

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

NO. 4 March 2016

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第 4 号

平成 28 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】

- マコモの優良系統の選定と移植期，施肥量，除草方法が生育収量に及ぼす影響 1 ～ 9
川村和史・宮井良介・足立祐亮

【農業試験場暖地園芸センター】

- 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 11 ～ 19
小川大輔・上山茂文
スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインブルー’の育成経過と特性 21 ～ 29
小川大輔・上山茂文
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 31 ～ 39
小川大輔・上山茂文
実エンドウの開花促進に適した光の波長，光源および電照時間帯 41 ～ 54
川西孝秀・小谷真主・堀端 章・松本比呂起・楠 茂樹

【果樹試験場かき・もも研究所】

- カキ‘刀根早生’の結果母枝先端の切り返しせん定が摘蕾，摘果作業の省力化及び収量，果実品質に及ぼす影響 55 ～ 64
熊本昌平・和中 学・弘岡拓人
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 65 ～ 75
和中 学・堀田宗幹・有田 慎・藤本欣司

【果樹試験場うめ研究所】

- ウメ‘南高’果実の香港への輸送中における品質変化 77 ～ 84
土田靖久・廣畑佳和・榎本雄司・下岡三穂・廣畑賢一
リン酸あるいはカリ肥料の無施用がウメ‘南高’樹体に及ぼす影響 85 ～ 96
岡室美絵子・土田靖久・城村徳明

【畜産試験場養鶏研究所】

- 梅調味廃液・微生物資材を活用した養鶏環境改善技術の開発 97 ～ 100
小松 希・福島 学・松井 望

【林業試験場】

- 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 101 ～ 114
法眼利幸・植田栄仁・山本浩之・栗生 剛
スギノアカネトラカミキリ穿孔被害を受けたラミナを用いた構造用集成材の曲げ強度特性 115 ～ 121
濱口隆章・山裾伸浩・森川陽平・城戸杉生・宮本健治

【水産試験場】

- 梅酢の種類および添加濃度を変えた梅酢投与マダイの成長および抗病性 123 ～ 130
堅田昌英

【学会誌掲載論文抄録】

- Organ-dependent seasonal dynamism of three forms of carbohydrates in Japanese apricot 131
Yasuhisa Tsuchida, Hiroshi Yakushiji, Noriaki Jomura, Mieko Okamuro, Kei Nakanishi,
Fumiyuki Goto, Toshihiro Yoshihara

カシノナガキクイムシによるウバメガシの穿孔被害と被害軽減対策の開発	133
大谷栄徳・山下由美子・栗生 剛・衣浦晴生・長谷川絵里	
養殖トラフグとマダイにおける粘液胞子虫性やせ病原因虫の検出状況	134
堅田昌英・奥山芳生・小久保友義・中西 一	
Expression of Collagenase in <i>Flavobacterium psychrophilum</i> Isolated from Cold-Water Disease-Affected Ayu (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	135
Hitoshi Nakayama, Keisuke Tanaka, Naoko Teramura, Shunji Hattori	

マコモの優良系統の選定と移植期，施肥量， 除草方法が生育収量に及ぼす影響

川村和史・宮井良介・足立祐亮¹

和歌山県農業試験場

Selection of Promising Strains of ‘Makomo’ (*Zizania latifolia* Turcz.) and
Effects of Transplanting Season, manuring and Weeding Methods on Growth and Yield

Kazufumi Kawamura, Ryosuke Miyai, Yusuke Adachi¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

マコモ (*Zizania latifolia* Turcz.) は日本をはじめ中国の東部から東南アジアに広く分布しているイネ科マコモ属の多年草で，日本においてはしばしば水路，ため池及び河川等に自生している．現在，日本で食用として栽培されているマコモは中国から導入されたもので，株元の花茎に黒穂病菌 (*Ustilago esculenta* P.Henn.) が寄生し，菌から分泌されるインドール酢酸の影響により穂になる部分が茎肥大した菌えいをマコモタケと称して食用に用いている．一方，水辺に自生しているマコモは，黒穂病菌が存在しても茎肥大せず，マコモタケを形成しない（玄松ら，1998）．

マコモ栽培の歴史は，原産地中国では千年以上前から記録があり，古くから南部の沼沢地で栽培されており（矢花，1984），台湾にはおよそ200年前に導入され（谷口ら，1995；西島，2014），日本には戦前に台湾から導入された．しかし，当時は産地化に至らなかったが，近年水田転作作物として有望視され，各地域で栽培されている．

和歌山県においては2008年頃から伊都郡高野町で栽培が始まり，その後各地域に広まりつつある．しかし，マコモの栽培法に関しては未知な部分が多く，栽培技術が確立されていない．そこで，本研究ではマコモの栽培技術を確立するために，本県に適する優良系統の選定，移植期，施肥量の解明と，除草方法について検討した．

材料および方法

試験1 優良系統の選定

試験は2013年に農業試験場（和歌山県紀の川市高尾160番地）4-3号ほ場において実施した．‘千葉早生’，‘石川早生’，‘あずみ’，‘一点紅’，‘青殻’，‘赤茎’，‘赤変’，‘白皮’の8系統を供試し，‘千葉早生’は伊都郡高野町富貴地区の栽培農家から，その他の系統は三重県農業研究所よりそれぞれ前年の収穫株を掘りあげて株分けした苗を譲り受けた．植付苗は古株に新しい芽が1～2本付くように株分けし，m²当たり1株（1m×1m）植付けた．代かきは5月30日，移植は5月31日に行った．

¹現在：企業振興課

試験区は1区制（12株，12m²）とした。

施肥は全量基肥施用として水稻用緩行性肥料「セラコートR622（16-12-12）」を10 a 当たり窒素成分で20kg施用した。雑草対策としてマコモ移植時に黒マルチで地表面を被覆しが，マルチの継ぎ目や株元から雑草の発生がみられたため随時手取り除草を行った。病虫害等の防除は行わなかった。

収穫は葉鞘の抱合部がゆるみ白いマコモタケがわずかにみえた時期に行った。収量調査は外葉を剥がし，茎の白い部分だけにし，茎の長さに応じて20cm，25cm，30cmの3段階に選別した。

試験2 移植期が生育，収量に及ぼす影響

試験は2011年および2013年に農業試験場（和歌山県紀の川市高尾160番地）4-3号ほ場において‘千葉早生’を供試し実施した。

移植期は2011年5月25日，6月10日，6月30日．2013年5月10日，5月31日，6月28日のそれぞれ3期とした。試験区は1区制（24m²）で試験を行った。植付苗は前年の収穫株から萌芽したわき芽を掘り起こし，m²当たり1株（1m×1m），1本植付けた。代かきは各移植期の1～2日前に行った。

施肥は全量基肥施用として水稻用緩行性肥料「セラコートR622（16-12-12）」を10 a 当たり窒素成分で2011年には18kg，2013年には20kg施用した。雑草対策，病虫害防除，収穫，収量調査は試験1と同様。

試験3 施肥量が生育，収量に及ぼす影響

試験は2013年および2014年に農業試験場（和歌山県紀の川市高尾160番地）4-3号，1-2号ほ場において‘千葉早生’を供試し実施した。

施肥は全量基肥施用として水稻用緩行性肥料「セラコートR622（16-12-12）」を用い，2013年は施肥量を窒素成分で15，20，25kg/10 a．2014年は5，10，20kg/10 a それぞれ施用した。試験区は2区制（1区24～56m²）で試験を行った。

移植期は2013年5月31日，2014年5月30日。代かきは移植の前日にそれぞれ行った。植付苗は前年の収穫株から萌芽したわき芽を掘り起こし，m²当たり1株（1m×1m），1本植付けた。雑草対策，病虫害防除，収穫，収量調査は試験1と同様。

試験4 耕種的雑草防除による除草効果とマコモの生育，収量に及ぼす影響

試験は2014年に農業試験場（和歌山県紀の川市高尾160番地）1-2号ほ場において‘千葉早生’を供試し実施した。代かきは5月29日，移植は5月30日に行った。

試験は紙マルチ被覆，中耕除草，刈払いを組み合わせた2試験区と無除草を設置した。「紙マルチ被覆＋刈払い区」はマコモ植付け時に水稻用紙マルチ（三洋製紙株式会社 品名：カミマルチ 紙巾160cm，巻数100m，重量19.2kg/本）で地表面を被覆し，紙マルチ分解後に発生した雑草は7月22日，8月29日の2回草刈り機で刈払いを行った。「中耕除草＋刈払い区」は6月26日に水田中耕除草機MJ-3条（株式会社大竹製作所）を用いて条間，株間を中耕し，その後に発生した雑草は7月22日，8月29日の2回草刈り機で刈払いを行った。「無除草区」はマコモ植付け後，除草作業を行わなかった。試験区は2区制（1区15m²）で試験を行った。

施肥は全量基肥施用として水稻用緩行性肥料「セラコートR622（16-12-12）」を10 a 当たり窒素成分で20kg施用した。植付苗は前年の収穫株を掘りあげ，古株に新しい芽が1～2本付くように株分けし，株間1m，条間1.5mに植付けた。病虫害防除としてパダン粒剤4を10 a 当たり4kgを7月4日に

散布した。雑草調査は6月26日（移植後約1ヵ月）、7月22日（移植後約2ヵ月）、8月29日（移植後3ヵ月）の3回雑草を抜き取り草種別に風乾した。収穫、収量調査は試験1と同様。

結 果

試験1 優良系統の選定

各系統ともに移植後1ヵ月間は生育が停滞し緩慢であったが、その後、草丈の伸長、分げつが旺盛になった。8月頃からホソミドリウンカが発生した。

9月26日の生育調査では各系統ともに草丈が2m以上になった。茎数は‘赤変’、‘千葉早生’が多く、‘一点紅’、‘青殻’が少なかった。収穫は‘千葉早生’が9月30日から10月18日まで、‘一点紅’が10月2日から10月28日まで、‘青殻’が10月21日から10月28日まで、‘白皮’が10月25日から10月28日までであった。‘石川早生’、‘あずみ’、‘赤茎’、‘赤変’は茎部の肥大がみられず収穫に至らなかった（第1表）。

株当たり収量は‘白皮’が多く、次いで‘千葉早生’、‘青殻’、‘一点紅’の順であった。株当たり収穫茎数は‘千葉早生’が最も多くなった。マコモタケ（可食部）の品質は‘千葉早生’、‘一点紅’が優れており、‘青殻’、‘白皮’は繊維が発達し食感が硬く緑化した（第2表、第1図）。

第1表 各系統の生育

系統	9月26日		収穫	
	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	開始日 (月・日)	終了日 (月・日)
千葉早生	204	27.5	9.30	~ 10.18
石川早生	210	22.8	—	—
あずみ	211	22.0	—	—
一点紅	220	17.0	10.2	~ 10.28
青殻	205	19.7	10.21	~ 10.28
赤茎	213	25.0	—	—
赤変	216	28.8	—	—
白皮	213	24.0	10.25	~ 10.28

注) —は茎部が肥大せず収穫に至らなかった

第2表 各系統の収量と可食部の品質

系統	収量 (g/株)	収穫茎数 (本/株)	1茎重 (g)	可食部の 品質
千葉早生	1441	25.3	56.9	良
一点紅	1088	19.1	50.8	良
青殻	1291	15.6	64.7	緑化, 硬い
白皮	1575	15.6	90.7	緑化, 硬い

注) 1茎重(g)は収量(g/株)/収穫茎数(本/株)



第1図 系統別のマコモタケの品質

(左: ‘千葉早生’, 中央: ‘青殻’, 右: ‘白皮’)

第3表 移植期がマコモの生育に及ぼす影響

年次	移植日 (月. 日)	収穫前の生育			収穫 開始日 (月. 日)	収穫 終了日 (月. 日)
		草丈 (cm)	茎数 (本/株)	主茎葉齢 (葉)		
2011年	5. 25	240.3	41.9	—	10. 4	～ 10. 24
	6. 10	227.7	35.5	—	10. 4	～ 10. 31
	6. 30	208.4	33.9	—	10. 5	～ 10. 31
2013年	5. 10	192.1	21.4	18.1	9. 30	～ 10. 18
	5. 31	203.5	27.5	16.9	9. 30	～ 10. 18
	6. 28	193.3	24.2	14.2	9. 30	～ 10. 25

注) 収穫前の生育調査は2011年が10月3日、2013年が9月26日に実施

「—」は調査未実施

主茎葉齢は移植後に展開した最初の葉を1葉とした

第4表 移植期がマコモの収量、マコモタケの品質に及ぼす影響

年次	移植日 (月. 日)	収量 (g/株)	収穫茎数 (本/株)	1茎重 (g)	可食部の 品質
2011年	5. 25	1954	33.7	58.0	良
	6. 10	1458	24.2	60.2	良
	6. 30	1589	28.8	55.2	緑化, 硬い
2013年	5. 10	1054	21.8	48.3	良
	5. 31	1441	25.3	56.9	良
	6. 28	1428	23.2	61.4	緑化, 硬い

注) 1茎重(g)は収量(g/株)/収穫茎数(本/株)



第2図 移植期別のマコモタケの品質

左：5月31日移植区，右：6月28日移植区

試験2. 移植期が生育、収量に及ぼす影響

各移植期ともに移植後1ヵ月間は生育が停滞し緩慢であった。2011年収穫前の生育調査(10月3日)では移植期が早いほど、草丈が長く、株当たり茎数が多くなった。2013年収穫前の生育調査(9月26日)では移植期の早晩による草丈、茎数への影響は一定の傾向が認められなかったが、主茎葉齢は移植期が早いほど多くなった。2013年のマコモの生育は2011年と比べて劣った(第3表)。

2011年5月25日移植、6月10日移植区の収穫開始日は10月4日、6月30日移植区の収穫開始日は10月5日で移植期の早晩による影響は1日であった。2013年3移植期の収穫開始日は9月30日で移植期の早晩による収穫開始日への影響が認められなかった。しかし、両年ともに移植日が遅いほど収穫期間を長く要し収穫終了日が遅くなった(第3表)。

2011年5月25日移植区の株当たり収量、収穫茎数は他の移植期より多くなった。2013年5月31日、6月28日移植区の株当たり収量が5月10日移植区より多くなった。1茎重は50g～60gで、移植期の早晩による影響は認められなかった。2011年5月25日、6月10日移植区、2013年5月10日、5月31日移植区のマコモタケは白色で食感が柔らかく品質に優れていたが、2011年6月30日移植区、2013年6月28日移植区のマコモタケは繊維が発達し食感が硬く緑化し品質が劣った(第4表、第2図)。

試験3. 施肥量が生育、収量に及ぼす影響

2013年に行った施肥量15, 20, 25kg/10aの3水準では、収穫前の生育は施肥量による影響が認められなかった。2014年に行った施肥量5, 10, 20kgの3水準では5kg, 10kg区に比べて20kg区で草丈

第5表 施肥量がマコモの生育に及ぼす影響

年次	施肥量 (Nkg/10a)	収穫前の生育			収穫開始日 (月・日)	収穫終了日 (月・日)
		草丈 (cm)	茎数 (本/株)	葉色 (SPAD値)		
2013年	15	200	23.3	—	9.30	～ 10.18
	20	204	27.5	—	9.30	～ 10.18
	25	212	24.5	—	9.30	～ 10.18
2014年	5	176	27.8	35.3	9.22	～ 10.14
	10	178	29.4	37.2	9.22	～ 10.14
	20	202	29.2	39.7	9.22	～ 10.14

注) 収穫前の生育は2013年が9月26日、2014年が9月22日

「—」は調査未実施。葉齢は移植後に進展した最初の葉を1葉とした

第6表 施肥量がマコモの収量に及ぼす影響

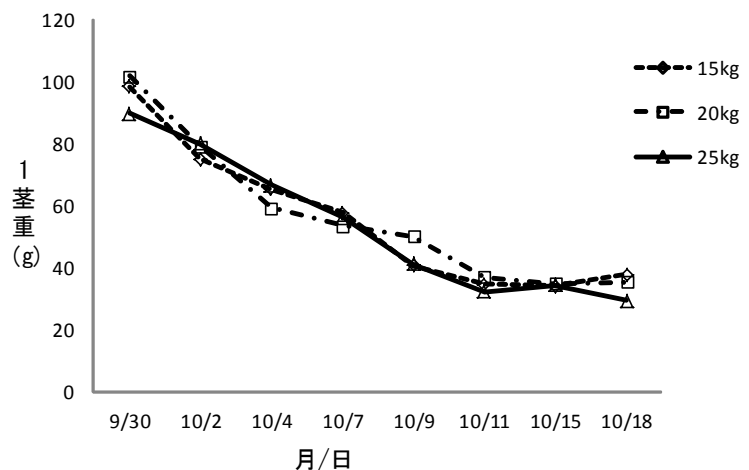
年次	施肥量 (Nkg/10a)	収量 (g/株)	収穫茎数 (本/株)	1茎重 (g)	茎長別割合(%・本数による割合)		
					20cm	25cm	30cm
2013年	15	1,434	23.8	60.3	48.5	44.6	6.9
	20	1,441	25.3	56.9	50.3	42.2	7.5
	25	1,495	25.0	59.8	43.5	49.4	7.0
2014年	5	1,009	22.8	44.3	62.6	34.7	2.7
	10	1,000	23.2	43.1	65.5	31.4	3.0
	20	1,386	26.9	51.5	53.1	42.1	4.7

注) 各項目においてTukey-Kramer法による有意差なし

が高く、葉色が濃くなった。両年ともに収穫開始日、終了日は施肥量による影響は認められなかった(第5表)。

施肥量15, 20, 25kgの3水準(2013年)では株当たり収量、収穫茎数、1茎重は施肥量による影響が認められなかった。しかし、施肥量5, 10, 20kgの3水準(2014年)では20kg区が5kg, 10kg区に比べて株当たり収量及び収穫茎数が多い傾向にあった。また、1茎重も重い傾向にあった。茎長25cm, 30cmのマコモタケの占める割合は5kg, 10kg区に比べて20kg区で多い傾向にあった(第6表)。

各施肥量区ともに1茎重は収穫始期で大きく、収穫が進むにつれて小さくなった(第3図)。



第3図 施肥量と収穫茎重の推移

試験4. 耕種の雑草防除による除草効果とマコモの生育、収量に及ぼす影響

「紙マルチ被覆＋刈払い区」は他の区と比べて草丈が高く、茎数が多く、葉色も濃く推移した。「中耕除草＋刈払い区」は「紙マルチ被覆＋刈払い区」と比べて生育はやや劣った。無除草区の生育は著しく劣った(データ省略)。

紙マルチ被覆区では紙マルチの合わせ部分に雑草の発生がみられたが、紙マルチ被覆後1ヵ月頃

まで抑草効果は高かった（第4図）。被覆後40～50日頃から紙マルチの分解が進み雑草の発生が始まったが、7月22日と8月29日に草刈り機で刈払いを行うことで除草効果が高まった。「中耕除草＋刈払い区」の除草効果は「紙マルチ被覆＋刈払い区」に比べ劣った。「無除草区」では、ノビエ、ホタルイ、ヒメミソハギの雑草が優占したが、「紙マルチ被覆＋刈払い区」ではノビエの発生が少なく、カヤツリ類、タカサブロウが多くなった（第7表）。

収量は「紙マルチ被覆＋刈払い区」が最も多く、次いで「中耕除草＋刈払い区」、「無除草区」であった（第8表）。



第4図 移植後約1カ月目の紙マルチ被覆による抑草効果

左：無除草区，右：紙マルチ被覆区

第7表 耕種的防除による除草効果

調査日	除草法	雑草発生量（風乾重 g/m ² ）									無処理区対比（%）
		ノビエ	コナギ	カヤツリ類	アゼナ	アブノメ	ヒメミソハギ	ホタルイ	タカサブロウ	合計	
6月26日 （移植後約1ヵ月）	紙マルチ＋刈払い※	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	中耕＋刈払い※※										
	無除草	13.5	2.5	3.2	17.7	0.4	29.4	23.2	0.0	89.9	100
7月22日 （移植後約2ヵ月）	紙マルチ＋刈払い※	0.0	0.6	44.5	8.5	0.0	101.0	8.6	0.0	163.2 b	24
	中耕＋刈払い※※	20.0	1.0	3.3	15.1	0.0	157.2	8.4	0.0	205.1 b	31
	無除草	165.2	6.0	14.4	0.3	0.0	424.7	62.4	0.0	673.1 a	100
8月29日 （移植後約3ヵ月）	紙マルチ＋刈払い※	3.8	12.2	31.5	7.1	0.0	0.6	13.1	41.2	109.5 b	7
	中耕＋刈払い※※	105.1	3.7	57.9	13.8	0.0	0.0	13.5	25.6	219.5 b	15
	無除草	1019.3	3.0	15.1	0.0	0.0	175.7	285.8	0.0	1499.0 a	100

注）※紙マルチの合わせ部分に雑草の発生はみられたが中央部で調査した

※※6月26日時点では無除草区と同様の条件のため雑草抜き取り調査は行わなかった

雑草発生量合計の異なる英文字間にはTukey-Kramer法により7月22日調査では5%、8月29日調査では1%水準で有意差があることを示す

第8表 除草法が収量に及ぼす影響

除草法	収量 (g/株)	収穫茎数 (本/株)	1茎重 (g)
紙マルチ＋刈払い	925.1 a	20.0 a	46.3
中耕＋刈払い	615.7 ab	15.6 a	39.4
無除草	299.9 b	6.0 b	50.3

注）異なる英文字はTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す

考 察

マコモのうち黒穂病菌が寄生してマコモタケとして利用される種類は中国中南部の水沢地帯に発生し、台湾から中国東北区の中部まで広範囲で栽培されている（小川，1989）。中国で栽培されて

いるマコモには年1回秋に収穫できる系統と年2回初夏と秋に収穫できる系統に分けられる。年1回収穫する系統は短日条件下において花茎が肥大するが、年2回収穫できる系統は日長条件に対する要求度がそれほど大きくなく、日本では年1回収穫できる系統が栽培されている（矢花，1984；玄松ら，1998）。また，道山（1993）は，短日処理でマコモタケの肥大開始は自然日長より早くなったことから，日長時間が栄養成長から生殖成長への転換期を移動させると報告している。

日本におけるマコモの産地は北は青森県から南は沖縄県まで全国各地域で栽培されており，主な系統は早生のものから‘石川早生’，‘一点紅’，‘千葉早生’，‘青殻種’，‘赤殻種’，‘白皮’の順になる（西島，2014）。

本県に適する優良系統の選定を2013年に行った結果，‘千葉早生’が収量，品質に優れ，次いで‘一点紅’であった。‘青殻’，‘白皮’はマコモタケの繊維が発達し食感が硬く品質は劣った。マコモタケの形成には，黒穂病菌の侵入によって起きるが，その活動は5℃から始まり，適温は15～25℃で，28℃以上では活動が鈍るとされている（小川，1989）。‘千葉早生’，‘一点紅’は早生系統に属し，収穫が始まった9月下旬の和歌山気象台・和歌山観測における平均気温は24.0℃で黒穂病菌の活動が活発な気温条件である。一方，‘青殻’，‘白皮’は10月下旬から収穫が始まる晩生系統に属し，この時期の平均気温は17.8℃で比較的低温期になり，黒穂病菌の活動が鈍ったと考えられる。マコモは黒穂病菌と共生していることから，マコモの生育と黒穂病菌の活動のタイミングが合わないと言え，良質なマコモタケが生産できないと言える。一方，‘石川早生’，‘あずみ’，‘赤茎’，‘赤変’は茎部の肥大がみられず収穫に至らなかった。マコモ栽培では茎肥大せずにマコモタケを形成しない株がまれに発生する。この株を「雄茭」，「雄株」と言い，生育が旺盛で株が大きくなり，黒穂病菌が正常に働かないため，マコモの栽培ではこれらの株の発生を防ぐために優良母株の選定が重要であると指摘している（矢花，1984；鍾ら，1990）。マコモタケができるには黒穂病菌の活動とマコモの生育状態のバランスが大きく影響し「雄茭」，「雄株」の発生は品種特有のものと考えられる。

移植期が生育，収量に及ぼす影響について2011年と2013年に調査を行った。2011年には5月25日，6月10日，6月30日の3時期，2013年には更に移植期の幅を広め5月10日，5月31日，6月28日の3時期に行った。移植期の早晚を最大で49日ずらしたが収穫開始日への影響は認められなかった。宮田ら（1994）は移植期を5月1日から8月1日，約3カ月ずらして栽培した結果，最も遅く植えた8月1日移植で収穫開始が4日遅れたが，5月1日から7月2日の移植では収穫開始に差がなかったとしていることから，マコモは移植期の早晚による収穫開始への反応は小さいと言える。

移植期が遅く生育期間が短いほど主茎葉齢が少なく，分げつ茎の葉数は主茎葉齢より更に少ない。マコモタケが肥大する茎は基本的には葉数8枚以上になる茎である。また，8葉未満の茎は肥大開始が遅れる（道山，1996）。本試験においても移植期が遅い区では収穫期間を長く要し，収穫終了日が遅くなったのは，葉齢が少ない茎が多かったと考えられる。

2011年6月30日および2013年6月28日移植のマコモタケの品質が劣ったが，他の移植期の品質は良好であった。品質低下の要因として，収穫前から収穫期にかけての落水はマコモタケの肥大を阻害し，収穫の遅延と収量の低下及び可食部品質の低下を招くと報告されているが（宮田，1994），本試験においては他の移植期と同様の水管理を行ったことから，品質低下には他の要因が関係していると考えられる。これらのことからマコモの移植期は収量が多く，品質も優れる5月下旬が適する考えられる。

水稻用緩行性肥料による施肥量がマコモの生育，収量に及ぼす影響について2013年と2014年に調

査を行った。10 a 当たり窒素成分15～25kgの施肥量では生育、収量への影響が認められず、5～20kgの施肥量で生育、収量への反応を示したことからマコモは施肥量に対する反応が他の作物に比べて鈍いと考えられる。

マコモタケは大きいほうが商品性が高いと考えられ25cm、30cmの占める割合が施肥量5kg、10kg区に比べ20kg区が高く、1茎重も重くなった。マコモの収穫特性として収穫始期に大きいマコモタケが収穫でき、収穫が進むにつれて小さくなることから、太い茎から茎肥大が始まり細い茎へと移り変わり、マコモタケの大きさは茎の太さが大きく影響すると思われる。中国では一般的に分げつ初期と結筍始期（穂ばらみ期に相当）の追肥を重視しており、前者は有効分げつの確保、後者は可食部の肥大を目的としている（鍾ら、1990）。このように中国では生育に応じた追肥を施用しているが、水稻用緩行性肥料による全量基肥施用では10 a 当たり施肥量を窒素成分では15～20kgが栽培に適すると思われる。

マコモの栽培管理では登録のある除草剤がないので雑草対策が問題となり、耕種的防除による除草が一般的に行われている。そこで、紙マルチ被覆、中耕除草、刈払いを組合わせた除草効果とマコモの生育、収量に及ぼす影響を2014年に調査した。水稻栽培における紙マルチ移植では、紙マルチは移植後45～50日で崩壊・消滅するが、移植後60日の一年生雑草の発生量を除草剤処理並みに抑えることができる（篠田、2004）。本試験においても移植後1カ月間は紙マルチ被覆による抑草効果が高かった。水稻はマコモと比べて栽植密度が高いため、紙マルチが崩壊しても田面が日影になり雑草の発生が抑制される。マコモ栽培では栽植密度が低く、初期生育が緩慢であることから紙マルチ崩壊後にも雑草の発生みられるが、草刈り機で刈払いを行うことで除草効果が高まった。湯谷ら（1993）は、水稻マルチ栽培ではノビエ、コナギ、ホタルイは移植後4週間後に紙マルチを除去しても収穫期まで発生がほとんどみられないことを報告している。本試験においても紙マルチ被覆によりノビエ、ホタルイの発生量が無処理区より少なくなった。中耕除草機による雑草防除は、株間をロタリー爪で攪拌して雑草をかき取り、切断し、埋没するものである（片岡、1979）。中耕除草ではロタリー爪によるマコモの断根による葉の萎れが観察され、その後の生育収量に影響したのと考えられる。無除草ではノビエが優占しマコモの生育、収量は他の区と比べ低下したことから、ノビエの発生が抑制できる紙マルチ被覆は効果的である。

以上のことから、和歌山県におけるマコモの優良系統は‘千葉早生’、‘一点紅’の早生系統であり、移植期は5月下旬、施肥量は窒素成分で10 a 当たり15kg～20kg施用が適することが明らかとなった。除草方法は移植時に紙マルチ被覆しその後発生してきた雑草を刈払い除草を行うのが良いと考えられた。マコモは水稻と同様に水田に植付け、比較的粗放な管理でも栽培できることから、遊休農地の増加抑制にむけた品目として今後普及が望ましい作物のひとつである。

摘 要

本研究では、本県に適するマコモの優良系統の選定、適正な移植期と施肥量の解明、除草方法について検討した。

1. 優良系統を選定するため、8系統を供試し栽培試験を行った結果、‘千葉早生’、‘一点紅’が生育、収量、品質が安定して優れた。‘青殻’、‘白皮’はマコモタケの繊維が発達して食感が硬く、外観も緑化し品質が劣った。‘石川早生’、‘あずみ’、‘赤茎’、‘赤変’の4系統は茎部の肥

大がみられず収穫に至らなかった。

2. 水田への移植を5月上旬～6月下旬の間で最大49日ずらして栽培した結果、収穫期の差は認められなかった。5月下旬移植で収量は多く、マコモタケの品質も優れた。
3. 10 a 当たりの施肥量を窒素成分で5kg～25kgで栽培した結果、15kg～20kg施用で収量が多く、1茎重（マコモタケ）も重くなる傾向にあった。
4. 紙マルチ被覆は初期の雑草抑制効果が大きく、草刈り機による刈払いと組み合わせることで抑草効果が高かった。中耕除草機による中耕除草はマコモの根を切るため生育が劣った。

引用文献

- 玄松南・石川龍一. 1998. マコモの分類と中国における栽培. 農業および園芸. 第73巻. 第3号: 39-42.
- 道山弘康・山川万里恵・江幡守衛. 1993. マコモタケの肥大に及ぼす日長の影響. 日本作物学会東海支部会報. 第115号: 33-40.
- 道山弘康・松岡鷹司. 1996. マコモタケの肥大におよぼす主茎上の分げつ発生節位および1株植え付け苗数の影響. 日本作物学会東海支部会報. 第122号: 11-18.
- 宮田祐二・大石昌稔. 1994. マコモの栽培に関する基本調査. 静岡県農業試験場 研究報告. 第38号: 11-19.
- 西嶋政和. 2014. 新特産シリーズ マコモタケ. 55-58. 農文協. 東京.
- 小川 勉. 1989. 野菜園芸大百科 特産野菜70種. 14: 325-327. 農文協. 東京.
- 篠田正彦・櫻井富久・大谷徹・小山豊・渡部富男. 2004. 温暖地水稻早期栽培地帯における紙マルチ移植栽培が雑草防除及び生育・収量に及ぼす影響. 千葉県農業総合研究センター研究報告. 第3号: 141-149.
- 鍾 維榮・李 玉寶. 1990. マコモ（採筍用）の栽培と管理(1). 農業および園芸. 第65巻. 第65号. 第1号: 53-58.
- 谷口昌弘・唐真 彦・島仲常吉・大工政則. 1995. マコモタケの安定多収栽培. 農業および園芸. 第70巻. 第3号: 75-80.
- 矢花利治. 1984. 中国野菜の品種と栽培 [8]. 農業および園芸. 第59巻. 第2号: 91-93.
- 湯谷一也・小林勝志・三谷誠次郎・伊藤邦夫. 1993. 再生紙マルチ水稻栽培について 第2報 水田雑草の発生に及ぼす影響. 日作紀. 62 (別1): 30-31.

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

小川大輔・上山茂文

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Breeding Process and Characteristics of a New *Limonium sinuatum* Mill. Cultivar ‘Kishu Fine Pink’

Daisuke Ogawa and Shigefumi Ueyama

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県はスターチス・シヌアータ（以下スターチス）の栽培が盛んであり、栽培面積 68.6ha、出荷量 6,040 万本と面積、出荷量ともに全国 1 位の産地を形成している（農林水産省平成 25 年産花き生産出荷統計）。2013 年の県内スターチス産出額は約 18 億円と県内花き総産出額の 30%を占め、スターチスは和歌山県の花き産業にとって重要な品目となっている（平成 25 年生産農業所得統計、花木等生産状況調査）。

スターチスは多年草であるが、切り花栽培では一年草として扱われるため、毎年種苗を購入する必要がある。現在、スターチス種苗のほとんどは組織培養苗として供給されるため高価で、種苗費が経営を圧迫している。そのため、和歌山県農業試験場暖地園芸センターでは、安価な種苗を提供できるスターチスオリジナル品種の育成に取り組んでおり、これまでに‘紀州ファインラベンダー’など紀州ファインシリーズとして 7 品種を育成してきた（小川ら，2012，2014；古屋ら，2006，2009）。

スターチスの主要な花色（スターチスの主な観賞対象である萼の色）は、紫、ピンク、ブルー（淡い紫）、黄、白色の 5 色であるが、スターチスは仏花としての需要が多く、栽培面積の 50~60%を紫系が占めている。二番目に栽培面積が多い花色はピンク系であり（15~20%）、近年、フラワーアレンジメントなど仏花以外の用途が増えるにつれ、栽培面積はやや増加する傾向にある。しかし、前述の紀州ファインシリーズにはピンク系品種がなく、生産者から育成を望まれている。

そこで、本県オリジナル品種として初のピンク系品種の育成に取り組み、花色が鮮やかなピンク色で作業性に優れた‘紀州ファインピンク’を育成したので、その育成経過と品種特性を報告する。

材料および方法

1. 育成経過

‘紀州ファインピンク’は県内で育成された品種・系統間の自然交配によって得られた品種である。種子親は当センター選抜系統‘ER00-02-2’，花粉親は不明である。

2010年6月、県内で育成された品種・系統を混植したハウス内の‘ER00-02-2’など3品種・系統から採種し，同年7月に種子冷蔵処理を行わずに播種した。発芽後，生育が良好な434個体を同年9月に12cmポリポットに鉢上げした。鉢上げ個体は，無加温ガラス温室，自然日長下で管理し，同年12月までに抽苔した304個体の中から，萼色がピンク系で草姿，花房の形がよい11個体を選抜した。

選抜個体は組織培養により増殖し，2011年から2014年の4年間，特性調査および生産力検定を行った。その結果，高性で花房数が多く，作業性がよい系統‘10D52’を有望と認めた。また，4年間の調査により形質の安定性も確認された。そこで，2015年3月に‘10D52’を‘紀州ファインピンク’と命名し育成を完了した。2015年3月27日，農林水産省に品種登録出願を行い，同年8月24日に出願公表された（出願番号30048）。

2. 組織培養および育苗

特に記載がない限り，各試験には当センター内において下記の条件で組織培養，育苗した苗を供試した。

1) 組織培養

20℃，PPFD*40～50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，16時間照明下で，花穂を材料とした初代培養を約2ヶ月間，継代培養を約5ヶ月間，発根培養を約1ヶ月間行った。各培養期間中，約1ヶ月ごとに多芽体の状態で新しい培地へ移植し，発根培地への移植時に1芽に分割した。各培養に使用した培地の組成は下記のとおり。

初代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.5mg/L+寒天 9g/L，pH5.8

継代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.1～0.2mg/L+寒天 9g/L，pH5.8

発根培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+NAA* 0.2mg/L+寒天 9g/L，pH5.8

*：PPFD=photosynthetic photon flux density，光合成光量子束密度

BA=6-Benzylaminopurine，NAA= α -naphthalene acetic acid

発根培養後，5℃，PPFD10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，16時間照明下で4週間の低温処理を行った。

2) 育苗

1) で作製したビトロ苗を7.5cmポリポットに鉢上げし，ガラス温室（遮光率60%）でクーラー育苗（6:00～20:00：25℃設定，20:00～6:00：15℃設定）を行い定植苗とした。クーラー育苗期間は，2014年が7月29日～9月2日，2015年が7月27日～9月2日。用土はタキイセル培土TM-1を使用し，育苗期間中，OK-F-9(1,000倍液)を適宜施用した。

3. 特性調査

1) 形態的特性

調査は農林水産省品種登録出願審査基準に基づいて2014年12月16日に行った。花房の長さや幅については，審査基準に規定がないため，収穫適期の頂花の長さや幅を測定した。

栽培概要は次のとおりである。調査場所：和歌山県農業試験場暖地園芸センター内ガラス温室（和歌山県御坊市）。定植日：2014年9月10日。栽植密度：ベッド幅90cm，株間30cm，条間40cm，2条千

鳥植え。基肥：（有機配合肥料 N:P:K=6:8:7）50kg/10a。追肥：OK-F-9 または OK-F-2 を 11 月から 2 週間に 1 回程度施用（窒素成分で 0.2kg/10a）。最低夜温：3℃設定。自然日長下で栽培し、初期の花茎は株養成のため定植後 2 週間除去した。供試株数は 10 株とし（1 区制），対照品種には‘アルテミスピンク’（福花園種苗（株）から購入）及び‘フェアリーピンク’（TS メリクロン（株）から購入）を用いた。

2) 収量及び切り花特性

調査は 2014 年 11 月 6 日から 2015 年 3 月 17 日まで採花した全収穫物について行った。階級については、2L 級＝切り花長 70cm 以上かつ花房数 5 個以上、L 級＝同 60cm 以上、4 個以上、M 級＝同 50cm 以上、3 個以上、S 級＝同 40cm 以上、3 個以上とした。栽培概要は 1) と同じ。

3) 発根特性

1 芽に分割した苗を発根培地に移植し、移植後の発根率を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。調査は 2 回行い、2 回の合計個体数を算出した。移植日：1 回目，2015 年 5 月 10 日～20 日，2 回目，2015 年 6 月 8 日～18 日。調査日：各移植日から 5 週間後。

4) 抽苔特性

低温処理期間の異なるビトロ苗（無処理，2 週間，4 週間）を同時に鉢上げし、クーラー育苗後の抽苔株率及び平均抽苔本数を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。鉢上げ日：2015 年 7 月 27 日。調査日：2015 年 9 月 2 日。

結 果

1. 形態的特性

‘紀州ファインピンク’の草丈は 85.5cm で対照品種である‘アルテミスピンク’と同等であり，‘フェアリーピンク’より短かった（第 1 表）。12 月時点での花序の数は 18.0 本で対照品種と同等であった。葉の幅は 6.7cm で‘アルテミスピンク’と同等であり，‘フェアリーピンク’と比較して狭かった。花径の太さは 5.8mm で‘アルテミスピンク’と同等であり，‘フェアリーピンク’より細かった。花径の翼の幅は並で対照品種に比べると広がった。一次分枝の数は 7.2 本で対照品種より多かった。また，対照品種に比べ分枝角度が鋭角であった（第 1 図）。

‘紀州ファインピンク’の花房の長さは 6.3cm で‘アルテミスピンク’より短く，‘フェアリーピンク’と同等であり，花房の幅は 3.4cm で‘フェアリーピンク’よりやや狭かった（第 1 表，第 2 図 A）。萼の長さは 13.3mm で‘フェアリーピンク’より短く，萼の直径は 7.0mm で対照品種より小さかった（第 1 表，第 2 図 B）。萼の色は鮮やかなピンク色（RHS カラーチャート色票番号：75A）であり，花冠の色はクリーム色（RHS カラーチャート色票番号：150D）であった。

第1表 ‘紀州ファインピンク’ 及び対照品種の形態的特性

形質	紀州ファインピンク	アルテミスピンク	フェアリーピンク
草丈 (cm)	85.5 ± 5.7	87.6 ± 6.8	95.8 ± 3.1
花序の数 (本)	18.0 ± 2.6	19.2 ± 3.0	17.4 ± 2.2
葉の長さ (cm)	30.3 ± 3.7	28.0 ± 4.0	33.3 ± 1.4
葉の幅 (cm)	6.7 ± 0.6	6.6 ± 1.3	9.1 ± 1.0
葉身の形	狭倒卵形	狭倒卵形	倒卵形
花茎の太さ (mm)	5.8 ± 0.7	5.9 ± 0.8	7.0 ± 0.5
花茎の翼の幅 ^z	4	3	1
一次分枝の長さ (cm)	54.8 ± 9.6	48.1 ± 8.6	51.3 ± 12.7
一次分枝の数 (本)	7.2 ± 0.6	4.7 ± 0.8	5.0 ± 0.7
花房の長さ (cm)	6.3 ± 0.9	8.0 ± 0.4	6.4 ± 0.7
花房の幅 (cm)	3.4 ± 0.3	3.3 ± 0.3	3.8 ± 0.3
萼の長さ (mm)	13.3 ± 0.5	14.0 ± 1.0	15.8 ± 1.0
萼の直径 (mm)	7.0 ± 0.5	8.7 ± 0.5	9.0 ± 0.8
萼の形	漏斗形	漏斗形	漏斗形
萼の色 ^y	75A	75B	N66D
花冠の色 ^y	150D	150D	150D
柱頭の形	トウモロコシ状	乳頭状	トウモロコシ状

数値は平均値±標準偏差

調査日：2014年12月16日

z: 翼の幅を1 (無) ~ 9 (極広) で評価

y: RHSカラーチャート色票番号



フェアリーピンク 紀州ファインピンク アルテミスピンク

第1図 ‘紀州ファインピンク’ 及び対照品種の草姿



フェアリーピンク 紀州ファインピンク アルテミスピンク

第2図 ‘紀州ファインピンク’ 及び対照品種の花房(A)と萼(B)

左から順にフェアリーピンク、紀州ファインピンク、アルテミスピンク
スケールバー=1cm (A)、5mm (B)

2. 収量及び切り花特性

1) 11～12 月

この期間の‘紀州ファインピンク’の収量は6.1本で‘アルテミスピンク’より少なく, ‘フェアリーピンク’よりやや多かった(第2表). 階級別では, 2L 級が3.6本, L 級が1.0本, M 級が0.8本, S 級が0.7本であり, 2L 級の割合は59.0%であった. 切り花長は68.7cmで‘フェアリーピンク’より短かった. 花房数は11.3個で対照品種より多かった.

第2表 ‘紀州ファインピンク’及び対照品種の階級別収量と切り花特性(11～12月)

品 種 名	収 量 (本/株) ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインピンク	3.6	1.0	0.8	0.7	6.1	59.0	68.7 ± 13.3	11.3 ± 4.4
アルテミスピンク	4.7	1.4	1.0	0.9	8.0	58.8	70.9 ± 13.4	6.2 ± 2.2
フェアリーピンク	3.5	0.8	0.8	0.0	5.1	68.6	78.6 ± 14.1	8.0 ± 3.0

調査期間：2014年11月6日～2014年12月18日

z：2L=切り花長70cm以上、花房数5個以上、L=同60cm以上、4個以上

M=同50cm以上、3個以上、S=同40cm以上、3個以上

y：2L率=2L本数/合計本数×100

x：数値は平均値±標準偏差

2) 1～3 月

この期間の‘紀州ファインピンク’の収量は6.4本で‘アルテミスピンク’よりやや少なく, ‘フェアリーピンク’より少なかった(第3表). 階級は全て2L 級であり, 2L 率は対照品種より高かった. 切り花長は86.4cmで‘アルテミスピンク’よりやや長く, ‘フェアリーピンク’より短かった. 花房数は9.8個で‘アルテミスピンク’より多かった.

第3表 ‘紀州ファインピンク’及び対照品種の階級別収量と切り花特性(1～3月)

品 種 名	収 量 (本/株) ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインピンク	6.4	0.0	0.0	0.0	6.4	100.0	86.4 ± 7.0	9.8 ± 3.9
アルテミスピンク	6.2	1.0	0.1	0.0	7.3	84.9	82.5 ± 5.2	6.0 ± 1.7
フェアリーピンク	9.0	0.1	0.0	0.0	9.1	98.9	93.5 ± 5.0	8.5 ± 1.8

調査期間：2015年1月19日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3) 11～3 月

調査全期間を通しての‘紀州ファインピンク’の収量は12.5本で対照品種より少なかった(第4表). 階級別では, 2L 級が10.0本, L 級が1.0本, M 級が0.8本, S 級が0.7本であり, 2L 級の割合は80.0%と‘アルテミスピンク’より高く, ‘フェアリーピンク’より低かった. 切り花長は77.8cmで‘アルテミスピンク’と同等であり, ‘フェアリーピンク’より短かった. 花房数は10.5個で対照品種より多かった.

第4表 ‘紀州ファインピンク’ 及び対照品種の階級別収量と切り花特性 (11～3月)

品種名	収量 (本/株) ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインピンク	10.0	1.0	0.8	0.7	12.5	80.0	77.8 ± 13.8	10.5 ± 4.2
アルテミスピンク	10.9	2.4	1.1	0.9	15.3	71.2	76.4 ± 11.8	6.1 ± 2.0
フェアリーピンク	12.5	0.9	0.8	0.0	14.2	88.0	88.1 ± 11.7	8.3 ± 2.3

調査期間：2014年11月6日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3. 発根特性

組織培養時、発根促進剤として NAA 0.2mg/L を含む培地へ移植してから5週間後の‘紀州ファインピンク’の発根率は52.8%で、‘紀州ファインバイオレット’より高く、‘紀州ファインラベンダー’より低かった(第5表)。

第5表 ‘紀州ファインピンク’ 及び対照品種の発根率

品種名	調査個体数	発根個体数	発根率 ^z (%)
紀州ファインピンク	144	76	52.8
紀州ファインバイオレット	448	175	39.1
紀州ファインラベンダー	350	274	78.3
紀州ファインイエロー	371	317	85.4

z：発根培地移植後5週目の発根率

4. 抽苔特性

ビトロ苗での低温処理を行わずに慣行のクーラー育苗を行った場合、定植前の‘紀州ファインピンク’の抽苔株率は31.3%で対照品種より低く、抽苔本数は0.4本で対照品種より少なかった(第6表)。5℃、2週間の低温処理をした場合、抽苔株率は61.5%であった。低温処理を4週間にすると、‘紀州ファインピンク’の抽苔株率は83.3%で‘紀州ファインバイオレット’と同等であり、抽苔本数は1.4本で‘紀州ファインバイオレット’より多かった。

第6表 低温処理期間の違いが‘紀州ファインピンク’の抽苔に及ぼす影響

品種名	低温処理 ^z					
	無処理		2週間		4週間	
	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数
紀州ファインピンク	31.3	0.4	61.5	1.0	83.3	1.4
紀州ファインバイオレット	80.0	0.8	—	—	81.3	0.9
紀州ファインラベンダー	92.0	1.8	—	—	100.0	2.2
紀州ファインイエロー	100.0	3.9	—	—	100.0	3.8

調査日：2015年9月2日 (n>13), ポリポット鉢上げ：2015年7月27日, クーラー育苗期間：2015年7月27日～9月2日

z：ビトロ苗, 5℃, PPFD10 μmol・m⁻²・s⁻¹, 16時間照明

考 察

本研究では、スターチスの和歌山県オリジナル品種としては初となる‘紀州ファインピンク’を育成した。スターチスの栽培面積を花色別にみると、紫系に次いで多いのがピンク系であり、フラワーアレンジメントなど仏花以外への需要拡大を考えると、ピンク系品種の育成は生産者の所得向上に貢献することが期待される。

‘紀州ファインピンク’の形態的特性上のメリットとして、採花作業の効率がよい点が挙げられる。これは一次分枝数や花房数が多いにもかかわらず、分枝角度が鋭角であるため、枝がからまることが少ないからである。スターチスの観賞対象である萼は乾膜質で、長期間にわたって萎凋も退色もしないことが知られている（伊藤ら，2010）。このため、採花適期が長く、需要期前には採花を控えて需要期に一斉に採花することがある。本品種であれば、そのような状況においても比較的作業が容易であり、省力的な品種であると言え、このような形質は特に本県にみられるような大規模生産者にとっては重要であると考えられる。

また、本品種の花茎の太さは‘アルテミスピンク’と同等であったが、‘フェアリーピンク’よりは細く、花茎がやや軟らかい傾向があった。古屋らは‘紀州ファインルビー’をガラス温室で栽培するとビニルハウスでの栽培に比べて切り花の花茎が軟らかく、花房がやや小さくなる傾向があること、この性質には品種間差があることを指摘している（古屋ら，2009）。‘紀州ファインピンク’においても、現地適応性試験を行ったビニルハウスでは花茎がしっかりとし、花房も大きかったことから、ビニルハウスでの栽培が適していると考えられる（データ省略）。

萼の色は鮮やかなピンク色で、ピンク系品種として普及している‘アルテミスピンク’や‘フェアリーピンク’に近い色合いである。スターチスのピンク系品種は淡い色合いの品種と濃い色合いの品種に大別されており、‘紀州ファインピンク’や‘アルテミスピンク’は前者に含まれる。一方、濃い色合いのピンク系品種としては、‘エターナルピンク’（住化農業資材（株））や‘アバロンピンク’（福花園種苗（株））がよく知られている。このような濃い色合いのピンク系品種についても市場性が高いことから、今後、和歌山県オリジナル品種として育成されることが望まれる。

収量性及び切り花特性については11～12月と1～3月に分けて示した。これは、本県のような暖地における作型のスターチスの需要が年末と3月の彼岸に集中するため、その時期の出荷量が所得に大きく影響するからである。‘紀州ファインピンク’の年末までの収量は、初期収量の少ない‘フェアリーピンク’よりは多いが、多収性の‘アルテミスピンク’よりは少なかった。また、1～3月の収量も対照品種より少なかったため、11～3月の総収量は供試した品種の中で最も少なくなった。前年の試験でも同様に‘アルテミスピンク’より少なかったことから、‘紀州ファインピンク’の収量性は中程度であると考えられる（データ省略）。しかし、スターチスでは品種により適した肥培管理が異なることから、本品種に適した栽培管理を検討することで改善されると思われる。

‘紀州ファインピンク’の切り花は、花房数が多い点が特徴の1つである。全調査期間において、花房数の平均は10個前後であり、このことが1～3月に2L率が100%となった要因であると考えられる。一方、‘アルテミスピンク’はやや花房数が少ない品種と言われており、2L級に十分な長さがあっても花房数が足りず、L級になる切り花が確認された。

以上の結果から、‘紀州ファインピンク’は中程度の収量性であるが、生育初期から連続的に採花で

き、花房数が多いため3月の彼岸まで2L率が高い品種であると考えられる。さらに、3月で調査を終了したため達観ではあるが、本品種は春先の花房数が減ってくる時期でも十分な数の花房をつけていた。スターチスの単価は3月の彼岸を過ぎると暴落するが、ピンク系は紫系に比べると4月以降も需要があるため、この時期も花房数が多いことは販売面で有利に働くと推察される。

緒言で述べたように、スターチスの種苗は組織培養により増殖されるため、種苗の生産効率を決定する要因の1つは培養中の発根の容易さである。本研究での‘紀州ファインピンク’の発根率は52.8%で、‘紀州ファインラベンダー’や‘紀州ファインイエロー’より低かったが、‘紀州ファインバイオレット’よりは高かった。和歌山県では、育成品種の利用を許諾した県内外の組織培養業者に種苗生産を委託しているが、これらの業者は‘紀州ファインバイオレット’の種苗生産にも成功していることから、やや生産性は低いものの‘紀州ファインピンク’の生産も行えると考えられる。

スターチスの花芽形成には低温遭遇が必要であるが、組織培養苗においては培養温度、低温処理、育苗温度が抽苔に影響すること、また、その低温要求性には品種間差があることが報告されている（土屋ら、1997；深山ら、1998；古屋・藤岡、2008、2009）。そこで、定植時の抽苔株率を指標に‘紀州ファインピンク’の低温要求性を検定したところ、低温処理を行わない場合の抽苔株率が31.3%と低かったことから、本品種の低温要求性は高いと判断された。試験を行った2015年の夏は平年に比べ曇天が多く気温が低かったため、比較的抽苔しやすい年と考えられる。実際、低温要求性が高いとされる‘紀州ファインバイオレット’の無処理での抽苔率は80%であったが、2012年の同様の試験では26%であった。このことから、‘紀州ファインピンク’の低温要求性はかなり高いことが示唆される。しかし、5℃、4週間の低温処理をした場合には抽苔株率が83.3%となり、抽苔本数も‘紀州ファインバイオレット’より多くなったため、適切な低温処理さえ行えば栽培への影響は小さいと考えられる。以上の結果から、本品種の種苗生産においては他品種より長めの低温処理が不可欠であることが明らかとなった。

オリジナル品種を利用する大きなメリットは、幼苗を購入して自家育苗することによる種苗費の低減であるが、低温での育苗が必要と考えられているため、このメリットを活かすことができるのはクーラー育苗施設を所有する生産者に限られる。しかし、本県が培養苗の生産を委託している組織培養業者の培養温度は20℃と低く設定されており、オリジナル品種毎に最適な低温処理が行われていることから、育苗温度を上げても十分に低温要求量を満たしている可能性が考えられる。クーラー育苗が不要となれば、より多くの生産者がオリジナル品種を利用して種苗費を低減できることから、クーラー育苗施設を必要としない育苗方法の検討は、今後取り組む価値がある課題である。現在、クーラー育苗を行わなかった場合に既存のオリジナル品種の収量性がどのような影響を受けるかを検討しているが、これまでの結果から、他の品種と異なり‘紀州ファインピンク’は収量が大幅に減少する可能性が示されている。このことは、‘紀州ファインピンク’の低温要求性が高いことと関連していると推察される。

‘紀州ファインピンク’の育成により、和歌山県のスターチスオリジナル品種に主要な花色が揃った。しかしながら、‘紀州ファインピンク’の低温要求性が高いことから、今後もピンク系品種の育種を継続し、低温要求性の低い品種を育成する必要があると思われる。あるいは、さらなる花色充実のため濃い色合いのピンク系品種の育成も望まれるかもしれない。また、スターチス栽培には萎凋細菌病などの病害や作業従事者の花粉症など解決すべき課題が残されている（堀、1991；Wiszniewskaら、2011）。そこで、今後のスターチス育種の方向性として、このような課題を解決できる特性を備えた品種の育成に取り組む予定である。

摘 要

ピンク系のスターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインピンク’を育成した。品種の特性は次のとおりである。

1. 萼の色は鮮やかなピンク色（RHS カラーチャート色票番号：75A）である。
2. 草丈が高く分枝数が多いが、分枝角度が鋭角であるため作業性に優れる。
3. 収量性は並であるが、切り花長が長く花房数が多いため、秀品率はよい。
4. 低温要求性が高いため、十分な低温処理が必要である。

引用文献

- 古屋挙幸・宮本芳城・藤岡唯志・村上豪完. 2006. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインホワイト’および‘紀州ファインイエロー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 7 : 81-88.
- 古屋挙幸・藤岡唯志. 2008. スターチス・シヌアータ「フラスコ苗」の育苗温度（昼温）および低温処理期間の違いが収量に及ぼす影響. 園学研 7（別 2） : 349.
- 古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 43-48.
- 古屋挙幸・藤岡唯志・村上豪完. 2009. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインルビー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 35-42.
- 堀俊彦. 1991. スターチスによる職業性花粉症の一例. アレルギーの臨床. 139 : 765-767.
- 伊藤弘顕・西川久仁子・栗野達也・細川宗孝・矢澤進. 2010. ヘリクリサムをはじめとしたいくつかの植物の乾膜質な花葉においてみられた二次細胞壁. 園学研 9(1) : 19-23.
- 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. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(4) : 632-634.
- 小川大輔・古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 13 : 15-24.
- 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’の育成経過とその特性. 和歌山農林水研報. 2 : 41-48.
- 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 (*Limonium sinuatum* Mill.) 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(別 2) : 62-63.
- Wiszniewska, M., C. Pałczyński, P. Krawczyk-Szulc, T. Witczak, A. Cyran and J. Walusiak-Skorupa. 2011. Occupational allergy to *Limonium sinuatum* – a case report. Int. J. Occup. Med. Environ. Hlth. 24(3) : 304-307.

スターチス・シヌアータ新品種 ‘紀州ファインブルー’の育成経過と特性

小川大輔・上山茂文

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Breeding Process and Characteristics of a New *Limonium sinuatum* Mill. Cultivar ‘Kishu Fine Blue’

Daisuke Ogawa and Shigefumi Ueyama

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県はスターチス・シヌアータ（以下スターチス）の栽培が盛んであり、栽培面積 68.6ha、出荷量 6,040 万本と面積、出荷量ともに全国 1 位の産地を形成している（農林水産省平成 25 年産花き生産出荷統計）。2013 年の県内スターチス産出額は約 18 億円と県内花き総産出額の 30%を占め、スターチスは和歌山県の花き産業にとって重要な品目となっている（平成 25 年生産農業所得統計、花木等生産状況調査）。

スターチスは多年草であるが、切り花栽培では一年草として扱われるため、毎年種苗を購入する必要がある。現在、スターチス種苗のほとんどは組織培養苗として供給されるため高価で、種苗費が経営を圧迫している。そのため、和歌山県農業試験場暖地園芸センターでは、安価な種苗を提供できるスターチスオリジナル品種の育成に取り組んでおり、これまでに‘紀州ファインラベンダー’など紀州ファインシリーズとして 7 品種を育成してきた（小川ら，2012，2014；古屋ら，2006，2009a）。

スターチスの主要な花色は紫，ピンク，ブルー（淡い紫），黄，白色であるが，仏花としての需要が多いことから栽培面積の 5～6 割は紫系で，次いでピンク系，ブルー系をあわせて 3 割，黄・白色は 1 割以下である。前述の紀州ファインシリーズは，紫系が 3 品種，黄・白色が 3 品種でピンク系はなく，ブルー系は‘紀州ファインラベンダー’1 品種と，花色構成に偏りがある。

また，組織培養では突然変異が発生することが報告されており，スターチスにおいても白色の‘紀州ファインパール’が‘紀州ファインイエロー’の変異体として育成されるなど，培養変異が生じることが知られている（Larkin・Scowcroft, 1981；古屋ら，2009b）。切り花の商品価値に問題があるような変異が発生した場合，翌年以降その品種の栽培を敬遠されることも珍しくないことから，同系花色の品種を複数育成しておく方が望ましいと考えられる。

そこで，和歌山県育成オリジナル品種の花色充実のため，育成品種数が少ないブルー系品種の育成に

取り組み、花色が淡い青紫色で切り花長が長く、花房数が多い品種‘紀州ファインブルー’を育成したので、その育成経過と品種特性を報告する。

材料および方法

1. 育成経過

‘紀州ファインブルー’は、県内で育成された品種・系統間の交配によって得られた品種である。種子親は当センター選抜系統‘09D27’、花粉親は不明である。

2012年4月、県内で育成された品種・系統を混植したハウス内にミツバチを放飼して交配させ、同年6月に‘紀州ファインバイオレット’など18品種・系統から10,094粒を採種した。同年7月に種子冷蔵処理を行わずに全量を播種した。発芽後、生育が良好な4,333個体を同年9月に9cmポリポットに鉢上げし、無加温ガラス温室、自然日長下で管理した。同年12月までに抽苔した2,886個体の中から、萼色がブルー系で草姿、花房の形がよい24個体を選抜した。

選抜個体は組織培養により増殖し、2013年と2014年の2年間、特性調査および生産力検定を行った。その結果、高性で花房数が多く、切り花にボリューム感がある‘12D668’を有望と認めた。また、2年間の調査により形質の安定性も確認された。そこで、2015年3月に‘12D668’を‘紀州ファインブルー’と命名し育成を完了した。2015年3月27日、農林水産省に品種登録出願を行い、同年8月24日に出願公表された（出願番号30049）。

2. 組織培養および育苗

特に記載がない限り、各試験には当センター内において下記の条件で組織培養、育苗した苗を供試した。

1) 組織培養

20℃、PPFD*40~50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、16時間照明下で、花穂を材料とした初代培養を約2ヶ月間、継代培養を約5ヶ月間、発根培養を約1ヶ月間行った。各培養期間中、約1ヶ月ごとに多芽体の状態で新しい培地へ移植し、発根培地への移植時に1芽に分割した。各培養に使用した培地の組成は下記のとおり。

初代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.5mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

継代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.1~0.2mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

発根培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+NAA* 0.2mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

*：PPFD=photosynthetic photon flux density, 光合成光量子束密度

BA= 6-Benzylaminopurine, NAA= α -naphthalene acetic acid

発根培養後、5℃、PPFD10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、16時間照明下で4週間の低温処理を行った。

2) 育苗

1) で作製したビトロ苗を7.5cmポリポットに鉢上げし、ガラス温室（遮光率60%）でクーラー育苗（6:00~20:00：25℃設定、20:00~6:00：15℃設定）を行い定植苗とした。クーラー育苗期間は、2014年が7月29日~9月2日、2015年が7月27日~9月2日。用土はタキイセル培土TM-1を使用し、育苗期間中、OK-F-9(1,000倍液)を適宜施用した。

3. 特性調査

1) 形態的特性

調査は農林水産省品種登録出願審査基準に基づいて2014年12月16日に行った。花房の長さや幅については、審査基準に規定がないため、収穫適期の頂花の長さや幅を測定した。

栽培概要は次のとおりである。調査場所：和歌山県農業試験場暖地園芸センター内ガラス温室（和歌山県御坊市）。定植日：2014年9月10日。栽植密度：ベッド幅90cm，株間30cm，条間40cm，2条千鳥植え。基肥：（有機配合肥料 N:P:K=6:8:7）50kg/10a。追肥：OK-F-9またはOK-F-2を11月から2週間に1回程度施用（窒素成分で0.2kg/10a）。最低夜温：3℃設定。自然日長下で栽培し、初期の花茎は株養成のため定植後2週間除去した。供試株数は10株とし（1区制），対照品種には‘アナブルー’（福花園種苗（株）から購入）及び‘インペリアルラベンダー’（カネコ種苗（株）から購入）を用いた。

2) 収量特性及び切り花特性

調査は2014年11月6日から2015年3月17日まで採花した全収穫物について行った。階級については、2L級＝切り花長70cm以上かつ花房数5個以上，L級＝同60cm以上，4個以上，M級＝同50cm以上，3個以上，S級＝同40cm以上，3個以上とした。栽培概要は1)と同じ。

3) 発根特性

1 芽に分割した苗を発根培地に移植し、移植後の発根率を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。調査は2回行い、2回の合計個体数を算出した。移植日：1回目，2015年5月10日～20日，2回目，2015年6月8日～18日。調査日：各移植日から5週間後。

4) 抽苔特性

低温処理期間の異なるビトロ苗（無処理，2週間，4週間）を同時に鉢上げし、クーラー育苗後の抽苔株率及び平均抽苔本数を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。鉢上げ日：2015年7月27日。調査日：2015年9月2日。

結 果

1. 形態的特性

‘紀州ファインブルー’の草丈は101.4cmで、対照品種である‘アナブルー’や‘インペリアルラベンダー’より高かった（第1表）。12月時点での花序の数は18.6本で対照品種よりやや少なかった。葉の長さは33.9cm，葉の幅は7.0cmで、葉の大きさは対照品種より大きかった。花径の太さは7.2mmで対照品種より太かった。花茎の翼の幅はやや狭く対照品種と同等であった。一次分枝の長さは51.6cmで対照品種よりかなり長く、一次分枝数は6.7本で‘アナブルー’よりやや多く、‘インペリアルラベンダー’と同等であった。分枝角度は対照品種に比べやや広がった（第1図）。

‘紀州ファインブルー’の花房の長さは7.6cmで‘アナブルー’と同等であり、‘インペリアルラベンダー’より長く、花房の幅は3.4cmで対照品種と同等であった（第1表，第2図A）。萼の長さは13.3mm，直径は7.8mmで、萼の大きさは対照品種よりやや小さかった（第1表，第2図B）。萼の色は淡い青紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87D）で‘アナブルー’より青味があり、‘インペリアルラベンダー’よりやや淡い色合いであった。花冠の色はクリーム色（RHS カラーチャート色票番号：150D）であった。

第1表 ‘紀州ファインブルー’ 及び対照品種の形態的特性

形質	紀州ファインブルー	アナブルー	インペリアルラベンダー
草丈 (cm)	101.4 ± 6.1	87.3 ± 5.3	88.9 ± 5.4
花序の数 (本)	18.6 ± 3.1	20.2 ± 3.1	20.9 ± 3.1
葉の長さ (cm)	33.9 ± 1.5	29.3 ± 1.8	24.4 ± 1.9
葉の幅 (cm)	7.0 ± 0.8	6.6 ± 0.6	6.0 ± 0.5
葉身の形	狭倒卵形	狭倒卵形	狭倒卵形
花茎の太さ (mm)	7.2 ± 0.8	5.6 ± 0.5	5.0 ± 0.8
花茎の翼の幅 ^z	3	3	3
一次分枝の長さ (cm)	51.6 ± 10.5	40.1 ± 4.2	35.4 ± 5.6
一次分枝の数 (本)	6.7 ± 1.2	5.4 ± 0.8	6.4 ± 1.3
花房の長さ (cm)	7.6 ± 0.6	7.0 ± 1.0	5.9 ± 0.7
花房の幅 (cm)	3.4 ± 0.1	3.6 ± 0.3	3.4 ± 0.4
萼の長さ (mm)	13.3 ± 0.7	14.0 ± 0.7	14.2 ± 0.7
萼の直径 (mm)	7.8 ± 0.7	9.2 ± 0.6	9.8 ± 0.5
萼の形	漏斗形	漏斗形	漏斗形
萼の色 ^y	N87D	N82D	N87D
花冠の色 ^y	150D	150D	150D
柱頭の形	乳頭状	トウモロコシ状	トウモロコシ状

数値は平均値±標準偏差

調査日：2014年12月16日

z: 翼の幅を1 (無) ~ 9 (極広) で評価

y: RHSカラーチャート色票番号



アナブルー 紀州ファインブルー インペリアルラベンダー

第1図 ‘紀州ファインブルー’ 及び対照品種の草姿



アナブルー 紀州ファインブルー インペリアルラベンダー

第2図 ‘紀州ファインブルー’ 及び対照品種の花房(A)と萼(B)

左から順にアナブルー、紀州ファインブルー、インペリアルラベンダー
 スケールバー=1cm(A)、5mm(B)

2. 収量及び切り花特性

1) 11～12 月

この期間の‘紀州ファインブルー’の収量は5.6本で対照品種より少なかった（第2表）。階級別では、2L級が4.5本、L級が0.4本、M級が0.5本、S級が0.2本で、2L級の割合は80.4%であった。切り花長は81.9cmで対照品種より長かった。花房数は10.2個で‘インペリアルラベンダー’と同等であり、‘アナブルー’よりやや多かった。

第2表 ‘紀州ファインブルー’及び対照品種の階級別収量と切り花特性（11～12月）

品 種 名	収 量（本/株） ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインブルー	4.5	0.4	0.5	0.2	5.6	80.4	81.9 ± 16.0	10.2 ± 4.3
インペリアルラベンダー	6.6	0.6	0.4	0.3	7.9	83.5	75.3 ± 9.7	10.1 ± 3.3
アナブルー	6.3	1.8	0.8	0.4	9.3	67.7	73.4 ± 12.4	8.8 ± 3.1

調査期間：2014年11月6日～2014年12月18日

z：2L=切り花長70cm以上、花房数5個以上、L=同60cm以上、4個以上

M=同50cm以上、3個以上、S=同40cm以上、3個以上

y：2L率=2L本数/合計本数×100

x：数値は平均値±標準偏差

2) 1～3 月

この期間の‘紀州ファインブルー’の収量は8.5本で‘インペリアルラベンダー’と同等であり、‘アナブルー’よりやや多かった（第3表）。階級別では、2L級が8.1本、L級が0.4本で、2L率は95.3%と対照品種より高かった。切り花長は87.5cmで対照品種より長かった。花房数は8.6個で‘インペリアルラベンダー’よりやや多く、‘アナブルー’と同等であった。

第3表 ‘紀州ファインブルー’及び対照品種の階級別収量と切り花特性（1～3月）

品 種 名	収 量（本/株） ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインブルー	8.1	0.4	0.0	0.0	8.5	95.3	87.5 ± 7.6	8.6 ± 3.2
インペリアルラベンダー	7.4	1.3	0.2	0.0	8.9	83.1	76.9 ± 6.0	7.2 ± 2.0
アナブルー	5.1	1.3	0.0	0.0	6.4	79.7	74.0 ± 5.7	8.0 ± 2.0

調査期間：2015年1月19日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3) 11～3 月

調査全期間を通しての‘紀州ファインブルー’の収量は14.1本で対照品種より少なかった（第4表）。階級別では、2L級が12.6本、L級が0.8本、M級が0.5本、S級が0.2本で、2L級の割合は89.4%となり、‘インペリアルラベンダー’よりやや高く、‘アナブルー’より高かった。切り花長は85.3cmで対照品種より高かった。花房数は9.2個で対照品種よりやや多かった。

第4表 ‘紀州ファインブルー’ 及び対照品種の階級別収量と切り花特性 (11～3月)

品種名	収量 (本/株) ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインブルー	12.6	0.8	0.5	0.2	14.1	89.4	85.3 ± 11.9	9.2 ± 3.8
インペリアルラベンダー	14.0	1.9	0.6	0.3	16.8	83.3	76.1 ± 8.0	8.6 ± 3.1
アナブルー	11.4	3.1	0.8	0.4	15.7	72.6	73.6 ± 10.2	8.5 ± 2.7

調査期間：2014年11月6日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3. 発根特性

組織培養時、発根促進剤として NAA 0.2mg/L を含む培地へ移植して5週間後の‘紀州ファインブルー’の発根率は75.6%で、‘紀州ファインバイオレット’よりかなり高く、‘紀州ファインラベンダー’と同等であり、‘紀州ファインイエロー’より低かった(第5表)。

第5表 ‘紀州ファインブルー’ 及び対照品種の発根率

品種名	調査個体数	発根個体数	発根率 ^z (%)
紀州ファインブルー	160	121	75.6
紀州ファインバイオレット	448	175	39.1
紀州ファインラベンダー	350	274	78.3
紀州ファインイエロー	371	317	85.4

z：発根培地移植後5週目の発根率

4. 抽苔特性

慣行のクーラー育苗を行った場合、ビトロ苗での低温処理の有無に関わらず、定植前の‘紀州ファインブルー’の抽苔株率は100%であった(第6表)。抽苔本数は1.2～1.3本で‘紀州ファインバイオレット’よりやや多く、‘紀州ファインラベンダー’よりやや少なかった。

第6表 低温処理期間の違いが‘紀州ファインブルー’の抽苔に及ぼす影響

品種名	低温処理 ^z					
	無処理		2週間		4週間	
	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数
紀州ファインブルー	100.0	1.2	100.0	1.2	100.0	1.3
紀州ファインバイオレット	80.0	0.8	—	—	81.3	0.9
紀州ファインラベンダー	92.0	1.8	—	—	100.0	2.2
紀州ファインイエロー	100.0	3.9	—	—	100.0	3.8

調査日：2015年9月2日 (n>20), ポリポット鉢上げ：2015年7月27日, クーラー育苗期間：2015年7月27日～9月2日

z：5℃, PPFD10 μmol・m⁻²・s⁻¹, 16時間照明

考 察

本研究では、萼色が淡い青紫色で、草丈が高く切り花にボリューム感があるスターチス‘紀州ファインブルー’を育成した。和歌山県オリジナル品種としてのブルー系品種は‘紀州ファインラベンダー’に続いて2品種目であり、近年、栽培面積が増加している‘紀州ファインラベンダー’とともに生産者の所得向上に貢献することが期待される。

‘紀州ファインブルー’の形態的特性として、草丈が極めて高く、一次分枝の数や花房数が多い点が挙げられる。これらの測定値は、紫系品種として広く普及している‘サンデーバイオレット’（（株）ミヨシ）と同等である（データ省略）。‘サンデーバイオレット’の栽培面積が多い理由の1つは、一次分枝が長い下枝でもM級あるいはL級として出荷でき、収益性が高いからである。このことから、‘サンデーバイオレット’同様に一次分枝が長く、下枝の出荷が可能と考えられる‘紀州ファインブルー’も収益性が高い品種として普及が見込まれる。

また、花茎が太くしっかりとしていることも‘紀州ファインブルー’の特徴の1つである。古屋らは‘紀州ファインブルー’の育成時に、ガラス温室で栽培された切り花はビニルハウスで栽培されたものに比べて花茎が軟らかく、花房が小さくなること、このような性質は‘紀州ファインイエロー’では顕著でないことを報告している（古屋ら、2009a）。一方、草丈が伸びにくい品種では、ビニルハウスでの栽培時に切り花長の確保が困難である場合がある。本品種の場合、ガラス温室栽培でも花茎が硬く、花房が大きいこと、また、達観ではあるがビニルハウス栽培でも十分に草丈が伸びることを確認している。このことから、‘紀州ファインブルー’は‘紀州ファインイエロー’と同様にガラス温室やビニルハウスなどの環境を選ばずに栽培できる品種であると考えられる。

‘紀州ファインブルー’の萼色は淡い青紫色であり、既存のブルー系オリジナル品種‘紀州ファインラベンダー’に比べるとやや青味が強く濃い色合いである。‘紀州ファインラベンダー’の欠点は色が淡いことと花房が小さいことであるが、‘紀州ファインブルー’はこの点で‘紀州ファインラベンダー’より優れていると言える。

収量性及び切り花特性については11～12月と1～3月に分けて示した。これは、本県のような暖地における作型のスターチスの需要が年末と3月の彼岸に集中するため、その時期の出荷量が所得に大きく影響するからである。‘紀州ファインブルー’の年末までの収量は対照品種よりかなり少なかったが、1～3月の収量は同等以上であったため、11～3月の総収量は対照品種よりやや少ない程度であった。前年度の収量調査でも‘インペリアルラベンダー’よりやや少なく、‘アナブルー’と同程度であったことから、本品種の収量性は既存のブルー系品種よりもやや低い程度であると言える（データ省略）。また、切り花品質は全調査期間を通して対照品種と同等以上であり、生育初期から秀品を採花しやすい品種であることが示された。近年、スターチスの光質応答反応を解明し、電照処理によって3月の彼岸までの収量を増加させようとする研究が行われており、電照により切り花本数が増加するが、品種によっては品質がやや低下する可能性があることが示唆されている（島ら、2011；伊藤ら、未発表）。‘サンデーバイオレット’のように草丈が高くボリュームのある品種であれば、階級を落とすことなく採花本数の増加が見込めることから効果的であると考えられている。このことから、同様の形質を持つ‘紀州ファインブルー’であれば、電照処理を活用することで採花本数の増加が期待できるため、今後の電照栽培技術開発の進展が望まれる。

緒言で述べたように、スターチスの種苗は組織培養により増殖される。このため、種苗の生産効率を決定する要因の1つが培養中の発根の容易さである。‘紀州ファインブルー’の発根率は75.6%で‘紀州ファインラベンダー’と同様に高いことから、今後の種苗生産において少なくとも発根培養が制限要因とはならないことが明らかとなった。

スターチスの花芽形成には低温遭遇が必要であるが、組織培養苗においては培養温度、低温処理、育苗温度が抽苔に影響すること、また、その低温要求性には品種間差があることが報告されている（土屋ら、1997；深山ら、1998；古屋・藤岡、2008、2009）。そこで、定植時の抽苔株率を指標に‘紀州ファインブルー’の低温要求性を検定したところ、低温処理を行わない場合でも抽苔株率は100%であったことから、本品種の低温要求性は低いと判断された。しかしながら、‘紀州ファインイエロー’のように低温要求性が低い品種であっても、低温処理を行うことで収量が増加することが報告されている（古屋・藤岡、2008）。そのため、‘紀州ファインブルー’においても低温処理を行った株の収量調査を行い、最適な低温処理期間を明らかにする必要がある。

筆者らは‘紀州ファインブルー’の育成と同時に、和歌山県オリジナル品種として初となるピンク系品種‘紀州ファインピンク’も育成した。これらの育成により、オリジナル品種に主要な花色が揃ったが、スターチス栽培には萎凋細菌病などの病害や作業従事者の花粉症など解決すべき課題が残されている。スターチス花粉症については、特に職業的にスターチスに接する人に発症することが知られており、和歌山県内生産者の間でも問題となっている（堀、1991；Wiszniewska ら、2011）。近年、植物へ重イオンビーム照射することにより突然変異を誘発するイオンビーム育種法が開発され、ユリなどの植物で無花粉変異体が得られている（Chiba ら、2007）。そこで、今後のスターチス育種の方向性として、新たな育種法を取り入れながら課題を解決できる特性を備えた品種を育成していく予定である。

摘 要

ブルー系のスターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインブルー’を育成した。品種の特性は次のとおりである。

1. 萼の色は淡い青紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87D）である。
2. 切り花長が長く、花房数が多いため、切り花にボリューム感がある。
3. 収量性がやや低い、切り花品質は優れている。
4. 低温要求性が低く、低温処理をしなくても定植時の抽苔株率が高い。

引用文献

- Chiba, N., K. Arakawa, S. Nakamura, S. Suzuki, Y. Yokota, Y. Hase and I. Narumi. 2007. Mutation induction of Asiatic hybrid lily and *Lilium × formolongi* Hort. using ion beam irradiation. JAEA Takasaki Annu. Rep. 2005 : 77.
- 古屋挙幸・宮本芳城・藤岡唯志・村上豪完. 2006. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインホワイト’および‘紀州ファインイエロー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 7 : 81-88.
- 古屋挙幸・藤岡唯志. 2008. スターチス・シヌアータ「フラスコ苗」の育苗温度（昼温）および低温処

- 理期間の違いが収量に及ぼす影響. 園学研 7 (別 2) : 349.
- 古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 43-48.
- 古屋挙幸・藤岡唯志・村上豪完. 2009a. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインルビー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 35-42.
- 古屋挙幸・藤岡唯志・村上豪完. 2009b. スターチス・シヌアータの新品種‘紀州ファインルビー’および‘紀州ファインパール’の育成. 園学研. 8 (別 1) : 413.
- 堀俊彦. 1991. スターチスによる職業性花粉症の一例. アレルギーの臨床. 139 : 765-767.
- Larkin, P. J. and W. R. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation - a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. Theor. Appl. Genet. 60 : 197-214.
- 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. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(4):632-634.
- 小川大輔・古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 13 : 15-24
- 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’の育成経過とその特性. 和歌山農林水研報. 2 : 41-48.
- 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. 10 (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 (*Limonium sinuatum* Mill.)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(別 2) : 62-63.
- Wiszniewska, M., C. Pałczyński, P. Krawczyk-Szulc, T. Wittczak, A. Cyran and J. Walusiak-Skorupa. 2011. Occupational allergy to *Limonium sinuatum* - a case report. Int. J. Occup. Med. Environ. Hwalth. 24(3) : 304-307.

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

小川大輔・上山茂文

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Breeding Process and Characteristics of a New *Limonium sinuatum* Mill. Cultivar ‘Kishu Fine Purple’

Daisuke Ogawa and Shigefumi Ueyama

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県はスターチス・シヌアータ（以下スターチス）の栽培が盛んであり、栽培面積 68.6ha、出荷量 6,040 万本と面積、出荷量ともに全国 1 位の産地を形成している（農林水産省平成 25 年産花き生産出荷統計）。2013 年の県内スターチス産出額は約 18 億円と県内花き総産出額の 30%を占め、スターチスは和歌山県の花き産業にとって重要な品目となっている（平成 25 年生産農業所得統計、花木等生産状況調査）。

スターチスは多年草であるが、切り花栽培では一年草として扱われるため、毎年種苗を購入する必要がある。現在、スターチス種苗のほとんどは組織培養苗として供給されるため高価で、種苗費が経営を圧迫している。そのため、和歌山県農業試験場暖地園芸センターでは、安価な種苗を提供できるスターチスオリジナル品種の育成に取り組んでおり、これまでに‘紀州ファインラベンダー’など紀州ファインシリーズとして 7 品種を育成してきた（小川ら，2012，2014；古屋ら，2006，2009）。

スターチスの主な観賞対象は萼であるが、この萼は乾膜質であり乾燥条件下においても長期間にわたって萎凋も退色もしない（伊藤ら，2010）。このような性質もあってスターチスは仏花として重宝されており、多彩な花色があるにもかかわらず、栽培面積の 5~6 割は紫系が占めている。このため、和歌山県でも紫系品種の育成には力を入れており、上述の紀州ファインシリーズ 7 品種中 3 品種は紫系品種である。3 品種の中でも、‘紀州ファインバイオレット’や‘紀州ファイングレープ’は、花色や伸長性の良さが評価され、2010 年の作出以来、現在も栽培され続けている。

しかし、‘紀州ファインバイオレット’など既存の紫系オリジナル品種は、冬季にハウスを 12℃以上に加温していた時期に育成された品種であり、現在主流となっている無加温に近い栽培環境では収量面などで適さない可能性も考えられる。また、花房の数が少ないなどの欠点も認められるため、新たな紫系品種として、低温管理下で収量性が高く、花房数の多い品種の育成に取り組んだ。その結果、既存紫

系オリジナル品種より花房数が多く、収量性が極めて高い‘紀州ファインパープル’を育成したので、その育成経過と品種特性を報告する。

材料および方法

1. 育成経過

‘紀州ファインパープル’は、県内で育成された品種系統間の交配によって得られた品種である。種子親は当センター選抜系統‘紀州ファインバイオレット’、花粉親は不明である。

2011年4月、県内で育成された品種系統を混植したハウス内にミツバチを放飼して交配させ、同年6月に‘紀州ファインバイオレット’など7品種系統から1,681粒を採種した。同年7月に種子冷蔵処理を行わずに全量を播種した。発芽後、生育が良好な957個体を同年9月に15cmポリポットに鉢上げし、無加温ガラス温室、自然日長下で管理した。同年11月までに抽苔した803個体の中から、萼色が紫系で草姿、花房の形がよい24個体を選抜した。

選抜個体は組織培養により増殖し、2012年から2014年の3年間、特性調査および生産力検定を行った。その結果、‘紀州ファインバイオレット’など既存の県育成紫系品種より花房数が多く、収量性が高い‘11D436’を有望と認めた。また、3年間の調査により形質の安定性も確認された。そこで、2015年3月に‘11D436’を‘紀州ファインパープル’と命名し育成を完了した。2015年3月27日、農林水産省に品種登録出願を行い、同年8月24日に出願公表された（出願番号30050）。

2. 組織培養および育苗

特に記載がない限り、各試験には当センター内において下記の条件で培養、育苗した苗を供試した。

1) 組織培養

20℃, PPFD $40\sim50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 16時間照明下で、花穂を材料とした初代培養を約2ヶ月間、継代培養を約5ヶ月間、発根培養を約1ヶ月間行った。各培養期間中、約1ヶ月ごとに多芽体の状態で新しい培地へ移植し、発根培地への移植時に1芽に分割した。各培養に使用した培地の組成は下記のとおり。

初代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.5mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

継代培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+BA* 0.1~0.2mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

発根培地：1/2 MS+ショ糖 30g/L+NAA* 0.2mg/L+寒天 9g/L, pH5.8

*: PPFD=photosynthetic photon flux density, 光合成光量子束密度

BA=6-Benzylaminopurine, NAA= α -naphthalene acetic acid

発根培養後、5℃, PPFD $10\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 16時間照明下で4週間の低温処理を行った。

2) 育苗

1) で作製したビトロ苗を7.5cmポリポットに鉢上げし、ガラス温室（遮光率60%）でクーラー育苗（6:00~20:00:25℃設定, 20:00~6:00:15℃設定）を行い定植苗とした。クーラー育苗期間は、2014年が7月29日~9月2日, 2015年が7月27日~9月2日。用土はタキイセル培土TM-1を使用し、育苗期間中、OK-F-9(1,000倍液)を適宜施用した。

3. 特性調査

1) 形態的特性

調査は農林水産省品種登録出願審査基準に基づいて2014年12月16日に行った。花房の長さや幅につ

いては、審査基準に規定がないため、収穫適期の頂花の長さと幅を測定した。

栽培概要は次のとおりである。調査場所：当センターガラス温室。定植日：2014年9月10日。栽植密度：ベッド幅90cm，株間30cm，条間40cm，2条千鳥植え。基肥：（有機配合肥料 N:P:K=6:8:7）50kg/10a。追肥：OK-F-9またはOK-F-2を11月から2週間に1回程度施用（窒素成分で0.2kg/10a）。最低夜温：3℃設定。自然日長下で栽培し、初期の花茎は株養成のため定植後2週間除去した。供試株数は10株とし（1区制），対照品種には‘紀州ファイングレープ’及び‘サンデーバイオレット’（（株）ミヨシから購入）を用いた。

2) 収量特性及び切り花特性

調査は2014年11月6日から2015年3月17日まで採花した全収穫物について行った。階級については、2L級＝切り花長70cm以上かつ花房数5個以上，L級＝同60cm以上，4個以上，M級＝同50cm以上，3個以上，S級＝同40cm以上，3個以上とした。栽培概要は1)と同じ。

3) 発根特性

1 芽に分割した苗を発根培地に移植し、移植後の発根率を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。調査は2回行い、2回の合計個体数を算出した。移植日：1回目，2015年5月10日～20日，2回目，2015年6月8日～18日。調査日：各移植日から5週間後。

4) 抽苔特性

低温処理期間の異なるビトロ苗（無処理，2週間，4週間）を同時に鉢上げし、クーラー育苗後の抽苔株率及び平均抽苔本数を調査した。対照品種には‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファインラベンダー’及び‘紀州ファインイエロー’を用いた。鉢上げ日：2015年7月27日。調査日：2015年9月2日。

結 果

1. 形態的特性

‘紀州ファインパープル’の草丈は86.6cmで対照品種である‘サンデーバイオレット’や‘紀州ファイングレープ’より低かった（第1表）。12月時点での花序の数は23.9本で対照品種より多かった。葉の長さは27.3cmで対照品種より短く、葉の幅は7.5cmで‘紀州ファイングレープ’よりやや狭かった。花茎の太さは6.0mm，翼の幅はやや狭く，対照品種と同等であった。一次分枝の長さは49.5cmで‘サンデーバイオレット’より短く，一次分枝数は5.4本で‘サンデーバイオレット’より少なく，‘紀州ファイングレープ’よりやや多かった。また，分枝の角度は‘サンデーバイオレット’より狭く，‘紀州ファイングレープ’と同程度であった（第1図）。

‘紀州ファインパープル’の花房の長さは7.2cmで‘サンデーバイオレット’より長く，‘紀州ファイングレープ’と同等であり，花房の幅は3.3cmで‘サンデーバイオレット’よりやや広がった（第1表，第2図A）。萼の長さは12.7mmで対照品種より短く，萼の直径は9.3mmで‘サンデーバイオレット’より大きく，‘紀州ファイングレープ’と同等であった（第1表，第2図B）。萼の色はやや赤みを帯びた紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87B）で，花冠の色はクリーム色（RHS カラーチャート色票番号：150D）であった。

第1表 ‘紀州ファインパープル’の形態的特性

形質	紀州ファインパープル	サンデーバイオレット	紀州ファイングレープ
草丈 (cm)	86.6 ± 3.6	101.8 ± 5.6	94.8 ± 4.0
花序の数 (本)	23.9 ± 4.0	20.5 ± 3.1	17.2 ± 2.3
葉の長さ (cm)	27.3 ± 2.1	30.4 ± 1.9	32.7 ± 2.6
葉の幅 (cm)	7.5 ± 0.5	7.7 ± 0.8	8.5 ± 0.9
葉身の形	狭倒卵形	狭倒卵形	狭倒卵形
花茎の太さ (mm)	6.0 ± 0.6	6.1 ± 0.6	6.2 ± 0.6
花茎の翼の幅 ^z	3	3	3
一次分枝の長さ (cm)	49.5 ± 5.0	58.1 ± 12.9	45.2 ± 10.4
一次分枝の数 (本)	5.4 ± 1.1	6.9 ± 1.0	4.8 ± 0.8
花房の長さ (cm)	7.2 ± 1.0	4.8 ± 0.9	7.7 ± 0.9
花房の幅 (cm)	3.3 ± 0.2	2.7 ± 0.3	3.5 ± 0.3
萼の長さ (mm)	12.7 ± 0.9	13.9 ± 0.7	14.7 ± 0.6
萼の直径 (mm)	9.3 ± 0.7	7.3 ± 0.4	9.1 ± 0.7
萼の形	漏斗形	漏斗形	漏斗形
萼の色 ^y	N87B	N86C	N82A
花冠の色 ^y	150D	150D	150D
柱頭の形	トウモロコシ状	トウモロコシ状	乳頭状

数値は平均値±標準偏差

調査日：2014年12月16日

z: 翼の幅を1 (無) ~ 9 (極広) で評価

y: RHSカラーチャート色票番号

サンデー
バイオレット紀州ファイン
パープル紀州ファイン
グレープ

第1図 ‘紀州ファインパープル’及び対照品種の草姿

サンデー
バイオレット紀州ファイン
パープル紀州ファイン
グレープ

第2図 ‘紀州ファインパープル’及び対照品種の花房(A)と萼(B)

左から順にサンデーバイオレット、紀州ファインパープル、紀州ファイングレープ
スケールバー=1cm(A)、5mm(B)

2. 収量及び切り花特性

1) 11～12月

この期間の‘紀州ファインパープル’の収量は8.7本で対照品種より多かった（第2表）。階級別では、2L級が6.0本、L級が1.9本、M級が0.8本で、2L級の割合は69.0%となり‘サンデーバイオレット’より低かった。切り花長は74.4cmで‘サンデーバイオレット’より低かった。花房数は8.4個で‘サンデーバイオレット’より少なく、‘紀州ファイングレープ’よりやや多かった。

第2表 ‘紀州ファインパープル’及び対照品種の階級別収量と切り花特性（11～12月）

品 種 名	収 量（本/株） ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインパープル	6.0	1.9	0.8	0.0	8.7	69.0	74.4 ± 9.4	8.4 ± 3.4
サンデーバイオレット	5.4	0.5	0.4	0.1	6.4	84.4	83.7 ± 13.0	10.4 ± 4.0
紀州ファイングレープ	4.8	0.8	0.6	0.2	6.4	75.0	78.4 ± 12.7	7.3 ± 2.7

調査期間：2014年11月6日～2014年12月18日

z：2L=切り花長70cm以上、花房数5個以上、L=同60cm以上、4個以上

M=同50cm以上、3個以上、S=同40cm以上、3個以上

y：2L率=2L本数/合計本数×100

x：数値は平均値±標準偏差

2) 1～3月

この期間の‘紀州ファインパープル’の収量は10.3本で対照品種より多かった（第3表）。階級別では、2L級が9.6本、L級が0.4本、M級が0.3本で、2L率は93.2%であった。切り花長は84.3cmで‘サンデーバイオレット’より短く、‘紀州ファイングレープ’よりやや短かった。花房数は7.3個で‘サンデーバイオレット’より少なく、‘紀州ファイングレープ’よりやや多かった。

第3表 ‘紀州ファインパープル’及び対照品種の階級別収量と切り花特性（1～3月）

品 種 名	収 量（本/株） ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインパープル	9.6	0.4	0.3	0.0	10.3	93.2	84.3 ± 6.5	7.3 ± 1.8
サンデーバイオレット	7.1	0.1	0.0	0.0	7.2	98.6	101.7 ± 8.2	11.1 ± 3.5
紀州ファイングレープ	8.0	0.4	0.1	0.0	8.5	94.1	91.1 ± 6.6	6.3 ± 1.6

調査期間：2015年1月19日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3) 11～3月

調査全期間を通しての‘紀州ファインパープル’の収量は19.0本で対照品種よりかなり多かった（第4表）。階級別では、2L級が15.6本、L級が2.3本、M級が1.1本で、2L級の割合は82.1%であった。切り花長は79.8cmで‘サンデーバイオレット’より短く、‘紀州ファイングレープ’よりやや短かった。花房数は7.8個で‘サンデーバイオレット’より少なく、‘紀州ファイングレープ’よりやや多かった。

第4表 ‘紀州ファインパープル’ 及び対照品種の階級別収量と切り花特性 (11～3月)

品種名	収量 (本/株) ^z					2L率 ^y (%)	切り花長 ^x (cm)	花房数 ^x (個)
	2L	L	M	S	合計			
紀州ファインパープル	15.6	2.3	1.1	0.0	19.0	82.1	79.8 ± 9.4	7.8 ± 2.7
サンダーバイオレット	12.5	0.6	0.4	0.1	13.6	91.9	93.3 ± 14.0	10.8 ± 3.7
紀州ファイングレープ	12.8	1.2	0.7	0.2	14.9	85.9	85.6 ± 11.5	6.7 ± 2.2

調査期間：2014年11月6日～2015年3月17日

z, y, x：第2表と同じ

3. 発根特性

組織培養時，発根促進剤として NAA 0.2mg/L を含む培地へ移植して5週間後の‘紀州ファインパープル’の発根率は41.1%で，‘紀州ファインバイオレット’と同程度であり，他の対照品種より低かった（第5表）。

第5表 ‘紀州ファインパープル’ 及び対照品種の発根率

品種名	調査個体数	発根個体数	発根率 ^z (%)
紀州ファインパープル	158	65	41.1
紀州ファインバイオレット	448	175	39.1
紀州ファインラベンダー	350	274	78.3
紀州ファインイエロー	371	317	85.4

z：発根培地移植後5週目の発根率

4. 抽苔特性

ビトロ苗での低温処理をせずに慣行のクーラー育苗を行った場合，定植前の‘紀州ファインパープル’の抽苔株率は68.0%で対照品種より低く，抽苔本数は0.8本で‘紀州ファインバイオレット’と同等であり，その他の対照品種より少なかった（第6表）。5℃，2週間の低温処理をした場合，抽苔株率は76.0%であった。低温処理を4週間にすると，‘紀州ファインパープル’の抽苔株率は78.3%，抽苔本数は0.9本で‘紀州ファインバイオレット’と同等であった。

第6表 低温処理期間の違いが‘紀州ファインパープル’の抽苔に及ぼす影響

品種名	低温処理 ^z					
	無処理		2週間		4週間	
	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数	抽苔株率 (%)	抽苔本数
紀州ファインパープル	68.0	0.8	76.0	0.8	78.3	0.9
紀州ファインバイオレット	80.0	0.8	—	—	81.3	0.9
紀州ファインラベンダー	92.0	1.8	—	—	100.0	2.2
紀州ファインイエロー	100.0	3.9	—	—	100.0	3.8

調査日：2015年9月2日 (n>21)，ポリポット鉢上げ：2015年7月27日，クーラー育苗期間：2015年7月27日～9月2日

z：5℃，PPFD10 μmol・m⁻²・s⁻¹，16時間照明

考 察

本研究では、萼色がやや赤みを帯びた紫色で収量性が極めて高いスターチス‘紀州ファインパープル’を育成した。本品種は最低夜温 3℃という低温管理の栽培条件下で選抜した品種であり、近年の燃油高騰により無加温に近い栽培環境が主流となっている和歌山県の生産現場において、収量増加に貢献することが期待される。

‘紀州ファインパープル’は‘紀州ファイングレープ’を全体的にやや小型化したような形態をしている。第 1 表に示した特性値を見ると、‘紀州ファインパープル’は草丈、葉の幅、花茎の太さ、花房の長さ、萼の長さなどほとんどの項目で‘紀州ファイングレープ’よりやや小さい値を示す。ただし、花序の数と一次分枝の数は‘紀州ファインパープル’の方が多い。このことが後述する収量が多く、花房数が多いという特性の要因であると考えられる。

収量性及び切り花特性については 11～12 月と 1～3 月に分けて示した。これは、本県のような暖地における作型のスターチスの需要が年末と 3 月の彼岸に集中するため、その時期の出荷量が所得に大きく影響するからである。‘紀州ファインパープル’の収量はいずれの調査期間においても他品種を上回ったことから、本品種は生育初期から連続的に採花できる収量性が高い品種であると言える。2013 年度の収量調査では‘紀州ファイングレープ’より採花本数が少ないという結果であったが、これは‘紀州ファイングレープ’の苗は 5℃、4 週間の低温処理を行ったが、‘紀州ファインパープル’の苗を低温処理しなかったことによると思われる（データ省略）。スターチスでは低温処理により収量が増加することが報告されていることから、低温処理の有無が 2013 年度の収量調査に影響を与えたと推測される（古屋・藤岡, 2008）。

収量が多い反面、切り花長はやや短く、このことが 2L 率で他品種に劣る要因になったと考えられる。しかし、花房数は全調査期間を通して‘紀州ファイングレープ’より 1 個程度多かった。‘紀州ファイングレープ’では、春先に花房数が 4 個以下となり切り花長は規格を満たしていても階級を落とさざるを得ないこともあるが、‘紀州ファインパープル’であれば彼岸以降も 2L 級（5 個）を確保できると思われる。

緒言で述べたように、スターチスの種苗は組織培養により増殖される。このため、種苗の生産効率を決定する要因の 1 つが培養中の発根の容易さである。‘紀州ファインパープル’の発根率は、種子親である‘紀州ファインバイオレット’と同程度で、他品種に比べ低かった。このことから、‘紀州ファインパープル’は‘紀州ファインバイオレット’同様に種苗生産がやや困難な品種と考えられる。発根には植物ホルモンのオーキシンが関与しているが、培地に添加するオーキシンの種類、濃度により発根率は変化するため、発根率の低さが種苗生産に支障を来すようであれば培地組成の検討が必要となるかもしれない。

スターチスの花芽形成には低温遭遇が必要であるが、組織培養苗においては培養温度、低温処理、育苗温度が抽苔に影響すること、また、その低温要求性には品種間差があることが報告されている（土屋ら, 1997；深山ら, 1998；古屋・藤岡, 2008, 2009）。そこで、定植時の抽苔株率を指標に‘紀州ファインパープル’の低温要求性を検定したところ、低温処理を行わなかった場合の抽苔株率が 68.0%と供試品種中最も低かった。2015 年の夏は平年に比べ涼しかったため、‘紀州ファインバイオレット’の抽苔株率は 80%を超えていたが、これまでの試験結果から‘紀州ファインバイオレット’は低温要求性が

高い品種であると考えられている。このことから、‘紀州ファインバイオレット’と同様に‘紀州ファインパープル’も低温要求性は高い品種と推測される。しかし、低温処理を4週間行った場合に抽苔株率が‘紀州ファインバイオレット’並になったことと収量調査の結果を考慮すると、低温要求性は高いものの適切な低温処理を行えば問題のない品種であると考えられる。

スターチスの重大病害の1つとして、萎凋細菌病が知られている。カーネーションでは本病に対する抵抗性品種が育成されているが、現在のところスターチスにおいて完全抵抗性を示す品種は認められていない（八木ら，2010）。しかし、発病しても病勢の進展が遅い品種があるなど、ある程度の抵抗性を示す品種は存在する。そして、その抵抗性の程度は花色が黄・白色の品種が高く、紫系品種が低いことが報告されている（海老原ら，2003）。本県の紫系オリジナル品種‘紀州ファインルビー’，‘紀州ファインバイオレット’，‘紀州ファイングレープ’についても抵抗性が低いことが明らかとなっている（古屋ら，2009；小川ら，未発表）。このことから、確認が必要ではあるが‘紀州ファインパープル’も萎凋細菌病抵抗性が低いと推測され、栽培にあたっては注意が必要である。

‘紀州ファインパープル’の育成と同時に、筆者らは花色がピンク色の‘紀州ファインピンク’と淡い紫色の‘紀州ファインブルー’を育成した。これらの育成により、和歌山県オリジナル品種にスターチスの主要花色が揃ったが、上述の萎凋細菌病などの課題が残されている。今後はこれらの課題を解決できるような特性を持った品種の育成に取り組む予定である。

摘 要

紫系のスターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインパープル’を育成した。品種の特性は次のとおりである。

1. がくの色はやや赤みを帯びた紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87B）である。
2. 切り花は既存の紫系オリジナル品種よりやや短い、花房数は多い。
3. 収量性が極めて高いが、生育初期の2L率はやや低い。
4. 低温要求性は高く、育苗時に十分な低温処理が必要である。

引用文献

- 海老原克介・Silvia M. Kato・植松清次・鎌田展生. 2003. スターチス (*Limonium sinuatum*) の萎凋細菌病に対する抵抗性の品種間差. 関東東山病害虫研究会報. 50 : 101-103.
- 古屋挙幸・宮本芳城・藤岡唯志・村上豪完. 2006. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインホワイト’および‘紀州ファインイエロー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 7 : 81-88.
- 古屋挙幸・藤岡唯志. 2008. スターチス・シヌアータ「フラスコ苗」の育苗温度（昼温）および低温処理期間の違いが収量に及ぼす影響. 園学研. 7（別2） : 349.
- 古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 43-48.
- 古屋挙幸・藤岡唯志・村上豪完. 2009. スターチス・シヌアータ新品種‘紀州ファインルビー’の育成とその特性. 和歌山県農総技セ研報. 10 : 35-42.

- 伊藤弘顕・西川久仁子・栗野達也・細川宗孝・矢澤進. 2010. ヘリクリサムをはじめとしたいくつかの植物の乾膜質な花葉においてみられた二次細胞壁. 園学研. 9(1):19-23.
- 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. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(4):632-634.
- 小川大輔・古屋挙幸・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. 和歌山県農総技セ研報. 13:15-24
- 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’の育成経過とその特性. 和歌山農林水研報. 2:41-48.
- 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 (*Limonium sinuatum* Mill.)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(別2):62-63.
- 八木雅史・小野崎隆・池田広・谷川奈津・柴田道夫・山口隆・棚瀬幸司・住友克彦・天野正之. 2010. 萎凋細菌病抵抗性カーネーション‘花恋ルージュ’の育成経過とその特性. 花き研報. 10:1-10.

実エンドウの開花促進に適した光の波長，光源および電照時間帯

川西孝秀・小谷真主¹・堀端 章²・松本比呂起³・楠 茂樹⁴

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

Suitable Light Wavelength, Light source and timing of Lighting for Floral Induction in Pea (*Pisum sativum* L.)

Takahide Kawanishi, Masayuki Kotani, Akira Horibata, Hiroki matsumoto and Shigeki Kusu

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県では，温暖な気候を利用し，実エンドウ（*Pisum Sativum* L.）の冬季ハウス栽培が行われている（藤岡，2000a）．主要品種である‘きしゅうすい’は，秋まきハウス冬春どり作型において，着花節位が25～30節程度と高節位となり収穫開始時期が遅くなるため，地域によって催芽種子の冷蔵処理や幼苗期に電照を行う長日処理などの開花促進技術が導入されている（藤岡，2000b）．

現在，電照用の光源としては白熱電球が広く利用されているが（米村，1993），白熱電球は消費電力が大きく，近年省エネルギーの観点から，家庭用照明など一般利用の光源として白熱電球の製造・販売が縮小傾向にある（NEDO 研究評価広報部，2009）．このため，農業用に用いられている白熱電球についても，その影響は必至と考えられ，代替光源の選定が必要である．すでにキク等では，電照用光源として電球型蛍光灯等省エネ型光源の利用が進んでいる（郡山，2014）．また近年，発光ダイオード（以下，LED）等の新光源の開発も急速に進んでいる（詠田，2010）．LED はより省電力であるとともに特定の波長の光を発することが可能であり，より効率的な生育・開花調節が期待されることから，白熱電球の代替光源として有望である．

電照栽培は，植物が特定の波長の光をシグナルとして捉え，花芽分化の光形態形成に役立っている反応を活用したものであり，主に短日植物では開花抑制，長日植物では開花促進等の開花制御を目的に利用されている（今西，1995；米村，1993）．近年，花き類では，多品目で網羅的な光質応答反応の研究が進んでおり，品目によりその応答反応が異なることが報告されている（新井・大石，2010；浜本ら，2003；宮前ら，2016）．白熱電球は，光形態形成に有効とされる青色光から遠赤色光を含む様々な波長域の光を発し，特に赤色光および遠赤色光の割合が高い．しかし，蛍光灯やLEDでは，分光放射特性が白熱電球と大きく異なる（浜本・山崎，2013）ことから，エンドウにおいて開花促進に十分な効果が得られるかは不明である．

そこで本研究では，実エンドウ‘きしゅうすい’について，青色光から遠赤色光までの各波長

¹ 現在：農業環境・鳥獣害対策室

² 近畿大学生物理工学部

³ 現在：日高振興局農業振興課

⁴ 現在：海草振興局農業振興課

域のLEDによる光照射が開花に及ぼす影響を調査し、開花促進に有効な波長や光量を明らかにするとともに、市販光源を用いて、開花促進効果の確認を行った。

材料および方法

すべての試験において、実エンドウ‘きしゅううすい’を供試した。また、試験1は近畿大学生物理工学部（紀の川市西三谷）で行い、その他は暖地園芸センター内で行った。

試験1. 異なる波長の光照射が開花に及ぼす影響

2011年10月14日に菜園プランターへ8粒播種し、間引き後4株で主枝1本仕立てとした。培養土には、与作N-15(ジェイカムアグリ株式会社)を30kg、システムソイル102(イワタニアグリグリーン株式会社)を50Lおよびバーク堆肥(田辺港輸入木材協同組合)を20kg混合したものを使用した。

試験区として、電照に用いる光を①遠赤色光(波長735nm)、②赤色光(660nm)、③黄色光(590nm)、④緑色光(525nm)、⑤青色光(450nm)とし、各光源は、LED-ON社製砲弾型LEDを利用した。光源は地表面から1mの高さに設置し、光量は、光源ごとに地表面における光量子束密度(以下、PFD)を① $1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、② $0.01\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の2水準として、無処理と併せて計11処理区とした。光量の調整は、使用するLEDの個数と定電流ダイオードによる電流の制限により行った。PFDの測定は、オーシャンフォトニクス株式会社製「ファイバマルチチャンネル分光器USB4000」に視野角180°の「コサインコレクタCC-3」を取り付けて行った。設定したPFDは値が小さく、測定器での計測値が不安定であったため、 $1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の区は、光源下50cmで測定し、4で割って算出、 $0.01\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の区は、光源下10cmで測定し、100で割って算出した。なおこの計算は、光量が光源からの距離の2乗に反比例することに基づく。PFDの実測値(理論値)を第1表に示した。1区あたり2プランター8個体とし、各区とも播種直後から調査終了まで終夜照射(17:00～翌7:00)を行った。調査項目は各区の開花日とした。

第1表 各処理区の光量測定値

光量【PFD】	光源色 ^z	波長 (nm)	地表面におけるPFD ^y ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
$1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	遠赤色	735	1.29
	赤色	660	1.04
	黄色	590	1.00
	緑色	525	1.20
	青色	450	1.16
$0.01\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	遠赤色	735	0.01030
	赤色	660	0.00914
	黄色	590	0.00946
	緑色	525	0.00930
	青色	450	0.00914

^z 各光源は、LED-ON社製砲弾型LEDを利用した。

^y 各区、光源から地表面までの距離を1mとし、使用するLEDの個数および定電流ダイオードによる電流の制限により発光量を調整した。

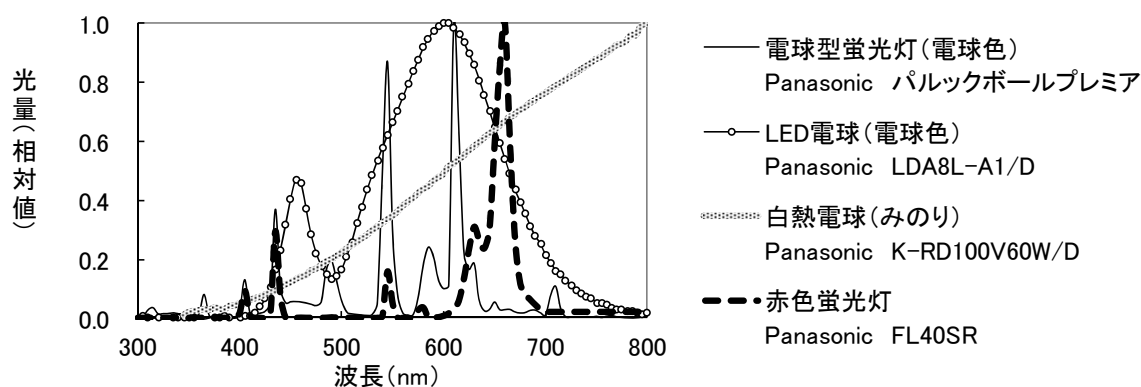
試験2. R:FR比が開花に及ぼす影響

雨よけビニルハウス内において、2012年5月22日に容量25Lポリポットへ培養土(タキイセル培土:システムソイル102:バーク堆肥=2:2:1)を20L充填し、8粒播種して主枝1本、あんどん仕立てで栽培した。電照の光源として、日本医化器械製作所製の「3in1LED照明ユニット」をポットの地際から1.5mの高さに設置し、5～10葉期(地中の不完全葉を含んだ数値)に電照を行った。試験区として、光源の赤色光(R, 660nm)および遠赤色光(FR, 735nm)の合計光量をポット地際にお

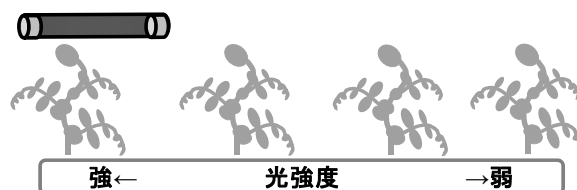
ける PFD; $1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるよう調整し, ①R:FR=3:1 [R; $0.75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, FR; $0.25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$], ②R:FR=1:3 [R; $0.25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, FR; $0.75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$], ③無処理の 3 水準を設定した. 1 区 1 ポット 8 個体を供試した. なお, 慣行のハウス栽培では 9 月播種であるが, 本試験の実施時期が 5~6 月で長日条件であったため, 各区とも, 17:00~翌 9:00 にシェードを行い短日条件とした上で, 電照区は, シェード内で終夜照射した. 施肥は, 週 1 回液肥 (OKF-2, 500 倍液を 4L/ポット) を施与した. 調査項目は, 電照終了時の節数, 草丈および第 1 花房着生節位とした. なお, PFD は, LI-COR 社製「LI-1400」および R/FR センサー「SKR110」を用いて測定した.

試験 3. 市販光源による電照が開花に及ぼす影響

2009 年 9 月 24 日に畝幅 160cm, 播種穴間隔 20cm として, 1 穴あたり 3 粒を播種した. 電照光源として, 白熱電球より消費電力の少ない電球型蛍光灯および LED 電球のうち, 試験 1 においてエンドウの開花促進に有効と考えられた黄色~赤色光を多く含む電球色タイプのもの, ならびに赤色光を多く含む赤色蛍光灯を供試し, 試験区は, ①白熱電球, ②電球型蛍光灯 (電球色), ③LED 電球 (電球色), ④赤色蛍光灯, ⑤無処理の計 5 水準とした. 無処理区以外は, 5~10 葉期 (10 月 1 日~10 月 15 日) に 16 時間日長となるよう 17:30~22:00 の 4.5 時間, 光照射を実施した. 光源の詳細は第 1 図に示した. 光源直下の地表面で光合成有効量子束密度 (以下, PPFD) が $1.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるよう光源を設置し, 光源からの距離で光強度の勾配を設定した (第 2 図). PPFD は, 光合成に有効な 400~700nm の光のみを表す単位であり, 遠赤色光は除外されるため, 植物の形態形成との関係を調査するには不向きで, 特に 700nm 以上の光を多く含む白熱電球の計測には不適切であるが, 便宜上, PPFD で統一した. なお, 長日処理期間中は, 光源から植物体までの距離が一定となるよう, 植物体を地面に沿わせて仕立てた. 施肥は OKF-2 の 500 倍液を週 1 回施与し, 11 月 25 日に施設のビニル被覆を行って, 日最低気温を 5°C 以上に維持して栽培した. なお, PPFD は, LI-COR 社製「LI-250A」を用いて測定した.



第 1 図 試験 3 に供試した光源の分光放射特性
(各光源のエネルギーの最大値を 1 とした相対値)



第 2 図 光強度の設定模式図

試験 4. 光照射の時間帯が開花に及ぼす影響

2012年5月22日に、20Lポリポットへ8粒播種し、主枝1本であんどん仕立てとした。白熱電球(みのり電球 60W)を使用し、電照時間帯を①18:00-20:00, ②20:30-22:30, ③23:00-1:00, ④1:30-3:30, ⑤4:00-6:00, ⑥18:00-6:00(終夜照明), ⑦無処理の7水準とした。1区, 1ポット8個体とした。なお, 試験2と同様に, 本試験の実施時期が5~6月で長日条件であったため, 各区とも, 17:00-翌9:00にシェードを行い短日条件とした上で, 無処理区以外は17:00-18:00および6:00-9:00に白熱電球を照射して12時間日長を基準とし, 2時間の電照を行った。電照は, 1区につき白熱電球1球をポットの地際から高さ1.5mに設置し, 5~10葉期に行った。なお, 栽培は雨よけビニルハウス内で行い, 週1回OKF-2の500倍液を4L/ポット施与した。調査項目は, 電照終了時の節数および草丈, 第1花房着生節位とした。

試験 5. 暗期中断における光照射時間の長さが開花に及ぼす影響

2009年9月24日に畝幅160cm, 播種穴間隔20cm, 1穴あたり4粒を播種した。23:45を暗期の中央とし, 試験区として, 暗期中断の時間を①4時間(21:45~1:45), ②2時間(22:45~0:45), ③1時間(23:15~0:15)の3水準設定し, ④日長延長(16時間), ⑤無処理を加えた計5処理区とした。光源直下における地表面の光強度が20 lux (PPFD: $0.37 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)となるよう白熱電球(みのり電球 60W)を設置し, 5~10葉期(10月1日~10月15日)に各処理を実施した。施設のビニル被覆は11月25日に実施し, 日最低気温を5℃以上に維持して栽培した。調査項目は, 草丈, 節数, 第1花開花までの日数, 第1花房着生節位および第1, 2花房の着花数とした。

試験 6. 市販光源の暗期中断処理による開花促進

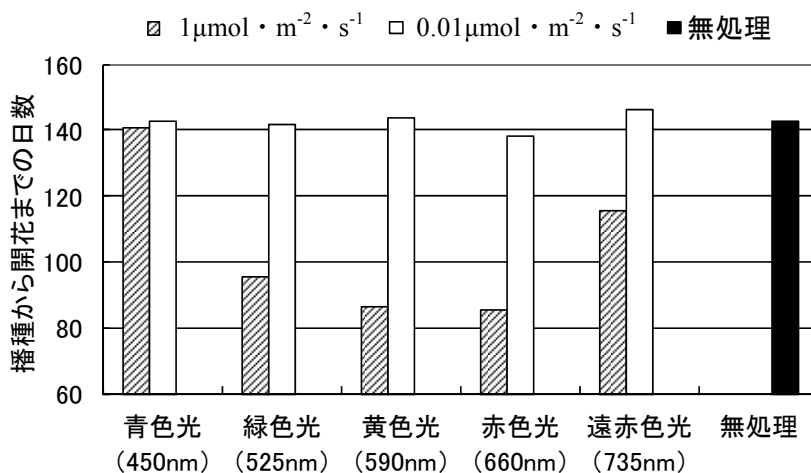
ハウス内に, 畝幅150cmのうねを設け, 2012年9月28日に播種穴間隔20cm, 1条で4粒播種3本仕立て, 側枝は12月末まで除去, その後放任で栽培した。

試験区として, 開花促進処理について①電球色電球型蛍光灯, 暗期中断3時間 22:30~1:30(以下, 蛍光灯NB-3h区), ②白熱電球, 暗期中断3時間(以下, 白熱電球NB-3h区), ③白熱電球, 終夜電照 18:00~6:00(以下, 慣行電照区), ④種子冷蔵(以下, 慣行冷蔵区; 吸水種子を室温で1.5日おいて催芽させ, 2℃で20日間冷蔵), ⑤無処理の5処理区を設定し, 5~10葉期に各処理を実施した。①の光源は, Panasonic製「パルックボールプレミア EFA15EL/10HS/2K」, ②および③の光源は, 「みのり電球 75W」を用いた。光源は, 各試験区中央の地上2mの高さに1球設置し, 1区2.4m×2反復で栽培した。施肥は, 基肥 N-12kg/10a (FTE入り豆元肥 N:P₂O₅:K₂O=6:8:6), 追肥 N-6kg/10a (千代田化成 N:P₂O₅:K₂O=15:14:9)×3回(開花始め, 収穫始め, 収穫盛期)を施与した。ハウスのビニール被覆は11月20日に行い, 日最低気温を5℃以上に維持して栽培した。調査項目は, 第1花房着生節位, 第1花開花日, 着莢数, 収量, 莢品質とした。

結 果

試験 1. 異なる波長の光照射が開花に及ぼす影響

PFD $1\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ では、緑色光～遠赤色光（波長 525～735nm）の照射で開花が促進され、黄色～赤色光（波長 590～660nm）で最も効果が高かった。青色光の照射では、開花促進効果が認められなかった（第 3 図）。一方、PFD $0.01\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ では、どの波長でも開花促進効果が認められなかった。



第 3 図 異なる波長の光照射が実エンドウ ‘きしゅううすい’ の開花に及ぼす影響

2011 年 10 月 14 日播種，播種直後から調査終了まで終夜照射（17:00～翌 7:00）

試験 2. R:FR 比が開花に及ぼす影響

電照終了時の節数は、すべての区で約 10 節となり、有意な差は認められなかった（第 2 表）。草丈は、光源の R:FR 比にかかわらず、電照を行うと無処理と比べて有意に長くなり、R:FR 比による有意な差は認められなかった。第 1 花房着生節位は、光源の R:FR 比にかかわらず、電照を行うと無処理と比べて有意に低くなり、R:FR 比による差は認められなかった。

第 2 表 R:FR 比が異なる光照射が実エンドウ ‘きしゅううすい’ の生育および着花に及ぼす影響

光源のR:FR比 ^z	光量【PFD】 ^y ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		照射終了時の生育		第1花房 着生節位 ^x (節)
	R (660nm)	FR (735nm)	節数 ^x (節)	草丈 (cm)	
3:1	0.75	0.25	10.5 a ^w	45.6 b	19.5 a
1:3	0.25	0.75	10.0 a	48.0 b	18.8 a
無処理	0	0	10.1 a	36.4 a	23.5 b

2012年5月22日播種

すべての区は、17:00～9:00 にシェードを行った

光照射は、5～10葉期（地中の不完全葉を含む）に、終夜（17:00～9:00）実施した

^z 光源には、日本医化器械製作所製の「3in1LED照明ユニット」を用い、R: 660nm, FR: 735nmの波長の光を、ポットの地表面で合計PFD $1\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるように照射した

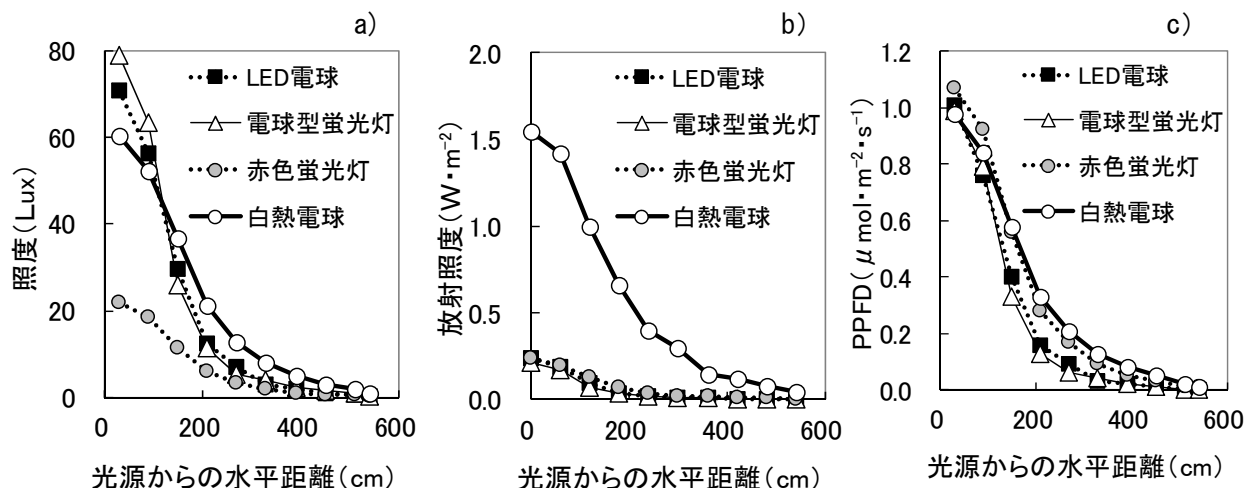
^y 光量は、LI-COR社製「LI-1400」および「R/FR sensor SKR110」で測定した

^x 地中の不完全葉も含んだ数値

^w Scheffe検定により、異なるアルファベット文字間に5%水準で有意差あり

試験 3. 市販光源による電照が開花に及ぼす影響

各光源からの距離と光強度との関係を第4図に示した. 光源直下の PPFD を約 $1\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ に統一した光源直下において, 赤色蛍光灯では, 他の光源と比較して顕著に照度が低く, 白熱電球では放射照度が著しく高くなった. 光源からの距離と着花および開花の関係を第5図に示した. この結果, 光源からのどの距離においても白熱電球で最も第1花房着生節位が低くなる傾向が認められた. ただし, 開花までに要した日数は, ほぼすべての距離において白熱電球と赤色蛍光灯とでほぼ同等となった. 第4図および第5図の結果から, 各光源の光強度と開花促進効果との関係を第6図に示した.

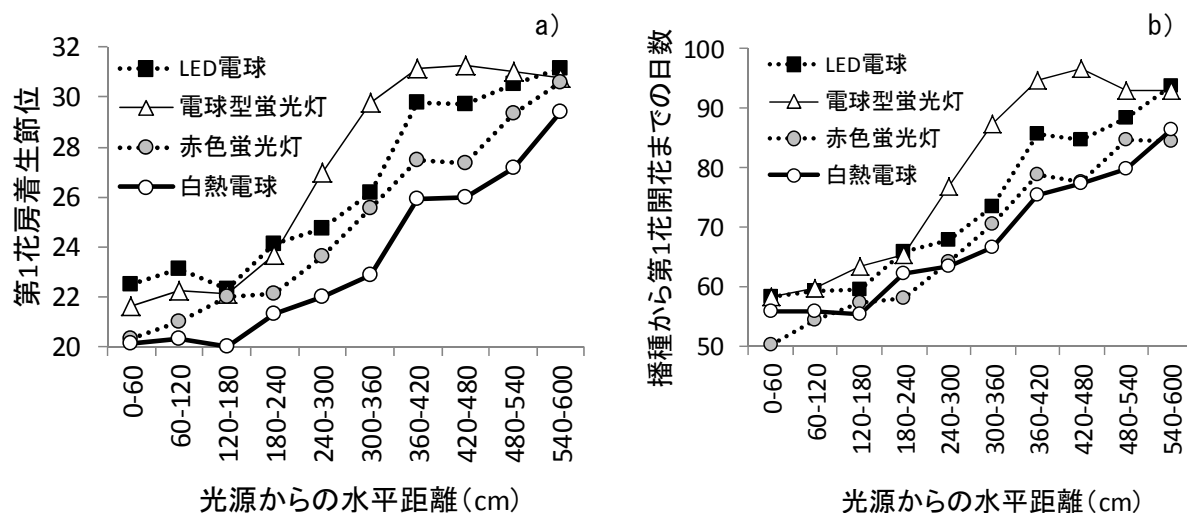


第4図 各光源からの水平距離と光強度 a) 照度, b) 放射照度, c) PPFD

光源直下の地表面における PPFD を約 $1\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ となるよう高さを調節

各光源の設置高は以下のとおり. 赤色蛍光灯については発光部分の 2/5 を遮光した

白熱電球 ; 160cm, LED 電球 ; 145cm, 電球色蛍光灯 ; 92cm, 赤色蛍光灯 ; 200cm,



第5図 各光源からの水平距離が実エンドウ‘きしゅううすい’の着花および開花に及ぼす影響

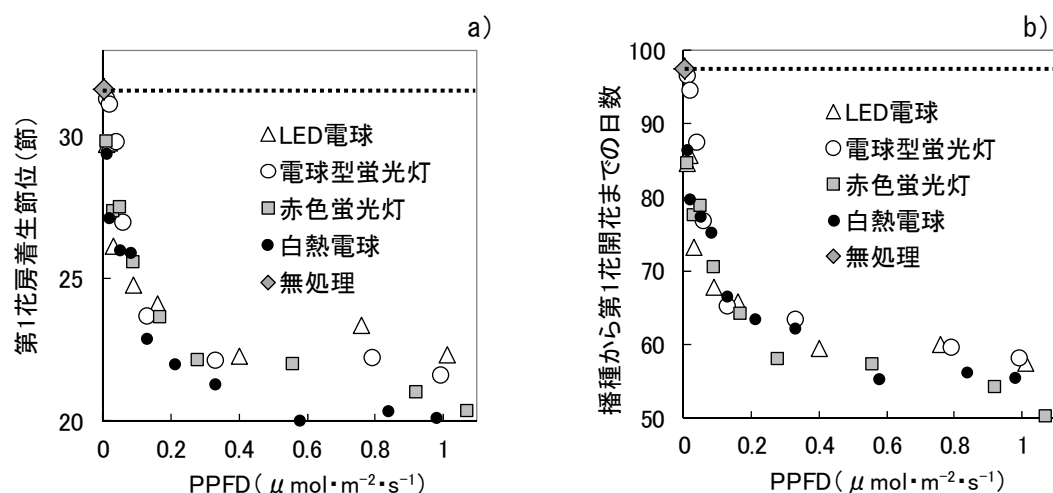
a) 第1花房着生節位, b) 播種から第1花開花までの日数

2009年12月24日播種, 5~10葉期に16時間日長となるよう17:30~22:00に光照射
光源の設置法は, 第4図に同じ

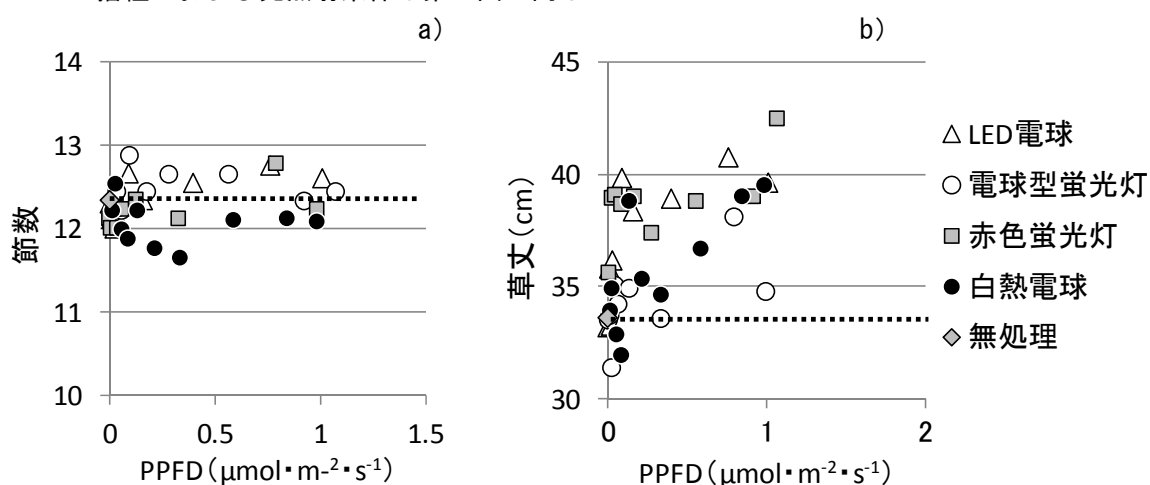
隣接する播種穴3つ分の株の平均値をプロットした

いずれの光源でも光照射により第1花房着生節位は低下し（第6図a），開花までの日数も短くなった（第6図b）．第1花房着生節位は，光源の種類によらず，PPFD $0.4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下では，光強度が大きいほど低下し， $0.4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上で23節以下となった．第1花開花までの日数は，光源の種類にかかわらず，PPFD $0.5\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下では，光強度が大きいほど減少し， $0.5\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上では60日未満とった．

生育について，節数は，光源の種類や光強度の影響を受けず，草丈は，光源の種類にかかわらず，光強度が強いほど高くなる傾向が認められた（第7図）．



第6図 市販光源を用いた電照が実エンドウ‘きしゅうすい’の着花・開花に及ぼす影響
a) 第1花房着生節位, b) 播種から第1花開花までの日数
播種日および光照射条件は第5図に同じ



第7図 市販光源を用いた電照が実エンドウ‘きしゅうすい’の生育に及ぼす影響
a) 節数, b) 草丈
播種日および光照射条件は第5図に同じ

試験4. 光照射の時間帯が開花に及ぼす影響

第1花房着生節位は，電照を行ったすべての区で無処理区と比べて有意に低くなり，終夜照射区で最も低節位から着花した（第3表）．また，照射時間帯が暗期の中央に近づくほど，低節位から着花する傾向が認められた．

電照終了時の節数は、すべての区で約10節となり、有意な差は認められなかった(第3表)。電照終了時の草丈および節間長は、電照を行ったすべての区で無処理区と比べて有意に長くなった。電照を行った各区は、処理区間に有意な差が認められなかった。

第3表 光照射の時間帯が実エンドウ‘きしゅうすい’の生育および着花に及ぼす影響

光源	照射時間 (h)	照射時間帯	電照終了時の生育			第1花房 着生節位 ^z (節)
			節数 ^z (節)	草丈 (cm)	節間長 ^y (cm)	
白熱電球	12 (終夜照射)	18:00 ~ 6:00	10.4 a ^x	50.1 b	4.9 b	18.3 a
	2	18:00 ~ 20:00	9.9 a	45.4 b	4.6 b	21.8 d
		20:30 ~ 22:30	10.1 a	47.6 b	4.7 b	20.1 c
		23:00 ~ 1:00	9.9 a	46.5 b	4.7 b	19.1 ab
		1:30 ~ 3:30	10.3 a	46.8 b	4.6 b	20.0 bc
		4:00 ~ 6:00	10.0 a	44.4 b	4.4 b	21.8 d
無処理	0	—	10.1 a	36.4 a	3.6 a	23.5 e

2012年5月22日播種

すべての区は、17:00～翌9:00にシェードを行い、無処理区以外は、シェード内で、17:00～18:00および6:00～9:00に

白熱電球を用いて電照を行い、12時間日長とした上で、各処理の電照を行った

各区の電照処理は、5～10葉期(地中の不完全葉を含む)に実施した

^z 地中の不完全葉を含んだ数値

^y 節間長＝草丈÷節数 とした

^x Scheffé検定により、異なるアルファベット文字間に5%水準で有意差あり

試験5. 暗期中断における光照射時間の長さが開花に及ぼす影響

第1花開花までの日数は、4時間の暗期中断が最も短く、次いで日長延長(16時間日長)、2時間の暗期中断、1時間の暗期中断、無処理の順となった(第4表)。第1花房着生節位は、4時間の暗期中断で最も小さく、次いで日長延長および2時間の暗期中断、1時間の暗期中断、無処理の順となった。第1および第2花房の着花数は、第1花房着生節位が低く、開花促進効果が高い区ほど少なくなる傾向が認められた。各処理終了時の草丈は、光照射時間が長いほど高くなり、各処理終了時の節数は、試験区間で顕著な差は認められなかった(第5表)。

第4表 暗期中断における光照射時間が着花および開花に及ぼす影響

開花促進処理 ^z	光照射時間 ^y (h)	播種から第1花 開花までの日数 (日)	第1花房 着生節位 ^x (節)	1花房あたりの着花数 (花)	
				第1花房	第2花房
暗期中断	4	57.8 a ^w	20.9 a	1.8 a	1.5 a
	2	65.9 c	23.0 b	1.8 ab	1.9 bc
	1	75.1 d	25.6 c	1.9 ab	1.8 ab
日長延長	4.5	62.2 b	22.3 b	1.8 ab	1.7 ab
無処理	0	89.5 e	29.1 d	2.0 b	2.0 c

2009年9月24日播種

^z 光源には白熱電球(Panasonic製 みのり電球60W)を使用

^y 暗期中断は、23:45を暗期の中央として光照射。日長延長は、日没前からの光照射

^x 地中の不完全葉を含んだ数値

^w Tukeyの多重検定により、異なるアルファベット文字間に5%水準で有意差あり

第5表 暗期中断における光照射時間が実エンドウ‘きしゅうすい’の生育に及ぼす影響

開花促進処理	光照射時間 (h)	草丈 (cm)	節数 ^z (節)
暗期中断	4	47.0 cd ^y	12.7 a
	2	44.8 c	12.9 a
	1	40.3 b	12.7 a
日長延長	4.5	47.7 d	12.6 a
無処理	0	36.7 a	12.5 a

播種日および光照射条件は、第4表と同じ

^z 地中の不完全葉を含んだ数値^y Tukeyの多重検定により、異なるアルファベット文字間に5%水準で有意差あり

試験6. 市販光源の暗期中断による開花促進

第1花房着生節位は、蛍光灯 NB-3h 区および白熱電球 NB-3h 区ともに、慣行電照区や慣行冷蔵区とほぼ同等となり、無処理区と比べて有意に低くなった（第6表）。第1花開花日は、慣行電照区で最も早く、次いで慣行冷蔵区、蛍光灯 NB-3h 区、白熱電球 NB-3h 区となったが、その差は5日以内であった。また、すべての開花促進区で無処理区と比べて、約3週間開花日数が短くなった。1節あたりの着莢数は、10段以下では、慣行電照区で最も少なく、次いで慣行冷蔵区＜両NB-3h区＜無処理区の順となった。無処理区を除いたすべての区で11～15段の着莢数が最も多く、以降は節位が高いほど着莢数が減少し、処理区間に顕著な差は認められなかった。総収量は、慣行電照区で約2500kg/10a、その他の区で2200～2400kg/10aとなった（第7表）。時期別にみると、1～2月は慣行電照区が最も多く、次いで慣行冷蔵区＞両NB-3h区の順となった。3月は両NB-3h区＞慣行電照区＞慣行冷蔵区となり、4月は慣行電照区＞慣行冷蔵区＞蛍光灯 NB-3h 区＞白熱電球 NB-3h 区の順となった。L 莢率は、すべての区で3月に80%以上と高く、4月に低下した（第8表）。栽培期間中の平均では、慣行電照区で最も高く、次いで慣行冷蔵区、両NB-3h区の順となった。

第6表 市販光源を利用した暗期中断が開花および着莢に及ぼす影響

処理区 ^z	第1花房	第1花	節位別の1節あたり着莢数（莢/節）							収穫	1株の
	着生節位 ^y （節）	開花日 （月/日）	21～ ～20節	26～ 25節	31～ 30節	36～ 35節	41～ 40節	45節	平均	段数 （節）	収穫莢数 （莢/株）
蛍光灯NB-3h区	21.1 a ^x	11/28	1.2	1.8	1.6	1.9	1.1	0.5	1.4	20.0	33.3
白熱電球NB-3h区	21.1 a	11/30	1.5	1.8	1.5	1.8	1.1	0.4	1.3	21.4	32.1
慣行電照区	20.4 a	11/25	1.0	1.1	1.2	1.6	1.1	0.5	1.1	22.2	26.9
慣行冷蔵区	20.8 a	11/26	1.4	1.5	1.3	1.6	1.1	0.5	1.2	21.5	29.8
無処理	25.5 b	12/19	0.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.0	1.7	20.5	35.7

2012年9月28日播種、n=20

^z 光源はいずれもPanasonic製で、電球型蛍光灯は「パルックボールプレミア EFA15EL/10HS/2K」、白熱電球は「みのり電球 75型」を使用し、地表から2mの高さに、2m間隔で設置した

「NB-3h」は 22:00～2:00 の暗期中断 3時間照射した

慣行電照区は白熱電球で終夜照射、慣行冷蔵区は催芽種子を2℃で20日冷蔵処理した後に播種

^y 土中の不完全葉を含んだ数値^x Tukeyの多重検定により、異なるアルファベット文字間に5%水準で有意差あり

第7表 市販光源を利用した暗期中断が時期別収量に及ぼす影響

処理区	時期別収量 (kg/10a)										総収量 (kg/10a)
	1月	2月			3月			4月			
	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
蛍光灯NB-3h区	0	163	137	297	349	818	183	208	169	63	2,386
白熱電球NB-3h区	0	155	90	335	317	821	179	200	145	51	2,293
慣行電照区	5	297	91	305	280	800	199	267	203	87	2,535
慣行冷蔵区	7	269	104	284	257	698	220	214	180	96	2,328

播種日および光照射条件は第6表に同じ

第8表 市販光源を利用した暗期中断が莢品質に及ぼす影響

処理区	L莢率 ² の推移（％）										平均
	1月	2月			3月			4月			
	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
蛍光灯NB-3h区	—	60	79	68	87	84	91	64	46	51	76
白熱電球NB-3h区	—	58	72	71	94	83	83	74	54	42	77
慣行電照区	86	91	88	86	88	95	90	64	37	43	82
慣行冷蔵区	82	76	92	80	88	93	87	60	49	46	80

播種日および光照射条件は第6表に同じ

² 重量割合。正常肥大子実が4粒以上で、極端な欠粒のない莢をL莢とした

考 察

実エンドウ‘きしゅうすい’の開花促進に有効な波長を検討したところ、緑色光～遠赤色光（波長 525～735nm）で開花促進が認められ、特に黄色光～赤色光（波長 590～660nm）で効果が高かった（第3図）。宮前ら（2016）は、花きの多品目を対象に光質と花成との関係を調査し、それらの品目を①赤色光を中心に黄色光または緑色光にかけて開花が抑制されるもの、②赤色光を中心に黄色光または緑色光にかけて開花が促進されるもの、③遠赤色光を中心に赤色光または黄色光にかけて開花が促進されるもの、④光照射の影響が確認できないもの4つのタイプに分類している。エンドウに関しては、これらのうち②赤色光を中心に開花促進効果が認められるタイプに属するものと考えられる。

一方、植物の花成誘導には、光受容体（色素タンパク質）の関与が知られている（ティツ・ガイザー, 2004）。そのうち、フィトクロムは、主に R 光と FR 光に反応し、R 光を受けて不活性な Pr 型（以下, Pr）から活性型の Pfr 型（以下, Pfr）に、また FR 光を受けて Pfr から Pr にと、可逆的に変化する（Sager ら, 1988）。短日植物では、花成に対して、この Pr-Pfr の可逆反応の関与が示唆されているが、長日植物では、より複雑であるといわれている（ティツ・ガイザー, 2004）。本研究において、R:FR 比と開花との関係を調査したところ、‘きしゅうすい’では、光源の R:FR 比にかかわらず、電照を行うと着花節位の低下が認められ、R:FR 比による差は認められなかった（第2表）。一方、同じく相対的長日植物に分類されているトルコギキョウでは、白熱電球など R:FR 比の低い光により促進され、蛍光灯などの R:FR 比が高い光では開花が遅れる（佐藤ら, 2009 ; Yamada ら, 2008）。シュッコンカスミソウ（島ら, 2012）やストック（宮前ら, 2015）では、品種によって、R 光と FR 光の両方を含んだ光源でより開花が促進され、ストックでは R : FR 比が低い場合に最も

強く花成が促進されることが報告されている。モデル植物で長日植物のシロイヌナズナでは、Pfr が生理反応を引き起こし、Pr になるとその作用を打ち消すことができるフィトクロム B (PhyB) と、Pr-Pfr の可逆反応がほとんどみられず、FR 光で反応を打ち消すことができないフィトクロム A (PhyA) が存在すること (Shinomura ら, 1996), また花成誘導に PhyB が関与していること (Mockler ら, 1999) が報告されている。エンドウでは、PhyA および PhyB の欠損変異体を用いた実験が行われ、PhyA は開花促進的に、PhyB は開花抑制的に機能していることが報告されている (Weller ら, 1997・2001)。さらに PhyA を介して複数種の FT 相同遺伝子 (フロリゲン) の相互作用により花成誘導がなされるモデルが提唱されている (Weller・Ortega, 2015)。これらのことから、エンドウ・きしゅうすいの電照による開花促進に関しては、主に PhyA が関与し、R:FR 比は大きく影響しないものと考えられる。

また、先述のように、‘きしゅうすい’では、特に黄色光～赤色光 (波長 590～660nm) で開花促進が高かった (第3図)。宮前 (2016) が、赤色光を中心に黄色光または緑色光にかけて開花が促進されると分類した品目の1つであるルドベキアは、新井・大石 (2011) の報告では、521～642nm の波長域の光で最も開花が促進されている。短日植物のキクでも、600～640nm の波長域で最も開花を抑制したとの報告があり (大石ら, 2010)、これらは、Pr の吸収ピークである 660nm 前後よりも短波長域である。住友ら (2010) は、この現象について、緑色植物ではクロロフィルやカロテノイドなどの色素による隠蔽効果により、フィトクロムの吸収ピークが短波長側へゆがむことを指摘している。これらのことから、エンドウでも、最も開花促進効果が高い光は、660nm よりもやや短波長域であることが推察される。

次に、消費電力の小さい省エネ光源として、市販されている蛍光灯および LED 電球のうち、エンドウの開花促進に有効と考えられた黄色～赤色光を多く含む光源を用いて、開花促進効果の確認と各光源の光量の検討を行った。その結果、いずれの光源でも、第1花開花節位の低下と開花の早期化が認められ、PPFD が $0.5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度以上で、一定の開花促進効果が得られることが示唆された (第6図)。現在、家庭用光源は、電球型蛍光灯および LED 電球ともに、主に人間の光の見え方から、昼光色、昼白色、電球色の3タイプが市販されている。それぞれ順に波長の短い光が少なくなり、波長の長い光が多くなる傾向にあり、電球色のタイプが最も黄色～赤色光を多く含んでいる。本研究では、各タイプの光源を利用した試験を行っていないが、おそらくすべてのタイプで開花促進効果はあり、電球色タイプで効果が高いものと推測される。スターチスでは、これら3つのタイプの光源を用いて電照を行った結果、昼白色で最も切り花本数が増加することが報告されている (伊藤, 2015)。この要因は、スターチスの栽培では初期に株養生のため花茎を切除すること、また赤色光で開花促進効果が高いが、青色光で切り花品質の向上が認められ (島ら, 2011)、これらの混合光の照射が適していることが考えられる。各タイプの光源に対する生育への影響に関しては、スターチスの事例もあることから、エンドウでの反応は不明であるが、実エンドウの開花促進のための電照は、10～14日と短期間であり、光源の差による大きな影響はないものと推察される。

一方、電照の時間帯については、現在の栽培指針では、16時間日長とされているが (和歌山県農林水産部, 2002)、主に日高川町では日没から深夜2時までの電照 (日長延長・20時間日長)、みなべ町では終夜電照が行われている場合が多い。佐田ら (1989) は、24時間日長で開花促進効果は最も高く、20時間日長ではやや劣るもののほぼ同等、16時間日長では、無処理より開花は促進されるものの、24時間日長と比べると明らかに効果が劣ることを報告している。ただし、24時間日長では、草勢が弱りやすく、推奨できないとしている。本研究では、従来の光源である白熱電球のみの試験

結果であるが、試験4および5の結果から暗期の中央ほど開花促進効果が高いことが示唆され、深夜4時間の暗期中断で終夜照射とほぼ同等の効果が得られた(第3, 4表)。ただし、キクでは、これまで暗期の中心が最も電照による花芽分化抑制効果が高いと考えられていたのに対し、近年、効果の高い時間帯は暗期の中心ではなく、暗期開始からの経過時間が影響していることが報告されている(白山ら, 2013)。キクは短日植物であり、エンドウとは異なると考えられるが、エンドウでも日没時刻によって、開花促進効果が高い時間帯が異なる可能性も考えられる。また、堀端ら(2011)は、‘きしゅううすい’について10月~1月にかけて、赤色LEDで深夜2時間の暗期中断を行った結果、10月~12月にかけて第1花房着生節位は上昇し、12月と1月ではほぼ同等となることを報告している。これは自然日長が10月から12月にかけて短くなることに起因していると考えられ、このことから、暗期中断では、自然日長が短い条件では効果が低下し、照射時間の延長等が必要となる可能性がある。ただし、現在の‘きしゅううすい’の秋まきハウス冬春どり作型のほとんどの産地では、9月~10月上旬播種であり、試験6において、一般的な9月播種で、暗期の中心での電照により、終夜照射とほぼ同等の開花促進効果が得られていることから(第6表)、暗期中央3~4時間の照射で実用上問題ないと考えられる。

試験6では、試験1において開花促進に効果が高いと考えられた黄色~赤色光を含む電球色の電球型蛍光灯およびLED電球等を用いて、暗期中断の効果を確認するとともに収量性について検討した。その結果、電球色電球型蛍光灯で深夜3時間の暗期中断を行うことで、慣行の開花促進処理である白熱電球の終夜照射や種子冷蔵と比べて、やや効果は劣るものの、ほぼ同等の収量が得られた(第7表)。Wellerら(2001)は、白熱電球と蛍光灯とで $10\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の1時間の暗期中断で開花促進効果を認めている。電球型蛍光灯は、既存のソケットを利用して使用できることから、生産現場においても、すぐに利用できるものと考えられる。光量に関しては、佐田ら(1989)は、白熱電球を用いた試験で、十分な開花促進効果を得るためには、照度が20lux以上必要であり、同報告において16~30luxでは、30~60luxと比較して、着花節位の差は1節未満であるがややバラツキが多く、2日程度開花が遅れる傾向がみられるとしている。現在、生産現場では75~100Wの白熱電球を10aあたり30~40個点灯して電照が行われていることが多い。試験3において各光源の光量と開花促進効果の試験結果から、電球型蛍光灯で光源直下のPPFDを高さ160cmに設置した白熱電球と同等とするには高さ90cmで設置する必要があることがあったこと、また白熱電球とほぼ同等の開花促進効果が得られたのは、光源からの水平距離で約2.4mまでで、3mを超えると電球型蛍光灯でやや効果が劣ったことなどから、本試験で供試した電球型蛍光灯を慣行と同様に配置すると、やや効果が劣る可能性がある。さらに、実エンドウの秋まきハウス冬春どり作型において、電照期間は10日前後と短期間であるものの、その期間は、ハウスのビニル被覆を行っていない時期であり、風雨にさらされることから、光源の耐候性についても検討する必要がある。これらのことから、白熱電球の代替として、電球型蛍光灯やLED電球も開花促進効果は認められるものの、今後の導入にあたっては、実際栽培の状況に合わせて対応することが必要と考えられた。

現在、国内での白熱電球の製造はほぼ中止されているが、国外では生産が続いており、入手は可能である。実エンドウの電照は、短期間であるため、電球の消耗は少なく消費電力も小さいこと、また省エネ光源は白熱電球と比べて未だ価格が割高であることなどから、すぐに省エネ型光源に切り替える必要はないものと考えられる。現状では、白熱電球を利用する場合、暗期中断が適していると考えられる。今後、省エネ光源の開発および普及がさらに進み、現地への導入を行う場合、必要な光量やコスト等を精査していく必要があろう。

摘 要

実エンドウ‘きしゅううすい’の秋まきハウス冬春どり作型における開花促進のための電照方法について検討した。

1. 緑色光～遠赤色光（波長 525～735nm）の夜間照射で開花が促進され、特に黄色～赤色光（波長 590～660nm）で促進効果が高い。
2. R:FR 比による開花促進効果への影響は小さい。
3. 赤色光を含む市販の電球色の電球型蛍光灯や LED 電球でも開花促進効果は認められ、PPFD 約 $0.5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$ 以上でほぼ一定の効果が得られる。
4. 光照射の時間帯は暗期中央で効果が高く、深夜 4 時間の暗期中断で終夜電照とほぼ同等となる。
5. 電球色の電球型蛍光灯を深夜 3 時間照射することで、白熱電球の終夜照射とほぼ同等の開花促進効果が得られ、収量もほぼ同等となる。

謝辞

本報告は 2009～2011 年度の戦略的研究開発プラン事業「実エンドウの生理機能の解明による高品質・多収生産技術開発」および 2012 年度の県単事業「暖地特産花き・野菜の安定生産技術開発」の一環として実施した試験の一部をとりまとめたものである。本研究を実施するにあたり、多大のご助言およびご協力をいただきました暖地園芸センターの研究員や専門技術員である又曾正一氏、玉置義人氏、さらに栽培および調査等を補助して下さったアルバイト職員の中村広行氏、鈴木善雄氏、柏木京子氏、谷口秀子氏、ほか皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 新井聡・大石一史. 2011. 夜間の各種単波長の LED 照明が数種の鉢物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 43: 41-53.
- 藤岡唯志. 2000a. 作型と品種の取り入れ方. p. 基 71-76. 農業技術大系. 野菜編 10 (マメ類・イモ類・レンコン). 農文協. 東京.
- 藤岡唯志. 2000b. 開花促進. p. 基 99-103. 農業技術大系. 野菜編 10 (マメ類・イモ類・レンコン). 農文協. 東京.
- 白山竜次・郡山啓作. 2013. キクの電照栽培における暗期中断電照時間帯が花芽分化抑制に及ぼす影響. 園学研. 12: 427-432.
- 浜本浩・山崎敬亮. 2013. 各種人工光源ランプの光質. 植物環境工学. 25: 142-145.
- 浜本浩・島地英夫・東出忠桐. 2003. 各色 LED による暗期中断処理に対する園芸植物の出蕾と抽だい反応. 農業気象. 59: 103-110.
- 堀端 章・小谷真主・加藤恒雄・伊東卓爾・楠 茂樹・神藤 宏・谷口輝樹・渡辺俊明・松本俊郎. 2011. 作物生産における太陽エネルギーの分割利用ー赤色 LED による暗期中断が中性植物エンドウの花成に及ぼす影響ー. 太陽/風力エネルギー講演論文集, 333-336.
- 今西英雄. 1995. 花き園芸. 文永堂出版株式会社. 東京. 10-65.
- 伊藤吉成. 2015. スターチスの電照栽培における赤色光と青色光の混合比率並びに市販光源の選定について. 和歌山県 JA 花き情報. 328: 3-4.

- L.テイツ・E.ガイザー. 2004. 花成の調節. P. 567-600. 植物生理学 第3版. 培風館. 東京.
- 宮前治加. 2016. 電照栽培における光質が花き類の開花に及ぼす影響. 和歌山県 JA 花き情報. 335: 4-6.
- 宮前治加・島浩二・西谷年生・山田真・石渡正紀・住友克彦・久松完. 2015. 終夜照射における赤から遠赤色光領域の波長分布がストックの伸長成長および開花に及ぼす影響. 園学研. 14: 371-379.
- Mockler, T. C., H. Guo, H. Yang, H. Duong and C. Lin. 1999. Antagonistic actions of Arabidopsis cryptochromes and phytochrome B in the regulation of floral induction. Development. 126: 2073-2082.
- 詠田浩明. 2010. 技術解説-LED 電球. シャープ技報. 109: 17-20.
- NEDO 研究評価広報部. 2009. 省エネルギー特集-照明器具-段階的廃止の対象となる電球と廃止の実施時期について (EU) . NEDO 海外レポート : 1046: 3-8.
- 大石一史・新井聡・犬伏加恵・中村恵章. 2010. キクの花芽分化抑制に有効な LED の波長, および花芽分化抑制効果に及ぼす日射量の影響. 園学研. (別 2) : 545.
- 佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1989. ハウスエンドウの開花促進に関する研究 (第 3 報) 電照処理の時間及び照度が生育, 開花に及ぼす影響. 和歌山農試研報. 13: 1-6.
- Sager, J. C., W. O. Smith, J. L. Edwards and K. L. Cyr. 1988. Photosynthetic efficiency and phytochrome photoequilibria. determination using spectral data. Transactions of the ASAE. 31: 1882-1889.
- 佐藤武義・工藤則子・森山巖興・大川 秀樹・金山喜則・金浜 耕基. 2009. トルコギキョウの秋冬出し作型における遠赤色光電球形蛍光灯を利用した日長延長による開花促進. 園芸学研究. 8: 327-334.
- 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. 10 (別 2) : 553.
- Shinomura, T., A. Nagatani, H. Hanzawa, M. Kubota, M. Watanabe, and M. Furuya. 1996. Action spectra for phytochrome A- and B-specific photoinduction of seed germination in *Arabidopsis thaliana*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 93: 8129-8133.
- 住友克彦・樋口洋平・小田篤・青木献・山田真・石渡正紀・鳴海貴子・深井誠一・久松完. 2010. キク花成の暗期中断反応におけるフィトクロムの関与および分光感度. 園学研. 9 (別 2) : 286.
- 塚田晃久・小林隆・長瀬嘉適. 1982. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第 2 報) 生育・開花に及ぼす温度, 日長の影響. 長野野菜花き試研報. 2: 77-88.
- 和歌山県農林水産部. 2002. 野菜栽培指針.
- Weller, J. L., I. C. Murfet, and J. B. Reid. 1997. Pea Mutants with Reduced Sensitivity to Far-Red Light Define an Important Role for Phytochrome A in Day-Length Detection. Plant Physiol., 114, 1225-1236.
- Weller, J. L., N. Beauchamp, L. H. J. Kerckhoffs, J. D. Platten and J. B. Reid. 2001. Interaction of phytochromes A and B in the control of de-etiolation and flowering in pea. Plant J. 26, 283-294.
- Weller, J. L. and R. Ortega. 2015. Genetic control of flowering time in legumes. Front. Plant Sci. 6: 207.
- Yamada, A., T. Tanigawa, T. Suyama, T. Matsuno and T. Kunitake. 2008. Night break treatment using different light sources promotes or delays growth and flowering of *Eusfoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77: 69-74.
- 米村浩次. 1993. 長日処理. p. 147-153. 農業技術大系. 花き編 1 (生長・開花とその調節). 農文協. 東京.

カキ ‘刀根早生’ の結果母枝先端の切り返しせん定が 摘蕾，摘果作業の省力化及び収量，果実品質に及ぼす影響

熊本昌平・和中 学・弘岡拓人¹

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Effects of Cutting off the tip of Bearing Shoots on Labor-saving of Bud-thinning, Yield and Fruit Quality in Japanese Persimmon ‘Tonewase’

Shohei Kumamoto, Manabu Wanaka and Takuto Hirooka¹

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

緒 言

和歌山県では紀北地域を中心にカキ栽培が盛んであり，栽培面積 2,770 ha，収穫量 48,200 t (2013 年近畿農林水産統計年報) は全国 1 位である．品種構成は‘平核無’，‘平核無’の枝変わりの‘刀根早生’及び‘刀根早生’の枝変わりの‘中谷早生’等の同系統の品種が総面積の約 71% を占めており，なかでも‘刀根早生’が総面積の約 48% にも及んでいる．

こうした品種構成の偏りが，栽培管理作業の一時的な集中を招いている．なかでも摘蕾は早期に着果量を制限し，大玉果を生産するうえで簡便かつ重要な作業であるが，作業適期が短く適期を過ぎると花梗が硬化し極端に作業効率が落ちる．また，摘蕾を適期に終わらせるため雇用するとコストがかかることなどから，着果管理の省力化が求められている．

着果管理の省力化に関連して，これまでにも花芽数の制御に関するいくつかの検討が行われている．翌年の花芽着生の低減に関して，花芽分化前の GA 散布 (長谷川，1983 ; 児下ら，2000)，花芽分化期の遮光処理 (長谷川，1983 ; 和中・堀田，2012)，機械油乳剤の散布 (新川ら，2004) が報告されている．また，摘蕾，摘果剤として，NAA (山村・内藤，1975)，フィガロン (山村ら，1980)，エセホン (平田・林，1972) が検討されてきたが，いずれも実用的な技術にまでは至っていない．また，カキ‘刀根早生’の結果母枝の切り返しせん定は奈良県の産地の一部で実施されている方法であったが，鷹野 (1993) の検証により 30% の摘蕾の省力効果はあったものの，収量が 30% 減少し，果実品質の低下も示唆された．

本報告では，‘刀根早生’の結果母枝の切り返しせん定の方法及び着果管理の改良により，摘蕾，摘果の省力化を試みることにした．鷹野 (1993) は長さ 10～20cm 程度の結果母枝は 1 芽，20cm 以上は 2 芽を切り返しせん定した場合について検証したが，10a 当たりの結果母枝数は 6,000～8,000 本と多いため，そのほとんどを切り返しせん定すると作業に膨大な時間を要する．このことから，できるだけ切り返しせん定の本数を減らし，効率よく着蕾数を減らす切り返しせん定の方法が必要であると考えられた．また，和中・堀田 (2012) は 1 月に結果母枝の先端芽を 2 芽及び 4 芽で切り返しせん定を行った結果，結果母枝当たりの着蕾数は 4 芽で有意に少なかったとしている．そこで，

¹現在：商工振興課

1 樹当たりの結果母枝及び着蕾の構成の調査結果にこれらの報告を踏まえて、結果母枝の切り返しせん定（以下、「先刈り」と略.）の方法を検討した。また、先刈りが摘蕾、摘果作業時間の削減及び果実品質、収量に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

試験1 1 樹当たりの結果母枝及び着蕾数の構成（2011 年）

‘刀根早生’12 年生 2 樹を供試し、5 月上旬にすべての結果母枝長及び結果母枝当たりの着蕾数を調査した。

試験2 先刈りが結果母枝当たりの着蕾数、1 果平均重等に及ぼす影響（2014 年）

‘刀根早生’15 年生 6 樹を用い、試験区は、2014 年 2 月に先刈りを実施した先刈り区と無処理区で、各 3 樹供試した。それぞれの供試樹の長さ 20～50cm の結果母枝にランダムにラベルを付け、結果母枝ごとに着蕾数、新梢数、新梢長、葉数、果実重を調査し、結果母枝長 5cm ごとに区分して、集計を行った。先刈り区は先刈り前の結果母枝長を調査した。葉面積は 7 月に側枝先端の結果母枝の先端新梢の最大葉を各試験区 3 樹からそれぞれ 10 枚採取し、自動面積計（林電工 AAM-8）で測定した。主な栽培管理は 4 月下旬に 1 枝につき基部から 2～3 節の大きめの蕾を 1 つ残す（以下、「1 枝 1 蕾」と略.）摘蕾を行い、6 月中旬に粗摘果（葉果比 13～15）、7 月中旬に葉果比 15 程度になるように仕上げ摘果を行った。収穫は 9 月下旬～10 月上旬に果頂部がカラーチャート（平核無用、農林水産省果樹試験場）4 に達した果実を 2 回に分けて収穫した。

試験3 先刈りが 1 樹当たりの着蕾数、果実品質、収量等に及ぼす影響及び摘蕾・摘果の作業時間削減効果（2014 年、2015 年）

2014 年当時 15 年生の‘刀根早生’6 樹を用い、試験区は先刈り区と無処理区とし、各 3 樹供試した。試験区の設定に先立ち、試験区間の着蕾数のばらつきを抑えるため、2014 年 2 月にせん定した後、試験樹 6 樹の全結果母枝長を調査し、結果母枝の全長、平均長、本数から試験区間の結果母枝量の差が最も小さくなるように試験樹を振り分けた（第 1 表）。また、試験区間の着蕾数や果実品質に偏りが無いかを把握することを目的として、2015 年の試験では、2014 年の先刈り区の供試樹を無処理区に、無処理区の供試樹を先刈り区に用いた。2014 年及び 2015 年 2 月に先刈りを実施し、供試樹ごとに着蕾数、葉数、収穫数、果実重を調査した。また、収穫盛期に各樹中庸な 5 果を抽出し、果頂部果皮色（平核無用、農林水産省果樹試験場）、果肉硬度（KM-5、藤原製作所）、糖度（PR-101 α 、アタゴ）を調査した。主な栽培管理は 4 月下旬に 1 枝 1 蕾に摘蕾を行い、6 月中旬に粗摘果（葉果比 13～15）、7 月中旬に葉果比を 2014 年で 15 程度、2015 年で 17 程度になるように仕上げ摘果を行った。収穫は 9 月下旬～10 月上旬に果頂部がカラーチャート（平核無用、農林水産省果樹試験場）4 に達した果実を 2 回に分けて収穫した。

また、本供試樹の摘蕾及び摘果の作業時間を計測した。なお、摘果の作業時間は粗摘果と仕上げ摘果の作業時間の合計とした。

試験4 先刈り処理樹における着果数の調整が収量、果実品質に及ぼす影響（2015 年）

‘刀根早生’16 年生樹 9 樹を用い、2015 年 2 月に先刈りを実施し、仕上げ摘果時に着果数を無処理

区とほぼ同数に調整した先刈り＋調整区，先刈りのみを実施した先刈り区及び無処理区を設け，それぞれ3樹供試した（第2表）．なお，先刈り区と無処理区は試験3の2015年供試樹である．供試樹ごとに収量，果実重等を調査した．主な栽培管理は4月下旬に1枝1蕾に摘蕾を行い，6月中旬に粗摘果（葉果比13～15）を実施後，先刈り＋調整区は無処理区の着果数と同数に，先刈り区と無処理区は葉果比17程度に仕上げ摘果を行った．収穫は9月下旬～10月上旬に果頂部がカラーチャート（平核無用，農林水産省果樹試験場）4に達した果実を2回に分けて収穫した．

第1表 供試樹1樹当たりの結果母枝の構成

年	処理区	全長(cm)	本数	20cm以上の割合(%)	平均(cm)
2014	先刈り ^z	3510	216	27.3	16.0
	無処理	3625	222	27.0	16.6
2015	先刈り ^y	4986	259	41.6	19.2
	無処理	4936	249	40.9	19.7

z:先刈り区は，先刈りを行う前の結果母枝の構成を示す

y:試験樹は，2015年に処理区間で入れ替えた

第2表 試験4の供試樹1樹当たりの結果母枝の構成

処理区	全長(cm)	本数	20cm以上の割合(%)	平均(cm)
先刈り＋調整 ^z	5078	256	49.0	20.1
先刈り ^y	4986	259	41.6	19.2
無処理	4936	249	40.9	19.7

z:先刈り＋調整区及び先刈り区は，先刈りを行う前の結果母枝の構成を示す

y:先刈り区と無処理区は試験3の2015年の試験樹と同じ

結 果

試験1 1樹当たりの結果母枝及び着蕾数の構成

結果母枝の構成は，結果母枝長10～20cmの割合が最も高く，結果母枝長20cm未満の割合は樹1，2とも59.2%で高かった（第3表）．結果母枝当たりの平均着蕾数は結果母枝長が長いほど多く，結果母枝当たり総着蕾数は結果母枝長10～30cmで多い傾向がみられた．

以上の結果から，長さ20cm以上の結果母枝は，1樹当たりの結果母枝数が約40%程度であるのに対して，総着蕾数の約70%を占めていることが明らかとなり，和中・堀田（2012）の結果を踏まえて，先刈りを「冬季に20cm以上の結果母枝先端4芽の切り返しせん定」と定義し，試験2以降を実施した．

試験2 先刈りが結果母枝当たりの着蕾数，1果平均重等に及ぼす影響

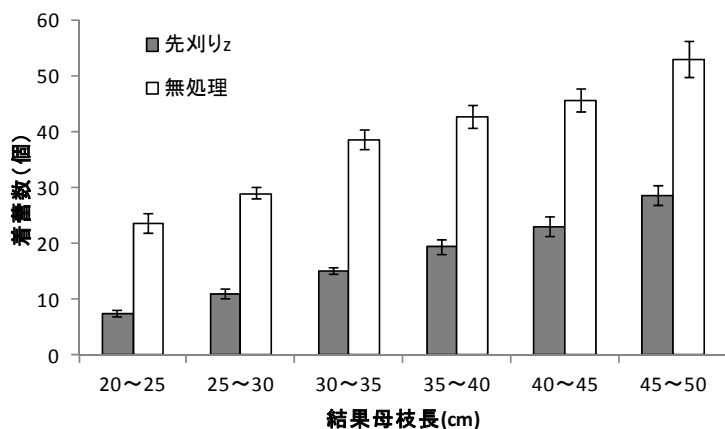
1) 先刈りが結果母枝当たりの着蕾数に及ぼす影響

結果母枝当たりの着蕾数は，先刈り区で無処理区に比べて16～24個少なく，割合にすると46～69%少なかった（第1図）．また，1新梢当たりの着蕾数についても先刈り区で少なかった（第2図）．

第3表 1樹当たりの結果母枝及び着蕾数の構成

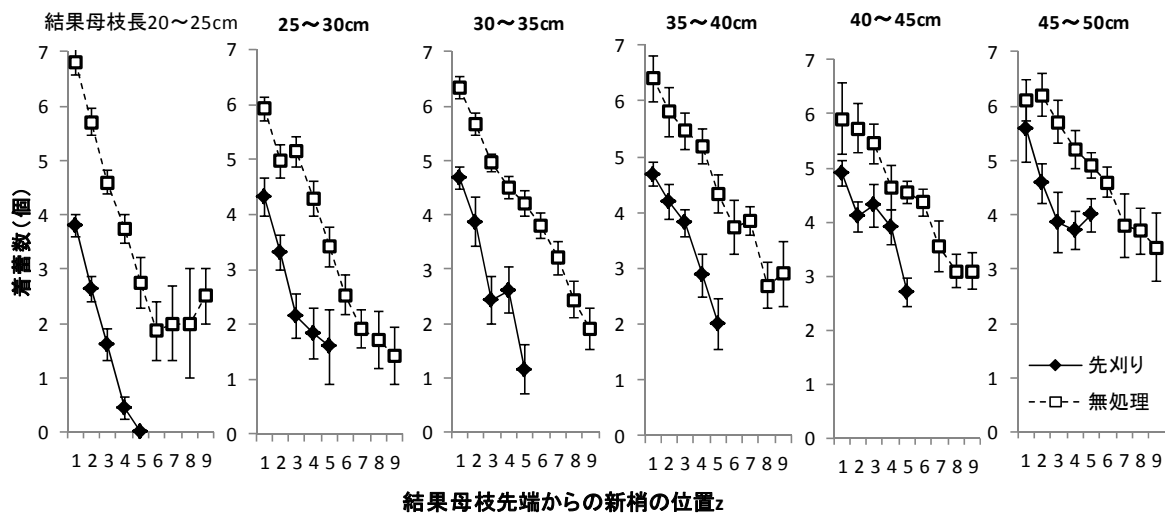
結果母枝長 (cm)	樹1			樹2		
	結果母枝数 (A)	着蕾数 (B)	結果母枝 当たり着蕾数 (B/A)	結果母枝数 (A)	着蕾数 (B)	結果母枝 当たり着蕾数 (B/A)
～5	17 (14.8) ^z	44 (2.5)	2.6	30 (21.1)	57 (3.5)	1.9
5～10	11 (9.6)	53 (3.0)	4.8	12 (8.5)	53 (3.2)	4.4
10～20	40 (34.8)	408 (23.0)	10.2	42 (29.6)	378 (23.2)	9.0
20～30	16 (13.9)	334 (18.8)	20.9	40 (28.2)	540 (33.2)	13.5
30～40	11 (9.6)	221 (12.5)	20.1	9 (6.3)	237 (14.5)	26.3
40～50	12 (10.4)	482 (27.2)	40.2	6 (4.2)	172 (10.6)	28.7
50～	8 (7.0)	232 (13.1)	29.0	3 (2.1)	192 (11.8)	64.0
合計	115 (100.0)	1775 (100.0)		142 (100.0)	1629 (100.0)	

z()内は合計に対する割合を示す



第1図 先刈りが結果母枝当たりの着蕾数に及ぼす影響

図中の縦棒は標準誤差を示す



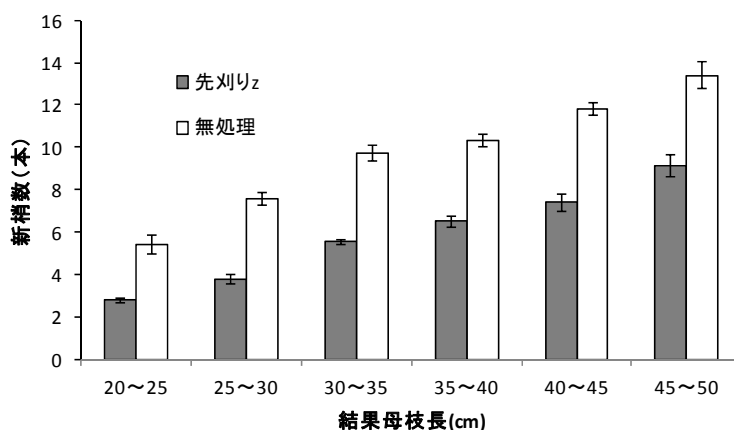
第2図 先刈りが1新梢当たりの着蕾数に及ぼす影響

z比較は先刈り区は先端から5新梢、無処理区は先端から9新梢以内とした

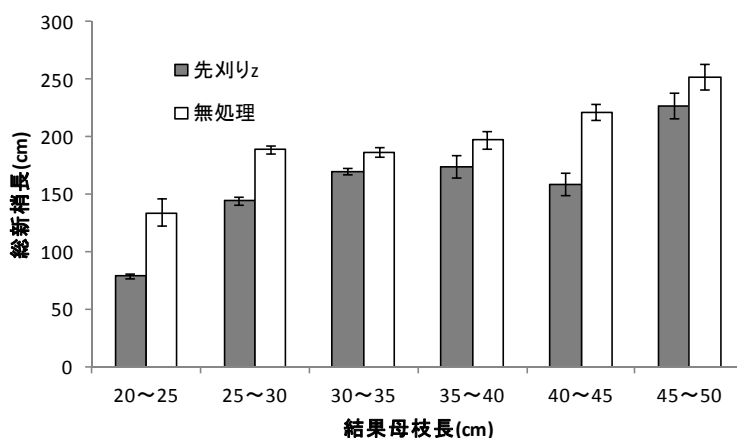
図中の縦棒は標準誤差を示す

2) 先刈りが結果母枝当たりの新梢数，新梢長に及ぼす影響

結果母枝当たりの新梢数は，先刈り区で無処理区に比べて約4本少なかった（第3図）。また，結果母枝当たりの総新梢長は，先刈り区で無処理区に比べてやや短い（第4図），先端から5新梢目までの新梢長はほぼ同じであった（第5図）。



第3図 先刈りが結果母枝当たりの新梢数に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す



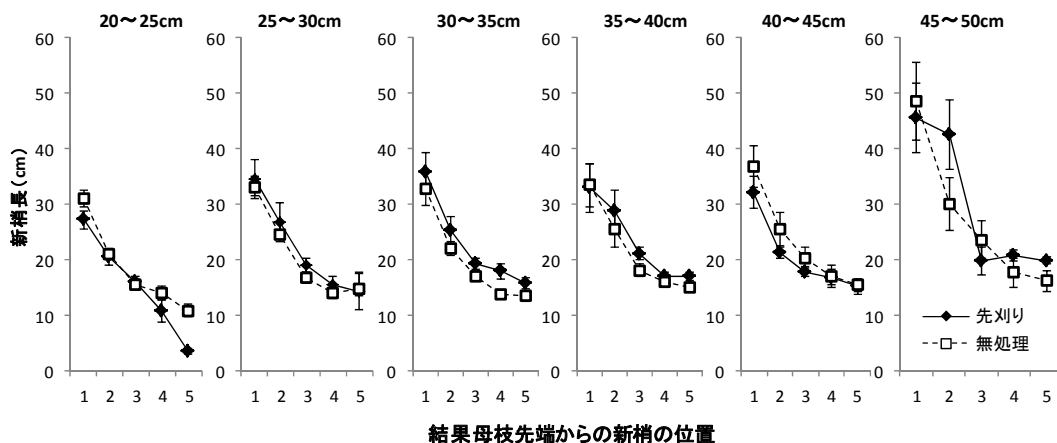
第4図 先刈りが結果母枝当たりの総新梢長に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す

3) 葉数，葉面積への影響

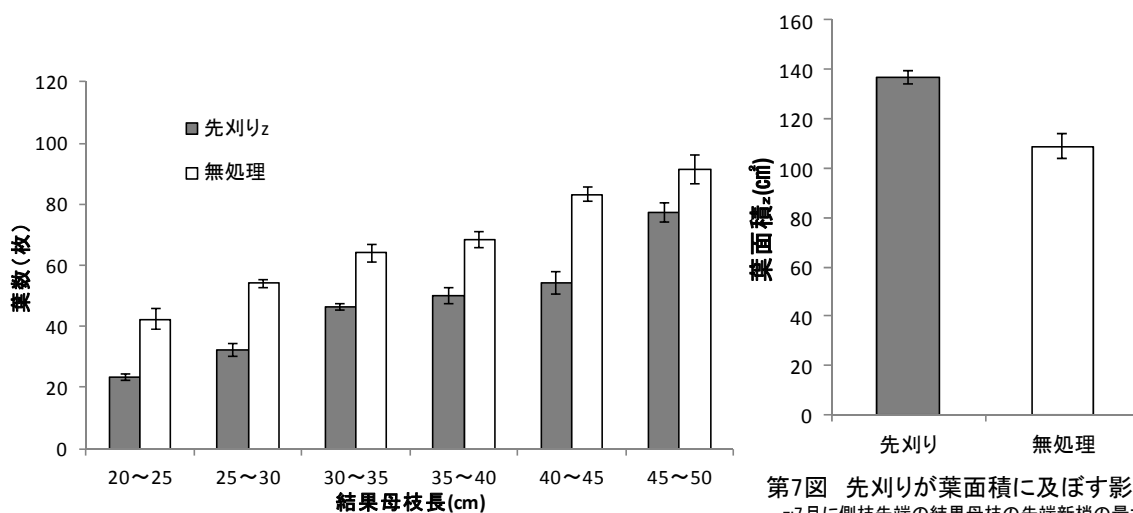
結果母枝当たりの葉数は，先刈り区で無処理区に比べて14~29枚少ない（第6図），葉面積はやや大きい傾向がみられた（第7図）。

4) 収穫果実への影響

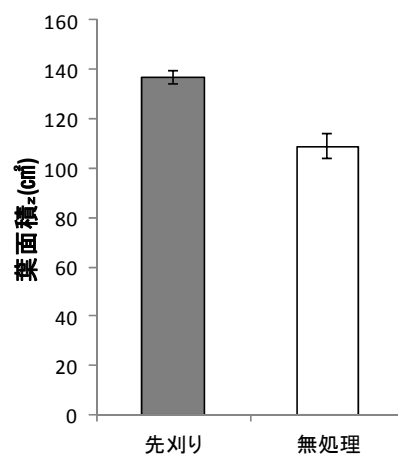
結果母枝当たりの果実数は，先刈り区で無処理区に比べてやや少ない（第8図），1果平均重は無処理区と同じもしくはやや大きい傾向がみられた（第9図）。



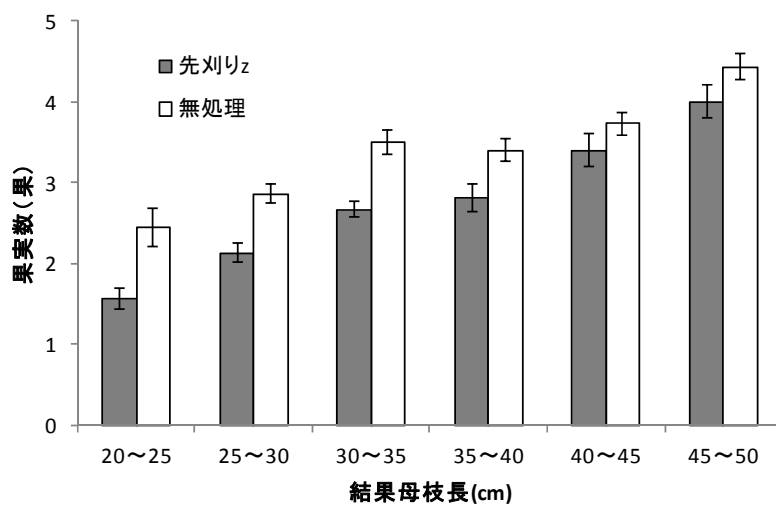
第5図 先刈りが結果母枝先端5新梢の新梢長に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す



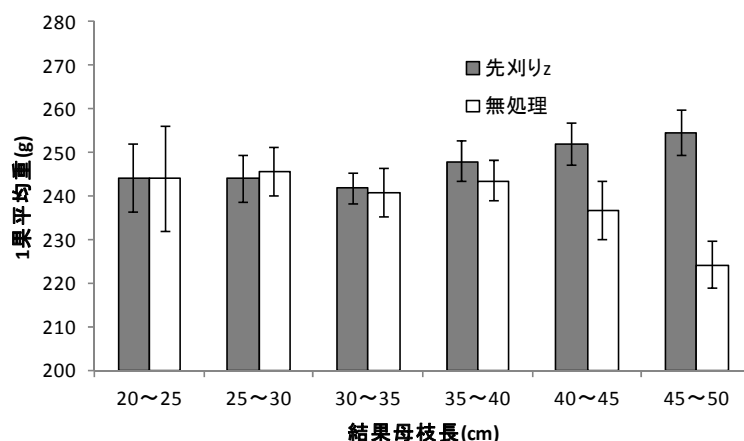
第6図 先刈りが結果母枝当たりの葉数に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す



第7図 先刈りが葉面積に及ぼす影響
z7月に側枝先端の結果母枝の先端新梢の最大葉を測定した
図中の縦棒は標準誤差を示す



第8図 先刈りが結果母枝当たりの果実数に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す



第9図 先刈りが結果母枝当たりの1果平均重に及ぼす影響
図中の縦棒は標準誤差を示す

試験3 先刈りが1樹当たりの着蕾数，果実品質，収量等に及ぼす影響及び摘蕾・摘果の作業時間削減効果

1樹当たりの全着蕾数は，2014年の先刈り区で2,021個となり，無処理区に比べて割合で36%少なく，また，2015年の先刈り区で3,145個となり38%少なかった（第4表）．摘蕾数は，2014年の先刈り区で1,519個となり無処理区に比べて39%少なく，また，2015年の先刈り区で2,497個となり40%少なかった．摘果数は，2014年の先刈り区で213個となり無処理区に比べて37%少なく，また，2015年の先刈り区で284個となり45%少なかった．収穫果数は，2014年の先刈り区で289個となり無処理区に比べて12%少なく，また，2015年の先刈り区で341個となり15%少なかった．また，新梢数は，2015年の先刈り区で717本となり，無処理区に比べて27%少なくなった．葉数は，2014年の先刈り区で4,210枚となり無処理区に比べて13%少なく，また，2015年の先刈り区で5,847枚となり15%少なかった．

1果平均重は，先刈り区で無処理区に比べて2カ年ともわずかに大きく，階級構成でも2014年の先刈り区で無処理区に比べて，3Lの割合で6.8%，4L以上の割合で7.3%高く，2015年の4L以上の割合で4.1%高かった．ただし，先刈り区では収穫果数が少ないことが影響し，無処理区に比べて収量は2014年で8%，2015年で13%少なかった（第5表）．そのほか，果実の果頂部果皮色，果肉硬度，糖度にはほとんど差はみられなかった．

摘蕾の作業時間は，2014年の先刈り区で44分48秒となり無処理区に比べて31%短く，また，2015年の先刈り区で64分14秒となり32%短かった（第6表）．また，摘果の作業時間は，2014年の先刈り区で44分15秒となり無処理区に比べて35%短くなり，2015年の先刈り区で63分21秒となり27%短かった．

試験4 先刈り樹における着果数の調整が収量，果実品質に及ぼす影響（2015）

2014年の結果から，先刈りを行うと無処理樹より収穫果数が減少し，減収となることが示唆されたことから，先刈り区の仕上げ摘果の時に着果数を無処理区とほぼ同数に調整することによる減収の抑制について検討した．先刈り＋調整区は，先刈り区より収穫果数を割合で17%増やした結果，収量は112.1kgとなり，先刈り区に比べて11%増加したものの，1果平均重は282gとなり6%減少した（第7表）．また，先刈り＋調整区の1果平均重は，無処理区に比べてわずかに小さく，階級構

成も無処理区に比べて4L以上の割合で14.5%低かったが、収量は無処理区とほぼ同じであった。また、果頂部果皮色、果肉硬度、糖度とも着果数を増やすことによる影響はみられなかった。

第4表 先刈りが1樹当たりの着蕾数、新梢数、葉数等に及ぼす影響

年	処理区	先刈り 結果母枝数	新梢数 ^z	摘蕾数	摘果数	収穫果数	全着蕾数 ^y	葉数	最終 葉果比
2014	先刈り	—	—	1519 (61) ^x	213 (63)	289 (88)	2021 (64)	4210 (87)	14.7
	無処理	—	—	2479 (100)	339 (100)	327 (100)	3145 (100)	4837 (100)	14.6
2015	先刈り ^w	89	717 (73)	2497 (60)	284 (55)	341 (85)	3122 (62)	5847 (85)	17.1
	無処理	—	982	4129 (100)	521 (100)	401 (100)	5052 (100)	6917 (100)	17.2

^z新梢数は定芽由来のみとし、不定芽由来の新梢数を含めていない

^y全着蕾数には生理落果は含めていない

^x()内は無処理区に対する割合を示す

^w試験樹は、2015年に処理区間で入れ替えた

第5表 先刈りが果実品質及び収量に及ぼす影響

年次	処理区	1果平均重 (g)	収穫果数 (個)	収量 (kg)	階級構成(%) ^z				果頂部果皮色 (カラーチャート値)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix%)
					L以下	2L	3L	4L以上			
2014	先刈り	269 (103) ^y	289 (88)	77.7 (92)	6.6	22.3	35.2	35.9	4.6	1.8	15.5
	無処理	263 (100)	327 (100)	84.4 (100)	13.2	29.9	28.4	28.6	4.5	1.7	15.4
2015	先刈り	299 (103)	341 (85)	100.7 (87)	0.9	7.0	21.7	70.4	5.3	1.3	14.9
	無処理	289 (100)	401 (100)	115.9 (100)	1.3	6.6	25.7	66.3	5.0	1.5	14.7

^z階級構成はL以下220g未満、2L:220～250g、3L:250～280g、4L以上:280g以上

^y()内は無処理区に対する割合を示す

第6表 先刈りが摘蕾及び摘果の作業時間に及ぼす影響

年	処理区	摘蕾時間 (分:秒)	摘果時間 (分:秒)	合計 (分:秒)
2014	先刈り	44:48 (69) ^z	44:15 (65)	89:02 (67)
	無処理	64:31 (100)	68:15 (100)	132:46 (100)
2015	先刈り	64:14 (68)	46:05 (73)	110:19 (70)
	無処理	94:24 (100)	63:21 (100)	157:45 (100)

^z()内は無処理区に対する割合を示す

第7表 最終着果量の調整が収量及び階級構成に及ぼす影響

処理区	収穫果数 (個)	1果平均重 (g)	収量 (kg)	階級構成(%) ^z				果頂部果皮色 (カラーチャート値)	果肉硬度 (kg)	糖度 (Brix%)	最終 葉果比
				L以下	2L	3L	4L以上				
先刈り+調整	399 (99) ^y	282 (98)	112.1 (97)	3.0	12.7	32.5	51.8	5.0	1.3	14.4	14.8
先刈り	341 (85)	299 (103)	100.7 (87)	0.9	7.0	21.7	70.4	5.3	1.3	14.9	17.1
無処理	401 (100)	289 (100)	115.9 (100)	1.3	6.6	25.7	66.3	5.0	1.5	14.7	17.2

^z階級構成はL以下220g未満、2L:220～250g、3L:250～280g、4L以上:280g以上

^y()内は無処理区に対する割合を示す

考 察

本研究では、冬季にカキ‘刀根早生’の結果母枝の先端数芽を先刈りすることによる摘蕾・摘果の省力効果及び収量、果実品質に及ぼす影響について検討した。

まず，1 樹当たりの結果母枝及び着蕾の構成から先刈りの方法を検討した結果，20cm 以上の結果母枝の先端 4 芽の切り返しとした．先刈りを行う結果母枝の長さを 20cm 以上とすることで，10cm 以上の結果母枝を先刈りする鷹野（1993）の方法と比べて，冬季の先刈りの負担が約 30%削減できたうえ，摘蕾の省力効果は同程度の約 30%であった．

次に，結果母枝当たりで先刈りの影響を検討した．先刈りした結果母枝で無処理に対する着蕾数の減少率は 46～69%となり大幅に少なかったが，先刈り後に結果母枝から発生する新梢の生育が旺盛となり，切り返しせん定後の先端新梢の生育が無処理の先端新梢と同程度であった．この結果は，長谷川ら（1984）が‘平核無’で行った 2 月の切り返しせん定の結果と一致する．また，1 果平均重は無処理と同じかやや大きくなる傾向がみられた．一般的に結果母枝のなかで下位節の結果枝は生育が遅く，果実重が小さくなる傾向がある（松本，1994）．先刈りを行うことにより，初期生育はやや遅い傾向があったものの，最終的に新梢や果実の生育は無処理と同等であり，また，着色の遅れもなく，鷹野（1993）が懸念していた果実重の低下や着色の遅れといった果実品質の低下はみられなかった．なお，先刈り樹において先刈りを行っていない 20cm 未満の結果母枝についても，着蕾数，新梢の生育や 1 果平均重などを無処理樹と比較したが，ほとんど差はみられなかった（データ省略）．ただし，先刈り後の結果母枝の先端芽の向きにより，先端新梢の生育が異なることが観察されており，先刈り後に結果母枝先端芽が上向きの時は，先端新梢がやや徒長気味となる場合があったため，下芽，横芽で切り返すほうがよいと考えられた．新梢や果実の生育には差はなかったものの，先刈りを行うと新梢が少なくなるため，結果母枝当たりの総新梢長は短くなり，葉数も少なかった．これにより葉果比に基づく摘果を行うと，収穫果実数は減少したと考えられる．

この影響を 1 樹当たりで検討した．先刈り樹で無処理樹に対する着蕾数の減少率は，約 40%となり大幅に減少した．また，摘蕾，摘果数の減少率も約 40%であったが，作業時間の削減率では摘蕾，摘果とも 30%程度となった．摘蕾，摘果数に対して作業時間の削減率が低い要因としては，作業時間には摘蕾，摘果の時間以外にも脚立の乗り降りや移動時間が含まれており，これらの削減はできないためであると考えられた．先刈りにより着蕾数の減少率は約 40%であったが，新梢も割合で 27%減少した．ただ，葉数の減少率は，約 15%にとどまったため，1 果平均重やや大きくなり，階級構成も 3L 以上の割合が高くなる傾向を示していることも寄与し，収量の減少率は約 10%前後に抑えられた．鷹野（1993）の報告では収量の減少率は 30%程度であることから，今回検討した先刈りは，切り返しせん定を行う結果母枝の本数を制限し，大幅に着蕾数を減らしたうえで，収量の減少を比較的少なく抑えられることが示唆された．また，2 ヶ年で試験区間の試験樹を入れ替えて試験を行ったが，2 ヶ年ともほとんど同じ結果が得られたことから，先刈り前の試験樹当たりの着蕾数や果実品質には，試験区間でほとんど差はなかったと考えられた．

藤本・富田（2000）は，‘平核無’，‘刀根早生’において摘果程度が果実重，収量及び果実品質に及ぼす影響を検討しており，葉果比を低くすると 1 果平均重は小さくなるが，収量は多くなり，同一葉果比では LAI が小さくなるほど 1 果平均重が大きくなり，収量が低下することを報告している．先刈り樹において葉数が減少し，LAI が小さくなると考えられるため，最終着果数を増やすことで収量を無処理区と同等にできるか検討した．その結果，先刈りの仕上げ摘果後の着果数を慣行の摘果を行った場合に比べて，割合で 17%多くすることで，無処理区に対して階級構成がやや小玉傾向になるものの，収量はほとんど変わらない程度となった．

本報告で検討した先刈りは，毎年安定して着花する樹であれば，従来のせん定方法を変えることなく誰でも実践できる省力化技術であると考えているが，仕上げ摘果の目安，連年処理の影響やせ

ん定方法による影響については今後検討していく必要がある。

摘 要

カキ‘刀根早生’の結果母枝の先端4芽の切り返しせん定（先刈り）が摘蕾，摘果作業の省力化及び着蕾数，収量，果実品質等に及ぼす影響について検討した。

先刈りの影響を結果母枝単位でみると，先刈りにより結果母枝当たりの着蕾数の減少率は46～69%であった。また，新梢数も平均4本少なくなったため，葉数が減少し，葉果比に基づく摘果を行うと果実数は減少した。個々の新梢長や1果平均重への影響はほとんどなかった。

先刈りにより1樹当たりの着蕾数，摘蕾数，摘果数の減少率は約40%程度であり，摘蕾，摘果の作業時間でみると，約30%の省力化となった。しかし，新梢数の減少に伴い葉数も減少するため，葉果比に基づく摘果を行うと収量は約10%減少した。そこで，仕上げ摘果後の着果数を無処理樹と同数に調整すると，階級構成がやや小玉傾向になるものの収量は無処理と同程度となった。

これらのことから，先刈りを行い仕上げ摘果時の着果数を調整することで，収量等に大きな影響を与えずに摘蕾及び摘果の省力化が可能であることが示唆された。

引用文献

- 藤本欣司・富田栄一. 2000. カキ‘平核無’の摘果が果実品質および収量に及ぼす影響. 和歌山農林水産研報. 1: 55-66.
- 長谷川耕二郎. 1983. カキの花芽形成に関する研究—とくに隔年結果性との関連において—. 高知大学農学部紀要. 41: 1-96.
- 長谷川耕二郎・中島芳和. 1984. カキの生育ならびに果実品質に及ぼす摘心の影響. 高知大学学術研究報告. 33: 43-53.
- 平田尚美・林 真二. 1972. カキの自然落果および薬剤摘果の機構に関する研究（第2報）Ethrelによる摘らい・摘果および落果とエチレンの関係. 園芸学会昭和47年春季大会発表要旨: 80.
- 児下佳子・森永邦久・土田靖久. 2000. GA₃散布がカキの花芽分化に及ぼす影響. 園学雑 69. 別1: 80.
- 松本善守. 1997. 開花の早晩と果実肥大. 農業技術体系果樹編. 第4巻. 技 10-11
- 新川 猛・石川嘉奈子・松村博行. 2004. 機械油乳剤によるカキの花芽形成の制御. 園学雑 73. 別1: 67.
- 鷹野晋三. 1993. カキ‘刀根早生’の結果母枝切り返しによる摘蕾の省力効果の検討. 奈良農試研報（短報）. 24: 62-63.
- 山村 宏・内藤隆次. 1975. カキにおけるNAAの摘果機構について（第1報）. 園学雑 43. 406-414
- 山村 宏・内藤隆次・柴田由子. 1980. カキにおけるJ-455（フィガロン），NAA及びエセホンの摘蕾効果. 島根大学農学部研究報告. 14: 4-8.
- 和中 学・堀田宗幹. 2012. カキ‘刀根早生’の結果母枝の着花特性および新梢の切り返し剪定，遮光処理が翌年の花蕾着生に及ぼす影響. 園学研 11. 別1: 536.

低濃度エタノールを用いた土壤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

和中 学・堀田宗幹¹・有田 慎・藤本欣司

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

Effect of Reductive Soil Disinfection with Ethanol and Activated Carbon on Reduction of Peach-Replant Failure

Manabu Wanaka , Muneki Hotta, Shin Arita and Kinji Fujimoto

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

結 言

和歌山県におけるモモの栽培面積は 777ha（2012 年農林水産統計）で全国 4 位であり，紀北地方の主要な品目に位置づけられている．モモの経済樹齢は約 20 年と短く，安定した生産を維持するには計画的な改植が必要になるが，モモは連作障害の発生し易い樹種であり，改植園の一部では連作障害の発生に伴う苗木の生育不良や成園化の遅れが問題となっている．

連作障害低減対策として，これまでは改植時の客土や大苗移植が最も有効とされてきた．しかし，これらの方法は多大な労力とコストを必要とするため，生産農家の高齢化が進む中で実施が困難になりつつあり，低コスト，省力的な連作障害対策技術の開発が望まれている．

連作障害対策としてアスパラガスでは，土壤中のアレロパシー物質の吸着性に優れた活性炭を土壤混和することで生育障害の発生を低減できることが明らかにされ（元木ら，2006b），長野県等ではこれらの技術が普及に移されている（西原ら，2009）．こうした事例を参考に，著者らはこれまでに，活性炭等を利用したモモの省力的連作障害低減技術の検討を行ってきた．その結果，モモの生育阻害には土壤中のアレロパシー物質の他に何らかの微生物の関与が示唆され，改植時の土壤くん蒸剤や熱水による土壤消毒と活性炭の併用処理が連作障害被害の低減に有効であること，苗木の植え付け周辺の比較的狭い範囲の土壤を処理することで効果が認められることなどを明らかにしてきた（和中ら，2011，2012）．しかし，連作障害の原因が明らかでないため，効果の認められた土壤くん蒸剤の農薬登録は難しく，熱水消毒は高価な処理機や大量の水を要するなどの問題点がある．

近年，ヒトや周辺環境への影響が懸念される土壤くん蒸剤に替わる新たな土壤消毒技術の開発が求められる中で，小原ら（2008）は 2% 程度の低濃度エタノール水溶液を湛水状態になるまで処理した後，農業用ポリフィルムを 1 週間以上覆うという低コストで簡便な土壤消毒法を開発し，主要な土壤消毒剤と比較しても十分な効果が得られたことを報告している．還元土壤消毒用の資材にエタノール溶液を用いた場合に，湛水状態にすることで，ふすまなど他の有機物資材と比較して短期間に意図し

¹現在：伊都振興局地域振興部農業振興課

た深さまで土壌消毒できるなどの利点が考えられた。そこで、低濃度エタノールを用いた還元土壌消毒法を活用したモモの連作障害低減効果について検討したので報告する。

材料および方法

試験1. 各種土壌処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2011年8月にかき・もも研究所内のモモ2代畑の成木4樹を伐採後に重機で可能な限り残根を除去し整地した。各伐根跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方(約2.25m²)を幅30cmのアクリル製の波板を10cm程度埋設して囲い、エタノール1%溶液処理区、水処理区、クロルピクリン処理区および無処理区の4処理区を設定した。エタノール1%溶液処理区および水処理区は、同年8月18日とともに小型ポンプを用いて1処理あたり約100L/m²を湛水処理した。供試したエタノール資材は、日本アルコール産業株式会社のエコロジアル(エタノール65%含有)をポリタンク内でエタノール成分1%(v/v)に希釈して用いた。また、同日、クロルピクリンを1処理あたり約125ml処理し、これらの3処理区は処理後直ちにポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月13日に除去した。11月22日に各処理区の植え付け土壌約0.3m³(約1m×約1m×約0.3m)に木質系活性炭(大阪ガスケミカル株式会社製 白鷺 MW50 水分含量50%)を各1kg(f.w.)混和し、11月24日に‘白鳳’1年生苗を定植した。

エタノール1%溶液処理区、無処理区については深さ10cmおよび30cm地点に設置した自記温度計(株式会社ティアンドデイ, おんどとり Jr. RTR52)を用い地温を測定した。また、各処理区の活性炭混和前後の土壌について、元木ら(2006a)による根域土壌アッセイ法の2層法に準じて植物検定(レタス)を行い、根長阻害率を求めた。2012年11月5日に供試樹を掘り上げ後、総新梢伸長量(副梢含まず)を調査するとともに解体し風乾(70℃)後、器官別の乾物重を計測した。

試験2. エタノール処理時期がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2012年8月に研究所内のモモ3代畑の‘白鳳’成木4樹を伐採し、可能な限り残根を除去した後、跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方をアクリル製の波板を10cm程度埋設して囲い、1.5%(v/v)エタノール溶液(試験1と同製品)を8月17日、9月3日、9月24日の時期別に1処理あたり約80L/m²を湛水処理し、無処理区と併せて4処理区を設けた。エタノール溶液処理直後にポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月26日に除去した。12月12日に植え付け土壌約0.3m³(約1m×約1m×約0.3m)に木質系活性炭(試験1と同製品)1.5kg(f.w.)を土壌に混和し、12月14日に1年生‘白鳳’を定植した。1区につき各4樹を供試し、処理後に深さ10cmの地温(試験1と同様に調査)および酸化還元電位(堀場製作所製pHメータD-52, Ag/AgCl電極使用)の推移を測定するとともに、2013年11月に解体調査を行い、試験1と同様の手法で総新梢長および器官別の乾物重を計測した。

試験3. エタノール処理濃度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2012年8月に紀の川市の現地モモ2代畑の‘日川白鳳’成木4樹を伐採後、可能な限り残根を除去後、跡地を4等分して、それぞれ約1.5m四方をアクリル製の波板を10cm程度埋設して囲い1%(v/v)および2%(v/v)エタノール溶液(試験1と同製品)を9月4日、9月21日に1処理あたり約100L/m²湛水処理し、無処理区と併せて5処理区を設けた。エタノール溶液処理直後にポリエチレンフィルム(厚さ0.05mm)で被覆し、10月31日に除去した。処理後に深さ10cmの地温(試験1と同様に調査)

および酸化還元電位（試験 2 と同様に調査）の推移を測定した。12 月 17 日に植え付け土壌約 0.3m^3 （約 $1\text{m} \times \text{約 } 1\text{m} \times \text{約 } 0.3\text{m}$ ）に木質系活性炭（試験 1 同製品） 1.5kg （f.w.）を土壌に混和し、12 月 19 日に 1 年生‘白鳳’を定植した。1 区につき各 4 樹を供試し、2013 年 11 月に解体調査を行い、試験 1 と同様の手法で総新梢長および器官別の乾物重を計測した。

試験 4. エタノール処理前の残根の除去程度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

2013 年 8 月に研究所内モモ 3 代畑‘白鳳’および‘清水白桃’成木 9 樹を伐採し、うち 6 樹は細根まで除去し、他の 3 樹については $\phi 20\text{mm}$ 以上の太根のみ除去した。処理区として、エタノール溶液処理（細根除去）区、エタノール溶液処理（太根のみ除去）区、無処理区（細根除去）の 3 処理区を設け、うちエタノール溶液処理（細根除去区、太根のみ除去）区について、第 1 図に示すとおり低濃度エタノールおよび活性炭を処理した。処理方法は、各伐採跡地を中心に 1.5m 四方をアクリル製の波板を 10cm 程度埋設して囲い、9 月 10 日にエタノール 1.5% （v/v）溶液（試験 1 と同製品 $100\text{L}/\text{m}^2$ ）を湛水処理し、10 月 15 日までの約 1 か月間ポリエチレンフィルム（厚さ 0.05mm ）で被覆した。12 月 10 日に植え穴約 0.3m^3 につき木質系活性炭（試験 1 と同製品） 1.5kg （f.w.）を混和後、1 年生‘つきあかり’苗を定植した。各処理区の供試樹数は 3 樹とし、幹周長（2014 年 2 月、11 月）および総新梢伸長量（同年 11 月）を調査した。



① 植え付け予定地 1.5m 四方を波板で囲い、エタノール 1.5% 水溶液約 225L を湛水処理



② 処理後にポリエチレンフィルム被覆（処理後約 1 か月間被覆）



③ 植え付け前に木質系活性炭 1.5kg （f.w.）を混和処理



④ 苗木の植え付け

第 1 図 モモの連作障害対策のための低濃度エタノール溶液と活性炭の処理方法

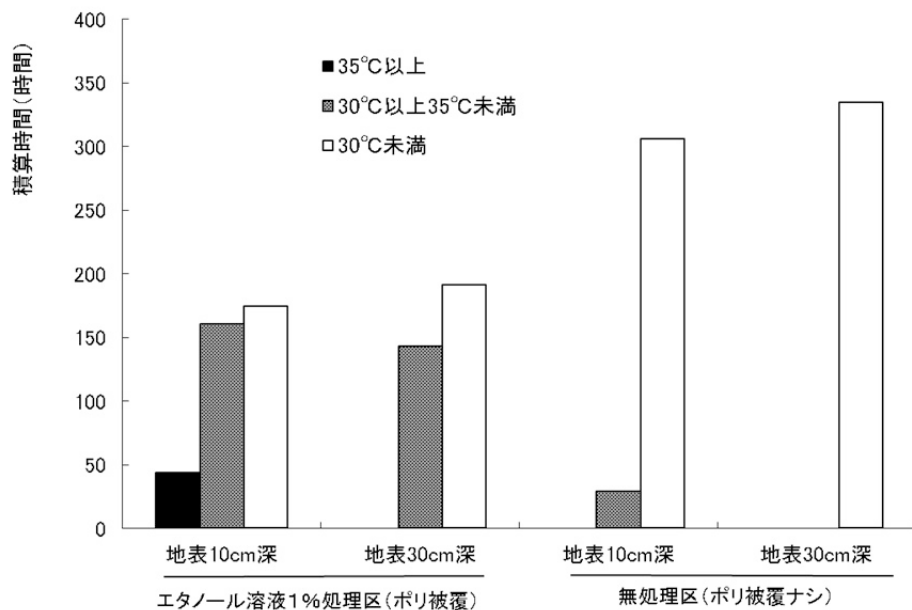
結 果

試験1. 各種土壌処理がモモ幼木の生育に及ぼす影響

ポリエチレンフィルムで被覆したため、エタノール1%溶液処理区の処理翌日(8/19)から14日間の地温は、無処理区に比べて高く、35℃以上の積算時間は、深さ30cmでは測定されなかったものの、深さ10cmでは44時間であった。また、30℃以上35℃未満の積算時間は、深さ10cmで160.5時間、深さ30cmでは143.5時間であった(第2図)。

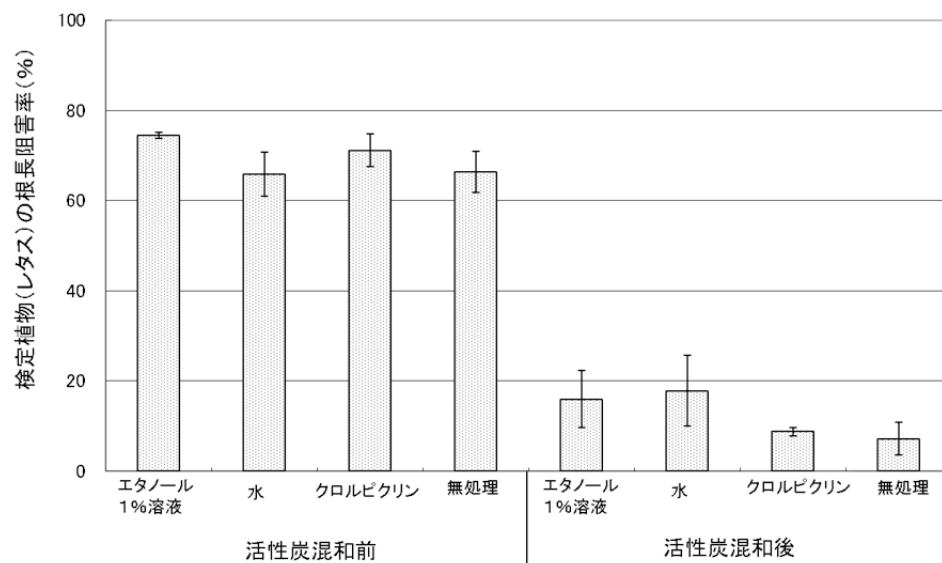
各処理区の活性炭処理前の11月に採取した土壌の検定植物の根長阻害率は、66~74%と大差なかったが、活性炭混和後には各処理区ともに18%以下に低下した(第3図)。

試験した4地点のモモ幼木の生育にばらつきがみられたため、各調査項目ともに各地点の無処理区を100とした指数で比較した。その結果、試験終了時の総新梢伸長は、無処理区と水処理区では大差なかったが、エタノール1%溶液処理区およびクロルピクリン処理区では無処理区に比べて長かった。また、解体時の地上部、地下部の乾物重の無処理区に対する指数は、処理区の中で水処理区が132, 109と低く、エタノール1%溶液処理区では182, 161とクロルピクリン処理区の206, 212に次いで大きかった(第4図)。

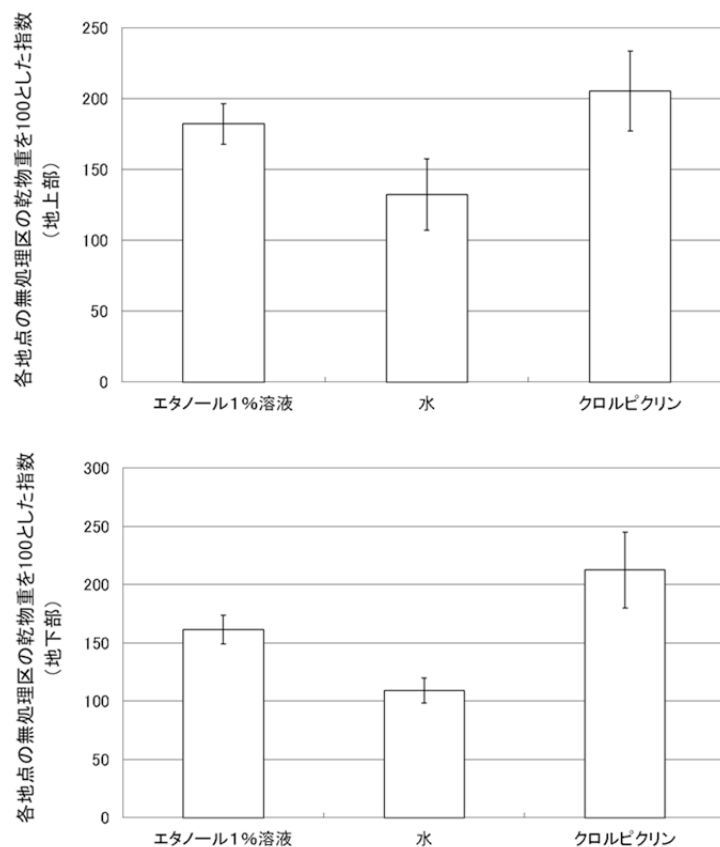


第2図 エタノール溶液1%処理区と無処理の地温の積算温度

注) 測定時期: 8/19~9/1



第3図 処理区土壤の活性炭混和前後の検定植物の根長阻害率
縦棒は標準誤差 (n=3)



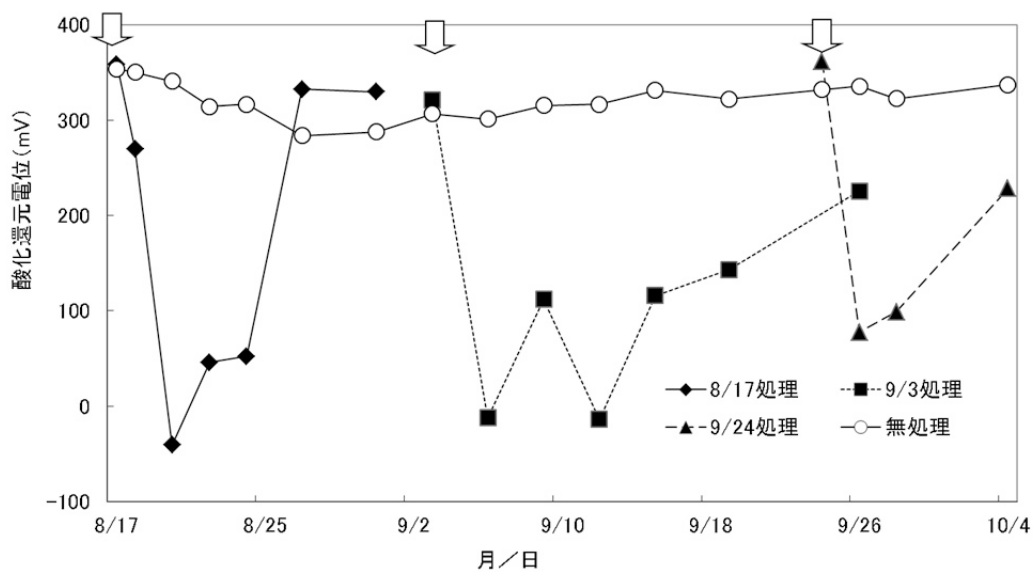
第4図 モモ連作土壤の土壤処理の違いがモモ幼木の生育(2011)
に及ぼす影響
縦棒は標準誤差 (n=4)

試験2. エタノール処理時期がモモ幼木の生育に及ぼす影響

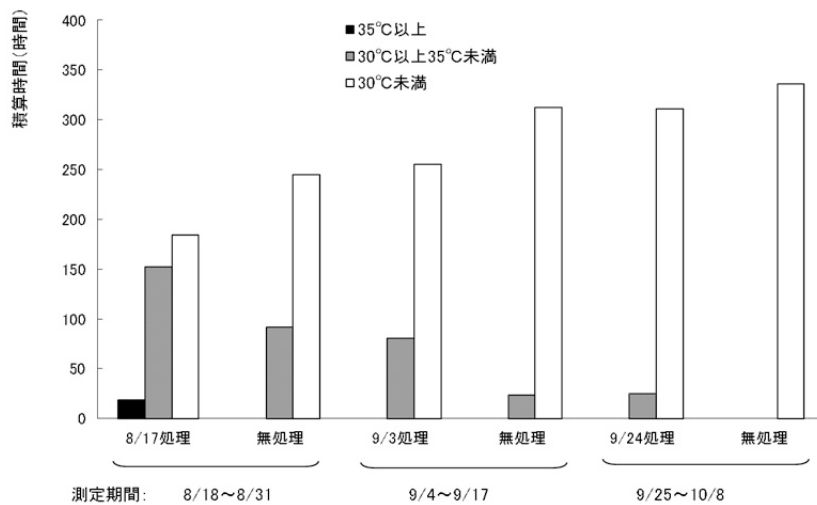
土壌の酸化還元電位は、無処理区では期間中に約280～350mVで推移したのに対し、エタノール処理区では処理時期にかかわらず処理後に低下した。酸化還元電位の最低値は、8月17日区で-41mV、9月3日区で-14mV、9月24日区で78mVであり、以後上昇傾向を示した（第5図）。

エタノール処理区の深さ10cmの地温は、ポリエチレンフィルムで被覆したため、無処理区に比べて高く、処理後2週間における35℃以上の積算時間は、8月17日処理区で18.5時間あったのに対して、9月3日処理区および9月24日処理区では測定されなかった。一方、30℃以上35℃未満の積算時間は、8月17日処理区で152時間、9月3日処理区で80.5時間、9月24日処理区で25時間であった（第6図）。

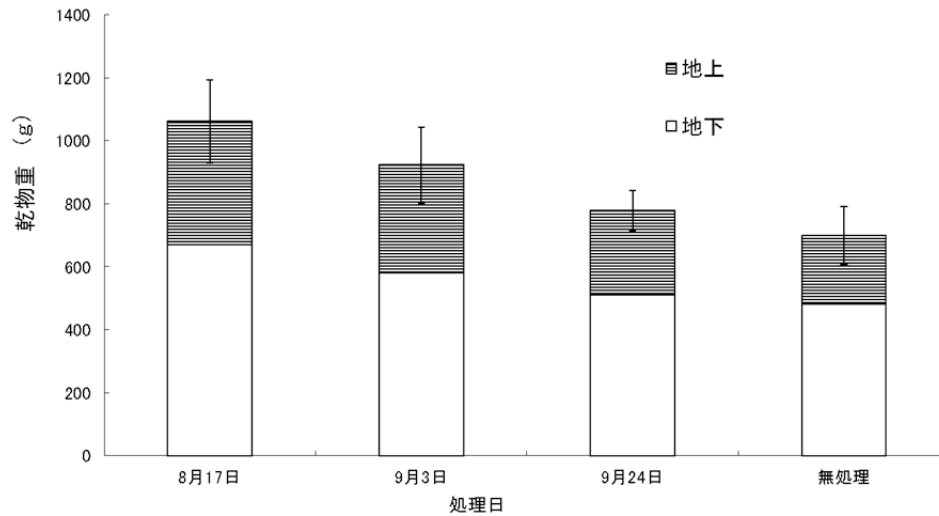
処理時期が早い程、定植苗の総新梢長は長く（データ省略）、地下部および地上部の乾物重は重い傾向があった（第7図）。



第5図 エタノール溶液処理後の酸化還元電位の推移(矢印は処理日)



第6図 エタノール溶液処理時期と地温(地表10cm深)の積算温度



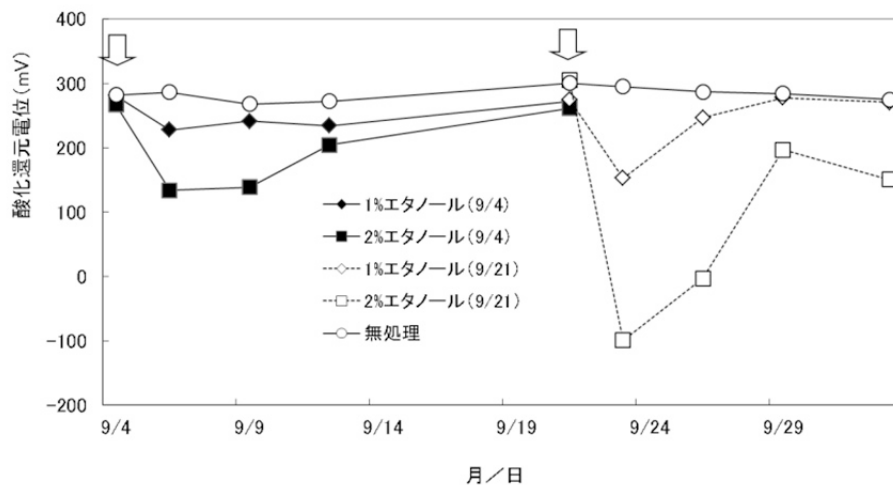
第7図 エタノール溶液処理時期と器官別乾物重(2013)

縦棒は標準誤差 (n=4)

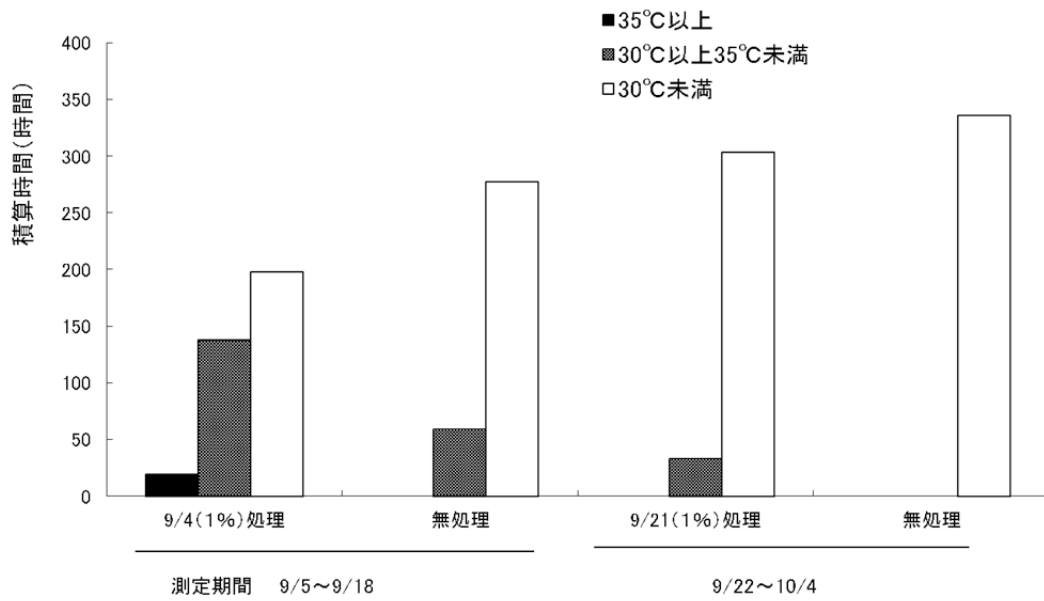
試験3. エタノール処理濃度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

土壌の酸化還元電位は、無処理区では期間中に約 270~300mV で推移したのに対し、エタノール溶液処理区では 9 月 4 日、9 月 21 日ともに処理後に低下し、低下度合は 1%区に比べ 2%区で大きかった (第 8 図). エタノール 1%溶液処理区の深さ 10cm の地温は、ポリエチレンフィルムで被覆したため、無処理区に比べ高かった. 処理後 2 週間における 35℃以上の積算時間は、9 月 4 日処理区で 19.5 時間あったのに対して、9 月 21 日処理区では測定されなかった. 一方、30℃以上 35℃未満の積算時間は 9 月 4 日処理区で 138 時間、9 月 21 日処理区で 33 時間であった (第 9 図).

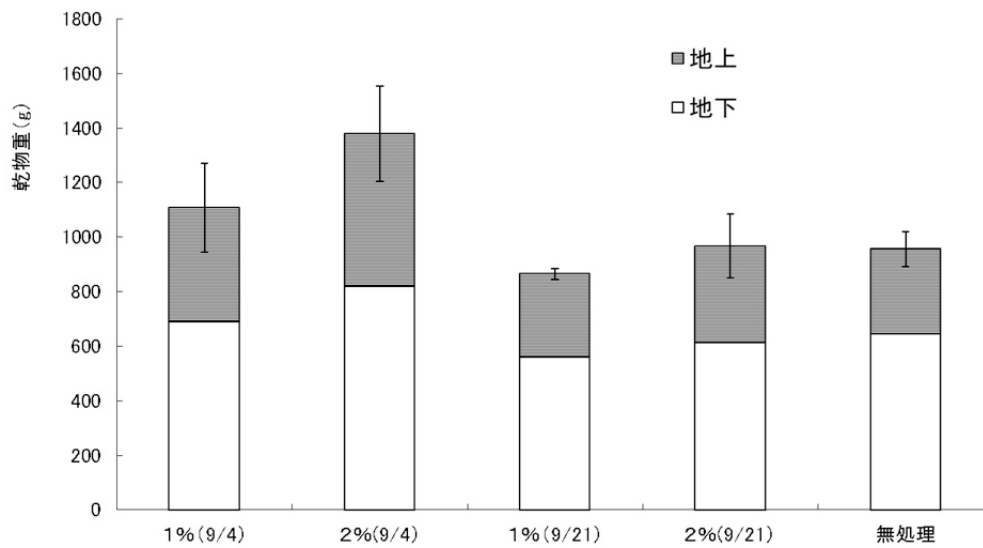
9 月 4 日処理の総新梢長は、エタノール溶液 2%区で最も長く、次いで 1%区、無処理区の順で (データ省略), 乾物重は、エタノール溶液 2%区で地下部、地上部ともに重い傾向であった (第 10 図). 一方、9 月 21 日処理のエタノール溶液 1%区、2%区の総新梢長 (データ省略) および器官別乾物重は無処理区と大差なかった (第 10 図).



第8図 エタノール溶液処理後の酸化還元電位の推移(矢印は処理日)



第9図 エタノール溶液処理時期と地温(地表10cm深)の積算温度



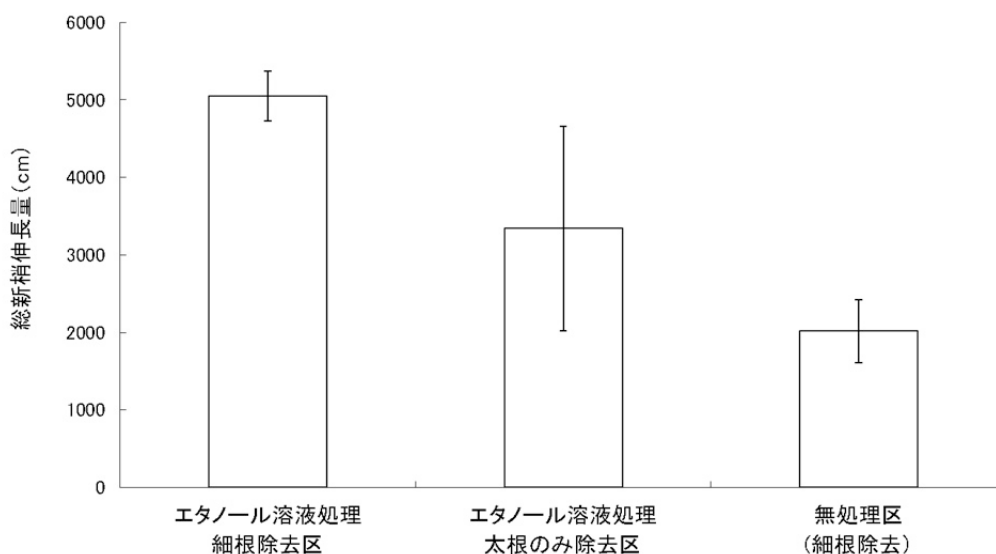
第10図 エタノール溶液の処理濃度とモモ幼木の器官別乾物重(2013)

縦棒は標準誤差 (n=4)

試験4. エタノール処理前の残根の除去程度がモモ幼木の生育に及ぼす影響

1年生苗木定植後11か月目の幹周長は、細根除去区で最も大きく、次いで、太根のみ除去区で、無処理区で最も小さく細根除去区の約75%であった(データ省略)。総新梢長についても幹周長と同様の傾向で、細根除去区で5,051cmと最も長く、次いで太根のみ除去区で3,340cm、無処理区で2,019cm

と最も短かった。なお、太根のみ除去区については幹周長、総新梢長ともに個体間差が大きかった（第11図）。



第11図 エタノール溶液処理前の前作の残根除去程度がモモ幼木の総新梢伸長量に及ぼす影響
縦棒は標準誤差 (n=3)

考 察

本研究では、モモの連作障害の実用的かつ省力的な対策技術の開発を目的に、近年、小原ら（2008）により新規土壤消毒法として開発された低濃度エタノールを用いた還元土壤消毒法と活性炭の併用処理によるモモの連作障害低減効果について検討した。

前作の残根を除去した跡地に2011年8月中旬に1%エタノール溶液および水の湛水処理を行い、植え付け時に木質系活性炭処理を行った結果、モモ苗木の生育阻害は、1%エタノール溶液処理で軽減され、水処理では効果は認められなかった。門馬（2011）によると、低濃度エタノールの作用メカニズムとして、土壤の還元化の他に土壤還元過程で生じる酢酸等の有機酸、二価鉄や二価マンガンといった金属イオンの関与を挙げている。2012年には、より詳細にエタノールの処理条件について検討したところ、1.5%のエタノール溶液の8月中旬および9月上旬処理では連作障害低減効果が認められたものの、9月下旬処理では効果が認められなかった。また、現地のモモ2代畑跡地でエタノール溶液の濃度および処理時期を違えて試験を行った結果、9月上旬の処理では1%よりも2%区で連作障害低減効果が高かった。

これまで果樹の連作障害の要因として、リンゴやイチジクでは何らかの土壤微生物の影響が示唆されており（岩谷・山田 1987, 細見・内山, 1998）、緒言でも述べたようにモモの連作障害の要因についても、アレロパシー物質のほかにモモの生育を阻害する何らかの微生物の影響が示唆されている（和中ら, 2011）。今後、これらの微生物を同定し、連作障害発生メカニズムの解明が待たれるものの、土壤くん蒸剤（和中ら, 2011）や熱水および高温処理（和中ら, 2012；和中・藤本 2015）と同様に、

低濃度エタノールと活性炭との併用処理がモモの連作障害低減に有効であることを明らかにした。低濃度エタノール処理は、夏季にモモ苗の植え付け予定位置周辺の土壤に希釈したエタノール溶液を灌水後、ポリ被覆を行う技術である。エタノール溶液の9月上旬処理では濃度を2%では効果が認められたものの、濃度1.5%では、8月中旬処理に比べ9月上旬処理でやや効果が劣った。9月に入り秋雨前線の影響などで曇雨天が続くと十分な地温が確保できなかった場合には、十分な効果が得られないと想定されることから、極力8月中に行うのが良いと考えられた。

ポリ被覆は、地温を高め、空気の遮断により土壤を嫌気状態にすることなどを目的に行うが、浅野・渡辺（2012）、桑原ら（2011）による施設野菜の試験事例では、低濃度エタノール処理後に2～3週間程度被覆している。低濃度エタノール処理後の酸化還元電位の推移を見ると、還元状態にあるのは2週間程度であり、概ねこの期間を被覆すれば良いと考えられたが、本県でのモモの苗木の植え付け適期が一般に11月以降であり、土壤消毒部位への雑草の侵入を防ぐ目的で1～2か月とやや長めに敷設した。

試験4の結果で示したように、前作の太根から細根まで取り除いたエタノール処理区の生育障害は軽減されたが、細根を残し太根のみ取り除いたエタノール処理区の苗木の生育には個体間差が大きかった。この原因は不明であるが、平野（1957）は、ポット試験において土壤へのモモの根の加用がモモ幼木の生育を障害したと報告しており、西原ら（2006）は現地モモ園で前作の根の除去なし区の土壤は根の除去あり区の土壤よりもアレロパシー活性が高いことを報告している。モモ連作土壤中のアレロパシー物質の影響を低減するために木質系活性炭を混和処理したが、残根から生じたアレロパシー物質が活性炭による吸着量以上に発生して生育に影響を及ぼした可能性なども考えられ、エタノール処理を行う前には、植え付け予定地周辺の残根は極力除去する必要があると考えられた。

本技術は、山土を購入して植え付け予定地に客土を行う従来の方法に比べ、作業時間を約6割に短縮でき、資材費を約3割に節減でき、苗木1本あたりで約2,000円となる。一方、本技術の処理時期は高温期に限定され、収穫作業と作業時期が重なることや排水性の良すぎる土壤への処理が困難であることなどが問題点として挙げられる。しかし、事前に計画を立て、収穫後に速やかに伐採、抜根および整地などの作業を行うことができれば、本県主力品種の早生種から中生種の多くのモモ園で有効な連作障害対策技術になり得ると考える。

摘 要

本研究では慣行の客土や大苗移植に替わる省力的なモモの連作障害対策技術開発に向け、低濃度エタノールを用いた還元土壤消毒と活性炭を併用処理した連作障害低減効果について検討した。

1. モモ2代畑の残根を除去した跡地に、8月中旬のエタノール溶液1%処理と苗木植え付け時の活性炭混和処理の併用により連作障害低減効果が認められた。
2. 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%濃度のエタノール溶液を処理し、植え付け時に活性炭を土壤混和後に定植したモモ幼苗の生育は、処理時期が早い程、総新梢長が長く、地上部、地下部の乾物重は重い傾向があった。
3. モモ2代畑跡地でエタノール溶液の濃度および処理時期を変え、植え付け時に活性炭を土壤混和した結果、無処理区に比べ9月4日処理のエタノール溶液2%区、次いで1%区で、総新梢長が長く、地下部、地上部ともに乾物重が重い傾向であった。一方、9月21日のエタノール溶液1%、2%ともに総新梢長、器官別乾物重ともに無処理区と大差なかった。

4. モモ3代畑跡地で、エタノール溶液処理前の残根の除去程度と活性炭を土壌混和後に定植した苗の生育について検討したところ、幹周長および総新梢長は、無処理区に比べ細根除去区、次いで、太根のみ除去区で大きかったが、太根のみ除去区では生育の個体間差が大きかった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、低濃度エタノールに関する試験方法についてご指導いただいた国立研究開発法人農業環境技術研究所 小原裕三主任研究員、現地試験に快くご協力いただいた小坂氏、試験用のエタノール資材を提供いただいた日本アルコール産業株式会社の関係各位に厚くお礼を申し上げます。

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.
- 平野 暁. 1957. 桃の忌地に関する研究 (第3報) 桃根中の毒物質について. 園芸学研究集録. 8 : 27-31.
- 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 (1) : 44-50.
- 岩谷 斉・山田 隆. 1987. リンゴの改植障害 第2報 復帰性. 東北農業研究. 40 : 247-248.
- 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.
- 門間法明. 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.
- 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 (4) : 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におけるアレロパシー回避のための活性炭利用. 園学研. 5 (4) : 437-442.
- 西原英治・中野耕栄・本間龍一・平田 武・中野太佳司. 2006. モモの自家中毒に向けた簡易土壌アッセイ法の開発. 園学雑. 75 (別1) : 272.
- 西原英治・元木 悟. 2009. 活性炭の農業利用—土地浄化の新技術—. 農文協. : 129-131.
- 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・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.
- 和中 学・藤本欣司. 2015. モモ連作土壌の高温処理がモモ実生苗の生育に及ぼす影響. 園芸学会近畿支部和歌山大会研究発表要旨. 17.

ウメ ‘南高’ 果実の香港への輸送中における品質変化

土田靖久・廣畑佳和¹・榎本雄司²・下岡三穂²・廣畑賢一³

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Changes in Fruit Quality of Japanese Apricot ‘Nanko’ Fruit during Transportation to Hong Kong

Yasuhisa Tsuchida, Yoshikazu Hirohata¹, Yuji Enomoto², Miho Shimooka² and Kenichi Hirohata³

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

¹和歌山県農業協同組合連合会

²紀南農業協同組合

³田辺市梅振興室

緒 言

近年、香港では家庭での梅酒作成が流行しており、ウメ果実の需要が高まっている。紀南農業協同組合（JA 紀南）では平成 26 年度に 10kg 箱 82 ケースを輸出し試験販売を行った結果、好評により完売したため、本年も輸出を行うこととなった。しかし、香港では緑色のウメ果実が好まれ、成熟が進んで黄変した果実は品質劣化したものとして敬遠されるため、輸送中に熟度の進行を抑制する必要がある。また、一般に青果物の輸送はコンテナ内に複数の異なる品目が同梱され、庫内温度は 3~5℃に保たれる。しかしこの温度帯では、ウメ果実の外果皮直下の果肉が崩壊し、果皮面が陥没・褐変するといった低温障害が発生しやすいことが報告されている（岩田・緒方, 1976; 岩田・木下, 1978）。今後の輸出量拡大を想定し、輸送中の品質劣化の状況および適切な梱包方法を明らかにするため、数種の資材を用いて梱包したウメ果実を香港へ輸送し、果皮色や低温障害果発生等品質に及ぼす影響を調査した。また、設備の都合により現地で調査できない項目については、香港への輸送と同条件で、上記項目と併せてうめ研究所で調査した。さらに、低温貯蔵された青果物は芳香が減少するとの報告があることから（Xi ら, 2012）、低温貯蔵後に室温（26℃）および 30℃で追熟し、芳香の発生を確認した。

材料および方法

平成 27 年 6 月 7 日に収穫、JA 紀南総合選果場に出荷された「南高」2L サイズ（1 果当たり平均重量 25g）を用いて、以下の 6 通りの梱包を行った。

1. JA 紀南で通常使用している 10kg 段ボール箱（以下慣行区）
2. エチレン吸着剤（エチレンコントロール；三愛化成商事）を段ボール箱に同梱（以下エチレン吸着剤区）
3. 段ボール箱を発泡スチロール箱に密閉（以下発泡スチロール区）
4. 段ボール箱をアルミ蒸着袋（福助工業；さんま用規格袋）に密封し、保冷剤と共に発泡スチロール箱に密閉（以下アルミ袋＋発泡スチロール区）
5. 果実をアルミ蒸着袋に密封後、段ボール箱に梱包（以下アルミ袋区）

6. 内側をビニルでコーティング処理をして透湿度を抑えた段ボール（以下低透湿段ボール区）

なお、香港への輸送試験では上記の処理区1～4について、それぞれ3箱ずつ設定した。うめ研究所では処理区1～6を1箱ずつ設定し、各処理区に記録温度計（TR-51A；テイアンドデイ）を設置した。また香港輸送試験では処理区1, 3, および4, うめ研究所では処理区1, 3, 5 および6に湿度計（TR-72U；テイアンドデイ）を設置した。果実梱包後に第1表に示す日程および温度設定で、香港およびうめ研究所で調査を行った。

第1表 輸送および調査日程

月 日	試験区分	
	香港輸出	うめ研究所
6月 7日	18:00～ 梱包・果実品質調査	
6月 8日	1:00 予冷開始（3～5℃, JA紀南選果場） 22:30トラックで神戸へ輸送（3～5℃）	0:00 冷蔵貯蔵開始（5℃）
6月 9日	神戸着	
6月11日	神戸港出港（3℃）	果実品質調査
6月15日	香港着（3～5℃）	果実品質調査
6月19日	果実品質調査, 販売開始（6月22日まで）	果実品質調査
6月25日		果実品質調査
6月29日		果実品質調査, 以降7月9日まで室温および30℃追熟区に分け、官能による芳香確認

調査項目については、香港輸送試験では6月7日および販売開始日の6月19日に、各区30果の果皮色（カラーチャート値；8段階）および10果の果実重を測定した。果実重は試験開始時点の値を100とした果実重量変化指数を算出した。また6月19日に30果について低温障害果の発生数を調査した。

うめ研究所では上記の項目に加え、果実硬度およびエチレン生成量を調査した。果実硬度は6月7～29日にかけて径時的にレオメータ（COMPAC-100；SUN SCIENTIFIC）により1区当たり10果を測定し（プランジャー直径5 mm, 侵入2 mmの定深度条件）、試験開始時点の値を100とした果実硬度変化指数を算出した。エチレン生成量については、500mLのポリエチレン製容器に果実1果を密封後、ヘッドスペースガスを採取し、活性アルミナカラムを装着したガスクロマトグラフィー（GC-14B；島津製作所）により測定した。

さらにうめ研究所において6月29日以降は各区の果実の半量を室温（平均気温26℃）、残りの半量を30℃で追熟し、7月4日まで毎日芳香の発生を官能により、0（香り無し）、1（少）、2（中）、3（多；完熟果並）の4段階で評価した。

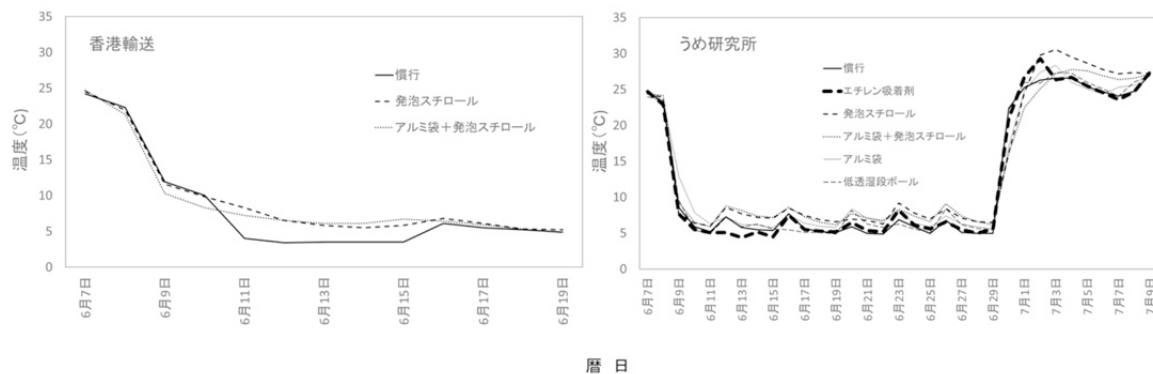
結 果

箱内温度は、段ボールのみの梱包に比べて、発泡スチロールを使った梱包で高く推移した（第1図）。湿度は全ての処理区で90%以上の水準で推移した（第2図）。なお、うめ研究所の慣行区およびアルミ袋区で、試験期間を通じてセンサーに水滴が付着したことによると考えられる湿度の欠測が認められたため、データを省略する。

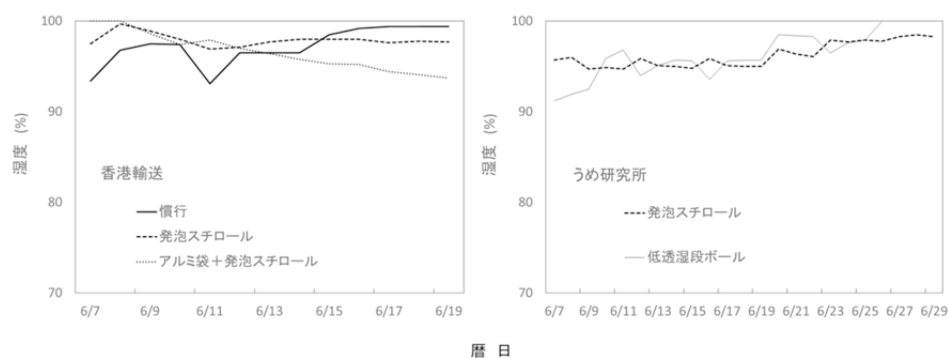
果皮のカラーチャート値（CC値）は、香港輸送試験における販売開始日の6月19日に全処理区で4.5以下であった（第3図左）。うめ研究所では香港における販売終了日である6月22日に、発泡スチロール区でCC値4.5と最も大きく、アルミ袋区で3.6と最も小さかった（第3図右）。

香港での販売終了時の6月22日およびうめ研究所での低温貯蔵終了日の6月29日には、段ボールのみの梱包に比べて、アルミ袋を用いた梱包で果実の黄化が抑制された（第4図）。

試験開始日の6月7日の値を100とした果実重量変化指数は、香港輸送試験では全ての区で98以上を維持しており、重量減少はほとんど認められなかった（第5図左）．うめ研究所では慣行区およびエチレン吸着剤区で他の区に比べて低下が早く、香港での販売終了の6月22日時点でそれぞれ91.9および93.7であった．アルミ袋区は98以上で推移し、処理区中最も重量減少が抑えられた（第5図右）．

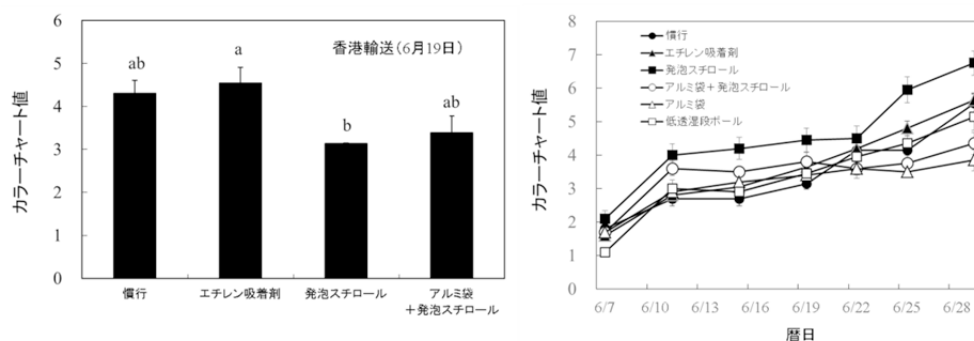


第1図 箱内温度の推移



第2図 箱内湿度の推移

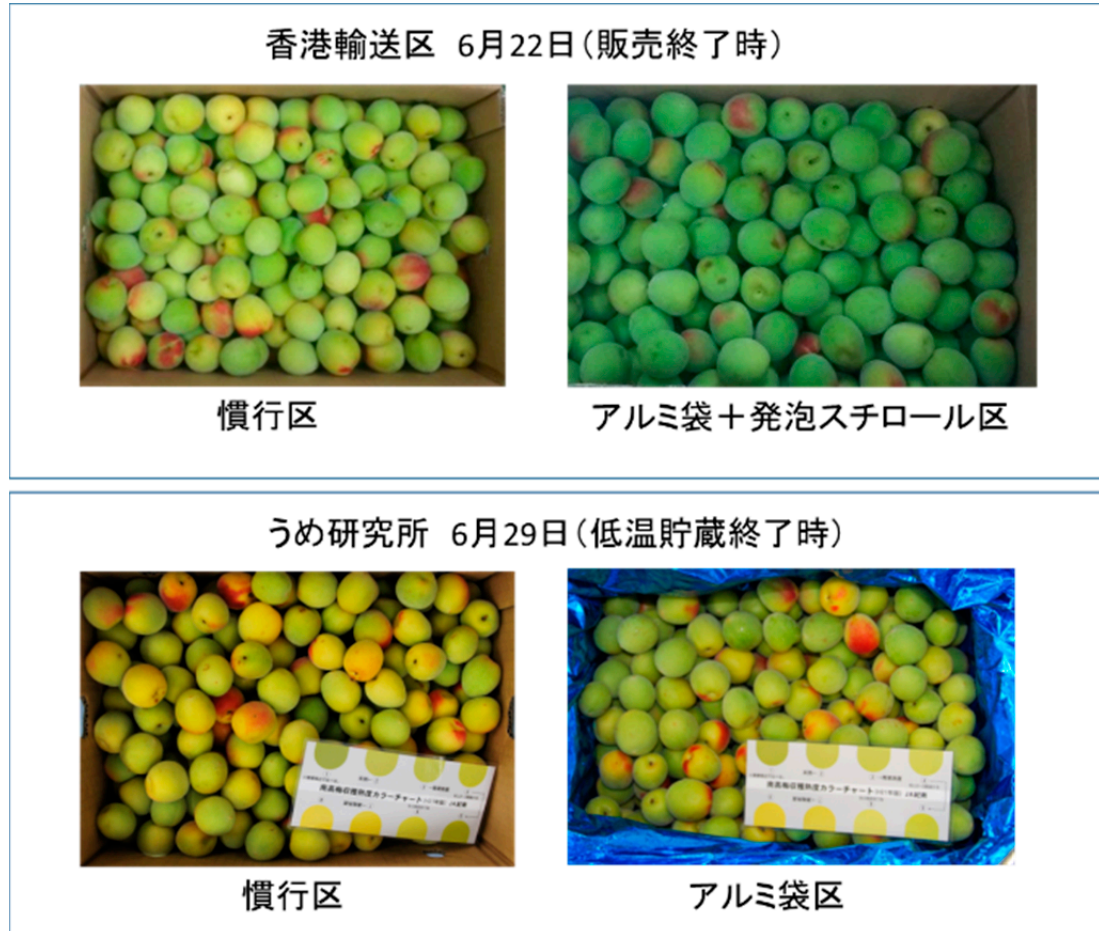
うめ研究所における慣行区およびアルミ袋区のデータは欠測



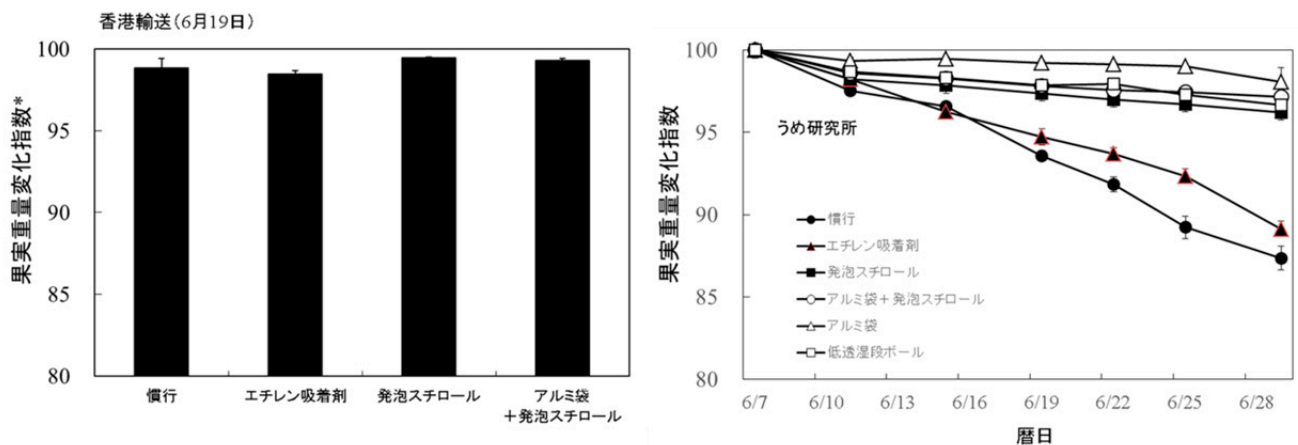
第3図 カラーチャート値

縦棒は標準誤差 (n=3)

左図の異符号間にTukeyの多重比較により5%水準で順位差あり



第4図 果実の状態

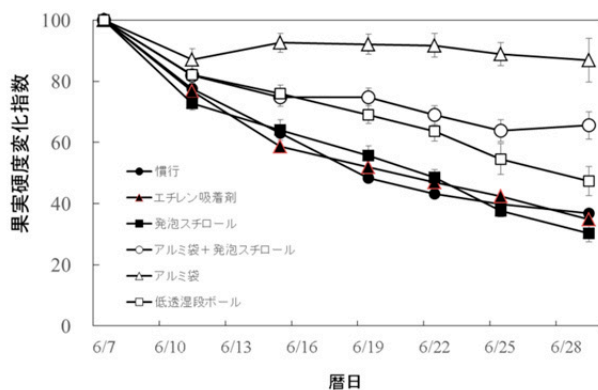


第5図 果実重量の変化

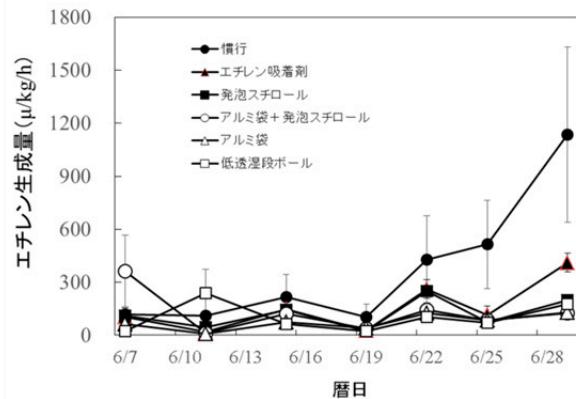
*6月7日の果実重量を100とした場合の指数
縦棒は標準誤差(n=3)

試験開始日の6月7日の値を100とした果実硬度変化指数は、慣行区、エチレン吸着剤区および発泡スチロール区で低下が早く、果実軟化の進行が早かった(第6図)。一方、アルミ袋区では6月22日まで90以上の水準を維持し、果肉硬度が保たれた。

エチレン生成量は、香港での販売終了時の6月22日において慣行区で最も多く、 $427.5 \mu\text{L/kg/h}$ であった(第7図)。一方でアルミ袋+発泡スチロール区、アルミ袋区および低透湿段ボール区でエチレン生成量が少なく、それぞれ142.7、127.2および $105.3 \mu\text{L/kg/h}$ であった。



第6図 果実硬度の変化(うめ研究所)
縦棒は標準誤差(n=3)



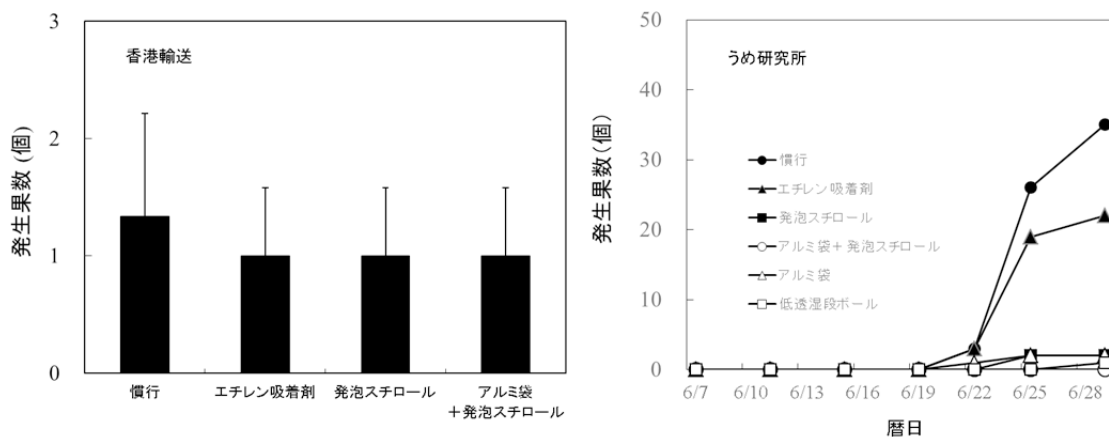
第7図 エチレン生成量(うめ研究所)
縦棒は標準誤差(n=3)

低温障害果(第8図)の発生数は、香港輸送試験では販売開始日の6月19日時点で各区30果当たり1個程度であった(第9図左)。うめ研究所においても、香港での販売開始日の6月19日には発生が認められず、販売終了日の6月22日に初めて発生が認められた。しかし発生が認められた慣行区およびエチレン吸着剤区で3個程度(発生率0.8%, 10kg箱当たり400果として換算)と、発生数は少なかった(第9図右)。しかし、6月25日からこの2区で発生が急増し、6月29日にはそれぞれ35個(発生率9%)および22個(発生率6%)となった。その他の区における発生数は試験終了時点でも0~2個と少なかった。



第8図 低温障害果

うめ研究所において6月29日以降室温(平均 26°C)および 30°C で追熟した果実の芳香は、室温で追熟を行った慣行区、発泡スチロール区および防湿段ボール区で7月1日から発生し、発泡スチロール区では7月2日に完熟果並の芳香が認められた(第2表)。エチレン吸着材区、アルミ袋+発泡スチロール区およびアルミ袋区では芳香の発生は少なかった。 30°C 追熟ではいずれの区でも芳香発生は認められなかった。



第9図 低温障害果発生数

左図: 30果当たり、右図: 箱(400果)当たり
左図の縦棒は標準誤差(n=3)

第2表 室温(26℃)および30℃で追熟した果実の芳香程度(うめ研究所)

室温					
	6月30日	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日
慣行	0	1	2	2	2
エチレン吸着剤	0	0	1	1	1
発泡スチロール	0	1	3	3	3
アルミ袋 + 発泡スチロール	0	0	0	0	1
アルミ袋	0	0	1	1	1
低透湿段ボール	0	2	2	2	2
0:無し 1:少 2:中 3:多(完熟果程度)					

30℃					
	6月30日	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日
慣行	0	0	0	0	0
エチレン吸着剤	0	0	0	0	0
発泡スチロール	0	0	0	0	0
アルミ袋 + 発泡スチロール	0	0	0	0	0
アルミ袋	0	0	0	0	0
低透湿段ボール	0	0	0	0	0

考 察

平成27年度における香港へのウメ果実の輸出については、6月7日に集荷し、6月19～22日に現地で販売を行った。よって出荷後15日程度は品質を保つことが必要である。

香港での販売開始日から販売終了日(出荷後12～15日)のカラーチャート値は、香港輸送およびうめ研究所両試験の全ての処理区で5を超えず、漬梅熟度の指標である7に満たなかったことから(第3図)、黄化に至らなかったと判断できる。

果実重の減少は、呼吸による水分損失によって発生し、エチレンの生成や、果実細胞の細胞壁分解による果実の軟化を伴うため(Tsuchidaら, 2003)、品質劣化の目安となる。果実重は、香港輸送果実では販売開始日の6月19日で慣行区を含むすべての区で試験開始時点の98%を維持しており、品質が維持

されていることが示された(第5図左)．うめ研究所では慣行区で香港輸送果実に比べて重量低下程度が大きかったものの、93.6%と(第5図右)高く維持されていた．うめ研究所で重量低下が大きかった要因は、箱内温度が香港輸送に比べて高く推移したことによって(第1図)、呼吸量が多くなったことによると考えられる．

ウメはクライマクテリック型の果実(岩田・緒方, 1976)で、成熟すると老化・成熟ホルモンであるエチレン生成量が増加する．大江ら(2008)の報告では、収穫したウメ果実を室温(温度22.1～25.0℃, 湿度42～72%)で貯蔵した場合、5～6日後に1000 μ L/kg/hのエチレンが発生するとされる．しかし、本試験においては、貯蔵15日後(6月22日)でも、最も生成量の多かった慣行区で約400 μ L/kg/hと(第7図)、室温貯蔵に比べて少なかったため、低温によりエチレンの生合成が抑制され、果実の成熟が遅延したと考えられる．

以上のことから、最も簡易な段ボール箱のみの梱包で、香港での販売終了日まで果実の黄化が抑制され、低温障害の発生も少なかったことから、香港へのウメ果実の輸出は、慣行の段ボール箱で対応可能と考えられる．ただし、低温障害果は熟度、樹体収穫年度によって発生程度が異なることから(岩田・木下, 1978)、複数年の確認が必要である．

香港での販売終了日(出荷後15日)以降も継続したうめ研究所の試験では、処理区間で品質保持程度に顕著な差が認められた．すなわち、アルミ袋区において黄化の抑制(第3図右)、果実重(第5図右)および果肉硬度(第6図)の維持、エチレン生成の抑制(第7図)、加えて低温障害果発生の抑制(第9図右)が認められ、果実の鮮度保持効果が処理区中最も高かった．一方で慣行の段ボール箱および段ボールにエチレン吸着剤を封入した梱包方法では、果実重量の減少、果肉硬度の低下、エチレン生成量の増加が認められ、特に低温障害果の発生数が多く、明らかに品質劣化が認められた．これらのことから、段ボールのみの梱包では、15日を超える期間の品質維持は困難と考えられる．段ボールのみの梱包で低温障害果の発生数が多かった理由は、これら2区で、他の梱包方法に比べて、箱内の温度が低く推移したためと考えられる．また、箱内の湿度条件の差も品質劣化に影響していると考えられる．Tsuchidaら(2003)は、カキを98.5%以上の高湿度で貯蔵すると、重量減少、果肉硬度の低下およびエチレン生成が抑えられ、果実の鮮度が保たれることを明らかにした．さらに、岩田・木下(1978)は、ウメ果実をポリエチレンフィルムで密封すると、低温障害の発生が抑制されることを示した．これらのことから、アルミ袋区においては段ボールに比べて、箱内の湿度が高く保たれたことにより、果実の鮮度が保たれた可能性が考えられる．

以上のことから、将来的に香港よりも遠距離の地域へ輸出範囲を広げた場合、アルミ袋を用いた梱包が有効と考えられる．

一般に、青果収穫されたウメ果実を冷蔵せずに20℃程度の常温で静置すると、甘い香りに寄与する γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン等が直ちに増加して芳香を発する(大江ら, 2012)．しかし、5℃で冷蔵した果実は、常温あるいは30℃で追熟しても芳香の発生が抑えられた(第2表)．特に鮮度がよく保持されたアルミ袋区や、アルミ袋+発泡スチロール区でこの現象が顕著だった．なお、低温から常温に移したことによる結露の影響はないと考えられる．Xiら(2012)は、モモで4週間程度の冷蔵貯蔵中に、芳香性成分の発生に関与する酵素の遺伝子発現が抑えられることを明らかにしており、冷蔵期間中1週間おきに1日間20℃に温度を高め、再び冷蔵貯蔵することを繰り返すと、芳香が維持されると報告している．ウメ果実の芳香も顧客の購買意欲を高める要素であると考えられることから、今後、芳香を維持する貯蔵方法の検討も必要と考えられる．

摘 要

ウメ‘南高’を段ボール、アルミ蒸着袋、発砲スチロール等の資材を用いた数種の梱包方法で3~5℃の温度条件で香港へ輸送し、品質変化を調査した。また、現地では設備の都合により測定できない果肉硬度およびエチレン生成量を、香港輸送と同じ条件下でうめ研究所において測定した。集荷日から香港での販売終了日までの15日間は、いずれの梱包方法でも果実の黄変、重量減少およびエチレン生成および低温障害果の発生が抑えられた。このことから、香港への果実輸送は、慣行の段ボール箱で対応可能と考えられた。しかし、それ以降は段ボールのみでの梱包では黄化、果実硬度の低下、エチレン生成量の増加および低温障害果の発生等が認められた。一方アルミ蒸着袋で段ボール箱あるいは果実を密封したものについては香港での販売終了日の1週間後でも品質が保持されていた。このことから、香港よりも輸送に時間がかかる地域への輸送には、アルミ蒸着袋の併用が有効と考えられた。

引用文献

- 岩田隆・木下光子. 1978. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究(第2報). 低温障害と貯蔵温度, 品種, 熟度との関係ならびにポリエチレン包装の障害防止効果. 園学雑. 47: 97-104.
- 岩田隆・緒方邦安. 1976. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究(第1報). 貯蔵中の外観ならびに内的変化の一般的様相. 園学雑. 44: 422-428.
- 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・細平正人. 2008. 異なる熟度で収穫したウメ‘南高’果実の追熟期間が果実および梅酒の品質に及ぼす影響. 園学研. 7: 299-303.
- 大江孝明・櫻井直樹・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2012. ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香气成分および苦み成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 273-279.
- Tsuchida, Y., N. Sakurai, K. Morinaga, Y. Koshita and T. Asakura. 2003. Effects of water loss of ‘Fuyu’ persimmon fruit on mesocarp cell wall composition and fruit softening. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 517-524.
- Xi, W. P., B. Zhang, J. Y. Shen, C.D. Sun, C. J. Xu and K. S. Chen. 2012. Intermittent warming alleviated the loss of peach fruit aroma-related esters by regulation of AAT during cold storage. Postharvest Biol. Tech. 74: 42-48.

リン酸あるいはカリ肥料の無施用がウメ‘南高’樹体に及ぼす影響

岡室美絵子¹・土田靖久・城村徳明²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effects of No-Fertilization of Phosphate or Potassium on Japanese Apricot 'Nanko' Tree

Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura

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

緒言

2008年に世界経済の三F危機（金融・燃料・食料）と連動した資源インフラの一環で、窒素・リン酸（ P_2O_5 ）・カリ（ K_2O ）の肥料原料価格が高騰し（高辻，2008），その後急激な価格上昇は落ち着いたものの依然として肥料価格の値上がりが続いている．特にリン酸とカリの価格上昇が大きく，コスト低減対策としてウメにおけるリン酸およびカリの減肥が望まれている．ウメ樹体のリン酸・カリ吸収量は明らかにされている（渡辺，1987；岡室ら，2013）が，土壌中のリン酸およびカリがどの程度少ないと樹体に影響が現れるか，またどのような影響が現れるかは明らかでない．一方で，リン酸は土壌に集積されやすい特性があり，和歌山県内の果樹園土壌においても可給態リン酸が基準値を上回る園が多いことが報告されている（林ら，2007）ため，このような園では，特にリン酸肥料の施肥を削減できると考えられる．

そこで，本報ではウメ樹へのリン酸あるいはカリの無施用が土壌およびウメ樹体に及ぼす影響を調査し，リン酸およびカリの減肥の可能性について検討したので報告する．

材料および方法

2009年3月から，うめ研究所内平坦園（褐色森林土）に植栽の‘南高’8年生樹を供試して6年間試験を行った．リン酸およびカリの土壌への集積が進んだ園地では減肥による影響が出にくいことが予測されたため，これらの土壌中含有量が比較的少ない園地を選定した．試験を行ったほ場の土壌の，試験開始時の土壌中可給態リン酸含量は，ウメの土壌診断基準が10~50mg/100g土（和歌山県農林水産部，2011）であるのに対して12~41mg/100g土と適正域内であった．交換性カリは19~39mg/100g土であり，苦土／カリ当量比はウメの診断基準が2~3であるのに対し5~13と高く，苦土に対してカリが不足していることを示す条件であった．

試験区は窒素（以下N），リン酸，カリをウメ施肥基準（和歌山県農林水産部，2011）に準じて施用する「標準区」，Nおよびカリを標準区と同量施用し，リン酸を施用しない「P0区」，Nお

¹現在：和歌山県果樹試験場，²現在：経営支援課

第1表 肥料成分施用量

(単位:g/樹)

	施肥日	P0区			K0区			標準区		
		窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
1年目 (2009年)	4/2	40	0	53	40	22	0	40	22	53
	実肥 4/13	40	0	53	40	22	0	40	22	53
	5/1	40	0	53	40	22	0	40	22	53
	6/18	53	0	29	53	30	0	53	30	29
	礼肥 7/2	53	0	29	53	30	0	53	30	29
	7/14	53	0	29	53	30	0	53	30	29
	9/16	40	0	35	40	22	0	40	22	35
	元肥 10/1	40	0	35	40	22	0	40	22	35
	10/15	40	0	35	40	22	0	40	22	35
	年計	400	0	352	400	224	0	400	224	352
2年目 (2010年)	4/6	60	0	79	60	34	0	60	34	79
	実肥 4/14	60	0	79	60	34	0	60	34	79
	5/7	60	0	79	60	34	0	60	34	79
	6/18	80	0	44	80	45	0	80	45	44
	礼肥 7/2	80	0	44	80	45	0	80	45	44
	7/12	80	0	44	80	45	0	80	45	44
	9/14	60	0	53	60	34	0	60	34	53
	元肥 10/4	60	0	53	60	34	0	60	34	53
	10/12	60	0	53	60	34	0	60	34	53
	年計	600	0	528	600	336	0	600	336	528
3年目 (2011年)	4/5	120	0	106	120	67	0	120	67	106
	実肥 5/6	120	0	106	120	67	0	120	67	106
	礼肥 7/5	320	0	282	320	179	0	320	179	282
	元肥 9/22	120	0	106	120	67	0	120	67	106
	10/11	120	0	106	120	67	0	120	67	106
4年目 (2012年)	年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704
	4/5	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	実肥 4/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	5/9	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	6/26	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥 7/4	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	7/17	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	9/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥 10/1	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	10/10	80	0	70	80	45	0	80	45	70
5年目 (2013年)	年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704
	4/5	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	実肥 4/18	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	5/9	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	6/25	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥 7/5	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	7/16	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	9/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥 10/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	10/21	80	0	70	80	45	0	80	45	70
6年目 (2014年)	年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704
	4/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	実肥 4/23	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	5/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	6/20	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥 7/4	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	7/22	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	9/18	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥 9/30	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	10/14	80	0	70	80	45	0	80	45	70

よびリン酸を標準区と同量施用し、カリを施用しない「K0区」とし、各区3樹ずつとした。授粉樹からの平均距離は標準区およびK0区が5.3m、P0区が10.1mであった。

施用量および施肥時期は第1表に示すように、年間の施用量を窒素およびリン酸については実肥30%、礼肥40%、元肥30%、カリについては実肥45%、礼肥25%、元肥30%の割合で施用した。速効性肥料を用いたため、実肥、礼肥、元肥をそれぞれさらに3回に分けて等量ずつ施用した。実肥は4月上旬から5月上旬、礼肥は6月中下旬から7月中下旬、元肥は9月中旬から10月中旬に施用した。施肥には、硫安(N21%)、NK化成2号(N16%、カリ16%)、BMヨウリン(リン酸20%)、硫加(カリ50%)を用いた。2010年9月に牛ふんオガクズ堆肥を全区に1樹あたり40Lずつ、2012年11月に粒状炭酸苦土石灰を全区に1樹あたり3kgずつ施用し、それ以外は堆肥および石灰質資材の施用は行わなかった。なお、肥料、堆肥および石灰はいずれも表面施用とした。

実肥、礼肥および元肥の施用前に土壌の採取を行い、理化学性を調査した。具体的には、2009年3月12日、6月18日、9月11日、2010年3月12日、9月14日、2011年3月14日、9月16日、2012年4月5日、9月10日、2013年3月28日、9月18日、2014年3月24日、9月8日に供試樹の樹冠外周部の土壌(深さ20cm以内)を採取し、pH、無機態窒素含量(蒸留法、6年目は測定なし)、交換性塩基類含量(原子吸光法)、可給態リン酸含量(トルオーグ法)を測定した。2009～2012年は各区3か所から採取した土壌を混合して1点とし、2013年以降は各区3か所から採取して3点として測定した。

また、2009年から2013年の5年間、供試樹1本につき1本の垂主枝あるいは側枝の着果数を毎年4月末および5月末に計測し、この期間に落果した果実数を生理落果数として4月末の着果数に対する生理落果率を求めた。果実は青果収穫適期である2009年6月12日、2010年6月14日、2011年6月21日、2012年6月13日、2013年6月12日、2014年6月9日に収穫して、全収量および階級別収量を求めた。ただし、2013年および2014年においては完熟果収獲用に一部の果実を残し、全収量は青果収穫果実重量と完熟落下果実の合計値とした。青果収穫果実の2L果(重さ約25g)から2009年は5果ずつ、2010年以降は10果ずつ平均的な果実をサンプリングし、青果果実の熟度指標である毛じの抜け具合および果実硬度を調査した。毛じの抜け具合は果実表面全体を100%として毛じの抜けた面積割合を達観で調査し、果実硬度は直径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、COMPACK100)を用い、60mm/minの速度で1mm貫入する時の最大負荷を測定した。測定後、同じ果実5果および10果から種を除いた果肉(果皮を含む)をほぼ均等に約60g取り、80℃で通風乾燥した後、粉碎し無機成分含量測定の試料とした。果実中無機成分は、窒素については有機元素分析装置(ジェイ・サイエンス・ラボ社、マイクロコーダーJM1000CN)で測定し、リン(以下P)、カリウム(以下K)、カルシウム(以下Ca)、マグネシウム(以下Mg)については試料を乾式灰化(180℃2時間、580℃5時間)により分解し、Pはバナドモリブデン酸法で、K、Ca、Mgは原子吸光法で測定した。

2013年は各樹3枝ずつ、2014年は2枝ずつ側枝をネットで被覆し、自然に完熟落下した果実を適宜採取した。採取期間は2013年は6月17日から7月8日まで、2014年は6月18日から7月8日までであった。採取果実数は1樹あたり約20～40果であり、採取日に果実重の20%重の食塩で塩漬けし、2013年は7月29日から4日間、2014年は8月18日から5日間天日干しし、天日干し終了日に梅干しの外皮の軟らかさ、切れ果率、シコリ果率を調査した。外皮の軟らかさについては1(非常に軟らかい)、2(軟らかい)、3(普通)、4(硬い)、5(ガリ)の5段階で評価した。

葉はいずれの年も8月上中旬に中果枝中位葉を各樹10枚ずつ採取し、葉中無機成分含有率を上記

果実と同じ方法で測定した。2012年に採取した葉については葉緑素計（コニカミノルタ株式会社，SPAD-502）でSPAD値を測定した。光合成速度および蒸散速度は2013年6月13日と8月8日（晴天日）の午前中に携帯型光合成蒸散測定装置（Licor社，LI-6400）により2000Luxの人工光条件下で測定した。1樹につき2回測定し，平均値を用いた。樹容積はいずれの年も11月中旬に調査し，〔長径×短径×（樹高－第一主枝までの高さ）×0.7〕で求めた。徒長枝発生本数は，2009年から4年間11～12月に長さ50cm以上で基部が木化した新梢の本数を調査し，樹冠占有面積1㎡あたりの本数を算出した。

第2表 土壤中肥料成分含量の推移

			pH	無機態N	可給態リン酸	交換性塩基(mg/100g土)			苦土/カリ
			(H ₂ O)	(mg/100g土)	(mg/100g土)	CaO	MgO	K ₂ O	当量比
1年目 (2009年)	3月12日	P0	6.6	2.5	41	205	104	19	12.8
		K0	6.6	0.8	20	141	89	20	10.2
		標準	5.5	6.8	12	128	86	39	5.1
	6月18日	P0	5.4	4.3	59	166	72	26	6.4
		K0	4.7	3.7	43	147	66	21	7.4
		標準	5.1	3.1	29	163	71	34	4.9
	9月11日	P0	5.3	7.6	12	112	60	18	7.7
		K0	5.1	4.2	9	123	53	25	5.0
		標準	5.8	1.4	16	160	57	29	4.6
2年目 (2010年)	3月12日	P0	5.3	0.7	34	354	144	64	5.3
		K0	5.4	0.9	18	271	140	56	5.9
		標準	5.4	0.6	23	250	150	61	5.8
	9月14日	P0	5.4	1.0	2	108	69	23	7.1
		K0	6.5	0.9	21	215	55	11	11.3
		標準	5.5	1.3	9	143	64	27	5.5
	3月14日	P0	6.0	0.7	7	129	81	25	7.6
		K0	5.8	0.6	8	105	85	29	6.9
		標準	6.0	0.7	2	107	89	23	9.1
3年目 (2011年)	9月16日	P0	5.4	0.9	2	96	71	23	7.2
		K0	5.1	1.2	2	73	66	14	11.0
		標準	5.7	0.6	1	99	88	25	8.4
	4月5日	P0	5.0	13.4	3	71	50	26	4.4
		K0	5.3	13.0	7	80	69	16	10.3
		標準	5.1	15.5	6	85	67	28	5.5
	9月10日	P0	4.3	29.0	8	39	16	31	1.2
		K0	4.5	8.5	6	52	22	13	3.9
		標準	4.4	9.6	11	58	24	26	2.2
5年目 (2013年)	3月28日	P0	4.9 ns ^z	2.6 ns	7 ns	52 ns	30 *	30 ns	2.3 *
		K0	4.9 ns	1.7 ns	6 ns	64 ns	50 ns	13 *	8.7 *
		標準	5.1 -	0.6 -	4 -	77 -	59 -	28 -	5.0 -
	9月18日	P0	5.0 ns	10.9 ns	0 ns	69 ns	35 ns	31 ns	2.7 ns
		K0	4.4 *	24.1 ns	2 ns	47 ns	28 *	14 **	4.7 ns
		標準	4.9 -	14.3 -	3 -	88 -	46 -	26 -	4.1 -
	3月24日	P0	4.5 ns		6 *	60 ns	21 ns	21 ns	2.3 ns
		K0	4.5 ns		17 ns	57 ns	29 ns	10 **	6.6 **
		標準	4.5 -		19 -	56 -	28 -	22 -	3.1 -
6年目 (2014年)	9月8日	P0	4.5 ns		3 ns	73 ns	29 ns	24 ns	2.8 ns
		K0	4.7 ns		16 ns	96 ns	30 ns	14 **	5.0 ns
		標準	4.7 -		14 -	91 -	34 -	23 -	3.5 -

z: 5年目以降について，**は1%，*は5%水準でDunnettの多重比較により標準区に対して有意差があり，nsは有意差がないことを示す(n=3)．4年目以前は反復なしのため統計処理なし。

結果

土壌 pH は 5 年目 9 月に K0 区で標準区に比べて低かったが、それ以外の時期および P0 区では差は見られなかった（第 2 表）。いずれの区も 6.0 を下回ることが多く、年数の経過と共に低下する傾向を示した。土壌中肥料成分について、無機態窒素含量および交換性石灰（CaO）は処理による差が見られなかった。可給態リン酸については 2 年目 3 月から 3 年目 9 月にかけていずれの区も減少し、5 年目まで P0 区においても標準区と差が認められなかったが、6 年目 3 月には標準区に比べて有意に少なかった。交換性カリ（K₂O）については 3 年目 9 月以降 K0 区で標準区に比べて少ない傾向を示し、5 年目以降は有意に少なかった。交換性苦土（MgO）については 5 年目 3 月に P0 区で、また 5 年目 9 月に K0 区でそれぞれ標準区に比べて少なかったが、その後差はなくなった。苦土／カリ当量比は P0 区で 4 年目 9 月以降 3 以下であったが、それ以外は 4 年目 9 月の標準区を除いて全て 3 以上であった。3 年目 9 月以降 K0 区で最も高かった。

葉中 N 含有率はいずれの区も 2.5% 以上で、3 年目および 5 年目に P0 区で、5 年目に K0 区で標準区に比べて高かった（第 3 表）。P は P0 区、K0 区とも標準区と差がなかった。K は 3 年目、4 年目および 6 年目に K0 区で標準区に比べて低くなった。Ca は K0 区で 3 年目および 4 年目に標準区に比べて高かった。Mg は 3 年目に K0 区で標準区に比べて高く、その後も高い傾向で推移した。P0 区の Mg は 4 年目、5 年目に標準区に比べて低くなり、その後も低い傾向で推移した。

4 年目における葉の SPAD 値（30 枚平均値）は、P0 区 46.9、K0 区 47.5、標準区 45.9 で、K0 区で標準区に比べて 1% 水準で有意に高かった（データ略）。

生理落果率は P0 区、K0 区ともいずれの年も標準区と差がなかった（データ略）。

果実中無機成分含有率についてみると、4 年目に K0 区で K 含有率が標準区に比べて低く、5 年目に P0 区の Ca 含有率が標準区に比べて高かったが、N、P、Mg 含有率は P0 区、K0 区とも標準区と差がなかった（第 4 表）。1 樹あたりの青果収量は、P0 区において 2 年目、5 年目および 6 年目に標準区と比べて有意に少なく、それ以外の年も少ない傾向で推移した（第 1 図）。K0 区では標準区と

第3表 葉中無機成分含有率の推移 (単位:%)

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
N	P0	2.72 ns ^z	2.48 ns	2.56 *	2.75 ns	2.68 *	2.79 ns
	K0	2.75 ns	2.39 ns	2.51 ns	2.70 ns	2.70 *	2.81 ns
	標準	2.70 -	2.32 -	2.46 -	2.65 -	2.51 -	2.85 -
P	P0	0.13 ns	0.15 ns	0.14 ns	0.12 ns	0.12 ns	0.11 ns
	K0	0.13 ns	0.15 ns	0.14 ns	0.13 ns	0.12 ns	0.11 ns
	標準	0.13 -	0.14 -	0.14 -	0.13 -	0.12 -	0.10 -
K	P0	3.34 ns	4.60 ns	4.21 ns	2.62 ns	2.57 ns	3.01 ns
	K0	3.41 ns	4.54 ns	3.67 **	2.35 *	2.12 ns	2.56 **
	標準	3.35 -	4.58 -	4.15 -	2.95 -	2.39 -	3.04 -
Ca	P0	1.29 ns	1.67 ns	1.56 ns	1.12 ns	0.76 ns	1.36 ns
	K0	1.19 ns	1.65 ns	1.74 *	1.29 *	0.67 ns	1.42 ns
	標準	1.27 -	1.48 -	1.40 -	1.12 -	0.59 -	1.26 -
Mg	P0	0.27 ns	0.37 ns	0.40 ns	0.31 **	0.36 *	0.35 ns
	K0	0.26 ns	0.40 ns	0.50 **	0.44 ns	0.45 ns	0.47 ns
	標準	0.28 -	0.36 -	0.42 -	0.39 -	0.42 -	0.39 -

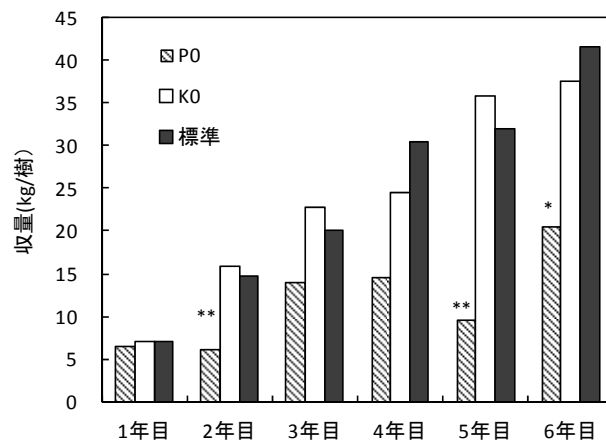
z: Dunnettの多重比較により標準区に対して, **は1%水準, *は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=3)

第4表 果実中無機成分含有率の推移

(単位:%)

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
N	P0	1.55 ns ^z	1.44 ns	2.14 ns	1.63 ns	1.62 ns	1.68 ns
	K0	1.87 ns	1.50 ns	1.66 ns	1.42 ns	1.68 ns	1.89 ns
	標準	1.53 -	1.33 -	1.91 -	1.45 -	1.67 -	1.48 -
P	P0	0.26 ns	0.26 ns	0.31 ns	0.23 ns	0.23 ns	0.20 ns
	K0	0.28 ns	0.25 ns	0.27 ns	0.20 ns	0.21 ns	0.21 ns
	標準	0.25 -	0.24 -	0.28 -	0.21 -	0.21 -	0.21 -
K	P0	2.36 ns	3.03 ns	3.49 ns	1.99 ns	1.83 ns	1.70 ns
	K0	2.02 ns	3.01 ns	3.16 ns	1.73 *	1.86 ns	1.63 ns
	標準	2.28 -	2.92 -	3.38 -	1.95 -	1.94 -	1.78 -
Ca	P0	0.06 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.07 ns	0.08 **	0.05 ns
	K0	0.06 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.06 ns	0.06 ns	0.04 ns
	標準	0.06 -	0.05 -	0.07 -	0.06 -	0.06 -	0.04 -
Mg	P0	0.08 ns	0.10 ns	0.11 ns	0.08 ns	0.08 ns	0.08 ns
	K0	0.09 ns	0.11 ns	0.10 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.07 ns
	標準	0.08 -	0.10 -	0.11 -	0.08 -	0.08 -	0.08 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して, **は1%水準, *は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=3)



第1図 1樹あたり収量の推移(青果収穫)

注) 授粉樹からの平均距離はP0区:10.1m、K0区・標準区:5.3m

Dunnettの多重比較によりP0区は標準区に対して2年目、5年目および6年目に有意差あり(**は1%, *は5%水準), K0区は標準区に対して有意差なし(n=3)

差が見られなかった。青果収穫果実の階級構成について、P0区では標準区と差がなく、K0区で標準区と比べて2年目はS, M, L級が多く4L級が少なく、3年目はL, 2L級が多く4L級が少なく、5年目はL, 2L級が多く4L級が少なく、6年目は2L級が多く4L級が少なかった(第5表, 第2図)。青果収穫果実の果実熟度指標である毛じの抜け具合は、P0区で3年目に標準区より少なく、4年目および5年目に標準区より多かった(第6表)。K0区では標準区と差がなかった。果実硬度は、5年目にP0区で標準区に比べて軟らかく、K0区では標準区と差がなかった。梅干しの品質について、外皮の軟らかさ階級は5年目にP0区で1級(非常に軟らかい)が少なく、K0区で5級(ガリ)が少なかったが、6年目はいずれの区も標準区と差がなかった(第7表)。切れ果率, シコリ果率についてはいずれも差がなかった。

光合成速度および蒸散速度について、P0区, K0区とも標準区と差が見られなかった(第8表)。樹容積は、3年目にK0区で標準区に比べて小さくなった(第3図)。P0区では標準区と差がなかつた。

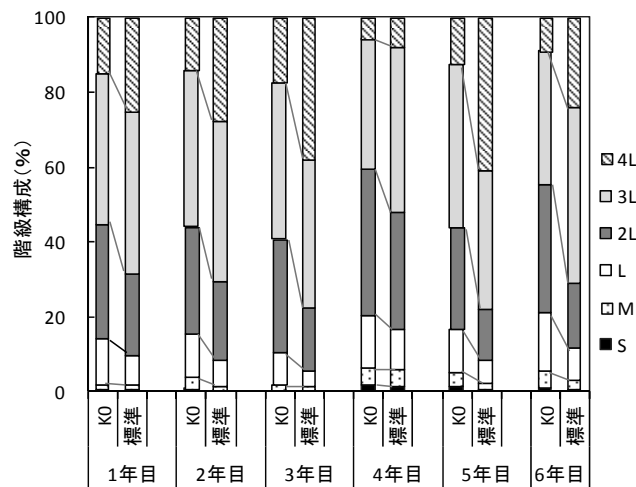
った。樹冠占有面積あたりの徒長枝発生本数については、P0区、K0区とも標準区と差が見られず、1 m²あたり約8～11本であった（第4図）。

第5表 青果収穫果の階級構成

(単位: %)

		S	M	L	2L	3L	4L
1年目	P0	0.5 ns ^z	1.4 ns	9.4 ns	26.6 ns	42.2 ns	19.9 ns
	K0	0.5 ns	1.5 ns	12.3 ns	30.3 ns	40.6 ns	14.9 ns
	標準	0.5 -	1.3 -	7.7 -	22.1 -	43.2 -	25.2 -
2年目	P0	0.0 ns	1.4 ns	9.9 ns	20.9 ns	39.1 ns	28.6 ns
	K0	0.8 **	3.1 *	11.9 *	28.4 ns	41.7 ns	14.2 **
	標準	0.2 -	1.2 -	6.9 -	20.9 -	43.2 -	27.6 -
3年目	P0	0.1 ns	0.9 ns	5.0 ns	18.9 ns	39.4 ns	35.8 ns
	K0	0.3 ns	1.5 ns	9.0 **	30.0 *	41.6 ns	17.6 *
	標準	0.2 -	1.4 -	4.0 -	16.8 -	39.4 -	38.2 -
4年目	P0	0.6 ns	1.9 ns	7.0 ns	26.9 ns	51.1 ns	12.4 ns
	K0	1.7 ns	4.6 ns	14.0 ns	39.1 ns	34.8 ns	5.8 ns
	標準	1.6 -	4.4 -	10.7 -	31.4 -	43.9 -	8.0 -
5年目	P0	0.4 ns	2.1 ns	6.4 ns	9.5 ns	33.8 ns	47.8 ns
	K0	1.3 ns	3.6 ns	11.7 *	27.3 **	43.5 ns	12.6 *
	標準	0.5 -	1.8 -	6.0 -	13.6 -	37.2 -	40.9 -
6年目	P0	0.1 ns	0.8 ns	4.1 ns	18.5 ns	49.2 ns	27.3 ns
	K0	1.2 ns	4.2 ns	15.7 ns	34.2 *	35.8 ns	9.0 ns
	標準	0.6 -	2.6 -	8.6 -	17.0 -	47.0 -	24.1 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して**は1%水準, *は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=3)



第2図 階級構成(K0区と標準区の比較)

注) P0区は標準区と差がないため省略した

第6表 青果収穫時の果実熟度指標

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
毛じの 抜け具 合(%)	P0	35.3 ns ^z	23.7 ns	16.8 *	39.7 **	27.3 **	13.0 ns
	K0	40.0 ns	25.7 ns	20.5 ns	34.0 ns	23.0 ns	12.0 ns
	標準	34.7 -	28.5 -	20.0 -	30.0 -	20.7 -	14.0 -
果実 硬度 (kg)	P0	1.55 ns	2.20 ns	1.43 ns	2.43 ns	1.77 *	2.23 ns
	K0	1.85 ns	2.16 ns	1.40 ns	2.42 ns	1.81 ns	2.32 ns
	標準	1.78 -	2.11 -	1.30 -	2.35 -	1.97 -	2.20 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して**は1%水準, *は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=15～30)

第7表 梅干しの品質

(単位: %)

		外皮の軟らかさ階級分布 ^z					切れ果率	シコリ果率
		1	2	3	4	5		
5年目	P0	4 * ^y	30	56	5	4	8.4	-
	K0	12	52	34	2	0 *	9.4	-
	標準	9	43	39	4	4	4.2	-
6年目	P0	43	39	18	0	0	27.9	16.4
	K0	47	40	9	0	5	22.1	2.3
	標準	40	35	21	0	4	19.4	3.0

z: 1:非常に軟らかい, 2:軟らかい, 3:普通, 4:硬い, 5:ガリ

y: Dunnettの多重比較により標準区に対して*は5%水準で有意差あり, 表示なしは有意差なしを示す(n=3)

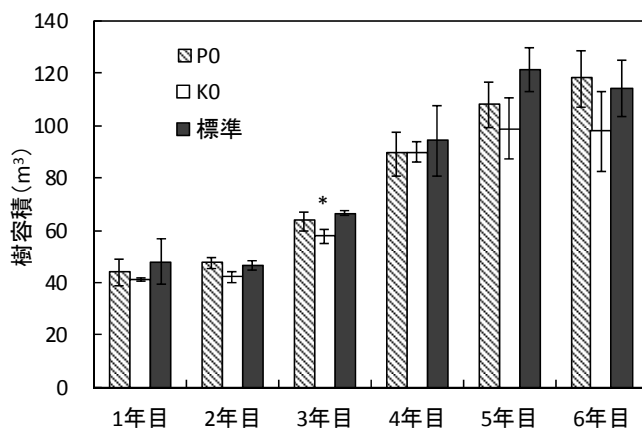
第8表 リン酸、カリ減肥と光合成・蒸散速度

	光合成速度 ($\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$)		蒸散速度 ($\mu\text{molH}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$)	
	6月13日	8月8日	6月13日	8月8日
K0区	4.00 ns	5.94 ns	1.36 ns	4.98 ns
P0区	4.01 ns	5.35 ns	1.59 ns	5.43 ns
標準区	2.31 -	6.46 -	1.03 -	6.68 -

注) 徒長枝中位葉で晴天日の午前中に測定

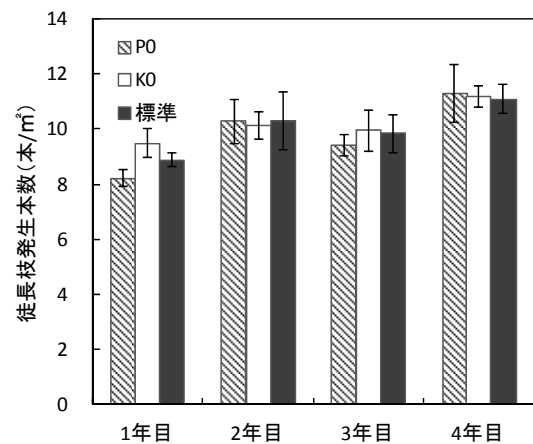
測定光条件: 2000Lux

nsは、それぞれ標準区に対してDunnettの多重比較により有意差がないことを示す(n=3)



第3図 樹容積の推移

注) 図中*はDunnettの多重比較により標準区に対して5%水準で有意差あり, 標記なしは有意差なしを示す(n=3). 図中縦棒は標準誤差を示す。



第4図 徒長枝発生本数の推移

注) 図中縦棒は標準誤差を示す。

Dunnettの多重比較により標準区に対していずれも有意差なし(n=3)

考察

1. リン酸の無施肥による土壌およびウメ樹体への影響

リン酸肥料を全く施用せずに6年間ウメを栽培したP0区では、土壌中可給態リン酸含量は2年目から減少したが、標準区も同様に低下したため標準区との差は認められなかった。しかし、6年目には標準区は10mg/100g土以上と土壌診断基準域内であったのに対し、P0区は3~6mg/100g土と

有意に少なくなった。リン酸は土壤中で鉄やアルミニウムと結合すると根に吸収されない難溶性となり、カルシウムと結合すると作物に吸収されやすいことから、カルシウム不足の酸性土壌ではリン酸が難溶性になりやすい（前田，1968）。このことから、標準区においても可給態リン酸含量が低下したのは土壌 pH の低下が要因の一つと考えられる。このように、標準区においても可給態リン酸が減少したためリン酸無施肥の影響が明瞭でなかったが、遅くとも 6 年目には土壌中可給態リン酸含量への影響が現れたと判断された。5 年目まで土壌中リン酸含量に差が認められなかったため当然であるが、葉中あるいは果実中のリン濃度は 6 年間を通じて標準区と差が見られなかった。なお、葉中リン濃度のウメにおける適正域は 0.16～0.20（和歌山県農林水産部，2011）とされており、P0 区、標準区ともに適正域を下回っており、いずれの区においてもリンが不足していた可能性がある。しかしながら過去の試験においても葉中リン濃度は 0.12～0.15% 程度であることから（岡室ら，2013）、適正域の下限はアブリコット（D.J.Reuter, 1986）と同じ 0.14% 程度と考えてもよいと思われる。この場合、試験 4 年目以降葉中リン濃度が 0.14% を下回ったことから、ウメにおいて葉中リン濃度を適正に維持するためには、土壌中可給態リン酸量は土壌診断基準値の 10mg/100g 土以上が目安となると考えられた。

作物全般においてリン酸は生長の盛んな芽や根の先端、あるいは子実などに移動し、細胞の増加に役立っており、したがって、リン酸が欠乏すると根の伸長が悪くなるので肥料の吸収が悪くなり、果実などは肥大が劣り成熟も遅れる（前田，1968）とされている。また、ウメにおいては窒素やカリウムに比べると必要量は少ない（渡辺，1987；岡室ら，2013）が、新梢や細根など若い組織に比較的多く含まれており、根群の発達を促進させ、干害抵抗性を高めたり、花質や果実の品質をよくしたりする働きがあるとされている（渡辺，1995）。一方、リン酸が欠乏すると、生育が悪く葉が小さく、葉色が初めは紫色をおびた濃緑色であるが、その後葉色が淡くなり葉の光沢がなくなり、また、枝は細く、節間が長くなる。さらに欠乏が進むと落葉することがある（星川，1984）とされる。本試験において、P0 区は標準区および K0 区に比べて収量が少なかったが、土壌中可給態リン酸含量には差がないことからリン酸減肥による影響ではなく、授粉樹からの距離が遠かったためと考えられた。また青果収穫時の果実熟度指標である毛じの抜け具合が大きく、果実硬度がやわらかいことから熟度が進んでいることが示された年があったが、これについても着果量等の影響と考えられた。梅干しの品質についても、5 年目は P0 区の外皮が標準区より硬い傾向が見られたが、6 年目には影響が見られなかったことから、こちらもリン酸無施肥による影響ではないと考えられた。火山灰土壌においてはリン酸無施肥によりリンゴ、ナシ、モモ、ブドウの果実品質に影響があったという報告（建石・熊代，1977）があるが、本県の土壌は非火山灰土壌であることや、一般にリン酸が欠乏しても欠乏症状が外観に現れにくい（前田，1968）ことなどが影響して、本試験において P0 区に明確なリン酸欠乏症状は現れなかったと考えられた。ただし、リン酸を施さないと Mg の吸収が悪くなる（前田，1968；建石・熊代，1977）ことが報告されており、P0 区の葉中 Mg 含有率が 4 年目から低くなったのはリン酸無施用による影響である可能性がある。

これらのことから総合的に判断して、リン酸を無施用にして土壌中の可給態リン酸が 10mg/100g 土を下回ると、葉中リンおよび Mg 濃度が低くなるがそれ以外の影響は明瞭には現れないことがわかった。

本試験は土壌中のリン酸蓄積量が少ないとみられるほ場で行ったが、和歌山県内のウメ園地の定点調査では可給態リン酸は年々増加傾向を示し、直近の調査平均値は 147mg/100g 土と診断基準値上限の約 3 倍であった（林ら，2007）ことから、リン酸が過剰である園も多いとみられる。このよ

うな園では適正範囲内（10～50mg/100g 土）であればリン酸の減肥が可能であり，適正範囲を超えていれば，無リン酸栽培も可能であると考えられた．ただし，土壤中可給態リン酸含量を定期的に（年1回以上）確認する必要があると考える．なお，幼木ではリン酸の施用により地上部・地下部とも生育が優れる（和歌山県果樹試験場ほか，2012）ことが報告されており，幼木においてはリン酸肥料の施肥は必要と考える．

2. カリの無施肥による土壌およびウメ樹体への影響

カリを無施用にしても1年目は土壌中交換性カリ含量に変化が見られなかったが，3年目以降標準区より明らかに少なくなった．それに伴い葉中カリウム含有率も3年目から低くなり，4年目以降ウメにおける葉中カリウム濃度の適正域である3.0～5.0%（和歌山県農林水産部，2011）を下回っていた．このことから，K0区は標準区に比べて樹体内のカリウムレベルが3年目以降低下しており，軽い欠乏状態であったと考えられた．

核果類は全般にカリウムの含有率は高く，ウメも特に果実が多く含まれているが不足すると果実は小さくなり，品質も悪くなる（渡辺，1995）．リンゴにおいてもカリの欠乏がひどいと果実の肥大が止まる（前田，1968）ことが報告されている．本試験においても，収量に差がなかったにも関わらず階級の小さい果実が多くなったことから，カリの不足により果実が小さくなることが確認された．果実中のカリウム濃度はほぼ差が見られなかったことから，カリが不足しても果実中のカリウム濃度は低下せずに果実肥大が抑制されることが考えられたが，果実の熟期や梅干し品質への影響はないと判断された．また，ウメにおいてカリが欠乏すると葉は濃緑色で光沢を失って小さくなり，枝は節間がつまって，生育全体が不良となる（星川，1984）といわれる．本試験においても葉のSPAD値が大きかったことから，カリが不足すると葉色が濃くなる可能性が示唆された．また，作物一般においてカリウムは作物の生長促進の役割を果たしている（山本，1987）とされる．本試験では樹容積が標準区に比べて小さい傾向が見られたことから，長期にわたりカリが不足すると樹容積の拡大が劣る危険性があることが示唆された．

また，カリウムの吸収は Mg^{2+} ， Ca^{2+} ， Na^{+} の吸収と拮抗する関係にあり， K^{+} の吸収が多くなると Mg^{2+} ， Ca^{2+} ， Na^{+} の吸収は低下する（山本，1987）ことが知られている．本試験においても葉中CaおよびMg濃度がK0区で高い傾向が確認されており，カリの減肥により葉中CaおよびMg濃度が高まると考えられた．

作物一般において，カリウムは他に蒸散の調整，光合成能力の維持，光合成産物の転流などの役割を果たしている（山本，1987）とされるが，本試験においては光合成速度や蒸散速度への影響は見られなかった．また，カリウムは細胞を強硬にし，欠乏すると耐凍性や病害抵抗性が劣る（渡辺，1995）とされているが，これについては確認できなかった．

ウメ樹体のカリ吸収量は窒素より多く（渡辺，1987；岡室ら，2013），そのためカリ施肥量も窒素の9割（和歌山県農林水産部，2011）と重視されている．本試験においても，カリ施肥の必要性が再確認された．しかし一方で，カリを極端に減肥しても目に見える影響は現れにくいこと，カリが過剰であると着果量が少ない年などでは果実の肥大が進みすぎる恐れやMg欠乏を引き起こす恐れがあることが読み取れる．また，ミカンにおいて細根の発生量はカリの施用量の最も少ない区が最大で，カリの施用は細根の発生量を抑制している（吉田，1985）という報告もある．したがって，土壌中カリ含量に応じて不足しない量のカリ施用が必要であるが，過剰である場合は減肥する方が好ましいと考えられた．

ウメにおいてカリに関する土壌診断基準は苦土/カリ当量比および塩基飽和度のみであり、交換性カリの適正域は定められていない（和歌山県農林水産部，2011）。したがって土壌中交換性カリの適正域は交換性苦土含量により変化するが，本試験の結果のみで判断するならば，交換性カリが20mg/100g 土を下回るとカリが不足すると考えられた。なお，水稻・野菜・花きの診断基準では交換性カリの診断基準はCECの4～10%であり（和歌山県農林水産部，2011），これを参考にすると本試験で用いた土壌のCECは約12であったことから22～56mg/100g 土と計算され，この値とよく合致していることから適用できると考えられた。また果樹（壤粘質土）の交換性カリの適正域を20～30mg/100g 土とする例もあり（藤原ら，2001），本試験の結果を鑑みてもこの値は適当であると思われたことから，交換性カリが30mg/100g 土以上あるほ場では，交換性苦土とのバランスを考慮する必要はあるが，カリを減肥できると考えられた。

摘要

試験開始時に樹齢8年生のウメを用いて6年間リン酸またはカリを無施肥として土壌および樹体への影響を調査した。

1. リン酸を無施用にすると6年目に土壌中可給態リン酸含量が施肥した区より少なくなった。
2. 可給態リン酸が土壌診断基準域以上（10mg/100g 土以上）であるほ場では，成木のウメに対してリン酸の減肥が可能であると考えられた。
3. カリを無施肥にすると3年目以降土壌中交換性カリが減少し，葉中カリウム濃度が低下した。
4. カリが欠乏すると果実肥大が抑制され，樹容積の拡大が劣り，葉色が濃くなることが確認された。
5. CECが約12の土壌においては交換性カリの適正域は20～30mg/100g 程度と推測され，30mg/100g 以上であればカリの減肥が可能であると考えられた。

引用文献

- D. J. Reuter and J. B. Robinson (Eds).1986. Plant Analysis: An Interpretation Manual. p.352-353. Inkata Press Pty Ltd. Victoria. Australia.
- 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎. 2001. 土壌診断の方法と活用. P103. 農文協. 東京
- 林 恭弘・森下年起・久田紀夫・藪野佳寿郎・東 卓弥. 2007. 和歌山県農耕地土壌の実態と変化 土壌環境基礎調査（定点調査）20年間のまとめと解析. 和農林水技セ研報. 8: 41-52.
- 星川三郎. 1984. 栄養診断. 施肥と土壌管理. 基本技術編. ウメ. p. 53-54. 農業技術大系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 前田正男. 1968. 原色作物の要素欠乏・過剰症. P.58-70. 農文協. 東京
- 岡室美絵子・土田靖久・城村徳明・中西 慶. 2013. ウメ‘南高’樹の土壌タイプ別年間養分吸収量の推定. 和農林水研報. 1: 85-101
- 高辻豊二. 2008. 肥料価格の高騰とコスト節減対策(1). 果実日本. 63: 74-78.
- 建石繁明・熊代克巳. 1977. 火山灰土壌に生育するリンゴ，ナシ，モモおよびブドウの生育，収量 および果実品質に及ぼすリン酸の肥効. 信州大学農学部紀要. 14(1): 1-11.
- 和歌山県果樹試験場・かき・もも研究所・うめ研究所. 2012. 平成24年度果樹試験研究成績. P243-244.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壌肥料対策指針（改訂版）. P.63, 76-80, 136.

- 渡辺 毅. 1987. ウメ樹の解体調査による年間養分吸収量の推定. 福井園試報. 6 : 1-13.
- 渡辺 毅. 1995. 施肥. 施肥と土壌管理. 基本技術編. ウメ. p. 45-50 の 3. 農業技術大系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 山本友英. 1987. カリウム. 養分吸収と元素の生理作用. 作物栄養Ⅲ. p.85-90. 農業技術大系土壌施肥編 2. 農文協. 東京.
- 吉田賢児. 1985. 果樹園の施肥と肥効の現れ方. 果樹の施肥技術. P526. 農業技術大系土壌施肥編 6-②. 農文協. 東京.

梅調味廃液・微生物資材を活用した

養鶏環境改善技術の開発

小松 希・福島 学¹・松井 望

和歌山県畜産試験場養鶏研究所

Development of Poultry Farming Environment Improvement Technology that Utilized Waste Liquid Preparation of Pickled Japanese Apricot

Nozomi Komatsu, Manabu Fukushima and Nozomu Matsui

Laboratory of Poultry, Livestock Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒言

全国一の梅の生産量を誇る和歌山県では、梅干しの製造工程で 2 つの副産物が発生する。ひとつは収穫果実を一次加工した時に発生する「梅酢」で、もう一つは加工メーカーで味付けをした時に発生する「梅調味廃液」。梅酢は加工原料として再利用されているが、一方で梅調味廃液はクエン酸などの有効成分は多く含まれているが、調味料や糖類なども含むことから再利用が進んでおらず、大部分が廃棄されている。和歌山県全体での廃棄量は年間 1 万 t にのぼり、塩分濃度や酸性度が高く、廃棄処理にコストがかかるため、有効利用方法の開発が強く求められている。

一方、和歌山県内のブロイラー農家では年間約 1.4 万 t の鶏糞が排出され、一部は堆肥として流通されているが、臭気が強いなどの理由で鶏糞堆肥の利用はあまり進んでおらず、多くの鶏糞が産業廃棄物として処分されている。それに加え、堆肥化の過程で発生するアンモニアを含む臭気が周辺の生活環境に及ぼす影響が問題となっており、その対応にも苦慮している。

そこで、梅産地周辺で発生する、これら 2 つの未利用資源を活用し、利用可能な資源として地域内で循環させていくため、平成 22~24 年に和歌山県戦略的開発プラン事業の一環として、当県の農業試験場、畜産試験場、うめ研究所および養鶏研究所が共同研究を開始した。

この研究では、ブロイラー飼養後敷料の重量に対して 5、10 および 20% の割合で梅調味廃液を添加し、堆肥化試験を行ったところ、いずれの場合も鶏糞からのアンモニア揮散濃度が低下することが明らかになった（前田ら、2014）。しかし、梅調味廃液を最初から 10% 以上添加すると、鶏糞の発酵が抑制されることから、梅調味廃液の添加量は飼養後敷料重量の 5% が最適であると判断した（橋本ら、2015）。また、5% 添加で製造した堆肥による作物への施用試験では、スイートコーン、レタス、ハク

¹ 現：畜産課

サイ、ウメの生育に悪影響は認められなかった（岡室ら，2015）。

これらの成果をもとに平成24年度から、ブローラー農場内において飼養後敷料への梅調味廃液噴霧フィールド試験を実施したところ、梅調味廃液を噴霧しない鶏舎と比べ、アンモニア揮散濃度が低下した（福島・藤原，2013）。

そこで、平成25～26年、この技術を活用し、紀州うめどり生産農家に普及するために梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥化フィールド試験を和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業で実施した。

材料および方法

1. 試験鶏舎および堆肥化施設の概略と梅調味廃液噴霧量

1) 試験鶏舎：ビニールカーテン付き開放鶏舎

飼養鶏：チャンキー（紀州うめどり）

飼養期間：52～56日間

飼養状況：1万羽/720 m²

推定飼養後敷料重量：約43.9 t（61 kg/ m²×720 m²）

2) 堆肥化施設：自走式切り返し装置付き強制発酵槽

3) 梅調味廃液噴霧量：約2.2 t（飼養後敷料重量の約5%）（第1図）



第1図 梅調味廃液

2. 梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥化フィールド試験

平成25年8月、農家作業員が約2.2 tの梅調味廃液を県内の農協の梅加工場から運搬し、鶏出荷後の鶏舎内で動力噴霧器を用いて敷料表面にまんべんなく噴霧した（第2図）。この際、産業廃棄物である梅調味廃液が鶏舎外部に漏出しないように鶏舎のカーテンや扉を24時間締め切った状態にしておいた（第3図）。

梅調味廃液を噴霧した飼養後敷料を堆肥化施設に搬入後、単位容積重量が500～600 kg/m³になるよう水分を調整した後、自走式切り返し装置付き発酵槽で1日1回の攪拌による一次発酵を23日間行い（第4図）、62日間以上の堆積による二次発酵を行い堆肥化終了とした（第5図）。堆肥化中は発酵具合を確認するため、堆肥中心部に自動記録式温度計（株式会社ティアンドディ、おんどとりTR-72Ui）を設置して温度測定を行い、うめ研究所でCNコーダー、原子吸光光度計を用いて、成分の分析を行った。



第2図 梅調味廃液噴霧の様子 第3図 噴霧後の鶏舎



第4図 一次発酵の様子 第5図 二次発酵の様子

結果および考察

1. 梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥化フィールド試験

約 2.2 t の梅調味廃液の噴霧に要した時間は 30 分程度で、鶏糞から揮発するアンモニアの刺激臭が充満している密閉状態の鶏舎内が、梅調味廃液を噴霧することにより瞬時に刺激臭が低減した。

堆肥化過程の温度測定で、切り返し後 60℃を超える日が 2 日以上あることと、成分分析の結果より、一般的な堆肥の完熟基準である CN 比が 20 以下であることから、梅調味廃液噴霧により鶏糞の発酵が抑制されていないことが確認できた。二次発酵 62 日目の堆肥成分は窒素 3.7%、リン酸 3.5%、カリ 3.2%、C/N 比 10.6（いずれも乾物当たり）という分析結果で、さらに 2 カ月経過した堆肥も、62 日目の値とほぼ同等の成分値を示し、62 日間で堆肥化が完了していることが推測できた。

2. 梅調味廃液利用ガイドラインの作成

梅調味廃液は産業廃棄物であるため、収集運搬や処分を業として行う場合には廃棄物収集運搬業や処理業の許可が必要である。そこで、梅調味廃液の利用の促進と技術の普及のため、県庁循環型社会推進課と協議を行い、ガイドラインを策定した。

「養鶏環境改善を目的とした梅調味廃液利用ガイドライン」を策定することにより、一般養鶏農家が利用する際、ガイドラインを守ることで、運搬業の許可や処理業の許可を取る必要がなくなり、成果の普及につながると考えられる。

3. 梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥の商品化

梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥の成分分析を行い、肥料登録名称「ふっかふか」として商品化し、梅調味廃液の供給元である県内農協で販売を開始し、利用促進に取り組んでいる（第6図、第1表）。



第6図 梅調味廃液噴霧鶏糞堆肥

第1表 堆肥成分表（現物中%）

窒素全量(%)	3.0
リン酸全量(%)	2.4
加里全量(%)	2.2
炭素窒素比	10

摘要

1. 鶏舎の臭気対策として梅調味廃液が利用でき、良質な堆肥が製造できることが実証できた。
2. 一般養鶏農家が梅調味廃液を臭気対策に利用できるよう、ガイドラインを策定した。

引用文献

- 福島学・藤原美華. 2015. 梅調味廃液を活用した出荷後ブロイラー敷料の臭気低減技術. 平成24年度和歌山農林水産成果情報.
- 橋本真穂・久田紀夫・松下修門・林康弘・島津康. 2015. 梅調味廃液と第一磷酸アンモニウムおよび硫黄粉末の添加による鶏ふん堆肥の高窒素化. 和歌山農林水研報3:9-18.
- 本多勝男. 良質堆肥の生産技術及び耕畜連携による堆肥化利用の推進. 畜産環境アドバイザー研修会. P. 41-169.
- 前田恵助・橋本真穂・林恭弘・豊吉正成. 2014. ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響. 家禽会誌 51:33-42.
- 岡室美絵子・城村徳明・前田恵助・福島学・小松希・橋本真穂. 2015. 梅調味廃液添加鶏糞堆肥のウメへの施用効果. 和歌山農林水研報3:91-106.
- 坂井隆宏・脇屋裕一郎・岩永致悦. 2004. 畜種の違いが家畜ふん堆肥化過程の発酵, 臭気および堆肥成分に与える影響. 西畜会報 47:47-53.
- 財団法人畜産環境整備機構. 家畜ふん尿処理・利用の手引き. 1998:P. 31-38, 57-62.

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

法眼利幸¹・植田栄仁²・山本浩之^{2,3}・栗生 剛^{1,4}

和歌山県林業試験場¹・和歌山県果樹試験場²

Spotlight count for Sika deer in Arida and Nishimuro region of Wakayama prefecture

Toshiyuki Hougen¹, Yoshihito Ueda², Hiroyuki Yamamoto^{2,3} and Tsuyoshi Kuriu^{1,4}

Wakayama Forestry Experiment Station¹・Wakayama Fruit Tree Experiment Station²

緒 言

和歌山県は温暖な気候と日照のよい傾斜地を生かした果樹栽培が盛んで、有田地域はカンキツの全国有数の産地となっている。また、降水量の多い県中部（内陸部）～南部では林業が盛んでスギ・ヒノキの人工林が多い。近年、ニホンジカによる農林業被害が顕著になってきており、防護柵の設置や駆除などの対策が実施されているものの、被害額は減少傾向にない（第2図）。和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画（和歌山県，2015）によると、階層ベイズモデルにより推定された2013年度の生息数は中央値53,442頭（50%信頼限界35,736～84,167頭）、増加個体数は中央値15,425頭（50%信頼限界11,648～20,526頭）となっている。一方、ニホンジカの捕獲頭数は2014年で10,517頭（第3図）と、推定された増加個体数に及ばない。ニホンジカの増加を抑え農林業被害を減らすためには、新たな捕獲従事者の参入を促すと同時に捕獲数の少ない従事者の捕獲効率を上げる必要がある。本調査では、捕獲効率を上げるための基礎調査として、和歌山県の有田地域の果樹生産地と西牟婁地域の林業地における、ニホンジカの夜間での行動（特に群れる場所の特定）を、ライトセンサスにより明らかにした。

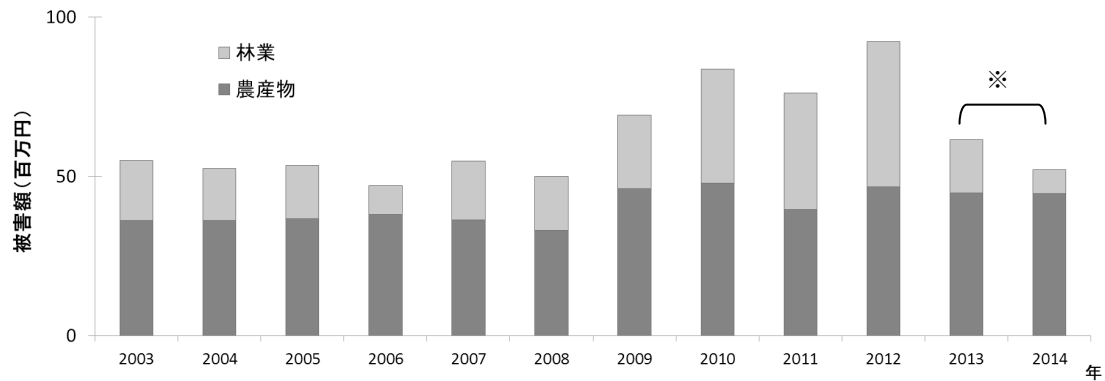


第1図 ライトに反射して光るニホンジカの日

注) 2013年2月28日 有田川町糸川

³現在：日高振興局農業振興課

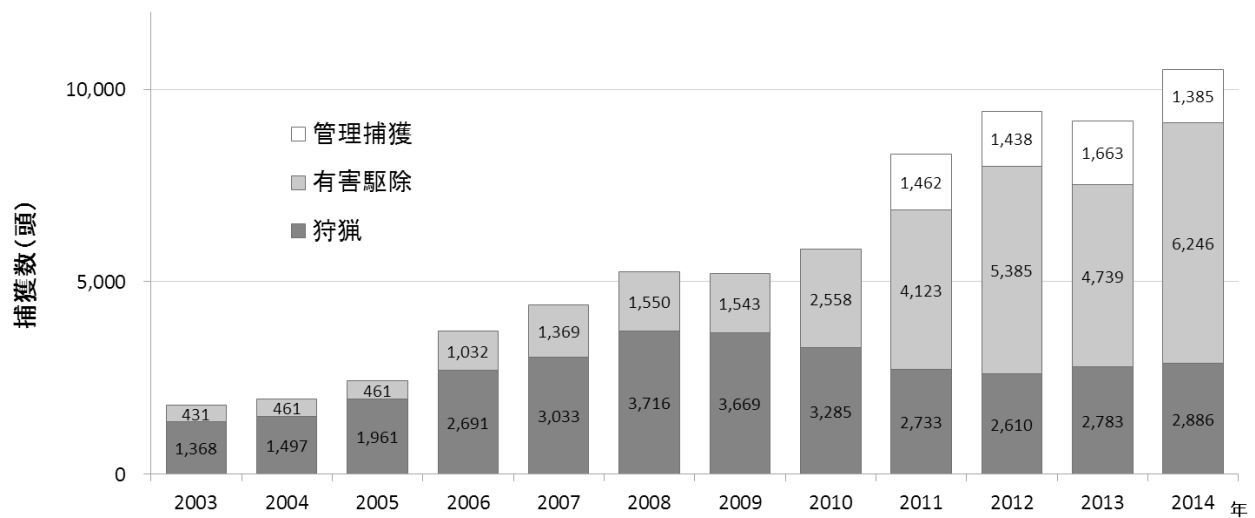
⁴現在：農林水産総務課研究推進室



第2図 和歌山県におけるニホンジカによる農林業被害額の推移

注) 和歌山県農林水産部調べ

※2013年以降林業被害に関する集計方法が変更された（苗木被害のみに限定）



第3図 和歌山県におけるニホンジカ捕獲頭数の推移

注) 和歌山県農林水産部農業生産局農業環境・鳥獣害対策室調べ

材料および方法

ニホンジカ（以下シカ）は夜行性に近い動物とされ、光を当てると目が反射して光る（第1図）。また、強力なライトでシカを照らすと立ち止まり光源方向を見る習性があり、光る目の位置や動きによって遠方でも同定することが可能となる。これらを活用したシカ生息状況の推定手法であるライトセンサスを、果樹生産の盛んな有田地域（広川町～湯浅町～有田川町）と森林・林業地が多い西牟婁地域（田辺市～白浜町～上富田町）で実施した。なお、これ以降の文中や図中に示される調査経路上の地名は便宜上設定したものである。

調査は一定の調査経路を設定し、日没1時間後から開始し終了地点に到達次第終了した。自動車から2名以上でハイビームのヘッドライトや強力なLEDライト等で周囲を照らしながら、低速（約10km/h）で決まった調査経路を走行し、シカを探索した（第4図）。シカを目撃した場合は速やかに停車し、頭数、

雌雄，緯度経度，走行距離，地目（詳細は下記）等を記録した．ライトはBRINKMANN 社 Q-BEAM MAX MILLION III (300 万カンデラ)，LED LENSER 社 X21 (最大 1,000 lumen)，Wolf-Eyes 社 Pro T3 II U2 (最大 1,400 lumen) を用いた．調査経路の距離については，自動車のトリップメーターを使用し計測した．

シカが目撃された地点は予め調査しておいた下記 8 種類の地目，調査経路上で目撃されたものは⑨車道上と分類して記録した．地目は①広葉樹林（アカマツ林，竹林含む），②スギ・ヒノキ人工林（林冠のうっ閉したスギ・ヒノキ林），③伐採跡地・新規植栽地（森林の伐採跡地，新規に植栽された樹木によって林冠がうっ閉していない地点，土砂崩れ等による森林の崩壊地含む），④農地（果樹園，水田，花木園，家庭菜園），⑤耕作放棄地，⑥造成地，⑦建物等構造物（厳重な柵のある観光農園含む），⑧河川敷の 8 種類に，調査経路 100m ごとに道路の左右別に目視で最も比率の高いものに分類した．さらに左右別に地目を記録した調査距離と走行距離を対応させるため，調査距離を 1/2 にした．

① 有田地域

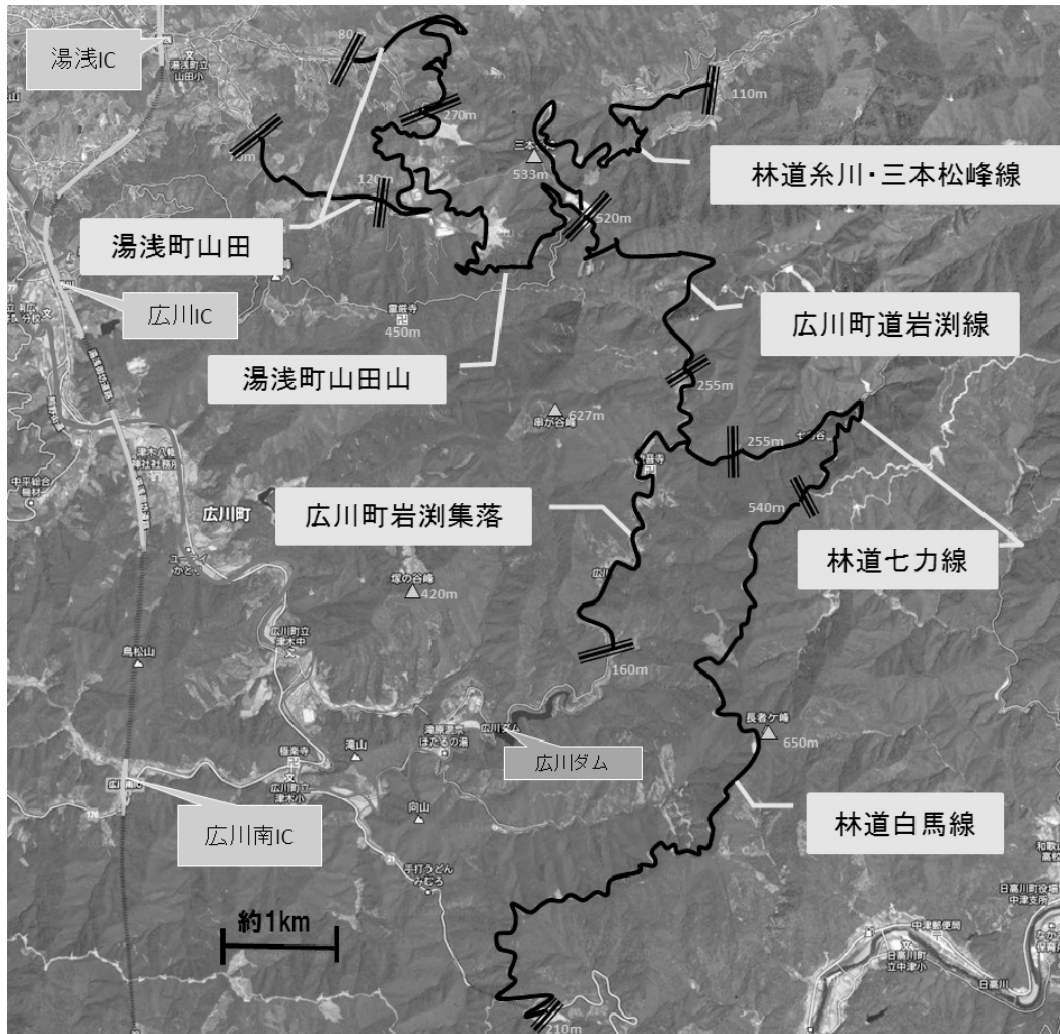
2012 年 9 月（4，6，11 日），2012 年 11 月（6，8，9 日），2013 年 1 月（4，7，8 日），2013 年 3 月（8，11，15 日），2013 年 5 月（1，2，16 日），2013 年 7 月（5，12，19 日），2013 年 9 月（13，20，27 日）に合計 21 回実施した．

調査経路およびその区分は，林道白馬線（広川町）～林道七力線（広川町）～広川町岩渕集落～広川町道岩渕線～林道糸川三本松峰線（有田川町）～湯浅町山田山～湯浅町山田（山田地区北谷および南谷のカンキツ栽培地帯）の 37.4km（第 5 図）．

上記調査経路全体の地目の割合は第 6 図，調査経路区分別の地目は第 7 図のとおりである．なお，特定の観光農園内において，短期間だけシカ目撃数が大幅に増加したケースがあった．おそらく防護柵の破損と修理による影響であると考えられたため，データから除外した．



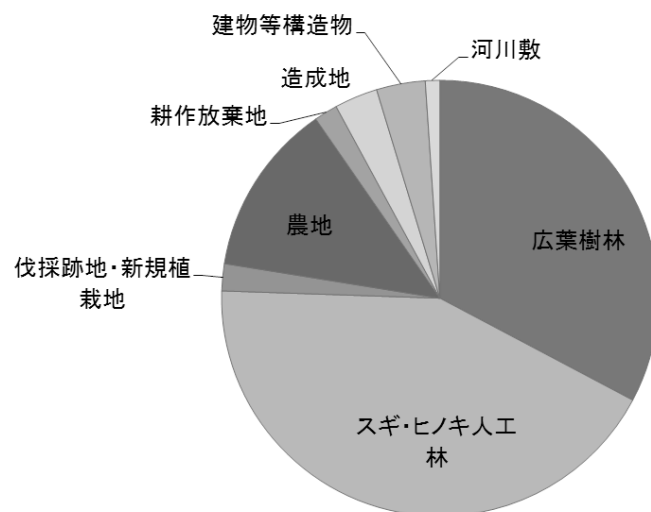
第 4 図 ライトセンサス実施状況



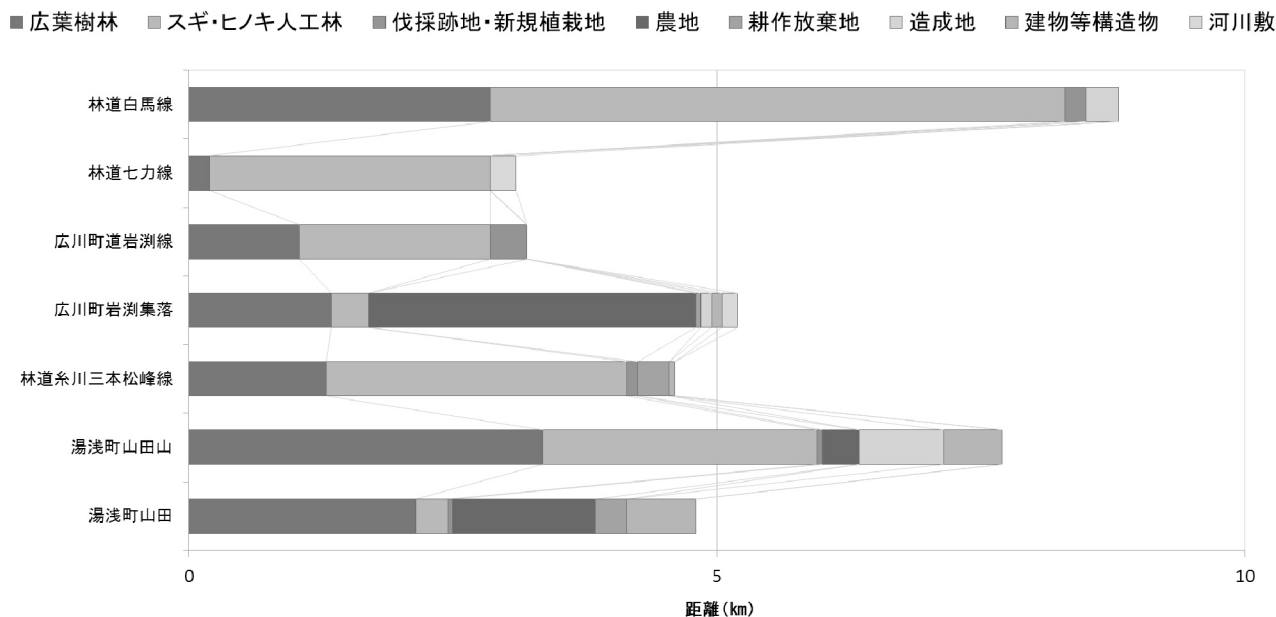
第5図 有田地域におけるライトセンサ調査経路（黒線）

注）図中の経路上に示した地名は便宜上設定したものである

経路（黒線）と交わる3本線は設定した区分の境界を示す



第6図 有田地域のライトセンサ調査経路における地目の割合



第7図 有田地域のライトセンサス調査経路における区分別の地目

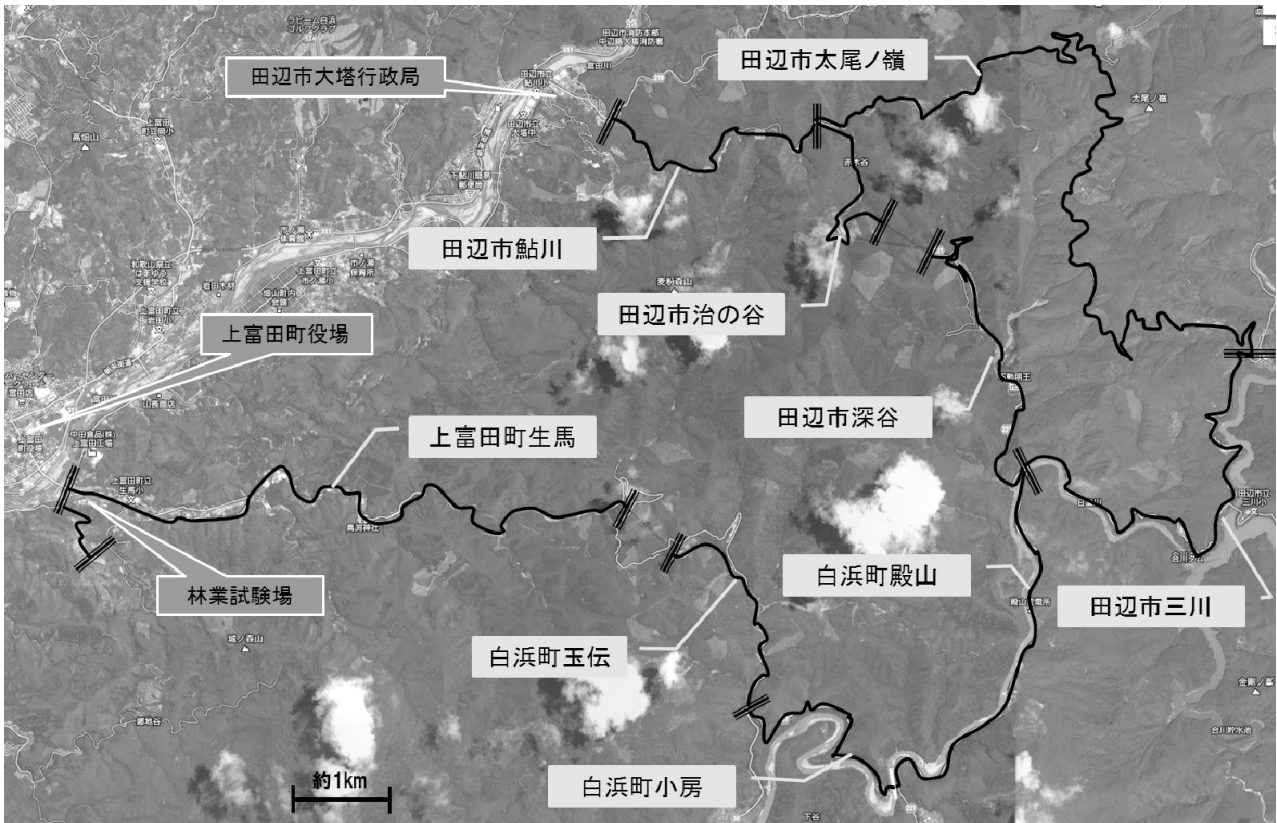
注) 図中の経路上の地名は便宜上設定したものである

② 西牟婁地域

2012年11月(2, 22, 30日), 2013年1月(18, 23, 24日), 2013年3月(4, 7, 19日), 2013年5月(24, 27, 28日), 2013年7月(8, 9, 12日), 2013年9月(9, 10, 20日)に合計18回実施した。

調査経路およびその区分は2012年11月～2013年3月は、田辺市鮎川～田辺市太尾ノ嶺～田辺市三川～白浜町殿山～白浜町小房～白浜町玉伝～上富田町生馬の41.8 km。2013年5月以降は道路事情によりルートを変更し、鮎川～田辺市治の谷～田辺市深谷～殿山～小房～玉伝～生馬の30.7 km(第8図)。

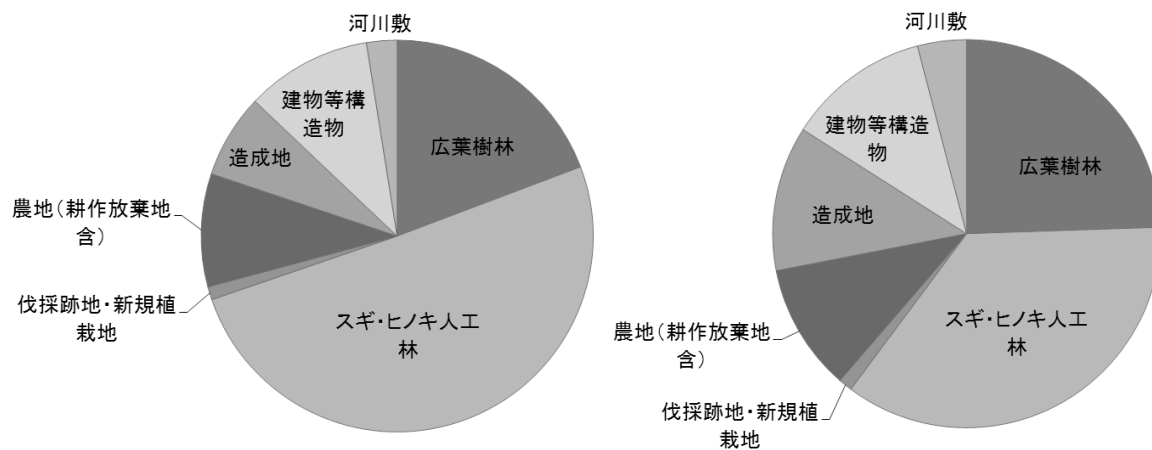
上記調査経路全体の地目の割合は第9図, 調査経路区分別の地目は第10図のとおりである。また, これらの調査地域では地目として分類する農地と耕作放棄地が細かく入り交じっており, 本調査方法では分類できなかったため全て農地とした。



第8図 西牟婁地域におけるライトセンサス調査経路（黒線）

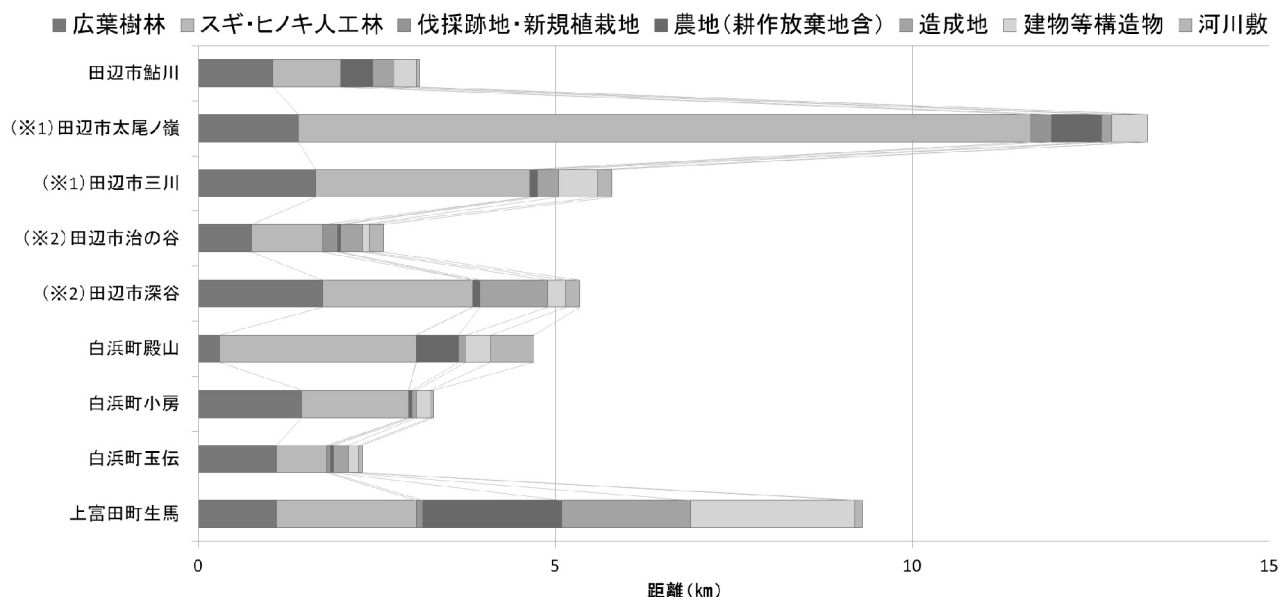
注）図中の経路上に示した地名は便宜上設定したものである

経路（黒線）と交わる3本線は設定した区分の境界を示す



第9図 西牟婁地域のライトセンサス調査経路における地目の割合

注）左：2012年11月-2013年3月 右：2013年5-9月



第10図 西牟婁地域におけるライトセンサス調査経路区分別の地目

注) 図中の経路上の地名は便宜上設定したものである

※1:2012年11月-2013年3月

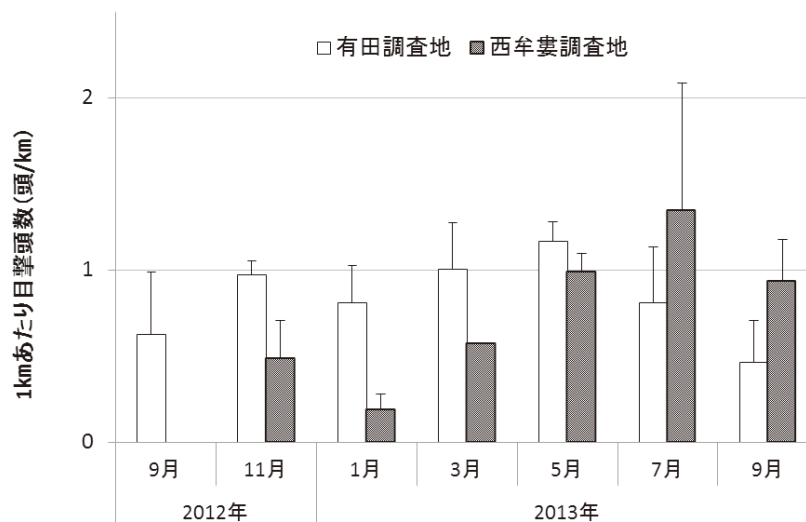
※2:2013年5-9月

結 果

1 kmあたりの目撃頭数は有田地域では調査期間を通じて変動が少ない傾向にあった(第11図)。西牟婁地域では調査期間内で変動が大きくみられ、夏季に向けて増加していき7月に最も多くなり、冬季に向けて減少していき1月に最も少なくなった。

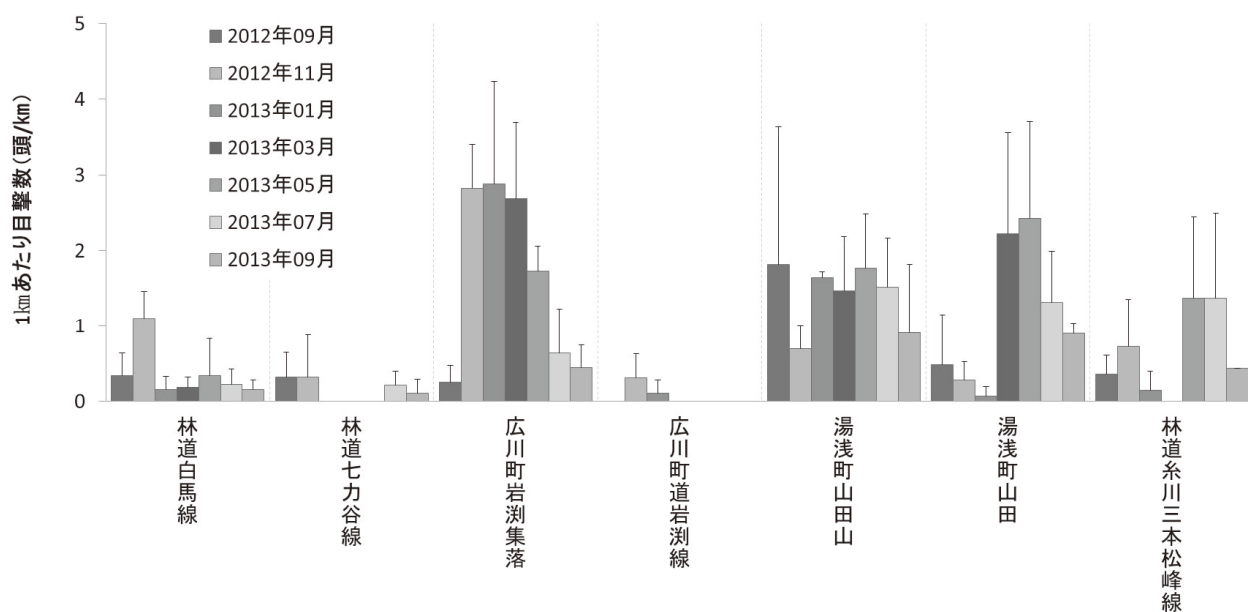
調査経路の区分別に1 kmあたりの目撃頭数をみると、有田地域では、広川町岩淵集落、湯浅町山田山、湯浅町山田で多い傾向がみられた(第12図)。広川町岩淵集落は11月から5月にかけて目撃頭数が多かった。湯浅町山田山は調査期間を通じて目撃頭数の多い傾向がみられた。湯浅町山田は3月から9月、特に3月と5月に目撃頭数が多かった。林道は全体的に目撃頭数が少なかったが、糸川三本松峰線では5月と7月に増加した。西牟婁地域では、白浜町玉伝と上富田町生馬で多くみられた(第13図)。白浜町玉伝では3月から7月、上富田町生馬では5月から9月と夏季を中心に多い傾向がみられた。田辺市太尾ノ嶺と田辺市三川は11月から3月までの限定的な結果であるが目撃頭数が少なかった。

地目別の1 kmあたりの目撃頭数をみると、有田地域では耕作放棄地と造成地で多かった(第14図)。耕作放棄地の多くはカンキツ廃園(第15図)で、3月、5月に多かった。造成地は湯浅町山田山の未利用大規模造成地(第16図)で特に多かった。西牟婁地域では伐採跡地・新規植栽地(第17図)と河川敷(第18図)で多かった(第19図)。伐採跡地・新規植栽地は5月、7月、9月に多く、特に7月は全調査地目中最大であった。



第11図 ニホンジカ調査月別の1kmあたり平均目撃頭数の推移

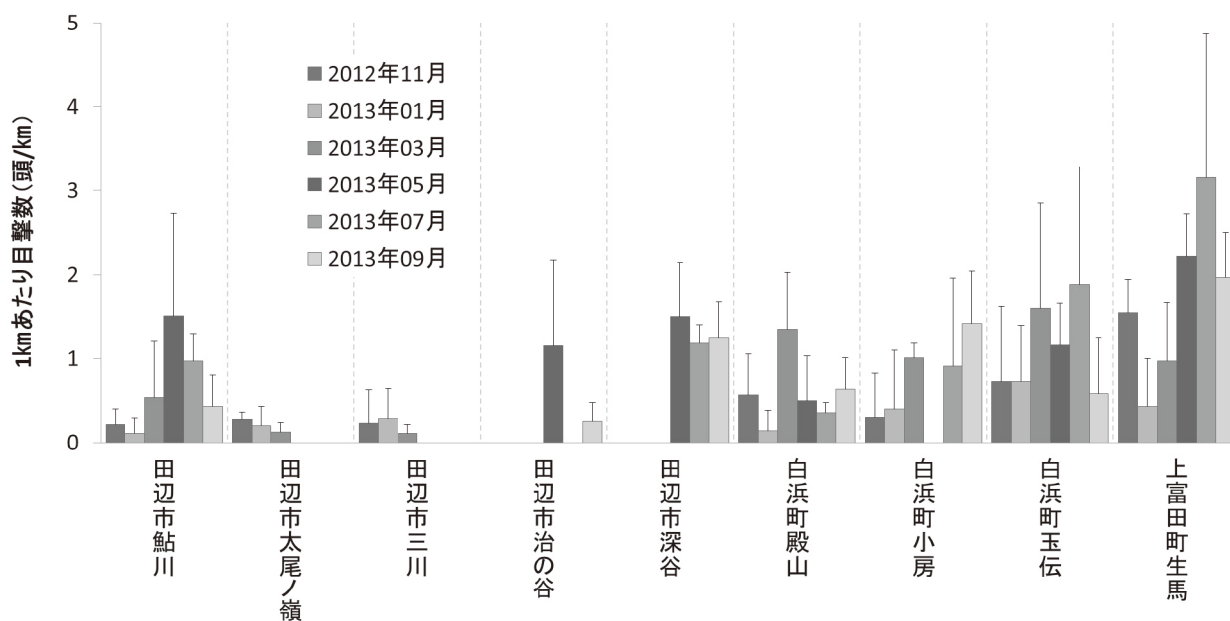
注) 図中のエラーバーは標準偏差を示す



第12図 有田地域の経路区分別のニホンジカの1kmあたり平均目撃頭数の推移

注) 図中の経路上の地名は便宜上設定したものである

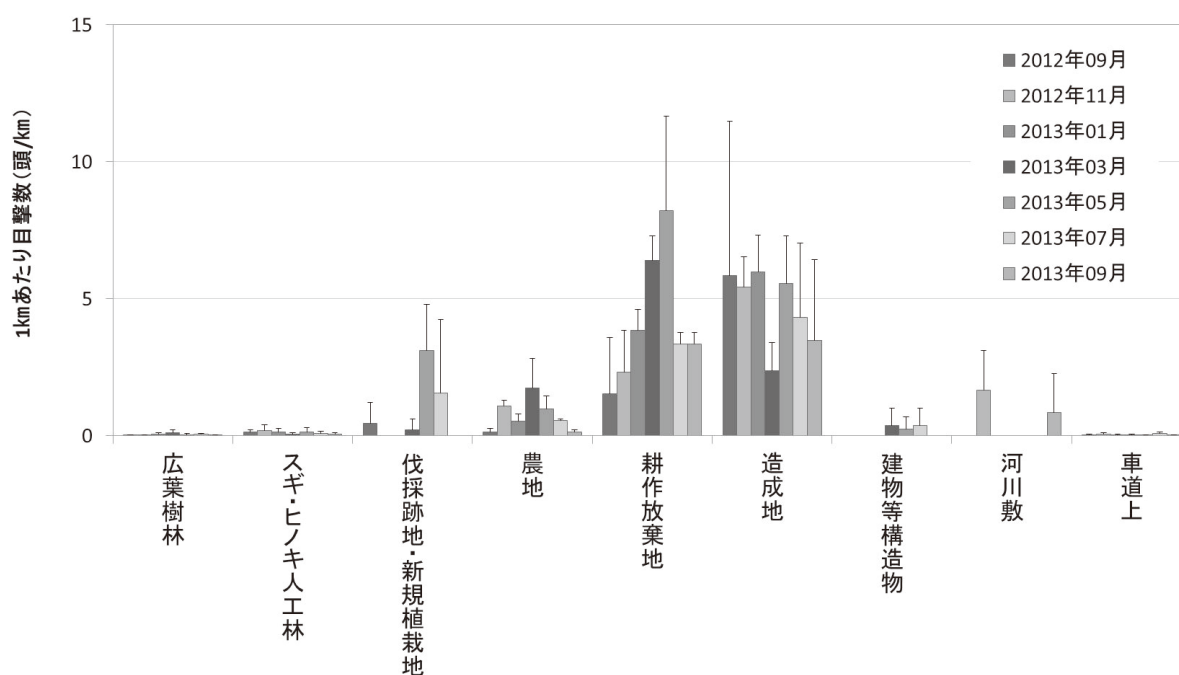
図中のエラーバーは標準偏差を示す



第 13 図 西牟婁地域における経路区分別のニホンジカの 1 kmあたり平均目撃頭数の推移

注) 図中の経路上の地名は便宜上設定したものである

図中のエラーバーは標準偏差を示す



第 14 図 有田地域におけるニホンジカの地目別の 1 kmあたり目撃頭数

注) 図中のエラーバーは標準偏差を示す



第15図 耕作放棄地（カンキツ廃園）



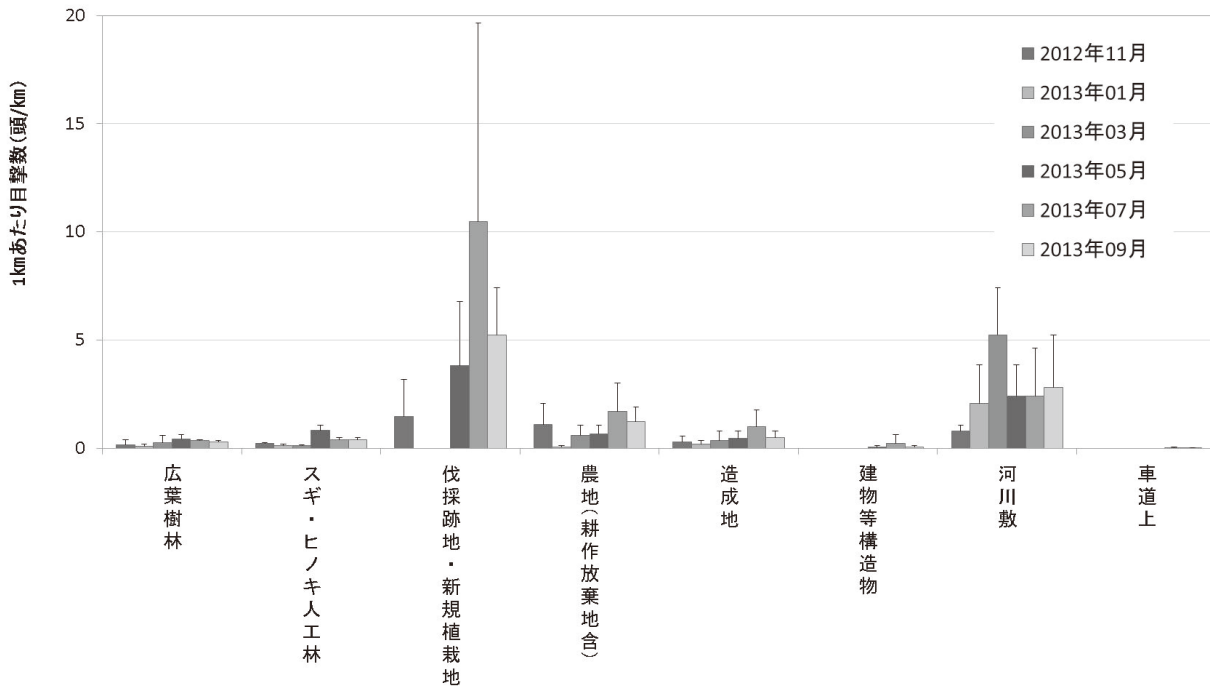
第16図 未利用大規模造成地



第17図 新規植栽地



第18図 日置川中流の河川敷



第19図 西牟婁地域におけるニホンジカの地目別の1kmあたり目撃頭数

注) 図中のエラーバーは標準偏差を示す

考 察

有田地域において、耕作放棄地で地目別の1kmあたりの目撃頭数が3~5月に増加する要因は、その時期が地域的な農閑期にあたるためだと考えられた。有田地域ではシカがカンキツ類の葉を好んで食べることが確認されており(法眼ら, 2013), 嗜好性の高い餌を求めて耕作放棄地であるカンキツ廃園に集まってくると考えられた。特に湯浅町山田で多く生産されているウンシュウミカンにはほぼ1月までに、晚柑類はだいたい3月に収穫が終了し、それ以降は山畑のカンキツ園への人(農家)の立ち入り頻度が低下し、その周辺にあるカンキツ廃園にシカが出没しやすい条件が整うと思われた。広川町岩淵集落は狭い山間地に水田が連なっており、稲作が終了した後の11月から稲作開始前の5月にかけてシカが集まってくることが窺えた(井上ら, 2006)。有田地域では、シカの行動は作物による農作業時期の違いといった人間活動の影響を受けていると考えられた。調査期間を通じて目撃頭数の多かった湯浅町山田には大規模な未利用造成地が複数存在し、餌となる植物が安定的に存在していると思われた。ただし、シカが毒のない在来種に食圧をかけているためか、キク科の有毒な外来種であるナルトサワギク(特定外来生物指定)の繁茂が目立つ。また、林道法面に餌を求めてシカが集まることが度々指摘されている(井上ら, 2006, 江口ら, 2013)。今回の調査ルートではシカの食害の影響でシロダモ、アセビ、ススキ、タケニグサ、ダンドボロギク、マツカゼソウ、ウラジロ、コシダなど不嗜好性植物が占有して繁茂しており(第20図)、餌が乏しくなっている状況がみられた(植田ら, 2013)。シカ自らが餌植物を減らしてしまっているため、林道法面は刈り払わなければ長期的な餌場とならないと考えられた。林道糸川三本松峰線で目撃頭数が5月と7月に増加したのは、経路の一部(集落付近)に農地や耕作放棄地が存在するた

めである。

西牟婁地域において1kmあたりの目撃頭数が時期により変化がみられ、2012年11月～2013年3月の目撃頭数が少ない傾向がみられた。この傾向は、トータル目撃頭数の多い伐採跡地・新規植栽地で顕著にみられた。伐採跡地・新規植栽地は森林内に比べて見通しが良く、猟場として適しているため、11～3月の猟期が要因の一つと考えられた。なお、西牟婁地域では古くから数多く分布するシカが狩猟の対象であったのに対し、近年シカが増えてきた有田地域ではシカが中心的な捕獲対象として位置づけられていないといわれている（狩猟者への聞き取り）。人工林の大規模伐採が行われた跡地では、伐採開始直後からシカが目撃頭数が急増する傾向にあることが観察された。伐採前の人工林は林冠がうっ閉しているため日光が林床まで届かないことと、シカによる食害の影響もあるためか下層植生が少ない。普通は草木類の多い場所にシカが集まってくるとされる（井上ら、2006）が、伐採直後には餌となる植物がほとんど無いにも関わらずシカの出没が多いのは、かなり近い将来の餌場候補（三浦、2003）である開空地を本能的に求めている可能性がある。河川敷は西牟婁調査地の日置川の中流域で多く目撃されたが、河川敷には増水のたび洗い流されるため餌となる植物はあまり存在していない。さらに日置川中～下流沿いの集落において「川沿いにシカが侵入してくる」との話を地元行政担当者から度々聞くことから、シカは河川敷を移動経路としている可能性があると考えられた。また、両調査地とも日置川以外の狭い河川敷や溪流沿いでは、シカがほとんど目撃されていないことから、河川や河川敷の規模が移動経路としての利用に影響しているのかもしれない。

本調査において、シカは有田地域ではカンキツ廃園（第15図）と未利用大規模造成地（第16図）に、西牟婁地域では伐採跡地・新規植栽地（第17図）と日置川中流の広い河川敷（第18図）に多く集まる傾向にあった。これらの場所は共通して開空的な環境であり、さらに餌となる植物が多いか、もしくは移動経路となる場所であると考えられる。以上、これらシカの習性を考慮することにより効率的なワナ捕獲が可能となることが期待される。群れで行動する習性のあるシカを一度に複数頭捕獲できる囲いワナは設置に平坦な広場が必要であり、未利用大規模造成地が適していると考えられる。それ以外の耕作放棄地や新規植栽地などのように、傾斜地の多い和歌山県で捕獲頭数を増やすためには、囲いワナだけではなく、小面積の平地に設置可能な箱ワナ、さらには傾斜地に設置可能なくくりワナの活用を検討していく必要がある。さらに、シカが目撃パターンには調査地間で地域性が大きくみられ、餌の有無や環境の違いだけではなく、地域で実施されている農業や狩猟などの人間活動が大きく関わっていると考えられる。そのためシカの捕獲に取り組む際は、地域毎にライトセンサスを実施してシカの行動を把握することが望ましい。



第 20 図 シロダモ等のシカ不嗜好性植物が繁茂する林道の法面

注) 林道白馬線 (広川町)

摘 要

和歌山県におけるシカの効率的捕獲のための基礎データを得るため、有田地域と西牟婁地域でライトセンサスを実施し、夜間における行動（特に群れる場所の特定）を明らかにした。

1. シカが夜間に群れる場所是有田地域と西牟婁地域で大きく異なり、和歌山県内でも地域性があることが明らかになった。
2. シカは夜間に開空的な環境によく集まり、有田地域ではカンキツ廃園と未利用大規模造成地、西牟婁地域では伐採跡地・新規植栽地と日置川中流の広い河川敷に集中する傾向がみられた。
3. 狩猟や栽培される作物等によってシカの出没時期などが変化する傾向がみられることから、シカの行動は生息地周辺で暮らす人間活動の影響を受けると考えられる。
4. シカの捕獲効率を上げるためには、地域毎にライトセンサスを実施してシカの行動を把握することが必要と思われる。
5. 今後、和歌山県でシカの捕獲を進めるためには、本調査で得られた結果を十分に考慮した「囲いワナ」や小面積の平地に設置できる「箱ワナ」、および傾斜地でも捕獲可能なくくりワナに関する捕獲技術のさらなる開発と普及が必要である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、関西大学非常勤講師の細田徹治博士にご指導いただいた。また調査にあたり、果樹試験場および林業試験場の多くの職員に協力いただいた。この場を借りて深く感謝の意を表す。

引用文献

- 江口祐輔・上田弘則・堂山宗一郎・山端直人・加瀬ちひろ・古屋益明・安田亮．2013．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．P. 84-85．株式会社誠文堂新光社．東京．
- 法眼利幸・植田栄仁・山本浩之．2013．和歌山県有田地域におけるニホンジカのライトセンサスおよび給餌試験．日本哺乳類学会 2013 年度大会プログラム・講演要旨：155．
- 井上雅央・金森弘樹．2006．山と田畑をシカから守る おもしろ生態とかしこい防ぎ方．P. 58-68．農山漁村文化協会．東京．
- 三浦慎悟．2003．農林業における野生獣類の被害対策基礎知識 ―シカ、サル、そしてイノシシー．P. 3．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．東京．
- 植田栄仁・法眼利幸・山本浩之．2013．和歌山県有田地域におけるニホンジカのライトセンサス．第 19 回「野生生物と社会」学会篠山大会プログラム・講演要旨：88-89．
- 和歌山県．2013．和歌山県ニホンジカ第二種特定鳥獣管理計画．和歌山．

スギノアカネトラカミキリ穿孔被害を受けたラミナを用いた 構造用集成材の曲げ強度特性

濱口隆章・山裾伸浩¹・森川陽平・城戸杉生²・宮本健治

和歌山県林業試験場

Bending Strength Properties of Structural Glued Laminated Timber Composed of Laminæ damaged by the Wood Boring Insect (*Anaglyptus subfasciatus*)

Takaaki Hamaguchi, Nobuhiro Yamasuso, Yohei Morikawa, Sugio Jyodo and Kenji Miyamoto

Forestry Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県において、スギノアカネトラカミキリによるスギ・ヒノキの穿孔被害（以下、「虫害」という。）が深刻な問題となっている。虫害材は製品材面に食害痕や変色を伴うことや、「アリクイ」や「トビクサレ」などの名称からイメージされる強度や耐久性に対する不安の声などから、利用が進んでいないのが現状である。

これらの問題に対応するため、当県では虫害材の強度特性（山裾ら, 2014a, 2014b, 2015）や、木材腐朽菌・シロアリに対する虫害材の耐朽性（高橋ら, 2014）について検討を行ってきた。また、他県産材においても虫害材の強度特性に関する検討（例えば倉本ら, 2011, 2013a, 2013b）が行われてきた。これらの結果を総じて言えば、腐朽や入り皮等の重大な欠点が存在しない条件では、穿孔による強度低下への影響は極めて小さく、虫害材の耐朽性についても健全材と遜色のない性能を有することが明らかになっている。

今回、虫害材の新たな用途開発の一つとして集成材に着目した。接着層に虫害部位を配置することで、外観上の欠点を解消することが可能と考えられるが、このような配置が強度に及ぼす影響については、これまでに検討された事例がなく不明である。そこで本研究では、虫害材ラミナを用いて、対称異等級構成集成材を作製し、その曲げ強度特性について検討を行った。

材料および方法

1) 供試ラミナ

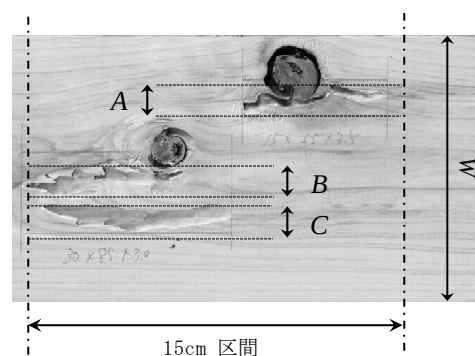
集成材の作製には、和歌山県産のスギ、ヒノキのラミナ（寸法：W115mm×T30mm×L3,000mm）を用いた。供試ラミナは広い面、すなわち接着面における中央部 600mm 区間（荷重点間）に虫害を含むものと、含まないものに予め選別し、「虫害」と「健全」の2つのグループに分けて集成材を作製し、比較することとした。選別後、集成材の日本農林規格（農林水産省告示第 1587 号, 2012, 以下、「集成材 JAS」という）の方法に基づき、ラミナの材縁節径比、曲げヤング係数を測定し、あわせて広い面の中央部 600mm 区間での虫害の程度を測定した。

¹現在：農林水産部林業振興課

²現在：東牟婁振興局地域振興部

2) 虫害の評価方法

虫害の定量的な評価方法として、これまでに断面変色率および材面変色率（吉野ら, 1987），食害長さおよび食害面積（倉本ら, 2011），集成材 JAS または製材 JAS の集中節径比に準じた虫害幅径比による方法（山裾ら, 2014b, 濱口ら, 2015）が報告されている．曲げ強度に影響する可能性がある虫害による断面欠損をある程度量的に評価できることや、評価のしやすさなどを総合的に判断し、今回は集中節径比に準拠した虫害の幅径比で評価する方法とした．この方法のうち、集成材用ラミナの虫害評価で用いられた既報の方法（山裾ら, 2014b）では、幅面の同じ 15cm 区間の両面の虫害幅で評価することになるが、節と異なり両面で欠点の対応関係が独立している虫害の場合、実質的に片面の評価になる場合が多く、各幅面における虫害の最大箇所での評価する方法と大きな相違がないと判断されたため、今回は製材 JAS（農林水産省告示第 1920 号, 2013）の集中節径比に準拠した虫害の最大幅径比（濱口ら, 2015, 第 1 図）として評価した．



虫害の最大幅径比(%)

$$= \frac{A + B + C}{W} \times 100$$

ただし A, B, C : 15cm区間に存在する各穿孔の幅径
W : 材幅

第 1 図 虫害の最大幅径比の評価

3) 集成材の作製

上記のラミナを用いて、グループごとに縦継ぎ無しの梁せい 150mm、幅 105mm、材長 3,000mm、5 プライの対称異等級構成集成材を作製した．なお積層構成の決定はラミナの機械等級のみで行い、ラミナの虫害の程度は考慮しなかった．またグループ間の集成材の強度等級とサンプル数は同じ条件になるようにした．今回作製した集成材の強度等級、試験体数の一覧を第 1 表に、集成材の積層構成を第 2 図に示す．

ラミナの積層接着は、水性高分子イソシアネート系接着剤（光洋産業㈱：主剤 KR-134、架橋剤 AX-200）を使用し、圧縮圧力 1.2N/mm²、圧縮時間 1 時間の条件で行った．なお、最外層ラミナは、原則として接着層側に虫害が含まれるよう積層接着した．

第 1 表 作製した集成材の強度等級および試験体数

樹種	強度等級	グループ	
		虫害	健全
スギ	E95-F270	1	1
	E85-F255	3	3
	E75-F240	3	3
	E65-F225	2	2
	E55-F200	2	2
	試験体 計	11	11
ヒノキ	E120-F330	1	1
	E105-F300	6	6
	E95-F270	3	3
	E85-F255	3	3
	試験体 計	13	13

スギ

L110 L90 L70 L90 L110	L100 L80 L70 L80 L100	L90 L70 L60 L70 L90	L80 L70 L60 L70 L80	L70 L60 L50 L60 L70
-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

E95-F270 E85-F255 E75-F240 E65-F225 E55-F200

ヒノキ

L140 L125 L110 L125 L140	L125 L110 L100 L110 L125	L110 L100 L90 L110 L110	L100 L90 L90 L90 L100
--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

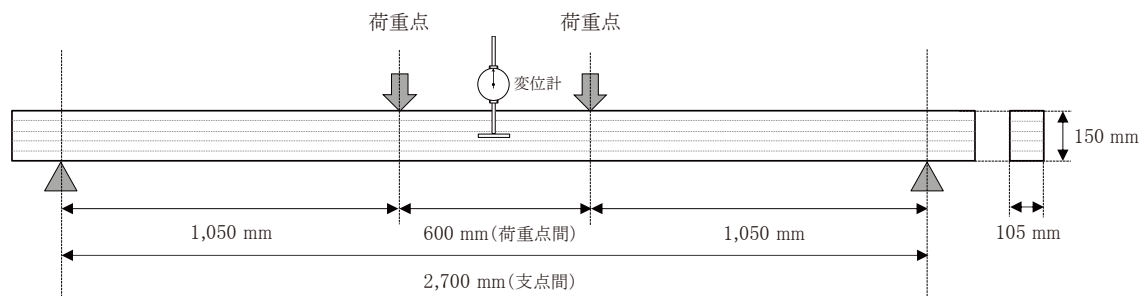
E120-F330 E105-F300 E95-F270 E85-F255

第 2 図 作製した集成材の積層構成

4) 試験方法

集成材の曲げ試験は集成材 JAS の曲げ A 試験の方法に基づき、支点間距離 2,700mm, 荷重点間距離 600mm の 4 点荷重方式とし、クロスヘッドスピードを 5mm/min で実施した。(第 3 図)

なお、試験前に縦振動法による動的ヤング率の測定を行い、曲げヤング係数については、スパン中央の全体たわみ量から、せん断の影響を含んだ見かけの曲げヤング係数として求めた。



第 3 図 曲げ試験の試験条件

結果および考察

今回作製した集成材の基本性能値を第 2 表に示す。スギ、ヒノキとも、見かけの密度については虫害のグループが高い値となっている。岸ら (2006), 山裾ら (2014b) の報告でも、虫害材が健全材に比べ、見かけの密度が高くなる結果が報告がされている。この理由の一つとして、スギノアカネトラカミキリによる穿孔部周辺の広い範囲で形成される傷害心材の存在があげられる。傷害心材部の抽出物量は健全材心材部と比べてスギで約 1.5 倍, ヒノキで約 2 倍 (高橋ら, 2014) 程度含まれ, これらの抽出物量は乾燥重量の 5~10% を占めることから, みかけの密度にも影響した可能性がある。また, 穿孔被害は材齢で概ね 22 年以下の未成熟材部 (原田, 1989) であり, 一般的に髓付近の容積密度が高いスギ, ヒノキから虫害材をサンプリングした場合に, 必然的に密度の高いサンプル

第 2 表 作製した集成材の基本性能値 (全体)

樹種	グループ (試験体数)		含水率 (%)	みかけの 密度 (kg/m ³)	平均年輪幅 (mm)	最外層ラミナ		E_{ff} (kN/mm ²)	MOE_{app} (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)
						材縁節 径比(%)	虫害の最大 幅径比(%)			
スギ	虫害 (n=11)	平均値	14.4	463	3.6	12.8	13.5	8.97	8.90	49.7
		最大値	14.8	481	5.8	23.0	23.0	10.4	10.6	66.5
		最小値	14.1	447	1.3	5.7	7.0	7.63	7.38	30.2
		変動係数(%)	1.6	2.2	26.3	47.2	34.7	10.4	12.4	21.2
	健全 (n=11)	平均値	14.1	442	3.7	13.2	—	9.00	8.95	49.3
		最大値	14.6	465	6.8	32.0	—	10.3	10.3	62.9
		最小値	13.4	402	1.2	0.0	—	7.70	7.40	38.9
		変動係数(%)	3.0	4.2	29.8	71.1	—	9.9	11.1	16.8
ヒノキ	虫害 (n=13)	平均値	15.4	580	2.9	21.6	12.9	12.6	11.8	55.2
		最大値	16.6	611	4.8	38.1	32.0	13.6	13.7	80.0
		最小値	14.7	548	0.4	13.0	5.0	11.3	10.2	40.7
		変動係数(%)	3.6	2.9	29.8	31.1	66.6	6.0	8.3	21.5
	健全 (n=13)	平均値	14.3	540	2.8	23.3	—	12.6	11.9	59.6
		最大値	15.1	599	4.8	39.0	—	14.0	13.2	81.8
		最小値	13.8	482	0.9	6.7	—	10.8	10.4	34.0
		変動係数(%)	3.1	6.9	33.2	46.2	—	8.3	8.3	21.5

ここで E_{ff} : 縦振動法による動的ヤング係数, MOE_{app} : みかけのヤング係数, MOR : 曲げ強度

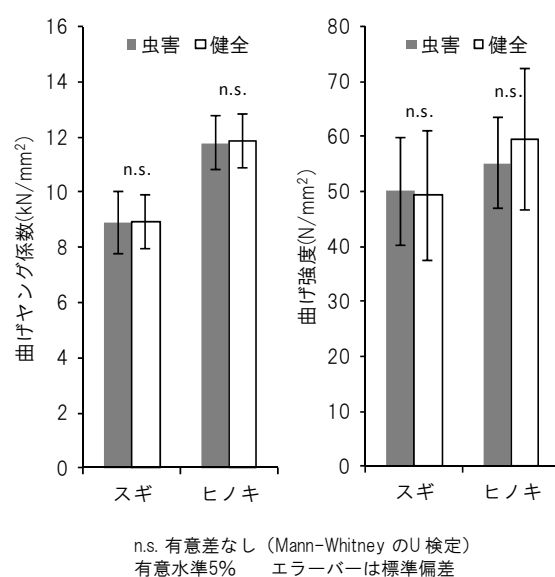
が多くなることも理由と考えられた。なお、最外層ラミナの材縁節径比については、集成材 JAS では 17%以下と規定されているが、今回は必要とする機械等級と虫害のラミナを確保することを優先させたため、集成材 JAS の規格外のラミナを一部含んでいる。このためヒノキの材縁節径比の平均値は、高めの値となっている。

今回試験を行った全ての試験体の曲げ強度は、集成材 JAS の対称異等級構成集成材の強度等級における基準強度を上回った（第3表）。また、スギ、ヒノキとも虫害と健全のグループ間で、曲げヤング係数、曲げ強度に有意差は認められなかった（第4図）。

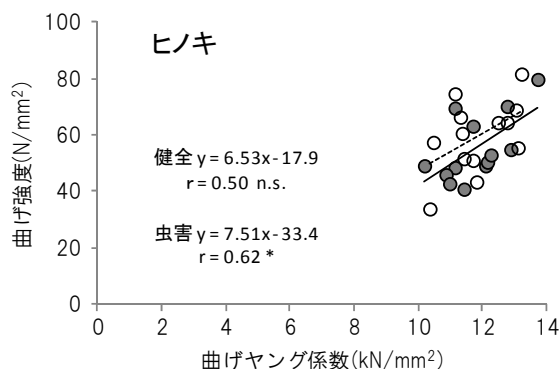
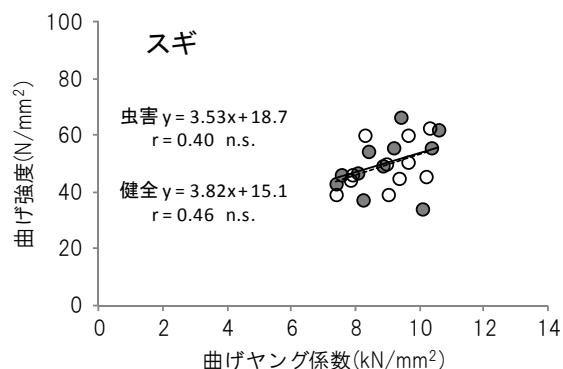
集成材の曲げヤング係数と曲げ強度の関係について検討した結果、ヒノキの虫害のグループで有意な正の相関が認められたが、それ以外では有意な相関が認められなかった（第5図）。

第3表 強度等級ごとの試験結果

樹種	強度等級	曲げ強度 (N/mm ²)		基準強度 (N/mm ²)
		虫害	健全	
スギ	E95-F270	平均値	55.5	59.9
		最大値	-	27.0
		最小値	-	
	E85-F255	平均値	47.1	56.4
		最大値	61.7	62.9
		最小値	30.2	50.0
	E75-F240	平均値	56.4	45.2
		最大値	66.5	50.3
		最小値	46.8	38.9
	E65-F225	平均値	45.9	52.4
		最大値	54.2	59.9
		最小値	37.5	44.9
ヒノキ	E55-F200	平均値	44.6	41.7
		最大値	46.3	44.1
		最小値	43.0	39.3
	E120-F330	平均値	80.0	68.9
		最大値	-	33.0
		最小値	-	
	E105-F300	平均値	54.8	60.8
		最大値	70.2	81.8
		最小値	40.7	50.9
	E95-F270	平均値	48.1	60.9
		最大値	52.9	74.5
		最小値	43.1	43.6
	E85-F255	平均値	54.9	52.7
		最大値	69.4	66.4
		最小値	46.4	34.0



第4図 曲げヤング率・曲げ強度の比較(全体)



● 虫害 ○ 健全 ——— 虫害 - - - - - 健全

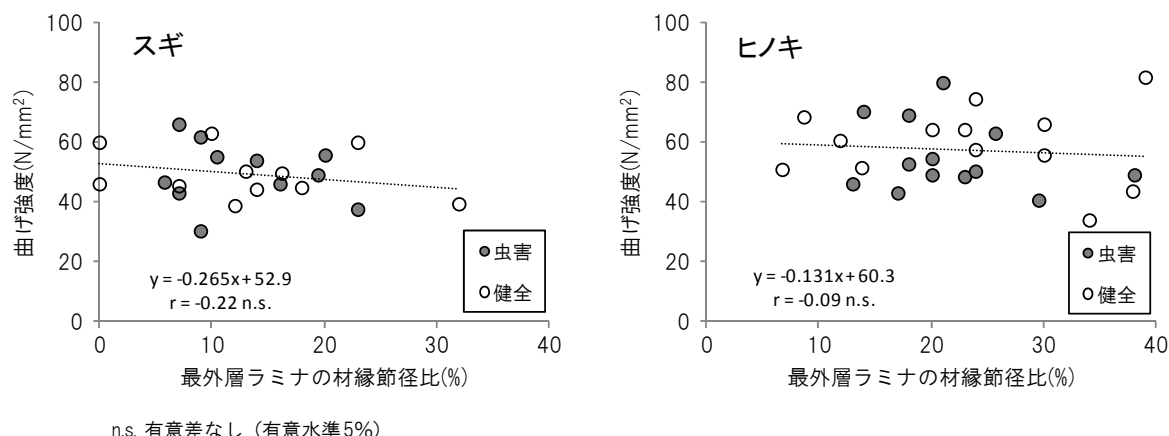
● 虫害 ○ 健全 ——— 虫害 - - - - - 健全

* 5%水準で有意, n.s. 有意差なし

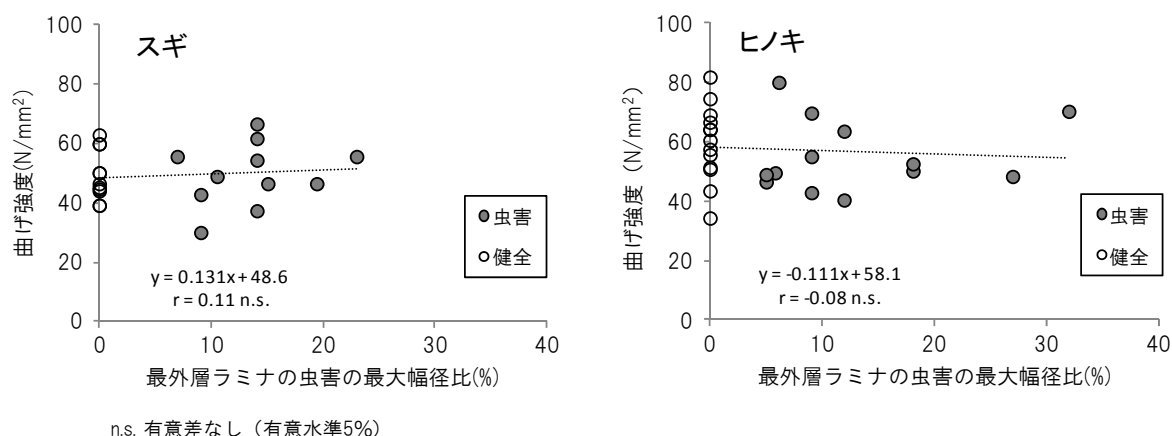
第5図 曲げヤング率と曲げ強度の関係

一般に木材では、曲げヤング係数と曲げ強度の間に正の相関が認められる場合が多いが、今回の集成材において有意な相関関係が認められなかった理由として、統計処理におけるサンプル数の問題に加え、最外層ラミナの材縁節径比のばらつきが大きかったことや、髓付近の未成熟材部から製材したと思われるラミナが相対的に多かったため、材質のばらつきも大きかった可能性があり、結果として同一強度等級における曲げ強度にばらつきが生じてしまったためと推察された。

次に集成材の曲げ強度性能に強く影響すると考えられる最外層ラミナの材縁節径比、虫害の最大幅径比と曲げ強度の関係について検討したところ、スギ・ヒノキとも、いずれの項目においても有意な相関は認められなかった（第6図、第7図）。



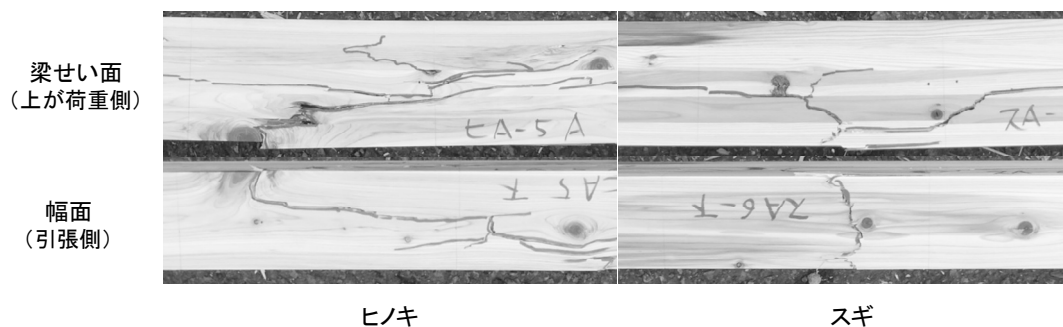
第6図 最外層ラミナの材縁節径比と曲げ強度の関係



第7図 最外層ラミナの虫害の最大幅径比と曲げ強度の関係

材縁節径比と曲げ強度の関係については、製材では有意な負の相関が認められる場合でも、決定係数が低い場合が多い（例えば、山裾ら, 2014b）。特に集成材の場合は積層効果もあるので、曲げ強度と最外層ラミナの材縁節径比の相関はかなり低くなるものと考えられた。また、虫害の最大幅径比が製材の曲げ強度に及ぼす影響については、正角材、平割材（エッジワイズ加力、フラットワイズ加力）において、一部で有意な負の相関が認められているものの、集中節、材縁節による影響と比較すると、その影響度は小さい（山裾ら, 2014b、濱口ら, 2015）。

このことから、接着層に虫害部位を配置した今回の集成材の場合では、虫害部ではなく離などの問題が生じない限り、虫害が曲げ強度へ及ぼす影響は更に小さくなると考えられた。そこで曲げ試験後の試験体の破壊形状を確認したところ、すべての試験体で引張側の最外層ラミナから破壊が開始していた。破壊起点の大部分は節であり、材料の性質上、節に虫害部位を含むケースはあったものの、虫害部位そのものが破壊起点となっているケースは確認されなかった。また、虫害部を含む接着層ではなく離も確認されなかった（第8図）。



第8図 曲げ試験後の試験体の破壊形状例

以上の結果から、集成材においても、虫害が曲げ強度に及ぼす影響は極めて小さいと考えられ、接着層に虫害部位を配置することで、健全材ラミナのみで構成した集成材と同等の曲げ強度を確保することが可能であることが明らかになった。

なお、集成材 JAS では、目視区分と等級区分機による方法で違いはあるが、集中節径比や幅面の材縁節径比の上限や、腐れ、割れ、変色、その他欠点等の事項でラミナの品質基準が設けられている。虫害材の特性上、集中節径比、材縁節径比が大きくなる傾向にあり、今回の試験においても虫害材ラミナでは材縁節径比で規格外のものが高い頻度で発生した。このことから、虫害材の利用においては、上記の品質基準に留意した適切な材料選別や、品質に応じた用途の選択が重要になると考えられる。

摘 要

スギノアカネトラカミキリの穿孔被害を受けたスギ、ヒノキのラミナを用いて構造用集成材を製作し、曲げ強度性能について検討を行った。結果、接着層に虫害部位を配置することによる曲げ強度への影響は確認されず、健全材ラミナのみで構成した集成材と比べ、遜色のない曲げ強度を有していることが明らかになった。

引用文献

- 岸久雄・並木勝義・中山伸吾. 2006. スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害材の有効利用技術の開発研究—アクリイ材の物性とその活用研究—三重県科学技術振興センター林業研究部業務報告書 43号 : P. 15.
- 倉本一紀・森田浩也・柴田寛・川上敬介・西村臣博・長尾範通. 2011. スギノアカネトラカミキリ

被害材の強度性能(第1報)ヒノキ正角材の材面の食害程度と強度との関係. 木材工業 Vol. 66, No. 6.

倉本一紀・森田浩也・柴田寛・川上敬介・西村臣博・長尾範通. 2013a. スギノアカネトラカミキリ被害材の強度性能(第2報)スギ正角材の材面の食害程度と強度との関係. 木材工業 Vol. 68, No. 2.

倉本一紀・森田浩也・柴田寛・植田幸秀・川上敬介・西村臣博・大久保嗣臣. 2013b. スギノアカネトラカミキリ被害材の強度性能(第3報)スギ厚板の材面の食害程度と強度との関係. 木材工業 Vol. 68, No. 10.

高橋孝悦・芦谷竜矢・森川卓哉. 2014. 「アカネ材利用促進のための技術開発」受託研究報告書. 山形大学農学部(内部資料, 成果の一部は, 和歌山県林試業報 No. 72 : P. 20-21, 2015 に掲載). 濱口隆章・城戸杉生・森川陽平・長尾博文・原田真樹・加藤英雄・井道裕史・小木曾純子・高田裕市. 2015. スギノアカネトラカミキリ穿孔被害を受けたスギ・ヒノキの強度評価. 日本木材加工技術協会第33回年次大会(札幌)講演要旨集 : P. 27-28.

原田公造. 1989. 異なる立木密度条件下で穿孔性害虫により発生した被害の解析—スギカミキリとスギノアカネトラカミキリ—. 岡山県林業試験場研究報告8号 : P. 1-13.

山裾伸浩・森川陽平・城戸杉生・長尾博文・原田真樹・加藤英雄・井道裕史. 2014a. スギノアカネトラカミキリ被害を受けたスギ, ヒノキ集成材用ラミナの縦引張り強度. 第64回日本木材学会大会(松山)研究発表要旨集 : P. 139.

山裾伸浩・森川陽平. 2014b. アカネ材利用促進のための技術開発(第1報)スギ, ヒノキ板材(ラミナ)の各種強度性能. 和歌山県林試業報 No. 71 : P. 25-26.

山裾伸浩・森川陽平・城戸杉生. 2015. スギノアカネトラカミキリ被害材の利用に関する研究—スギ・ヒノキ板材の曲げ強度および縦圧縮強度—. 和歌山県農林水研報3 : P. 131-146.

吉野安里・橋爪丈夫・吉田孝久・武井富喜雄. 1988. スギノアカネトラカミキリによる被害材の分類と品等区分. 長野県林業指導所業務報告. 昭和62年度 : P. 31-32.

集成材の日本農林規格. 農林水産省告示第1587号, 2012 : P. 28.

製材の日本農林規格. 農林水産省告示第1920号, 2013 : P. 25.

梅酢の種類および添加濃度を変えた梅酢投与マダイの 成長および抗病性

堅田昌英

和歌山県水産試験場

Growth and Disease Resistance of Red Sea Bream *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) Given the Feed Added the Juice of Salted Plums Which Changed the Kind and Addition Concentration

Masahide Katata

Wakayama Prefectural Fishery Experiment Station

緒 言

飼料価格の高騰や魚価の低迷等により、海面魚類養殖の経営は極めて厳しい状況にあり、その対策は喫緊の課題である。このため、養殖業者は経営の安定化を図るべく、製品の品質向上、高付加価値化および販売方法の改善等、様々な努力を行っている。

梅酢は本県の特産物である梅干の製造過程で大量に排出され、その処理が課題であり、有効な利用法が求められている。畜産分野では、食用鶏、採卵鶏へ梅酢を投与することにより、免疫能力、肉質、産卵能力および卵質の向上が確認されている（伊丹ら 2005, 伊丹ら 2006）。生産品は「紀州うめどり」、「紀州うめたまご」の商標で既にブランド食品として市場に流通している。また、水産分野では、梅酢を養殖マダイへ投与することにより、エドワジエラ症およびマダイイリドウイルス病に対する抗病性が示され、血中バイオディフェンス機能が上昇することが報告されている（堅田 2011）。梅酢を投与された養殖マダイは「紀州梅まだい」の商標で既に販売されており、ブランド化されている。

本研究では、梅酢投与マダイのブランド価値に多様性を付加することを目的として、梅酢の種類や配合飼料への添加濃度を変えて、養殖マダイへ投与した場合の成長や各種疾病に対する抗病性および血中バイオディフェンス機能について調べた。

材料および方法

梅酢添加配合飼料 梅酢は、脱塩濃縮処理により製造された「梅 BX70」および脱塩濃縮処理のコストを抑えて製造され、ミネラルの含有分が多い「梅 U55W」（ともに成分を第 1 表に示す。）を使用し、市販の配合飼料（EP）に 0.3 %または 0.5 %の割合で添加して、梅酢添加配合飼料を作製した。

第1表 梅BX70および梅U55Wの成分(100gあたり)

成 分	梅BX70 (pH1.6±0.2)	梅U55W (pH1.6±0.2)
水分	24.9 g	43.2 g
タンパク質	2.5 g	2.0 g
脂質	0.1 g	0.1 g
灰分	3.3 g	17.0 g
炭水化物	69.3 g	37.8 g
エネルギー	251 kcal	135 kcal
クエン酸	36.3 g	24.3 g
ナトリウム	1.21 g	5.26 g
カルシウム	56.2 mg	179 mg
カリウム	99.3 mg	1,590 mg
マグネシウム	47.8 mg	112 mg

試験区の設定 当試験場の試験筏(1生簀:3×3×3 m)に梅 BX70 0.3%区, 梅 BX70 0.5%区, 梅 U55W 0.5%区および対照区を設定し, 2009年6月22日にマダイ当歳魚(平均体重10.1 g)を270尾ずつ収容した。

1. 飼育試験 梅 BX70 0.3%区, 梅 BX70 0.5%区および梅 U55W 0.5%区には梅酢添加配合飼料, 対照区には市販の配合飼料(EP)を投与し, 2009年6月23日から10月末までは1日2回(朝・夕), 11月以降は1日1回(朝)の飽食給餌を週5日行い, 毎月, 魚体重の全測定を実施した。また, 魚体測定間の各期間中の増重量および給餌量から増肉係数を計算した。

2. 抗病性試験

1) マダイイリドウイルス病攻撃試験

(1) **供試マダイ** 2009年6月23日から2ヶ月間飼育試験を行った当歳魚を供した。なお, 供試魚のサイズは, 梅 BX70 0.3%区が平均体重61.6 g, 梅 BX70 0.5%区が同60.0 g, 梅 U55W 0.5%区が同57.2 gおよび対照区が同58.4 gであった。

(2) **供試ウイルス液** 和歌山県内の養殖業者から当試験場へ持ち込まれたマダイイリドウイルス病感染マダイ(当歳魚)から脾臓を取り出してマイクロテストチューブに入れ, 10倍量のPBS(-)を添加して攪拌ペッスルで磨砕した。その後, 3,000 rpm, 5分間の遠心分離を行い, 上清を0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過して供試ウイルス液とした。

(3) **同居感染実験** 2 t 円形水槽(水量1.5 t)に各区の供試マダイを20尾ずつ収容し, 砂ろ過海水で換水率を1回転/hr.とした。各区の供試マダイには標識を付けて区別できるようにした。その後, 前述のウイルス液を0.1 ml ずつ腹腔内注射接種したマダイ当歳魚(平均体重59.3 g)10尾を水槽内に同居させ, 感染源とした。実験期間中は絶食し, 死亡した供試マダイは速やかに取り上げ, 脾臓のスタンプ標本を作製してギムザ染色を実施し, 顕微鏡観察により異型肥大細胞を確認して, マダイイリドウイルス病による死亡であることを診断し, 21日間累積死亡率を追跡した。

2) エドワジエラ症攻撃試験

(1) 供試マダイ 2009年6月23日から3ヶ月間飼育試験を行った当歳魚を供した。なお、供試魚のサイズは、梅 BX70 0.3%区が平均体重 110.6 g, 梅 BX70 0.5%区が同 106.8 g, 梅 U55W 0.5%区が同 107.9 g および対照区が同 105.6 g であった。

(2) 供試菌株 和歌山県内の養殖業者から当試験場へ持ち込まれたエドワジエラ症感染マダイ (2歳魚) から分離された *Edwardsiella tarda* Ewing and McWhorter の野生株を TS ブイヨンに懸濁し、マダイ 1 歳魚 (平均体重 107.7 g) に 0.1 ml 腹腔内注射接種してエドワジエラ症を発病させ、腎臓から TS 寒天培地 (2 %NaCl) へ釣菌し、分離された株を *E. tarda* 攻撃菌株とした。

(3) 同居感染実験 2 t 円形水槽 (水量 1.5 t) に各区の供試マダイを 20 尾ずつ収容し、砂ろ過海水で換水率を 1 回転/hr. とした。各区の供試マダイには標識を付けて区別できるようにした。その後、前述の攻撃菌株を TS ブイヨンに懸濁し、0.1 ml ずつ腹腔内注射接種したマダイ 1 歳魚 (前述と同サイズ) 10 尾を水槽内に同居させ、感染源とした。実験期間中は絶食し、死亡した供試マダイは速やかに取り上げ、腎臓から TS 寒天培地 (2 %NaCl) へ釣菌を行って、エドワジエラ症による死亡であることを確認し、28 日間累積死亡率を追跡した。

3) バイオディフェンス検査

(1) 供試マダイ 2009年6月23日から4ヶ月間飼育試験を行ったマダイ当歳魚を供した。なお、供試魚のサイズは、梅 BX70 0.3%区が平均体重 138.2 g, 梅 BX70 0.5%区が同 134.1 g, 梅 U55W 0.5%区が同 130.9 g および対照区が同 132.8 g であった。

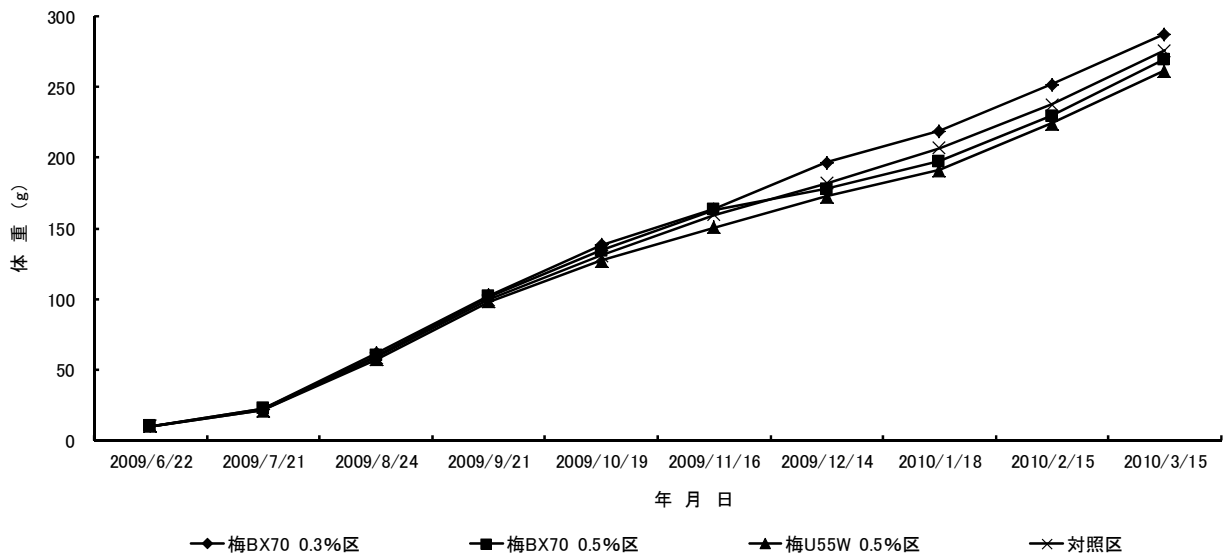
(2) 採血 ヘパリン処理した注射器 (1 ml) を用いて各区 5 尾ずつ心臓から 1 ml 採血した。なお、ヘパリンナトリウム溶液は 300 U/ml とした。

(3) バイオディフェンス検査 改良ポンドサイドキットマニュアル (社団法人 日本水産資源保護協会 1998) に従って、ヘモグロビン濃度、NBT 還元能、ポテンシャルキリング活性、血漿リゾチーム活性、白血球貪食能 (貪食率および貪食指数) およびヘマトクリット値を測定した。

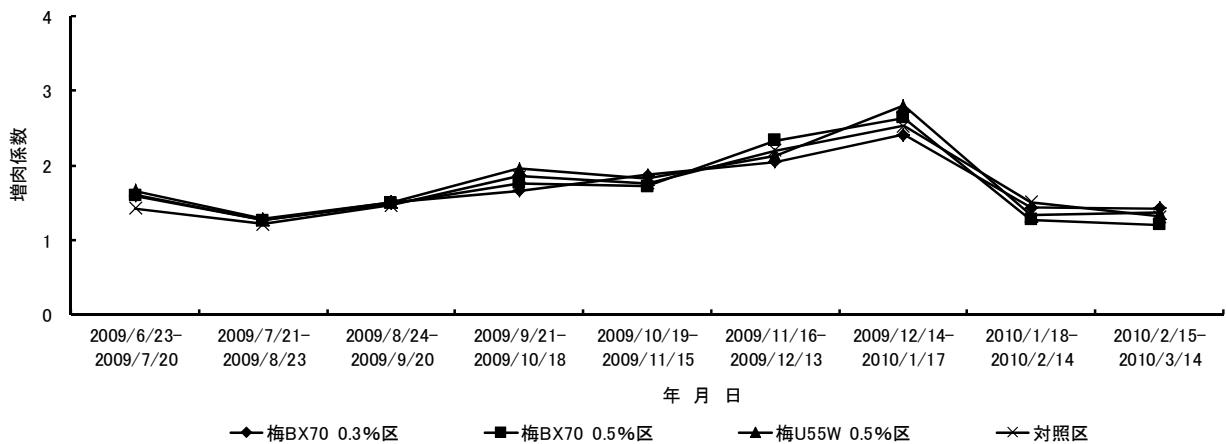
有意差の検定 累積死亡率は χ^2 検定、魚体測定結果およびバイオディフェンス検査結果はフィッシャーの LSD 法により有意差の検定を行った (新城 1996)。

結 果

1. 飼育試験 供試マダイ各区の魚体重の推移を第 1 図に、増肉係数の推移を第 2 図に示す。夏季から秋季にかけては各区の魚体重の増加に特に差は認められなかったが、12 月以降は梅 BX70 0.3 % 区の成長が最も良好になり、対照区、梅 BX70 0.5 % 区、梅 U55W 0.5 % 区の順に続いた。なお、増肉係数に関しては、各区とも試験期間中は同様の変動傾向を示しており、特に顕著な差は認められなかった。



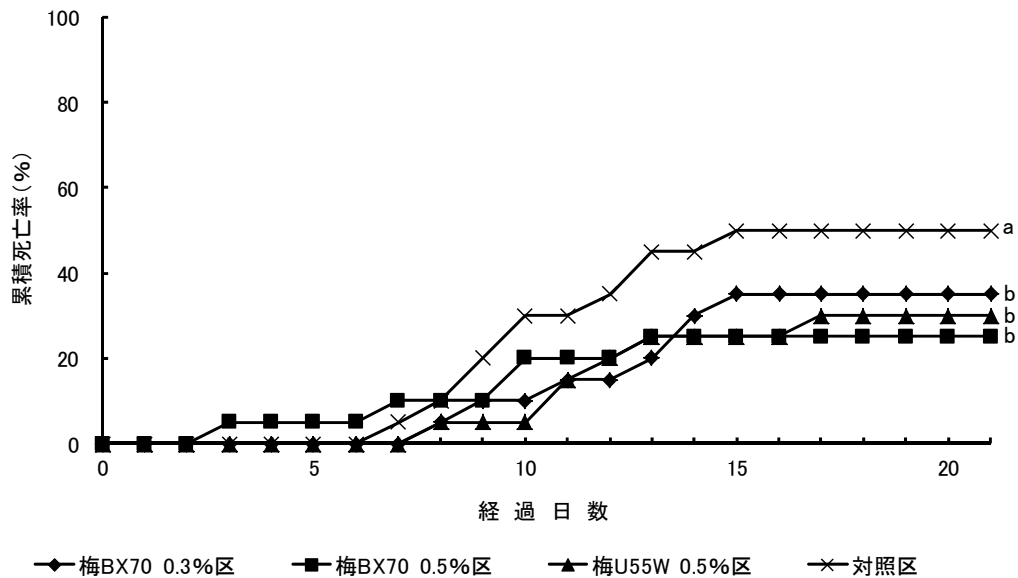
第1図 飼育試験中の供試マダイ体重推移



第2図 飼育試験中の供試マダイ増肉係数推移

2. 抗病性試験

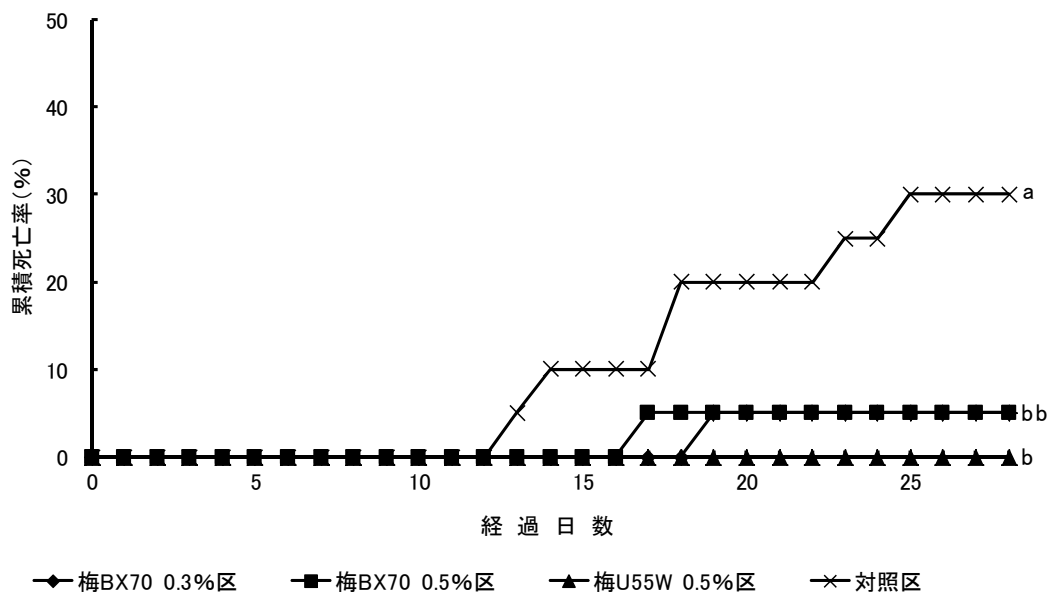
1) マダイイリドウイルス病攻撃試験 マダイイリドウイルス病攻撃試験による供試マダイの累積死亡率を第3図に示す。試験期間中の水温は25.0～26.7℃であった。対照区は7日目から死亡するようになり、累積死亡率が50%に達したのに対して、梅BX70 0.3%区は35%、梅BX70 0.5%区は25%および梅U55W 0.5%区は30%となり、対照区の累積死亡率は各種梅マダイ区よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。なお、各種梅マダイ区間の累積死亡率は、有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。



第3図 マダイイリドウイルス病攻撃試験による累積死亡率

※異なるアルファベット間では有意差あり($p < 0.05$)

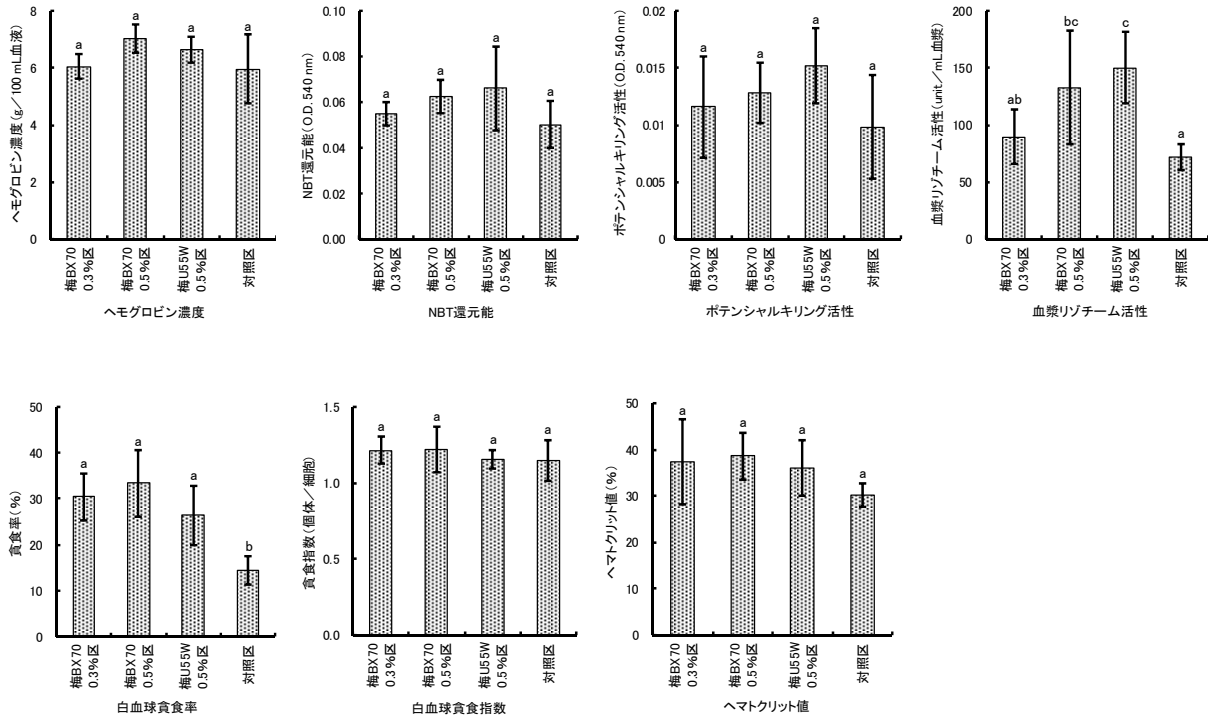
2) エドワジエラ症攻撃試験 エドワジエラ症攻撃試験による供試マダイの累積死亡率を第4図に示す。試験期間中の水温は23.3～25.3℃であった。対照区は13日目から死亡するようになり、累積死亡率が30%に達したのに対して、梅BX70 0.3%区および梅BX70 0.5%区は5%、梅U55W 0.5%区は0%であり、対照区の累積死亡率は各種梅マダイ区よりも有意に高かった ($p < 0.01$)。なお、各種梅マダイ区間の累積死亡率は、有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。



第4図 エドワジエラ症攻撃試験による累積死亡率

※異なるアルファベット間では有意差あり($p < 0.01$)

3) バイオディフェンス検査 供試マダイのバイオディフェンス検査結果を第5図に示す. ヘモグロビン濃度, NBT還元能, ポテンシャルキリング活性, 白血球貪食指数およびヘマトクリット値は, 全ての各種梅マダイ区が対照区より同等以上の数値を示したものの, 各試験区の間で有意差は認められなかった ($p>0.05$). 血漿リゾチーム活性は全ての各種梅マダイ区が対照区より活性が上がっており, 梅 BX70 0.5 %区および梅 U55W 0.5 %区は対照区よりも有意に高かった ($p<0.01$). また, 白血球貪食率は全ての各種梅マダイ区が対照区より高く, 有意差が認められた ($p<0.01$).



第5図 バイオディフェンス検査結果

※各グラフ中の異なるアルファベット間では有意差あり ($p<0.01$)

考 察

飼育試験において, 夏季から秋季にかけては各区の魚体重の増加に特に差は認められなかったが, 12月以降は梅 BX70 0.3 %区の成長が最も良好になり, 対照区, 梅 BX70 0.5 %区, 梅 U55W 0.5 %区の順に続いた (第1図). 従って, 成長への影響は梅 BX70 の 0.3 %の添加ならば問題ないが, 添加濃度が高くなると冬季の魚体重の増加スピードがやや遅くなり, 梅 BX70 よりもミネラルを多く含有する梅 U55W (第1表) では, この傾向がより強く現れるものと考えられた. 海水魚は, 体内の浸透圧が約 400mOsm/kg であり, 環境水 (海水) の浸透圧 (1,000mOsm/kg) を下回っており, 体内から水分が流出するため, 多量の海水を飲む (畑井ら 2007). 同時に, ミネラルが体内に侵入することから, エネルギーを使って能動的に過剰なミネラルを体外へ排出している (畑井ら 2007). ミネラルを多く含有する餌を投与すると, 能動的なミネラルの排出のために余分にエネルギーを費やす

必要があるため、梅 U55W を投与した区の成長が最も遅れたと考えられた。また、増肉係数に関しては、各区とも試験期間中は同様の変動傾向を示しており、特に顕著な差は認められなかった（第 2 図）。このことと上述の冬季における魚体重の増加結果を考え合わせると、冬季には梅酢の添加濃度が高くなれば魚の摂餌量が下がり、ミネラルの含有量が増えると更に摂餌量が低下するということと言える。この結果、梅 BX70 0.5 %区および梅 U55W 0.5 %区の冬季における成長が梅 BX70 0.3 %区よりもやや遅れたと考えられた。

マダイイリドウイルス病およびエドワジエラ症による攻撃試験では、対照区の累積死亡率は各種梅マダイ区よりも有意に高かった（第 3 図、第 4 図）。堅田（2011）は、梅 BX70 を 0.3 %配合飼料に添加してマダイに投与した研究で、マダイ当歳魚がマダイイリドウイルス病に対して、マダイ 3 歳魚がエドワジエラ症に対してそれぞれ抗病性を示すことを報告している。本研究では、マダイ当歳魚において、梅 BX70 0.3 %区のみならず、梅 BX70 0.5 %区および梅 U55W 0.5 %区でもマダイイリドウイルス病に対して抗病性が認められた。これは、梅 BX70 は配合飼料への添加濃度を 0.5 %に増加させても同等に抗病性を発揮することを示しており、ミネラルを多く含有する梅 U55W でも抗病性が証明された。更に本研究では、マダイ当歳魚でもエドワジエラ症に対して抗病性が認められた。これは、梅 BX70 の 0.3 %投与がマダイ 3 歳魚（堅田 2011）のみならず、マダイ当歳魚に対しても抗病性の向上に寄与することを示している。また、梅 BX70 は配合飼料への添加濃度を 0.5 %に増加させてもエドワジエラ症に対して抗病性を発揮することが示され、梅 U55W でも同等に抗病性が認められた。

薬用ハーブをモイストペレットに添加して当歳マダイに投与すると、ヘモグロビン濃度や血漿リゾチーム活性が対照区よりも有意に上昇し、*Vibrio anguillarum* Bergman の攻撃試験による累積死亡率が有意に低下することが報告されている（Ji *et al.* 2007）。また、梅 BX70 を 0.3 %配合飼料に添加してマダイに投与した研究では、当歳魚において、血漿リゾチーム活性および白血球貪食率が対照区よりも梅マダイ区の方が有意に高かった（堅田 2011）。本研究では、バイオディフェンス機能において各種梅マダイ区と対照区との間に差のない項目もあったが、白血球貪食率は各種梅マダイ区の方が対照区よりも有意に高かった（第 5 図）。また、血漿リゾチーム活性は梅 BX70 0.3 %区で対照区とは有意差が見られなかったものの、梅 BX70 0.5 %区および梅 U55W 0.5 %区は対照区よりも有意に活性が上がっていた（第 5 図）。本研究により、梅 BX70 を 0.3 %投与した場合のみならず、配合飼料への添加濃度を 0.5 %に増加させても、また、梅酢の種類を梅 U55W に変えても、マダイのバイオディフェンス機能が向上することが明らかになった。本機能の向上によって、病原体が魚体内に侵入するマダイイリドウイルス病およびエドワジエラ症に対して、抗病性を発揮した可能性が推察された。

各種梅マダイ区の中では、統計的な有意差は見られなかったものの、梅酢の種類に関わらず、添加濃度が高くなるとマダイイリドウイルス病による累積死亡率が低くなる傾向にあり（第 3 図）、バイオディフェンス能力も概ね高くなった（第 5 図）ことから、梅酢の添加濃度を高くした方が抗病性を向上させるものと考えられた。なお、エドワジエラ症に対する累積死亡率は、梅酢の種類や添加濃度による差が特に認められなかった（第 4 図）。これは、エドワジエラ症に対するマダイの感受性が影響を及ぼしているのではないかと推察される。マダイのエドワジエラ症は、養殖現場では主に 1 歳魚以上の大型魚を中心にして被害をもたらしている（黒原ら 2009）。すなわち、マダイ当歳魚は元々エドワジエラ症に対する感受性が低いため、梅酢の種類や添加濃度の違いによる抗病性効果の差が表面化しかなかったと考えられた。

摘 要

梅酢の種類および添加濃度を変えた配合飼料（EP）を給餌して飼育した各種梅マダイの成長および抗病性について検討した。飼育試験の結果、梅 BX70 0.3 %区の成長が最も良好だったが、増肉係数は各試験区の間で顕著な差は認められなかった。攻撃試験の結果、マダイイリドウイルス病およびエドワジェラ症については、各種梅マダイ区の方が対照区よりも累積死亡率が有意に低かった。また、血液中のバイオディフェンス機能を検査した結果、血漿リゾチーム活性や白血球貪食率が対照区よりも各種梅マダイ区の方が上昇しており、有意に高くなっている区も認められた。

本研究を進めるにあたり、データ収集にご協力いただきました和歌山県水産試験場の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 畑井喜司雄・宗宮弘明・渡邊翼. 2007. 魚病学 改訂第二版. P. 16-17., P. 27-28. 学窓社. 東京.
- 伊丹哲哉, 香川高士, 細川清, 吉村幸則. 2005. ニワトリの産卵性および卵質に及ぼす脱塩濃縮梅酢の影響. 日本家禽学会誌. 42 : 209-216.
- 伊丹哲哉, 上田雅彦, 香川高士, 黒田順史, 吉村幸則. 2006. 採卵鶏の免疫応答に及ぼす脱塩濃縮梅酢の影響. 日本家禽学会誌. 43 : 103-109.
- Ji, S.C., O. Takaoka, G.S. Jeong, S.W. Lee, K. Ishimaru, M. Seoka and K. Takii. 2007. Dietary medicinal herbs improve growth and some non-specific immunity of red sea bream *Pagrus major*. Fish. Sci. 73:63-69.
- 堅田昌英. 2011. 梅酢投与マダイの抗病性および血中バイオディフェンス機能. 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場研究報告. 2 : 20-23.
- 黒原健朗・木村喜洋・関口洋介・川合研児. 2009. エドワジェラ症原因菌の海水中での生存性とマダイ *Pagrus major* に対する毒性. 水産増殖. 57 : 227-232.
- 社団法人 日本水産資源保護協会. 1998. 平成9年度バイオディフェンス機能活用健康魚づくり技術開発事業研究成果実績報告書. P. 4-12. 東京.
- 新城明久. 1996. 生物統計学入門—計算マニュアル—. P. 50-53., P. 110-112. 朝倉書店. 東京.

学 会 誌 掲 載 論 文 抄 録

Scientia Horticulturae. 192: 331-337. 2015.

Organ-dependent seasonal dynamism of three forms of carbohydrates in Japanese apricot

Yasuhisa Tsuchida¹, Hiroshi Yakushiji², Noriaki Jomura¹, Mieko Okamuro¹, Kei Nakanishi¹, Fumiyuki Goto³, Toshihiro Yoshihara³

¹*Japanese Apricot laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Minabe, Wakayama 645-0021, Japan*

²*Grape and Persimmon Research Division, NARO Institute of Fruit Tree Science, Higashi-Hiroshima 739-2494, Japan*

³*Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko 270-1194, Japan*

Abstract

Changes in concentration of carbohydrates in three forms—soluble sugars, starch, and cell-wall material (CWM) assimilated each month from summer (August; 2 months after harvest) to late fall (November; just before defoliation)—in organs of Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold et Zucc.) Nanko were determined until May of the following season by providing $^{13}\text{CO}_2$. ^{13}C concentrations in the nonstructural carbohydrates (soluble sugar and starch) in the foliar and flower buds were higher than those in the current twigs and fine roots, suggesting that these organs are large sinks of reserve carbohydrates. However, they decreased sharply along with growth and were low in all the organs at the beginning of May. In contrast, a large amount of ^{13}C was fixed in the CWM of older twigs. These results indicate that reserve carbohydrates contribute to the growth of young shoots and fruits until the beginning of May, after which their growth depends on current assimilates. Carbohydrates assimilated in August–November were mainly transported to twigs, roots, trunk, and flowers, respectively. These findings show that carbohydrates assimilated in each month contribute to different organs. Thus, leaves should be maintained healthy until defoliation to produce substantial amounts of carbohydrate reserves for stable fruit production from Japanese apricot tree.

ウメ樹の各器官中の 3 形態の炭水化物の季節変化

8 月から落葉直前の 11 月までの各月にウメ‘南高’樹体に安定同位体 ^{13}C を含んだ二酸化炭素を与えた。各器官中の 3 つの形態の炭水化物（可溶性糖，デンプン，細胞壁）に含まれた ^{13}C の濃度変化を翌年 5 月まで測定した。花芽および葉芽中の可溶性糖およびデンプン中の ^{13}C 濃度は，当年枝や細根に比べて高かった。このことは，花芽と葉芽は貯蔵炭水化物の強いシンクであることを示唆している。しかし，これらの器官中の ^{13}C は生育にともなって大きく減少し，翌年 5 月には器官中で最も低くなった。一方で古い枝の細胞壁に ^{13}C が高い濃度で存在しており，樹体中の全 ^{13}C の約 7 割という高い割合であった。これらの結果は，前年の貯蔵炭水化物は，糖やデンプンの形態で主に新梢や幼果の生育に利用されるが，5 月以降はほとんどが細胞壁に固定されるため，新梢や幼果の生育は当年に合成された炭水化物に依存することを示している。8，9，10，および 11 月の各月に合成された炭水化物中の ^{13}C は，それぞれ主に枝，根，幹および花で濃度が高かった。この結果は，炭水化物は合成された月によって貢献する器官が異なることを示している。よって，ウメの安定生産のためには，葉を落葉期まで健全に維持することが重要である。

カシノナガキクイムシによるウバメガシの穿孔被害と被害軽減対策の開発

大谷栄徳¹・山下由美子¹・栗生剛²・衣浦晴生³・長谷川絵里³

¹和歌山県林業試験場 649-2103 和歌山県西牟婁郡上富田町生馬 1504-1

²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

³国立研究開発法人森林総合研究所関西支所 612-0855 京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎 68

Mass attack of *Platypus quercivorus* to *Quercus phylliraeoides* and development of the damage mitigation methods

Eitoku Otani¹, Yumiko Yamashita¹, Tsuyoshi Kuriu², Haruo Kinuura³, Eri Hasegawa³

¹Wakayama Forestry Experiment Station, 1504-1 Ikuma, Kamitonda, Wakayama 649-2103

²Wakayama Prefecture Agriculture, Forestry and Fisheries Department, 1-1 Komatsubara, Wakayama 640-8585

³Forest Health Group, Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 68
Nagaikyutaro, Momoyama, Fushimi, Kyoto 612-0855

摘 要

本県のカシノナガキクイムシ（以下カシナガ）は、太平洋型個体群であることが明らかになっているが、ウバメガシにおけるカシナガ成虫の発生時期などの研究事例は少ない。そこで本研究は、ウバメガシにおけるカシナガの発生状況、穿孔被害を受けたウバメガシの処理方法がカシナガ発生に及ぼす影響を明らかにするため行った。ウバメガシの径別の発生は、穿入生存木のうち、大径木(平均胸高直径 20.0cm)と小径木(平均胸高直径 11.0cm)では、成虫発生期間に違いは見られず、また、穿入孔あたりの平均発生頭数についても、ほとんど違いが見られなかった。穿入生存木の処理別の成虫発生頭数を見ると、カシナガの繁殖成功孔率（成虫発生孔数/調査孔数×100）は、生立木区・切株区が高く、伐倒木区は低かった。また、調査孔当たりの成虫発生頭数は、切株区＞生立木区＞伐倒木区の順に多かった。ウバメガシ林におけるカシナガ被害対策は、穿入生存木の径級に関わらず駆除対象とすること、穿入生存木を伐倒する際は、地際で伐採し、切株を低くすることが被害軽減につながるということがわかった。特に、ウバメガシの穿入生存木を4月までに伐倒するだけで、カシナガの発生を抑制できることを明らかにした。穿入生存木を伐倒し、現場に残置するという極めて簡易な手法であり、かなりの労力軽減・低コスト化を図れるとともに、取り入れやすい駆除方法となる。

養殖トラフグとマダイにおける粘液胞子虫性やせ病原因虫の検出状況

堅田昌英*・奥山芳生・小久保友義・中西 一

和歌山県水産試験場

(2015 年 7 月 8 日受付)

要旨—養殖トラフグおよびマダイにおける粘液胞子虫性やせ病原因虫について、2014 年 6 月から 1 年間にわたって PCR 法による検出状況を調査した。トラフグでは、6 月下旬から重度の発病が見られ、*Enteromyxum leei* が検出されたが、15°C 以下の低水温期には潜伏感染の状態になることが示唆された。一方、*Sphaerospora fugu* は 7 月下旬から翌年 6 月まで継続して検出され、2 月から 5 月の軽度の発病の原因になることが示唆された。マダイでは、低水温期の 1~2 月に *E. leei* によるやせ病が発生し、病魚の平均肥満度は 22 を下回った。トラフグ養殖生簀とマダイ養殖生簀は近接していたにも関わらず、トラフグからマダイへ容易に水平伝播が成立しなかったことから、マダイはトラフグに比べて *E. leei* に対する感受性が低いのではないかと推察された。

キーワード：粘液胞子虫性やせ病, *Enteromyxum leei*, *Sphaerospora fugu*, トラフグ, マダイ

*連絡者

E-mail: katata_m0002@pref.wakayama.lg.jp

〒649-3503 和歌山県東牟婁郡串本町串本 1557-20

和歌山県水産試験場

英語タイトル : Detection of enteric myxozoans causing the emaciation disease of cultured tiger puffer and red sea bream

冷水病に罹患したアユから分離された *Flavobacterium psychrophilum* において確認されたコラゲナーゼの発現

中山仁志¹・田中啓友²・寺村直子²・服部俊治^{2,3}

¹和歌山県水産試験場内水面試験地 649-6112 和歌山県紀の川市桃山町調月 3 2 - 3

²株式会社ニッピバイオマトリックス研究所 302-0017 茨城県取手市桑原 5 2 0 - 1 1

³一般財団法人日本皮革研究所 120-8601 東京都足立区千住緑町 1 - 1 - 1

Expression of Collagenase in *Flavobacterium psychrophilum* Isolated from Cold-Water Disease-Affected Ayu (*Plecoglossus altivelis*)

Hitoshi Nakayama^{1*}, Keisuke Tanaka², Naoko Teramura², and Shunji Hattori^{2,3}

¹Department of Freshwater Fisheries, Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station,
32-3 Momoyama-cho Tsukatsuki, Kinokawa, Wakayama 649-6112, Japan

²Nippi Research Institute of Biomatrix, 520-11 Kuwabara, Toride, Ibaraki 302-0017, Japan

³Japan Institute of Leather Research, 1-1-1 Senju-Midoricho, Adachi, Tokyo 120-8601, Japan

摘要

冷水病に罹患したアユ (*Plecoglossus altivelis*) から分離された冷水病菌 *Flavobacterium psychrophilum* においてコラゲナーゼ及びその遺伝子 (*fpcol*) が機能していることを見出した. コラゲナーゼの発現量は冷水病を発病したアユの累積死亡数と関連していた. 逆転写リアルタイム PCR と人為感染試験によって, アユからの分離株である WA-1 株は WA-2 株よりも, *fpcol* 遺伝子発現量が多く, アユに対する致死性が高いことが示された. 一方, アマゴからの分離株である WB-1 株は *fpcol* 遺伝子が機能しておらず, アユに対する致死性を示さなかった. 既往の研究では, 金属プロテアーゼ (Fpp1 及び Fpp2 の 2 種類) が良く研究され, これらが冷水病における毒素として機能すると考えられてきた. しかし, アユに対してより高い致死性を示した WA-1 株では, *fpp* 遺伝子が欠失変異やトランスポゾンの挿入によって機能しておらず, プロテアーゼ活性を示さなかった. アユに対する致死性がより弱かった WA-2 株では, Fpp1 のみが機能しておりプロテアーゼ活性を示した. これらの結果から, Fpp プロテアーゼではなく, コラゲナーゼがアユ冷水病における毒素として機能している可能性が高い.

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第 4 号

発行	平成 2 8 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
印刷所	株式会社おかだプリント
