

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

NO.2 March 2014

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第2号

平成26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】

黄色土水田におけるケイ酸質資材の施用中止が水稻収量と水田土壌に及ぼす影響 林 恭弘・橋本真穂・久田紀夫	1 ~ 6
外気導入型細霧冷房が夏季ハウス内環境およびミニトマトの生育・収量に及ぼす影響 東 卓弥・西森裕夫・神谷 桂・奥野憲治	7 ~ 14
細粒黄色土普通畑における土壌改良資材の長期連用効果 橋本真穂・林 恭弘・久田紀夫・森下年起	15 ~ 28
イチゴ高設栽培での細霧冷房および送風処理が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響 田中寿弥・東 卓弥・神谷 桂	29 ~ 40

【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‘紀州ファインラベンダー’の育成経過とその特性 小川大輔・宮本芳城・藤岡唯志	41 ~ 48
大茭エンドウ夏まき年内どり作型における早生品種の選定と低コスト省力施肥技術 川西孝秀・松本比呂起・楠 茂樹	49 ~ 62

【果樹試験場】

ジベレリン・プロヒドロジャスモン混用散布による早生・中生ウンシュウミカンの浮皮軽減 中谷 章・山田芳裕・萩平淳也	63 ~ 74
和歌山県果樹栽培地域におけるイノシシの摂食行動調査とカンキツ果実被害について 法眼利幸・山本浩之・森口幸宣	75 ~ 94

【果樹試験場うめ研究所】

¹⁵ N利用による窒素の施肥時期とウメの吸収特性 岡室美絵子・佐原重広・横谷道雄・嶋田勝友・鯨 幸和	95 ~ 104
ウメ‘南高’における窒素施用量の違いが果実の熟度と機能性成分含量および梅酒品質に及ぼす影響 城村徳明・岡室美絵子・大江孝明	105 ~ 114
ウメ‘南高’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発 大江孝明・岡室美絵子・根来圭一・北村祐人・小西博文・原 大輔	115 ~ 124
ウメ‘南高’における施肥量の違いが果実および梅酒の品質に及ぼす影響 大江孝明・岡室美絵子・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・城村徳明・土田靖久	125 ~ 136
ウメ‘南高’における栽培土壌の違いが果実の機能性成分に及ぼす影響 大江孝明・岡室美絵子・土田靖久・城村徳明	137 ~ 144

【林業試験場】

高温セット処理した心持ちスギ・ヒノキ正角材の温室利用による乾燥効果 森川陽平・山裾伸浩・城戸杉生	145 ~ 158
---	-----------

【学会誌掲載論文抄録】

- 携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用
大江孝明・櫻井直樹・土田靖久・中西 慶・細平正人 159
- ウメ‘露茜’果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分含量に及ぼす影響
大江孝明・竹中正好・櫻井直樹・根来圭一・古屋挙幸・岡室美絵子・土田靖久 160
- 連作障害対策のためのウメ園地改植方法の検討ー各種木質系炭化物（バイオ炭）の評価
橋本千賀子・大江孝明・水口裕介・西原英治 161

黄色土水田におけるケイ酸質資材の施用中止が 水稲収量と水田土壌に及ぼす影響

林 恭弘・橋本真穂・久田紀夫¹

和歌山県農業試験場

Effect of Interruption of Silicate Material Application on Rice Yield and Soil Property in Yellow Soil Paddy Field

Yasuhiro Hayashi, Maho Hashimoto, Norio Hisada¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒言

ケイ酸は水稲の生育に必要不可欠な養分であり、水稲が吸収する無機養分の中で最も多い。増収、受光態勢維持、光合成促進、耐倒伏性と耐病性の付与等（奥田・高橋，1961，間藤ら，1991，安藤ら，1998），高温下における品質向上（金田ら，2010）に寄与し，高品質・良食味米の安定多収のため，ケイ酸資材の施用が推奨されている（藤井・佐藤，2013）。

しかし，農業生産現場では，米価の低下と資材価格の上昇に伴う収益性確保のため，生産資材費の低減が課題となっており，特にケイ酸資材の施用量は近年減少傾向で（青山ら，2008），代表的なケイ酸資材である鉍さいケイ酸質肥料の出荷実績も年々減少している（藤井・佐藤，2013）。

ケイ酸の連用効果は，河川流域の水田地帯に多い土壌である灰色低地土の水田において，300kg/10a を 6 年間連用した場合（岩田ら，1987）や単年度に 600kg/10a を施用した場合（岡山，1991）に 2～3 年の残効が認められる。長期間ケイ酸資材を連用した水田土壌では，可給態ケイ酸は蓄積しているが（林・森下，2001・2002），その残効について検討した事例は少ない。

そこで，水稲単作栽培の黄色土（和歌山県内の台地水田地帯に分布する土壌）水田において，30 年間「鉍さいケイ酸質肥料」と「熔成リン肥」を連用し，その後これら資材の施用を中止した際の土壌や水稲に及ぼす影響について調査した結果を報告する。

材料および方法

1. 供試ほ場

和歌山県農業試験場（紀の川市貴志川町高尾 160 番地）内の黄色土水田で試験を行った。土壌は洪積土壌で細粒黄色土・斑紋あり（3 次分類：細粒質台地黄色土，強粘質）に分類され，減水深は小さい。作土層の深さは 15cm 程度で，土性は CL である。下層土は LiC で，70cm 以下に腐朽礫を

¹現在：和歌山県環境生活部食品・生活衛生課

含むC層が出現する。

2. 試験方法

1) 試験区

1966年の農業試験場移転に伴い新規水田を造成し、1967年に1作目の水稻を均一栽培した後試験を実施した。1968～1997年には水稻単作栽培で品種‘日本晴’を6月中旬に移植、10月上旬に収穫を行った。1968～1984年には施肥量をN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ9.0、9.8、10.7kg/10a、1985～1997年はそれぞれ9.2、6.9、11.2kg/10aとした。この間ケイ酸資材を連用したケイ酸資材区と無施用区の2区を設定した。ケイ酸資材区には、秋に鉱さいケイ酸質肥料（製品名：ケイカル、SiO₂30%、MgO3%、アルカリ分44%）300kg/10aと熔成リン肥（製品名：ようりん、SiO₂20%、P₂O₅20%、MgO15%、アルカリ分50%）100kg/10aを施用し、無施用区には、土壌酸度矯正のため、秋に消石灰100kg/10aを3回施用した。栽培面積は1区100m²、1連制で試験を行った。30年間の水稻の平均収量はケイ酸資材区が543kg/10aであり、無施用区が512kg/10aであった。

1998年～2007年は両区ともケイ酸資材、石灰資材を無施用とし、水稻単作栽培を行った。なお、データ欠落のため、5、6年後の調査を行っていない。

2) 耕種概要

水稻品種‘キヌヒカリ’を6月中旬に移植、9月下旬に収穫した。稚苗機械移植で栽植密度は18.5本/m²とした。施肥は基肥全量施肥で、N、P₂O₅、K₂Oを各8kg/10a施用した。病虫害防除等の一般管理は当地域慣行栽培に準じた。水稻栽培後の秋～春期は雑草やレンゲが繁茂する不耕起の乾田状態で管理し、5月に2回耕起を行った。土壌の移動を防ぐため、試験区を畦シートで囲って代かきを行った。ケイ酸資材施用中止時の土壌理化学性は第1表のとおりである。

3) 調査方法

精玄米重は、収穫時期に1区あたり2.7～3.6m²を刈り取り算出した。1997年水稻収穫後の土壌（施用中止後）から、10作終了後（2007年収穫後）までの各年度の土壌理化学性を調査した。土壌は水稻収穫後に作土層より対角線採土法で1区当たり5ヵ所の土壌を均一に採土した。稲わらと穂のケイ酸含有率は、ほ場より平均的な株を5株採取し、分析に供試した。

分析項目：pH：ガラス電極法・H₂O、腐植：乾式燃焼法 T-C×1.724、石灰・苦土：交換性石灰・苦土：pH7酢酸アンモニウム抽出・原子吸光法、カリ：交換性加里：pH7酢酸アンモニウム抽出・炎光法、リン酸：可給態リン酸：トルオーグ法、ケイ酸：可給態ケイ酸：湛水保温静置法。わら・穂のケイ酸含有率：重量法。土壌・植物体の採取と分析は、土壌、水質及び植物体分析法（日本土壌協会、2001）に準じて行った。

第1表 ケイ酸資材施用中止時の土壌理化学性（1997年）

処理区	pH 1:2.5	腐植 %	石灰 mg/100g	苦土 mg/100g	カリ mg/100g	リン酸 mg/100g	ケイ酸 mg/100g
ケイ酸資材	7.0	2.1	239	41	8	70	13
無施用	5.3	2.1	80	15	8	12	2

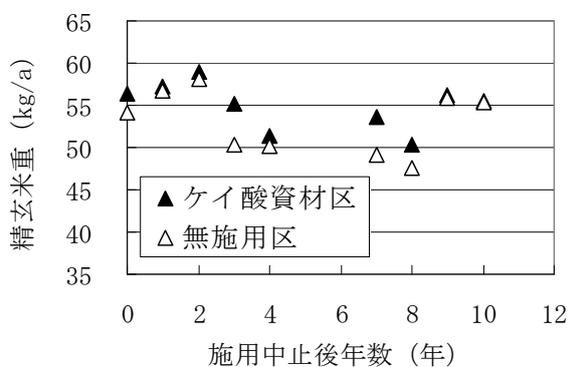
結果

施用中止後の精玄米重は、年次変動は認められるが、ケイ酸資材の施用区は無施用区に比べて常に高く推移した。10年間の平均では施用区が549kg/10a、無施用区が530kg/10aと、施用区は無施用区に比べて4%高かった（第1図）。

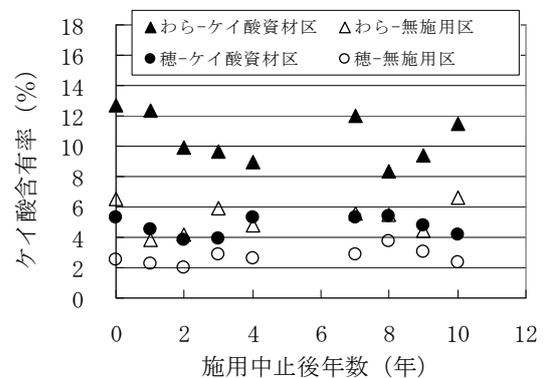
施用区におけるわらと穂のケイ酸含有率は、無施用区に比べて高く維持され、特にわらのケイ酸含有率は、無施用区が5%前後であるのに対して10%前後で推移した（第2図）。

施用中止後の土壤中ケイ酸含有量は、施用区では13.5 mg/100gから年々減少し、中止10年後で8.3 mg/100gまで低下した。一方、無施用区は2 mg/100g程度で大きな変化は認められなかった。ケイ酸含有量と施用中止後の年数との間には、強い負の相関が認められ（第3図）、回帰式から年間減少量は、0.544 mg/100gと推定された。

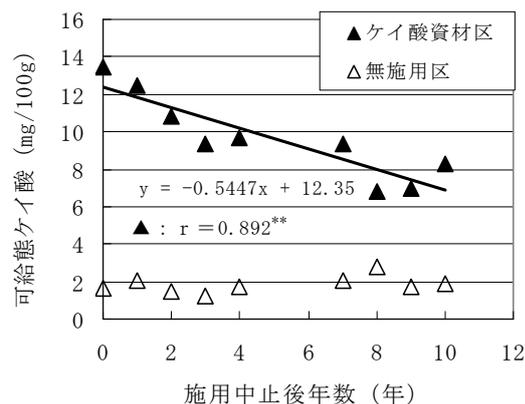
土壤中のケイ酸含有量と稲わら中のケイ酸含有率には、正の相関関係がみられた（第4図）。



第1図 ケイ酸資材施用中止が精玄米重に及ぼす影響

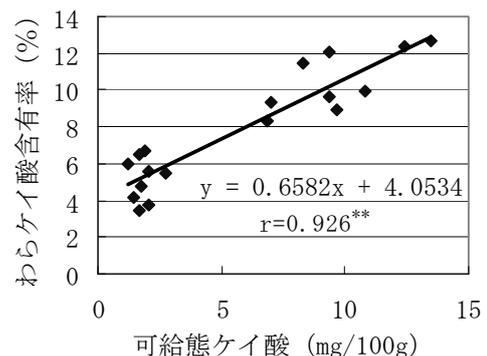


第2図 ケイ酸資材施用中止がわらと穂のケイ酸含有率に及ぼす影響



第3図 ケイ酸資材施用中止が土壤中ケイ酸含有量に及ぼす影響

注) **: $p < 0.01$.



第4図 黄色土における土壤中ケイ酸含有量とわらのケイ酸含有率の関係

注) **: $p < 0.01$.

考察

2010年は水稻登熟期の高温で、全国的に白未熟粒などによる品質低下が認められ、特に、東海以西の地域では多くの府県で一等米比率が50%を下回った（農林水産省，2013）。和歌山県では、最近10年間の一等米比率は32%と低く、2010年には20%まで低下するなど、極早生品種を中心に乳白米等の発生が問題となっている。登熟期の高温は、水稻の葉温を上昇させるため、葉身からの蒸散が抑えられ、葉身の気孔が閉じることで二酸化炭素の吸収が妨げられる（間藤ら，1991，金田ら，2010）。このため、葉身の光合成速度が低下、葉身から籾への糖の転流量が減少し、乳白米等が発生する。ケイ酸資材には葉温低下効果があり、乳白米や着色粒を減少させると報告されていることから（金田ら，2010，金田，2013）、ケイ酸資材は登熟期の高温条件下における高品質米生産に必要である。

また、ケイ酸施用により精米中のタンパク含有率が低下、アミログラム特性の最高粘度を高くし、食味改善効果がある（内村ら，2000）。低タンパク米生産のためのケイ酸含有率の指標が提案されており（宮森，1996）、稲わらのケイ酸含有率10%未満は不足とされているため、稲わらのケイ酸含有率を10%以上に保つことが必要である。

今回の試験では、黄色土水田においてケイ酸資材（鉱さいケイ酸質肥料と熔成リン肥）の長期施用により蓄積した土壌中のケイ酸は、施用を中止すると年間0.54mg/100g減少し、土壌中のケイ酸含有量と稲わら中のケイ酸含有率には、正の相関関係がみられた。このことから、施用中止時の土壌中のケイ酸含有量が10mg/100g以上であれば10年程度は残効が認められ、わらのケイ酸含有率を10%程度に保つことが可能と考えられた。また、石灰、苦土等のその他土壌養分は、資材施用中止後の変化が少なかった。このため、土壌養分の有効利用の観点から、黄色土における水稻栽培では三要素とケイ酸資材施用に重点をおいた施肥法をとることが望ましい。

水稻のケイ酸吸収については、施用資材以外に用水の影響も考えられる。山形県では農業用水のケイ酸濃度は1956年に24ppm程度であったが、1996年には10ppm程度に低下しており、灌漑水の寄与率は20~30%と報告されている（熊谷，1998）。本県の主要河川ケイ酸濃度は同程度の10ppm程度であり（平田，1999）、筆者らは8ppm程度の農業用水下では、水稻単作では稲わらの全量還元と鉱さいケイ酸質肥料を72~96kg/10a施用し（林・森下，2002）、輪作では140kg/10aを施用することで、わらのケイ酸含有率10%程度の確保が可能であることを明らかとしている（林・森下，2001）。

摘要

水稻単作栽培の黄色土（台地水田地帯に分布する土壌）の水田において、30年間「鉱さいケイ酸質肥料」を300kg/10a、「熔成リン肥」を100kg/10a連用し、その後これら資材の施用を10年間中止した際の作物や土壌に及ぼす影響を明らかにした。

1. ケイ酸資材を30年間連用し、その後10年間施用を中止した際の水稲収量は、ケイ酸無施用区に比べて4%高かった。
2. 長期施用により蓄積した土壌中のケイ酸は、施用を中止すると年間0.54mg/100g減少した。土壌中のケイ酸含有量と稲わらのケイ酸含有率との間に正の相関関係がみられる。
3. 施用中止時の土壌中ケイ酸含有量が12mg/100g以上であれば10年程度は残存効果が認められ、稲わらのケイ酸含有率を10%程度に保つことが可能である。

引用文献

- 青山喜典・望月証・松山稔・津高寿和. 2008. 兵庫県内水田土壌のケイ酸含量と資材施用量の変化. 兵庫農技セ研報, 56, 37-38.
- 安藤豊・藤井弘志・角田憲一・鈴木克弥・横山克至・渡部幸一郎. 1998. 水稲の生育・収量に果たすケイ酸の役割. 第2報. ケイ酸施用が水稲の前期生育に及ぼす影響. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 44. 145.
- 土壌, 水質及び植物体分析法. 2001. 日本土壌協会. 東京.
- 藤井弘志・佐藤久実. 2013. 水田土壌の実態と米の食味・品質向上のための土づくり. 土づくりとエコ農業. 45-5. 1-6. 日本土壌協会. 東京.
- 林恭弘・森下年起. 2001. 黄色土水田における稲わら, 珪カルと熔リンの連用が水稲, タマネギと土壌に及ぼす影響. 和歌山農技セ研報. 2. 99-114.
- 林恭弘・森下年起. 2002. 黄色土水田における稲わら, ケイカルと熔リンの連用が土壌と水稲の生育に及ぼす影響. 和歌山農技セ研報. 3. 57-66.
- 平田滋. 1999. 和歌山県主要河川中溶解性分濃度調査. 平成11年度東海・近畿ブロック土壌保全対策事業成績検討会・府県関係資料.
- 岩田宗徳・滝脇敏・山田信明・新村善男・喜田健治・井上又諭. 1987. 水田における珪酸石灰の連用効果. 第2報. 連用を中止した場合の残効について. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 33. 316.
- 金田吉弘・高橋大悟・坂口春菜・金和裕・高階史章・佐藤孝. 2010. ケイ酸質肥料が登熟期の高温処理水稲の葉温・気孔コンダクタンスおよびケイ酸吸収に及ぼす影響. 土肥誌. 81. 5. 504-508.
- 金田吉弘. 2013. 高温下におけるコメの品質に及ぼすケイ酸と窒素の効果. 土づくりとエコ農業. 7-11. 1-6. 日本土壌協会. 東京.
- 熊谷勝巳, 今野 陽一, 黒田潤, 上野 正夫. 1998. 山形県における農業用水のケイ酸濃度. 土肥誌. 69. 6. 636-637.
- 間藤徹・村田信治・高橋英一. 1991. イネへのケイ酸施用が有用である理由. 土肥誌. 62. 3. 248-251.
- 宮森康雄. 1996. 低タンパク米生産におけるケイ酸の役割とその診断指標. 土肥誌. 67. 6. 696-700.
- 農林水産省. 2013. 作況指数, 10a 当たり収量, 平年収量及び一等米比率の推移. 大臣官房統計部.
- 岡山清司. 1991. ケイ酸石灰の連用効果と残効. 富山農技セ研報. 10. 33-43.
- 奥田東・高橋英一. 1961. 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について. 第2報. ケイ酸欠除の時期が水稲の生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 土肥誌. 32. 10. 481-488.
- 内村要介・尾形武文・佐藤大和・松江勇次. 2000. 水稲湛水直播栽培におけるケイ酸施用が倒伏, 収量, 食味および精米の理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀. 69. 4. 487-492.

外気導入型細霧冷房が夏季ハウス内環境およびミニトマトの生育・収量に及ぼす影響

東 卓弥・西森裕夫¹・神谷 桂²・奥野憲治³

和歌山県農業試験場

Influence of Mist Cooling-Forced Ventilation on Air Temperature and Humidity in the Greenhouse and Growth and Yield of Mini-tomatoes in Summer

Takaya Azuma, Hiroo Nishimori, Katsura Kamiya

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県のトマト産地では、トマト黄化葉巻病の病原ウイルス（TYLCV：Tomato yellow leaf curl virus）を媒介するタバココナジラミのハウス内への侵入を防ぐため、ハウス開口部に0.4mm目合いの防虫ネット展張が行われている。しかし、防虫ネットの展張は、ハウス内の換気効率低下により、ハウス内温度を上昇させ、夏季のハウス内では40℃を越す高温に達し、トマト類の生育や果実品質への悪影響が問題となっている。

日高地方を中心とするミニトマト産地では促成長期作型（8月定植，10月～7月収穫）が、紀北地域のトマト産地では半促成作型（2月定植，5月～7月収穫）と抑制作型（8月定植，11月～1月収穫）による年2作体系が一般的である。これら作型では定植から収穫前期の8月中旬～10月中旬頃，収穫中期～後期の5月中旬頃～7月上旬までの間，高温の影響を受ける。

ハウス内の温度低下技術として，水の気化熱を利用した細霧冷房技術（林ら1998，山本ら1977，片岡ら2001）があり，林（2003）は細霧冷房の温度低下効果は水の蒸発に左右されることから，細霧冷房時には換気装置を併用する必要があると報告している。県内のトマト栽培ハウスには通常妻面上部に排出型換気扇1機と吸気口が装備されているが，防虫ネット展張で換気効率が低下することで，十分な換気量が得られないと考えられる。一方で，防虫ネットを展張したハウスでも外気導入型ファンは換気能力が高く，昇温抑制効果が高いことを井手ら（2007）が報告している。

そこで本研究では，ハウス内に外気を導入することで換気効率を高める外気導入型ファンと，排出型換気扇を細霧冷房時に併用した外気導入型細霧冷房システムを構築し，本システムの稼働がハウス内環境およびミニトマトに及ぼす影響について調べた。

¹現在：農林水産総務課

²現在：和歌山県農業大学校

³現在：商工観光労働部観光交流課

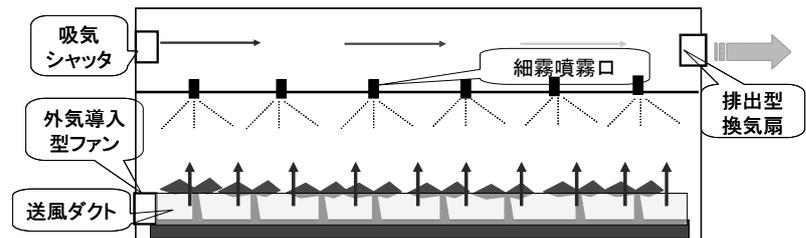
材料および方法

1. 細霧冷房と換気がハウス内温度、湿度に及ぼす影響（実験1）

調査は2009年に行った。農業試験場（紀の川市）内の同型のビニールハウス2棟（間口7.5m×長さ26m×棟高3.6m）で、側窓は両側を幅約70cm解放、天窗は全開（床面積に対する天窗の開口部面積約30%）とし、開口部には0.4mm目合いの防虫ネットを展張した。ハウス内には、畝幅170cm、幅26cmの栽培ベッドにミニトマト‘キャロル7’を8月18日に定植した。

細霧冷房と換気装置を稼働させる「処理区」と、もう1棟は細霧冷房や換気装置を設置しない「対照区」を設置した。細霧冷房と組み合わせる換気装置は、①排出型換気扇、②外気導入型ファン、③排出型換気扇＋外気導入型ファン、④換気装置なし（細霧冷房のみ稼働）とした。

換気装置は第1図のとおり、排出型換気扇は妻面上部に設置し、排出型換気扇稼働時には反対側妻面の吸気シャッターが開くようにした。外気導入型ファンは妻面下部に1.8m離して2台設置し、それぞれに直径50cmのダクトを接続し、



第1図 細霧冷房装置に組み合わせる換気装置の配置位置

50cm間隔に直径5cmの穴を上向きに開け、ハウス全体に下から上に外気を送風した。換気装置の能力は、排出型換気扇が風量290m³/分、外気導入型ファンが最大風量50m³/分である。

ビニールハウス内に設置した細霧冷房装置は、ヤマホ工業㈱のヤマホキリハウスシステムを用い、2.3mの高さに平行して2本給水管を配管し、噴霧口を2m間隔で配置した。噴出量は噴霧口1個当たり約350ml/分（圧力2MPaで噴霧）とした。平均霧粒子径は約40μmある（メーカー公表値）。

以下では、排出型換気扇と外気導入型ファンを併用した細霧冷房システムを「外気導入型細霧冷房」と呼ぶ。

2009年8月28日14時40分～15時20分に10分間ずつ、排出型換気扇、外気導入型ファン、換気装置なし、排出型換気扇＋外気導入型ファンの順に処理を行い、この間10秒ごとにハウス内気温を60回測定した。細霧は試験中20秒間噴霧、休止1分を繰り返した。処理区と対照区ともに乾球温度、湿球温度を調査し、相対湿度を算出した。また、同時に外気温も調査した。なお試験時のミニトマトは、第1果房開花期で茎長65cm程度であった。

2. 外気導入型細霧冷房がミニトマトの栽培環境および生育・収量に及ぼす影響（実験2）

調査は2010年および2012年に行った。ハウス開口部に0.4mm目の防虫ネットを展張した同型ハウス（ハウス規模およびハウス内設備は実験1と同じ）を2棟使用し、外気導入型細霧冷房を設置した「処理区」と、ハウス北妻面の排出型換気扇と南妻面の吸気口のみ「対照区」を設置した。処理区では、ミニトマト栽培期間中、8時30分～16時の間、細霧冷房および換気装置を自動制御で稼働した。細霧冷房の制御は、ハウス内の温度と湿度により稼働制御を行い（第1表）、噴霧時間および停止時間はハウス内に導入する外気の湿度による可変とした（第2表）。

ミニトマトの品種は、‘キャロル7’を用い、半促成作型および抑制作型で栽培した（第3表）。栽培様式は実験1と同じ栽培ベッドを用いた隔離床での養液土耕栽培で、株間20cmの1条植えとした。給液は、養液土耕2号（14-8-25）を最高EC1.2mS/cmに調整し、株当たり360～600ml/日とし

た。整枝は主枝1本仕立てで2条振り分け誘引とした。

処理区，対照区ともに1区あたり2ヶ所で10株ずつ，計20株について葉長（上位第7葉について調査），莖長，収量，裂果や尻腐れ果の発生の有無，果実糖度（果実全体を潰し，果汁のBrix値を測定）について調査した。また，各ハウスで1ヶ所，ハウス中央部の地上150cmで，ロガー付き温湿度センサーで温湿度を測定した。

第1表 細霧冷房の稼働・停止の制御(○:稼働、×:停止)

ハウス内温度	ハウス内湿度		
	60%未満	60%以上～70%未満	70%以上
28℃以上	○	○ ^y	×
28℃未満～27℃以上	○ ^x	○ ^z	×
27℃未満	×	×	×

x:28℃以上から温度低下時には細霧冷房が稼働し，27℃未満から温度上昇時は停止
y:60%未満から湿度上昇時には細霧冷房が稼働し，70%以上から湿度低下時は停止
z:温度，湿度いずれかの稼働条件で稼働，いずれかの停止条件に達した時に停止

第2表 細霧冷房稼働中の噴霧時間・停止時間の制御

外気湿度	噴霧動作	
0～30%	噴霧40秒	停止60秒
30～40%	噴霧30秒	停止60秒
40～60%	噴霧20秒	停止60秒
60%以上	噴霧停止	

第3表 作型別・年別の耕種概要

作型	年次	定植日	収穫期間(収量調査期間)		収穫段数
半促成	2010年	2010年2月12日	2010年4月12日	～ 2010年7月5日	11
	2012年	2012年2月21日	2012年5月7日	～ 2012年7月5日	10
抑制	2010年	2010年8月11日	2010年9月27日	～ 2010年11月30日	9
	2012年	2012年8月28日	2012年10月12日	～ 2012年11月30日	8

注) 畝幅，栽培ベッド，株間，条数，整枝方法，給液管理は，それぞれの年度・作型ともに本文のとおり。

結果

1. 細霧冷房と換気がハウス内温度，湿度に及ぼす影響（実験1）

結果を第4表に示した。細霧冷房と換気装置の組み合わせでは，どの換気装置も換気装置なしに比べて対照区との差でみたハウス内の温度低下効果が向上した。最も温度低下効果がみられたのは，排出型換気扇と外気導入型ファンとの併用で，試験時間10分間のうち10秒ごとの測定値の平均は，対照ハウスに比べて6.5℃，外気温に比べて2.6℃，換気装置なしに比べて1.0℃低くなった。次いで，排出型換気扇，外気導入型ファンの順であった。また，処理区の相対湿度は，69.9%～79.1%で，すべての換気方法で細霧冷房を稼働しない対照区よりも高くなった。

第4表 細霧冷房と組み合わせる異なる換気装置が温度と相対湿度に及ぼす影響

処理方法 (換気装置の種類)	処理区 温度 (℃)	対照区 温度 (℃)	対照区との 差(℃)	外気温 (℃)	処理区 湿度 (RH%)	対照区 湿度 (RH%)	対照区との 差(RH%)
排出型換気扇	30.6	36.7	-6.1	32.5	69.6	51.2	18.4
外気導入型ファン	30.2	36.1	-5.9	32.3	79.1	52.4	26.7
排出型換気扇+外気導入型ファン	30.5	37.0	-6.5	33.1	70.4	51.1	19.3
換気装置なし(細霧冷房のみ稼働)	30.8	36.3	-5.5	32.4	71.9	52.3	19.6

注) 調査日:2009年8月28日(晴れ)

数値は試験時間(10分間)中の10秒ごとの測定値の平均値

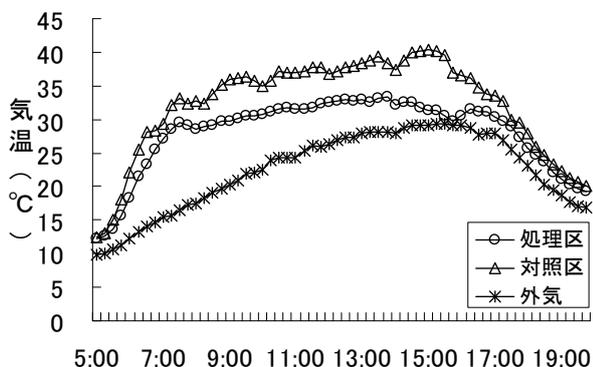
処理区では，試験中は細霧冷房装置を可動。

対照区では，処理区での各処理と同時刻に温度と湿度を測定。

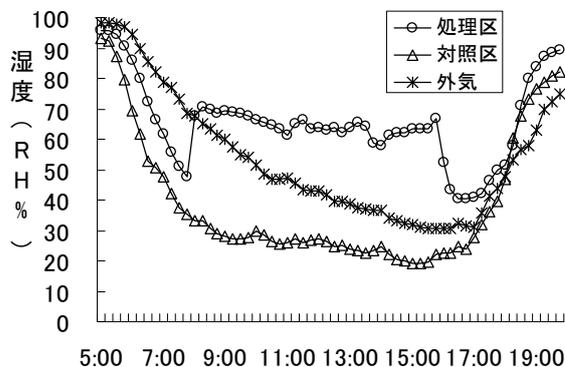
2. 外気導入型細霧冷房がミニトマトの栽培環境および生育・収量に及ぼす影響（実験2）

1) ハウス内環境

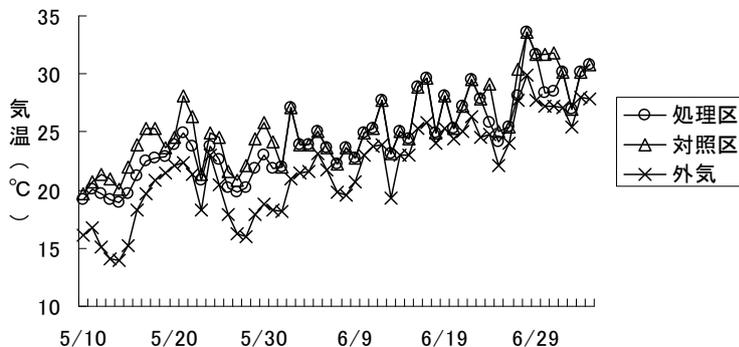
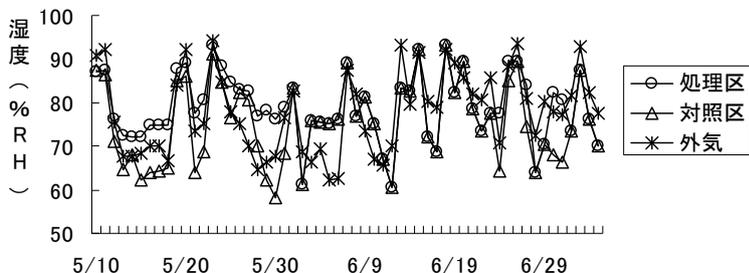
晴天日中には、日の出とともに外気温は上昇し15時頃に最高気温を記録した。対照区の気温も外気温と同様に推移し、最高気温は40.4℃まで達した。これに対して処理区では、稼働中の気温は29~33℃で推移した。処理区と対照区の気温較差は最大で約8℃であった。また、ハウス内の相対湿度は、処理区、対照区ともに気温の上昇とともに低下するが、対照区で日中最低約20%まで低下したのに対して、処理区での稼働中の湿度は約60~70%で推移した。細霧冷房が停止する16時以降は、約40%まで低下した後、対照区と同様に推移した（第2図、第3図）。ミニトマト栽培期間中の日平均温湿度の推移は、時期や天候により異なり、5月には処理区で対照区よりも気温が0.5~3℃低く、湿度が0~15%高く推移したが、梅雨期の6月以降は両区で温度、湿度ともにほぼ同程度で推移した（第4図）。



第2図 外気導入型細霧冷房の有無とハウス内温度の日変化
注)調査日:2010年5月30日



第3図 外気導入型細霧冷房の有無とハウス内湿度の日変化
注)調査日:2010年5月30日



第4図 外気導入型細霧冷房の有無と日平均温湿度の推移
注)調査日:2010年5月10日~7月5日

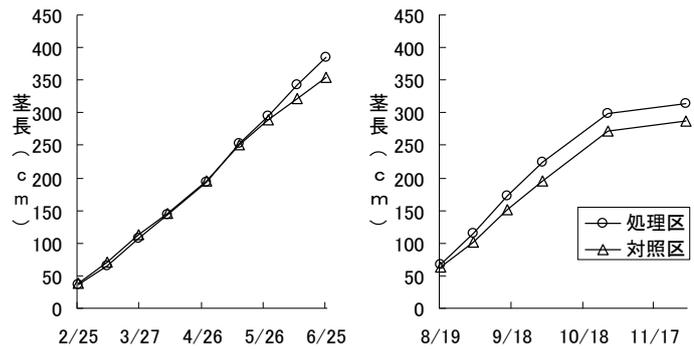
2) ミニトマトの生育・収量

ミニトマトの茎長は、半促成作型では、定植から5月上旬まで処理区、対照区ともに同様に推移したが、5月中旬以降は処理区の方が対照区より長くなった。抑制作型では、調査期間を通じて処理区で対照区より茎長が長く推移した(第5図)。半促成作型における葉長は、4月下旬まで処理区、対照区ともに同程度に推移し、3月下旬に最大値となり、その後は調査期間を通じて徐々に短くなった。5月上旬以降は処理区で対照区に比べて長く推移した。抑制作型では調査期間を通じて処理区の方が対照区に比べて長く推移した。9月中旬以降は対照区と処理区の差が小さくなり、対照区が処理区に近づいた(第6図)。

ミニトマトの総収量は、半促成作型では果数、重量ともに処理区で対照区に比べて有意に多く、抑制作型でも有意性は認められないものの多い傾向であった。

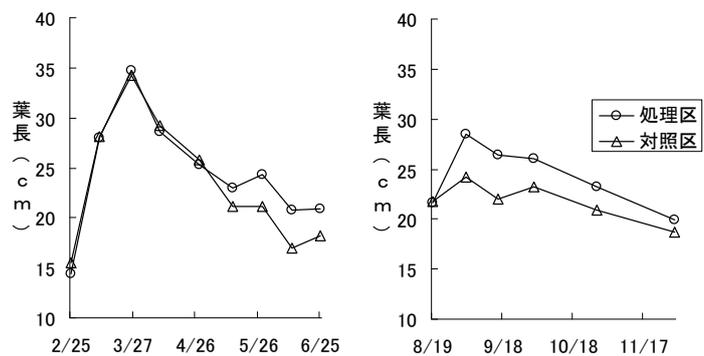
上物収量でも果数、重量が、半促成作型、

抑制作型ともに処理区が対照区に比べて多い傾向であった。上物果実1個あたりの平均果重は、半促成作型では有意性は認められなかったが、抑制作型では処理区が対照区に比べて有意に重くなった。裂果は各作型、各年度で発生が少なく、細霧噴霧による影響は明らかでなかった。尻腐れ果は、半促成作型で発生したが、有意性は認められなかった。小果は半促成作型では処理区と対照区間に有意性は認められなかったが、抑制作型では対照区の重量が処理区より有意に大きかった。果実糖度は半促成作型が抑制作型よりも高かったが、処理区と対照区の差は認められなかった(第5表)。



第5図 細霧冷房の有無とミニトマトの茎長(2010)

注)左:半促成作型,右:抑制作型



第6図 細霧冷房の有無とミニトマトの葉長(2010)

注)左:半促成作型,右:抑制作型

第5表 細霧冷房の有無とミニトマトの収量および糖度、生理障害果の発生

作型	年度	試験区	総収量		上物		果重 (g/個)	裂果 (個/株)	尻腐れ (個/株)	小果(5g以下)		果実糖度 (Brix%)
			(個/株)	(g/株)	(個/株)	(g/株)				(個/株)	(g/株)	
半促成	2010年	処理区	292	2553	188	2189	11.7	1.1	3.6	99	315	8.3
		対照区	239	2088	170	1819	10.7	2.9	8.1	59	187	8.4
	2012年	処理区	246	1517	166	1221	7.4	0.2	13.8	66	210	8.7
		対照区	192	1149	128	917	7.2	1.1	14.3	49	152	9.2
	有意性	**	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
抑制	2010年	処理区	148	1164	125	1065	8.5	0.9	0.6	22	86	8.0
		対照区	107	681	70	541	7.7	1.0	0.0	36	132	7.7
	2012年	処理区	101	1025	88	931	10.6	0.3	0.5	12	87	7.5
		対照区	104	928	85	802	9.4	0.2	0.6	18	121	7.9
	有意性	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	

注)上物:5g以上で販売可能な果実

**、*:各作型の細霧区と対照区を比較した対応のあるt検定において、1%、5%有意果重は上物果実の平均値

考 察

細霧冷房は、ハウス内の気温の低下と同時に湿度が上昇することから、松沼（2006）は、①晴天時の使用に限定する、②噴霧時は必ず換気を行う、③細霧噴霧終了後は湿度を低下させるような管理をすることを細霧噴霧時の注意点としてあげている。本試験では、排気型換気扇に加えて低温低湿な外気をハウス内に導入する外気導入型ファンについて検討し、細霧冷房時に二つの換気装置を同時に稼働させた場合に最も高い冷房効果が得られた。今回の研究では、二つの換気装置を併用することで換気量が最大であり、更に換気量を増やすことで冷房効果が高まる可能性が示唆された。

また、1回の噴霧時間を外気の湿度に応じて0～40秒で制御した結果、処理区では晴天日の日中に対照区よりも気温が最大8℃低下するとともに、設定湿度（60%）を保持しながら自動運転が可能であった。このことから、外気導入型細霧冷房の制御においては外気の湿度を指標の一つとして用いることが適当であると考えられた。

鈴木（2003）は、細霧処理によりトマトの茎葉が拡大し、着果数の増加と平均果重が大きくなることにより収量が増加することを報告し、ハウス内気温の低下と湿度の上昇の影響が大きいことを指摘している。本研究においても、最も効果の高かった外気導入型細霧冷房の稼働により、半促成作型ではミニトマトの収量が有意に増加し、抑制作型でも増加傾向となった。半促成作型では5月中旬～生育後半、抑制作型では中期にかけて気温を低下させることができたためと考えられ、高温回避による増収効果は収穫中期以降で高温にさらされる半促成作型で、より高いことが示唆された。

光合成速度は光量、CO₂濃度、葉温、風速などの外的要因に影響され、葉内水分の欠乏により気孔が閉鎖し、光合成を抑制すること（伊藤 1971）や、相対湿度が上昇すると気孔開度が高まり光合成速度が増加する（長岡ら 1984）ことが報告されている。また、外気導入により対照区と比べてハウス内CO₂濃度が高かったと考えられることから、今回の検討においても、処理区における増収には光合成速度の増加が関与していると推察される。

トマト栽培で細霧処理によりハウス内の湿度上昇や果実表面に細霧が付着することで裂果が発生した事例を板木（1996）が報告しているが、本研究では処理区、対照区ともに裂果は極小発生であり、外気導入型細霧冷房の影響を比較することはできなかった。本研究では、細霧冷房は換気装置と同調していることと、細霧冷房が停止後も換気装置は稼働することで、夜間のハウス内湿度の上昇を軽減できたことが要因として考えられた。尻腐れ果についても、高温・乾燥が軽減されることで発生が減少すると考えられたが、発生数が少なかったため、その効果を比較することはできなかった。本試験で尻腐れ果の発生が少ない原因として、栽培様式が隔離床での養液土耕栽培であり、対照区でも定期的な給液により常に水分が必要量供給されるとともに地温の上昇が抑制されたことが考えられた。しかし、栽培現場では裂果や尻腐れ果の発生が問題となっていることから、土耕栽培での検討が必要である。

本試験において、外気導入型細霧冷房のミニトマト栽培における有効性が認められたが、装置の導入には150万円（細霧冷房110万円、外気導入型ファン40万円）の初期投資が必要であり、モーターポンプや温湿度センサー、制御盤等は施設規模に関わらず必要なため、大規模ハウスで高い費用対効果を得ることができると考えられる。今後、本システムのコスト低減はもとより、その効果を更に高める技術の開発や高温期に栽培する他の作物への適応性の検討が必要である。また、今回供試したハウスでは、細霧ノズルの設置位置が高さ2.3mで低かったことから、上位の茎葉だけ

でなく下位の果実にも細霧付着による濡れが発生し、収穫果実に水滴斑が認められた。送風ダクトの設置場所についても、本研究では通路に設置したため、作業時に送風を停止することが必要であったり、ダクト下が湿ったままであった。外気導入型細霧冷房を導入する際には、細霧冷房はハウス内の出来るだけ高い位置に配管するとともに、ノズルからの噴霧方向を斜め上方に設定して、細霧の滞留時間が長くなるように留意する。送風ダクトについては作業性と冷房効果を妨げないように、今後の検討が必要と考えられた。

摘 要

細霧冷房効果を高めるための換気装置と換気装置を併用した細霧冷房がハウス内環境およびミニトマトの生育・収量に及ぼす影響を明らかにした。

1. 細霧冷房の冷房効果は、ハウス内の高温の空気を外部に排出する排出型換気扇と気温が低く乾燥した外気をハウス内に導入する外気導入型ファンと併用した時に最も高くなった。
2. 外気導入型細霧冷房では、噴霧と停止の制御を外気の湿度による可変とすることで、晴天日中のハウス内温度を最大8°C低下、ハウス内湿度を設定湿度の約60%で維持することができた。
3. 外気導入型細霧冷房を設置したハウスのミニトマトは、茎葉の伸長が促進され、着果数が増加、一果重が増加して増収した。増収効果は、収穫中期以降で高温にさらされる半促成作型で、より高いことが示唆された。また、細霧噴霧による糖度への影響は認められなかった。裂果や尻腐れ果の発生は極小発生であり外気導入型細霧冷房の影響は明らかでなかった。

引用文献

- 板木利隆. 1996. 施設園芸省力・快適化検討会報告書. P. 47-54. 日本施設園芸協会. 東京.
- 井手治ら. 2007. 高温期の施設栽培における外気導入式強制換気法がトマトの生育、収量およびリコペン含量に及ぼす影響. 福岡県農業総合試験場研究報告. 26: 51-55.
- 伊藤正. 1971. そ菜の光合成特性とその栽培的意義(第2報) トマト苗の光合成速度の日変化に及ぼす内、外的要因, 特に葉内の水分, 澱粉含量の影響. 園学雑. 40. 1: 41-47.
- 片岡圭子ら. 2001. 夏季のガラス温室における室内気温低下への細霧冷房の効果. 京大農場報告. 10: 7-12
- 鈴木隆志. 2003. トマト養液栽培における3~7月期の利用効果. 施設と園芸. 123. P. 14-17. 日本ハウス園芸協会. 東京.
- 長岡正照・高橋和彦・新井和夫. 1984. トマト・キュウリの光合成・蒸散に及ぼす環境条件の影響. 野菜試験場報告. A. 12: 97-117
- 林真紀夫・菅原崇行・中島浩志. 1998. 自然換気型細霧冷房温室の温湿度環境. 生物環境調節. 36. 2: 97-104
- 林真紀夫. 2003. 冷房. 5訂施設園芸ハンドブック. P. 142-157. 日本施設園芸協会. 東京
- 松沼俊文. 2006. 施設キュウリの細霧による病害への影響と温熱環境の改善効果. 農業および園芸. 81. 3. P. 400-404. 養賢堂. 東京
- 山本英雄・川島信彦. 1977. 強制換気温室における細霧冷房法. 奈良県農業試験場研究報告. 8: 1

細粒黄色土普通畑における土壌改良資材の長期連用効果

橋本真穂・林恭弘・久田紀夫¹・森下年起²

和歌山県農業試験場

Effect of Successive Application of Soil Amendment on Vegetable Crop Yield and Soil Properties in Fine-textured Yellow Soils

Maho Hashimoto, Yasuhiro Hayashi, Norio Hisada¹, Toshiki Morishita²

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒言

和歌山県の農耕地土壌には褐色森林土や黄色土、灰色低地土など九つの土壌群が分布している。このうち、黄色土群は普通畑土壌の23%を、水田土壌の30%を占め、本県における作物生産の場として代表的な土壌群となっている。また、黄色土群のなかでは細粒質台地黄色土が最も多く、水田では全黄色土の98%、畑土壌でも94%を占めている（和歌山県農業試験場 1978）。細粒質台地黄色土は、土性は粘質ないし強粘質で、透水性が不良であり、過湿、過乾の影響を受けやすく、耕起碎土が困難で作土深が浅い特徴を有している。また、保肥力は高いものの塩基、腐植の含量が少ない。このため、黄色土普通畑で作物生産を行う場合、作土深の確保、塩基と腐植の補給、透水性、保水性の向上を図る必要がある。

これまでに、和歌山県農業試験場では、本県の黄色土水田において、稲わらと珪酸カルシウム、熔製リン肥による土壌改良が水稻およびタマネギの収量を増加させることや、牛ふんオガクズ堆肥および石灰窒素の長期連用により土壌の物理・化学性を改善することで、水稻、キャベツの収量を増加させることを明らかにしている（林・森下，2001；林・森下，2002；東ら，2005）。一方、黄色土普通畑では、兵庫県や愛知県において短期の堆肥連用が土壌養分動態や土壌物理性に及ぼす影響について報告されているもの（青山ら，2003；糟谷ら，2011）、無機および有機質資材の組み合わせによる長期の土壌改良が土壌の物理・化学性や作物収量に及ぼす影響については報告されていない。

そこで本研究では、県内の代表的な農耕地土壌である細粒黄色土普通畑において、無機および有機質資材の組み合わせによる土壌改良が土壌の生産性に及ぼす影響を明らかにするため、牛ふんオガクズ堆肥、石灰窒素、BMようりんを用いた土壌改良と栽培作物の収量や養分吸収量、栽培跡地の土壌の物理・化学性の関係について検討した。

材料と方法

1. 試験ほ場

試験は県北部紀ノ川中流域の支流、貴志川沿岸の台地水田地帯で、階段状の棚田を造成・表上処理し、

¹現在：食品・生活衛生課

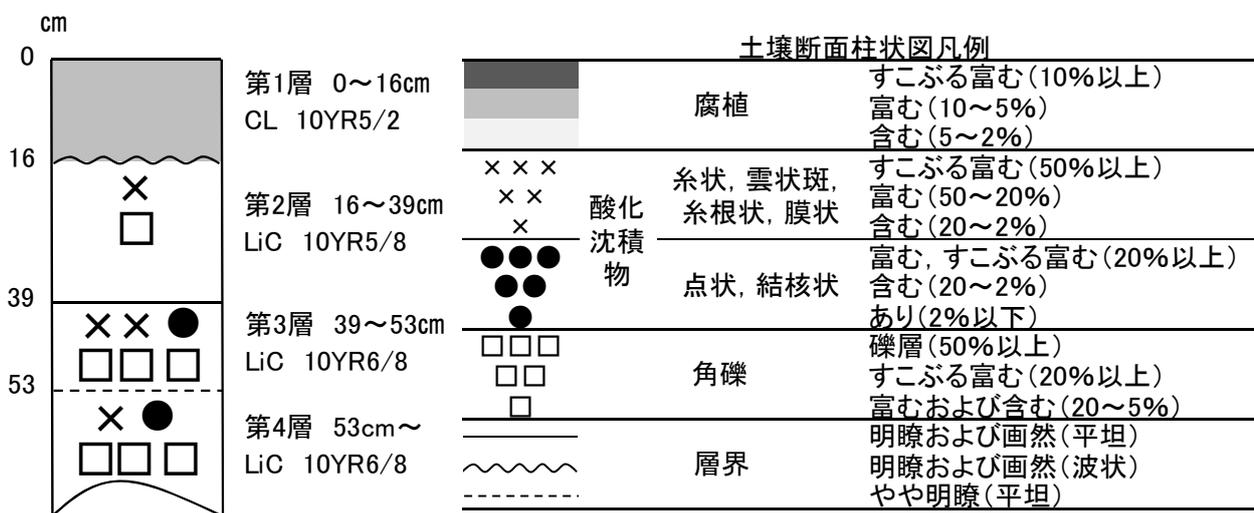
²現在：果樹試験場

平坦な普通畑に造成した和歌山県農業試験場（和歌山県紀の川市貴志川町高尾 160）内のほ場で行った。土壌は紀ノ川流域を中心とした台地水田に分布する洪積土壌で細粒質台地黄色土強粘質（細粒黄色土蓼沼統）に分類される。作土層は 16cm 程度で土性は CL，下層土は LiC で 70 cm 以下に腐朽礫を含む C 層が出現する（第 1 図）。作土層の陽イオン交換容量（CEC）は 11.8me/100g と和歌山県内の農耕地土壌の平均とほぼ等しい。また，鉍質土壌であるためリン酸吸収係数は 556 と低い。交換性塩基については CaO 含量が多く，MgO および K₂O 含量が低い（第 1 表）。

第1表 試験ほ場の土壌理化学性

層位	T-C (%)	T-N (%)	pH (H ₂ O)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性塩基(mg/100g)			CEC (me/100g)	リン酸吸収係数
					CaO	MgO	K ₂ O		
1	1.86	0.17	7.2	82.2	357	19	33	11.8	556
2	0.08	0.03	5.6	0.0	118	8	13	8.0	-
3	0.08	0.03	5.0	0.0	71	9	11	7.7	-

注) 1976年の試験開始前に調査を行った。



第1図 土壌断面図

注) 1976年の試験開始前に調査を行った。

2. 試験区の構成

試験区は，第 2 表，第 2 図に示すように無窒素区，化学肥料区，有機物区，石灰窒素区，総合改善区の 5 区を設けて 1 区 96m²，2 連制とした。試験は，1976 年の冬作から開始し，1997 年の夏作までの 22 年間，42 作継続して栽培した。

3. 耕種概要

供試作物は第 3 表に示すように，夏作は 1977 年~1987 年にサツマイモを，1988 年~1997 年にカボチャを，冬作は 1976 年~1982 年にレタスを，1983 年~1996 年にキャベツを作付けした。

各作物の栽培概要，施肥量は第 4 表から第 5 表のとおりである。また，施用した牛ふんオガクズ堆肥の成分含量は第 6 表に示すように，N，P₂O₅，K₂O の現物あたり含有率は平均で，それぞれ 0.47，0.63，0.81%であった。

4. 収量調査

収穫期間中に数回に分け、1区につき4ヵ所で収穫適期の40株を収穫し、収量を調査した。

5. 土壌の理化学性、作物体の分析方法

土壌、作物体の採取と分析は常法（農林水産省農蚕園芸局農産課，1979）に準じて行った。

1) 土壌

土壌の理化学性は作付け終了後に作土層の土壌を各区5ヵ所から採取し、風乾後に粉碎し2mmの篩にかけ分析に供した。pH (H₂O) はガラス電極法，全炭素 (T-C) と全窒素 (T-N) はCN コーダー法，可給態リン酸はトルオグ法，交換性塩基は1N 酢酸アンモニウム抽出-原子吸光・炎光分析法，陽イオン交換容量 (CEC) はショーレンベルガー法で測定した。

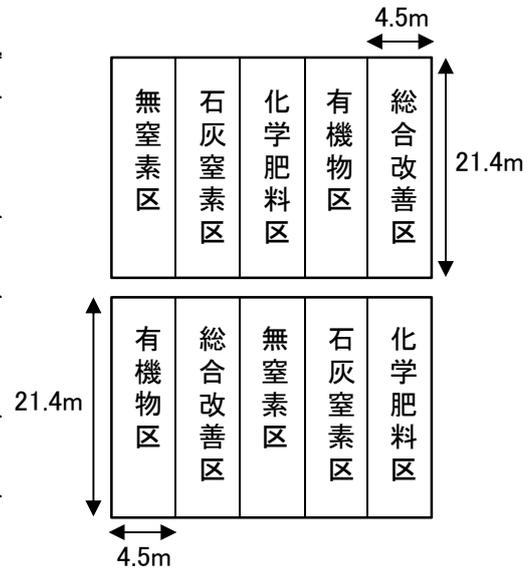
土壌の物理性は作付け終了後に作土層の土壌を各3ヵ所から100ml 採土管を用いて採取し，実容積法で孔隙率および仮比重を測定した。

2) 作物体

収穫期に平均的な作物体5個体程度を抜き取り熱風乾燥後粉碎して分析に供した。湿式分解後に窒素はケルダール法，リンは比色法，カルシウム，マグネシウムは原子吸光法，カリウムは炎光光度法により定量した。

第2表 各試験区の処理内容

試験区	処理内容
無窒素区	窒素肥料は無施用とし，リン酸，加里肥料は他処理区と同資材（リン酸はBMようりん，加里は塩化加里を使用）で同量施用。
化学肥料区	窒素肥料として硫酸を使用。リン酸，加里は無窒素区と同じ。
有機物区	有機質資材として牛ふんオガクズ堆肥（第6表）を毎作1.5t/10a施用。他は化学肥料区と同じ。
石灰窒素区	窒素肥料として石灰窒素を使用。他は有機物区と同じ。
総合改善区	有機物区と同じ処理をした上にBMようりんをリン酸吸収係数の1.5%相当量施用（1976～1982年平均：リン酸吸収係数571mg/100g、BMようりん43kg/10a）。



第2図 試験区の配置

注) 各区ともpHが低い場合，苦土石灰による矯正を行った。

第3表 試験期間中の作付け体系

試験年次	1976	1977	.....	1982	1983	.....	1987	1988	.....	1996	1997
夏作	←		← サツマイモ →					←		← カボチャ →	
冬作	← レタス →			← キャベツ →							

第4表 各作物の栽培概要

	サツマイモ	カボチャ	レタス	キャベツ
品種	高系14号	えびす	グレイトレイクス366	湖月
定植	4月下旬	4月下旬	9月下～10月上旬	9月上旬
栽培様式	マルチ露地栽培	マルチ露地栽培	マルチ露地栽培	露地栽培
栽植密度(株/a)	320	63.5	500	360
収穫	9月上旬	7月中～8月上旬	11月下～12月中旬	12月下～1月上旬

第5表 各作物の施肥量(kg/10a)

作期	栽培作物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
夏作	サツマイモ	8	12	16
	カボチャ	16	12	17
冬作	レタス	24	11	24
	キャベツ	25	15	30

第6表 牛ふんオガクズ堆肥の成分割合(現物%)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
最小値	0.36	0.31	0.40
最大値	0.70	1.01	1.31
平均値	0.47	0.63	0.81

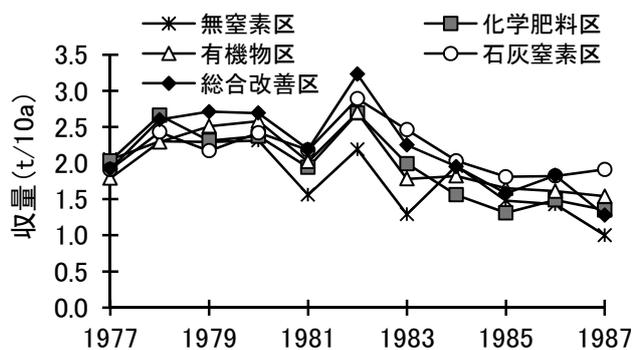
結果

1. 土壤改良法が作物の収量、無機養分含有率および無機養分吸収量に及ぼす影響

1) サツマイモ

サツマイモの収量は、3 作目以降、化学肥料区に比べて有機物区、石灰窒素区、総合改善区で増加する傾向がみられた(第3図)。1977年から1987年までの11作の平均収量は、総合改善区で最も多く、化学肥料区に比べて14%増収した。次いで石灰窒素区が11%、有機物区が4%と土壤改良を行った全ての区でサツマイモ収量の増加がみられた。無窒素区の収量は化学肥料区の94%であり減収割合が小さかった(第7表)。

サツマイモのN含有率は、塊根では石灰窒素区、総合改善区が他区に比べてやや高いがその差は小さく、茎葉では総合改善区が化学肥料区、有機物区、石灰窒素区に比べてやや低かった。K含有率は、塊根、茎葉ともに有機物区、石灰窒素区、総合改善区が化学肥料区に比べて高かった。P含有率は塊根、茎葉ともに化学肥料区と土壤改良を行った3区で差はみられなかった。N吸収量は石灰窒素区が最も多く、次いで総合改善区、有機物区の順であった。P₂O₅、K₂O吸収量は、有機物区、石灰窒素区、総合改善区が化学肥料区に比べて明らかに高い結果となった(第8表)。



第3図 土壤改良法がサツマイモの収量に及ぼす影響

第7表 土壤改良法がサツマイモの収量に及ぼす影響

試験区	平均収量 (kg/10a)	収量指数 (%)
無窒素区	1886 ± 405	94
化学肥料区	2036 ± 478	100
有機物区	2075 ± 410	104
石灰窒素区	2212 ± 342	111
総合改善区	2295 ± 505	114

注) 1977~1987年の平均値±標準偏差を示した。収量指数: 化学肥料区を100とした相対値。

第8表 土壤改良法がサツマイモの無機養分含有率および無機養分吸収量に及ぼす影響

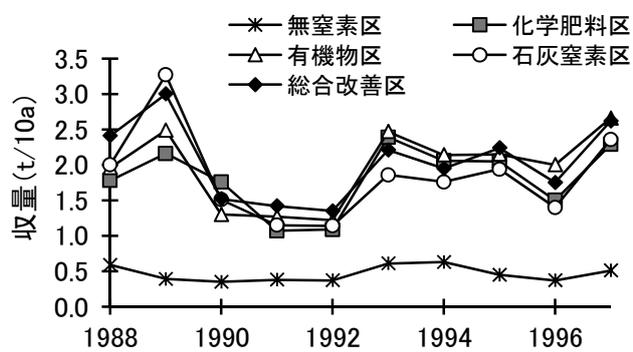
試験区	塊根の養分含有率(%)					茎葉の養分含有率(%)					養分吸収量(kg/10a)		
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無窒素区	0.44	0.20	1.83	0.16	0.07	1.98	0.40	5.21	1.62	0.29	4.0	3.0	14.8
化学肥料区	0.58	0.17	1.47	0.18	0.07	2.35	0.35	4.62	1.60	0.39	6.9	3.2	14.8
有機物区	0.59	0.19	1.61	0.18	0.07	2.33	0.36	5.16	1.53	0.36	8.8	4.4	21.6
石灰窒素区	0.67	0.18	1.66	0.19	0.06	2.33	0.36	5.45	1.61	0.29	11.2	4.8	27.4
総合改善区	0.63	0.18	1.64	0.19	0.07	2.21	0.37	5.31	1.57	0.38	9.1	4.9	23.9

注) 1977~1987年の平均値。

2) カボチャ

カボチャの収量は、年次変動が大きいものの、化学肥料区に比べて有機物区および総合改善区で増加する傾向を示した(第4図)。1998年から1997年までの10作の平均収量は、サツマイモ作と同様に総合改善区が最も多く、化学肥料区に比べて14%増収した。次いで有機物区が9%増収した。石灰窒素区は化学肥料区とほぼ同等であった(第9表)。

カボチャのN含有率は、果実、茎葉ともに、化学肥料区と土壌改良を行った3区で差はみられなかった。茎葉のK含有率は石灰窒素区、総合改善区が他区に比べて高かった。N、P₂O₅、K₂O吸収量はともに、石灰窒素区、総合改善区が化学肥料区に比べて多かった。化学肥料区と有機物区では各養分の吸収量に差はみられなかった(第10表)。



第4図 土壌改良法がカボチャの収量に及ぼす影響

第9表 土壌改良法がカボチャの収量に及ぼす影響

試験区	平均収量 (kg/10a)	収量指数 (%)
無窒素区	465 ± 111	27
化学肥料区	1815 ± 468	100
有機物区	1966 ± 533	109
石灰窒素区	1839 ± 635	102
総合改善区	2047 ± 546	114

注) 1988~1997年の平均値±標準偏差を示した。
収量指数: 化学肥料区を100とした相対値。

第10表 土壌改良法がカボチャの養分含有率および養分吸収量に及ぼす影響

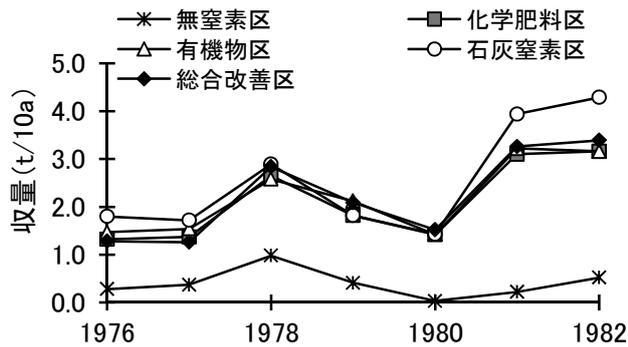
試験区	果実の養分含有率 (%)					茎葉の養分含有率 (%)					養分吸収量 (kg/10a)		
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無窒素区	1.32	0.46	2.49	0.21	0.14	2.04	0.94	4.10	3.57	0.54	1.6	1.4	3.9
化学肥料区	1.49	0.37	2.38	0.14	0.13	2.64	0.61	4.63	3.07	0.52	9.2	4.9	17.7
有機物区	1.48	0.37	2.05	0.14	0.13	2.73	0.68	4.59	2.98	0.52	9.6	5.1	17.7
石灰窒素区	1.42	0.39	2.21	0.10	0.12	2.65	0.74	5.06	2.70	0.62	10.0	6.2	20.7
総合改善区	1.44	0.40	2.11	0.15	0.13	2.62	0.75	5.04	2.89	0.60	10.2	6.6	20.7

注) 1988~1997年の平均値。

3) レタス

レタスの収量は、カボチャと同様に年次変動が大きかったが、化学肥料区に比べて有機物区、石灰窒素区、総合改善区で増加する傾向を示した(第5図)。1976年から1982年までの7作の平均収量は、石灰窒素区が最も多く、化学肥料区に比べて19%増収した。次いで有機物区、総合改善区で、それぞれ6%、4%増収した(第11表)。

レタスの結球部の各養分含有率は、無窒素区を除き処理区間の差が小さかった。外葉のN、P含有率は結球部と同様に無窒素区を除き処理区間差が小さかった。K含有率は有機物区、石灰窒素区、総合改善区が化学肥料区に比べて高かった。K₂O吸収量は化学肥料区に比べて土壌改良を行った3区で大きい値を示したが、その他はいずれについても差はみられなかった(第12表)。



第5図 土壤改良法がレタスの収量に及ぼす影響

第11表 土壤改良法がレタスの収量に及ぼす影響

試験区	平均収量 (kg/10a)	収量指数 (%)
無窒素区	401 ± 299	19
化学肥料区	2120 ± 827	100
有機物区	2216 ± 784	106
石灰窒素区	2556 ± 1163	119
総合改善区	2234 ± 926	104

注) 1976~1982年の平均値±標準偏差を示した。
収量指数: 化学肥料区を100とした相対値。

第12表 土壤改良法がレタスの養分含有率および養分吸収量に及ぼす影響

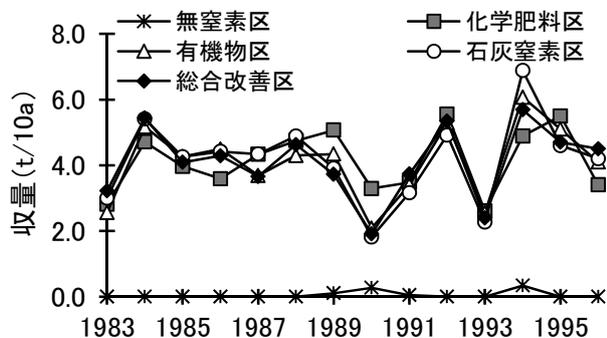
試験区	結球部の養分含有率(%)					外葉の養分含有率(%)					養分吸収量(kg/10a)		
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無窒素区	2.12	0.62	4.79	0.58	0.16	2.11	0.45	7.50	1.43	0.29	1.3	0.3	4.0
化学肥料区	3.92	0.76	5.68	0.74	0.23	3.89	0.49	8.68	1.57	0.41	7.2	1.0	12.5
有機物区	3.82	0.79	5.95	0.70	0.21	3.79	0.50	9.16	1.47	0.39	7.5	1.1	14.0
石灰窒素区	3.92	0.76	5.79	0.80	0.21	3.84	0.50	9.06	1.68	0.39	7.9	1.2	14.2
総合改善区	3.95	0.81	6.00	0.71	0.23	3.96	0.54	9.31	1.54	0.42	7.8	1.2	14.2

注) 1976~1982年の平均値。

4) キャベツ

キャベツの収量はカボチャおよびレタスと同様に年次変動が大きかった(第6図)。1983年から1996年までの14作の平均収量は、有機物区、石灰窒素区、総合改善区とも化学肥料区と同等の収量であり、土壤改良資材による増収効果が認められなかった(第6図、第13表)。

キャベツの結球部の各養分含有率は、レタスと同様に無窒素区を除き処理区間の差が小さかった。外葉のK含有率はレタスと異なり石灰窒素区、有機物区、総合改善区が化学肥料区に比べて低かった。外葉のCa含有率は石灰窒素区が他区に比べて高かった。N、P₂O₅、K₂O吸収量はともに、無窒素区を除き処理区間の差が小さかった(第14表)。



第6図 土壤改良法がキャベツの収量に及ぼす影響

第13表 土壤改良法がキャベツの収量に及ぼす影響

試験区	平均収量 (kg/10a)	収量指数 (%)
無窒素区	55 ± 111	1
化学肥料区	4140 ± 968	100
有機物区	4101 ± 1150	99
石灰窒素区	4149 ± 1296	100
総合改善区	4094 ± 1097	100

注) 1983~1996年の平均値±標準偏差を示した。
収量指数: 化学肥料区を100とした相対値。

第14表 土壌改良法がキャベツの養分含有率および養分吸収量に及ぼす影響

試験区	結球部の養分含有率(%)					外葉の養分含有率(%)					養分吸収量(kg/10a)		
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無窒素区	1.74	0.38	2.63	1.05	0.21	1.34	0.25	2.18	2.18	0.28	1.5	0.6	3.0
化学肥料区	2.60	0.40	2.65	1.04	0.22	2.32	0.34	2.69	2.80	0.38	20.5	6.4	24.4
有機物区	2.60	0.42	2.71	0.99	0.23	2.33	0.34	2.60	2.78	0.43	20.5	6.7	24.8
石灰窒素区	2.56	0.38	2.49	1.09	0.19	2.33	0.32	2.09	3.80	0.35	20.5	6.3	22.5
総合改善区	2.62	0.41	2.63	1.03	0.25	2.40	0.34	2.34	3.18	0.52	20.9	6.7	23.8

注)1983～1996年の平均値。

2. 土壌改良法が施用窒素の利用率に及ぼす影響

各作物における牛ふんオガクズ堆肥中窒素を含む施用全窒素の見かけの利用率を第15表に示した。作物別の窒素利用率は、キャベツが最も高く59～76%、次いでサツマイモが35～52%、カボチャが33～48%、レタスが最も低く20～25%であった。カボチャ、レタス、キャベツにおいては、化学肥料区の利用率が最も高かった。これらの作物では、牛ふんオガクズ堆肥を施用した有機物区、石灰窒素区、総合改善区の利用率が、化学肥料区に比べて5～17%低下した。サツマイモでは、化学肥料区と石灰窒素区の利用率は同等であり、有機物区、総合改善区は他の3作物と同様に14%程度利用率が低下した。

第15表 土壌改良法が各作物の窒素利用率に及ぼす影響

栽培作物	施用窒素利用率(%)			
	化学肥料区	有機物区	石灰窒素区	総合改善区
サツマイモ	49.7	35.3	52.1	36.8
カボチャ	47.5	35.5	33.8	36.5
レタス	24.8	20.2	21.5	21.2
キャベツ	75.9	59.1	59.1	60.5

注)窒素利用率=(各区の窒素吸収量-無窒素区の窒素吸収量)÷施用窒素×100

施用窒素=施肥窒素+牛ふんオガクズ堆肥中窒素

牛ふんオガクズ堆肥の窒素含有率は現物当たり0.47%とした。

3. 土壌改良法が土壌の理化学性に及ぼす影響

土壌 pH は、無窒素区、石灰窒素区では試験期間を通じて試験開始時とほぼ同じ値を維持した。しかし、他の3区は年々低下傾向にあり、特に、化学肥料区、有機物区で大きく低下した(第7図)。

交換性 CaO 含量は、石灰窒素区において、22年間の試験期間を通じてほぼ一定の水準を保った。しかし、他の4区は年々減少傾向にあり、特に化学肥料区で減少が著しく、試験終了時には当初の半分以下となった(第8図)。

交換性 MgO 含量は、いずれの試験区においても1982年まで増加傾向にあり、特に総合改善区で大きく増加した。その後、無窒素区では増加傾向を示し、石灰窒素区はほぼ同じ値を保った。化学肥料区、有機物区、総合改善区は減少傾向を示し、特に化学肥料区では試験後半の1987年～1997年において、他区に比べて明らかに低い値で推移した(第9図)。

交換性 K₂O 含量は無窒素区で最も高く推移していた。牛ふんオガクズ堆肥を施用した有機物区、石灰窒素区、総合改善区は化学肥料区に比べて高く推移し、1987年頃までは増加傾向を示し、それ以降は50

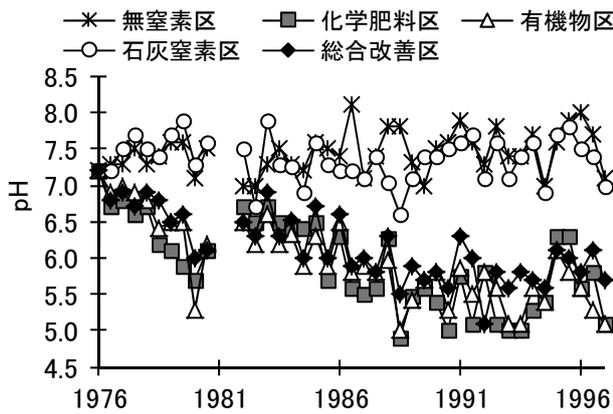
～60mg/100g でほぼ一定であった（第10図）。

可給態リン酸含量は石灰窒素区が最も高く、次いで無窒素区となった。この2区は試験期間を通じて増加傾向を示し、試験終了時には石灰窒素区では 250mg/100g、無窒素区では 180mg/100g 程度まで増加した。有機物区、総合改善区は 1982 年頃までは増加傾向を示し、その後、有機物区は 100mg/100g、総合改善区は 150mg/100g 程度で推移した。化学肥料区は年により増減はあるものの、70mg/100g 前後で推移していた（第11図）。

全炭素含有率は、無窒素区、および化学肥料区に比べて、有機物区、石灰窒素区、総合改善区で高い値を示した。牛ふんオガクズ堆肥を施用したこの3区は 1987 年まで増加傾向にあり、その後はほぼ一定の値で推移した。化学肥料区では 1987 年頃まで減少傾向を示し、その後はほぼ一定の値で推移した。無窒素区は試験期間を通じて減少傾向を示した（第12図）。全窒素含有率も全炭素含率と同様の傾向を示した（第13図）。

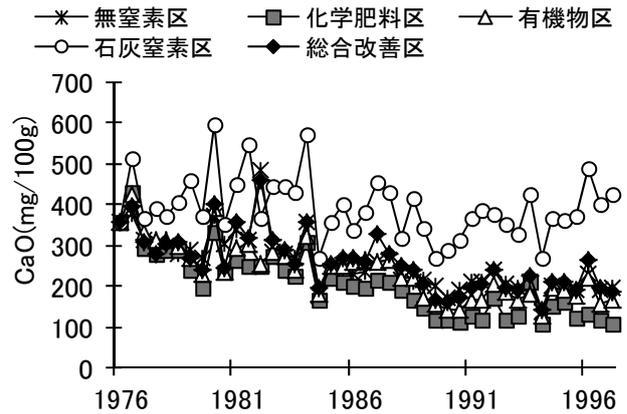
1982 年～1991 年における CEC は、牛ふんオガクズ堆肥を施用した有機物区、石灰窒素区、総合改善区において化学肥料区に比べて、2～3me 程度高い値を示した（第14図）。また、土壌の全炭素含有率と CEC との間には強い正の相関が認められた（第15図）。

土壌の仮比重は、無窒素区>化学肥料区>有機物区=石灰窒素区>総合改善区の順に小さな値を示し、牛ふんオガクズ堆肥を施用した3区で化学肥料区に比べて減少した。孔隙率はこれらの結果とは逆に、牛ふんオガクズ堆肥を施用した3区で化学肥料区に比べて増加した（第16図）。

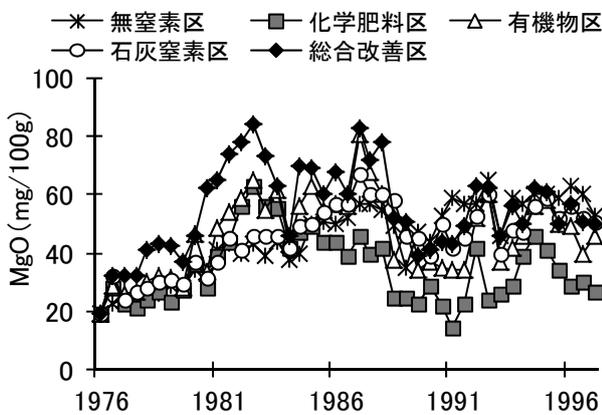


第7図 土壤改良法が土壌pHに及ぼす影響
注)1981年のデータは欠損。

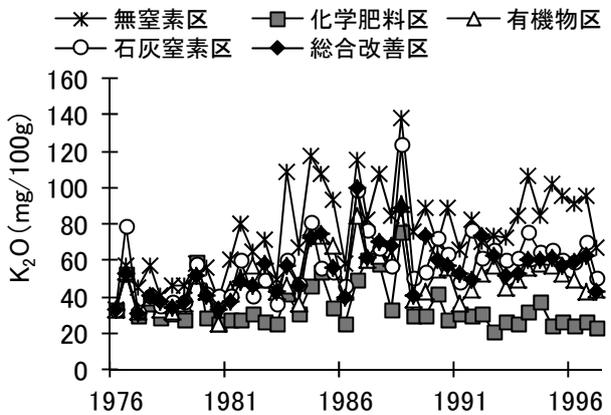
調査は年2回、作付終了後に行った。



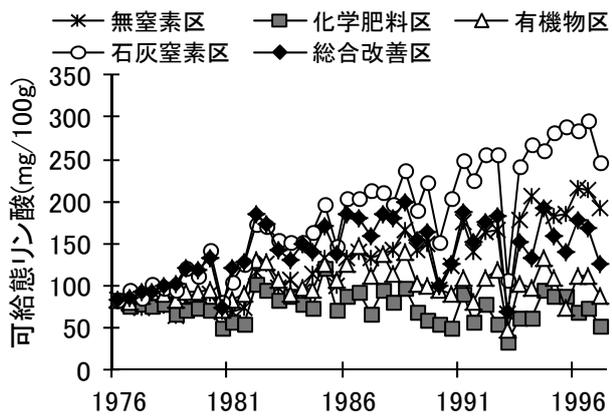
第8図 土壤改良法が交換性CaO含量に及ぼす影響
注)調査は年2回、作付終了後に行った。



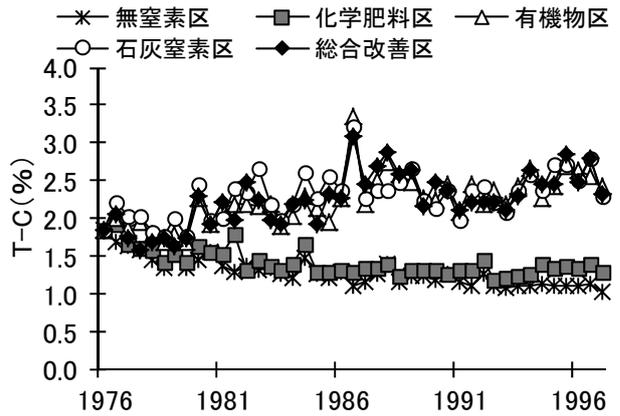
第9図 土壤改良法が交換性MgO含量に及ぼす影響
注)調査は年2回、作付終了後に行った。



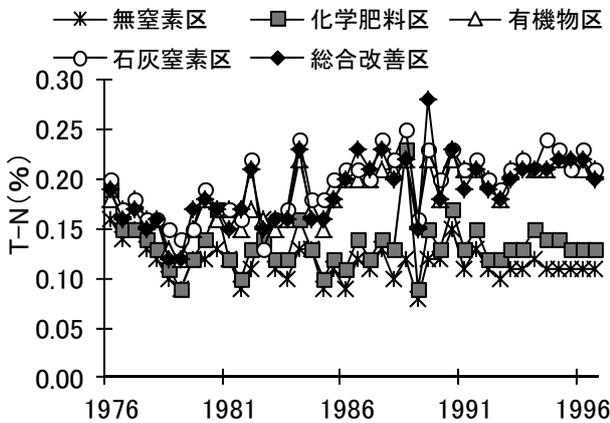
第10図 土壤改良法が交換性K₂O含量に及ぼす影響
注)調査は年2回、作付終了後に行った。



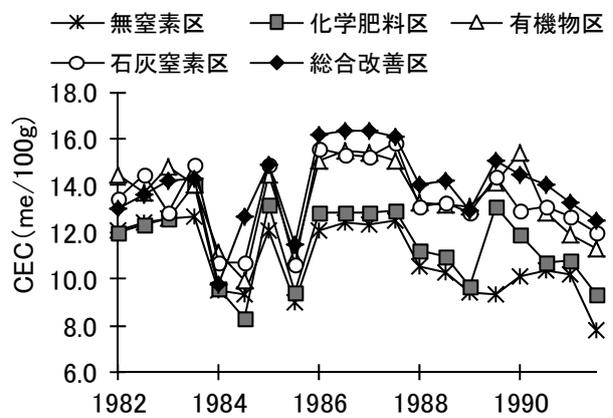
第11図 土壌改良法が可給態リン酸含量に及ぼす影響
注) 調査は年2回, 作付終了後に行った。



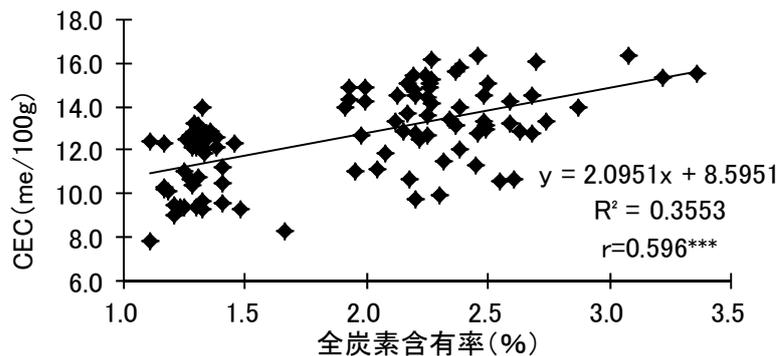
第12図 土壌改良法が全炭素含有率に及ぼす影響
注) 調査は年2回, 作付終了後に行った。



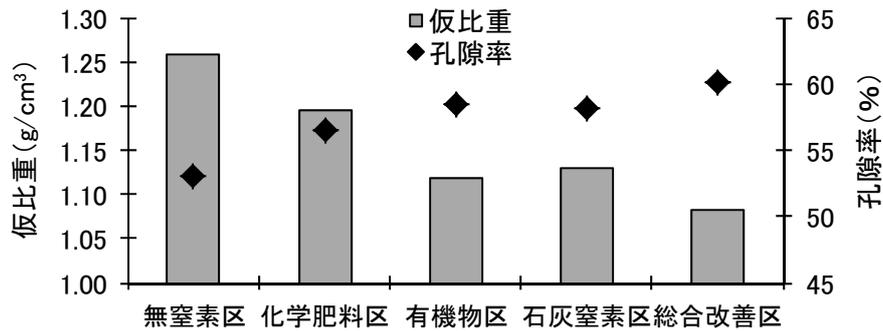
第13図 土壌改良法が全窒素含有率に及ぼす影響
注) 調査は年2回, 作付終了後に行った。



第14図 土壌改良法がCECに及ぼす影響
注) 1982~1991年のみ調査。
調査は年2回, 作付終了後に行った。



第15図 土壌の全炭素含有率とCECとの関係
注)***: 0.1%水準で有意。 1982~1991年調査。



第16図 土壌改良法が土壌の仮比重及び孔隙率に及ぼす影響
注)値は1992~1997年の平均値

4. 土壌改良資材の施用による土壌化学性の改善が作物収量に及ぼす影響

各作物の収量指数と土壌分析値指数との相関を第16表に示した。各作物の収量指数は化学肥料区の収量を100とした場合の各試験区の相対値、土壌分析値指数は化学肥料区の土壌分析値を100とした場合の各試験区の土壌分析値の相対値とした。

サツマイモの収量指数は、T-C, T-N, CaO, K₂O, P₂O₅と正の相関があり、特にP₂O₅と強い相関関係を示した。カボチャはT-N, レタスはCaOとの正の相関が認められた。キャベツの収穫指数と土壌分析値指数との間に相関は認められなかった。

第16表 各作物の収量指数と土壌分析値指数との相関係数

栽培作物	pH	T-C	T-N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
サツマイモ	0.127	0.504 **	0.465 **	0.423 *	0.076	0.539 **	0.729 ***
カボチャ	-0.270	-0.181	0.432 *	-0.193	0.183	-0.213	-0.143
レタス	0.041	0.406	0.179	0.423 *	-0.310	0.264	0.206
キャベツ	-0.048	0.013	-0.092	0.046	-0.122	0.233	0.088

注)*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意であることを示す。

収穫指数:化学肥料区の収量を100とした場合の各試験区の収量の相対値。

土壌分析値指数:化学肥料区の土壌分析値を100とした場合の各試験区の土壌分析値の相対値。

5. 土壌改良資材の長期連用が土壌の理化学性に及ぼす影響

作付回数と各土壌分析値の増加量との相関を第17表に、牛ふんオガクズ堆肥区の作付回数とT-C増加量との関係を第17図に示した。牛ふんオガクズ堆肥の施用による土壌分析値の増加量は、有機物区と化学肥料区の土壌分析値の差を、石灰窒素の施用による土壌分析値の増加量は、石灰窒素区と有機物区の土壌分析値の差を、BMようりんの施用による土壌分析値の増加量は、総合改善区と有機物区の土壌分析値の差とした。

牛ふんオガクズ堆肥の施用は、T-CおよびT-Nと非常に強い正の相関を示した。また、MgO, K₂O, CaO, P₂O₅とも正の相関を示した。石灰窒素の施用は、P₂O₅の増加量と非常に強い正の相関を示した。また、pH, CaOと強い正の相関を、MgO, K₂Oとも正の相関を示した。BMようりんの施用は、P₂O₅と強い正の相

関を示し, pH, K₂Oとも正の相関を示した.

第17表 資材施用による土壌分析値の増加量と作付回数との相関係数

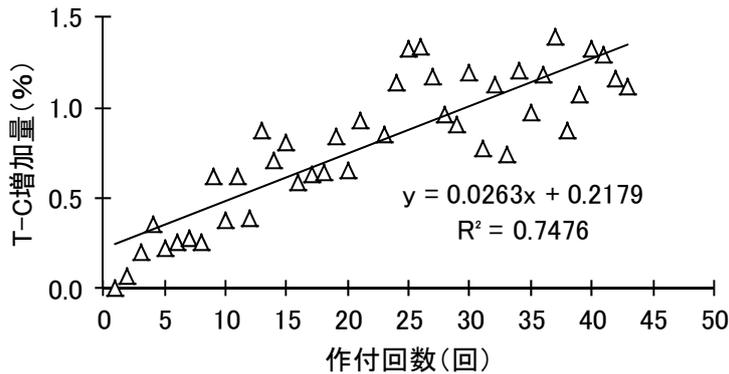
土壌改良資材	pH	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	T-C	T-N
牛ふんオガクズ堆肥	-0.125	0.344 *	0.545 ***	0.559 ***	0.412 **	0.865 ***	0.764 ***
石灰窒素	0.632 ***	0.587 ***	0.458 **	0.366 *	0.928 ***	-0.279	-0.006
BMようりん	0.358 *	0.229	-0.173	0.375 *	0.659 ***	0.127	-0.037

注)*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意であることを示す.

土壌分析値の増加量:牛ふんオガクズ堆肥:有機物区の土壌分析値-化学肥料区の土壌分析値.

石灰窒素:石灰窒素区の土壌分析値-有機物区の土壌分析値.

BMようりん:総合改善区の土壌分析値-有機物区の土壌分析値.



第17図 牛ふんオガクズ堆肥の施用が全炭素含有率増加量に及ぼす影響

注)全炭素含有率増加量:牛糞オガクズ堆肥:有機物区-化学肥料区

考察

1. 有機物および無機質土壌改良資材の連用が作物収量に及ぼす影響

サツマイモ, カボチャ, レタスの収量は, 土壌改良資材を施用した有機物区, 石灰窒素区および総合改善区で増加する傾向を示した(第4, 5, 6図, 第7, 9, 11表). 一般的に土壌の物理性は作物収量に大きく影響を及ぼすが, 渡辺・児玉(1965)は特に土壌硬度や土壌の通気性と作物収量との間に強い相関がみられたことを報告している. 本研究においても, 特に牛ふんオガクズ堆肥を施用した有機物区, 石灰窒素区および総合改善区で土壌孔隙率の増加が認められた(第15図). このことから, 牛ふんオガクズ堆肥の長期連用による土壌の膨軟化がサツマイモ, カボチャ, レタスの収量を向上させた要因の一つであると推察される.

サツマイモの収量指数は, T-C, T-N, CaO, K₂O, P₂O₅と正の相関を示し, カボチャはT-N, レタスはCaOと正の相関が認められたことから(第17表), サツマイモ栽培時には, 牛ふんオガクズ堆肥施用によるT-C, T-N, 交換性K₂Oの増加を図るとともに, 石灰窒素とBMようりんの施用より交換性CaOと可給態リン酸の増加を図ることが増収に効果的であると考えられる. また, カボチャは牛ふんオガクズ堆肥による全窒素含有率, すなわち地力窒素の増加, レタスは石灰窒素施用による交換性CaO含量の増加が増収に寄与したと考えられる.

以上のことから, サツマイモ, カボチャ, レタスの収量性の向上を図るためには, 牛ふんオガクズ堆肥の長期連用による土壌の物理・化学性の改善が重要であり, 石灰窒素やBMようりんなどの無機質土壌

改良資材はその効果をより増加させることが明らかとなった。一方で、これまでに実施された堆肥施用試験では、土壤理化学性の改善と増収とともに、窒素利用率の低下が報告されている（上山ら，1995）。本研究においても、牛ふんオガクズ堆肥施用区で窒素利用率の低下が認められた（第15表）。堆肥施用に伴う窒素利用率の低下は、堆肥由来窒素の大部分が有機態窒素であることに起因するが、土壤中での過剰な有機態窒素の蓄積は可給態窒素量の増加とそれに伴う硝酸性窒素の溶脱や一酸化二窒素の放出など環境負荷につながる。糟谷ら（2011）は、黄色土における5年間の牛ふん堆肥の多量施用により、雨期に多量の硝酸性窒素溶脱が生じると報告している。これらのことから、家畜ふん堆肥を長期連用する場合には、堆肥由来窒素を勘案した施肥設計を行う必要があると考えられる。

2. 有機物および無機質土壤改良資材の連用が土壤の物理・化学性に及ぼす影響

一般的に、黄色土は腐植含量および交換性塩基含量が低く、また、保水性および透水性に乏しいため、有機物や無機質土壤改良資材による土壤改良が必要であるとされている（和歌山県農業試験場，1978）。本研究で供試した試験ほ場においても、試験開始時における全炭素含有率、交換性MgO、交換性K₂O含量は低かったが、22年間にわたり牛ふんオガクズ堆肥、石灰窒素、BMようりんによる土壤改良を継続した結果、土壤の物理・化学性において土壤改良資材の施用効果が顕著に認められた。

土壤pHおよび交換性CaO含量は石灰窒素区において試験開始時の値を維持し、pHおよびCaO含量の増加量が石灰窒素の施用と強い正の相関を示したことから（第7、8図、第17表）、土壤pHおよび交換性CaO含量の維持には石灰窒素の施用が有効であると考えられた。また、一般的に家畜ふんを含む堆肥を連用すると土壤pHおよび交換性CaOが増加するといわれ（和歌山県農林水産部，2011）、本試験でも牛ふんオガクズ堆肥の施用とCaO増加量には正の相関がみられたものの（第17表）、有機物区では土壤pHおよび交換性CaOの減少が認められたことから（第7、8図）、牛ふんオガクズ堆肥を年間3t/10a施用しても土壤pHおよび交換性CaO含量の維持は困難であることが示唆された。

交換性MgO含量は、試験後半において土壤改良資材施用区において化学肥料区に比べ増加する傾向を示し、特に牛ふんオガクズ堆肥の施用と交換性MgO含量の増加量に強い正の相関が認められたことから（第9図、第17表）、交換性MgO含量の増加には牛ふんオガクズ堆肥の施用が有効であると考えられた。

交換性K₂O含量は、土壤改良資材施用区において化学肥料区に比べて増加する傾向を示し、牛ふんオガクズ堆肥の施用と交換性K₂O含量の増加量が高い正の相関を示したことから（第10図、第17表）、牛ふんオガクズ堆肥の施用が交換性K₂O含量を増加させたことが示唆された。一般的に、牛ふんを含む堆肥はカリウム含量が多いため、牛ふん堆肥の連用は土壤の交換性K₂O含量を増加させる（黒柳ら，1996）。近年では、牛ふん堆肥の長期連用や多量施用による土壤K₂O含量の増加に起因する作物の生理障害の報告もみられる（鎌田，2009）。本研究では、試験開始時の交換性K₂O含量が小さかったため22年間の連用後も交換性K₂O含量が大きく増加することはなかったが、さらに連用を続ける場合には交換性K₂O含量の挙動に注意する必要がある。

土壤の可給態リン酸含量は、石灰窒素区と総合改善区で化学肥料区に比べて高い値を示し、土壤の可給態リン酸増加量と石灰窒素の施用には非常に強い正の相関が、またBMようりんの施用とも強い正の相関が認められたことから（第11図、第17表）、石灰窒素およびBMようりんの施用により可給態リン酸が増加することが明らかとなった。BMようりに比べて、石灰窒素の施用により可給態リン酸量がより顕著に増加した要因の一つとして土壤pHの矯正が考えられる。一般的に、酸性条件下では施肥リン酸の大部分が土壤中のアルミニウムや鉄と結合し、難溶性無機リン酸を生成するが（松田ら，1984）、石灰窒素施用により土壤pHが中性付近に保たれたため、施肥リン酸が土壤に固定されにくかったものと推察さ

れた。これらのことから、土壌改良資材として石灰窒素を施用する場合にはリン酸資材の施用は必要ないと考えられた。

土壌の全炭素含有率は、牛ふんオガクズ堆肥を施用した試験区で増加する傾向を示し、牛ふんオガクズ堆肥の施用と非常に高い正の相関を示したことから(第12図, 第17表), 牛ふんオガクズ堆肥の施用が土壌の全炭素含有率を増加させたと考えられた。また, CECも牛ふんオガクズ堆肥を施用した試験区で増加する傾向を示した(第14図)。一般的にCECの向上には堆肥などの有機物の施用による腐植含量の増加が効果的であるとされ, 本試験でも土壌の全炭素含有率とCECの間には有意な正の相関が認められたことから(第15図)牛ふんオガクズ堆肥の施用による腐植の増加がCECを増加させたと推察された。牛ふんオガクズ堆肥区の作付回数とT-C増加量, T-CとCECの関係から, 牛ふんオガクズ堆肥を1作あたり1.5t/10a施用し20作連用すると, 土壌の全炭素含有率は0.5%, CECは約1me/100g増加することになる(第15, 17図)。このように, 黄色土の露地野菜畑において保肥力の向上を図るためには, 長期の堆肥連用が必要であることが示唆される。

土壌の仮比重は, 無窒素区に比べ化学肥料区で減少し, さらに牛ふんオガクズ堆肥の施用により減少する傾向を示した一方, 土壌の孔隙率は無窒素区に比べて化学肥料区で増加し, さらに牛ふんオガクズ堆肥の施用により増加する傾向を示したことから(第16図), 牛ふんオガクズ堆肥の連用や, 収量の増加に伴う植物根由来の有機物量の増加により土壌孔隙量が増加したものと推察された。有機物の施用による土壌物理性の改善については, 土壌孔隙量の増加による軽量化や膨軟化のほかに通気性や保水性, 透水性の向上も多数報告されていることから(黒柳ら, 1997; 藤川ら, 2013), 本研究においても, 牛ふんオガクズ堆肥の施用により土壌の通気性や保水性, 透水性が向上していたと考えられた。

摘要

1976年から1997年までの22年間, 黄色土普通畑において, 無窒素区(BMようりん+塩化加里), 化学肥料区(窒素肥料に硫安を使用, 他は無窒素区と同じ), 有機物区(牛ふんオガクズ堆肥1.5t/10a施用, 他は化学肥料区と同じ), 石灰窒素区(窒素肥料に石灰窒素を使用, 他は有機物区と同じ), 総合改善区(リン酸吸収係数の1.5%相当量のBMようりんを施用, 他は有機物区と同じ)の各連用試験を行い, サツマイモ, レタス, カボチャ, キャベツの収量と養分吸収量, 跡地土壌の変化について調べた。

1. 牛ふんオガクズ堆肥を1作あたり1.5t/10a施用して連作すると, 土壌の全炭素含有率, 交換性マグネシウム含量, 交換性カリウム含量が増加し, 土壌の孔隙率が増加した。10年間20作の連用で土壌の全炭素含有率は0.5%増加し, CECが1me/100g増加した。
2. 石灰窒素を1作あたり150~200kg/10a施用して連作すると, 土壌pH, 交換性カルシウム含量が維持され, 可給態リン酸含量が増加した。
3. BMようりんをリン酸吸収係数の1.5%相当量施用して連作すると, 土壌の可給態リン酸量が増加したが, 増加量は石灰窒素施用時より小さかった。
4. サツマイモ, カボチャ, レタスは土壌改良資材の施用により収量が増加した。特に, 牛ふんオガクズ堆肥の施用による土壌物理性の改善と地力窒素, 交換性 K_2O の増加や石灰窒素およびBMようりんの施用による可給態リン酸および交換性CaOの増加による効果が認められた。一方, キャベツでは土壌改良による増収効果は認められなかった。

謝辞

本報告は、有機物連用効果を明らかにすることを目的とした土壤保全対策事業「土壤環境基礎調査・基準点調査」のうち、1976年から1997年までの22年間の成績を取りまとめたものである。本研究の実施にあたり、野見陽一郎氏、林純一氏、鎌塚拓夫氏、平田滋氏、藤井孝夫氏、岩橋信博氏、岩尾和哉氏、上田長和氏、橋本博史氏に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 青山喜典, 松浦克彦, 時枝茂行, 小林保, 置塩康之. 2003. オガクズ入り牛ふん堆肥多施用による強粘質土壤の早期熟畑化. 近中四農研報. 3: 9-5.
- 東卓弥, 垣内仁, 林恭弘. 2005. 黄色土水田における牛糞オガクズ堆肥, 石灰窒素の連用が水稻, キャベツの生育と土壤理化学性に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 6: 45-56.
- 林恭弘, 森下年起. 2001. 黄色土水田における稲わら, 珪カルと熔リンの連用が水稻, タマネギと土壤に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 2: 99-114.
- 林恭弘, 森下年起. 2002. 黄色土水田における稲わら, ケイカルと熔リンの連用が土壤と水稻の生育におよぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 3: 57-66.
- 藤川智紀, 中村貴彦, 駒村正治. 2013. 堆肥の施用による土壤物理性改良効果の評価. 東京農大農学集報. 57: 267-274.
- 鎌田淳. 2009. 家畜ふん堆肥の連用によるカリ過剰とブロッコリーの花蕾黒変症について. 日本土壤肥料学会要旨集. 55: 214.
- 糟谷真宏, 荻野和明, 廣戸誠一郎, 石川博司, 鈴木良地. 2011. 牛ふん堆肥または豚ふん堆肥を連用する黄色土野菜畑における5年間の養分動態. 愛知農総試研報. 43: 137-149.
- 黒柳直彦, 兼子明, 渡辺敏朗, 藤田彰, 小田原孝治. 1996. 畑地における有機物の長期連用効果 第1報 作物収量と土壤理化学性. 福岡農試研報. 15: 64-68.
- 黒柳直彦, 藤田彰, 小田原孝治, 兼子明, 渡辺敏朗. 1997. 畑地における有機物の長期連用効果 第2報 作物収量と土壤物理性. 福岡農試研報. 16: 64-68.
- 松田敬一郎. 1987. 土壤の有効態成分. P. 159-162. 松田敬一郎ら共著. 土壤学. 文永堂出版. 東京.
- 農林水産省農蚕園芸局農産課編. 1979. 土壤環境基礎調査における土壤, 水質および作物体分析法. 土壤保全調査事業全国協議会. 東京.
- 上山紀代美, 藤原俊六郎, 船橋秀登. 1995. 牛ふん堆肥連用が作物収量と土壤の化学性に及ぼす影響. 神奈川総研研報. 136: 31-40.
- 和歌山県農業試験場. 1978. 地力保全基本調査総合成績書. P. 319-322.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壤肥料対策指針(改訂版). P. 115-121.
- 渡辺和之, 児玉敏夫. 1965. 土壤の物理性と作物の生育および収量との関係 第1報 作物の初期生育におよぼす土壤の粗密の影響. 日作紀. 33: 409-413.

イチゴ高設栽培での細霧冷房および送風処理が 第一次腋果房の開花，収量に及ぼす影響

田中寿弥・東 卓弥・神谷 桂¹

和歌山県農業試験場

Effects of Mist Cooling-Ventilation Treatment on Flowering of the Secondary Flower Cluster and Yield in Bench Culture Strawberry

Toshihiro Tanaka, Takaya Azuma, and Katsura Kamiya¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

イチゴの促成栽培では自然条件で花芽分化した苗を9月中下旬に定植し，12月上旬から収穫を開始する。しかし，イチゴの市場価格は10～12月が高いことから，この時期の収量を増やすため低温処理育苗による早期作型が普及している（伏原，2005）。早期作型では，育苗時に10～15℃で低温処理を行い頂果房の花芽を自然条件よりも早く分化させることで，定植・収穫時期を早めることが可能である。しかし，第一次腋果房の花芽分化は定植後から10月上旬の高温条件により抑制されるため，頂果房と第一次腋果房の間に収穫の中休みが発生することが，‘とちおとめ’，‘あまおう’，‘さちのか’，‘まりひめ’等の多数の品種で問題とされている（三井ら，2003，家中・稲葉，2006，田中ら，2012）。

一方，イチゴの高設栽培は，地面から隔離した栽培槽を地上80～100cmに設置し栽培する方法で，収穫や栽培管理が立った状態の姿勢で作業でき省力的である，耕耘機やトラクター等の大型機械が不要である，温度や肥培管理の自動化・マニュアル化がしやすい，土に触れる機会が少なく快適な労働環境である等の利点がある（伏原，2004）。2011年の和歌山県いちご生産者組合連合会調べによると，高設栽培は本県でもイチゴ栽培面積の1割強を占め，新規参入者を中心に年々普及が進んでいる。しかし，高設栽培は，導入経費が高価である，収量が土耕と同程度，培地が少なく空気中にあるため気温の影響を受けやすい等の欠点があり，今後のさらなる普及のためにはこれらの問題を改善することが必須である。

このように，高設栽培が普及する中，その収量・収益性向上のためには，頂果房と第一次腋果房の中休み解消が必要であり，定植後のハウス内を冷却することは有効な手段の一つであると考えられる。現在，施設園芸で利用されている冷房方式は，ヒートポンプ（エアコン，冷凍機）利用，水の気化冷却利用，地下水利用の3つに大別できるが，経費や汎用性を考慮すると気化冷却を利用する細霧冷房が最有力と考えられる（林，2003，2006）。しかし，イチゴにおいて第一次腋果房の開花

¹現在：和歌山県農業大学校

促進を目的とした定植後の細霧冷房について研究はほとんど行われていない。

また、山崎ら（2007）は、不織布シートを栽培槽に用いたイチゴ高設栽培に、栽培槽への送風による強制気化機構を組み込むことで、気化潜熱により培地温度を低く維持でき、第一次腋果房の出蕾が早まることを報告している。本県では栽培槽に防根透水シートを用いたハンモック方式のイチゴ高設栽培システムが普及しており、既存の暖房機および送風ダクトを利用することで、栽培槽表面からの水の蒸発による培地冷却効果が期待できる。

そこで、本研究では、和歌山県内産地で栽培されている‘さちのか’、‘まりひめ’、‘紅ほっぺ’の3品種について、早期作型において、イチゴ高設栽培での細霧冷房とベッド下からの送風処理による温度低下効果、第一次腋果房の開花・収穫時期と収量について調査した。

材料および方法

品種は‘さちのか’、‘まりひめ’、‘紅ほっぺ’の3品種を供試した。8月上旬から25～30日間、15℃、8時間日長で夜冷短日処理を行った苗を、2009年は8月31日、2010年は8月30日、2011年は9月1日に高設ベッド（高さ90cm）に定植した。栽植密度は、株間23cm、畝間120cmの2条植え（7246株/10a）とした。

試験1. 細霧冷房および送風処理による株冷却効果

2009年は農業試験場（和歌山県紀の川市）内の単棟ガラスハウス（間口7.5m×奥行18.5m×軒高2.5m）の中央をビニルフィルムで全面に張って南北に仕切り、南側を冷却区（細霧冷房と送風処理（第1図））、北側を無処理区とした。細霧冷房および送風処理は9月1日～10月5日に実施した。細霧冷房は、高設ベッドの上部120cmに、ノズル間隔200cm、チューブの間隔220cmに設置した細霧ノズル（ヤマホ工業株式会社製、噴出量約350ml/分/個、平均霧粒子径約40 μ m）より噴霧し、8～16時に、20秒噴霧120秒停止を繰り返した。送風処理は小型温風機の送風機（ネポン社製、KA321）を用い、50cm間隔で直径2.5cmの穴を開けたポリダクト（折り径47.5cm）を高設ベッドの下部50cmの位置に設置し、24時間稼働させた。処理期間中、ハウス内に遮光資材（遮光率約50%）を展張した。

2010年は8月31日～10月4日に細霧冷房および送風処理を実施した。細霧冷房は、8～16時の間、20秒噴霧60秒停止を繰り返した。それ以外は2009年と同じである。

2011年は農業試験場内の単棟ビニルハウス（間口7.2m×奥行26m×軒高2.3m）の中央をビニルフィルムで全面に張って南北に仕切り、北側を冷却区、南側を無処理区とした。細霧冷房および送風処理は9月7日～10月11日に実施した。細霧冷房は、8～16時の間、15秒噴霧90秒停止を繰り返した。送風処理は小型温風機の送風機（ネポン社製、KA205）を用いた。処理期間中、ハウス外に遮光資材（遮光率約50%）を展張した。それ以外は2009年と同じである。



第1図 細霧冷房および送風処理

処理期間中の2009年9月1日～10月5日

(9月11, 12, 23, 24, 25日は欠測), 2010年9月1日~30日, 2011年9月11日~10月10日の気温(ベッド上10cm, 2条植えの条間), 培地温度(培地表面より深さ10cm), クラウン温度(クラウン部表面)をコンパクト温度ロガー(安立計器株式会社製)により測定した。

試験 2. 細霧冷房および送風処理が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響

2009~2011年に実施し, 試験施設, 細霧冷房および送風処理条件は試験1のとおりとして, 細霧冷房と送風処理を行う冷却区と無処理区を設定した。処理期間中の培養液は, 大塚 SA 処方+ハウス5号溶液を用い, 2009年はEC0.3dS/m, 2010年と2011年はEC0.5dS/mで施用した。

調査株数は各区20株とした。処理終了後(2009年10月8日, 2010年10月4日, 2011年10月12日)に株の草丈, 新生第3葉の葉柄, 新生第3葉の中央小葉の葉身, 葉幅, 葉色(SPAD値, MINOLTA製葉緑素計)を, また, 処理期間中(2009年9月3日~10月13日, 2010年9月2日~10月4日, 2011年9月8日~10月11日)の展葉数を調査した。さらに, 頂果房と第一次腋果房の開花日, 収穫開始日, 果房間葉数(2011年は未調査), また, 収穫開始から2009年は2月末まで, 2010年, 2011年は4月末まで7g以上果実の時期別収量を調査した。

試験 3. 細霧冷房および送風処理下における培養液濃度が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響

試験施設, 細霧冷房, 送風処理条件は試験1(2010年)のとおりとし, 細霧冷房および送風処理区内に, 高EC区, 中EC区, 低EC区を設定した。各試験区の培養液濃度は, 高EC区がEC0.8dS/m, 中EC区がEC0.5dS/m, 低EC区が0.25dS/mとした。培養液は大塚SA処方+ハウス5号溶液を用い, 灌水同時施肥として株当たり約40ml×5回/日を施用した。処理終了後は全区同じ培養液濃度で管理した。

調査株数は1区10株の2反復とした。処理終了後の2010年10月4日に株の草丈, 新生第3葉の葉柄, 新生第3葉の中央小葉の葉身, 葉幅, 葉色(SPAD値, MINOLTA製葉緑素計)を, また, 9月2日~10月4日の展葉数を調査した。さらに, 頂果房と第一次腋果房の開花日, 収穫開始日, 果房間葉数, また, 収穫開始から4月末まで7g以上果実の時期別収量を調査した。

試験 4. 細霧冷房および送風処理下における遮光が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響

試験は2010年に単棟パイプハウス(幅5.5m×長18.5m×軒高1.5m)で行い, ビニル被覆したハウスの外側の北側半分に遮光率50%の資材(タイレン遮光ネットAG-30)を展張し, ハウスの北側を遮光区, 南側を遮光しない対照区とした。細霧冷房は両区とも同様に, 高設ベッドの上部80cmの位置に, ノズル間隔200cm, チューブの間隔200cmに設置した細霧ノズルより噴霧した。送風処理は小型温風機の送風機(ネポン社製, KA205)を用いた。それ以外の細霧冷房, 送風処理条件は, 試験1(2010年)のとおりとした。培養液は大塚 SA 処方+ハウス5号溶液を用い, 処理期間中EC0.5dS/mで管理した。

調査株数は各区20株とした。処理期間中の2010年9月4~30日(9月16~24日は欠測)の気温(ベッド上10cm, 2条植えの条間), 培地温度(培地表面より深さ10cm), クラウン温度(クラウン部表面)をコンパクト温度ロガー(安立計器株式会社製)により測定した。処理終了後の10月7日に株の草丈, 新生第3葉の葉柄, 新生第3葉の中央小葉の葉身, 葉幅, 葉色(SPAD値, MINOLTA製葉緑素計)を, また, 9月6日~10月7日の展葉数を調査した。さらに, 頂果房と第一次腋果房の開花日, 収穫開始日, 果房間葉数, また, 収穫開始から4月末まで7g以上果実の時期別収量を調査した。

結 果

試験 1. 細霧冷房および送風処理による株冷却効果

第1表に細霧冷房および送風処理期間の気温、クラウン温度、培地温度の日平均、最高、最低温度を示した。日平均気温は、2009年が冷却区 21.7℃、無処理区 23.3℃、2010年が冷却区 24.0℃、無処理区 25.4℃、2011年が冷却区 22.0℃、無処理区 23.1℃であり、冷却区が無処理区よりも、1.1～1.5℃低かった。また、冷却区は、日平均のクラウン温度が 0.8～1.8℃、培地温度が 1.2～1.6℃、それぞれ無処理区に比べて低く、日平均気温と同じ傾向であった。冷却区の日最高温度は、気温が 2.9～3.8℃、クラウン温度が約 1.5℃、培地温度が 1.5～2.1℃、また、冷却区の日最低温度は、気温が約 0.3℃、クラウン温度が 0.4～1.5℃、培地温度が約 1.0℃、それぞれ無処理区に比べて低かった。

第1表 細霧冷房および送風処理と株周辺の日平均、日最高、日最低温度(℃)

測定位置	試験区	日平均			日最高			日最低		
		2009年	2010年	2011年	2009年	2010年	2011年	2009年	2010年	2011年
気温	冷却区	21.7	24.0	22.0	26.7	29.5	29.2	17.9	20.1	17.0
	無処理区	23.3	25.4	23.1	30.4	33.2	32.1	18.2	20.4	17.2
クラウン	冷却区	—	24.0	21.9	—	28.4	26.9	—	20.8	18.2
	無処理区	—	25.7	22.7	—	29.9	28.5	—	22.3	18.6
培地温度	冷却区	21.3	23.7	21.3	23.1	25.7	23.0	19.5	21.7	19.4
	無処理区	22.6	25.3	22.4	24.6	27.8	24.7	20.5	22.7	20.3

注) 値は測定日ごとの平均値(2009年:9/1～10/5(9/11, 12, 23, 24, 25は欠測), 2010年:9/1～30, 2011年:9/11～10/10)

試験 2. 細霧冷房および送風処理が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響

第2表に細霧冷房および送風処理終了時の株の生育状況を示した。草丈、葉柄、葉身、葉幅、葉色(SPAD値)は、処理による有意差が認められなかった。一方、処理期間中の展葉数は、いずれの品種も、冷却区が無処理区に比べて約0.5枚少なく、展葉速度が遅かった。

第3表に細霧冷房および送風処理による頂果房および第一次腋果房の開花、収穫開始日、果房間葉数を示した。冷却区の頂果房の開花日、収穫開始日は、処理による有意差は認められないものの、無処理区に比べて、それぞれ1～7日、1～8日遅くなる傾向であった。一方、冷却区の第一次腋果房の開花日は、試験区間に有意な差は認められないが、2009年、2011年の‘さちのか’、‘まりひめ’、2009年、2010年、2011年の‘紅ほっぺ’で、無処理区に比べて1～6日早まる傾向がみられた。冷却区の第一次腋果房の収穫開始日は、‘紅ほっぺ’で、無処理区に比べて5～10日有意に早まった。また、有意な差は認められないが、2009年と2011年の‘さちのか’、‘まりひめ’においても、無処理区に比べて4～10日早まる傾向がみられた。冷却区の果房間葉数は、2009年の‘さちのか’、‘まりひめ’、2010年の‘さちのか’、‘紅ほっぺ’で、無処理区よりも0.5～1.0枚少ない傾向であった。

第4表に細霧冷房および送風処理による時期別収量を示した。‘さちのか’の冷却区は、無処理区に比べて、いずれの年も2月、2月末までおよび4月末までの収量が多い傾向であった。‘まりひめ’の冷却区は、無処理区に比べて、2009年では差がみられず、2010年では年内、2月末まで、4月末までの収量が少なく、2011年では1、2月、2月末まで収量が多く、年度により異なる傾向となった。‘紅ほっぺ’の冷却区は、無処理区に比べて、2009年では12、1月が少ないが2月に多く、

2010年では1~3月，2月末まで，4月末までが多く，2011年では12月が少ないが1~3月が多く，いずれの年も2月の収量が多い傾向であった。

第2表 細霧冷房および送風処理と処理終了時の株の生育状況

年度	試験区	さちのか						まりひめ						紅ほっぺ					
		草丈 (cm)	葉柄 (cm)	葉身 (cm)	葉幅 (cm)	葉色 (SPAD)	展葉数 (枚)	草丈 (cm)	葉柄 (cm)	葉身 (cm)	葉幅 (cm)	葉色 (SPAD)	展葉数 (枚)	草丈 (cm)	葉柄 (cm)	葉身 (cm)	葉幅 (cm)	葉色 (SPAD)	展葉数 (枚)
2009	冷却区	16.8	8.5	7.0	5.9	42.3	2.9	21.3	10.4	7.9	6.2	42.2	3.0	19.4	12.2	8.0	6.6	39.5	3.1
	無処理区	17.7	10.2	8.0	6.7	43.2	3.4	25.5	11.4	8.7	6.9	43.5	3.6	22.6	13.4	8.2	6.8	43.1	3.1
2010	冷却区	24.3	16.2	11.0	9.0	44.0	3.9	23.8	14.3	10.7	7.9	46.4	4.3	25.0	16.0	11.3	9.3	43.2	4.3
	無処理区	21.6	14.3	10.2	8.5	46.0	4.3	23.3	14.4	10.5	8.1	46.7	4.9	23.1	14.3	10.1	8.6	46.5	4.7
2011	冷却区	22.4	13.5	10.9	9.1	42.3	4.6	26.5	15.2	11.6	8.4	41.4	4.9	27.0	18.0	12.5	10.5	43.2	4.3
	無処理区	24.5	14.2	11.5	9.1	42.3	5.2	28.4	15.3	11.9	8.3	41.6	5.4	29.3	16.9	12.2	10.0	42.7	5.0
t検定	試験区	0.94	0.91	0.67	0.75	0.23	*	0.30	0.31	0.40	0.35	0.23	**	0.52	0.61	0.41	0.29	0.25	0.21

注)t検定:**($p<0.01$),*($p<0.05$),数値は危険率(p 値)を示す。

第3表 細霧冷房および送風処理と頂果房および第一次腋果房の開花・収穫開始日，果房間葉数

年度	試験区	さちのか					まりひめ					紅ほっぺ				
		頂果房		第一次腋果房		果房間	頂果房		第一次腋果房		果房間	頂果房		第一次腋果房		果房間
		開花日	収穫開始日	開花日	収穫開始日	葉数(枚)	開花日	収穫開始日	開花日	収穫開始日	葉数(枚)	開花日	収穫開始日	開花日	収穫開始日	葉数(枚)
2009	冷却区	10/29	12/13	11/26	1/16	2.9	10/22	12/4	11/23	1/12	3.0	10/18	12/5	11/22	1/13	3.1
	無処理区	10/22	12/9	11/27	1/20	3.4	10/17	11/26	11/26	1/19	3.6	10/13	11/28	11/24	1/18	3.1
2010	冷却区	10/13	11/20	1/6	2/24	6.6	10/9	11/8	1/4	2/24	7.7	10/6	11/8	12/13	2/9	5.7
	無処理区	10/10	11/13	1/6	2/26	7.5	10/8	11/6	12/26	2/22	7.3	10/5	11/7	12/18	2/19	6.7
2011	冷却区	10/5	11/6	12/30	2/17	—	10/1	10/29	12/19	2/4	—	9/30	10/31	12/6	1/26	—
	無処理区	10/4	11/3	1/3	2/25	—	9/30	10/26	12/25	2/14	—	9/29	10/27	12/10	2/3	—
t検定	試験区	0.18	0.06	0.22	0.11		0.23	0.15	0.95	0.26		0.22	0.14	0.07	*	

注)t検定:*($p<0.05$),数値は危険率(p 値)を示す。

第4表 細霧冷房および送風処理と時期別収量

品種	年度	試験区	時期別収量(g/株)								年内収量		2月末までの収量		4月末までの収量	
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)	
さちのか	2009	冷却区	—	2	38	108	145	—	—	40	290	293	2123	—	—	
		無処理区	—	0	55	146	78	—	—	55	399	279	2022	—	—	
	2010	冷却区	—	38	93	57	69	269	132	131	949	257	1862	658	4768	
		無処理区	—	48	76	45	60	262	146	124	899	229	1659	637	4616	
	2011	冷却区	1	111	58	9	78	344	68	170	1232	257	1862	669	4848	
		無処理区	6	104	57	0	37	313	121	167	1210	204	1478	638	4623	
t検定	試験区									0.83		0.11				
まりひめ	2009	冷却区	—	14	53	131	188	—	—	67	486	386	2797	—	—	
		無処理区	—	7	60	185	144	—	—	67	486	396	2870	—	—	
	2010	冷却区	—	77	109	68	80	267	188	186	1348	334	2420	789	5717	
		無処理区	—	75	137	132	104	249	211	212	1536	448	3246	908	6580	
	2011	冷却区	15	130	72	21	128	386	113	217	1572	366	2652	865	6268	
		無処理区	22	130	67	4	102	408	142	219	1587	325	2355	875	6341	
t検定	試験区									0.38		0.61				
紅ほっぺ	2009	冷却区	—	13	22	158	172	—	—	35	254	365	2645	—	—	
		無処理区	—	7	37	190	143	—	—	44	319	377	2732	—	—	
	2010	冷却区	—	73	68	31	156	429	257	141	1022	328	2377	1014	7348	
		無処理区	—	73	55	22	104	367	292	128	928	254	1841	913	6616	
	2011	冷却区	10	102	41	49	172	290	205	153	1109	374	2710	869	6297	
		無処理区	17	100	55	22	165	285	205	172	1246	359	2601	849	6152	
t検定	試験区									0.65		0.42				

注)t検定:数値は危険率(p 値)を示す。

試験3. 細霧冷房および送風処理下における培養液濃度が第一次腋果房の開花，収量に及ぼす影響

第5表に処理終了時の株の生育状況を示した。草丈，葉柄，葉身，葉幅は，いずれの品種も高EC区，中EC区が，低EC区に比べて大きい傾向であった。葉色（SPAD値）は，‘紅ほっぺ’で，高EC区，中EC区が低EC区に比べて大きかった。処理期間中の展葉数は，いずれの品種も，高EC区，中EC区，低EC区の順に多い傾向であった。

第6表に細霧冷房および送風処理時の培養液を異なる濃度で施用した場合の頂果房および第一次腋果房の開花・収穫開始日，果房間葉数を示した。頂果房の開花・収穫開始日は，いずれの品種も高EC区，中EC区が低EC区に比べて早い傾向であった。一方，第一次腋果房の開花・収穫開始日は，‘まりひめ’では高EC区，中EC区が低EC区に比べて，‘さちのか’と‘紅ほっぺ’では高EC区，中EC区，低EC区の順に遅い傾向であった。果房間葉数は，‘まりひめ’では高EC区，中EC区が低EC区に比べて，‘さちのか’と‘紅ほっぺ’では高EC区，中EC区，低EC区の順に多い傾向であった。

第7表に細霧冷房および送風処理時の培養液を異なる濃度で施用した場合の時期別収量を示した。‘さちのか’では，年内収量は高EC区，中EC区が低EC区に比べて多いものの，2月末までの収量は中EC区，低EC区が高EC区に比べて多く，4月末までの収量は中EC区，高EC区，低EC区の順に多かった。‘まりひめ’では，年内収量は高EC区，中EC区，低EC区の順に，2月末までおよび4月末までの収量は高EC区が中EC区，低EC区に比べて多かった。‘紅ほっぺ’では，年内収量は高EC区，中EC区が低EC区に比べて，2月までの収量は中EC区，高EC区，低EC区の順に，4月末までの収量は中EC区，高EC区，低EC区の順に多かった。

第5表 細霧冷房および送風処理時の培養液濃度と処理終了時の株の生育状況

品種	試験区	生育状況					
		草丈 (cm)	葉柄 (cm)	葉身 (cm)	葉幅 (cm)	葉色 (SPAD)	展葉数 (枚)
さちのか	高EC区	23.8 a	15.7 a	10.6 a	8.9 a	43.7 a	4.1 a
	中EC区	24.3 a	16.2 a	11.0 a	9.0 a	44.0 a	3.9 a
	低EC区	19.1 b	12.2 b	8.6 b	7.5 b	42.5 a	3.3 b
まりひめ	高EC区	26.8 a	16.5 a	11.6 a	9.0 a	45.1 a	5.0 a
	中EC区	23.8 a	14.3 a	10.7 a	7.9 ab	46.4 a	4.3 a
	低EC区	20.5 a	12.3 a	9.3 b	7.3 b	43.9 a	3.7 a
紅ほっぺ	高EC区	26.4 a	17.7 a	11.9 a	9.9 a	43.5 a	4.7 a
	中EC区	25.0 a	16.0 ab	11.3 a	9.3 ab	43.2 a	4.3 a
	低EC区	13.6 b	13.6 b	9.2 b	8.0 b	41.2 b	3.5 a

注)各品種同列の異なるアルファベット間には，Tukeyの多重検定(5%水準)で有意差あり。

第6表 細霧冷房および送風処理時の培養液濃度と頂果房および第一次腋果房の開花・収穫開始日，果房間葉数

品種	試験区	頂果房		第一次腋果房		果房間葉数(枚)
		開花日	収穫開始日	開花日	収穫開始日	
さちのか	高EC区	10/12 a	11/17 a	1/16 b	3/3 b	7.9 b
	中EC区	10/13 ab	11/20 a	1/6 b	2/24 ab	6.6 b
	低EC区	10/16 b	11/28 b	12/15 a	2/16 a	3.9 a
まりひめ	高EC区	10/7 a	11/4 a	12/27 b	2/22 b	7.2 b
	中EC区	10/9 a	11/8 a	1/4 b	2/24 b	7.7 b
	低EC区	10/11 a	11/13 a	12/9 a	2/13 a	4.5 a
紅ほっぺ	高EC区	10/5 a	11/9 a	12/22 a	2/18 a	6.3 a
	中EC区	10/6 a	11/8 a	12/13 a	2/9 a	5.7 a
	低EC区	10/11 a	11/18 b	12/1 a	2/3 a	3.7 a

注)各品種同列の異なるアルファベット間には，Tukeyの多重検定(5%水準)で有意差あり。

第7表 細霧冷房および送風処理時の培養液濃度と時期別収量

品種	試験区	時期別収量(g/株)						年内収量		2月末までの収量		4月末までの収量	
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)
さちのか	高EC区	42	87	44	39	242	172	129	935 a	212	1536 a	626	4536 a
	中EC区	38	93	57	69	269	132	131	949 a	257	1862 a	658	4768 a
	低EC区	16	66	48	138	169	107	82	594 b	268	1942 a	544	3942 b
まりひめ	高EC区	88	144	108	106	251	240	232	1681 a	446	3232 a	937	6790 a
	中EC区	77	109	68	80	267	188	186	1348 ab	334	2420 a	789	5717 a
	低EC区	45	86	75	149	187	229	131	949 b	355	2572 a	771	5587 a
紅ほっぺ	高EC区	78	72	27	114	429	324	150	1087 a	291	2109 a	1044	7565 a
	中EC区	73	68	31	156	429	257	141	1022 a	328	2377 a	1014	7348 a
	低EC区	39	45	31	147	323	290	84	609 b	262	1899 a	875	6341 a

注)各品種同列の異なるアルファベット間には，Tukeyの多重検定(5%水準)で有意差あり。

試験 4. 細霧冷房および送風処理下における遮光が第一次腋果房の開花，収量に及ぼす影響

第 8 表に遮光の有無と細霧冷房および送風処理期間中の気温，クラウン温度，培地温度の日平均，日最高，日最低温度を示した。遮光区の日平均の気温，クラウン温度，培地温度は，対照区に比べて，それぞれ 1.1℃，1.5℃，1.4℃低かった。また，遮光区の日最高の気温，クラウン温度，培地温度は，対照区に比べて，それぞれ 3.2℃，4.4℃，3.9℃低かった。一方，日最低の気温，クラウン温度，培地温度は，遮光区と対照区の間には差が認められなかった。

第8表 細霧冷房および送風処理時の遮光と株周辺の温度

試験区	気温(°C)			クラウン温度(°C)			培地温度(°C)		
	日平均	日最高	日最低	日平均	日最高	日最低	日平均	日最高	日最低
遮光区	24.8	30.7	20.6	24.0	27.0	21.3	24.2	26.4	21.8
対照区	25.8	33.8	20.5	25.5	31.4	21.2	25.6	30.4	22.0

注) 値は測定日ごとの平均値(2010年:9/4~30(9/16~24は欠測))

第 9 表に細霧冷房および送風処理終了後の株の生育状況を示した。いずれの品種も，遮光区は対照区に比べて，草丈，葉柄，葉身，葉幅が大きく，一方，葉色 (SPAD 値) は小さく，徒長傾向であった。また，展葉数が 0.6~1.1 枚少なかった。

第 10 表に遮光の有無と頂果房および第一次腋果房の開花・収穫開始日，果房間葉数を示した。遮光区の頂果房の開花・収穫開始日は，いずれの品種も，対照区に比べて 4~6 日遅くなった。一方，遮光区の第一次腋果房の開花・収穫開始日は，対照区に比べて，‘まりひめ’では差が認められないが，‘さちのか’，‘紅ほっぺ’では 4~8 日早くなる傾向であった。また，果房間葉数は‘まりひめ’，‘紅ほっぺ’では差が認められないが，‘さちのか’では遮光区が対照区に比べて，約 1 枚少なかった。

第9表 細霧冷房および送風処理時の遮光と処理終了時の株の生育状況

品種	試験区	草丈	葉柄	葉身	葉幅	葉色	展葉数
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(SPAD)	(枚)
さちのか	遮光区	23.8	15.8	11.1	9.2	43.5	3.5
	対照区	21.6	11.8	11.1	8.4	46.8	4.6
まりひめ	遮光区	26.7	17.2	12.1	9.7	44.1	4.1
	対照区	23.0	11.8	11.8	8.1	48.4	5.1
紅ほっぺ	遮光区	27.6	18.7	12.1	10.5	43.0	4.3
	対照区	24.0	13.9	11.4	9.4	47.1	4.9

第10表 細霧冷房および送風処理時の遮光と頂果房および第一次腋果房の開花・収穫開始日、果房間葉数

品種	試験区	頂果房		第一次腋果房		果房間葉数(枚)
		開花日	収穫開始日	開花日	収穫開始日	
さちのか	遮光区	10/14	11/18	12/28	2/11	6.6
	対照区	10/10	11/12	1/5	2/17	8.0
まりひめ	遮光区	10/9	11/6	12/29	2/11	7.9
	対照区	10/5	10/31	12/27	2/11	7.6
紅ほっぺ	遮光区	10/9	11/10	12/12	1/30	5.9
	対照区	10/5	11/6	12/16	2/6	6.3

第 11 表に遮光の有無と時期別収量を示した。‘さちのか’では，遮光区が対照区に比べて，11，3 月が少ないものの，12，1，4 月が多く，2 月末および 4 月末までの収量が多い傾向であった。‘まりひめ’では，遮光区が対照区に比べて，年内および 2 月末までの収量に差は認められないが，2~4 月および 4 月末までの収量がやや多い傾向であった。‘紅ほっぺ’では，遮光区が対照区に比べて，12，1，3，4 月が多いものの，11，2 月が少なく，年内および 4 月末までの収量に差は認められないが，2 月末までの収量が少ない傾向であった。

第11表 細霧冷房および送風処理時の遮光と時期別収量

品種	試験区	時期別収量(g/株)						年内収量		2月末までの収量		4月末までの収量	
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)	(g/株)	(kg/10a)
さちのか	遮光区	47	124	84	148	192	74	171	1239	403	2920	669	4848
	対照区	70	92	59	143	223	54	162	1174	364	2638	641	4645
まりひめ	遮光区	112	166	72	187	298	78	278	2014	537	3891	913	6616
	対照区	116	172	86	177	272	60	288	2087	551	3993	883	6399
紅ほっぺ	遮光区	91	121	57	211	374	110	212	1536	480	3478	964	6986
	対照区	102	110	37	293	352	65	212	1536	542	3928	959	6949

考 察

イチゴの促成栽培では、夜冷短日処理（植木ら，1993）等により花芽の分化を促進させることで、市場価格の高い10～11月に収穫を開始することが可能である。しかし、頂果房の収穫時期を早めると、自然条件では第一次腋果房が連続して分化しないため、2月頃に収穫の中休みが発生する（三井ら，2003，家中・稲葉，2006，田中ら，2012）。イチゴの花芽分化は、日長と温度の相乗作用を受け、15～25℃の範囲では6～13時間の短日条件下で花芽を形成するが、25℃を超える温度では日長に関係なく花芽を形成しないとされている（木村，1988）。定植時期にあたる9月の日長条件は11時間53分～12時間54分（和歌山市，緯度34.2°，経度135.2°，2010）であり、13時間より短いため花芽分化に必要な短日条件を満たしており、高温条件が花芽分化抑制の要因となっている。そのため、定植後の温度を低下させることによる第一次腋果房の花芽分化の促進は可能である。

本研究では、株周辺の冷却技術として、ハウス内への細霧冷房とイチゴ高設ベッドへの送風を併用した。細霧冷房は、主要粒径が約50μm以下の細霧を噴霧し、温室内空間でこれを蒸発させ、気化冷却を図る方法である（林，2006）。これまでに、トマト（三原・石田，2004）、バラ（梶原ら，2011）、夏秋ギク（長菅ら，2011）等の作物で気温を下げる効果が認められている。また、イチゴの高設ベンチへの送風は、ベッド表面からの水分蒸発を促進させることで、気化冷却により培地の温度を低下させる方法であるが、これまでに、山崎ら（2007）が防水透湿シートと送風ダクトを設置した高設ベンチでの送風で、また廣野ら（2011）が二槽ハンモック気化冷却ベンチへの送風で培地温度を下げる効果が認められている。本研究においても、2009～2011年の3ヵ年とも、気温、クラウン温度、培地温度が低下しており、細霧冷房および送風処理による冷却効果が認められた。

この処理を、8月末～9月初旬に定植する早期作型において、定植～第一次腋果房の花芽分化が開始する10月上旬までの約35日間実施した。その結果、‘さちのか’、‘まりひめ’、‘紅ほっぺ’のいずれの品種においても、葉の展開速度が低下し頂果房の開花・収穫時期がやや遅れるものの、果房間葉数が減少することで、第一次腋果房の開花・収穫時期が前進した。これは、曾根ら（2007）の20℃でのクラウン部局所冷却処理により連続出蕾性が向上するという報告と一致した。一方で、2009年と2011年は前述の効果が得られたものの、2010年の‘さちのか’、‘まりひめ’では第一次腋果房の開花・収穫時期の促進効果が得られなかった。この原因として、2010年は9月の平均気温が平年よりも1.5℃高く（アメダス和歌山観測地）、処理をおこなっても花芽分化を抑制する温度を下回らなかったことが原因と推察される。今後は、高温年でも安定して効果が得られるよう、冷却効果をさらに高める処理方法の検討が必要である。

イチゴの花芽分化は低窒素レベルによっても促進される（木村，1988）。町田・宇田川（2004）は土耕栽培において高い窒素濃度により第一次腋果房の分化が抑制されること、また、岩崎ら（2004）

は高設栽培において培養液濃度が高いほど第一次腋果房の開花期が遅れることを報告している。本研究でも、細霧冷房と送風処理による処理効果を高めるために、処理期間中の培養液濃度について検討した。その結果、処理期間中の培養液濃度が高い場合、‘さちのか’、‘紅ほっぺ’では、果房間葉数が増え、第一次腋果房の開花・収穫時期が遅くなり、同様の傾向が得られた。一方、処理期間中の培養液濃度が低い場合、いずれの品種においても、第一次腋果房の開花・収穫時期が早まり、収穫の中休みは軽減されるものの、生育や展葉速度が劣り、頂果房の開花・収穫時期が遅れ、初期収量・総収量の減少が認められた。このように、細霧冷房および送風処理時の培養液濃度は、効果を安定させるためには低い方が望ましいが、低すぎると減収を招くため、定植時期が早い場合や高温の年等、第一次腋果房の花芽分化が難しい条件の時のみ低くし、基本的には慣行濃度での管理がよいと考えられる。

また、細霧冷房と送風処理による処理効果を高めるための手段として、処理期間中の遮光についても検討した。遮光は、露地、施設を問わず多くの作物で取り入れられている夏季の昇温抑制技術である。イチゴでは、北島・佐藤（2008）が、9月10日頃に定植する‘あまおう’の早期作型において、25～40日間の遮光処理により第一次腋果房の花芽分化が促進することを報告している。本試験でも、細霧冷房および送風処理期間中の遮光によって気温、クラウン、培地の日平均、日最高気温が低下し、頂果房の開花・収穫時期は遅くなるものの、果房間葉数が減少し、‘さちのか’、‘紅ほっぺ’では第一次腋果房の開花・収穫時期が早まる傾向がみられた。しかし、‘まりひめ’では、第一次腋果房の開花・収穫時期は無遮光と同時期であり、品種によって異なる傾向となった。この原因として、‘まりひめ’では、遮光処理期間中の展葉数が1枚少なく、頂果房の開花日が4日、収穫開始日が7日遅れたため、この遅れを取り戻せなかったことが原因と推測される。このように、細霧冷房および送風処理期間中に遮光を行うことで、温度が低下し、第一次腋果房の開花・収穫時期をさらに早めることが可能であった。一方で、過度の遮光は、光線不足による光合成速度の低下が生育遅延や減収を引き起こすため、遮光率の低い資材を利用する、長期間の展張を避ける等、注意が必要である。

定植～10月上旬までの約35日間、細霧冷房および送風処理を行った場合、細霧は導入経費が100万円、運転経費が1万円/年、送風は導入経費が0円（既存の暖房機使用が前提）、運転経費が3万円/年である。本試験では、細霧冷房と送風処理により、気温、クラウン温度、培地温度が低下し、第一次腋果房の開花時期を早めることが可能であった。しかし、年次間や品種間の処理効果のバラツキの発生や、頂果房の開花・収穫時期の遅延により、安定した増収効果は認められておらず、投資費用を回収できるほどの収益増加には繋がっていない。今後、産地への導入を図る上で、冷却効果の安定とさらなる向上、第一次腋果房の開花促進とともに頂果房の開花時期の遅延を起こさない処理方法・栽培管理技術、導入経費低減のための代替システムの検討が必要である。

摘 要

イチゴの早期作型において、頂果房と第一次腋果房の収穫の中休み解消を目的に、高設栽培での細霧冷房とベッド下からの送風処理が第一次腋果房の開花、収量に及ぼす影響について検討した。品種は‘さちのか’、‘まりひめ’、‘紅ほっぺ’の3品種を用い、2009年、2010年、2011年に行った。

1. 細霧冷房および送風処理により、気温、クラウン温度、培地温度が、それぞれ、日平均では1.1～1.5℃、0.8～1.8℃、1.2～1.6℃、日最高では、2.9～3.8℃、1.5～1.6℃、1.5～2.1℃、日最

低では、0.2~0.3℃、0.4~1.5℃、約1.0℃低くなった。

2. 定植~10月上旬の約35日間の細霧冷房および送風処理により、頂果房の開花、収穫時期は遅れる傾向があるものの、果房間葉数が少なくなり、第一次腋果房の開花時期が1~8日、収穫時期が4~10日早まった。しかし、2010年の‘さちのか’、‘まりひめ’では処理効果が認められず、年度間に差が認められた。
3. 細霧冷房および送風処理により、2、3月の収量が増加し、‘さちのか’と2010年の‘紅ほっぺ’では2月末および4月末までの収量が多くなる傾向が認められた。
4. 細霧冷房および送風処理期間中の培養液濃度が高くなるほど、第一次腋果房の開花・収穫時期が遅くなった。慣行よりも低い培養液濃度では、第一次腋果房の開花、収穫時期は早まるものの、生育や頂果房の開花、収穫時期が遅れ、初期収量および総収量の減少が認められた。
5. 細霧冷房および送風処理期間中の遮光により、気温、クラウン、培地の日平均および日最高温度が低下した。そのため、頂果房の開花・収穫時期は遅くなるものの、‘さちのか’、‘紅ほっぺ’では、果房間葉数が少なくなり、第一次腋果房の開花・収穫時期が早まる傾向が認められた。

引用文献

- 伏原肇. 2004. イチゴの高設栽培. P. 10-20. 農山漁村分化協会. 東京
- 伏原肇. 2005. イチゴの作業便利帳. P. 29-30, 70-89. 農山漁村分化協会. 東京
- 林真紀夫. 2003. 細霧冷房の現状と課題. 施設と園芸. 123 : 8-13
- 林真紀夫. 2006. 細霧冷房およびパッド&ファンによる夏季高温期の降温技術. 施設と園芸. 133 : 10-16
- 廣野直芳・長澤さゆり・大木淳. 2011. 二層ハンモック気化冷却ベンチに付加する送風システムの改良による夏秋どりイチゴの収量向上技術. 東北農業研究. 64 : 125-126
- 家中達広・稲葉幸雄. 2006. ウォーターカーテンを利用した本圃短日夜冷処理によるイチゴの新作型開発. 栃木県農業試験場研究報告. 58 : 31-45
- 岩崎泰永・漆山喜信・鹿野弘. 2004. イチゴ高設養液栽培における定植後の培養液条件および温度条件が開花期と果実収量に及ぼす影響. 園学雑. 73 (別2) : 410
- 梶原真二・石倉聡・原田秀人・福島啓吾. 2011. 高温期の細霧冷房がバラ切り花の生産性および形質に及ぼす影響. 園芸学研究. 10 (別1) : 223
- 木村雅行. 1988. 花芽分化と発育. 野菜園芸大百科3 イチゴ. P. 33-53. 農山漁村分化協会. 東京
- 北島伸之・佐藤公洋. 2008. イチゴ‘あまおう’の早期作型における定植後の遮光処理による第一次腋果房の花芽分化促進. 福岡県農業総合試験場研究報告. 27 : 53-57
- 町田剛史・宇田川雄二. 2004. 基肥および追肥窒素量がイチゴの腋果房の分化、発達に及ぼす影響. 園学雑. 73 (別2) : 411
- 三原順一・石田豊明. 2004. トマト栽培における高温期の遮光・細霧冷房の効果. 九州農業研究. 66 : 186
- 三井寿一・藤田幸一・末吉孝行・伏原肇. 2003. イチゴ新品種‘福岡S6号’、‘福岡S7号’の育成. 福岡県農業総合試験場研究報告. 22 : 61-68
- 長菅香織・矢野考喜・稲本勝彦・山崎博子. 2011. 夏秋ギク品種における花芽分化以降の細霧冷房が開花および花序形態に及ぼす影響. 園芸学研究. 10 (別2) : 546

- 曾根一純・門間勇太・壇和弘・沖村誠・北谷恵美. 2008. イチゴ促成栽培におけるクラウン部局所冷却処理が連続出蕾性に及ぼす効果. 園芸学研究. 6 (別2) : 162.
- 田中寿弥・東卓弥・神谷桂. 2012. イチゴ新品種‘まりひめ’の育苗方法が生育，収量に及ぼす影響. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 13 : 1-14
- 植木正明・須崎隆幸・高野邦治. 1993. イチゴ女峰の夜冷短日処理における処理開始時期の影響. 栃木農研報. 40 : 75-82
- 山崎敬亮・熊倉裕史・濱本浩. 2007. 促成イチゴの高設栽培における連続出蕾性に与える定植後の培地昇温抑制と施肥時期の効果. 近畿中国四国農業研究センター研究報告. 7 : 35-47

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

小川大輔・宮本芳城¹・藤岡唯志

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

The Breeding Process and Characteristics of ‘Kishu Fine Lavender’, a New *Stachys* Cultivar

Daisuke Ogawa, Yoshiki Miyamoto¹, Tadashi Fujioka

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 66.7ha（全国 2 位），出荷量 5,830 万本（同 1 位）と全国有数の産地を形成している（農林水産省平成 24 年産花き生産出荷統計）．その産出額は約 15 億円と県内花き総産出額の 31.3%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．

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，市販品種の定植苗を購入すると 10a 当たり約 100 万円の種苗費が必要となり，種苗費が経営を圧迫している．

そこで，和歌山県農業試験場暖地園芸センターでは，種苗費の低減のためオリジナル品種の育成に取り組んでいる．オリジナル品種であればロイヤリティを低率に設定できるとともに，生産者が安価なビトロ苗（鉢上げ前の発根培養苗）やプラグ苗を購入して自家育苗することにより，種苗費を低減できるためである．

当センターでは，これまでに花色（萼色）が青紫色の‘紀州ファインバイオレット’や黄色の‘紀州ファインイエロー’等 6 品種を育成してきたが（小川ら，2012；古屋ら，2006），スターチスの主要花色（紫，ピンク，ブルー，黄，白）のうち，ピンク及びブルーの品種は育成されておらず，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の花色充実のため，新たにブルー系品種の育成に取り組み，花色が淡い青紫色の‘紀州ファインラベンダー’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

¹現在：農業大学校

‘紀州ファインラベンダー’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。

2009年6月に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10品種系統から採種し、同年7月に種子春化处理を行わずに播種した。発芽後、生育が良好な1,693実生を同年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月までに抽苔した個体の中から、がく色がブルー系で草姿、花房の形がよい8個体を選抜した。

選抜個体は組織培養により増殖し、2010年から3年間、特性調査および生産力検定を行った。その結果、花房数が多く、収量性が高い淡い青紫色の系統‘09D31’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、‘09D31’を‘紀州ファインラベンダー’と命名し、2013年3月に品種登録出願を行い、同年7月に出願公表された（出願番号27997）。

2. 特性調査

特に記載がない限り、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。

20℃、PPFD40~50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、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3~5ヶ月間、発根培養を約1ヶ月間行いビトロ苗を作製した。7.5cmポリポットに鉢上げ後、ガラス温室（遮光率60%）で40~50日間のクーラー育苗（6:00~20:00:25℃、20:00~6:00:15℃設定）を行い定植苗とした。

調査は当センター内ガラス温室で実施した。各試験に共通の耕種概要は次のとおりである。栽植密度：ベッド幅90cm、株間30cm、条間40cm、2条千鳥植え。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。

1) 切花、花房の特性調査

2012年9月10日に定植し、切花特性は2012年10月29日から2013年3月15日まで、花房の特性は2012年12月17日に調査した。供試株数は10株とし、対照品種には‘インペリアルラベンダー’（カネコ種苗(株)から購入）及び‘サンデーラベンダー’（(株)ミヨシから購入）を用いた。

2) 生産力検定

生産力検定は2011年度及び2012年度に実施した。各年度の定植日と調査期間は次のとおりである。

[2011年度] 定植日：2011年9月8日、調査期間：2011年11月1日から2012年3月21日まで。

[2012年度] 定植日：2012年9月10日、調査期間：2012年10月29日から2013年3月15日まで。

供試株数は10株とした。‘紀州ファインラベンダー’の苗は当センターで生産し、2011年度は低温処理無し、2012年度は2週間の低温処理（5℃）を行った。対照品種には‘インペリアルラベンダー’（2012年度、カネコ種苗(株)から購入）、‘サンデーラベンダー’（2011年度、2012年度、(株)ミヨシから購入）及び‘紀州スター’（2011年度、当センターで生産）を用いた。

3) 低温要求性検定

低温要求性は定植時の抽苔率を指標に検定した。供試した苗は当センターで培養、育苗し、ビトロ苗の状態での0、2または4週間の低温処理（5℃、PPFD10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、16時間照明）を行った。対照品種として、低温要求性が高い‘紀州ファインバイオレット’を用いた。

結 果

1. 形態的特性

‘紀州ファインラベンダー’の切り花長は84.9cmで対照品種である‘インペリアルラベンダー’や‘サンデーラベンダー’より長く、茎径は5.2mmで対照品種より太かった（第1表）。翼の幅は対照品種よりやや広がった。分枝数は6.0本、花房数は10.5個であり、いずれも対照品種より多かった。また、‘紀州ファインラベンダー’は分枝角が‘サンデーラベンダー’より狭いが、‘インペリアルラベンダー’より広く、最下一次分枝も比較的下方から出るため、草姿にボリューム感が

第1表 ‘紀州ファインラベンダー’ および対照品種の切花特性

品種名	切り花長 (cm)	茎径 (mm)	翼の幅	分枝数 (本)	花房数 (個)
紀州ファインラベンダー	84.9±10.9	5.2±0.7	中	6.0±1.1	10.5±3.4
インペリアルラベンダー	77.5±13.4	4.6±0.8	小	5.4±1.5	8.9±3.4
サンデーラベンダー	79.6±15.2	4.5±0.8	小	5.2±1.0	9.0±3.0

数値は平均±標準偏差



インペリアルラベンダー 紀州ファインラベンダー サンデーラベンダー

第1図 ‘紀州ファインラベンダー’ 及び対照品種の草姿

あった（第1図）。



インペリアルラベンダー 紀州ファインラベンダー サンデーラベンダー

第2図 ‘紀州ファインラベンダー’ および対象品種の花房

(A) 花房全体、(B) 萼と花冠、左から順にインペリアルラベンダー、紀州ファインラベンダー、サンデーラベンダー

‘紀州ファインラベンダー’の花房の長さは5.5cm、花房の幅は2.9cmで対照品種よりやや小さかった（第2表、第2図）。がくの色は淡い青紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87D）で‘イン

ペリアルラベンダー'より淡く, 'サンデーラベンダー'より赤みが少なかった. がくの直径は6.7mmで対照品種より小さかった. 花冠の色は淡い黄緑色(RHSカラーチャート色票番号: NN155D)で対照品種と同等であった. 花冠の直径は5.2mmで'インペリアルラベンダー'より小さく, 'サンデーラベンダー'よりやや大きかった.

第2表 '紀州ファインラベンダー' および対照品種の花房の特性

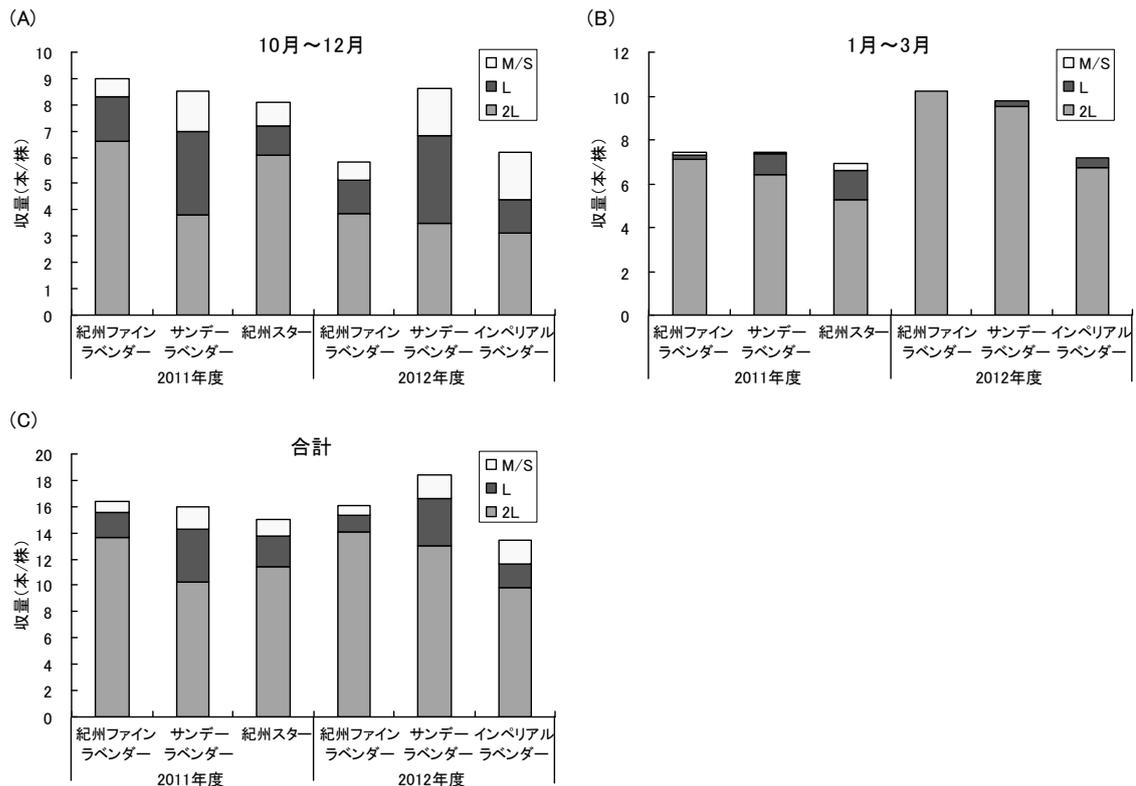
品種名	花房の長さ (cm)	花房の幅 (cm)	萼の色 ^z	萼の直径 (mm)	花冠の色 ^z	花冠の直径 (mm)
紀州ファインラベンダー	5.5±0.6	2.9±0.2	淡青紫(N87D)	6.7±0.7	淡緑黄(NN155D)	5.2±0.3
インペリアルラベンダー	7.0±0.5	2.8±0.2	淡青紫(N88D)	8.4±0.7	淡緑黄(NN155D)	6.8±0.3
サンデーラベンダー	7.0±0.6	3.3±0.3	淡紫(N81D)	7.4±0.5	淡緑黄(NN155D)	4.7±0.3

数値は平均±標準偏差

z: () 内はRHSカラーチャート色票番号

2. 生産性

'紀州ファインラベンダー'の2011年度10~12月の収量は9.0本で, 多収性の対象品種である'サンデーラベンダー'や'紀州スター'と同等であった. 階級が2Lの本数は6.6本で'サンデーラベンダー'より2.8本多く, '紀州スター'と同等であった(第3図A). '紀州ファインラベン'



第3図 '紀州ファインラベンダー' および対象品種の時期別収量

(A) 10~12月, (B) 1~3月, (C) 合計

2L: 切花長70cm以上, 花房数5個以上

L: 切花長60cm以上, 花房数4個以上

M/S: 切花長40cm以上, 花房数3個以上

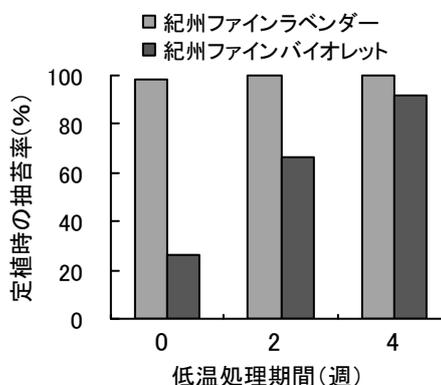
ダー’の2012年度10～12月の収量は5.8本で‘サンデーラベンダー’より2.8本少なく, ‘インペリアルラベンダー’と同等であった。2Lの本数は3.9本で対照品種と同等であった。

‘紀州ファインラベンダー’の2011年度1～3月の収量は7.4本で, 対照品種と同等であった(第3図B)。2Lの本数は7.1本で‘サンデーラベンダー’と同等であり, ‘紀州スター’より1.8本多かった。‘紀州ファインラベンダー’の2012年度1～3月の収量は10.3本で, ‘サンデーラベンダー’と同等, ‘インペリアルラベンダー’より3.6本多かった。また, この期間の‘紀州ファインラベンダー’は全てが2Lであった。

‘紀州ファインラベンダー’の2011年度10～3月の収量は16.4本で‘サンデーラベンダー’と同等, ‘紀州スター’より1.4本多かった(第3図C)。2Lの本数は13.7本で, ‘サンデーラベンダー’より3.5本多く, ‘紀州スター’より2.3本多かった。‘紀州ファインラベンダー’の2012年度10～3月の収量は16.0本で, ‘サンデーラベンダー’より2.4本少なく, ‘インペリアルラベンダー’より2.6本多かった。2Lの本数は14.1本で, ‘サンデーラベンダー’より1.1本多く, ‘インペリアルラベンダー’より4.3本多かった。

3. 低温要求性

‘紀州ファインラベンダー’の定植時の抽苔率は, 低温処理なしで98.8%であり, 2週間または4週間の低温処理を行った場合100%であった(第4図)。一方で, 低温要求性が高い‘紀州ファインバイオレット’は, 低温処理なしでは26.0%であり, 4週間の処理を行っても91.4%であった。低温処理による株径や葉数への影響は認められなかった(データ省略)。



第4図 低温処理期間が抽苔率に及ぼす影響

考 察

本研究では, 花色がブルー系のスターチス‘紀州ファインラベンダー’を育成した。スターチスは花弁状に着色して大きく発達した萼が乾膜質で退色しにくいことから(伊藤ら, 2010), 仏花として用いられることが多いため, 安定した需要が見込まれる濃い紫系の栽培面積が全体の50～60%を占める。しかしながら, ブルー系品種の栽培面積も20%近くあり, 本品種の育成が生産者の所得向上に貢献することが期待される。

‘紀州ファインラベンダー’の形態的特性として, 第1表及び第1図に示したように分枝, 花房数が多く, 分枝角がやや広いため, 切り花にボリュームが出る点が挙げられる。スターチスでは春先に気温が上昇してくると花房数が減り, 切り花長が十分に長くても階級を落とさざるを得ないことがあるが, 本品種くらい花房数が多い品種であればそのようなことはなく, 収穫期後半においても品質の高い切り花を採花することができる。

また, 花色については第2表及び第2図に示したように淡い青紫色で, ブルー系品種として広く普及している‘インペリアルラベンダー’と‘サンデーラベンダー’の中間の色合いであり, 既存品種を栽培している生産者や市場関係者にも受け入れられやすい花色である。

2011年度及び2012年度の10月から3月の収量を第3図に示した。暖地の作型のスターチスは、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。そのため、収量性については10~12月と1~3月に分けて示している。‘紀州ファインラベンダー’の収量は、2011年度は12月までの収量が多く、2012年度は1~3月の方が多いうように年度間の違いはあるが、総収量で比較すると、多収性品種である‘サンデーラベンダー’や‘紀州スター’と同等である。このことから、本品種も収量性が高い品種であると認められる。

さらに、‘紀州ファインラベンダー’の収量性に関して特筆すべき点は、他品種に比べ2L率が高いことである。2011年度、2012年度とも採花初期から2Lの割合が高く、1~3月では切り花のほとんどが2Lであった。これは採花初期から切り花長が長いこと、‘紀州スター’で見られるような花房数の不足が少ないことが要因であると推察される。結果として、‘紀州ファインラベンダー’では、10月~3月までの切り花の80%以上が2Lと非常に高い割合を示した。

近年、切り花価格が低迷しており、栽培する品種を選択する際に収量性を重視する生産者が増加している。そのため、‘紀州ファインラベンダー’の高い収量性と秀品率が、本品種の普及を推進する重要な形質になってくると考えられる。

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、定植時の抽苔率を指標に低温要求性を検定した。培養温度を20℃、育苗中の昼温を25℃、夜温を15℃として、苗を生産したところ、第4図に示したとおり、‘紀州ファインラベンダー’は低温処理を行わなくてもほとんどの苗が抽苔した。一方で、以前の研究から低温要求性が高い品種であることが明らかとなっている‘紀州ファインバイオレット’では(小川ら, 2012)、低温処理なしでは抽苔率が26%であった。また、2013年度に再試験を行ったところ、‘紀州ファインラベンダー’の抽苔率は低温処理を行わなくても96.7%と高く、2012年度と同様の結果となった(データ省略)。これらの結果から、‘紀州ファインラベンダー’の低温要求性は低く、本研究の培養、育苗条件であれば、低温処理を行わなくても定植時にほとんどの苗が抽苔することが明らかとなった。

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く、定植時の抽苔率が高い品種であっても、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、‘紀州ファインラベンダー’においても低温処理を行うことで収量が増加する可能性があり、実際に、2012年度の生産力検定では2週間あるいは4週間の低温処理を行った試験区の方が無処理区より収量が多かった(データ省略)。しかし、これは単年度の試験結果であるので、今後再試験を行うことにより、低温処理の必要性及び最適処理期間を明らかにする必要がある。

‘紀州ファインラベンダー’など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と思われる。

予備的な試験として、本研究で用いた‘紀州ファインラベンダー’のビトロ苗(低温処理2週間)

を、クーラー育苗施設を利用せずに育苗したところ、供試した13株全てが定植時までに抽苔した。この結果は、‘紀州ファインラベンダー’のような低温要求性の低い品種はクーラー育苗を必要としない可能性を示唆しているが、収量に影響を及ぼすことも考えられるので、今後、収量性を含めたデータを収集し検討していく必要がある。

摘 要

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

1. がくの色は淡い青紫色（RHS カラーチャート色票番号：N87D）である。
2. 花房の大きさは小さいが数が多く、分枝角がやや広いため切り花にボリューム感がある。
3. 収量性が高く、特に2Lの割合が高い。
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率が高い。

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
- 伊藤弘頭・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
- 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.

大莢エンドウ夏まき年内どり作型における早生品種の選定と 低コスト省力施肥技術

川西孝秀・松本比呂起・楠 茂樹

和歌山県農業試験場 暖地園芸センター

Partial Fertilizing Method by Controlled release Fertilizer and Suitable Cultivar of Podded Pea (*Pisum sativum* L.) for Autumn to Winter Harvest in Open Culture

Takahide Kawanishi, 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たエンドウ類 (*Pisum Sativum* L.) の栽培が盛んである。このうち、大莢エンドウでは、昭和12年にカナダから御坊市名田町へ導入された品種が‘オランダエンドウ’と名付けられ栽培されてきた(楠山, 1968)。その作型には、主に夏まき年内どり、秋まきハウス冬春どり、秋まき春どり栽培があるが(藤岡, 2000b)、現在‘オランダエンドウ’は、御坊市や印南町の沿岸部無霜地帯を中心に限られた地域でしか栽培されていない。

一方近年、野菜需要における加工・業務用需要の割合が増加しており(岡田, 2012)、消費者の国産野菜へのニーズも高まっている(藤本, 2010)。大莢エンドウについても、加工・業務用のニーズがあり、生産量を確保するため、県下広域に産地を拡大する必要が生じた。しかし、‘オランダエンドウ’は晩生であり(藤岡, 2000b)、特に降霜が早い地域における夏まき年内どり栽培では、収穫期が短く収量が少なくなる。このような降霜の早い地域(紀北地域等)で、夏まき年内どり栽培に取り組むためには、催芽種子の低温処理や電照による開花促進(佐田ら, 1987b; 藤岡, 2000a)が必要と考えられるが、これには冷蔵施設や電照設備が必要で、経費や労力がかかる。また、低温処理を行った種子を高温期に播種した場合、出芽不良が問題となることもある。そこで、夏まき年内どり栽培に適した早生品種の選定を行った。

一方、加工・業務用需要に対応するためには、生産コストの低減や省力化も必要とされる(佐藤, 2007)。近年、施肥の低コスト化技術として、基肥の畝内局所施肥が(川崎ら, 2006)、また省力化技術として肥効調節型肥料の利用による基肥一発施用技術が(二瓶・丹治, 2006)、それぞれ開発されており、これらの併用技術の研究も、キャベツ(高橋ら, 2003)、レタス(三代ら, 2004)、ピーマン(高橋・佐藤, 2001)、ゴボウ(草川ら, 2005)など多くの品目で進んでいる。和歌山県では、実エンドウの秋まきハウス冬春どり栽培において、エコロングやCDUを利用した基肥一発施用技術が開発されている(森下・藪野, 2007; 橋本, 2012)。大莢エンドウについての報告はないものの、

実エンドウと同様に、これらの技術が導入可能であると考えられた。そこで、大莢エンドウの低コスト省力施肥技術として、局所施肥および基肥一発施用技術について検討した。

材料および方法

1. 大莢エンドウ夏まき年内どり作型における品種比較（試験1）

現地慣行栽培品種である‘オランダエンドウ’（山本種苗園）を含め、第1表に示す大莢エンドウ9品種を供試した。幅150cmの畝に95cm幅の白黒ダブルマルチを被覆し、2011年8月26日に株間20cmで1穴4粒播種した。播種後、タキセル培土TM-1を用いて覆土した後、リゾレックス水和剤を植え穴に1L/m²（約30ml/穴）灌注した。基肥は、F（FTE；微量要素）入り豆元肥（N:P:K=6:8:6）をN-10kg/10a、追肥は千代田化成（N:P:K=15:14:9）をN-5kg/10a×2回（開花始め、収穫盛期）施用し、側枝放任で栽培した。調査項目は、分枝数、第1花房着生節位、着莢数、莢品質および収量とし、1区3m²（幅1.5m×長さ2m）の2反復で、収量は全株、その他の項目は1区あたり10株（1植え穴あたり1株）調査した。なお、収穫は週2回行い、莢の伸長がほぼ完了したと見られる莢を収穫した。調査は12月28日まで行った。莢品質は、和歌山県の出荷規格に従い、莢長10cm以上で曲がりがなく厚さ1mm未満の莢を「L」、莢長5cm以上10cm未満で曲がりがなく厚さ1mm未満の莢を「M」、莢長5cm未満で曲がりがなく厚さ1mm未満の莢を「S」、曲がりあり、または厚さ1mm以上の莢を「外」とした。「曲がり」は、舟形に湾曲した莢で、曲がり幅3cm以上のものとした。

2. 大莢エンドウ‘ニムラ大莢オランダ’の播種時期と生育および収量（試験2）

試験1で莢品質、収量ともに有望であった‘ニムラ大莢オランダ’（みかど協和）および慣行の‘オランダエンドウ’を供試した。2012年8月10日、20日、30日、9月10日に播種し、主枝1本仕立てで、その他の耕種概要は試験1と同様として栽培した。調査項目は、節数、着花節位、開花日、着莢数および収量とした。調査株数および反復数は試験1と同様とした。

3. ‘ニムラ大莢オランダ’の施肥方法と収量・品質（試験3）

試験3-1 局所施肥

‘ニムラ大莢オランダ’を供試した。基肥の施肥法として、局所施肥と全面施肥を設定し、局所施肥は、全面耕起後、トラクターの爪をすべて内向きで1度「1つ盛耕法」を行い、軽く畝立てした後、畝中央部へ基肥を施用し、再度「1つ盛耕法」で耕耘走行して畝立てを行った。全面施肥は、全面耕起後、基肥を全面に施用した後、「1つ盛耕法」で1往復耕耘走行して畝立てを行った。

2012年8月20日に播種し、①局所施肥N-2.5kg/10a（以下、局所基N-2.5区）、②局所施肥N-5kg/10a（以下、局所基N-5区）、③全面施肥N-5kg/10a（以下、全面基N-5区）、④全面施肥N-10kg/10a（以下、全面基N-10区）の計4処理区設定した。基肥はF入り豆元肥を用い、追肥はすべての区で千代田化成をN-5kg/10a×2回（開花始め、収穫盛期）、畝肩部地下10cmへ穴肥施与した。うね幅150cmで、幅95cmの白黒ダブルマルチ被覆を行い、株間20cm、1穴4粒播種して側枝放任で栽培した。試験圃場は、‘オランダエンドウ’の後作でエンバクを栽培して除塩した後、太陽熱およびクワトロリン錠剤による土壌消毒を行い、畝立てを行った。その他の耕種概要は、試験2と同様とした。調査項目は、着莢数、収穫段数、莢品質および収量（12月18日に霜害を受け、調査終了）とし、1区3m²（幅1.5m×長さ2m）の2反復で、収量は全株、その他の項目は1区あたり10株調査した。

試験 3-2 基肥一発施用

基肥の施肥法として、肥効調節型肥料による基肥一発施与および慣行の基肥-追肥体系施与を設定した。①基肥として「ハイパーCDU 中期 (N:P:K=30: 0: 0)」を N-5kg/10a 局所施用 (以下、一発局所 N-5 区)、②「ハイパーCDU 中期」を N-10kg/10a 全面施用 (以下、一発全面 N-10 区)、③基肥として「F 入り豆元肥」を N-10kg/10a、追肥として「千代田化成」を N-5kg/10a×2 回 (開花始め、収穫盛期) 施用 (以下、体系全面 N-20 区) の 3 処理区を設けた。「ハイパーCDU 中期」施用区は、基肥として、PK 化成 (N:P:K=0:20:20) 100kg/10a も同時に施用した。その他の耕種概要、調査項目および調査株数は、試験 3-1 と同様とした。

結 果

1. 大莢エンドウ夏まき年内どり作型における品種比較 (試験 1)

主枝の第 1 花房着生節位は、「ニムラ大莢オランダ」で 10.8 節、その他の品種で 20 節以上となった (第 1 表)。有効分枝数は、品種間に有意な差が認められず 1 株あたり 2.5~5 本となった。収穫段数は主枝および側枝ともに、「オランダエンドウ」と比べて「ニムラ大莢オランダ」で有意に多く、「園研大莢」で少なかった。1 節の着莢数は、「園研大莢」で 0.6~0.7 莢と少なく、その他の品種では 0.9~1.5 莢となり、1 株あたりの収穫莢数は、「オランダエンドウ」と比べて「ニムラ大莢オランダ」および「シルキー大莢」で有意に多く、「園研大莢」で少なかった。

第 1 表 大莢エンドウ品種の分枝、着花および着莢状況

品種	種苗会社	主枝			側枝			1株の 収穫莢数 (莢/株)
		第1花房 着生節位 ^z (節)	収穫 段数 ^y (節)	1節の 着莢数 (莢/節)	有効 分枝数 ^x (本/株)	収穫 段数 ^y (節)	1節の 着莢数 (莢/節)	
ニムラ大莢オランダ	みかど協和	10.8 a ^w	17.0 c	1.0 b	4.4 a	12.4 d	1.0 b	68.7 e
シルキー大莢	丸種	21.5 bc	12.3 b	1.4 cd	4.0 a	10.3 cd	1.2 bc	67.6 de
園研大莢	日本園芸生産研究所	23.4 bc	7.5 a	0.6 a	3.0 a	4.2 a	0.7 a	14.0 a
仏国大莢	タキイ種苗	24.0 bc	10.0 ab	1.5 d	3.0 a	7.0 abc	1.5 c	45.7 bc
かわな大莢PMR	サカタのたね	25.7 c	11.5 b	1.5 d	4.7 a	6.9 abc	1.2 b	55.3 bcd
雲仙大莢	八江農芸	22.9 bc	10.7 b	1.2 bcd	3.9 a	8.0 bc	0.9 b	40.0 bc
オランダ	〃	22.6 bc	9.4 b	1.1 bc	4.0 a	8.0 bcd	1.0 b	43.3 bc
オランダ豌豆	タカヤマシード	24.1 bc	10.6 b	1.3 bcd	2.6 a	6.5 abc	1.0 b	30.7 ab
オランダエンドウ	山本種苗園	25.5 bc	10.5 b	1.4 cd	3.1 a	7.7 bc	1.0 b	39.2 b

^z 土中の不完全葉を含めた節数

^y 第1花房着生節位から、12月28日時点で収穫した節位までの節数

^x 12月28日時点で、莢を収穫できた側枝のみの本数

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

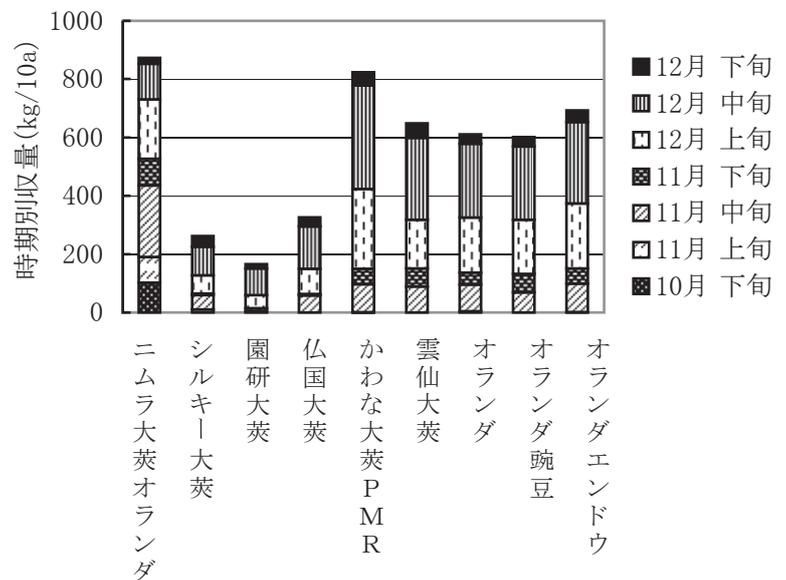
収穫始めは、「ニムラ大莢オランダ」で最も早く 10 月下旬となり、その他の品種では 11 月以降となった (第 1 図)。主枝の収穫段数は、「オランダエンドウ」と比較して、「ニムラ大莢オランダ」および「シルキー大莢」で多く、「園研大莢」で少なく、その他の品種では同程度となった (第 1 表)。また、1 節あたりの着莢数は、「オランダエンドウ」と比較して、「園研大莢」で明らかに少なく、「ニムラ大莢オランダ」および「オランダ」でやや少ない傾向、また「仏国大莢」および「かわな大莢 PMR」でやや多い傾向であった。1 株あたりの収穫莢数は、「オランダエンドウ」と

比較して，‘ニムラ大莢オランダ’および‘シルキー大莢’で多く，‘園研大莢’で少なくなった．

市場出荷の可販果収量（L 莢および M 莢の合計収量）は，‘ニムラ大莢オランダ’および‘かわな大莢 PMR’で 800kg/10a 以上と多く，‘雲仙大莢’，‘オランダ’，‘オランダ豌豆’および‘オランダエンドウ’では 600～700kg/10a，

‘シルキー大莢’，‘仏国大莢’および‘園研大莢’では 400kg/10a 未満と少なかった（第 1 図）．また，多くの品種で総収量の 80%以上を 12 月に収穫したのに対し，‘ニムラ大莢オランダ’は 11 月末までに総収量の約 50%を収穫した．

莢品質について，‘オランダエンドウ’と比較して‘シルキー大莢’では，莢重は軽く，莢幅，莢厚のいずれも小さかった．また，‘仏国大莢’では莢重が軽かった（第 2 表）．莢の色は，‘シルキー大莢’がやや白みがかかり，その他の品種は，‘オランダエンドウ’とほぼ同等であった．



第 1 図 大莢エンドウ品種の時期別収量

（数値は，市場出荷の可販果収量；L 莢および M 莢の合計）

第 2 表 大莢エンドウ品種の莢品質

品種	L 莢率 ^z (%)	莢の形状 ^y			
		莢重 (g)	莢長 (cm)	莢幅 (mm)	莢厚 (mm)
ニムラ大莢オランダ	63.8	5.4 ab ^y	11.5 a	24.0 a	6.0 ab
シルキー大莢	18.7	3.2 c	9.5 a	17.9 b	4.8 b
園研大莢	60.6	6.0 a	11.7 a	25.0 a	6.3 a
仏国大莢	12.4	4.4 bc	10.1 a	24.1 a	5.7 ab
かわな大莢 PMR	55.4	5.3 ab	11.0 a	23.1 a	6.0 ab
雲仙大莢	54.0	5.5 ab	10.6 a	23.8 a	6.4 a
オランダ	52.5	6.0 a	11.4 a	24.1 a	6.1 ab
オランダ豌豆	50.4	6.3 a	11.6 a	23.9 a	6.0 ab
オランダエンドウ	47.7	5.5 ab	10.8 a	23.7 a	6.8 a

^z L 莢率は，重量割合（全期間の L 莢収量）/（総収量）×100

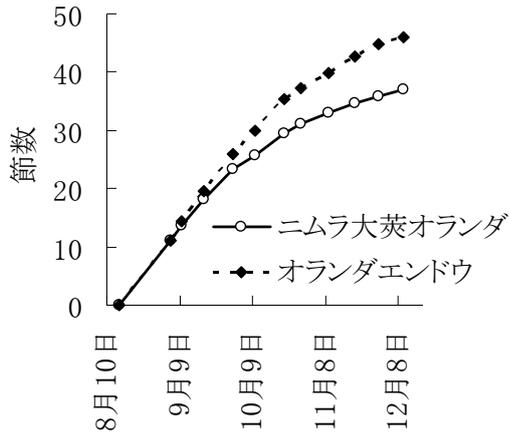
^y 莢長 8cm 以上の莢について測定，‘ニムラ大莢オランダ’は 11 月 14 日，その他は 12 月 1 日に調査

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

2. 大莢エンドウ ‘ニムラ大莢オランダ’ の播種時期と生育および収量（試験 2）

いずれの品種，播種日でも，発芽率は 90% 以上であったが，8 月 20 日播種の ‘ニムラ大莢オランダ’ では，やや発芽揃いが悪かった（データ省略）．主枝の節数は，8 月 10 日播種では，播種後 20 日まで品種間の差があまりみられなかったが，日数が経つにつれ ‘オランダエンドウ’ に比べ ‘ニムラ大莢オランダ’ で節数増加が緩慢となった（第 2 図）．その他の播種日でも同様の傾向が認められた（データ省略）．

第 1 花房着生節位は，‘ニムラ大莢オランダ’ では，どの播種日でも 11～13 節程度となった（第 3 表）．一方 ‘オランダエンドウ’ は，播種日が遅いほど第 1 花房着生節位が低下し，8 月 10 日播種で 31 節，9 月 10 日播種では 23 節に着花した．到花日数は，‘ニムラ大莢オランダ’ では，播種後 35～40 日程度，‘オランダエンドウ’ では，63～69 日程度となり，播種日との間に一定の相関関係は認められなかった（第 3 表）．



第2図 大莢エンドウの節数の推移
(8月10日播種,
土中の不完全葉を含めた節数)

第3表 大莢エンドウの播種時期と着花および開花

品種	播種日 (月/日)	第1花房 着生節位 ^z (節)	第1花 開花日 (月/日)	到花日数 ^y (日)
ニムラ大莢 オランダ	8/10	11.7	9/13	34.9
	8/20	13.0	10/1	42.5
	8/30	11.6	10/6	37.6
	9/10	11.1	10/19	39.8
オランダ エンドウ	8/10	30.8	10/15	66.6
	8/20	27.6	10/22	63.3
	8/30	26.1	11/1	63.0
	9/10	23.1	11/18	69.5

数値は各区, 15~20個体の平均値

^z 土中の不完全葉を含めた数値

^y 播種から第1花開花までに要した日数

第4表 大莢エンドウの播種日と着莢との関係

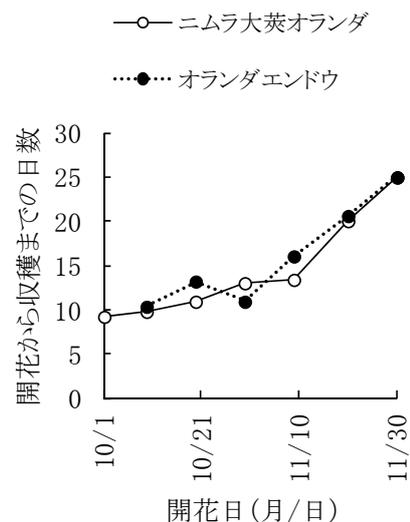
品種	播種日	節位別の1節あたりの着莢数 ^z (莢/節)										収穫段数 ^y (節)	1株あたりの 収穫莢数 (莢/株)
		1~3段	4~6段	7~9段	10~12段	13~15段	16~18段	19~21段	22~24段	25~27段	平均		
ニムラ大莢 オランダ	8月10日	0.2	0.8	0.8	0.8	0.7	0.4	0.7	0.7	0.9	0.7	24.2	15.5
	8月20日	0.1	0.8	1.1	0.8	0.3	0.8	1.0	0.7	—	0.7	19.0	12.7
オランダ エンドウ	8月30日	0.3	1.0	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	—	—	0.9	17.1	14.5
	9月10日	0.7	1.4	1.3	1.1	1.8	—	—	—	—	1.3	11.0	12.5
オランダ エンドウ	8月10日	0.9	1.1	1.0	0.7	1.0	1.0	—	—	—	1.0	13.1	12.4
	8月20日	1.2	1.1	1.2	1.1	1.0	—	—	—	—	1.1	10.9	12.6
	8月30日	1.1	1.4	1.2	1.0	—	—	—	—	—	1.2	7.0	8.5
	9月10日	1.2	0.7	—	—	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.2

^z 第1花房着生節位を1段とし, 3節ごとの平均値を表記

^y 第1花房着生節位から, 12月18日時点で収穫した節位までの節数

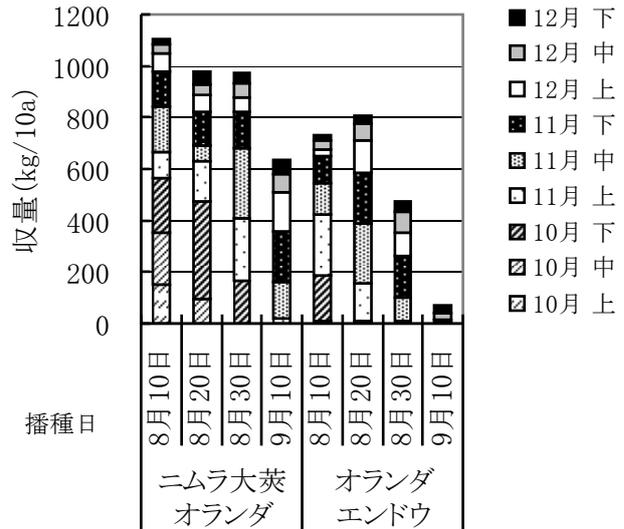
1節あたりの着莢数は, ‘ニムラ大莢オランダ’では, 第1花房から3段以下で著しく少なく, その後増加した(第4表). 8月10日および20日播種では, 13段程度から一旦減少し, 再度増加した. 一方, ‘オランダエンドウ’の着莢数は, 8月10日播種では, 10~12段で減少したが, その他の播種日や節位では, 約1莢/節を維持した(第4表). 収穫段数は, いずれの品種も播種が早いほど多く, 収穫莢数は, ‘ニムラ大莢オランダ’では, 8月10日播種, ‘オランダエンドウ’では8月10日, 20日播種で多くなった.

開花から収穫までの日数は, 品種にかかわらず8月10日播種では, 10月上旬開花で約10日, 11月上旬開花で約15日, 11月中旬開花で約20日, 11月下旬開花で約25日となり, 開花時期が遅いほど日数が長くなった(第3図). 他の播種日でも品種間に顕著な差は認められず, 開花日が同じ場合, 収穫までほぼ同様の日数を要した(データ省略).



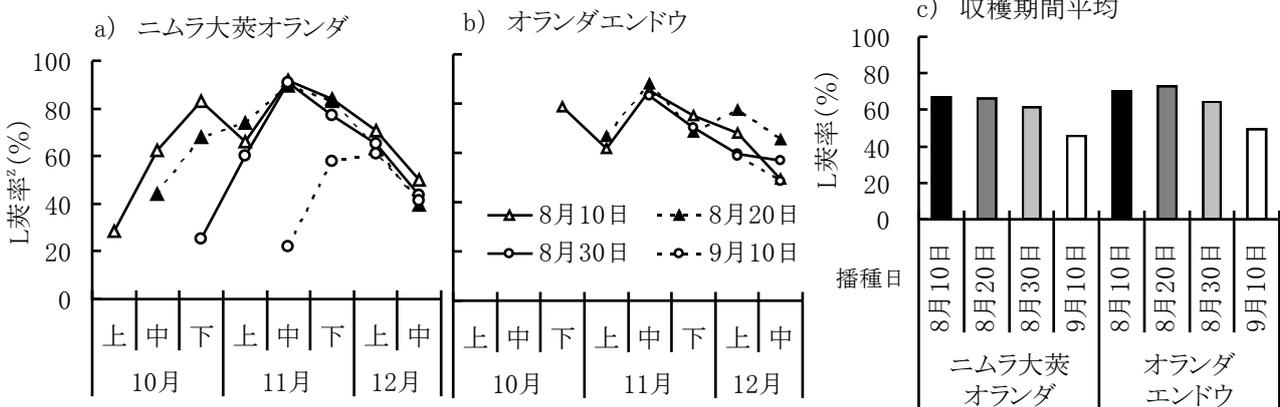
第3図 大莢エンドウの
開花から収穫までの日数
(8月10日播種)

収穫始めは，‘ニムラ大莢オランダ’では，8月10日播種で10月上旬，8月20日播種で10月上中旬，8月30日播種で10月中下旬，9月10日播種で11月上中旬となり，‘オランダエンドウ’では，8月10日播種で10月中旬，8月20日播種で10月下旬，8月30日播種で11月上旬，9月10日播種で11月下旬となった(第4図)．市場出荷の可販果収量は，‘ニムラ大莢オランダ’では8月10日播種で約1,100 kg/10a，8月20日および30日播種で約1,000kg/10a，9月10日播種で約600kg/10aとなった(第4図)．一方，‘オランダエンドウ’の収量は，8月10日および20日播種で700~800kg/10a，8月30日播種で約500kg/10a，9月10日播種で約70kg/10aとなった．



第4図 大莢エンドウの播種期と時期別収量 (市場出荷の可販果収量；L, M 莢合計)

L 莢率は，‘ニムラ大莢オランダ’では，播種日にかかわらず収穫初期に20~50%と低かったが，9月10日播種を除き，11月中旬には90%となった(第5図 a)．収穫期間の平均では，両品種とも8月播種で60~70%，9月播種で40~50%となり，‘オランダエンドウ’と比べて‘ニムラ大莢オランダ’でやや低かった(第5図 c)．



第5図 大莢エンドウのL 莢率の時期別推移

²: L 莢率は，重量割合 (L 莢収量/総収量×100)

3. ‘ニムラ大莢オランダ’の施肥方法と収量・品質 (試験3)

試験3-1 局所施肥

低節位の有効分枝数は，全面基 N-5 区でやや少なく1株あたり0.7本，その他の区では1株あたり約1本となった(第5表)．高節位の有効分枝数は，すべての区において1株あたり0~0.4本でわずかであった．主枝の第1花房着生節位は，処理区間に顕著な差が認められず，11~12節となった．低節位分枝の第1花房着生節位は6~9節で，同じ施肥法では施肥量が多いほど，同じ施肥量では全面施肥より局所施肥で高くなった．また分枝節位が高いほど，第1花房着生節位は低くなる傾向が認められた．

主枝の1節あたりの着莢数は、全面および局所施肥ともに基肥施肥量が少ないほど、やや少ない傾向が認められた(第6表)。また、すべての区で、1~3段目でプラスチングや落花がみられた(データ省略)。主枝の収穫段数および収穫莢数は、施肥法にかかわらず基肥施肥量が少ないほど低下する傾向が認められ、特に局所基N-2.5区で収穫段数が少なかった。また、基肥施肥量が同じ全面基N-5区と局所基N-5区とを比較すると収穫段数および収穫莢数ともに顕著な差は認められなかった。

収穫始めは、すべての区で10月中旬となり、10月下旬~11月上旬の収量が多くなった(第6図a)。総収量および可販果収量は、施肥法にかかわらず施肥量が多いほど増加した(第6図b)。施肥量が同じ全面基N-5区と局所基N-5区とでは顕著な差は認められなかった。L莢率は、すべての区で、収穫初期の10月には10~30%と低かったが、11月中旬以降は、60~90%となり、処理区間の比較では、全面基N-10区で最もL莢率が低かった(データ省略)。曲がり莢率は、すべての区で11月下旬にやや高く15~30%で、栽培期間の平均では10%程度であった(第7図)。

第5表 局所施肥が‘ニムラ大英オランダ’の分枝および着花に及ぼす影響

施肥法	基肥 施肥位置	基肥N 施肥量 (kg/10a)	有効分枝数 ^z (本/株)		第1花房着生節位 ^y (節)		
			低節位分枝	高節位分枝	主枝		側枝
					低節位分枝	高節位分枝	
基肥-追肥 体系施用	局所	2.5	1.0	0.2	11.5	7.1	3.5
		5.0	1.0	0.0	11.7	8.4	—
	全面	5.0	0.7	0.4	11.6	6.9	4.3
		10.0	1.1	0.1	11.8	7.3	5.0

^z 1莢でも収穫できた側枝の本数

低節位分枝は、主枝の3節以下から発生した側枝。高節位分枝は、主枝の7節以上から発生した側枝

^y 土中の不完全葉を含めた数値

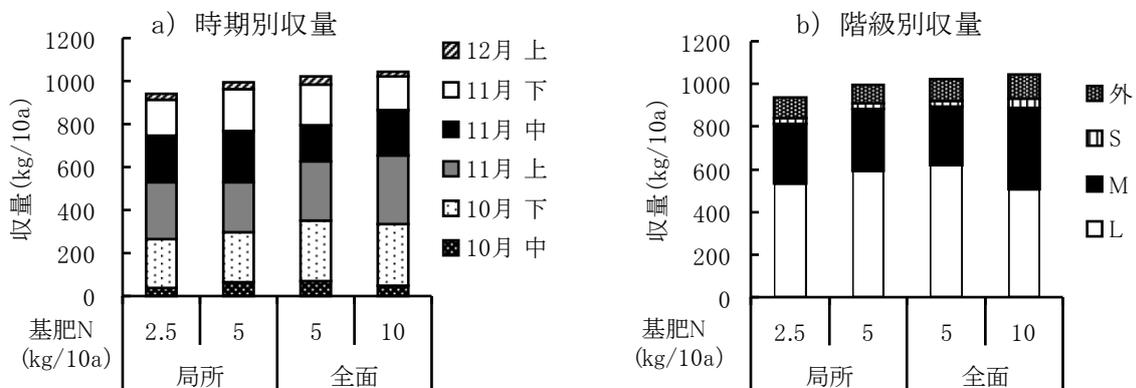
第6表 局所施肥が‘ニムラ大英オランダ’の着莢に及ぼす影響

施肥法	基肥N 施肥位置	基肥N 施肥量 (kg/10a)	主枝の1節あたりの着莢数 ^z (莢/節)							収穫段数 ^y (節)			1株あたりの 収穫莢数 (莢/株)			
			1~19~平均							主枝	側枝 ^x		主枝	側枝	計	
			1~3段	4~6段	7~9段	10~12段	13~15段	16~18段	19~平均		低節位 分枝	高節位 分枝				
基肥-追肥 体系施用	局所	2.5	0.5	0.6	0.9	0.7	0.5	0.5	0.4	0.6	16.8	10.8	5.0	11.4	10.5	21.9
		5.0	0.3	0.7	1.1	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	18.4	10.4	—	13.1	9.3	22.4
	全面	5.0	0.2	0.8	1.0	1.0	0.6	0.9	0.7	0.7	18.4	11.0	3.5	14.0	7.8	21.8
		10.0	0.3	1.0	1.3	1.1	0.8	0.4	0.8	0.8	19.5	10.8	4.0	16.1	11.1	27.3

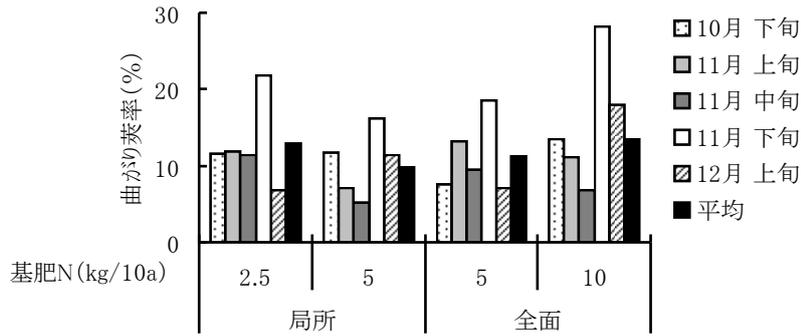
^z 第1花房着生節位を1段とし、3節ごとの平均値を表記

^y 第1花房着生節位から、12月20日時点で収穫できた節位までの節数

^x 低節位分枝は、主枝の3節以下から発生した側枝。高節位分枝は、主枝の7節以上から発生した側枝



第6図 局所施肥が‘ニムラ大英オランダ’の収量に及ぼす影響



第7図 局所施肥が‘ニムラ大莢オランダ’の莢の曲がり及び影響

注) 曲がり莢は舟形に湾曲した莢で、曲がり幅3cm以上のものとした

試験3-2 基肥一発施用

低節位の有効分枝数は、一発局所 N-10 区でやや多く1株あたり1.4本、その他の区では1株あたり約1本となった(第7表)。高節位の有効分枝数は、すべての区において1株あたり0~0.2本でわずかであった。第1花房着生節位は、処理区間に顕著な差が認められず、主枝で11~12節、低節位分枝で7~9節、高節位分枝で4~5節となった。また分枝節位が高いほど、第1花房着生節位は低くなる傾向が認められた。

主枝の1節あたりの着莢数、主枝の収穫段数および主枝の収穫莢数は、両基肥一発施用区間に顕著な差が認められず、いずれの処理区とも体系全面 N-20 区よりやや少なくなった(第8表)。また試験3-1と同様、1~3段目でブラッシングや落花がみられた(データ省略)。

収穫始めは、すべての区で10月中旬となり、10月下旬~11月上旬の収量が多くなった(図8a)。総収量、可販果収量ともに、体系全面 N-20 区と比べて、両基肥一発施用区でやや少なく、一発局所 N-5 区と一発全面 N-10 区ではほぼ同等であった(図8b)。L 莢率は、体系全面 N-20 区と比べて、両基肥一発施用区でやや高かった。曲がり莢の発生率は、すべての区で収穫始めから11月中旬にかけて減少し、11月下旬に増加する傾向が認められ、栽培期間の平均では10%程度であった(図9)。

第7表 基肥一発施肥が‘ニムラ大莢オランダ’の分枝および着花に及ぼす影響

処理区		有効分枝数 ^z				第1花房着生節位 ^y (節)			
施肥体系	基肥施肥位置	N施肥量(kg/10a)			(本/株)		主枝	側枝	
		基肥	追肥	計	低節位分枝	高節位分枝	低節位分枝	高節位分枝	
基肥一発施用	局所	5.0	0.0	5.0	1.0	0.0	11.3	7.5	—
	全面	10.0	0.0	10.0	1.4	0.2	11.9	8.1	4.6
基肥-追肥	体系施用	10.0	10.0	20.0	1.1	0.1	11.8	7.3	5.0

^z 1莢でも収穫できた側枝の本数

低節位分枝は、主枝の3節以下から発生した側枝。高節位分枝は、主枝の7節以上から発生した側枝

^y 土中の不完全葉を含めた数値

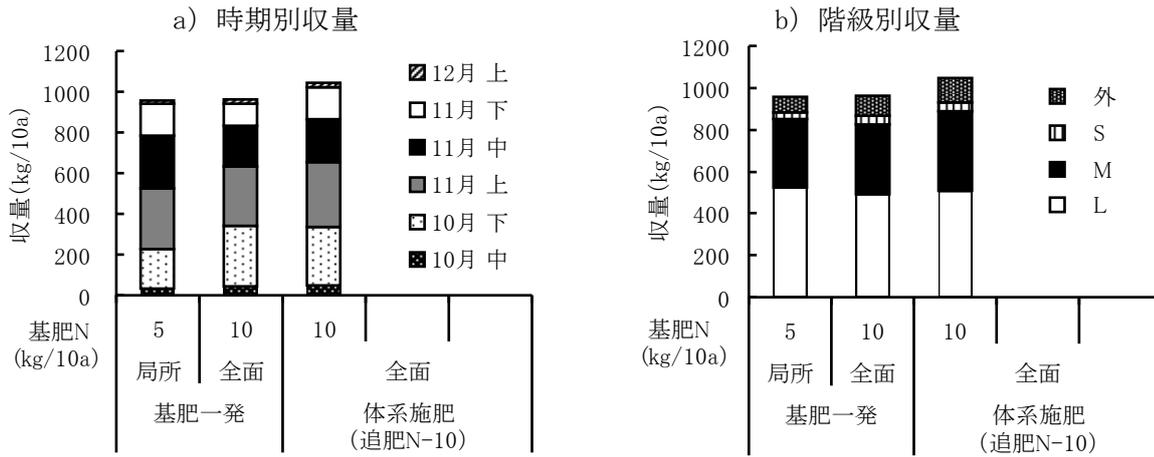
第8表 基肥一発施肥が‘ニムラ大莢オランダ’の着莢に及ぼす影響

施肥体系	基肥施肥位置	N施肥量(kg/10a)			主枝の1節あたりの着莢数 ^z (莢/節)								収穫段数 ^y (節)			1株あたりの収穫莢数(莢/株)		
		基肥	追肥	計	1~3段	4~6段	7~9段	10~12段	13~15段	16~18段	19~平均	主枝	側枝 ^x		主枝	側枝		
基肥一発施用	局所	5.0	0.0	5.0	0.3	0.8	1.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.7	16.7	11.8	—	12.4	10.5	22.9
	全面	10.0	0.0	10.0	0.4	0.7	1.2	0.8	0.4	0.5	0.5	0.7	17.7	11.4	2.4	11.9	13.1	25.0
基肥-追肥	体系施用	10.0	10.0	20.0	0.3	1.0	1.3	1.1	0.8	0.4	0.8	0.8	19.5	10.8	4.0	16.1	11.1	27.3

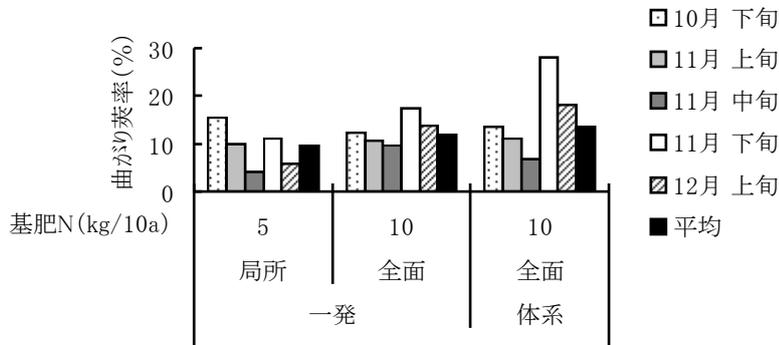
^z 第1花房着生節位を1段とし、3節ごとの平均値を表記

^y 第1花房着生節位から、12月20日時点で収穫できた節位までの節数

^x 低節位分枝は、主枝の3節以下から発生した側枝。高節位分枝は、主枝の7節以上から発生した側枝

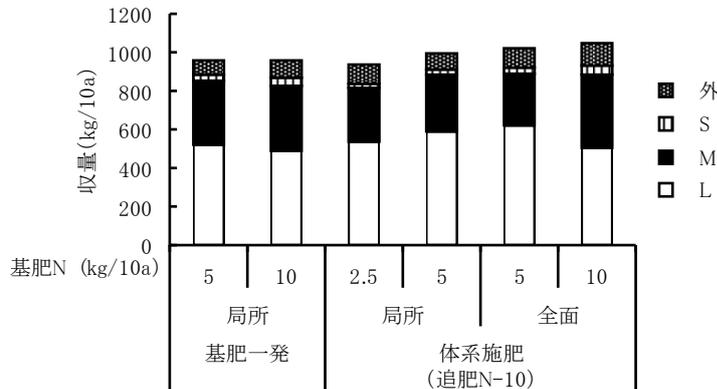


第 8 図 基肥一発施肥が‘ニムラ大莢オランダ’の収量に及ぼす影響



第 9 図 基肥一発施肥が‘ニムラ大莢オランダ’の莢の曲がり率に及ぼす影響

注) 曲がり莢は舟形に湾曲した莢で、曲がり幅 3cm 以上のものとした



第 10 図 施肥法および施肥量が‘ニムラ大莢オランダ’の規格別収量に及ぼす影響 (第 6b,8b 図の合成図)

考 察

今回の試験において、大莢エンドウ品種のうち、現在種子の購入可能な品種および暖地園芸センターで種子を保存していた 9 品種を供試した。このうち、‘ニムラ大莢オランダ’は、他の品種と

比べて第1花房着生節位が明らかに低く、収穫莢数および収量が多かった(第1表, 第1図). 竹内ら(2012)は、キヌサヤエンドウの比較品種として‘かわな大莢PMR’および‘オランダ大莢豌豆(中原採種場)’を供試しており、いずれの品種も晩生であることを報告している. これらのことから、大莢エンドウにおいて‘ニムラ大莢オランダ’が稀にみる早生品種であるといえる. 莢品質についても、‘ニムラ大莢オランダ’は、収穫初期のL莢率が20~50%と低いが、その後は90%程度まで向上し、‘オランダエンドウ’とほぼ同等となった(第5図 a, b, c). これらのことから、夏まき年内どりにおいて、‘ニムラ大莢オランダ’は早生で多収、かつ莢品質に優れ、有望であると考えられる. ただし、この品種は、暖地園芸センターにおいて保存していた種子を供試したもので、現在種苗会社が種子の販売を終了しており、種子の増殖が必要である.

なお、生育については、‘ニムラ大莢オランダ’で‘オランダエンドウ’と比べて生育途中で節数増加が緩慢となった(第2図). これは、‘ニムラ大莢オランダ’が低節位から着花したことで、着果負担がかかり、成長点への養分分配が‘オランダエンドウ’と比べて減少したためと推察される. Wellensiek(1973)も、エンドウでは花器形成が始まると節数の増加傾向が低下し、早生種の方が節数増加の停止が早いことを報告している. 実エンドウ‘きしゅうすい’では、葉で生成された光合成産物は、主に同節位の莢へ分配され、余剰が成長点へと供給されることが示唆されており(小谷, 2011)、‘ニムラ大莢オランダ’でも同様の分配がなされているのであろう.

播種時期について検討した結果、‘オランダエンドウ’では、播種日が早いほど着花節位は高くなったのに対し、‘ニムラ大莢オランダ’では、播種時期にかかわらず、着花節位は11~13節でほぼ一定であった(第3表). 播種時期が早いと、日長は長いものの気温が高く、‘オランダエンドウ’では、生育初期の高温の影響で着花節位が高くなったものと考えられる. 佐田ら(1987a)は、晩生の大莢エンドウ‘オランダ’や実エンドウ‘きしゅうすい’等で、種子冷蔵による開花促進効果が高く、早生のキヌサヤエンドウ‘美笹’等で効果が低いことを報告している. また著者らは、早生の実エンドウ‘紀の輝’も、着花節位は播種時期にかかわらず、ほぼ一定であることを確認している(未発表). このように、早生品種は、日長や温度の影響を受けにくいものと考えられる.

また着莢について、‘ニムラ大莢オランダ’では、播種時期が早いほど、低節位における着莢数が減少した(第4表). この要因として、プラスチックや落花の発生を確認しており、播種日が早いほど葉面積が小さくなることも観察している. エンドウでは、生育適温は15~20℃とされており(興津, 1972)、西森ら(2006)は、‘きしゅうすい’の光合成適温も15~20℃であることを報告している. また著者らは、実エンドウ早生品種‘紀の輝’では、高温で落花が多発することを確認しており(未発表)、‘ニムラ大莢オランダ’においても同様に、播種日が早いほど高温の影響を受け、低節位での着莢数が減少したのであろう. このように、8月上旬播種で、低節位での着莢数はやや少なかったが、栽培期間を通しての収穫段数、収穫莢数および可販果収量は、他の播種時期と比べて最も多く(第4表, 第4図)、収穫開始は10月上旬で、約1,100kg/10a収穫できた. これに対し、‘オランダエンドウ’では、最も収量が多かった8月20日播種で800kg/10a程度であった. 試験を実施した2012年度は、平年より降霜が早かったが、その状況下において、可販果収量が1,000kg/10a以上得られたことから、‘ニムラ大莢オランダ’を利用することで大幅な収量増加が見込めるものと考えられる. また気温や降水量等、気象条件にもよるが、今回の試験結果では、‘ニムラ大莢オランダ’は8月、特に上旬に播種することで、多収となることが示唆された.

次に近年、施肥の効率化として研究が行われている畝内局所施肥および肥効調節型肥料の基肥一発施用について検討を行った. これまで報告されている局所施肥の試験の多くでは、専用のトラク

ターを用いた施肥（高橋ら，2003；進藤ら，2000）や定植時の植え穴施肥（高橋・佐藤，2001）等が行われているが，専用のトラクター等はコストがかさむこと，またエンドウは直まきを行うため，植え穴施肥は難しいことから，本試験では，従来のトラクターを利用し，局所施肥を行った．草川ら（2003）は，エンジンにおいて，施肥～播種を同時に行う専用機械の利用を想定して，全面耕起後にうね部のみ施肥し，マルチ内施肥の試験を行っている．これによれば，全面施肥と比べて半量の施肥で同等の収量が得られることが報告されている．‘ニムラ大莢オランダ’では，慣行の全面基肥-追肥体系施用において，全面基 N-10 区と比べて半量の全面基 N-5 区でやや減収し，局所施肥でも同様に局所基 N-5 区と比べて局所基 N-2.5 区で減収した（第 6 図 a, b）．ただし，全面基 N-5 区と局所基 N-5 区とを比較すると，顕著な差は認められず，基肥-追肥体系における基肥局所施用の効果は判然としなかった．前述のように，これまで報告されている局所施肥については，専用機の利用等により，極めて局所的な施肥が行われているが，本試験では，従来のトラクターを利用しており，他の試験と比べて大まかな局所施肥であることが，全面施肥と局所施肥の間で顕著な差が認められなかった要因である可能性が考えられる．今回，施肥後の畝内における肥料の分布や根張りについて調査を行っていないため，明確な結論については言及できないが，今後，局所施肥の試験を行う上で，肥料および根の畝内における分布を明らかにする必要がある．

基肥一発施用の検討では，一発全面 N-10 区で 800kg/10a 以上の可販果収量を得られた（第 7 図 b）．総収量は体系全面 N-20 区よりやや減収したものの，L 莢率は高くなった．森下・藪野（2007）は，実エンドウのハウス栽培において，肥効調節型肥料を用いることで，窒素施用量を 2～3 割削減しても慣行と同等の収量を得られることを報告している．同じく実エンドウのハウス栽培において，橋本（2012）は，ハイパーCDU 長期の基肥一発施用により，総窒素施用量を 4 割できることを報告している．本試験においても，体系全面 N-20 区と比べて，一発全面 N-10 区では，追肥作業なしで，総 N 施用量を 5 割削減しても，9 割以上の収量を得られた．このことから，大莢エンドウの夏まき年内どり作型においても，肥効調節型肥料の利用が可能であり，追肥作業の省力化および施肥量の削減が可能であると考えられる．現在，エンドウ産地では，連作障害対策として太陽熱土壤消毒が実施されているが，近年，土壤消毒効果の継続維持のため，施肥・畝立て後に土壤消毒を行う作業体系（吉本，2000）が増加してきている．一般的な被覆肥料の窒素溶出は，温度依存性が高い（羽生，2001）ことから，太陽熱土壤消毒前の施肥では窒素溶出が不安定となるが，今回，利用したハイパーCDU は微生物分解性であり，太陽熱土壤消毒中の窒素溶出は少ない（橋本，2012）．本試験では，土壤消毒後に施肥・作畝を行ったが，今後，土壤消毒前の施肥について検討する必要がある．また，肥効調節型肥料の基肥一発施用について，一発全面 N-10 区と一発局所 N-5 区を比較すると，総収量および L 莢率はほぼ同等となった．このことから，試験 3-1 では，局所施肥の効果は判然としなかったが，試験 3-2 において肥効調節型肥料利用時では，局所施肥により施肥量を低減できる可能性が示唆された．

以上のように，大莢エンドウ‘ニムラ大莢オランダ’において，基肥-追肥体系における基肥局所施用の効果は判然としなかったが，肥効調節型肥料による局所施肥が有効であることが示唆された．ここで，試験 3-1 および 3-2 は，施肥の処理以外については同耕種条件で同時期に実施していることから，これらの施肥試験を総合して比較すると，L 莢収量が最も多かったのは全面基 N-5 区であった（第 10 図）．全面基 N-5 区は，追肥を加えて総 N 施用量は 15kg/10a であったが，これに対し，全面一発 N-10 区では約 3 割，局所一発 N-5 区では約 6 割，施用量を減肥している．いずれの区も，L 莢率は，全面基 N-5 区よりやや劣るものの，可販果収量は 9 割以上を得られている．また，総 N

施肥量 12.5kg/10a の局所基 N-2.5 区と比べると、局所一発 N-5 区では、施肥量を 4 割削減しつつ、かつそれ以上の可販果収量を得られた。‘ニムラ大莢オランダ’について、最適な施肥量は明らかにされておらず、体系施肥区の追肥量が適正かどうかは明らかでないが、今回の結果から、肥効調節型肥料の利用と局所施肥技術の併用により、総施肥量を低減し、追肥作業を省力できる可能性が示唆された。

摘 要

大莢エンドウの夏まき年内どり栽培において、有望品種の選定、播種時期および省力低コスト施肥技術として局所施肥および肥効調節型肥料の利用による基肥一発施用技術について検討した。

1. 大莢エンドウ夏まき年内どり作型において、従来の‘オランダエンドウ’を含め、多くの品種で第 1 花房着生節位は 20 節以上であったが、‘ニムラ大莢オランダ’では 11 節で、早くから収穫でき、莢の形状も‘オランダエンドウ’と同等で、有望と考えられた。
2. ‘ニムラ大莢オランダ’は、8 月上旬播種で最も多収となり、可販可収量で 1,000kg/10a 以上を得られた。
3. ‘ニムラ大莢オランダ’では、肥効調節型肥料（ハイパーCDU 中期）を N-5kg/10a、基肥一発局所施用することで、基肥 N-5kg/10a+追肥 N-5kg/10a×2 回の体系施肥と比べてやや収量は劣るものの、800kg/10a 以上の可販果収量を得られた。

謝辞

本研究は 2011～2012 年度に、業務用野菜産地化推進事業「業務用野菜の省力、低コスト安定多収生産技術開発」の一環として実施した。本研究を実施するにあたり、ご助言頂きました大莢エンドウ生産者、JA 紀の里・JA 和歌山県農・那賀振興局農業振興課の担当者の皆様に感謝の意を表します。また、試験に多大のご協力をいただきました暖地園芸センターの職員やアルバイトの皆様、そして特に研修生として栽培および調査等を補助して下さった村上弘樹氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 藤本恭展. 2010. 消費者はなぜ国産を選ぶのかー農畜産物の消費行動 Web 調査から. JC 総研レポート. 15: 26-28.
- 藤岡唯志. 2000a. 圃場の準備と播種ー開花促進. 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.
- 藤岡唯志. 2000b. 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.
- 羽生友治. 2001. 被覆肥料. P. 135-144 の 15. 農業技術大系. 土壌施肥編. 7. 農文教. 東京.
- 橋本真穂. 2012. 実エンドウにおける肥効調節型肥料を用いた太陽熱土壌消毒前全量基肥施用. 平成 23 年度 農業技術成果発表会 要旨: 16.
- 川崎佳栄・西原基樹・横山明敏. 2006. 抑制キュウリにおける局所施肥試験. 日本土壌肥料学会講演要旨集. 52: 305.
- 小谷真主・加藤恒雄・伊東卓爾・堀端章・下田星児・辻和良・楠茂樹・神藤宏. 2011. 実エンドウの生

- 育ステージおよび葉位別の光合成産物の分配. 園学研 10 (別 1) : 392.
- 草川知行・斉藤研二・宮崎丈史. 2005. 局所施肥と被覆肥料を用いて減肥栽培したゴボウの収量と窒素吸収特性. 千葉農総研研報. 4: 37-45.
- 草川知行・松丸恒夫・青柳森一. 2003. マルチ内施肥によるトンネル春夏どりニンジンの減肥栽培. 園学雑. 72(5): 432-439.
- 楠山知宏. 1968. 和歌山県日高地方を中心としたオランダエンドウの栽培. p. 1133~1137. 農業および園芸 43 (7) . 養賢堂.
- 三代恭広・太田勝巳・松本真悟. 2004. ペースト肥料による局所施肥栽培がレタスの生育および品質に及ぼす影響. 日本土壌肥料学雑誌. 75: 431-438.
- 森下年起・藪野佳寿郎. 2007. 肥効調節型肥料による促成エンドウの施肥改善に関する研究. 和歌山農林水技セ研報. 8: 53-59.
- 中村英司・服部安一・音野秀幸. 1962. エンドウの分枝に関する研究 (第 1 報) 日長および種子低温処理が分枝性に及ぼす影響. 園学雑. 31: 64-72.
- 二瓶真登・丹治克男. 2006. 肥効調節型肥料の全量基肥施用に対するダイズの根の反応と収量. 福島県農業試験場研究報告. 37: 19-27.
- 西森裕夫・東 卓弥・川西孝秀・神藤 宏・福嶋総子・佐藤 卓. 2006. 実エンドウ ‘きしゅううすい’ の光合成速度に及ぼす光強度, 葉温, CO₂ 濃度の影響. 園学雑. 75 (別 2) : 293.
- 岡田邦彦. 2012. 加工用野菜生産技術開発の課題とポイント. 農林水産技術研究ジャーナル. 35 (11) : 6-10.
- 興津伸二. 1972. 作型と関連するエンドウの特性. p. 348-350. 野菜の生態と作型. 誠文堂新光社. 東京.
- 佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987a. ハウスエンドウの開花促進に関する研究 (第 1 報) 長日, 低温処理の効果とその品種間差異について. 和歌山農試研報. 12: 33-38.
- 佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987b. ハウスエンドウの開花促進に関する研究 (第 2 報) 長日および低温の処理時期が開花期および生育・収量に及ぼす影響. 和歌山農試研報. 12: 39-46.
- 佐藤和憲. 2007. 野菜の加工・業務用需要と産地のマーケティング. p.184-189. 農業および園芸 82(1). 養賢堂. 東京.
- 進藤勇人・佐藤福男・金田吉弘. 2000. 肥効調節型肥料を用いた局所施肥による夏どりキャベツの省力減肥栽培. 東北農業研究. 53: 181-182.
- 高橋昭喜・高橋正樹・大里達朗. 2003. 肥効調節型肥料を用いたキャベツの全量基肥畦内局所施肥技術. 東北農業研究. 56: 193-194.
- 高橋正樹・佐藤 喬. 2001. ピーマンでの肥効調節型肥料を利用した局所施肥. 東北農業研究. 54: 215-216.
- 竹内浩二・椿 眞由巳・嶋田竜太郎・上原恵美・伊藤 綾. 2012. キヌサヤエンドウの品種比較 開花～収穫期. 東京都農林総合研究センター 平成 23 年度成果情報. 32.
- Wellensiek, S. J. 1973. The changes in the growth pattern of peas caused by flower formation. *Scientia Horticulturae*. 1: 77-83.
- 吉本均. 2000. エンドウ. 土壌消毒の方法. P. 基 85-90. 農業技術大系. 野菜編 10. 農文教. 東京.

ジベレリン・プロヒドロジャスモン混用散布による 早生・中生ウンシュウミカンの浮皮軽減

中谷 章・山田芳裕・萩平淳也¹

和歌山県果樹試験場

**Reduction of Fruit Puffing in Early Ripening and Medium Ripening Satsuma Mandarin
by Gibberellin and Prohydrojasmon Mixtures**

Akira Nakatani, Yoshihiro Yamada and Junya Hagihira

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒 言

ウンシュウミカンの浮皮は果皮と果肉の間に空隙を生じる生理障害である。浮皮の発生した果実は品質が低下するうえに貯蔵性に劣り、流通中に腐敗しやすいため問題となっている。浮皮は古くから知られている障害であり、その発生機構についても研究がなされ、収穫期における高温や多湿が発生を助長することが報告されている(河瀬ら, 1984;河瀬, 1984a)。また杉浦ら(2007)は都道府県への調査で、これまでの温暖化の影響として考えられる現象としてカンキツ類の浮皮の増加を挙げる県が 7 県と比較的多い事を報告しており、今後もその影響が続くことが予想される。

これまで生産現場で採られてきた浮皮対策としては、園地の排水性や通風性の改善などの耕種的方法や炭酸カルシウム剤(河瀬, 1984b)やエチクロゼート(河瀬ら, 1985)などを用いた化学的方法などが中心であるが、園地条件や年次により必ずしも安定した効果が得られない。また2010年2月には新たな浮皮軽減剤としてジベレリン(以下 GA)とプロヒドロジャスモン(以下 PDJ)を混用散布する方法が農薬登録されたが、試験の過程で果皮の着色遅延や緑斑の発生などの問題点(牧田, 2008)も指摘されていることから、「温州みかん」で登録されているものの、実際には貯蔵用ウンシュウミカンや樹上完熟栽培などの着色を待つことができる作型での使用が推奨されている。しかし、本県では早生・中生ウンシュウミカンなどの貯蔵せずに出荷する品種が主体であることから、これらの品種での効果的な浮皮対策が望まれている。

本研究では GA と PDJ の混用散布を貯蔵せずに出荷する早生・中生ウンシュウミカンに適用するため、処理時期および処理濃度について検討したのでその結果について報告する。

材料および方法

1. 早生ウンシュウミカンに対する GA・PDJ 混用散布の効果

和歌山県果樹試験場植栽の‘宮川早生’ウンシュウミカン(2010年に36年生)を供試した。2010年の処理区

¹ 現在:和歌山県農林水産部経営支援課

を第1表, 2011年の処理区を第2表に示した。なお処理時期は, 収穫予定日を11月中旬と設定して, 農薬登録上の処理時期である収穫3ヶ月前(8月中旬)を基準とし, 着色遅延の回避を目的にそれより2週間程度早い時期を設定した。各年次とも1区3樹を用い, 肩掛け式噴霧器を用い樹冠の半分に散布処理を行い, 無処理部分を対照区とした。なお収穫は2010年12月6日および2011年11月21日に行った。果実の生育期間中に果汁糖度, 果汁のクエン酸含有率を調査し, 収穫後には階級ごとに全果実の浮皮発生程度を調査した。浮皮程度は「カンキツの調査方法」(荒木ら, 1987)に基づき, 触感により0(浮皮なし)~3(浮皮甚)の4段階に数値化した平均値を浮皮度として示した。また収穫時の果皮色は, 浮皮発生程度調査後の果実から中心階級(M級もしくはL級)より1樹あたり10果採取し, 色彩色差計(Minolta社CR-300)により各果実の赤道部2カ所のa値を測定した。

第1表 2010年の試験区設定

		処理濃度	処理日	収穫日
処理区1	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	7月28日	12月6日
処理区2	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	7月28日	
処理区3	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月13日	
処理区4	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月13日	

第2表 2011年の試験区設定

		処理濃度	処理日	収穫日
処理区1	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月1日	11月21日
処理区2	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月15日	
処理区3	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月15日	

2. 中生ウンシュウミカンに対するGA・PDJ混用散布の効果

和歌山県果樹試験場植栽の‘向山温州’ウンシュウミカン(2010年に10年生)を供試した。2010年は場内5号園(傾斜地園), 2011年は1号園(平坦高畝園)および5号園の2園地で試験を実施した。2010年の処理区を第3表, 2011年の処理区を第4表に示した。なお処理時期は, 収穫予定日を12月上旬と設定して, 農薬登録上の処理時期である収穫3ヶ月前(9月上旬)を基準とし, 着色遅延の回避を目的にそれより2週間程度早い時期を設定した。2010年は1区5樹, 2011年は各園地とも1区3樹を用いた。肩掛け式噴霧器を用い樹冠全面に散布処理を行い, 無処理樹を対照区とした。なお収穫は2010年12月6日および2011年12月5日に行った。果実の生育期間中に果汁糖度, 果汁のクエン酸含有率を調査し, 収穫後には階級ごとに全果実の浮皮発生程度を調査した。浮皮程度は, 浮皮程度は「カンキツの調査方法」(荒木ら, 1987)に基づき, 触感により0(浮皮なし)~3(浮皮甚)の4段階に数値化した平均値を浮皮度として示した。また収穫時の果皮色は, 浮皮発生程度調査後の果実から中心階級(M級もしくはL級)より1樹あたり10果採取し, 色彩色差計(Minolta社CR-300)により各果実の赤道部2カ所のa値を測定した。

第3表 2010年の試験区設定

		処理濃度	処理日	収穫日
処理区1	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月13日	12月6日
処理区2	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月13日	
処理区3	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	9月1日	
処理区4	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	9月1日	

第4表 2011年の試験区設定

		処理濃度	処理日	収穫日
処理区1	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	8月15日	12月5日
処理区2	ジベレリン	1ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	9月6日	
処理区3	ジベレリン	3.3ppm・プロヒドロジャスモン25ppm	9月6日	

結果および考察

1. 早生ウンシュウミカンに対する GA・PDJ 混用散布の効果

1) 2010 年の結果

収穫時の浮皮度は、全果実では処理区 1 および 3 (GA1 ppm 処理区) では散布部と無散布部で有意な差はなく、処理区 2 および 4 (GA3. 3ppm 処理区) では散布部で有意に低くなった。また、いずれの階級も散布部で無散布部より低い値であったが、処理区 1, 2 の L 級, 処理区 3, 4 の S 級以外は有意な差はなかった (第 5 表)。生食用果実として出荷できない浮皮程度 2 以上の果実割合は、各処理区とも散布部で低くなったが、特に処理区 2, 4 でその効果が高かった (第 5 表)。

第 5 表 ‘宮川早生’ における各処理区の収穫時の浮皮度^z (2010 年)

		2L以上	L	M	S	2S以下	全果実	浮皮程度2以上の果実割合(%)
処理区 1	散布部	0.86	0.40 * ^y	0.18 n.s.	0.07 n.s.	0.00	0.33 n.s.	3.8
	無散布部	1.14	0.59	0.25	0.11	0.00	0.39	5.9
処理区 2	散布部	-	0.50 *	0.34 n.s.	0.13 n.s.	0.00	0.17 *	0.6
	無散布部	-	0.90	0.51	0.27	0.05	0.32	2.1
処理区 3	散布部	0.89	0.48	0.27 n.s.	0.06 *	0.02	0.16 n.s.	1.5
	無散布部	1.05	0.55	0.33	0.20	0.02	0.31	1.8
処理区 4	散布部	0.65	0.35	0.15 n.s.	0.04 *	0.00	0.12 *	0.2
	無散布部	1.17	0.64	0.40	0.18	0.07	0.31	1.9

注) 処理区 1 : GA1ppm, 7 月 28 日処理 処理区 2 : GA3. 3ppm, 7 月 28 日処理

処理区 3 : GA1ppm, 8 月 13 日処理 処理区 4 : GA3. 3ppm, 8 月 13 日処理

いずれの処理区も PDJ は 25ppm

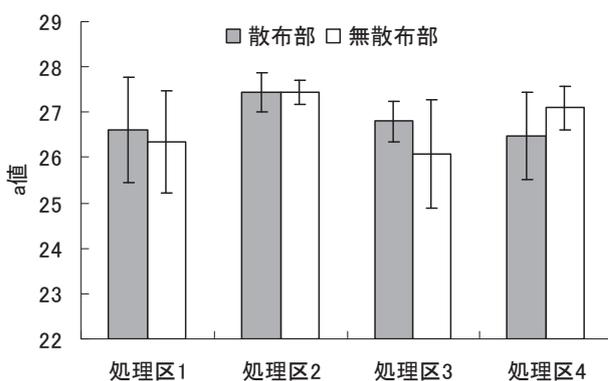
収穫日 : 2010 年 12 月 6 日

z : 触感により浮皮の程度を無 (0), 軽 (1), 中 (2), 甚 (3) に数値化した平均値

y : *は t 検定により散布部と無散布部に 5% レベルで有意差あり, n. s. は有意差なし

記載なしはサンプル数不足により統計処理不可

収穫時の果皮色 a 値は処理区 4 のみ散布部で無散布部より低い値を示したものの、有意な差は認められなかった (第 1 図)。



第 1 図 ‘宮川早生’ における各処理区の収穫時の果皮色 a 値 (2010 年)

注) 処理区 1 : GA1ppm, 7 月 28 日処理 処理区 2 : GA3. 3ppm, 7 月 28 日処理

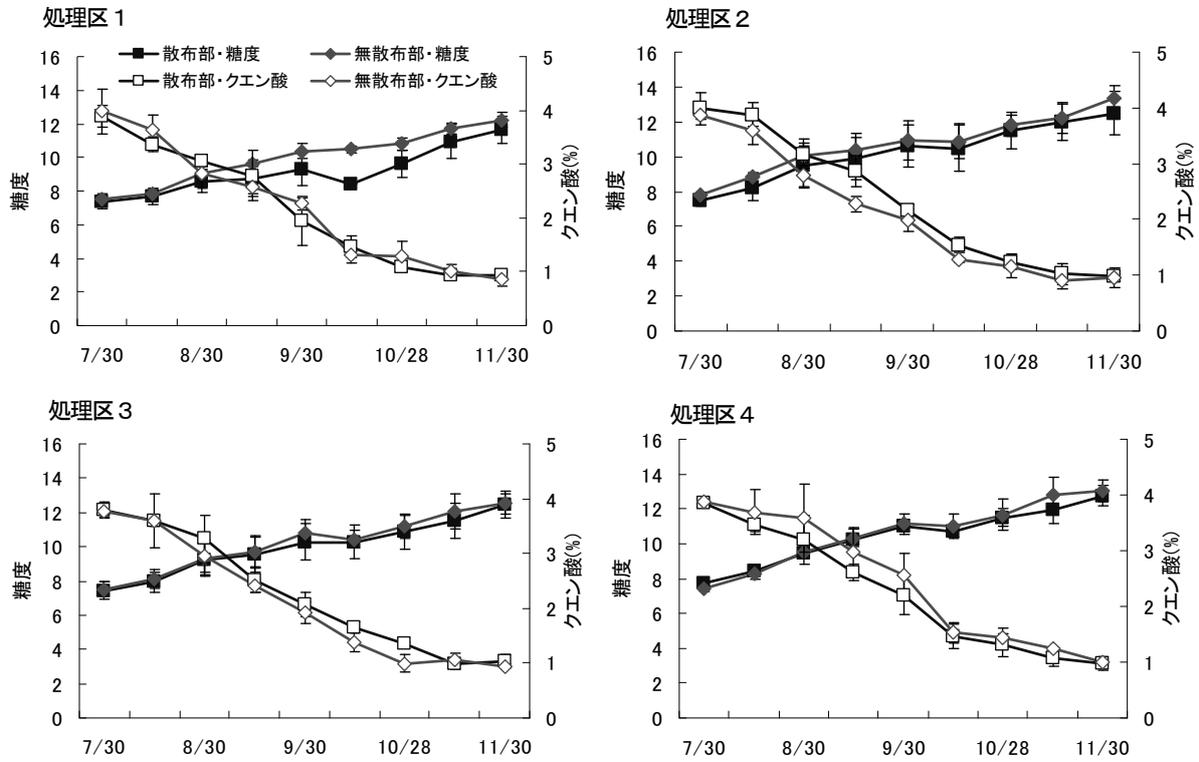
処理区 3 : GA1ppm, 8 月 13 日処理 処理区 4 : GA3. 3ppm, 8 月 13 日処理

いずれの処理区も PDJ は 25ppm

収穫日 : 2010 年 12 月 6 日

※t 検定によりいずれの処理区も散布部と無散布部に有意差なし

果実品質について、果汁糖度は各処理区とも散布部でやや低く推移する傾向が認められたものの、収穫時の糖度に明確な差はなかった。またクエン酸含有率も処理による明確な差はなかった（第2図）。



第2図 ‘宮川早生’における各処理区の果汁糖度およびクエン酸含有率の推移(2010年)

注) 処理区1: GA1ppm 7月28日処理 処理区2: GA3.3ppm 7月28日処理
 処理区3: GA1ppm 8月13日処理 処理区4: GA3.3ppm 8月13日処理
 いずれの処理区もPDJは25ppm

1) 2011年の結果

収穫時の浮皮度は、全果実では処理区3 (GA3.3ppm8月中旬処理)のみ、散布部で有意に低くなった。また、処理区2の3L級を除き、各階級で散布部で無散布部より低い値であったが、処理区3の2L級およびL級のみに有意に低かった(第5表)。生食用果実として出荷できない浮皮程度2以上の果実割合は、各処理区とも散布部で低くなったが、特に処理区1,3でその効果が高かった(第5表)。

第6表 ‘宮川早生’における各処理区の収穫時の浮皮度^z(2011年)

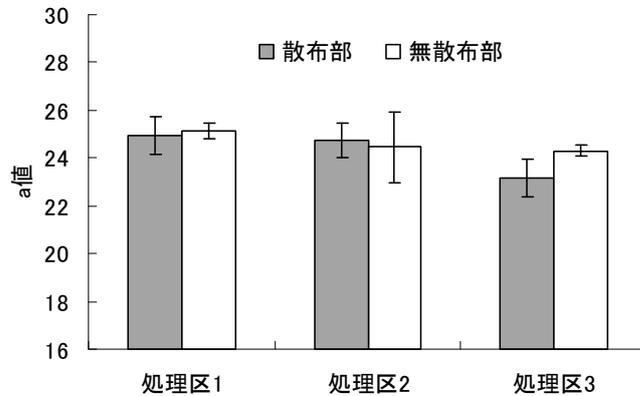
		3L	2L	L	M	S以下	全果実	浮皮程度2以上の果実割合(%)
処理区1	散布部	0.67	0.58 n.s. ^y	0.22 n.s.	0.09 n.s.	0.00	0.23 n.s.	0.7
	無散布部	1.25	0.79	0.31	0.16	0.06	0.32	3.6
処理区2	散布部	1.53	0.62 n.s.	0.25 n.s.	0.10 n.s.	0.00	0.33 n.s.	2.7
	無散布部	0.98	0.75	0.35	0.17	0.06	0.39	4.6
処理区3	散布部	0.57	0.24 **	0.12 *	0.03	0.00	0.15 **	0.2
	無散布部	1.16	0.59	0.25	0.10	0.08	0.33	3.2

注) 処理区1: GA3.3ppm, 8月1日処理 処理区2: GA1ppm, 8月15日処理
 処理区3: GA3.3ppm, 8月15日処理
 いずれの処理区もPDJは25ppm
 収穫日: 2011年11月21日

z: 触感により浮皮の程度を無(0), 軽(1), 中(2), 甚(3)に数値化した平均値

y: t検定により散布部と無散布部に**は1%レベル, *は5%レベルで有意差あり, n. s. は有意差なし
 記載なしはサンプル数不足により統計処理不可

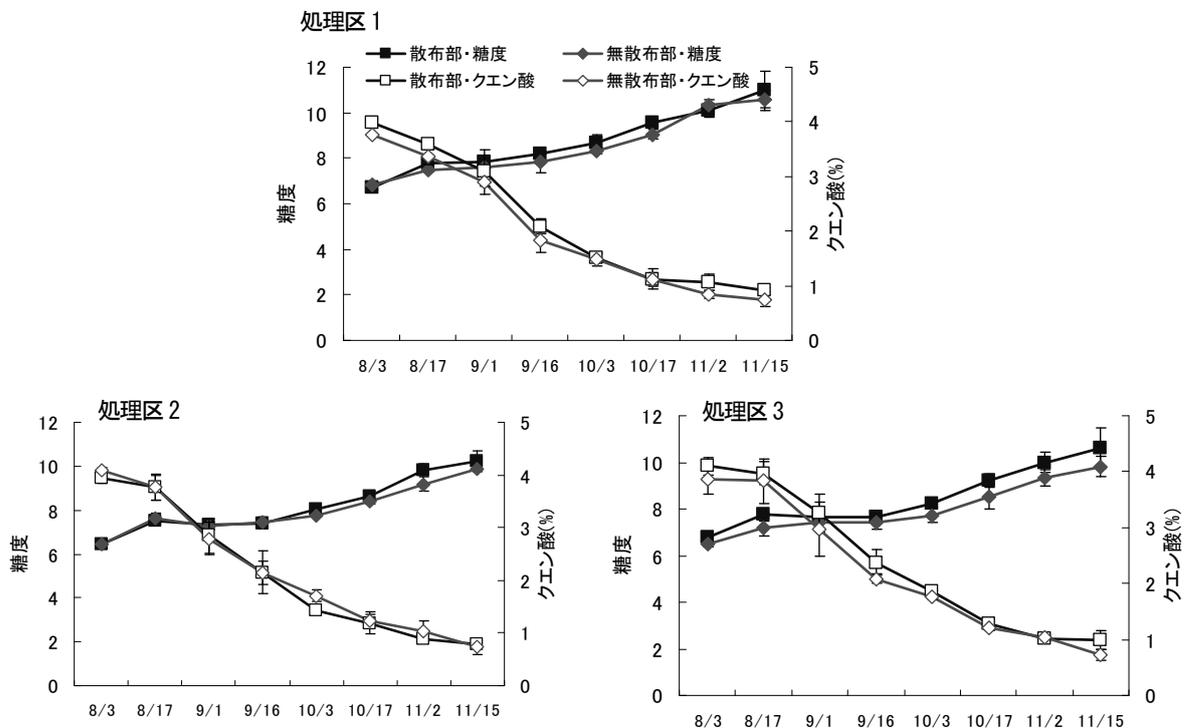
収穫時の果皮色 a 値は、処理区 3 において散布部で無散布部より低い値を示したものの、有意な差は認められなかった（第 3 図）。



第 3 図 ‘宮川早生’ における各処理区の収穫時の果皮色 a 値 (2011 年)

注) 処理区 1 : GA3. 3ppm, 8 月 1 日処理 処理区 2 : GA1ppm, 8 月 15 日処理
 処理区 3 : GA3. 3ppm, 8 月 15 日処理
 いずれの処理区も PDJ は 25ppm
 収穫日 : 2011 年 11 月 21 日
 ※t 検定によりいずれの処理区も散布部と無散布部に有意差なし

果実品質について、果汁糖度は各処理区とも処理部でやや低く推移する傾向が認められたものの、収穫時の糖度に明確な差はなかった。またクエン酸含有率も処理による明確な差はなかった（第 4 図）。



第 4 図 ‘宮川早生’ における各処理区の果汁糖度およびクエン酸含有率の推移 (2011 年)

注) 処理区 1 : GA3. 3ppm, 8 月 1 日処理 処理区 2 : GA1ppm, 8 月 15 日処理
 処理区 3 : GA3. 3ppm, 8 月 15 日処理
 いずれの処理区も PDJ は 25ppm

‘宮川早生’を対象にした2ヶ年の試験の結果、いずれの年度も農薬登録上の散布時期である収穫予定の3ヶ月前(8月中旬)のGA3.3ppm・PDJ25ppmの混用処理により、全果実の浮皮度が有意に低下するとともに、生果で出荷できない浮皮程度2以上の果実割合も低下し、安定した浮皮軽減効果が確認された。それより2週間程度早い時期(7月末~8月初旬)のGA3.3ppm・PDJ25ppm処理の場合、2010年の試験では処理により有意に浮皮度が低下したものの、2011年の試験では有意な差は認められなかったため、収穫3か月前の処理と比較すれば、やや効果は不安定であったが、浮皮程度2以上の果実割合は低下しており一定の効果が認められた。一方GA1ppm・PDJ25ppm処理では、処理時期にかかわらず2ヶ年とも散布部と無散布部で浮皮度に有意な差はなかったが、2010年の試験では8月中旬処理により散布部で無散布部より低い値を示し、また浮皮程度2以上の果実割合が低下していることから、若干の効果があると考えられた。

収穫時の果皮色a値は、2ヶ年のいずれの処理区においても散布部と無散布部で有意な差はなかった。また今回の処理濃度においては緑斑等の障害も認められなかった。GA処理による着色遅延や緑斑の発生については複数の報告がなされている(河瀬,1984b;河瀬,1984c;牧田;2008)が、‘宮川早生’における本試験の処理条件、収穫時期では問題ないと思われた。なお本試験の処理条件においても、観察のみではあるが、11月上旬時点ではやや着色の遅れる果実が散見されたため、早期に収穫する場合は注意が必要である。しかし、早生ウンシュウミカンにおいて浮皮対策が必要とされるのは11月下旬以降に収穫する作型がほとんどであることから、実用上問題ないと思われた。

GA・PDJ混用処理に関する過去の報告では、明確な着色遅延は報告されているものの、果実品質への影響はなかったとされている(牧田,2008)。本試験でも処理区でやや糖度が低く、クエン酸含有率がやや高く推移する区があるものの、逆の傾向を示す区もあり、処理による果実品質への影響は明らかではなかった。牧田(2008)は果皮の観察結果からGA・PDJの混用処理が果皮の成熟を遅延させると推察しており、生育期間中にGA・PDJ混用処理により着色が遅延しても、着色に差がない程度まで成熟が進めば、果実品質への影響はほぼないと考えられた。

以上のことから、‘宮川早生’ではGA3.3ppm・PDJ25ppmを8月中旬に処理し、収穫時期を11月下旬以降とすることで、着色遅延や果実品質の低下を招くことなく浮皮を軽減できると考えられた。

2. 中生ウンシュウミカンに対するGA・PDJ混用散布の効果

1) 2010年の結果

全果実の浮皮度は処理区1および3(GA1ppm処理区)では対照区と有意な差はなく、処理区2および4では散布部で有意に低かった。階級別にみると2L級以上の大きい果実では処理区2,3,4で、L級では処理区2,4で、M級では処理区4のみで、対照区より有意に低かった。なお、浮皮程度2

第7表 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の浮皮度^Z(2010年)

	2L以上	L	M	S	2S以下	全果実	浮皮程度2以上の果実割合(%)
処理区1	2.00 ab	1.36 ab	0.73 ab	0.54	0.09	0.95 ab	25.8
処理区2	1.77 b	1.06 b	0.51 ab	0.18	0.05	0.77 b	21.3
処理区3	1.58 b	1.20 ab	0.59 ab	0.38	0.08	0.88 ab	20.5
処理区4	1.56 b	0.91 b	0.46 b	0.16	0.00	0.68 b	13.2
対照区	2.29 a	1.59 a	0.87 a	0.41	0.07	1.15 a	32.6
有意性	*	*	*	n.s.	n.s.	*	

注)処理区1:GA1ppm,8月13日処理 処理区2:GA3.3ppm,8月13日処理

処理区3:GA1ppm,9月1日処理 処理区4:GA3.3ppm,9月1日処理

いずれの処理区もPDJは25ppm

収穫日:2010年12月6日

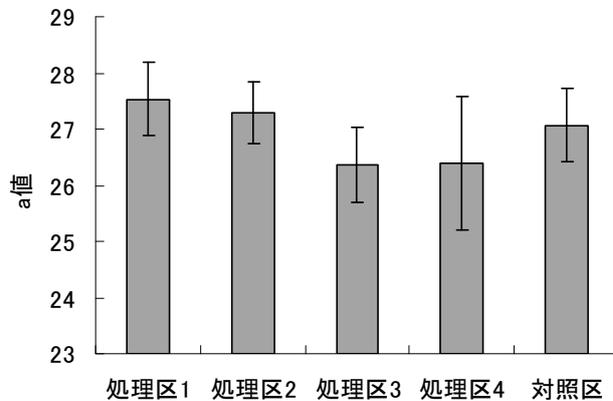
Z:触感により浮皮の程度を無(0),軽(1),中(2),甚(3)に数値化した平均値

y:Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり

n.s.は処理区間に有意差なし

以上の果実割合は、対照区では30%を超えていたが、各処理区とも対照区より低く、処理区4で最も低かった(第7表)。

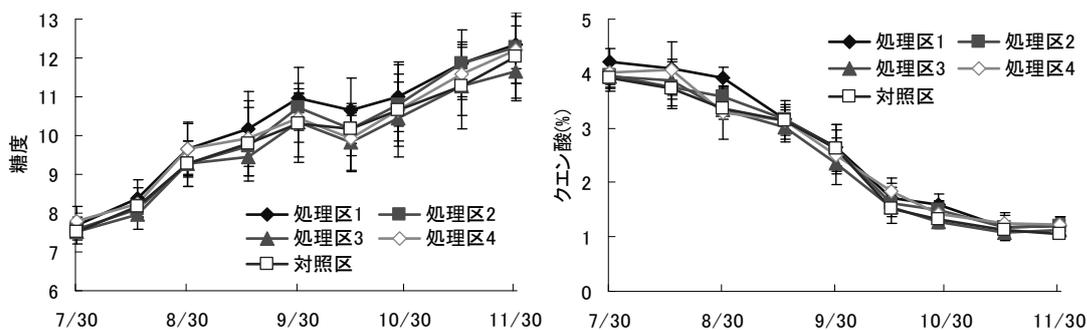
収穫時の果皮色a値は処理区3および処理区4で対照区より低い値を示したが、有意な差はなかった(第5図)。



第5図 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の果皮色a値(2010年)

注) 処理区1: GA1ppm, 8月13日処理 処理区2: GA3.3ppm, 8月13日処理
 処理区3: GA1ppm, 9月1日処理 処理区4: GA3.3ppm, 9月1日処理
 いずれの処理区もPDJは25ppm
 収穫日: 2010年12月6日
 ※Tukeyの多重検定により各処理区間に有意差なし

果実品質について、果汁糖度は処理区3で対照区よりやや低く推移し、他の区では対照区より高めに推移した。収穫時の糖度も処理区3で対照区よりやや低かったものの、樹ごとのばらつきが大きかったことから、処理による影響であるかは明らかでなかった。またクエン酸含有率も処理による明確な差はなかった(第6図)。



第6図 ‘向山温州’における各処理区の果汁糖度およびクエン酸含有率の推移(2010年)

注) 処理区1: GA1ppm, 8月13日処理 処理区2: GA3.3ppm, 8月13日処理
 処理区3: GA1ppm, 9月1日処理 処理区4: GA3.3ppm, 9月1日処理
 いずれの処理区もPDJは25ppm

1) 2011年の結果

(1) 1号園

収穫時の浮皮度は、全果実では処理区3のみ対照区より有意に低かった。階級別では3L, 2L級では処理区2, 3で、L級では処理区3のみ対照区より有意に低かった。また調査果実の少なかったM級を除き、全果実およ

びいずれの階級においても浮皮度は対照区>処理区1>処理区2>処理区3であった。浮皮程度2以上の果実割合は各処理区とも対照区より低くなり、特に処理区2および処理区3でその効果が高かった(第8表)。

第8表 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の浮皮度^z(2011年,1号園)

	3L	2L	L	M	全果実	浮皮程度2以上の果実割合(%)
処理区1	1.84 ab	1.00 ab	0.65 a	0.39	1.29 a	33.1
処理区2	1.55 bc	0.86 bc	0.48 a	0.22	0.95 a	16.5
処理区3	1.29 c	0.76 c	0.37 b	0.31	0.85 b	12.7
対照区	2.12 a	1.18 a	0.69 a	0.30	1.40 a	46.8
有意性 ^y	*	*	*	n.s.	*	

注) 処理区1: GA3.3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理

処理区3: GA3.3ppm, 9月6日処理

いずれの処理区も PDJは25ppm

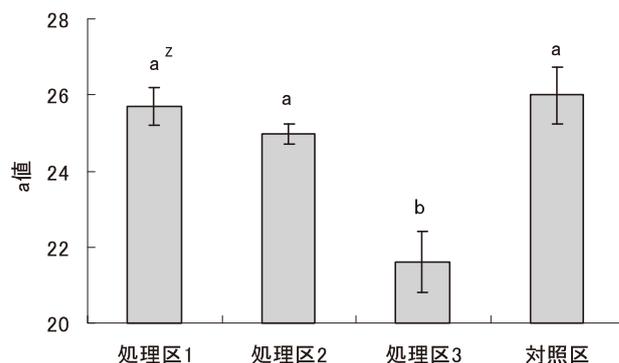
収穫日: 2011年12月5日

z: 触感により浮皮の程度を無(0), 軽(1), 中(2), 甚(3)に数値化した平均値

y: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり

n. s. は処理区間に有意差なし

収穫時の果皮色 a 値は処理区1, 2では対照区と有意な差はなかったものの, 処理区3では対照区より有意に低く, 着色遅延が認められた(第7図)。



第7図 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の果皮色 a 値 (2011年,1号園)

注) 処理区1: GA3.3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理

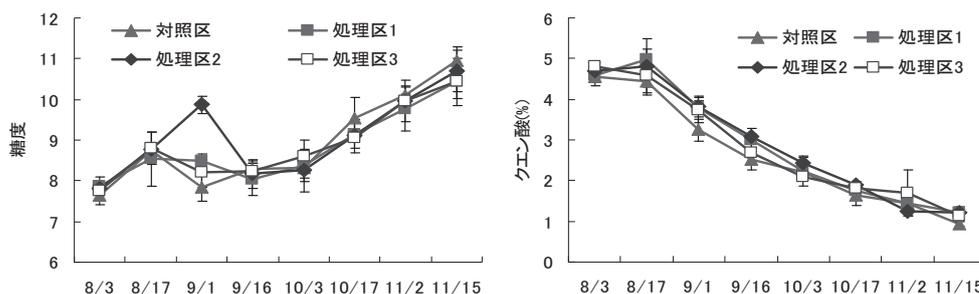
処理区3: GA3.3ppm, 9月6日処理

いずれの処理区も PDJは25ppm

収穫日: 2011年12月5日

z: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり

果実品質について, 果汁糖度は樹ごとのばらつきはやや大きいものの, 生育期後半では各処理区とも対照区よりやや低く推移し, 収穫時にはいずれの処理区も対照区より低い値を示した。またクエン酸含有率は各処理区とも対照区より高く推移したが, 対照区は処理前からやや低い値を示していたため, 処理による影響かどうかは判然としなかった(第8図)。



第8図 ‘向山温州’における各処理区の果汁糖度およびクエン酸含有率の推移 (2011年, 1号園)

注) 処理区1: GA3. 3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理
 処理区3: GA3. 3ppm, 9月6日処理
 いずれの処理区も PDJは25ppm

(2) 5号園

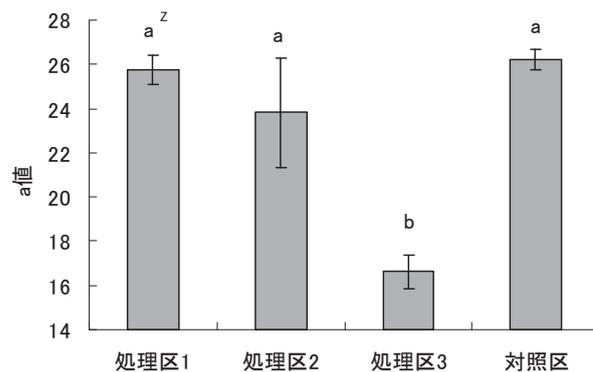
収穫時の浮皮度は、全果実では処理区3のみ対照区より有意に低くなった(第9表)。階級別では3L級では処理区2, 3, 2L, L級では処理区1, 2, 3, M級では処理区3で、それぞれ対照区より有意に低かった。また調査果実の少なかったS級を除き、全果実およびいずれの階級においても浮皮度は対照区>処理区1>処理区2>処理区であった。浮皮程度2以上の果実割合は各処理区とも対照区より低くなったが、特に処理区2および処理区3で低かった。

第9表 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の浮皮度^z(2011年, 5号園)

	3L	2L	L	M	S以下	全果実	浮皮程度2以上の果実割合(%)
処理区1	1.67 ab	1.23 b	0.67 b	0.38 a	0.04	0.85 a	15.1
処理区2	1.35 b	0.87 c	0.49 c	0.23 ab	0.05	0.63 a	6.8
処理区3	0.62 c	0.32 d	0.18 d	0.07 b	0.00	0.22 b	0.6
対照区	1.99 a	1.27 a	0.76 a	0.40 a	0.13	0.91 a	20.2
有意性 ^y	*	*	*	*	n.s.	*	

注) 処理区1: GA3. 3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理
 処理区3: GA3. 3ppm, 9月6日処理
 いずれの処理区も PDJは25ppm
 収穫日: 2011年12月5日
^z: 触感により浮皮の程度を無(0), 軽(1), 中(2), 甚(3)に数値化した平均値
^y: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり
 n. s. は処理区間に有意差なし

収穫時の果皮色a値は処理区1, 2では対照区と有意な差はなかったものの、処理区3では対照区より有意に低く、着色遅延が認められた(第9図)。



第9図 ‘向山温州’における各処理区の収穫時の果皮色 a 値 (2011年, 5号園)

注) 処理区1: GA3.3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理

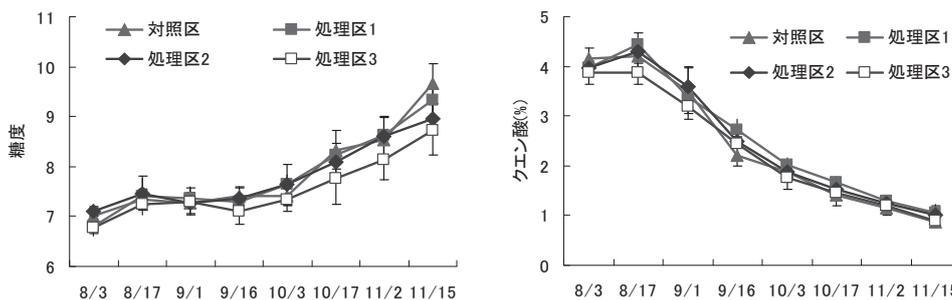
処理区3: GA3.3ppm, 9月6日処理

いずれの処理区も PDJは25ppm

収穫日: 2011年12月5日

z: Tukeyの多重検定により異なる文字間に5%レベルで有意差あり

果実品質について、果汁糖度は樹ごとのばらつきはやや大きいものの、処理区3でやや低く推移した。またクエン酸含有率は各処理区とも対照区と同様に推移し、処理による明確な差は認められなかった(第10図)。



第10図 ‘向山温州’における各処理区の果汁糖度およびクエン酸含有率の推移 (2011年, 5号園)

注) 処理区1: GA3.3ppm, 8月15日処理 処理区2: GA1ppm, 9月6日処理

処理区3: GA3.3ppm, 9月6日処理

いずれの処理区も PDJは25ppm

‘向山温州’を対象にした2ヶ年の試験の結果、‘宮川早生’と同様にいずれの年度も農薬登録上の散布時期である収穫予定3ヶ月前(9月上旬)のGA3.3ppmとPDJ25ppmの混用処理により、浮皮度が有意に低下するとともに浮皮程度2以上の果実の割合が低下し、安定した浮皮軽減効果が確認された。また同濃度で8月中旬に処理を行ったところ2010年の試験では対照区より有意に浮皮度が低下したものの、2011年ではいずれの園地でも浮皮軽減効果は小さく、やや効果が安定しないと思われた。またGA1ppm・PDJ25ppmの混用処理では、浮皮度に対照区と有意な差はなかったものの、9月上旬に処理すれば対照区の浮皮度より低い値を示し、浮皮程度2以上の果実割合も低下した。河瀬(1984c)は‘杉山温州’を用いた試験でGA単用であれば着色前の4~5ppmで浮皮軽減効果を認め、それ以下の濃度では効果がなかったとしているが、牧田(2008)は‘青島温州’においてPDJの混用によりGA3.3ppmで浮皮軽減効果を認めており、本試験の結果によりGA1ppmのような低濃度でもPDJと混用処理することで、GA3.3ppmより効果は劣るものの浮皮軽減効果を得られることが示唆された。

収穫時の果皮色 a 値は2010年の試験では各処理区とも対照区と有意な差はなく、着色遅延は認められなかつ

た。しかし、2011年の試験では試験を実施した2園地とも、有意に浮皮度が低かったGA3. 3ppm+PDJ25ppmの9月上旬処理で収穫時の果皮色a値が低く、明確な着色遅延が認められた。河瀬(1984c)は‘杉山温州’で、牧田(2008)は‘青島温州’でそれぞれGA処理による着色遅延を認めているが、本試験の‘宮川早生’では明確な着色遅延は認められず、着色遅延の程度には品種による差があると考えられた。また2011年に試験を実施した2園地を比較すると、対照区の果皮色a値が同程度であるにもかかわらず、同一の処理区であっても場内5号園の方が場内1号園より果皮色a値が低く、園地により着色遅延の程度が異なる結果が得られた。この差異が園地条件によるものか、樹の状態によるものかについては今後さらに検討が必要である。またGA1ppm処理+PDJ25ppm処理の場合は処理時期や園地にかかわらず果皮色a値の低下は認められず、着色遅延は問題とならなかった。

果実品質については、2010年では一部の処理区では対照区より糖度が低く推移したものの、糖度が高い区もあり、処理による影響かどうかは明らかでなかった。クエン酸含有率も同様で、処理による果実品質への影響は判然としなかった。2011年では試験を実施した2園地ともに樹ごとのバラツキはあるものの、浮皮軽減効果および果皮の着色遅延が明らかであったGA3. 3ppm+PDJ25ppmの9月上旬処理で、収穫時の糖度が対照区より低くなった。クエン酸含有率が処理により高くなることはなかったものの、12月上旬の収穫であれば果実品質がやや低下する可能性があると思われた。

以上のことから、‘向山温州’を12月上旬に収穫する場合はGA3. 3ppm+PDJ25ppmの8月中旬処理もしくはGA1ppm・PDJ25ppmの9月上旬処理により、着色遅延や果実品質の低下を招かずに、ある程度浮皮を軽減できると思われる。平成25年11月現在、農薬登録上のGA処理濃度は3.3~5ppmとなっているが、資材コストを考えるとGA1ppm・PDJ25ppmの9月上旬処理が有用であると思われる。一方GA3. 3ppm・PDJ25ppmの9月上旬処理では着色遅延の可能性があり、その場合は収穫期を12月中旬以降に遅らせる必要がある。‘向山温州’の標準的な収穫期は11月下旬~12月上旬であり、この時期は早生ウンシュウミカンの収穫期後半と重なる。特に栽培面積が多い場合などは、この処理により比較的浮皮しやすい‘向山温州’の浮皮を軽減させることで、‘向山温州’の収穫時期を遅らせることができる。収穫時期を遅らせることで着色遅延の影響も小さくなるため、収穫労力の分散が可能になると考えられる。

摘 要

貯蔵ウンシュウミカンでの使用が推奨されているGAとPDJの混用散布による浮皮軽減技術を‘宮川早生’および‘向山温州’に適用するため、処理時期および処理濃度について検討した。

‘宮川早生’ではGA3. 3ppm・PDJ25ppmの混用処理を8月中旬に行うことにより浮皮を軽減できるとともに、11月下旬以降の収穫であれば着色遅延や果実品質の低下も認められなかった。

‘向山温州’ではGA3. 3ppm・PDJ25ppmの混用処理を9月上旬に行うことにより浮皮は軽減できるものの、12月上旬の収穫では年次により着色遅延が認められる場合があり、やや収穫を遅らせる必要があると思われた。12月上旬に収穫する場合は、GA3. 3ppm・PDJ25ppmの8月中旬処理もしくはGA1ppm・PDJ25ppmの9月上旬処理により、浮皮軽減効果はやや劣るものの、着色遅延を回避できることが明らかとなった。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」により実施した。本研究を実施するにあたり、ご助言をいただいた独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所の生駒吉識博士に感謝の意を表します。また、試験に多大のご協力をいただきましたアルバイ

ト職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 荒木忠治・伊庭慶昭・岩垣功・河瀬憲次. 1987. II. 果実調査法. P. 12 カンキツの調査方法編集委員会編. カンキツの調査方法.
- 河瀬憲次・高原利雄・広瀬和榮・小野祐幸・吉永勝一. 1984. ウンシュウミカン果実における浮皮発現要因と防止法に関する研究（第1報）九州・東海両地域における浮皮発現と気象要因. 果樹試報 D6, 27-40.
- 河瀬憲次. 1984a. ウンシュウミカン果実における浮皮発現要因と防止法に関する研究（第2報）果実周辺の湿度条件と浮皮発現. 果樹試報 D6, 41-56.
- 河瀬憲次. 1984b. ウンシュウミカン果実における浮皮発現要因と防止法に関する研究（第3報）炭酸カルシウム水和剤の浮皮防止効果と作用性. 果樹試報 D6, 57-76.
- 河瀬憲次. 1984c. ウンシュウミカン果実における浮皮発現の要因と防止法に関する研究. 京都大学学位論文.
- 河瀬憲次・平井康市・禿泰雄・間苧谷徹. 1985. ウンシュウミカンに対するエチクロゼートの浮皮軽減効果について. 園学雑 54(2);171-177.
- 牧田好高. 2008. ジベレリンとジャスモン酸を用いたウンシュウミカンの浮皮軽減. 植調. 42(6);19-25.
- 杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義. 2007. 温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状. 園学研. 6;257-263.

和歌山県果樹栽培地域における イノシシの摂食行動調査とカンキツ果実被害について

法眼利幸・山本浩之¹・森口幸宣

和歌山県果樹試験場

Study on Feeding Habits of Wild Boar (*Sus scrofa*) and its Damage of Citrus Fruits in Fruit Production Area of Wakayama Prefecture

Toshiyuki Hougen, Hiroyuki Yamamoto¹ and Yukinobu Moriguchi

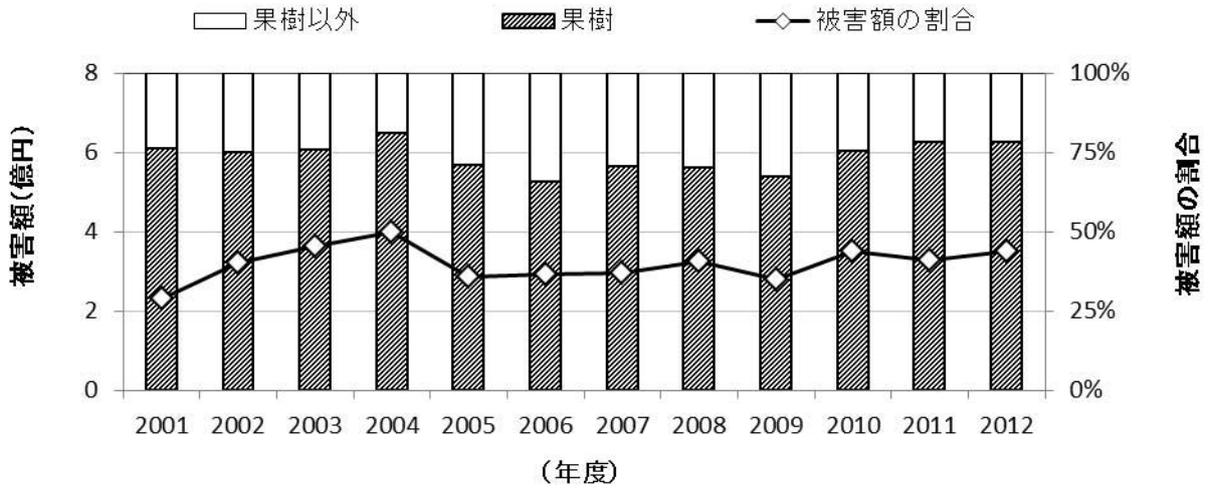
Wakayama Fruit Tree Experiment Station

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非常に盛んで、カンキツ、ウメ、カキ、モモなど全国有数の産地となっている。近年は鳥獣による農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、ここ数年の被害額は約三億円で推移している。被害状況をみると、作物別では果樹の被害が70～80%（第1図）、加害種別ではイノシシによる被害が約50%で増加傾向にある（第2図）。イノシシによる果樹被害は果実食害・枝折り・掘り起こしによる苗木等倒伏のほか、農作物生産基盤の破壊も深刻で傾斜地果樹園における石垣の破壊なども多発している。なお、イノシシは市街地を除く県内ほぼ全域で生息が確認されている（和歌山県2012）。

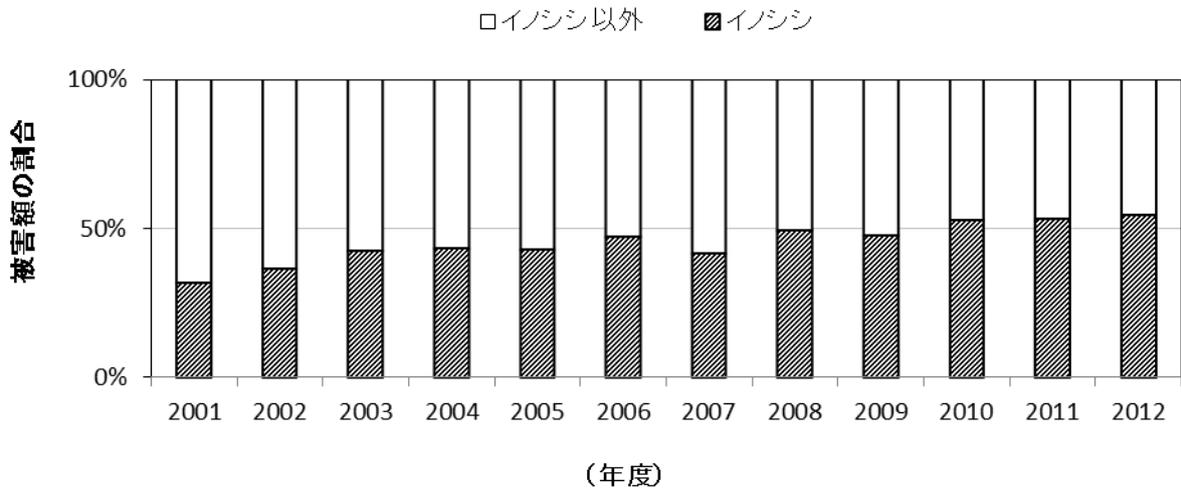
果樹試験場では、2009年からイノシシによる果樹被害（第3図：カラーページ）を中心とした農作物の鳥獣害対策に関する試験研究に取り組んできた。江口（2002）はイノシシによる農作物被害防止には生態学的・行動学的の研究に基づく総合対策が必要と指摘している。しかし本県においてイノシシの生態を調査した事例は非常に少なく、ほぼ白紙の状態から研究が始まった。そして研究や現地調査を徐々に進めていくなか、イノシシ被害の増加は農地周辺にイノシシの食料となるもの（以下エサ）が豊富にあることから、イノシシが増えているのではないかと推測された。そこで県内の果樹栽培地域でイノシシのエサになり得るものを調査するとともに、カンキツ栽培の盛んな有田地域においてイノシシがそれらのエサを摂食する状況やカンキツ果実生産量の推移等から、イノシシの行動およびカンキツ果実被害発生パターンについて検討した。また、それらのエサをイノシシに摂食させない対策について検討したので併せて報告する。

¹現在：果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室



第1図 和歌山県における鳥獣による農作物被害額と果樹被害額の割合の推移

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



第2図 和歌山県鳥獣被害額に占めるイノシシの割合の推移

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



第3図 イノシシによるカンキツ果実の食害

注) 2010年12月22日 果樹試験場 川田温州



第4図 山林に廃棄されたカンキツ果実残渣

注) 2010年1月21日 有田川町



第5図 カンキツ未成熟果実摂食試験

注) 2009年7月17日 果樹試験場

黒矢印：赤外線センサーカメラ

白矢印：極早生ウンシュウ摘果果実



第6図 山林に廃棄されたカキ果実残渣

注) 2011年11月16日 かつらぎ町



第7図 農地周辺に廃棄されたウメ果実残渣

注) 2012年8月1日 みなべ町

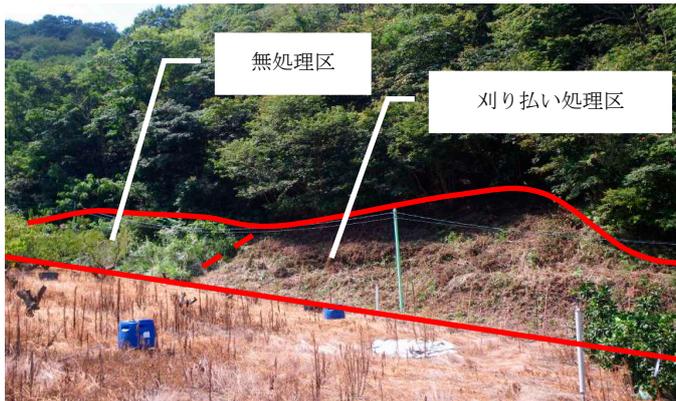


第8図 イノシシの掘り起こしによるカンキツ苗木と灌水チューブの被害

注) 2010年8月16日 果樹試験場

黒矢印：掘り起こし被害を受けた苗木の植栽位置

白矢印：破壊された灌水チューブ



第10図 調査斜面の刈り払い処理後の状況

注) 撮影：2009年8月24日

刈り払い処理日：2009年8月21日，2010年7月2日，
2011年4月8日，2011年7月14日



第15図 試験的に作成したカンキツ果実残渣廃棄場所

注) 2011年1月17日 果樹試験場

試験地作成：2009年10月



第16図 カンキツ摘果果実のイノシシ摂食状況と残存状況

注) 左：僅かに食べるイノシシ 2009年7月18日 21:19

右：残存摘果果実 同年7月21日



第26図 イノシシが食べ残したと考えられるヒルガオの根茎

注) 2010年8月18日 果樹試験場カンキツ園



第30図 イノシシによる極早生ウンシュウ果実の食害

注) 2010年8月31日 果樹試験場

右上は拡大図

材料および方法

試験 1：カンキツ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの摂食状況とその対策

カンキツ果実の収穫～貯蔵～出荷の過程で発生する腐敗果実等の残渣を、集落や農地周辺に廃棄するケースがあり、特に極端な豊作年や、雹など果実腐敗に繋がる気象害の発生年に多くみられる（第 4 図：カラーページ）。ここでは、廃棄されたカンキツ果実残渣がイノシシのエサとなっている状況を明らかにするため、有田川町果樹試験場のカンキツ園周縁部に廃棄場所を設定し、カンキツ果実残渣を 2009 年 3～6 月は 1 週間に 2 回以上、農業用収穫コンテナ（58 リットル）1 杯/回以上を廃棄し、2009 年 7～9 月は全く廃棄しなかった。その間、赤外線センサーカメラ（Game Spy I40, Moultrie 社製）を廃棄残渣中央部から約 5m に設置した。カメラはセンサーで動物を感知している間、1 分間隔で動画（明間 30 秒、暗間 5 秒）と静止画を撮影し続けるよう設定した。映像の解析にあたっては、イノシシは体表に縞模様が確認できるものを幼獣（この時期の幼獣は体表に縞模様がみられウリ坊とも呼ばれる。離乳期までの約 3 ヶ月間を過ぎると体表の縞模様は消える）とし成獣と区別した。イノシシが出没し 20 分以内で撮影が継続している場合を 1 回の出没（イベント）と考え、その間に一度に最も多く写っていた頭数をその時の出没頭数とした。出没時刻は 1 回のイベント映像群のうち、最初にイノシシが撮影された映像に記録された時間を用いた。カンキツ果実の有無についてはモノクローム映像となる暗間撮影でも判定できるように原型を保った果実の有無で区別した。

また、2009 年 10 月から 2012 年 3 月までイノシシによるカンキツ果実残渣の摂食を防ぐ方法を検討するための試験を行なった。上記果樹試験場廃棄場所にワイヤーメッシュ（サイズ 1000×2000 mm, φ 5 mm, 100 mmメッシュ）と単管パイプ（φ 48.6 mm）で 5×5m, 高さ 2m（果実残渣投入口は高さ 1m）の簡易な囲いを作り、以降その中にカンキツ果実が常に有るようにカンキツ果実残渣を投入し、赤外線センサーカメラの撮影映像や目視での囲い周囲のイノシシによる痕跡の観察により、出没したイノシシの行動および囲い内への侵入の有無を調査した。

試験 2：カンキツ未成熟果実のイノシシ摂食状況

ウンシュウミカンで最も早く成熟する極早生ウンシュウの摘果果実を用いて、カンキツ果実の成熟度合いによるイノシシ摂食状況を調査した。イノシシの出没が多い果樹試験場カンキツ園周縁部に、2009 年 7 月 9 日、7 月 17 日、8 月 11 日、8 月 17 日の 4 回、極早生ウンシュウ（日南 1 号：収穫期 9 月下旬～10 月上旬）の摘果直後の果実約 10 リットルを設置し、赤外線センサーカメラ（Game Spy I40, Moultrie 社製）でイノシシの摂食を観察した（第 5 図：カラーページ）。なお、果実設置時に前回の供試果実はすべて除去した。

試験 3：カキ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの摂食状況

県北部の那賀地域から伊都地域にかけてはカキ栽培と干し柿の生産が盛んであり、干し柿生産時に発生する剥皮等のカキ果実残渣を集落や農地周辺に廃棄するケースがみられる。ここでは廃棄されたカキ果実残渣がイノシシのエサとなっている状況を明らかにするため、主要産地であるかつらぎ町の人工林内に廃棄されたカキ果実残渣（主に渋柿の剥皮）（第 6 図：カラーページ）に囲まれたヒノキ立木に、2011 年 11 月 6 日～2012 年 1 月 30 日にかけて赤外線センサーカメラ（Game Spy I45, Moultrie 社製）を設置した。カメラはセンサーで動物を感知している間、1 分間隔で動画（明間 30 秒、暗間 10 秒）と静止画を撮影し続けるよう設定した。撮影された映像の解析は、動画と静止画を 1 セットとし、撮影の

べ頭数は1セットの動画もしくは静止画で明らかにイノシシと判別できる個体数の多い方をカウントした。出没時刻はイノシシが撮影された映像に記録された時間を用いた。

試験4：ウメ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの摂食状況

県南部の日高地域から西牟婁地域にかけてウメ栽培が盛んであり、梅干しやジュース等を製造する際に発生する果実残渣を農地周辺へ廃棄するケースがみられる。ここでは廃棄されたウメ果実残渣がイノシシのエサとなっている状況を明らかにするため、主要産地であるみなべ町の農地周辺の廃棄場所（第7図：カラーページ）に2012年7月24日～8月10日にかけて赤外線センサーカメラ（Moultrie M-100）を設置し、撮影された映像による解析を行なった。カメラはセンサーで動物を感知している間、15秒間隔で動画（明間30秒，暗間10秒）と静止画を撮影し続けるよう設定した。撮影された映像は、試験2と同じ手法で解析した。

試験5：放置竹林におけるイノシシのタケノコ摂食状況と竹林枯殺による利用状況の変化

かつてタケ類は食料や資材として利用するため集落や農地周辺に植栽されたが、現在では利用されなくなり放置され荒廃した竹林が目立っている。有田地域のカンキツ園周辺にも果実用収穫カゴ等を作る資材とするため植栽したと思われる放置竹林が点在している。こうした放置竹林のタケノコがイノシシのエサとなっている状況を把握するため、有田川町の放置竹林A（ハチク：約600㎡）内で毎年イノシシによる激しい掘り起こしが発生する緩傾斜が写るように、2010年3月～2011年9月にかけて赤外線センサーカメラ（Game Spy I45，Moultrie Feeder社製）を打ち込んだ鉄管に設置し、イノシシが撮影された静止画像枚数をカウントした。

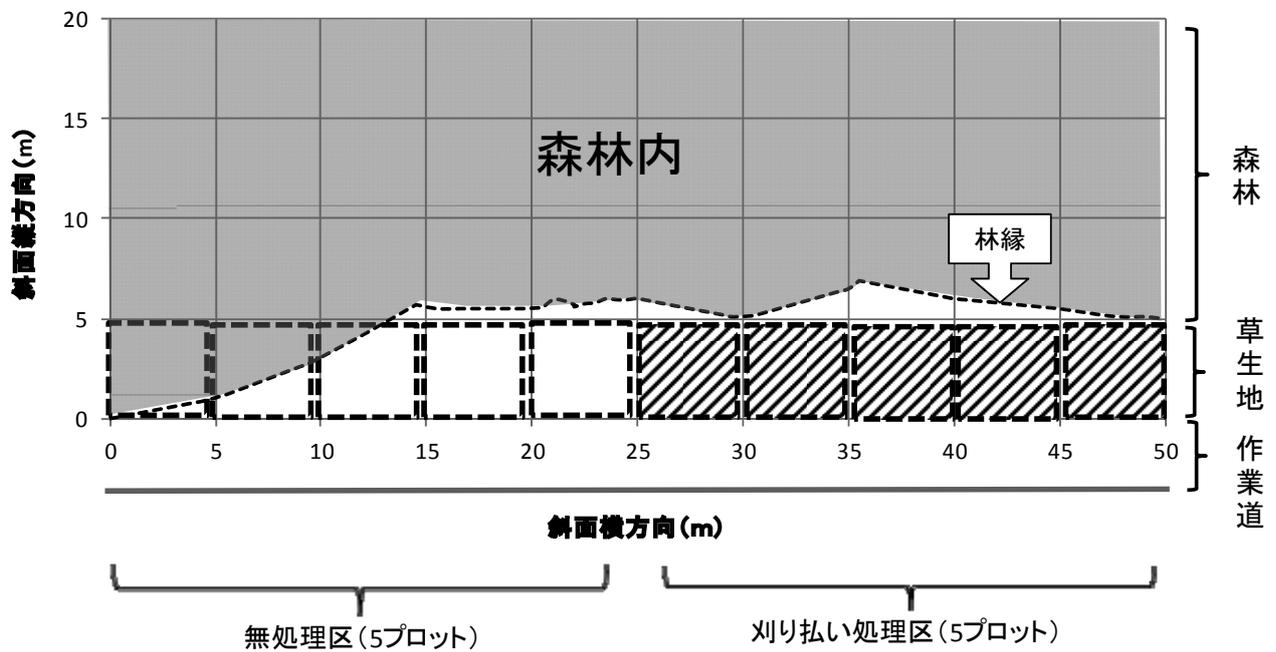
また、エサ場となっている放置竹林の枯殺がイノシシの行動に与える影響を明らかにするため、イノシシが掘り起こしたと思われる多数の穴が確認された放置竹林B（ハチク：約400㎡）全体を除草剤で枯殺処理し、イノシシによる掘り起こし数を調査した。約200m離れた放置竹林Aを無処理区とし、処理区内、無処理区内にそれぞれ6プロット（5×5m）を設定した。枯殺処理は、2009年7月2日放置竹林Bの全竹稈に対し、ドリルで開けた穴から注射器で除草剤（グリホサートカリウム塩液剤）を注入し穴をガムテープで塞いだ。調査は2010年5月27～28日にかけて行ない、処理区、無処理区プロット内のイノシシによるものと考えられる掘り起こし穴数をカウントした。なお、放置竹林A、Bともに斜度が35°を超える傾斜地に位置し、下部は果樹園および作業道、他は落葉広葉樹林に隣接している。

試験6：有田地域のカンキツ園でイノシシが根茎を食べる植物種と、カンキツ園周囲斜面のイノシシの掘り起こし状況および植生の刈り払いがイノシシの掘り起こし行動に及ぼす影響

イノシシは植物の根茎や小動物を食べるために盛んに地面を掘り起こす。これらによって果樹園では、苗木の引き抜き、石垣や水路の破壊、マルチシートの引きはがし、ケーブルや灌水チューブの引きちぎりなど様々な被害が発生する（第8図：カラーページ）。ここではどのような植物の根茎が食べられているかを把握するため、2009～2012年にかけて有田地域のカンキツ園および斜面においてイノシシが掘り起こした跡を調査し、食べ残したと考えられる根茎を採取して種名を判定した。また根茎から判定できないものは根茎をプランターに植栽し発芽してきた地上部の形態から種名を判定した。

また、イノシシを農地に侵入させないためには、防護柵の設置と同時に周囲の植生の刈り払いが重要といわれている。ここでは果樹園周囲斜面の植生の刈り払いがイノシシの行動に与える影響を明らかにするため、果樹試験場果樹園に接する南北にのびる東向き斜面において、イノシシによる掘り起こしの状況と藪化した植生の刈り払いがイノシシの掘り起こし行動に及ぼす影響について調査した（第9図）。

まず森林も含めた斜面の掘り起こし状況を把握するため、斜面の縦方向 20m×横方向 50m (700 m²) を調査地とし、林縁 (草生地と森林上層木林冠との境界線) 位置を計測した。刈り払い処理前の 2009 年 7 月 14 日に水系を用いて外周および内側を 5m のメッシュに区切り、イノシシによると考えられる全ての掘り起こした穴の中心位置を測量ポール (2m) により 10cm 単位で計測した。計測終了後はイノシシの行動の妨げにならないよう水系は取り除いた。次に刈り払い試験のため、斜面北側を刈り払い処理区 (平均斜度 38.0°), 南側を無処理区 (同 35.7°) とし、それぞれ 5 プロット (5×5m) 設定した。植生の刈り払いは 2009 年 8 月 21 日, 2010 年 7 月 2 日, 2011 年 4 月 8 日, 2011 年 7 月 5 日にチップソー刈り払い機を用いて実施し、処理区の斜面上方プロット外も森林内まで見通せるよう林冠を形成する上層木を除いて刈り払った (第 10 図: カラーページ)。調査は 2009 年 7 月 14 日, 2010 年 9 月 10 日, 2011 年 11 月 4 日にプロット内の掘り起こし数をカウントした。なお、本調査で斜面縦方向の距離は全て斜距離である。



第 9 図 果樹試験場調査斜面の概況図

結 果

試験 1：カンキツ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの摂食状況とその対策

廃棄場所で撮影された獣類のべ 9,593 頭のうちイノシシが全体の 93% (サル 6%, タヌキ 1%未満) を占め、出没したイノシシはカンキツ果実残渣を盛んに摂食しているのが確認された (第 11 図)。イノシシ幼獣 (ウリ坊) が 4 月末から出没し始め、5~6 月はこのべ出没頭数の約 40% を占めていた (第 12 図)。その時期には、イノシシの母親が果実残渣を食べながらもしくは寝ころんで授乳している様子が度々確認された。イノシシの撮影頭数と出没回数とともにカンキツ果実の廃棄が続いた 3~6 月に多く、廃棄が無くなった 7 月以降に減少したものの 3 日に 1 回以上の間隔で出没が確認された (第 13 図)。イノシシは廃棄された果実が無い場合、泥濘状になった廃棄場所の土を鼻でかき混ぜながら、カンキツ果実残渣

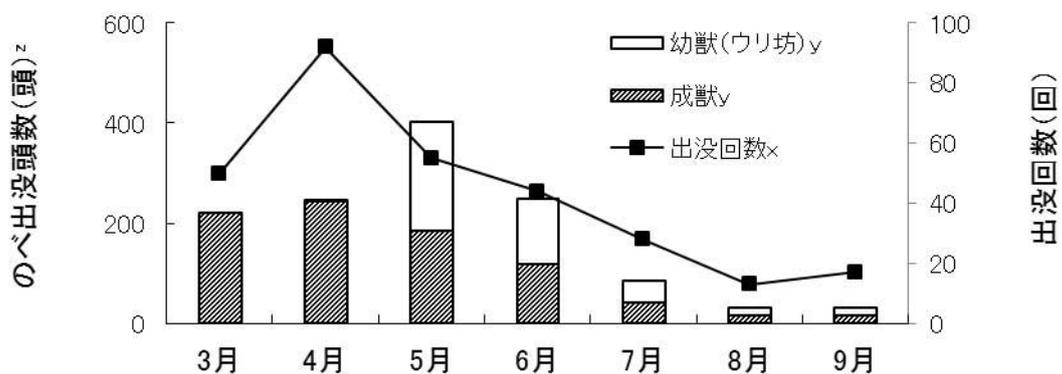
もしくは発生した小動物を探すような行動が確認された。イノシシの廃棄場所における滞在時間を、月別および果実の有無別にみると、3月は果実の有無に関わらずほぼ同じであったが、4月以降果実が有ると長くなり、果実が無いと短くなった（第13図）。イノシシの出没は夜間に多く、18～21時台が全体の70%を占めた（第14図）。またイノシシが他獣種と同時に撮影されたのは1件のみであった。

また、カンキツ果実残渣の摂食を防ぐ囲い付近に出没したイノシシは、囲いからはみ出た果実を食べていたが、2009～2011年度までの調査では囲い内部への侵入は一度も確認されなかった（第15図：カラーページ）。



第11図 廃棄されたカンキツ果実残渣に群がるイノシシ

注) 2009年5月13日21時10分 果樹試験場



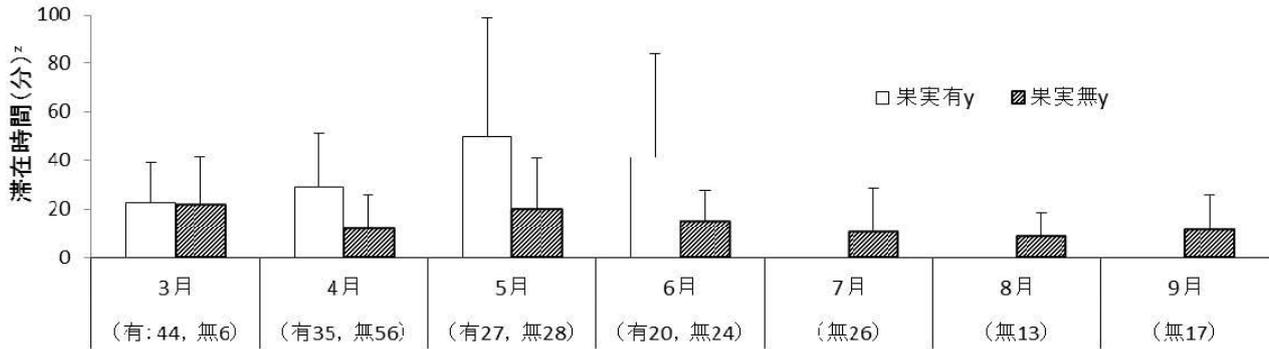
第12図 カンキツ果実残渣廃棄場所におけるイノシシのべ出没时间数と出没时间数の推移

注) 調査期間：2009年3～9月（3～6月果実残渣廃棄有り，7～9月は廃棄無し）

z: 撮影のべ頭数は出没时间（イベント）で撮影された最大頭数をカウント

y: 体表の縞模様の有無で成獣と幼獣を区別

x: 出没时间数は21分以上の撮影間隔で新たな出没时间（イベント）としカウント



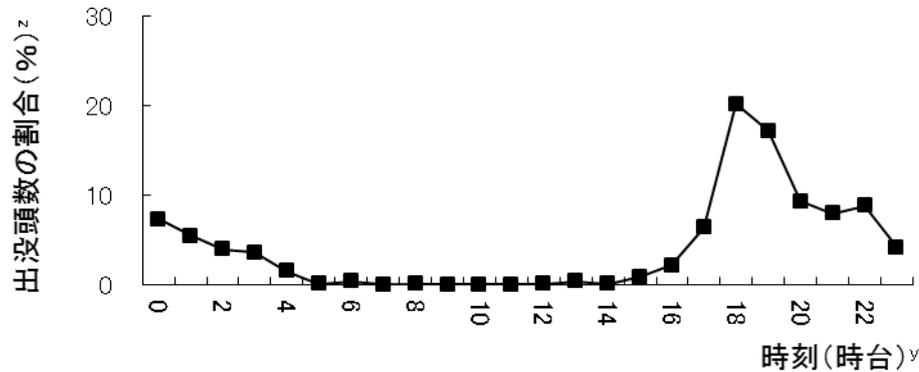
第13図 カンキツ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの1回あたり滞在時間の推移

注) エラーバーは標準偏差, 各月括弧内は果実有無別の出沒 (イベント) 回数を示す

調査期間: 2009年3~9月 (3~6月果実残渣廃棄有, 7~9月は廃棄無)

z: 21分以上の撮影間隔で新たな出沒 (イベント) とし滞在時間を算出

y: 果実の有無は原型を保った果実の有無で区別



第14図 カンキツ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの時刻別出沒頭数の割合

注) 調査期間: 2009年3~9月

z: 出沒頭数の割合 = 時刻別のべ出沒頭数 ÷ のべ出沒頭数

y: 出沒 (イベント) で最初にイノシシが撮影された時間を出沒時刻とした

試験2: カンキツ未成熟果実のイノシシ摂食状況

極早生ウンシュウ (日南1号: 収穫期9月下旬~10月上旬) の7月9日~8月17日における摘果果実を供試したところ, いずれの設置回もイノシシは僅かに食べたものの積極的に食べ続けることはなく, 設置した摘果果実のほとんどが残存し続けた (第16図: カラーページ).

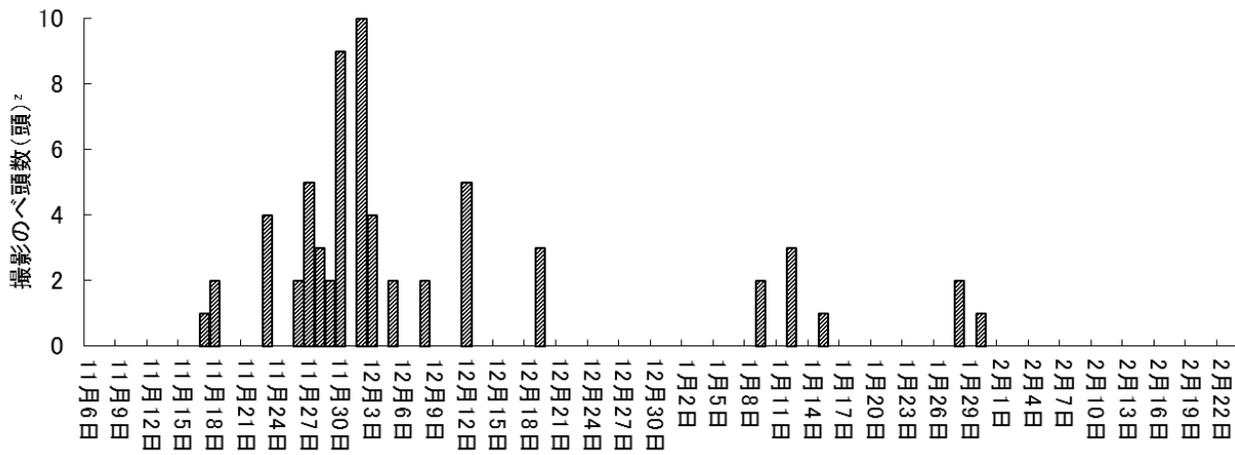
試験3: カキ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの摂食状況

廃棄場所にイノシシが出沒し, カキ果実残渣を摂食しているのが確認された (第17図). イノシシは11月17日から1月30日まで撮影され, のべ頭数は11月下旬から12月上旬にピークがみられた (第18図). イノシシの撮影は日没後からみられ, 撮影のべ頭数は午前0時台にピークがみられた (第19図). なお, イノシシの他はアライグマが12月15日に1頭撮影されたのみであった.



第17図 廃棄されたカキ果実残渣に群がるイノシシ

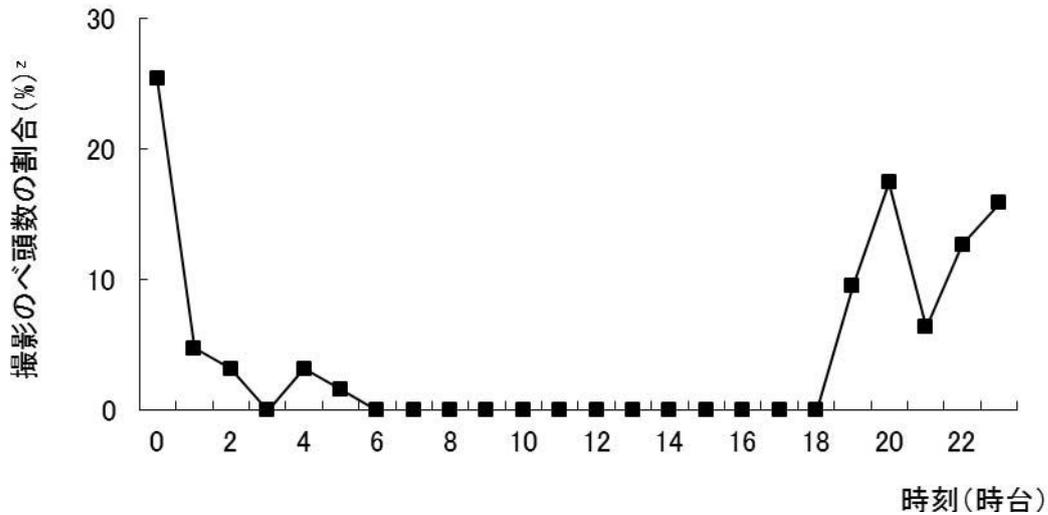
注) 2011年11月30日23時53分 かつらぎ町



第18図 カキ果実残渣廃棄場所でのイノシシ撮影状況

注) 調査期間：2011年11月6日～2012年1月30日

z:1セットの動画と静止画のうち個体数の多い方の頭数を合計した



第19図 カキ果実残渣廃棄場所でのイノシシ撮影のべ頭数の時刻別割合

注) 調査期間：2011年11月6日～2012年1月30日

z: 撮影のべ頭数の割合 = 時刻別撮影のべ頭数 ÷ 撮影のべ頭数

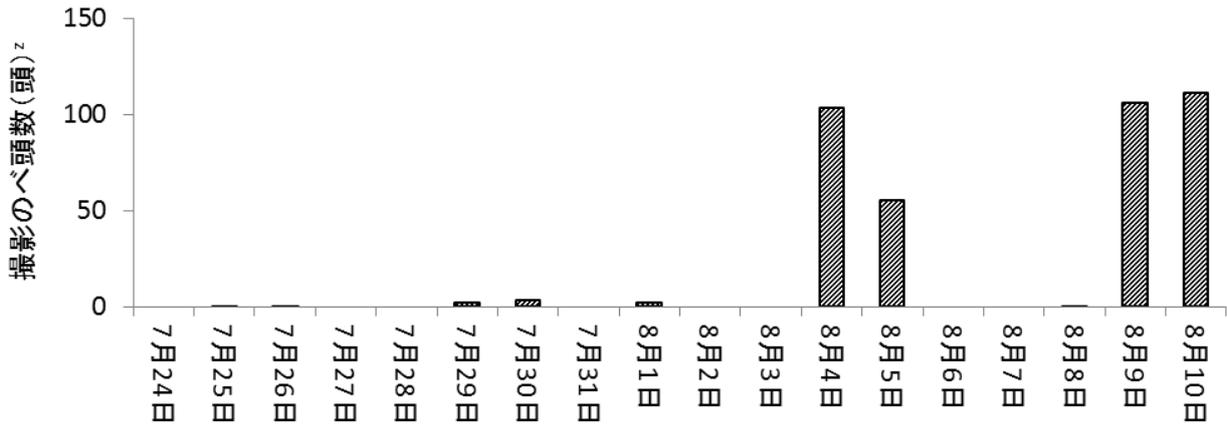
試験4：ウメ果実残渣廃棄場所におけるイノシシの出没状況

イノシシは廃棄場所に、赤外線センサーカメラ設置翌日の7月25日から終了する8月10日まで出没し、ウメ果実残渣を摂食しているのが確認された(第20図, 第21図)。イノシシの出没は日没後からみられ、午前1時台にピークがみられた(第22図)。他にカラスとタヌキが出没し摂食するケースも多くみられた。



第20図 廃棄されたウメ果実残渣を食べるイノシシ

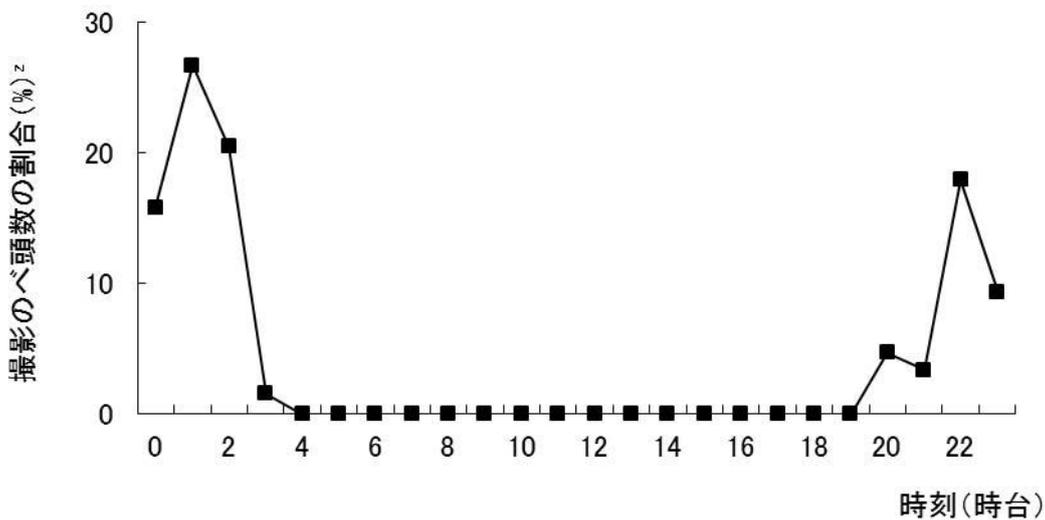
注) 2012年8月10日0時50分 みなべ町



第21図 ウメ果実残渣廃棄場所でのイノシシ撮影状況

注) 調査期間：2012年7月24日～8月10日

z:1セットの動画と静止画のうち個体数の多い方の合計



第22図 ウメ果実残渣廃棄場所でのイノシシ撮影のべ頭数の時刻別割合

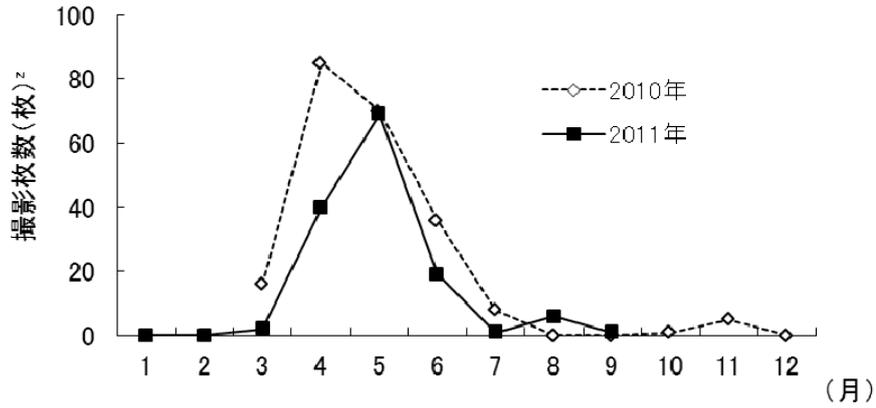
注) 調査期間：2012年7月24日～8月10日

z:撮影のべ頭数の割合=時刻別撮影のべ頭数÷撮影のべ頭数

試験5：放置竹林におけるイノシシのタケノコ摂食状況と竹林枯殺による利用状況の変化

放置竹林内におけるイノシシの撮影枚数は4～6月に多くなった(第23図)。撮影されたイノシシは鼻で土を掘り起こしており(第24図)、掘り起こした穴の中やその周辺にタケノコの皮や食べ残しが散乱していた。また竹林内にはイノシシの新鮮な糞が多くみられた。

放置竹林Bは、除草剤の施用から約11ヶ月経過した2010年5月に処理区も含めた全竹稈が枯死していた。根茎はイノシシに切断された微細な部分が極僅かに生き残っていたものの、新たなタケノコの発生は認められなかった。枯殺処理区のイノシシによる掘り起こし箇所数は、無処理区と比較して有意に少なかった(第25図)。



第23図 放置竹林におけるイノシシの月別撮影状況

注) 調査期間：2010年3月～2011年9月

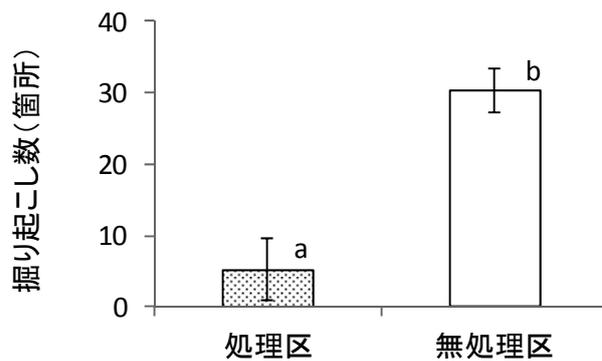
z: 赤外線センサーカメラにイノシシが写っている静止画枚数を月別にカウント



第24図 土中のタケノコを食害するイノシシ

注) 2010年5月2日19時57分 有田川町

矢印はタケノコの位置を示す



第25図 枯殺処理区および無処理区のイノシシ掘り起こし箇所数

注) 処理区と無処理区は近隣の別放置竹林で、それぞれ調査プロット5×5mを6区設定

枯殺処理：2009年7月2日に処理区のある竹林全竹稈に除草剤を注入

調査日：2010年5月27～28日

エラーバーは標準偏差を示す

異なるアルファベット間に有意差が認められる (t-test, $P < 0.01$)

試験6：有田地域のカンキツ園でイノシシが根茎を食べる植物種と、カンキツ園周囲斜面のイノシシの掘り起こし状況および植生の刈り払いがイノシシの掘り起こし行動に及ぼす影響

有田地域では夏期に掘り起こしが多発し、カンキツ園および周辺においてイタドリ、カラムシ、クズ、ドクダミ、ヒナタノイノコズチ、ヒルガオ、ムラサキカタバミ、ヤマノイモ、ワラビ（50音順）の根茎を食べていることが確認された（第26図：カラーページ）。これらは主に地下茎で増えるタイプの雑草で、根絶の難しいものが多い（沼田ら1975）。

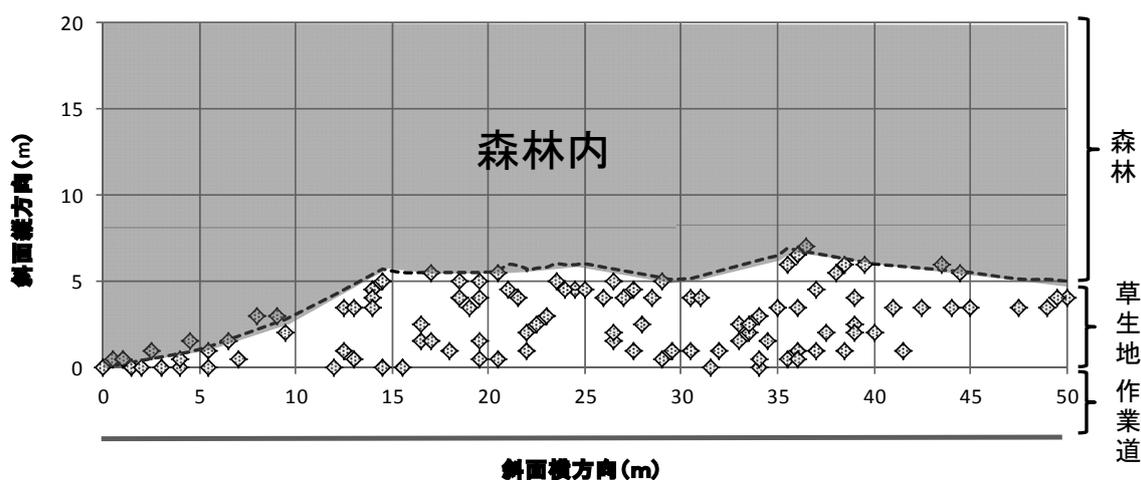
調査斜面の植生は有田地域で一般的にみられるものばかりであった（表1）。イノシシの掘り起こしは斜面の草生地全体に分布していた（第27図）。斜面縦方向5m以上の草生地がある調査地斜面横方向15～50m（35m）のイノシシの掘り起こし位置を斜面縦方向に林縁からの距離を計測すると、イノシシの掘り起こしは林縁付近に多い傾向がみられ、林縁から1m以上の森林内部に掘り起こしは全くみられなかった（第28図）

刈り払い試験について、開始1年後の2010年、2年後の2011年ともに、刈り払い処理による掘り起こし数の有意な差はみられなかったが、処理区の掘り起こし最大数は2010年で4カ所、2011年で2カ所に留まった（第29図）。刈り払い処理を実施すると1年後に処理区と無処理区ともに掘り起こし数は減少し、処理を継続した2年後さらに減少する傾向がみられた。

第1表 調査斜面でみられた主な植生

	草生地	森林内
上層木	アカメガシワ、カラスザンショウ、クサギ、ヌルデ、ハゼノキ (樹高2~4m)	アカマツ、アカメガシワ、コナラ、ネジキ、ハゼノキ、ヤマザクラ、リョウブ (樹高6~12m)
下層植生	イタドリ、エノキ、シダ類(ウラジロ、コンダ、ワラビ)、ススキ、セイタカアワダチソウ、ツツジ類、ナガバモミジイチゴ、ニセアカシア、ヒサカキ、ヨモギ、他	シダ類(ウラジロ、コンダ)、ツツジ類、ヒサカキ、他
ツル植物	サルトリイバラ、ノブドウ、フユイチゴ、ヘクソカズラ、ミツバアケビ、ヤマノイモ、他	フジ、ミツバアケビ

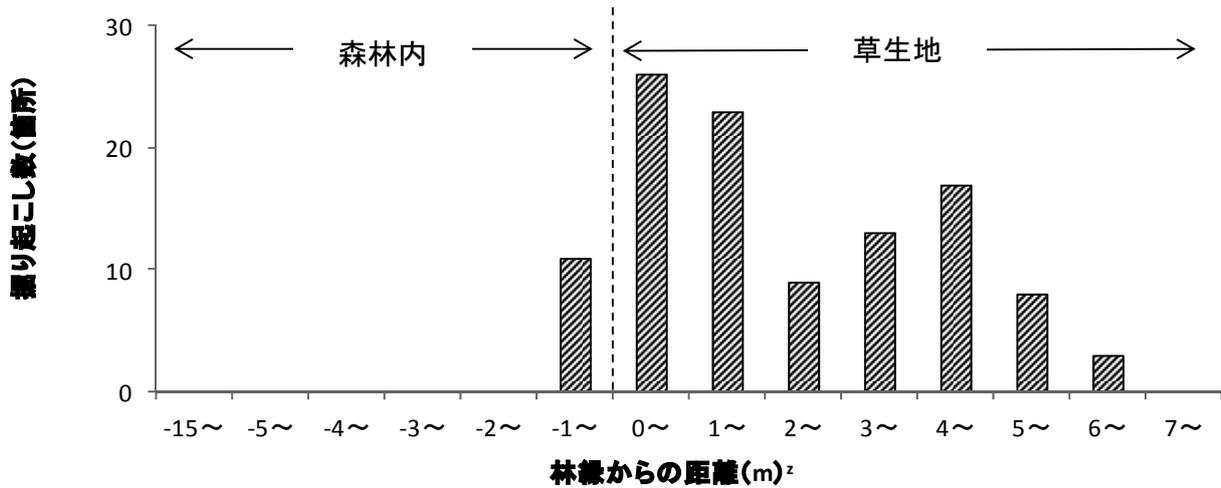
注) 並びは50音順



第27図 果樹園周囲斜面におけるイノシシ掘り起こし位置

注) 調査日：2009年7月14日 果樹試験場

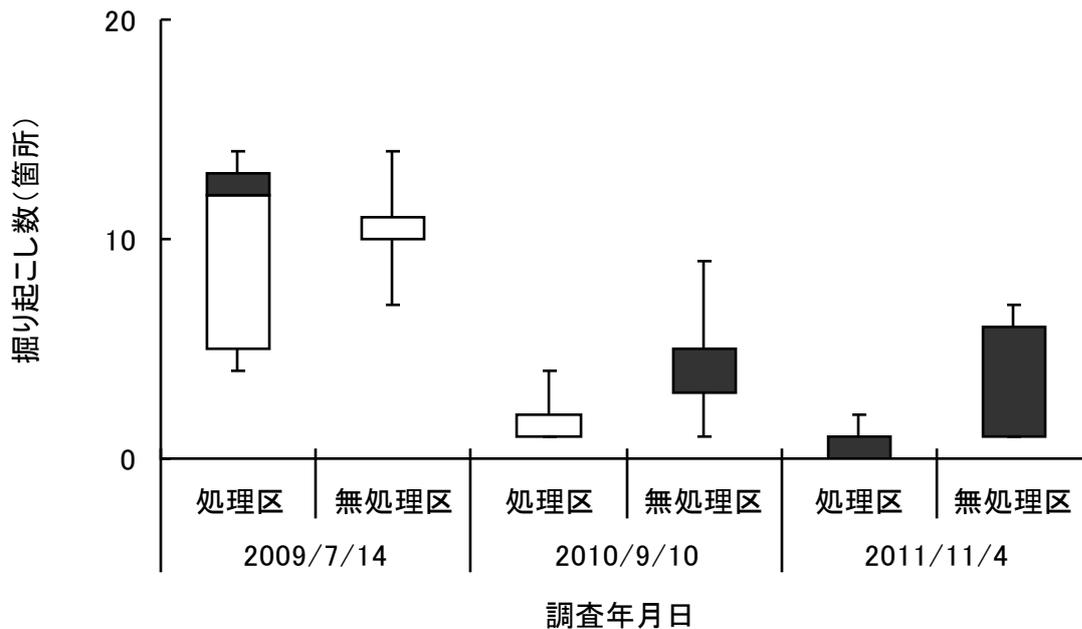
点線は林縁（森林と草生地との境界線）を示す



第28図 果樹園周囲斜面における林縁からの距離別のイノシシ掘り起こし数

注) 調査地 斜面縦20m×横35m (草生地が斜面縦方向に5m以上ある斜面横方向15~50m)

z: 林縁(森林と草生地との境界線)からの距離がー(マイナス)は森林内であることを示す



第29図 果樹園周囲斜面の植生刈り払い処理がイノシシ掘り起こし数に及ぼす影響

注) エラーバーは最大値と最小値を示す

箱(長方形)の上端は第3四分位数(75%), 下端は第1四分位数(25%), 箱内の横線は中央値を示す

(箱の塗りつぶした部分は第3四分位数から中央値, 箱の白抜き部分は中央値から第1四分位数)

刈り払い処理は2009年8月21日, 2010年7月2日, 2011年4月8日, 2011年7月5日に実施

考 察

イノシシによる農作物被害対策を進めるうえで重要となる, 有田地域におけるイノシシの摂食行動パ

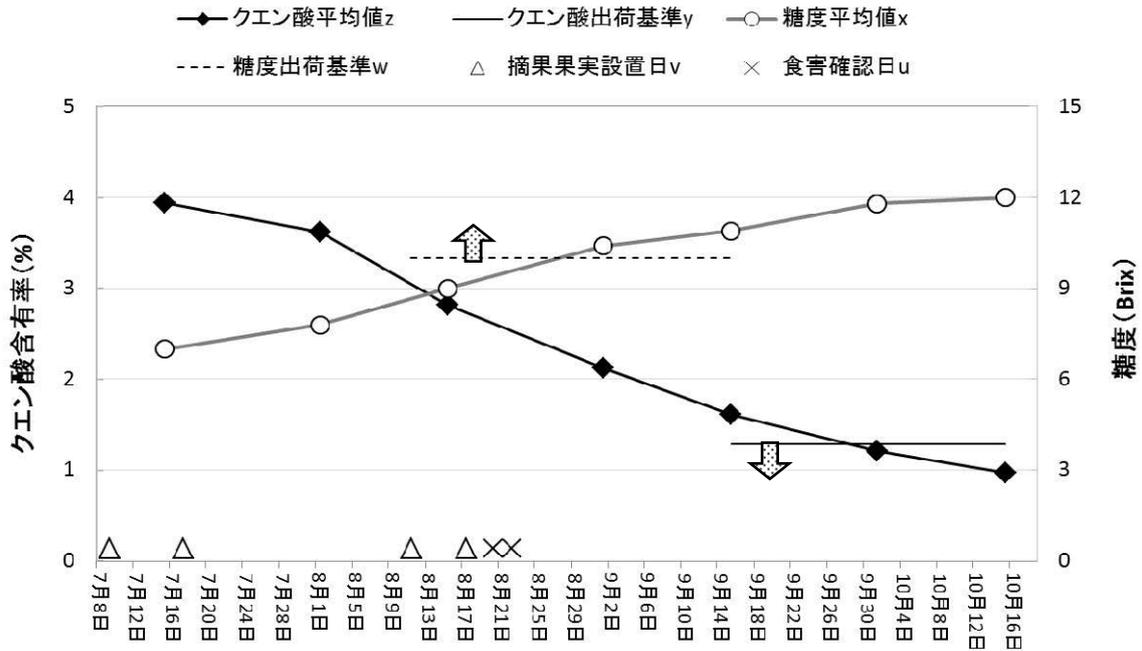
ターンについて検討した。夏秋期から翌春期においては、有田地域に大量かつ長期に渡り存在しているカンキツ果実の成熟とイノシシの摂食の関係について、果樹試験場における果実調査データと摘果果実の摂食調査および被害発生時期から考察した。2009年7月9日～8月17日に摘果された極早生ウンシュウ果実はイノシシが試し食したと考えられる僅かな摂食のみであったのに対し、果樹試験場では毎年8月下旬からカンキツ園の極早生ウンシュウ果実にイノシシによる食害が発生し始め（第30図：カラーページ）、2010年は8月20日、2011年は8月22日に食害が確認された。果樹試験場における2004～2013年の極早生ウンシュウ果汁の糖度（Brix）とクエン酸含有率の平均値の推移をみると、イノシシが摘果果実を摂食しなかった8月17日に近い8月15日で糖度9.0度、クエン酸含有率2.82%、イノシシによる食害が発生し始めた2010年8月20日と2011年8月22日を8月15日と9月1日の中間と考えると糖度10.0度、クエン酸含有率2.48%であった（第31図）。イノシシはある程度成熟したカンキツ果実を選択的に摂食すると考えられ、極早生ウンシュウでは収穫の約1ヶ月前に食害された。

さらにイノシシが摂食できるまで成熟したカンキツ果実（可食カンキツ果実）賦存量の推移を、JAありだ選果場（AQ中央選果場、AQ総合選果場、AQマル南選果場）における2010年度カンキツ果実取り扱い量から推計した。カンキツ果実は収穫の約1ヶ月前からイノシシの食害を受け始めるとし、月別のカンキツ果実取り扱い量（第32図）を1ヶ月前にずらしたものを可食カンキツ果実量としたところ、有田地域において、イノシシ可食カンキツ果実は、4～5月は微量、6～7月は皆無、8月は微量、9～3月は一定量以上みられ、生産量の多い早生ウンシュウの熟す11月にピークを迎えその後減少すると考えられた。

また春期は、タケノコを主に採食する島根県の事例（小寺2011）と同様に、和歌山県でも4～6月は放置竹林にイノシシが集まっているのが確認された。また春期から夏期にかけてはビワや山林にヤマモモの果実が多くみられる。さらに10～11月はコナラなどイノシシの好む堅果類の落下も多い（林業試験場中森私信）。

これらのことから有田地域では、カンキツ果実と堅果類の多い10～11月に最もエサが豊富にあり、7～8月頃にイノシシのエサが最も少なくなると推測され、エサの乏しい夏期は養分を貯蔵する植物の根茎を食べていると考えられた。なお、イノシシは牧草等植物の地上部も食べていることが明らかにされており（上田ら2008、井上2008）、今後、本県果樹栽培の一手法である草生栽培がイノシシの行動に及ぼす影響も調査する必要がある。

有田地域におけるイノシシによるカンキツ果実の食害発生時期をみると、エサが豊富にある10～11月には目立たず、エサの最も少ない8月下旬に熟してくる極早生ウンシュウ、早生ウンシュウミカンの収穫の終わった1月以降に熟すカンキツ類に集中的な被害が発生しやすい傾向がみられた。その結果、7～8月に成熟し収穫期を迎える果樹等農作物においては、特に適切な食害対策の実施が求められる。



第 31 図 果樹試験場における極早生ウンシュウ果汁中の糖度 (Brix) とクエン酸含有率の推移とイノシシによる果実の摂食について

注) z:極早生ウンシュウ果汁中のクエン酸含有率の推移 (2004~2013 年の平均)

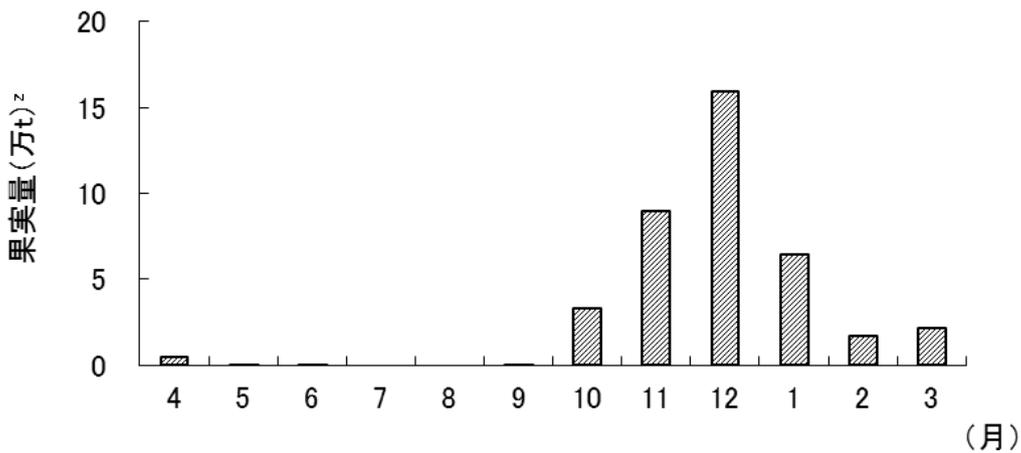
y:クエン酸含有率の JA ありだ一般品出荷基準: 1.29%

x:極早生ウンシュウ果汁中の糖度 (Brix) の推移 (2004~2013 年の平均)

w:糖度 (Brix) の JA ありだ一般品出荷基準: 10.0

v:試験 2 における摘果果実設置日 (いずれも僅かに食べたのみ)

u:果樹試験場における極早生ウンシュウ果実の最初のイノシシ食害確認日 (2010 年 8 月 20 日, 2011 年 8 月 22 日)



第 32 図 2010 年度 JA ありだ選果場の月別カンキツ果実取り扱い量

注) z:JA ありだ AQ 中央選果場, AQ 総合選果場, AQ マル南選果場のカンキツ果実取り扱い量の合計

カンキツ果実: 極早生みかん・早生みかん・普通みかん・味一みかん・完熟みかん (AQ 中央選果場のみ)

八朔・ネーブル・甘夏・伊予柑・三宝柑・清見・不知火・その他晩柑類

(名称は JA ありだ出荷区分)

次に樹上のカンキツ果実以外にイノシシのエサになりうる廃棄果実残渣等について調査した。和歌山県の果樹栽培地域では、カンキツ果実残渣に加えて、カキ果実残渣、ウメ果実残渣なども、イノシシの重要なエサになっていることが明らかになった。井上（2008）が指摘しているように稲刈り後の二番穂なども含め、人間が無意識のうちに作り出したイノシシの増殖に繋がるエサはそれぞれの地域ごとに大量に存在している。こうしたエサは、人間が知らないうちにイノシシを餌付けし、個体数を増やし、獣害という目に見えるかたちで農地や集落に影響を及ぼしている（江口 2003）。そのため、対策としてワイヤーメッシュと単管パイプで作成した簡易な柵でカンキツ果実残渣廃棄場所を囲うことで柵内へのイノシシの侵入を長期間防ぐことができたことから、農作物残渣の処分方法として有効と考えられた。

カンキツの「あら摘果」と「仕上げ摘果」で摘果される果実は、樹上にカンキツ果実があるため基本的にイノシシのエサにならないと考えられる。問題はカンキツ果実の成熟が進んだ収穫直前に実施される「樹上選果」による摘果で、10月以降に気温が低くなってから摘果された果実は地面に落ちた状態でも腐りにくく、樹上の果実が収穫された後も残存し続けるため注意が必要である。2012年度は11月に発生した雹被害により傷ついた果実が「樹上選果」により大量に摘果されたが、地面に落ちた状態で数ヶ月以上の長期間に渡りイノシシが利用できるエサになっていた。突発的な気象害等やむを得ない場合を除き、イノシシ等獣類による被害を受けやすい山際での樹上選果は果実が熟す前のなるべく早い時期に行うことが望ましい。

放置竹林対策としては、竹林を除去することでイノシシの4～6月のエサを減らせることが分かった。竹林は春期にイノシシを誘引するため、農地に近い竹林はより対策の効果が期待できると考えられた。竹林の放置と拡大は和歌山県でも大きな問題となっており、イノシシ対策の観点からも早めの対策が望まれる。

また、果樹園周囲の草生斜面では掘り起こしが多くみられ、土中にはイノシシがエサとして利用できるものが森林内と比較して多く存在していると考えられた。草生斜面における植生の刈り払い試験では、処理区の刈り払いにより隣接する無処理区も含めた試験地全体のイノシシの掘り起こしが減少した。すなわち果樹園周囲の草生斜面の刈り払いはイノシシのエサ探索を妨げる効果があるとともに、イノシシが果樹園に接近するのを防ぐ効果もあると考えられ、江口（2003）の指摘と合致する有効なイノシシ対策であると考えられた。

今回、各種調査開始当初はカメラ作動にイノシシが驚き逃走する様子が度々撮影されたが、カメラ設置から約10日後には馴れが生じカメラが作動しても逃げることなく食べ続けた。カンキツ果実残渣廃棄場所ではイノシシの滞在時間が果実の有る場合に長くなり、無い場合に短くなったのは、馴れと学習によって変化したと考えられた。また果実が無くても出没し続けたことから、エサ場としてこの廃棄場所に執着していることが示唆された。イノシシの廃棄場所への出没が夜間に多いのは、上田ら（2004）が果樹園および放棄果樹園で実施した調査結果と同様に、付近のカンキツ園で作業を行う人の影響によるものと考えられた。しかし、カンキツ果実残渣調査では現地作業の際、イノシシと考えられる鼻息が徐々に近い藪から聞こえるようになり、最終的には我々調査者の前に姿をみせるようになった。長期に渡る調査により餌付けと人馴れが進んだためと考えられ、イノシシの環境の変化に対する敏感さと馴れにともなう大胆さ、高い学習能力、また農作物残渣等エサの提供が人身事故に繋がる危険性を垣間見ることができた。

和歌山県ではイノシシ保護管理計画を2007年2月に策定し、現在第3期（2012～2017年度）で、遊休農地の刈り払い等農地等に寄せ付けない環境整備、農地を電気柵等で防護、狩猟及び有害鳥獣捕獲による駆除といった3つの対策を総合的に推進していくとしているものの、和歌山県内の被害発生地域

では防護柵の設置と駆除が主たる対策となっている場合が多いことを武山ら（2008）が指摘している。これらに対し、被害集落や農家に負担を継続的に強いる環境整備についてはあまり実施されてこなかった（木下ら 2007）。しかし、イノシシも含めた獣害対策に環境整備は重要であると対策マニュアル等には必ず記載され（農林水産省 2006, 環境省 2010 など）、和歌山県の果樹栽培地域でもテレメトリ調査により廃果樹園（耕作放棄地）がイノシシの主な潜み場所となっていた（法眼ら 2012）事などから、その必要性が明らかになりつつある。その一環として、本調査で明らかになった農作物残渣や放置竹林のタケノコなどイノシシの増殖に繋がっているエサの問題を解決しなければ、根本的な問題解決には至らないことが危惧される。腐敗果実など農作物残渣を農地周辺へ捨てるような長年行われてきた習慣を即時に止めることは難しい。しかし、それらを野生動物のエサとさせないために共同の果実残渣捨て場を設置している地域や集落、個人で捨て場を設置している農家も県内各所に少なからず存在する。今後、このような取り組みの普及啓発を進めることにより、農作物残渣の廃棄を少しでも減らしていくことは可能である。また、今回提示した事例以外にも多くのものがイノシシなど野生動物のエサとなっていると思われるため、こうした調査を継続しながら環境整備の重要性を啓発していかなくてはならない。

摘 要

和歌山県有田地域におけるイノシシ摂食行動パターンについて検討を行った。有田地域を中心に果樹園およびその周辺でイノシシのエサとなっているものを明らかにするとともに、それらをイノシシに食べさせない対策例を示した。

1. 有田地域でイノシシによるカンキツ果実の食害が多発する時期は、地域のエサが少なくなる 8 月および 1 月以降であると考えられた。
2. カンキツ果実残渣を廃棄すると主にイノシシのエサになっていたが、ワイヤーメッシュの簡易な柵で囲うことによりイノシシの摂食を防ぐことができた。
3. カキ果実残渣（主に干し柿生産で発生するカキ皮）及びウメ果実残渣がイノシシのエサになっていた。
4. 放置竹林のタケノコがカンキツ果実の少ない 4～6 月にイノシシのエサとなっていた。竹林を枯殺処理しタケノコを発生させないことで春期のイノシシのエサを減らすことができた。
5. 有田地域においてイノシシは栄養を蓄える草本類の根茎をエサの少ない夏期に掘り起こして食べていた。果樹園周囲の草生斜面を刈り払うことでイノシシの掘り起こし数が減少したため、刈り払いはイノシシのエサ探索と果樹園への接近を妨げる効果があると考えられた。

引用文献

- 江口祐輔. 2002. 鳥獣害対策の手引. イノシシ. P. 30-56. 江口祐輔・三浦慎悟・藤岡正博編著. 社団法人日本植物防疫協会. 東京.
- 江口祐輔. 2003. イノシシから田畑を守る. P. 25-28. 77-80. 農山漁村文化協会. 東京.
- 井上雅央. 2008. これならできる獣害対策. P. 51-54. 農山漁村文化協会. 東京.
- 法眼利幸・山本浩之・森口幸宣. 2012. 和歌山県のカンキツ園周辺におけるイノシシの移動に関する考察. 日本哺乳類学会 2012 年度大会プログラム・講演要旨: 155.
- 環境省. 2010. 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン (イノシシ編).

- 木下大輔・九鬼康彰・武山絵美・星野敏. 2007. 和歌山県における獣害対策の実態と農家および非農家の意識. 農村計画学会誌. 26巻 : 323-328.
- 沼田真・奥田重俊・桑原義晴・浅野貞夫・岩瀬徹. 1975. 沼田真・吉沢長人編著. 新版日本原色雑草図鑑. 全国農村教育協会. 東京.
- 農林水産省生産局. 2006. 野生鳥獣被害防止マニュアル. 生態と被害防止対策 (基礎編).
- 小寺祐二. 2011. イノシシを獲る. P. 37-39. 76-79. 農山漁村文化協会. 東京.
- 武山絵美・九鬼康彰. 2008. 獣害対策選択行動の違いに見る獣害対策の背景と課題. 農業農村工学会論文集 257(76・5) : 435-441.
- 上田弘則・姜兆文. 2004. 山梨県におけるイノシシの果樹園・放棄果樹園の利用. 哺乳類科学. 44 : 25-23.
- 上田弘則・高橋佳孝・井上雅央. 2008. 冬期の寒地型牧草地はイノシシの餌場となる. 日本草地学会誌 54(3) : 244-248.
- 和歌山県. 2012. 第3期 和歌山県イノシシ保護管理計画. 和歌山.

¹⁵N 利用による窒素の施肥時期とウメの吸収特性

岡室美絵子・佐原重広^{1, 2}・横谷道雄^{1, 3}・嶋田勝友^{1, 4}・鯨 幸和⁵

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Characteristics of Nitrogen Absorption by Application Time on Japanese Apricot Tree Using ¹⁵N

Mieko Okamuro, Shigehiro Sahara, Michio Yokotani, Katsutomo Shimada and Yukikazu Kujira

Japanese Apricot Laboratory, Fruit tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒言

2000年までの和歌山県におけるウメ‘南高’の施肥時期は、10月下旬～11月下旬、4月中旬、5月中旬および6月下旬～7月下旬の年4回の分施を指針としていた（和歌山県農林水産部，1989）。これは主に農家の慣行や経験をもとに定められていたため、ウメの肥料吸収利用特性に合ったものであるか確認するため1998年から2000年にかけて当時の和歌山県農林水産総合技術センター暖地園芸センターで重窒素を用いたウメの窒素吸収特性試験が行われた。この試験では、‘南高’を用いて6月の果実収穫前および後に施肥した窒素の吸収移行の違い、5月、6月および8月施用窒素の吸収移行の違い、10月施用窒素の吸収特性および9月施用窒素の吸収と3か月後の利用率を明らかにしている。これらの試験により‘南高’における望ましい施肥時期やそれぞれの時期の施肥の目的が明確になり、ウメの施肥時期の指針は修正された。

このように、上記の一連の試験はウメの窒素吸収特性を解明する重要なデータであるが、一部が報告されている（和歌山県うめ対策研究会，2000）のみである。

近年、肥料価格高騰やウメ販売価格の低迷により肥料代が経営を圧迫しており、ウメの生育過程に合わせたより効率的な施肥技術の確立が緊急の課題となっている。重窒素を用いた試験は落葉果樹では数少なく、ウメの肥料吸収特性を知る上で非常に貴重な知見であると思われる。そこで、今後ウメの肥料試験を検討するにあたり参考になる事項が多いと考えられるため、可能な範囲でデータを取りまとめたので報告する。

材料および方法

試験1 収穫前後施用時期試験

1998年に和歌山県暖地園芸センターほ場（黄色土）に植栽された13年生‘南高’3樹を用い、青果収穫後施用区、完熟果収穫前施用区および完熟果収穫後施用区の3つの試験区に1樹ずつ供試した。

¹：和歌山県農林水産総合技術センター暖地園芸センター

²現在：日高振興局地域振興部農業振興課

³現在：有田振興局地域振興部企画産業課

⁴現在：海草振興局地域振興部農業振興課

⁵：果樹試験場

夏肥として ^{15}N 含有の硝酸アンモニウム ($^{15}\text{N} : 3.0\text{atom}\%$) を用い、1 樹あたり窒素成分で 180g 相当量を水に溶かして供試樹の樹冠下に施用した。処理日は青果収穫後施用区および完熟果収穫前施用区が 6 月 4 日、完熟果収穫後施用区が 6 月 25 日であった。青果収穫後施用区は 6 月 1 日に樹上の果実を収穫し、完熟果収穫前施用区および完熟果収穫後施用区は 6 月 5 日～6 月 25 日に完熟落果した果実を収穫した。収量は青果収穫後施用区は 78.0kg、完熟果収穫前施用区は 112.5kg、完熟果収穫後施用区は 69.6kg であった。供試樹の樹容積は、1998 年 5 月 27 日において青果収穫後施用区は 44.4m^3 、完熟果収穫前施用区は 41.6m^3 、完熟果収穫後施用区は 29.7m^3 であった。

各試験区の ^{15}N 標識硝酸アンモニウム施用日（以下 0 日後）、施用 14 日後、28 日後、56 日後と、いずれの試験区も 9 月 11 日および 11 月 17 日に、中果枝（長さ 10～20cm の新梢、以下新梢）、中果枝着生葉（以下葉）、細根（直径 2mm 未満）、果実を採取した。ただし果実は 0 日後および完熟果収穫前施用区のみ 14 日後に採取し、1999 年 6 月 11 日にも翌年の果実を採取した。11 月 17 日の葉は落葉したものを採取した。葉は葉身と葉柄に分け、果実は果肉と核に分けて分析に供した。試料を 80°C で通風乾燥後、粉末状に粉碎した。粉末試料中の全窒素含有率はセミマイクロケルダール法で分析し、 $^{15}\text{N atom}\%$ （全 N 原子のうち ^{15}N 原子が占める割合）を発光分光法（日本分光 N-150）で測定した。ただし 0 日後の試料は全窒素含有率のみを分析した。

なお、試料中の $^{15}\text{N atom}\%\text{excess}$ (A) および ^{15}N 寄与率を以下により算出した。

- ・ $A = ^{15}\text{N atom}\% - ^{15}\text{N 天然存在率} (0.366\%)$
- ・ $^{15}\text{N 寄与率} (\%) = \text{施肥窒素の吸収量} (B) / \text{試料中の全窒素量} \times 100$
 $= A / \text{肥料の } ^{15}\text{N atom}\% \times 100$
 $B = \text{試料中の全窒素量} \times A / \text{肥料の } ^{15}\text{N atom}\%$

試験 2 追肥施用時期試験

1999 年に和歌山県那賀郡打田町（現在の紀の川市）の平坦地にある水田転換園（灰色低地土）に植栽された 7 年生‘南高’3 樹を用いて行った。試験区は 5 月施用区、6 月施用区、8 月施用区とし、各試験区に 1 樹ずつ供試した。追肥として ^{15}N 含有の硝酸アンモニウム ($^{15}\text{N} : 5.0\text{atom}\%$) を用い、1 樹あたり窒素成分で 120g 相当量を供試樹の樹冠下に施用した。処理日は 5 月施用区が 5 月 7 日、6 月施用区が 6 月 7 日、8 月施用区が 8 月 6 日であった。5 月施用区および 6 月施用区は ^{15}N 標識硝酸アンモニウムを水に溶かして施用し、8 月施用区は現物で施用し土壌と混和した。いずれの区も施用後 30 日間透湿性シートマルチで降雨遮断した。5 月施用区および 6 月施用区は降雨遮断中、適宜かん水を行った。

各試験区の ^{15}N 標識硝酸アンモニウム施用日から 30 日後、60 日後、90 日後および 2000 年 6 月 8 日（以下 1 年後）に、試験 1 と同様に中果枝（新梢）、葉、細根および果実を採取した。ただし果実は 5 月施用区の 30 日後と 6 月 22 日の収穫日（5 月施用区は 39 日後、6 月施用区は 15 日後に相当）に採取し、1 年後には全ての区で果実を採取した。果実は青果を収穫した。12 月 21 日に落葉した葉を採取した。葉は葉身と葉柄に分けず、果実は果肉を分析に供した。試料を試験 1 と同じ方法で分析し、全窒素含有率、 $^{15}\text{N atom}\%\text{excess}$ および ^{15}N 寄与率をもとめた。

試験 3 9 月施用試験

和歌山県田辺市秋津川の新規造成園（岩屑土）に植栽された 9 年生‘南高’1 樹を用いて、1999 年 9 月 10 日に ^{15}N 含有の硝酸アンモニウム ($^{15}\text{N} : 5.0\text{atom}\%$) を窒素成分で 120g 相当量水に溶かして供

試樹の樹冠下に施用した。その後 30 日間透水性シートで部分マルチ（75%被覆）した。

施用日の 30 日後、60 日後および 90 日後（解体調査時）に新梢、葉および根を採取した。新梢は 4~6cm, 10~20cm, 30~50cm, 50~100cm の枝長別に採取し、それぞれの長さの枝に着生している葉も採取した。落ち葉は 11 月 7 日に採取した（一部摘葉あり）。根は細根（直径 2mm 未満）と小根（直径 2~5mm）に分けて採取した。試料は試験 1 と同じ方法で分析し、全窒素含有率、¹⁵N atom%excess および ¹⁵N 寄与率をもとめた。

同年 12 月 6 日に樹体を解体し、器官別の乾物重、全窒素含有率、¹⁵N atom%excess および ¹⁵N 寄与率を試験 1 と同じ方法でもとめた。器官は、新梢を枝長により 2cm 未満、2~10cm, 10~30cm, 30~50cm, 50~100cm および 100cm 以上の 6 区分に分け、2 年生枝から 4 年生枝までは年枝ごとに分け、5 年生以上枝と幹に区分けした。葉は 11 月 7 日に落葉した葉と樹上に残った葉を合わせて採取した。根は直径 0.2cm 未満、0.2~0.5cm, 0.5~1cm, 1~2cm, 2~3cm および 3cm 以上の 6 区分に分けた。器官別の乾物重、全窒素含有率および ¹⁵N atom%excess から各器官の ¹⁵N 吸収量を算出し、樹体全体における ¹⁵N 吸収率および各器官への分配率をもとめた。

試験 4 10 月施用試験

和歌山県暖地園芸センターほ場（黄色土）に植栽された 16 年生‘南高’1 樹を用いて、2000 年 10 月 4 日に ¹⁵N 含有の硝酸アンモニウム（¹⁵N: 3.0atom%）を窒素成分で 120g 相当量水に溶かして供試樹の樹冠下に施用した。その後 30 日間透水性シートで降雨遮断し、適宜かん水した。

11 月 2 日（1 か月後）、12 月 13 日（落葉期）、2001 年 3 月 2 日（満開期）、6 月 8 日（収穫期）に長さ別新梢（4~6cm, 10~20cm, 30~50cm および 50~100cm）とその着生葉、2~4 年生枝、根を細根（直径 2mm 未満）と小根（直径 2~5mm）に分けて採取した。ただし、落葉期は落葉した葉を採取し、採取日に存在しない器官は採取しなかった。4 年生枝は落葉期および収穫期のみ採取した。満開期には 10~20cm 長の枝から花を採取し、収穫期に果実を採取した。果実は果肉と核に分けて分析に供した。試料を試験 1 と同じ方法で分析し、全窒素含有率、¹⁵N atom%excess および ¹⁵N 寄与率をもとめた。

結果

試験 1 収穫前後施用時期試験

器官別の全窒素含有率および ¹⁵N atom%excess を第 1 表に、¹⁵N 寄与率を第 2 表に示した。全窒素含有率について、葉は 0 日後が最も高く、新梢および細根は 11 月にかけて高くなる傾向を示し、試験区による違いは見られなかった。¹⁵N atom%excess および ¹⁵N 寄与率は同じ動向を示すため ¹⁵N 寄与率について述べると、いずれの器官も 56 日後から 11 月にかけて最も高い値となった。施用 14 日後にはすべての器官で完熟果収穫後施用区が他の試験区より高かったが、施用 56 日後にはすべての器官で完熟果収穫前施用区が最も高くなり、9 月 11 日には葉身および細根で完熟果収穫前施用区が最も高く、葉柄および新梢で完熟果収穫後施用区が最も高かった。9 月および 11 月の細根における ¹⁵N 寄与率は、完熟果収穫後施用区が 9 月 22.83%、11 月 16.15%と、6 月 4 日に施用した両試験区に比べて低かった。翌年の果実における ¹⁵N 寄与率は、果肉については完熟果収穫前施用区が 16.08%と最も高く、核については完熟果収穫後施用区が 17.03%と最も高かったが、差は小さかった。

第1表 収穫前後施用による器官別窒素含有率および¹⁵Natom%excessの推移(1998年)

試験区	器官	窒素含有率(%)						¹⁵ N atom%excess					
		0日後	14日後	28日後	56日後	9/11 ^z	11/17 ^z	14日後	28日後	56日後	9/11 ^z	11/17 ^z	1999/6/11 ^z
青果収穫 後施用 (6月4日)	葉身	3.38 ^y	2.95	2.89	2.99	2.70	2.67 ^x	0.153	0.173	0.219	0.253	0.216	-
	葉柄	1.18	1.16	1.03	1.00	0.95	-	0.093	0.236	0.314	0.281	-	-
	新梢	1.98	2.02	2.01	2.16	2.66	2.70	0.146	0.284	0.377	0.397	0.384	-
	細根	2.36	1.45	1.63	1.60	1.59	1.90	0.305	0.194	0.890	0.812	0.703	-
	果肉	1.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.469
	核	2.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.486
完熟果 収穫前施用 (6月4日)	葉身	3.95	3.54	3.05	3.20	2.85	2.78	0.116	0.266	0.254	0.291	0.206	-
	葉柄	1.19	1.22	1.06	0.99	0.98	-	0.152	0.303	0.355	0.322	-	-
	新梢	1.80	2.04	2.04	2.00	2.48	2.84	0.179	0.390	0.456	0.428	0.455	-
	細根	1.66	1.99	1.53	1.67	1.58	2.02	0.148	0.506	1.142	0.925	0.636	-
	果肉	1.19	1.25	-	-	-	-	0.103	-	-	-	-	0.482
	核	3.22	3.32	-	-	-	-	0.073	-	-	-	-	0.488
完熟果 収穫後施用 (6月25日)	葉身	3.31	3.03	2.96	2.86	2.75	2.82	0.211	0.211	0.233	0.225	0.148	-
	葉柄	1.08	1.00	1.01	0.89	0.92	-	0.320	0.344	0.326	0.378	-	-
	新梢	1.94	1.90	2.13	2.22	2.56	2.75	0.296	0.380	0.394	0.472	0.393	-
	細根	1.89	1.75	1.81	2.17	1.82	2.01	0.427	0.547	0.436	0.685	0.484	-
	果肉	1.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.436
	核	3.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.511

z: 9/11は青果収穫後施用区および完熟果収穫前施用区(以下6/4施用区)で99日後, 完熟果収穫後施用区(以下6/25施用区)で78日後, 11/17は6/4施用区で166日後, 6/25施用区で145日後, 1999/6/11は6/4施用区で372日後, 6/25施用区で351日後

y: 各データとも反復なし

x: 11月17日の葉身は落葉の値

第2表 収穫前後施用による器官別¹⁵N寄与率の推移(1998年)

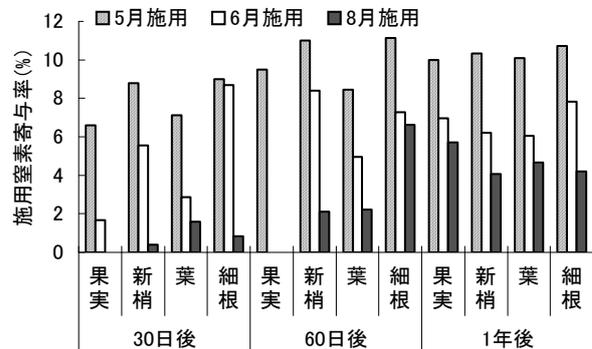
試験区	器官	¹⁵ N寄与率(%)					
		14日後	28日後	56日後	9/11 ^z	11/17 ^z	1999/6/11 ^z
青果収穫 後施用 (6月4日)	葉身	5.10	5.77	7.30	8.45	7.20 ^y	-
	葉柄	3.10	7.87	10.47	9.36	-	-
	新梢	4.87	9.47	12.57	13.23	12.80	-
	細根	10.17	6.47	29.67	27.07	23.45	-
	果肉	-	-	-	-	-	15.65
	核	-	-	-	-	-	16.21
完熟果 収穫前施用 (6月4日)	葉身	3.87	8.87	8.47	9.70	6.86	-
	葉柄	5.07	10.10	11.83	10.75	-	-
	新梢	5.97	13.00	15.20	14.26	15.16	-
	細根	4.93	16.87	38.07	30.84	21.20	-
	果肉	3.43	-	-	-	-	16.08
	核	2.43	-	-	-	-	16.26
完熟果 収穫後施用 (6月25日)	葉身	7.03	7.03	7.77	7.51	4.94	-
	葉柄	10.67	11.47	10.87	12.60	-	-
	新梢	9.87	12.67	13.13	15.74	13.11	-
	細根	14.23	18.23	14.53	22.83	16.15	-
	果肉	-	-	-	-	-	14.52
	核	-	-	-	-	-	17.03

z: 第1表と同じ

y: 11月17日の葉身は落葉の値

試験2 追肥施用時期試験

全窒素含有率は試験区による差が小さかった(第3表)。¹⁵N atom%excess および¹⁵N 寄与率は30日後, 60日後および1年後のいずれにおいても全ての器官で5月施用区, 6月施用区, 8月施用区の順に大きかった(第3表, 第1図)。果実の¹⁵N 寄与率は, 30日後で5月施用区6.6%, 6月施用区1.7%, 60日後で5月施用区9.5%, 1年後で5月施用区10.0%, 6月施用区6.7%, 8月施用区5.7%であった。



第1図 追肥の施用時期と器官別¹⁵N寄与率

第3表 追肥施用時期と器官別窒素含有率および¹⁵Natom%excessの推移

施用時期	器官	全窒素含有率(%)				¹⁵ Natom%excess			
		30日後	60日後	90日後	1年後 ^z	30日後	60日後	90日後	1年後
5月施用	果実 ^y	2.81	2.29	—	2.03	0.330	0.475	—	0.499
	新梢	1.85	2.01	—	1.60	0.439	0.550	—	0.516
	葉	3.53	3.16	—	3.49	0.356	0.423	—	0.505
	細根	2.14	2.50	—	1.65	0.450	0.557	—	0.536
	落葉 ^x	—	—	2.28	—	—	—	0.322	—
6月施用	果実	1.69	—	—	1.93	0.083	—	—	0.348
	新梢	2.03	2.10	2.41	1.56	0.278	0.420	0.479	0.311
	葉	3.20	3.01	2.66	3.51	0.143	0.248	0.256	0.303
	細根	1.99	2.22	2.28	1.43	0.435	0.364	0.809	0.391
	落葉	—	—	2.38	—	—	—	0.289	—
8月施用	果実	—	—	—	2.10	—	—	—	0.286
	新梢	2.62	2.84	2.99	1.55	0.019	0.105	0.279	0.204
	葉	2.94	2.87	3.05	3.27	0.080	0.111	0.306	0.234
	細根	1.72	2.02	2.08	1.72	0.042	0.331	0.397	0.210
	落葉	—	—	2.24	—	—	—	0.210	—

z:2000年6月8日調査

y:5月施用60日後と6月施用30日後の果実は収穫時(6月22日)の値

x:落葉は12月21日採取時の値

試験3 9月施用試験

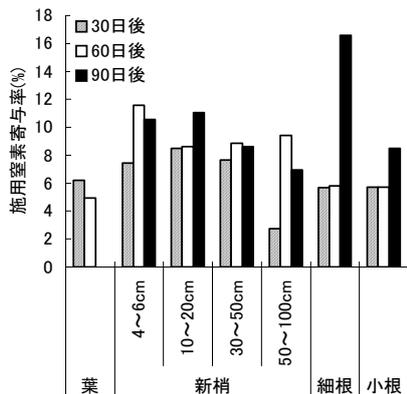
施肥90日後までの全窒素含有率は、葉については着生した枝の長さによる差は見られず、新梢については枝長が短いほど高かった(第4表)。¹⁵N atom%excessは、葉については50~100cmの枝に着生した葉が50cm未満の枝に着生した葉より低く、新梢についても50~100cmの枝は50cm未満の枝より低かった。新梢の¹⁵N atom%excessは30日後から60日後にかけて高まったが、10~20cm長の新梢は60日後から90日後にかけて高まった。細根および小根の¹⁵N atom%excessは60日後から90日後にかけて高まった。特に細根の¹⁵N atom%excessは90日後には60日後の2.9倍に高まった。¹⁵N 寄与率も¹⁵N atom%excessと同じく、10~20cm長の新梢、細根および小根は60日後から90日後にかけて高まり、4~6cmおよび50~100cmの新梢は30日後から60日後にかけて高まった(第2図)。90日後の細根の¹⁵N 寄与率は16.6%であった。

解体調査時の器官別乾物重は5~8年生枝が最も重く3.9kgで、次いで幹が2.75kgであった(第5表)。全窒素含有率は新梢においては枝長が長いほど低く、また枝の年生が大きいほど低かった。根は2~5mmの小根が最も高く、根が太くなるほど低かった。¹⁵N 寄与率は4.9~13.9%で、新梢においては枝長が長いほど低く、また枝の年生が大きいほど低かった。根は2mm未満の細根が最も高かった。¹⁵N 吸収量は5~8年枝、直径5mm~1cmの根の順に多く、樹体全体の吸収量は1.35gで

第4表 9月施肥後の器官別窒素含有率および¹⁵Natom%excessの推移

器官	枝長 (cm)	全窒素含有率(%)			¹⁵ Natom%excess		
		30日後	60日後	90日後	30日後	60日後	90日後
葉	4~6	2.51	—	—	0.343	—	—
	10~20	2.56	—	—	0.311	—	—
	30~50	2.52	—	—	0.363	—	—
	50~100	2.66	—	—	0.173	—	—
落葉 ^z	—	2.67	—	—	—	0.247	—
新梢	4~6	2.47	2.69	2.65	0.372	0.579	0.528
	10~20	2.21	2.28	2.17	0.424	0.431	0.552
	30~50	1.98	2.08	2.03	0.383	0.443	0.430
	50~100	1.72	2.08	1.62	0.138	0.471	0.348
細根	—	1.83	2.00	2.40	0.284	0.290	0.829
小根	—	2.31	2.22	2.67	0.286	0.286	0.424

z:落葉は11月7日採取時の値(一部摘葉あり)



第2図 9月施肥後の器官別¹⁵N寄与率
 注) 葉は10~20cmの新梢から採取
 葉の60日後は落葉した葉

第5表 解体調査時の器官別重量、9月施用窒素の器官別吸収量および分配率

器官	乾物重 (g)	全窒素含有率(%)	¹⁵ N 寄与率(%)	¹⁵ N 吸収量(mg)	分配率(%)	
新梢 ^z	~2cm	49	2.87	13.9	9.8	
	2~10cm	166	2.65	10.6	23.2	
	10~30cm	195	2.17	11.4	24.1	
	30~50cm	304	2.03	8.6	26.5	9.4
	50~100cm	599	1.62	7.0	33.8	
100cm~	215	1.45	6.8	10.5		
2年生枝	894	1.93	11.7	101.1	7.5	
3年生枝	883	1.85	10.2	83.3	6.2	
4年生枝	2,124	1.10	9.1	106.8	7.9	
5~8年生枝	3,916	1.02	9.8	195.3	14.5	
幹	2,750	0.72	7.2	71.1	5.3	
落葉 ^y	1,047	2.67	4.9	69.0	5.1	
根 ^x	~0.2cm	296	2.40	16.6	58.9	
	0.2~0.5cm	781	2.67	8.5	88.4	
	0.5~1.0cm	1,106	2.31	13.5	171.9	44.2
	1.0~2.0cm	890	1.78	12.3	97.1	
	2.0~3.0cm	1,509	1.72	9.8	127.2	
3.0cm~	1,457	0.83	8.8	53.2		
樹体全体	19,181	-	-	1,351		

z:長さ別
 y:落葉は11月7日採取
 x:太さ(直径)別

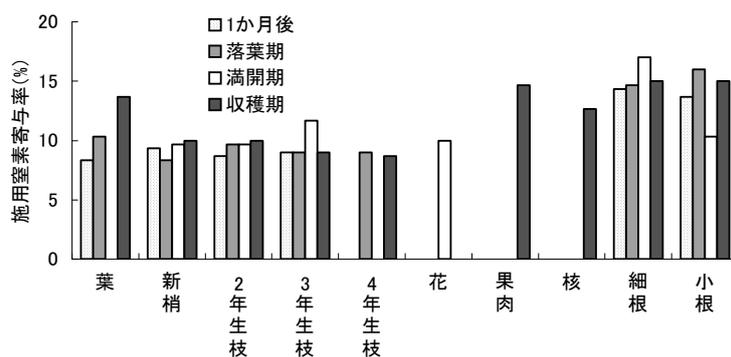
あった。吸収利用率は21.0%となった。分配率は根が44.2%、5~8年生枝が14.5%、新梢が9.4%、2~4年生枝が6.2~7.9%、幹が5.3%、落葉が5.1%であった。

試験4 10月施用試験

全窒素含有率について、葉は翌年の収穫期が、新梢は落葉期が、根は満開期が最も高かった(第6表)。¹⁵N atom%excessについては、葉は1か月後の11月には50~100cm長の枝に着生した葉が他の長さの枝に着生した葉より高く、翌年の収穫期には10~20cm長の枝に着生した葉が最も高かった。新梢および4年生までの枝については、枝長および年生による差は小さかった。¹⁵N 寄与率について、葉は翌年の収穫期が13.7%と最も高くなり、新梢および2年生枝も収穫期が最も高くなった(第3図)。花の¹⁵N 寄与率は10.0%、果肉は14.7%、核は12.7%であった。細根は満開期に17.0%と最も高くなり、小根は落葉期に16.0%と最も高くなった。

第6表 10月施肥後の器官別窒素含有率および¹⁵Natom%excessの推移

器官	枝長 (cm)	全窒素含有率(%)				¹⁵ Natom%excess			
		1か月後 (11/2)	落葉期 (12/13)	満開期 (3/2)	収穫期 (6/8)	1か月後 (11/2)	落葉期 (12/13)	満開期 (3/2)	収穫期 (6/8)
葉	4~6	2.23	-	-	3.15	0.26	-	-	0.33
	10~20	2.41	-	-	3.25	0.25	-	-	0.41
	30~50	2.43	-	-	2.73	0.23	-	-	0.29
	50~100	2.16	-	-	-	0.31	-	-	-
	落葉	-	1.17	-	-	-	0.31	-	-
新梢	4~6	2.34	2.32	1.71	1.58	0.24	0.24	0.34	0.34
	10~20	1.36	2.16	1.66	1.09	0.28	0.25	0.29	0.30
	30~50	1.15	1.16	1.10	0.95	0.24	0.28	0.28	0.28
	50~100	0.66	0.78	-	-	0.24	0.29	-	-
	2年生枝	0.37	0.99	1.17	0.66	0.26	0.29	0.29	0.30
3年生枝	0.37	0.71	0.90	0.35	0.27	0.27	0.35	0.27	
4年生枝	-	0.55	-	0.21	-	0.27	-	0.26	
花	-	-	2.23	-	-	-	0.30	-	
果実	果肉	-	-	-	1.18	-	-	-	0.44
	核	-	-	-	0.81	-	-	-	0.38
細根	1.49	1.88	2.16	1.90	0.43	0.44	0.51	0.45	
小根	1.96	1.77	2.56	2.30	0.41	0.48	0.31	0.45	

第3図 10月施肥後の器官別¹⁵N寄与率の推移

注) 1か月後は11月2日, 落葉期は12月13日, 満開期は2001年3月2日, 収穫期は2001年6月8日

考察

この試験が行われる以前の和歌山県でのウメの施肥時期は、10月下旬～11月下旬（元肥）、4月中旬（実肥）、5月中旬（追肥）、6月下旬～7月下旬（礼肥）であった（和歌山県農林水産部，1989）。しかし、これはウメの特性を十分に調査した上で策定されたものとはいえ、ウメの安定生産を図るにはウメの養分吸収特性を解明することにより合理的な施肥体系を確立する必要がある。そこで、ウメの各生育過程における施用窒素の吸収移行を把握するため、重窒素（¹⁵N）を用いた試験を行った。

礼肥は果実生産で消耗した樹勢を回復させ、花芽分化に備えるための肥料であると言われており（渡辺，1995）、「紅サシ」において4年間の累積収量は収穫後（7月上旬）の礼肥重点施用が優れると報告されている（高野，1985）ことから、重要な施肥である。和歌山県ではウメを青果の状態ですべて完熟落果する前に樹上収穫する「青果収穫」と、主に梅干しに加工するために完熟落果した果実を拾い集める「完熟果収穫」の2つの収穫形態が主体となっている。「南高」の青果収穫時期は6月上旬～中旬、完熟果収穫時期は6月中旬～7月下旬であることが多い。従来の礼肥は収穫後に施用するため完熟果収穫園では7月下旬以降になっていたが、この時期は梅雨明け後で施肥後の降水量が少ない年が多く吸収効率の面で疑問視されていた。そこで礼肥の効率的な施肥時期を探る目的で、試験1および試験2を行った。

試験1の結果、施用14日後には完熟果収穫後の6月下旬に施用した区の方が完熟果収穫前に施肥するより¹⁵N寄与率が高かったが、56日後には逆転した。特に細根において56日後以降11月まで¹⁵N寄与率が完熟果収穫後施用区より完熟果収穫前施用区の方が明らかに高い値となった。青果収穫後施用区と完熟果収穫前施用区の6月4日～6月18日の14日間より完熟果収穫後施用区の6月25日～7月9日の14日間の方が肥料の吸収がよかったのは、試験年の降雨条件によるもの、あるいは6月上旬より6月下旬の方が根の肥料吸収能が高いことなどが予想される。その後、完熟果収穫後施用区の¹⁵N寄与率が他より低く推移したのは、ウメの新根の伸長速度は6月が最も速くその後は徐々に低下する（岡室ら，2006）ことから、遅くなるほど根の肥料吸収能が低下したことと、8月は一般的に降雨日が少ないことから試験年もこの時期に乾燥したことなどが要因と推測された。ウメは開花結実期が早いため、果実の発育には前年度の主に根に蓄積した貯蔵養分を多く利用すること（渡辺，1995）、貯蔵養分は一般に果樹では収穫後から落葉期までに蓄積され（吉岡，2002）、ウメでは主に7～10月に蓄積される（大坪，1984）こと、貯蔵養分として炭水化物の他にタンパク

質などの窒素化合物も重要な役割を演じている（渡辺，1995）ことから，9月以降の細根に窒素が多く蓄積されることは重要である．従って，青果収穫後および完熟果収穫前にあたる6月上旬施用は完熟果収穫後の6月下旬施用より施肥効率がよいと考えられた．

次に試験2では，より期間を広げて5月上旬，6月上旬および8月上旬の施肥窒素の吸収移行を比較した．その結果， ^{15}N 寄与率は5月上旬，6月上旬，8月上旬の順に高いことが明らかとなった．特に8月施用は施用後30日間降雨遮断したこともあり30日後の ^{15}N 寄与率は著しく低く，降雨のある秋期にも回復は小さかった．ウメ農家の実態では礼肥が8月になることもあるが吸収効率が悪いので，降雨の見込まれる梅雨明け前に施用する方が吸収に優れると判断された．また，60日後までの ^{15}N 寄与率から，8月施用では吸収された窒素が地上部に多く利用されないことが確認された．礼肥の目的が果実生産で消耗した樹勢の回復であるとするので，地上部に窒素を分配させ，光合成能を高めることが重要である．その面からも礼肥の施肥時期は，完熟果収穫の場合は収穫前がよいと考えられた．また，収穫前に礼肥を施用する場合，果実への影響が懸念されるが，6月上旬施用では施用15日後の果実への ^{15}N 寄与率が1.7%と低く，果実への直接の影響はないと考えられた．ただし，施用窒素により枝や葉が繁茂し果実への日照が低下することで収穫時期に影響する可能性があり，これについては今後の検討が必要である．

5月上旬の施肥は実肥にあたる4月重点施用で新梢の伸長や幹周の肥大など樹体成長が旺盛になることが報告されており（高野，1985），5月施用窒素が新梢および葉に旺盛に吸収されたことから，実肥は樹体成長に多く利用されることが再確認された．しかし，5月施用窒素は細根にも多く利用されており，施肥後の根の伸長や吸収能にも影響を及ぼす可能性が示唆された．5月施用窒素の果実への ^{15}N 寄与率は9.5%と比較的高く，果実の生育には貯蔵窒素の他に春季に吸収した窒素も利用されていることが確認された．

福井県では花芽を充実させるとともに秋季の炭酸同化作用を促進させ，貯蔵養分を増大させるために9月上旬に花芽肥を，根が活動し始める2月頃から吸収するように11月上旬に元肥を施用することになっている（渡辺，1995）．和歌山県では花芽肥はなく，元肥を10月下旬～11月下旬に施用することが推奨されていた．この施肥時期は，ウメの根の伸長が12月から始まる（大坪，1984）ことから，根の活動が始まる頃に根圏に肥料養分を十分存在させることを目的に設定されていた．しかし，12月に施肥した窒素が透水性のよい砂壤土では翌年3月までに89～100%が流亡するという報告もあり（井上，1985），地温の低い冬季の根の吸収能は低く施肥窒素の吸収効率が悪いことが懸念されたため，福井県における花芽肥にあたる9月（試験3）および10月（試験4）の元肥施肥について検討した．

9月上旬に施用した窒素の寄与率は30日後から60日後にかけて主に新梢で高まり，60日後から90日後にかけては根で高まった．このことから，10月に吸収した窒素は地上部に多く利用されたが，11月に吸収した窒素は根に利用された，あるいは11月に入るとすでに吸収されていた窒素が根に多く転流されたと考えられた．9月施用試験では，施用3か月後にあたる12月上旬に解体調査を行い，それぞれの部位への分配率も明らかになった．その結果，地下部への分配率が44%と非常に高く，9月に施用した窒素の多くが3か月後には根に分配されることが明らかとなった．モモでも9月に施用した ^{15}N の濃度は2～3か月後では地下部が高かったこと（佐々木・佐藤，1987）が報告されており，今回の試験と同じ結果であった．ウメの根中の窒素含有率は6月が最も低く，その後徐々に高まること（岡室・土田，2009）や，ウメの貯蔵養分は7～10月に蓄積される（渡辺，1995）ことから，9月以降に吸収した窒素は12月までに主に根に分配され，貯蔵養分になると考えられた．

貯蔵された窒素が翌年の生育にどの程度利用されているかを確認するため、10月に施用した窒素の寄与率を翌年の満開期および収穫期まで調査した。その結果、花への寄与率は10%、果肉への寄与率は15%と、10月に施用した窒素が翌年の果実生産に比較的高い割合で利用されていることが確認された。また、収穫期の葉への寄与率は14%、新梢への寄与率10%と、翌年の樹体成長にも大きく関与していることが確認された。これらのことから、元肥の目的を9~10月に窒素を吸収させ、翌年の開花、結実に必要な養分を貯蔵養分として樹体に貯蔵させることとしても問題ないと考えられた。

10月上旬に施用した窒素の寄与率は、11月上旬にあたる1か月後から12月中旬にあたる落葉期にかけて大きな変化は見られなかったことから、11月から12月にかけての吸収は少なかったと判断された。ウメの根は12月から9月中旬まで伸長する（大坪，1984）といわれる。和歌山県では9月から1月にかけて徐々に伸長速度は低下するものの9月以降も伸長は確認されている（岡室ら，2006）が、地温の低下もあり11月以降の肥料成分の吸収は見込めないと考えられた。本試験は速効性の硝酸アンモニウムを施用したため10月上旬に施用するとすぐに吸収したが、有機配合肥料などの肥料を用いる場合は吸収までに施肥後1か月近く必要と考えた方がよい。また、秋季の降雨が見込まれる時期に施用する方が効率よく吸収される。従って、10月中に吸収させるためには遅くとも10月上旬までに施肥する必要があると考えられた。

また、9月施用試験では施用窒素の3か月間吸収利用率が21.0%であることが明らかとなった。ウメの肥料利用率についての報告は少ないが、モモにおいては9月上旬施肥で3か月後の施肥窒素吸収率は43.8%との報告がある（佐々木，1987）。また、果樹の施肥量を算出する際多く用いられる浅見（1952）の提唱では、窒素の利用率は50%とされている。これらの値に比べて今回の利用率は低いが、これは施肥後1ヶ月間降雨遮断したため十分な降雨を受けなかったためと考えられた。また、ウメ2年生~10年生の全体を通した窒素の利用率は褐色森林土で102%、岩屑土および黄色土で62%、灰色低地土で97%であったことを既報（岡室ら，2013）で報告しており、岩屑土は他の土壌に比べて利用率が低い。今回の試験は岩屑土で行ったため、より利用率が低くなったと考えられた。

なお、本試験では各時期、各部位の全窒素含有率も調査しているが、これまでの報告（渡辺，1987；渡辺，1990；佐原ら，2001）との違いはほとんど見られず、土壌タイプによらず同様となることが確認された。

この試験を受けて和歌山県におけるウメ‘南高’の施肥基準は、礼肥の時期が6月上旬~7月上旬に、基肥の時期が9月中旬~10月上旬に早まった（和歌山県農林水産部，2011）ことを追記しておく。

摘要

1. 完熟果収穫前（6月上旬）施肥は完熟果収穫後（6月下旬）施肥に比べて施肥2か月後~11月の細根での¹⁵N寄与率が高かった。
2. 5月上旬，6月上旬および8月上旬（30日間降雨遮断）に¹⁵Nを施用すると，¹⁵N寄与率は5月上旬>6月上旬>8月上旬の順に高かった。
3. 9月上旬に¹⁵Nを施用すると，3か月後には44%が根に分配され，樹体全体の窒素吸収利用率は21%であった。

4. 10月上旬に施用した窒素は根に多く分配され、翌年の葉、枝、花、果実および根での¹⁵N寄与率も高かった。
5. 以上の結果から、礼肥は完熟果収穫前の6月上旬～7月上旬施用が、元肥は9月上旬～10月上旬施用が肥料の吸収効率がよいと考えられた。

引用文献

- 浅見与七. 1952. 果樹栽培汎論. 土壤肥料編. P. 161-192. 養賢堂. 東京.
- 井上重雄. 1985. 果樹・種類別の施肥技術. モモ. P. 571-576. 農業技術体系. 土壤肥料編 6-2. 農文協. 東京.
- 岡室美絵子・土田靖久. 2009. ウメ‘南高’における着果量の違いが根中貯蔵養分含量に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報 10 : 19-26.
- 岡室美絵子・土田靖久・城村徳明・中西 慶. 2013. ウメ‘南高’樹の土壤タイプ別年間養分吸収量の推定. 和歌山農林水研報 1 : 85-101.
- 岡室美絵子・上門洋也・桑原あき・山田知史. 2006. ウメ‘南高’の新根の生長特性. 和歌山農林水技セ研報 7 : 73-79.
- 大坪孝之. 1984. ウメ. 基礎編. I ウメ樹の生育特性. P. 9-26. 農業技術体系. 果樹編 6. 農文協. 東京.
- 佐原重広・初山 守・菅井晴雄・横谷道雄. 2001. ウメ‘南高’の樹体養分に関する研究 (第1報) 器官別無機成分含有量と貯蔵養分の時期別変化. 和歌山農林水技セ研報 2 : 49-56.
- 佐々木生雄・佐藤雄夫. 1987. ¹⁵N 利用によるモモに対する窒素の施肥時期と吸収状況. 福島園試研報 8 : 17-23.
- 高野隆志. 1985. ウメの樹体成長と生産力に及ぼす窒素施肥時期の影響. 福井園試報. 4 : 1-16.
- 和歌山県農林水産部. 1989. 土壤肥料対策指針 (第7版). P. 35.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壤肥料対策指針 (改訂版). P. 76-80.
- 和歌山県うめ対策研究会. 2000. ウメ生育不良の原因解明と対策技術への提言. P. 91-98.
- 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. 1990. ウメ樹体各器官の無機成分の消長と栄養診断の指標. 福井園試報. 7 : 13-20.
- 渡辺 毅. 1995. ウメ. 基本技術編. I 施肥. P. 50-50 の 2. 農業技術体系. 果樹編 6. 農文協. 東京.
- 吉岡博人. 2002. 樹体生育と果実の発育・成熟. P. 205-207. 新編果樹園芸学. 化学工業日報社. 東京.

ウメ ‘南高’ における窒素施用量の違いが果実の熟度と機能性成分含量および梅酒品質に及ぼす影響

城村徳明・岡室美絵子・大江孝明

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effect of Nitrogen Application Rate on the Maturity and Content of Functional Components in Japanese Apricot ‘Nanko’ Fruit and Quality of its Processed Ume Liqueur

Noriaki Jomura, Mieko Okamuro and Takaaki Oe

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

緒言

和歌山県は全国一のウメの生産地であり，2012年の収穫量は55,000 t（農林水産統計）で，全国生産量の60%以上を占めている．本県でのウメの収穫方法は，市場出荷用もしくは梅酒などの加工用として6月上旬～中旬頃に樹上果実を収穫する青梅収穫と，梅干し加工用として6月中旬～7月下旬頃に完熟し落果した果実を収穫する2タイプが主体である．前者は収穫量の約20%を占めており，早期に収穫するほど有利に販売することができ，販売価格も高く農家所得が向上する．そこで，果実の熟度を早め早期に収穫できる栽培技術を確立する必要がある．一般に果樹において窒素が欠乏すると果実の熟度が早くなり，一方，過剰になると果実の熟度は遅くなるとされているものの（間苧谷ら，2002），ウメ果実に対する熟度の早晩は明らかでない．

そこで本報では，果実を早期に収穫できる肥培管理技術を確立する一環として，ウメ ‘南高’ における実肥窒素施用量の違いと元肥窒素無施用が果実熟度と樹体成長および土壌理化学性，加えて，果実機能性成分含量と梅酒品質に及ぼす影響について検討を行った．

材料および方法

試験1 窒素施用量の違いと果実熟度と樹体成長および土壌理化学性

2008年4月から，うめ研究所内緩傾斜地（褐色森林土）に植栽の ‘南高’ 7年生を供試して4年間試験を行った．試験区は，実肥の窒素無施用の「実肥なし区」（2008年は実肥標準窒素施用量の1/2）4樹，実肥の窒素を標準量施用した「実肥標準区」4樹，実肥の窒素施用量を2008年は2.5倍量，2009年から3.3倍量施用した「実肥多区」4樹，および，実肥の窒素施用量を標準量とし，元肥の窒素無施用の「元肥なし区」（2008年は元肥標準窒素施用量の1/2）5樹とした．各区実肥の窒素の施用時期と施用量は第1表のとおりで，窒素資材として硫酸アンモニウムを施用した．

2008年の実肥の窒素以外の成分は，カリ 132 g を硫酸加里，リン 63 g を熔リンで各区同量を4

～5月に3回分施した。礼肥は7月に有機配合肥料(10-6-7)を窒素成分で160g、元肥は10月に有機配合肥料(10-6-7)を窒素成分で126g施用した。ただし、元肥なし区は1/2量とした。2009年の実肥のカリとリンの施用量は2008年と同様とし、礼肥は6月に有機配合肥料(7-6-5)、元肥は9月に有機配合肥料(10-6-7)を窒素成分でそれぞれ160gずつ施用

第1表 実肥の窒素成分施用量(g/樹)

年	区	4月上旬	4月中旬	5月上旬	5月中旬	6月上旬	合計
2008	実肥なし	30	30	0	0	0	60
	実肥標準	30	30	30	30	0	120
	実肥多	60	60	60	60	60	300
	元肥なし	30	30	30	30	0	120
2009	実肥なし	0	0	0	0	0	0
	実肥標準	40	40	40	0	0	120
	実肥多	80	80	80	80	80	400
	元肥なし	40	40	40	0	0	120
2010	実肥なし	0	0	0	0	0	0
	実肥標準	60	60	60	0	0	180
	実肥多	120	120	120	120	120	600
	元肥なし	60	60	60	0	0	180
2011	実肥なし	0	0	0	0	0	0
	実肥標準	80	80	80	0	0	240
	実肥多	160	160	160	160	160	800
	元肥なし	80	80	80	0	0	240

した。元肥なし区は元肥の窒素を無施用とし、カリ126g、リン72g(前述同資材)を9～10月に3回分施した。2010年の実肥はカリ238g、リン101gとし4～5月に3回分施した。礼肥は6月に有機配合肥料(10-6-7)を窒素成分で240g、元肥は9月に有機配合肥料(7-4-7)を窒素成分で180g施用した。元肥なし区は元肥の窒素を無施用とし、カリ158g、リン101gを9～10月に3回分施した。2011年の実肥はカリ317g、リン134gとし4～5月に3回分施した。礼肥は7月に有機配合肥料(10-6-7)を窒素成分で320g、元肥は9月に有機配合肥料(7-4-7)を窒素成分で240g施用した。元肥なし区は元肥の窒素を無施用とし、カリ240g、リン137gを9～10月に2回分施した。

供試樹の樹冠外周部の土壌を2008年6月27日、2009年6月25日、2010年6月28日、2011年7月4日に採取し、常法により土壌理化学性を測定した。土壌は各区4～5か所採取し混和した。

供試樹1樹につき1側枝の節数を1月末に、不受精果落果後の初期着果数を3月下旬または4月上旬に、生理落果終了後の最終着果数を5月下旬に調査し、100節あたりの最終着果数と初期着果数に対する生理落果率を求めた。

果実の収穫は、青果収穫期の6月上中旬と約2週間後の黄熟期の2回行い、その合計を収量とした。収穫果実から、2008年は黄熟期の平均的な果実を10果、2009年は青果収穫期の平均的な果実を10果、2010年と2011年は青果収穫期の2L階級果実を10果ずつ採取し、毛じの抜け具合、果実硬度、果皮色b*値を調査した。毛じの抜け具合は果実表面に占める毛じが抜けた部分の割合(%)を目視で判断した値とし、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、COMPACT100)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。果皮色は色差計(日本電色、NR3000)により果実赤道部付近を測定した。測定後、同果実5果から種子を取り除いた果肉(果皮を含む)をほぼ均等に約60g取り、80℃の通風乾燥機で乾燥させ、粉碎し無機成分含量測定のための試料とした。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(P)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(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。

葉はいずれの年も6月上旬と8月上旬に中果枝(10～20cm)の中位葉を10枚ずつ採取し、葉中窒素含有率を上記と同様の方法で測定した。徒長枝発生本数と樹容積は、いずれの年も11月中旬に調査した。徒長枝発生本数は50cm以上の1年生枝の本数を調査した。

糖およびデンプン含有率は、2012年11月8日に樹冠外周部から1樹につき1か所の根を適量採取し、採取後水道水で洗浄した根のうち直径2mm以下の根(以下細根)を80℃で乾燥し粉碎し

たものを用い、フェノール・硫酸法 (Hodge and Hofreiter, 1962) で測定した。

試験2 窒素施用量の違いによる果実機能性含量と梅酒品質

2008年は6月25日に平均的な大きさの果実を選果して試料を採取した。2009年は6月9日に青果(出荷階級2L)を、6月23日に黄熟果(出荷階級3L)を採取した。2010年は6月24日に黄熟果(出荷階級2L)を採取した。2011年は6月16日に青果(出荷階級2L)を採取した。そのうち10果を果肉(果皮を含む)の分析用試料とするとともに、2008年の青果と2009年の黄熟果は梅酒に加工した。加工方法は、ウメ果実1kgに対して35%果実酒用アルコール(ホワイトリカー)1.8L、上白糖0.8kgの割合で、冷暗所にて6か月間漬け込んだ。

分析用試料は、種を除いて果肉を取り、分析まで-28℃のフリーザー中に保存し、後に、有機酸(リンゴ酸、クエン酸)、糖(ソルビトール、スクロース、グルコース、フルクトース)およびポリフェノール含量並びに抗酸化能を既報(大江ら, 2006, 2012a)と同様に測定した。有機酸、糖およびポリフェノール含量は、80%エタノール抽出液を0.45µmフィルターでろ過し、有機酸はShim-pack SCR-102Hカラム(300×7.9mm, 島津製作所)、糖はShim-pack SCR-101Cカラム(300×7.9mm, 島津製作所)、スクロースとグルコースは、Shodex SUGAR-KS801カラム(300×8.0mm, 昭和電工)を用いてHPLCで測定した。ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法により分光光度計(V-550, JASCO)で測定し、クロロゲン酸相当量として表した。抗酸化は1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)を用いた比色法で測定し、a-トコフェロール相当量として表した。

梅酒については漬け込み終了後、(大江ら, 2012b)と同様に、原料果実1kg当たりの梅酒作出量を測定するとともに、0.45µmのメンブレンフィルターでろ過し、梅酒の褐色度(450nm吸光度)、有機酸、ソルビトールおよびポリフェノール含量並びに抗酸化能を測定した。

結 果

試験1 窒素施用量の違いと果実熟度と樹体成長および土壌理化学性

土壌理化学性について、pHは2008年の実肥標準区で6.40と高かったが(第2表)、2009年より実肥なし区で6.44~6.76と高く推移し、実肥多区で4.42~5.26と低く推移した。ECは試験区による差が小さかった。無機態窒素含有量はいずれの年の実肥多区で最も多く、他の試験区については処理による差が小さかった。可給態リン酸は試験区による差が小さく、2008年~2011年にかけて減少した。交換性塩基類の含有量は、2008年ではpHの高い実肥標準区で交換性石灰と交換性苦土および交換性カリが多く、pHの低い実肥多区で少ない傾向であった。2009年~2011年も同様の傾向で、pHの高い実肥なし区で多く、pHの低い実肥多区で少なかった。

100節あたりの着果数と生理落果率は試験区間に差が認められなかった(第3表)。1樹あたりの収量は、実肥多区において2008年では実肥なし区に比べて、2009年では実肥なし区と元肥なし区に比べて多かった。

収穫果実の毛じの抜け具合は、2009年に実肥なし区が実肥多区と元肥なし区に比べて、2010年には元肥なし区が実肥多区に比べて高かった(第4表)。果実硬度と果皮色b*値は試験区間に差が認められなかった。

第2表 収穫後の土壌理化学性

年	区	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	無機態N (mg/100g土)	可給態リン酸 (mg/100g土)	交換性塩基(mg/100g土)		
						CaO	MgO	K ₂ O
2008	実肥なし	5.60	0.10	0.90	51	136	68	49
	実肥標準	6.40	0.12	0.80	70	164	87	54
	実肥多	4.90	0.10	12.00	27	83	32	32
2009	実肥なし	6.48	0.10	1.09	50	230	93	37
	実肥標準	5.14	0.12	0.78	48	140	59	30
	実肥多	4.42	0.15	10.72	21	83	34	26
	元肥なし	4.53	0.12	0.91	36	128	52	36
2010	実肥なし	6.76	0.10	1.05	60	228	82	41
	実肥標準	5.91	0.08	1.60	55	178	66	29
	実肥多	5.26	0.10	6.07	11	134	47	28
	元肥なし	5.57	0.07	1.13	23	127	74	30
2011	実肥なし	6.44	0.06	1.60	5	129	89	29
	実肥標準	5.77	0.05	1.25	0	117	64	38
	実肥多	5.26	0.07	2.28	0	103	54	25
	元肥なし	5.82	0.05	1.42	9	148	68	29

注) 2008年は6月27日, 2009年は6月25日, 2010年は6月28日, 2011年は7月4日に各区4~5ヶ所から土壌を採取し混和した

第3表 100節あたりの着果数, 生理落果率および収量

区	100節あたりの着果数 ^z			生理落果率(%) ^y				収量(kg/樹)			
	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
実肥なし	4.5	7.9	8.0	54	44	35	62	2.6 b	4.3 b	6.5	11.9
実肥標準	9.3	3.5	8.5	52	19	44	57	4.4 ab	6.6 ab	5.0	11.8
実肥多	12.9	3.9	9.0	37	35	23	61	5.9 a	12.4 a	6.3	16.1
元肥なし	8.9	6.6	7.8		33	20	64		5.9 b	6.5	13.6
有意性 ^x	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS

^z 5月下旬の100節あたりの着果数

^y 3月下旬または4月上旬の着果数のうち, 5月下旬までに落果した果数の割合

^x Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを, NSは有意差がないことを示す

2008年および2009年: n=4, 2010年および2011年: 実肥なし区と実肥標準区および実肥多区n=4, 元肥なし区n=5

第4表 収穫果実の形質

区	毛じの抜け具合(%)				果実硬度(kg)				果皮色b*値			
	2008 ^z	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
実肥なし	70	52 a	9 ab	10	1.01	2.37	2.47	2.76	37.6	30.5	30.4	33.9
実肥標準	80	46 ab	8 ab	15	1.07	2.22	2.56	2.71	37.1	31.3	30.2	34.1
実肥多	57	41 b	2 b	17	1.09	2.40	2.59	2.61	37.2	30.4	30.3	34.0
元肥なし		40 b	14 a	15		2.22	2.45	2.76		30.9	30.4	34.1
有意性 ^y	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z 2008年は6月25日・2009年は6月9日の平均的な果実, 2010年は6月9日・2011年は6月16日の2L階級の果実を採取

^y Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを, NSは有意差がないことを示す

2008年および2009年: n=4, 2010年および2011年: 実肥なし区と実肥標準区および実肥多区n=4, 元肥なし区n=5

果実中無機成分含有率は2009年のKで実肥多区が実肥なし区に比べて高かった(第5表)。また, 2011年のNで実肥多区が実肥なし区と実肥標準区に比べて, Pでは元肥なし区が実肥標準区に比べて高かった。2008年と2011年には試験区による差が認められなかった。

葉中窒素含有率は, いずれの年の6月および8月とも実肥多区が他の試験区に比べて高かった(第6表)。

徒長枝発生本数は試験区間に差が認められなかった(第7表)。樹容積は, 実肥多区において2009年では実肥なし区に比べて, 2011年では実肥なし区と実肥標準区と比べて大きかった。樹容積拡大指数(2008年の樹容積を100とした指数)も樹容積と同様に実肥多区で大きかった。

2012年11月の細根中貯蔵養分含有率は, 糖含有率では, 実肥標準区と実肥多区が実肥なし区と

元肥なし区に比べて高い傾向で、デンプン含有率では、実肥多区が他の試験区に比べて高い傾向で

第5表 果実中無機成分含有率

年	区	N (%) ^z	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
2008 ^y	実肥なし	1.55	0.20	2.51	0.051	0.073
	実肥標準	1.51	0.19	2.38	0.046	0.067
	実肥多	1.91	0.20	2.44	0.049	0.072
	有意性 ^x	NS	NS	NS	NS	NS
	実肥なし	1.27	0.22	2.15	0.062	0.081
2009	実肥標準	1.28	0.22	2.30	0.061	0.079
	実肥多	1.60	0.22	2.56	0.066	0.090
	元肥なし	1.35	0.21	2.28	0.063	0.082
	有意性	NS	NS	*	NS	NS
	実肥なし	1.12	0.24	3.10	0.083	0.104
2010	実肥標準	1.28	0.22	2.93	0.077	0.102
	実肥多	1.44	0.23	3.13	0.083	0.103
	元肥なし	1.36	0.24	3.07	0.077	0.101
	有意性	NS	NS	NS	NS	NS
	実肥なし	1.57	0.27	2.64	0.082	0.111
2011	実肥標準	1.76	0.25	2.50	0.077	0.107
	実肥多	2.09	0.26	2.49	0.075	0.106
	元肥なし	1.80	0.27	2.58	0.082	0.111
	有意性	*	*	NS	NS	NS

^z 乾物%

^y 2008年は6月25日・2009年は6月9日の平均的な果実、2010年は6月9日・2011年は6月16日の2階級の果実を採取

^x Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す、2008年および2009年：n=4、2010年および2011年：実肥なし区と実肥標準区および実肥多区n=4、元肥なし区n=5

第6表 6月と8月葉中窒素成分

月	区	葉中窒素含有率(%) ^z							
		2008	2009	2010	2011				
6月 ^y	実肥なし	2.6	b	3.0	b	2.9	bc	3.0	c
	実肥標準	2.7	b	3.2	ab	3.2	ac	3.3	b
	実肥多	3.2	a	3.4	a	3.3	a	3.4	a
	元肥なし	-	-	3.1	ab	3.1	c	3.2	bc
	有意性 ^x	**	*	*	*				
8月	実肥なし	2.6	b	2.7	b	2.5	b	2.6	
	実肥標準	2.6	b	2.8	b	2.7	a	2.6	
	実肥多	2.8	a	3.0	a	2.8	a	2.6	
	元肥なし	-	-	2.8	ab	2.7	ab	2.6	
	有意性	*	*	**	NS				

^z 乾物%

^y 6月上旬と8月上旬に各樹10枚ずつ中果枝中位葉を採取

^x Tukeyの多重検定により異符号間に*は5%、**は1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

2008年および2009年：n=4、2010年および2011年：実肥なし区と実肥標準区および実肥多区n=4、元肥なし区n=5

あった(第1図)。

第7表 徒長枝発生本数、樹容積^z

区	徒長枝発生本数(本/m) ^y				樹容積(m ³) ^x				樹容積拡大指数 ^w			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2009	2010	2011	
実肥なし	5.6	4.9	10.1	10.9	24.7	20.9	b	22.3	37.5	b	92	b
実肥標準	5.1	4.1	10.8	12.1	25.8	31.5	ab	28.4	41.2	b	139	ab
実肥多	5.5	4.7	12.3	12.3	27.0	35.1	a	30.2	62.8	a	155	a
元肥なし	-	4.7	11.8	12.4	-	29.1	ab	26.8	49.3	ab	128	ab
有意性 ^v	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	*	NS	**	

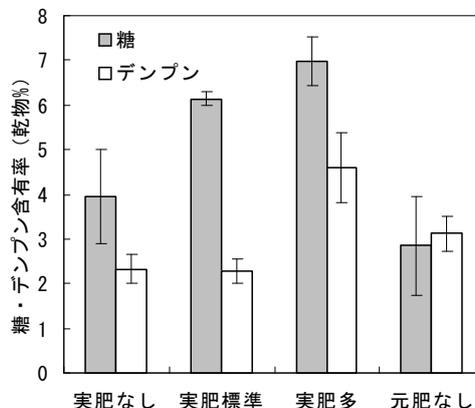
^z いずれも11月中旬調査

^y 50cm以上の1年生枝の樹冠占有面積1m²あたりの本数

^x 7かけ法 [直径×ヨコ径×(樹高-第1亜主枝までの高さ)×0.7] で算出

^w 2008年の樹容積を100としたときの各年の拡大指数

^v Tukeyの多重検定により異符号間に*は5%、**は1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す、2008年および2009年：n=4、2010年および2011年：実肥なし区と実肥標準区および実肥多区n=4、元肥なし区n=5



第1図 11月における細根中貯蔵養分含有率

注) 縦棒は標準誤差を示す

有意差なし (Tukeyの多重検定, n=4~5)

試験2 窒素施用量の違いによる果実機能性成分含量と梅酒品質

果実の有機酸含量は、2009年の青果のクエン酸で実肥標準区が実肥多区に比べて多かった（第8表）。糖含量は、2009年の青果の全糖で実肥標準区が実肥多区に比べて多かった（第9表）。ポリフェノール含量は試験区間に差がなかった（第10表）。抗酸化能は2009年の青果で実肥中区が実肥多区に比べて多く、黄熟果で実肥なし区が実肥多区に比べて多かった。

第8表 果実の有機酸含量

区	クエン酸 (g/100gFW)					リンゴ酸 (g/100gFW)					
	2008	2009		2010	2011	2008	2009		2010	2011	
	青果	青果	黄熟果	黄熟果	青果	青果	青果	黄熟果	黄熟果	青果	
実肥なし	4.38	3.86	ab	4.63	3.45	2.69	1.54	2.02	1.31	1.80	1.52
実肥標準	4.34	4.14	a	4.83	3.73	2.68	1.59	2.19	1.32	1.84	1.51
実肥多	4.40	3.73	b	4.88	3.73	2.75	1.47	2.09	1.48	1.86	1.47
元肥なし		3.83	ab	4.68	3.71	2.73		2.09	1.41	1.86	1.58
有意性 ^z	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

第9表 果実の糖含量

区	ソルビトール (mg/100gFW)					全糖 (g/100gFW) ^z				
	2008	2009		2010	2011	2008	2009		2011	
	青果	青果	黄熟果	黄熟果	青果	青果	青果	黄熟果	青果	
実肥なし	122	63	86	60	74	1.26	0.60	b	1.27	0.49
実肥標準	113	121	96	81	34	1.14	0.76	a	1.24	0.44
実肥多	141	103	95	72	51	1.21	0.58	b	1.33	0.52
元肥なし		118	82	70	39		0.66	ab	1.21	0.48
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS

^z 全糖はソルビトール、スクロース、グルコースおよびフルクトースの合計、2010年は未分析

^y Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

第10表 果実のポリフェノール含量と抗酸化能

区	ポリフェノール (mgCE/100gFW) ^z					抗酸化能 ($\mu\text{molTE}/100\text{gFW}$) ^z					
	2008	2009		2010	2011	2008	2009		2010		
	青果	青果	黄熟果	黄熟果	青果	青果	青果	黄熟果	黄熟果		
実肥なし	59	93	59	101	84	288	500	ab	339	a	328
実肥標準	62	98	57	102	73	294	515	a	312	ab	331
実肥多	66	82	48	102	67	317	414	b	270	b	321
元肥なし		84	56	104	75		462	ab	309	ab	334
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	NS

^z CEはクロロゲン酸相当量、TEは α -トコフェロール相当量を示す、2011年の抗酸化能は未分析

^y Tukeyの多重検定により異符号間に*は5%、**は1%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

梅酒品質について、梅酒製造量、褐色度に差がみられなかった（第11表）。有機酸含量は、2009年のリンゴ酸で実肥なし区が実肥多区および元肥なし区に比べて少なかった（第12表）。ソルビトールおよびポリフェノール含量並びに抗酸化能は、試験区間に差がなかった（第13表）。

第11表 梅酒の製造量と褐色度

区	梅酒製造量 (mL) ^z		褐色度 (450nm吸光度)	
	2008	2009	2008	2009
	青果	黄熟果	青果	黄熟果
実肥なし	2447	2755	0.13	0.13
実肥標準	2420	2727	0.12	0.14
実肥多	2443	2755	0.13	0.14
元肥なし		2756		0.16
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS

^z 原料梅果実1kgあたり

^y Tukeyの多重検定によりNSは有意差がないことを示す

第12表 梅酒の有機酸と糖含量

区	クエン酸 (g/100mL)		リンゴ酸 (g/100mL)		ソルビトール (mg/100mL)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
	青果	黄熟果	青果	黄熟果	青果	黄熟果
実肥なし	1.07	0.93	0.21	0.23 b	18	15
実肥標準	1.05	0.96	0.21	0.26 ab	16	36
実肥多	1.05	0.97	0.21	0.28 a	16	42
元肥なし		0.96		0.27 a		31
有意性 ^z	NS	NS	NS	*	NS	NS

^z Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す

第13表 梅酒のポリフェノール含量と抗酸化能

区	ポリフェノール (mgCE/100mL) ^z		抗酸化能 (μ molTE/100mL) ^z	
	2008	2009	2008	2009
	青果	黄熟果	青果	黄熟果
実肥なし	53	51	156	84
実肥標準	53	52	156	83
実肥多	55	53	160	85
元肥なし		53		86
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS

^z CEはクロロゲン酸相当量，TEは α -トコフェロール相当量を示す

^y Tukeyの多重検定によりNSは有意差がないことを示す

考 察

本試験では、樹齢7～10年生の‘南高’を用いて、実肥窒素施用量の違いと元肥窒素無施用が果実熟度と樹体成長および土壌理化学性、加えて、果実機能性成分と梅酒品質に及ぼす影響について

調査した。

4年間の試験結果から、収穫後の土壌の理化学性は、実肥の窒素多施用により無機態窒素含有量が増加し、交換性塩基類が減少してpHが低くなった。一方、実肥の窒素無施用では、処理2年目より交換性塩基類が増加してpHが高くなった。これは、本試験で実肥に用いた窒素資材が硫酸アンモニウムであるためと考えられた。三好ら(1993)によると硫酸アンモニウムは施用後、土壌溶液中でアンモニウムイオンと硫酸イオンに解離され、作物にあまり吸収されない硫酸イオンが強酸となって土壌中に残るとともに、アンモニウムイオンの一部が硝酸イオンに変わり、カルシウムやマグネシウムおよびカリウムとともに流亡し、土壌が酸性化すると報告されている。モモ園においても窒素施用量が多くなると土壌pHが低下すると報告されており(赤井ら, 1995)、本試験と合致する。

葉中窒素含有率について、渡辺ら(1990)はウメ‘紅さし’において土壌中窒素含有量が多いほど葉中窒素含有量が高まることを報告しており、本試験でも実肥の窒素多施用により土壌中窒素含有量が多くなり、6月と8月に採取した葉ともに葉中窒素含有率が高くなることが確認された。一方、実肥の窒素を無施用にしても葉中窒素含有率には影響しないことが確認された。

果実中無機成分含有率では、窒素含有率で2008年～2010年まで有意な差はみられないものの実肥多区で高い傾向で、2011年においては実肥なし区に比べて実肥多区で有意に高くなった。これは、窒素の多施用により果実への分配量が高まったためと考えられた。2009年のカリウム含有率では実肥なし区に比べて実肥多区のほうが高かったが、他の年では差がないことから、実肥の窒素施用量の違いによる差とは考え難い。

以上のことから、実肥窒素を標準の3.3倍量施用すると、土壌中の無機態窒素が増え、葉中窒素および果実窒素が高まることから樹体の窒素レベルが高まっていたと考えられた。一方、実肥窒素および元肥窒素を無施用にしても土壌および樹体の窒素レベルへの影響は小さいと考えられた。

ウメの生理落果の要因として宮原・山本(1990)は果実間の養分競合、貯蔵養分の多少や新梢成長と果実による競合、果実肥大との関連性があると報告している。本試験においては100節あたりの着果数と生理落果率については試験区間に差はみられず、実肥の窒素施用量の違いや元肥の窒素無施用との関係は判然としなかった。収量については実肥の窒素多施用により増加傾向であった。一般に、果樹では窒素施用量を増やすにつれて樹勢が強化されて収量が増加し(杉浦, 2010)、モモ園において、窒素施用量が多くなると収量が増加すると報告されている(赤井ら, 1995)。本試験でも実肥の窒素を多施用にすると収量が増加し、他の果樹と同様の反応を示すことが確認された。

ウメ‘南高’の収穫適期を判断する熟度指標として、大江ら(2007)は発育ステージが進むにつれて増加傾向を示す果実重、毛じの抜け具合、果皮色L*・b*値、果径、核表面色、果肉歩合や、発育ステージが進むにつれて減少傾向を示す果径指数、果実硬度が利用できることや、果実中クエン酸含量と果実重、果実横径、果皮色L*値、果実硬度との間に強い相関関係がみられたことを報告している。本試験では、収穫果実の熟度指標となる毛じの抜け具合、果実硬度、果皮色b*値を調査したが、4年間を通して試験区間で傾向がみられなかった。また、果実のクエン酸含量や他の機能性成分含量についても一定の傾向は認められなかった。このことから、実肥の窒素施用量の違いや元肥の窒素無施用では果実の熟度進行や機能性成分含量および梅酒品質に影響しないと判断された。果樹は一般に窒素が欠乏すると熟期は早くなると報告されているが(間苧谷ら, 2002)、ウメ‘南高’7～10年生においては、実肥や元肥時の窒素無施用のみでは熟度に影響を及ぼす程度まで樹体の窒素レベルは低下しないため、熟期は早まらなないと考えられた。また、実肥の窒素多施用により

樹体の窒素レベルが高まっても、青果収穫果実の熟期には影響しないことが確認された。

樹体成長では、徒長枝発生本数で差はみられなかったが、樹容積では実肥の窒素を多施用することにより、樹容積拡大指数が大きくなり生育が旺盛であった。岡室ら（投稿中）はウメ‘南高’において4月施肥は、6月施肥および9月施肥に比べて葉と当年枝への¹⁵Nの分配率が高くなることを報告しており、また、‘紅さし’において4月重点施肥で新梢の伸長や幹周の肥大が旺盛になることが報告されている（高野，1985）。このことから、実肥の窒素多施用により当年枝への窒素の分配量が多くなり生育が促進されたと考えられた。

翌年の初期生育に必要な貯蔵養分は、糖およびデンプンとともに実肥施用量が多いほど含有率が高くなる傾向であった。岡室ら（投稿中）は4月施肥は6月や9月施肥に比べて窒素の吸収率が低く土壌に残留する量が多くなることや、9月に吸収した窒素の多くが地下部に貯蔵養分として蓄えられると報告しており、本試験では、実肥の窒素を多施用することにより樹体に吸収されない窒素が土壌中に残留し、さらに礼肥と元肥の施用により土壌中の窒素が増加し、樹体への吸収量が多くなったため、貯蔵養分含有率が高くなったと考えられた。一方、元肥の窒素を無施用にすると糖の含有率が減少する傾向であった。これについては貯蔵養分を多く蓄積する9月以降に吸収する窒素の量が少なかったためと考えられた。

以上のことから、4年間試験を行った結果、実肥の窒素施用量の違いや元肥の窒素無施用では、果実の熟度の指標である毛じの抜け具合や果実硬度および果皮色b*値に差がみられず、収穫期を早めることはできないと考えられた。収量と貯蔵養分については、実肥の窒素多施用で増加する傾向であることが確認された。収量増加の要因としては、100節あたりの着果数や生理落果率は試験区間で差が認められなかったことから着果率が向上したのではなく、窒素の多施用により当年枝の生育が促進され樹容積の拡大が旺盛になり、それに伴い結果枝の増加が多収量につながったと考えられた。よって、幼木など樹体を早期に拡大させたい場合は実肥時期の窒素を多めに施用するとよいと考えられた。また、窒素を多施用にする場合は、土壌pHの低下を招くおそれがあるので、石灰質資材の施用が必要であると考えられた。

摘 要

7～10年生の‘南高’樹を用いて、実肥窒素施用量の違いと元肥窒素無施用が果実の熟度と機能性成分含量および梅酒品質に及ぼす影響について4年間調査した。

1. 果実の熟度は、実肥の窒素を無施用にしても標準施用および多施用と変わらず、収穫期を早めることはできなかった。また、果実の機能性成分含量や梅酒品質にも影響を及ぼさなかった。
2. 土壌の理化学性は、実肥の窒素を多施用にすると、無機態窒素含有量が増加するとともに交換性塩基類が減少し土壌pHが低くなった。一方、無施用にすると交換性塩基類と土壌pHが高まった。
3. 実肥の窒素を多施用にすると着果率の向上は認められなかったが、樹容積の拡大が旺盛となり収量が増加した。また、貯蔵養分も増加傾向であった。

引用文献

赤井広子・加藤公道・福元将志・壽松木 章・増子俊明・安部 充・額田光彦. 1995. モモ園にお

- ける窒素施用量の違いが樹体生育，収量，果実品質に及ぼす影響. 東北農研. 48:183-184.
- Hodge, J. E. and Hofreiter, B. T. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. p. 380-394. In : R. L. Whistler and J. L. Wolfrom (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. vol.1, Academic press, New York.
- 間苧谷 徹・足立 礎・足立嘉彦ら. 2002. 施肥管理. 生理障害. 栄養生理障害. P280-281. 新編果樹園芸学. 化学工業日報社. 東京.
- 宮原継男・山本 仁. 1990. ウメの生理落果に関する研究. 福井園試報. 7:43-50.
- 三好 洋・嶋田永生・石川昌男・伊達 昇. 1993. 土壌編. 土壌酸性. 酸性. P75-77. 土壌肥料用語事典. 農文協. 東京.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期，採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5:141-148.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6:77-83.
- 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. 2012a. ウメ‘南高’果実の追熟条件が梅酒の香り成分および苦み成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 273-279.
- 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. 2012b. 高い芳香成分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標. 園学研. 11: 515-521.
- 岡室美絵子・土田靖久・下田星児・吉原利一・後藤文之・城村徳明・中西 慶. ウメ‘南高’樹における窒素の施用時期が樹体の吸収および溶脱に及ぼす影響. 園学研. 投稿中.
- 杉浦 明. 2010. 果樹栽培の基礎. 土壌管理とかん水・施肥. 施肥. P.52-54. 新版果樹栽培の基礎. 杉浦明編著. 農文協. 東京.
- 高野隆志. 1985. ウメの樹体成長と生産力に及ぼす窒素施用時期の影響. 福井園試報. 4:1-16.
- 渡辺 毅・田辺賢治・荻野幸治. 1990. ウメ樹に対する窒素，カリ，石灰施用の影響. 福井園試報. 7:43-50.

ウメ‘南高’果実の収穫適期把握のためのカラーチャートの開発

大江孝明・岡室美絵子・根来圭一¹・北村祐人・小西博文^{2,3}・原 大輔²

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Development of the Color Chart for Grasping Optimum Harvesting Time in Japanese Apricot ‘Nanko’ Fruit

Takaaki Oe, Mieko Okamuro, Keiichi Negoro, Yuto Kitamura, Hirofumi Konishi and Daisuke Hara

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

緒言

ウメは生果を食しないことから、青果の収穫基準は主に、大きさ、毛じの抜け具合、果皮の色つやなどの外観品質で決められている。しかし、毛じの抜け具合および果皮の色つやはその変化が小さいことから客観的な判断が難しく、個人差が問題点である。未熟な果実は加工品の品質低下や輸送中の品質劣化を引き起こすことから、客観的な収穫基準が必要である。

一方で筆者らは、これまでの報告（伊藤，1991；尾崎，2004，2008；戸田・高野，2006；田中，2003）から、ウメに多く含まれる機能性成分として有機酸，ソルビトール， β -カロテン，ポリフェノールに着目し，抗酸化能とともに，果実熟度や着果状況などの面からこれらが果実および梅酒において高まる要因や栽培方法を検討してきた（大江ら，2006，2007，2012a，2012c；Oeら，2012）。この中で筆者らは，果実硬度が急激に低下し始めた時点の果実はクエン酸含量が多く，そのような果実を用いた梅酒は褐色度，クエン酸含量，ポリフェノール含量および抗酸化能が大きく，機能性成分などの品質に優れた梅酒を製造するための原料選定の指標となることを報告した（大江ら，2007）。加えて筆者らは，高い芳香成分（ γ および δ -デカラクトン，酪酸エチル並びに酢酸ブチル）を有する梅酒製造のための‘南高’果実の熟度指標として，果実硬度および果皮色 b^* 値が利用できることを報告した（大江ら，2012b）。しかし，これらの試験において果実硬度の測定に用いたレオメータは大型で持ち運びが容易でないため，実際の生産現場での利用範囲は限定される。そこで，既報（大江ら，2013）では，アボカド（秋元ら，2011），ブドウ（Takahashiら，2010）およびブルーベリー（大畑・櫻井，2011）など，多方面で熟度の判定法としての活用が報告されている，音響振動による硬度測定装置（Taniwaki・Sakurai，2010）のウメ果実への適用性と梅酒品質を高めるための原料果実の熟度指標としての実用性を確認した。ただし，現時点では本機器は高価である。

そこで本試験では，客観性には劣るがより安価で広範囲に利用可能なカラーチャートを‘南高’果実で作成し，熟度指標としての適用性を評価するとともに，梅酒品質を高めるための原料果実の熟度指標としての適用性を検討した。

¹ 現在：和歌山県工業技術センター

² : JA 紀南

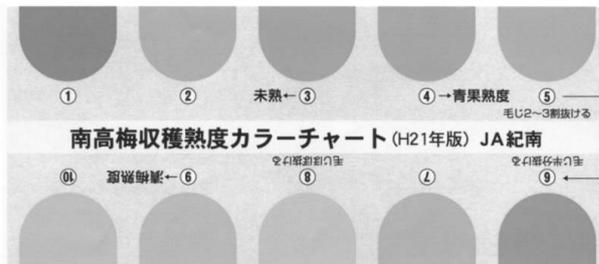
³ 現在：田辺市梅振興室

材料および方法

1. カラーチャートの作成と熟度指標としての適用性（試験1）

2008年6月に和歌山県田辺市に植栽されている‘南高’成木から異なる熟度の果実を採取し、果実果梗部の色を日本園芸植物標準色票と対比させながらカラーチャートを作成した（第1図）。

熟度指標としての適用性を評価するために、2009および2010年には和歌山県うめ研究所に植栽されている‘南高’成木3樹について、主幹と樹冠外周との中間より外側の果実（外層果実）



第1図 作成したウメ‘南高’果実のカラーチャート

と内側の果実（内層果実）を供試した。なお、調査果実は直射日光が当たらない部位のものとした。現行の収穫基準である色つや、毛じの抜け具合などの果実外観および完熟落果の状況をもとに、2009年は外層果実の青果収穫開始期（6月4日）から内層果実の完熟落果開始期（6月25日）までの間、3日ごとに果実を採取した（6月25日は外層果実の採取なし）。2010年は外層果実の青果収穫開始期（6月4日）から外層果実の完熟落果開始期（6月19日）までの間、3日ごとに果実を採取した。

2011年には和歌山県みなべ町内の収穫時期が異なる4園（収穫時期の早い順にA～D園）に植栽された‘南高’成木6樹（B園のみ3樹、その他は1樹）について、樹冠外層の果実を供試した。A～C園は青果収穫開始直前から、D園は青果収穫終了期から完熟落果開始期までの間、ほぼ3日ごとに4～7回果実を採取した。各年とも1回当たりの採取果数は30果程度とした。供試した果実のうち10果は、カラーチャート値（果梗部で測定）、レオメータ（COMPACT-100、サン科学）による果実硬度および分光色差計による果皮のb*値およびH*値（赤道部で測定）を測定した。なお、分光色差計は2009および2010年がNR3000（日本電色）、2011年がNR11（日本電色）を用いた。レオメータ値は既報（大江ら、2007）と同様、5mm円柱形プランジャーを装着して、 $1\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の速度で1mm侵入する時の最大負荷（kg）を測定した。

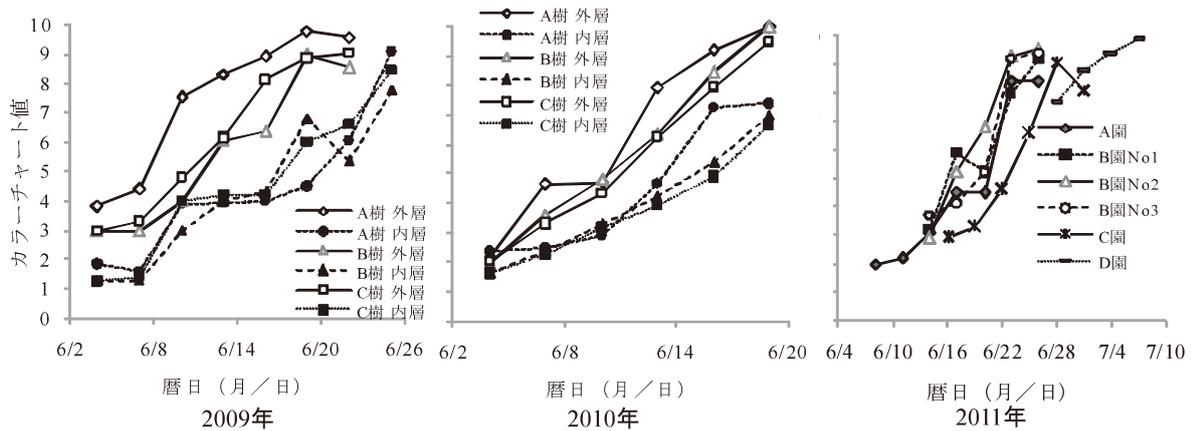
2. カラーチャート値と梅酒品質との関係（試験2）

試験1の2009および2010年にカラーチャート値を測定した際に、別の約300gを果実1kgあたり、氷砂糖0.8kg、35%果実酒用アルコール（ホワイトリカー）1.8Lの割合で、冷暗所にて6か月間漬け込み、梅酒に加工した。なお、2011年は試験1でカラーチャート値を測定した果実10果と他の8果を6果ずつに分けて、3反復で梅酒に加工した。漬け込み終了後、既報（大江ら、2006、2007）と同様に、果実重減少率（歩留まり）を測定するとともに、 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し、梅酒の褐色度（450nm吸光度）、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能を測定した。既報（大江ら、2006、2007）と同様に、クエン酸含量はHPLC（LC10A、島津製作所）で、ポリフェノール含量はフォーリンチオカルト法で、抗酸化能は1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl（DPPH）を用いた比色法でフリーラジカル消去能を測定した。これら梅酒品質とカラーチャート値との関係を調査した。

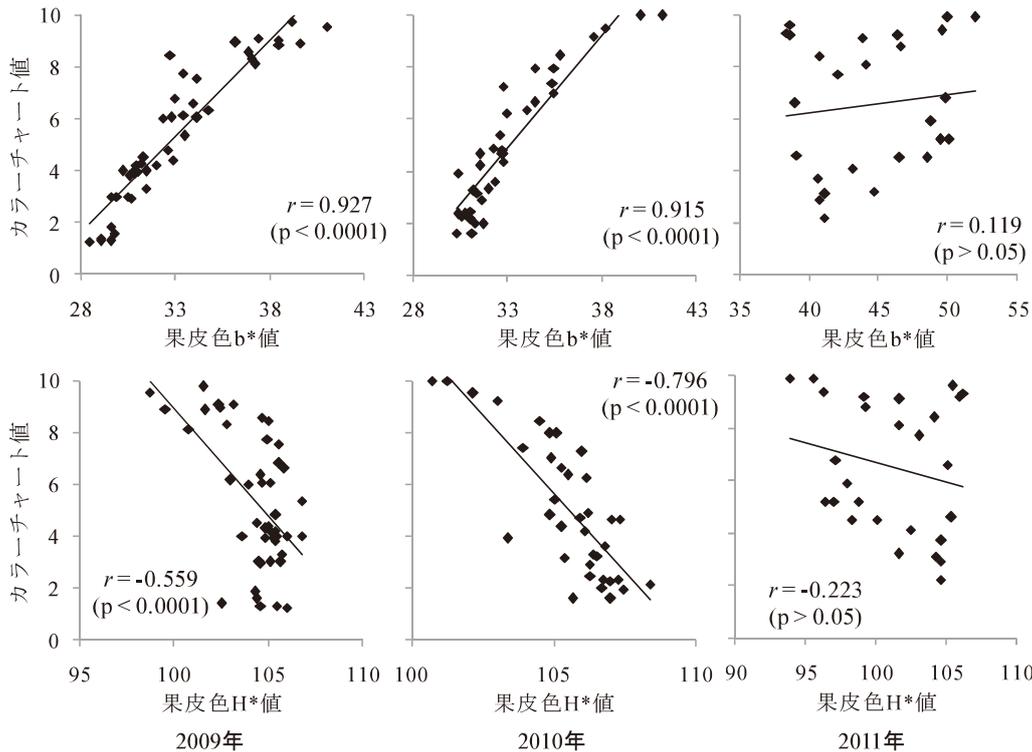
結果

1. カラーチャートの作成と熟度指標としての適用性（試験1）

カラーチャート値は、各年の各樹とも採取時期が遅くなるにつれて直線的に大きくなり、カラーチャート値により採取樹、着果位置および採取時期による熟度の違いを判断することができた（第2図）。2009 および 2010 年においては、果梗部のカラーチャート値と赤道部の果皮色 b^* および H^* 値との間にそれぞれ正および負の相関関係がみられたが、2011 年は関係性がみられなかった（第3図）。赤道部におけるレオメータ値との間では、2009 および 2010 年の着果位置および採取時期が異なる果実の硬度について、また 2011 年の採取園および採取時期が異なる果実の硬度についても、



第2図 果実採取樹および着果位置の違いとカラーチャート値



第3図 果皮色 b^* 値および H^* 値とカラーチャート値との関係

果皮色 b^* 値および H^* 値は赤道部, カラーチャート値は果梗部で測定した (2009 年は $n = 45$, 2010 年は $n = 36$, 2011 年は $n = 26$)

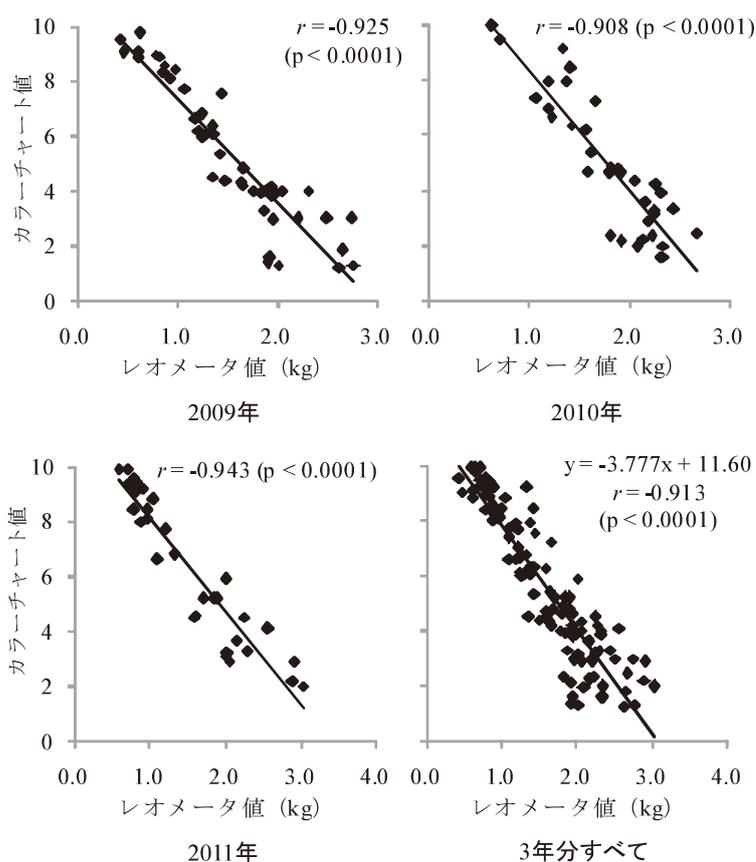
それぞれ, $r = -0.925$, -0.908 および -0.943 (ともに $p < 0.0001$) の強い負の相関関係が認められた (第4図)。さらに、これら3年分すべての果実について、果梗部のカラーチャート値を y , 赤道部におけるレオメータ値を x とすると, $y = -3.777x + 11.60$ ($r = -0.913$, $p < 0.0001$) の関係式が認められた。

2. カラーチャート値と梅酒品質との関係 (試験 2)

2009年の結果について、梅酒のクエン酸含量は原料果実の成熟とともに増加傾向であり、褐色度、果実重減少率、ポリフェノール含量および抗酸化能は、成熟途中の果実を用いた場合に最高となった(第1表)。そこで、各樹の各着果位置それぞれの最高値を100とした相対値でカラーチャート値と梅酒品質との関係を調査したところ、カラーチャート値が6.5以上となる時期の果実を原料とした梅酒は、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量、抗酸化能の相対値が86以上であり、褐色度の相対値は68以上であった。

2010年の試験では、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が相対値81以上であった(第2表)。2011年の結果について、同様に各樹の最高値を100とした相対値で示すと、採取開始時点で既にカラーチャート

値が7.7であったD園を除き、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量および抗酸化能が相対値84以上であった。また各年とも、原料果実のカラーチャート値は梅酒のクエン酸含量との間に、それぞれ、 $r = -0.929$ 、 -0.843 および -0.822 (ともに $p < 0.0001$) の強い正の相関関係が認められた(第5図)。さらに、これら3年分すべての果実について、クエン酸含量を y 、果梗部のカラーチャート値を x とすると、 $y = 0.038x + 0.661$ ($r = -0.860$, $p < 0.0001$) の関係式が認められた。



第4図 レオメータ値とカラーチャート値との関係

レオメータ値は赤道部、カラーチャート値は果梗部で測定した(2009年は $n = 45$, 2010年は $n = 36$, 2011年は $n = 33$, 3年分すべては $n = 114$)

考察

筆者らはこれまでに、レオメータによる果実硬度が急激に低下し始める時期が、果実や加工した梅酒に機能性成分が多く含まれる時期の指標となることを明らかにした(大江ら, 2007)。また、梅酒中の芳香成分含量が原料果実のレオメータ値や色差計により測定した果実赤道部の果皮色 b^* 値との間に強い相関関係が認められ、レオメータ値が 0.98 kg より大きい果実や果皮色 b^* 値が 34.5 より小さい果実を排除することで芳香成分が多い梅酒を製造できることを明らかにした(大江ら, 2012b)。このように、果実硬度や果皮色は梅酒の機能性成分や芳香成分の含量を高めるための原料

第1表 果実採取樹，着果位置，採取日の違いと果皮色および梅酒品質（2009年）

	採取日	カラー チャート値	褐色度 (吸光度450 nm)	果実重 減少率(%)	機能性成分含量		
					クエン酸 (g・100 mL ⁻¹)	ポリフェノール (mgCE・100 mL ⁻¹) ^z	抗酸化能 (μmolTE・100 mL ⁻¹) ^z
A樹 外層	6/4	3.8	0.117 (48) ^y	47 (96)	0.85 (82)	66 (96)	100 (94)
	6/7	4.4	0.215 (88)	47 (97)	0.87 (83)	65 (93)	101 (95)
	6/10	7.6 ※ ^x	0.165 (68)	47 (96)	0.94 (90)	63 (91)	98 (92)
	6/13	8.3	0.197 (81)	49 (100)	0.98 (94)	62 (89)	102 (95)
	6/16	8.9	0.243 (100)	47 (95)	1.01 (97)	63 (91)	102 (96)
	6/19	9.8	0.181 (74)	45 (92)	1.04 (100)	62 (90)	100 (93)
	6/22	9.6	0.200 (82)	46 (95)	1.03 (99)	69 (100)	107 (100)
A樹 内層	6/4	1.9	0.136 (64)	43 (81)	0.70 (70)	59 (89)	90 (84)
	6/7	1.6	0.094 (44)	40 (75)	0.74 (74)	58 (89)	95 (89)
	6/10	3.9	0.161 (75)	43 (80)	0.78 (77)	60 (91)	95 (89)
	6/13	4.0	0.144 (67)	46 (87)	0.83 (82)	64 (98)	101 (95)
	6/16	4.0	0.214 (100)	50 (93)	0.78 (77)	63 (97)	106 (99)
	6/19	4.5	0.167 (78)	49 (92)	0.90 (89)	63 (97)	100 (94)
	6/22	6.1	0.172 (80)	49 (91)	0.96 (95)	66 (100)	106 (99)
B樹 外層	6/4	3.0	0.098 (37)	51 (100)	0.68 (66)	60 (88)	93 (84)
	6/7	3.0	0.175 (65)	45 (87)	0.79 (76)	61 (89)	100 (91)
	6/10	4.0	0.176 (66)	49 (96)	0.87 (83)	64 (93)	102 (93)
	6/13	6.1	0.158 (59)	47 (92)	0.93 (90)	60 (87)	99 (90)
	6/16	6.4	0.267 (100)	48 (94)	0.95 (91)	69 (100)	110 (100)
	6/19	9.0 ※	0.188 (71)	46 (89)	0.98 (94)	62 (90)	105 (95)
	6/22	8.6	0.177 (66)	48 (94)	1.04 (100)	61 (89)	99 (90)
B樹 内層	6/4	1.3	0.122 (64)	40 (72)	0.64 (72)	61 (86)	96 (83)
	6/7	1.3	0.157 (83)	41 (72)	0.70 (79)	65 (91)	102 (88)
	6/10	3.0	0.189 (100)	50 (89)	0.78 (88)	64 (90)	106 (92)
	6/13	4.0	0.154 (81)	51 (91)	0.79 (88)	68 (95)	109 (95)
	6/16	4.3	0.189 (100)	49 (87)	0.79 (89)	67 (94)	113 (98)
	6/19	6.8 ※	0.157 (83)	49 (88)	0.88 (99)	71 (100)	114 (98)
	6/22	5.4	0.164 (87)	53 (95)	0.87 (98)	71 (100)	116 (100)
C樹 外層	6/4	3.0	0.129 (50)	41 (84)	0.80 (75)	61 (100)	91 (91)
	6/7	3.3	0.155 (60)	46 (94)	0.82 (76)	58 (95)	94 (94)
	6/10	4.8	0.203 (79)	45 (93)	0.98 (92)	61 (100)	99 (99)
	6/13	6.2	0.142 (55)	44 (90)	0.94 (89)	60 (98)	100 (100)
	6/16	8.1 ※	0.257 (100)	49 (100)	0.98 (92)	58 (95)	96 (95)
	6/19	8.9	0.217 (84)	47 (97)	1.07 (100)	55 (90)	89 (89)
	6/22	9.1	0.157 (61)	48 (98)	1.02 (95)	59 (96)	99 (98)
C樹 内層	6/4	1.3	0.206 (100)	44 (80)	0.73 (77)	59 (82)	94 (81)
	6/7	1.4	0.202 (98)	40 (73)	0.71 (75)	58 (81)	92 (79)
	6/10	4.0	0.188 (92)	50 (92)	0.81 (86)	64 (90)	104 (89)
	6/13	4.2	0.168 (82)	51 (92)	0.81 (85)	68 (95)	112 (96)
	6/16	4.2	0.183 (89)	52 (95)	0.83 (87)	67 (94)	114 (98)
	6/19	6.0	0.184 (89)	47 (87)	0.91 (96)	68 (95)	111 (96)
	6/22	6.6 ※	0.199 (97)	52 (96)	0.92 (97)	72 (100)	116 (100)
6/25	8.5	0.149 (72)	55 (100)	0.95 (100)	63 (88)	101 (87)	

^zCEはクロロゲン酸相当量，TEはα-トコフェロール相当量を示す

^y()内は各樹の各着果位置でのステージ中の最高値とした相対値

^xカラーチャート値の※はカラーチャート値が6.5以上となる時期を示す

選定の指標となることが示されたが，現地における汎用性の高い指標とするには，より簡便で安価に判定可能な熟度指標が必要である。

そのような中，近年，ニホンスモモ（富田ら，2012，2013），ブドウ（小林ら，2012，2013）などでカラーチャート作成に関する報告が多くなされている。ウメについては種子色に基づくカラー

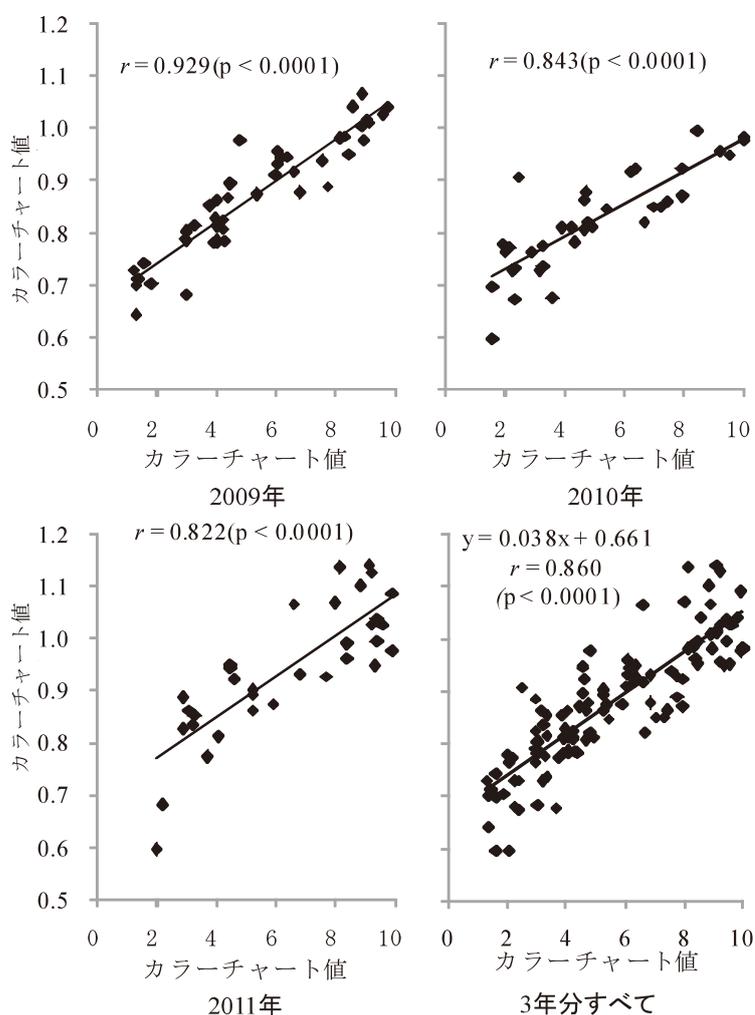
第2表 カラーチャート値が6.5を以上となる時点での各品質項目における各樹, 各着果位置の最高値を100とした相対値

			褐色度	果実重 減少率	クエン酸	ポリフェ ノール	抗酸化能
2010年	A樹	外層	81	85	89	92	93
		内層	100	100	94	100	100
	B樹	外層	100	100	100	100	99
		内層	100	100	100	100	100
	C樹	外層	100	89	97	100	100
		内層	100	93	100	92	93
2011年	A園		100	91	97	88	92
	B園	No.1	94	92	95	84	86
		No.2	97	90	90	93	97
		No.3	100	100	100	90	92
	C園		94	90	94	96	99

チャートの作成が報告されているが(石澤ら, 1995), 果皮色に基づくものは見当たらない. そこで, '南高'果実の客観的な収穫基準を設定するために, カラーチャートを作成し, 熟度指標としての適用性を評価するとともに, 梅酒品質を高めるための原料果実の熟度指標としての適用性を検討した.

果梗部で測定したカラーチャート値により, 園地の違いや同じ樹の着果位置の違いによる熟度の差異を判断することができた. また, 果梗部で測定したカラーチャート値は赤道部で測定したレオメータ値との間に各年とも強い負の相関関係が認められた. さらに, 3年分すべての果実について, 果梗部のカラーチャート値を y , 赤道部におけるレオメータ値を x とすると, $y = -3.777x + 11.60$ ($r = -0.913$, $p < 0.0001$) の関係式が認められた. よって, カラーチャートは'南高'果実の熟度を判

別するための指標として利用できるものと考えられた. 一方, 果梗部で測定したカラーチャート値は赤道部で測定した果皮色 b^* 値との間に 2009 および 2010 年は強い正の相関関係が見られたが,



第5図 カラーチャート値と梅酒のクエン酸含量との関係
レオメータ値は赤道部, カラーチャート値は果梗部で測定した(2009年は $n = 45$, 2010年は $n = 36$, 2011年は $n = 33$, 3年分すべては $n = 114$)

2011年にはみられなかった。その要因の一つとして、2011年は用いた色差計が他の年と異なったことが考えられた。

次に、機能性成分の多い梅酒を製造するための指標について調査したところ、果梗部のカラーチャート値は梅酒中のクエン酸含量との間に各年とも強い正の相関関係が認められた。また、3年分すべての果実について、クエン酸含量を y 、果梗部のカラーチャート値を x とすると、 $y = 0.038x + 0.661$ ($r = -0.860$, $p < 0.0001$) の関係式が認められた。よって、‘南高’果実を用いた梅酒中のクエン酸含量の目安になると判断された。さらに、カラーチャート値が 6.5 以上となった時期の果実を用いた梅酒は各品質項目とも高い水準であり、機能性成分などに優れた梅酒づくりの原料選定指標として利用できると判断された。一方、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能については既報(大江ら, 2007)で、これらが最大となる時期は、レオメータ値が急激に低下し始める時期またはその前後5日の時期であることを報告した。また既報(大江ら, 2013)で、第2共鳴周波数を f_2 (Hz)、第3共鳴周波数を f_3 (Hz)、横径(加振部と受振部を当てた部分の距離)を d (m)として、弾性指標 Edf_n (硬さの指標)を $Edf_2 = f_2^2 \cdot d^2$, $Edf_3 = f_3^2 \cdot d^2$ で求めたところ、 Edf_2 が 10,000 または Edf_3 が 17,000 を下回った時期の果実は、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期またはその前後3日の時期であることを報告した。加えて、貫入式硬度計で 2.2 kg を下回った時期の果実は、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期またはその前後3日の時期であることを報告した。本試験のカラーチャート値が 6.5 以上となった時期は、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期と一部で大きく異なったが、それ以外の区ではほぼ一致していた。よって、レオメータ値や弾性指標を用いるよりも精度は劣るものの、梅酒のポリフェノール含量および抗酸化能が最大となる時期を判断する簡易な手法として利用できると判断された。

筆者らは既報(大江ら, 2012b)において、‘南高’果実を用いて製造した梅酒の総デカラクトン (γ -デカラクトンと δ -デカラクトンの合計)、酪酸エチルおよび酢酸ブチルの各芳香成分含量とも、原料果実の果実硬度との間には強い負の相関関係が認められ、原料果実の硬度が 0.98 kg より大きい梅酒は、各芳香成分含量がほぼ $50 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 未満であり、梅酒の芳香成分含量の指標として果実硬度が利用できることを明らかにした。本試験では梅酒の芳香成分を調査していないが、カラーチャート値はレオメータ値との間に強い負の相関関係が認められたことから、芳香成分の多い梅酒製造のための原料選定指標としても利用できることが予想された。しかし、梅酒の芳香成分が多くなる熟度は通常 of 青果収穫熟度よりも進んでおり、本試験で用いたカラーチャートでは判断できない可能性があり、芳香成分が多い梅酒を製造するための収穫指標には測定部位(赤道部や果頂部)の検討や、より熟度が進んだ果実を対象としたカラーチャートの作成が必要となるかもしれない。

以上のことから、カラーチャートは熟度指標として利用でき、果梗部で測定することによりウメ果実のレオメータ硬度の目安および機能性成分等の多い梅酒を作る原料の指標として利用できると判断された。

摘要

本試験では‘南高’果実のカラーチャートを作成し、熟度指標としての適用性を評価するとともに、梅酒品質を高めるための原料果実の熟度指標としての適用性を検討した。

1. カラーチャート値により採取樹、着果位置および採取時期による熟度の違いを判断することが

できた

2. 果梗部のカラーチャート値と赤道部におけるレオメータ値との間では、2009 および 2010 年の着果位置および採取時期が異なる果実の硬度について、また 2011 年の採取園および採取時期が異なる果実の硬度についても、それぞれ、 $r = -0.925$, -0.908 および -0.943 (ともに $p < 0.0001$) の強い負の相関関係が認められた。
3. 各樹の各着果位置それぞれの最高値を 100 とした相対値でカラーチャート値と梅酒品質との関係を 3 年間調査したところ、カラーチャート値が 6.5 以上となる時期の果実を原料とした梅酒は、褐色度の一部を除き、褐色度、果実重減少率、クエン酸含量、ポリフェノール含量、抗酸化能が相対値 81 以上であった。
4. 原料果実のカラーチャート値は梅酒のクエン酸含量との間に、それぞれ、 $r = 0.929$, 0.843 および 0.822 (ともに $p < 0.0001$) の強い正の相関関係が認められ、カラーチャート値はクエン酸含量の目安となることが示された。

これらの結果から、カラーチャート値はウメ果実の硬度の目安に利用でき、機能性成分などの品質に優れた梅酒原料の指標として利用できる可能性が示された。

引用文献

- 秋元秀美・櫻井直樹・岩谷真一郎・高橋昌之. 2011. 弾性指標を用いたアボカドのサイズ・硬さ別の食べ頃予測. 園学研. 10 (別 1) : 265.
- 石澤ゆり・京谷英壽・西村幸一・山口正己・垣内典夫. 1995. ウメ収穫期判定のためのカラーチャート. 果樹試報. 28: 15-24.
- 伊藤三郎. 1991. 果実の栄養・食品科学. 果実の食品特性. p. 60-65. 伊藤三郎編. 果実の科学. 朝倉書店. 東京.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2012. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫期の把握. 園学研. 11(別 2): 337.
- 小林和司・宇土幸伸・鈴木文晃・串田賢一. 2013. ブドウ‘シャインマスカット’の専用カラーチャートによる収穫期の把握 (第 2 報). 園学研. 12(別 2): 305.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期、採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012. Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) ‘Nanko’ fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.
- 大江孝明・櫻井直樹・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・中西 慶・細平正人. 2012a. 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 235-240.
- 大江孝明・櫻井直樹・土田靖久・中西 慶・細平正人. 2013. 携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用. 園学研. 12: 57-65.
- 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. 2012b. 高い芳香成

- 分を有する梅酒製造のためのウメ‘南高’果実の熟度指標. 園学研. 11: 515-521.
- 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・中西 慶・土田靖久・細平正人. 2012c. ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 371-378.
- 大畑和也・櫻井直樹. 2011. 携帯型振動硬度計を用いたプルーン果実品質の非破壊測定. 園学研. 10 (別 2) : 297.
- 尾崎嘉彦. 2004. 近畿の地域特産物. 和歌山県. ウメ. p. 245-250. 地域特産物の生理機能・活用便覧. サイエンスフォーラム. 東京.
- 尾崎嘉彦. 2008. ウメの加工と機能性研究. 日食保蔵誌. 34: 283-290.
- Takahashi, M., M. Taniwaki, N. Sakurai, T. Ueno and H. Yakushiji. 2010. Changes in berry firmness of various grape cultivars on vines measured by nondestructive method before and after veraison. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 377-383.
- 田中敬一. 2003. ポリフェノール. 果物でいきいき健康. p. 84. 間苧谷 徹・田中敬一 著. 果物のはたらき. 日園連. 東京.
- Taniwaki, M. and N. Sakurai. 2010. Evaluation of the internal quality of agricultural products using acoustic vibration techniques. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 113-128.
- 戸田吉紀・高野晃一. 2006. 生理的特性. ソルビトール. p. 14-22. 早川幸男編著. 糖アルコールの新知識. 食品化学新聞社. 東京.
- 富田 晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一. 2012. スモモ‘サマービュート’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研. 11(別 2): 357.
- 富田 晃・萩原栄揮・鈴木文晃・串田賢一・山下路子. 2013. スモモ‘サマーエンジェル’の収穫適期の把握と専用カラーチャートの開発. 園学研. 11(別 2): 310.

ウメ‘南高’における施肥量の違いが果実および梅酒の品質に及ぼす影響

大江孝明・岡室美絵子・山崎哲弘^{1,3}・奥井弥生²・石原紀恵¹・城村徳明・土田靖久⁴

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Influence of the Different Fertilizer Application Rate on Qualities of Japanese Apricot 'Nanko' Fruit and its Processed Ume Liquour

Takaaki Oe, Mieko Okamuro, Tetsuhiro Yamasaki, Yayoi Okui, Norie Ishihara, Noriaki Jomura and Yasuhisa Tsuchida

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

緒言

ウメは生果を食しないことから、青果として流通している果実の品質は他の果実のように食味上重視される糖度、酸度ではなく、大きさや外観で主に評価されている。一方で、ウメは古くから健康食品として利用されており、近年、ウメの機能性に対する科学的アプローチが盛んとなっている (Jong ら, 2006 ; 金銅・赤木, 2007 ; 三谷, 2010 ; 三谷・矢野, 2006 ; Yingsakmongkon ら, 2008) 。消費者の健康意識の高まりとともに、果実やその加工品のもつ機能性が注目されていることから、ウメの機能性が高まる要因を明らかにすることは、健康食品としての価値をより増大させるために必要である。そこで筆者らは、これまでの報告 (伊藤, 1991 ; 尾崎, 2004, 2008 ; 戸田・高野, 2006 ; 田中, 2003) から、ウメに多く含まれる機能性成分として有機酸、ソルビトール、 β -カロテン、ポリフェノールに着目し、抗酸化能とともに、果実熟度や加工方法などの面からこれらが高まる要因や栽培方法を検討してきた (大江ら, 2006, 2007, 2008, 2009, 2012a ; Oe ら, 2012) 。

一方、和歌山県のウメの主力品種である‘南高’は、成熟後期にフルーティーな香りを放ち、このような果実を梅酒原料として用いると、モモ様のフルーティーな香りをもつ梅酒に仕上がることが知られている。‘南高’を用いた梅酒の香气成分についての報告があまりみられないことから、筆者らは既報 (大江ら, 2012b) において、‘南高’を原料とした梅酒に特徴的な香气成分を調査した。その結果、芳香成分の一部が、 γ -デカラクトン (モモ様) , δ -デカラクトン (モモ様) , 酪酸エチル (パイナップル様) および酢酸ブチル (リンゴ様) であり、青っぽい香りが安息香酸エチル (シバ様) であることを明らかにした。また、梅酒の苦み成分として報告されているプルナシン (Kaneko ら, 1998)

¹ : キリンビール株式会社生産本部技術開発部酒類技術開発センター

² : メルシャン株式会社生産 SCM 本部品質管理部

³ 現在 : メルシャン株式会社

⁴ 現在 : 和歌山県経営支援課

およびシュウ酸（大竹・田中，1990）並びにいくつかの香り成分と梅酒原料果実の熟度との関係についても調査し，これら成分が原料果実の収穫時期や追熟条件により大きく変わることを報告した（大江ら，2012b，2012c）。

近年，肥料価格の高騰から，効率的な施肥が求められている．施肥や水分管理といった地下部管理は果実品質にも影響することが報告されており（久保田・工藤，1992；杉山ら，2011；高野，2010；建石・熊代，1977），他の果樹では栽培要因が芳香成分量に影響することが報告されている（Mattheisら，1991）．ウメでも水分ストレスにより果肉のポリフェノール含量，梅酒の苦み成分およびラクトン類の含量が高まることを既報で報告した（大江ら，2013）．しかし，施肥量の違いがウメ果実および梅酒の品質に及ぼす影響についてはあまり明らかにされていない．

そこで本試験では，4年間にわたり異なるN，PおよびK施肥量で栽培した樹体について，果実および梅酒の機能性成分や香り成分に及ぼす影響について調査した．

材料および方法

2007年にうめ研究所内植栽の‘南高’9年生樹体を9樹供試した．2007年4月2日の実肥より2010年5月7日の実肥まで，緩効性化成肥料(16-10-14)の施肥量を変えて処理した．慣行区の施肥量を樹冠占有面積などから判断して，年間1樹当たり2007年が1.33 kg，2008年が1.78 kg，2009年が2.13 kg，2010年が2.57 kgとし，県基準に応じて分施割合は年間施肥量に対し，実肥が15%を2回，礼肥が40%，基肥が30%とした．各時期とも慣行区の5倍量施用する5倍区，各時期とも無施肥とする無施用区を設置した．なお，処理開始時に新梢（15～25 cmの中果枝）中のN，PおよびK含量がほぼ同じになるよう3樹ずつに区割りした．2007年は実肥を4月2日および5月2日に，礼肥を7月10日に，基肥を10月16日に施用した．2008年は実肥を4月2日および5月2日，礼肥を7月16日，基肥を10月27日に施用した．2009年は実肥を3月31日および5月1日，礼肥を7月24日，基肥を9月28日に施用した．2010年は実肥を3月30日および5月7日に施用した．なお，5倍区は2009年以後，流亡量を抑えるために，各時期ともまず半量を施用して7日後に残りを施用した．

夏期（2007年7月10日，2008年7月16日，2009年7月13日）に，各樹から新梢（中果枝）および葉（中果枝中位葉）を採取するとともに，2008年11月20日の落葉期直前に葉を採取して無機成分含量を測定した．2009年2月6日および7月13日に各樹3か所（主枝中央下付近）から土壌を採取して土壌中無機養分を測定した．また，発育枝（50 cm以上の基部が木化した新梢）の発生本数を2007年12月12日，2008年12月12日，2009年12月10日に調査し，樹冠占有面積当たりの発生本数を求めた．

青果収穫期に2007は1回で，2008～2010年は2回に分けて適熟果実を採取し，収量，階級構成および大玉率を調査した．すなわち，2007年が6月12日，2008年が6月21日と24日，2009年が6月12日と20日，2010年が6月9日と22日に果実を採取し，大玉率は全収量に対する2L階級以上の重量とした．また，1回目の採取時に2007年は2L果実を，2008年，2009年および2010年は平均的な大きさの10果を採取し，果実品質を調査した．既報（大江ら，2006，2007）と同様に，果実重，熟度指標となる毛じ抜け具合，果実硬度および果皮色b*値を調査し，その後，種を取り果皮を含む果肉の無機成分（N，P，K，MgおよびCa，2010年を除く），有機酸，糖，β-カロテンおよびポリフェノール含量並びに抗酸化能を調査した．すなわち，有機酸，糖およびβ-カロテン含量はHPLC（LC-10Avp，島津製作所）で，ポリフェノール含量はフォーリンチオカルト法で，抗酸化能

はフリーラジカル消去能を 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) を用いた比色法で測定した。加えて、紅色着色果（果実表面の 30%以上着色）の割合を 2007 および 2008 年に調査した。また、各器官の N 含量と収量や果実品質との関係を調査した。

2007～2009 年の 1 回目の採取時に青果を梅酒に加工するとともに、2009 年の 2 回目の採取時に黄熟した果実（以下黄熟果）を梅酒に加工した。梅酒の加工方法は、既報（大江ら，2007）と同様に、果実 1 kg あたり、氷砂糖 0.8 kg，ホワイトリカー 1.8 L の割合で漬け込み、冷暗所に 6 か月間保存して行った。漬け込み終了後、梅酒製造量を測定するとともに、0.45 μm のフィルターを通し、褐色度（450 nm 吸光度）、苦み成分としてプルナシンおよびシュウ酸、機能性成分として有機酸、ソルビトールおよびポリフェノール含量並びに抗酸化能を測定した。また、2009 および 2010 年の黄熟果を 4～8 日追熟して梅酒に加工し、2008 および 2009 年の青果の梅酒とともに、γ-デカラクトン、δ-デカラクトン、酪酸エチル、酢酸ブチルおよび安息香酸エチルの香気成分を測定した。苦みおよび香気成分の測定方法は既報（大江ら，2012a）と同様に、プルナシンおよびシュウ酸含量は HPLC で、香気成分は GC/MS（GC-2010，島津製作所）で測定した。また、各器官の N 含量と梅酒品質との関係を調査した。

結果

2009 年の土壤中無機成分について、土壤中の無機態 N は果実肥大前の 2 月では 5 倍区が他に比べて多かったが、果実収穫後の 7 月では差がなかった（第 1 表）。可給態リン酸、K₂O、CaO および MgO に差はな

第1表 施肥量の多少と土壤中無機成分（2009年）

	無機態N		可給態リン酸		交換性塩基(mg・100g ⁻¹)					
	(mg・100g ⁻¹)		(mg・100g ⁻¹)		K ₂ O		CaO		MgO	
	2月 ²	7月	2月	7月	2月	7月	2月	7月	2月	7月
5倍区	15.1 a	3.9	40	70	67	44	87	106	44	54
慣行区	3.0 b	2.4	39	81	48	48	148	160	79	79
無施用区	1.5 b	2.8	50	114	47	38	201	238	89	88
有意性 ³	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

²2月は実肥施用前の2月6日，7月は礼肥施用前の7月13日

³Tukeyの方法により，*は異符号間に有意差があることを，NSは有意差がないことを示す（n=3）

かったが、CaO および MgO は施肥量が少ないほど多い値であった。夏期の新梢中および葉中の無機成分含量は各区間に差がなかった（第 2 表，第 3 表）。ただし、各年とも無施用区は新梢および葉中 N が他に比べて少ない値であり、葉中 Ca が他に比べて多い値であり、葉中 N が年々減少する傾向で推移した。果肉（果皮を含む）中の無機成分含量について、N は 2008 年の無施用区が他に比べて少なく、他の年も少ない値であった（第 4 表）。また、5 倍区および無施用区は年々減少する傾向で推移した。P、K、Ca および Mg については各区間に差がなかった。単位面積当たりの発育枝発生本数は各区間に差がなかったが、各年とも無施用区は他に比べて少ない値であった（第 5 表）。

第2表 施肥量の多少と夏期の新梢中無機成分²

	N(%)			P(%)			K(%)			Ca(%)			Mg(%)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
5倍区	1.11	1.65	1.63	0.20	0.22	0.22	0.63	0.58	0.61	1.30	2.03	1.98	0.26	0.27	0.28
慣行区	0.90	1.57	1.34	0.20	0.18	0.20	0.58	0.63	0.61	1.32	1.59	1.69	0.24	0.28	0.28
無施用区	0.88	1.44	1.02	0.20	0.19	0.19	0.60	0.57	0.54	1.46	1.81	2.21	0.21	0.27	0.27
有意性 ³	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

²各年とも7月に中果枝（15～25cm）の新梢を採取

³Tukeyの方法により，NSは有意差がないことを示す（n=3）

第3表 施肥量の多少と葉中無機成分¹

	N (%)				P (%)				K (%)			
	2007	2008		2009	2007	2008		2009	2007	2008		2009
	7月	7月	11月	7月	7月	7月	11月	7月	7月	7月	11月	7月
5倍区	3.00	3.09	2.79	2.92	0.18	0.16	0.16	0.16	3.77	3.58	2.95	3.49
慣行区	2.65	2.76	2.59	2.73	0.17	0.14	0.18	0.16	3.97	3.93	3.17	4.14
無施用区	2.61	2.49	2.35	2.28	0.19	0.19	0.24	0.23	4.13	3.83	2.75	3.84
有意性 ²	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Ca (%)				Mg (%)							
	2007	2008		2009	2007	2008		2009				
	7月	7月	11月	7月	7月	7月	11月	7月				
5倍区	1.32	1.29	1.53	1.47	0.31	0.27	0.34	0.30				
慣行区	1.33	1.25	1.48	1.50	0.31	0.31	0.36	0.36				
無施用区	1.42	1.50	1.87	1.61	0.33	0.33	0.41	0.33				
有意性 ²	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				

¹各時期とも中果枝中位葉を採取

²Tukeyの方法により、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第4表 施肥量の多少と果肉中無機成分¹

	N(%)			P(%)			K(%)			Ca(ppm)			Mg(ppm)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
5倍区	1.90	1.67 a	1.30	0.23	0.21	0.20	2.67	2.19	2.49	622	869	498	812	783	805
慣行区	1.50	1.84 a	1.40	0.22	0.20	0.22	2.68	1.98	2.51	541	752	663	828	696	924
無施用区	1.33	1.20 b	0.60	0.20	0.18	0.19	2.45	1.89	2.46	535	816	684	778	659	799
有意性 ²	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹各年とも6月の青果収穫期に採取した果皮を含む含量

²Tukeyの方法により、*は異符号間に有意差があることを、NSは有意差がないことを示す (n=3)

紅色着色果の割合および単位面積当たりの収量は各区間に差がなかったが、4年間の総収量では無施用区および慣行区が5倍区よりも少ない傾向であった(第6表)。総収量に対する1回目に収穫可能な果実の割合は、各区間に差がなかったが、各年とも施肥量が少ないほど高い値であった。階級構成は各区間に大差がなく、大玉率にも差がなかった(第7表)。

果実形質について、調査した果実の重量に差はなかった(第8表)。毛じ抜け具合は2008年の無施用区が他に比べて大きく、各年とも施肥量が少ないほど大きい値であった。果実硬度は2008

年の無施用区が5倍区に比べて小さく、各年とも無施用区が他に比べて小さい値であった。果皮色b*値は2008年の無施用区が他に比べて大きく、2010年を除き無施用区が他に比べて大きい値であった。果実の機能性成分含量について、2008年のβ-カロテン含量は無施用区が他に比べて多かった(第9表)。クエン酸、リンゴ酸、ソルビトール、全糖およびポリフェノール含量並びに抗酸化能については各区間に差がなかった。ただし、各年とも全糖およびポリフェノール含量は無施用区が

第5表 施肥量の多少と発育枝発生本数

	発育枝発生本数(本・m ⁻²)		
	2007	2008	2009
5倍区	12.6	14.6	10.7
慣行区	9.6	13.6	11.6
無施用区	8.9	9.0	10.0
有意性 ²	NS	NS	NS

²Tukeyの方法により、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第6表 施肥量の多少と果実の紅色着色および収量

	紅色着色果の割合 (%) ^z		収量					1回目		
	2007	2008	単位面積収量(kg・m ⁻²)				総収量(kg・樹 ⁻¹) ^y	収穫割合 (%) ^x		
			2007	2008	2009	2010		2008	2009	2010
5倍区	1.2	1.1	1.2	1.5	2.7	2.5	91.9 ± 15.7	63	65	57
慣行区	1.9	1.3	1.4	1.3	2.0	2.8	66.5 ± 6.8	79	86	63
無施用区	1.9	3.2	0.8	0.8	2.6	1.5	52.5 ± 11.5	100	87	84
有意性 ²	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^x紅色着色果は果実表面に30%以上着色した果実

^y2007~2010年の総和で、平均値±標準誤差

^z外観での収穫基準をもとに、1回目に収穫した果実の割合

²Tukeyの方法により、NSは有意差がないことを示す (n=3)

他に比べて多い値であった。

夏期の新梢中 N 含量は調査した 3 年間ともに、夏期の葉中 N 含量と強い正の相関関係がみられた（第 10 表）。果肉中 N 含量は調査した 3 年間ともに、果実硬度と正の、果皮色 b^* 値および果肉中全糖含量と負の強い相関関係がみられた。

果実 1 kg 当たりの梅酒製造量は、各区間に差がなかった（第 11 表）。褐色度は各区間に差がなかった。苦み成分について、プルナシンおよびシュウ酸含量は各区間に差がなかった。

機能性成分について、クエン酸および有機酸総量は各区間に差がなかった（第 12 表）。ただし、各年とも無施用区が最も多い値であった。リンゴ酸は各区間に差がなかった。ソルビトール含量は 2009 年の青果で 5 倍区が慣行区に比べて多かった。ポリフェノール含量は各区間に差がなかった。ただし、各年とも無施用区が最も多い値であった。抗酸化能は各区間に差がなかった。

香氣成分について、 γ -デカラクトン、 δ -デカラクトンおよび酢酸ブチル含量は各区間に差がなかった（第 13 表）。酪酸エチル含量は 2009 年の追熟果で 5 倍区が無施用区に比べて多かった。安息香酸エチルは 2008 年の 5 倍区が無施用区に比べて多かった（第 14 表）。新梢、葉および果実中の N 含量と梅酒中の機能性および香氣成分との間には一定の関係性は認められなかった（第 15 表）。

考察

本試験では、N、P および K のウメ樹への施用量を 4 年間にわたり大きく変え、ウメ果実の品質や内容成分に対する影響を調査した。

夏期の新梢および葉並びに収穫時の果肉の N 含量は、無施肥の樹（以下無施用樹）が慣行どおりに施肥を行った樹（以下慣行樹）およびその 5 倍量施肥を行った樹（以下 5 倍樹）に比べて少ない値であった。無施用樹は果実肥大前の土壤中無機態 N 量が少ないうえに、その後の実肥としての供給もなかったことから、樹体の窒素含量が減少したものと考えられる。一方で、5 倍樹は新梢、葉および果肉の各部位とも N 含量が慣行樹とそれほど差がなかった。また、慣行樹における新梢、葉および果肉の N 含量は経年的に減少することはなかった。よって、樹体の N 含量を維持するには、慣行の施用量で十分と考えられた。一方で、5 倍樹は 4 年間の 1 樹当たりの総収量が多い傾向を示した。一般に、果樹では N 施用量を増やすにつれて樹勢が強化されて収量が増加し（杉浦，2010）、モモにおいて、N 施用量を増やすにつれて収量が増加することが報告されている（赤井ら，1995）。また、カンキツ‘はるみ’においても施肥量抑制により 3 年間の 1 樹当たりの総収量が減少することが報告されている（杉山ら，2011）。本試験でも施肥量を抑制すると、樹体の N 含量が減少し、発育枝の発生が少なくなる傾向であったことから、ウメも N 施用量に対して他の果樹と同様の反応を示すことが確認された。

一方で、N、P および K の施用量を変えても、果実肥大前および収穫直後ともに、土壤中の可給態リン酸および K_2O に差がなく、新梢、葉および果肉中の P および K についても、施肥量による差がなく推移した。その要因として、P は窒素に比べて吸収率がきわめて低く、K は天然供給量が多い（杉浦，2010）ことが考えられる。実際に、P および K を 4 年間施用しなくても P は土壤中の含量に大きく影響せず、K は土壤中の交換性 K_2O が減少するものの、樹体の K 含量への影響が小さいことが確認されている（未発表）。また、土壤中の CaO および MgO は N、P および K の施用量が多いほど少ない値であった。ウメ園土壌において Ca および Mg は硝酸イオンの溶脱に応じて溶脱

第7表 施肥量の多少と階級構成

	2007						2008						2009						2010								
	階級構成(%) ^z			大玉			階級構成(%)			大玉			階級構成(%)			大玉			階級構成(%)			大玉					
	4L	3L	2L	L	M	S	率 ^y	4L	3L	2L	L	M	S	率	4L	3L	2L	L	M	S	率	4L	3L	2L	L	M	S	率
5倍区	1	23	40	29	6	2	65	37	39	16	5	2	97	6	27	41	22	4	76	20	44	22	11	1	0	89	
慣行区	1	16	47	27	6	2	65	62	28	6	3	1	98	29	39	23	8	2	92	18	43	29	7	2	0	91	
無施用区	3	20	38	23	13	3	61	55	31	8	3	3	93	13	40	22	15	10	65	25	57	14	2	1	0	95	
有意性 ^x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	-	NS	

^z重量による割合

^y全収量に対する2L以上の果実重量

^xTukeyの方法により、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第8表 施肥量の多少と果実形質^z

	毛じの抜け						果実硬度						果皮色					
	具台(%)						(kg)						b*値					
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010		
5倍区	27.5	41.1	32.5	39.2	22	52	18	16	1.58	1.16	1.30	2.14	30.2	34.6	32.0	32.3		
慣行区	27.7	41.6	35.9	39.0	24	59	27	22	1.49	1.01	1.32	2.11	30.9	35.6	31.8	31.5		
無施用区	27.1	44.2	31.6	38.5	28	75	a	43	1.37	0.72	1.02	1.89	32.3	39.9	a	34.8		
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	

^z2007年は2L果実のみを選果して調査

2008、2009および2010年は、青果収穫期に採取した平均的な大きさの果実を調査

^yTukeyの方法により、異符号間に*は5%水準で有意差があること、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第9表 施肥量の多少と果実の機能性成分含量および抗酸化能

	有機酸(g・100g ⁻¹ FW)						糖(g・100g ⁻¹ FW)						β-カロテン						ポリフェノール						抗酸化能					
	クエン酸			リンゴ酸			ソルビトール			全糖 ^y			(mg・100g ⁻¹ FW)			(mgCE・100g ⁻¹ FW) ^y			(μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^y											
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009									
5倍区	3.92	4.45	4.50	4.50	1.89	1.61	1.91	1.79	0.14	0.12	0.09	0.13	0.85	1.10	0.80	0.72	0.25	0.20	0.18	0.10	90	69	78	92	384	321	403	281		
慣行区	4.01	4.64	4.57	4.43	1.89	1.60	1.72	1.79	0.14	0.12	0.04	0.11	0.97	1.14	0.65	0.69	0.24	0.24	0.16	0.10	96	75	81	91	417	358	417	287		
無施用区	4.29	4.68	4.84	4.47	2.00	1.42	1.85	1.79	0.25	0.14	0.16	0.13	1.48	1.37	1.10	0.77	0.29	0.46	a	0.17	103	79	85	106	447	351	437	339		
有意性 ^x	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z全糖はソルビトール、スクロース、グルコースおよびフルクトースの総和で、2010年のみソルビトール、スクロースおよびグルコースの総和

^yCEはクロロゲン酸相当量を、TEはα-トコフェロール相当量を示す

^xTukeyの方法により、*は異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第10表 各器官のN含量と収量および果実品質との相関係数

調査年	葉中N		果肉中N		単位面積		毛じ		果肉中成分含量			
	2007	2008	2007	2008	収量	抜け具合	果実硬度	果皮色b*値	ソルビトール	全糖	ポリフェノール	ポリフェノール
新梢中N ^z	0.881 ** ^y	0.703 *	0.214	0.287	0.569	0.357	-0.214	-0.207	-0.237	-0.087	-0.514	-0.514
2007	0.881 ** ^y	0.703 *	0.214	0.287	0.569	0.357	-0.214	-0.207	-0.237	-0.087	-0.514	-0.514
2008	0.703 *	0.921 ***	0.287	0.576	0.563	-0.094	0.185	-0.393	0.106	-0.045	-0.120	-0.120
2009	0.921 ***	-	0.576	0.544	0.576	-0.889 **	0.816 **	-0.747 *	-0.321	-0.516	-0.455	-0.455
葉中N	-	-	0.180	0.544	0.544	0.196	0.226	-0.199	-0.157	-0.122	-0.393	-0.393
2007	-	-	0.180	0.544	0.544	0.196	0.226	-0.199	-0.157	-0.122	-0.393	-0.393
2008	-	-	0.698 *	0.460	0.460	-0.644	0.758 *	-0.819 **	-0.024	-0.544	-0.136	-0.136
2009	-	-	0.685 *	0.459	0.459	-0.958 ***	0.933 ***	-0.893 *	-0.496	-0.679 *	-0.620	-0.620
果肉中N	-	-	-	-	-0.336	-0.510	0.795 *	-0.753 *	-0.826 **	-0.893 **	-0.736 *	-0.736 *
2007	-	-	-	-	-0.336	-0.510	0.795 *	-0.753 *	-0.826 **	-0.893 **	-0.736 *	-0.736 *
2008	-	-	-	-	0.468	-0.934 ***	0.888 **	-0.959 ***	-0.316	-0.879 **	-0.462	-0.462
2009	-	-	-	-	0.020	-0.765 *	0.833 **	-0.732 *	-0.793 *	-0.847 **	-0.449	-0.449

^z果肉は青果収穫時の果皮を含む含量，葉および新梢は7月の含量

^y*, **および***はそれぞれ5, 1および0.1%水準で有意であることを示す (n=9)

第11表 施肥量の違いと梅酒の製造量，褐色度および苦み成分

調査年	梅酒製造量(mL) ^z		褐色度 (450 nm吸光度)		プルナシン (mg・100 mL ⁻¹)		シュウ酸 (mg・100 mL ⁻¹)	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
5倍区	2,433	2,365	0.12	0.11	1.54	1.94	5.86	5.75
慣行区	2,446	2,286	0.11	0.12	1.53	1.77	5.86	5.59
無施用区	2,257	2,185	0.10	0.13	1.73	2.06	5.94	5.29
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z梅酒製造量は果実1kg当たり

^yTukeyの方法により，NSは有意差がないことを示す (n=3)

第12表 施肥量の違いと梅酒の機能性成分含量および抗酸化能

調査年	クエン酸		リンゴ酸		総量		ソルビトール (mg・100 mL ⁻¹)		ポリフェノール (mgCE・100 mL ⁻¹ ・y)		抗酸化能 (μmolTE・100 mL ⁻¹ ・y)	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
5倍区	0.91	0.96	0.90	0.98	0.43	0.30	1.35	1.26	29	65	67	69
慣行区	0.93	0.99	0.90	0.93	0.42	0.29	1.34	1.28	21	36	53	63
無施用区	0.97	1.02	0.95	0.98	0.41	0.28	1.38	1.30	42	59	66	69
有意性 ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zCEはクロロゲン酸相当量を，TEはα-トコフェロール相当量を示す

^yTukeyの方法により，*は異符号間に5%水準で有意差があることを，NSは有意差がないことを示す (n=3)

第13表 施肥量の違いと梅酒の芳香成分

	芳香成分 (µg・L ⁻¹)																													
	γ-デカラクトン				δ-デカラクトン				酪酸エチル				酢酸ブチル																	
	2008	2009	2010 追熟果		2008	2009	2010 追熟果		2008	2009	2010 追熟果		2008	2009	2010 追熟果															
5倍区	7	10	410	109	465	724	628	0	12	23	63	67	33	21	11	217	a	35	107	121	138	0	13	35	13	4	9	29		
慣行区	23	7	324	148	463	770	549	8	0	7	32	68	72	29	27	8	173	ab	48	91	130	94	13	12	36	18	3	8	8	
無施用区	28	6	388	253	480	624	587	8	0	11	48	60	57	38	35	14	133	b	54	104	141	120	7	13	20	12	4	15	6	
有意性 [†]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[†]追熟果は黄熟果を20°Cで追熟した果実で、2009年は4日追熟

[‡]Tukeyの方法により、*は異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第14表 施肥量の違いと梅酒の安息香酸エチル含量

	安息香酸エチル (µg・L ⁻¹)							
	2008	2009 追熟果						
5倍区	311	a	178	206	119	145	171	214
慣行区	279	ab	152	231	146	179	238	203
無施用区	245	b	172	222	126	134	200	183
有意性 [†]	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[†]追熟果は黄熟果を20°Cで追熟した果実で、2009年は4日追熟

[‡]Tukeyの方法により、*は異符号間に5%水準で有意差があることを、NSは有意差がないことを示す (n=3)

第15表 各器官のN含量と梅酒中機能性成分および香气成分との相関係数

調査年	梅酒中機能性成分含量					梅酒中香气成分含量				
	クエン酸	有機酸 総量	ポリフェ ノール	γ-デカラク トン	δ-デカラク トン	酪酸 エチル	酢酸 ブチル	芳香成分総 量	安息香酸エ チル	—
新梢中N [‡]	2007	-0.660	-0.583	-0.520	—	—	—	—	—	—
	2008	0.022	0.017	0.293	-0.371	-0.332	-0.221	-0.492	-0.391	0.584
	2009	-0.616	-0.484	-0.067	0.041	0.198	0.739 *	0.440	0.329	0.422
葉中N	2007	-0.568	-0.456	-0.417	—	—	—	—	—	—
	2008	-0.558	-0.534	-0.138	-0.759 *	-0.728 *	-0.674 *	-0.749 *	-0.791 *	0.916 **
	2009	-0.740 *	-0.563	0.056	-0.098	0.055	0.737 *	0.568	0.223	0.342
果肉中N	2007	-0.523	-0.422	-0.364	—	—	—	—	—	—
	2008	-0.596	-0.513	-0.554	-0.583	-0.531	-0.723 *	-0.186	-0.547	0.818 **
	2009	-0.839 **	-0.924 ***	-0.249	-0.512	-0.443	0.544	0.765 *	-0.171	-0.157

[‡]果実は収穫時、葉および新梢は7月の含量 (n=9)

[†]2007および2008年は青果、2009年は黄熟果を供試し、2009年の香气成分は4日追熟後の値

され（岡室ら，2010），リンゴ園土壌においても同様の報告（安部ら，1999）がみられることから，N 施用量の多い土壌で CaO および MgO が多く溶脱され，少なくなったと考えられる．その結果，無施用樹の土壌中の CaO が他よりも多くなり Ca が葉中で高まったものと考えられる．

ウメは色つやや毛じの抜け具合などの外観で収穫開始期が決められており，通常 2 回に分けて適熟果を収穫する．これらを基準に収穫すると，総収量に対する 1 回目に収穫可能な果実の割合が，各年とも施肥量が少ないほど高い値であった．また，1 回目に収穫した同日の果実について，熟度指標となる毛じ抜け具合，果実硬度および果皮色 b^* 値から判断すると，無施用樹の果実は慣行樹および 5 倍樹の果実よりも熟度が進んでいると判断された．さらに，果肉中 N 含量は調査した 3 年間ともに，果実硬度とは正の，果皮色 b^* 値とは負の強い相関関係が見られた．すなわち，果実の N 含量が減少すると熟度進行が早まる傾向が認められた．一般に，果樹では樹体の窒素含量が欠乏すると，熟期が早くなるが（福元，2002），ウメでも同様に N 施用量を減らすと熟期が早まることが確認された．既報（2012a）の果実硬度および果皮色 b^* 値の推移データから判断して，施肥量抑制による熟期の早まりは 3 日程度と判断された．また，一部で果肉の β カロテン含量が無施用樹で高まったが，このことは熟期が早まったことによると推測された．

夏期の新梢中 N 含量は調査した 3 年間ともに，夏期の葉中 N 含量と強い正の相関関係が見られた．ウメ樹体の栄養状態を把握するための指標として，夏期（7～8 月）の葉中 N 含量が利用されているが，本試験の結果から新梢中の N 含量も指標となることが示された．

果肉中の全糖含量は無施用樹が他に比べて多い値であり，リンゴ（駒村ら，2000）およびビワ（内野ら，1997）における報告と一致した．加えて，果肉中 N 含量は調査した 3 年間ともに果肉中の全糖含量と負の強い相関関係がみられた．果肉中のポリフェノール含量も無施用樹が他に比べて多い値であり，オリーブオイルにおいて，N 施用量が多いほどポリフェノール量が少ないとの報告（Fernández-Escobar ら，2006）と一致した．要因については，今後詳細な検討が必要であるが，既報（大江ら，2013）で，乾燥ストレスにより有機酸，ポリフェノール含量および抗酸化能が高まることを報告しており，乾燥ストレスと同様の樹体への影響を養分不足も引き起こすのではないかと考えられた．

次に梅酒品質について，クエン酸および有機酸総量は無施用樹が他に比べて多い値であった．上述のとおり，果肉中の全糖含量は無施用樹が他に比べて多い値であったことから，梅酒への加工工程で有機酸に代謝され高まったものと考えられた．また，ポリフェノール含量についても無施用樹が他に比べて多い値であった．果肉中のポリフェノール含量は無施用樹が他に比べて多い値であり，そのことが梅酒の含量に反映されたものと考えられた．一方で，果実や葉などの器官において N の大幅な減少が確認されたにも関わらず，梅酒の香気成分や苦み成分に施肥量の違いによる差がみられず，一定の傾向もみられなかった．よって，N はこれら成分への影響が小さいと判断された．

以上のように，N 施用量の抑制により 3 日程度熟期が早まり糖およびポリフェノール含量が増加する傾向である反面，収量が減少する傾向となることなどが明らかとなった．

摘要

- 1) N, P および K 施用量の抑制は，樹体の N 含量を減少させたが，樹体の P および K の含量には影響しなかった．
- 2) 施肥量を変えた 4 年間の総収量は，無施肥の樹および慣行樹が 5 倍量施肥した樹よりも少ない

傾向であった。

- 3) 熟度指標となる毛じ抜け具合, 果実硬度および果皮色 b^* 値から判断して, N 施用量が少なく, 果肉中の N 含量が少ない方が熟期が早まると判断された。
- 4) 同一採取日では果肉中 N 含量は果肉中全糖含量と強い負の相関関係が見られ, 果実中の N が少ない方が糖含量が高まると判断された。
- 5) 果肉中の N の減少による糖含量の高まりは梅酒の有機酸含量に影響すると判断された。

引用文献

- 安部 充・加藤公道・星 保宜・斉藤研二. 1999. 窒素施用量が異なるリンゴ園土壌における養水分特性. 東北農業研究. 52: 179-180.
- 赤井広子・加藤公道・福元將志・壽松木 章・増子俊明・安部 充・額田光彦. 1995. モモ園における窒素施用量の違いが樹体生育, 収量, 果実品質に及ぼす影響. 東北農業研究. 48: 183-184.
- Fernández-Escobar, R., G. Beltrán, M. A. Sánchez-Zamora, J. García-Novelo, M. P. Aguilera and M. Uceda. 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. HortScience 41: 215-219.
- 福元將志. 2002. 施肥管理. 生理障害. p. 280-281. 新編果樹園芸学. 間苧谷 徹編著. 化学工業日報社. 東京.
- 伊藤三郎. 1991. 果実の栄養・食品科学. 果実の食品特性. p. 60-65. 伊藤三郎 編. 果実の科学. 朝倉書店. 東京.
- Jong, T. J., J. Moon, K. Park and C. S. Shin. 2006. Isolation and characterization of a new compound from *prunus mume* fruit that inhibits cancer cells. J. Agric. Food Chem. 54: 2123-2128.
- Kaneko, K., C. Otaguro, N. Yoshida, M. Utada, K. Tsuji, S. Kikuchi and H. Cha. 1998. Influence of the maturity of the fruit material on various components and taste of ume liquor. Food Sci. Technol. Int. Tokyo. 4: 59-65.
- 駒村研三・壽松木 章・福元將志・加藤公道・佐藤雄夫. 2000. リンゴ園における長期窒素施肥の生育, 収量および果実品質に及ぼす影響. 園学雑. 69: 617-623.
- 金銅俊二・赤木知裕. 2007. 梅酒の機能性. p. 48-54. 北本勝ひこ編. 醸造物の機能性. 日本生物工学会スローフード微生物工学研究部会. 大阪.
- 久保田尚浩・工藤正吾. 1992. モモ果実の渋みとポリフェノール含量に及ぼす土壌乾燥の影響. 園学雑. 61: 31-37.
- Mattheis, J. P., J. K. Fellman, P. M. Chen and M. E. Patterson. 1991. Changes in headspace volatiles during physiological development of Bisbee Delicious apple fruit. J. Agric. Food Chem. 39: 1902-1906.
- 三谷隆彦. 2010. 梅酢ポリフェノールの開発とその利用. 食品と開発 45: 81-83.
- 三谷隆彦・矢野史子. 2006. ウメとプラム. 近畿大先端技総研紀要 11: 1-13.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期, 採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- 大江孝明・根来圭一・岡室美絵子・土田靖久・細平正人. 2009. 加工方法の違いが梅酒およびウメ糖抽出液の品質に及ぼす影響. 近畿中国四国農業研究 14: 118-122.

- 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.
- Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012. Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 'Nanko' fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.
- 大江孝明・櫻井直樹・岡室美絵子・根来圭一・土田靖久・中西 慶・細平正人. 2012a. 着果位置の違いがウメ‘南高’果実の成熟および機能性成分に及ぼす影響. 園学研. 11: 235-240.
- 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. 2012b. 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.
- 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・中西 慶・土田靖久・細平正人. 2012c. ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 371-378.
- 大江孝明・土田靖久・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2013. ウメ‘南高’樹体への乾燥ストレスおよび着果負担が果実および梅酒品質に及ぼす影響. 和歌山農林水研報. 1: 55-64.
- 岡室美絵子・桑原あき・土田靖久. 2010. 和歌山県のウメ園土壌における肥料成分の溶脱特性. 園学研. 9: 299-304.
- 大竹良知・田中喜久. 1990. ウメ果実の発育・追熟中の有機酸含量の変化と収穫適期判定. 愛知農総試研報. 22: 275-284.
- 尾崎嘉彦. 2004. 近畿の地域特産物. 和歌山県. ウメ. p. 245-250. 地域特産物の生理機能・活用便覧. サイエンスフォーラム. 東京.
- 尾崎嘉彦. 2008. ウメの加工と機能性研究. 日食保蔵誌. 34: 283-290.
- 杉浦 明. 2010. 果樹栽培の基礎. 土壌管理とかん水・施肥. 施肥. p.52-54. 新版果樹栽培の基礎. 杉浦 明編著. 農山漁村文化協会. 東京.
- 杉山泰之・江本勇治・濱崎 櫻・鈴木晴夫・大城 晃. 2011. 窒素施用量の違いが中晩生カンキツ‘はるみ’幼木の樹体生育・果実品質及び葉中無機成分含有率に及ぼす影響. 静岡農林技研研報. 4: 51-59.
- 高野和夫. 2010. おいしいモモの生産と出荷技術に関する研究. 岡山農研報. 1: 23-90.
- 田中敬一. 2003. ポリフェノール. 果物でいきいき健康. p. 84. 間苧谷 徹・田中敬一 著. 果物のはたらき. 日園連. 東京.
- 建石繁明・熊代克巳. 1977. 火山灰土壌に生育するリンゴ, ナシ, モモおよびブドウ樹の生育, 収量および果実品質に及ぼすリン酸の肥効. 信州大農学部紀要. 14: 1-11.
- 戸田吉紀・高野晃一. 2006. 生理的特性. ソルビトール. p. 14-22. 早川幸男編著. 糖アルコールの新知識. 食品化学新聞社. 東京.
- 内野浩二・佐野憲二・松下加奈恵・立田芳伸・迫田和好. 1997. 窒素施用量が‘茂木’の生育, 果実品質及び葉中無機成分含量に及ぼす影響. 鹿児島果樹試研報. 1: 1-5.
- Yingsakmongkon, S., D. Miyamoto, N. Sriwilaijaroen, K. Fujita, K. Matsumoto, W. Jampangern, H. Hiramatsu, C. T. Gou, T. Sawada, T. Takahashi, K. Hidari, T. Suzuki, M. Ito, Y. Ito and Y. Suzuki. 2008. *In vitro* inhibition of human influenza A virus infection by fruit-juice concentrate of Japanese plum (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). Biol. Pharm. Bull. 31: 511-515.

ウメ‘南高’における栽培土壌の違いが果実の機能性成分に及ぼす影響

大江孝明・岡室美絵子・土田靖久¹・城村徳明

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Influence of the Difference of Planting Soils on Functional Components of Japanese Apricot 'Nanko' Fruit

Takaaki Oe, Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura

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

緒言

ウメは古くから健康食品として利用されており、消費者の健康意識の高まりとともに、果実やその加工品のもつ機能性が注目されていることから、ウメの機能性が高まる要因を明らかにすることは、健康食品としての価値をより増大させるために必要である。そこで筆者らは、有機酸、ソルビトール、 β -カロテン、ポリフェノールの機能性成分に着目し、抗酸化能とともに、果実の着果条件、熟度および加工方法の面からこれらが高まる要因を明らかにしてきた（大江ら、2006, 2007, 2008, 2009, 2012 ; Oeら, 2012）。しかし、地下部管理との関係はあまり明らかにされていない。

和歌山県のウメ園は、海岸沿いから山間部にかけて分布し、山なりに造成した傾斜地園が多い。近年、このような傾斜地園に加え、山を削って大規模に造成した新規造成園や水田転換園が増加している。このため、ウメ園土壌は、岩屑土（新規造成園）、灰色低地土（水田転換園）、黄色土（沿岸部山地園）および褐色森林土（山間部山地園）と特性が大きく異なる。岡室ら（2010）は、これら4種類の土壌をライシメータに充てんしてウメ樹を植栽し、土壌型により養水分の溶脱特性、土壌理化学性の変化および樹体の生育が異なることを報告している。施肥や水分管理といった地下部管理は果実品質に影響することが報告されており（久保田・工藤, 1992 ; 高野, 2010）、根域制限栽培条件下のウンシュウミカンでは、土壌型の違いは果実品質に影響するとの報告がみられることから（夏秋ら, 2003）、ウメにおいても土壌型の違いが果実品質に影響すると予想される。

そこで、本試験では栽培土壌型の違いが果実の機能性成分に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

1. 栽培土壌の違いが果実および梅酒の機能性成分に及ぼす影響（試験1）

岡室ら（2010, 2013）と同じ、和歌山県うめ研究所にある硬質フィルム製の温室内に設置した縦

¹現在：和歌山県経営支援課

370 cm, 横 370 cm, 深さ 60 cm のコンクリート製ライシメータを用いた。12 基のライシメータに、県内のウメ産地から採取した、岩屑土、灰色低地土、黄色土および褐色森林土の 4 種類の土壌を各 3 反復で充てんした。土壌 pH を 6 前後となるように苦土石灰を施用し、2004 年 3 月に‘南高’2 年生苗木を各枠の中央に植栽した。

灌水は、ウメ樹の幹から 1 m, 深さ 20 cm 地点（灰色低地土は湿害が出やすいため 2006 年 5 月以降 30 cm）の土壌 pF をテンションメータ（DM-8M, 竹村電機製作所）で測定し、pF 2.7 以上となった時点で 20 mm（岩屑土は最大容水量が少ないため 2006 年 4 月以降 15 mm に変更）相当量を、灌水用パイプに取り付けた散水ノズルから地表面散水した。

施肥について、窒素、リン酸およびカリの施肥は緩効性化成肥料（N : P₂O₅ : K₂O = 16 : 10 : 14）を用いた。2004～2006 年は、窒素成分で 1 枠あたり年間 100 g を 6 回等量に分けて 16.7 g ずつ表層施用した。2007 および 2008 年は 1 枠当たり窒素成分で年間 300 g を、2009 年以降は年間 500 g を、4 月上旬 15%, 5 月上旬 15%, 6 月下旬 40%, 9 月下旬 30% に分けて施用した。また、苦土石灰（CaO53%, MgO14%）を 2006 年 3 月に 1 枠あたり 500 g, 2007 年 3 月および 2008 年 2 月に褐色森林土、黄色土および灰色低地土の枠には 1,000 g, れき率が高く保肥力の低い岩屑土の枠には 500 g 施用した。2009 年 2 月には消石灰（CaO70%）を灰色低地土の枠には 1,000 g, 褐色森林土、黄色土および岩屑土の枠には 500 g 施用した。

2006～2009 年（4～7 年生）の青果収穫期に適熟果実（以下青果）を採取した。また、2008～2010 年（2010 年は各土壌 2 反復の計 8 基）の完熟落果開始期（着果量の 20% 程度落果した時期を見た目で判断）に完熟落下果実（以下完熟果）とその時点で樹上に着果している果実（以下黄熟果）を採取した。なお、完熟果は前日の 18 時以降に落果した果実を 9 時前後に採取した。2008 年は、同じ土壌型のすべての樹が完熟落果開始期に達した時点で、その土壌型のすべての樹から果実を採取した（岩屑土は 6 月 13 日、黄色土および灰色低地土は 6 月 18 日、褐色森林土は 6 月 20 日）。採取した果実は選果機で平均的な大きさの果実を選別して供試した。2009 および 2010 年は、完熟落果開始期（6 月 8 日～16 日）を樹ごとに判断して果実を採取し、選果機で選別して供試した。

採取した果実のうち青果については、熟度の指標となる果実重、果実硬度、毛じの抜け具合、果皮色（L*値, b*値）および果径指数（縦径/横径）を各樹 10 果を用いて測定した。その後、ほぼ均等に合計 10 g となるように果皮を含む果肉を集め、-28°C のフリーザー中に保存し、既報（大江ら, 2006, 2007）と同様に、果肉の有機酸および糖含量は HPLC（LC-10Avp, 島津製作所）で、ポリフェノール含量はフォーリンチオカルト法で、抗酸化能はフリーラジカル消去能を 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl（DPPH）を用いた比色法で測定した。黄熟果および完熟果についても同様に果肉の成分分析を行った。

2. 樹体の生育および無機養分含量と果実の機能性成分との関係（試験 2）

2008 および 2009 年に単位面積当たりの発育枝（50 cm 以上の基部が木化した新梢）の発生本数および収量並びに果実中無機成分含量を測定して、試験 1 で測定した機能性成分との関係を調査した。発育枝発生本数は 2008 年 11 月 14 日および 2009 年 11 月 16 日に調査した。収量は、2008 年が 2 回に分けて青果収穫し、2009 年が樹冠外周部の果実を青果収穫したうえで、その後完熟落下した果実を毎日採取し、それらの重量を合計して求めた。葉の無機成分含量は 7～8 月に中果枝（10～20 cm）の中位葉を採取した。果実の無機成分含量は試験 1 で熟度指標を調査した果実から果皮を含む果肉を採取した。採取した葉および果実は 80°C で通風乾燥した後、粉碎して分析した。N については有機元素分析装置（マイクロコーダー JM1000CN, ジェイ・サイエンス・ラボ）で測定し、P, K, Ca および Mg については試料を乾式灰化（180°C 2 時間, 580°C 5 時間）により分解し、P はバナド

モリブデン酸法で、K, Ca および Mg は原子吸光法で測定した。

結果

1. 栽培土壌の違いが果実および梅酒の機能性成分に及ぼす影響（試験 1）

青果について、熟度指標の項目となる果実重、果実硬度、毛じの抜け具合、果皮色 L*値および b*値並びに果径指数に差はなかった（第 1 表）。

果肉の有機酸について、青果では灰色低地土はリンゴ酸含量が 2008 年を除き岩屑土よりも多く、2007 年のクエン酸が褐色森林土よりも多く、2007 年の有機酸総量が他よりも多かった（第 2 表）。黄熟果では、2008 年のクエン酸含量は灰色低地土が岩屑土および褐色森林土に比べて多く、2009 年のリンゴ酸含量は灰色低地土が黄色土に比べて多く、2008 年の有機酸総量は灰色低地土および岩屑土が褐色森林土に比べて多かった（第 3 表）。完熟果では有機酸に差がなかった。

青果の果肉のソルビトール含量は、各区間に差がなかった（第 4 表）。青果のポリフェノール含量は 2009 年の岩屑土が灰色低地土よりも多かった。抗酸化能は差がなかった。黄熟果および完熟果のソルビトール含量は、2008 年が黄熟果および完熟果ともに褐色森林土が他に比べて少ない傾向であったが、他の年では差がなかった（第 5 表）。ポリフェノール含量および抗酸化能は 2008 年の完熟果の岩屑土が褐色森林土に比べて大きく、岩屑土は各年とも最も大きい値であった。

2. 樹体の生育および無機養分含量と果肉の機能性成分との関係（試験 2）

単位面積当たりの発育枝発生本数および収量は機能性成分および抗酸化能との間に強い関係性が認められなかった（第 6 表）。夏期の葉中 N および Mg 含量は果肉中リンゴ酸含量との間にそれぞれ正および負の強い相関関係がみられた。果肉中 N および P 含量は、果肉中クエン酸および全糖含量との間に強い負の相関関係がみられた。果肉中 Mg 含量は、果肉中クエン酸、有機酸総量、ソルビトールおよび全糖含量との間に強い負の相関関係がみられた。

第1表 土壌型と果実形質（青果収穫果実）

		果実重 (g)	硬度 (kg)	毛じ抜け 具合 (%)	果皮色		果径指数 (縦径/横径)
					L*値	b*値	
2006年	岩屑土	20.5 a ^z	1.39 a	-	55.8 a	30.3 a	1.14 a
	灰色低地土	20.1 a	1.33 a	-	55.6 a	31.8 a	1.07 a
	黄色土	20.2 a	1.71 a	-	55.8 a	30.9 a	1.11 a
	褐色森林土	19.3 a	1.58 a	-	54.4 a	30.2 a	1.14 a
2007年	岩屑土	28.3 a	1.34 a	-	-	30.5 a	-
	灰色低地土	23.3 a	1.42 a	-	-	30.2 a	-
	黄色土	27.0 a	1.67 a	-	-	29.5 a	-
	褐色森林土	28.9 a	1.73 a	-	-	28.0 a	-
2008年	岩屑土	30.5 a	1.35 a	47 a	57.1 a	31.9 a	1.08 a
	灰色低地土	26.5 a	1.52 a	40 a	56.7 a	30.8 a	1.08 a
	黄色土	26.6 a	1.44 a	34 a	56.6 a	30.3 a	1.11 a
	褐色森林土	31.9 a	1.59 a	33 a	55.6 a	29.5 a	1.10 a
2009年	岩屑土	37.8 a	1.23 a	27 a	58.3 a	34.2 a	1.07 a
	灰色低地土	36.8 a	1.36 a	23 a	57.5 a	33.0 a	1.08 a
	黄色土	34.8 a	1.27 a	22 a	58.5 a	33.2 a	1.10 a
	褐色森林土	38.6 a	1.21 a	25 a	57.3 a	33.0 a	1.08 a

^zTukeyの方法により、異符号間に5%水準で有意差があることを示す (n=3)

第2表 土壌型と果肉の有機酸含量 (青果収穫果実)

	有機酸(g・100g ⁻¹ FW)											
	クエン酸				リンゴ酸				総量 ^z			
	2006年	2007年	2008年	2009年	2006年	2007年	2008年	2009年	2006年	2007年	2008年	2009年
岩屑土	3.88 a ^y	4.04 ab	4.41 a	5.07 a	1.64 b	1.40 c	1.97 a	1.62 b	5.52 a	5.44 b	6.38 a	6.69 a
灰色低地土	4.09 a	4.17 a	4.48 a	4.97 a	1.96 a	1.96 a	1.87 a	2.04 a	6.05 a	6.12 a	6.35 a	7.01 a
黄色土	3.94 a	4.01 ab	4.41 a	5.28 a	1.59 b	1.48 c	1.93 a	1.75 ab	5.53 a	5.50 b	6.34 a	7.03 a
褐色森林土	4.01 a	3.77 b	4.01 a	4.73 a	1.98 a	1.68 b	1.93 a	1.83 ab	5.99 a	5.45 b	5.93 a	6.56 a

^z総量はクエン酸およびリンゴ酸の総和^yTukeyの方法により, 異符号間に5%水準で有意差があることを示す (n=3)

第3表 土壌型および熟度と果肉の有機酸含量 (黄熟果および完熟果)

		有機酸(g・100g ⁻¹ FW)								
		クエン酸			リンゴ酸			総量 ^z		
		2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年
黄熟果	岩屑土	4.73 bc ^y	5.34 a	4.33 a	1.92 a	1.23 ab	0.33 a	6.66 a	6.57 a	5.91 a
	灰色低地土	5.22 a	5.14 a	4.39 a	1.92 a	1.48 a	0.53 a	7.14 a	6.62 a	5.90 a
	黄色土	4.90 ab	5.54 a	4.60 a	1.42 a	1.15 b	0.46 a	6.32 ab	6.68 a	5.80 a
	褐色森林土	4.44 c	5.16 a	4.42 a	1.27 a	1.41 ab	0.56 a	5.71 b	6.57 a	5.48 a
完熟果	岩屑土	4.91 a	5.39 a	4.53 a	1.00 a	0.78 a	0.25 a	5.91 a	6.17 a	6.17 a
	灰色低地土	4.91 a	5.49 a	4.47 a	0.99 a	0.84 a	0.32 a	5.90 a	6.33 a	6.33 a
	黄色土	4.97 a	5.50 a	4.64 a	0.83 a	0.66 a	0.24 a	5.80 a	6.16 a	6.16 a
	褐色森林土	4.70 a	5.17 a	4.67 a	0.78 a	0.75 a	0.34 a	5.48 a	5.92 a	5.92 a

^z総量はクエン酸とリンゴ酸の総和^yTukeyの方法により, 異符号間に5%水準で有意差があることを示す (2008および2009年はn=3, 2010年はn=2)

第4表 土壌型と果肉のソルビトール, ポリフェノール含量および抗酸化能 (青果収穫果実)

		ソルビトール			ポリフェノール				抗酸化能		
		(g・100g ⁻¹ FW)			(mgCE・100g ⁻¹ FW) ^z				(μmolTE・100g ⁻¹ FW) ^z		
		2006年	2007年	2008年	2009年	2006年	2007年	2008年	2009年	2007年	2008年	2009年
岩屑土	0.03 a ^y	0.09 a	0.19 a	0.22 a	95 a	95 a	95 a	85 a	411 a	403 a	430 a
灰色低地土	0.07 a	0.14 a	0.18 a	0.24 a	95 a	90 a	91 a	75 b	375 a	401 a	394 a
黄色土	0.03 a	0.08 a	0.16 a	0.23 a	120 a	91 a	90 a	81 ab	383 a	393 a	417 a
褐色森林土	0.05 a	0.07 a	0.11 a	0.17 a	109 a	86 a	89 a	78 ab	371 a	402 a	413 a

^zCEはクロロゲン酸相当量をTEはα-トコフェロール相当量を示す^yTukeyの方法により, 異符号間に5%水準で有意差があることを示す (n=3)

第5表 土壌型および熟度と果肉のソルビトール, ポリフェノール含量および抗酸化能

		ソルビトール			ポリフェノール ^z			抗酸化能 ^z		
		(mg・100g ⁻¹ FW)			(mgCE・100g ⁻¹ FW)			(μmolTE・100g ⁻¹ FW)		
		2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年
黄熟果	岩屑土	216 a ^y	185 a	62 a	77 a	81 a	92 a	354 a	390 a	291 a
	灰色低地土	264 a	189 a	53 a	66 a	56 a	56 a	296 a	314 a	195 a
	黄色土	231 a	221 a	31 a	66 a	71 a	75 a	295 a	355 a	234 a
	褐色森林土	99 b	200 a	56 a	51 a	70 a	59 a	252 a	364 a	207 a
完熟果	岩屑土	91 ab	76 a	28 a	82 a	75 a	83 a	369 a	361 a	247 a
	灰色低地土	111 a	120 a	26 a	66 ab	59 a	52 a	288 ab	317 a	176 a
	黄色土	58 bc	61 a	22 a	70 ab	69 a	70 a	293 ab	325 a	227 a
	褐色森林土	43 c	84 a	74 a	52 b	60 a	56 a	241 b	324 a	186 a

^zCEはクロロゲン酸相当量を, TEはα-トコフェロール相当量を示す^yTukeyの方法により, 異符号間に5%水準で有意差があることを示す (2008および2009年はn=3, 2010年はn=2)

第6表 樹体の生育および無機成分含量と果肉中成分含量および抗酸化能との相関係数

	果実		有機酸		ソルビ	ポリフェ		抗酸化能		
	採取年	クエン酸	リンゴ酸	総量 ^z	トール	全糖	ノール			
単位面積当たり発 育枝発生本数 ^y	2008	0.079	0.020	0.076	0.091	0.177	0.090	0.085		
	2009	-0.416	0.852 ***	0.168	0.020	-0.095	-0.311	-0.295		
単位面積当たり収 量	2008	0.350	-0.033	0.260	0.264	0.387	0.234	0.073		
	2009	-0.059	-0.382	-0.290	-0.035	-0.020	0.156	0.101		
葉中無機成分 ^x	N	2007	-0.332	0.728 **	0.320	0.122	-0.289	-0.416	-0.540	
		2009	-0.233	0.579 *	-0.158	0.334	0.309	-0.512	-0.504	
	P	2007	-0.226	-0.534	-0.553	-0.395	-0.072	0.245	0.311	
		2009	-0.756 ** ^v	0.202	-0.534	-0.390	-0.431	0.054	0.136	
	K	2007	-0.046	0.730 **	0.477	0.238	0.026	-0.331	-0.163	
		2009	-0.654 *	0.530	-0.240	-0.238	-0.275	-0.207	-0.117	
	Ca	2007	-0.660 *	-0.783 **	-0.897 ***	-0.803 **	-0.602 *	-0.199	-0.166	
		2009	-0.494	-0.122	-0.507	-0.438	-0.487	0.510	0.496	
	Mg	2007	-0.154	-0.912 ***	-0.711 **	-0.505	-0.206	0.227	0.122	
		2009	0.383	-0.748 **	-0.132	-0.058	0.010	0.593 *	0.518	
	果肉中無機成分 ^w	N	2006	-0.762 **	0.000	-0.456	-0.523	-0.595	-0.122	0.024
			2007	-0.729 **	0.282	-0.203	-0.473	-0.720 **	-0.664 *	-0.640 *
2008			-0.593 *	0.157	-0.379	-0.546	-0.591 *	-0.182	-0.014	
P		2006	-0.734 *	-0.266	-0.600	-0.664 *	-0.782 **	0.024	0.233	
		2007	-0.688 *	-0.478	-0.704 *	-0.779 **	-0.844 ***	-0.247	-0.237	
		2008	-0.619 *	-0.182	-0.458	-0.475	-0.624 *	0.082	0.175	
K		2006	-0.560	0.142	-0.249	-0.339	-0.509	-0.047	0.066	
		2007	-0.377	-0.535	0.162	0.020	-0.373	-0.484	-0.424	
		2008	-0.146	0.224	0.020	-0.485	-0.050	-0.116	0.041	
Ca		2006	-0.375	-0.228	-0.363	-0.397	-0.500	0.500	0.464	
		2007	-0.849 ***	-0.496	-0.803 **	-0.654 *	-0.706 *	-0.413	-0.375	
		2008	-0.219	-0.270	-0.340	-0.424	-0.267	-0.114	0.258	
Mg		2006	-0.657 *	-0.414	-0.644 *	-0.671 *	-0.775 **	0.546	0.604 *	
		2007	-0.741 **	-0.615 *	-0.826 **	-0.754 **	-0.813 **	-0.353	-0.441	
		2008	-0.718 **	-0.214	-0.706 *	-0.753 **	-0.703 *	-0.123	0.092	

^z総量はクエン酸とリンゴ酸の総和^y発育枝発生本数は11月に調査した値^x夏期(7~8月)に採取^w青果収穫果実の果皮を含む値^v*, **, ***は5, 1または0.1%水準で有意であることを示す(2007~2009年はn=12, 2006年はn=11)

考察

和歌山県のウメ園は主に4種類の土壌型で栽培されており、これらは保肥力や保水力が大きく異なる。熊代ら(1992)は若木のリンゴにおいて、黒ボク土と灰色低地土では果実品質に大差がないことを報告しているが、ウメ園の土壌型では保水性などの特性も大きく異なる。そこで、本試験では土壌型の違いが果実の機能性成分に及ぼす影響について調査した。

本試験で、青果では熟度指標となる果実形質に土壌型による差がなかったが、果肉のリンゴ酸含量が灰色低地土で高い傾向であった。岡室ら(2013)は本試験で用いた樹において、灰色低地土は他の土壌に比べて気相が少なく液層が多く、細根量が少ない傾向であると報告している。筆者ら(大江ら, 2013)は乾燥ストレスが果皮を含む果肉のクエン酸含量を高めることを報告している。今回高まった有機酸の種類は異なるが、同様に地下部へのストレスにより高まったのかもしれない。

果肉のポリフェノール含量および抗酸化能は2006年の青果のポリフェノール含量を除き、岩屑土が最も大きい値であった。これらは果実に紫外光が当たることにより高まり(Oeら, 2012)、岩屑土は最も単位面積当たりの発育枝の発生本数が少なかった(データ略)ことから、果実への日当た

りの影響も考えられたが、発育枝の発生本数とポリフェノール含量および抗酸化能との間には強い関係性が認められなかったことから、土壌型がより強く関与したものと判断された。筆者ら（大江ら，2013）は乾燥ストレスが果肉のポリフェノール含量および抗酸化能を高めることも報告しており、保水性が低いため他の土壌よりも乾燥しやすかったことが一因と考えられる。

夏期の葉中 N および Mg 含量は果肉中リンゴ酸含量との間にそれぞれ正および負の強い相関関係がみられ、土壌型に関係なく夏期の葉中の N 含量が多く、Mg 含量が少なくほうがリンゴ酸含量が多い傾向が認められた。土壌型などが異なる産地のニホンナシ樹において、5月の葉中の K 含量は糖度と負の相関関係が認められているが（佐藤ら，1995），葉中 N および Mg 含量と有機酸含量との関係については不明であり、要因も含めて今後詳細な検討が必要である。また、果肉中 N、P および Mg 含量は、果肉中クエン酸および全糖含量との間に強い負の相関関係がみられた。特に果肉中 Mg 含量は、有機酸総量およびソルビトール含量との間にも強い負の相関関係がみられた。筆者ら（大江ら，2014）は褐色森林土植栽のウメ樹において、N、P および K の施用を抑制すると、果肉中 N が減少し、糖含量が高まること、果肉中 N 含量は糖含量度と強い負の相関関係がみられると報告しており、本試験から土壌型に関係なく果肉中 N 含量が少ないほうが果肉のクエン酸および糖含量が多い傾向が確認された。加えて、土壌型に関係なく果肉の P および Mg 含量が少ないほうが果肉のクエン酸および糖含量が多い傾向が確認された。リンゴ、ナシおよびモモにおいて、リン酸施用量の増加に伴って果実の酸含量がわずかに減少することが報告されており（建石・熊代，1980），P についてはこれら樹種と同様の樹体反応を示したものと推察された。Mg については要因も含めて、今後詳細な検討が必要である。

以上のように、土壌型の違いやそれに起因する樹体の無機成分含量の違いにより、果肉の機能性成分に違いが生じることが明らかになり、樹体生長だけでなく高品質な果実を生産するうえでも土壌型に応じた栽培管理についての検討が今後必要であると考えられた。

摘要

本試験では栽培土壌型の違いが果実の機能性成分に及ぼす影響について調査した。

- 1) 青果収穫果実のリンゴ酸含量は灰色低地土が他よりも多い傾向であった。
- 2) ポリフェノール含量および抗酸化能は岩屑土がほぼ各年とも最も大きい値であった。
- 3) 葉中の N 含量が多く、Mg 含量が少ないほうがリンゴ酸量が多い傾向が認められた。
- 4) 果肉中 N、P および Mg 含量は、果肉中クエン酸および全糖含量との間に強い負の相関関係がみられた。

引用文献

- 久保田尚浩・工藤正吾. 1992. モモ果実の渋みとポリフェノール含量に及ぼす土壌乾燥の影響. 園学雑. 61: 31-37.
- 熊代克巳・建石繁明・上条公德・荒井一哉. 1992. 土壌及び台木の相違がリンゴ「つがる」の樹体生育、収量及び果実品質に及ぼす影響. 信州大農学部紀要. 29: 1-7.
- 夏秋道俊・岩永秀人・新堂高広・山口正洋・末次信行・岩切 徹. 2003. 根域制限栽培における土壌母材の違いがウンシュウミカンの生育や果実品質に及ぼす影響. 佐賀果試報. 15: 1-7.

- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2006. ウメ‘南高’果実の開花時期，採取時期と果実成分の関係およびそれらを原料として製造した梅酒品質への影響. 園学研. 5: 141-148.
- 大江孝明・桑原あき・根来圭一・山田知史・菅井晴雄. 2007. ウメ‘南高’における梅酒用果実の熟度指標に関する研究. 園学研. 6: 77-83.
- 大江孝明・根来圭一・岡室美絵子・土田靖久・細平正人. 2009. 加工方法の違いが梅酒およびウメ糖抽出液の品質に及ぼす影響. 近畿中国四国農研. 14: 118-122.
- 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・岡室美絵子・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・城村徳明・土田靖久. 2014. ウメ‘南高’における施肥量の違いが果実および梅酒の品質に及ぼす影響. 和歌山農林水研報. 2: 投稿中.
- Oe, T., N. Sakurai, K. Negoro, A. Kuwabara, M. Okamuro T. Mitani and M. Hosohira. 2012. Relationships between surface blushing and qualitative components of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 'Nanko' fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 11-18.
- 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・中西 慶・土田靖久・細平正人. 2012. ウメ‘南高’果実の着果位置の違いが梅酒加工品の品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 371-378.
- 大江孝明・土田靖久・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・岡室美絵子・細平正人. 2013. ウメ‘南高’樹体への乾燥ストレスおよび着果負担が果実および梅酒品質に及ぼす影響. 和歌山農林水研報. 1: 55-64.
- 岡室美絵子・桑原あき・土田靖久. 2010. 和歌山県のウメ園土壌における肥料成分の溶脱特性. 園学研. 9: 299-304.
- 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. 和歌山農林水研報. 1: 85-101.
- 佐藤康一・斉藤 隆・中西政則・平沢秀弥. 1995. 山形県における日本ナシ園の土壌特性と果実品質. 東北農業研究. 48: 181-182.
- 高野和夫. 2010. おいしいモモの生産と出荷技術に関する研究. 岡山農研報. 1: 23-90.
- 建石繁明・熊代克巳. 1980. 各種分析法による土壌中のリン酸含量とリンゴ，ナシ及びモモ樹の生育，収量及び果実品質との関係. 信州大農学部紀要. 17: 101-115.

高温セット処理した心持ちスギ・ヒノキ正角材の温室利用による乾燥効果

森川陽平・山裾伸浩・城戸杉生

和歌山県林業試験場

Drying Properties of Boxed-Heart Square Timber of Sugi and Hinoki in a Greenhouse after the High-Temperature Setting Treatment

Yohei Morikawa, Nobuhiro Yamasuso and Sugio Jyodo

Forestry Experiment Station, Wakayama Prefectural

緒言

建築材料として木材を利用する際に、木材乾燥は寸法の安定化のうえで欠かせない工程であり、近年心持ち角材では、材面割れに抑制効果のある高温セット処理を含む高温乾燥法が主流になっている(吉田, 2003)。ただ、高温乾燥法は高温セット処理後に高温で乾燥させるため、材色変化や内部割れといった材質に影響を及ぼす原因ともなっている。

その中で、材色変化の抑制や内部割れリスクの軽減のために、高温セット処理後に天然乾燥する乾燥法が各地で取り組まれてきているが、処理後の天然乾燥には長期間を要している(「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」研究グループ, 2012)。この乾燥期間が短縮されれば、生産性が向上し、乾燥材の供給量増加が見込まれる。

和歌山県の気候は温暖で日照時間が長いため、太陽熱を利用するのに適していることから、本試験場では、2008年から農業用ビニールハウスを活用し天然乾燥を促進する簡易木材乾燥法を検討し、屋外乾燥と比較して1/2～1/3の期間に短縮された事例の報告(岸本ら, 2012)がある。ただし、心持ち材では材面割れが発生しその対策が課題となっている。

そこで、心持ち材の材面割れの抑制が期待できる高温セット処理と天然乾燥の促進に効果のある簡易木材乾燥法を組み合わせた乾燥技術について、スギ正角材及びヒノキ正角材を高温セット処理後に温室で乾燥する実証試験を実施し、その結果を取りまとめたので報告する。なお、今回はビニールハウス以外の施設活用の拡大も考慮し、太陽熱利用の点では同様の遊休の農業用温室を試験に用いた。

材料および方法

試験1 夏季のスギ心持ち正角材乾燥試験

1) 施設

太陽熱利用の乾燥施設として、和歌山県西牟婁郡上富田町内の遊休温室(以下温室)を利用した(第1図)。構造は鉄骨造、天井は透明ポリカーボネート、側面はポリエチレンシート被覆、床はコンクリート張り、寸法は間口10m×奥行24m×最大高さ4.5m(肩高2.3m)である。なお、試験期間

中に補助熱源による加温は行わず，施設からの人工的な排気も実施していない。

2) 材料

和歌山県産スギ心持ち正角材（115mm×115mm×3,000mm）60本を供試した。

3) 方法

各試験区の乾燥条件と供試体の諸元を第1表に示す。



第1図 温室の外観

第1表 各試験区の乾燥条件と供試体の諸元

試験区	乾燥条件			供試数 (本)	製材後 重量(kg)	高温セット及び背割り後	
	乾燥前処理	設置場所	設置方法			重量(kg)	高周波式含水率(%)
①セット・温室区	高温セット処理	温室	棧積み	15	25.5 ± 4.0	19.4 ± 2.6	25.7 ± 7.9
②セット・屋外区		屋外	棧積み	15	25.5 ± 3.4	19.8 ± 2.4	24.3 ± 8.1
③背割り・温室区	背割り	温室	はざがけ	15	24.9 ± 3.0	23.4 ± 3.0	49.9 ± 14.7
④背割り・屋外区		屋外	棧積み	15	25.4 ± 3.4	22.8 ± 3.2	47.6 ± 11.3

注) 数値は、平均値 ± 標準偏差

供試体を原木から製材後，重量測定を行い，各試験区が均等になるように選別を行った。このうち30本は高温セット処理を行い，残り30本は高温セット処理をせずに背割りを行った。

高温セット処理は，エノ産業製の高温型蒸気式乾燥装置（収容能力約20 m³）により，蒸煮工程を乾球95℃及び湿球95℃で8時間，高温低湿工程を乾球120℃及び湿球90℃で24時間行った。背割りは，従来の方法により辺長の約1/2の深さまで切り込みを入れた。

供試体の設置は，上富田町内の温室にて，高温セット処理した15本は5列×3段に棧積みし（①セット・温室区），背割りした15本は支柱に対して交互に立て掛ける「はざがけ」（③背割り・温室区）により行った。温室内の

供試体の設置状況を第2図に示す。また，屋外の乾燥は，同町内の林業試験場敷地内にて，各試験区15本ずつをそれぞれ棧積みして簡易な屋根を設置した状態で行った（②セット・屋外区，④背割り・屋外区）。



第2図 温室内の供試体の設置状況

注) 左：③背割り・温室区，右：①セット・温室区

供試環境の温湿度は、サーモレコーダー（TR-72U, ティーアンドディー）を用いて、1時間毎に測定した。

含水率は、携帯型の高周波式含水率計（Moco2, ケット科学）を用いて、長さ方向の中央部の4材面についておおむね1週間ごとに測定を行った。また、高温セット処理した材料について、乾燥終了時に各試験区14本から、材中央部で2cm幅の試験片を切り出し、全乾法による含水率を求め、それを基に重量測定時（0, 7, 22, 56, 84日後）の含水率を算出した。さらに、測定及び算出で得られた高周波式含水率と全乾法による含水率の相関性を評価した。プロット数は140個である。

材面割れは、4材面の割れ長さを測定し、合計した総長さで評価した。

乾燥材の加工性は、田辺市内の工務店において、①セット・温室区、②セット・屋外区、④背割り・屋外区の乾燥材各1本について、大工職人によるカンナがけ及びノミ切れの評価を行った。なお、評価にあっては、市販品の高温乾燥材を比較のため併せて切削した。

乾燥期間は、供試体を温室及び屋外に設置してからの期間とし、今回は平成24年6月14日から平成24年9月6日までの12週間で評価を行った。

試験2 冬季のヒノキ心持ち正角材乾燥試験

1) 施設

乾燥施設は、試験1と同じ温室を利用した。

2) 材料

和歌山県産ヒノキ心持ち正角材（115mm×115mm×3,000mm）30本を供試した。

第2表 各試験区の乾燥条件と供試体の諸元

試験区	乾燥条件			供試数 (本)	製材後 重量(kg)	高温セット及び背割り後	
	乾燥前処理	設置場所	設置方法			重量(kg)	高周波式含水率(%)
①セット・温室区	高温セット処理	温室	棧積み	15	26.4 ± 2.0	21.8 ± 0.9	13.8 ± 1.6
②背割り・屋外区	背割り	屋外	棧積み	15	26.1 ± 1.9	25.8 ± 1.8	39.5 ± 5.2

注) 数値は、平均値 ± 標準偏差

3) 方法

各試験区の乾燥条件と供試体の諸元を第2表に示す。15本を①セット・温室区、15本を②背割り・屋外区として供試した。温室内の供試体の設置状況を第3図に示す。

高温セット処理は、大井製作所製の高温型蒸気式乾燥装置（収容能力約8 m³）により、蒸煮工程を乾球95℃及び湿球95℃で8時間、高温低湿工程を乾球120℃及び湿球90℃で12時間行った。

供試環境の温湿度、材面割れは、試験1と同様に測定を行った。

含水率は、高周波式含水率計での測定とともに、全乾法での測定を行った。全乾法での測定では、各14本について、乾燥終了時に全乾含水率を求め、それを基に重量測定時の全乾含水率を算出した。また、試験1と同様に、高周波式含水率と全乾法



第3図 温室内の供試体の設置状況

のデータの相関性を評価した。プロット数は182個である。さらに、材内の水分傾斜を確認するために、高温セット処理及び背割り後の時点において、重量及び高周波式含水率が平均値に近い供試体を試験区から各1本抜き取り、材端部から20cmを切断した箇所から2cm幅の試験片を切り出し、その木口面を25等分し、それぞれの含水率を測定した。測定後は、切断面からの乾燥防止のためにシリコーン剤を塗布して設置し、次回測定時はシリコーン剤塗布箇所を切断した後、同様に含水率を測定した。

乾燥期間は、平成24年12月25日から平成25年3月19日までの12週間で評価を行った。

結果

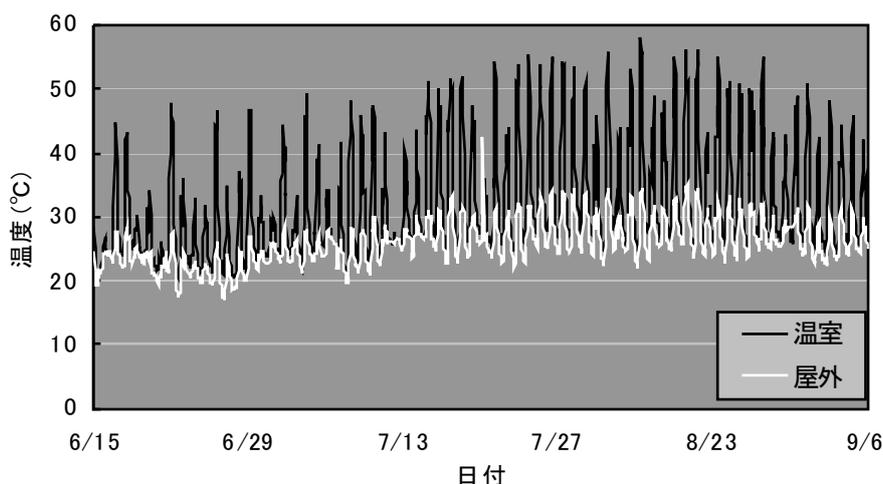
試験1 夏季のスギ心持ち正角材乾燥試験

1) 温湿度

乾燥期間における供試環境の温湿度を第3表に、温度の推移を第4図に示す。平均気温は、温室区の方が屋外区よりも5.2℃高く、平均相対湿度は17%低かった。温湿度データより平衡含水率を算出すると、温室区で11.9%、屋外区で17.5%となった。また、屋外に対する温室の温度差の平均値は、昼間(10時~14時)は+12.9℃、夜間(22時~2時)は+1.9℃だった。

第3表 夏季乾燥期間中の温湿度

供試環境		気温 (°C)	相対湿度 (%RH)
温室	平均値	30.4	69
	(最小値~最大値)	(20.3~58.1)	(9~99)
屋外	平均値	25.2	86
	(最小値~最大値)	(17.2~33.5)	(46~99)



第4図 夏季乾燥期間中の温度の推移

2) 含水率及び乾燥日数

高周波式含水率計による含水率の推移を第5図に示す。①セット・温室区及び③背割り・温室区では42日後の測定で平均含水率が20%以下になったことを確認できたが、②セット・屋外区及び④背割り・屋外区では84日後となった。従って、温室の乾燥促進効果については、高温セット処理をした場合も背割りをした場合も、屋外に比べて約半分の期間となった。

全乾法による含水率の推移を第6図に示す(セット区のみ)。①セット・温室区では56日後の測定で平均含水率が20%以下になったことを確認できたが、②セット・屋外区では84日後でも到達しなかった。従って、全乾法においても温室の乾燥促進効果が確認できた。

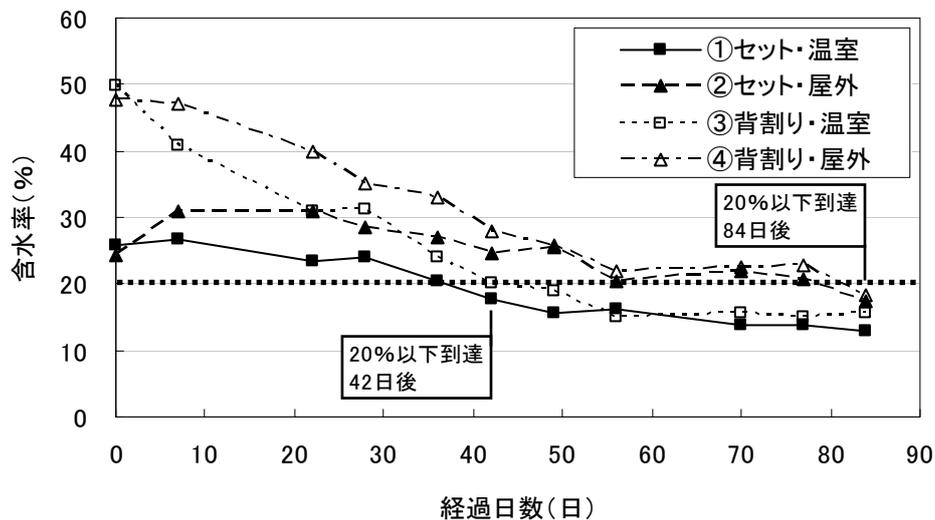
スギ高温セット材の高周波式含水率計と全乾法による含水率の相関を第7図に示す。高周波式と全乾法の数値には有意水準1%で強い相関がみられた。但し、含水率20%以上の範囲では回帰直線から外れるプロットが多くなった。

3) 材面割れ

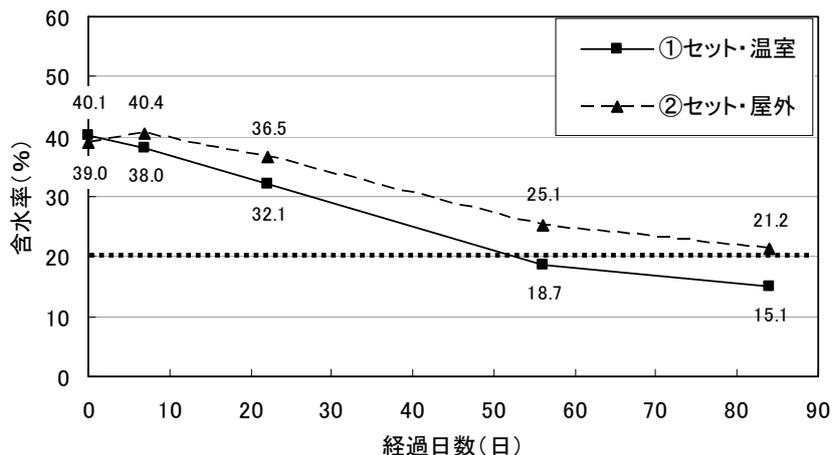
乾燥終了後(84日後)の材面割れの総長さを第8図に示す。総長さの平均値は小さい順に、①セット・温室区(520mm) < ②セット・屋外区(1487mm) < ④背割り・屋外区(2302mm) < ③背割り・温室区(3284mm)となった。従って、高温セット処理後に温室で乾燥する方法は、材面割れの低減になることが明らかとなった。

4) 加工性評価

乾燥終了後、工務店で加工性を評価した様子を第9図に示す。また、カンナくずの形状を第10図に示す。比較対象とした市販品の高温乾燥材のカンナくずの形状は、繊維が細かく破断されているが、①セット・温室区及び②セット・屋外区のカンナくずは、天然乾燥材である④背割り・屋外区と同様に、繊維が切れずに伸展した。また、カンナの掛かり具合、切削面のつや、において、繊維方向に対して直角方向へのノミの入り具合について、天然乾燥材に近いという評価を得た。

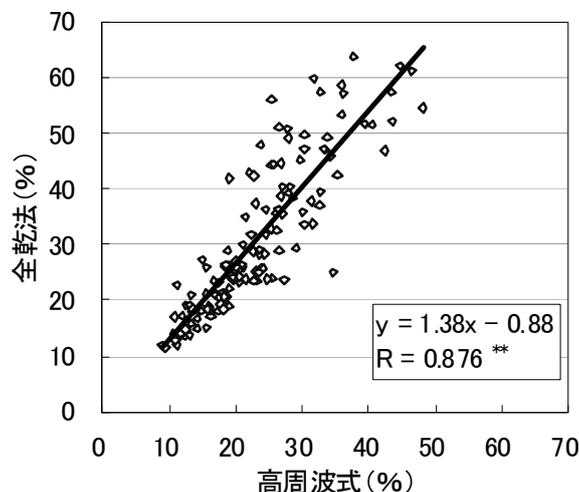


第5図 高周波式含水率による含水率の推移(スギ材)



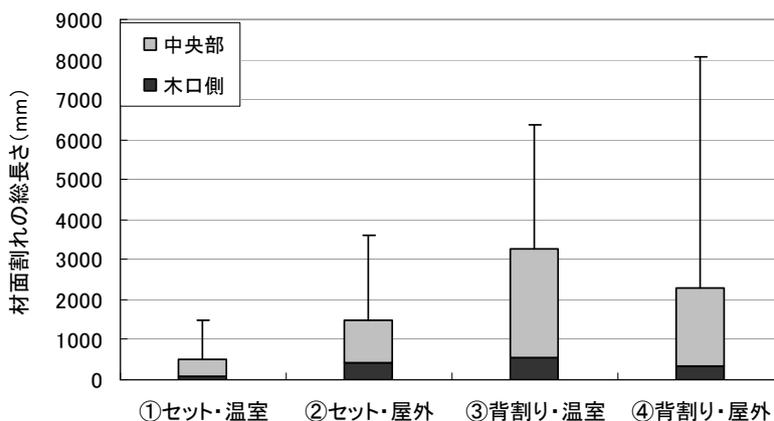
第6図 全乾法による含水率の推移 (スギ材)

注) 数値は、その時点での含水率を示す。



第7図 高周波式含水率と全乾法による含水率の相関 (スギ高温セット材)

注) 関数は回帰直線, Rは相関係数を示す. **1%水準で有意.



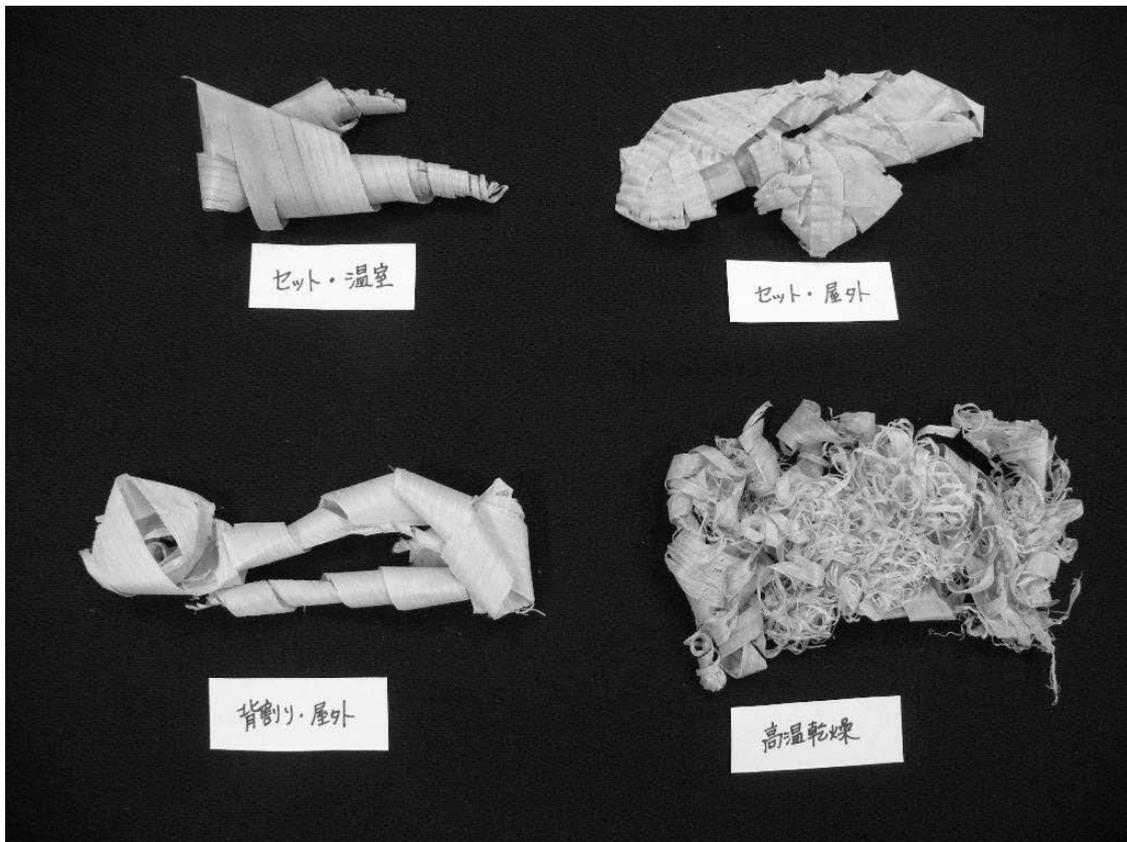
第8図 材面割れの総長さ (スギ材)

注1) バーは最大値を示す。

注2) 木口側：材端部から200mmまで, 中央部：材端部から200mmより中央側の箇所材面割れ



第9図 スギ材の加工性評価の様子
注) 左：カンナがけ，右：ノミ切れ



第10図 スギ材のカンナくずの形状
注) 左上：①セット・温室，右上：②セット・屋外，
左下：④背割り・屋外（天然乾燥），右下：高温乾燥材（市販品）

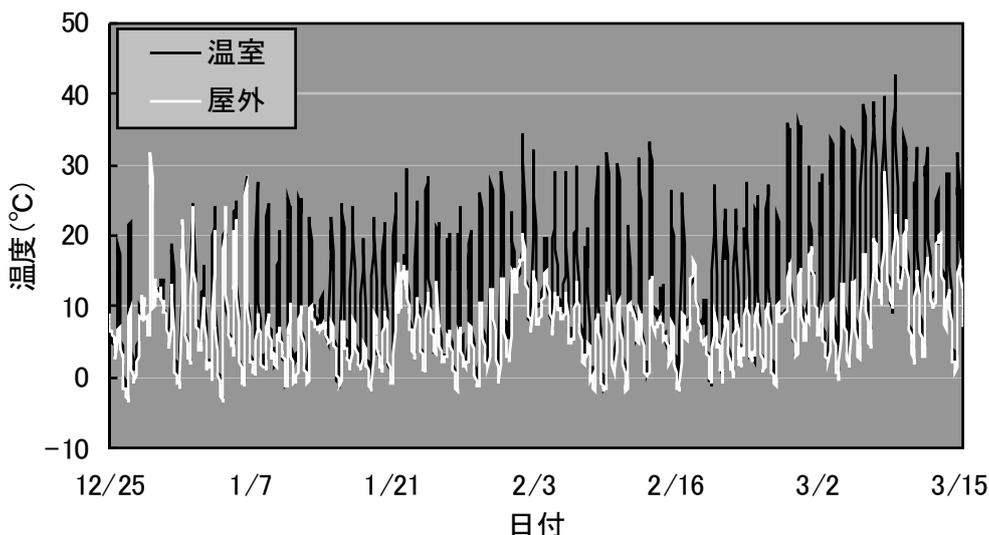
試験2 冬季のヒノキ心持ち正角材乾燥試験

1) 温湿度

乾燥期間における供試環境の温湿度を第4表に、温度の推移を第11図に示す。平均気温は、温室区の方が屋外よりも4.4℃高く、平均相対湿度は15%低かった。温湿度データより平衡含水率を算出すると、温室区で10.3%、屋外区で13.2%となった。また、屋外に対する温室の温度差の平均値は、昼間(10時~14時)は+11.8℃、夜間(22時~2時)は+1.0℃だった。

第4表 冬季乾燥期間中の温湿度

供試環境	気温 (°C)	相対湿度 (%RH)
温室 平均値 (最小値~最大値)	11.7 (-3.0~42.7)	55 (6~99)
屋外 平均値 (最小値~最大値)	7.3 (-3.4~23.1)	70 (21~99)



第11図 冬季乾燥期間中の温度の推移

2) 含水率及び乾燥日数

高周波式含水率計による含水率の推移を第12図に示す。高温セット処理直後の時点で、①セット・温室区は含水率が20%を下回り、その後は僅かな増減はあるものの12週間後まで同程度の含水率で推移した。従って、高周波式含水率計による測定では、ヒノキ材についての温室の乾燥促進効果を実証するには至らなかった。

全乾法による含水率の推移を第13図に示す。①セット・温室区では63日後の測定で平均含水率が20%以下になったことを確認できたが、②セット・屋外区では84日でも到達しなかった。但し、高温セット処理直後の時点で、含水率が21.4%、84日後で18.4%であり、わずか3%しか減少しなかった。従って、全乾法による測定についても、温室の乾燥促進効果は明確ではなかった。

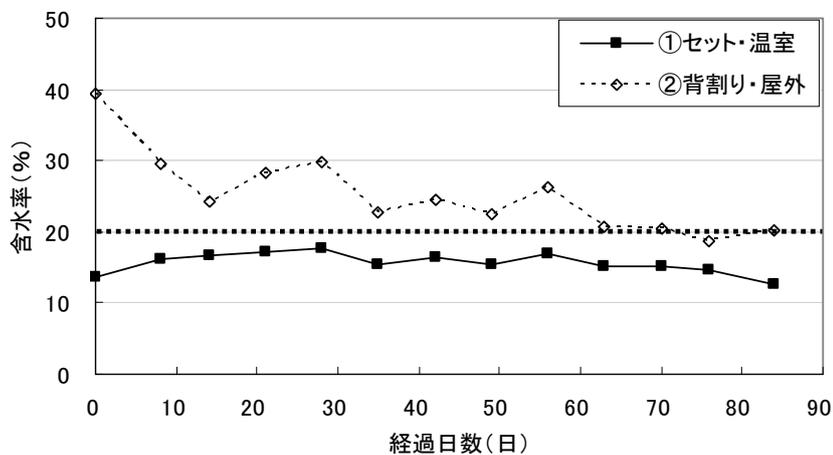
ヒノキ高温セット材の高周波式含水率計と全乾法による含水率の相関を第14図に示す。高周波式

と全乾法の数値には有意水準 1%で相関がみられたが、相関係数は低い値となった。また、ヒノキ背割り材の含水率の相関を第 15 図に示す。ヒノキ背割り材では、高周波式と全乾法の数値には有意水準 1%で強い相関がみられた。但し、含水率 30%以上の範囲では回帰直線から外れるプロットが多くなった。

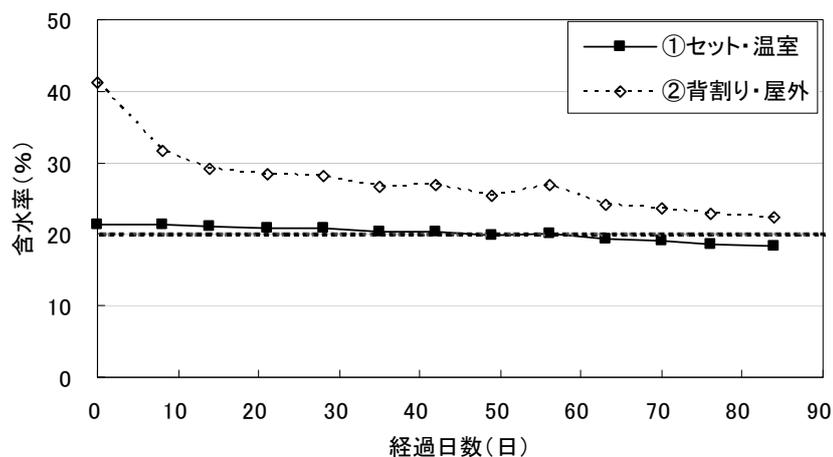
材内の含水率分布とその推移を第 16 図に示す。高温セット処理後 14 日後において、材内には水分傾斜が残っており、①セット・温室区の内部の平均含水率は、84 日後には 20%以下に達したが、②背割り・屋外区は到達しなかった。

3) 材面割れ

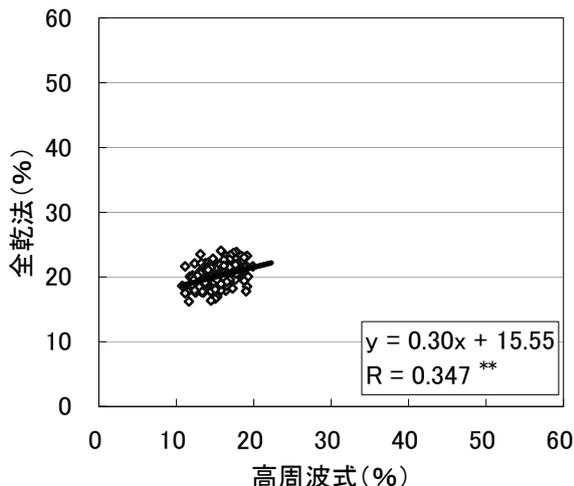
材面割れの総長さの推移を第 17 図に示す。①セット・温室区は高温セット処理直後に 266mm、84 日後で 297mm となり、84 日間の乾燥期間で割れの大きさはほぼ変化しなかった。一方、②背割り・屋外区は乾燥日数とともに増加し、84 日後で 1691mm となった。従って、高温セット処理することによって材面割れが低減され、温室に設置しても材面割れが増大しないことが明らかになった。



第 12 図 高周波式含水率計による含水率の推移 (ヒノキ材)

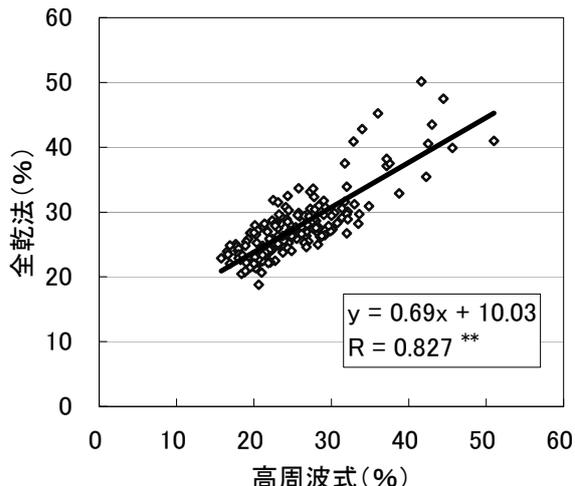


第 13 図 全乾法による含水率の推移 (ヒノキ材)



第14図 高周波式含水率と全乾法による含水率の相関 (ヒノキ高温セット材)

注) 関数は回帰直線, Rは相関係数を示す. **1%水準で有意.

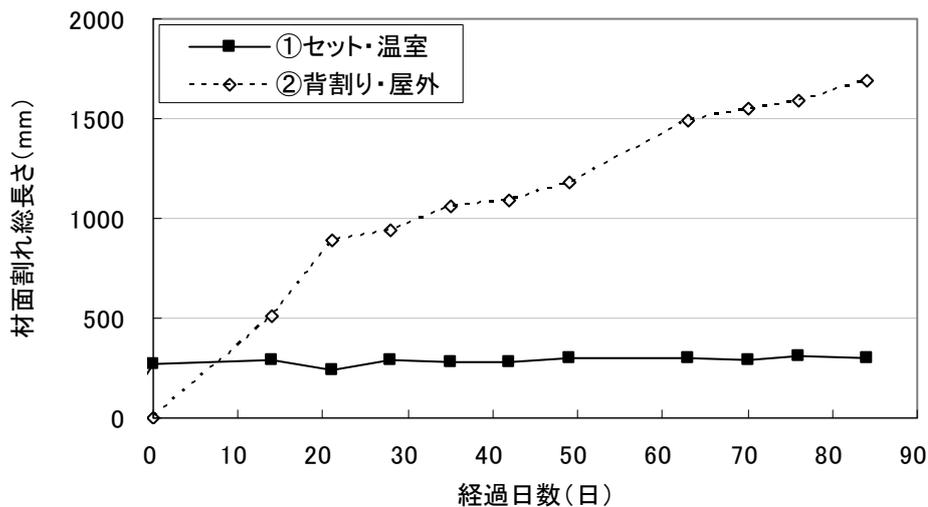


第15図 高周波式含水率と全乾法による含水率の相関 (ヒノキ背割り材)

注) 関数は回帰直線, Rは相関係数を示す. **1%水準で有意.

試験区	試験片の採取位置	乾燥日数																																																																													
		14日後	42日後	84日後																																																																											
① セット ・ 温室区		<table border="1"> <tr><td>10.7</td><td>14.0</td><td>14.2</td><td>14.0</td><td>9.3</td></tr> <tr><td>13.1</td><td>22.2</td><td>24.2</td><td>24.2</td><td>14.1</td></tr> <tr><td>14.0</td><td>23.1</td><td>21.9</td><td>24.8</td><td>15.6</td></tr> <tr><td>14.2</td><td>23.3</td><td>25.4</td><td>24.6</td><td>15.6</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>15.2</td><td>16.6</td><td>16.8</td><td>11.6</td></tr> </table>	10.7	14.0	14.2	14.0	9.3	13.1	22.2	24.2	24.2	14.1	14.0	23.1	21.9	24.8	15.6	14.2	23.3	25.4	24.6	15.6	10.0	15.2	16.6	16.8	11.6	<table border="1"> <tr><td>12.8</td><td>16.7</td><td>17.0</td><td>16.4</td><td>11.7</td></tr> <tr><td>16.9</td><td>24.3</td><td>23.0</td><td>23.0</td><td>15.9</td></tr> <tr><td>18.0</td><td>22.1</td><td>20.8</td><td>24.9</td><td>16.1</td></tr> <tr><td>19.0</td><td>25.3</td><td>25.3</td><td>24.1</td><td>17.2</td></tr> <tr><td>14.3</td><td>19.1</td><td>17.4</td><td>18.6</td><td>11.9</td></tr> </table>	12.8	16.7	17.0	16.4	11.7	16.9	24.3	23.0	23.0	15.9	18.0	22.1	20.8	24.9	16.1	19.0	25.3	25.3	24.1	17.2	14.3	19.1	17.4	18.6	11.9	<table border="1"> <tr><td>10.5</td><td>11.0</td><td>14.3</td><td>12.8</td><td>9.2</td></tr> <tr><td>15.8</td><td>19.2</td><td>17.5</td><td>17.9</td><td>12.2</td></tr> <tr><td>16.5</td><td>20.0</td><td>18.3</td><td>20.0</td><td>13.9</td></tr> <tr><td>16.3</td><td>19.3</td><td>20.5</td><td>19.3</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>8.9</td><td>13.4</td><td>15.0</td><td>15.7</td><td>7.7</td></tr> </table>	10.5	11.0	14.3	12.8	9.2	15.8	19.2	17.5	17.9	12.2	16.5	20.0	18.3	20.0	13.9	16.3	19.3	20.5	19.3	12.5	8.9	13.4	15.0	15.7	7.7
		10.7	14.0	14.2	14.0	9.3																																																																									
		13.1	22.2	24.2	24.2	14.1																																																																									
		14.0	23.1	21.9	24.8	15.6																																																																									
14.2	23.3	25.4	24.6	15.6																																																																											
10.0	15.2	16.6	16.8	11.6																																																																											
12.8	16.7	17.0	16.4	11.7																																																																											
16.9	24.3	23.0	23.0	15.9																																																																											
18.0	22.1	20.8	24.9	16.1																																																																											
19.0	25.3	25.3	24.1	17.2																																																																											
14.3	19.1	17.4	18.6	11.9																																																																											
10.5	11.0	14.3	12.8	9.2																																																																											
15.8	19.2	17.5	17.9	12.2																																																																											
16.5	20.0	18.3	20.0	13.9																																																																											
16.3	19.3	20.5	19.3	12.5																																																																											
8.9	13.4	15.0	15.7	7.7																																																																											
<p>平均値 ± 標準偏差 表面 13.7% ± 2.2</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 23.7% ± 1.1</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 17.3% ± 5.2</p>	<p>平均値 ± 標準偏差 表面 16.2% ± 2.3</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 23.7% ± 1.4</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 18.9% ± 4.1</p>	<p>平均値 ± 標準偏差 表面 12.9% ± 2.7</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 19.1% ± 0.9</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 17.3% ± 3.7</p>																																																																													
② 背割り ・ 屋外区		<table border="1"> <tr><td>26.2</td><td>29.1</td><td>32.5</td><td>28.8</td><td>22.9</td></tr> <tr><td>28.2</td><td>32.7</td><td>32.7</td><td>33.8</td><td>27.9</td></tr> <tr><td>27.5</td><td>31.3</td><td>29.7</td><td>31.3</td><td>27.1</td></tr> <tr><td>26.7</td><td>31.0</td><td>25.2</td><td>32.8</td><td>27.2</td></tr> <tr><td>25.5</td><td>28.4</td><td>22.5</td><td>28.9</td><td>24.2</td></tr> </table>	26.2	29.1	32.5	28.8	22.9	28.2	32.7	32.7	33.8	27.9	27.5	31.3	29.7	31.3	27.1	26.7	31.0	25.2	32.8	27.2	25.5	28.4	22.5	28.9	24.2	<table border="1"> <tr><td>25.4</td><td>33.1</td><td>33.3</td><td>27.5</td><td>24.1</td></tr> <tr><td>24.1</td><td>29.2</td><td>30.0</td><td>28.8</td><td>25.2</td></tr> <tr><td>23.9</td><td>27.4</td><td>26.4</td><td>28.1</td><td>24.5</td></tr> <tr><td>23.3</td><td>24.7</td><td>24.5</td><td>27.9</td><td>26.6</td></tr> <tr><td>23.7</td><td>24.4</td><td>25.8</td><td>28.8</td><td>25.1</td></tr> </table>	25.4	33.1	33.3	27.5	24.1	24.1	29.2	30.0	28.8	25.2	23.9	27.4	26.4	28.1	24.5	23.3	24.7	24.5	27.9	26.6	23.7	24.4	25.8	28.8	25.1	<table border="1"> <tr><td>18.6</td><td>22.7</td><td>22.5</td><td>22.5</td><td>19.7</td></tr> <tr><td>23.8</td><td>23.5</td><td>25.0</td><td>22.3</td><td>20.4</td></tr> <tr><td>22.4</td><td>23.5</td><td>21.6</td><td>22.8</td><td>19.8</td></tr> <tr><td>20.8</td><td>22.6</td><td>18.1</td><td>22.0</td><td>19.7</td></tr> <tr><td>16.6</td><td>20.6</td><td>18.2</td><td>21.0</td><td>21.4</td></tr> </table>	18.6	22.7	22.5	22.5	19.7	23.8	23.5	25.0	22.3	20.4	22.4	23.5	21.6	22.8	19.8	20.8	22.6	18.1	22.0	19.7	16.6	20.6	18.2	21.0	21.4
		26.2	29.1	32.5	28.8	22.9																																																																									
		28.2	32.7	32.7	33.8	27.9																																																																									
		27.5	31.3	29.7	31.3	27.1																																																																									
26.7	31.0	25.2	32.8	27.2																																																																											
25.5	28.4	22.5	28.9	24.2																																																																											
25.4	33.1	33.3	27.5	24.1																																																																											
24.1	29.2	30.0	28.8	25.2																																																																											
23.9	27.4	26.4	28.1	24.5																																																																											
23.3	24.7	24.5	27.9	26.6																																																																											
23.7	24.4	25.8	28.8	25.1																																																																											
18.6	22.7	22.5	22.5	19.7																																																																											
23.8	23.5	25.0	22.3	20.4																																																																											
22.4	23.5	21.6	22.8	19.8																																																																											
20.8	22.6	18.1	22.0	19.7																																																																											
16.6	20.6	18.2	21.0	21.4																																																																											
<p>平均値 ± 標準偏差 表面 27.1% ± 2.4</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 31.2% ± 2.4</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 28.6% ± 3.1</p>	<p>平均値 ± 標準偏差 表面 26.2% ± 3.0</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 27.4% ± 1.8</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 26.6% ± 2.7</p>	<p>平均値 ± 標準偏差 表面 20.7% ± 1.8</p> <p>平均値 ± 標準偏差 内部 22.4% ± 1.8</p> <p>平均値 ± 標準偏差 全体 21.3% ± 2.0</p>																																																																													

第16図 材内の含水率分布とその推移 (ヒノキ材)



第17図 材面割れの総長さの推移 (ヒノキ材)

考 察

1) 温湿度

今回使用した温室は、夏季でも冬季でも、屋外よりも平均5°C程度温度が高く、平均15%程度相対湿度が低く保たれた。含水率が繊維飽和点である約30%以下の減率乾燥期間において、温度が木材の乾燥速度に大きな影響を与えることがわかっており(寺澤, 1994)、減率乾燥期間が大部分となる高温セット処理後の乾燥期間において温室による乾燥促進効果が見られたと考えられる。但し、温室と屋外の温度差は、昼間(10時~14時)は12°C程度、夜間(22時~2時)は1~2°C程度であり、夜間はほぼ乾燥促進に寄与せず、特に冬季は気温が低いので乾燥は遅滞すると考えられる。

太陽熱利用の乾燥は、季節や日照に左右されるため(東山・大塚, 1993)、特に冬季に加温するには、別途対策を実施する必要がある。対策の参考としては、昼間の太陽熱を蓄熱して夜間の加温に用いる方法(堀口, 1985)や、暖房費軽減のためにヒートポンプを用いた温湿度管理方法(荒牧, 2013)などがある。これらの中で木材乾燥に適した温室の管理手法を組み合わせることにより、低コストで乾燥期間を短縮できる可能性がある。

2) 含水率及び乾燥日数, 高温セット処理

夏季のスギ材乾燥試験では、平均含水率20%以下という基準に対して、セット・温室区の乾燥日数がセット・屋外区よりも1ヶ月程度の期間短縮となり、その乾燥促進効果は明らかであった。

一方、冬季のヒノキ材乾燥試験では、高温セット処理段階で含水率が低下してしまったため、温室による乾燥促進効果を明確にすることができなかった。

原因の一つとして、冬季の温室内の温度不足が考えられる。スギ材での結果から、高温セット処理後に温室に設置すれば屋外よりも乾燥促進効果があることは推測されるが、冬季は温室内部も温度が十分でなく、夏季に比べて乾燥促進効果が小さかった可能性がある。また、今回実施した蒸煮工程8時間、高温低湿工程12時間という条件が処理時間として過度だったと考えられる。

ヒノキ材の高温セット処理条件については、高温セット処理直後時点で含水率が12~19%程度に到達するという報告がある(政岡・野地, 2012)。また、ヒノキ材では60°C以上で変色が進行し、

90℃以上の高温域では黄色化が強まることが示されており（河崎，1991），役物等で色合いと材面割れを重視したニーズに対応するには，ヒノキ材の高温セット処理条件の緩和方法を検討する必要がある。

高周波式含水率計と全乾法による含水率の相関について，スギ高温セット材では相関性が高くなり，ヒノキ高温セット材では相関性が低くなった。これはスギ材では，高温セット処理後の乾燥経過に伴う高周波式含水率計と全乾法による含水率が同様の傾向で低下したが，ヒノキ材では，高温セット処理後の表層の含水率が平衡含水率近くまで低下したことによって，その後の乾燥経過に伴う両者の含水率変化が異なったためと推察される。高周波式含水率計は，含水率の目安とする簡便な手段として生産現場で活用される事例が多いが（野々田，2006），今回のヒノキ高温セット材のように処理条件によっては相関性が小さくなる可能性があるため，高温セット処理材への高周波式含水率計の適用には一層の注意が必要である。

3) 材面割れ

夏季のスギ材乾燥試験において，高温セット処理後に温室で乾燥した方が屋外よりも割れが小さくなったのは，屋外での乾燥は露地にて簡易な屋根を設置した状態であるが，雨水により濡れて，材表面の急激な含水率変化による膨潤・収縮が起こった可能性がある。

また，背割りした材料で，温室で乾燥した方が屋外よりも割れが大きくなったのは，温室の温度上昇及びはざがけによる通気の良さが乾燥を促進したためと考えられる。

冬季のヒノキ材乾燥試験では，高温セット処理による材面割れの抑制効果は確認された。但し，ヒノキ材の処理条件の緩和を行う場合には，材面割れの抑制効果が低下する可能性があることを考慮する必要がある。

4) 加工性，その他

スギ材の加工性の評価では，高温セット処理後に温室で乾燥しても天然乾燥とほぼ変わらない材質であることが明らかとなった。高温セット処理と天然乾燥（温室などの太陽熱利用乾燥を含む）を組み合わせる乾燥方法は，紀州材の持つ色つやと地域の気候条件を生かせる方法であり，県内の工務店や建築士においても関心は高まってきている。この乾燥技術の確立には，含水率や割れ等に関する数値データの蓄積に加えて，利用者による乾燥材の材色や加工性の評価を得る必要がある。

摘 要

和歌山県産スギ，ヒノキ心持ち正角材について，高温セット処理後に温室で乾燥する試験を行い，以下の知見を得た。

1. スギ心持ち正角材の全乾法による含水率について，夏季において①セット・温室区では56日後の測定で平均含水率が20%以下になったことを確認できたが，②セット・屋外区では84日後でも到達せず，温室区は屋外区に比べて期間短縮効果が実証された。
2. スギ心持ち正角材の材面割れの総長さについて，平均値が小さい順に，①セット・温室区（520mm）<②セット・屋外区（1487mm）<④背割り・屋外区（2302mm）<③背割り・温室区（3284mm）となった。
3. スギ心持ち正角材の乾燥後の加工性について，工務店でカンナがけ及びノミ切れの評価を行ったところ，①セット・温室区及び②セット・屋外区の加工性は天然乾燥材と同程度であるという評価を得た。

4. ヒノキ心持ち正角材の全乾法による含水率について、冬季において①セット・温室区では63日後の測定で平均含水率が20%以下になったことを確認できたが、②背割り・屋外区では84日も到達しなかった。但し、①セット・温室区は高温セット処理直後の21.4%から84日間でわずか3%の低下であり、温室の乾燥促進効果を実証するには至らなかった。
5. ヒノキ心持ち正角材の材面割れの総長さについて、①セット・温室区は高温セット処理直後に266mm、84日後で297mmとなり、乾燥期間で割れの大きさはほぼ変化しなかった。一方、②背割り・屋外区は乾燥日数とともに増加し、84日後で1691mmとなった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただいた紀州材乾燥研究会及び田辺商工会議所に深謝いたします。

引用文献

- 「安全・安心な乾燥材生産技術の開発」研究グループ. 2012. 安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル 内部割れのない乾燥材生産を目指して!. 石川県林業試験場 石川ウッドセンター. P. 61.
- 荒牧貞幸. 2013. ヒートポンプ冷暖房除湿によるハウスマシンの浮皮軽減と着色向上効果. 長崎県農林技術開発センター研究報告. 4:85-94.
- 東山貢・大塚康史. 1993. 太陽熱利用木材乾燥—県産スギ・ヒノキ材の乾燥—. 和歌山県林業センター研究報告. 4:10-15.
- 堀口郁夫. 1985. 潜熱蓄熱材による温室暖房のために基礎試験. 北海道大学農学部邦文紀要. 14:234-241.
- 河崎弥生. 1991. ヒノキ柱材の蒸気式乾燥スケジュール(2). 岡山県木材加工技術センター業務報告書. P. 6-7.
- 岸本勇樹・山裾伸浩・井戸聖富. 2012. ビニールハウスを利用した太陽熱利用木材乾燥. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 13:97-104.
- 政岡尚志・野地清美. 2012. ヒノキ材の品質向上に関する研究—心持ち正角材の高温セット処理を組み合わせた乾燥法の検討—. 高知県立森林技術センター研究報告. 37:27-36.
- 野々田稔郎. 2006. 携帯型高周波式含水率計によるヒノキ柱材の水管理方法の検討. 三重県科学技術振興センター林業研究部研究報告. 18:43-51
- 寺澤眞. 1994. 木材乾燥のすべて. P. 376, 512-514. 海青社. 滋賀.
- 吉田孝久. 2003. スギ構造材の乾燥法—特に高温セット法という高温乾燥について. 林業技術. 736:14-20.

学 会 誌 掲 載 論 文 抄 録

園芸学研究 (Hort. Res. (Japan)) 12 (1) : 57–65. 2013

携帯型振動硬度計によるウメ‘南高’果実の非破壊硬度測定と高品質梅酒製造への応用

大江孝明^{1,2*}・櫻井直樹²・土田靖久¹・中西 慶¹・細平正人¹

¹ 和歌山県果樹試験場うめ研究所 645-0021 和歌山県日高郡みなべ町東本庄

² 広島大学大学院生物圏科学研究科 739-8521 広島県東広島市鏡山

Nondestructive Measurement of the Fruit Firmness of ‘Nanko’ Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) Using a Portable Vibration Hardness Meter, and Application to Processing High-quality Japanese Apricot Liqueur

Takaaki Oe^{1,2*}, Naoki Sakurai², Yasuhisa Tsuchida¹, Kei Nakanishi¹ and Masato Hosohira¹

¹Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Higashihonjo, Minabe, Hidaka, Wakayama 645-0021

²Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8521

摘要

高い機能性成分や芳香成分を有するウメ‘南高’果実を用いた梅酒製造のために、硬度の評価法について、レオメータに代わる携帯型の硬度測定法を見いだそうとした。円柱形プランジャー直径3 mm の貫入式硬度計で測定した果実硬度は、レオメータ値とは少し異なるものの、収穫時期による硬度の違いや着果位置による硬度の違いを判断することができた。携帯型振動硬度計で測定した弾性指標によっても、貫入式硬度計と同様にこれらの硬度の違いを検出することができ、弾性指標はレオメータとの相関が貫入式硬度計値と比べて強かった。弾性指標の算出には、生育中の果実、追熟中の果実ともに、直径または果実重のどちらを用いても大差なく、第2共鳴周波数を f_2 (Hz)、第3共鳴周波数を f_3 (Hz)、横径を d (m)、 $Edf_2=f_2^2 \cdot d^2$ 、 $Edf_3=f_3^2 \cdot d^2$ とすると、 Edf_3 よりも Edf_2 のほうがレオメータ値との相関関係が強かった。従って、レオメータの代用としてウメ果実の硬度を測定するには、 Edf_2 を用いるのが適当と判断された。レオメータで機能性成分の多い梅酒を製造するための指標である果実硬度が急激に低下する時期は、貫入式硬度計や携帯型振動硬度計では明確に判断できなかった。しかし、携帯型振動硬度計による Edf_2 が10,000または Edf_3 が17,000を下回った時期の果実、もしくは円柱形プランジャー直径3 mmの貫入式硬度計で2.2 kgを下回った時期の果実を用いた梅酒は機能性成分含量が多かった。これらの結果から、携帯型振動硬度計はウメ果実の非破壊硬度測定に適し、その弾性指標は機能性成分や芳香成分の多い梅酒原料の指標として利用できる可能性が示された。

園芸学研究 (Hort. Res. (Japan)) 12 (4) : 411–418. 2013

ウメ ‘露茜’ 果実の熟度と着果条件がアントシアニンの蓄積およびその他の機能性成分
含量に及ぼす影響

大江孝明^{1,2}・竹中正好¹・櫻井直樹²・根来圭一^{1a}・古屋挙幸^{1b}・
岡室美絵子¹・土田靖久^{1c}

¹ 和歌山県果樹試験場うめ研究所 645-0021 和歌山県日高郡みなべ町東本庄

² 広島大学大学院生物圏科学研究科 739-8521 広島県東広島市鏡山

Influence of Maturity and Fruiting Condition on Accumulation of Anthocyanin and Content of Other Functional
Components in Japanese Apricot 'Tsuyuakane' (*Prunus salicina* Lindl. × *Prunus mume* Sieb. et Zucc.) Fruit

Takaaki Oe^{1,2*}, Masayoshi Takenaka¹, Naoki Sakurai², Keiichi Negoro^{1a}, Takayuki Furuya^{1b}, Mieko Okamuro¹ and
Yasuhisa Tsuchida^{1c}

¹Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station, Higashihonjo,
Minabe, Hidaka, Wakayama 645-0021

²Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8521

摘要

果実の採取時期、着果位置および光環境の違いが、ウメ‘露茜’果実の赤色着色や機能性成分に及ぼす影響について調査した。果皮の着色指数は発育とともに増加する傾向を示し、同一採取日では樹冠外層の果実（以下、外層果実）が樹冠内層の果実（以下、内層果実）より大きく推移した。果皮を含む果肉のアントシアニン含量は、完熟期まで発育とともに増加する傾向を示し、同一採取日では外層果実が内層果実より多い傾向を示した。果皮を含む果肉のリンゴ酸含量は、クエン酸含量よりも多かった。リンゴ酸およびクエン酸含量は、外層果実のクエン酸含量を除き、完熟期まで発育とともに増加する傾向を示し、同一採取日では外層果実が内層果実より多い傾向を示した。果皮を含む果肉のポリフェノール含量は、完熟期まで発育とともに減少する傾向を示し、外層果実と内層果実で差がなく推移した。β-カロテン含量は、完熟期まで発育とともに増加する傾向を示し、外層果実と内層果実で差がなく推移した。収穫適期前に約4週間、果実を遮光することにより果皮の赤色着色は減少し、アントシアニン、リンゴ酸およびクエン酸含量は減少傾向を示した。これらのことから、アントシアニンや他の機能性成分が豊富な‘露茜’果実を生産するには、良好な光環境下において、熟度を進めて収穫するのが良いと考えられ、受光条件が悪い内層の果実におけるこれら成分は外層果実に比べて少ないと考えられた。

^a現在：和歌山県工業技術センター

^b現在：和歌山県果樹園芸課

^c現在：和歌山県経営支援課

木質炭化学会誌 9(2): 75-81. 2013

連作障害対策のためのウメ園地改植方法の検討
—各種木質系炭化物（バイオ炭）の評価—

橋本千賀子¹・大江孝明²・水口裕介³・西原英治⁴

¹ 和歌山県林業試験場

² 和歌山県果樹試験場うめ研究所

³ 鳥取大学農学部

⁴ 連絡先：〒680-8553 鳥取市湖山町南 4-101

Mitigation of the replanting problem in *Prunus mume*
—Evaluation of wood-type biochars—

Chikako Hashimoto¹, Takaaki Oe², Yusuke Mizuguchi³, Eiji Nishihara⁴

¹ Forestry Experiment Station, Wakayama Prefecture

² Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

³ Faculty of Agriculture, Tottori University

⁴ Corresponding author : 4-101 Koyama-cho-Minami, Tottori 680-8553, Japan

摘要

ウメ園地の改植に伴い、連作障害が問題となるなか、低コストで省力的な対策技術が求められている。これまで、連作障害には土壌中のアレロパシー物質が関与していることがわかりつつある。そこで、連作障害対策として、地域未利用資源を活用した炭化物を連作土壌に混和する方法を検討した。炭化材料（スギ、ヒノキ、ウメ、タケ）と炭化温度（300～900℃）を異にする炭化物の特性把握を行い、土壌アッセイ法によりこれらの炭化物混和が土壌中のアレロパシー活性に及ぼす影響を明らかにした。本研究結果より、土壌中のアレロパシー活性は表層に近い部分ほど高くなることが明らかとなった。また、ヒノキ材（炭化温度：900℃）の炭化物を用いることでアレロパシー活性に対する軽減効果が高くなることがわかった。これらのことより、一部の炭化物を土壌表層に混和する方法がウメ連作障害土壌における生育阻害物質の軽減に効果的である可能性が示唆された。

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第2号

発行 平成26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
