県田辺市龍神村で古くから維持され、近親交配の影響で遺伝的多様性が低下し、絶滅の危険性が示唆される日本鶏「龍神地鶏」の産卵特性を調査した。

- 1 受精率およびふ化率は、41.0%および94.1%であった。
- 2 22週齢～73週齢の平均産卵率は23.6%で、25週齢をピークとした1峰性の推移であった。

- 3 56週齢体重は、雄で1309.3g、雌で952.4gであった。
- 4 龍神地鶏に関する3年前の報告と比較し、産卵等の特性はあまり変化しておらず、この間の近親交配による遺伝的多様性の低下は少ないものと考えられた。

引用文献

岡孝夫・井野靖子・高橋幸水. 2009. マイクロサテライトDNA多型情報にもとづく龍神地鶏の遺伝的多様性. 東京農大農学集報. 53(4): 363-367.

岡孝夫・藤原美華・福島学・豊後貴嗣・都築政起. 2013. 絶滅危惧日本鶏品種「龍神地鶏」の飼育状況およびその形態学的・繁殖学的特徴. 日本家禽学会誌. 50(2): 45-50.

金子国雄・岡野香・藤原昇. 1997. 岐阜地鶏の産卵能力について. 日本家禽会誌. 34: 200-204.

高瀬忠雄. 1992. 日本のにわとり. pp. 53-54. 全国日本鶏研究会. 栃木.

和歌山県の森林防護柵沿いにおけるニホンジカ等の出現と行動

法眼利幸・大谷栄徳¹・日下昭宏

和歌山県林業試験場

Appearance and Action of Deer (*Cervus nippon*) etc. Along the Forest Protection Fence in Wakayama Prefecture

Toshiyuki Hougen, Eitoku Otani¹ and Akihiro Kusaka

Wakayama Forestry Experiment Station

緒言

和歌山県では、ニホンジカ (*Cervus nippon*) (以下:シカ) の生息頭数の増加に伴い生息域の拡大もみられ、農林業や自然植生に対する食害が深刻な状況にある(和歌山県, 2017)。林業における状況は、シカが餌となる植物が増えた主伐後の造林地に集まってくるため(三浦, 1999;法眼ら, 2016)、造林木の枝葉や樹皮がシカの食害を受け、成長阻害や枯死等が発生しているほか、立木の剥皮被害による枯損や木材価格の低下を招いている(林野庁, 2018)。

現状では、本県のシカ分布地域の幼齢造林地ではシカによる食害を防止するため森林防護柵(以下:柵)を設置しているものの、シカが柵内へ侵入し造林木に食害が発生する事例が多発しており、既存の柵を設置するだけでは造林木を守ることができない状況にある。そうした被害を防ぐためには、シカの侵入を防ぐことができる柵の仕様や管理方法を検討する必要があるものの、これまでシカを含む大型獣類が柵を破壊する行動の詳細はあまり明らかにされていない。

そこで、本県幼齢造林地に設置された柵周辺におけるシカの出現状況と行動パターン、シカを含む大型獣類の柵破損部からの侵入状況、柵の破損部分を修繕することで柵に対する破壊行動を明らかにし、シカの柵内への侵入を防ぐ方法を検討するための材料とした。

材料および方法

調査は2015~2017年にかけて、本県西牟婁地域の、シカによる造林木に対する食害が多発する地域で実施した(表1)。調査にはMoultrie社製の赤外線センサーカメラWAM990i, WAM990GENを用い、撮影30秒、インターバル10秒で動画を撮影した。

1. ニホンジカの森林防護柵沿いへの出現状況と行動

5ヶ所の幼齢造林地を調査地とし、設置された柵の外沿いでくくりワナが設置可能でシカの痕跡(糞, 食痕等)が確認できた場所を、それぞれ5地点、合計25地点を調査地点として選定した。表1に調査地点ごとの調査期間, 造林時期(柵設置時期), 設置された柵の仕様等, 概況を示す。柵の

¹現在: 和歌山県農林水産部農林水産政策局農林水産総務課研究推進室

破損は調査地点ごとに、①「正常」破損が確認できない状態、②「アンカー欠損」アンカーが欠損しているがネットの下部ロープが地面に着いた状態、③「柵下隙間」アンカーが欠損しネットの下部ロープが完全に地面から浮いた状態、④「穴」ネット部分に直径10cm以上の穴が空いている状態の、4つに分類した。

調査は35日間実施し、シカが1頭でも撮影された日を「撮影日」とした。撮影できた動画から、シカの行動を、①「柵通過」柵の破損箇所から出入りしている、②「柵接触」柵に触れる、③「歩く」柵付近を歩く、④「その他」草木を食べる、毛繕い、周囲を伺う、地面を探る等の、4つに分類した。

表1 ニホンジカの森林防護柵沿いへの出現状況と行動調査地の概況

調査地	所在	調査期間	造林年月	植栽樹種	植栽面積(ha)	柵総延長(m)	柵の仕様	周辺状況
A	田辺市	2015年12月 ～2016年1月	2013年3月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	9.03	1,662	ネット網目サイズ:5cm スカート部幅:50cm 上段ポリエチレン 下段ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ・ヒノキ林(25～55年生) 伐採跡地、広葉樹植栽地 作業道
B	田辺市	2016年4～5月	2013年3月	スギ、ヒノキ	8.22	1,666	〃	スギ・ヒノキ林(45～60年生) 作業道 付近に集落・畑あり
C	上富田町	2016年7～8月	2015年11月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	1.25	542	〃	スギ・ヒノキ林(45～62年生) 広葉樹林、広葉樹植栽地 伐採跡地
D	田辺市	2016年10～11月	2014年3月 2015年3月	スギ、ヒノキ	7.66	1,560	〃	スギ・ヒノキ林(45～63年生) 土場
E	田辺市	2016年12月 ～2017年1月	2016年10月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	3.44	1,452	〃	スギ・ヒノキ林 広葉樹林、作業道 付近に河川・集落・畑あり

2. ニホンジカ等による森林防護柵の破損部の侵入

5ヶ所の幼齢造林地を調査地とし、設置された柵の破損箇所から、獣道の明瞭さなど痕跡によって大型獣類の侵入頻度が高いと思われた11地点を調査地を選んだ。表2に調査地ごとの調査期間、造林時期、設置された柵の仕様等、概況を示す。柵の破損は調査地点ごとに、①「アンカー欠損」アンカーが欠損しているがネットの下部ロープが地面に着いた状態、②「柵下隙間」アンカーが欠損しネットの下部ロープが完全に地面から浮いた状態、③「穴」ネット部分に直径10cm以上の穴が空いている状態の3つに分類した。なお、「ホンシュウジカ」が縦長隙間の15cm幅まで通り抜けることから(堂山, 2016)、ネットは10cm以上であれば「穴」を通り抜けられると想定した。

調査は35日間とし、柵の破損箇所を1頭でも通過しているのが確認された日を「通過あり」、出没したが通過しているのが確認できなかった日を「通過なし」とした。

表2 ニホンジカ等による森林防護柵の破損部の侵入調査地の概況

調査地	所在	調査地点数	調査期間	植栽年月	植栽樹種	植栽面積 (ha)	柵総延長 (m)	柵の仕様	周辺状況
F	田辺市	2	2015年9～10月	2013年3月	染井吉野	0.53	436	ネット 網目サイズ:5cm スカート部幅:50cm 上段ポリエチレン 下段ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ・ヒノキ林 伐採跡地、広葉樹植栽地 作業道
G	田辺市	4	2015年9月 ～2016年1月	2013年3月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	9.03	1,662	〃	スギ・ヒノキ林 伐採跡地、広葉樹植栽地 作業道
H	田辺市	2	2016年4～5月	2013年3月	スギ、ヒノキ	8.22	1,666	〃	スギ・ヒノキ林
I	上富田町	1	2016年4～5月	2014年3月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	1.40	747	〃	スギ・ヒノキ林 伐採跡地
J	田辺市	2	2016年10～11月	2016年3月	スギ、ヒノキ	5.06	1,064	〃	スギ・ヒノキ林 広葉樹植栽地 土場跡

3. ニホンジカ等の森林防護柵の破損侵入箇所を塞いだ場合の行動調査

5ヶ所の幼齢造林地を調査地とし、設置された柵の破損箇所から、獣道の明瞭さなど痕跡によって大型獣類の侵入頻度が高いと思われた12地点を調査地点に選んだ。表3に調査地ごとの調査期間、造林時期、設置された柵の仕様等、概況を示す。

柵の破損は調査地点ごとに、①「アンカー欠損」アンカーが欠損しているがネットの下部ロープが地面に着いた状態、②「柵下隙間」アンカーが欠損しネットの下部ロープが完全に地面から浮いた状態、③「穴」ネット部分に直径10cm以上の穴が空いている状態、④「全壊」柵が完全に倒壊している状態の4つに分類し、それら破損部分を大型獣類が侵入できないように修繕した。修繕方法は、「アンカー欠損」はアンカー打ち直し、「柵下隙間」はアンカーを打ち直して隙間を倒木や石で埋め、「穴」は農業用ハウスバンドと結束バンド（長さ300mm、幅5mm）で穴を縫い合わせ、「全壊」は同じ仕様の柵を設置し直した。

調査期間は修繕後35日間とし、撮影された映像より出没した大型獣類の種別のべ頭数をカウントした。さらに撮影された映像より、修繕した柵に対するそれらの行動を、①「柵破壊・通過」修繕箇所を破壊して通過、②「柵通過」柵の修繕後に破壊された箇所から通過する、③「柵通過・破壊試み」柵の修繕箇所等から通過しようと試みる、④「柵接触」柵に触れる、の4つに分類し、それぞれのべ頭数をカウントした。

表3 ニホンジカ等の森林防護柵の破損侵入箇所を塞いだ場合の行動調査地点の概況

調査地	調査地点	破損状態	調査期間 (防護柵修繕日)	所在	植栽年月	植栽樹種	柵の仕様	周辺状況
K	1	アンカー欠損	2016年2~3月 (2月21日)	田辺市	2013年3月	スギ、ヒノキ	ネット 網目サイズ:5cm スカート部幅:50cm 上段:ポリエチレン 下段:ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ・ヒノキ林、 造林地、土場跡
	2	アンカー欠損	2016年12~2017年1月 (12月1日)					
	3	柵下隙間						
L	1	アンカー欠損	2016年2~3月 (2月26日)	田辺市	2013年3月	染井吉野	ネット 網目サイズ:5cm スカート部:なし 上段:ポリエチレン 中段:超高分子ポリエチレン 下段:ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ林、植栽地、 伐採跡地、作業道
	2	アンカー欠損						
M	1	柵下隙間	2016年3~4月 (3月18日)	田辺市	2014年3月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	ネット 網目サイズ:5cm スカート部幅:50cm 上段:ポリエチレン 下段:ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ・ヒノキ林、 伐採跡地
	2	柵下隙間						
N	1	アンカー欠損	2016年5~6月 (5月19日)	白浜町	2013年3月	ウバメガシ、 ヤマザクラ 等	ネット 網目サイズ:5cm スカート部:なし 超高分子ポリエチレン 支柱 高さ:180cm	ヒノキ林、造林地、 広葉樹林、林道
	2	アンカー欠損						
	3	アンカー欠損						
O	1	全壊	2016年5~6月 (5月25日)	上富田町	2016年3月	スギ、ヒノキ	ネット 網目サイズ:5cm スカート部幅:50cm 上段:ポリエチレン 下段:ステンレス鋼線入りポリエチレン 支柱 高さ:180cm	スギ・ヒノキ林、 造林地、伐採跡地
	2	穴 (直径約46cm)	2016年5~7月 (5月30日)					

結 果

1. ニホンジカの森林防護柵沿いへの出現状況と行動

5 調査地の調査地点 5ヶ所において、シカはA-2, C-4の2地点を除く、23地点で撮影された。シカ撮影日数は、調査地Aで 10.2 ± 6.2 (平均±標準偏差) 日、Bで 2.8 ± 1.6 日、Cで 11.8 ± 6.9 日、Dで 8.0 ± 4.1 日、Eで 5.4 ± 1.9 日と、調査地間で差がみられた。調査地A, Cは、調査地点間の撮影日数のばらつきが大きく、調査地B, Eはばらつきが小さかった。

シカが撮影されなかった2地点を除き、シカが柵の近くを歩いているのが撮影され、柵に沿って歩く、柵に近づいていく、柵から遠ざかっていく、3パターンの行動が動画により確認された。B-1, C-5, D-2, D-4で、柵のネット部にシカが頭からぶつかり、ネットに弾かれたのち立ち去る行動が確認された。これらの調査地点では、柵の破損は確認されず正常な状態であった。A-3, A-4, D-1で、柵の破損箇所からシカが侵入しているのが撮影された。ネットが地面から浮き上がり地際に隙間が生じている部分や、ネットを地面に固定するアンカーが欠損した部分に、シカが頭を差し込み、そのまま地面に伏した状態で前進して通過する行動が動画により確認された。そうした柵の破損箇所の存在する調査地点では、撮影されたシカのべ頭数のうち半分以上が通過行動を取っていた。

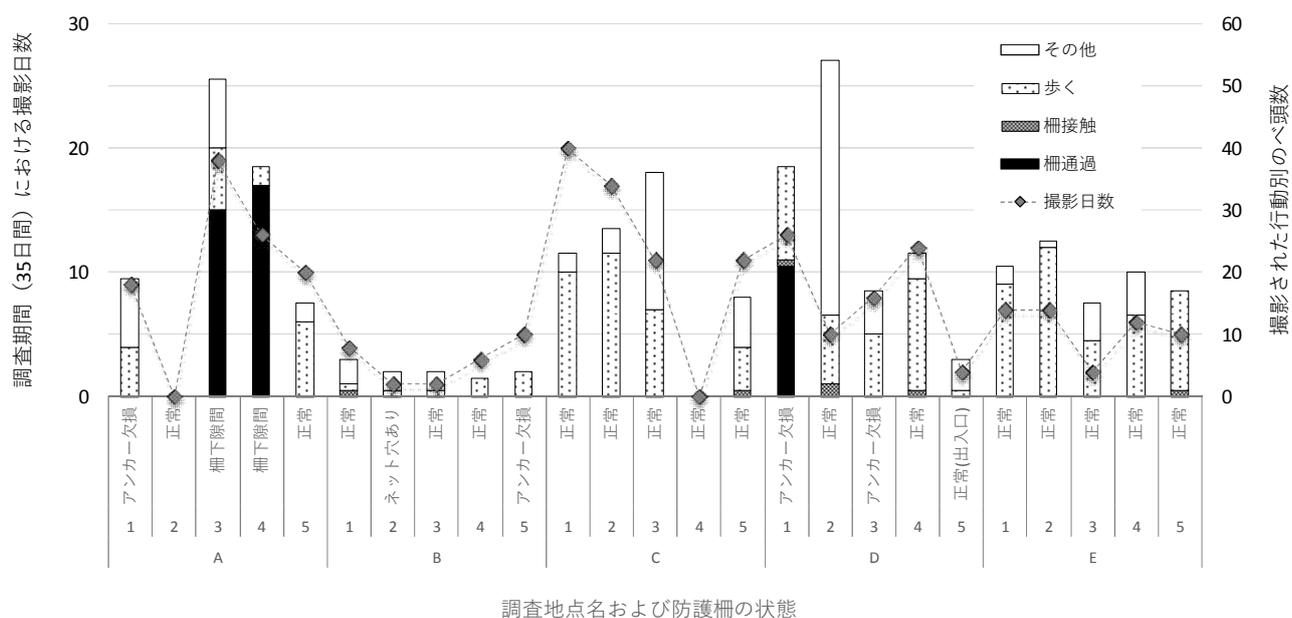


図1 ニホンジカの森林防護柵付近における撮影日数と行動

- ※「その他」 草木を食べる, 毛繕い, 周囲を伺う, 地面を探る等
- 「歩く」 柵付近を歩く,
- 「柵接触」 柵に触れる
- 「柵通過」 柵の破損箇所から出入りしている,

2. ニホンジカ等による森林防護柵の破損部の侵入

5 調査地の 11 地点で調査期間とする 35 日間のうち撮影された大型獣類は, シカ, カモシカ, イノシシの 3 種類であった (図 2).

シカは 11 地点のうち 10 地点で撮影され, そのうち 5 地点で柵の破損箇所を通過するのが確認された. シカの撮影日数は, 通過が撮影された地点が, 撮影されなかった地点と比べ有意に多かった (t-test, $p < 0.001$). ただし, 1. の調査結果ではシカの通過が撮影されなかった地点でも, 撮影日数が多い地点もあり, 検討が必要である. また, シカの侵入日数と撮影日数には正の相関がみられ, 通過日数が多くなるほど, 撮影日数も多くなった ($r = 0.90$, $p < 0.01$). 柵の破損状態別にみると, 「アンカー欠損」は G-1, J-1 の 2 地点でシカの通過が確認され, J-1 で通過行動が確認された日が多かった. 「柵下隙間」は調査を実施した 2 地点とも, シカの通過が確認された. 「穴あり」は I-1 でのみ通過が確認された.

カモシカは, 11 地点のうち「アンカー欠損」H-2, J-1, 「穴」H-1 の 3 地点で撮影され, それぞれ撮影日数は 1 日, 2 日, 3 日だったが, 柵の破損箇所を通過するのは確認できなかった.

イノシシは 11 地点のうち 8 地点で撮影され, そのうち 6 地点で柵の破損箇所を通過するのが確認され, 2 地点で通過するのが確認されなかった. また, イノシシもシカと同様に通過日数と撮影日数には正の相関がみられ, 通過日数が多くなるほど, 撮影日数も多くなった ($r = 0.92$, $p < 0.01$). 柵の破壊状態別にみると「アンカー欠損」は F-1, G-1, G-2, の 3 地点「柵下隙間」は G-3 の 1 地点, 「穴あき」は F-2, I-1 の 2 地点でイノシシの通過が確認された.

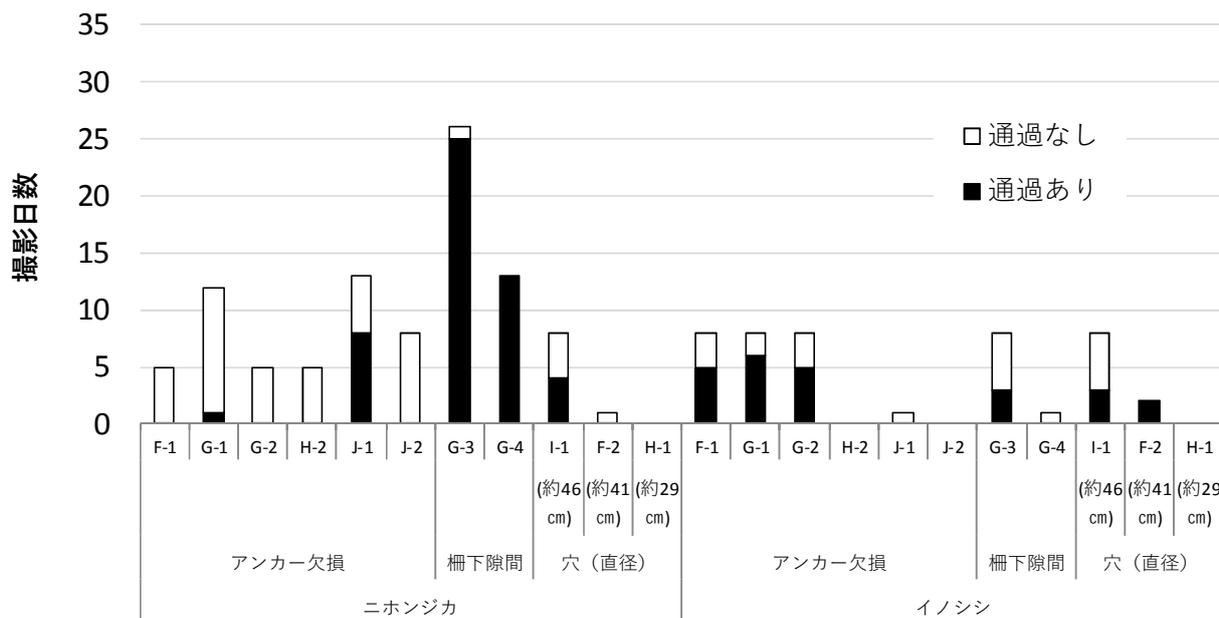


図2 ニホンジカとイノシシの森林防護柵破損箇所における通過有無別撮影日数

※「アンカー欠損」アンカーが欠損しているがネットの下部ロープが地面に着いた状態

「柵下隙間」アンカーが欠損しネットの下部ロープが完全に地面から浮いた状態

「穴」ネット部分に直径10cm以上の穴が空いている状態

3. ニホンジカ等の森林防護柵の破損侵入箇所を塞いだ場合の行動

獣類が柵を通過する経路となっている破損箇所を修繕した後に、シカ、カモシカ、イノシシの撮影されたのべ頭数、柵に関する行動をとったのべ頭数を図3に示す。

シカは5調査地の12地点全てで撮影され、10地点で「柵接触」、4地点で「柵通過・破壊済み」、2地点でイノシシが柵の修繕箇所を破壊した後の「柵通過」が確認された(図7)。「柵通過・破壊済み」では、シカが柵の修繕箇所に頭からぶつかっていくもののネットの弾力により押し戻され、侵入できずに短時間で立ち去る行動が確認された(図4)。

カモシカは1地点でのみ撮影され、後ろ足で立ち上がり柵の修繕箇所にのし掛かり「柵通過・破壊済み」行動が確認された。

イノシシは2調査地の4地点で撮影され、2地点で「柵接触」、2地点で「柵通過・破壊済み」、2地点で「柵破壊・通過」、2地点で「柵通過」が確認された。「柵通過・破壊済み」では、イノシシが柵のネットを地面に固定するアンカーロープを咥えて執拗に引っ張る行動が確認された(図5)。

「柵破壊・通過」では、イノシシがネット下部に潜り込みネットやアンカーロープを押し上げる行動と、それによりアンカーが抜けてしまった事例が確認された(図6)。

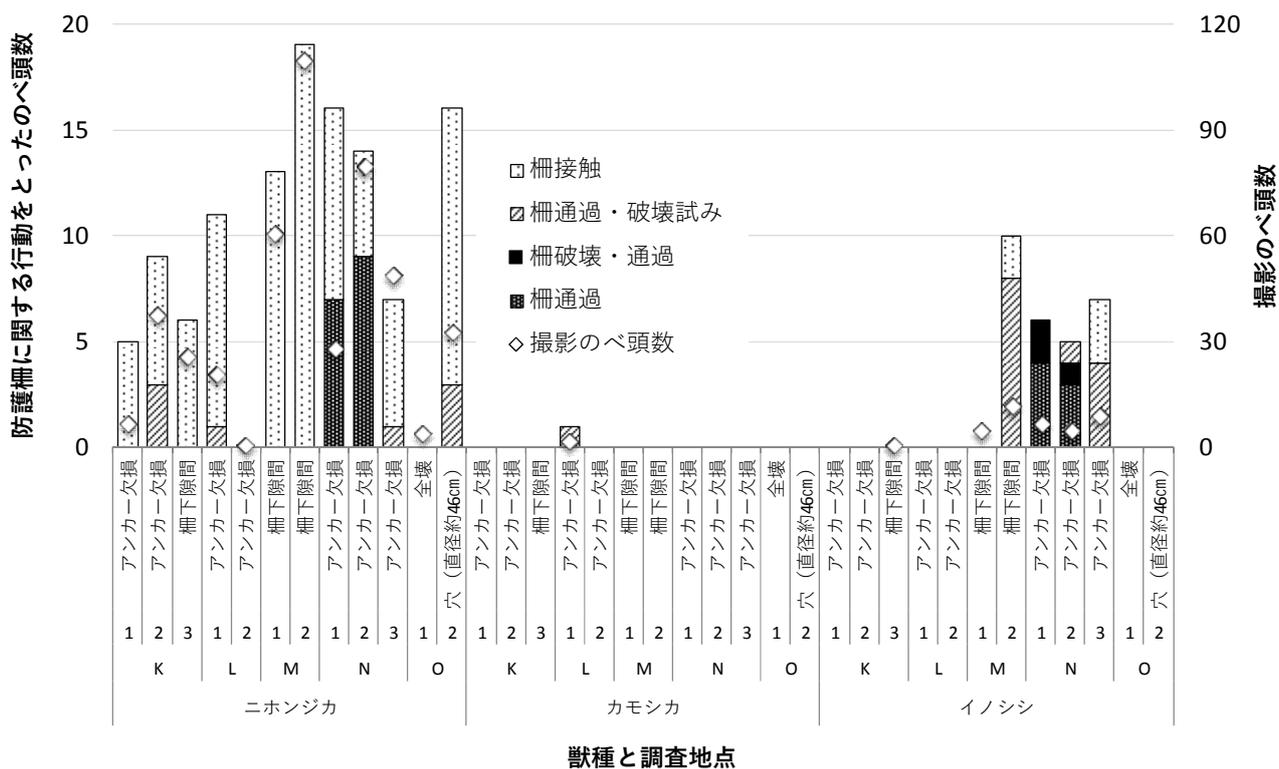


図3 獣種別の修繕した森林防護柵に関する行動および撮影のべ頭数

※「柵接触」柵に触れる

「柵通過・破壊試み」柵の修繕箇所から通過しようと試みる

「柵破壊・通過」修繕箇所を破壊して通過

「柵通過」柵の修繕後に再度破壊された箇所から通過する



図4 森林防護柵の修繕箇所を通過しようとするニホンジカ

※ゆっくりと頭からネットにぶつかっていくが弾力で押し戻される



図5 森林防護柵の修繕箇所を破壊しようとするイノシシ

※アンカーロープを咬んで激しく引っ張る行動を繰り返すイノシシ



図6 森林防護柵修繕箇所を再度破壊して
通過するイノシシ

※イノシシがネット下に潜り込むことで打ち直したアンカーが抜けてしまった



図7 イノシシが破壊した森林防護柵の
修繕箇所を通過するニホンジカ

※第6図と同じ地点

考 察

今回、シカとイノシシの柵破損部からの通過を確認したが、シカ、イノシシともに撮影日数と柵破損箇所の通過日数に強い相関があったことから(シカ: $r=0.90$, $p<0.01$, イノシシ: $r=0.92$, $p<0.01$), 柵を通過することが目的で破損箇所に集まってくると考えられた。シカは前述のとおり幼齢造林地に餌を求めている。イノシシは、幼齢造林地に多いクズ等の植物質地下部を重要な餌としている一方(野上, 1981; 小寺, 2013), 休息・避難場所とならない下層植生の乏しい壮齢造林地や常緑広葉樹林を好まないことから(小寺, 2001), イノシシは幼齢造林地に餌と休息場所を求めていると考えられる。また、シカは同じ幼齢造林地の柵沿いであっても調査地点によって撮影日数が大きく異なったことから、単純に柵沿いを周回的に移動していないと推察された。シカが幼齢造林地に入るために利用している特定の柵破損箇所付近の出現頻度は高く、そうした地点までの獣道として柵沿いの一部を使用している可能性が高い。

農作物被害対策としての防護柵は、シカ、イノシシどちらにおいても柵の下からの潜り込み対策が重要とされている(江口, 2013, 2008)。同様に造林地においてもシカ、イノシシはほぼ柵の下から潜り込んでいた。シカの通過は破損状態「柵下隙間」に集中していたのに対し、イノシシの通過は様々な破損状態の箇所が均等に使われている傾向がみられた。体型や行動等から、イノシシのほうがシカよりも柵下から潜り込む能力が高いと考えられ、イノシシは「アンカー欠損」も「柵下隙間」も同様に通過できるが、シカは「アンカー欠損」では通過しにくく「柵下隙間」まで破損部が広がったほうが通過しやすいと推測された。ただし、同じ破損状態であってもシカの通過が多く確認された箇所、全く通過が確認されなかった箇所がみられたが、原因はよくわからなかった。

本県内の33林業事業体に対し2018年2月に実施した獣害に関するアンケート調査(日下・法眼, 未発表)において、目撃した柵の部位別破損件数では、アンカー破損が26.0%, アンカーロープの破損が27.4%と半数以上となり、ネット地際部の破損も含めると74.0%が地際部に集中していた。今回の調査では、シカが柵内に侵入しようとして修繕箇所を含む柵に頭からぶつかっていく事例が

度々確認されたが、地際ではないこと、その動きはゆっくりであること、ネットの弾力で弾き返されること、短時間であきらめてしまうことから、よく見られる柵の地際部の破損に強く関与していないと示唆された。一方、イノシシが柵の修繕箇所を通過するために破壊しようとする行動が度々確認され、破壊しようとする位置はアンカーやアンカーロープといった地際付近であること、その動きは激しく執拗であること、実際に柵の破壊に繋がっていることから、前述の本県における柵地際部の破損は、イノシシが強く関与していると示唆された。なお、造林地ではないが国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所多摩森林科学園に設置された防護柵において、イノシシがステンレス製針金入りの樹脂ネットを噛み切ること、修繕箇所もしくは近くを繰り返し破壊すること、試行錯誤し通過方法を変化させていくことが明らかにされている(田村ら, 2018)。以上から、シカの柵内への侵入を防ぐためにはイノシシによる柵の破壊を考慮した、柵の仕様や設置方法、メンテナンスを検討すると同時に、本県においてイノシシが柵内に侵入する要因や時期、破壊および通過方法を明確にする必要がある。イノシシを排除することが可能となれば、柵破損部の修繕によるシカの防除効果は高いと考えられることから、県内の林業事業者が重い負担と考えている柵管理作業(日下・法眼, 未発表)の低減に繋げることができるだろう。

また、本県ではシカによる被害対策をさらに進めていく必要があり、その一環として造林地での捕獲も重要だと考えられる。本県の狩猟免許所持者数は、銃猟が減少傾向にあるのに対し、わな猟は増加傾向にあることから(和歌山県, 2017)、傾斜地である造林地においてシカを捕獲する場合、くくりワナが有効な手法であると考えられる。今回の結果から、事前にセンサーカメラ等でシカの利用頻度が高いことが確認された「柵下隙間」付近にくくりワナを仕掛けることで、効率的に捕獲できる可能性がある。

摘 要

森林防護柵周辺におけるニホンジカの出現状況、柵に対する大型獣類の破壊行動等をセンサーカメラで撮影・解析し、ニホンジカによる食害から幼齢造林地の造林木を守る技術を検討するためのデータを得た。

1. ニホンジカの撮影数が同じ幼齢造林地の森林防護柵の外沿いであっても地点によって大きく異なったため、単純に外沿いを周回的に移動していないと推察された。
2. ニホンジカによる森林防護柵の破壊は確認できなかったが、イノシシが森林防護柵(修繕箇所)の地際部分を破壊し通過する事例が複数確認され、ニホンジカはそこを通過していた。
3. ニホンジカは、森林防護柵の地際部分に隙間が生じた部分を主に通過している傾向がみられた。
4. イノシシが森林防護柵の地際部分に潜り込もうとして、地際部分を固定するアンカーが抜けたリ、アンカーロープを啜って引っ張る行動が確認された。
5. 和歌山県内の森林防護柵で多くみられる地際部の破損は、主にイノシシによる破壊が原因と考えられた。

引用文献

堂山宗一郎・江口祐輔・上田弘則. 2016. ホンシュウジカが通り抜けられる隙間サイズの測定. 日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌. 52 (4) :171-179.

- 江口祐輔. 2008. 農作物被害対策－イノシシの被害管理. pp. 401－426. 高槻成紀・山極寿一編. 日本の哺乳類学－2 中大型哺乳類・霊長類・誠文堂新光社. 東京.
- 江口祐輔. 2013. シカの行動と被害対策. pp. 88－94. 江口祐輔監修. 最新の動物行動学に基づいた動物による農作物被害の総合対策・誠文堂新光社. 東京.
- 法眼利幸・植田栄仁・山本浩之・栗生剛. 2016. 和歌山県の有田地域と西牟婁地域で実施したニホンジカのライトセンサス. 和歌山農林水研報. 4 : 101－114. 和歌山.
- 小寺祐二・神崎伸夫・金子雄司・常田邦彦. 2001. 島根県石見地方におけるニホンイノシシの環境選択. 野生生物保護. 6 (2) : 119－129.
- 小寺祐二・神崎伸夫・石川尚人・皆川晶子. 島根県石見地方におけるイノシシ (*Sus scrofa*) の食性. 哺乳類科学. 53 (2) : 279－287
- 三浦慎悟. 2003. シカの被害対策のための基礎知識 1－3 被害の生態的背景. pp. 3－4. 農林業における野生獣類の被害対策基礎知識－シカ, サル, そしてイノシシ－・農林水産技術会議事務局・森林総合研究所・農業・生物系特定産業技術研究機構.
- 野上寛五郎. 1981. 閉鎖前の保育. pp. 158－170. 新版 造林学・朝倉書店. 東京.
- 林野庁. 2018. 森林・林業白書. 東京.
- 田村典子・竹下実生・高山夏鈴・岡輝樹・小泉透. 2018. 都市近郊林におけるシカ・イノシシ侵入防止策の設置効果と維持管理作業の1事例. 森林防疫. 67 (5) : 153－161. 東京.
- 和歌山県. 2017. 和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣計画. 和歌山.

和歌山県の森林防護柵沿いにおけるニホンジカ誘導捕獲技術の開発

日下昭宏・法眼利幸・大谷栄徳¹

和歌山県林業試験場

Development of Attractant-Induced Capture Technique for Deer (*Cervus nippon*) in the Vicinity of Forest Protection Fence in Wakayama Prefecture

Akihiro Kusaka, Toshiyuki Hougen and Eitoku Otani

Wakayama Forestry Experiment Station

緒言

和歌山県では、ニホンジカ (*Cervus nippon*) (以下：シカ) の生息頭数の増加に伴い、農林業や森林内の自然植生に対する食害が大きな問題となっている。林業においては、特に造林木への食害が深刻化しており、こうしたシカによる林業被害に対しては、シカの侵入を防ぐ森林防護柵 (以下：柵) や苗木を食害から守るチューブ等の設置により被害を防ぐ方法と被害を起こすシカを捕獲する方法が進められている (林野庁 2018)。現在、本県では「和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画 (第 4 期)」を策定し、シカ捕獲を進めているところであるが、本県の狩猟免許所持者数は、銃猟が減少傾向にあることに対し、ワナ猟は増加傾向にある (和歌山県 2017) ことから、林地では運搬や設置について軽量で地形を選ばず設置できるくくりワナが、有効な手法であると考えられる。

そこで、森部 (2013) が開発した初心者でも効率よく捕獲できる「誘引誘導型捕獲法」を基に、造林地を囲む柵外沿いにおいて、シカを捕獲する手法を検討するため、造林地における餌の設置によるシカの誘引効果と、餌を用いて捕獲したい場所にシカを誘導する手法を検証するとともに、誘引誘導型捕獲法によるシカ捕獲試験に取り組んだ。

材料および方法

調査には Moultrie 社製赤外線カメラ WAM990 i, WAM990 i GEN, WAM990 i GEN2 を用い、撮影 30 秒、インターバル 10 秒で動画を撮影した。

1. 造林地における餌の誘引効果

試験地は、西牟婁地域の幼齢造林地 3 箇所とし、設置された柵外沿いにおいて、くくりワナが設置可能で、シカの痕跡 (糞, 食痕など) が確認できた 11 地点を試験地点として選定した。各調査地の概要と柵の仕様は表 1 に示す。シカを誘引する餌はヘイキューブを使用した。試験地点 1 地点につき、ヘイキューブを週 1 回 1kg を 3 週間給餌し、その様子を動画で確認するため、センサーカメ

¹現在：和歌山県農林水産部農林水産政策局農林水産総務課研究推進室

ラを1台設置した。ヘイキューブによるシカの誘引効果を見るため、試験期間は、給餌前21日間、給餌後21日間、計42日間とした(表2)。なお、柵の破損状況については考慮しないこととした。

ヘイキューブの設置が出現頻度に与える影響を検証するため、シカが1頭以上撮影された日数(出現日数)をカウントし、出現日数を出現頻度として給餌前と給餌後を比較した。

また、ヘイキューブによる餌付け状況を確認するため、給餌後に撮影された行動を「餌を食べる」、「草木を食べる」、「その他」(周囲を歩く、争う、柵に触れる、毛繕い、周囲を伺う、地面を探る)の3つに分類した。

表1 造林地におけるニホンジカに対する試験地の概要

試験地	所在	試験地点数	植栽年月	植栽樹種	植栽面積 (ha)	柵総延長 (m)	柵の仕様	周辺状況
A	田辺市 鮎川	3	2013年3月	ウバメガシ ヤマザクラ 等	9.03	1,662	ネット材質:上段ポリエチレン 下段ステンレス鋼線入りポリエチレン 編み目サイズ50mm スカート部:0.5m 支柱の高さ:1.8m	スギ・ヒノキ林(25~55年生) 伐採跡地 広葉樹植栽地 作業道
B	田辺市 熊野	3	2013年3月	スギ ヒノキ	8.22	1,666	〃	スギ・ヒノキ林(45~60年生) 付近に集落・畑あり
C	上富田町 生馬	5	2015年11月	ウバメガシ ヤマザクラ 等	1.25	542	〃	スギ・ヒノキ林(45~62年生) 広葉樹林 伐採跡地

表2 ニホンジカに対する試験地の給餌前及び給餌後の試験期間と給餌日

試験地	調査期間		給餌日		
	給餌前	給餌後	1回目	2回目	3回目
A	2016年1月11日 ~1月31日	2月1日 ~2月21日	2月1日	2月8日	2月16日
B	5月10日 ~5月30日	5月31日 ~6月20日	5月31日	6月6日	6月13日
C	7月27日 ~8月16日	8月17日 ~9月6日	8月17日	8月24日	9月1日

2. 誘引餌によるニホンジカ誘引誘導捕獲試験

試験地は、西牟婁地域の幼齢造林地の柵外沿いにおいて、くくりワナが設置可能でシカの糞や食痕が確認できた7地点を調査地点として選定した。試験地の概要を表3に示す。試験地点1地点につき、くくりワナ(オリモ式大物罠 OM-30型, オリモ製作販売株式会社製)を1基, センサーカメラを1台設置し, その様子を動画で撮影した。シカを捕獲する手法として, 誘引誘導型捕獲法(森部2013)を採用し, くくりワナを設置した場所に前足を置いた場合のみ, ヘイキューブを食べられるよう倒木や石をくくりワナの周りに敷き詰めた(図1)。ヘイキューブは, 1地点につき1kg給餌し, 固まりがほぼ無くなった時点でさらに1kg追加することとした。

効果を判定するため, 試験地点ごとに, シカが1頭以上出現した日数を「出現日数」, そのうち1頭以上がヘイキューブを食べた日数を「誘引日数」, 1頭以上がくくりワナ設置場所に誘導された日数を「誘導日数」としてカウントし, 出現日数と誘引日数の割合, 誘引日数と誘導日数の割合を算

出した。

また、撮影された動画及び現地確認により、「捕獲」、捕獲したが逃げられた「捕り逃し」、稼働したが捕獲できなかった「空弾き（からはじき）」、くくりワナに足を置いたが稼働しなかった「未稼働」の4つに分類した。

試験期間は、調査地Dは2016年12月5日～2017年1月26日（内くくりワナ稼働日数は14日間）、試験地Eは2017年1月30日～2月22日（内くくりワナ稼働日数は11日間）とした（表3）。

表3 誘引餌によるニホンジカの誘引誘導捕獲試験地の概要

試験地	所在	試験地点数	試験期間	植栽年月	植栽樹種	植栽面積 (ha)	柵総延長 (m)	柵の仕様	周辺林況
D	上富田町 生馬	7	2016年 12月5日 ～1月26日 (ワナ稼働日 数は14日間)	2015年11月	ウバメガシ ヤマザクラ 等	1.25	542	ネット材質: 上段ポリエチレン 下段ステンレス鋼線入りポリエチレン 編み目サイズ50mm スカート部: 0.5m(ポリエチレン) 支柱の高さ: 1.8m	スギ・ヒノキ林(45～62年生) 広葉樹林 伐採跡地
E	田辺市 鮎川	7	2017年 1月30日 ～2月22日 (ワナ稼働日 数は11日間)	2014年3月 2015年3月	スギ ヒノキ	7.66	1,560	〃	スギ・ヒノキ林(45～63年生) 土場

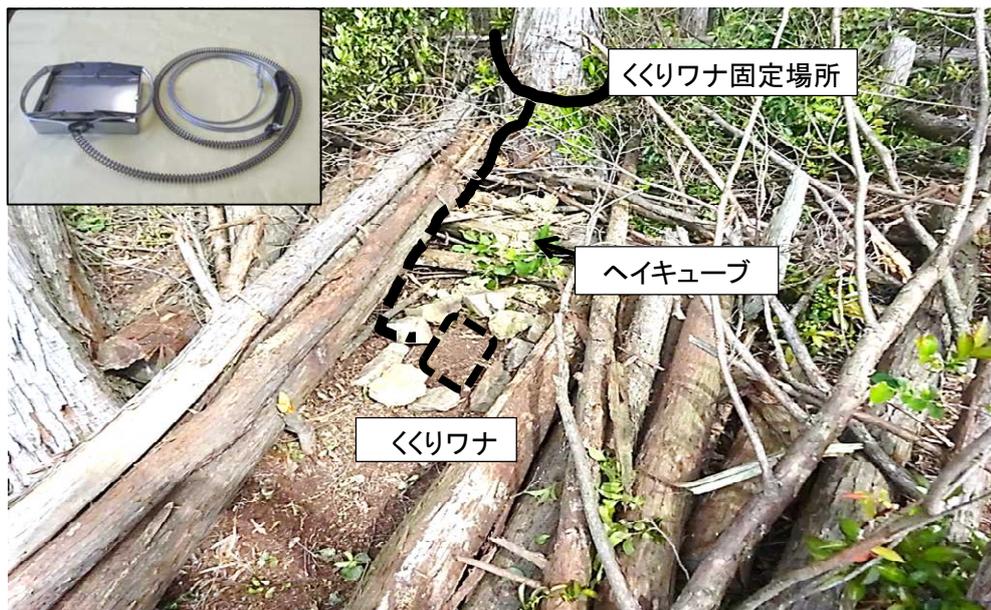


図1 誘引誘導捕獲試験のくくりワナ設置方法

森部(2013)を参考に、現地にある倒木や石を用いて、決まった地点に前足を置いた場合のみ餌を食べることが出来るようにシカの動きを制限した

くくりワナ: 写真(左上) OM-30型, オリモ製作販売株式会社製

破線部分はくくりワナを埋設

3. 誘引誘導捕獲実証試験

柵外沿いに出現したシカの捕獲にあたり、得られた試験結果を用いて、他の場所でも誘引誘導捕獲が可能かを確認するために実証試験を行った。

1) 馴化試験

試験地は西牟婁地域の幼齢造林地に設置された柵外沿いにおいて、シカの糞や食痕などが確認さ

れ、くくりワナの設置が可能な6地点を試験地点として選定した(表4)。

設置場所にシカを誘導する手法は、前述の試験と同様とした。なお、1地点につきヘイキューブ1kgを給餌し、1週間ごとに1kgを追加した。

試験期間は、試験地Fは2017年6月6日～6月27日の21日間、試験地Gは2017年10月11日～11月4日のうち21日間(2017年10月19～22日は台風により中断)とした。最初の給餌日を開始日とし、当日午後から翌日の午前中までを1日とした。馴化の進行状況を確認するため、センサーカメラを各調査地点に1基設置して、のべ撮影頭数をカウントし、1頭以上撮影された日を出現日とした。

2) 捕獲試験

試験地及び試験地点は馴化試験と同じ場所で実施した。くくりワナを1地点に1基設置し、翌日、現地の状況を確認できる場合のみワナを稼働させた。試験期間中は、1地点ごとにヘイキューブ1kgを給餌し、くくりワナの稼働時や捕獲後餌が半分以下に減少した場合に1kg追加した。試験期間は、試験地Fは2017年7月6日～9月7日のうち20日間、試験地Gは2017年11月6日～12月8日のうち20日間とした。ワナ稼働日数は、くくりワナを稼働した日の午後から翌日の午前までを1日とした。捕獲頭数と捕獲地点への出現地点数、出現日数、のべ撮影頭数の関係を調査するため、センサーカメラを馴化試験同様1基設置した。捕獲率は、出現日に対する捕獲頭数の割合とした。

表4 ニホンジカの誘引誘導捕獲実証試験地の概要

試験地	所在	試験地点	試験地点概況	馴化試験期間	捕獲試験期間	植栽年月	樹種	植栽面積 (ha)	柵総延長 (m)	柵の仕様	周辺状況
F	田辺市 鮎川	1	作業道	2017年 6月6日 ～6月27日	2017年 7月6日 ～9月7日	2015年3月	ヒノキ	0.28	262	ネット材質：上段ポリエチレン 下段ステンレス鋼線入りポリエチレン 編み目サイズ100mm スカート部：0.5m(ポリエチレン) 支柱の高さ：1.8m	ヒノキ林 (42年生)
		2	中腹								
		3	尾根								
		4	尾根								
		5	尾根								
		6	中腹								
G	田辺市 深谷	1	中腹	2017年 10月11日 ～11月6日 (10月19～22日は 台風により中断)	2017年 11月6日 ～12月8日	2016年3月	ヒノキ	0.35	380	ネット材質：上段ポリエチレン 下段ダイニーマ入りポリエチレン 編み目サイズ50mm スカート部：0.3m 支柱の高さ：1.8m	ヒノキ林 (63年生)
		2	尾根								
		3	尾根								
		4	尾根								
		5	作業道								
		6	作業道								

結 果

1. 造林地におけるエサの誘引効果

試験結果を表5に示す。

試験地Aでは、1と2において給餌後に出現日数が増え、3は増減しなかった。特に給餌前にシカが全く出現しなかった2において、給餌後から出現するようになった。試験地Bでは、給餌前と比べ給餌後の出現日数が、1は減少、2は僅かに増加、3は増加と各試験地点でばらつきがみられ、平均出現日数が試験地の中で最も少なかった。試験地Cでは、全ての地点において給餌後に出現日数が増加し、特に4では給餌前は全く出現しなかったが、給餌後から出現するようになった。出現日数が増加しないケースもあったが11試験地点の内9地点で出現日数が増え、誘引効果が認められた。

なお、すべての試験地において、「餌を食べる」行動が確認できた(図2)。

表5 森林防護柵外沿いにおける給餌前後のニホンジカの出現日数

試験地	試験地点	給餌前出現日数 (日)	給餌後出現日数 (日)
A	1	5	12
	2	0	12
	3	4	4
	平均	3.0	9.3
B	1	4	2
	2	1	2
	3	1	10
	平均	2.0	4.7
C	1	4	12
	2	10	13
	3	7	10
	4	0	11
	5	6	10
	平均	5.4	11.2

※調査期間：21日間(Aは冬期, Bは春～夏期, Cは, 夏期に実施)

※給餌：週1回, ヘイキューブ 1kg

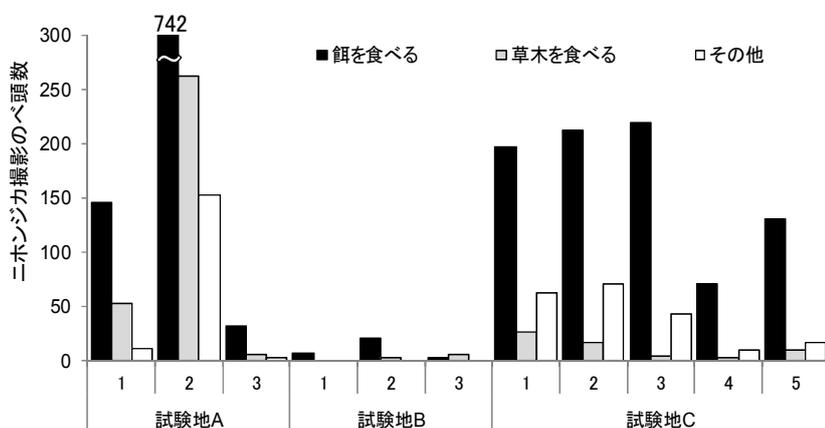


図2 森林防護柵外沿いにおいて給餌後に撮影されたニホンジカの行動

※試験期間:3週間(Aは冬期, Bは春～夏期, Cは夏期に実施)

※給餌:週1回, ヘイキューブ 1kg

※その他内訳:柵周囲を歩く, 争う, 柵に触れる, 毛繕い, 周囲を伺い, 地面を掘る

2. 誘引餌によるシカ誘引誘導捕獲試験

試験結果を表6に示す。

試験地Dでは, 7試験地点のうち3試験地点でシカが出現せず, それを除く4試験地点の出現日数と誘引日数の割合は, 33.3%が1試験地点, 100%が3試験地点と高い割合でヘイキューブにより誘引することができ, 次に誘引日数と誘導日数の割合は66.7%が1試験地点, 75.0%が1試験地点, 100%が2試験地点と高い割合でくりワナ設置場所に誘導することができた。捕獲結果は捕獲1回, 捕り逃し0回, 空弾き3回, 未稼働3回であった。

試験地Eでは7試験地点すべてでシカが出現し, 出現日数に占める誘引日数の割合は50.0%が1試験地点, 100%が6試験地点と高い割合でヘイキューブにより誘引することができた。誘引日数に占める誘導日数は50.0%が2試験地点, 66.7%が1試験地点, 100%が4試験地点と, 高い割合で誘導することができた。捕獲結果は捕獲2回, 捕り逃し1回, 空弾き0回, 未稼働9回であった。

表6 森林防護柵外沿いのくくりワナ設置場所へのニホンジカ誘引誘導捕獲試験の結果

試験地	試験地点	出現日数 ^z	出現頭数 ^y	誘引日数 ^x	誘引頭数 ^w	誘導日数 ^v	誘導結果(頭)				誘引日数/出現日数 (%)	誘導日数/誘引日数 (%)	給餌量(kg)
							捕獲	捕り逃し	空弾き	未稼働			
D	1	4	59	4	26	3	0	0	2	1	100.0	75.0	4
	2	3	16	1	5	1	0	0	1	0	33.3	100.0	4
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	4
	4	3	86	3	67	2	0	0	0	2	100.0	66.7	4
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1
	6	1	4	1	3	1	1	0	0	0	100.0	100.0	4
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	4
	小計	11	165	9	101	7	1	0	3	3	平均47.6	平均48.8	平均3.6
E	1	2	78	2	65	2	1	1	0	0	100.0	100.0	3
	2	2	26	1	18	1	0	0	0	1	50.0	100.0	4
	3	3	48	3	38	2	0	0	0	2	100.0	66.7	4
	4	6	224	6	203	3	0	0	0	3	100.0	50.0	5
	5	2	65	2	52	2	0	0	0	2	100.0	100.0	3
	6	1	11	1	6	1	1	0	0	0	100.0	100.0	1
	7	2	39	2	20	1	0	0	0	1	100.0	50.0	2
	小計	18	491	17	402	12	2	1	0	9	平均92.9	平均81.0	平均3.1

^z 出現日数=1頭以上のニホンジカが出現した日数

^y 出現頭数=出現したニホンジカがセンサーカメラにより撮影された撮影のべ頭数

^x 誘引日数=1頭以上のニホンジカが餌を食べた日数

^w 誘引頭数=誘引されたニホンジカがセンサーカメラにより撮影された撮影のべ頭数

^v 誘導日数=1頭以上のニホンジカをくくりワナ設置場所に誘導できた日数

※くくりワナはオリモ式大物罠 OM-30型(オリモ製作販売会社製)を使用

※餌はヘイキューブ(1kg)を使用し、半分程度減り次第1kgを追加

※試験期間: Dは2016年12月5日~2017年1月26日の内ワナ稼働日数14日間

Eは2017年1月30日~2017年2月22日の内ワナ稼働日数11日間

3. 誘引誘導捕獲実証試験

1) 馴化試験

試験結果を表7に示す。

全ての試験地点でシカの出現が確認された。試験地Fでの出現日数は平均7.8日、のべ撮影頭数は平均208.8頭、試験地Gでは、5.2日、83.3頭であった。両試験地とも尾根付近の造林地であったが、試験地F全体の約72%の911頭試験地G全体の約74%の372頭が尾根部の試験地点で撮影され、中腹・作業道でののべ撮影頭数は少なかった。2回目の給餌後から出現地点が増え、3回目の給餌後には概ね全ての地点でシカが出現した。給餌を重ねるごとに馴化が進み、シカの出現地点数が増え、期間も長くなる傾向がみられた(図3)。のべ撮影頭数は、2回目の給餌後に試験地Fは多く、試験地Gは少なかったが、3回目の給餌後には両試験地とも同程度ののべ撮影頭数となった(図4)。なお、シカ以外の中～大型哺乳類については、試験地Fではニホンザル、試験地Gではイノシシが撮影されたものの、ニホンカモシカは確認されず、ヘイキューブの摂食は確認されなかった(図5)。

表7 ニホンジカ馴化試験における出現日数とのべ撮影頭数

試験地	試験地点	出現日数	のべ撮影頭数	馴化餌量(kg)
F	1	13	234	3
	2	6	102	3
	3	7	347	3
	4	9	305	3
	5	8	259	3
	6	4	6	3
	平均	7.8	208.8	計18
G	1	5	21	3
	2	5	107	3
	3	3	155	3
	4	6	110	3
	5	8	58	3
	6	4	49	3
	平均	5.2	83.3	計18

※試験期間: 21日間(Fは夏期, Gは秋期に実施)

※給餌: 週1回, ヘイキューブ1kg

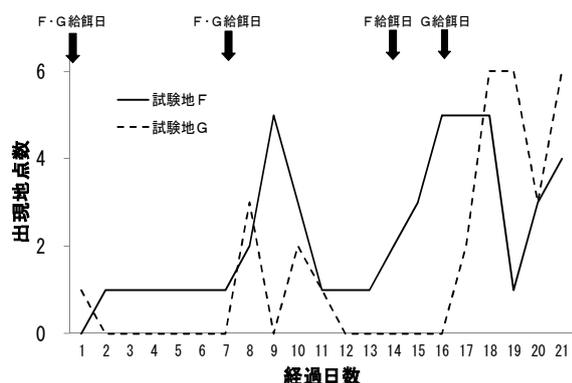


図3 ニホンジカ馴化試験における試験開始日からの経過日数と出現地点数
※試験地 F, 試験地 G とも 6 地点で実施

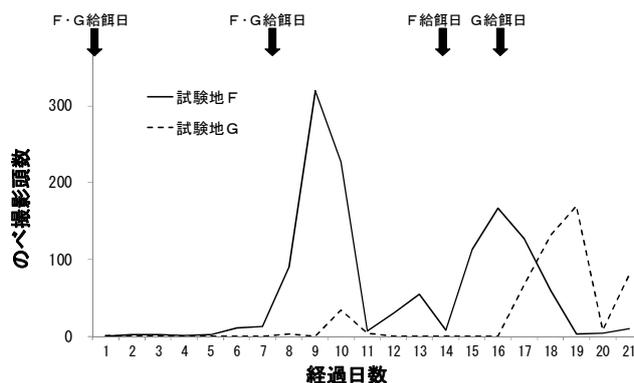


図4 ニホンジカ馴化試験における試験開始日からの経過日数とのべ撮影頭数
※試験地 F, 試験地 G とも 6 地点で実施

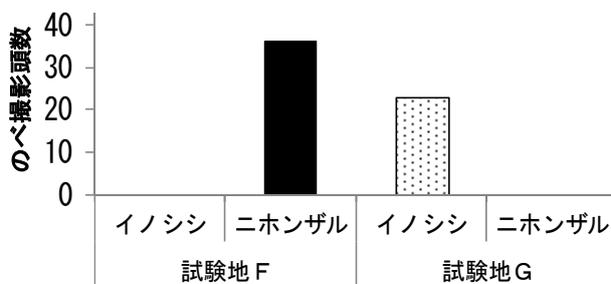


図5 ニホンジカ馴化試験中に見られたニホンジカ以外の中～大型哺乳類のべ撮影頭数
※試験地 F, 試験地 G とも 馴化期間中における 6 地点の総計

2) 捕獲試験

試験結果を表 8 に示す。

試験地 F の出現日数は平均 7.0 日, のべ撮影頭数は平均 98.3 頭, 捕獲は合計 5 頭, 試験地 G は 3.3 日, 25 頭, 捕獲は合計 8 頭であった。試験地 F で連続捕獲, 試験地 G では, 1 日に 3 頭の捕獲や 3 日連続捕獲も見られた。捕獲開始から出現地点は減少し, 全く出現しない期間を経て再び出現が見られた (図 6)。試験地 G は試験地 F に比べ出現日は 47.6% と少なく, のべ撮影頭数も 25.4% と少なかった。捕獲効率, 試験地 F で 0.04, 試験地 G で 0.07 であった。要した餌量は, 試験地 F で平均 8.5kg, 試験地 G では 8.7kg となり大きな違いはなかったが, 1 頭あたりに換算すると試験地 F は平均 10.2kg, 試験地 G は 6.5kg となった。また, 試験地 G のみ, 捕獲時ののべ撮影頭数と, 捕獲頭数に有意な正の相関がみられた (図 7)。

シカが足を載せたもののくくりワナが稼働しないケースが, 試験地 D と試験地 E で合計 12 回みられた (表 6)。

表8 ニホンジカ捕獲試験の結果

試験地	試験地点	出現日数 ^z	のべ撮影頭数	捕獲頭数 ^y	捕獲効率 ^x	捕獲餌量 (kg)	1頭の捕獲に要した餌量 ^w (kg)
F	1	9	51	2	0.10	8	4.0
	2	8	116	1	0.05	9	9.0
	3	4	30	2	0.10	8	4.0
	4	3	59	0	0.00	9	—
	5	7	82	0	0.00	8	—
	6	11	252	0	0.00	9	—
	平均	7	98.3	小計5	0.04	8.5	10.2
G	1	6	13	1	0.05	9	9.0
	2	4	32	2	0.10	9	4.5
	3	6	61	3	0.15	11	3.7
	4	2	41	1	0.05	8	8.0
	5	1	1	0	0.00	7	—
	6	1	2	1	0.05	8	8.0
	平均	3.3	25.0	小計8	0.07	8.7	6.5

^z くくりワナ稼働日の午後から翌日の午前中までを1日とした

^y くくりワナに掛かった場合にカウント

^x 捕獲頭数 / (くくりワナ台数 × くくりワナ稼働日数)

^w 全捕獲餌量 (kg) / 全捕獲頭数

※試験期間：Fは2017年7月6日～2017年9月7日の内ワナ稼働日数20日間

Gは2017年11月6日～2017年12月8日の内ワナ稼働日数20日間

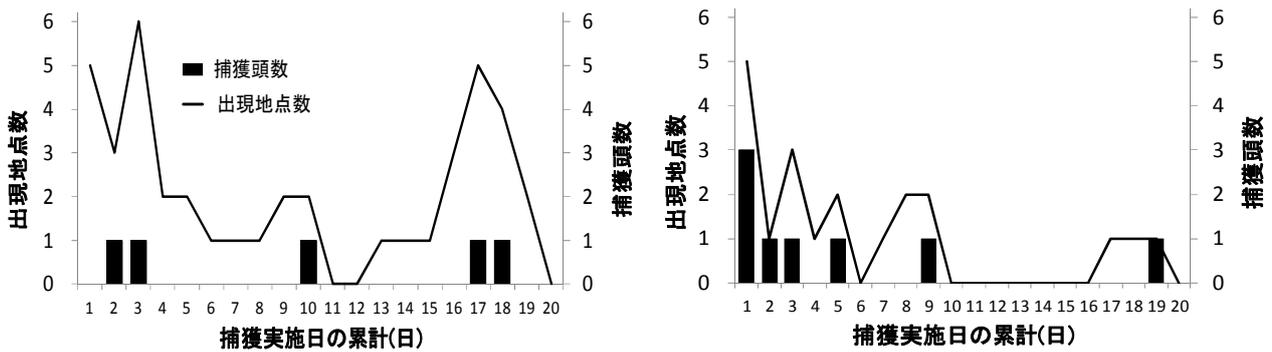


図6 ニホンジカ誘引誘導捕獲実証試験における捕獲頭数および出現地点数の推移 (左：試験地F，右：試験地G)

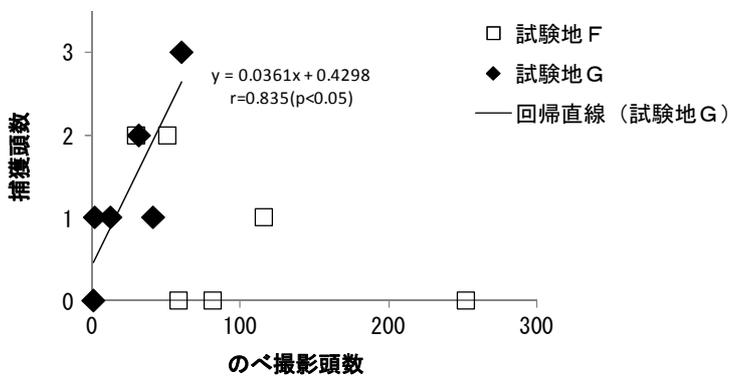


図7 ニホンジカ誘引誘導捕獲実証試験におけるのべ撮影頭数と捕獲頭数

考 察

西牟婁地域の幼齢造林地に設置された柵外沿いにおいて、ヘイキューブを給餌してもシカの出現日数が増加しないケースが僅かにみられたが、ほとんどの試験地点で出現日数が増加したことからヘイキューブに餌付いたと考えられた。試験地Cのように、エサ資源の豊富と考えられる夏期でも出現地点が増加したことから、一年を通じてヘイキューブで誘引することができる可能生がある。ヘイキューブによる給餌を、1地点あたり毎週1kg、3週間以上継続すれば、シカの出現日が増加させることができると考えられた。給餌しても、シカの出現日数の増加が見られなかった地点が僅かに見られたり、撮影のべ頭数が多い地点で捕獲頭数が多くなる傾向が見られたことから、幼齢造林地の柵外沿い周辺でシカを捕獲する場合は、事前に捕獲実施地点でヘイキューブによる馴化と、センサーカメラによる出現状況の事前調査を同時に行うことが望ましいと考えられる。

誘引誘導型捕獲法（森部 2013）を基に考案した、現地にある倒木や石と誘引餌を用いてくくりワナ上にシカを誘導する本手法は、実証試験において2試験地40日間で、試験地Fでは5頭、試験地Gでは8頭捕獲（9日目までに7頭を捕獲）合計13頭捕獲できた。のべ撮影頭数を見ると、試験地Fの方は、馴化試験時に比べ捕獲試験時は47%、試験地Gの方は30%であり、試験地Gの方が効率的に捕獲されたため、のべ撮影頭数が少なくなった可能性が高いと考えられた。捕獲効率を見ると、通常のくくりワナによる捕獲は0.02（2015 環境省）であるのに対して、本手法を用いた試験地Fで2倍以上、試験地Gで3倍以上となり、効率的な捕獲が期待できると考えられた。また、試験地F、試験地Gともに捕獲開始から出現地点数が減少していくのが確認され、両試験地で出現地点数が一度ゼロになった後、再び出現地点が見られたのは、他所からの別個体が移動してきた可能性が考えられる。ただその場合でも捕獲を継続した場合、出現地点数の減少又は、消滅が見られ捕獲効率の低下は避けられないと考えられるため、可能な限り多点に馴化地点を設け、センサーカメラによりシカの出現を確認しながら、捕獲場所を移していく等の対策が必要と考えられた。

シカが足を載せたもののくくりワナが稼働しないケースが、試験地Dと試験地Eで合計12回みられた。現地調査で試験地の土壌（水分）が凍結していたことが判明し、そのことによってくくりワナの可動部が正常に作動しなかった可能性が高いと考えられた。伐採後の幼齢造林地では、放射冷却によって夜間の気温が低下しやすいため（新田 1990）、厳冬期の幼齢造林地におけるくくりワナの使用については、本県南部においても気象や地形等の設置条件を考慮した使用方法の検討が必要と考えられた。

なお、イノシシとニホンザルが試験地で撮影されたものの、ヘイキューブの摂食行動はみられず、ニホンカモシカね撮影されなかったため、実施時に錯誤捕獲を回避できる可能性があると考えられた。

摘 要

本県南部の造林地のシカ被害を減らすため、幼齢造林地に設置された森林防護柵の外沿いにおいて、シカを誘引誘導してくくりワナにより効率的に捕獲する技術を開発した。

1. 和歌山県の西牟婁地域の森林防護柵沿いでは、時期を問わず毎週1kgのヘイキューブで3週間以上餌付けすれば、効率的なシカの捕獲に繋げることができると考えられた。

2. 餌による誘引と倒木や石によりシカの行動を制限し誘導することができた。
3. 熟練した狩猟者による高度な技術や経験が無くとも、くくりワナによる誘引誘導捕獲が可能と考えられた。

今回、試験地を提供していただいた山長林業株式会社、多屋林業株式会社、真砂多計志氏、富田川治水組合、国立研究開発法人森林総合研究所森林整備センター和歌山水源林整備事務所、田辺市、上富田町、白浜町、ニホンジカの捕獲技術の指導をいただいた近畿中国森林管理局小林正典氏、誘引誘導捕獲試験の実施にあたり助言いただいた岐阜大学森部絢嗣氏には、ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 環境省野生生物課鳥獣保護業務室. 2015. 指定管理鳥獣捕獲等事業積算に係る単価表及び歩掛かりについて. 東京.
- 日下昭宏・法眼利幸. 2018. 和歌山県における森林防護柵周辺におけるシカ誘導捕獲技術の開発. 日本哺乳類学会 2018 年度大会. 165.
- 森部絢嗣. 2013. くくり罠を用いた高捕獲効率および連続捕獲を可能とした誘引誘導型捕獲法の開発. 第 29 回日本霊長類学会・日本哺乳類学会 2013 年度合同大会プログラム・講演要旨集:225.
- 新田隆三. 1990. IX 森林の気象害とその対策. pp. 560-572. 林野庁監修. 林業技術ハンドブック (平成 2 年改訂版). 社団法人全国林業改良普及協会. 東京.
- 大谷栄徳・法眼利幸. 2016. 植栽地における誘引エサの設置がニホンジカの出現頻度におよぼす影響. 日本哺乳類学会 2016 年度大会プログラム・講演要旨集:190.
- 和歌山県. 2017. 和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画 (第 4 期). 和歌山.

ヒノキ種子精選手法の検討及び 充実種子播種によるコンテナ育苗試験

竹内隆介・法眼利幸

和歌山県林業試験場

Study on Seed Selection Method and Experiment to Grow Containerized Seedlings Using Selected Seeds of Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtuse*)

Ryusuke Takeuchi and Toshiyuki Hougen

Wakayama Forestry Experiment Station

緒 言

近年、再造林コストの低減化を図るため、伐採後、直ちに植栽を実施する一貫作業システムが推進される中、植栽時期を選ばないコンテナ苗の活用が注目されている（中村，2012）．コンテナ苗の生産においては、露地苗畑で育苗した稚苗をコンテナ容器に移植する作業に労力がかかるため、普通苗に比べ生産コストが増大するという課題がある．移植作業の省力化にはコンテナ容器のセルごとに種子を直接播種する手法が有効であると考えられるが、播種した種子の発芽率が低ければ、コンテナ当たりの得苗率低下をまねくおそれがあるため、発芽率の高い充実種子の精選が必要となる．また、得苗率低下を回避するためセルごとに複数粒播種した場合、間引きが必要となるが、コンテナ育苗において稚苗の間引きがその後の苗の成長に及ぼす影響については知見が少ない．

そこで本県人工林の半数以上を占め、需要増加が予想されるヒノキ（和歌山県，2018）について、コンテナ苗生産コストの縮減に向けた直接播種による育苗方法開発の検討材料とするため、充実種子の効率的な精選方法について検討した．また、得苗率の向上に向けた複数粒播種時の間引きの効果を検証するため、セルごとに複数粒播種した稚苗の間引きが苗木の成長に及ぼす影響を調査した．

材料および方法

1. ヒノキ充実種子の精選試験

種子を精選する方法として、一般的に風選と液体選が行われているものの、ヒノキなどの種子は風選では十分な効果が期待できないことから、種子の比重を応用した液体選が行われている（小沢，1958）．精選の有効性が高い液体選として、合成洗剤や石鹼水などの界面活性剤（柳沢・斎藤，1995）やエタノール（千吉・羽野，1995；今・来田，2014）を用いた方法が報告されている．本試験ではそれらの精選条件について各溶液での濃度、浸漬時間、または溶液の種類の違いによる種子の発芽率を再度検証、比較するとともに、より効率的に精選が行える条件について検討した．精選溶液の

溶剤には、普及性を考慮し、市販の台所用合成洗剤及び消毒用エタノール溶液を使用した（表1）。各精選処理後、水道水で種子を洗浄し室温で風乾させ、精選により沈下した種子及び浮遊した種子（以下：沈下種子，浮遊種子）の重量を測定した。発芽試験は、各処理種子500粒を、殺菌剤（ベンレート水和剤TM500倍希釈）を浸潤させた露紙を敷いたガラスシャーレ5枚に100粒ずつ封入し、人工気象器内で発芽させた。人工気象器は、30℃・8時間（明期）、20℃・16時間（暗期）のサイクルで21日間運転した。各試験開始から2日おきに発芽の状態を観察し、発根長が種子の大きさ以上となったものを発芽種子として測定した（図1）。



図1 発芽種子

表1 精選溶液の溶剤及び成分

精選種	精選溶剤	成分
洗剤水選	台所用合成洗剤(中性)	界面活性剤(18%:直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム, ポリオキシエチレンアルキルエーテル), 安定化剤
エタノール選	消毒用エタノール溶液	エタノール(76.9~81.4%), 添加物(イソプロパノール4.9%, グリセリン0.9%)

1) 合成洗剤水溶液を用いた精選

試験は2015年11~12月に実施し、供試種子には2014年に県営採種園から採取した精英樹ヒノキ種子（採取後に風選し試験開始まで3℃で冷蔵貯蔵）を用いた。合成洗剤水溶液（以下：洗剤水）を用いて精選（以下：洗剤水選）を実施し、洗剤濃度を0%（水道水）、0.02%、0.075%、浸漬時間を7時間、12時間、17時間として9通りの処理を行った。また、液体選を行っていない無処理の種子を対照として用いた。処理ごとに種子20gを溶液に投入し、投入時、投入1時間後、回収1時間前の3回溶液を攪拌した。処理後の沈下種子の測定情報を表2に示す。

2) エタノール溶液を用いた精選

試験は2017年1~2月に実施し、供試種子には2014年に県営採種園から採取した精英樹ヒノキ種子（採取後に風選し試験開始まで-25℃で冷凍貯蔵）を用いた。消毒用エタノール溶液を無希釈で用いて精選（以下：エタノール選）を実施し、浸漬時間5分、30分の2処理を行った。また、液体選を行っていない無処理の種子を対照として用いた。処理ごとに種子20gを溶液に投入し、投入時に1回のみ溶液を攪拌した。処理後の沈下種子の測定情報を表3に示す。

3) 精選溶液2種の比較

洗剤水選及びエタノール選の2種の液体選による発芽率を比較するため、溶液別に精選した種子の発芽試験を行った。試験は2017年6~7月に実施し、供試種子には2)と同様の採取年、貯蔵状態のヒノキ種子を用いた。精選の濃度、浸漬時間は1)、2)の結果より精選の効果が高かった以下の2処理を用いた。(1)洗剤水選：濃度0.075%・浸漬7時間、(2)エタノール選：消毒用エタノール溶液無希釈、浸漬5分。また、液体選を行っていない無処理の種子を対照として用いた。処理ごとに種子20gを溶液に投入し、洗剤水選は投入時、投入1時間後、回収1時間前の3回、エタノール選は投入時に1回のみ溶液を攪拌した。処理後の沈下種子の測定情報を表4に示す。

2. 異なる時期の間引き処理による稚苗の成長量調査

供試種子には試験1の2), 3)と同様の採取年, 貯蔵状態のヒノキ種子を用い, 精選処理として洗剤水選(濃度 0.075%, 7時間浸漬)を行った. コンテナ容器はマルチキャビティコンテナ JFA-300™を使用し, コピートオールド:鹿沼土=9:1, 緩効性肥料 7g/ℓの割合で混合したものを播種培土とした. 2016年4月に, 1セル当たり3粒播種を行い, その後2017年10月までガラス温室内で育苗した. 間引き時期は, 播種から3か月後, 6か月後, 12か月後の3処理とした. また間引きを行わずに育苗したものを対照とした. 繰り返しはそれぞれの処理につき各2コンテナ(合計8コンテナ)とした. 間引き処理は残す稚苗の根系を痛めないよう, 剪定ばさみで地際部から切断し, 殺菌剤(ベンレート水和剤™500倍希釈)を噴霧した(図2). 2016年7月, 10月及び2017年4月以降同年10月まで各月1回, 苗木の苗高及び地際径の測定を行った.



図2 間引き処理部の様子
※写真は12か月後間引き処理時

結果

1. ヒノキ充実種子の精選試験

1) 合成洗剤水溶液を用いた精選

沈下種子の平均発芽率を対照と比較すると, 0.075%・17時間浸漬処理を除くすべての処理で有意に高い値を示した(図3). 処理区間で沈下種子の平均発芽率を比較したとき, 有意な差は認められないものの0.075%・7時間浸漬処理及び0%・17時間浸漬処理でその他の処理に比べ平均発芽率が高くなる傾向がみられた. 浮遊種子の平均発芽率を対照と比較すると, 0%・17時間浸漬処理を除くすべての処理で有意に低い値を示した(図4). また浮遊種子の平均発芽率を洗剤濃度ごとにみたとき, 洗剤濃度が高いほど平均発芽率が低くなった. 各処理の供試種子量における沈下種子の回収率は, 濃度0.02%, 0.075%がそれぞれ62.9~67.8%, 66.1~71.0%であったのに対し, 濃度0%では36.1~40.4%と低かった(表2). また, 0.02%, 0.075%では浸漬時間が長くなるほど, 沈下種子の回収率がわずかに高くなる傾向がみられた.

表2 洗剤水選処理別の沈下種子測定情報

処理		回収種子重量 (g)	回収率(%)	平均発芽率 (%)	100粒重 平均(g)	10cc容積重 平均(g)
浸漬時間	洗剤濃度					
無処理		—	—	32.6	0.23	3.63
7時間	0%	8.1	40.4	57.2	0.27	4.01
	0.02%	12.6	62.9	58.6	0.27	4.03
	0.075%	13.2	66.1	62.2	0.27	3.98
12時間	0%	7.3	36.5	55.8	0.26	4.05
	0.02%	13.0	65.2	58.2	0.26	4.02
	0.075%	13.7	68.6	56.4	0.26	4.00
17時間	0%	7.2	36.1	61.4	0.26	4.06
	0.02%	13.6	67.8	56.6	0.26	3.98
	0.075%	14.2	71.0	39.4	0.26	3.99

※ 供試種子は2014年採取の精英樹ヒノキ種子(採取後に風選し試験開始まで3℃で冷蔵貯蔵)
※ 種子は洗剤水浸漬処理後, 水道水で洗浄し, 室温で約24時間乾燥

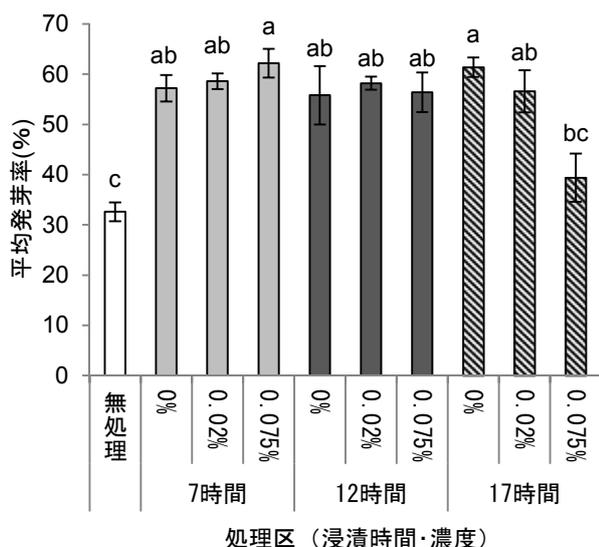


図3 洗剤水選処理別の沈下種子の平均発芽率

※ エラーバーは標準誤差を示す
 ※ 異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す (Scheffe's test)

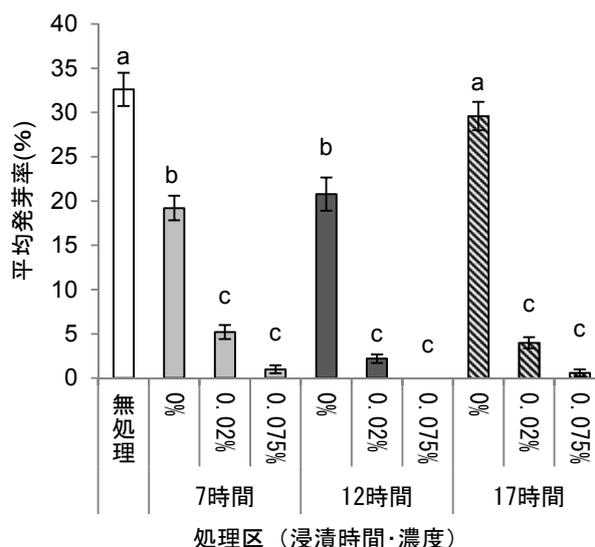


図4 洗剤水選処理別の浮遊種子の平均発芽率

※ エラーバーは標準誤差を示す
 ※ 異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す (Scheffe's test)

2) エタノール溶液を用いた精選

沈下種子の平均発芽率は対照 59.0%に対し、5分浸漬処理が 68.8%、30分浸漬処理が 69.2%であり、処理間に有意な差はみられなかった (図5)。また、浸漬時間による平均発芽率の差はみられず、各処理の供試種子量における沈下種子の回収率においても、5分で 88.6%、30分で 89.1%と差はほとんどみられなかった (表3)。

表3 エタノール選処理別の沈下種子測定情報

処理	回収種子重量 (g)	回収率 (%)	平均発芽率 (%)	100粒重平均 (g)	10cc容積重平均 (g)
無処理	-	-	59.0	0.25	3.73
エタノール 5分	17.0	88.6	68.8	0.29	3.83
エタノール 30分	17.2	89.1	69.2	0.28	3.85

※ 供試種子は 2014 年採取の精英樹ヒノキ種子 (採取後に風選し試験開始まで -25°C で冷凍貯蔵)
 ※ 種子はエタノール浸漬処理後、水道水で洗浄し、室温で約 24 時間乾燥
 ※ エタノールは市販の消毒用エタノール (濃度 76.9~81.4%) を無希釈で使用

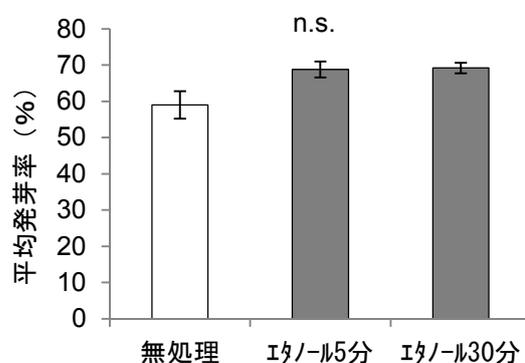


図5 エタノール選処理別の沈下種子の平均発芽率

※ エラーバーは標準誤差を示す
 ※ n. s. は各処理区間に有意な差がないことを示す (Scheffe's test)

3) 精選溶液 2 種の比較

沈下種子の平均発芽率は対照 54.6%に対し、洗剤水選 65.8%、エタノール選 43.2%であった(図 6)。洗剤水選沈下種子の平均発芽率が対照を有意に上回ったのに対し、エタノール選沈下種子の平均発芽率は対照を有意に下回った。また、各処理の供試種子量における沈下種子の回収率は、洗剤水選で 66.9%、エタノール選で 92.0%であり、エタノール選で高い値を示した(表 4)。

表 4 精選処理別の沈下種子測定情報

処理	回収種子重量 (g)	回収率(%)	平均発芽率 (%)	100粒重 平均(g)	10cc容積重 平均(g)
無処理	-	-	54.6	0.25	3.43
洗剤水選 (濃度0.075%, 7時間浸漬)	13.9	66.9	65.8	0.27	3.87
エタノール選 (5分浸漬)	19.6	92.0	43.2	0.26	3.54

※ 供試種子は 2014 年採取の精英樹ヒノキ種子(採取後に風選し試験開始まで -25°C で冷凍貯蔵)
 ※ 種子は各溶液浸漬処理後、水道水で洗浄し、室温で約 24 時間乾燥
 ※ エタノールは市販の消毒用エタノール(濃度 76.9~81.4%)を無希釈で使用

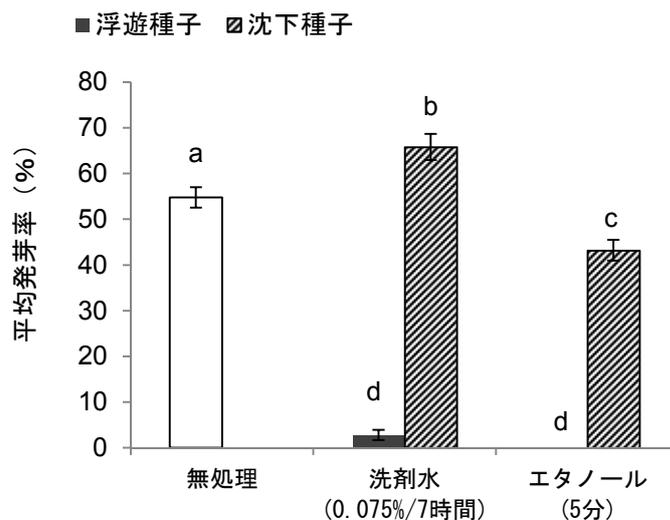


図 6 精選処理別の平均発芽率

※ エラーバーは標準誤差を示す
 ※ 異なるアルファベットは 5%水準で有意差があることを示す (Scheffe's test)

2. 異なる時期の間引き処理による稚苗の成長量調査

各時期に間引き処理を行った苗木の成長量において、最終測定月の 10 月時点の平均苗高に有意な差はみられなかった(図 7)。10 月時点の平均地際径を比較した際、播種 3 か月後間引き処理と 12 か月後間引き処理の間に有意な差がみられ、3 か月及び 6 か月後間引き処理については、間引き直後から平均地際径が大きくなる傾向がみられた(図 8)。形状比(=平均苗高/平均地際径)について比較を行ったところ、3 か月後間引き処理と 6 か月後、12 か月後間引き処理の間に有意な差がみられた(図 9)。

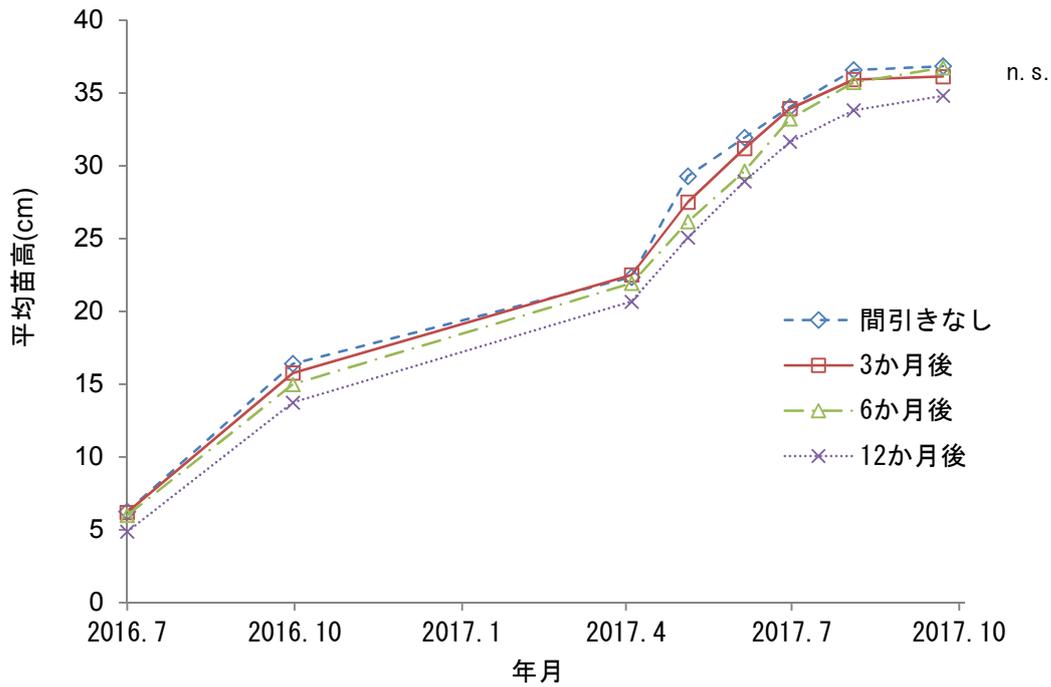


図7 間引き処理後の平均苗高の変化

※ n. s. は2017年10月時点の平均苗高において各処理区間に有意な差がないことを示す(Scheffe' s test)

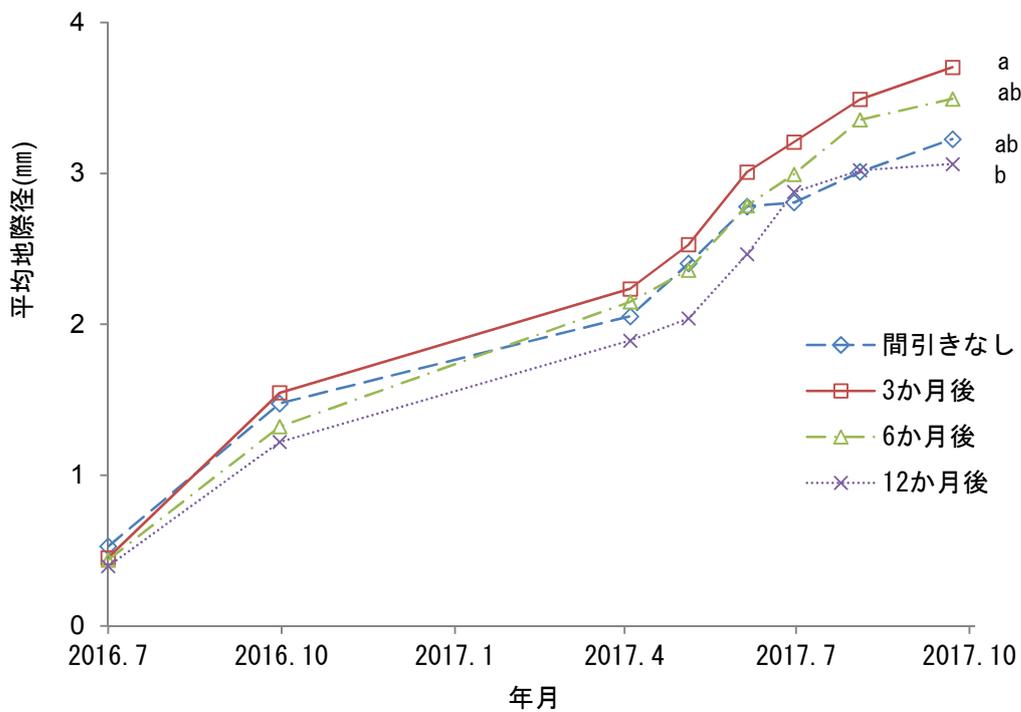


図8 間引き処理後の平均地際径の変化

※ 異なるアルファベットは2017年10月時点の平均地際径において各処理区間に5%水準で有意な差があることを示す(Scheffe' s test)

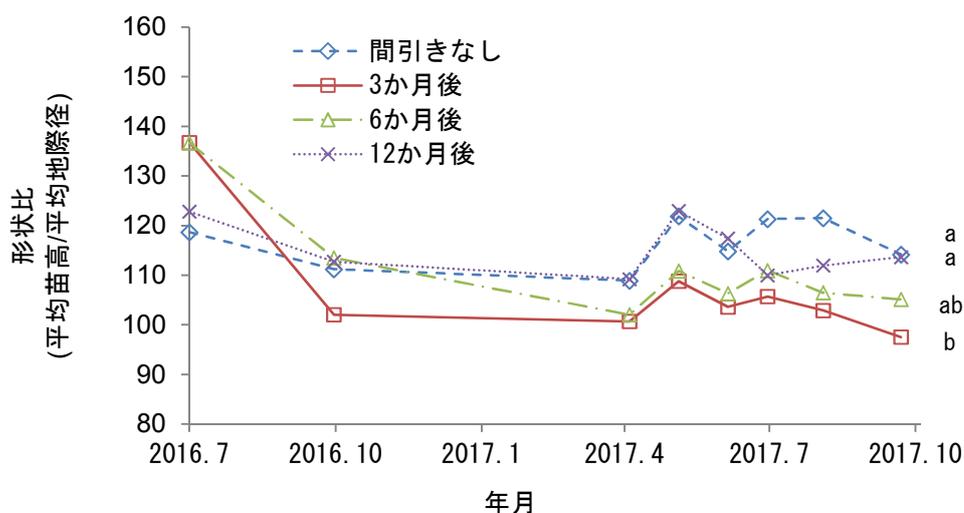


図9 間引き処理後の形状比の変化

※ 異なるアルファベットは2017年10月時点の形状比において各処理区間に5%水準で有意な差があることを示す (Scheffe's test)

考察

洗剤水選の場合、0.075%濃度・17時間浸漬処理を除く処理において、沈下種子の発芽率は55.8～62.2%を示し、無処理に比べて1.7～1.9倍の発芽率を有した。また、いずれの浸漬時間においても洗剤濃度が高いほど浮遊種子の発芽率が小さくなる傾向にあり、充実種子の沈下率が大きくなると考えられたが、17時間浸漬した際、0.075%濃度では沈下種子の発芽率が同濃度の7時間浸漬に比べ低下した。逆に沈下種子の回収率は洗剤濃度、浸漬時間が上昇、増加するほど大きくなる傾向にあることから、高濃度かつ長時間の洗剤水選では、非充実種子の沈下が多くなると考えられ、得られる精選種子の発芽率の低下が懸念された。一方、0.075%濃度の洗剤水に7～12時間種子を浸漬することで、沈下種子の発芽率が高く、効率的に充実種子を精選することが可能であった。7時間と12時間で精選種子の発芽率及び回収率にはほぼ差がみられないことから、実用の際は7時間で十分に精選が可能であると考えられる。また水道水による精選では、いずれの場合も沈下種子の回収率が低く、浮遊種子の発芽率が洗剤水選に比べ高いことから、17時間浸漬でも十分に充実種子が沈下せず、浮遊種子中に充実種子が多く残っているものと考えられた。

エタノール選では、浸漬時間の差による沈下種子の発芽率、回収率の違いはほぼみられず、沈下種子の発芽率が無処理よりも有意に低くなるケースもみられた。沈下種子の回収率が大きいことから、非充実種子が多く沈下したためと推察できるが、高濃度エタノールへの種子の浸漬は発芽率を低下させることが示唆されており (千吉・羽野, 1995; 今・来田, 2014)、本試験では市販の消毒用エタノールを無希釈で使用していることから、短時間であっても浸漬により充実種子の発芽率が低下した可能性もある。エタノール選については、濃度など条件についてより精査する必要があると考えられた。

本試験では0.075%濃度の洗剤水に7時間浸漬することで、簡易かつ効率的に充実種子の精選が可能であった。洗剤水選により発芽率60～65%の充実種子の精選が可能であるため、コンテナ容器

のセルごとに約2粒の播種でコンテナ当たりの発芽率を向上させることができると考えられる。一方で精選前の種子の発芽率は供試種子ごとに異なり、無処理においても精選種子と同程度の高い発芽率を有するものもあった。これは種子採取時の防虫対策の有無、採取後の精選・貯蔵方法の違いによるものと思われ、そのほか採取年の種子の豊凶などの要因を含め、これらの条件の違いは種子の精選精度を左右する可能性が大きいと推察された。このことから、充実種子を得るためには、精選以前に採種園の適正な管理や採取後の種子の貯蔵手法などについて考慮する必要があると思われ、それらを考慮した種子を用いて精選を行うことで、より発芽率の高い充実種子を得られると考えられた。

また、間引き時期の違いによる稚苗の伸長成長への影響は確認できなかったが、間引き後に地際径が増大する傾向がみられた。3か月後間引き処理においては間引き直後から形状比が低下し、最終測定月の10月時点で他の処理に比べて形状比が有意に低くなることから、幹の肥大成長が促進されたと考えられた。肥大成長促進の要因としては、早期に周囲の稚苗が間引かれたことで、光環境や養分・水分吸収などの競合が少なくなったためと推察された。また、播種後3か月後の間引き処理時期が夏季となり稚苗の成長期間にあたるため、その時期に競合が少なくなったことで他の処理区よりも成長量が増加したとも推察される。4月播種したヒノキ実生コンテナ苗において播種初年の夏季から秋季にかけて間引きを行うことで育苗初期段階の肥大成長の促進及び苗木形状の良化につながる可能性があると考えられた。コンテナ苗育苗においては苗の形状比が大きくなる傾向にあるため(壁谷・宇都木, 2018)、間引きによる肥大成長の促進が可能であれば、コンテナ苗の形状の適正化につながると考えられる。また、初期の地際径の増大が、その後の苗木の成長に及ぼす影響について今後調査が必要である。

摘 要

効率的かつ簡易にヒノキ充実種子を精選する方法として、洗剤水およびエタノールによる液体選の評価を行った。また、精選種子をコンテナ容器のセルごとに複数粒播種した際に、間引きを行う時期が苗木の成長に及ぼす影響を調査した。

1. 0.075%洗剤水溶液に7時間浸漬したとき、沈下種子の発芽率及び回収率が高かった。
2. エタノール選では、短時間の精選であっても、非充実種子が沈下しやすく、沈下種子の発芽率が低下するケースがみられた。
3. 4月にコンテナ容器のセルごとに3粒播種したヒノキ稚苗を当年の夏季から秋季に1本に間引くことで、稚苗の地際径が増大する傾向がみられた。

引用文献

- 千吉良治・羽野幹雄. 1995. ヤクタネゴヨウの種子の取扱いに関する研究. 日本林学会九州支部研究論文. 48: 35-36.
- 壁谷大介・宇都木玄. 2018. コンテナ苗の“形状比”に関する考察. 第129回日本森林学会大会学術講演集. p. 258
- 今博計・来田和人. 2014. カラマツとクリーンラーチ(グイマツ×カラマツ雑種F₁)のエタノール種子精選および発芽に及ぼすエタノール浸漬の影響. 日本森林学会誌. 96: 187-192.

中村松三. 2012. 再造林コストの低減を図るには. 森林技術. 839 : 30-33.

小沢準二郎. 1958. 林木のタネとその取扱い. p. 80. 日本林業技術協会. 東京.

柳沢聡雄・斎藤幹夫. 1955. 界面活性剤によるヒノキのタネの精選. 日本林学会誌. 37(12) : 549-551.

和歌山県. 2018. 平成 30 年 度森林・林業及び山村の概況. p. 4. 和歌山.

紀伊水道周辺海域におけるマルアジ肥満度の季節変化

武田保幸・原田慈雄¹・武田崇史

和歌山県水産試験場

Seasonal Changes in Condition Factor of Japanese Scad around the Kii Channel and Adjacent Waters

Yasuyuki Takeda, Shigeo Harada¹ and Takashi Takeda

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒 言

紀伊水道周辺海域に生息するマルアジ *Decapterus maruadsi* Temminck and Schlegel は、中型まき網、一本釣、定置網、小型底びき網等、当海域の主要漁業により和歌山県で年間数千トン漁獲される重要な漁業資源である。和歌山県水産試験場は、本種の和歌山県漁業に占める重要性から、1980年代半ばから資源生態の調査研究を開始し、それ以降モニタリングを継続している。2004年からは、それまで得られた産卵生態に関する研究結果をもとに、和歌山県中型まき網連合会により自主的な資源管理方策として産卵親魚の獲り控えが実施され（土居内・武田，2010；武田・和田，2011），2018年現在まで継続して取り組まれている。

当海域のマルアジは瀬戸内海東部を季節的に回遊する地域個体群であり、春季～夏季に内海に入り込み、秋季～冬季に内海から紀伊水道外域に南下して越冬する回遊生態を持つと考えられている（武田，2002）。

本研究では、資源調査で測定した結果をもとに、年齢、成熟などの生物情報を含め、肥満度の季節変化について若干の知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 標本魚の採集と魚体測定

2011年3月～2016年12月に紀伊水道および紀伊水道外域に面する和歌山県内6漁港（図1）において、中型まき網漁業、大型定置網漁業、一本釣漁業、小型底びき網漁業により紀伊水道周辺海域で漁獲されたマルアジ2,233個体を標本魚として採集した。これらの採集は、できるだけ漁獲物を代表するように無作為に行った。標本魚はアイスボックスに水氷で保存し、水産試験場において、尾叉長FL(mm)、体重BW(g)、生殖腺重量GW(g)を測定し、頭部から左右の耳石（扁平石）を採取した。耳石は水道水で体液等を洗浄後、濡れタオルで水分を拭き取り、個体ごとに紙袋に乾燥保存した。若齢魚（銘柄名「青じゃこ」、「青子」）では、生殖腺が未発達で雌雄の判別が難しい個体があり、その場合は「性別不明でGWは0」とした。なお、胃内容物については、

¹現在：和歌山県有田振興局農林水産振興部農業水産振興課

空胃の個体がほとんどであったので測定できなかった。

2. 生殖腺重量指数と肥満度

魚体測定結果から、雌雄別の生殖腺重量指数 (GSI) と肥満度 (CF) を次の計算式により求めた。計算式は、CF については東シナ海産マアジについての大下ほか(2004)、GSI については武田(2002)にしたがった。

$$GSI = GW / BW \times 100$$

$$CF = (BW - GW) \times 10^3 / FL^3$$

ただし、単位は、FL : mm BW : g GW : g

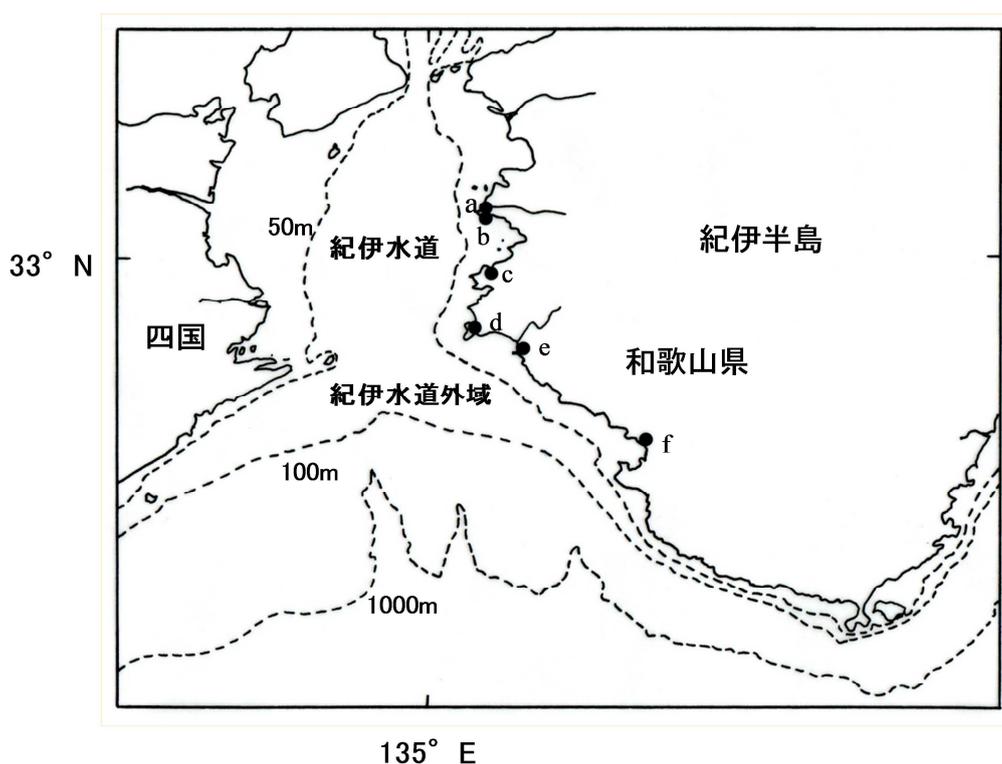


図1 マルアジの調査地 a: 箕島 (小型底びき網漁業), b: 逢井 (大型定置網漁業), c: 衣奈 (一本釣漁業), d: 阿尾 (中型まき網漁業), e: 塩屋 (中型まき網漁業), f: 田辺 (中型まき網漁業)

3. 耳石の処理

最初に全個体について直接観察法による年齢査定を行い、そのうち輪紋が1本以上計数できる個体については、原則として頭部前方に向かって左側の耳石を耳石薄片法により再度年齢査定を行った。薄片標本は、乾燥させた耳石をポリエスチル樹脂に包埋し硬化させた後、硬組織切断機 (ライカ SP1600) を用いて、耳石長軸方向に垂直に、厚さ 200 μ m に切断した。包埋に際しては、耳石中心部に赤色マーカーペンで赤マークを付け、切断時にできるだけ薄片標本中に耳石の中心部周辺を残すようにした。切断後には、標本の両側を耐水研磨紙 (#1000~2000) で研磨し、スライドガラスに貼り付けて薄片標本を作製した。

4. 年齢査定方法

直接観察法による年齢査定は、真水を張ったシャーレに耳石を浸して、実体顕微鏡下で10~20倍に拡大し落射照明を用いて行った。耳石薄片法を用いた輪紋の観察は、明視野の生物顕微鏡下で40倍に拡大し、蛍光の落射照明を用いて行った。マルアジ耳石の形状から、輪紋は不透明帯とし、どちらの方法も中心部から縁辺方向に計数を行った。紀伊水道産マルアジの不透明帯は年1回、4~6月に形成されることが知られており（阪本・武田，1987），産卵ピークは6月であるので（武田，2002），「仮定上の誕生日は6月1日」として年齢査定を行った。

結 果

1. 生殖腺重量指数および肥満度の季節変化

雌雄別・年齢別の生殖腺重量指数（GSI）および肥満度（CF）の月別変化を図2に示した。GSIは2歳以上で雌雄とも春季の4月から急激に上昇し、雄は5月、雌は6月にピークを示し、雌雄とも夏季の7月まで高く、8月以降は著しく低下した。0~1歳魚のGSIは、雌雄とも、本種の産卵期である5~7月に高くなるものの、2歳魚以上に比べて有意に低かった（t検定、 $p < 0.05$ ）。一方、CFは2歳以上で雌雄とも1~2月に低下し5月に少し高くなり、6月には急激に低下し、7月に年間の最低値を示した。その後、8月から秋季にかけて高くなり、10月に最高値を示した。2歳以上で雌雄別にみると、1~6月には雄より雌の方が有意に高かった（t検定、 $p < 0.05$ ）。0~1歳（雌雄込み）のCFは、3月、5月、8月、11~12月に高く、2歳以上と同様に7月に年間の最低値を示した。また、10~12月における2歳以上のCFは、2~9月に比べ雌雄とも有意に高かった（t検定、 $p < 0.05$ ）。

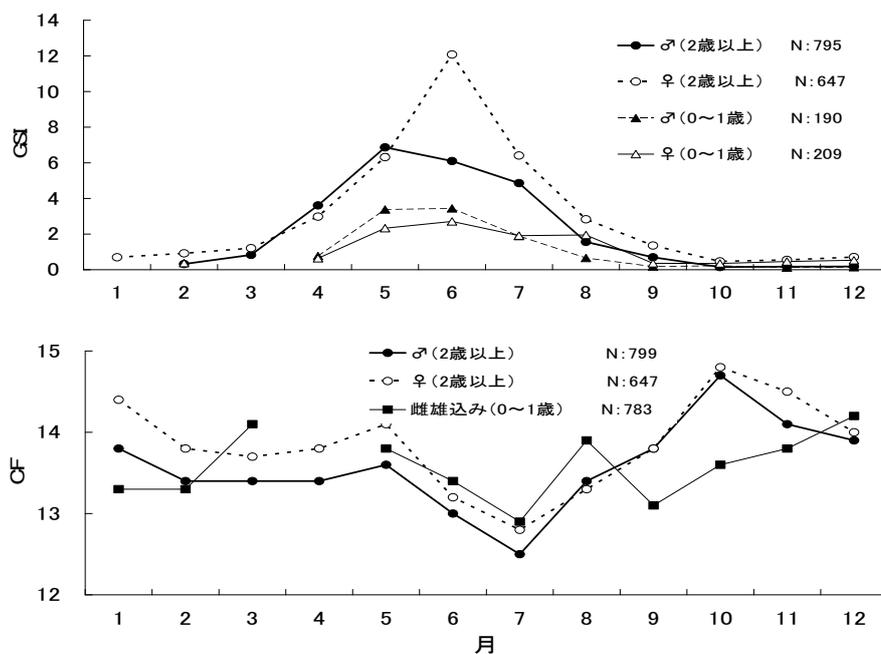


図2 生殖腺重量指数および肥満度の月別変化

2. 漁法別・雌雄別の肥満度の季節変化

前述の肥満度の高い2歳以上について、漁法別・雌雄別の肥満度（CF）の月別変化を図3に示した。紀伊水道外域を漁場にするまき網では、雌雄ともCFが冬季の2月から春季の4月にかけて横ばい、4月から5月にかけて高くなり、6月には急激に低下し、年間の最低値を示した。その後、秋季の10～11月には春季より高くなり、12月にやや低下した。

紀伊水道（湯浅湾内）を漁場とする定置網では、CFが雌雄とも冬季の2月がまき網より高く、春季の5月から夏季の7月まで低下し、8月から再び高くなり、雄は10月、雌は12月に最高値を示した。定置網では1～2月、4～7月、12月に雌のCFが雄より高かった。

春季と秋季に紀伊水道南部を漁場とする一本釣では、雌雄とも春季の4～5月にはCFが高くなり、秋季の10月は4～5月より高く、定置網とほぼ同程度であった。また、4～5月のCFは雄より雌の方が高かった。

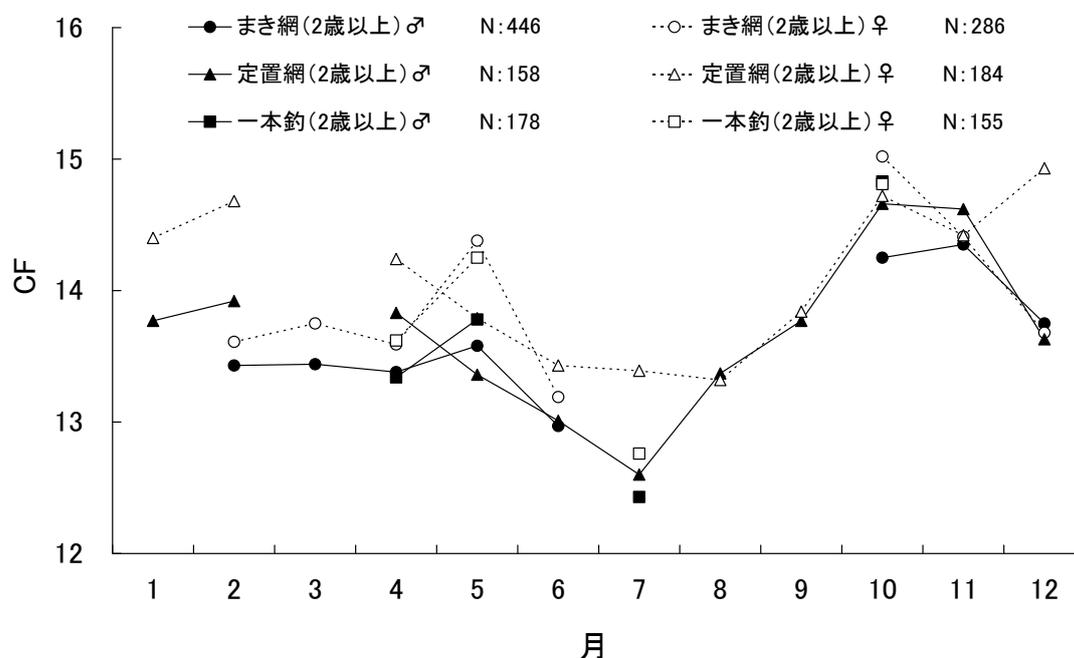


図3 漁法別・雌雄別の肥満度の月別変化

3. 季節別の尾叉長と肥満度との関係

1～4月、5～8月、9～12月における漁法・雌雄を込みにした尾叉長（FL）と肥満度（CF）との関係を図4に示した。いずれの期間も、FLとCFとの間に明瞭な関係は認められなかった。10～12月にはFL150mm以上の個体（CF平均値14.3）が、7～9月（CF平均値12.9）に比べCFが高くなった。また、9～10月には、FL100mm未満の個体（CF平均値13.3、標準偏差1.8）が、同時期のFL100mm以上（CF平均値13.9、標準偏差1.3）に比べ、CFのばらつきが非常に大きかった。

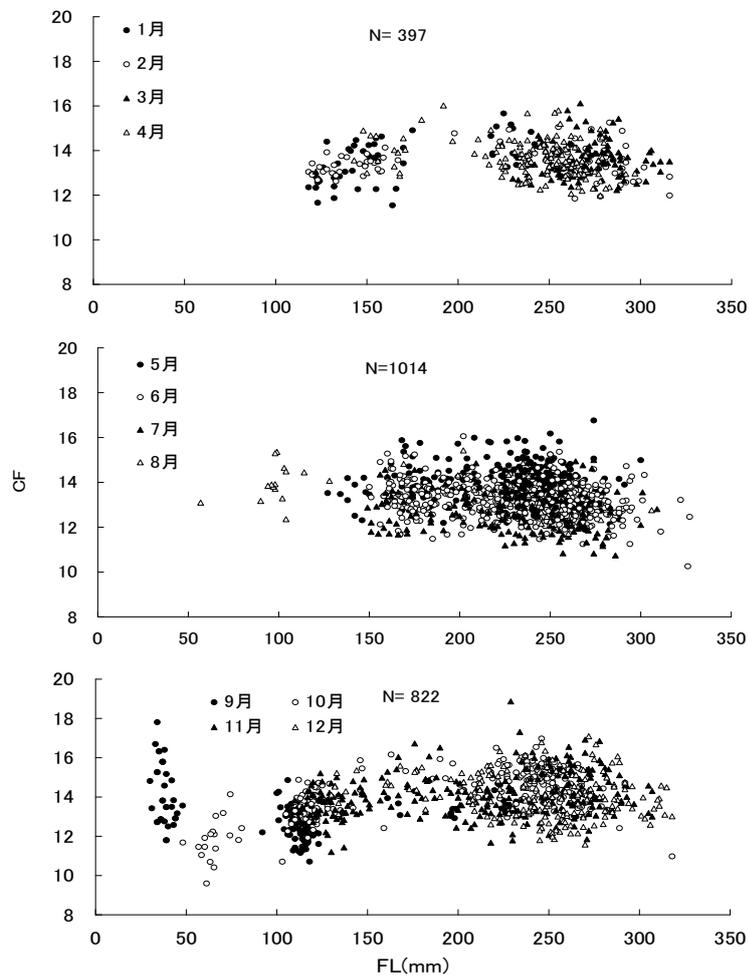


図 4 季節別の尾叉長と肥満度との関係

4. 漁法別の漁獲物年齢組成

季節別のまき網と定置網の漁獲物年齢組成を図5に示した。まき網では主に2～7歳以上が漁獲対象になり、定置網より5歳以上の高齢魚の割合が比較的高かった。定置網では逆に0～2歳の若齢魚の割合が高かった。

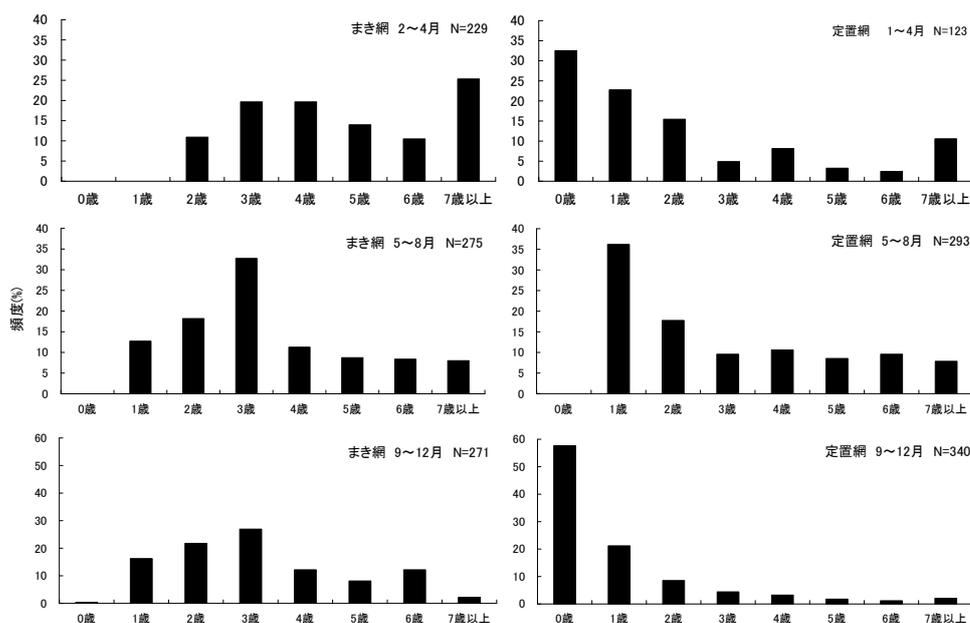


図5 季節別・漁法別の漁獲物年齢組成

考 察

生殖腺重量指数と肥満度の月別変化（図2）および回遊に関する知見（武田，2002）から、当海域におけるマルアジ親魚（2歳以上）の肥満度は、生活年周期を中心とした資源生態、特に成熟・産卵や季節回遊と密接に関係していることが示唆された。当海域におけるマルアジの産卵期は5~7月でピークは6月であることが知られており（阪本・武田，1987；武田，2002；土居内・内海，2009），本研究でも生殖腺重量指数の月別変化から同様の結果が得られた。マサバとゴマサバでは、脂肪含量と肥満度との関係性が確認されている（吉満ら，2018；五十川ら，2008）。マルアジの親魚では、内海における夏季の索餌回遊から外海への越冬回遊に転じる秋季の10月から、越冬・産卵のエネルギー（脂肪）を蓄積するために肥満度が急激に高くなり、その後、生息域の水温が低下する2~4月には、餌料不足により食物からのエネルギー摂取量が減少し、秋季に比べ肥満度が低下すると考えられる。さらに、産卵期前期の5月には肥満度が再び上昇し、産卵ピークの6月から低下し、産卵期後期の7月には年間で最も低くなった。これは、5月には肥満度が摂餌により上昇するものの、6~7月には成熟・産卵で多くのエネルギーを消費することを示唆している。

ここで注目される点は、マルアジは東京湾のイシガレイ（上原・清水，1999）や紀伊水道のハモ（上田，2008）などとは異なり、肥満度が産卵後（マルアジでは索餌回遊時期である夏季）に速やかに上昇するのではなく、産卵後しばらく間を置いて秋季の10月から上昇していることである。この理由として、当海域におけるマルアジは卵巣の組織学的観察から8月に一部の群が産卵している可能性があること（土居内・内海，2009）と、日向灘産マダイで見られるように（長野・片山，2015），夏季の8~9月には海域の水温上昇により魚体の運動量と代謝量が増加することが

考えられる。さらに、0～1歳魚については、尾叉長が小さく肥満度は秋季に少し上昇する程度であるが、産卵期には1歳魚が産卵を行っているという観察例（武田，1988）もあるので、1歳魚の産卵割合については、今後の重要な研究課題といえるだろう。

また、親魚の肥満度は、1～6月に雌の方が雄より有意に高かった。雌雄の肥満度に有意差がみられることは、甕島産キビナゴ（小沢ら，1989），日本海西部産ニギス（原田ら，2007）などで報告されており、当海域産マルアジの場合は、雌は雄より成長が遅い（武田，未発表）こともあり、雌が産卵期前後に雄より多くの脂肪を体内に蓄積し、このエネルギーの大部分を成熟・産卵に消費していると考えられる。

肥満度と生殖腺重量指数および年齢組成から判断して、5歳以上の大型の高齢魚でも産卵回遊、索餌回遊・越冬回遊（武田，2002）を行っており、資源生態学的にみて産卵親魚として重要であることが確認された。また、秋季～冬季における大型の高齢魚は、小型の若齢魚に比べ肉質部分が多いと考えられ、特に10～12月は肥満度が高かったので、市場価値の高いものであることが改めて明らかになった。したがって、当海域では「10～12月に大型の高齢魚が、まき網漁業で安定して漁獲・供給できるかどうか」が資源利用上のポイントであり、そのためには高齢の大型魚を中心に本種を持続的に利用するための資源管理が必要になると考えられる。今後とも、和歌山県中型まき網連合会が自主的に行っている「産卵親魚の獲り控え」（土居内・武田，2010；武田・和田，2011）を資源管理方策の中心にして取り組みを継続し、関係者がより一層努力することが重要であろう。

摘 要

2011～2016年に和歌山県内6漁港において、沿岸漁業の漁獲物から採集したマルアジ2,233個体の生物測定結果を使用し、肥満度の季節変化をはじめとする資源特性について検討した。

1. 当海域におけるマルアジの肥満度は、特に親魚において成熟・産卵及び回遊と密接に関係し、産卵期の6～7月に低く、秋季の10～12月に高くなった。
2. 1～6月における親魚の肥満度は、雌が雄より有意に高かった。
3. 10～12月の漁獲物は、大型で肥満度が高いものが多く、市場価値が高いため、これらを持続的に利用するためには、現在取り組まれている中型まき網漁業の「産卵親魚の獲り控え」を中心に、今後とも資源管理を継続していく必要がある。

耳石薄片法についてご指導いただいた東北大学大学院農学研究科教授片山知史博士に心より感謝する。標本の採集と市場調査にご協力いただいた関係漁業者・団体の皆様に厚くお礼申し上げます。本研究の一部は、水産庁委託事業（我が国周辺水産資源評価等推進委託事業及び我が国周辺水産資源調査・評価等推進委託事業）の「資源動向調査」の一環として行われた。記して謝意を表す。

引用文献

- 土居内龍・内海遼一. 2009. 紀伊水道におけるマルアジの成熟特性. 和歌山水研報. 1 : 1-5.
- 土居内龍・武田保幸. 2010. 和歌山県におけるイサキ・マルアジの資源管理. 黒潮の資源海洋研究. 11 : 9-12.
- 原田和宏・海野徹也・大谷徹也. 2007. 日本海西部で漁獲されたニギスの体成分の季節変動. 日本水産学会誌. 73(5) : 891-896.
- 五十川章子・山岡耕作・森岡克司. 2008. 清水さばの脂質含量と生態形質の季節変動. 日本水産学会誌. 74(2) : 207-212.
- 長野昌子・片山知史. 2015. 日向灘におけるマダイ *Pagrus major* の生活史特性と肥満度の経年変化. 日本水産学会誌. 81(2) : 219-226.
- 小沢貴和・角輝秀・増田育司. 1989. 甕列島産キビナゴの個体群構造. 日本水産学会誌. 55(6) : 985-988.
- 阪本俊雄・武田保幸. 1987. 沿岸重要漁業資源の管理に関する研究—紀伊水道におけるマルアジの年齢と生長(概報)—. 昭和60年度和歌山県水産試験場事業報告. 48-54.
- 武田保幸. 1988. 紀伊水道産マルアジの年齢群別産卵数について. 南西外海の資源・海洋研究. 4 : 27-32.
- 武田保幸. 2002. 紀伊水道周辺海域におけるマルアジの回遊. 水産海洋研究. 66(1) : 26-33.
- 武田保幸・和田隆史. 2011. 紀伊水道周辺海域におけるマルアジの資源生態と中型まき網による資源管理. 黒潮の資源海洋研究. 12 : 79-84.
- 大下誠二・依田真理・檜山義明. 2004. 東シナ海におけるマアジの成熟特性の長期的な変化. 水産海洋研究. 68(4) : 245-252.
- 上原伸二・清水誠. 1999. 東京湾におけるイシガレイの成熟とそれに伴う肥満度, 摂餌強度等の変化. 日本水産学会誌. 65(2) : 209-215.
- 上田幸男. 2008. 徳島県産ハモの漁業生物学的知見. 徳島水研報. 6 : 85-90.
- 吉満友野・加藤正人・小林正三. 2018. 銚子漁港に水揚げされたマサバにおける脂質含量の季節変動と生殖腺の発達の関係性. 日本水産学会誌. 84(6) : 1017-1024.

紀伊水道外域におけるサバ類の近年の漁獲動向及び漁況予測

武田崇史・武田保幸

和歌山県水産試験場

Recent Trends and Forecasts of the Mackerels (*Scomber japonicus*, *S. australasicus*) Catch in the Outer Kii Channel, Japan

Takashi Takeda and Yasuyuki Takeda

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒 言

サバ類は、紀伊水道周辺海域において、主要な漁獲対象魚類の一つであり、中型まき網、定置網、一本釣り漁業等で漁獲されている。和歌山県では、年間数千トン漁獲されているが、その過半数が和歌山県中型まき網連合会に加盟して紀伊水道外域で操業する中型1,2そうまき網漁業(以下、「中型まき網」という。)による水揚げである。本海域に生息するマサバ *Scomber japonicus* 及びゴマサバ *Scomber australasicu* は、太平洋系群の一部であると考えられ、資源量及び漁獲量の変動が大きいことが、本種本系群の特徴であり(由上ら, 2017a; 由上ら, 2017b), 和歌山県の中型まき網による漁獲量についても、太平洋系群全体と同様に変動が大きい(武田, 2011)。また、マサバとゴマサバの漁獲量には、相反する動向がみられ、このような近縁種間で優占種が入れ替わる魚種交替は、マイワシとカタクチイワシの間でも確認されている(高須賀, 2007)。このことは、資源生物学的に興味深いだけでなく、両種が TAC 対象種でもあることから、重要資源の評価という観点からも注目すべき現象である。本研究では、紀伊水道周辺海域におけるサバ類の漁獲量変動要因を解明する一環として、中型まき網による近年の漁獲量と太平洋系群の漁獲量・資源量及び漁場水温との関係について、明らかにするとともに、その関係を用いて、漁況予測が可能かどうかを検討した。

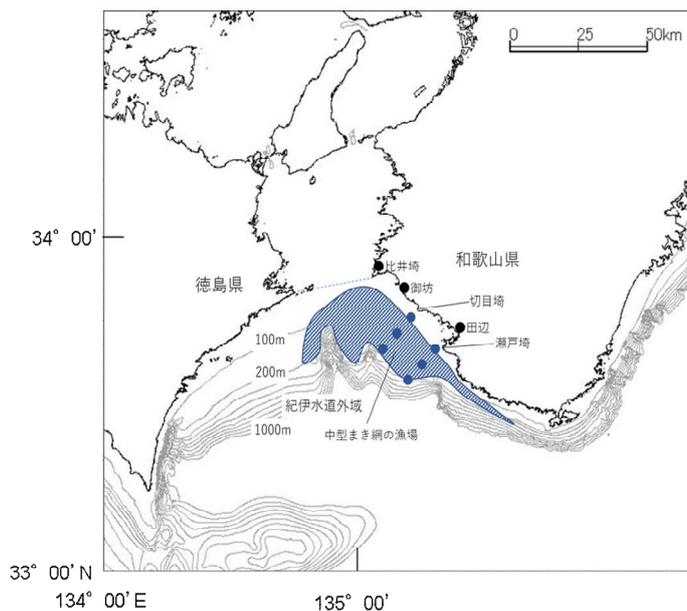


図1 中型まき網の漁場
(青丸は水温観測定点)

材料および方法

1. 漁獲状況の把握

中型まき網は、いずれも図1で示した部分を漁場とし、2017年12月末時点において、比井崎漁協に1ヶ統(39トン型・2そうまき)、紀州日高漁協本所(御坊)に1ヶ統(14トン型・2そうまき)、和歌山南漁協本所(田辺)に2ヶ統(19トン型・1そうまき1ヶ統、14トン型・2そうまき1ヶ統)が所属している。これらの中型まき網によるサバ類漁獲量は、日別、船別に魚種別漁獲量・努力量が報告されている和歌山県中型まき網漁獲成績報告書及び所属漁協の日別・漁業種別・魚種別漁獲データを使用した。なお、中型まき網は、1月1日から2月15日までは、休漁期間になっている。

2. 漁獲量変動要因の把握

中型まき網による漁獲量と太平洋系群の漁獲量・資源量及び漁場水温との関係は、相関分析を用いて解析した。太平洋系群の漁獲量・資源量は、水産庁が公表した魚種別系群別資源評価データを用いた。その際の対象期間は、マサバ・ゴマサバともに、1997年から2016年とした。中型まき網の漁獲量と漁場水温との相関分析の対象期間は、マサバ・ゴマサバともに、2008年2月～2017年12月とし、月別漁獲量と月別水温との間のすべての組み合わせについて行った。

3. 漁場水温の測定

2008年2月～2017年12月に、和歌山県水産試験場の漁業調査船「きのくに」が、月1回実施した沿岸定線調査結果のうち、切目崎沖及び瀬戸崎沖の距岸2マイル、6マイル、10マイルの1定線あたり3定点、計2定線6定点分を使用した(図1)。水温は、CTD(FSI社製)による連続観測によるもので、水深100m層の10年平均値(月別)を用いた。これらは、1993年から2004年に、中型まき網によるゴマサバの漁獲変動と漁場水温との間に相関がみられた定線を含む(土居内, 2007)。なお、中型まき網の漁獲量と漁場水温との相関分析は、定線別、2定線平均ともに実施した。

結果および考察

1. マサバ・ゴマサバ魚種別漁獲量及び漁獲比率

中型まき網によるマサバ・ゴマサバ漁獲量及びマサバ漁獲比率の推移を図2に示す。1990年代前半、中型まき網によるサバ類の水揚げは、マサバが優占種であったが、1997年以降、マサバが減少傾向、ゴマサバが増加傾向を示し、2003年からは、サバ類全体に占めるゴマサバの漁獲比率が過半数に達し、ゴマサバが優占種となった。1990年代以降の紀伊水道周辺海域におけるマサバの漁獲量減少と、ゴマサバの漁獲量増加については、これまで、たびたび報告されてきた(武田, 1997; 武田, 2002; 土居内, 2007; 武田, 2011)。その後、2010年からは、ゴマサバの漁獲量が減少傾向に転じ、2014年には、サバ類全体に占めるマサバの漁獲比率が過半数に達し、マサバが再び優占種となった。本海域において、ともにサバ属に分類され近縁種であるマサバとゴマサバの間では、優占種が入れ替わる魚種交替が、2回確認された。

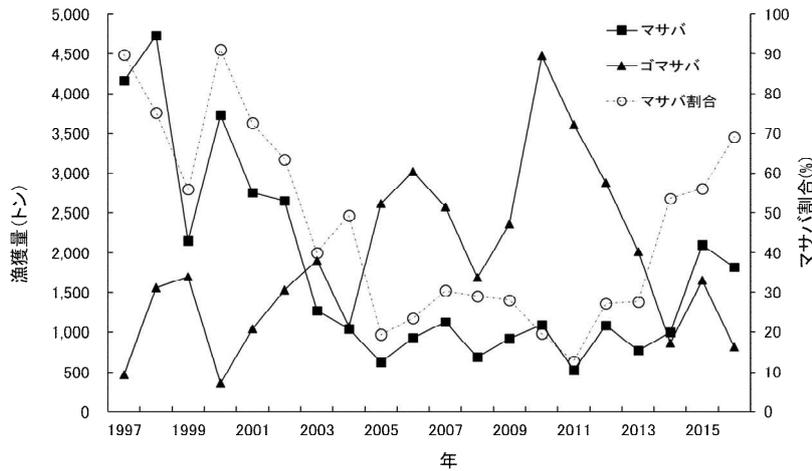


図2 中型まき網によるマサバ・ゴマサバ漁獲量及びマサバ漁獲比率の推移

2. マサバの漁獲量変動

中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ資源量・漁獲量の推移を図3に示す。中型まき網によるマサバの漁獲量については、1997年から2002年までは、2,000トン以上を維持していたが、その後、2005年には、628トンまで減少した。太平洋系群のマサバには、卓越年級群の出現が何度か確認されるが、中でも、2013年級群による資源量増加は顕著で、2012年の91万トンから2013年には238万トンとなった(由上ら, 2017a)。太平洋系群のマサバの漁獲量については、2012年の12.6万トンから2015年には46.5万トンまで増加し(由上ら, 2017a)、中型まき網によるマサバ漁獲量については、2012年の1,083トンから2015年の2,102トンまで増加した。

中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ資源量・漁獲量の相関については、1997年から2006年、2007年から2016年の2期に分けて、分析した結果を表1に示す。中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ漁獲量との間に、1997年から2006年には、有意な相関がみられなかったが、2007年から2016年には、有意な相関がみられた。紀伊水道周辺海域のマサバは内海と外海を季節的に回遊する地方個体群の特徴が強いことが指摘されており(阪本, 1989; 阪本, 1991; 武田, 1997; 武田, 2002; 武田, 2011)、過去には、潮岬以西のマサバ群は太平洋南西群として、熊野灘以東の群と区別されている(宇佐美, 1973)。太平洋系群のマサバ資源が本海域のマサバ資源の加入に強い影響を与えるとともに、魚群探索技術向上などによる中型まき網の操業技術の進歩と相重なることで、中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ漁獲量との間に、有意な相関がみられたと考えられた。

また、表2、図4に示すように、同期間での中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ資源量との間には、有意な相関はみられなかったが、2007年から2016年の中型まき網によるマサバ漁獲量と2006年から2015年、2005年から2014年の太平洋系群のマサバ資源量との間には、有意な相関がみられた。つまり、マサバでは、中型まき網による漁獲量と1年前、2年前の太平洋系群の資源量との間に有意な相関が見られ、特に2年前の太平洋系群の資源量との間により強い相関が見られた。

なお、中型まき網によるマサバ漁獲量と漁場水温との関係については、特筆すべき有意な相関はみられず、過去の知見と一致した(土居内, 2007)。近年においても、紀伊水道外域における中型まき網によるマサバの漁獲動向は、漁場水温によるのではなく、太平洋系群のマサバ資源量に影響を強く受けていることが示唆された。

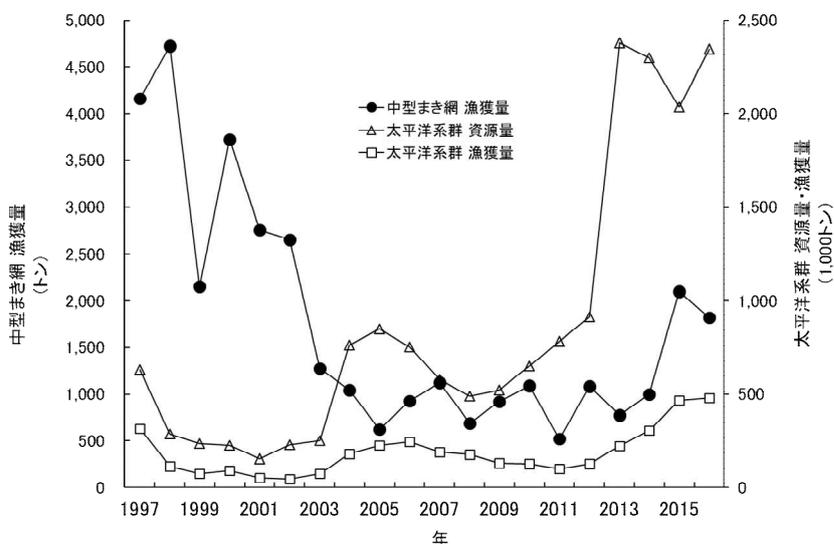


図3 中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ資源量・漁獲量の推移

表1 中型まき網によるマサバ漁獲量と太平洋系群のマサバ資源量・漁獲量との相関係数(同期間)

中型まき網 漁獲量	太平洋系群 資源量	太平洋系群 漁獲量
1997-2006年	-0.51	-0.11
2007-2016年	0.48	0.85**

**1%水準で有意

表2 中型まき網によるマサバ漁獲量(2007年から2016年)と太平洋系群のマサバ資源量(期間別)との相関係数

	太平洋系群 資源量				
	2003-2012年 N-4	2004-2013年 N-3	2005-2014年 N-2	2006-2015年 N-1	2007-2016年 N
中型まき網漁獲量 2007-2016年 N	0.59	0.60	0.91**	0.70*	0.48

*5%水準で有意, **1%水準で有意

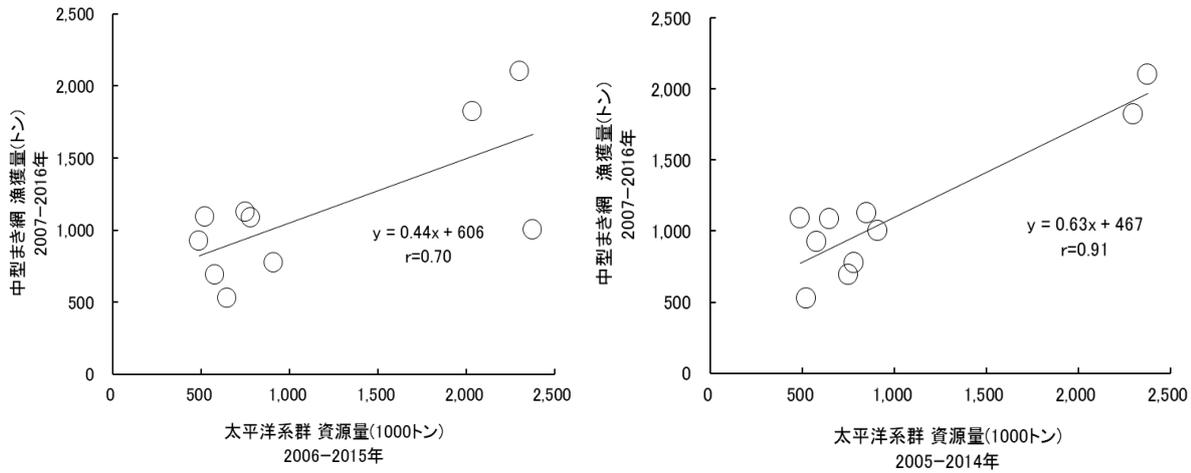


図4 中型まき網によるマサバ漁獲量(2007年から2016年)と太平洋系群のマサバ資源量(2006年から2015年, 2005年から2014年)との相関

3. マサバの漁況予測について

2007年から2016年の中型まき網によるマサバ漁獲量(Y_n)と2005年から2014年の太平洋系群のマサバ資源量(X_{n-2})との間に、最も高い相関があり(図4)、相関式を下に示す。

$$Y_n = 0.63X_{n-2} + 467$$

このことから、N年の中型まき網によるマサバ漁獲量(Y_n)を予測する場合は、N-2年の太平洋系群のマサバ資源量(X_{n-2})を使用する。この相関式を利用した中型まき網によるマサバの漁況予測を図5に示す。推定漁獲量と中型まき網の実績漁獲量との間には、最大で約300トンの差が生じている年はあるものの、増減傾向は概ね捉らえており、2015年には、中型まき網の漁獲量が前年の2倍以上に増加しているが、推定漁獲量もそれに対応している。よって、この関係を用い、漁況予測することは、可能であると示唆された。本相関式は、単回帰分析によるものであるが、今後、中型まき網によるマサバ漁獲量と相関が高い環境条件などを見つけることが出来れば、重回帰分析を行うことが出来、さらに精度の高い漁況予測が可能となるので(吉本・高橋, 2006)、モニタリングを継続して、中型まき網によるマサバ漁獲量と相関が高い条件を探していく必要がある。

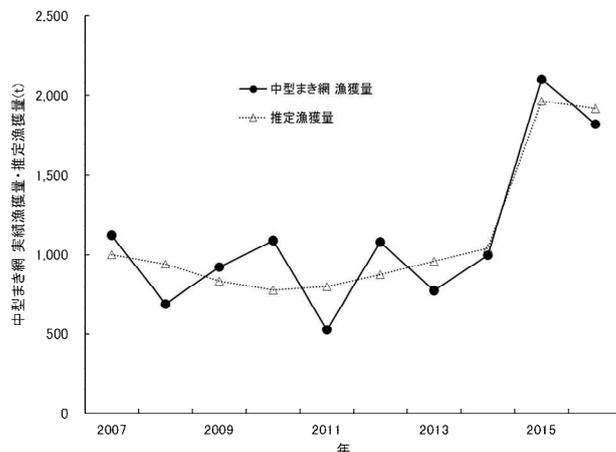


図5 中型まき網によるマサバの実績漁獲量と推定漁獲量(2007年から2016年)

4. ゴマサバの漁獲量変動

中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量の推移を図6に示す。中型まき網によるゴマサバ漁獲量については、1997年以降に大きなピークが2つあり、2006年の3,018トンと最高値となる2010年の4,474トンであった。最低値は、2000年の364トンで、2016年は、3番目に少ない812トンであった。太平洋系群のゴマサバ資源量については、2009年の71.9万トンが最高値で、2016年の23.4万トンが最低値となった(由上ら, 2017b)。太平洋系群のゴマサバ漁獲量については、2006年の19.4万トンが最高値で、2010年の18.9万トンが2番目に高く、最低値は、2016年の4.5万トンとなった(由上ら, 2017b)。近年、このように、中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量とは、類似する動向をしていた。

中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量の相関については、1997年から2006年、2007年から2016年の2期に分けて、分析した結果を表3に示す。中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量との間に、1997年から2006年には、有意な相関がみられなかったが、一方、2007年から2016年には、有意な相関がみられた。これは、魚群探索技術向上などによる中型まき網の操業技術の進歩に加え、太平洋系群のゴマサバが、太平洋系群全体の資源量・漁獲量に対応した魚群量で、紀伊水道外域の漁場へ来遊しているためと考えられた。

また、表4、図7示すように、2007年から2016年の中型まき網によるゴマサバ漁獲量と2006年から2015年の太平洋系群のゴマサバ資源量との間にも、有意な相関がみられ、検討した条件の中では、最も高い相関があった。つまり、ゴマサバでは、中型まき網による漁獲量と当年と1年前の太平洋系群の資源量との間に有意な相関がみられ、特に1年前の太平洋系群の資源量との間により強い相関がみられた。以上のように、中型まき網による漁獲量が、ゴマサバでは1年前と2年前の太平洋系群の資源量と有意な相関があり、ゴマサバでは当年と1年前の太平洋系群の資源量と有意な相関があることは、漁場へ来遊する年齢が、ゴマサバでは1歳魚以上、ゴマサバでは2歳魚以上が中心であるためと考えられる。

なお、中型まき網によるゴマサバ漁獲量と漁場水温との関係について、1993年から2004年には、夏期の漁場水温上昇が中型まき網による夏期のゴマサバ漁獲量の増加をもたらしていたが(土居内, 2007)、2007年から2016年においては、特筆すべき有意な相関は見られず、同期間中の紀伊水道外域における中型まき網によるゴマサバの漁獲動向は、漁場水温によるところではなく、太平洋系群のゴマサバ資源量に影響を強く受けていることが示唆された。

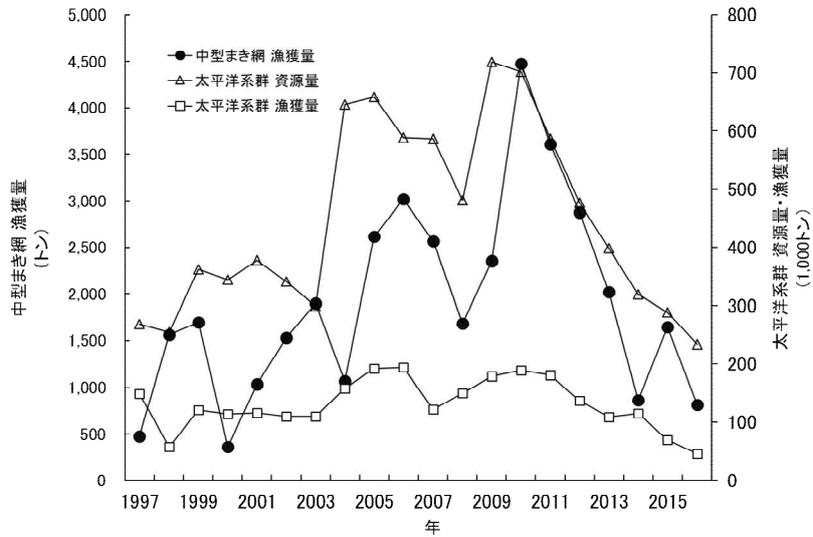


図6 中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量の推移

表3 中型まき網によるゴマサバ漁獲量と太平洋系群のゴマサバ資源量・漁獲量との相関係数(同期間)

中型まき網 漁獲量	太平洋系群	
	資源量	漁獲量
1997-2006年	0.52	0.45
2007-2016年	0.80**	0.77**

**1%水準で有意

表4 中型まき網によるゴマサバ漁獲量(2007年から2016年)との太平洋系群のゴマサバ資源量(期間別)との相関係数

	太平洋系群 資源量				
	2003-2012年 N-4	2004-2013年 N-3	2005-2014年 N-2	2006-2015年 N-1	2007-2016年 N
中型まき網漁獲量 2007-2016年 N	-0.16	0.21	0.52	0.87**	0.80**

**1%水準で有意

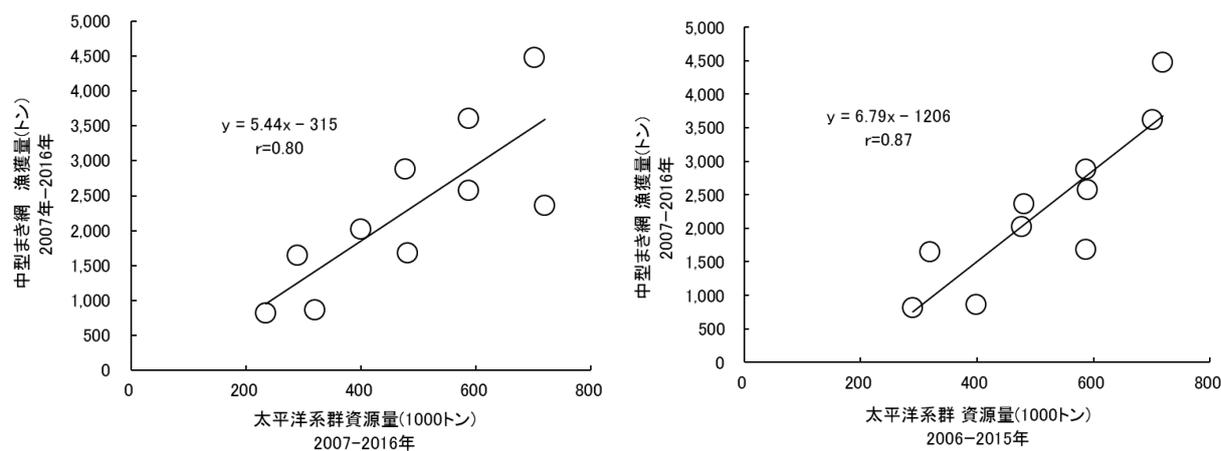


図7 中型まき網によるゴマサバ漁獲量(2007年から2016年)と太平洋系群のゴマサバ資源量(2007年から2016年, 2006年から2015年)との相関

5. ゴマサバの漁況予測について

2007年から2016年の中型まき網によるゴマサバ漁獲量(Y_n)と2006年から2015年の太平洋系群のゴマサバ資源量(X_{n-1})との間に、最も高い相関があり(図7), 相関式を下に示す.

$$Y_n = 6.79X_{n-1} - 1206$$

このことから、N年の中型まき網によるゴマサバ漁獲量(Y_n)を予測する場合は、N-1年の太平洋系群のゴマサバ資源量(X_{n-1})を使用する。この相関式を利用した中型まき網によるゴマサバの漁況予測を図8に示す。推定漁獲量と中型まき網の実績漁獲量との間には、最大で約1,100トンの差が生じている年はあるものの、増減傾向は概ね捉らえており、2007年から2016年には、中型まき網の漁獲量が2010年に最高、2016年に最低となるが、推定漁獲量もそれに対応している。よって、この関係を用い、漁況予測することは、可能であると示唆された。本相関式は、単回帰分析によるものであるが、今後、中型まき網によるゴマサバ漁獲量と相関が高い環境条件などを見つけることが出来れば、重回帰分析を行うことが出来、さらに精度の高い漁況予測が可能となるので(吉本・高橋, 2006), モニタリングを継続して、中型まき網によるゴマサバ漁獲量と相関が高い条件を探していく必要がある。

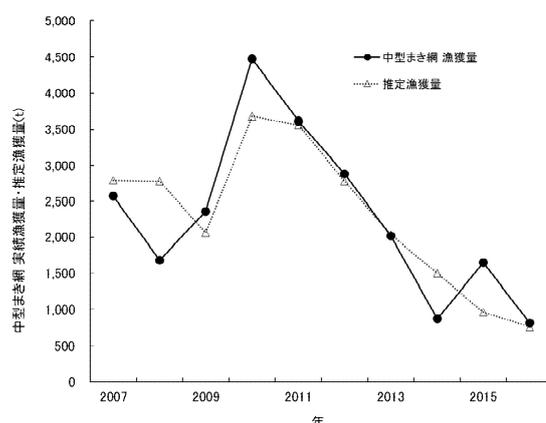


図8 中型まき網によるゴマサバの実績漁獲量と推定漁獲量 (2007年から2016年)

摘要

本研究では、紀伊水道外域における中型まき網によるサバ類の近年の漁獲動向を整理するとともに、漁況予測が可能であるかを検討した。

1. 中型まき網により漁獲されるサバ類(マサバ・ゴマサバ)は、2003年以降にゴマサバが優占種となる魚種交替が確認されていたが、新たに2014年以降にマサバが優占種となる魚種交替が確認された。
2. 2007年から2016年のマサバは、中型まき網による漁獲量と太平洋系群の漁獲量との間に、ゴマサバは、中型まき網による漁獲量と太平洋系群の資源量・漁獲量との間に、それぞれ有意な相関が確認された。なお、この関係は、1997年から2006年には、確認されなかった。
3. 2007年から2016年の中型まき網によるサバ類漁獲量と太平洋系群のサバ類資源量との相関には、漁獲加入年齢の関係から、タイムラグが存在し、マサバは、2005年から2014年、ゴマサバは、2006年から2015年の太平洋群の資源量と最も高い相関が確認された。
4. 近年において、中型まき網によるサバ類の漁獲動向は、漁場水温によるところではなく、太平洋系群のサバ類資源量に影響を強く受けていることが示唆された。
5. 上記3の関係を用い、中型まき網によるサバ類の漁況予測は、可能と考えられ、N年の中型まき網によるサバ類漁獲量を予測する場合、マサバは、N-2年、ゴマサバは、N-1年の太平洋系群の資源量から求めることが出来ると示唆された。

サバ類の市場調査にご協力いただいた関係漁業者・団体の皆様に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 土居内龍. 2007. 近年の紀伊水道外域におけるさば類の漁獲量変動. 黒潮の資源海洋研究. 8:91-95.
- 高須賀明典. 2007. 気候変動からマイワシ資源変動に至る生物過程. 日本水産学会誌. 73(4): 758-762.
- 阪本俊雄. 1989. 1986～'87年の黒潮蛇行が紀伊水道及び熊野灘南部の漁況、資源に及ぼした影響.

水産海洋研究. 53(2) : 167-172

阪本俊雄. 1991. 中, 長期的にみた海況変動と資源の変動. 水産海洋研究. 55(3) : 238-244.

武田保幸. 1997. 紀伊水道におけるマサバ資源の現状. 平成9年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. 12.

武田保幸. 2002. 近年の紀伊水道周辺におけるマサバの漁獲動向. 黒潮の資源海洋研究. 3:63-68.

武田保幸. 2011. 近年の紀伊水道周辺海域におけるサバ類の漁獲動向と海況変化との関係. 和歌山県水産試験場研究報告. 2:13-19.

宇佐美修三. 1973. マサバの資源学的研究-とくにマサバ太平洋系群の成魚について-. 東海区水研報. 76:71-178.

吉本洋・高橋芳明. 2006. 紀伊水道東部海域における稚アユの漁獲量変動要因. 日本水産増殖学会誌. 89-94.

由上龍嗣・西島翔太・井須小羊子・渡邊千夏子・上村泰洋・橋本緑. 2017. 平成29年度マサバ太平洋系群資源評価. 平成29年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 157-200.

由上龍嗣・井須小羊子・渡邊千夏子・上村泰洋・梨田一也. 2017. 平成29年度ゴマサバ太平洋系群資源評価. 平成29年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 238-270.

滑走細菌の検出に用いる LAMP 法の開発

堅田昌英

和歌山県水産試験場

Development of Loop-Mediated Isothermal Amplification Methods for Detection of *Tenacibaculum maritimum* Suzuki, Nakagawa, Harayama and Yamamoto Causing the Gliding Bacterial Disease

Masahide Katata

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒言

マダイ *Pagrus major* (Temminck and Schlegel), ブリ *Seriola quinqueradiata* Temminck and Schlegel, クロマグロ *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel), トラフグ *Takifugu rubripes* (Temminck and Schlegel) およびヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel) 等の海産魚や海水飼育中のサケ科魚類の滑走細菌症の原因となる細菌は、長年にわたって *Flexibacter maritimus* Wakabayashi, Hikida and Masumura とされてきた (Wakabayashi *et al.*, 1986). しかし、同種は *Flexibacter* 属の基準種である *F. flexilis* Soriano と系統分類学的に離れており、更に既存のどの属にも分類しがたいことが指摘されたことから (Bernardet *et al.*, 1996), 新たに *Tenacibaculum* 属を設けて基準種を *T. maritimum* Suzuki, Nakagawa, Harayama and Yamamoto とすることが提案され (Suzuki *et al.*, 2001), 現在に至っている (高橋, 2013).

滑走細菌症に感染すると、口吻部のびらん、尾柄部から尾鰭にかけての白い変色、尾鰭の欠損、体表のスレ・発赤等が認められるようになり、生簀や水槽の隅の方を緩慢に遊泳していることが多くなる (若林, 2004; 高橋, 2013). 本疾病の迅速診断は、体表あるいは鰓の患部組織から小片を採取してウェットマウント標本を作製し、顕微鏡で観察して多数の長桿菌の存在を確認することで行われる (若林, 2004). しかし、ごく初期の感染魚や患部の菌相が変化した病魚では *T. maritimum* の数が少なく、観察できない場合がある (若林, 2004). また、形態のよく似た他の細菌が存在する場合もある (若林, 2004). このような状況もあって、*T. maritimum* の同定・検出法として、16S rRNA 遺伝子を標的とした PCR 法が開発されている (Toyama *et al.*, 1996). しかし、検査結果が出るまでに 6 時間程度必要であり、サンプリングした当日に養殖業者へ診断結果を伝えられないのが現状である.

LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification) 法は、PCR 法と同じく、特異的な DNA 領域を増幅する高感度な手法であるが、PCR 法よりも増幅効率が高く、短時間で増幅可能であることから (Notomi *et al.*, 2000), 早く診断結果が出るため、魚病の迅速診断に応用可能である.

そこで、本研究では、迅速で簡便かつ高感度な *T. maritimum* の検出系を確立することを目的に、LAMP 法による検出系の反応条件等について検討を行った.

材料および方法

1. 供試サンプル

Toyama *et al.* (1996) の PCR 法によって *T. maritimum* に感染していることを確認したマダイ 0 歳魚 1 尾 (和歌山県内の養殖漁場からサンプリング) の体表患部組織から, QIAamp DNA Stool Mini Kit (株式会社キアゲン) を用いて, 添付されている説明書に従って DNA 抽出を行い, LAMP 法に供した. また, Toyama *et al.* (1996) の PCR 法によって *T. maritimum* に感染していないことを確認したマダイ 0 歳魚 1 尾 (和歌山県内の養殖漁場からサンプリング) の体表組織からも同様に DNA 抽出を行い, 陰性コントロールとした. また, LAMP 法の反応特異性の検討には, 表 4 に示す各種病原体等の抽出 DNA を用いた. なお, これらも上述した同様の方法で DNA 抽出を行った.

2. LAMP 法プライマーの設計

LAMP 法のプライマーは, PCR 法 (Toyama *et al.*, 1996) により増幅される領域 (*T. maritimum* 16S rRNA 遺伝子領域 GenBank アクセションナンバー NR113825 増幅サイズ 1,078bp) を標的配列として設計した. また, 同遺伝子領域の塩基配列について, ClustalW Version 2.1™ (<http://clustalw.ddbj.nig.ac.jp>) を用いてアライメント解析を行い, 標的とした配列が種特異的であることを確認した上で設計した. LAMP 法による増幅反応を円滑に行うために, LAMP 法プライマー設計支援ソフトウェア PrimerExplorer V5™ (<https://primerexplorer.jp/lampv5/index.html>) を用いて, 4 種類のプライマーを設計した (表 1).

表 1 *T. maritimum* 検出のための LAMP 法プライマー塩基配列

原因細菌	プライマー名	塩基配列
<i>T. maritimum</i>	TM-F3	CGGACATTTACAAGGTGCT
	TM-B3	GGCTGCTCATTGTCCATACC
	TM-FIP	AACAATAGGGGTTGCGCTCGTTGGTTGTCGTCAGCTCGTG
	TM-BIP	CTGCCGGTGCAAACCGTGAGTGTGTAGCCCAGGACGTAAG

3. LAMP 法の実施

Loopamp® DNA 増幅試薬キット (栄研化学株式会社) に添付されている説明書に従って, 2× Reaction Mix (RM), 今回設計したプライマー, 鎖置換型 DNA 合成酵素 (*Bst* DNA ポリメラーゼ), Loopamp® 蛍光・目視検出試薬 (栄研化学株式会社) およびキット添付の蒸留水を混合し, マスターミックスを作製した. 0.2 ml の Loopamp® 反応チューブ (栄研化学株式会社) を用い, 23 μ l のマスターミックスと抽出 DNA 溶液 2 μ l を入れ, 1 サンプルあたりの最終液量を 25 μ l とした. LAMP 反応は, ブロックインキュベーター BI-516H (株式会社アステック) で行い, 所定時間経過後, ウォーターバス BM400 (ヤマト科学株式会社) で 95°C・2 分間のインキュベーションをすることで酵素を失活させ, 反応を停止させた. 反応終了後, ハンディー紫外線ランプ LUV-6 (アズワン株式会社) を用いて, 反応チューブ底面より紫外線 (波長 365 nm) を照射し, 反応チューブ側面より目視で観

察して、蛍光の有無を確認した。緑色の蛍光を発すれば陽性、陰性コントロールと同様に蛍光を発しなければ陰性と判定した。

4. 反応条件等の検討

LAMP 法の最適な反応条件を把握するため、反応温度は 62°C から 70°C まで 2°C ずつ変えて検証した。また、反応時間は 10 分間から 60 分間まで 10 分間ずつ変えて検討した。

LAMP 法の最適な反応温度および反応時間を把握した後、反応特異性を検証するため、表 4 に示す各種病原体等の抽出 DNA を LAMP 法に供して、増幅の有無を調べた。また、*T. maritimum* について、同一の抽出 DNA 溶液を 10^{-6} まで 10 倍段階希釈して LAMP 法と PCR 法 (Toyama *et al.*, 1996) に供し、検出感度を比較した。

結果および考察

1. LAMP 法の反応温度および反応時間

LAMP 法の反応温度の検討結果を表 2 に、反応時間の検討結果を表 3 に示す。最適な反応温度を検討するために、反応時間を 60 分間に固定して検証した結果、64~68°C において陽性反応が認められた。反応温度が高過ぎても、低過ぎても陰性であったことから、陽性反応が認められた温度帯の中間域に相当する 66°C が反応温度として最適であると考えられた。

次に、最適な反応時間を検討するために、反応温度を 66°C に固定して実験した結果、50~60 分間の反応で陽性を示した。50 分間の反応でも陽性であったが、反応時間が短くなると陰性になり、50 分間は陽性の下限時間であることから、より正確を期すために、60 分間の反応時間が最適であると考えられた。

以上の結果から、66°C で 60 分間の反応を行えば LAMP 法で確実に検出できることが示された。

表 2 LAMP 法の反応温度の検討
(反応時間：60 分間)

反応温度	<i>T. maritimum</i>
62°C	—
64°C	+
66°C	+
68°C	+
70°C	—

表 3 LAMP 法の反応時間の検討
(反応温度：66°C)

反応時間	<i>T. maritimum</i>
10 分	—
20 分	—
30 分	—
40 分	—
50 分	+
60 分	+

2. LAMP 法の反応特異性

LAMP 法の反応特異性の検討結果を表 4 に示す。上述した結果を受けて、検討は 66°C・60 分間の反応条件で行った。*T. maritimum* の検出系は、他の病原体等の DNA に対して交差反応を示さなかつ

た。つまり、本研究で構築した LAMP 法は、対象とする *T. maritimum* 以外の DNA では陽性反応は見られず、反応特異性が高いことが示された。

表 4 LAMP 法の反応特異性の検討 (66°C・60 分間)

病原体等	<i>T. maritimum</i>
<i>Tenacibaculum maritimum</i>	+
<i>Edwardsiella tarda</i>	—
<i>Vibrio anguillarum</i>	—
<i>Lactococcus garvieae</i> (I 型)	—
<i>Lactococcus garvieae</i> (II 型)	—
<i>Streptococcus iniae</i>	—
<i>Streptococcus parauberis</i>	—
<i>Xenohalotis californiensis</i>	—
RSIV	—
KHV	—
<i>Cardicola opisthorchis</i>	—
<i>Cardicola orientalis</i>	—
<i>Cardicola forsteri</i>	—
<i>Enteromyxum leei</i>	—
<i>Enteromyxum fugu</i>	—
<i>Sphaerospora fugu</i>	—
<i>Kudoa septempunctata</i>	—
<i>Kudoa thyrsites</i>	—
<i>Kudoa lateolabracis</i>	—

3. LAMP 法と PCR 法の検出感度比較

LAMP 法と PCR 法 (Toyama *et al.*, 1996) の検出感度比較の結果を表 5 に示す。反応特異性の検討と同様に、LAMP 法の反応条件は 66°C・60 分間とした。*T. maritimum* の検出系は、LAMP 法の方が PCR 法よりも検出感度が高く、PCR 法の 100 倍の検出感度を示した。粘液胞子虫性やせ病原虫やクロマグロ住血吸虫を検出するための LAMP 法では、検出感度が PCR 法の 100~1,000 倍であったことが報告されているが (堅田・奥山, 2017; 堅田, 2018), 本研究においても、LAMP 法が PCR 法よりも高感度な検出系であることが示された。

表 5 LAMP 法 (66°C・60 分間) と PCR 法の
感度比較： *T. maritimum* 検出

希釈倍率	LAMP 法	PCR 法
10 ⁰	+	+
10 ⁻¹	+	+
10 ⁻²	+	+
10 ⁻³	+	+
10 ⁻⁴	+	—
10 ⁻⁵	+	—
10 ⁻⁶	—	—

以上の結果から、本研究で確立した *T. maritimum* の LAMP 法による検出系は、反応特異性および検出感度ともに問題なく、本疾病の迅速な検出・診断法として実用可能であると考えられた。

LAMP 法は、PCR 法よりも増幅反応を阻害する夾雑物の影響を受けにくいことが分かっており、コイヘルペスウイルスを検出するための LAMP 法では、簡易抽出法で得られた粗精製 DNA 溶液や、コイ *Cyprinus carpio* Linnaeus 組織から抽出した夾雑物を多く含む粗精製 DNA 溶液を鋳型としても問題なく増幅反応が確認されたことが報告されている (吉野ら, 2006)。本研究では、DNA 抽出キットを用いて精製された DNA 溶液を反応に供したが、DNA の簡易抽出法を取り入れることで、サンプルの DNA 抽出から結果判定に至るまでの時間をより短縮することができると考えられる。

本疾病の対策として、50g 以下のカレイ目魚類の稚魚に対して、プロノポールが水産用医薬品 (消毒剤) として承認されており (農林水産省, 2018)、薬浴による魚体表面の消毒が行われている。しかし、本薬はスズキ目魚類を始め、カレイ目魚類以外には本疾病の治療薬として使用することができないため、発症群を分養して放養密度を抑える対策が取られている (水野, 1992; 若林, 2004)。本疾病による被害を広げないためには感染を早期に発見し、迅速に対応することが求められるが、ごく初期の感染魚では *T. maritimum* の数が少なく、検鏡では観察できない場合がある (若林, 2004)。そこで、高感度な分子生物学的検査手法が重要性を帯びてくるが、本研究で確立した LAMP 法は、PCR 法よりも迅速かつ簡便で、高感度な検出を可能とすることから、本疾病を早期に発見し、速やかに対策を講じるという現場での対応において、有力な検査ツールになり得ると考えられる。

本研究で構築した LAMP 法をはじめ、高感度な検出系は、微量な病原体を検出することができるため、養殖漁場への種苗導入前の健康診断には適切な手法である。しかし、魚病検査 (魚病診断) の場合、検出された病原体が、検査対象としている魚介類の主たる死因となっているかどうかを十分に検証しなければならない。そのためには定量解析が必要になってくるが、伝染性皮下造血器壊死症ウイルス (IHNV) の LAMP 法による検出系において、リアルタイム濁度測定装置を用いて LAMP 反応をモニタリングすることによって、定量解析が可能であることが報告されている (Sudhakaran *et al.*, 2008)。本研究で確立した LAMP 法は定性的なものであるが、今後は魚病診断への応用を視野に入れて、本疾病の原因菌が定量的に検出できる LAMP 法の検出系を確立していくことが課題である。

摘 要

本研究では、滑走細菌 *T. maritimum* を検出するための LAMP 法を開発した。LAMP 法のプライマーは、既に確立されている PCR 法と同様に、16S rRNA 遺伝子領域を標的として設計した。LAMP 法の最適な反応時間および反応温度を検討した結果、66°C で 60 分間の反応を行うことで、確実に検出できることが示された。また、他の病原体等から抽出した DNA との交差反応は見られず、反応特異性が認められた。更に、当該 LAMP 法は、上述した PCR 法の 100 倍の検出感度を示した。本研究で確立した *T. maritimum* の LAMP 法による検出系は、反応特異性および検出感度ともに問題なく、本疾病の検出・早期診断法として実用可能であると考えられた。

本研究を進めるにあたり、サンプリングにご協力いただきました養殖現場の方々に感謝申し上げます。

引用文献

- Bernardet, J.-F., P. Segers, M. Vancanneyt, F. Berthe, K. Kersters and P. Vandamme. 1996. Cutting a gordian knot: Emended classification and description of the genus *Flavobacterium*, emended description of the family *Flavobacteriaceae* and proposal of *Flavobacterium hydatis* nom. nov. (Basonym, *Cytophaga aquatilis* Strohl and Tait 1978). *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46:128-148.
- 堅田昌英. 2018. クロマグロ住血吸虫の検出に用いる LAMP 法の開発. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告. 6:131-137.
- 堅田昌英・奥山芳生. 2017. 粘液孢子虫性やせ病原因虫の検出に用いる LAMP 法の開発. 魚病研究. 52:104-107.
- 水野芳嗣. 1992. ヒラメの滑走細菌症の発生要因と対策について. 養殖. 29(5):113-117.
- Notomi, T., H. Okayama, H. Masubuchi, T. Yonekawa, K. Watanabe, N. Amino and T. Hase. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res.* 28:e63.
- 農林水産省. 2018. 水産用医薬品の使用について. 31:14.
- Sudhakaran, R., T. Mekata, T. Kono, K. Supamattaya, N. T. H. Linh, M. Sakai and T. Itami. 2008. Rapid detection and quantification of infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus in whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* using real-time loop-mediated isothermal amplification. *Fish Pathol.* 43:170-173.
- Suzuki, M., Y. Nakagawa, S. Harayama and S. Yamamoto. 2001. Phylogenetic analysis and taxonomic study of marine *Cytophaga*-like bacteria: proposal for *Tenacibaculum* gen. nov. with *Tenacibaculum maritimum* comb. nov. and *Tenacibaculum ovolyticum* comb. nov. and description of *Tenacibaculum mesophilum* sp. nov. and *Tenacibaculum amylolyticum* sp. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 51:1639-1652.
- 高橋幸則. 2013. 海産魚の細菌感染症と診断法. pp.45-47. 青木 宙 編著. 魚介類の微生物感染症の治療と予防. 恒星社厚生閣. 東京.
- Toyama, T., K. Kita-Tsukamoto and H. Wakabayashi. 1996. Identification of *Flexibacter*

maritimus, *Flavobacterium branchiophilum* and *Cytophaga columnaris* by PCR targeted 16S ribosomal DNA. *Fish Pathol.* 31:25-31.

若林久嗣. 2004. 海産魚の滑走細菌症. pp.214-220. 江草周三・若林久嗣・室賀清邦 編著. 魚介類の感染症・寄生虫病. 恒星社厚生閣. 東京.

Wakabayashi, H., M. Hikida and K. Masumura. 1986. *Flexibacter maritimus* sp. nov., a pathogen of marine fishes. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39:213-216.

吉野 学・渡 一・小島 禎・池戸正成. 2006. LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) 法によるコイヘルペスウイルスの高感度迅速検出. 魚病研究. 41:19-27.

学会誌掲載論文抄録

和歌山市の施設栽培コマツナにおけるコナガに対する各種薬剤の 殺虫効果

井口雅裕

和歌山県農業試験場

**Effects of Insecticides on the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus), Collected from
Komatsuna Greenhouse in Wakayama**

Masahiro Iguchi

Wakayama Agricultural Experiment Station

Abstract

The control effects of 14 insecticides on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus), collected from Komatsuna, *Brassica rapa* L.var. *perviridis*, in Wakayama City, were investigated at 3rd instar larvae using the leaf-dipping method. Spinetoram, spinosad, emamectin benzoate, and two BT-insecticides exhibited high insecticidal activity. Flufenoxuron, chromafenozide, cypermethrin, chlorantraniliprole, and flubendiamide had low efficacy. Lepimectin showed relatively low efficacy on the 4th day after treatment, but all individuals died later. Mortality rates associated with lepimectin, pyridalyl, metaflumizone, and chlorfenapyr in the Nagusa population were lower than these in the Kasei population.

和歌山市のコマツナ栽培ハウスからコナガを採集し、飼育第2世代の3齢幼虫に対する14農薬の殺虫効果を葉片浸漬法で調査した。スピネトラム、スピノサド、エマメクチン安息香酸塩、BT剤は殺虫効果が高かった。フルフェノクスロン、クロマフェノジド、シペルメトリン、クロラントラニリプロール、フルベンジアミドは効果が低かった。レピメクチンは処理4日後は効果が低かったが、その後すべての個体が死亡した。レピメクチン、ピリダリル、メタフルミゾン、クロルフェナピルの効果が、河西地区で採集した個体群より名草地区で採集した個体群で劣った。

和歌山県におけるシロイチモジヨトウに 対する各種薬剤の殺虫効果

岡本 崇

和歌山県農業試験場

Susceptibility of the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner) to insecticides in Wakayama

Takashi Okamoto

Wakayama Agricultural Experiment Station

Abstract

Susceptibility of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner) from watermelon to insecticides in Wakayama was determined in the 2nd instar larvae using the leaf dipping method. Spinetoram, spinosad, lepimectin, emamectin, and chlorfenapyr were effective on the 1st day after treatment, whereas pyridalyl and chromafenozide were effective on the 5th day after treatment. Toxicities of emamectin, pyridalyl, and chromafenozide in the Inami population were lower than those in the Gobo population.

和歌山県のスイカほ場からシロイチモジヨトウを採集し、2 齢幼虫に対する殺虫剤の効果を葉片浸漬法で調査した。スピネトラム、スピノサド、レピメクチン、エマメクチンおよびクロルフェナピルは処理 1 日後に殺虫効果が認められ、ピリダリルおよびクロマフェノジドは処理 5 日後で効果が認められた。エマメクチン、ピリダリル、クロマフェノジドの殺虫効果は御坊市の個体群と比べて印南町の個体群の方が低かった。

エンドウを加害するウラナミシジミに対する 各種薬剤の殺虫効果

岡本 崇

和歌山県農業試験場

Toxicity of insecticides to pea blue, *Lampides boeticus* (Linnaeus), on peas

Takashi Okamoto

Wakayama Agricultural Experiment Station

Abstract

I tested the toxicity of insecticides against the adults, eggs, and hatchlings of pea blue, *Lampides boeticus* (Linnaeus), on the peas of summer seeding cultures. I examined the insecticides' effects in preventing the first instar larvae from eating into the pea pods. Seven insecticides showed high effectiveness against the adults. In particular, pyrethroids (etofenprox, permethrin, tau-fluvalinate, and tralomethrin) showed rapid effects. The spraying of any of these insecticides on a wide area might prevent the laying of eggs. Additionally, 10 insecticides showed high effectiveness against the eggs and hatching larvae. The insecticides that showed the ovicidal effect included emamectin, spinosad, etofenprox, and acetamiprid, which are also effective against hatching larvae. The spraying of any of these insecticides flower buds might have a stable controlling effect. Ten insecticides were shown to be effective in preventing the first instar larvae from eating into snow pea pods. Cartap, malathion, etofenprox, permethrin and tau-fluvalinate showed no feeding traces on the pea pod surfaces. This finding suggests that it would be most practical to use these insecticides when the snow peas bear pea pods.

夏まきエンドウを加害するウラナミシジミの成虫、卵およびふ化幼虫に対する薬剤の殺虫効果、ならびにふ化幼虫の莢への食入阻止に効果がある薬剤を調査した。

その結果、成虫に対しては殺虫効果が高かった7剤の内、ピレスロイド系のエトフェンプロックス乳剤、ペルメトリン乳剤、フルバリネート水和剤およびトラロメトリンフロアブル剤は速効的な効果が見られ、広範囲の一斉防除によって高い産卵防止効果を発揮すると考えられた。

卵とふ化幼虫に対して殺虫効果が高かった10剤の内、殺卵効果とふ化幼虫にも殺虫効果が高かったエマクチン安息香酸塩乳剤、スピノサド水和剤、エトフェンプロックス乳剤およびアセタミプリド水溶剤は産卵部位である花蕾への散布で安定した防除効果が期待できると考えられた。

ふ化幼虫の莢への食入阻止効果が高かった10剤の内、莢表面の食害痕が見られなかったカルタップ水溶剤、マラソン乳剤、エトフェンプロックス乳剤、ペルメトリン乳剤およびフルバリネート水和剤は、着莢時の防除における実用性が高いと考えられた。

トマト青枯病菌に対する糖含有珪藻土と糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の処理条件の検討

大谷洋子¹

和歌山県農業試験場

Effective Conditions for Anaerobic Soil Disinfection of *Ralstonia Solanacearum* using Sugar-containing Diatomite and Dried Molasses

Yoko Otani¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

Abstract

Conditions for effective anaerobic soil disinfection (ASD) using sugar-containing diatomite and dried molasses were investigated. In the laboratory, ASD using diatomite and dried molasses (1 % [w/w]) were more effective for disinfection of *Ralstonia solanacearum* compared with use of the control molasses. At 20-50 °C, oxidation-reduction potential of soil after ASD decreased with increasing temperature. In addition, *R. solanacearum* population in soil decreased to a level below the detection limit at 30 °C when sugar-containing diatomite was used and no *R. solanacearum* were detected from untreated soil after 14 days incubation at 40 and 50 °C. During soil disinfection in the summer greenhouse in Wakayama prefecture, soil temperature at 30 cm depths was maintained above 40 °C for 12 days. Soil temperature at 40 cm depth was maintained above 40 °C or did not reach 40 °C depending on the field. From the above, in the shallower layer than 30cm underground, *R. solanacearum* population is assumed to decrease due to the high soil temperature. On the other hand, in the deep layer than about 30-40 cm underground, it is expected that *R. solanacearum* population decrease due to ASD caused by eluted component of sugar-containing diatomite and dried molasses.

トマト青枯病菌に対する土壌還元消毒の新規資材として、糖含有珪藻土または糖蜜吸着資材を用いた場合の処理条件について検討した。両資材とも、土壌に対して重量比で 1%以上混和して土壌還元消毒処理すると、青枯病菌に対して対照の廃糖蜜 0.6%処理に優る効果が得られることが示唆された。また、20~50°Cの範囲では温度が高いほど還元が進んだ。和歌山県で7~8月に施設内で土壌消毒を実施すると、地下 30cm では 40°C以上を 12 日間維持できた。一方、地下 40cm では、みなべ町では処理開始 13 日後以降 40°C以上を維持したが、海南市では 40°Cに達することはなかった。これらのことから、地下 30cm より浅い層では高地温による菌密度低減と還元による菌密度低減が併せて起こり、地下 30~40cm より深い層では溶出した糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材の成分による還元が起こって菌密度が低減することが期待される。

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

Identification of QTLs controlling chilling and heat requirements for dormancy release and bud break in Japanese apricot (*Prunus mume*)

Yuto Kitamura^{1,2}, Tsuyoshi Habu³, Hisayo Yamane¹, Soichiro Nishiyama¹, Kei Kajita¹, Takuya Sobue¹, Takashi Kawai⁴, Koji Numaguchi², Tetsuya Nakazaki⁴, Akira Kitajima⁴ and Ryutarō Tao¹

¹Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan

²Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruits Experimental Station, Minabe, Wakayama, Japan

³Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Japan

⁴Experimental Farm, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Takatsuki, Japan

Abstract

Bud dormancy is an important developmental stage affecting blooming date and leafing date (LD) in Japanese apricot (*Prunus mume*), but the genetic factors controlling the chilling requirement (CR) and heat requirement (HR) for dormancy release and bud burst time remain to be elucidated. Here, a quantitative trait locus (QTL) analysis using two F₁ segregating populations was conducted to identify loci affecting these traits. The genotyping-by-sequencing technique was used to construct two high-density genetic maps, one for NKSC, a population derived from high-chill ‘Nanko’ crossed with low-chill ‘SC’, covering 660.2 cM with 408 markers, and one for NINK, a population derived from low-chill ‘Ellching’ crossed with ‘Nanko’, covering 1314.2 cM with 718 markers. We observed four traits: CR and HR for dormancy release, blooming date, and LD over several years. To identify the QTL controlling the downregulation of *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box6* (*PmDAM6*) in January’s leaf buds, in which *PmDAM6* could act as a dose-dependent inhibitor of bud break, its transcript levels in leaf buds were determined. All traits segregated in the analyzed seasons in both populations. For leaf bud dormancy, CR and LD were highly correlated across years and traits in the NKSC population, while HR, LD, and *PmDAM6* expression were highly correlated in the NINK population. The QTL analyses localized the significant QTLs controlling leaf bud CR and HR, LD, and *PmDAM6* expression in leaf buds to a region in linkage group 4, which suggests that this locus controls dormancy release, bud break, and *PmDAM6*’s downregulation in Japanese apricot leaf buds.

ウメ休眠芽の低温および高温要求量、ならびに萌芽を制御する QTL の同定

ウメにおける芽の休眠現象は開花期および萌芽期に影響を与える重要な生育ステージであるが、休眠覚醒に必要な低温および高温要求量や、萌芽期を制御している遺伝要因は未だ解明されていない。ここでは、これらの形質に影響を与える遺伝子座を特定するため、F₁分離集団を用いた量的形質遺伝子座 (QTL) 解析を行った。高密度遺伝地図の構築には genotyping-by-sequencing 法を用い、多低温要求性‘南高’と少低温要求性‘SC’との交雑に由来する NKSC 集団においては 408 マーカーからなる 660.2cM、少低温要求性‘二青’と‘南高’との交雑に由来する NINK 集団においては 718 マーカーからなる 1314.2cM の連鎖地図を構築した。各集団の低温要求量、高温要求量、開花日および萌芽日を数年間観察するとともに、萌芽の量的依存阻害因子である *DORMANCY-ASSOCIATED MADS-box6* (*PmDAM6*) 遺伝子の発現低下を制御する QTL を特定するため、1 月の葉芽におけるその転写産物量を測定した。全ての形質値は両集団で分離が見られた。葉芽の休眠に関して、NKSC 集団では低温要求量および萌芽日は強い年次相関および形質間相関を示したが、NINK 集団では高温要求量、萌芽日および *PmDAM6* 発現量の間に関係が見られた。QTL 解析では葉芽の低温および高温要求量、萌芽日および葉芽の *PmDAM6* 発現量に関する有意な QTL が第 4 連鎖群の同一領域に検出されたため、この遺伝子座がウメの葉芽における休眠覚醒、萌芽および *PmDAM6* の発現低下の制御に関与していることが示唆された。

Effect of maturity and after-ripening on the formation of gel in the syrup
made from Japanese apricot 'Suiko' fruits

Yasuhisa Tsuchida^{1*}, Sayo Onishi², Nobuki Gato², Yoshiaki Naka¹, Takaaki Oe¹, Noriaki Jomura¹

¹Japanese Apricot laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Minabe, Wakayama 645-0021, Japan

²Food Science Research Laboratory, Nakano BC Co. Ltd., Kainan 642-0034, Japan

Abstract

To process clear syrup from 'Suiko' Japanese apricots, the effect of fruit changes on the amount of gel with pectin characteristics formed upon natural ripening or after-ripening was investigated. Little gel was formed in the syrup extracted from early-mature fruits subjected to after-ripening for 0 to 4 days, and from moderately mature fruits subjected to after-ripening for 0 to 2 days; conversely, a large amount of gel was formed in the syrup extracted from fully mature drop fruits. Uronic acid was found at a higher concentration and had a higher degree of esterification in the gel than in the liquid phase. Moreover, the gel contained larger amounts of high-molecular-weight polysaccharides than the liquid phase. In raw fruits, an increase in the duration of natural ripening and after-ripening reduced high-molecular-weight water-soluble pectin content, and increased the low-molecular-weight polymer. This suggests that low-molecular-weight pectin would actively convert into syrup in ripened fruits, while high-methoxyl pectin would recombine under conditions of low pH and high soluble solid content, thus resulting in gel formation. We conclude that early-matured fruits after a 4-day after-ripening treatment were best suited for processing because they showed the least gel formation in the clarified syrup, while preserving aroma.

ウメ '翠香' 果実の熟度および追熟がシロップのゲル状物質発生に
及ぼす影響

ウメ'翠香'果実に砂糖を加えることで得られるシロップで、不純物と見なされるゲル状物質の発生量を抑える製造法確立のために、原料果実の熟度および20℃での追熟日数がゲル状物質発生量に及ぼす影響と、それを構成するペクチンの特徴について調査した。青果で0-4日および黄熟果で0-2日追熟した果実を調製したシロップではゲル状物質の発生がわずかであった。しかし完熟落下果を調製したものでは追熟日数にかかわらず多く発生した。ゲル状物質中のペクチンは、液相中のものより密度およびメチルエステル化度が高く、さらに高分子であった。

原料果実では熟度および追熟日数の進行により果肉中の高分子ペクチンが減少し、低分子のものが増加した。これらのことからゲル状物質の発生要因は、果実の熟度進行により低分子化・可溶化した果肉中のペクチンがシロップに溶け込み、これらのうち高メトキシルペクチンが酸性・高糖度条件下で再結合することによると考えられた。

以上、ゲル状物質発生量の少なさ、および別の研究で明らかになったシロップ中の香気成分が多くなる果実熟度の調査結果から、シロップ製造には青果4日追熟のものが適当と考えられた。

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第7号

発行 平成31年3月
発行所 和歌山県農林水産部
〒640-8585
和歌山県和歌山市小松原通1-1
TEL 073-441-2997
FAX 073-433-3024
