

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

NO. 3 March 2015

和歌山県農林水産試験研究機関
研究報告

第3号

平成27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】

- シントウガラシ曲がり果の発生に影響を及ぼす栽培管理要因 1 ~ 8
千賀泰斗・奥野憲治・衛藤夏葉・奥野直行
- 梅調味廃液と第一燐酸アンモニウムおよび硫黄粉末の添加による鶏ふん堆肥の高窒素化 9 ~ 18
橋本真穂・久田紀夫・松下修門・林 恭弘・島津 康
- 水稻品種‘きぬむすめ’の移植時期、施肥管理、刈取時期が収量および品質に及ぼす影響 19 ~ 26
宮井良介・川村和史・足立裕亮
- スプレーギク栽培における暗期中断に用いる光源の種類と開花抑制効果 27 ~ 40
宮前治加・林 寛子・藤岡唯志

【果樹試験場】

- 有田地方における 50m メッシュ気温図の作成とその活用 41 ~ 56
鯨 幸和・池田晴佳

【果樹試験場かき・もも研究所】

- カキの主幹切断と主枝再生による新たな樹形改造技術の開発 57 ~ 66
堀田宗幹・熊本昌平・江川明日香・和中 学・前阪和夫・藤本欣司

【果樹試験場うめ研究所】

- ウメ‘南高’における栽培土壌の違いが梅酒の香り、苦みおよび機能性成分に及ぼす影響 67 ~ 78
大江孝明・岡室美絵子・土田靖久・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・城村徳明
- 窒素の施肥時期および土壌タイプがウメ‘南高’樹体への窒素の吸収および土壌からの溶脱に及ぼす影響 79 ~ 90
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
- 梅調味廃液添加鶏糞堆肥のウメへの施用効果 91 ~ 106
岡室美絵子・城村徳明・前田恵助・福島 学・小松 希・橋本真穂
- ウメ‘南高’における実肥施肥時期が果実の熟度と樹体栄養に及ぼす影響 107 ~ 116
岡室美絵子・城村徳明
- 特定農薬（食酢、重曹）のウメ主要病害に対する防除効果 117 ~ 124
武田知明・菱池政志

【畜産試験場】

- 性腺刺激ホルモン放出ホルモン及び卵胞刺激ホルモン処理が黒毛和種雌牛の生体内卵子吸引に及ぼす影響 125 ~ 130
谷口俊仁・高田広達・樽本英幸

【林業試験場】

- スギノアカネトラカミキリ被害材の利用に関する研究 -スギ・ヒノキ板材の曲げ強度および縦圧縮強度- 131 ~ 146
山裾伸浩・森川陽平・城戸杉生

【学会誌掲載論文抄録】

- ウメ‘南高’における光条件の違いが梅酒の香り、苦みおよび機能性成分に及ぼす影響 147
大江孝明・岡室美絵子・櫻井直樹・土田靖久・山崎哲弘・奥井弥生・石原紀恵・城村徳明
- Differences in Cell-wall Polysaccharide Degradation during Softening Process in Two Cultivars of Japanese Apricot Fruits 148
Yasuhisa Tsuchida, Hiroshi Yakushiji, Takaaki Oe, Keiichi Negoro, Nobuki Gato, Tatsuya Kotani, Yuriko

Onishi, Takamichi Kobata and Motoi Tamura Effects of dietary lysine/protein ratio and fat levels on growth performance and meat quality of finishing pigs ...	149
Keisuke Maeda, Fumika Yamamoto, Masanari Toyoshi and Masakazu Irie イノブタ（デュロック×ニホンイノシシ）の肉質と生産性に対する低リジン含量のパン主体飼料給与と性の影響	150
前田恵助・山本史華・諏佐尚哉・高橋俊浩・豊吉正成・入江正和 ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響	151
前田恵助・橋本真穂・林 恭弘・豊吉正成 和歌山県南部の人工林伐採跡地に成立した林分の構造	152
中森由美子・栗生 剛	

シシトウガラシ曲がり果の発生に影響を及ぼす栽培管理要因

千賀泰斗・奥野憲治¹・衛藤夏葉²・奥野直行³

和歌山県農業試験場

Effect of Cultivation Practices on the Occurrence of Curved Fruit in Small Sweet Green Pepper(*Capsicum annuum* L.)

Taito Senga, Kenji Okuno¹, Kayou Eto², Naoyuki Okuno²

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県では有田郡有田川町を中心にシシトウガラシの栽培が盛んで、栽培面積は 19ha (2012 年)、出荷量は高知県、千葉県について第 3 位である。作型は中山間地での露地栽培が多く、一部ではビニールハウスでの半促成栽培もみられる。しかし、露地栽培において、2003 年頃からエビのように丸く曲がった果実 (以下、曲がり果) の発生が問題となってきた。

ピーマンでは果実への同化養分の転流不足が原因で種子形成されない肥大不良果 (石果) が知られており (加藤 1958b)、シシトウガラシの曲がり果においても種子形成が不十分であることから、ピーマンの石果と同様の原因によることが類推された。予備的に実施した発生実態調査から草勢の低下、土壤水分の乾湿、着果負担が関与していると推測されたため、曲がり果の発生要因として、整枝方法、かん水方法など栽培管理方法が曲がり果の発生に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

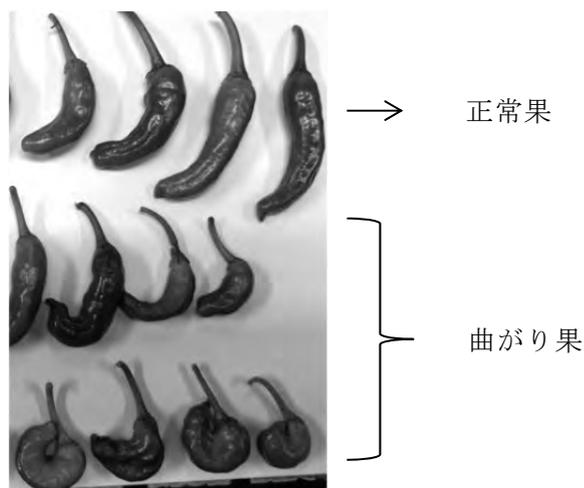
1. 発生実態調査

2007 年 8 月 31 日に有田川町のシシトウガラシ栽培 6 ほ場および 2008 年 8 月 22 日に日高川町の 2 ほ場、同年 9 月 2 日に有田川町の 8 ほ場において曲がり果の発生状況、かん水方法、生育、土壤の乾湿について調査した。作型はいずれも露地栽培 (品種は '葵ししとう') で、定植は 4 月下旬で、収穫期間は 6 月下旬~9 月下旬である。また、本研究では、果梗に対して果実の先端が 90 度以上わん曲している果実を曲がり果とした (第 1 図)。

¹ 現在 : 観光交流課

² 現在 : 果樹園芸課

³ 有田振興局農業振興課 現在 : 過疎対策課



第1図 シシトウガラシの曲がり果

2. かん水方法が曲がり果の発生に及ぼす影響

2009年に農業試験場内(紀の川市貴志川町高尾)露地ほ場(60 m²)で試験を行った。畝幅150cm, 株間60cm間隔で5月12日に‘葵ししとう’を定植した。肥はN:P₂O₅:K₂O=1.0:0.9:1.0(kg/a), 追肥はN:P₂O₅:K₂O=0.5:0.7:0.5(kg/a)の割合で行った。整枝は吊り下げ誘引主枝4本仕立てで行った。

畝間に高さ20cm程度水をためてかん水を行う畝間かん水区と、畝上に2本設置したかん水チューブにより株元が十分に湿るようにかん水を行うチューブかん水区を設置し、概ね10日に1回を目途に、植物体がしおれ始める時にかん水した。1区あたり5株(4.5 m²), 2反復とした。

収穫は6月7日から10月28日まで週2回行い、果実の重量と曲がり果の個数を調査した。また、土壌体積含水率は畝表面から20cmの深さに設置した土壌水分センサーEC-5プローブ(DECAGON DEVICES社製)を用いて、8月12日~9月20日に1時間間隔で測定した。

3. 根域制限栽培におけるかん水頻度が曲がり果の発生に及ぼす影響

2011年に農業試験場内露地ほ場で試験を行った。プラスチックコンテナ(内寸35cm×50cm, 高さ:30cm)の内面に防根透水シートを敷き、埴壤土をプラスチックコンテナの高さ25cmまで入れ栽培槽とし、シグモイド型肥効調節型肥料140日タイプ(N:P₂O₅:K₂O=14:12:13)60gを混和した後に、‘葵ししとう’1株を4月27日に定植した。栽培槽を野外に置き、かん水チューブを設置した後、降雨等による栽培槽への水の流入を防ぐため、白黒マルチで土を覆った。整枝は吊り下げ誘引主枝4本仕立てで行った。

かん水を週4回行う多かん水区、週3回行う標準区、週2回行う少かん水区を設け、6月15日から9月30日まで処理を行った。かん水は栽培槽の底面から水がしみ出るまで行った。1区あたり2株をまとめて集計し、反復なしとした。

収穫は6月27日から9月30日まで週に2回行い、果実の重量と曲がり果の個数を調査した。

4. 整枝が曲がり果の発生に及ぼす影響

2006年と2007年に、農業試験場内露地ほ場（75 m²）で試験を行った。2006年は畝幅180cm、株間60cm間隔で5月2日に‘葵ししとう’を定植した。基肥はN:P₂O₅:K₂O=2.7:2.9:2.0(kg/a)であった。2007年は畝幅150cm、株間60cm間隔で5月2日に定植した。栽培面積は60 m²で、基肥はN:P₂O₅:K₂O=0.9:0.8:0.9(kg/a)であった。整枝はいずれの年も吊り下げ誘引主枝4本仕立てで行った。

週に一回の間隔で腋芽や混み合った枝を間引く整枝区と剪定を行わない無整枝区を設け、栽培開始から調査終了時まで処理を行った。2006年は1区あたり7株（7.7 m²）、2反復とした。2007年は1区あたり3株（2.7 m²）、2反復とした。

収穫は2006年は6月5日から9月11日まで、2007年は7月4日から9月20日まで週に2回行い、それぞれの果実の重量と曲がり果の個数を調査した。

結 果

1. 発生実態調査

①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑪, ⑫ほ場では曲がり果の発生が少く、⑦以外のほ場ではチューブかん水を行い、畝土は適湿であった。一方、②, ④, ⑨, ⑩, ⑬, ⑭, ⑮ほ場では曲がり果の発生が多くみられた。②, ④, ⑨, ⑩, ⑭, ⑮ほ場では畝間かん水を行っており、⑭以外のほ場では畝間は過湿であったが畝土は乾燥しているか、ほ場全体が乾燥していた。⑬ほ場はかん水を行っておらず、ほ場全体が乾燥していた。また、②ほ場は無剪定で栽培管理を行っており、④ほ場は他のほ場に比べて明らかに生育が劣っていた。（第1表、第2表）

2. かん水方法の違いが曲がり果の発生に及ぼす影響

8月12日～9月20日の土壌体積含水率は、畝間かん水区でチューブかん水区に比べて高く推移した（第2図）。総収量に関しては畝間かん水区とチューブかん水区の間に有意な差はみられなかった。曲がり果は両区とも8月中旬から増加し、9月中旬の曲がり果発生率は畝間かん水区で27.4%と、チューブかん水区に比べて有意に高く、8月下旬以降で畝間かん水区の方が高い傾向にあった（第3表）。

3. 根域制限栽培におけるかん水頻度が曲がり果の発生に及ぼす影響

総収量は少かん水区と標準区は同程度で推移したが、多かん水区では8月上旬～9月上旬に急激に減少し、その後も標準区に比べて少なく推移した。少かん水区の曲がり果発生率は8月下旬以降標準区に比べてやや高く推移した。多かん水区の曲がり果発生率は8月下旬から増加し、9月下旬まで標準区に比べて高く推移した。（第3図）。

4. 整枝が曲がり果の発生に及ぼす影響

2006年では、整枝区と無整枝区の総収量はほぼ同様に推移した。曲がり果の発生は6月下旬から認められ、発生率は7月中旬～8月上旬に無整枝区は整枝区に比べて有意に高く、その他の時期も無整枝区で高い傾向が認められた（第4表）。

2007年では、無整枝区の総収量は整枝区に比べて多い傾向であった。曲がり果発生率は8月中旬

に上昇したが、2006年とは異なり整枝区と無整枝区の発生率はほぼ同程度で推移した。また、曲がり果の発生ピークは総収量が少なくなる8月中旬ごろであった(第5表)。

第1表 曲がり果の発生状況と栽培環境(2007年)

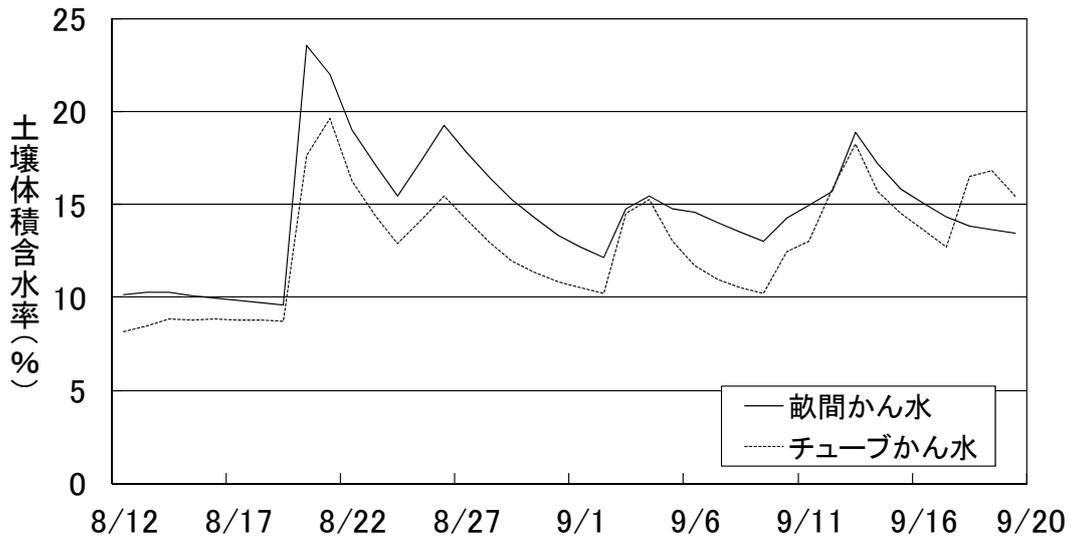
圃場番号	地区名	曲がり果発生状況 (達観)	灌水方法	土壌状態(達観)	備考
①	有田川町修理川	少	チューブ灌水	適湿	生育良好、草丈高
②	有田川町修理川	やや多	畝間	畝土:乾燥 畝間:過湿	無剪定栽培
③	有田川町谷	極少	チューブ灌水	適湿	生育良好
④	有田川町谷	多	畝間	畝土:乾燥 畝間:過湿	生育不良
⑤	有田川町長谷川	少	チューブ灌水	適湿	—

調査日: 2007年8月31日。

第2表 曲がり果の発生状況と栽培環境(2008年)

圃場番号	地区名	曲がり果発生状況 (達観)	灌水方法	土壌状態(達観)
⑥	有田川町小川	少	チューブ灌水	適湿
⑦	有田川町上六川	少	畝間	適湿
⑧	有田川町修理川	極少	チューブ灌水	適湿
⑨	有田川町修理川	多	畝間	乾燥
⑩	有田川町立石	やや多	畝間	やや乾燥
⑪	有田川町谷	少	チューブ灌水	適湿
⑫	有田川町長谷川	極少	チューブ灌水	適湿
⑬	日高川町船木谷	多	かん水無し	乾燥
⑭	日高川町三百瀬	やや多	畝間	適湿
⑮	日高川町三百瀬	やや多	畝間	畝土:乾燥 畝間:適湿

調査日: 有田川町は2008年9月5日, 日高川町は8月22日。

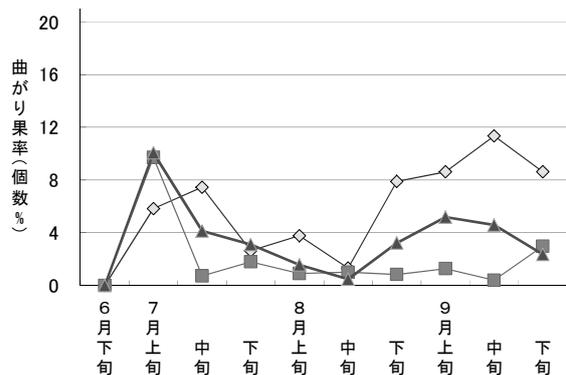
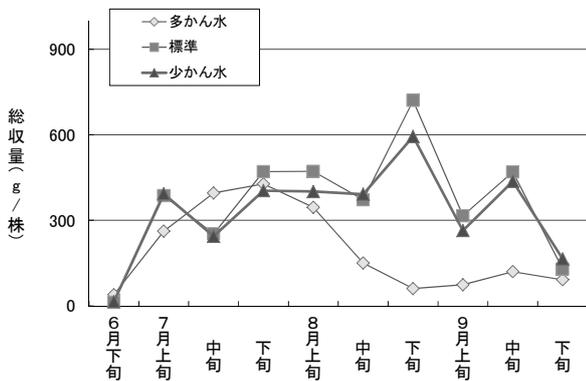


第2図 異なるかん水方法における土壌体積含水率の推移 (2009年)

第3表 かん水方法が総収量と曲がり果発生率に及ぼす影響 (2009年)

項目	試験区	7月			8月			9月			期間合計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
総収量 (kg/a)	畝間かん水区	23.7	77.4	58.6	98.4	38.8	80.1	135.0	130.2	16.6	658.8
	チューブかん水区	24.8	84.5	81.0	117.5	43.4	47.9	99.7	98.8	21.9	619.3
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
曲がり果発生率 (個数%)	畝間かん水区	1.1	1.4	2.7	4.0	10.1	15.8	15.6	27.4	27.9	13.2
	チューブかん水区	2.9	1.1	4.3	4.8	12.8	12.1	11.3	12.9	23.4	8.7
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	*

* : 有意差あり $p < 0.05$, n.s. : 有意差なし (t検定)



第3図 かん水頻度が総収量と曲がり果発生率に及ぼす影響 (2011年)

第4表 整枝方法が総収量と曲がり果発生率に及ぼす影響 (2006年)

項目	試験区	6月			7月			8月			9月	期間合計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	
総収量 (kg/a)	整枝区	2.3	9.0	30.0	81.3	53.8	97.9	72.4	44.2	105.9	131.3	628.2
	無整枝区	1.8	5.5	31.1	83.3	65.5	94.8	116.6	39.8	76.8	146.1	661.3
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
曲がり果発生率 (個数%)	整枝区	0.0	0.0	0.0	0.5	1.2	3.8	0.4	3.3	1.1	2.5	1.8
	無整枝区	0.0	0.0	0.2	1.6	3.3	12.2	2.7	10.7	1.9	2.9	4.4
	有意性	-	-	-	n.s.	**	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

** : 有意差あり $p < 0.01$, * : 有意差あり $p < 0.05$, n.s. : 有意差なし (t検定)

第5表 整枝方法が総収量と曲がり果発生率に及ぼす影響 (2007年)

項目	試験区	7月			8月			9月		期間合計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	
総収量 (kg/a)	整枝区	51.6	77.4	96.7	22.7	28.3	88.0	106.6	83.5	554.8
	無整枝区	58.4	117.4	137.0	58.1	38.6	92.1	171.9	160.3	833.8
	有意性	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
曲がり果発生率 (個数%)	整枝区	5.1	4.4	5.2	8.1	18.1	4.2	6.1	1.9	5.4
	無整枝区	3.5	3.5	5.6	7.2	20.5	6.6	4.5	3.4	5.3
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

* : 有意差あり $p < 0.05$, n.s. : 有意差なし (t検定)

考 察

シシトウガラシの曲がり果では、わん曲部分より先に種子が形成されない。ナス、ピーマン果実障害である石果も同様に種子の形成が認められないがこの原因は、低夜温による花粉の稔性不良や、果実への同化養分の転流不足による種子形成不良とされる（加藤 1958b, 斉藤 2010）。また、施設栽培ピーマンにおいて、日中の高温や低夜温条件で肥大不良果、曲がり果、石果などの変形果が発生しやすく、これらの果実では種子数も少ないという事例が報告されている（沢畑ら 1980, 沢畑・小沼 1983a, 1983b）。この他に、ストレプトマイシン剤の薬害により果実内の種子数が少なくなり、果実の奇形が発生する事例（長井・深津 1971）がある。

曲がり果の発生実態調査では、畝間かん水を行っているほ場で曲がり果の発生が多く、かん水方法、かん水量が影響している可能性や着果負担の影響が考えられた。そこで、各処理区を設けて実験的に調べたところ、畝間かん水区では、畝の地表下 20cm の土壤水分がチューブかん水区に比べて湿潤に推移し、畝間かん水区で曲がり果発生率がチューブかん水区に比べて増加した。また、根域制限栽培では、多かん水区では収穫期後半にかん水過多による根腐れが原因と考えられる総収量の著しい低下とともに、曲がり果発生率が増加した。また、少かん水区でも曲がり果の発生がみられたが、これは土壤の乾燥で草勢が低下したと推測された。これらのことから、不適切な水分管理が果実への同化養分の転流不足を引き起こし、曲がり果の発生につながることを示唆された。

ピーマン、ナスなどのナス科植物では栄養生長と生殖生長を平行して行うため、担果数が増加することで養分競合により開花数が減少し、幼果や花が離脱する着果周期があることが知られている（福本ら 2004, 藤井・板木 1954, 益田ら 1966）。シシトウガラシにも同様の周期があり、着果負担によって葉面積あたりの同化量や根の吸水量が低下することが解明されている（加藤 1958a）。今回の試験でも、シシトウガラシの総収量には周期がみられ、整枝が曲がり果の発生に及ぼす影響の調査では 2 カ年とも総収量のピークを迎えた後に曲がり果発生率のピークが出現し、2006 年には整枝により曲がり果の発生が減少する傾向にあった。このことから、着果負担が同化量の低下や根の吸水量の低下などの一時的な草勢の低下を招き、曲がり果発生率が増加したと推察された。したがって、曲がり果の発生を軽減するためには、チューブかん水等による適切なかん水管理、脇芽や混み合った枝の剪除等の適正な整枝および果実の適期収穫を行う必要があると考えられる。

摘 要

シントウガラシにおける曲がり果の発生要因解明のため、実態調査およびいくつかの栽培管理要因が曲がり果の発生に及ぼす影響について調査した。

曲がり果の発生の少ないほ場ではチューブかん水を行っており、畝土は適湿であった。一方、発生が多いほ場では畝間かん水を行っており、畝間は過湿であったが畝土は乾燥していた。

畝間かん水区とチューブかん水区の総収量に有意な差はなく、9月の曲がり果発生率は畝間かん水区でチューブかん水区に比べて多く、調査期間を通じても畝間かん水区の方が発生しやすい傾向にあった。多かん水区では根腐れと思われる症状により、総収量が急激に低下し、曲がり果が多く発生した。また、少かん水区は標準区に比べ曲がり果が多い傾向にあった。これらのことから、不適切な水分管理が、曲がり果の発生につながることを示唆された。総収量のピークを迎えた後に曲がり果発生率のピークが出現したことから、着果負担も影響していることが示唆され、かん水過多、不足などの不適切な水分管理や無剪定栽培などによる着果負担を助長する枝梢管理が曲がり果発生要因であると推察された。

引用文献

- 藤井健雄・板木利隆. 1954. 茄の着果周期に関する研究. 園学雑. 23 (1) : 1-8
- 福元康文・西村安代・島崎一彦. 2004. ピーマンの着果と着果周期に及ぼす着果負担の影響. 園学雑. 73 (2) : 171-177.
- 加藤徹. 1958a. 生理生態的特性. 農業技術体系 野菜編 ピーマン基礎編. 農山漁村文化協会. 追録第8号 : 基 12-20.
- 加藤徹. 1958b. 果実の成熟と品質. 農業技術体系 野菜編 ピーマン基礎編. 農山漁村文化協会. 追録第8号 : 基 51-69.
- 益田忠雄・平松幸雄・笹本諄一. 1966. ピーマンの生態に関する研究 主として開花結実の状態について. 岡山大学農学部学術報告. 第28号 : 37-42.
- 長井雄治・深津量栄. 1971. ピーマンに対するストレプトマイシン剤の薬害—果実の奇形と種子の欠如—. 関東東山病害虫研究会年報. 第18集 : 39.
- 斉藤隆. 2010. 果実発育の生理, 生態. 農業技術体系 野菜編 ナス基礎編. 農山漁村文化協会. 追録35号 : 基 99-114.
- 沢畑健次・小沼寛・猿田忠悦. 1980. 半促成ピーマンの変形果, 不良果および落果に関する研究. 茨城園試研報. 8 : 1-18.
- 沢畑健次・小沼寛. 1983a. 半促成ピーマンの変形果, 不良果および落果の原因 (1). 農及園. 58 : 53-56.
- 沢畑健次・小沼寛. 1983b. 半促成ピーマンの変形果, 不良果および落果の原因 (2). 農及園. 58 : 339-341.

梅調味廃液と第一燐酸アンモニウムおよび硫黄粉末の添加による 鶏ふん堆肥の高窒素化

橋本真穂・久田紀夫¹・松下修門²・林 恭弘・島津 康

和歌山県農業試験場

Increasing Nitrogen Content in Used Broiler Litter by Addition of Ume Seasoning Waste Water , Ammonium Dihydrogen Phosphate and Sulfur-powder

Maho Hashimoto, Norio Hisada¹, Nobuto Matsushita², Yasuhiro Hayashi and Ko Shimazu

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒言

和歌山県内の梅干製造過程で発生する梅調味廃液は、年間1万8千tにのぼり、そのうち1万tが廃棄されており、処理コストや処分場の問題から有効利用が求められている。梅調味廃液の主成分は、糖20%、クエン酸3%と有用成分が多い一方で、塩分含有率が7%と高くpHが3と低い(中野ら, 2000)。このため、梅調味廃液の農業分野における再利用法として土壌還元消毒資材として実用化されている(後藤, 2008)が、施設栽培では塩分含有率が高いため利用作物が限られ、再利用が進んでいないのが現状である。

一方、県内の養鶏場から排出されている鶏ふんは化成肥料代替資材として有望であり、一部は鶏ふん堆肥として流通しているが、養分バランスの悪さや悪臭などの問題があり利用率は低い。鶏ふんの悪臭の主な原因の一つであるアンモニアは、堆肥製造過程で大部分が揮散するため(前田ら, 2001; 羽賀, 2010)、製造堆肥の窒素含有率は生鶏ふんに比べて大きく低下する。鶏ふんに限らず、家畜ふんを堆肥化する際にはアンモニアが揮散し、悪臭や窒素含有率低下の要因となるため、堆肥化中のアンモニア揮散を抑制する手法として、堆肥舎からの排気を脱臭装置に通す方法(伊藤ら, 2006)や、吸引堆肥化システムによりアンモニアを含む排気を吸引・捕集し資源利用する方法(宮武ら, 2010)のほか、土壌微生物を用いる方法(南部・村田, 2011)、堆肥を酸性の資材で被覆する方法(小山ら, 2011)などが検討されている。野町ら(2002)は、酸性資材を堆肥原料に添加することでアンモニア揮散を抑制することが可能であると報告していることから、鶏ふん堆肥化時にpHの低い梅調味廃液を添加することにより堆肥化中のアンモニア揮散を抑制できると考えられる。前田ら(2014)は、ブロイラー鶏ふん重量の5%相当量の梅調味廃液を添加すると、堆肥化初期のアンモニア揮散量を13~60%抑制するが、鶏ふん堆肥の窒素含有率の上昇は認められないと報告しており、アンモニア揮散をさらに抑制し、鶏ふんの高窒素化を図るためには、硫黄や(高橋 2006)、リン酸塩(湊ら, 2000)などの資材の添加が必要であると考えられる。

そこで、鶏ふんに梅調味廃液を添加して堆肥化を行う際に、さらにアンモニア揮散を抑制するための

¹現在：食品・生活衛生課

²現在：農業大学校

副資材としてリン酸塩である第一燐酸アンモニウムや硫黄を用い、製造堆肥の高窒素化を図るための添加方法や堆肥化条件を明らかにした。

材料および方法

1. 梅調味廃液と副資材の添加がブロイラー鶏ふんの高窒素化に及ぼす影響

1) 試験1 第一燐酸アンモニウム 5%添加

有田養鶏農業協同組合の解放鶏舎(和歌山県日高郡日高川町初湯川猪谷)において、オガクズを敷料として用い、50日間ブロイラー47羽/坪(0.07m²/羽)を飼育した後に鶏舎から搬出された鶏ふんが混ざった敷料を原料鶏糞とした。試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlを添加した梅調味廃液5%添加区、梅調味廃液250mlと第一燐酸アンモニウム(アンモニア態窒素12%、水溶性リン酸61%、以下第一燐安とする)250gを添加した梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区とした。原料鶏ふんと添加資材を混合した後、容積重が0.5~0.6kg/Lとなるように水分調整し、小型堆肥化実験装置(かぐやひめ、富士平工業 第1図)に高さ25cmに充填し、通気量を0.4L/minとして、25℃の室内で21日間堆肥化を行った。試験開始7日後と14日後に小型堆肥化実験装置から鶏ふんを



第1図 小型堆肥化実験装置

取り出してバット内で混合する切返しを行い、再び装置内に戻した。試験開始時および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、水分は重量法、pHはガラス電極法、全窒素含有率はCNコーダー法により測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。排気中のアンモニア濃度は排気管上部からガス検知管(ガステック製)を用いて1回/日測定した。

2) 試験2 第一燐安 2.5%添加

試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlと第一燐安125gを添加した梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区とし、試験1と同様に21日間堆肥化を行った。切返しは試験開始8日後と14日後に行った。試験開始時、開始後8、14日後および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、鶏ふんの水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。堆肥化期間中は排気管から排出される排気中のアンモニアガスを3mol/Lの硫酸で捕集し、試験終了時には小型堆肥化実験装置から凝集水を採取し、硫酸溶液および凝集水中のアンモニア態窒素量をケルダール分解-蒸留法で定量し、アンモニア揮散量とした。

3) 試験3 第一燐安 2.5%および硫黄 0.5%添加

試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlと第一燐安125g、硫黄粉末25gを添加した梅調味廃液・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加区とし、試験1と同様

に22日間堆肥化を行った。切返しは試験開始8日後と15日後に行った。試験開始時、開始後8、15日後および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。排気中のアンモニアガスと凝集水は試験2と同様に採取し、アンモニア態窒素量を測定した。

2. 実用規模試験

試験は有田養鶏農業協同組合の堆肥舎（和歌山県日高郡日高川町初湯川猪谷）において行った。2012年7月12日に、原料鶏ふん870kg（2m³）に対して、無添加区は水42L、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区は梅調味廃液42Lと第一燐安21.8kg、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%区は梅調味廃液42Lと第一燐安21.8kgおよび硫黄粉末4.35kgを添加し、容積重を調整するため水道水を添加して混合した後、高さ60cmに堆積し堆肥化を行った。切返しは、試験開始13、21、47、76日後に行った。堆積した鶏ふんの中心部の温度（堆肥温度）および外気温は自記温度計（おんどとり Jr. TR52 T&D 社）で測定した。試験開始時、切り返し時および試験終了時に分析試料として鶏ふんを1kg採取し、鶏ふんの水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。

結果

1. 梅調味廃液と副資材の添加がブロイラー鶏ふんの高窒素化に及ぼす影響

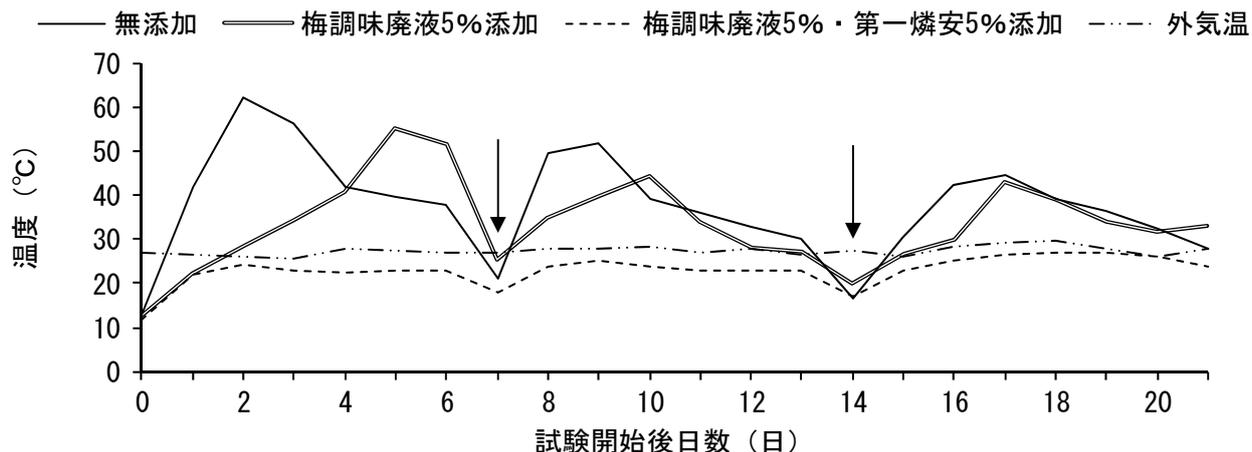
1) 試験1

堆肥温度は、無添加区では試験開始2日後に62℃で最高となったが、梅調味廃液5%添加区では温度の上昇が無添加区に比べて遅く、5日後に55℃で最高となり、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区では温度の上昇は認められなかった（第2図）。

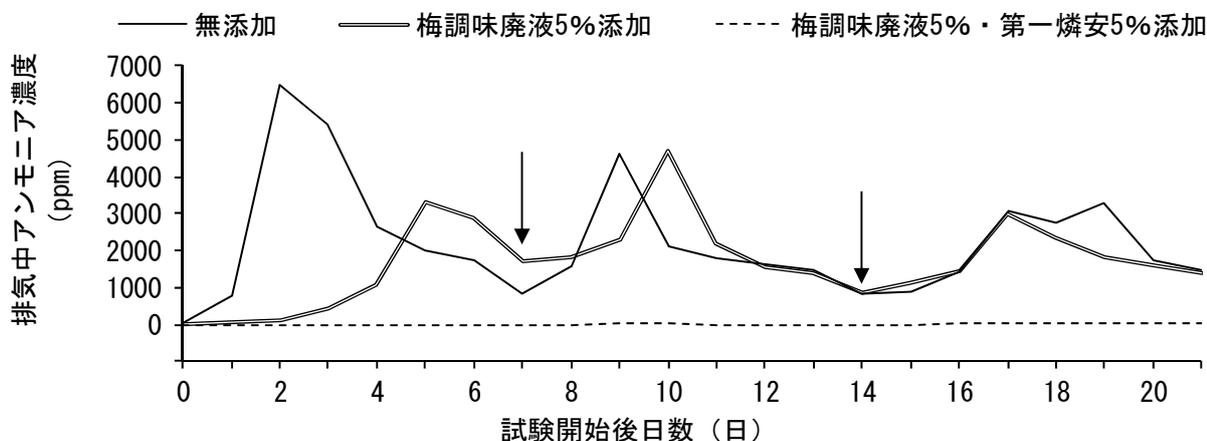
排気中のアンモニア濃度は、無添加区では試験開始2日後に6500ppmで最も高くなったが、梅調味廃液5%添加区では無添加区に比べてアンモニア濃度の上昇が遅く、10日後に4700ppmで最高となり、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区ではアンモニア濃度の上昇は認められなかった（第3図）。

鶏ふんのpHは、試験開始時には、無添加区では7.96であったが、梅調味廃液5%添加区および梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区ではそれぞれ6.62、6.43であった。試験終了時には、無添加区および梅調味廃液5%添加区ではそれぞれ7.84、7.42まで上昇したが、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区では6.83と弱酸性を保った（第1表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始時、終了時ともに無添加区および梅調味廃液5%添加区に比べ梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区で高かった（第1表）。



第2図 梅調味廃液および第一燐安の添加が堆肥温度に及ぼす影響 (試験1)
矢印は切返しを示す。



第3図 梅調味廃液および第一燐安の添加が排気中アンモニア濃度に及ぼす影響 (試験1)
矢印は切返しを示す。

第1表 梅調味廃液および第一燐安の添加が鶏ふんのpHと全窒素含有率に及ぼす影響 (試験1)

試験区	pH		全窒素含有率 (乾物%)	
	開始時	終了時	開始時	終了時
無添加	7.96	7.84	3.91	3.20
梅調味廃液5%添加	6.62	7.42	4.01	3.42
梅調味廃液5%・第一燐安5%添加	6.43	6.83	4.96	4.60

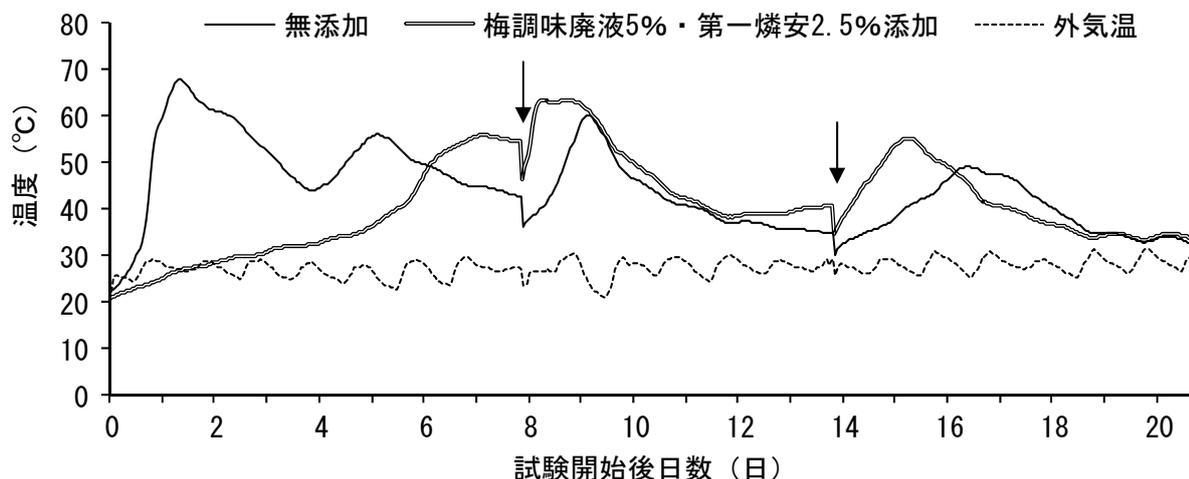
2) 試験 2

堆肥温度は、無添加区では試験開始1日後に67.9℃で最高となったが、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区では温度の上昇が無添加区に比べて遅く、9日後に63.6℃で最高となった(第4図)。

堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、無添加区では試験開始0~8日後に最も大きく13.7gとなり、その後時間経過とともに減少した。一方、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区では、0~8日後には小さく、8~14日後に11.1gで最も大きくなった。全期間を通じた総揮散量は、無

添加区の 31.0g に比べ、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5% 添加区で減少し、20.7g となった（第 2 表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始 14 日後までは無添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5% 添加区で高く推移したが、21 日後にはほぼ同等となった（第 3 表）。



第4図 梅調味廃液および第一燐安の添加が堆肥温度に及ぼす影響（試験2）
矢印は切返しを示す。

第2表 梅調味廃液と第一燐安の添加がアンモニア揮散量に及ぼす影響（試験2）

試験区	アンモニア揮散量 (g)			
	0～8日後	8～14日後	14～21日後	全期間
無添加	13.7	11.3	6.0	31.0
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	1.0	11.1	8.6	20.7

第3表 梅調味廃液と第一燐安の添加が鶏ふんの全窒素含有率に及ぼす影響（試験2）

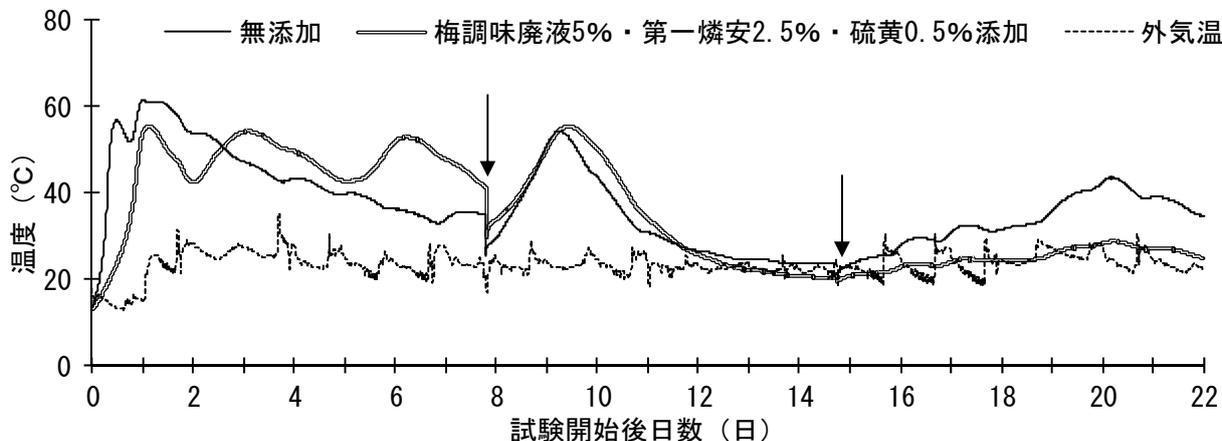
試験区	全窒素含有率 (乾物%)			
	開始時	8日後	14日後	21日後
無添加	3.86	3.38	3.62	3.27
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	3.88	3.97	3.90	3.31

3) 試験 3

堆肥温度は、無添加区と梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5% 添加区でほぼ同様に推移し、試験開始 1 日後にそれぞれ 61.4℃、55.4℃で最高になった（第 5 図）。

堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、無添加区では試験開始 0～8 日後に 12.8g と最も大きくその後は時間経過とともに減少した。一方、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 2.5% 添加区では 0～8 日後と 8～15 日後にそれぞれ 8.1、9.3g と大きく、その後減少した。全期間を通じた総揮散量は、無添加区の 25.2g に比べ、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5% 添加区で減少し、22.1g となった（第 4 表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、無添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で期間を通じて高い値を示した (第5表)。



第5図 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が堆肥温度に及ぼす影響 (試験3)
矢印は切返しを示す。

第4表 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加がアンモニア揮散量に及ぼす影響 (試験3)

試験区	アンモニア揮散量 (g)			
	0~8日後	8~15日後	15~22日後	全期間
無添加	12.8	7.8	4.6	25.2
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	8.1	9.3	4.7	22.1

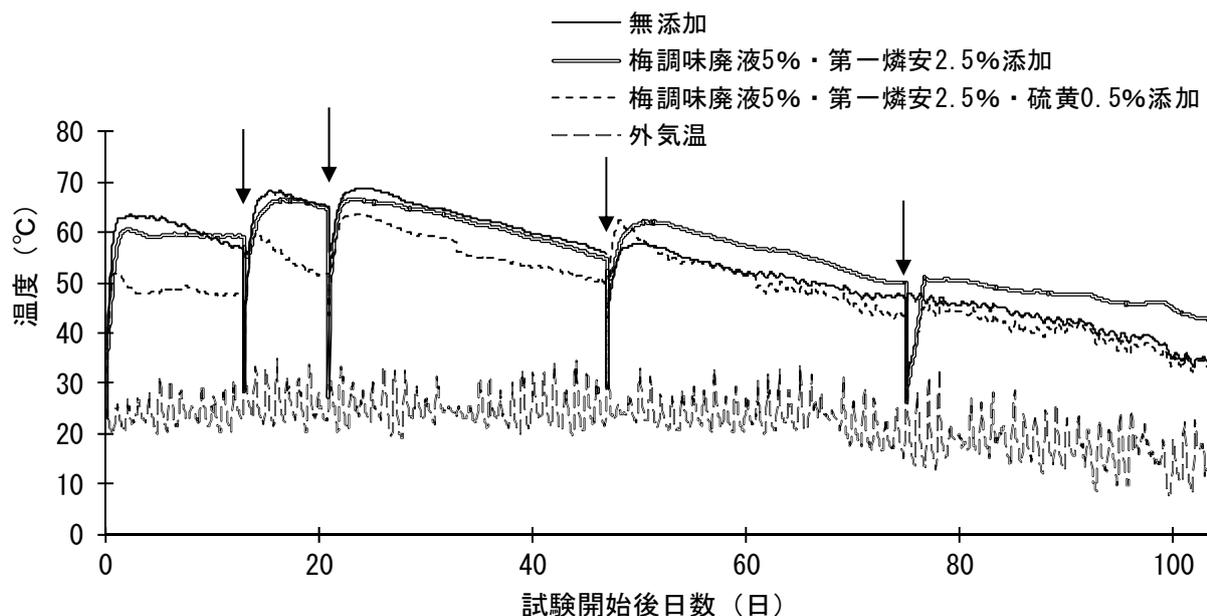
第5表 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が鶏ふんの全窒素含有率に及ぼす影響 (試験3)

試験区	全窒素含有率 (乾物%)			
	開始時	8日後	15日後	22日後
無添加	3.45	3.16	3.06	3.63
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	3.94	3.83	3.65	3.89

2. 実用規模試験

堆肥温度は、試験開始 47 日後までは無添加区および梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で低く推移したが、47 日後以降は無添加区とほぼ同等となった。いずれの試験区も試験開始 24 日後に最高となり、無添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区でそれぞれ 68.8℃、66.7℃、63.7℃となった (第6図)。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始時には、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区でそれぞれ 3.15%、3.19%と無添加区の 2.78%に比べて高かった。試験終了時には、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で最も高く 3.50%、次いで、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区で 2.35%、無添加区が最も低く 2.07%となった (第6表)。



第6図 堆肥舎における梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が堆肥温度に及ぼす影響
矢印は切返しを示す。

第6表 堆肥舎における梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が鶏ふんの窒素含有率に及ぼす影響

試験区	全窒素含有率 (乾物%)	
	試験開始時	試験終了時
無添加	2.78	2.07
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	3.15	2.35
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	3.19	3.50

考察

ブロイラー鶏ふん重量に対して梅調味廃液を5%添加すると、前田ら(2014)の報告と同様に、アンモニア揮散は堆肥化初期には大きく抑制されたものの、長期間抑制できず、試験終了時における全窒素含有率の増加は認められなかった。この要因として、梅調味廃液の低pHはクエン酸などの有機酸に起因しているため、鶏ふんへの添加後、微生物によりクエン酸が分解されると鶏ふんのpHが上昇し、アンモニアの揮散を抑制できなくなるためと推察された。

アンモニアの揮散をさらに抑制する方法として、湊ら(2000)の報告に従いリン酸塩、すなわち第一燐安を鶏ふん重量の5%添加すると、堆肥化期間中のアンモニア揮散は認められず、鶏ふん中の全窒素含有率は試験期間を通じて梅調味廃液5%添加区より高くなった。これは、梅調味廃液の添加により堆肥化初期のアンモニア揮散を抑制するとともに、鶏ふん中のアンモニアが第一燐安中のリン酸と結合し、リン酸アンモニウムとなることでクエン酸分解後のアンモニア揮散を抑制したためと推察された。また、試験開始時において鶏ふんの全窒素含有率が増加しているのは第一燐安に含まれるアンモニアの添加によるものと考えられた。このように、アンモニア揮散が抑制され、窒素含有率が上昇する一方で、堆肥温度の上昇が認められず堆肥発酵が抑制された。湊ら(2000)も過リン酸石灰を5%添加した場合に堆

肥の発酵が抑制されることを報告している。一般的に、堆肥の発酵は pH8~10 において最も促進されるとされ、pH の低下に伴って堆肥化が抑制される（北脇ら、1984）。梅調味廃液 5% および第一燐安 5% 添加区では、試験開始時、終了時ともに pH が 7 以下の弱酸性であり、堆肥化に関わる微生物活性が低下したことが堆肥発酵が抑制された要因であると考えられた。

鶏ふんの pH の過度な低下を防ぐため、第一燐安の添加割合を 2.5% に減少させると、堆肥化初期の温度上昇はやや抑制されたが、中期以降には十分に昇温し、堆肥化は抑制されなかった。また、堆肥化初期のアンモニア揮散量が大きく減少し、堆肥化期間中の総アンモニア揮散量を無添加区の 67% に減少させることができた。しかし、梅調味廃液 5% 添加時と同様に、堆肥化中期以降はアンモニア揮散量が無添加と同等まで増加し、堆肥化終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加とほぼ同等となった。これは、第一燐安 5% 添加に比べて、アンモニアと結合可能なリン酸が少なく、クエン酸分解後のアンモニア揮散を十分に抑制できないためと考えられた。

硫黄粉末を家畜ふんに添加すると、硫黄が硫酸に変化し、pH を低下させるとともに、アンモニアと結合することでアンモニア揮散を抑制するとの報告（高橋、2006）に従い、小型堆肥化実験装置を用いて、梅調味廃液 5% と副資材として第一燐安 2.5% および硫黄粉末 0.5% を添加して堆肥化を行った場合、堆肥温度は無添加と同等の推移を示し、堆肥化の抑制は生じなかった。堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、梅調味廃液や第一燐安を添加した場合と同様に、堆肥化初期に抑制され、中期以降は無添加と同等となったが、試験終了時の全窒素含有率は無添加に比べて 0.2% 程度増加した。この試験では、試験期間中のアンモニア揮散量が無添加区においても他の試験に比べて少なく、試験終了時の全窒素含有率も高く保たれた。堆肥化中のアンモニア揮散は堆肥の水分含有率により変動し、低水分ではアンモニア揮散量が減少する（白石ら、2006）ため、試験開始時の堆肥の水分含有率が 50% 程度と低かった（データ省略）ことが、無添加区でもアンモニア揮散量が少なかった要因であると考えられた。硫黄粉末の添加により、鶏ふんの高窒素化が可能であることが示唆されたため、実用化規模での堆肥化試験において検討を行うことにした。

堆肥舎における堆肥化試験では、副資材として硫黄粉末を添加すると、堆肥化初期の昇温がやや抑制される傾向が認められたが、60℃ 以上までの昇温が確認できたことから、堆肥化は抑制されないものと考えられた。鶏ふんの全窒素含有率は、堆肥化終了時において 3.50% とやや低い値を示したが、無添加区に比べると 1.5% 程度高く、試験開始時の全窒素含有率が低かったことを勘案すると高窒素化が達成できたと考えられる。

本研究において、ブロイラー鶏ふんの高窒素化を図るためには、梅調味廃液 5% と第一燐安 2.5% および硫黄粉末 0.5% の添加が有効であることを明らかにした。しかしながら、副資材の添加により、鶏ふん堆肥製造に係るコストが上昇し、鶏ふん堆肥の販売価格も上昇するため、堆肥製造に係るコスト上昇と鶏ふん堆肥の利便性の向上のバランスを考え、鶏ふん堆肥の製造者である養鶏業者や鶏ふん堆肥の利用者となる梅生産農家などの耕種農家の要望に合わせて堆肥製造方法を選択する必要があると考えられる。

梅調味廃液 5% のみの添加や、梅調味廃液 5% と第一燐安 2.5% の添加では、鶏ふんの高窒素化には至らなかったものの、堆肥化期間中のアンモニア揮散量を大きく抑制することができた。堆肥化過程で発生するアンモニアは堆肥製造作業員の健康被害や、周辺への悪臭発生の要因となっていることから、アンモニア揮散を抑制できることで堆肥製造環境や周辺環境の改善には大きな効果が期待でき、畜産試験場養鶏研究所では、鶏舎内における梅調味廃液の散布による悪臭低減効果について検討を行っている。

今後は、本研究で得られた成果を活用し、梅干加工業者、養鶏業者、梅生産農家の間で梅調味廃液、

鶏ふん堆肥，梅の地域内資源循環を促進することで梅調味廃液と鶏ふんの利用率向上につなげていきたい。

摘要

ブロイラー鶏ふん重量の5%相当量の梅調味廃液を添加して堆肥化を行う過程で，第一燐安や硫黄粉末などの副資材の添加が，鶏ふんの堆肥化および高窒素化に及ぼす影響を明らかにした。

1. ブロイラー鶏ふんに梅調味廃液5%と第一燐安5%を添加して小型堆肥化実験装置を用いて堆肥化を行うと，堆肥化中のアンモニア揮散は認められず，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加区に比べて1.2%増加したが，堆肥発酵が抑制された。
2. 第一燐安の添加割合を2.5%に低下させると堆肥化初期のアンモニア揮散が減少し，総アンモニア揮散量は無添加区の67%に減少した。しかし，堆肥化中期以降のアンモニア揮散量は無添加と同等まで増加し，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加とほぼ同等となった。
3. さらに硫黄粉末0.5%を添加すると，堆肥化初期のアンモニア揮散量が減少し，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加に比べて0.2%増加した。
4. ブロイラー鶏ふんに梅調味廃液5%と第一燐安2.5%および硫黄粉末0.5%を添加して堆肥舎で堆肥化を行うと，堆肥化初期における堆肥温度の上昇はやや抑制されたものの，堆肥発酵は阻害されず，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は，無添加に比べて1.5%増加し，鶏ふんの高窒素化を図ることができた。

謝辞

本研究は，2010年～2012年に和歌山県戦略的研究開発プラン事業「梅調味廃液の利用による低臭・高窒素鶏ふん堆肥の製造による資源リサイクル」の一環として実施した。本研究を実施するにあたり，試験にご協力頂いた有田養鶏農業協同組合，紀州田辺梅干研究センターの皆様へ深謝します。また，試験に多大なご協力を頂きました農業試験場の職員やアルバイトの皆様へ厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 後藤逸男．2008．梅漬調味廃液の農業利用法．特願 2007-116517．特開 2008-273850．
- 羽賀清典．2010．家畜糞尿処理の今後の方向性．日本畜産学会報．81：207-211．
- 伊藤元・田口裕・伊藤広孝・今枝紀明・大谷健．2006．硫酸溶液へのバブリング方式による堆肥舎の脱臭．岐阜県畜産研究所研究報告．6：34-39．
- 北脇秀敏・藤田賢二．1984．低級脂肪酸による堆肥化過程の阻害に関する研究．衛生工学研究論文集．20：175-181．
- 小山太・清水邦義・松原恵理・吉田絵美・近藤隆一郎．2011．スギ樹皮被覆による鶏ふん堆肥化過程のアンモニア抑制．木材学会誌．57：370-376．
- 前田恵助・橋本真穂・林恭弘・豊吉正成．2014．ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響．日本家禽学会誌．51：33-42．
- 前田武己・松田従三・近江谷和彦．2001．家畜糞の堆肥化におけるアンモニア揮散（第2報）．農業機械

- 学会誌. 63 : 41-47.
- 南部奈津紀・村田文彦. 2011. 土壤微生物活用による畜舎内アンモニア臭気の抑制効果 (第1報). 福井県畜産試験場研究報告. 24 : 29-34.
- 湊啓子・田村忠・前田善夫. 2000. 過リン酸石灰添加による牛ふん尿の堆肥化過程におけるアンモニア揮散抑制. 北海道立新得畜産試験場研究報告. 23 : 17-24.
- 高橋好範. 2006. 有機肥料の製造方法及び有機肥料. 特願 2005-84619. 特開 2006-265027.
- 宮竹史仁・阿部佳之・本田善文. 2010. 吸引通気式堆肥化システムで回収される液体肥料, 発酵排熱, 未利用酸素を利用した成分調整型堆肥の製造. 農業機械学会誌. 72 : 388-390.
- 中野長久・宮武和孝・上田光宏・東善彦・浦野健三. 2000. 梅調味廃液の浄化法. 特願平 10-261116. 特開 2000-83692.
- 野町太郎・池中行夫・中村美穂・関哲夫. 2002. 豚ふんへの腐植酸添加が抑臭および堆肥化に与える影響. 静岡県中小家畜試験場研究報告. 13 : 38-42.
- 白石誠・永田隆・滝本英二・脇本進行・北村直起・奥田宏健. 2006. 亜酸化窒素・メタンの発生抑制方法の検討 (2) -肥育牛ふんの堆肥化過程から発生するアンモニア・亜酸化窒素・メタン濃度-. 岡山県総合畜産センター研究報告. 16 : 31-37.

水稻品種 ‘きぬむすめ’ の移植時期, 施肥管理, 刈取時期が 収量および品質に及ぼす影響

宮井良介・川村和史・足立裕亮¹

和歌山県農業試験場

Effects of Transplanting Season, Fertilizer and Harvesting Time, Yield and Grain Quality in Paddy Rice Variety ‘Kinumusume’

Ryosuke Miyai, Kazuhumi Kawamura, Yusuke Adachi¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県の水稲作付面積は 7,620ha(農林水産省, 2010)で, 主に ‘キヌヒカリ’, ‘イクヒカリ’, ‘ヒノヒカリ’ が作付けされているが, 2010 年における 1 等米比が 20.3%(農林水産省, 2011)など, 夏期の高温による品質低下が問題となっている. その主な原因は, 登熟期の高温による白未熟粒の発生であるため, 高温でも品質の良い品種の導入が必要とされている.

九州沖縄農業研究センターで育成された ‘きぬむすめ’ は ‘キヌヒカリ’ より熟期の遅い品種で, 品質, 収量が安定した良食味品種であるため(梶ら, 2009), 和歌山県では奨励品種決定調査において特性の把握を行い, 2009 年に奨励品種に採用した. 兵庫県でも認定品種採用にあたり, 高温で発生する心白が少なく外観品質に優れることが評価され(松本ら, 2010), 2005 年に島根県に, その後大阪府, 鳥取県, 兵庫県, 山口県, 静岡県で奨励品種に採用された. しかし, ‘きぬむすめ’ は 1 穂粒数が増えやすい特性があり, 最適な収量, 品質となる栽培方法は温暖地では不明であったため, 最適な移植時期, 施肥管理, 刈取時期の検討を行った.

材料および方法

試験 1 移植時期が収量および品質に及ぼす影響

試験は和歌山県農業試験場内圃場 (和歌山県紀の川市貴志川町高尾) で実施した(以下試験 2~4 同様). 播種はペーパーポット 5 粒播きとし, 粒状培土で 20 日間育苗を行った. 栽植密度は条間 30cm, 株間 18cm(18.5 株/m²)とし(以下試験 2~3 同様), 稚苗を手植移植した.

2012 年, 2013 年に以下の条件で 7.0a の圃場で試験を行った. 基肥には塩化燐素(N12-P18-K14)で窒素成分 5kg/10a とし, 追肥をNK化成C-1 2(N16-P0-K20)で窒素成分 2.5kg/10a を 2 回施用した. 試験は両年とも 5 月 21 日移植, 6 月 5 日移植, 6 月 25 日移植で行った. 試験区は 1 区制(1 区 90 m²~195 m²)とした.

刈取りは 2012 年 5 月 21 日移植で 9 月 10 日, 6 月 5 日移植で 9 月 19 日, 6 月 25 日移植で 10

¹現在: 企業振興課

月3日に行った。2013年5月21日移植で9月13日、6月5日移植で9月20日、6月25日移植で10月2日に行った。

日平均気温、最高気温、最低気温は、和歌山地方気象台観測値を用いた。

出穂期は株の50%が出穂した日、成熟期は中庸な穂の青粒数が10%程度である時期とした。登熟日数は出穂期から成熟期までの日数とした。調査は各区ごとに、3カ所、1カ所あたり50株を刈取(試験2~3同様)、精玄米重は、1.8mm目編みの米選機で屑米を除去し、均分を1回行い測定した。1穂粒数、 m^2 あたり粒数、千粒重は均分を行い40g程度測定した。登熟歩合=精玄米重(kg)÷千粒重(g)×1000÷ m^2 あたり粒数×100として算出した。収量および収量構成要素における重量は水分15%換算値とした。整粒率は被害粒率、死米率、未熟粒率、着色粒率、異種穀粒率および異物を除いた粒率から、未熟粒率は乳白粒率、青未熟粒率、基部未熟粒率、腹白粒率、その他未熟粒率の合計値から、白未熟粒率は乳白粒率、腹白粒率、基部未熟粒率の合計値から、胴割粒率は横一条、死米率から、穀粒判別器(静岡製機ES-1000)により1000~1100粒調査した。タンパク質含有率及び食味値(S-HON値)は近赤外分析計(ニレコ社NIRS6500)により200gを調査した。

試験2 施肥量が収量および品質に及ぼす影響

2012年、2013年に以下の条件で7.7aの圃場で試験を行った。両年とも移植時期は5月21日とし、基肥に塩化燐素(N12-P18-K14)追肥にNK化成C-12(N16-P0-K20)を用い、出穂25日前と出穂15日前に施用した。刈取りは2012年9月10日、2013年9月13日に行った。第1表のとおり施肥量をかえて2区制(1区90~105 m^2)で試験を行った。収量構成要素、収量、品質の調査方法は試験1と同様。

第1表 試験区の構成

年次	試験区	基肥	追肥①	追肥②
		塩化燐素 (Nkg/10a)	NK化成C-12 (Nkg/10a)	NK化成C-12 (Nkg/10a)
2012	6kg/10a	3	1.5	1.5
	8kg/10a	4	2	2
	10kg/10a	5	2.5	2.5
	12kg/10a	6	3	3
2013	6kg/10a	3	1.5	1.5
	8kg/10a	4	2	2
	10kg/10a	5	2.5	2.5
	12kg/10a	6	3	3

試験3 追肥時期が収量および品質に及ぼす影響

移植は2011年6月13日、2012年6月5日、2013年6月5日に5.4aの圃場で行った。各年とも基肥を塩化燐素(N12-P18-K14)で窒素成分5kg/10aとし、追肥にはNK化成C-12(N16-P0-K20)を用い、窒素成分2.5kg/10aを2回施用した。2011年に3区制(1区150 m^2)、2012年、2013年に2区制(1区90~105 m^2)で試験を行った。追肥時期は第2表のとおり慣行追肥区と早期追肥区、晚期追肥区の3区を設定し、刈取りは2011年は早期追肥区が9月27日、慣行追肥区と晚期追肥区が9月25日、2012年は早期追肥区が9月20日、慣行追肥区と晚期追肥区が9月19日、2013年は9月20日に行った。収量構成要素、収量、品質の調査方法は試験1と同様。

第2表 試験区の構成

年次	試験区	出穂期	追肥時期
2011	早期追肥区	8.20	出穂30日前・18日前
	慣行追肥区	8.20	出穂22日前・12日前
	晚期追肥区	8.20	出穂18日前・8日前
2012	早期追肥区	8.15	出穂29日前・19日前
	慣行追肥区	8.14	出穂22日前・11日前
	晚期追肥区	8.14	出穂18日前・8日前
2013	早期追肥区	8.14	出穂29日前・20日前
	慣行追肥区	8.14	出穂27日前・16日前
	晚期追肥区	8.14	出穂20日前・9日前

試験4 刈取り時期が収量および品質に及ぼす影響

2012年，2013年に以下の条件で5.5aの圃場で試験を行った。移植は，2012年6月14日，2013年6月18日に行った。両年とも施肥はセラコートR622(N16-P12-K12)を窒素成分で8kg/10a施用した。栽植密度は条間25cm，株間25cm(16株/m²)とした。2012年の出穂期は8月19日，成熟期は9月24日，2013年の出穂期は8月19日，成熟期は9月27日であった。両年とも出穂後23日目となる9月11日から2～3日間隔で1区50株の刈取りを行った。収量構成要素，収量，品質の調査方法は試験1と同様。

結果

試験1 移植時期が収量および品質に及ぼす影響

移植時期が5月21日では出穂期が8月7～8日，6月5日では両年とも8月14日，6月25日とすると両年とも8月23日であった。成熟期は5月21日移植で2012年は9月10日，2013年は9月13日となり，6月5日移植で2012年は9月19日，2013年は9月20日，6月25日移植で2012年は10月3日，2013年は10月2日となった。両年とも登熟日数は移植時期が遅くなると長くなり，m²あたり籾数が多く，千粒重が小さく，登熟歩合が低下する傾向であった。精玄米重は2012年は移植が遅いほど大きく，また，2013年は6月5日移植が大きかったが，両年を通して一定の傾向は認められなかった(第3表)。

第3表 移植時期が生育，収量および収量構成要素に及ぼす影響

年次	移植時期	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	登熟日数 (日)	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/m ²)	1穂籾数 (粒/穂)	m ² あたり 籾数 (千粒/m ²)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
2012	5月21日	8.8	9.10	33	51.2	313	78.3	24.5	23.7	88.1
	6月5日	8.14	9.19	36	56.5	337	79.1	26.7	23.5	90.1
	6月25日	8.23	10.3	41	60.8	376	80.0	30.1	23.2	87.3
2013	5月21日	8.7	9.13	37	54.1	360	71.6	25.8	23.0	91.4
	6月5日	8.14	9.20	37	61.3	357	84.1	30.1	23.4	87.2
	6月25日	8.23	10.2	40	55.2	369	87.0	32.1	21.5	80.2

玄米外観品質のうち整粒率は，2012年ではいずれの移植時期でも70%を超え，時期が遅いほど高かった。2013年では6月5日移植が他に比べて高かった。未熟粒率は，2012年では5月21日移植で24.5%と高く，その他の時期では約20%であった。2013年では6月5日移植がその他の時期より低かった。出穂後20日間の平均気温，最高気温，最低気温の平均値および，この期間の平均気温が27℃を超えた日数は，移植時期が早いほど高い傾向であった。また，両年とも日照時間は遅い区で短かった(第4表)。

第4表 移植時期別の玄米品質と登熟前半(出穂から20日)の気温と日照時間

年次	移植時期	整粒率 (%)	未熟粒率 (%)	出穂後20日間の気温の平均値と合計日照時間				出穂から出穂後20日間で 平均気温が27℃を超えた日数 (日)
				平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	日照時間 (h)	
2012	5月21日	72.3	24.5	27.2	33.3	22.3	170.2	12
	6月5日	76.8	20.4	27.0	33.0	22.6	184.5	8
	6月25日	79.0	20.0	26.2	32.2	22.1	152.9	5
2013	5月21日	62.0	31.7	28.1	34.3	23.0	188.4	16
	6月5日	71.1	25.2	26.8	32.0	22.4	139.3	11
	6月25日	65.9	33.2	24.6	29.5	20.8	104.4	2

試験2 施肥量が収量および品質に及ぼす影響

両年とも施肥量が多いほど穂数、 m^2 あたり籾数が多く、精玄米重が増加した。1穂籾数、登熟歩合、整粒率、食味値には大きな差はみられなかった。タンパク質含有率は施肥量が多いほど高かった(第5表)。

第5表 施肥量が収量、収量構成要素および品質に及ぼす影響

年次	試験区	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/ m^2)	1穂籾数 (粒)	m^2 あたり 籾数 (千粒/ m^2)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	整粒率 (%)	未熟粒率 (%)	食味	
										タンパク質 含有率 (%)	食味値 (S-HON)
2012	6kg/10a	44.0 a	279 a	78.4 a	21.9 a	22.9 a	88.0 a	72.0 a	25.3 ab	5.7 a	79.2 a
	8kg/10a	50.3 abc	313 b	77.3 a	24.2 ab	23.3 a	89.2 a	71.7 a	25.8 b	5.7 ab	80.2 a
	10kg/10a	51.2 bc	313 b	78.3 a	24.5 ab	23.7 a	88.1 a	72.3 a	24.5 a	6.0 bc	81.1 a
	12kg/10a	56.2 c	340 b	79.8 a	27.1 b	23.7 a	87.2 a	72.1 a	25.2 ab	6.2 c	82.0 a
2013	6kg/10a	47.9 a	328 a	70.9 a	23.2 a	22.2 a	93.0 a	59.3 a	35.2 a	5.5 a	68.1 a
	8kg/10a	49.8 ab	343 ab	69.8 a	24.0 ab	22.5 ab	92.3 a	62.1 a	31.8 a	5.6 ab	70.7 a
	10kg/10a	54.1 ab	360 bc	71.6 a	25.8 ab	23.0 ab	91.4 a	62.0 a	31.7 a	5.8 abc	68.7 a
	12kg/10a	56.3 b	374 c	69.9 a	26.1 b	23.3 b	92.7 a	61.9 a	30.7 a	6.0 c	69.9 a

注)異なる英文字はTukey法により5%水準で有意差あり。

試験3 追肥時期が収量および品質に及ぼす影響

m^2 あたり籾数、1穂籾数は3年とも追肥時期が早いほど多く、千粒重は逆に遅いほど大きかった。登熟歩合は早期追肥区で低い傾向であった。精玄米重は差が認められなかった。未熟粒率は2011年に早期追肥区で高く、タンパク質含有率は3カ年とも晩期追肥区で最も高かった。食味値は一定の傾向がみられなかった(第6表)。

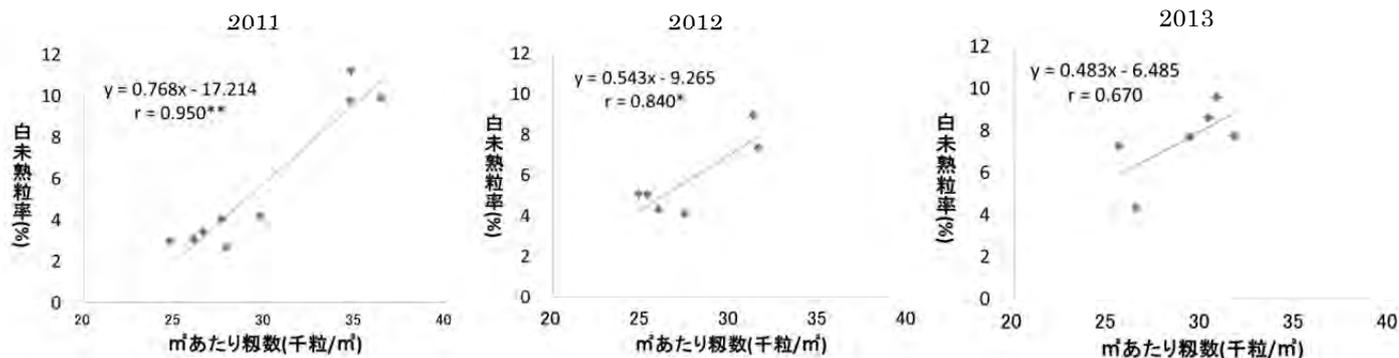
白未熟粒率と m^2 あたり籾数とは2011年と2012年では相関が高く2013年は認められなかった(第1図)。

第6表 追肥時期が収量収量構成要素及び品質に及ぼす影響

年次	試験区	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/ m^2)	1穂籾数 (粒)	m^2 あたり 籾数 (千粒/ m^2)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	整粒率 (%)	白未熟 粒率 (%)	食味	
										タンパク質 含有率 (%)	食味値 (S-HON)
2011	早期追肥区	63.7 a	348 a	101.6 a	35.3 a	21.8 a	78.1 a	74.4 a	5.2 a	6.1 a	84.0 a
	慣行追肥区	59.3 a	320 a	84.2 b	26.8 b	23.8 b	90.1 b	79.5 b	1.3 b	5.7 b	86.7 b
	晩期追肥区	60.2 a	327 a	83.7 b	27.4 b	23.9 b	89.4 b	79.1 b	1.6 b	6.6 c	84.9 c
2012	早期追肥区	61.9 a	367 a	85.5 a	31.4 a	22.1 a	89.1 a	74.2 a	3.7 ab	5.5 a	85.2 a
	慣行追肥区	56.5 ab	337 ab	79.1 ab	26.7 b	23.5 b	90.1 a	76.8 a	2.5 a	5.8 b	84.3 a
	晩期追肥区	54.4 b	328 b	76.5 b	25.1 b	24.0 b	90.3 a	73.7 a	4.6 b	6.1 c	82.4 b
2013	早期追肥区	61.5 a	379 a	81.8 a	31.0 a	22.6 a	87.8 a	72.9 a	5.8 a	5.6 a	80.2 a
	慣行追肥区	61.3 a	357 a	84.1 a	30.1 a	23.4 ab	87.2 a	71.1 a	7.1 a	5.5 a	79.5 a
	晩期追肥区	58.2 a	347 a	74.9 b	26.0 b	24.4 b	91.5 b	73.1 a	5.2 a	6.0 a	78.8 a

注)白未熟粒率は乳白粒率、腹白粒率、基部未熟粒率の合計値。

異なる英文字はTukey法により5%水準で有意差あり。



第1図 m²あたり粒数と白未熟粒率との関係
**は1%水準で有意差あり，*は5%水準で有意差あり

試験4 刈取時期が収量，収量構成要素および品質に及ぼす影響

2012年の成熟期は9月24日であった。精玄米重は9月14日までは50kg/a未満であったが，9月18日以降は61kg/10a以上と増加した。登熟歩合は9月20日に89%となり，その後は90%以上と高く推移した，千粒重は9月22日以降22.4g以上で推移した。整粒率は9月20日から9月28日まで78~81%と高かった。タンパク質含有率は，刈取時期による大きな差はなく，食味値は9月18日から9月38日までの間，86以上と高かった(第7表)。

2013年の成熟期は9月27日であった。精玄米重は9月23日以降，25日を除き57kg/a以上と多く推移した。登熟歩合は9月23日以降85%以上と高く推移した。千粒重は9月16日から10月2日まで22.4g以上であった。整粒率は9月20日から10月2日まで74%以上と高かった。タンパク質含有率は，刈取時期による大きな差はなく，食味値は9月16日から10月2日までの間，9月25日を除き85以上と高かった(第8表)。

第7表 刈取時期が収量,収量構成要素および玄米品質に及ぼす影響(2012)

刈取日 (月・日)	出穂後 日数 (日)	積算温度 (°C)	精玄米重 (kg/a)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	屑米重 (kg/a)	外観品質				食味	
							整粒率 (%)	未熟粒率 (%)	胴割粒率 (%)	死米率 (%)	タンパク質 含有率 (%)	食味値 (S-HON)
9.11	23	634	46.4	71.8	21.0	8.0	31.0	58.2	0.5	9.8	5.4	74.5
9.14	26	710	49.8	81.2	21.5	4.1	56.3	39.6	0.8	3.1	5.5	79.6
9.18	30	814	61.1	87.5	22.1	2.4	73.0	25.6	0.5	0.2	5.7	89.2
9.20	32	860	61.9	89.0	22.1	1.9	78.8	20.1	0.5	0.2	5.6	89.6
9.22	34	904	61.9	90.4	22.5	1.4	78.3	20.7	0.5	0.2	5.6	87.5
9.24	36	944	63.4	96.6	22.4	1.3	79.7	19.2	0.5	0.0	5.6	88.1
9.26	38	987	64.6	91.7	22.4	1.1	82.7	16.7	0.3	0.1	5.7	88.3
9.28	40	1029	63.1	91.8	22.5	1.2	81.0	17.8	0.5	0.3	5.6	87.2
10.1	43	1089	64.8	90.6	22.4	1.3	74.6	23.0	1.9	0.3	5.6	84.0
10.3	45	1131	64.9	91.9	22.7	1.2	74.9	23.2	1.1	0.4	5.7	85.8
10.6	48	1190	64.6	90.3	22.4	1.3	77.1	21.1	0.9	0.5	5.8	86.2
10.9	51	1246	69.4	92.4	22.4	1.3	73.5	24.2	1.5	0.2	5.8	85.7
10.12	54	1301	65.1	91.2	22.5	1.4	73.9	22.7	2.4	0.6	5.8	84.8

第8表 刈取時期が収量、収量構成要素および玄米品質に及ぼす影響(2013)

刈取り日	出穂後 日数 (日)	積算温度 (°C)	精玄米重 (kg/a)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	屑米重 (kg/a)	外観品質				食味	
							整粒率 (%)	未熟粒率 (%)	胴割粒率 (%)	死米率 (%)	タンパク 質 (%)	食味値 (S-HON)
9.11	23	583	41.4	59.4	21.6	12.2	39.2	51.1	0.5	8.9	5.7	74.6
9.13	25	636	46.4	72.0	21.9	8.3	56.3	35.6	0.8	7.0	5.7	79.3
9.16	28	708	54.6	81.5	22.4	3.0	61.6	36.9	0.6	1.0	5.7	88.6
9.18	30	750	53.8	80.0	22.4	5.2	69.3	29.4	0.7	0.6	5.7	90.0
9.20	32	793	51.6	80.3	22.2	4.1	73.5	25.6	0.5	0.3	5.7	89.7
9.23	35	864	57.0	84.7	22.5	3.8	76.7	22.2	0.5	0.5	5.5	86.0
9.25	37	911	55.9	85.7	22.5	2.9	77.7	21.3	0.4	0.2	5.5	83.9
9.27	39	951	62.5	85.5	22.4	3.4	74.8	24.5	0.3	0.3	6.0	85.5
9.30	42	1012	66.2	84.6	22.7	3.5	73.7	25.4	0.3	0.2	5.9	85.9
10. 2	44	1059	60.8	86.0	22.4	3.3	73.9	25.3	0.6	0.0	5.6	85.9
10. 4	46	1099	63.3	87.5	22.3	2.9	71.1	27.7	0.4	0.3	5.6	83.3
10. 7	49	1168	57.3	86.6	22.2	2.6	72.6	25.7	0.8	0.0	5.4	83.0

考 察

移植時期を5月21日と慣行より15日早めると、両年とも登熟期前半が8月上旬～下旬となり、その期間の気温が高いため、未熟粒率は上昇した。登熟期の高温と白未熟粒の関係では、出穂後20日間の日平均気温が27～28℃以上になると、背白、基白粒歩合が急激に増加することが報告されている(若松ら, 2007)。また、コシヒカリを用いた東北から九州にかけての15地点の連絡試験から、白未熟粒の発生歩合は出穂後20日間の日平均気温が23～24℃を超えると上昇し始め、27℃を超えると多くの地点で20%を超えることが示されている(森田, 2005)。本試験において、移植時期を慣行から15日早めた場合に認められた外観品質の低下は、これらの報告と同様に、出穂から20日間の気温が高かったことによると考えられた。

一方、2013年には6月25日移植でも品質の低下がみられた。籾数と玄米品質の関係では、シンクとしての籾殻容積の増加にソースとしての物質生産速度の増加が追いつかないために、登熟歩合低下や乳白粒割合増加が起きることが指摘されている(安原ら, 2002)。また、登熟期間が高温寡照となった場合には、特に乳白粒を発生することが報告されている(長戸, 1952; 津森, 1987; 寺島ら, 2001; 小葉田ら, 2004; 高田ら, 2010)。この場合もm²あたり籾数が他に比べて多かったことが原因と思われる、6月下旬の移植では年次により収量、品質が不安定となる可能性がある。これに対して、6月5日移植では2カ年とも、他の移植時期に比べて品質が優れた。これらのことから、高品質米生産を行うためには、登熟期の高温を回避できる6月上旬に移植を行う必要があると考えられた。

次に、施肥の影響について、多肥とするほど収量が増加したが、玄米外観品質や食味値に大きな差はみられなかったため、窒素成分10aあたり12kgまでの多肥でも栽培が可能なが示された。しかし、食味値に影響を与えるタンパク質含有率は施肥量が多いほど高かった。タンパク質含有率が高い米ほど、その炊飯米は硬くて粘りが少なくなり食味が低下することが指摘されている(稲津ら, 1988)が、本試験ではタンパク質含有率が全体的に低く、この範囲では食味値に差がでなかったと考えられる。しかし、12kg/10aでは、処理区のみでタンパク質含有率が最も高かったことから、食味値に影響を及ぼすことが懸念されるため、施肥量を10kg/10a程度とする。

早期追肥区は慣行追肥区よりもm²あたり籾数が多く、未熟粒率が上昇し、外観品質が低下した。コシヒカリでは籾数が増加すると乳白粒の発生が増加することが報告されており(安原・月森, 2002; 高橋, 2006)、適正籾数はm²あたり籾数が3万粒程度と報告されている(井上・湯浅, 2001; 浅野ら, 2011)。本試験においても、未熟粒率はm²あたり籾数が3万粒を超えると高まった。これ

らのことから、追肥時期は慣行時期である幼穂形成期以降に行う必要があると考えられる。

刈取適期は、2年とも成熟期の4日前には精玄米重、登熟歩合、整粒率、食味値のいずれも成熟期と同等に高く、成熟期を過ぎても精玄米重、登熟歩合、千粒重は調査終了後まで高く推移したが、整粒率、食味値は5~7日以降やや低下した。これらのことから、成熟期の4日前から4、5日後までが収穫適期と考えられた。

以上のことから、「きぬむすめ」の栽培に際して、移植時期は6月上旬が適し、施肥量は窒素含有量で10kg/10aとし、追肥は幼穂形成期以降に行い、刈取りは成熟期の4日前から4、5日後までに行うのがよいと考えられる。夏期の高温傾向は、今後も継続することが懸念されるため、今回得られた知見を「きぬむすめ」の県内での高品質栽培に活かし、栽培面積の拡大に繋がることを期待できる。

摘 要

1. 「きぬむすめ」の移植時期を遅くするほど出穂が遅く、出穂から20日間の気温が低くなり、品質が高くなったが、6月25日移植では、年次により収量、品質の低下が認められ、不安定となったことから、移植時期は6月上旬移植が適する。
2. 窒素施用量6~12kg/10aでは、施肥量が多いほど生育が旺盛になり、穂数、 m^2 あたり粒数が多く、千粒重が大きく、精玄米重が多かった。タンパク質含有率は施肥量が多いほど高く、12kg/10aでは場合により品質の低下する可能性があることから、窒素施用量は10kg/10a程度とする必要がある。
3. 追肥を慣行時期より早くすると m^2 あたり粒数、白未熟粒が増加し、品質が低下したことから、追肥時期は幼穂形成期以降に行う必要がある。
4. 成熟期の4日前以降に刈取ると、収量、品質はそれ以前に比べて優れた。しかし、成熟期の7日後以降は品質がやや低下したことから、収穫適期は成熟期の4日前から4、5日後である。

引用文献

- 浅野真澄・菅野博英・遠藤弘樹. 2011. 水稲玄米品質が維持できる粒数別の生育及び収量構成要素の特徴. 東北農業研究 64:33-34.
- 稲津脩. 1988. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報 66:1-89.
- 井上健一・湯浅佳織. 2001. 水稲品質食味要因の安定性に関する解析的研究(1). 福井農試報告 38:1-10.
- 梶亮太・坂井真・田村克徳・平林秀介・岡本正弘・八木忠之・溝渕律子・深浦壮一・西村実・山下浩・富松高治. 2009. 温暖地向き極良食味水稲新品種「きぬむすめ」の育成. 九州沖縄農業研究センター報告 52:79-94.
- 長戸一雄. 1952. 心白・乳白米及び腹白の発生に関する研究. 日作紀 21:26-28.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2010. 平成22年産水稲の作付面積及び予想収穫量(10月15日現在).
6. 農林水産省総合食料局. 2011. 平成22年産米の検査結果(確定値). 4.
- 松本純一・岩井正志・澤田富雄・三好昭宏. 2010. 兵庫県における水稲「きぬむすめ」の認定品種採用. 兵庫農総セ成果情報.
- 森田敏. 2005. 水稲の登熟期の高温によって発生する白未熟粒、充実不足及び粒重低下. 農業技術 60:442-446.

- 小葉田亭・植向直哉・稲村達也・加賀田恒. 2004. 子実への同化産物供給不足による高温下の乳白米発生. 日作紀 73:315-322.
- 高田聖・坂田雅正・亀島雅史・山本由徳・宮崎彰. 2010. 西南暖地の早期栽培における水稻品種の寡照条件下での高温登熟性の評価法. 日作紀 79:142-149.
- 高橋渉. 2006. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農及園 81:1 012-1018.
- 寺嶋一男・齋藤裕幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠. 2001. 1999年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70:449-458.
- 津森重邦. 1987. 乳白米の発生要因と対策. 農及園 62:1161-1165
- 安原宏宣・月森弘. 2002. 窒素施用量が水稻「コシヒカリ」の乳白粒発生に及ぼす影響. 日作中国支部集報 43:14-15.
- 若松謙一・佐々木修・上藺一郎・田中明男. 2007. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76:71-78.

スプレーギク栽培における暗期中断に用いる光源の種類と 開花抑制効果

宮前治加・林 寛子¹・藤岡唯志²

和歌山県農業試験場

Effect of Night-break Light sources on Floral Inhibition in Spray-type Chrysanthemums

Haruka Miyamae, Hiroko Hayashi¹ and Tadashi Fujioka²

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

キクは、短日植物であり、短日期には開花を抑制するために電照による長日処理を、長日期に開花させるためにはシェードによる短日処理を行うことで周年生産が行われている。スプレーギクは、長日期においても花芽を形成しやすく、栽培時期にかかわらず親株床や定植後約 30 日間は電照により花芽分化を抑制しながら栽培する必要がある。電照の利用頻度が極めて高い品目である（佐々木ら、2013）。この電照光源には、従来から安価で耐候性があり、軽量かつ設置が簡単な白熱電球が使用されてきた。しかしながら、白熱電球は発光効率が低く消費電力が大きいことから、消費電力が少なく長寿命の電球形蛍光灯や発光ダイオード（LED）電球などの省エネ光源が導入されつつある。最近の調査では、全国のスプレーギク栽培の 47.7%が白熱電球から省エネ光源へと転換されている（郡山、2014）。

蛍光灯や LED 電球は、白熱電球に近い赤味を帯びた光色や白っぽい光色、青味を帯びた光色のものなどがあり、これらの分光分布はそれぞれ異なる（石渡、2014）。植物が開花反応として感じることができる光質は植物種によって異なるため、光を用いて開花調節を実施する際は、品目に応じた光源を選択する必要がある。キクは、660nm 付近の波長域の光で開花が抑制されることが知られている（今西、2000）。したがって、この波長域が含まれる光源を使用すれば、開花を抑制することができると考えられる。しかし、光量、配光などは光源によって異なるため、光の強さや配光特性などを十分検討しないまま導入すると、白熱電球と同等の開花抑制効果が得られないおそれがある。このため、代替光源導入にあたって、開花抑制に必要な光量、設置個数など導入する際の注意点を抽出しておく必要がある。また、開花抑制に必要な光量は、光質だけではなく、日射量、栽培温度などの環境条件や品種、温度前歴など植物の条件によっても変化すること（大石ら、2010；郡山・久松、2014）から、必要な光量は、産地毎に検討することが望ましいと提案されている（郡山、2014）。近年、本県のスプレーギク産地において白熱電球代替光源として電球形蛍光灯が導入されており、その必要光量を把握しておくことも必要である。

このため、一般照明用に市販されている電球形蛍光灯（23W および 12W）、電球形 LED、昼光色 LED の 4 種類の電球形光源と従来からの白熱電球を用いて、秋ギク型スプレーギクおよび夏秋

¹現在：経営支援課

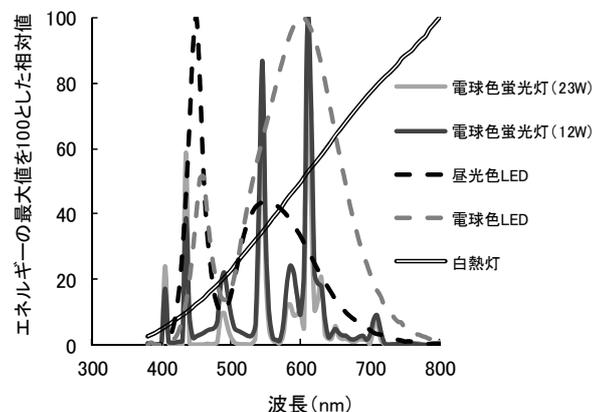
²現在：農業試験場暖地園芸センター

ギク型スプレーギクに暗期中断を行い、各光源の開花抑制効果を調査した。また、現場での導入が進んでいる電球色蛍光灯（23W）を用いて、一般的に実施されている暗期中断条件で照射したときの栽培時期別の開花抑制に必要な光量を調査した。

材料および方法

供試光源

実験1および実験2における暗期中断光源には、第1図の分光分布を示す電球色蛍光灯（バイオテックライト 23W，バイオテック（株）；およびパルックボールスパイラル 12W，パナソニック（株））、電球色LED（LDA9L-H 9.2W，パナソニック（株））、昼光色LED（LDA9D-H 9.2W パナソニック（株））、白熱電球（みのり電球 75W パナソニック（株））を用いた。ただし、実験2の電球色蛍光灯はバイオテックライト 23Wのみとした。実験3では、電球色蛍光灯（バイオテックライト 23W）を用いた。



第1図 供試光源の分光放射特性

実験1：秋ギク型スプレーギクにおける各光源の開花抑制効果

1) 供試材料

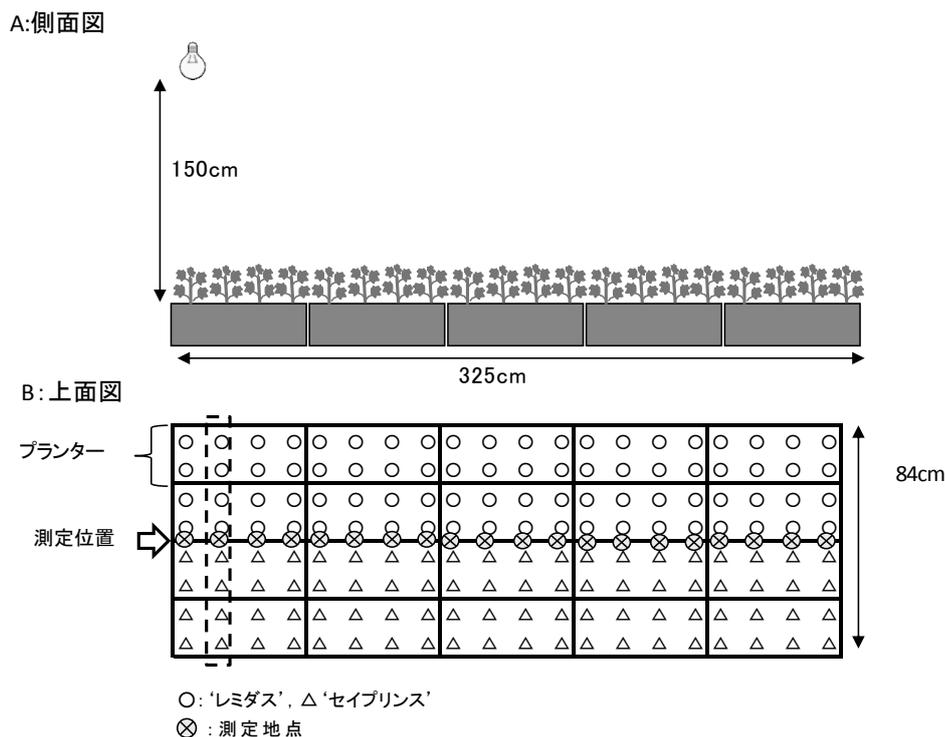
‘レミダス’および‘セイプリンス’を供試した。2011年8月23日に挿し芽し、9月7日にピートモス、パーライト、真砂土、鹿沼土を体積比で6:3:1:1に混合した培地を10L充填したプランター（外径65cm×25cm×21cm）に8株（4×2条）定植し無摘心で栽培した。実験開始前の花芽分化を抑制するために、親株および挿し芽床には白熱電球で深夜4時間（22:00～2:00）の暗期中断を行った。基肥としてロング肥料（14-12-14）をプランター当たり12g施用し、追肥には窒素成分で150または300ppmの液肥を4回プランター当たり2L施用した。

2) 照射

定植後、プランターを品種ごとに短辺方向に2個、長辺方向に5個並べ、短辺側の一番端のプランター中央の上面から高さ1.5mの位置に光源を1個設置した（第2図）。試験区の大きさは、短辺84cm、長辺325cmであった。定植日から10月9日までは供試光源で深夜4時間（22:00～2:00）の暗期中断を行い、10月10日に消灯した後は自然日長下で栽培した。日没前から日の出後数時間は各試験区をシルバーフィルムで仕切って光が他の区に漏れないようにした。

3) 調査方法

各光源の開花抑制に必要な光量の調査は、光源からの離れるにしたがい、光量が小さくなることを利用した。すなわち、第2図に示した測定位置において、長辺方向に並んだ株の位置に対応した20カ所の測定地点における光源からの水平距離と光量を測定し、それぞれの測定地点の株の発蕾日を調査した。光量は、照度と放射照度を測定した。照度は照度計で、放射照度は、放射照度計HD2102.2（放射照度プローブLP471PRD、測定波長域400～1050nm、デルターム社）を用い、プランター上面の位置を点灯後30分以上経過した時点で測定した。発蕾日は、肉眼で総苞が確認できた日とし、暗期中断終了から発蕾までに要した日数（発蕾日数）が一定の日数となる下限の光量を開花抑制可能な光量の下限値とした。20カ所の測定地点それぞれに対応した株と同じ列にある8株を同じ光量とした。



第2図 光照射の方法と光量測定位置(実験1)

⊞ で囲った株を同じ光量とした

実験2：夏秋ギク型スプレーギクにおける各光源の開花抑制効果

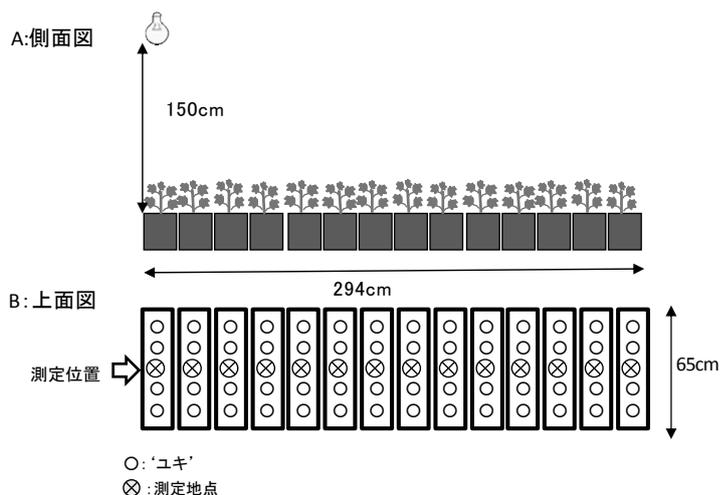
1) 供試材料

2011年5月12日に‘ユキ’を挿し芽し、5月27日にプランターに1条で5株定植した。プランター、培地は実験1と同様とした。実験開始前の花芽分化を抑制するために、挿し芽時から定植まで白熱電球で深夜5時間(21:30~2:30)の暗期中断を行った。

基肥はロング肥料(14-12-14)をプランター当たり7.5g施用し、追肥は窒素成分300ppmの液肥を7~10日おきにプランター当たり2L施用した。

2) 光照射

定植したプランターを短辺方向に1列で14個並べ、設置したプランターの一番端の中央部上面から高さ1.5mの位置に光源を1個設置した(第3図)。試験区の大きさは、短辺65cm、長辺294cmであった。定植日から6月19日までは各光源を用いて深夜5時間(21:30~2:30)の暗期中断を行い、6月20日からは18:00~翌朝5:00までシェードし13時間日長で栽培



第3図 光照射の方法と光量測定位置(実験2)

した。光の干渉をなくすため、実験1と同様の方法で試験区を仕切った。

3) 調査方法

各光源の開花抑制に必要な光量の調査は、実験1と同様に行ったが、プランターの設置方法や定植方法が実験1と異なるため、第3図Bに示すプランター中央の定植株の光量を測定した。光量は放射照度のみを測定した。また、同一プランターの株は同じ光量とした。発蕾日は、実験1と同様とした。

実験3：栽培時期別の開花抑制可能光量

1) 栽培時期

秋ギク型は‘レミダス’を供試し、9月～10月(9月区)、1月～2月(1月区)、3月(3月区)に、夏秋ギク型では‘ユキ’を供試し、5月(5月区)、6月(6月区)、7月(7月区)に暗期中断処理を実施した。

2) 供試材料

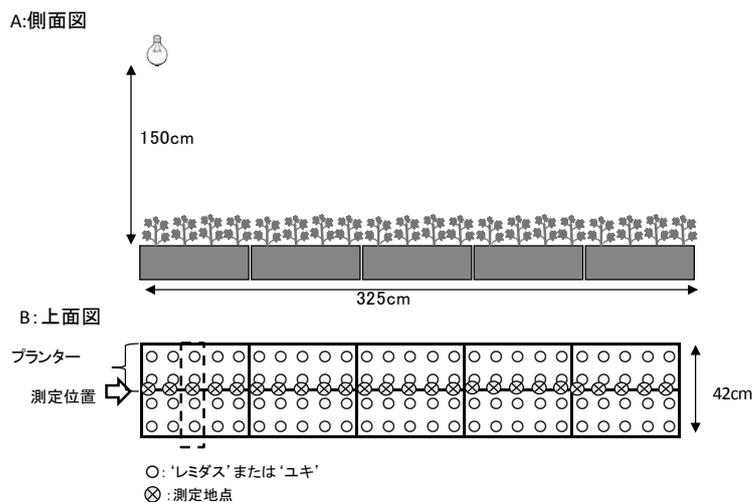
9月区は2012年9月24日に定植し、10月22日に消灯、1月区は2013年1月21日に定植し、2月16日に消灯、3月区は3月4日に定植し、3月27日に消灯した。5月区は2012年5月8日に定植し、6月1日に消灯、6月区は6月6日に定植し、6月28日に消灯、7月区は、7月6日に定植し、7月30日に消灯した。定植株は1プランター当たり10株(2列×5株)とした。プランター、培地は実験1と同様とした。実験開始前の花芽分化を抑制するために挿し芽時から定植まで白熱電球で深夜4時間(秋ギク型)または5時間(夏秋ギク型)の暗期中断を行った。基肥はロング肥料(14-12-14)をプランター当たり15g施用し、追肥は窒素濃度300ppmの液肥を7～10日おきにプランター当たり2L施用した。冬季は最低夜温15℃で管理した。

3) 光照射

定植したプランターを短辺方向に2個、長辺方向に5個並べ、プランターの一番端の上面から高さ1.5mの位置に電球色蛍光灯(23W)を1個設置した(第4図)。プランターを並べた試験区の大きさは、短辺42cm、長辺325cmであった。定植日から消灯日までは、秋ギクは、深夜4時間(22:00～2:00)、夏秋ギクは深夜5時間(21:30～2:30)の暗期中断を行った。秋ギク型の9月および1月区は消灯日以降自然日長で、3月区は18:00から6:00までシェードによる12時間日長とした。夏秋ギク型では、消灯から30日間は18:00から5:00までシェードし13時間日長とし、以降開花まで自然日長で栽培した。

4) 調査方法

各光源の開花抑制に必要な光量の調査は、実験1と同様の方法で行った。ただし、光量の測定地点は定植株数に合わせて25地点とし、光量は放射照度のみを測定した。また、同一列の4株を同じ光量とした。



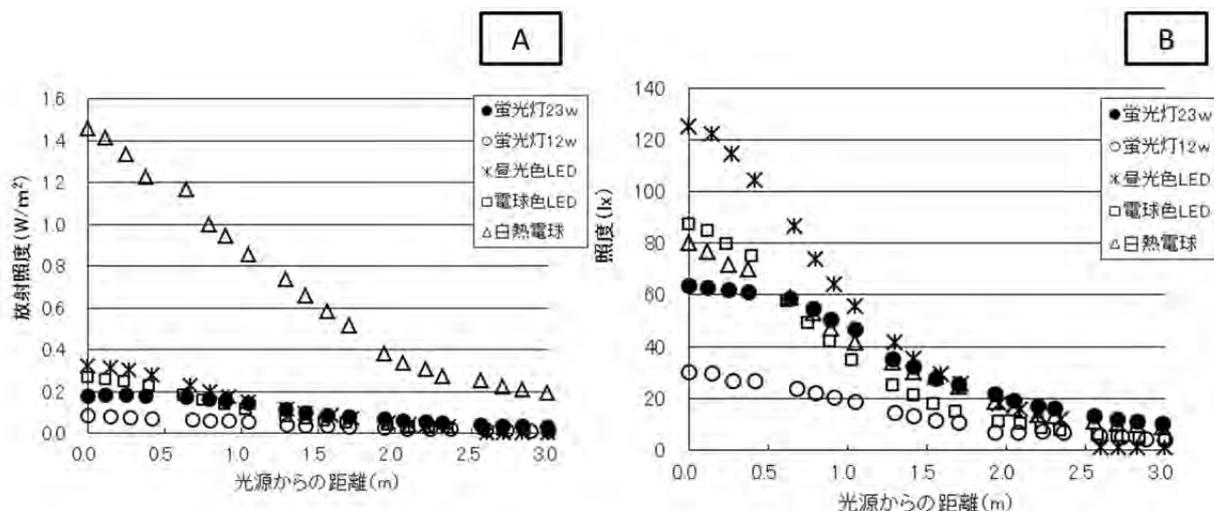
第4図 光照射の方法と光量測定位置(実験3)

⊗で囲った株を同じ光量とした

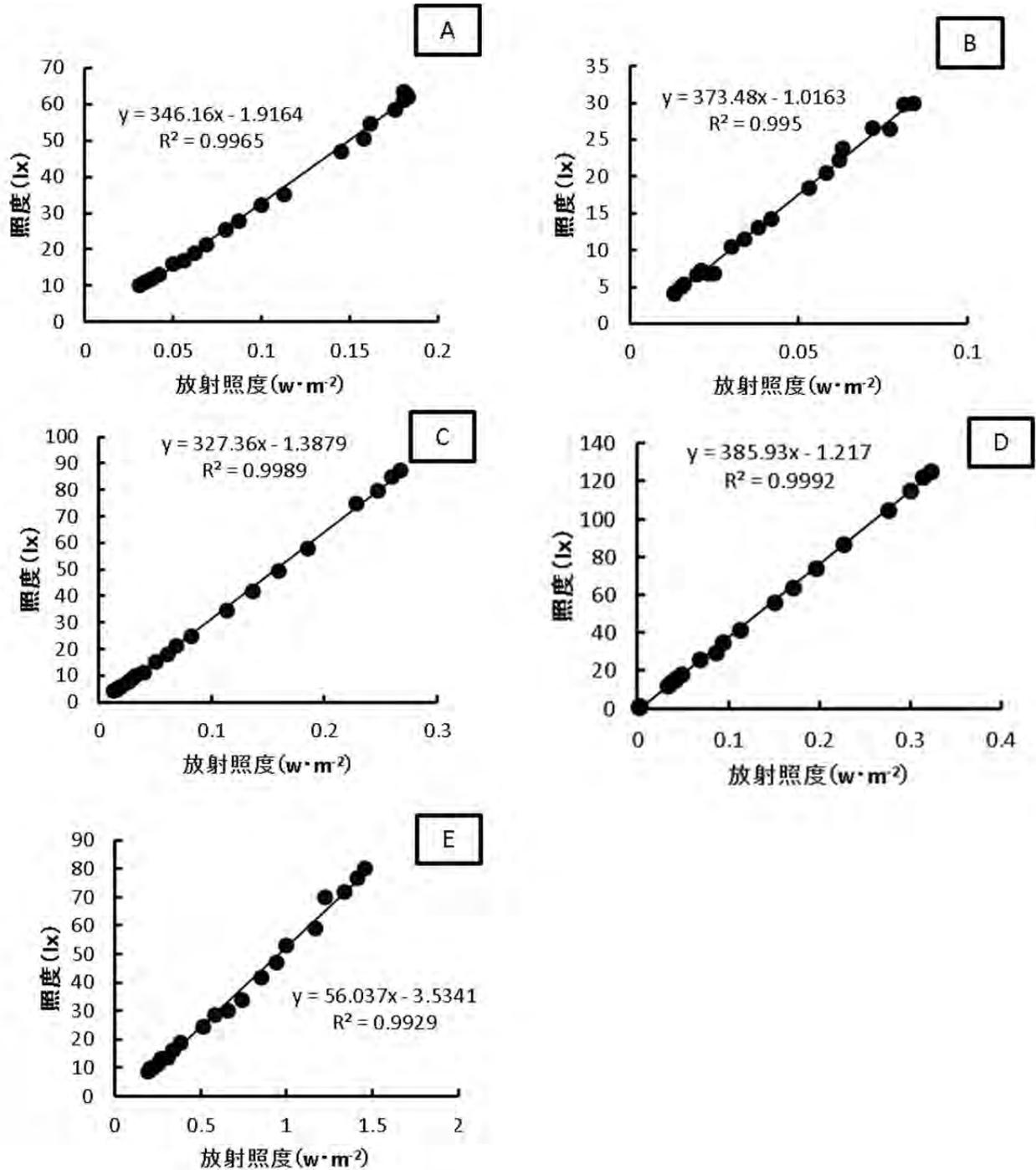
結果

各光源における光源直下からの距離と光量

供試光源の直下からの水平距離と光量との関係を第5図に示した。放射照度は、直下において白熱電球が $1.46\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ と他の光源の $0.08 \sim 0.35\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ に対して高く、光源からの距離が離れた地点においても、同様に高い値であった（第5図A）。白熱電球を除く4つの光源では、直下の放射照度は、昼光色LED、電球色LED、電球色蛍光灯（23W）、電球色蛍光灯（12W）の順に高かった。昼光色LEDおよび電球色LEDでは、光源直下から距離が大きくなると放射照度は急激に低下したのに対して、電球色蛍光灯では緩やかに低下した。このため、電球色蛍光灯（23W）は、直下から0.8mを越えると電球色LEDよりも、1.4mを超えると昼光色LEDよりも高い値となった。また、各地点における電球色蛍光灯（12W）の放射照度は、23Wの電球色蛍光灯の40～45%であった。一方、照度は、直下において昼光色LEDが125lxと最も高く、次いで電球色LED、白熱電球、電球色蛍光灯（23W）、電球色蛍光灯（12W）の順に高かった（第5図B）。昼光色LEDおよび電球色LEDでは、放射照度と同様に光源直下からの距離が大きくなるにつれて、照度は急激に低下したが、電球色蛍光灯では、光源直下から離れると緩やかに低下した。このため、電球色LEDでは0.6mを超えると、電球色蛍光灯（23W）よりも、1.4mを超えると昼光色LEDよりも高くなった。白熱電球は、LEDほど急激な照度の低下はみられず、直下から1.7mを超えた地点で電球色蛍光灯よりも低い値となった。また、各地点における電球色蛍光灯（12W）の照度は、23Wの電球色蛍光灯の35～45%であった。照度と放射照度には、各光源ともに正の相関関係が認められた（第6図）。



第5図 光源からの水平距離と放射照度および照度との関係
A:放射照度, B:照度



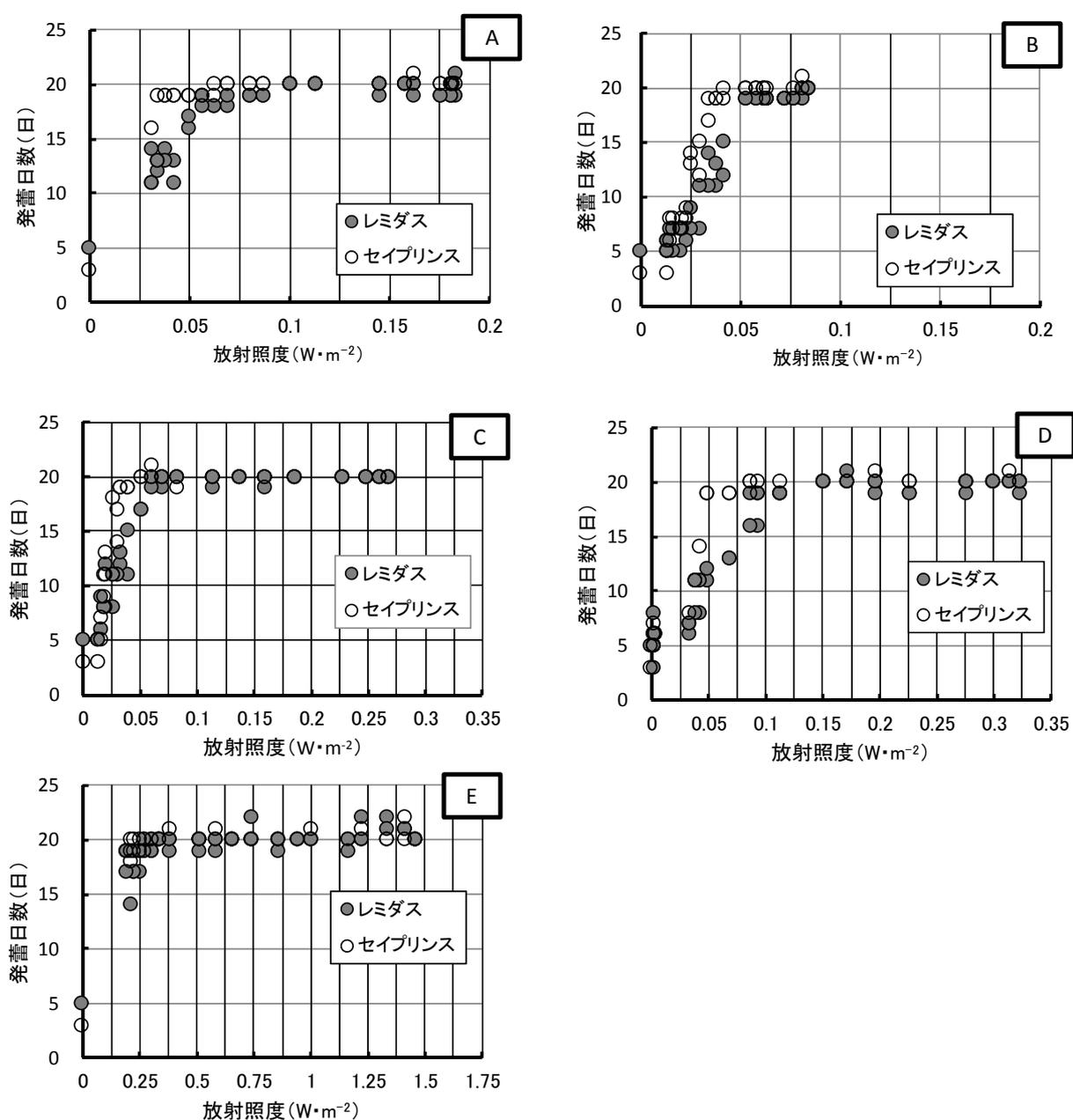
第6図 暗期中断に用いた光源の放射照度と照度との関係

A: 電球色蛍光灯(23W)、B: 電球色蛍光灯(12W)、C: 電球色 LED、D: 昼光色 LED、E: 白熱電球

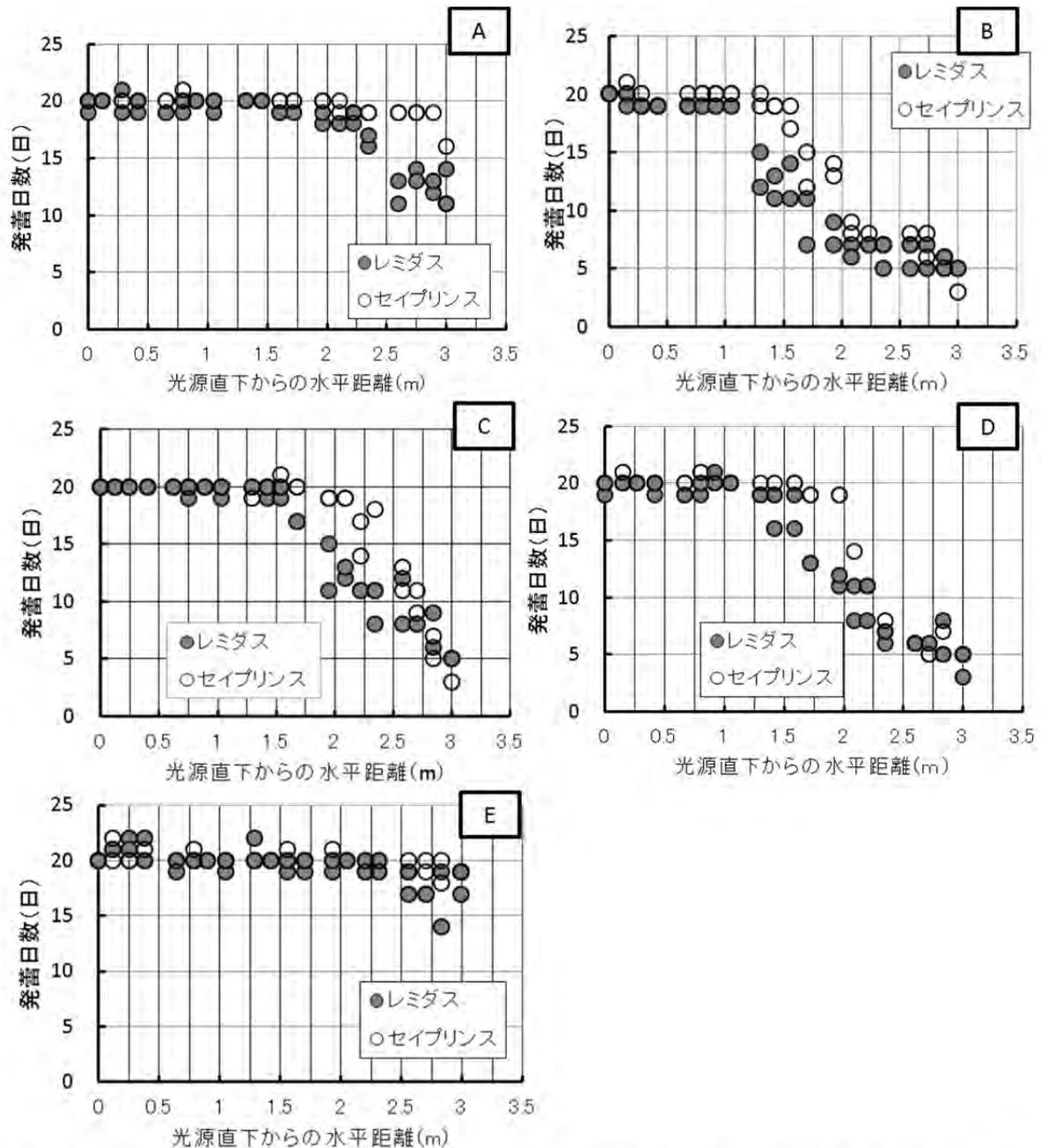
実験1：秋ギク型スプレーギクにおける各光源の開花抑制効果

開花抑制可能な光量の下限值は、‘レミダス’では電球色蛍光灯(23W および 12W)、電球色 LED で $0.06 W \cdot m^{-2}$ 、昼光色 LED で $0.11 W \cdot m^{-2}$ 、白熱電球で $0.27 W \cdot m^{-2}$ であった(第7図)。開花抑制可能な照度の実測値と第6図の回帰式から換算した予測値は、電球色蛍光灯(23W)でそれ

ぞれ 19.1 lx, 18.8 lx, 電球色蛍光灯 (12W) で 22.2 lx, 21.3 lx, 電球色 LED で 18.1 lx, 18.2 lx, 昼光色 LED で 41.5 lx, 41.2 lx, 白熱電球で 13.1 lx, 11.6 lx であった。一方, ‘セイプリンス’ では, ‘レミダス’ よりも下限値が低く, 電球色蛍光灯 (23W および 12W) で $0.04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 電球色 LED で $0.03 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 昼光色 LED で $0.05 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 白熱電球で $0.22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ であった (第 7 図)。開花抑制可能な照度の実測値と第 6 図の回帰式から換算した予測値は, 電球色蛍光灯 (23W) でそれぞれ 13.2 lx, 11.9 lx, 電球色蛍光灯 (12W) で 14.3 lx, 13.9 lx, 電球色 LED で 8.6 lx, 8.4 lx, 昼光色 LED で 17.6 lx, 18.1 lx, 白熱電球で 10.2 lx, 8.8 lx であった。‘レミダス’, ‘セイプリンス’ とともに, 両者の値はほぼ一致した。また, ‘レミダス’ における開花抑制可能な光源直下からの距離は, 白熱電球が 2.3m と最も長く, 電球色蛍光灯 (23W) 2.2m, 電球色 LED および昼光色 LED 1.3m となり, 電球色蛍光灯 (12W) は, 1.1m と最も短く, 23W の電球色蛍光灯の半分の距離となった (第 8 図)。



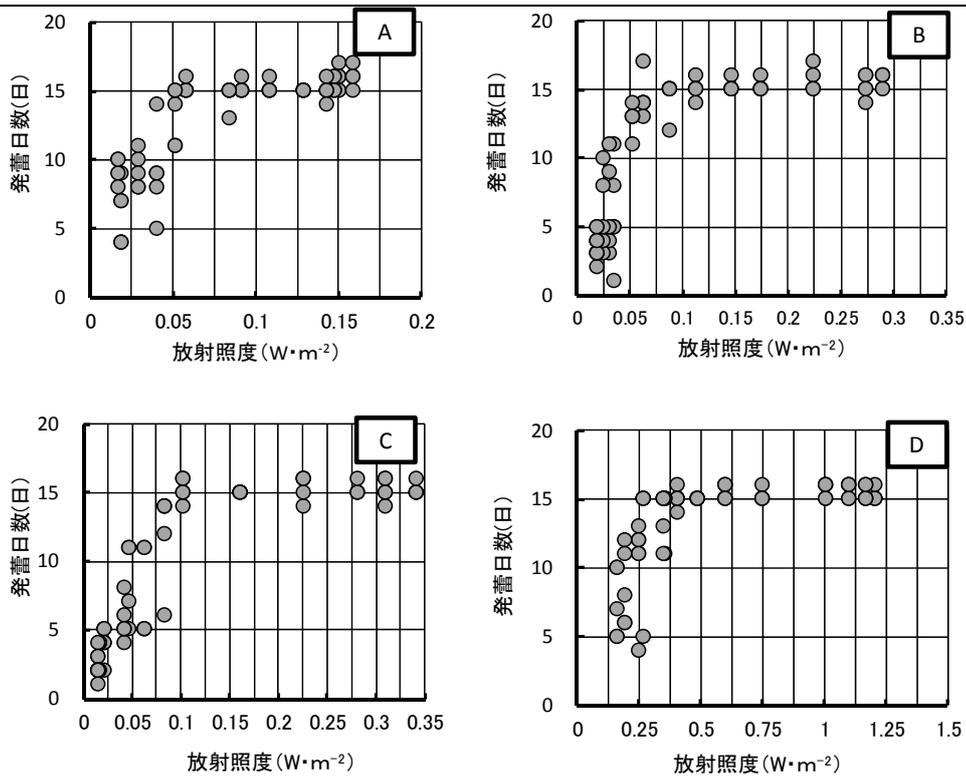
第 7 図 暗期中断に用いた光源の放射照度と秋ギク型プレーギクの発蕾日数との関係
A: 電球色蛍光灯 (23W)、B: 電球色蛍光灯 (12W)、C: 電球色 LED、D: 昼光色 LED、E: 白熱電球



第8図 暗期中断に用いた光源の直下からの水平距離と秋ギク型スプレーギクの発蕾日数との関係
 A: 電球色蛍光灯(23W)、B: 電球色蛍光灯(12W)、C: 電球色LED、D: 昼光色LED、E: 白熱電球

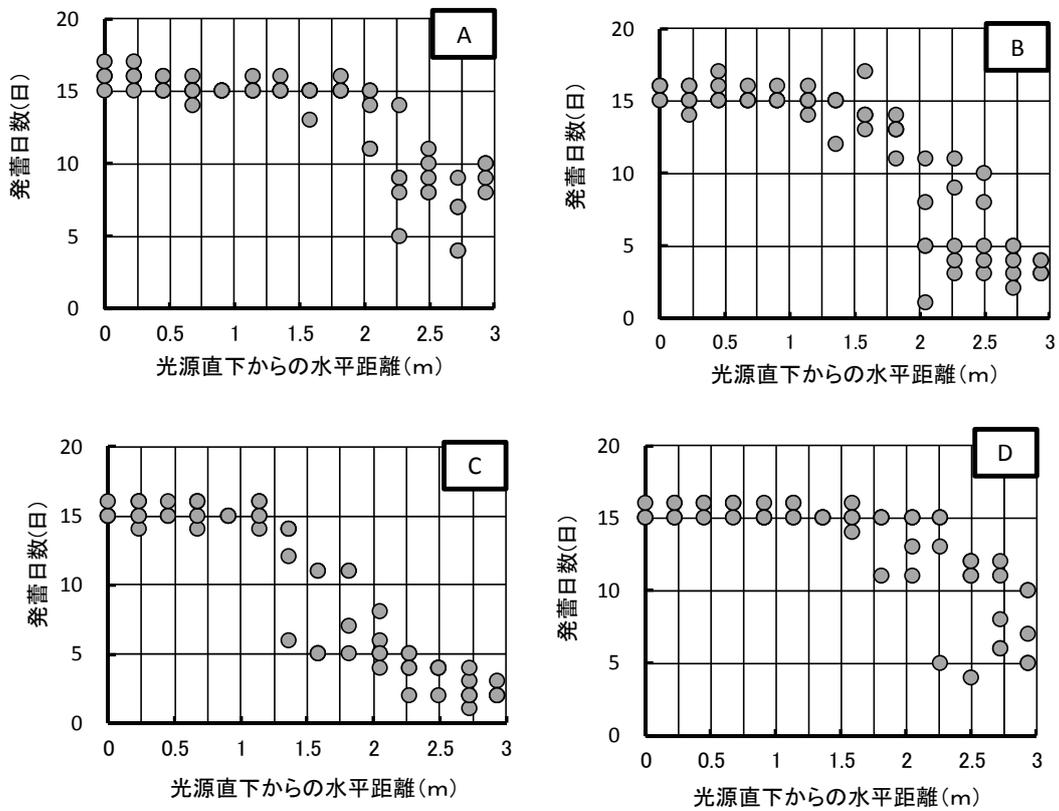
実験2：夏秋ギク型スプレーギクにおける各光源の開花抑制効果

‘ユキ’の開花抑制可能な光量の下限值は、電球色蛍光灯で $0.09 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、電球色LED、昼光色LEDで $0.1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、白熱電球で $0.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ であった(第9図)。第6図の回帰式から、開花抑制可能な放射照度の下限値を照度に換算すると、電球色蛍光灯(23W) 29.2 lx 、電球色LED 31.3 lx 、昼光色LED 37.3 lx 、白熱電球 18.9 lx となった。開花抑制可能な光源直下からの距離は、白熱電球が 1.6 m と最も長く、次いで電球色蛍光灯の 1.4 m 、電球色LEDおよび昼光色LEDは 1.1 m であった(第10図)。



第9図 暗期中断光源の放射照度と夏秋ギク型スプレーギクの発蕾日数との関係

A: 電球色蛍光灯(23W)、B: 電球色 LED、C: 昼光色 LED、D: 白熱電球



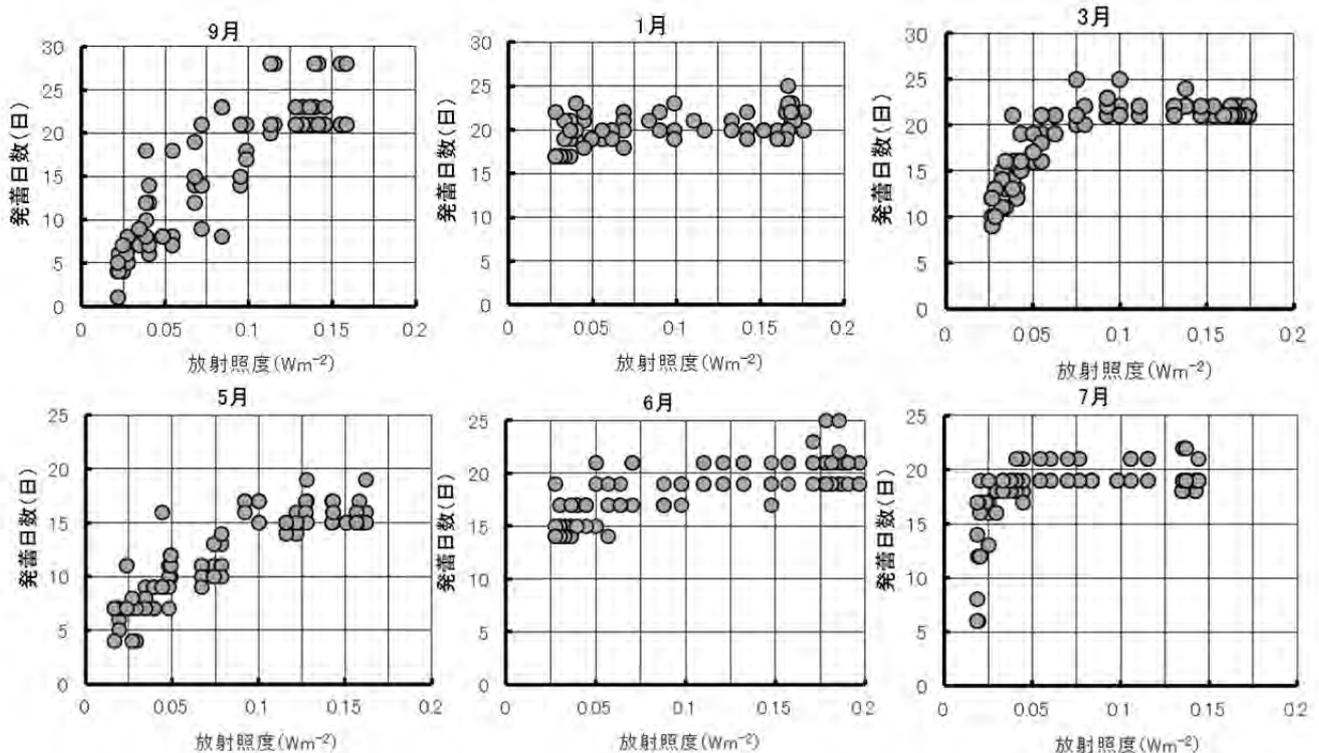
第10図 暗期中断に用いた光源の直下からの水平距離と夏秋ギク型スプレーギクの発蕾日数との関係

A: 電球色蛍光灯(23W)、B: 電球色 LED、C: 昼光色 LED、D: 白熱電球

実験3：栽培時期別の開花抑制可能光量

秋ギク‘レミダス’では、9月区において、放射照度が $0.11\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上でも発蕾日数が20~28日とばらついたが、これより低い値では、放射照度が低くなるほど発蕾が早く、 $0.11\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 付近に開花抑制可能な下限値がみられた(第11図)。1月区では、放射照度が $0.05\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ より低い値でも、発蕾日数が20日以上かかる個体があったが、17日と早期に発蕾する個体もみられた。 $0.05\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上では、発蕾日数がほぼ20日以上となったことから、開花抑制可能な下限値が $0.05\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 付近にみられた。3月区においては、放射照度 $0.075\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ で開花抑制可能な光量の下限値となった。

夏秋ギク‘ユキ’の栽培時期における開花抑制可能な光量の下限値は、5月区で $0.09\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ と3時期の中では最も大きかった。6月区では、放射照度が $0.06\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ より低い値でも発蕾日数が20日以上要する個体があったが、発蕾日数が14日と早期に発蕾した個体も認められ、 $0.06\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 付近に開花抑制可能な光量の下限値があった(第11図)。7月区では、 $0.03\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ に発蕾抑制可能な下限値があり、栽培時期が遅くなるほど低い光量で発蕾を抑制した。



第11図 スプレーギクにおける電球色蛍光灯による暗期中断の光量が栽培時期別の発蕾日数に及ぼす影響

上段：秋ギク型‘レミダス’，下段：夏秋ギク型‘ユキ’

考察

キクの開花抑制効果が認められる波長域は、660nm付近とされている(今西, 2000)。本実験で用いた光源は、すべてこの波長域の光質が含まれている。したがって、秋ギク型、夏秋ギク型ともに供試したすべての光源で、一定以上の光量があれば開花を抑制することができた(第7図, 第9

図). 開花抑制に必要な最低光量は、各光源で異なっており、放射照度で比較すると、秋ギク型、夏秋ギク型ともに白熱電球が他の3光源に比べて、最も高い放射照度が必要であった(第7図, 第9図). また、秋ギク型では、電球色蛍光灯と電球色LEDは、ほぼ同じ値で抑制され、昼光色LEDは、これら2つの光源よりやや高い光量が必要であった. 一方、夏秋ギク‘ユキ’では、電球色蛍光灯、電球色LED、昼光色LEDともに同程度の放射照度が必要であった. 白山・末吉(2013)は、ピーク波長が異なるLED電球を用いて、‘神馬’および‘岩の白扇’に暗期中断を行い、キクの花芽分化抑制の分光感度曲線を作成した(白山, 2014). これによると、590~659nmの波長域で抑制効果が高い. 昼光色LEDはこの波長域の光量が少ないため、開花抑制に大きい光量が必要であることが推察された. なお、‘ユキ’は光源間で差がみられなかった原因は不明である. また、秋ギク型の‘セイプリンス’に比べて‘レミダス’では、開花抑制により大きい光量が必要であり、品種間差異がみられたことから、必要光量を検討する際には、開花抑制に大きな光量を必要とする品種を用いるのがよいと思われる.

照度についても、開花抑制の最低光量が光源間で異なった. 例えば実験1の‘レミダス’における開花抑制の最低光量は、白熱電球で11.6 lx, 電球色蛍光灯(23W) 18.8 lx, 電球色LED 18.2 lx, 昼光色蛍光灯 41.2 lxであり、白熱電球で開花抑制できる11.6 lxの照度では、3つの光源は開花抑制効果が得られなかった. 照度は、可視光(概ね380~780nm)の波長域について、受光面の単位面積に入射する放射束に人の目で感じる感度(分光視感効率)を重み付けして表される値であり、植物は人間と同じ感度で光を感受していないため、異なる光源間では照度の値を用いて植物に対する影響を論議することが困難である(郡山・久松, 2014). 実験1, 2においても、同じ照度の値で開花抑制可能な光源とできない光源があり、光源ごとに開花抑制に必要な照度を設定する必要が示唆された.

郡山ら(2014)は新たな光源を設置する際に既存光源と同等の花芽分化抑制能力を得るために必要な照度を推定する方法として、光源別照度から花芽分化抑制能力への換算係数を用いた計算式(変更予定光源で必要な照度=現行の光源照度×現行の光源の換算係数÷新たな光源の換算係数)を提示している. 実験1, 2の結果をもとに白熱電球から電球色蛍光灯(23W)に交換するときの必要照度を計算すると、‘レミダス’で、15.4 lx, ‘セイプリンス’で、11.7 lx, ‘ユキ’で25.2 lxとなり、実際の必要照度とほぼ同じ値を示した. このことから、生産現場において、この換算式を使用することで、照度計を使って、導入光源の必要光量を推定可能と考えられた.

実験1, 2で、開花抑制に最も大きい光量が必要であった‘ユキ’を例に、1個の光源で開花抑制可能な範囲についてみると、白熱電球では半径1.6mの範囲を抑制することができ、23Wの電球色蛍光灯は、1.4mと白熱電球とほぼ同等の範囲を抑制することができた. これに対し、電球色LEDや昼光色LEDは、開花抑制に必要な放射照度が蛍光灯とほぼ同じ値であったにもかかわらず、1.1mの範囲しか抑制することができなかった. これらの結果をもとに、栽培面から高さ150cmの位置に光源を設置した場合の各光源10aあたりの必要個数を計算すると、白熱電球では、100個(10m²あたり1個)、電球色蛍光灯(23W)では、125個(8m²あたり1個)、電球色LEDおよび昼光色LEDでは、200個(5m²あたり1個)と推定され、光源によって必要個数に差が生じた. このように、新たに光源を導入する際は、その光源の配光特性を考慮し、設置間隔について確認しておく必要がある. また、12Wの電球色蛍光灯は、23Wのものと同様分光分布を示したが、23Wの約半分の範囲しか抑制できず、同じ光源でも得られる光の強さに注意して光源を選択することが必要である.

白熱電球での暗期中断において、光の強さは50 lx以上が基準とされている(今西, 2000, 船越,

1989). 実験2の‘ユキ’では、18.9 lxとこれまでの基準として用いられている50 lxよりも弱い光量で発蕾を抑制することができた。石倉ら(2009)も、輪ギク‘神馬’では、基準値の約半分の放射照度で抑制できたと報告している。キクの開花抑制可能な光量には品種間差があり、白熱電球での電照を行った報告では、12~98 lxと幅がある(船越, 1989)。50 lxという照度は、多くの品種に対応できるように安全を見越した値であると考えられるが、これより小さい光量でも、開花抑制ができたことから、本県のスプレーギク産地において、栽培時期や導入品種などを踏まえた最低光量を検討する必要があると考えられた。

キクの花芽分化抑制の効果は、環境条件によって変化し、日射量が多い時期や花芽分化適温で大きな光量が必要となる(大石ら, 2010; 郡山ら, 2014)。このため、実験3では、実験1で開花抑制に強い光量が必要であった秋ギク型‘レミダス’を供試し、短日となり自然開花期に向かう9月、低温寡日照期の1月、日射量が多くなり、生育適温に向かう3月の3時期について、電球色蛍光灯を用いた暗期中断を実施し必要光量を調査した。この結果、栽培時期で必要光量が異なり、‘レミダス’では、9月区に最も大きな光量が必要で、1月区は9月区の2分の1の光量で抑制した。なお、9月区で発蕾にばらつきがみられたのは、消灯後の気温の低下により、スムーズな花芽分化が進まなかったためと考えられる。一方、夏秋ギク型では‘ユキ’を供試し、日射量が多い5月、日照量が少ない梅雨時期の6月、高温期の7月の3時期において、電球色蛍光灯を用いた暗期中断を実施し必要光量を調査した。5月区で最も大きい光量が必要となり、7月区では、5月区の3分の1の光量で開花を抑制した。7月区では、高温により花芽分化が抑制され、このことが小さい光量で開花を抑制した一因と考えられた。蛍光灯は積算点灯時間が長くなると、光量が小さくなる特性があり、生産現場では、点灯しているにもかかわらず、十分な光量が得られていなかったため、開花抑制できなかった事例がみられる。親株床など周年電照を使用しているところでは、開花抑制に必要な光量が大きくなる時期には、圃場の照度を確認することが望ましい。

近年、LEDなど新しい光源の開発とともに、キクの開花反応について、多くの研究が行われ、開花抑制は660nmより短波長側の波長域で最も効果が高いこと(白山・永吉, 2013; 大石ら, 2010; 住友ら, 2011)や、電照効果の高い時間帯は暗期開始からの経過時間が関与すること(白山・郡山, 2013; 金子・Tjeed, 1997)、そして暗期開始から電照効果の高い時間帯までの時間には、品種間差があること(白山・郡山, 2013)など、多くの新しい知見が集積しつつある。これまで、キクの電照技術は白熱電球での照射方法を基準に安全な方法で実施されていたが、本実験の白熱電球を用いた暗期中断では低照度で開花抑制できたことを考えると、必要量以上の光量や時間を照射していた可能性がある。電照に必要な光量は、品種や栽培環境等によって異なることから、今後は新しい知見を活用しながら産地に適した電力消費量の少ない効率的な電照方法の検討が必要と考える。また、一般照明用で普及が進んでいるLED電球は、電力消費量が少ない一方で、配光性や高湿度、高温など過酷な環境条件での耐候性に劣る。このような欠点を克服した、生産現場でも安心して使用できる光源の開発が期待される。

摘 要

一般照明用に市販されている電球色蛍光灯(23W および 12W)、電球色LED(9.2W)、昼光色LED(9.2W)の4種類の電球型光源と従来からの白熱電球(75W)を用いて、秋ギク型スプレーギクおよび夏秋ギク型スプレーギクに暗期中断を行うと、供試した全ての光源で開花抑制効果が認められたが、開花抑制に必要な光量は、光源の種類や品種によって異なった。また、1個の光源で

開花抑制可能な範囲も異なり、電球色蛍光灯（23W）は白熱電球と同等の範囲を抑制できた。

電球色蛍光灯（23W）を用いて、秋ギク型‘レミダス’を9月、1月、3月に、夏秋ギク型‘ユキ’を5月、6月、7月に暗期中断を行うと、栽培時期によって、必要な光量が異なり、‘レミダス’では9月‘ユキ’では5月の処理で最も強い光量が必要であった。

以上の結果、スプレーギク栽培において暗期中断を実施する際は、用いる光源での開花抑制に必要な光量および開花抑制範囲、品種、栽培時期などを考慮する必要があるが示された。

引用文献

- 船越桂市. 1989. 開花調節技術. P. 28-38. 船越桂一編著. 切り花栽培の新技术改訂キク上巻. 誠文堂新光社. 東京.
- 白山竜次・郡山啓作. 2013. キクの電照栽培における暗期中断電照時間帯が花芽分化抑制に及ぼす影響. 園学研. 12 : 427-432.
- 白山竜次・永吉実孝. 2013. キクの花芽分化抑制における暗期中断電照の波長の影響. 園学研. 12 : 173-178.
- 白山竜次・永吉実孝・郡山啓作. 2013. キクの電照栽培における電照期間と花芽分化抑制に必要な放射照度との関係. 園学研. 12 : 195-200.
- 今西秀雄. 2000. 日長による開花制御. P.155-166. 花卉園芸学. 川島書店. 東京.
- 石倉 聡・梶原真二・原田秀人・福島啓吾. 2009. キクの電照抑制栽培に用いる白熱電球代替光源としての電球形蛍光灯およびLEDの光エネルギー特性と開花抑制効果. 広島総研農技セ研報. 84 : 1-6.
- 石渡正紀. 2014. 光の表し方. P.161-170. 久松 完監修. 電照栽培の基礎と実践. 誠文堂新光社. 東京.
- 金子栄一・Tjeerd Blacqire. 1997. 光中断の時間帯と光の強さがキクの開花に及ぼす影響. 九州農研. 59 : 177.
- 郡山啓作. 2014. キク電照用光源の現状. P.98-102. 久松 完監修. 電照栽培の基礎と実践. 誠文堂新光社. 東京.
- 郡山啓作・白山竜二・住友克彦・久松 完. 2014. 光源利用のてびき. P.9-32. 農林水産省委託プロジェクト「国産農産物の革新的低コスト実現プロジェクト」「光花きコンソーシアム」編. キク電照栽培用光源選定・導入の手引き.
- 郡山啓作・久松 完. 2014. 光源選定・導入の手引き. P.181-196. 久松 完監修. 電照栽培の基礎と実践. 誠文堂新光社. 東京.
- 大石一史・新井 聡・犬伏加恵・中村恵章. 2010. キクの花芽分化抑制に有効なLEDの波長、および花芽分化抑制効果に及ぼす日射量の影響. 園学研9 (別2) : 545.
- 佐々木 厚・吉村正久・鈴木誠一・森山 巖興・金浜耕基. 2013. 赤色電球形蛍光ランプによる暗期中断時間と光強度がスプレーギクの開花と花房形状に及ぼす影響. 園学研. 12 : 187-194.
- 住友克彦・樋口洋平・小田 篤・宮前治加・山田 真・石渡正紀・久松 完. 2011. 暗期中断によるキクの花成およびFT様遺伝子発現抑制における分光感度. 園学研. 10 (別2) : 251.

有田地方における50mメッシュ気温図の作成とその活用

鯨 幸和・池田晴佳

和歌山県果樹試験場

Creating and Practical Using of 50m Grid Climate Map of Air Temperature at Arida Area

Yukikazu Kujira and Haruka Ikeda

Wakayama Fruits Tree Experiment Station

緒 言

和歌山県下のウンシュウミカン園は、有田地方に代表されるように河川の流域とそれを挟む急傾斜地に高密度で立地している。そのため、個々の園地の標高や傾斜、ならびに周辺の地形との関係性は多種多様であり、近接した園地であっても異なる気象経過を辿る場合がある。このことは生育や病害虫発生との差異にもつながっているため、生産者からは「自園の気象経過を把握して栽培管理の適正化に役立てたい」という要望が寄せられる。

地域の気象状況を把握する手法としては、気象を面的に表示するメッシュ気象図が有効とされ、様々な作物で研究や活用が進んでいる（日塔ら，1992；高山ら，2002；柴田ら，2004；他多数）。ただ、その多くが1km²以上のメッシュサイズであり、和歌山県下のウンシュウミカン産地のように地形が複雑な中山間地域において気象を把握するには、50m程度のメッシュサイズが適当であると考えられる（植山，2008a）。植山はアメダスポイントの観測気温に連動して50mメッシュ気温を推定する手法を提唱している（植山，2008b）。これを活用して生産支援に役立てている事例としては、加藤ら（2013）が開発した水稻移植適期予測システムがあるが、果樹では事例がない。

そこで本研究では、(独)農研機構近畿中国四国農業研究センターの知見（植山，2008b；Ueyama，2013）を生かし、複雑な地形条件の下でも活用できる精細な気温情報を発信することを目的として、「近隣アメダス観測値に連動する有田地方50mメッシュ気温推定図」や、利用者が独自で任意のメッシュを選択し、該当メッシュの気温データを取り出せるファイルを作成した。また、50mメッシュ気温推定技術を活用することで生育予測情報等を面的に発信することを目的として、気温経過のみで簡易に予測した開花始期等をメッシュ表示させることを試みた。

なお本研究については、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターと研究協定を締結し、平成24年度和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業で実施した。

材料および方法

以下に記述する手法は、全般にわたり植山が提唱した手法（植山，2008b；Ueyama，2013）に準じる。まず、有田地方に設置した20箇所の定点と有田地方に近接する気象庁アメダスポイントの間

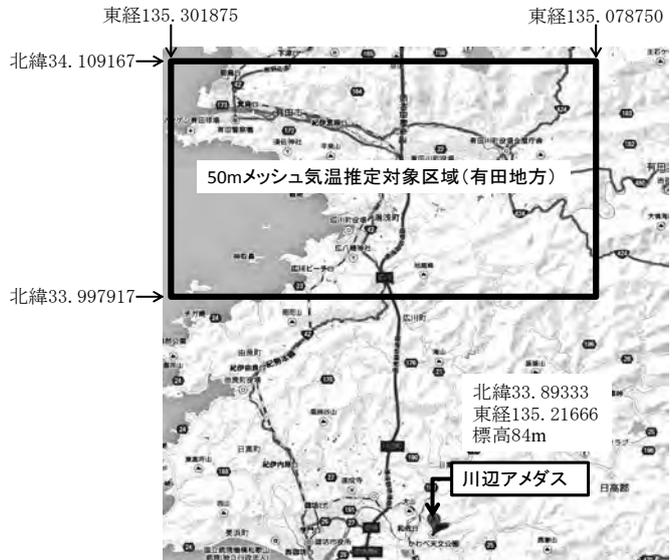
の気温差を、標高による気温減率の影響を取り除くために「温位差」に変換する。そして、この「温位差」を各定点の特定の地形因子で説明する重回帰式を作成し、この式をもって有田地方における任意の50mメッシュの気温を推定しようとするものである。

1 重回帰式の目的変数とする、定点の「推定地点要素 (Tesc)」の算出

1) 有田地方の定点における気温観測

50mメッシュ気温図作成の対象区域は北緯33.997917~34.109167 (南北約12.4km), 東経135.078750~135.301875 (東西約20.6km), 海, 河川, 池沼含む約255km²の範囲とした (第1図)。そして、この範囲内において様々な地理的条件の園地を20箇所選び、そこで気温の推移を定点観測した (第1表)。

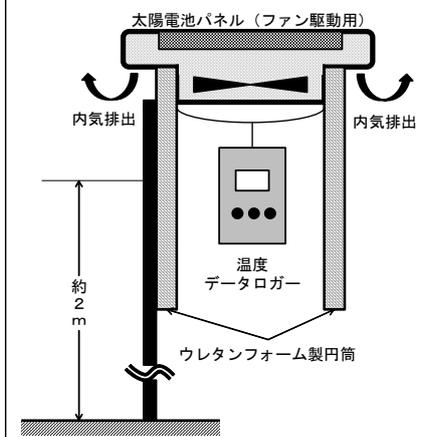
気温計測用装置として、天井部に太陽電池で駆動する排気ファンを設置したウレタンフォーム製の円筒内に温度データロガー (T&D製RTR502) をつり下げた装置を作成した。各定点において、この装置を地上から約2mの気温を計測できるよう支柱に固定し、2013年3月1日~2014年1月27日の気温を観測した (第2図)。



第1図 50mメッシュ気温図作成対象区域と川辺アメダスの位置関係

第1表 温度データロガー設置園地の概況

番号	地点	標高 (m)	園地の向き	緯度 (北緯)	経度 (東経)
(1)	有田市初島	5	平坦	34.098323	135.117118
(2)	有田市星尾	9	平坦	34.073458	135.154983
(3)	広川町西広	9	平坦	34.006016	135.153993
(4)	有田市糸我	10	平坦	34.068057	135.179603
(5)	湯浅町青木	15	平坦	34.030431	135.186342
(6)	湯浅町吉川	19	平坦	34.048748	135.183793
(7)	有田市宮原町	19	南向き傾斜	34.084580	135.166289
(8)	有田川町野田	20	平坦	34.066791	135.208362
(9)	有田川町庄	31	平坦	34.069575	135.235787
(10)	有田川町奥	38	南向き傾斜	34.046847	135.207203
(11)	有田市千田東	47	西向き傾斜	34.065363	135.156075
(12)	有田市山地	77	南向き傾斜	34.067932	135.124619
(13)	有田川町市場	86	西向き傾斜	34.072880	135.250042
(14)	有田川町徳田	96	南向き傾斜	34.043272	135.239336
(15)	広川町柳瀬	101	西向き傾斜	34.018350	135.196550
(16)	有田川町長谷川	108	南向き傾斜	34.053762	135.270353
(17)	有田市新堂	163	南向き傾斜	34.090645	135.128980
(18)	湯浅町田	175	北西向き傾斜	34.056030	135.166487
(19)	有田川町船坂	185	西向き傾斜	34.084861	135.229640
(20)	有田川町中	280	西向き傾斜	34.102678	135.293112



第2図 温度データロガーの設置状況

2) 日別平均気温データの「温位」への変換

定点20箇所毎に観測データから日別平均気温を求めた後、これを①式により温位に変換した。なお①式に含まれる気圧 P は②式で観測地点の標高から求められる仮想標準気圧（標準大気における仮想の気圧）を用いた。

$$\text{温位 } \theta \text{ (K)} = (T + 273.15) \cdot (1000/P)^{\{R/(m \cdot C_p)\}} \dots \text{①}$$

$$\text{気圧 } P \text{ (hPa)} = P_0 \cdot \{T_b / (T_b + \lambda \cdot z)\}^{\{(m \cdot g) / (\lambda \cdot R)\}} \dots \text{②}$$

T : 観測気温 (°C) R : 気体定数 (8.3143 J·mol⁻¹·K⁻¹) m : 乾燥空気の分子量 (0.02897 kg·mol⁻¹)

C_p : 定圧比熱 (1005 Jkg⁻¹·K⁻¹) P₀ : 海面気圧 (1013.25 hPa) T_b : 仮想海面高度気温 (288.15 K)

λ : 仮想気温減率 (-0.0065 K·m⁻¹) z : 観測地点の標高 (m) g : 重力加速度 (9.80665 m·s⁻²)

3) 重回帰式の目的変数とする推定地点要素 (Tesc) の算出

有田地方に近接し地理的条件の類似した気象庁アメダスポイントとして、日高郡日高川町和佐にある川辺観測所（以下川辺アメダスと表記）を選び（第1図）、観測期間中の川辺アメダスの日平均気温を①式により温位に変換した。そして、日々の「各定点の日平均温位－川辺アメダスの日平均温位」を求め、これを Δθ とした。

なお、同一の気象条件下であっても地形の特徴が異なれば気温も異なるため、Δθ を「基準地点要素 (Standard Site Component : 以下 Tssc と表記)」と「推定地点要素 (Estimation Site Component : 以下 Tesc と表記)」に分離した (③式)。なお、Tssc については各定点の Δθ の平均値を用い、③式に則って各定点の Tesc を日毎に算出した。

$$\Delta \theta = \text{Tesc} + \text{Tssc} \quad (\text{なお, Tssc} = \text{全定点の } \Delta \theta \text{ の平均})$$

$$\therefore \text{各定点の Tesc} = \text{各定点の } \Delta \theta - \text{全定点の } \Delta \theta \text{ 平均} \dots \text{③}$$

2 RCS (放射冷却強度) による Tesc のグループ分け

1) 川辺アメダスにおける RCS の算出

各メッシュの特定の地形因子を説明変数とした重回帰式を作成する際、空の曇り具合や風速といった天候状況によって説明変数に採択される地形因子は異なると考えられる。このため、日々の放射冷却強度指標 (Radiative Cooling Scale : 以下 RCS と記述) を④式で求め、この程度別に各定点の Tesc を3つの Group に分け、Group 毎に重回帰式を作成することとした。

なお、RCS 算出に必要な川辺アメダス975hPa面の温位については第3図の手順で推定した。

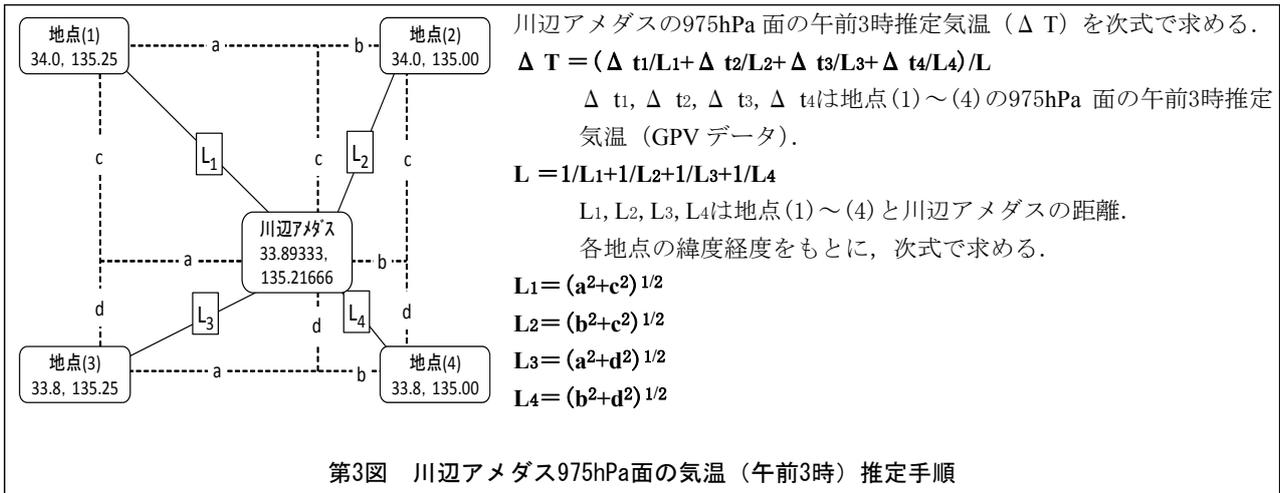
$$\text{RCS} = \theta_{975\text{hPa}} - \theta_G \dots \text{④}$$

θ_{975hPa} : 午前3時の川辺アメダス975hPa面 (約500m上空) の推定温位

θ_G : 午前3時の川辺アメダス地上の温位

∴ RCS は地表面の放射冷却が強まる気象条件 (晴天で風が弱い状態) で数値が大きくなる。

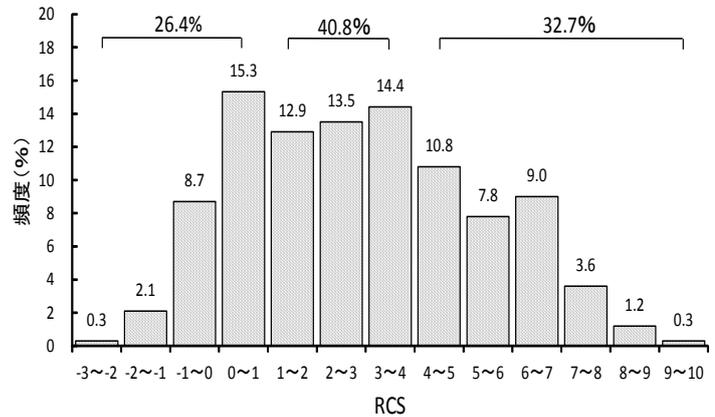
まず、農林水産省農林水産技術会議の農林水産基礎数値データベースから、川辺アメダスを囲む近傍4地点の975hPa面午前3時推定気温 (全球数値予報モデル GPV (GSM)) をダウンロードした。そして、近傍4地点それぞれと川辺アメダスとの距離に基づき、川辺アメダス975hPa面の気温 (午前3時) を推定した後、温位に変換した。



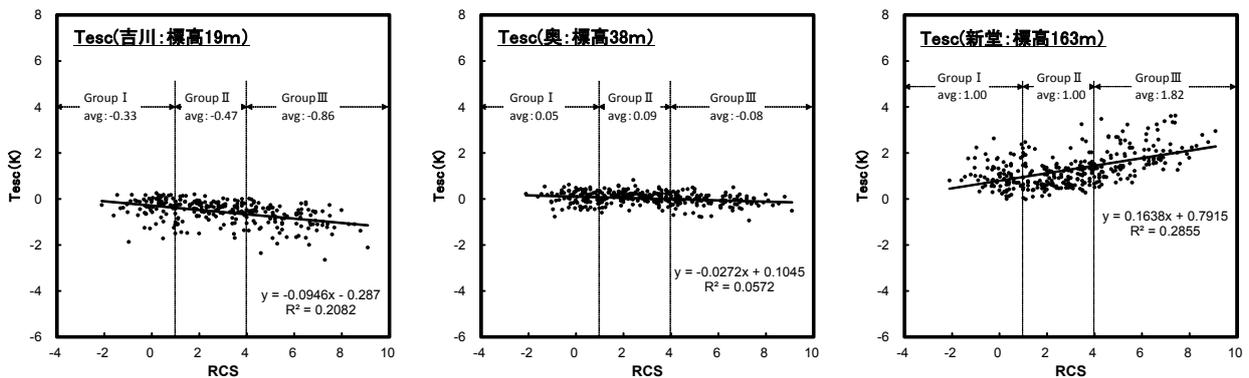
第3図 川辺アメダス975hPa面の気温 (午前3時) 推定手順

2) RCSの高低によるTescのグループ分け

観測期間中の RCS は-2.1～9.1の間で推移していた。そこで、RCSの高低による頻度分布を確認したうえで、全日のグループ分けを行った。RCS < 1の日は全日数の26.4%、1 ≤ RCS < 4の日は40.8%、4 ≤ RCSの日は32.7%であった(第4図)ことから、RCS:1とRCS:4を境界とし、RCS < 1の日を [Group I]、1 ≤ RCS < 4の日を [Group II]、4 ≤ RCSの日を [Group III] と定めた。これら Group 毎に各定点の Tesc の平均をとり、これを重回帰分析の目的変数とした (第5図)。



第4図 観測期間中のRCS頻度分布



第5図 定点によるRCSとTescの関係 (全20定点のうち、3定点を抜粋して掲載)

※近似直線の傾きは、各定点の温位が放射冷却の影響をどのように受けているかを反映する。

上の例では放射冷却が強まる (RCS が大きくなる) ほど吉川では温位が低く、逆に標高が逆転層に相当する新堂では温位が高まる傾向がある。しかし、仮に標高が同程度であっても地形の特徴によって放射冷却の影響を受ける度合いは異なるため、実際には近似直線の傾きは定点によって多様となる。

3 重回帰式の説明変数とする、各定点の地形因子の算出

メッシュ気温を推定するための説明変数候補となる地形因子群については、今回は栗原・村上(1982)の計算手順に従い、平均標高や平均傾斜、開放度等を算出することとした(第2表)。

まず、国土地理院が発行している「数値地図50mメッシュ(標高)CD-ROM」からフリーソフトを活用して有田地方の標高データをcsvファイルで切り出した後、実際の位置関係に整合するようExcelのワークシート上に配列した。そして、Excelの関数機能を活用して全定点の地形因子群(1定点につき603個)を算出した。なお、計算範囲(R)は高山ら(1999)に準じて1~60とした。

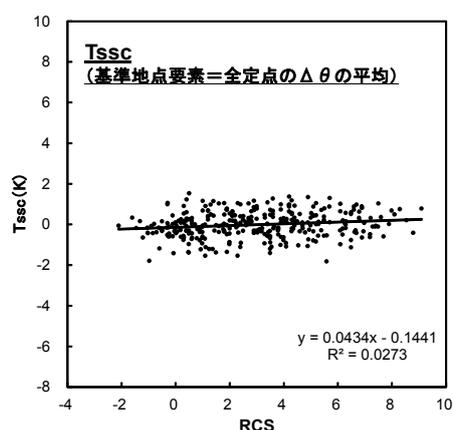
第2表 ステップワイズ重回帰分析に用いた地形因子群(説明変数候補)

地形因子群	説明(求め方)
標高 H	国土地理院数値地図50mメッシュ標高データから引用した。
緯度 X	各定点セルの行番号。
経度 Y	各定点セルの列番号。
平均標高 ME(R)	定点を中心に置き、東西南北にR個のメッシュをとった正方形内の平均標高。
標高差 DE(R)	東西南北にR個のメッシュをとった正方形内の中心メッシュと最大標高との差。
開放度 EX ΔH(R)	東西南北にR個のメッシュをとった正方形の周辺メッシュで、中心メッシュよりもΔHm以上高くないメッシュ数の割合。 ΔH = -30~+30m (10m間隔)
平均傾斜 SL(R)	定点を中心に置き、東西南北にR個先の標高をZE, ZW, ZS, ZNと定め、 {(ZN - ZS) ² + (ZE - ZW) ² } ^{1/2} ÷ 2R で求めた。

4 重回帰式の作成と各定点の推定日別平均気温算出

各定点のTesc計算値(前述のGroup I~III毎)と地形因子群をそれぞれ目的変数、説明変数に置き、農林水産省農林水産技術会議が提供する科学技術計算システム(SAS)を利用してステップワイズ重回帰分析を行うことにより、Group毎に重回帰式を導き出した。この際、ステップワイズ重回帰分析の「第1種の誤りの確率調整機能」を活用し、決定係数が0.7以上で、かつ妥当と思われる説明変数が3個以内で採択される重回帰式を気温推定式として採用した。そしてこの式に各定点の地形因子を代入し、各定点の日々のTesc推定値を算出した。

一方Tsscの推定については、まず日々のTssc計算値(各定点のΔθの平均値)とRCSの関係をプロットし、RCSでTsscを説明する単回帰式(Tssc=0.0434・RCS-0.1441)を求めた(第6図)後、この式に日々のRCSを代入してTssc推定値を算出した。そして③式(Δθ=Tssc+Tesc)に則って各定点のΔθ推定値を求め、これに川辺アメダスの温位を加えることにより各定点の温位を推定した。さらに⑤式により温位を気温に戻すことで、各定点の推定日別平均気温を算出した。



第6図 RCSとTsscの関係

$$\text{気温 } T(^{\circ}\text{C}) = \theta / \{ (1000/P)^{R/(m \cdot C_p)} \} - 273.15 \quad \dots \textcircled{5}$$

θ : 温位(K) P : 気圧(②式)

R : 気体定数(8.3143J・mol⁻¹・K⁻¹) m : 乾燥空気の分子量(0.02897kg・mol⁻¹)

Cp : 定圧比熱(1005Jkg⁻¹・K⁻¹) Po : 海面気圧(1013.25hPa) Tb : 仮想海面高度気温(288.15K)

λ : 仮想気温減率(-0.0065K・m⁻¹) z : 観測地点の標高(m) g : 重力加速度(9.80665m・s⁻²)

結果及び考察

1 50mメッシュ日別平均気温推定とその精度検証

1) Tesc推定重回帰式とTssc推定単回帰式

ステップワイズ重回帰分析により、任意メッシュの Tesc を推定する重回帰式が得られた (第3表)。最も強く寄与する地形因子は、Group I では開放度 [EX Δ-30(11)]、Group II、III では [EX Δ-30(9)] であった。今回採択された開放度は、一辺約1km の正方形の中心に置いた任意メッシュの外周メッシュに対する突出程度を示す指標である。得られた3つの重回帰式について開放度にかかる係数を Group 毎に見ると、Group I から III にかけて 0.89728、1.03875、1.94226 と高まっている。このことは、開放度の高い地点では RCS が高い日、すなわち放射冷却の程度が強い日ほど、川辺アメダスに対する温位差がよりプラスに傾くことを示している。

また、いずれの Group においても係数は低いものの緯度 [X] が選ばれた。これは、本研究で対象とした有田地方では、北に行くほど川辺アメダスとの温位差がプラスに傾くことを示している。この原因としては、有田地方の地理的傾向を広範に見た場合、北部は有田川を挟んで比較的急峻な山地が多い (対象地域の北半分の平均標高: 138.9m) のに対し、南部は湯浅町や広川町など、放射冷却の起きやすい平野部が多い (同南半分: 116.4m) ことが作用した可能性がある。

第3表 ステップワイズ重回帰分析によって得られた Tesc 推定重回帰式 (日別平均気温)

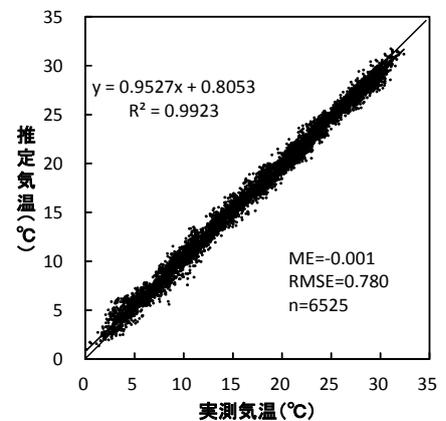
RCS の Group	重回帰式	説明変数毎の決定係数 (R ²)	重回帰式全体の決定係数 (R ²)
Group I (RCS < 1)	Tesc = 0.00283 · [X] + 0.89728 · [EX Δ-30(11)] - 0.81067	[X]: 0.2316 [EX Δ-30(11)]: 0.5947	0.8263
Group II (1 ≤ RCS < 4)	Tesc = 0.00305 · [X] + 0.06023 · [SL(39)] + 1.03875 · [EX Δ-30(9)] - 1.03821	[X]: 0.2681 [SL(39)]: 0.0440 [EX Δ-30(9)]: 0.6418	0.9539
Group III (4 ≤ RCS)	Tesc = 0.00522 · [X] + 1.94226 · [EX Δ-30(9)] - 1.58473	[X]: 0.1921 [EX Δ-30(9)]: 0.6986	0.8907

一方、Tssc と RCS の関係をプロットしたところ、Tssc は RCS の多少に関わらず 0 に近く、単相関係数も低かった (第6図)。植山 (2008a) によると、Tssc は基準地点 (今回は有田地方全体) に及ぼす気象や RCS の影響により決まる値であり、RCS による変動が大きければ相関係数は高まるとされていることから、有田地方を広く見た場合、RCS の影響をあまり強く受けない地域であることが示唆された。

2) 推定精度の検証

地形因子を説明変数とする Tesc 推定重回帰式 (第3表) で各定点の Tesc を、また、RCS を説明変数とする Tssc 推定単回帰式 (第6図) で Tssc を推定した。そして、これらを③式に代入して日々の Δθ を求め、各定点の日別平均気温を推定した。

全定点を含めて実測値と推定値をプロットしたところ、決定



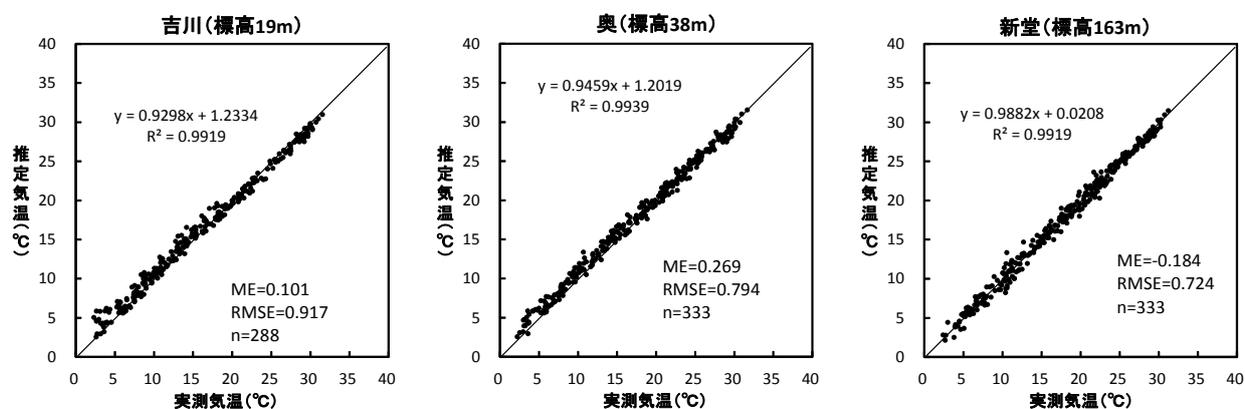
第7図 全定点を含めた場合の日別平均気温推定精度

係数は0.9923であり、気象庁の予報値検証方法（第4表）に倣い、実測値と推定値との差について平均誤差（Mean Error：以下ME）と2乗平均平方根誤差（Root Mean Square Error：以下RMSE）を求めたところ、それぞれ-0.001、0.780であった（第7図）。また、各定点毎に同様に検証したところ、決定係数は0.987～0.995、MEは-0.184～0.269、RMSEは0.603～1.025であった（第8図に3定点を抜粋）。

なお、本研究では定点でのみ精度を検証しているが、植山（2008a, b）によると、放射冷却の強い時期と弱い時期を含む半年程度の現地観測データがあれば推定モデルは開発でき、観測地点数が統計的に適切であれば50mメッシュ気温図の作成が可能であるとされている。このようなことから、第3表に示した重回帰式等を用いる気温推定手法は有田地方においては当てはまりが良く、RMSEから判断するとほぼ±1℃以内の誤差で推定できると思われた。

第4表 平均誤差と2乗平均平方根誤差について（気象庁HPより抜粋）

項目	説明
平均誤差 (Mean Error：ME)	$ME = \sum (F(i) - A(i)) \div N$ (F(i)は予報値, A(i)は実況値, Nは予報回数) 個々の予報の誤差をそのまま期間平均したもので、予報の系統的な偏りを示す指数。 0のとき、平均的にみて予報は正にも負にも偏っておらず、正(負)のときは予報が実況よりも高かった(低かった)ことを示す。
2乗平均平方根誤差 (Root Mean Square Error ：RMSE)	$RMSE = \{\sum (F(i) - A(i))^2 \div N\}^{1/2}$ (F(i)は予報値, A(i)は実況値, Nは予報回数) 個々の予報の誤差を2乗してから期間平均して、平方根をとったもの。 予報誤差の標準的な大きさを示す指数で、0に近いほど予報精度が高いことを示す。 個々の予報の誤差の60%～70%は、±(2乗平均平方根誤差)の間に収まる。



第8図 定点による日別平均気温推定精度（全20定点のうち、3定点を抜粋して掲載）

※吉川は機器不調により45日間欠測

3) 推定気温の補正

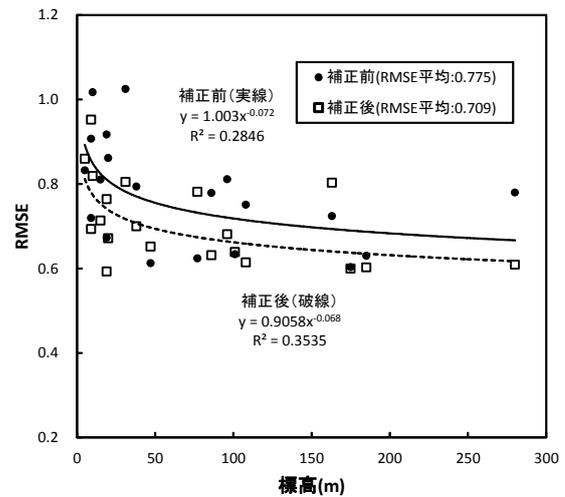
全定点を含めて実測値と推定値をプロットした場合の近似直線の傾きは0.9527となっており、特に10℃以下の低温域でやや高温よりに推定する傾向がみられた（第7図、第8図）。仮に、第7図に示した近似直線の式に[実測気温=0℃]を代入した場合、[推定気温=0.8053℃]を返すことになる。また、各定点毎に傾向をみた場合、標高の低い定点ほど低温域で高めに推定し、結果としてRMSEも高まる傾向を示した（第9図のうち補正前データ）。本手法の生産現場での活用を想定すると、低温期に冷え込みやすい平坦地で気温を高めに推定してしまうことは問題になると考えた。

そこで各定点の推定気温について、第7図に示した近似直線 [(推定気温)=0.9527・(実測気温)+

0.8053] の係数を用い, [(補正推定気温) = {(当初の推定気温) - 0.8053} / 0.9527] により補正を試みた. その結果, 決定係数は変わりなく, 定点による程度の差はあるものの RMSE の平均値は0.066減少し, 精度が向上した (第9図のうち補正後データ). 後に記述する50m メッシュ推定気温表示ファイル等については, この手法を用いて補正することとした.

4) 日別最高気温, 日別最低気温の推定

日別最高気温, 日別最低気温についても同様の手法で推定を行った. Tesc 重回帰式に採択された地形因子等に関する考察は割愛するが, いずれも日平均気温よりはやや精度が劣るものの, RMSE の分布状況から ±1.5℃以内の精度で推定できるものと思われた (第5表, 第6表, 第10図, 第11図).



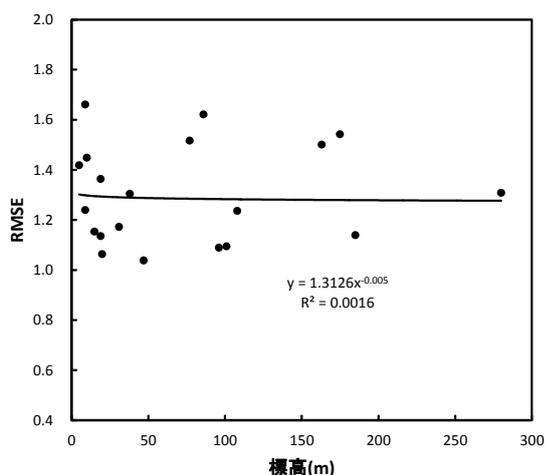
第9図 補正の有無による標高とRMSEの関係 (日別平均気温)

第5表 ステップワイズ重回帰分析によって得られたTesc重回帰式 (日別最高気温)

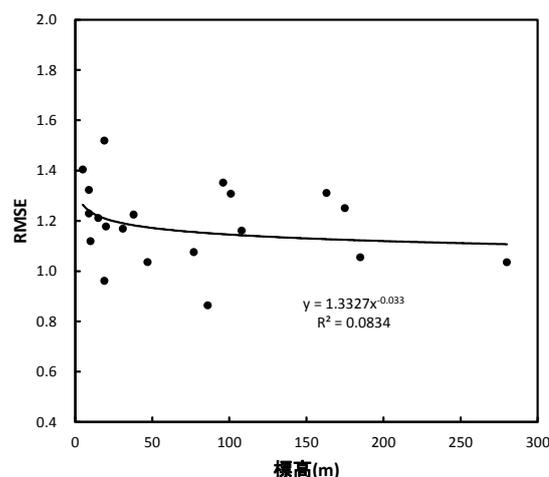
RCS の Group	重回帰式	説明変数毎の決定係数 (R ²)	重回帰式全体の決定係数 (R ²)
Group I (RCS < 1)	Tesc = 2.73537 · [EX Δ-0(9)]	[EX Δ-0(9)]: 0.4818	0.7383
	+5.69710 · [EX Δ+30(1)]	[EX Δ+30(1)]: 0.2565	
	-6.84379		
Group II (1 ≤ RCS < 4)	Tesc = 2.77446 · [EX Δ-0(9)]	[EX Δ-0(9)]: 0.4286	0.7406
	-2.16806 · [EX Δ+10(23)]	[EX Δ+10(23)]: 0.3121	
	-0.08037		
Group III (4 ≤ RCS)	Tesc = 3.56049 · [EX Δ-0(9)]	[EX Δ-0(9)]: 0.4685	0.7338
	-2.55130 · [EX Δ+10(23)]	[EX Δ+10(23)]: 0.2653	
	-0.23694		

第6表 ステップワイズ重回帰分析によって得られたTesc重回帰式 (日別最低気温)

RCS の Group	重回帰式	説明変数毎の決定係数 (R ²)	重回帰式全体の決定係数 (R ²)
Group I (RCS < 1)	Tesc = 0.00589 · [X]	[X]: 0.1803	0.8318
	-0.00369 · [Y]	[Y]: 0.1231	
	+0.07078 · [SL(1)]	[SL(1)]: 0.5283	
	-1.0360		
Group II (1 ≤ RCS < 4)	Tesc = 0.00494 · [X]	[X]: 0.1444	0.7880
	+1.82937 · [EX Δ-20(60)]	[EX Δ-20(60)]: 0.6436	
	-1.62044		
Group III (4 ≤ RCS)	Tesc = 0.00692 · [X]	[X]: 0.0857	0.8174
	+3.60728 · [EX Δ-20(60)]	[EX Δ-20(60)]: 0.7317	
	-2.56778		



第10図 標高とRMSEの関係（日別最高気温）
※補正後



第11図 標高とRMSEの関係（日別最低気温）
※補正後

2 50mメッシュ推定気温表示ファイルの作成

前述の推定手法を用いることにより、任意の年月日の推定気温分布や任意のメッシュの推定気温経過を簡単に閲覧できるよう、汎用性の高いMicrosoft Excel2010で複数のファイルを作成した（第7表）。RCSの算出基礎となる全球数値予報モデルGPV(GSM)データは2009年3月2日以降のみ公開されているため、以下に紹介するファイル群における推定気温表示期間も同年月日以降である。

なお、主なファイルについては、2013年10月より富士通株と共同で試験的に公開しているブルークラウドサイトβ版²からダウンロードできるようにした。

² ウンシュウミカン果実品質予測、ヤノネカイガラムシ初発予測などのコンテンツから成る生産者参加型の実験的ホームページ（公開期限2015年3月31日）で、2014年12月現在、地域の生産者を中心に約80名が利用している。

第7表 作成した50mメッシュ推定気温表示ファイル

ファイルの使用目的	分類項目	内容
指定した日の推定気温をマップ表示させるファイル [計4ファイル]	表示する気温	日別平均気温 日別最高気温 日別最低気温 日気温較差
任意で選択したメッシュの推定気温（年間推移） を閲覧するファイル [計16ファイル]	表示する気温	日別平均気温 日別最高気温 日別最低気温 日気温較差
	メッシュ選択方法	航空写真や地図から選択 緯度経度入力により選択
	メッシュ選択数	1メッシュ複数年比較 10メッシュ単年比較

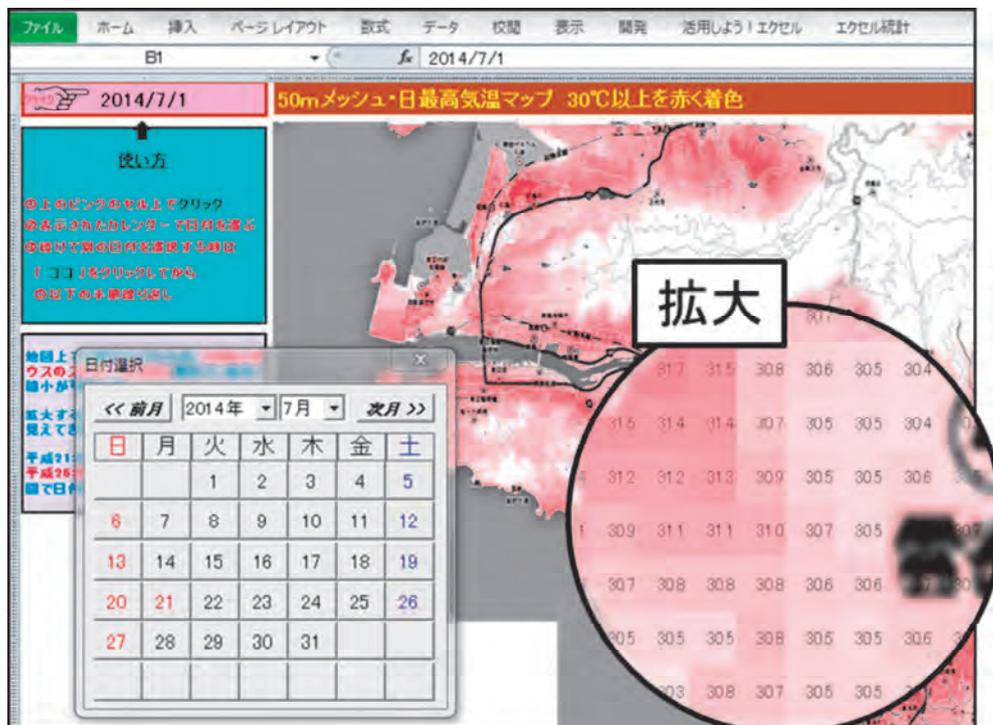
1) マップ表示ファイル（推定気温の「見える化」を成すファイル）

有田地方約96,000個の全メッシュについて、Tesc 推定に必要な地形因子や重回帰式等で算出された推定気温の計算結果を整理し、ワークシート上に縦一列に配列した（第8表）。そして、全メッシュの推定気温を Excel の関数機能を使って実際の位置関係に配列した後、Excel の条件付き書式機能で色分け表示させた。さらに、有田地方の航空写真を白黒化・透過処理した画像をワークシートに貼り付けた後、水準点や駅等のランドマークを目安にしつつ、画像・セルのサイズを調整することで正確に位置合わせを行った。

このようにして作成したファイルは約15MB で、調べたい日付をカレンダーから選択するだけでその日の50m メッシュ推定気温がマップ表示される（第12図）。

第8表 マップ表示ファイルの算出基礎データ（日別平均気温）

項目	説明
全メッシュの位置情報	行番号, 列番号, 気圧 (標高から求められる仮想標準気圧)
全メッシュの Tesc 推定に用いる地形因子	緯度[X], 傾斜度[SL(39)], 開放度 [EX Δ-30(11)] [EX Δ-30(9)]
川辺アメダスの日別平均温位	2009年3月2日以降のデータを時系列に並べた。
川辺アメダスの RCS	2009年3月2日以降のデータを時系列に並べた。
全メッシュの推定 Tssc	$Tssc = 0.0434 \cdot RCS - 0.1441$ で求めた。
全メッシュの推定 Tesc	第3表の重回帰式で求めた。
全メッシュの推定 $\Delta \theta$	$\Delta \theta = Tssc + Tesc$ で求めた。
全メッシュの推定温位	川辺アメダスの日別平均温位 + $\Delta \theta$ で求めた。
全メッシュの推定気温	全メッシュの推定温位を標準気圧で気温に変換した後、補正した。



第12図 50mメッシュ気温表示ファイルの例（日別最高気温）

2009年3月～直近について、カレンダーで選択した日の推定気温がメッシュで表示される。

2) 任意メッシュ推定気温閲覧ファイル（推定気温の「使える化」を成すファイル）

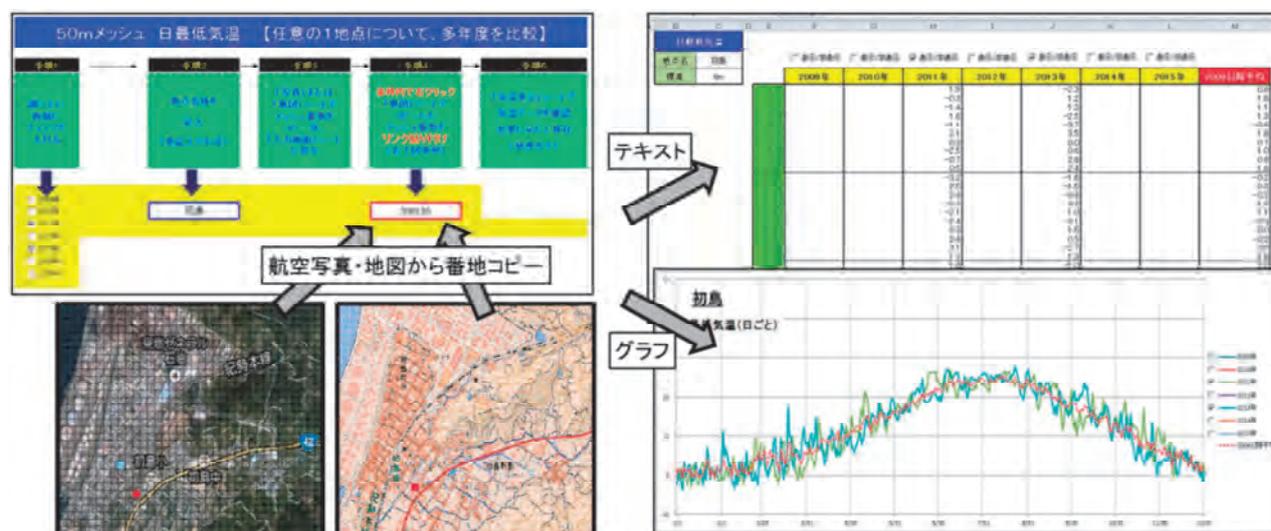
任意で選択したメッシュの気温経過を閲覧できるファイルを作成した。なお、推定気温の計算手順は先述のマップ表示ファイルに準じるため解説を割愛し、任意メッシュ選択機能やデータ表示機能に関連する事項のみ記述する。

ファイルは入力画面シート、メッシュを選択する写真シート・地図シート、推定気温をテキストで表示するシート、グラフで表示するシート等で構成される。このうち、写真シート・地図シートには有田地方の航空写真、あるいは地図を背景画像として取り込み、各セルが50m四方となるようにセルおよび背景画像のサイズを調整した。また、全てのセルにメッシュ番号をリンクさせた。

操作者はまず、入力シート上で調べたい西暦（2009年～2014年の間）をチェックボックスで選び、調べたい地点の名称を指定のセルに入力する。そして、写真シート、または地図シートでメッシュを選んでコピー操作を行うことにより、パソコンのクリップボードにメッシュ番号を記憶させ、再び入力シートに戻って指定されたセルにメッシュ番号を貼り付ける。

以上の操作の後、気温表示シートやグラフ表示シートを開くと、選択したメッシュの標高や年間の推定気温経過、および2009～2014年の平均推定気温が表示される。また、日別表示だけでなく旬別で表示するシートも作成した（第13図）。

なお、任意メッシュ推定気温閲覧ファイルとしてはこの他に、10地点まで任意でメッシュを選択し、場所による気温経過の違いを比較できるファイルや、緯度・経度を直接入力することでメッシュを選択できるファイルも作成した。地図や写真からメッシュを選択するファイルの場合、ファイルサイズは約30MBになるが、緯度・経度から選択するタイプでは約8MBに収まった。



第13図 任意メッシュ推定気温閲覧ファイルの例（日別最低気温）

メッシュの番地を「地図・航空写真シート」から「入力シート」にコピーペーストすると、「表示シート」に該当メッシュの推定気温がテキストやグラフで表示される。上図は日別表示だが、月旬別に表示させることもできる。

また、緯度・経度を入力してメッシュを選択できるファイルや、複数メッシュ（10メッシュまで）を同時に選択し、推定気温を比較できるファイルも作成した。

3 本技術の利用（現状と可能性）

1) 最低気温出現率マップ

推定最低気温マップ表示ファイルの派生型として、指定の気温以下に下がった日数が、任意で選んだ月旬の何%であったのかをマップ表示させるファイルを作成した。「いつ頃、どの地域で、どれくらい冷え込んだのか」を視覚で捉えることができるので、複数年のデータを蓄積することにより、凍霜害危険度の地域による傾向把握や、低温が生育阻害要因となる作物の適・不適地判定等に役立てられる可能性がある。

2) 開花日予測マップ

ウンシュウミカンの開花日を気温など気象経過から予測する手法については、金野・杉原（1986）が提唱した温度変換日数法を活用した研究成果が多く報告されている（矢羽田ら，1995；小野，1997；林田ら，1998；緒方ら，2001；緒方ら，2006）。このような手法では比較的高精度で予測できるものの、計算には特殊なプログラムを要する。

一方、鯨ら（2013）は和歌山県果樹試験場における過去の生育調査結果と気象観測データから、特定期間の日別平均気温の旬別平均値と開花始期・開花盛期との間に相関があることを確認している（第9表）。和歌山県果樹試験場は有田地方のほぼ中央に位置していることから、今回のように対象が有田地方に限定されているのであれば、第9表の重回帰式を使って50m メッシュ推定技術との組み合わせを速やかに検証できると判断した。

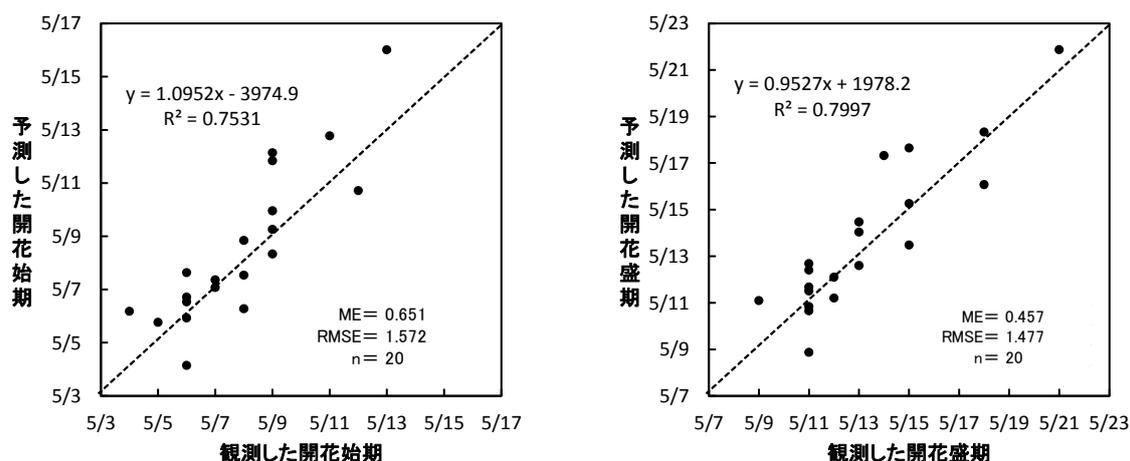
第9表 ‘興津早生’ における冬～春の気温経過と開花始期の関係（和果試1985～2013）

開花始期(1/1を1とした日数) を目的変数(Y)とした重回帰式	説明変数	単相関係数	標準偏回帰係数	有意性 (%)
$Y = -0.6798 \cdot [X_1]$	[X ₁]:2月下旬の平均気温	-0.362	-0.324	**
$-1.3746 \cdot [X_2]$	[X ₂]:3月下旬の平均気温	-0.426	-0.380	**
$-1.9869 \cdot [X_3]$	[X ₃]:4月上旬の平均気温	-0.663	-0.515	**
$-0.9529 \cdot [X_4]$	[X ₄]:4月中旬の平均気温	-0.550	-0.342	**
+185.2928				
(決定係数 $R^2=0.809$) 有意性 $p<0.01$)				

※開花盛期も同様の説明変数が選ばれ、決定係数は0.734 ($p<0.01$) であった。

全メッシュの推定日別平均気温を使って、2014年4月20日時点で予測した開花始期・開花盛期をマップ表示するファイルを作成し、先述のフルツクラウドサイトβ版で試験的に公開した。また、第1表に示した定点において実際に開花始期・開花盛期を観測し、予測精度を検証したところ、概ね誤差±2日以内で予測できていた（第14図）。

およその地域傾向をマップ表示することが目的であればこの手法が簡便であるが、より高精度でピンポイントの情報を発信するには誤差の年次変動等について検証が不足している。これまでに報告されている他の予測手法との組み合わせも含め、検証を継続する必要がある。



第14図 50mメッシュ推定気温に基づく開花始期および開花盛期予測の精度 (2014)

3) 今後望まれる利用拡大

気象経過から種々の予測を行う場合、気温に加えて湿度や降水量といった気象要因を含めることで精度良く予測できるケースも多く存在する。今後、生理障害・病害・虫害の発生危険度予測や成熟期予測という風に活用の幅を広げていくには、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センターが公表している1kmメッシュ農業気象データ（大野，2014）との組合せについても検討する必要がある。

また、ウンシュウミカンに限らず、他の果樹や作物でも気象経過から生育を予測するための手法が数多く研究されている。果樹では、リンゴ（及川・菊地，1997）、ニホングリ（門脇ら，2011）、モモ・ブドウ（永井ら，2010）、カキ（伊藤ら，2007）、ニホンナシ（伊藤・市ノ木山，2005；戸谷・川瀬，2013）といった多くの樹種で気温と生育の関係が深いことが報告されている。果樹以外でも、水稻（市原ら，2013）、ダイズ（大江ら，2007）、コムギ（大江ら，2006）、トマト（鈴木ら，2011）、チャ（近藤，2004）等で報告例があり、すでに水稻では50mメッシュ推定日別平均気温をもとにして、‘山田錦’の移植期をピンポイントで推定・表示する対話型システムが開発されている（加藤ら，2013）。したがって、今後様々な作物の精細な生育予測情報の発信に向けて、50mメッシュ気温推定技術が貢献できる可能性は十分にある。

摘 要

- 1 近隣アメダスポイントの観測気温に連動して50mメッシュ気温を推定する手法（植山，2008a, b；Ueyama，2013）の、和歌山県有田地方への適用性を実証した。
- 2 定点（20箇所）の地形因子と観測気温（約11ヶ月間）、川辺アメダス気温、川辺アメダス975hPa面推定気温等をもとに、推定地点要素（Tesc）を特定の地形因子で説明する重回帰式を放射冷却強度（RCS）別に作成した。なお、植山（2008a, b）によると、放射冷却の強い時期と弱い時期を含む半年程度の現地観測データがあれば推定モデルは開発でき、観測地点数が統計的に適切であれば50mメッシュ気温図の作成が可能であるとされている。
- 3 得られた重回帰式により定点（20箇所）の地形因子から求めた推定気温と観測気温との差を検証した。2乗平均平方根誤差（RMSE）から判断すると、有田地方においては日別平均気温で約 $\pm 1^{\circ}\text{C}$

以内、日別最高気温と日別最低気温で約±1.5°C以内の誤差で推定できるものと思われた。

4 この推定技術を活用し、汎用性の高い Microsoft Excel2010を使って「近隣アメダス観測値に連動する有田地方50m メッシュ気温推定図」や、利用者が独自で任意のメッシュを選択し、該当メッシュの気温データを取り出せるファイルを作成した。

5 いつ頃、どの地域でどれくらい冷え込んだのかを視覚で確認できるように、最低気温が指定した気温以下であった日数が、任意で選んだ月旬の何%であったのかをマップ表示させるファイルを作成した。

6 和歌山県果樹試験場における過去の生育調査結果と気象観測データをもとに、特定期間の日別平均気温の旬別平均値で開花始期・開花盛期を予測する重回帰式を求めた。この式に50m メッシュ推定気温を代入することにより、開花始期・開花盛期の予測日を50m メッシュで表示させた。なお、2014年に定点（20箇所）で確認した予測精度は±2日以内であった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、現地ほ場での気温観測については20名のウンシュウミカン生産者の方々にお世話になるとともに、観測装置の設置では和歌山県有田振興局農業振興課（当時）の岡本功一氏にお手伝いいただいた。また、研究手法については（独）農研機構近畿中国四国農業研究センターの植山秀紀氏よりご指導いただき、マップ表示ファイル等のWeb公開に際しては富士通㈱の川井大輔氏、長田由美子氏に共同研究を通じてご尽力いただいた。皆様に深く感謝の意を表す。

なお、重回帰分析は農林水産省農林水産技術会議が提供する科学技術計算システム（SAS）により実施するとともに、GPV データは農林水産省農林水産技術会議の農林水産基礎数値データベースより取得した。

引用文献

- 林田誠剛・岸野 功・森田 昭. 1998. ウンシュウミカンの生育予測システムの開発. 長崎果樹試験研報. 5 : 1-9.
- Hideki Ueyama. 2013. Classification of recent studies by method type for surface air temperature map development and estimation of daily temperature using a radiative cooling scale. J. Agric. Meteorol. 69 (3) : 215-227.
- 市原泰博・舩場 貢・古賀潤弥・土井謙児・大脇淳一. 2013. 長崎県下の水稲作期策定に関する研究（第8報）温暖化に対応した主要品種の DVR 生育予測式. 日作九支報. 79 : 4-7.
- 伊藤 寿・市ノ木山浩道. 2005. ニホンナシ ‘幸水’の生育相および果実品質の年次変動と気象要因との関係. 園学研. 4 (3) : 329-333.
- 伊藤 寿・西川 豊・前川哲男・輪田健二. 2007. ハウスおよび露地で生育したカキ ‘前川次郎’の果実肥大と気温との関係. 園学研. 6 (1) : 71-76.
- 門脇伸幸・多比良和生・杉浦俊彦. 2011. ニホングリにおける雌花開花後の気温が果実の成熟に及ぼす影響と収穫始期予測法について. 園学研. 10 (4) : 513-519.
- 加藤雅宣・川向 肇・須藤健一・植山秀紀・小河拓也・池上 勝・藤本啓之・宮脇武弘・矢野義昭

- ・平川嘉一郎・土田利一・佐之瀬敏章. 2013. 水稻移植期予測システムの開発と酒米産地での情報活用. 農業情報学会シンポジウム講演要旨. 110-111.
- 近藤知義. 2004. チャ主要品種‘やぶきた’における一番茶新芽の生育と積算気温との関係. 茶業研報. 97 : 39-47.
- 金野隆光・杉原 進. 1986. 土壌生物活性への温度影響の指標化と土壌有機物分解への応用. 農環研報. 1 : 51-68.
- 鯨 幸和・池田晴佳. 2014. 日別平均気温の積算に基づくウンシュウミカンの開花期予測. 園学研 13別1 : 257.
- 栗原弘一・村上律雄. 1982. 広島県メッシュ気候図 (1) 1km²メッシュ平均気温の推定. 研究時報. 34 (1) : 17-28.
- 永井真弓・安井淑彦・藤井雄一郎・倉藤祐輝・尾頃敦郎・平松竜一・岸 弘明. 2010. 岡山県赤磐市における気温の年次変化とモモ・ブドウの生育との関係. 近中四農研報. 16 : 75-80.
- 日塔明広・高橋正道・佐々木 俊彦. 1992. 1km メッシュ単位の日別推定気温を利用した生育モデルによる水稻出穂期予測. 東北農研. 45 : 43-44.
- 大江和泉・齋藤邦行・黒田俊郎. 2006. 気温上昇がコムギの生育収量, 乾物生産におよぼす影響. 岡山大農学報. 95 : 57-62.
- 大江和泉・上郷玲子・城さやか・倉橋崇之・齋藤邦行・黒田俊郎. 2007. 気温上昇がダイズの開花結莢, 乾物生産と子実収量におよぼす影響. 日作学紀事. 76 (3) : 433-444.
- 緒方達志・高原利雄・藤澤弘幸. 2001. ウンシュウミカンの開花期予測における温度反応特性の評価. 九農研. 63 : 203.
- 緒方達志・高原利雄・村松 昇・藤澤弘幸. 2006. ウンシュウミカンの発芽・開花における感温特性の実験による評価. 果樹研報. 5 : 71-78.
- 大野宏之. 2014. メッシュ農業気象データ利用マニュアル. 中央農研研究資料. 9 : 1-77.
- 及川克徳・菊地秀喜. 1997. 日射量と気温によるリンゴの開花予測. 東北農研. 50 : 139-140.
- 小野祐幸. 1998. 温度変換日数法によるウンシュウミカンの広域的開花予測. 九農研. 60 : 205.
- 柴田 智・金 和裕・田口淳一. 2004. 秋田県におけるメッシュ気象情報を利用した水稻発育ステージの予測精度. 東北農研. 57 : 45-46.
- 鈴木克己・佐々木英和・安場健一郎・河崎 靖・高市益行. 2011. 生育温度が心止まり性トマト‘にたきこま’の収穫期間に及ぼす影響. 野茶研報. 10 : 115-122.
- 高山 成・早川誠而・河村宏明. 1999. 霜害発生予察のための50m メッシュ地形情報を用いた局地的冷却現象. 農業気象. 55 (3) : 235-246.
- 高山 成・早川誠而・小野本敏・辻 多聞. 2002. 九州における冬季の夜間最低気温の1km メッシュ推定値と実測値の関係. 農業気象. 58 (2) : 79-92.
- 戸谷智明・川瀬信三. 2013. 生育予測モデルに基づくニホンナシ開花予測システムの開発. 千葉農林総研報. 5 : 11-17.
- 植山秀紀. 2008a. 中山間地域農業におけるメッシュ気象図の利用. 近中四農研報. 7 : 145-207.
- 植山秀紀. 2008b. アメダスに準じた50m メッシュ月平均気温平年値図の作成法とその利用. システム農学. 24 (3) : 191-198.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原 実. 1995. 温度変換日数法 (DTS) 法によるウンシュウミカンの満開期予測と精度. 福岡農総試研報. 14 : 125-128.

カキの主幹切断と主枝再生による新たな樹形改造技術の開発

堀田宗幹・熊本昌平・江川明日香・和中 学¹・前阪和夫²・藤本欣司

和歌山県果樹試験場 かき・もも研究所

Development of New Method of Remodeling Tree Form by Trunk Cutting and Regrowing Primary Scaffold Limb in Persimmon Trees

Muneki Hotta, Syohei Kumamoto, Asuka Egawa, Manabu Wanaka¹,
Kazuo Maesaka² and Kinji Fujimoto

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

緒 言

和歌山県では紀北地域を中心にカキ栽培が盛んであり、栽培面積 2,770ha, 生産量 48,200t (2013 年農林水産省作物統計調査)と全国シェア 1 位の規模を誇る。品種構成は‘刀根早生’や‘平核無’といった渋ガキが主であり、この 2 品種で総面積の約 70%を占める。

県内の主産地では、傾斜度 15 度以上の急傾斜園の割合が 6 割近くに及んでいる。カキは高木性の果樹であるため樹高が高くなりやすく、摘蕾、摘果や収穫前の摘葉、収穫、冬季のせん定など管理作業において、必然的に脚立による高所作業が多いのが現状である。しかし脚立作業は作業性が悪く安全性にも問題があり、生産者の高齢化が進む中、改善が求められている。

和歌山県においては、1980 年頃までは樹高の高い開心自然形、変則主幹形が主流であったが、1980 年代から樹高を切り下げるカットバックせん定が開発され、作業能率が大幅に向上することを確認し(北野ら, 1982), 生産現地に普及している。しかしカットバックせん定では、既存の垂主枝が新たな主枝となるため主枝配置が固定され、任意に樹形改造することは不可能である。

一方、カキには不定芽が発生しやすいという特徴があり、主枝や垂主枝上から発生する不定芽由来の新梢は側枝の更新に利用される(遠藤, 1982)。和歌山県特産である紀州備長炭の材料となるウバメガシでは、その萌芽性を活かし伐採後に萌芽する枝を育成し樹を更新している(城戸ら, 2008 年)。カキにおいても、萌芽特性を活かした画期的な樹形改造を行える可能性がある。

そこで、当研究所では 2010 年より、カキの主幹切断と主枝再生による新たな樹形改造技術の開発に取り組んでおり、本報では‘刀根早生’および‘平核無’での成果について報告する。

¹現在：和歌山県農林水産総務課研究推進室 ²現在：和歌山県農業大学校

材料および方法

試験1. 主幹切断処理樹の樹勢等と不定芽由来の新梢発生との関係

2010年4月にかき・もも研究所ほ場（紀の川市粉河・魚谷ほ場）栽植の12年生‘刀根早生’7樹を供試し、垂主枝・側枝先端の結果母枝5本の長さを計測した。その後、チェーンソーを用いて地上高約60cmの主幹部で切断し、切断面に癒合剤を塗布した。切断した株から発生した不定芽由来の新梢長を同年9月に計測した。病虫害防除は慣行の経済栽培樹に準じて行った。

また、2010年12月に上記ほ場栽植の12年生‘刀根早生’10樹を供試し、樹高および垂主枝・側枝先端の結果母枝5本の長さおよび地上高10cmの幹周長を計測後、チェーンソーを用いて地上高約40cmの主幹部で切断し、切断面に癒合剤を塗布した。残った主幹部の粗皮をバークストリッパーで削り落とした。翌年12月に、発生した不定芽由来の新梢長および新梢数を計測した。病虫害防除には、4月25日にフルベンジアミドフロアブル剤200倍、5月13日に交信攪乱チェリトルア剤100本/10aおよび7月8日にマラソン・MEP乳剤200倍を用いた。

2012年1月には、かつらぎ町内現地ほ場栽植の2年間放任管理の30年生‘平核無’15樹を供試し、垂主枝・側枝先端部の結果母枝5本の長さを計測後、主幹部を70~190cmの任意の長さで切断し、切断面に癒合剤を塗布して残った主幹部の粗皮を削り落とした。同年の6月に発生した新梢数を、8月に新梢長を計測した。病虫害防除には、5月8日にフルベンジアミドフロアブル剤4,000倍を用いた。

試験2. 芽かき処理が主幹切断処理後に発生する新梢の伸長に及ぼす影響

かつらぎ町内現地ほ場栽植の2年間放任管理の30年生‘平核無’および‘刀根早生’35樹を供試した。2012年1月に主幹部を地上高約1mで切断し、切断面に癒合剤を塗布後、残った主幹部の粗皮を削り落とした。主幹部から発生した新梢を6月に潜芽あたり1本とし、そのうち21株について、1株あたり6~10本を残して他をせん除し芽かき区とした（第1図）。残りの14株については、潜芽あたり1本への処理のみ行い、対照区とした。

発生した新梢から3本を選び、6月中旬から8月中旬まで新梢長および新梢の基部径を経時的に計測した。また、同年8月9日に、発生した新梢のうち5本の中位葉にオプトリーフ（Y-1W, 株式会社大成イーアンドエル）を貼り付け、8日後にオプトリーフ測定器（D-Meter RY0-470, 株式会社大成イーアンドエル）を用いて積算日射量を測定した。さらに、同年9月7日に発生した新梢のうち5本の中位葉を採取し、葉緑素計（SPAD-502, コニカミノルタセンシング株式会社）でSPAD値を測定するとともに、自動面積計（AAM-8型, 林電工株式会社）を用いて葉面積を計測した。



第1図 新梢への芽かき
（上：芽かき区，下：対照区）

栽培管理について、施肥は2010~2012年の3年間とも行わなかった。また、主幹切断後の病虫害

防除には、5月8日にフルベンジアミドフロアブル剤4,000倍、6月27日に新梢基部にMEP乳剤1.5倍を塗布、8月17日にシペルメトリン水和剤1,000倍を用いた。

試験3. 主枝候補枝誘引のための切込み処理が新梢生育に及ぼす影響

試験1の2010年4月に主幹部を切断し、発生した新梢を主枝候補枝として樹形改造を行った‘刀根早生’樹を供試した。改造3年目の2012年2月に、主枝候補枝(2年生枝)の基部付近の誘引したい側に、枝直径の半分程度までせん定鋸で約1.1cm間隔で平均20本の切込みを入れ、わらなわを用いて支柱用鋼管に誘引した(第2図)。誘引後、切込み部には癒合剤を塗布した。対照として切込みを入れずに切込み区と同等の角度まで誘引する区を設けた。5月中旬から9月下旬まで、主枝先端部から発生した新梢の長さおよび基部直径を経時的に計測した。

また、かき・もも研究所ほ場(紀の川市粉河・魚谷ほ場)栽植の14年生‘刀根早生’7樹を供試し、2012年2月に主幹を切断した。2012年12月に主幹から発生した新梢の先端から50cmの位置にポリエチレン製の紐を掛け、紐にフォースゲージ(AD-4932A-50N, 株式会社エーアンドディ)のフックを通して一定高さまで下方向への力を掛けて応力を測定した。その後、新梢直径の半分程度までせん定鋸で4~10本の切込みを入れ、処理前と同じ高さまで下方向への力を掛けて応力を測定し、切込み本数と処理前後の応力差との相関を求めた。



第2図 主枝候補枝への切込み処理および支柱への誘引(上: 切込み処理, 下: 誘引)

試験4. 樹形改造後の樹体生育, 果実品質および収量

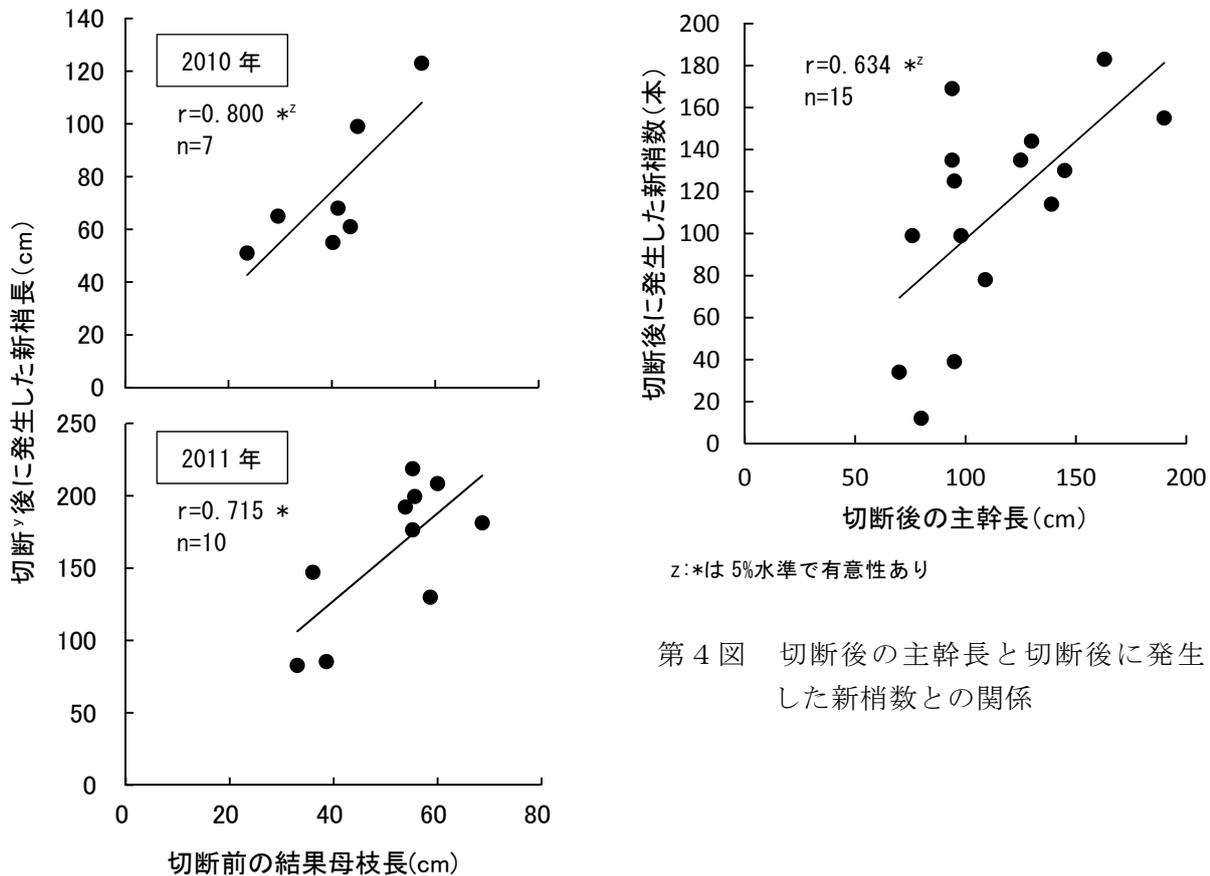
かき・もも研究所ほ場(紀の川市粉河・魚谷ほ場)栽植の‘刀根早生’6樹を供試した。2010年4月に開心自然形仕立ての12年生‘刀根早生’の主幹を切断し、その年に主幹から発生した不定芽由来の新梢のうち2本を主枝とした。主枝の配置予定場所にφ25mmの鋼管を仰角25度で打ち込んで固定し、樹形改造2年目以降に主枝候補枝を鋼管に誘引した。3段の脚立で管理できるよう低樹高を目標とし、亜主枝は作らず、50cm間隔を目安として側枝を作り、側枝はおおむね長さ1.5mに伸びる頃に更新した。

樹形改造中の主枝長および主枝基部径を毎年11~12月に計測した。また、着蕾がみられた2012年以降には着蕾数を計測し、収穫時の果実重を計測するとともに、デジタル糖度計(PR-201α, 株式会社アタゴ)により果実糖度およびレオメータ(NRM-1010A, 株式会社レオテック)により果肉硬度(φ5mm円形プランジャーを成形した果肉切片に速度2cm/minで押し当てたときの最大応力)を測定した。さらに、1樹あたりの収量を調査した。

結果および考察

試験1. 主幹切断処理樹の樹勢等と不定芽由来の新梢発生との関係

主幹切断前の垂主枝および側枝先端の結果母枝長と切断後に発生した新梢長との関係を第3図に示す。2010年, 2011年とも切断前の結果母枝長と切断後の新梢長との間には, 正の相関がみられた。また2011年の調査において, 切断前の地上高10cmの幹周長と切断後に発生した新梢長との間には, 有意な相関は見られなかった ($r=0.488$, $n=10$)。2012年に切断前の結果母枝長と切断後に発生した新梢数および新梢長を調査したところ, 新梢長とは2010および2011年と同じく有意に正の相関が認められた ($r=0.585$, $n=15$) が, 新梢数とは相関に有意性はなかった ($r=0.154$, $n=15$)。澤村ら(1997)は, カキ‘富有’において樹勢が強いほど不定芽由来の新梢伸長量が多いことを報告している。また, 前阪・藤本(1998)は‘平核無’の樹勢は新梢停止期の早晩や新梢長等で判断でき, 樹勢が強いほど新梢停止期が遅れ新梢が長くなると考察している。本結果より, 主幹切断後に発生する不定芽由来の新梢の生育は, 切断前の樹勢によって大きく左右され, 樹勢が弱すぎると新梢生育が劣ることが示唆された。



第4図 切断後の主幹長と切断後に発生した新梢数との関係

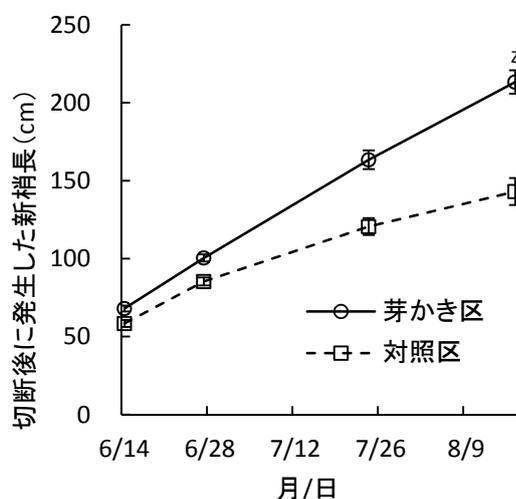
z: *は5%水準で有意性あり
y: 切断時期は, 上図2010年4月, 下図2010年12月

第3図 切断前の垂主枝・側枝先端の結果母枝長と切断後に発生した新梢長との関係

切断後の主幹長と切断後に発生した新梢数および新梢長の相関をみると、新梢長とは有意性はなく ($r=0.460$, $n=15$), 新梢数とは有意な正の相関が認められた (第4図). このことから, 切断の際に主幹部を残す程度により, 後に発生する不定芽由来の新梢数のある程度調整でき, 残す主幹部が過度に短いと新梢が不足するリスクがあることが示唆された.

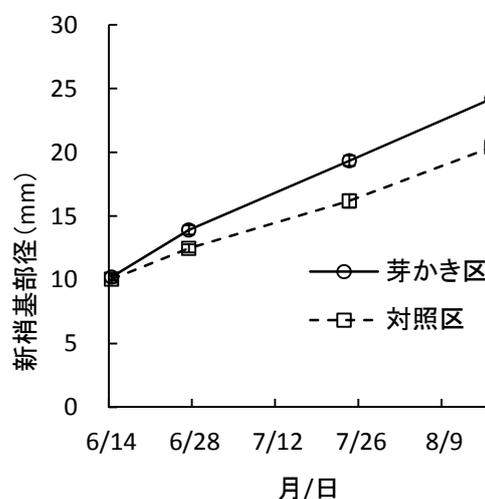
試験2. 芽かき処理が主幹切断処理後に発生する新梢の伸長に及ぼす影響

切断後に発生した新梢への芽かき処理がその後の新梢長の推移に及ぼす影響を第5図に示す. 対照区では7月以降伸長が緩慢となり, 8月中旬に143cmであったのに対し, 芽かき区では7月以降も伸長量は直線的に増加し, 8月中旬には213cmと対照区の約1.5倍となった. また, 同時期の基部径の推移をみると, 両区とも直線的に増加したが, 対照区と比べると芽かき区では増加量が大きく8月中旬には約1.2倍となった (第6図).



z:バーは標準誤差を示す

第5図 芽かき処理が新梢長の推移に及ぼす影響



z:バーは標準誤差を示す

第6図 芽かき処理が新梢基部径の推移に及ぼす影響

新梢中位葉への積算日射量は, 芽かき区では 55.5MJ/m^2 と対照区の約1.2倍で有意に増加した (第1表). 葉面積は芽かき区で 196.8cm^2 で対照区の約1.3倍であり, SPAD値は芽かき区で対照区の約1.1倍でいずれも有意に大きかった.

これらのことから, 芽かき処理は新梢の伸長促進に有効であり, 要因として日照条件の改善や養分競合回避による葉面積の拡大促進および葉緑素の増加が考えられた. 本結果と

同様に, ウバメガシにおいても, 伐採後の萌芽数を芽かきにより制限することで, 1~8年生にお

第1表 芽かき処理が新梢中位葉の積算日射量, 葉面積および葉のSPAD値に及ぼす影響

処理区	積算日射量 (MJ/m^2)	葉面積 (cm^2)	SPAD値
芽かき	55.5	196.8	58.0
対照	44.9	151.9	53.7
t検定 z	**	**	**

z:**は1%水準で有意差あり

ける更新樹の根元径が肥大する傾向が報告されている(城戸ら, 2008). 一方で, 新梢が硬化する前の6~7月に暴風や集中豪雨に遭遇すると新梢の欠損や節間での折れが発生することがあるため, 将来に主枝候補枝として使用する量に加え, 樹勢に応じ予備枝として10~20本残し, 支柱に固定する等の保護対策が必要である.

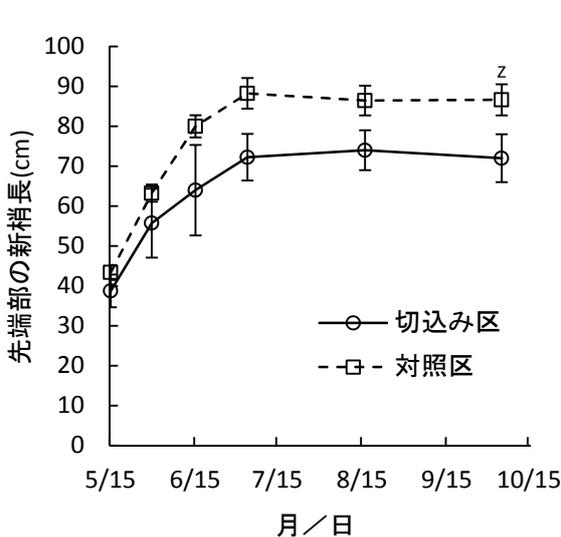
試験3. 主枝候補枝誘引のための切込み処理が新梢生育に及ぼす影響

樹形改造により低樹高化するためには, 主枝候補枝を低い位置に誘引する必要があるが, 徒長し硬化した新梢や発生位置によっては誘引が困難である. そこで, このような主枝候補枝の誘引を容易にする切込み処理について検討した.

基部に切込み処理を行った主枝候補枝先端部の新梢長の推移を第7図に示す. 新梢発生後, 対照区では6月中旬まで直線的に急伸長し, その後7月上旬にかけて伸長が緩慢となってそれ以降は停止した. 一方で, 切込み区では6月上旬までは急伸長し, 7月上旬にかけて緩慢となった後, 伸長が停止した. 10月上旬における新梢長では, 対照区と比べて切込み区が14.6cm短かった. 一方で, 処理翌年の新梢長には処理区間に有意差はなかった(データ略).

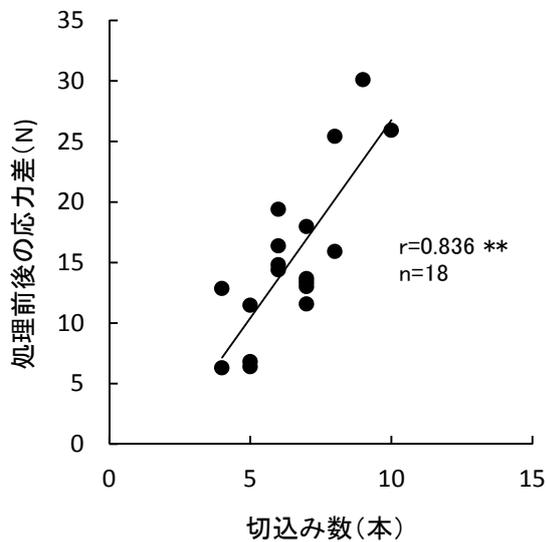
切込み数と処理前後の応力差には強い正の相関がみられた(第8図). このことから, 主枝候補枝が硬化して誘引が困難な際には, 多くの切込みを入れることで誘引を容易にできることが示唆される.

また, 本結果では, 処理前に比べて処理後では誘引角度を30度小さくすることができた(データ略). これらのことから, 切込み処理は処理年の新梢生育を抑制するものの, 誘引を容易にでき特に低樹高化に有効であることが明らかになった. また, 誘引したい方向に切込みを入れることにより任意の方向に誘引できるため, 主枝候補枝の選択枝を拡げることが可能となる.



z: バーは標準誤差を示す

第7図 主枝候補枝への切込み処理が先端部の新梢長に及ぼす影響

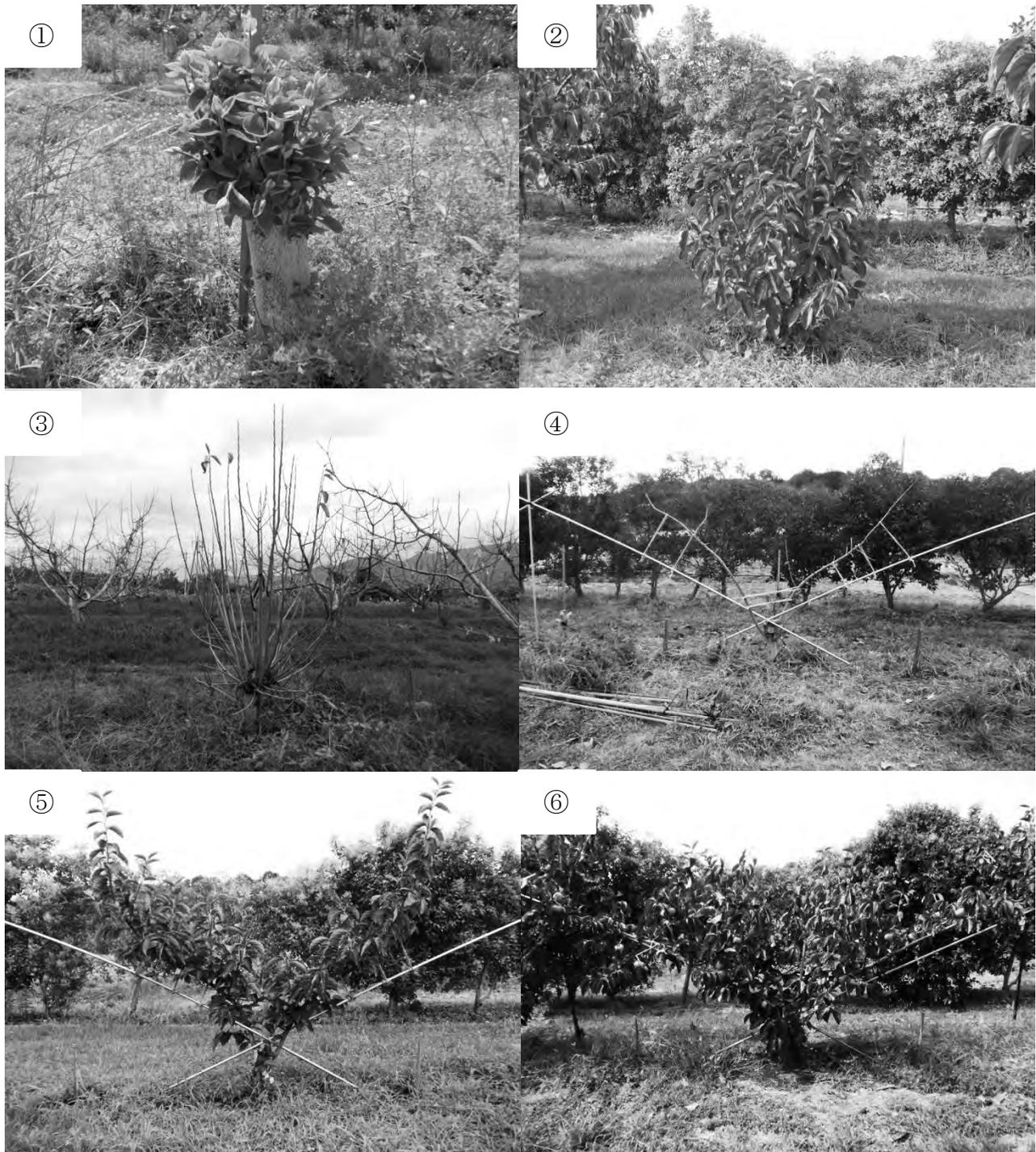


z:**は1%水準で有意性あり

第8図 切込み処理数と処理前後の誘引時の応力差との関係

試験4. 樹形改造後の樹体生育, 収量および果実品質

主幹切断からの樹形改造過程は第9図に示すとおりである.



第9図 主幹切断による樹形改造過程（2010年4月切断）

- ①残った主幹からの不定芽由来新梢の発生（2010年5月）
- ②発生した新梢の伸長（2010年11月）
- ③樹形改造1年目の落葉後（2010年12月）
- ④主枝配置予定位置への候補枝の誘引（2012年2月）
- ⑤樹形改造3年目の樹姿（2012年8月）
- ⑥樹形改造5年目の収穫期（2014年10月）

主幹切断による樹形改造では、一時的に収量が皆無となり、またその後の果実品質についても不明である。そこで、樹体の生育とともに経年的な収量の変化および果実品質について調査を行った(第2表)。

主枝の伸長推移について、樹形改造1年目には148cmであり、以降改造3年目までは年次あたり70cm程度伸長し、改造4、5年目には伸長はやや緩慢となった。主枝基部径については改造4年目の肥大がやや小さいものの、その他の年には1.3~1.4cmずつ肥大した。着蕾は改造3年目からみられ、改造4、5年目には1樹あたりそれぞれ359個、1028個と年をおって増加した。それに伴い1樹あたり収量も改造4年目には11.7kg、改造5年目には29.9kgとなった。藤島ら(2011)は、苗木を定植して育成したカキ‘富有’において、2本主枝からなる超低樹高一文字整枝と開心自然形仕立てとの収量性を比較しており、樹容積が拡大したと思われる11年生時には開心自然形仕立てのほうが収量は有意に多いことを報告している。本研究では作業性の向上を目指し2本主枝で樹高を低く樹形改造しているが、主枝を増やし立体的に仕立てることで収量の増加が見込まれる。

果実品質については、果実重は改造3、4年目はそれぞれ229g、204gとやや小さく、改造5年目には294gで研究所内の慣行栽培樹と同等であった。果実糖度および果肉硬度は調査年のいずれも慣行栽培樹と同等であった。上野ら(1971)は、カキ‘富有’において成木が若木より果実生産力が劣るのは、葉材積比が低下するためと考察している。文室(1999)も、‘富有’において立木仕立てに比べて垣根仕立てや二本主枝仕立てで果実生産力が高くなった要因として、材の肥大に対し新梢の伸長が大きいことを一因に挙げている。主幹切断による樹形改造では既存樹の材積を一挙に減少させるため、葉材積比が大きく増加すると考えられる。高樹齢の個体を主幹切断して樹形改造するときの果実品質への影響について、今後調査が必要である。

第2表 主幹切断による樹形改造後の樹体生育、果実品質および収量の推移

年次	主枝長 (cm)	主枝基部径 (cm)	着蕾数 (個/樹)	収量 (kg/樹)	果実重 (g)	果実糖度 (Brix%)	果肉硬度 (kg)
2010	148 ±7	-- ^y	0	0	--	--	--
2011	212 ±10	3.6 ±0.3	0	0	--	--	--
2012	286 ±9	5.0 ±0.2	--	--	229 ±18	15.3 ±0.2	1.6 ±0.0
2013	310 ±7	5.8 ±0.3	359 ±103	11.7 ±1.9	204 ±10	16.6 ±0.4	1.9 ±0.0
2014	352 ±10	7.1 ±0.4	1028 ±90	29.9 ±1.8	294 ±9	15.5 ±0.2	1.8 ±0.1

z標準誤差

y調査データなし

以上の結果を通じ、カキ‘刀根早生’および‘平核無’において、既存樹の主幹を切断して新たに発生する不定芽由来の新梢を利用することにより、樹形改造が可能であることを示した。開発した樹形改造法は「すばっと主枝再生法」と命名し、現地への普及を図っている。なお、本研究の一部は、農林水産省「農林水産業食品産業科学技術研究推進事業」を活用して実施した。

摘 要

本研究では、カキ樹の主幹を切断し、新たに発生する不定芽由来の新梢を新たな主枝として利用する樹形改造技術について検討した。

1. カキ‘刀根早生’および‘平核無’において、既存樹の主幹を切断し、新たに発生する新梢を主枝として育成することにより、樹形改造が可能であった。また、新梢伸長は切断前の樹勢が強いほど優れた。切断位置が高いほど発生する新梢数が多いが、新梢伸長には影響がなかった。
2. 芽かき処理により発生した新梢数を制限することで、主枝候補枝となる新梢の伸長が促進された。その要因として、日照条件の改善や養分競合回避による影響が考えられた。
3. 徒長し硬化した主枝候補枝を誘引するにあたり、のこぎりで切込みを入れることにより、新梢生育を抑制するものの誘引を容易にでき、特に低樹高化に有効であることが示唆された。また、切込み本数と処理前後の誘引に対する応力差には強い正の相関がみられた。
4. 樹形改造3年目には着蕾がみられ、収穫が可能であり、以後着蕾数および収量は増加した。収穫開始当初の果実重はやや小さいが、改造5年目には慣行栽培と同等となり、果実糖度や果肉硬度は慣行栽培のものと遜色がなかった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、カキ園地を貸与いただくなど多大なご協力を仰いだ曾和則光氏に謝意を表す。また、試験樹の管理やデータ収集に際し、ご助力いただいた西野京子氏、中山桂子氏に御礼申し上げる。

引用文献

- 遠藤融郎. 1982. カキの品種と栽培. p. 97-130. 農山漁村文化協会. 東京.
- 藤島宏之・千々和浩幸・白石美樹夫・牛島孝策・松田和也. 2011. カキ「富有」の超低樹高一文字整枝が作業性、収量性、果実品質に及ぼす影響. 福岡県農総試研報. 30 : 48-55.
- 文室政彦. 1999. カキ (*Diospyros kaki* L. f.) の低樹高栽培に関する研究. 近畿大学学位論文.
- 城戸杉生・加藤万季・河野孝史・瀧井忠人. 2008. 紀州備長炭原木ウバメガシ林の萌芽更新による育成. 和歌山県農林水技セ研報. 9 : 73-85.
- 北野欣信・前阪和夫・小川正毅・山下重良. 1982. カキの低樹形整枝法. 和歌山果樹試験研究成績. p. 80-89.
- 前阪和夫・藤本欣司. 1998. カキ‘平核無’の樹勢の強弱が果実肥大及び品質に及ぼす影響. 和歌山果樹試研報. 10 : 1-10.
- 澤村泰則・植田重孝・鷹野晋三・西野精二・松本恭昌. 1997. カキ‘富有’の樹勢指標について. 奈良農試研報. 28 : 45-46.
- 上野晴久・田中守・中谷政之・松山良樹・門田穰・宮原継男. 1971. カキ(富有)の若木と成木の果実生産力の比較. 和歌山果樹試研報. 3 : 9-23.

ウメ ‘南高’ における栽培土壌の違いが梅酒の香気, 苦みおよび機能性成分に及ぼす影響

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

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Influence of the Difference of Planting Soils on Aroma, Bitter and Functional Components of Processed Ume Liqueur in Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb.et Zucc.) 'Nanko'

Takaaki Oe¹, Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida, Tetsuhiro Yamasaki^{2,3}, Yayoi Okui³, Norie Ishihara² and Noriaki Jomura⁴

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

緒 言

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ということが知られている。しかし、‘南高’を用いた梅酒の香気成分については報告があまりみられないことから、筆者らは既報（大江ら、2012a）において、‘南高’を原料とした梅酒に特徴的な香気成分を調査した。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）およびシュウ酸（大竹・田中、1990）ならびにいくつかの香気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、2012a, 2012c, 2014）。リンゴ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ことから（Mattheis ら、1991）、梅酒についても圃地条件などの栽培要因により香気成分量に違いが生じることが予想される。

一方、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（金銅・赤木、2007；三谷、2010；Mitani ら、2013；三谷・矢野、2006；Tamura ら、2013）。また、梅酒においても機能性が明らかにされてきている（玉置ら、2002；富田、2006；吉川ら、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、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含量や抗酸化能に着目し、果実の着果条件、熟度および土壌水分条件の違いによりこれらの梅酒中の含量が異なることを明らかにしてきた（大江ら、2006, 2007, 2012c,

¹現在：果樹園芸課

²：キリンビール株式会社

³：メルシャン株式会社

⁴現在：経営支援課

2013) . よって、梅酒の機能性成分についても園地条件により違いが生じることが予想される。

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。また近年、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、養水分の溶脱特性、土壌理化学性の変化および樹体生育が土壌型により異なることを報告している。

そこで、本試験では梅酒品質の安定化を図る一環として、土壌型の違いが梅酒の香気、苦みおよび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. 栽培土壌の違いが梅酒の品質成分に及ぼす影響（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を被覆した温室内に設置した縦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。

2008～2010年（6～8年生）の完熟果落下開始期（着果量の20%程度落果した時期を見た目で判断）または完熟果落下盛期（着果量の5割程度が落下した時期）に完熟落下果実（以下、完熟果）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。また、2010年は各土壌とも1樹が伐採されたため、2樹で調査を行った。2008年は同じ土壌型のすべての樹が完熟果落下開始期に達した時点で、すべての樹から完熟果を採取（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）して供試した。2009年は各樹の完熟果落下開始期（6月8日～16日）に完熟果を採取して供試した。2010年は各樹の完熟果落下盛期（6月15日～28日）に、樹冠中央直下付近に落下した完熟果を採取して供試した。各年とも、平均的な大きさの果実を選果機で選別して調査用試料とした。

調査項目により測定した年は異なるが、供試した果実は既報（大江ら、2006）と同様に、果実の

熟度指標となる、果実重、果実硬度および果皮色（L*値およびb*値）を測定するとともに、各年とも果実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か月間保存して梅酒に加工した。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、苦み成分としてプルナシンおよびシュウ酸、香気成分として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を測定した。また、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ならびに抗酸化能を測定した。測定方法は既報（大江ら、2006、2007、2012a）と同様に、果実硬度はレオメーター値を、プランジャー直径5 mm、侵入1 mmの定深度条件により測定した。プルナシン、シュウ酸、有機酸およびソルビトール含量はHPLC（LC-10Avp、島津製作所）で、香気成分はGC/MS（GC-2010、島津製作所）で測定した。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活性を1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl（DPPH）を用いた比色法で測定した。熟度指標となる項目は2009および2010年に、香気成分は各年ともに、機能性成分は2008および2009年に測定した。なお、2008年の香気成分の分析は各土壌ともに、3つの試料から等量ずつ採取および混合して1つの試料として行った。

2. 樹体の生育および果実の無機養分含量と梅酒の品質成分との関係（試験2）

試験1と同じ樹を用いて、2008～2010年に各土壌型に植栽されたウメ樹の樹冠占有面積当たりの収量を、2008および2009年に樹冠占有面積当たりの発育枝（50 cm以上の基部が木化した新梢）の発生本数および果肉（果皮を含む）の無機成分含量を測定した。また、これら項目と試験1で測定した品質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、2009年の本数は2010年産の果実で調製した梅酒の香気成分との関係も調査した。樹冠占有面積は、東西方向および南北方向から見て、骨格枝（2年枝以上の枝）が存在する幅を測定し、長方形として求めた。収量については、2008年は一部を残して2回に分けて樹上から果実を収穫し、2009および2010年は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。果肉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採取して80℃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℃で2時間、580℃で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. 栽培土壌の違いが梅酒の品質成分に及ぼす影響（試験1）

果実重、果実硬度、果皮色L*値および果皮色b*値は各土壌間に差がなかった（第1表）。

果実1 kg当たりの梅酒製造量は、褐色森林土が他の土壌に比べて多い傾向であった（第2表）。苦み成分について、プルナシン含量は各土壌間に差がなかった。シュウ酸含量は、2008年の灰色低地土が他に比べて多い傾向であった。

香気成分について、2008年は灰色低地土で各芳香成分が最も多い値であった（第3表）。2009年の灰色低地土でγ-デカラクトン含量が岩屑土に比べて多く、酪酸エチル、酢酸ブチルおよび安息香酸エチルについては各土壌間に差がなかった。2010年は灰色低地土でγ-デカラクトンと酢酸ブチルが最も多い値であった。

第1表 土壌型と果実形質^z

	果実重		果実硬度		果皮色			
	(g)		(kg)		L*値		b*値	
	2009年	2010年	2009年	2010年	2009年	2010年	2009年	2010年
岩屑土	36.2 a ^y	33.5	0.31 a	0.25	61.8 a	60.1	42.6 a	39.6
灰色低地土	40.7 a	52.3	0.24 a	0.22	60.9 a	58.8	42.6 a	38.5
黄色土	37.3 a	41.4	0.26 a	0.25	61.6 a	59.3	43.0 a	40.0
褐色森林土	44.5 a	40.5	0.26 a	0.24	60.0 a	59.1	40.8 a	39.0

^z供試果実は選果機により各樹の平均的な大きさの果実を選別

^y2009年はTukeyの方法により，異符号間に5%水準で有意差あり（2009年n=3，2010年n=2）

第2表 土壌型と梅酒の製造量および苦み成分

	梅酒		プルナシン		シュウ酸	
	製造量(mL) ^z		(mg・100 mL ⁻¹)		(mg・100 mL ⁻¹)	
	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年
岩屑土	2,387 b ^y	2,687 ab	1.19 a	1.60 a	5.16 b	6.74 a
灰色低地土	2,420 b	2,726 a	1.06 a	1.36 a	5.94 a	7.13 a
黄色土	2,393 b	2,642 b	1.37 a	1.55 a	5.15 b	7.17 a
褐色森林土	2,490 a	2,722 a	1.11 a	1.43 a	5.41 b	6.91 a

^z梅酒製造量は果実1 kg当たり

^yTukeyの方法により，異符号間に5%水準で有意差あり（n=3）

有機酸について，クエン酸含量は褐色森林土が灰色低地土および黄色土に比べて低い傾向であった（第4表）。リンゴ酸含量は，灰色低地土が他に比べて多い傾向であった。有機酸総量（クエン酸およびリンゴ酸含量の総和）は，灰色低地土が他に比べて多く，褐色森林土が他に比べて少ない傾向であった。

ソルビトール含量は，2008年の灰色低地土が他に比べて多い傾向であった（第5表）。ポリフェノール含量は各区間に差がなかった。抗酸化能は，2008年の黄色土が褐色森林土に比べて高かった。

2. 樹体の生育および果実の無機養分含量と梅酒の品質成分との関係（試験2）

単位面積当たりの発育枝発生本数は，灰色低地土および褐色森林土が岩屑土および黄色土に比べて多い傾向であった（第6表）。単位面積当たりの収量は各区間に差がなかった。

果肉中無機成分について，N含量は岩屑土が灰色低地土および褐色森林土よりも少ない傾向であった。K含量は2008年の灰色低地土が岩屑土および黄色土に比べて多かった。Mg含量は2008年の褐色森林土が黄色土に比べて多かった。PおよびCa含量は各区間に差がなかった。

2009年11月の単位面積当たりの発育枝発生本数は，2009および2010年産の完熟果で調製した梅酒のγ-デカラクトンおよび芳香成分4種総量との間に強い正の相関関係が認められた（第7表）。単位面積当たりの収量および果肉中無機成分含量は各香り成分との間に強い関係性が認められなかった。

2009年11月の単位面積当たりの発育枝発生本数をx，完熟果で調製した梅酒の芳香成分4種総量をyとすると，2009年は $y = -16.01x^2 + 360.4x - 501.9$ ($R^2 = 0.636$) の関係式が得られた（第1図）。

第3表 土壌型と梅酒の香気成分

	芳香成分 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)						安息香酸エチル ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)											
	γ -デカラクトン			δ -デカラクトン			酢酸ブチル											
	2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年	2008年	2009年	2010年						
岩屑土	286	509 b	406	42	115 a	126	169	225 a	305	59	67 a	28	555	916 a	865	227	111 a	175
灰色低地土	474	830 a	498	71	201 a	124	355	382 a	341	195	158 a	93	1,095	1,571 a	1,055	175	115 a	150
黄色土	398	709 ab	454	64	136 a	129	225	335 a	400	114	63 a	59	801	1,243 a	1,042	236	144 a	148
褐色森林土	324	785 ab	470	54	165 a	140	139	307 a	370	116	116 a	61	634	1,372 a	1,042	193	129 a	150

^z4種総量は γ -デカラクトン、 δ -デカラクトン、酢酸エチルおよび酢酸ブチルの総和

^y2009年はTukeyの方法により、異符号間に5%水準で有意差あり (2008年n = 1, 2009年n = 3, 2010年n = 2)

第4表 土壌型と梅酒の有機酸含量

	有機酸 ($\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$)					
	クエン酸		リンゴ酸		総量 ^z	
	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年
岩屑土	1.06 b	1.11 a	0.16 ab	0.13 ab	1.21 b	1.25 a
灰色低地土	1.14 a	1.12 a	0.21 a	0.14 a	1.35 a	1.26 a
黄色土	1.09 ab	1.11 a	0.14 b	0.09 b	1.23 b	1.21 a
褐色森林土	1.04 b	1.09 a	0.15 b	0.12 ab	1.19 b	1.21 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%水準で有意差あり (n = 3)

第5表 土壌型と梅酒のソルビトール、ポリフェノール含量および抗酸化能

	ソルビトール ($\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$)		ポリフェノール ^z ($\text{mgCE}\cdot 100\text{mL}^{-1}$)		抗酸化能 ^z ($\mu\text{mol TE}\cdot 100\text{mL}^{-1}$)	
	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年
	岩屑土	16 b	37 a	52 a	58 a	149 ab
灰色低地土	39 a	32 a	55 a	58 a	159 ab	92 a
黄色土	18 b	26 a	56 a	55 a	160 a	88 a
褐色森林土	15 b	29 a	51 a	55 a	139 b	89 a

^z抗酸化能はDPPHラジカル消去能で、

CEはクロロゲン酸相当量を、TEは α -トロ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%水準で有意差あり (n = 3)

第6表 土壌型と発育枝発生本数、収量および果肉中無機成分含量

	果肉中無機成分(%) ^z																	
	収量						K						Ca		Mg			
	本数(本・m ⁻²) ^y		2009年		2010年		2008年		2009年		2008年		2009年		2008年		2009年	
発育枝発生	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年	2008年	2009年
岩屑土	1.8 c ^x	4.8 b	0.58 a	0.84 a	1.39	1.32 b ^y	1.32 b	0.68 b	0.16 a	0.26 a	1.85 b	1.32 a	0.065 a	0.065 a	0.074 ab	0.059 a	0.074 ab	0.059 a
灰色低地土	5.1 a	13.0 a	0.46 a	0.54 a	0.81	1.63 ab	1.01 a	0.18 a	0.28 a	2.26 a	1.35 a	0.075 a	0.071 a	0.077 ab	0.064 a	0.077 ab	0.064 a	0.064 a
黄色土	2.3 bc	7.5 b	0.75 a	0.92 a	1.38	1.41 ab	0.84 ab	0.15 a	0.26 a	1.87 b	1.28 a	0.065 a	0.063 a	0.071 b	0.059 a	0.071 b	0.059 a	0.059 a
褐色森林土	3.8 ab	11.1 a	0.40 a	0.99 a	1.06	1.78 a	0.98 ab	0.17 a	0.29 a	2.12 ab	1.32 a	0.089 a	0.065 a	0.083 a	0.062 a	0.083 a	0.062 a	0.062 a

^x果肉は果皮を含む

^y発育枝は基部が木化した50 cm以上の新梢

^z2008および2009年はTukeyの方法により、異符号間に5%水準で有意差あり (2008および2009年n=3, 2010年n=2)

第7表 樹体の生育および無機成分含量と梅酒の香气成分含量との相関係数

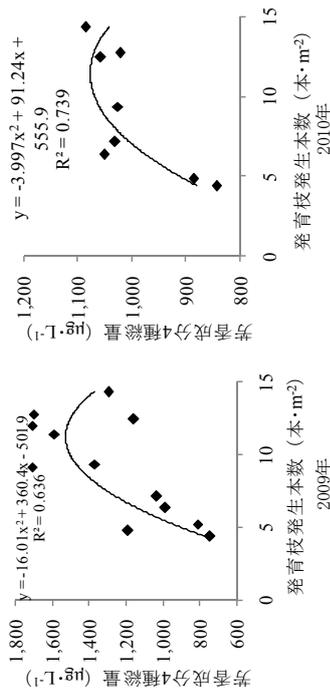
採取年	果実 γ-デカラクトン (μg・L ⁻¹)		δ-デカラクトン (μg・L ⁻¹)		酢酸ブチル (μg・L ⁻¹)		4種芳香成分 ^z 総量(μg・L ⁻¹)		安息香酸エチル (μg・L ⁻¹)		
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	
発育枝発生本数 (本・m ⁻²) ^y	0.744 ** ^x	0.827 *	0.622 *	-0.013	0.61 *	0.228	0.488	0.657	0.749 *	0	-0.271
収量 (kg・m ⁻²)	0.105	-0.237	0.071	-0.111	-0.158	0.079	0.09	-0.525	0.038	0.443	0.765 *
果肉中無機成分 (%) ^w	0.527	0.134	0.449	0.276	0.336	0.08	0.228	0.271	0.178	0.453	-0.014
N	0.134	-0.306	0.276	-0.293	0.08	-0.268	0.271	-0.35	0.178	0.178	0.206
P	0.134	-0.306	0.276	-0.293	0.08	-0.268	0.271	-0.35	0.178	0.178	0.206
K	0.134	-0.306	0.276	-0.293	0.08	-0.268	0.271	-0.35	0.178	0.178	0.206
Ca	0.134	-0.306	0.276	-0.293	0.08	-0.268	0.271	-0.35	0.178	0.178	0.206
Mg	0.134	-0.306	0.276	-0.293	0.08	-0.268	0.271	-0.35	0.178	0.178	0.206

^z総デカラクトンはγ-デカラクトンとδ-デカラクトンの総和で、4種総量は総デカラクトン、酢酸エチルおよび酢酸ブチルの総和

^y発育枝発生本数は2009年11月に調査した値

^x*, **は5または1%水準で有意であることを示す (2009年はn=12, 2010年はn=8)

^w果肉は果皮を含む値



第1図 原料果実を採取した樹の発育枝発生本数と梅酒の芳香成分含量との関係 (完熟果, 2009年n=12, 2010年n=8)

発育枝発生本数は2009年11月16日に50 cm以上の枝を調査し、2009年産果実および2010年産果実で調査した梅酒の芳香成分量との関係を調査
芳香成分4種総量は、γ-デカラクトンおよびδ-デカラクトン、酪酸エチルおよび酢酸ブチルの総和

第8表 樹体の生育および無機成分含量と梅酒の苦味および機能性成分含量ならびに抗酸化能との相関係数

発育枝発生本数 (本・m ²)	果実										有機酸		ポリフェノール		抗酸化能 ^Y
	採取年	ブルナシン	シュウ酸	クエン酸	リンゴ酸	リンゴ酸	総量 ^Z	ソルビトール	トール	ポリフェノール	抗酸化能 ^Y				
2008	-0.555	0.896 ***	0.611	0.508	0.656 *	0.630	0.010	0.000							
2009	-0.636 * ^X	-0.123	0.017	0.140	0.062	-0.338	-0.073	-0.094							
2008	0.538	-0.489	-0.045	-0.030	-0.045	-0.094	0.310	0.294							
2009	0.382	-0.735 **	-0.315	-0.411	-0.435	0.032	-0.253	-0.338							
2008	-0.329	0.545	-0.014	0.142	0.056	0.151	-0.183	-0.267							
2009	-0.519	0.053	-0.166	0.144	-0.040	-0.323	-0.088	-0.099							
2008	-0.552	0.636 *	0.053	0.183	0.120	0.293	-0.257	-0.368							
2009	-0.282	0.077	-0.059	0.360	0.147	0.084	0.099	0.010							
2008	-0.708 **	0.806 **	0.648 *	0.526	0.690 *	0.595 *	-0.135	-0.064							
2009	-0.425	0.051	-0.476	-0.063	-0.366	-0.395	-0.292	-0.369							
2008	-0.050	-0.052	-0.472	0.118	-0.273	-0.169	-0.125	-0.428							
2009	0.168	-0.439	0.135	0.277	0.239	0.532	0.132	0.037							
2008	-0.115	-0.249	-0.577 *	-0.139	-0.464	-0.473	-0.534	-0.473							
2009	0.249	-0.237	-0.108	0.075	-0.036	0.298	-0.022	-0.103							

^Z総量はクエン酸とリンゴ酸の総和

^Y抗酸化能はDPPHラジカル消去能

* **, ***は5, 1または0.1%水準で有意であることを示す (n = 12)

^W果肉は果皮を含む

同様に、2010年は $y = -3.997x^2 + 91.24x + 555.9$ ($R^2 = 0.739$) の関係式が得られた。

単位面積当たりの発育枝発生本数および収量ならびに果肉中無機成分含量は梅酒の苦み成分および機能性成分含量ならびに抗酸化能との間に強い関係性が認められなかった(第8表)。

考 察

土壌型の違いは、根域制限栽培条件下のウンシュウミカンにおいて糖度などの果実品質に影響すること(夏秋ら, 2003)、養水分の違いはモモの果実品質に影響すること(久保田・工藤, 1992; 高野, 2010)が報告されている。ウメにおいて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(大江ら, 2013)で報告したことから、土壌型の違いやそれに起因する樹体生育の違いが果実や加工品の品質に影響すると予想される。そこで、本試験では土壌型の違いが梅酒の品質および食味成分に及ぼす影響について調査した。

本試験で、灰色低地土は2008年に梅酒のシュウ酸含量が他の土壌に比べて、 γ -デカラクトン含量が岩屑土に比べて多い傾向がみられた。また、灰色低地土は、梅酒のリンゴ酸含量および有機酸総量が他の土壌に比べて多い傾向がみられた。灰色低地土は発育枝の発生本数が多いことから、同化養分量の違いが要因の1つとして考えられる。一方で、岡室ら(2013)は本試験で用いた土壌において、灰色低地土は他の土壌に比べて気相が少なく液相が多く、樹体の細根量が少ない傾向であると報告している。また、筆者らは既報(大江ら, 2013)でシュウ酸、 γ -デカラクトンおよびクエン酸含量は乾燥ストレスにより高まることを報告している。よって、高まった有機酸の種類は異なるが、根量の不足が乾燥ストレスと同様のストレスを引き起こしたか、液相が多い状態が過湿ストレスとなり、これら成分が増加したのかもしれない。

梅酒のクエン酸含量およびリンゴ酸との総和は、褐色森林土が最も少なかった。しかし、褐色森林土は原料果実1kg当たりの梅酒の製造量が他に比べて多い傾向であり、これらが梅酒に含まれる全量を算出すると最も少ない値とならなかったことから(データ略)、製造量の差に起因したと判断された。

樹勢の指標となる単位面積当たりの発育枝発生本数について、土壌型に関係なく各芳香成分との関係性をみると、当年および翌年の完熟果で調製した梅酒の γ -デカラクトンおよび芳香成分4種総量との間に強い正の相関関係が認められた。すなわち、樹勢が強いほうが梅酒に加工した場合に芳香成分が多い傾向が認められた。ただし、発育枝があまりに多いとむしろ芳香成分が少なくなる傾向がみられたことから、単位面積当たりの発育枝発生本数と芳香成分量との関係を2次式で求めたところ、当年および翌年の芳香成分4種総量が最大となる発育枝発生本数は11.3および11.4本 \cdot m²となった。‘南高’の樹体を健全に保ちつつ、青果収穫果での収量を2t \cdot 10a²程度に保つための発育枝の発生本数は10~11本 \cdot m²程度とされており(未発表)、本試験の結果からこの指標は梅酒の芳香成分を高めるうえでも適当であると判断された。

モモ果実中のラクトン類の含量は、施肥量が多いと少ないことが報告されているが(Jia・Okamoto, 2001)、梅酒については既報で褐色森林土に植栽し、NPK施肥量を大きく変えた‘南高’樹において、果肉や葉のN含量が大幅に減少しても香氣および苦み成分含量に影響しないことを報告した(大江ら, 2014b)。本試験で、果肉中のN含量に加えてP, K, CaおよびMg含量についても、梅酒の香氣および苦み成分含量に影響しないと判断された。

単位面積当たりの発育枝発生本数および収量ならびに果肉中無機成分含量は梅酒の機能性成分含量との間に一定の関係性がみられなかった。筆者らは既報（大江ら，2014a）で，本試験で用いた樹から採取した青果の果肉中 N および P 含量は，果肉中クエン酸含量との間に強い負の相関関係があることを確認し，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あることを確認している。本試験でこのような関係性がみられなかった要因として，熟度の違いが考えられる。すなわち，完熟果落下期まで熟度が進むことで，果肉中の N，P および Mg 含量の影響が小さくなると考えられた。

以上のように，土壌型の違いやそれに起因する樹体生長の違いにより，果実品質および梅酒の品質成分に違いが生じることが明らかとなった。なお，本試験は有機物の投入などの土壌改良を行わずに定植して調査したが，一般には土壌改良により保水性や通気性が改善されており，このような土壌型に応じた栽培管理が，樹体生長だけでなく梅酒品質に及ぼす効果についての検討が今後必要であると考えられる。

摘 要

土壌型の違いが‘南高’を用いた梅酒の香気，苦みおよび機能性成分に及ぼす影響について調査した。灰色低地土は，2008年に梅酒のシュウ酸含量が他の土壌に比べて， γ -デカラクトン含量が岩屑土に比べて多い傾向がみられ，また，リンゴ酸含量および有機酸総量が他の土壌に比べて多い傾向がみられた。樹勢の指標となる単位面積当たりの発育枝発生本数は，灰色低地土が岩屑土および黄色土に比べて多く，土壌型に関係なく各芳香成分との関係性をみると，完熟果で調製した梅酒の芳香成分総量（ γ -デカラクトン， δ -デカラクトン，酪酸エチルおよび酢酸ブチルの総和）との間に強い相関関係が認められた。しかし，発育枝本数が多すぎるとむしろ芳香成分が少なくなる傾向がみられた。以上のことから，土壌型の違いにより果実品質および梅酒の品質成分に影響を受けることが明らかとなり，芳香成分を多くするためには適度な樹勢を保つ必要があると判断された。

引用文献

- Jia, H. and G. Okamoto. 2001. Distribution of volatile compounds in peach fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 223-225.
- Kaneko, K., C. Otoguro, 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.
- 金銅俊二・赤木知裕. 2007. 梅酒の機能性. 醸造物の機能性. 48-54.
- 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.
- Mitani, T., A. Horinishi, K. Kishida, T. Kawabata, F. Yano, H. Mimura, N. Inaba, H. Yamanishi, T. Oe, K. Negoro, H. Mori, Y. Miyake, A. Hosoda, Y. Tanaka, M. Mori and Y. Ozaki. 2013. Phenolics profile of

- mume, Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruit. *Biosci Biotechnol Biochem.* 77: 1623-1627.
- 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.
- 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. 佐賀果試研報. 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・岡室美絵子・土田靖久・城村徳明. 2014a. 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. 和歌山農林水研報. 2: 137-144.
- 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. 2014b. 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: 125-136.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 玉置ミヨ子・堀野成代・江幡淳子. 2002. 梅酒及び漬け梅果肉の抗変異原性. 相愛女子短大研究論集. 49: 97-110.
- Tamura, M., Y. Ohnishi, T. Kotani and N. Gato. 2011. Effects of new dietary fiber from Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) on gut function and intestinal microflora in adult mice. *Int J Mol Sci.* 12: 2088-2099.
- 富田教代. 2006. 梅酒の摂取が健常人の血液と腸内菌叢に及ぼす影響. *New Food Industry.* 48: 21-26.
- 吉川賢太郎・岩崎はるみ・久保美帆・福本紘一・島田豊治・撫井賀代. 2008. 健康人の梅酒飲用一年間とその後6ヵ月の血圧と血清脂質の変化. 近畿大農学部紀要. 41: 27-34.

Summary

Influences of the soil type on the aroma, bitter and functional components of processed Japanese apricot liqueur (ume liqueur) were investigated using Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold et Zucc.) 'Nanko'. Ume liqueur made from fruit planted in the gray lowland soil tended to have more oxalic acid, causing bitterness, than that made from fruit planted in the other soil, and have more γ -decalactone than that made from fruit planted in the lithosol in 2008. Ume liqueur made from fruit planted in the gray lowland soil also tended to have more malic and total organic acid than that made from fruit planted in the other soil. The number of vegetative shoot per unit area, the index of tree vigor, was more on the tree planted in the gray lowland soil than that in the lithosol and the yellow soil, and was significantly related to the content of total aroma components (sum of γ -decalactone, δ -decalactone, ethyl butyrate and butyl acetate) in ume liqueur made from full-ripe fruit regardless of soil type. However, content of the total aroma components tended to decrease in the case of too much vegetative shoot per unit area. These results suggest that fruit quality and qualitative components in ume liqueur are influenced by the difference of soil type, and moderate tree vigor should be kept to produce rich aroma components in ume liqueur.

窒素の施肥時期および土壌タイプがウメ‘南高’樹体への窒素の吸収および土壌からの溶脱に及ぼす影響

岡室美絵子・土田靖久・下田星児¹・吉原利一²・後藤文之²・城村徳明³・中西 慶

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effects of Nitrogen Application Timing and Soil Types on Absorption by Japanese Apricot 'Nanko' Tree and Eluviation from Soils

Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida, Seiji Shimoda¹, Toshihiro Yoshihara², Fumiyuki Goto², Noriaki Jomura³ and Kei Nakanishi

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

緒 言

和歌山県のウメ生産量は全国の60%以上(2013年)を占める日本一の産地である。ブランド価値を守るためには適切な施肥技術を確立し、環境負荷低減のイメージ定着が必要である。また、近年の肥料価格高騰やウメ販売価格の低迷により、肥料にかかる経費が経営を圧迫しており、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。現在、和歌山県では10 a当たり約2 tの収量がある園で年間25kgの窒素を、4月上旬中旬に15%、5月上旬中旬に15%、6月上旬~7月上旬に40%、9月中旬~10月上旬に30%の分施率で施用することが推奨されている(和歌山県農林水産部, 2011)。ウメにおける窒素肥料の施肥時期による吸収特性の違いについて、これまで高野(1985)は4月のみの施肥は新梢伸長が優れ、7月上旬のみの施肥が最も収量が多く、12月上旬のみの施肥では窒素利用率が低いことを、和歌山県うめ対策研究会(2000)は完熟果収穫では収穫後の施肥より収穫前の施肥が窒素の吸収性が高いことを報告しており、それらを基に施肥時期が決定された。しかし、年間の施肥量は解体調査によって得られた養分吸収量と天然供給量および浅見(1952)が提言した利用率(50%)を元に算出されており(渡辺, 1995)、ウメの窒素吸収特性や施肥時期による吸収率の違いは考慮されていない。施肥時期による吸収率を明らかにし、それぞれの時期に施用した窒素が樹体のどの器官に多く利用されているかを知ることで、目的に合わせた効率的な施肥が可能になる。

また、和歌山県のウメ園は山なりに造成した傾斜地園が多いが、近年このような傾斜地園に加え、

¹ : 農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点

² : 電力中央研究所

³ 現在 : 経営支援課

山を削って大規模に造成した新規造成園や水田転作園が増加している。このため、ウメ園の土壌は、大きく分けて褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に分類される。これらの土壌は理化学性や物理性が大きく異なるため、それぞれの土壌特性に応じた施肥管理が必要となっている。しかし、各ウメ園土壌に最適な施肥管理を行うために利用できる知見はほとんどなく、現在は土壌タイプに関わらず同一の基準施肥量をもとに施肥を行っている。

そこで著者らは、これら4種類の土壌をライシメータに充てんし、ウメ樹を植栽して、各土壌の養水分の地下への溶脱特性、土壌理化学性の変化および樹体の生育を7年間調査した。これまでに、窒素の溶脱は土壌中無機体窒素含量の多い土壌ほど多くなる傾向があり、灰色低地土、褐色森林土、黄色土、岩屑土の順に多いことや(岡室ら, 2010)、9年生および10年生ウメ樹を解体調査することで得られた土壌タイプ別養分含有量(岡室ら, 2012)について報告した。

本報では、土壌タイプ別に施肥時期ごとの窒素吸収率および吸収した窒素の利用器官を明らかにするため、ライシメータに植栽したウメ樹を用いて、 ^{15}N トレーサー法により4月上旬(実肥)、6月下旬(礼肥)および9月上旬(基肥)に施用した窒素の利用効率および施用3か月後における窒素の樹体内分配特性について調査するとともに、地下への溶脱率を明らかにしたので報告する。

材料および方法

1. 土壌タイプによる比較

和歌山県うめ研究所内にある、硬質フィルムで被覆した温室内に設置した縦370cm、横370cm、深さ60cmのコンクリート製ライシメータ12基に1樹ずつ植栽した‘南高’12樹を用いた。これらは2年生苗木でライシメータ施設に定植した後、同じかん水および施肥条件で栽培したもので、2010年は9年生、2011年は10年生となる。ライシメータには県内のウメ産地から採取した4種類の土壌、すなわち褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土を、各土壌3枠ずつ充てんした。

試験は4月、6月および9月に、それぞれ各土壌に植栽した樹体1樹ずつ、合計4樹に ^{15}N 標識硝酸アンモニウム($^{15}\text{NO}_3$ 5.04atom%, $^{15}\text{NH}_4$ 5.03atom%)を施用した。1樹あたり214g(N75g, 年間施肥N量の15%)を10Lの水道水に溶かして供試樹の樹冠下に施用した。処理日は4月処理区が2010年4月1日、6月処理区が2011年6月20日、9月処理区が2010年9月1日とした。 ^{15}N 標識硫酸アンモニウム処理時に、リン酸およびカリウムの年間施肥量の15%にあたるヨウリン235g(P_2O_5 47g)と硫加131g(K66g)を施用した。他の時期の施肥は、緩効性化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=16:10:14)を用い、N量換算で4月上旬75g、5月上旬75g、6月下旬200g、9月下旬150gを施用した。

処理日から解体調査日までのかん水管理は、深さ20cm(灰色低地土は30cm)地点の土壌pFをテンションメータ(竹村電機製作所DM-8M)で測定し、pF2.7以上になった時点で20~40mm(岩屑土は10~20mm)相当量を、VPパイプに取り付けた散水ノズルから地表面散水した。かん水後、ライシメータの排水口から流出する水量を測定し、浸透水量とした。1回の浸透水から約100mLを採取し、直ちにろ過して凍結乾燥し、浸透水中の ^{15}N 濃度を測定するための試料とした。また、イオンクロマトグラフ法(DIONEX, IC25)により浸透水中の NO_3^- 濃度を測定した。

解体調査は ^{15}N 処理日の3か月後、すなわち4月処理区は2010年7月5日に、9月処理区は2010年12月1日に、6月処理区は2011年9月20日に行った。地上部は、葉、徒長枝(枝長50cm以上の1年生枝)、当年枝(徒長枝を除く1年生枝)、2年生枝、3年生以上枝および幹に分けて試料を

採取した。4月処理区の果実は6月9日から12日の青果収穫適期に採取した。地下部は、直径2mm未満の細根、直径2~20mmの中根および直径20mm以上の太根に分けて試料を採取した。試料を80℃で通風乾燥後、乾燥重を測定し、粉末状に粉碎した。

浸透水の凍結乾燥試料と樹体粉末試料中の¹⁵N含量を安定同位体質量分析計(Thermo Finnigan社Delta Plus advantage)を用いて測定し、¹⁵Nの樹体への吸収量および地下への溶脱量を求めた。

また、解体調査日に深さ20cmまでの土壌を各枠3か所ずつ採取し、風乾した後目開き2mmのふるいを通し、水蒸気蒸留法により無機態窒素含量を測定した。

なお、乾物1gあたりの¹⁵N含有量(以下、¹⁵N含有率)(A)および樹体に吸収された¹⁵N量(B)を全乾物重(第1表)をもとに以下により算出した。

第1表 処理時期別土壌タイプごとの器官別全乾物重

		(単位:g)			
器官		褐色森林土	黄色土	灰色低地土	岩屑土
4月処理	葉	5,800	4,236	3,549	3,557
	当年枝 ^z	1,480	1,629	2,043	1,345
	徒長枝 ^y	2,135	2,007	968	1,157
	2年生枝	997	876	846	638
	3年生以上枝	23,992	14,825	11,832	12,204
	幹	4,780	2,900	2,480	3,160
	細根 ^x	1,370	1,314	524	1,265
	中根 ^w	8,741	6,615	5,294	7,136
	太根 ^v	5,983	4,636	2,410	6,163
	果実 ^u	6,133	2,754	3,314	3,790
計		61,412	41,792	33,259	40,416
6月処理	葉	11,393	10,831	12,521	6,151
	当年枝	2,585	1,981	2,518	1,646
	徒長枝	3,353	3,672	3,991	1,636
	2年生枝	2,288	1,241	2,056	589
	3年生以上枝	33,965	19,797	18,904	16,144
	幹	9,774	6,183	4,748	5,341
	細根	2,912	2,990	1,173	2,198
	中根	11,571	7,871	7,857	7,364
	太根	7,834	7,453	2,463	2,035
	計		85,674	62,019	56,232
9月処理	葉	3,325	1,684	2,582	1,560
	当年枝	2,807	1,451	2,959	1,516
	徒長枝	6,591	3,358	9,742	2,472
	2年生枝	1,638	583	2,010	861
	3年生以上枝	27,918	17,988	20,941	14,139
	幹	8,920	5,560	3,980	4,720
	細根	3,173	2,296	1,780	1,876
	中根	14,140	8,371	12,445	11,863
	太根	7,822	4,142	5,387	5,445
	計		76,335	45,433	61,826

z: 徒長枝を除く1年生枝

y: 枝長50 cm以上の1年生枝

x: 直径2 mm未満の根

w: 直径2~20 mmの根

v: 直径20 mm以上の根

u: 2010年6月中旬の青果収穫適期に採取

$A = \text{試料中の } ^{15}\text{N 由来 N 量 mg/試料重 g}$

$\text{試料中の } ^{15}\text{N 由来 N 量 mg} = \text{試料中の全窒素量} \times \text{試料中の } ^{15}\text{N atom\% excess}$

$^{15}\text{N atom\% excess} = ^{15}\text{N atom\%} - ^{15}\text{N 天然存在率 (0.366\%)}$

$B = A \times \text{各部位の全乾物重}$

2. 施用時期による比較

前述の方法で得られた結果について、4月処理区、6月処理区および9月処理区における4土壤タイプの結果を平均し、Tukey法により統計処理を行った。

結 果

1. 土壤タイプによる比較

^{15}N 処理日から解体日までの約3か月間の合計かん水量は約2,800リットルから7,100リットルで、岩屑土が他より少なくなった(第2表)。合計浸透水量は191リットルから702リットルであり、1回の浸透水量は0リットルから100リットル以上まで変化が大きかった(データ省略)。岩屑土はかん水量に対する浸透水量の割合が高かった。浸透水中 NO_3^- 濃度の平均は、灰色低地土、岩屑土、黄色土、褐色森林土の順に高く、最も高い9月処理の灰色低地土で1,165mg/L、最も低い9月処理の褐色森林土で7.5mg/Lであった。浸透水中 ^{15}N 濃度の平均値は0.3mg/L以下と低いレベルであり、いずれの処理時期においても灰色低地土が最も高く、次いで岩屑土が高かった。

^{15}N 溶出濃度は、4月処理区では岩屑土および灰色低地土で処理後1か月前後にピークとなり、2か月後にはやや低下した(第1図)。岩屑土の最高濃度は0.6mg/L、灰色低地土の最高濃度は0.5mg/L

第2表 ^{15}N 施用日から解体日までのかん水量、地下浸透水量、浸透水中窒素濃度および溶出率

		合計 かん水量 (L)	合計 浸透水量 (L)	平均 NO_3^- 濃度 ^w (mg/L)	平均 ^{15}N 濃度 ^v (mg/L)	溶出した 全 ^{15}N 量 (g)	溶出した ^{15}N の割合 ^u (%)
4月処理 ^z	褐色森林土	4,789	322	14.5	0.059	0.011	0.3
	黄色土	3,398	323	31.9	0.075	0.026	0.6
	灰色低地土	3,852	191	598.2	0.308	0.061	1.5
	岩屑土	2,819	496	103.0	0.297	0.166	4.1
6月処理 ^y	褐色森林土	5,582	611	14.1	0.065	0.041	1.0
	黄色土	5,469	472	15.2	0.033	0.012	0.3
	灰色低地土	5,965	702	802.3	0.156	0.112	2.8
	岩屑土	3,653	428	22.9	0.067	0.018	0.4
9月処理 ^x	褐色森林土	7,131	331	7.5	0.052	0.015	0.4
	黄色土	3,760	411	15.2	0.035	0.018	0.4
	灰色低地土	4,941	358	1164.7	0.189	0.072	1.8
	岩屑土	2,801	363	65.6	0.157	0.064	1.6

z: ^{15}N 処理日2010年4月1日, 解体日2010年7月5日

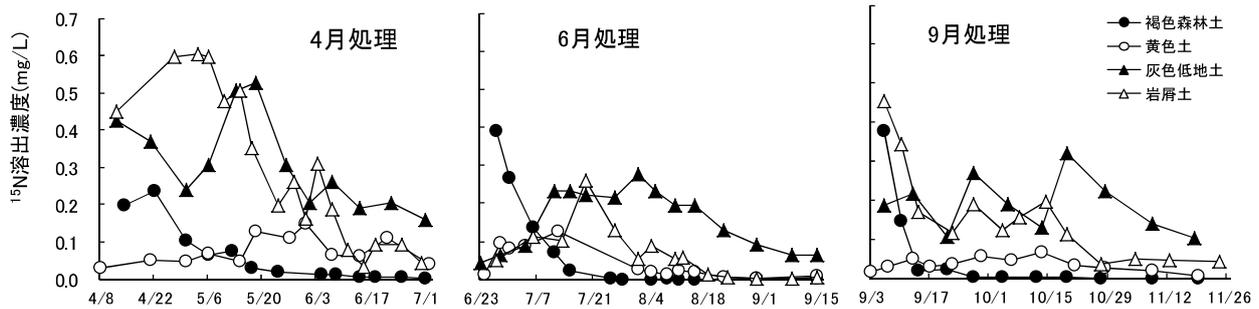
y: ^{15}N 処理日2011年6月20日, 解体日2011年9月20日

x: ^{15}N 処理日2010年9月1日, 解体日2010年12月1日

w: かん水毎に測定した地下浸透水中 NO_3^- 濃度の平均

v: かん水毎に測定した地下浸透水中 ^{15}N 濃度の平均

u: 施用 ^{15}N 全量(4.036 g)に対する割合(溶出率)



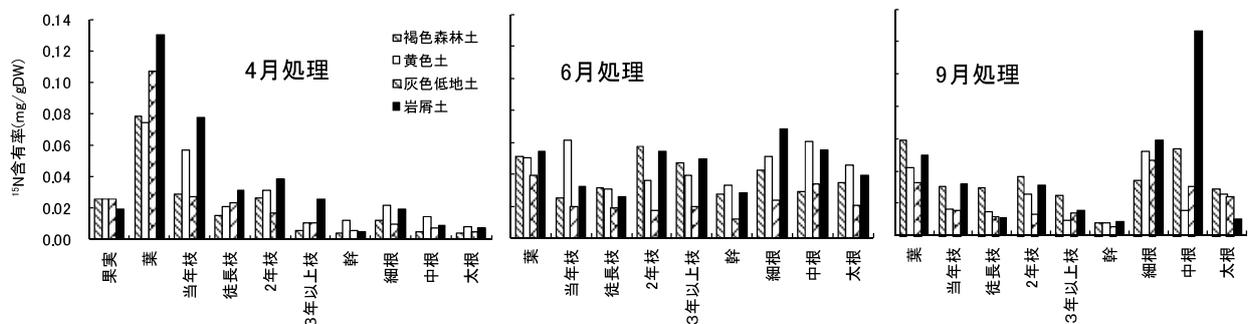
第1図 ^{15}N 溶出濃度の推移

であった。褐色森林土および黄色土は低く推移した。6月処理区では褐色森林土が処理直後に高く、その後低下した。灰色低地土は処理20日後にかけて濃度が上がり、その後ゆるやかに低下した。岩屑土は処理1か月後にピークを示したがそれ以外は低く推移した。黄色土は低く推移した。9月処理区では灰色低地土は高く推移した。褐色森林土は処理直後に高く、その後急速に低下した。岩屑土は処理直後に高くその後処理2か月後にかけてゆるやかに低下した。黄色土は低く推移した。

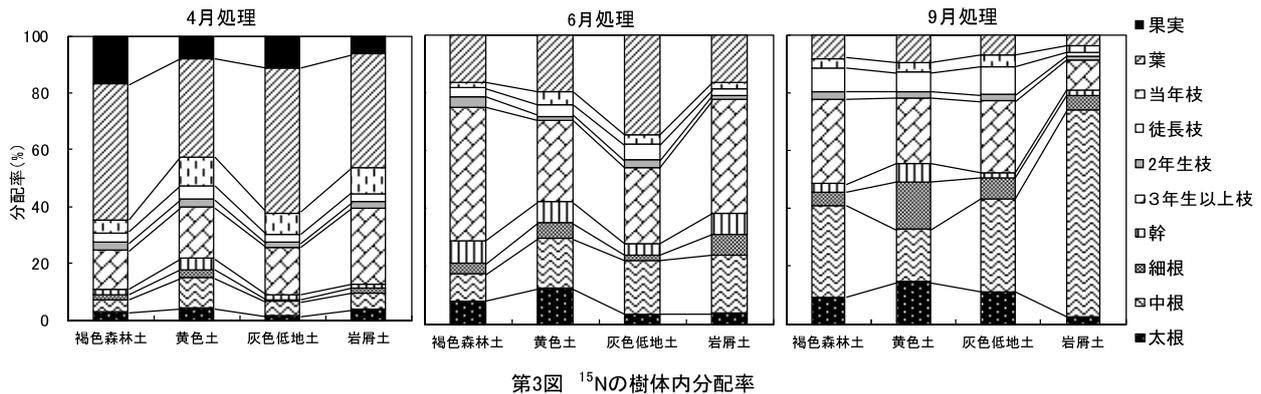
溶出した ^{15}N の全量は、4月処理区では岩屑土、灰色低地土、黄色土、褐色森林土の順に、6月処理区では灰色低地土、褐色森林土、岩屑土、黄色土の順に、9月処理区では灰色低地土、岩屑土、褐色森林土、黄色土の順に多かった(第2表)。施用 ^{15}N 全量に対する溶出 ^{15}N 量の割合は、4月処理区は岩屑土が高く4.1%、灰色低地土1.5%、黄色土0.6%、褐色森林土0.3%であった。6月処理区は灰色低地土2.8%、褐色森林土1.0%、岩屑土0.4%、黄色土0.3%であった。9月処理区は灰色低地土1.8%、岩屑土1.6%、褐色森林土および黄色土0.4%であった。

樹体の各器官における ^{15}N 含有率を第2図に示した。土壌タイプ別では、4月処理区は岩屑土が高く、6月処理区は岩屑土および黄色土が高く、灰色低地土は低い傾向であった。9月処理区は岩屑土および褐色森林土が高く、灰色低地土は低かった。4月処理区ではいずれの土壌も葉での含有率が最も高く、6月処理区では4月処理区より葉での含有率が低下し越年枝、幹および根での含有率が高まった。9月処理区では枝、幹および太根の含有量が6月より減少した。

樹体に吸収された ^{15}N の各器官への分配率は、4月処理区では、褐色森林土および灰色低地土で葉の割合が高く、岩屑土は他に比べて3年生以上枝の割合が高かった(第3図)。6月処理区では、褐色森林土および岩屑土は3年生以上枝の割合が高く、黄色土は太根と中根の合計が29%と高い一方3年生以上枝の割合は低かった。灰色低地土は葉の割合が高かった。9月処理区では、太根、中根、細根を合わせた根の分配率合計は褐色森林土46%、黄色土49%、灰色低地土50%、岩屑土79%といずれも高かった。岩屑土は特に中根の割合が71%と非常に高かった。



第2図 樹体の各器官における ^{15}N 含有率(乾物1gあたり)

第3図 ^{15}N の樹体内分配率

樹体に吸収された ^{15}N 量は、4月処理区では土壤による差は小さいが岩屑土が最も多く、6月処理区では褐色森林土、黄色土、岩屑土、灰色低地土の順に多く、9月処理区では褐色森林土、岩屑土、灰色低地土、黄色土の順に多かった(第3表)。施用 ^{15}N 量に対する吸収量の割合(吸収率)は、4月処理区では高い岩屑土で29%、褐色森林土および黄色土は約23%、灰色低地土は18%であった。6月処理区では褐色森林土は88%、黄色土69%、岩屑土51%、灰色低地土が最も低く36%であった。9月処理区では褐色森林土は60%、岩屑土は52%、灰色低地土は29%、黄色土は低く18%であった。

解体調査時の土壤中無機態窒素含量は、いずれの処理時期においても灰色低地土が最も多くなった(第4表)。4月処理区および6月処理区は岩屑土が最も少なく、9月処理区は褐色森林土が最も少なかった。また、いずれの土壤タイプも6月処理区、9月処理区に比べて4月処理区が多くなった。

第3表 ^{15}N の樹体吸収量、溶出量および割合

	樹体吸収		
	^{15}N 量(g)	割合 ^z (%)	
4月処理	褐色森林土	0.95	23.4
	黄色土	0.91	22.6
	灰色低地土	0.74	18.4
	岩屑土	1.16	28.8
6月処理	褐色森林土	3.54	87.7
	黄色土	2.77	68.7
	灰色低地土	1.45	35.8
	岩屑土	2.06	51.1
9月処理	褐色森林土	2.40	59.5
	黄色土	0.73	18.1
	灰色低地土	1.17	29.1
	岩屑土	2.11	52.3

z: 施用 ^{15}N 全量(4.036 g)に対する割合(吸収率)

第4表 解体時の土壤中無機態窒素含量

		無機態窒素 (mg/100g土)
4月処理	褐色森林土	2.8
	黄色土	5.4
	灰色低地土	16.5
	岩屑土	1.9
6月処理	褐色森林土	0.7
	黄色土	1.9
	灰色低地土	2.2
	岩屑土	0.5
9月処理	褐色森林土	0.3
	黄色土	1.8
	灰色低地土	3.4
	岩屑土	0.8

注) 深さ20 cmまでの表層土壤

4月処理: 2010年7月5日採取

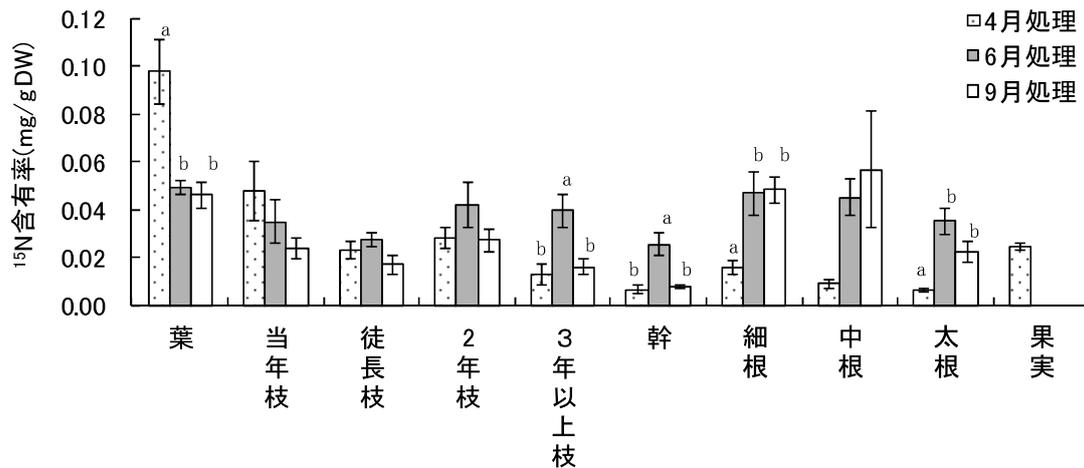
6月処理: 2011年9月20日採取

9月処理: 2010年12月1日採取

Tukey法により有意差なし(n=3)

2. 施用時期による比較

前述の結果について、4月処理区、6月処理区および9月処理区における4土壤タイプの結果を平均し処理時間期間で比較したところ、樹体の各器官における ^{15}N 含有率は、4月処理区では6月処理



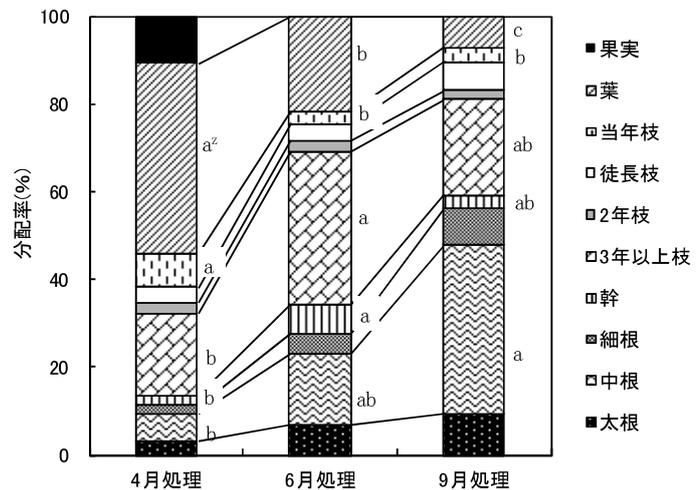
第4図 樹体の各器官における¹⁵N含有率(4土壌タイプ平均)

図中の縦線は標準誤差(n = 4)を示す

図中の異なる英小文字間にはTukey法により5%水準で有意差があることを示す

区および9月処理区に比べて葉の含有率が高く、細根および中根の含有率が低かった(第4図)。6月処理区では4月処理区および9月処理区に比べて3年生以上枝および幹の含有率が高かった。

樹体に吸収された¹⁵Nの各器官への分配割合の施肥時期ごとの平均は、4月処理区は葉が43%、当年枝が8%と、6月および9月処理区に比べて高かった(第5図)。果実の分配率は11%であった。6月処理区は3年生以上枝が35%、幹が7%と4月処理区に比べて高かった。9月処理区は中根が38%と4月処理区より高く、根全体でも9月処理区56%、6月処理区28%、4月処理区11%と、9月処理区が6月および4月処理区に比べて高かった。9月処理区の葉の分配率は7%と低かった。



第5図 ¹⁵Nの樹体内分配率(4土壌タイプ平均)

z 同一器官の異なる英小文字間には、Tukey法により5%水準で有意差があることを示す(n = 4)

¹⁵Nの樹体吸収率および溶出率の4土壌タイプ平均について、4月処理区、6月処理区、9月処理区の樹体への吸収率はそれぞれ23.3%、60.8%、39.7%で、6月処理区は4月処理区に比べて高かった(第5表)。溶出率は処理時期による有意な差は見られなかった。

第5表 ¹⁵Nの樹体吸収量、溶出量および割合(4土壌平均)

	樹体吸収		溶出 ^z	
	¹⁵ N量(g)	割合 ^y (%)	¹⁵ N量(g)	割合 ^y (%)
4月処理	0.94 b ^x	23.3 b	0.066 a	1.6 a
6月処理	2.46 a	60.8 a	0.046 a	1.1 a
9月処理	1.60 ab	39.7 ab	0.042 a	1.0 a

z: 地下浸透水中への溶出

y: 施用¹⁵N全量(4.036 g)に対する割合(吸収率)

x: 異なる英小文字間には、Tukey法により5%水準で有意差があることを示す(n = 4)

解体時の細根および中根の合計乾物重と ^{15}N の樹体吸収率との間に、6月処理区は1%水準で、9月処理区は5%水準で有意な正の相関が認められた(第6図)。

考 察

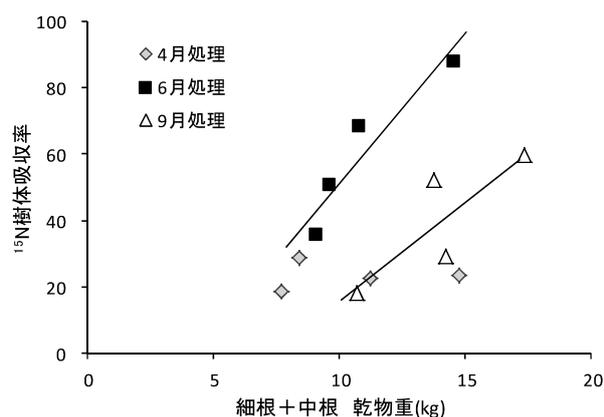
和歌山県のウメ産地を代表する4種類の土壌、褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に植栽した9~10年生‘南高’の時期別窒素吸収特性および溶脱特性を調査した。

^{15}N を施肥した日から解体日までの約3か月間における ^{15}N の地下浸透水への溶脱は、施肥直後にやや高くなる土壌があったが最高で0.6ppmであり、いずれの土壌においても非常に低いレベルであった。その中では灰色低地土の溶脱濃度が高かったが、地下浸透水中 NO_3^- 濃度も高いことから、元々土壌中窒素が多いため窒素溶脱濃度が高かったと考えられた。地下浸透水1L中の NO_3^- 量に対する ^{15}N 量の割合は灰色低地土は0.02~0.05%であったが、それ以外の土壌は0.2~0.7%であった。このことから、灰色低地土は元々土壌中にあった窒素の溶脱が多いため ^{15}N の溶脱も多いが、施用した窒素が直ちに溶脱される割合は他の土壌に比べて低いことが明らかとなった。一方、岩屑土は施用 ^{15}N 全量に対する3か月間に溶脱した ^{15}N 量の割合が灰色低地土に並んで高く、4月に施用した窒素の4.1%が溶脱した。このことから、岩屑土は年間を通じた地下浸透水への NO_3^- の溶脱は比較的少ないが(岡室ら, 2010)、施肥直後は肥料由来の窒素が溶脱されやすいと考えられた。岩屑土は保水性が低くかん水後の浸透水量が多いため、樹体に吸収されるまでに土壌中溶液に溶けて存在していた ^{15}N が溶脱されやすかったと考えられた。褐色森林土と黄色土は施肥直後の窒素の溶脱は比較的少ないことがわかった。ただし、今回の試験は施設内での試験であり、かん水量は降雨量より少なかったことから、降水量が多くなるに従い溶脱量も多くなると考えられ、この点を考慮する必要がある。

次に、樹体の各器官における ^{15}N 含有率と ^{15}N の樹体内分配率から、施肥時期ごとの窒素利用器官について考察する。

各器官における ^{15}N 含有率は、いずれの処理時期においても土壌タイプによる差は見られたが、各器官への配分の傾向は類似していた。4月に施肥した窒素はいずれの土壌タイプにおいても葉へ多く分配され、褐色森林土および灰色低地土では分配率が約50%であった。当年枝への分配率も4月施肥が最も高かった。また、地下部への分配はいずれも20%以下と少なく、果実への分配は10%程度であることが確認された。高野(1985)は4月上旬の春肥重点施用で新梢長が長くなり、徒長枝発生本数が多くなるなど樹勢が旺盛になることを報告している。また、モモにおいても4月11日に施用した ^{15}N の4ヶ月後の葉への分配率は66%と高く、4月に施用した窒素は新しく活動的な器官に多く配分されることが報告されており(佐々木・佐藤, 1987)、本試験の結果はこれとよく似た傾向であった。このことから、4月に吸収した窒素の多くが葉および新梢の生長に利用されることが確認された。

6月に施肥した窒素では ^{15}N 含有率の器官間の差は小さく、葉、新梢、2年生以上の枝、地下部の



第6図 解体時の細根+中根乾物重と ^{15}N 樹体吸収率の関係

	回帰式	相関係数
6月処理	$y=8.56x-32.98$	$r=0.939^{**}$
9月処理	$y=5.93x-43.27$	$r=0.833^*$

**は1%水準で、*は5%水準で有意性があることを示す

いずれにも同程度の濃度で吸収されていた。分配率では葉、3年生以上枝および中根の割合が高かった。この結果は、6月から8月にかけての期間では葉や新梢の生育のピークが終了し、越年枝や根への吸収が増えたためと考えられた。

9月に施肥した窒素は、いずれの土壌タイプにおいても¹⁵N含有率は枝で低くなり、根で高くなった。また、樹体内分配率では直径2~20mmの中根で他の処理区より高く、根全体に占める分配率も4土壌平均で56%と高かった。チャでは直径2mm以下の細根が根系全体の呼吸活性および窒素吸収活性の大部分を担い、直径2mm以上の木化根に炭水化物が多く貯蔵されることが報告されている(岡野・大前, 1996)。このことから、中根に多く分配された窒素は貯蔵養分として利用されると考えられた。1999年に9年生‘南高’を用いて行った¹⁵Nトレーサー法による試験(以下、¹⁵N試験)においても、9月14日に施用し12月6日に解体した結果、根の¹⁵N分配率は44%と多くなっており(岡室ら, 2014)、本試験とよく似た結果となった。これらのことから、9月に施用した窒素は根に多く貯蔵されると考えられた。岩屑土において中根の¹⁵N含有率が特に高まった理由は不明であり、本試験は1反復で行ったため再確認が必要である。

次に、3か月後の樹体への¹⁵N吸収率(¹⁵N全吸収量が施用¹⁵N全量に占める割合)は、4月施肥は18~29%、9月施肥は18~60%であったのに対し6月施肥は36~88%と最も高かった。浅見(1952)は果樹園の窒素利用率を50%と推測している。また、重窒素を用いた施肥試験から、落葉果樹の肥料利用率はリンゴが16~42%、モモで30~48%、ブドウは47~58%の範囲にあったことが報告されている(梅宮, 2001)。施肥時期による利用率の違いについての報告は落葉果樹では少ないが、モモでは4月11日施肥¹⁵Nの約4か月後における吸収率が48.4%で、9月5日施肥¹⁵Nの約3か月後における吸収率は43.7%であったという報告(佐々木・佐藤, 1987)がある。4月施肥は吸収期間が異なるため比較できないが、9月施肥の吸収率は本試験と近い値といえる。また、著者らはウメを用いて1999年に行った¹⁵N試験において、9月に施用後3か月間の¹⁵N吸収率は21%であったことを報告している(岡室ら, 2014)。今回の9月施肥の吸収率がこれより高い理由として、1999年の¹⁵N試験は露地で行っており、さらに施肥後30日間部分マルチにより降雨を遮断していたのに比べ、今回の試験では適宜かん水を行ったことによると考えられた。このことにより、適正なかん水を行えば肥料吸収率が高まることが示唆された。

本試験は施設内で一定の条件でかん水を行ったことから、露地条件よりかん水量が少なかったこと、一方で過乾燥状態になることもなかったこと、大雨による溶脱がなかったこと、傾斜地でなかったことなどにより、自然の栽培条件での吸収率を正確に表すものとはいえない。しかしながら、樹体の能力として施肥窒素の吸収利用率は時期により異なり、6月施肥の吸収率が高く4月施肥の吸収率が低いことが明らかになった。樹種は異なるが、ウンシュウミカンにおける3月、4月および5月の¹⁵N吸収率の比較では、5月、4月、3月の順に高く、その要因は地温の差による根の吸肥能の違いに加えて、シンクとなる地上部各器官の生育ステージの違いの影響と考えられている(石川, 2009)。本試験において、葉や新梢の生育が始まったばかりである4月施肥の吸収率が低かった要因も同様であると考えられた。また、ウメにおいて根の伸長速度を5月から翌年1月にかけて調査した結果、6月が最も早かったことや、根でのN含有量が6月に高まったこと(岡室ら, 2006)から、6月施肥の吸収率が最も高かった要因の一つとして、根の吸肥能が高かったことが考えられた。

土壌タイプ別には、4月処理区では岩屑土の吸収率が高く、灰色低地土が低かった。灰色低地土はいずれの時期にも低く、これは土壌中の無機態窒素含量が元々多いため、施肥窒素への依存度が

低くなることによると考えられた。岩屑土の吸収率はいずれの処理時期においても比較的高く、これは土壌の無機態窒素含量が少ないため施肥窒素への依存度が高いことが要因と推測される。4月処理区で岩屑土の吸収率が最も高かった理由は不明であるが、4~5月の地温が4種類の土壌の中で最も高い（データ略）ことなどが影響している可能性がある。

6月処理区では褐色森林土の ^{15}N 吸収率が88%と非常に高く、次いで黄色土が69%であった。褐色森林土については各器官の ^{15}N 含有率は他の土壌と同程度であったが、樹体が大きく各部位の全乾物重が大きかったため全吸収量が最も多くなった。6月処理の樹体の全乾物重は褐色森林土、灰色低地土、黄色土、岩屑土の順に大きく、灰色低地土を除けば樹体が大きいほど ^{15}N 吸収率が高くなった。

9月処理区では褐色森林土の吸収率は6月処理区より低いものの60%と高かった。黄色土は吸収率が18%と低くなった。黄色土は樹体の大きさは中程度であったが、 ^{15}N 含有率が全体に低かったため吸収量が少なかった。この原因は不明であり、本試験は1反復で行ったため再確認が必要である。

処理時期別に解体時の細根と中根を合わせた根の乾物重と ^{15}N 吸収率の関係を調べたところ、6月処理区と9月処理区においては、細根および中根量が多いほど吸収率が高くなる傾向が見られた。このことから、6月以降は土壌タイプによる施肥窒素吸収率の違いは、樹体の細~中根（直径20mm未満）の量の違いが一つの要因であり、肥料の吸収効率を高めるためには根を増やすための土づくりが重要であると考えられた。

解体調査時の土壌中無機態窒素含量は、いずれの土壌も4月処理が高かったが、これは樹体による吸収が少なかったためと考えられた。

以上の結果、ウメの施肥時期において最も吸収率が高いのは6月であり、6月の施肥に重点を置くことで効率よく施肥できると考えられた。4月施肥は6月や9月に比べて樹体による吸収率が低く、土壌に残留する量が多くなるため、6月および9月より少ない施肥量でよいと考えられた。なお、4月に施肥した窒素は葉を中心に樹体生長に多く利用されることから、幼木などでは多めに施用することで樹体成長が旺盛になると考えられる。

土壌タイプ別では、褐色森林土が吸収率が高く、樹体も大きいいため窒素の利用効率が高いと考えられた。岩屑土は施用直後の窒素の溶脱がやや多いため、分施する方がよいと考えられた。灰色低地土のように土壌中窒素の多い肥沃な土壌では、施用窒素の吸収率が低いことに加えて溶脱量が多いため、減肥が可能であると考えられた。黄色土は褐色森林土と岩屑土の中間程度の特徴であった。

摘 要

和歌山県内のウメ園の主要な土壌である褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に植栽した9年生および10年生‘南高’を用いて、4月上旬（実肥）、6月下旬（礼肥）、9月上旬（基肥）に施用した窒素吸収および溶脱特性について ^{15}N トレーサー法を用いて調査した。

1. 4月上旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、岩屑土29%、褐色森林土および黄色土23%、灰色低地土18%であった。
2. 6月下旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、褐色森林土88%、黄色土69%、岩屑土51%、灰色低地土36%と、3回施用したうち最も肥効が高かった。
3. 9月上旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、褐色森林土60%、岩屑土52%、灰色低地土

29%であった。

4. 岩屑土は施肥直後に地下浸透水への溶脱が多く、灰色低地土は土壌中無機態窒素含量が多いため、 ^{15}N の溶脱も多かった。
5. 4月施用窒素は葉および新梢に多く分配され、6月施用窒素は樹体全体に分配され、9月施用窒素は根に多く分配された。
6. 以上の結果、4月施肥は6月、9月施肥に比べて吸収率が低いため、6月および9月施肥の割合を高めるとよいと考えられた。また、岩屑土は施肥後の溶脱が多いため分施するのがよいと考えられ、灰色低地土は施肥量を減らせる可能性が示唆された。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、樹体の堀上げ、分析試料の調整に多大なご協力をいただいたみなべ町うめ21研究センターの平喜之氏、うめ研究所のアルバイト職員の皆様、元現業技能員の西野峯廣氏、中岡照雄氏には厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 浅見与七. 1952. 果樹栽培汎論. 土壌肥料編. P.161-192. 養賢堂. 東京
- 石川 啓. 2009. ウンシュウミカン樹における春肥の施肥時期が樹体の窒素吸収に及ぼす影響. 園学研. 8 : 19-25.
- 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(3) : 299-304
- 岡室美絵子・佐原重広・横谷道雄・嶋田勝友・鯨 幸和. 2014. ^{15}N 利用による窒素の施肥時期とウメの吸収特性. 和農林水研報. 2 : 95-104.
- 岡室美絵子・土田靖久. 2012. ウメ‘南高’樹の土壌タイプ別年間養分吸収量の推定. 和農林水研報. 1 : 85-101
- 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. 和歌山農技セ研報. 7 : 73-79.
- 岡野邦夫・大前 英. 1996. チャの根系を構成する様々な直径の根の生理機能の定量的評価. 日作紀. 65: 605-611.
- 佐々木生雄・佐藤雄夫. 1987. ^{15}N 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. ウメの樹体生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.
- 梅宮善章. 2001. 果樹類の省力・環境保全的施肥管理. 窒素負荷を軽減する新施肥法. p. 238-274. 安田 環・越野正義共編. 環境保全と新しい施肥技術. 養賢堂. 東京.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壌肥料対策指針(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. 1995. 施肥. 施肥と土壌管理. 基本技術編. ウメ. p. 45-50 の3. 農業技術大系果樹編6. 農文協. 東京.

梅調味廃液添加鶏糞堆肥のウメへの施用効果

岡室美絵子・城村徳明¹・前田恵助²・福島 学^{3,4}・小松 希³・橋本真穂⁵

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effect of Application of Poultry Manures Compost Dored with Waste Liquid Preparation of Pickled Japanese Apricot on Growth of Japanese Apricot Tree

Mieko Okamuro, Noriaki Jomura¹, Keisuke Maeda², Manabu Fukushima^{3,4}, Nozomi Komatsu³ and Maho Hashimoto⁵

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、2014年の収穫量は71,400tで、全国生産量の64%を占めている。県内で生産されたウメの7~8割が県内で梅干しに加工される。ウメ果実を塩漬けして干したものは「白干し梅」とよばれ、梅干し加工業者において味付けすることで様々な「調味梅干し」に加工して販売されるものが多い。梅干し加工業者で味付けに用いる梅調味液は、使用後に「梅調味廃液」となり多量に発生する。梅調味廃液は産業廃棄物として処理しなくてはならず、その量は和歌山県全体で年間約1万tにのぼるため、その有効利用法が求められている。

一方、和歌山県内のプロイラー農家からは年間約2万tの鶏糞が排出され、一部は堆肥として流通しているが、臭気が強い、成分が安定しないなどの理由で利用はあまり進んでいない。また、堆肥化の過程で発生するアンモニアガスによる臭気も強く作業環境に及ぼす影響が問題となっている。

そこで、酸性である梅調味廃液を鶏糞堆肥作成過程で添加することでアンモニアが中和され発生量を抑制できるのではないかと、という観点から、当県の農業試験場、畜産試験場、養鶏研究所およびうめ研究所が臭気を抑制する鶏糞堆肥の製造技術を検討した。その結果、梅調味廃液を鶏糞重量の5%添加し、さらに副資材として第一リン酸アンモニウム（以下、第一燐安）を鶏糞重量の2.5%添加することで堆肥化期間中のアンモニア気散量が低減され、完成した鶏糞堆肥の窒素含有率が増加することが明らかとなった。

この梅調味廃液添加鶏糞堆肥（以下、梅調鶏糞）をウメに肥料として施用する技術が確立すれば、ウメ、養鶏産業から出る副産物の地域内利用が可能となる。そこで、ウメ幼木の生育に好適な梅調鶏糞の施肥技術の確立およびウメ成木への連用効果の確認のため試験を行った。それと同時に、梅調鶏糞は通常の方法で作成された鶏糞堆肥に比べて塩分の含有率が高いため、塩がウメ樹体に及ぼす影響を確認するため、ウメの耐塩性についての検討と、梅調鶏糞を表層施用した場合の窒素成分溶出速度についての検討を行ったので、併せて報告する。

¹現在：経営支援課

²：畜産試験場

³：畜産試験場養鶏研究所

⁴現在：畜産課

⁵：農業試験場

材料および方法

試験1 梅調鶏糞からの窒素溶出特性

褐色森林土を詰めて屋外に設置したプランターの地表面に、鶏糞堆肥を5g入れた不織布袋を設置し、10, 20, 30, 60, 90日後に各区3袋ずつ回収し、窒素残量を調査した。鶏糞堆肥は、第1表に示した梅調鶏糞A, BおよびC, 普通鶏糞AおよびBを供試した。梅調鶏糞Aおよび普通鶏糞Aは2011年5月10日から、梅調鶏糞BおよびC, 普通鶏糞Bは同年10月3日から試験を開始した。窒素溶出率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）で測定し得られた窒素（N）含有率から算出した。

第1表 試験に使用した鶏糞の成分

鶏糞の種類	製造年月	成分（現物%）						梅調味廃液添加量	その他
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NaCl		
梅調鶏糞	A 2011.3月	1.5	1.9	2.2	2.4	0.8	8.7	10%	
	B 2011.9月	2.0	0.5	1.5	7.9	0.6	2.9	10%	
	C 2011.9月	2.7	0.3	1.4	7.6	0.5	0.7	10%	硫黄2%
	D 2012.7月	2.5	5.6	3.0	4.2	1.0	2.0	5%	第一燐安5%
	E 2012.3月	3.0	5.8	2.8	2.7	0.9	1.7	5%	第一燐安5%
	F 2012.3月	2.4	2.8	3.2	3.3	1.0	1.9	5%	
普通鶏糞 ^z	A 2011.3月	1.9	3.7	3.7	4.3	1.4	1.9		
	B 2011.9月	2.0	1.0	1.7	10.7	0.7	0.8		
	C 2012.3月	2.3	2.9	3.2	3.2	1.0	1.0		

z: 梅調味廃液を添加せずに堆肥化した鶏糞堆肥

試験2 幼木への施用効果

容量60Lのポットに定植された2年生（2012年3月時点）‘南高’を供試し、梅調鶏糞E区、梅調鶏糞F区、普通鶏糞区および有機配合区を設けた。梅調鶏糞Eは第一燐安を5%添加したものの、梅調鶏糞Fは添加しないものであり、普通鶏糞は普通鶏糞Cを用いた。それぞれの成分量は第1表の通りである。それぞれの鶏糞区において施肥窒素量の100%を鶏糞で施用する100%区と、50%分を鶏糞で施用し、残りを硫安で施用する50%区を設けた。鶏糞の100%区は4反復、50%区は3反復、有機配合区は4反復とした。各区の年間施用成分量を第2表の通りとし、2012年3月27日、5月14日、7月10日、9月19日にそれぞれ年間施用量の1/4ずつ施用した。鶏糞の施用量について、肥効率を窒素60%、リン酸80%、カリ90%として計算した。

2012年8月17日に中果枝（10~20cm）の中位葉を各樹10枚ずつ採取し、自動面積計（林電工株式会社, AAM-8）で葉面積を測定し、葉緑素計（コニカミノルタ株式会社, SPAD-502）でSPAD値を測定した。その後80℃で通風乾燥し粉碎した。葉中窒素については有機元素分析装置（試験2と同じ）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）、Na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, Naは原子吸光法（サーモエレクトロン社, SOLAAR AA）で測定した。

接ぎ木部上 15cm の幹径を 2012 年 3 月 12 日および 10 月 30 日に測定し、3 月 12 日の幹径を 100 としたときの 10 月 30 日の値を幹肥大指数とした。10 月 31 日に新梢数、総新梢長を測定し、当年枝、2 年枝、幹、根幹、根に分解し洗浄後 80℃で通風乾燥し、器官別の乾物重を調査した。土壌を 2012 年 5 月 11 日および 10 月 30 日に各ポット 1 か所から採取し、同試験区の土壌を混合した。土壌理化学性は常法により測定した。土壌中 Na 含有量は酢酸アンモニウム溶液で抽出し原子吸光法で測定した。

試験 3 成木への連年施用効果

2011 年 3 月から、うめ研究所内緩傾斜園(褐色森林土)に植栽の‘南高’10 年生樹を供試して 3 年間試験を行った。試験区は、年間施肥量の全てを梅調鶏糞で施用する 100%区 (4 樹)、礼肥および元肥を梅調鶏糞で施用し、年間施用窒素量の 70%を梅調鶏糞で代替する 70%区 (4 樹)、元肥を梅調鶏糞で施用し、年間施用窒素量の 30%を梅調鶏糞で代替する 30%区 (5 樹)、年間施肥量の全てを有機配合肥料で施用する 0%区 (4 樹) の 4 区とした。

3 年間の施肥資材および施肥量は第 3 表のとおりで、梅調鶏糞 A, C, D, E の成分は第 1 表のとおりである。なお、梅調鶏糞の肥効率を窒素 50% (2012 年のみ 60%)、リン酸 80%、カリ 90%として有効成分量を計算した。2011 年は実肥 1 を 4 月 7 日、実肥 2 を 5 月 6 日、礼肥を 7 月 7 日、元肥を 9 月 28 日に施用した。2012 年は実肥 1 を 4 月 10 日、実肥 2 を 5 月 14 日、礼肥を 6 月 27 日、元肥を 9 月 20 日に施用した。2013 年は実肥を 4 月 8 日、礼肥を 7 月 12 日、元肥を 10 月 10 日に施用した。なお、いずれの肥料、鶏糞堆肥も表面施用とした。雑草は適時刈り払い機で刈り取り、その他の栽培管理は慣行通り行った。

供試樹の樹冠外周部の土壌を 2011 年 4 月 5 日、5 月 6 日、7 月 4 日、9 月 16 日、11 月 8 日、2012 年 4 月 9 日、5 月 10 日、6 月 27 日、9 月 20 日、11 月 5 日、2013 年 4 月 5 日、6 月 14 日、10 月 7 日、11 月 28 日に採取し、常法により土壌中無機態窒素含量を測定した。毎年 11 月に採取した土壌は常法により土壌理化学性を測定した。Na 含有量は試験 2 と同じ方法で測定し、腐植含有率は CN コーダー法で測定した。土壌は各樹 1 か所から採取し、同試験区の土壌を混合した。

供試樹 1 本につき 1 側枝の着果数を 4 月下旬 (4 月 26~27 日) および 5 月下旬 (5 月 22 日~6 月 7 日) に調査し、4 月下旬の着果数に対する 4 月下旬から 5 月下旬までに落果した果実の割合を生理落果率とした。収量について、2011 年は 6 月 15 日に外周部、6 月 27 日に樹冠内部の果実を収穫し、その合計を収量とした。2012 年は 6 月 14 日、2013 年は 6 月 12 日の青果収穫適期に全果実を収穫し、全収量を求めた。2013 年の収量について、2013 年 11 月に計測した樹冠占有面積 1 m²あたりの収量

第2表 幼木試験における各試験区の年間施肥量

代替率	資材	有効成分量(g) ^z		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
100%区	梅調鶏糞E	70	136	65
	合計	70	180	98
50%区	梅調鶏糞E	36	70	34
	硫安	36	0	0
	合計	72	93	51
100%区	梅調鶏糞F	70	80	91
	合計	70	106	136
50%区	梅調鶏糞F	36	41	47
	硫安	36	0	0
	合計	72	55	71
100%区	普通鶏糞C	70	87	96
	合計	70	116	144
50%区	普通鶏糞C	36	45	50
	硫安	36	0	0
	合計	72	60	74
有機配合	有機配合肥料	72	43	52
	硫加	0	0	12
	合計	72	43	64

z: 鶏糞の肥効率を全てN:60%、P₂O₅:80%、K₂O:90%として算出した。

を求めた。

樹容積および徒長枝発生本数は、いずれの年も11月に調査した。樹容積は7かけ法〔長径×短径×(樹高-第一主枝までの高さ)×0.7〕で算出した。2011年11月の樹容積を100としたときの2013年11月の値を樹容積拡大指数とした。徒長枝発生本数は50cm以上の1年生枝本数を調査し、樹冠占有面積1㎡あたりの本数を求めた。

2013年の6月12日に収穫した2L階級の果実から平均的な果実を1樹あたり10果ずつ採取し、種を除いた果肉(果皮を含む)を10果からほぼ均等に合計約50g取り、80℃で通風乾燥した後、粉碎した。同年8月20日に中果枝の中位葉を各樹10枚ずつ採取し、11月7日に直径2mm以下の細根を採取し、11月15日に中果枝を採取した。これらを全て80℃で通風乾燥した後粉碎し、試験2の葉と同じ方法で、N、P、K、Ca、Mg、Na含有率を測定した。

試験4 ウメの耐塩性試験

原液のNaCl濃度が8.7%の梅調味廃液を用いて、NaCl濃度が8.7%(原液)、6%、4%、2%、1%となるように水で希釈した液および、NaClを用いて同じくNaCl濃度が8.7%、6%、4%、2%、1%となるよう調整したNaCl溶液を調整した。2010年9月22日に容積1Lのポリポットに播種し育成した‘南高’実生苗(約30cm)を同年11月2日にうめ研究所内温室に設置し、上記NaCl濃度に調整した梅調味廃液およびNaCl溶液を11月2日、5日、9日、12日、16日および19日に1本あたり30ml

第3表 連用試験の施用資材と施用量

	資材	施用成分量(g/樹)		
		N	P	K
2011年	実肥1 梅調鶏糞A	120	152	176
	実肥2 〃	120	152	176
	礼肥 〃	320	405	469
	元肥 梅調鶏糞C	240	25	128
	有効成分量合計 ^Z	400	587	854
100%区 2012年	実肥1 梅調鶏糞E	201	389	188
	実肥2 〃	201	389	188
	礼肥 〃	536	1,037	501
	元肥 〃	402	778	375
	有効成分量合計	804	2,074	1,127
2013年	実肥 梅調鶏糞D	480	1,075	576
	礼肥 〃	640	1,434	768
	元肥 〃	480	1,075	576
	有効成分量合計	800	2,867	1,728
2011年	実肥1 有機配合	120	120	120
	実肥2 〃	120	120	120
	礼肥 梅調鶏糞A	320	405	469
	元肥 梅調鶏糞C	240	25	128
	有効成分量合計	520	584	777
70%区 2012年	実肥1 有機配合	120	72	84
	実肥2 〃	120	72	84
	礼肥 梅調鶏糞E	536	1,037	501
	元肥 〃	402	778	375
	有効成分量合計	803	1,596	956
2013年	実肥 有機配合	240	171	171
	礼肥 梅調鶏糞D	640	1,434	768
	元肥 〃	480	1,075	576
	有効成分量合計	800	2,178	1,381
2011年	実肥1 有機配合	120	120	120
	実肥2 〃	120	120	120
	礼肥 〃	320	320	320
	元肥 梅調鶏糞C	240	25	128
	有効成分量合計	680	580	675
30%区 2012年	実肥1 有機配合	120	72	84
	実肥2 〃	120	72	84
	礼肥 〃	320	192	224
	元肥 梅調鶏糞E	402	778	375
	有効成分量合計	801	958	730
2013年	実肥 有機配合	240	171	171
	礼肥 〃	320	229	229
	元肥 梅調鶏糞D	480	1,075	576
	有効成分量合計	800	1,260	918
2011年	実肥1 有機配合	120	120	120
	実肥2 〃	120	120	120
	礼肥 〃	320	320	320
	元肥 〃	240	240	240
	有効成分量合計	800	800	800
0%区 2012年	実肥1 有機配合 硫加	120 0	72 0	84 144
	実肥2 有機配合	120	72	84
	礼肥 〃	320	192	224
	元肥 〃	240	144	168
	有効成分量合計	800	480	704
2013年	実肥 有機配合	240	171	171
	礼肥 〃	320	229	229
	元肥 〃	240	171	171
	有効成分量合計	800	571	571

Z: 鶏糞肥効率はN;50% (2012年のみ60%), P₂O₅;80%, K₂O;90%として算出した

ずつ土壤に散布した。対照として水道水区を設けた。各区5樹ずつ供試した。

新梢伸長停止日を随時調査し、12月7日に全新梢長および樹体の枯死率を調査した。12月10日に樹体を掘り上げ解体し、新梢および根の乾物重を測定した。同時に新梢、葉および根の一部を採取し、乾燥粉碎後乾式灰化(180°C2時間, 580°C5時間)により分解し、原子吸光法でナトリウム(Na)含有率を測定した。掘り上げ時に土壤を採取し、風乾土を酢酸アンモニウム溶液で抽出し原子吸光法で土壤中Na含有量を求めた。

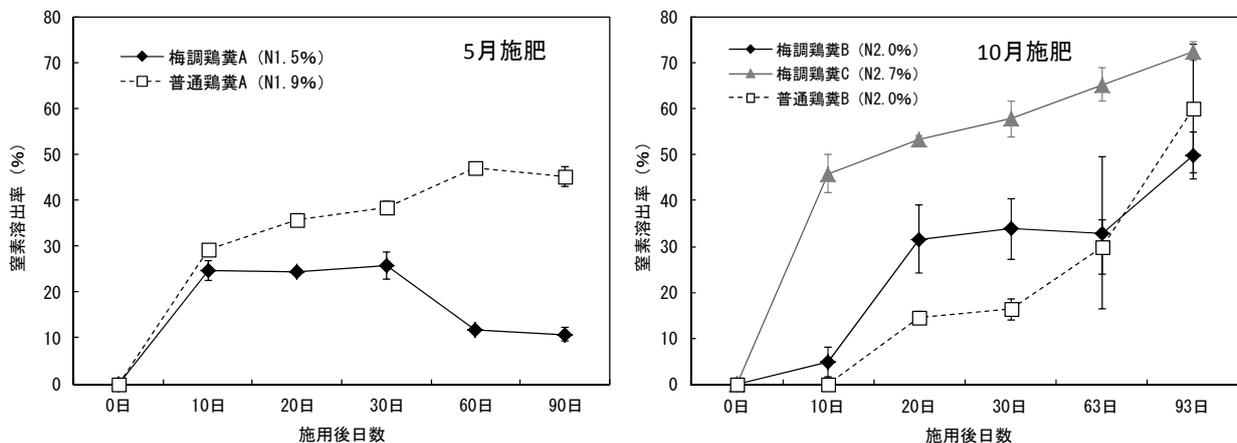
試験5 梅調鶏糞の溶脱特性

鶏糞堆肥は第1表に示した梅調鶏糞Dおよび普通鶏糞Cを供試し、梅調鶏糞D区および普通鶏糞C区の各区3反復とした。褐色森林土を充てんしたワグネルポット(1/2000a)を雨よけハウス内に設置し、20mm相当量(1L)の水道水を2012年10月4日、5日、10日にかん水した。10月12日に、乾燥させた梅調鶏糞Dを70.6g、普通鶏糞Cを75.0gずつ(窒素成分2.4g)表面施用し、10月12日、22日、11月3日に20mm相当量の水道水をかん水した。各かん水後に浸透水を採取し、硝酸イオン(NO₃⁻)およびリン酸イオン(HPO₄²⁻)濃度をイオンクロマトグラフ法(DIONEX,IC25)により測定し、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺濃度を原子吸光法で測定した。

結 果

試験1 梅調鶏糞からの窒素溶出

5月施肥では窒素の溶出は緩やかで、梅調鶏糞Aの施用30日後の溶出率は26%でその後低下し、普通鶏糞Aの30日後の溶出率は38%、90日後の溶出率は45%であった(第1図)。10月施肥では、93日後の溶出率が梅調鶏糞Bで50%、梅調鶏糞Cで73%、普通鶏糞Bで60%であった。



第1図 梅調味廃液鶏糞と完熟鶏糞の表層施用時における窒素溶出率の推移(左:5月施肥, 右:10月施肥)

注) 図中縦棒は標準誤差(n=3)を示す

試験2 幼木への施用効果

8月の葉中無機成分含有率について、有機配合区と比較して、梅調鶏糞Eは両代替区のP、Caおよび100%区のKの含有率が高かった(第4表)。梅調鶏糞Fでは両代替区のNが低く、50%区のP、100%区のKおよび両代替区のCaが高かった。普通鶏糞区では100%区のNが低く、50%区の

第4表 幼木試験における葉中無機成分含有率 (単位: 乾物%)

試験区	代替率	N	P	K	Ca	Mg	Na
梅調鶏糞E	100%区	3.19 ns ^z	0.20 **	4.49 **	1.04 *	0.42 ns	0.08 ns
	50%区	3.19 ns	0.22 *	3.82 ns	0.99 *	0.44 ns	0.10 ns
梅調鶏糞F	100%区	2.68 **	0.14 ns	4.93 **	1.11 **	0.45 ns	0.11 ns
	50%区	3.03 **	0.17 **	4.28 ns	1.04 *	0.45 ns	0.07 ns
普通鶏糞	100%区	2.82 **	0.16 ns	5.13 *	1.04 *	0.40 ns	0.09 ns
	50%区	2.91 ns	0.17 **	4.44 **	1.05 *	0.42 ns	0.09 ns
有機配合区		3.14 -	0.15 -	3.89 -	0.76 -	0.38 -	0.08 -

z: **, *はt検定によって有機配合区に対してそれぞれ1および5%水準で有意差あり, nsは有意差なし (n=4)

第5表 幼木試験における各区の樹体成長

	代替率	葉面積 (cm ²)	SPAD値	幹肥大 指数	新梢数 (本)	総新梢長 (cm)
梅調鶏糞E	100%区	16.3 ns	50.7 ns	162 ns	88 ns	4,055 ns
	50%区	15.4 ns	51.2 ns	162 ns	86 ns	4,482 ns
梅調鶏糞F	100%区	15.4 ns	44.6 **	168 ns	86 ns	3,251 **
	50%区	15.9 ns	50.2 ns	170 ns	84 ns	4,161 ns
普通鶏糞	100%区	16.2 ns	46.3 *	153 ns	88 ns	3,058 *
	50%区	16.2 ns	49.5 ns	167 ns	83 ns	4,218 ns
有機配合区		16.3 -	51.1 -	163 -	91 -	4,010 -

z: **, *はt検定によって有機配合区に対してそれぞれ1および5%水準で有意差あり, nsは有意差なし (n=4)

第6表 幼木試験における各区の器官別乾物重

	代替率	当年枝 (g)	2年枝 (g)	幹 (g)	根幹 (g)	根 (g)	地上部 (g)	地下部 (g)
梅調鶏糞E	100%区	764 ns	324 ns	149 *	205 ns	281 **	1,236 ns	485 **
	50%区	859 *	338 ns	162 ns	221 ns	463 ns	1,359 **	684 *
梅調鶏糞F	100%区	647 ns	335 ns	160 ns	241 ns	413 *	1,143 ns	654 ns
	50%区	798 ns	363 *	170 ns	243 ns	415 ns	1,331 *	658 ns
普通鶏糞	100%区	539 ns	281 ns	139 ns	161 ns	244 **	960 ns	404 **
	50%区	871 ns	368 ns	177 ns	243 ns	480 ns	1,416 ns	724 ns
有機配合区		720 -	312 -	161 -	241 -	565 -	1,193 -	806 -

z: **, *はt検定によって有機配合区に対してそれぞれ1および5%水準で有意差あり, nsは有意差なし (n=4)

第7表 幼木試験における各区の土壌理化学性

	代替率	pH	EC	無機態N	可給態リン酸	交換性塩基			Na	
		(H ₂ O)	(mS/cm)	(mg/100g乾土)	(mg/100g乾土)	CaO	MgO	K ₂ O	(mg/100g乾土)	
5月11日	梅調鶏糞E	100%区	5.37	0.11	3.9	6	64	107	28	9.0
		50%区	5.00	0.24	12.7	7	63	95	33	6.5
	梅調鶏糞F	100%区	5.64	0.10	0.7	3	65	109	31	14.5
		50%区	5.12	0.19	7.7	3	61	100	39	8.9
	普通鶏糞	100%区	5.57	0.11	1.9	2	67	113	38	8.7
		50%区	5.18	0.11	3.2	2	62	105	19	3.3
有機配合区		4.99	0.40	14.2	3	64	105	48	5.4	
10月30日	梅調鶏糞E	100%区	5.20	0.21	5.8	65	105	87	99	6.5
		50%区	4.77	0.34	1.1	39	104	85	42	7.7
	梅調鶏糞F	100%区	7.21	0.16	0.6	46	173	132	92	4.4
		50%区	5.84	0.11	0.3	25	124	79	59	4.8
	普通鶏糞	100%区	6.97	0.25	4.8	60	116	124	190	7.3
		50%区	5.25	0.35	0.2	19	119	83	60	4.8
有機配合区		4.28	0.22	8.4	26	48	30	72	1.9	

P, 両代替区の K および Ca で高かった。

葉面積は有機配合区と比較して差は見られなかった（第 5 表）。SPAD 値は、梅調鶏糞 F および普通鶏糞の 100%区で低かった。幹肥大指数および新梢数については差が見られなかったが、総新梢長は梅調鶏糞 F および普通鶏糞の 100%区で短くなった。

解体時の器官別乾物重について、梅調鶏糞 E では有機配合区と比較して 50%区の当年枝および地上部合計重で重く、100%区の幹、根および両代替区の地下部合計重で軽かった（第 6 表）。梅調鶏糞 F では 50%区の 2 年枝および地上部合計重で重く、100%区の根で軽かった。普通鶏糞では 100%区の根および地下部で軽かった。

土壤理化学性について、pH はいずれの鶏糞区においても有機配合区より高く、50%区に比べて 100%区が高かった（第 7 表）。無機態窒素含有量はいずれの鶏糞区においても有機配合区より少ない傾向であり、5 月では 50%区で多くなる傾向であったが、10 月では 100%区で多くなる傾向であった。可給態リン酸は 5 月では処理による差はみられなかったが、10 月ではいずれの鶏糞区でも 100%区が 50%区および有機配合区より高かった。交換性塩基類は 5 月ではいずれの鶏糞区も有機配合区と大きな差はなかったが、10 月では交換性石灰と交換性苦土で有機配合区より鶏糞区が高い傾向となった。Na は 5 月では代替率が高いほど多くなる傾向であった。10 月ではいずれの鶏糞区も有機配合区より高かったが、代替率の違いによる傾向は見られなかった。

試験 3 成木への連年施用効果

土壤理化学性について、pH は 100%区および 70%区が高くなる傾向であった（第 8 表）。可給態リン酸は 2012 年から 30~100%区が 0%区に比べて高くなる傾向を示し、100%区は 2012 年以降、30%区は 2013 年に 50mg/100g 以上となった。交換性石灰含量は代替率が高い区ほど高くなる傾向を示し、2013 年の 100%区で最も高く 246mg/100g であった。Na は 0%区に比べて梅調鶏糞を施用した区で高い傾向を示し、最も多い 2011 年の 100%区で 6.9mg/100g であった。連用 3 年目における腐植含有率は 0%区に比べて梅調鶏糞を施用した区で高くなり、30%区で 3.0%と最も高くなった。無機態窒素含量は、試験区間に明確な差は見られなかった（第 2 図）。

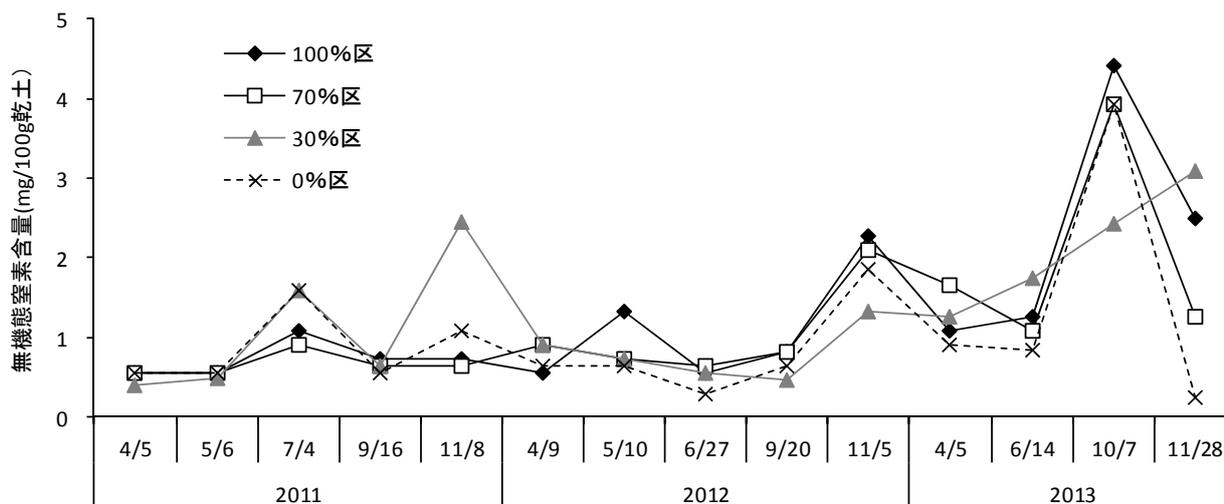
4 月下旬からの生理落果率は 0%区と比較して差は見られなかった（第 9 表）。1 樹あたり収量は 2011 年および 2012 年では 0%区と比べて差はなく、2013 年は 30%区が 0%区より少なかったが、樹冠占有面積あたり収量では差が認められなかった。

第 8 表 連用試験における土壤理化学性の推移

		pH (H ₂ O)	可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	交換性塩基 (mg/100g 乾土)			Na (mg/100g 乾土)	腐植 (%)
				CaO	MgO	K ₂ O		
2011年	100%区	6.28	7	158	71	36	6.9	
	70%区	6.72	22	190	68	32	2.9	
	30%区	5.96	29	187	70	39	2.4	
	0%区	5.84	9	130	76	33	1.1	
2012年	100%区	5.88	78	186	68	51	4.1	
	70%区	5.77	45	166	56	58	3.5	
	30%区	5.53	34	171	48	35	1.5	
	0%区	5.18	29	151	59	36	2.4	
2013年	100%区	6.50	84	246	69	45	6.1	2.4
	70%区	6.13	46	198	58	35	5.4	1.8
	30%区	5.30	57	201	50	47	5.4	3.0
	0%区	5.71	10	116	69	18	1.7	0.8

樹容積は2010年では70%区が、2011年では100%区が0%区に比べて小さかったが、2013年には差が見られず、2010年から2013年にかけての樹容積拡大指数は100%区および70%区が0%区に比べて大きかった(第10表)。徒長枝発生本数は2011年では100%区および70%区が0%区に比べて少なかったが、2012年以降は差が見られなかった。

連用3年目における果実および葉中無機成分含有率はいずれの成分においても0%区と比較して差が見られなかった(第11表)。細根では100%区および70%区のN含有率と100%区のMg含有率が0%区より高かった。中果枝では100%区および70%区のN含有率と30%区のNa含有率が0%区より高かった。



第2図 連用試験における土壌中無機態窒素含量の推移

第9表 連用試験における生理落果率と収量

	生理落果率 ^z (%)			収量 (kg/樹)			収量 (kg/m ²) ^y
	2011年	2012年	2013年	2011年	2012年	2013年	2013年
100%区	33 ns ^x	19 ns	42 ns	10.9 ns	12.5 ns	28.4 ns	1.1 ns
70%区	30 ns	10 ns	31 ns	9.5 ns	11.0 ns	30.6 ns	1.3 ns
30%区	19 ns	22 ns	30 ns	10.2 ns	12.8 ns	26.0 *	1.1 ns
0%区	34 -	17 -	33 -	12.4 -	14.8 -	32.8 -	1.3 -

z: 4月下旬の着果数のうち5月下旬までに落果した果数の割合

y: 樹冠占有面積1m²あたり収量

x: *はt検定によって0%区に対して5%水準で有意差あり, nsは有意差なし(n=4~5)

第10表 連用試験における樹容積の拡大と徒長枝発生本数

	樹容積(m ³) ^z			樹容積 拡大指数 ^y	徒長枝発生本数(本/m ²) ^x		
	2010	2011	2013		2011	2012	2013
100%区	30 ns ^w	42 *	75 ns	255 *	3.3 *	13.4 ns	8.5 ns
70%区	23 **	44 ns	71 ns	315 *	3.8 *	12.6 ns	8.3 ns
30%区	35 ns	48 ns	68 ns	205 ns	7.4 ns	12.6 ns	7.8 ns
0%区	42 -	59 -	79 -	190 -	6.4 -	13.0 -	8.5 -

z: それぞれの年の11月に測定

y: 2010年11月の樹容積を100としたときの2013年11月の値

x: 樹冠占有面積1m²あたりの50cm以上の新梢発生本数

w: **, *はt検定によって0%区に対してそれぞれ1および5%水準で有意差あり, nsは有意差なし(n=4~5)

第11表 連用試験における器官中無機成分含有率^z (単位：%)

		N	P	K	Ca	Mg	Na
果実	100%区	1.72 ns ^y	0.28 ns	3.00 ns	0.08 ns	0.11 ns	0.066 ns
	70%区	1.64 ns	0.28 ns	3.11 ns	0.08 ns	0.11 ns	0.050 ns
	30%区	1.77 ns	0.29 ns	3.09 ns	0.07 ns	0.11 ns	0.068 ns
	0%区	1.72 -	0.29 -	3.03 -	0.07 -	0.12 -	0.050 -
葉	100%区	2.52 ns	0.14 ns	4.70 ns	1.86 ns	0.39 ns	0.074 ns
	70%区	2.56 ns	0.14 ns	4.70 ns	1.86 ns	0.38 ns	0.076 ns
	30%区	2.54 ns	0.15 ns	4.64 ns	1.79 ns	0.40 ns	0.078 ns
	0%区	2.51 -	0.14 -	4.45 -	1.69 -	0.40 -	0.086 -
細根	100%区	2.52 *	0.34 ns	0.30 ns	0.38 ns	0.12 **	0.060 ns
	70%区	2.47 *	0.31 ns	0.27 ns	0.30 ns	0.09 ns	0.038 ns
	30%区	2.46 ns	0.31 ns	0.26 ns	0.33 ns	0.09 ns	0.044 ns
	0%区	2.07 -	0.29 -	0.29 -	0.28 -	0.08 -	0.037 -
中果枝	100%区	2.54 **	0.32 ns	0.65 ns	1.94 ns	0.37 ns	0.043 ns
	70%区	2.28 *	0.29 ns	0.63 ns	2.03 ns	0.35 ns	0.056 ns
	30%区	2.20 ns	0.29 ns	0.57 ns	1.85 ns	0.34 ns	0.061 *
	0%区	2.06 -	0.29 -	0.59 -	1.92 -	0.39 -	0.045 -

z：いずれも2013年（連用3年目）の、果実は6月12日、葉は8月20日、細根は11月7日、中果枝は11月15日採取

y：**、*はt検定によって0%区に対してそれぞれ1および5%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=4~5)

試験4 ウメの耐塩性試験

新梢伸長停止日数は梅調味廃液 8.7%区、6%区および4%区で22日、NaCl溶液 8.7%区で7日、6%区で14日、4%区で22日であった。一方、梅調味廃液 2および1%区、NaCl溶液 2区および1%区および水道水区では調査終了時まで新梢伸長は停止しなかった（第12表）。新梢長は、水道水区に比べて梅調味廃液とNaCl溶液の8.7%区、6%区および4%区で短くなった。枯死率は、梅調味廃液 8.7%区で80%、NaCl溶液 8.7区および6%区で100%、4%区で40%であった。

解体時の乾物重は、新梢、根ともに水道水区と比べて他のいずれの区も軽く、塩分濃度が濃いほど軽い傾向であった（第3図）。同じ塩分濃度の梅調味廃液とNaCl溶液を比較すると、新梢は同程度であったが根は梅調味廃液区で重い傾向であった。

器官別Na濃度は、水道水区と比べて他のいずれの区も高く、塩分濃度が濃いほど高い傾向であった（第4図）。同じ塩分濃度で梅調味廃液とNaCl溶液を比較すると、根は同程度の濃度であったが新梢と葉はNaCl溶液各区で高い傾向であった。

土壌中のNa含有量は、水道水区と比べて他のいずれの区も高く、塩分濃度が濃いほど多くなった（第5図）。同じ塩分濃度で梅調味廃液とNaCl溶液を比較すると、梅調味廃液各区で含有量が多い傾向であった。

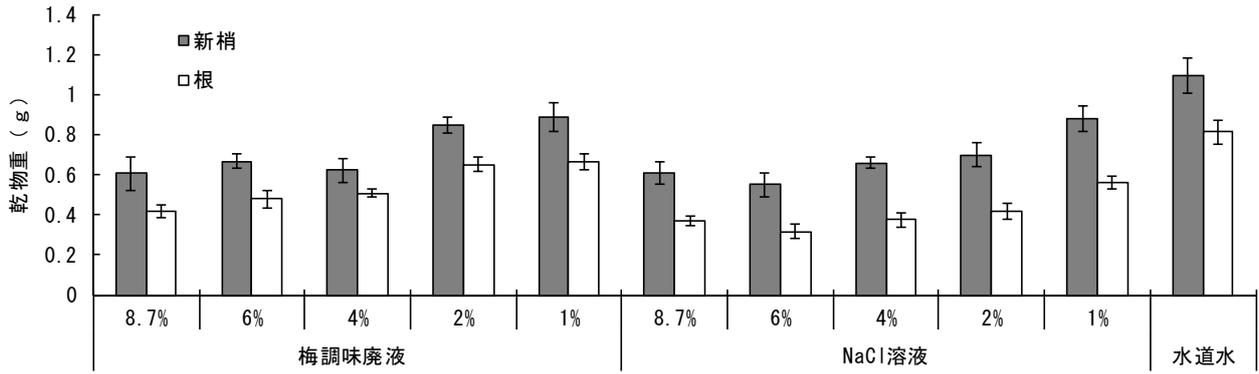
第12表 濃度の異なる梅調味廃液、NaCl溶液散布と樹体成長

		新梢伸長 停止日数 ^z (日)	新梢長 (cm)	枯死率 ^y (%)
梅調味廃液	8.7%区	22	34.6 ** ^x	80
	6%区	22	38.2 *	0
	4%区	22	35.6 **	0
	2%区	—	42.2 ns	0
	1%区	—	43.2 ns	0
NaCl溶液	8.7%区	7	32.8 **	100
	6%区	14	33.6 **	100
	4%区	22	38.2 *	40
	2%区	—	39.4 ns	0
	1%区	—	43.0 ns	0
水道水区	—	—	48.4 —	0

z：11月2日（試験開始日）から新梢の伸長が停止した日までの日数

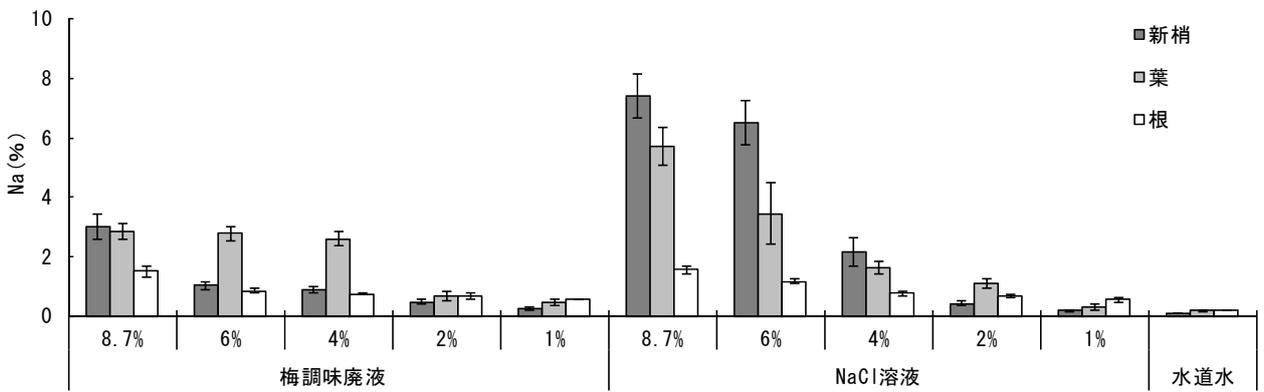
y：12月7日時点での枯死した個体の割合

x：t検定により、**は1%水準、*は5%水準で水道水区に対して有意差があること、nsは有意差なしを示す(n=3)



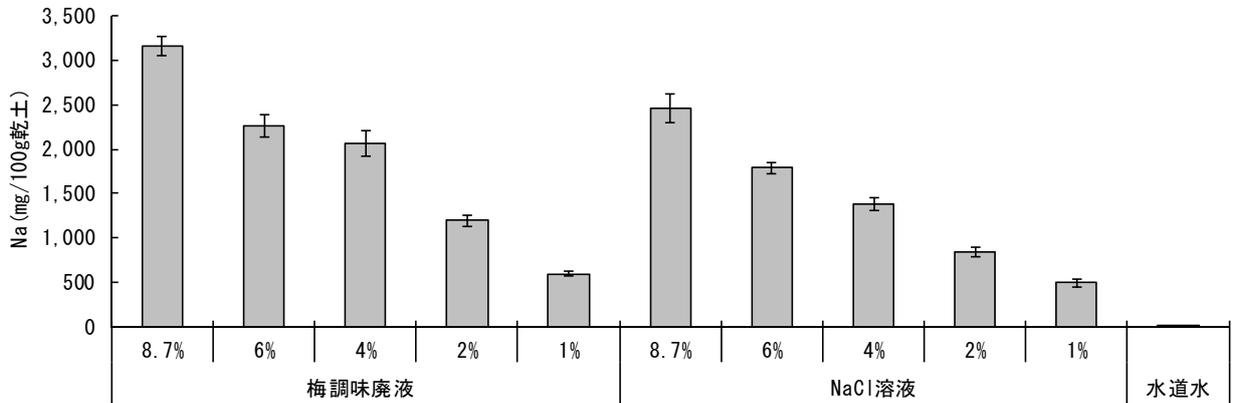
第3図 濃度の異なる梅調味廃液およびNaCl溶液散布と器官別乾物重

注) 図中縦棒は標準誤差(n=5)を示す



第4図 濃度の異なる梅調味廃液およびNaCl溶液散布と器官中Na濃度

注) 図中縦棒は標準誤差(n=5)を示す

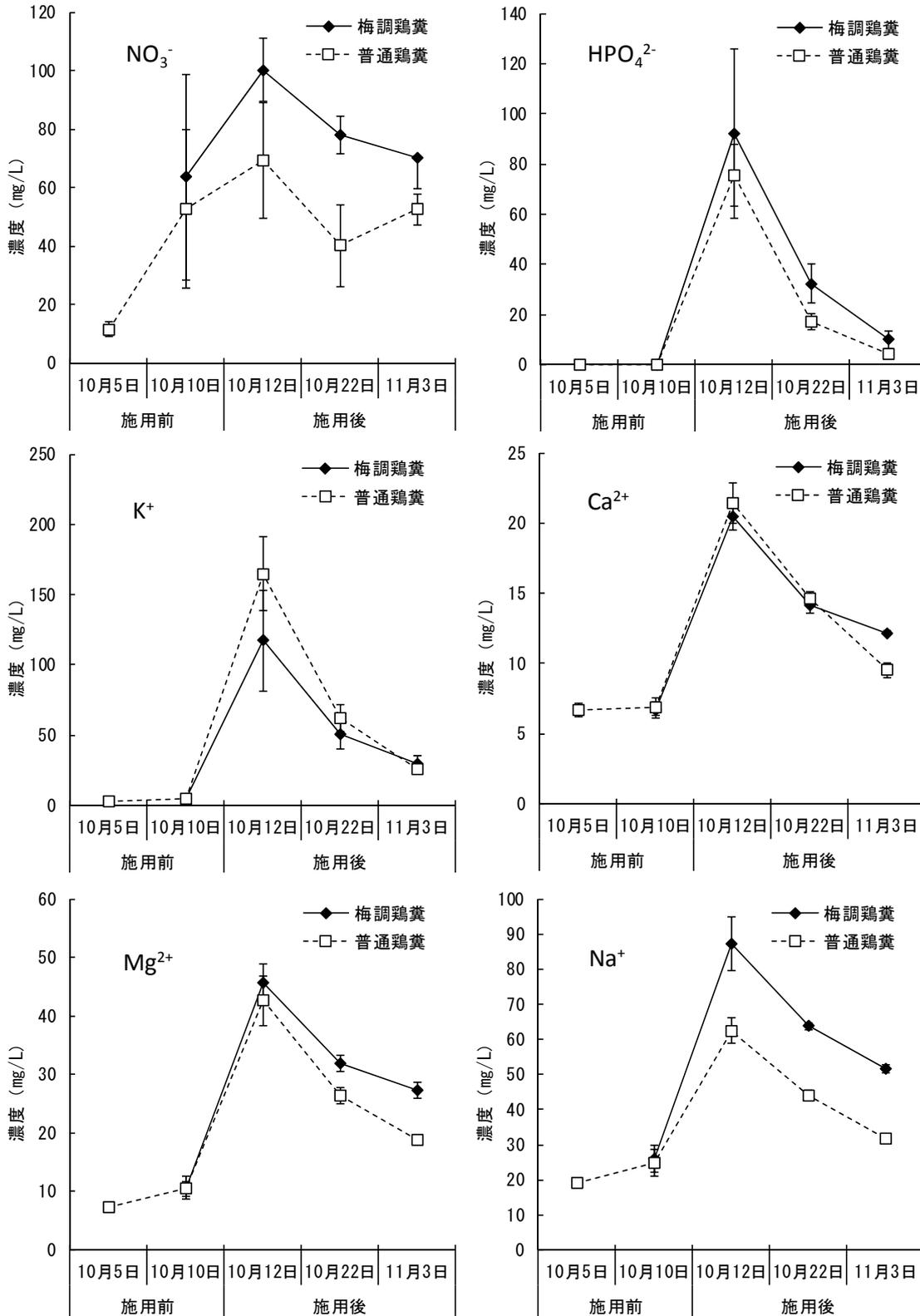


第5図 濃度の異なる梅調味廃液およびNaCl溶液散布と土壌中Na含有量

注) 図中縦棒は標準誤差(n=5)を示す

試験5 梅調鶏糞の溶脱特性

浸透水への溶脱濃度について、 NO_3^- 、 HPO_4^{2-} 、 Mg^{2+} および Na^+ は普通鶏糞に比べて梅調鶏糞が高い傾向で、 K^+ は普通鶏糞に比べて梅調鶏糞が低い傾向であった(第6図)。 Ca^{2+} については差が小さかった。いずれも施用直後に最も高く、その後低下した。



第6図 鶏糞施用による地下水への肥料成分の溶脱濃度の推移

注) 図中縦棒は標準誤差(n=3)を示す

考 察

1 ウメの耐塩性

梅調味廃液中のNaCl濃度が2%以下となるよう希釈した液では新梢長への影響が見られなかったが、4%より濃い液では新梢長が短くなり、早期に新梢伸長が停止した。NaCl溶液でも2%以下では新梢長への影響は見られなかったが、4%より濃い液では新梢長が短くなった。梅調味廃液に比べてNaCl溶液の方が新梢への影響が早く出て、枯死率も高く、樹体中のNa濃度から、梅調味廃液を散布した場合、同じNaCl濃度であってもNaの吸収が抑えられていることがわかる。これは、機構は不明であるが梅調味廃液に含まれる還元糖やクエン酸などが関与したと推測され、そのため梅調味廃液がNaCl溶液より樹体への影響が小さかったと考えられた。また、NaCl溶液では新梢中のNa濃度が高かったが、梅調味廃液では新梢より葉のNa濃度が高く、特に新梢への吸収が抑えられたことがわかった。NaCl濃度2%以下では新梢伸長への影響は認められなかったが、新梢および根の重さは水道水区に比べて小さかったことから、NaCl濃度は低いほどウメ樹体への影響は小さいといえる。総合的に判断して、土壌中のNa含有量が1,000mg/100g乾土以上になると、樹体に影響が出やすいと考えられた。

2 梅調鶏糞の窒素溶出・溶脱特性

鶏糞堆肥を施用する際に肥料成分の肥効率を参考にして施用量を計算する必要がある。鶏糞堆肥の肥効率の目安として、当県ではリン酸80%、カリ90%とし、窒素は全窒素含有率により分けており現物あたり全窒素含有率が1%未満であれば20%、1~2%であれば50%、2%以上であれば60%としている（和歌山県農林水産部，2011）。しかし、鶏糞堆肥の窒素肥効はバラつきが大きいことから、梅調鶏糞の窒素溶出率を調査した。その結果から、普通鶏糞と梅調鶏糞の違いや施肥時期の違いによる影響より、鶏糞の窒素含有率の影響が大きいと判断された。現物あたり窒素含有率が2.7%の梅調鶏糞における90日後の窒素溶出率は73%と高く、2.0%では梅調鶏糞、普通鶏糞ともに50%前後であり、1.5%の梅調鶏糞では30%に満たなかった。このことから、梅調鶏糞の窒素肥効率も一般の鶏糞堆肥の肥効率の目安を用いて問題ないが、現物あたり窒素含有率が3%以上の場合の窒素肥効率は70%としてもよいと思われた。

溶脱特性については、供試した梅調鶏糞の成分含有率が普通鶏糞より高かったN、 P_2O_5 、Naでは梅調鶏糞の溶脱濃度がやや高く、普通鶏糞より低かったKでは梅調鶏糞の溶脱濃度がやや低かったことから、鶏糞中の成分濃度の高低が溶脱濃度に影響するが、梅調鶏糞の溶脱特性は普通鶏糞と大きく違わないと考えられた。いずれの成分も施肥直後に高い濃度で溶脱するため、これを抑制するためにはウメの根の活性が低い低温期に施用することは避けた方がよいと考えられた。

3 ウメへの施用効果

ウメへの施肥量は、和歌山県の施肥基準では年間成分量で10aあたり窒素25kg、リン酸14kg、加里22kgである。鶏糞堆肥はリン酸および加里の含有率が高いため、基準施肥量を超えないよう施肥量を設定すると年間施肥窒素量の50%程度しか代替できない。今回の試験は、窒素量を梅調鶏糞で代替した場合の影響を確認するため、リン酸および加里の基準施肥量を超える施肥量で試験を行った。

3年生幼木への単年度施用試験では全てを鶏糞で施用する100%代替区と、窒素施用量の50%を

鶏糞で施用し、残りの50%を硫酸で施用する50%代替区を設けた。100%区はもちろん、50%区も有機配合区と比較してリン酸および加里の施肥量は多くなった。その結果、土壤中の可給態リン酸および交換性加里は特に100%区で高くなり、葉中P含有率およびK含有率も高くなった。鶏糞には石灰も3%程度含まれており、そのため土壤中交換性石灰含量は高まり、土壌pHも有機配合区より高くなり、施用1年目では低かったpHが2年後にはウメの適正pH範囲である6.0~7.0（和歌山県農林水産部，2011）に近づいた。葉中Ca含有率も高くなった。一方、窒素については、土壤中無機態窒素は5月、10月のいずれにおいても鶏糞を施用した区で少なくなり、特にN含有率2.4%の梅調鶏糞Fおよび2.3%の普通鶏糞Cを施用した区は葉中N含有率も低かった。梅調鶏糞Eは葉中N含有率が有機配合区と同程度であったが、これはN含有率が3.0%と比較的高かったことから肥効率が高かったためと推測される。葉のSPAD値も梅調鶏糞Fおよび普通鶏糞の100%区で低くなり、総新梢長も短かったことや、全ての鶏糞100%代替区で根重が小さくなったことから、樹齢3年程度の幼木の場合は施肥の全量を鶏糞で施用すると樹体成長が劣る可能性があることがわかった。代替率50%では、地下部重がやや小さくなる可能性があるが、地上部の生育は同等以上であったことから、50%の代替率での施用は問題ないと考えられた。Naについては、土壤中のNa含量が梅調鶏糞と普通鶏糞で同程度であったこと、葉中Na含有率が有機配合区との間に差が見られなかったことから、梅調味廃液添加により増加したNaによる影響はないと判断された。

11~13年生の成木へ3年間連用した試験においても、代替率が高いほどリン酸および加里の施肥量は多くなった。その結果土壤中の可給態リン酸含量は100%区でウメの土壌診断基準である10~50mg/100g（和歌山県農林水産部，2011）を超え、交換性加里含量も鶏糞を連用した区は0%区より多くなったが、果実、葉、細根および中果枝中のPおよびK含有率には影響が認められなかった。しかし、リン酸は土壤中でも生体内でも陽イオンと結合し難溶性の化合物を形成するため、土壤中リン酸が過剰になると鉄などの欠乏を引き起こす可能性があり（渡辺，1986）、マンガン欠乏症の発生を助長するおそれもある（林ら，2010）。また、Kが過剰になると拮抗阻害によりCaやMgの吸収を妨げる（亀和田，1998）ことから、鶏糞の施肥量は土壌の可給態リン酸や交換性加里を過剰にしない量に留める必要がある。

Caについて、連用試験においても鶏糞に含まれるCaの影響で、土壤中の交換性石灰含量は増加し、代替率が高いほどpHは適正範囲に近づいた。ウメはCaを多く吸収する植物であり（渡辺，1987；岡室ら，2013）、Caを多く含む鶏糞はウメに適しているといえる。こちらでも土壌のpHが高い園では施用を控える必要があるが、pHが低い園では鶏糞の施用により石灰資材の施用を削減できると考えられた。なお、本試験を行った園の土壌は交換性石灰が不足傾向であり、3年間100%代替率で鶏糞を施用しても土壤中交換性石灰含量は基準値の252mg/100g（和歌山県農林水産部，2011）に達しなかった。

鶏糞にはMgも約1%含まれているが、土壤中の交換性Mg含量の蓄積は見られなかった。Naについても、土壤中Na含量は0%区に比べるとやや高くなるものの、試験4で得られた1,000mg/100gの値に比べて大変小さかったことや、連用による蓄積は見られなかったこと、果実、葉、細根および中果枝中Na含有率も30%区の中果枝を除いて全て影響が認められなかったことから、梅調鶏糞を連用してもNaの影響は受けないと判断された。

土壤中無機態窒素含量は代替率による明確な差が見られなかったが、連用3年目の細根および中果枝中N含有率は、代替率が高いほど高くなった。これは、本試験は鶏糞の窒素肥効率を50~60%で計算したが、実際は2年目以降前年度に利用されなかったNが徐々に供給される（上菌ら，2004）

ことから、連用が重なるにつれ実際に供給された N 量は代替率が高いほど多くなったためと推察された。

鶏糞で代替しても、生理落果率に影響は見られず、樹冠占有面積あたり収量で差がなかったことから、収量にも影響がなかったといえる。樹容積も連用 1~2 年目は鶏糞施用区で小さい区が見られたが連用 3 年目には差がなくなり、その結果、樹容積の拡大は 70% 区および 100% 区が優れた。これも連用により窒素供給量が増加したためと考えられた。徒長枝発生本数も 2 年目以降差がなかったことから、樹体成長に必要な N は有機配合肥料と同程度に供給できたと考えられた。

以上のことから、成木の場合は代替率 100%、70%、30%のいずれにおいても、窒素肥効率を 50~60%として計算した量を施用すると、3 年連用してもウメ樹体の生育や果実への影響は見られなかった。ただし、土壌中の P、K、Ca の増加が確認された。鶏糞堆肥の連用により全窒素、可給態リン酸、交換性苦土、交換性加里が増加することは報告されており（水口ら、2007；村上・畔柳、2009）、土壌中の養分の蓄積やアンバランス化への注意が喚起されている。したがって、養分を過剰に蓄積させない適当な施用量を守ることが重要である。

今回の連用試験では、70% 区や 30% 区で鶏糞以外の肥料として、0% 区と同じ有機配合肥料を用いた。そのため、30% 区であってもリン酸や加里の施用量は 0% 区より多くなったが、硫酸などを用いてリン酸や加里の施用量を減らすことは可能である。

ここで、鶏糞堆肥を肥料として施用する場合の適当な施用量について考えてみたい。連用試験の結果から、K は土壌への顕著な蓄積は見られなかったが、P は蓄積が見られたことから、P を制限要因として検討する。土壌中の P は連用の 30% 区で増加し、0% 区は増加しなかった。30% 区の P 施用量は 0% 区の約 2 倍あり、過剰であると考えられた。リン酸を過剰に蓄積させない上限施用量は、今回の試験では正確にはわからないが、現在のところウメの施肥基準量を目安とするのが安全であると考えられる。県の指針ではリン酸の施肥基準量は 14kg/10a である。よって、現物あたり成分%が N-P-K=3.0-2.4-2.2 の梅調鶏糞の場合、肥効率を N70%、P80%、K90%で計算すると、リン酸がウメの施肥基準量を超えない上限は 10a あたり 729kg である。これで全 N 施用量 25kg/10a の 61%を代替できる。鶏糞により成分含有率に幅があることを考慮し、幼木試験での結果からも鶏糞の代替率は全 N の 50%以下とするのが適当と考えられた。ただし、鶏糞堆肥を連用する場合、土壌診断を適宜実施し土壌中の肥料成分蓄積状態に応じて施肥量を調整する必要があると考えられた。

摘 要

1. NaCl 濃度 4%以上の梅調味廃液希釈液をウメに散布すると新梢伸長に影響が現れ、土壌中の Na 含有量が 1,000mg/100g 土以上で、樹体に影響が出た。
2. 梅調味廃液添加鶏糞堆肥の窒素肥効率は、現物あたり窒素含有率が 1~2%であれば 50%、2~3%であれば 60%、3%以上であれば 70%が適当と考えられた。
3. 梅調味廃液添加鶏糞堆肥からの肥料成分の溶脱は、施肥直後に多かった。
4. ウメ幼木では、施肥を全て梅調味廃液添加鶏糞堆肥とすると葉中 N 含有率が低下し樹体成長が劣った。施肥窒素量の 50%を梅調味廃液添加鶏糞堆肥で代替すれば生育に問題はなかった。
5. ウメ成木に、施肥窒素量の 30%、70%、100%を梅調味廃液添加鶏糞堆肥で代替して 3 年間連用してもウメの生育には影響が見られなかったが、代替率が高いほど土壌中の可給態リン酸、交換性加里、交換性石灰の含量が増加し、P および K 過剰による障害発生の恐れがある。

6. 梅調味廃液添加鶏糞堆肥施用により土壌 pH が高まり、代替率が高いほど適正範囲に近づいた。
7. これらの結果から、梅調味廃液添加鶏糞堆肥を施用する場合の代替率は 50% を上限とするのが適当と考えられた。

引用文献

- 林 恭弘・久田紀夫・橋本真穂・森下年紀・和中 学・堀田宗幹・中島康晴・井上博仁・橋本博史.
2010. モモ‘白鳳’葉のマンガン欠乏症. 平成 21 年度和歌山県農林水産総合技術センタ研究成果情報.
報.
- 亀和田國彦. 1998. 診断の基本. 調査・分析項目の意味と診断. 交換性カリウム. P141-142. 農業
技術大系. 土壌施肥編 4. 農山漁村文化協会. 東京.
- 水口晶子・小川 仁・梯 美仁. 2007. おがくず鶏糞堆肥連用時の土壌への影響と水稻－ハウレン
ソウ体系での適正施用量. 徳島農研報. 4. 7-16.
- 村上弘治・畔柳有希子. 2009. キャベツ栽培圃場における家畜ふん堆肥の多投入が土壌養分環境に
及ぼす影響. 野菜茶業研究所研究報告. 8. 139-156.
- 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.
- 上藺一郎・長友 誠・上之藺 茂・中園充紀・上村幸廣. 2004. ¹⁵N トレーサー法による家畜ふん
堆肥由来窒素の動態解析. 鹿児島農試研報. 79. 37-44.
- 和歌山県農林水産部. 2011, 土壌肥料対策指針 (改訂版). P63, P137-147.
- 渡辺和彦. 1986. 診断の実際. 各種生理障害の診断と対策. リン酸の欠乏症と過剰症. P344-345.
農業技術大系. 土壌施肥編 4. 農山漁村文化協会. 東京.
- 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.

ウメ‘南高’における実肥施肥時期が果実の熟度と樹体栄養に及ぼす影響

岡室美絵子・城村徳明¹

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effect of Spring Fertilizer Application Time on the Maturity of Japanese Apricot ‘Nanko’ Fruit and Nutrient Status in the Tree

Mieko Okamuro and Noriaki Jomura¹

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、2014年の収穫量は71,400tで、全国生産量の64%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～中旬頃に樹上果実を収穫する青果収穫と、梅干し加工用として6月中旬～7月中旬頃に完熟し落果した果実を収穫する完熟果収穫の2タイプが主体であり、前者は収穫量の約20%を占めている。青果収穫果実は早期に収穫するほど販売価格が高く農家所得が向上する。

一般に果樹において窒素が欠乏すると果実の熟期が早くなり、反対に過剰になると果実の熟期は遅くなるとされており（福元，2002），ウメにおいても4年間無施用とした場合，熟期が早まることが報告されている（大江ら，2014）。しかし，年間を通じて無施肥で管理すると樹勢低下を誘発する恐れがあるため，実用可能で収穫期を早める施肥技術が求められている。これまでに，実肥の窒素施肥量を無施肥，標準および多施肥として比較したが，果実の熟期への影響はないことが報告されている（城村ら，2014）。

本試験では，実肥施肥時期を早めることで果実肥大期後半の肥料の遅効きを回避し，果実の熟期を早めることが可能であるか否かについても検討を行った。

和歌山県のウメの施肥基準では，実肥を2回に分けて施用することになっており，1回目は4月上中旬に年間窒素施肥量の15%相当量を，2回目は5月上中旬に同じく15%相当量を施用することが奨励されている（和歌山県農林水産部，2011）。この，4・5月施肥を基準として，施肥量は変えずに施肥時期を3・4月および2・3月と早めた場合の，果実の熟度への影響を4年間にわたり調査した。また，樹体栄養への影響を調査し，最も効果的な実肥の施肥時期についても検討したので報告する。

材料および方法

¹現在：経営支援課

2009年2月から、うめ研究所内平坦園（褐色森林土）に植栽の‘南高’8年生樹を供試して4年間試験を行った。試験区は、実肥を2月中旬および3月中旬に施用する「2・3月区」、3月中旬および4月中旬に施用する「3・4月区」、4月中旬および5月中旬に施用する「4・5月区」の3区とし、各区3樹ずつ供試した。

4年間の施肥量および施肥日は第1表のとおりで、実肥はN-P-K成分%が7-4-7、有機率82%のペレット状有機配合肥料を用い、礼肥および元肥は一般的な有機配合肥料あるいは有機化成肥料を用いた。2009年2月に消石灰を

60kg/10a施用し、それ以降は石灰質資材を施用しなかった。2010年9月に牛糞おがくず堆肥を40L/樹施用した。なお、いずれの肥料、消石灰および堆肥も表面施用とした。その他の栽培管理は慣行通り行った。試験園には授粉樹として‘小粒南高’が植栽されており、供試樹と授粉樹との距離は第2表のとおりであった。

供試樹の樹冠外周部の土壌を2009年4月13日、5月29日、6月26日、7月31日、2010年2月17日、3月12日、4月15日、5月11日、6月22日、11月11日、2011年3月14日、4月5日、4月13日、5月16日、7月4日、2012年2月16日、3月27日、4月13日、5月10日、6月26日、11月6日に採取し、常法により土壌理化学性を測定した。土壌は各樹の樹冠外周部1か所から、各区合計3か所の土壌を採取し、混合した。土壌採取日と施肥日が同じである場合は、土壌採取後に施肥した。

供試樹1本につき1側枝の節数を1月末に、着果数を3月下旬、4月下旬および5月下旬に調査し、3月下旬の着果数に対する3月下旬から4月下旬までに落果した果実数の割合を第1次生理落果率、4月下旬の着果数に対する4月下旬から5月下旬までに落果した果実の割合を第2次生理落果率（大坪，1995）とした。

果実の収穫は、2009年は6月12日、2010年は6月15日、2012年は6月13日の青果収穫適期に全果実を収穫し、全収量を求めた。2011年は6月21日に外周部、6月30日に樹冠内部の果実を収穫し、その合計を収量とした。ウメは授粉樹との距離が近いほど結実が良好となる（宮原，1995）ことから、うめ研究所で授粉樹からの距離と収量の関係を樹齢別に調査した結果

得られた回帰式（岡室ら，2013）を用いて、それぞれの樹の収量を授粉樹からの距離が4mの場合

第1表 成分施肥量と施肥日

		成分施用量(g/樹)			施肥日		
		N	P	K	2・3月区	3・4月区	4・5月区
2009	実肥1	60	34	60	2/18	3/12	4/13
	実肥2	60	34	60	3/12	4/13	5/12
	礼肥	160	137	114	←	6/26	→
	元肥	120	103	86	←	9/17	→
	計	400	309	320			
2010	実肥1	90	51	90	2/17	3/12	4/15
	実肥2	90	51	90	3/12	4/15	5/11
	礼肥	240	240	120	←	6/22	→
	元肥	180	180	90	←	9/14	→
	計	600	523	390			
2011	実肥1	120	69	120	}3/15	3/15	4/15
	実肥2	120	69	120		4/15	5/16
	礼肥	320	320	160	←	7/5	→
	元肥	240	240	120	←	9/22	→
	計	800	698	520			
2012	実肥1	120	69	120	2/16	}4/13	4/13
	実肥2	120	69	120	4/13		5/16
	礼肥	320	320	320	←	7/10	→
	元肥	240	240	240	←	9/11	→
	計	800	698	520			

第2表 供試樹の授粉樹からの距離

区	樹No.	授粉樹からの距離(m)
2・3月	①	11.9
	②	9.7
	③	8.8
	平均	10.1
3・4月	①	8.0
	②	4.0
	③	4.0
	平均	5.3
4・5月	①	4.0
	②	4.0
	③	8.0
	平均	5.3

の収量に補正した補正収量を試算した。すなわち、授粉樹からの実際の距離を x 、実際の 1 樹あたり収量を y として得られた $y=ax+b$ (a は傾き, b は切片) の回帰式において、傾き a を 2009 年は -0.364, 2010 年は -0.570, 2011 年は -0.722, 2012 年は -1.841 として、切片を $b=y-ax$ で求め、補正収量 $=a \times 4 + b$ で求めた。

収穫果実から、2L 階級の果実を 2009 年は 5 果ずつ、2010 年以降は 10 果ずつ採取し、果実熟度の指標である毛じの抜け具合、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, COMPACK100) を用い、60mm/min の速度で 1mm 貫入する時の最大負荷を測定した。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、同じ果実 5 果および 10 果から種を除いた果肉 (果皮を含む) をほぼ均等に約 50g 取り、80°C で通風乾燥した後、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°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, Mg は原子吸光法で測定した。

2009 年 6 月 2 日, 8 月 11 日, 2010 年 8 月 3 日, 2011 年 8 月 11 日, 2012 年 6 月 6 日, 8 月 2 日に中果枝 (10~20cm) の中位葉を各樹 10 枚ずつ採取し、80°C で通風乾燥した後粉碎し、葉中無機成分含有率を上記の方法で測定した。2010 年および 2011 年 8 月に採取した葉は自動面積計 (林電工株式会社, AAM-8) で葉面積を測定した。

徒長枝発生本数、幹周および樹容積は、いずれの年も 11 月中旬に調査した。幹周は 2009 年 1 月にも調査した。徒長枝発生本数は、2009 年は 100cm 以上、2010 年以降は 50cm 以上の基部が木化した 1 年生枝本数を調査し、樹冠占有面積 1 m² あたりの本数を求めた。幹周は地上から 15cm 上部分で測定し、2009 年 1 月の幹周を 100 としたときの指数で幹周肥大指数を示した。樹容積拡大指数は、2008 年 11 月の樹容積を 100 としたときの指数で示した。

結 果

土壤理化学性について、pH, EC, 可給態リン酸, 交換性石灰, 交換性苦土および交換性カリは、試験期間を通じて試験区間に明確な違いは見られなかった (第 3 表)。無機態窒素含量は、2009 年の 3・4 月区および 4・5 月区, 2010 年の 4・5 月区において、2 度目の実肥施用から約 1 ヶ月後に増加が確認された (第 1 図)。2011 年は 2・3 月区, 2012 年は 3・4 月区において実肥施肥後に含有量の増加が確認されたが、増加後直ちに減少に転じた。

生理落果率について、2011 年の第 1 次生理落果率は 2・3 月区および 3・4 月区が 4・5 月区に比べて高かった (第 4 表) が、それ以外の年の第 1 次生理落果率と第 2 次生理落果率は差が見られなかった。2011 年 3 月末における 100 節あたりの着果数は 4・5 月区が 2・3 月区に比べて多かった。

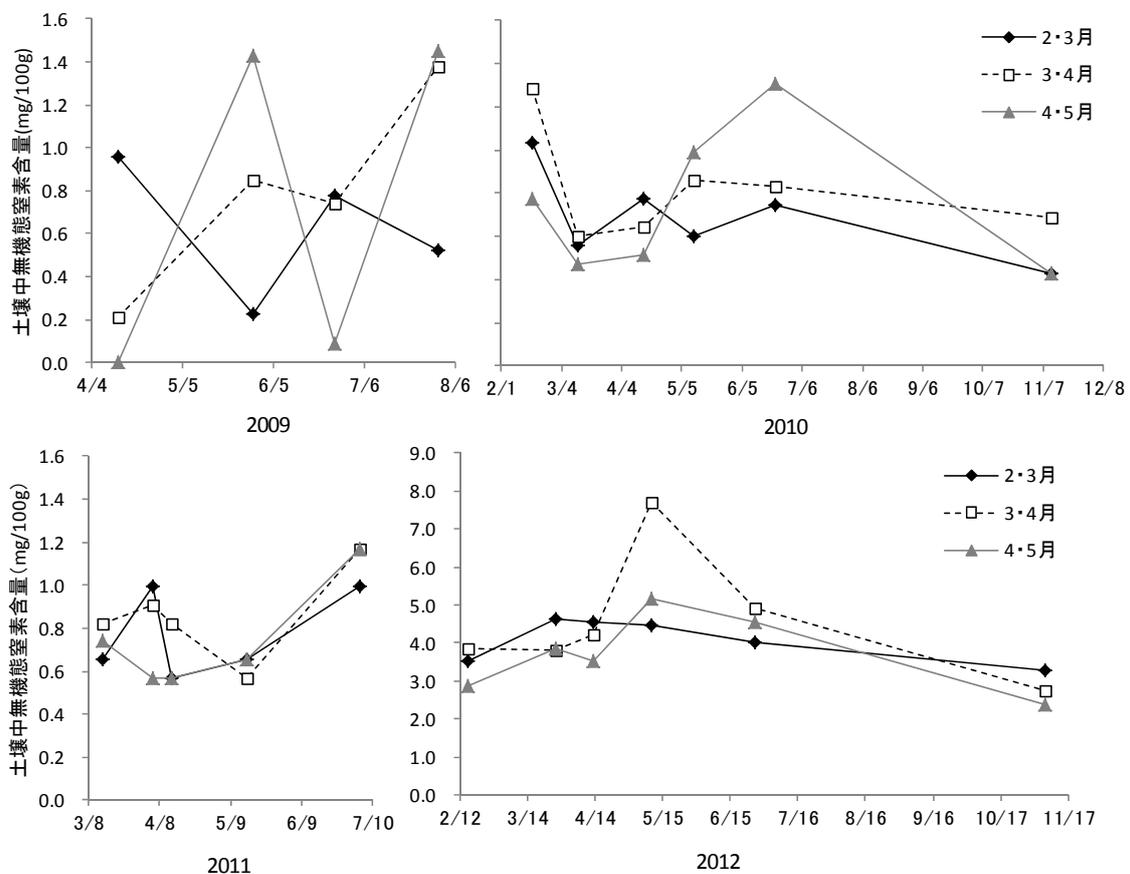
収量はいずれの年も試験区間に有意な差は認められなかったが、4・5 月区, 3・4 月区, 2・3 月区の順に多い傾向が見られた (第 5 表)。しかし、授粉樹からの距離を補正して収量を求めたところ、試験区間に明確な傾向は見られなかった。

収穫果実の毛じの抜け具合は 2009 年に 2・3 月区が 4・5 月区に比べて大きかったが、2010 年以降は差が認められなかった (第 6 表)。果皮色 b^* 値は試験区間に差は認められなかった。果実硬度

は2011年の1回目の収穫果実において3・4月区が4・5月区に比べて高かった。果実中の無機成分含有率について、2009年から2011年までは試験区間に差が認められなかったが、2012年はN, P, Mgにおいて3・4月区が4・5月区に比べて高かった(第7表)。

6月および8月の葉中窒素含有率は、いずれの年も試験区間に差が見られなかったが、2010年8月のCa含有率は4・5月区が2・3月区に比べて高く、2011年8月のMg含有率は2・3月区および3・4月区が4・5月区に比べて高かった(第8表)。8月の葉中窒素含有率は2010年の2・3月区において2.36%であった以外はほぼ2.5%以上であった。8月の葉面積には差が見られなかった。

徒長枝発生本数および幹周肥大指数は試験区間に差が認められなかった(第9表)。樹容積は2009年において2・3月区および4・5月区が3・4月区に比べて大きかったが、樹容積拡大指数は差が認められなかった。



第1図 土壤中無機態窒素含量の推移

第3表 土壤理化学性の変化

採取日 年 月日	区名	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	可給態リ ン酸 (mg/100g土)	交換性塩基 (mg/100g土)				
					CaO	MgO	K ₂ O		
2009	4/13	2・3月	4.88	0.08	18	92	57	45	
		3・4月	5.78	0.06	34	190	79	27	
		4・5月	4.83	0.05	16	79	49	27	
	6/26	2・3月	5.04	0.07	18	113	69	28	
		3・4月	5.35	0.10	28	162	73	32	
		4・5月	5.76	0.08	29	196	70	31	
	2010	2/17	2・3月	5.23	0.07	21	244	149	68
			3・4月	5.09	0.12	32	295	127	73
			4・5月	5.71	0.07	39	358	149	78
4/15		2・3月	4.93	0.09	18	167	118	66	
		3・4月	5.54	0.09	25	251	160	45	
		4・5月	5.82	0.05	25	226	155	43	
6/22		2・3月	5.65	0.05	9	93	86	28	
		3・4月	5.85	0.06	21	142	71	27	
		4・5月	5.76	0.07	11	107	83	20	
11/11		2・3月	6.17	0.03	2	97	91	29	
		3・4月	6.09	0.04	7	115	91	36	
		4・5月	5.92	0.04	11	139	76	24	
2011		3/14	2・3月	5.53	0.05	6	103	81	33
			3・4月	6.38	0.05	14	152	88	29
			4・5月	5.90	0.04	3	95	93	25
	4/13	2・3月	6.07	0.04	6	122	87	31	
		3・4月	5.92	0.05	18	140	85	34	
		4・5月	6.18	0.04	7	140	75	37	
	7/4	2・3月	5.77	0.03	0	90	91	23	
		3・4月	5.82	0.03	2	130	79	19	
		4・5月	5.90	0.03	3	112	88	23	
	2012	2/16	2・3月	5.58	0.09	29	166	57	28
			3・4月	5.87	0.07	49	193	57	24
			4・5月	5.48	0.06	24	151	46	21
		4/13	2・3月	5.14	0.05	15	144	50	30
			3・4月	5.50	0.04	20	139	54	28
			4・5月	5.53	0.05	20	113	69	24
6/26		2・3月	4.75	0.08	27	136	43	24	
		3・4月	4.58	0.11	47	174	29	31	
		4・5月	5.41	0.10	68	228	33	22	
11/6		2・3月	4.55	0.10	30	87	27	41	
		3・4月	4.58	0.14	33	171	35	48	
		4・5月	4.50	0.11	24	106	32	43	

第4表 生理落果率と100節あたりの着果数

	生理落果率 (%)							100節あたりの 着果数
	2009年		2010年		2011年		2012年	2011年 3月31日
	1次 ^z	2次 ^y	1次	2次	1次	2次	2次	
2・3月区	2	20	12	16	69 a ^x	9	15	10.2 b
3・4月区	8	22	35	17	61 a	17	26	16.6 ab
4・5月区	0	19	16	23	49 b	19	23	21.6 a

z：3月下旬の着果数のうち、4月下旬までに落果した果数の割合（第1次生理落果率）

y：4月下旬の着果数のうち、5月下旬までに落果した果数の割合（第2次生理落果率）

x：Tukey検定により同一列の異なる符号間に5%水準で有意差あり

第5表 収量

	2009		2010		2011		2012	
	収量 ^z (kg)	補正収量 ^y (kg)	収量 (kg)	補正収量 (kg)	収量 (kg)	補正収量 (kg)	収量 (kg)	補正収量 (kg)
2・3月区	6.1	8.3	6.6	10.1	17.7	22.1	17.9	29.2
3・4月区	9.5	10.0	8.6	9.4	23.8	24.7	22.7	25.1
4・5月区	11.4	11.9	10.6	11.4	27.4	28.4	28.0	30.4
有意性 ^x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

z : 1樹あたりの青果収量

y : 授粉樹からの距離が4mの場合の1樹あたり収量を, 方法に記載した回帰式の傾きを用いて算出した

x : Tukeyの多重比較によりnsは有意差なしを示す(n=3)

第6表 収穫果実の形質

区	毛じの抜け具合(%)					果実硬度(kg)				
	2009 ^z	2010	2011-①	2011-②	2012	2009	2010	2011-①	2011-②	2012
2・3月区	31 a ^y	28	20	23	30	1.86	2.09	2.32 ab	1.43	2.36
3・4月区	29 ab	28	12	19	24	1.76	2.30	2.43 a	1.45	2.50
4・5月区	19 b	22	19	19	21	1.63	2.29	2.12 b	1.38	2.34

区	果皮色b*値				
	2009	2010	2011-①	2011-②	2012
2・3月区	30.1	30.7	36.4	38.0	37.3
3・4月区	30.4	30.1	37.1	38.0	36.3
4・5月区	30.5	30.1	36.9	38.0	37.0

z : 2009年は6月12日, 2010年は6月15日, 2011年は6月21日(①)および6月30日(②), 2012年は6月13日の青果収穫日に2L級の果実を10果ずつ(2009年は5果ずつ)調査

y : 同一列の異なる符号間に5%水準で有意差があることを示す(Tukey検定)

第7表 果実中無機成分含有率

年	区	N	P	K	Ca	Mg
		(%) ^z	(%)	(%)	(%)	(%)
2009	2・3月	1.70	0.25	2.14	0.059	0.085
	3・4月	1.64	0.26	2.61	0.063	0.088
	4・5月	1.16	0.22	2.15	0.062	0.081
2010	2・3月	1.02	0.24	2.89	0.066	0.093
	3・4月	1.14	0.23	2.92	0.064	0.094
	4・5月	1.53	0.28	3.17	0.077	0.106
2011	2・3月	1.74	0.31	3.54	0.078	0.111
	3・4月	1.52	0.30	3.60	0.080	0.114
	4・5月	1.39	0.29	3.41	0.075	0.106
2012	2・3月	1.27 ab ^y	0.21 ab	1.59	0.065	0.070 ab
	3・4月	1.55 a	0.21 a	1.74	0.066	0.074 a
	4・5月	1.02 b	0.18 b	1.64	0.064	0.065 b

z : 乾物%

y : 同一年同一列の異なる符号間に5%水準で有意差があることを示す(Tukey検定, n=3)

第8表 葉中無機成分含有率

年	区	6月 ^z		8月				葉面積 (cm ²)
		N (%) ^y	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	
2009	2・3月	3.04	2.48					
	3・4月	3.13	2.56					
	4・5月	3.19	2.61					
2010	2・3月		2.36	0.16	4.71	1.48 b ^x	0.32	21.6
	3・4月		2.49	0.16	4.75	1.70 ab	0.34	23.6
	4・5月		2.55	0.16	4.61	1.81 a	0.35	23.7
2011	2・3月		2.50	0.15	4.20	1.73	0.41 a	25.7
	3・4月		2.58	0.14	4.13	1.93	0.43 a	26.2
	4・5月		2.56	0.15	4.21	1.71	0.36 b	24.5
2012	2・3月	3.24	2.65					
	3・4月	3.29	2.71					
	4・5月	3.01	2.57					

z：6月上旬と8月上旬に各樹10枚ずつ中果枝の中位葉を採取

y：乾物%

x：Tukey検定により同一年同一列の異なる符号間に5%水準で有意差があることを示す (n=3, 葉面積はn=30)

第9表 徒長枝発生本数, 幹周肥大指数および樹容積^z

区	徒長枝発生本数(本/m ²) ^y				幹周肥大指数 ^x			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
2・3月区	6.5	10.1	9.0	9.5	109	127	140	158
3・4月区	7.9	10.6	9.8	10.5	111	130	144	161
4・5月区	7.3	8.7	9.6	9.5	112	130	143	162

区	樹容積(m ³) ^w				樹容積拡大指数 ^v			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
2・3月区	42 a ^u	44	62	105	92	96	134	229
3・4月区	29 b	34	50	79	72	84	125	195
4・5月区	40 a	43	63	83	97	104	153	203

z：いずれも11月中旬調査

y：2009年は100cm以上, 2010年以降は50cm以上の1年生枝の樹冠占有面積1m²あたりの本数

x：2009年1月の幹周を100としたときの各年の幹周

w：7かけ法 [タテ径×ヨコ径×(樹高-第1主枝までの高さ)×0.7] で算出

v：2008年の樹容積を100としたときの各年の樹容積

u：同一列の異なる符号間に5%水準で有意差があることを示す (Tukey検定, n=3)

考 察

和歌山県のウメ施肥基準では、実肥を4月上中旬と5月上中旬の2回に分けて施用することとなっている(和歌山県農林水産部, 2011)が、これを1か月あるいは2か月早めて3月中旬と4月中旬あるいは2月中旬と3月中旬に施用することで、年間の施肥量を変えずに果実肥大後半の土壤中肥料成分レベルを下げ、果実熟度への影響を明らかにすることが本試験の主なねらいである。

そこで、まず最初に果実熟度への影響について考察する。大江ら(2007)は、‘南高’の収穫適期

を判断する指標として果実硬度が利用できることや、果実の発育ステージが進むにつれて毛じの抜け具合、果皮色 b^* 値（黄色みを示す）、果径などが増加することを報告している。果実が熟すほど毛じの抜け具合および果皮色 b^* 値は大きくなり、果実硬度は低くなる。本試験では 2009 年の毛じの抜け具合からは 2・3 月区が 4・5 月区に比べて熟度の進行が早い可能性が示唆されたが、2011 年の果実硬度からは 4・5 月区が 3・4 月区に比べて熟度の進行が早い可能性が示され、傾向は一致しなかった。それ以外の年や果皮色 b^* 値では試験区間に差が認められなかったことから、実肥施肥時期の違いによる熟度への影響はないと判断された。

土壌の肥料成分は、無機態窒素含量を除いて実肥施肥時期による影響はないと考えられた。無機態窒素含量は、2009 年の 3・4 月区および 4・5 月区、2010 年の 4・5 月区で施肥後の増加が見られ、5 月下旬頃には 4・5 月区、3・4 月区、2・3 月区の順に多くなったことから、実肥の施肥時期が早いほど果実肥大後期の土壌中窒素レベルは低い状態になっていたと考えられる。しかし、2011 年および 2012 年においては 5 月下旬以降の窒素レベルは試験区間に差が見られなかったことから、年によって実肥施肥時期の違いが土壌中窒素レベルに及ぼす影響は異なると考えられた。2011 年には 2・3 月区の施肥を 3 月にまとめて施用し、2012 年には 3・4 月区の施肥を 4 月にまとめて施用した。この両区においては施肥後の無機態窒素含量増加が見られた。しかし 2011 年は増加直後に窒素レベルが低下していたことから、比較的緩効性とされる有機配合肥料を用いても樹体による吸収、雑草による吸収あるいは溶脱により土壌中無機態窒素含量は施肥の約 1 か月後にはおおむね施肥前のレベルに戻る場合があると考えられた。

ウメ樹体の栄養管理の指標では 8 月の葉中窒素含有率が 2.5~3.0%にあることとされており（和歌山県農林水産部、2011）、3・4 月区および 4・5 月区はおおよそこの範囲に当てはまっていることから樹体の栄養状態はよかったと考えられたが、2・3 月区はこれを下回った年があり、他区と有意差はなかったものの樹体養分が不足気味になる可能性が示唆された。葉中 Ca や Mg 含有率に有意差が見られた年があるが、単年度の結果であるため実肥施肥時期による影響とは考え難い。果実中無機成分含有率については、2009 年から 2011 年までは差が見られず、2012 年に 4・5 月区が 3・4 月区に比べて N, P, Mg の含有率が低くなったが、土壌中成分には差がないことから、着果量が多かったことが影響したと考えられた。

城村ら（2014）は実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く、果実の熟期に影響を及ぼさないことを報告している。この報告における実肥窒素無施用区の収穫後の土壌中無機態窒素含量は 1mg/100g 土前後であり、本試験の土壌窒素レベルと同程度であった。このことから、実肥の施肥時期を早めても、果実の熟度に影響を及ぼす程度まで土壌および樹体の窒素レベルを変化させることは難しいと考えられた。

収量については、自家不和合性のウメは授粉樹との距離が近いほど結実が良好となる（宮原、1995）ことから、収量と授粉樹からの距離との関係から見いだされた回帰式（岡室ら、2013）を用いて収量を比較したところ、試験区間の差は見られなかった。

しかし、生理落果率については 2011 年のみではあるが、第 1 次生理落果率が 4・5 月区で他区より低かった。ウメの生理落果は 3 時期に大別されることが多く、1 回目は開花直後の不完全花による落果（花）、2 回目は開花後 30 日前後の間に発生する不受精花による落果、3 回目は結実直前から収穫直前にかけての落果（宮原・山本、1990；村岡、1995）とされているが、今回は不完全花・不受精花の落花を生理落果に含まず、不完全花、不受精花がほぼ落花し果実がアズキ大くらいになった頃（4 月中旬ころ）を 1 回目、硬核期ころから収穫期までの落果を 2 回目（大坪、1995）とし

た。生理落果の要因について、大坪（1995）は第1次、第2次いずれも結実が多すぎることによる果実間の養分の競合としており、宮原・山本（1990）は第2次生理落果の要因として他に貯蔵栄養の多少や新梢生長と果実による競合を挙げている。これに加えて村岡（1995）は果実肥大期の窒素成分の過多による枝の徒長や葉の茂りすぎで日照不足を生じた場合も生理落果を助長するとしている。今回の試験では4・5月区は他の区より100節あたりの着果数が多かったこと、樹容積の拡大や徒長枝発生本数にも差がなかったこと、2・3月区および3・4月区の土壌窒素レベルは4・5月区より高くなかったことから、着果過多による果実間の競合、新梢生長と果実による競合、窒素過多が要因である可能性は低い。よって、貯蔵養分など樹体養分の多少が影響して4・5月区の第1次生理落果率が低くなった可能性があると考えられた。

樹体による窒素吸収は4月は6月に比べて非常に少なく、その要因として地温の差による吸肥能の違いに加えて、シンクとなる地上部各器官の生育ステージの違いの影響と考えられる（岡室ら、2015）。このことから、4月より更に地温が低く、発芽前にあたる2月や3月における樹体への吸収量はごくわずかであったと推察され、施肥窒素の大部分は降雨により地下へ溶脱した可能性が高い。

これらのことから、実肥の施肥時期を2月や3月に早めても果実の収穫時期を早めることはできないと考えられた。2～3月に施肥を行っても樹体への吸収率は低く、降雨により溶脱される割合が高まると懸念される。溶脱率が高まると樹体栄養が低下し、生理落果率が高まる恐れがあることから、2・3月や3・4月の実肥施肥はふさわしくないと考えられた。したがって、実肥の施肥時期はこれまで通り4月および5月がよいと判断された。

摘 要

樹齢8～11年生の‘南高’を用いて、実肥の施肥時期を2・3月、3・4月、4・5月として青果収穫期の早晚および樹体栄養に及ぼす影響について4年間調査した。

1. 実肥施肥時期を変えても果実の熟度は変わらず、収穫期を早めることはできなかった。
2. 実肥施肥時期を変えても、収量、果実成分、樹体成長に差は見られなかった。
3. 2・3月に施肥すると、第1次生理落果率が高まる、葉中窒素含有率が低下するなどの影響が見られる年があったことから、樹体栄養がやや低下する可能性があることが示唆された。

以上のことから総合的に判断して、実肥の施肥時期は4月および5月の2回施肥がよいと考えられた。

引用文献

- 福元将志. 2002. 施肥管理. 生理障害. P280-281. 間苧谷 徹ら著. 新編果樹園芸学. 化学工業日報社. 東京
- 城村徳明・岡室美絵子・大江孝明. 2014. 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. 和歌山農林水研報 2:105-114.
- 宮原継男. 1995. ウメ. 基本技術編. 結実の確保. P12-18. 農業技術大系. 果樹編 6. 農山漁村文化協会. 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. 7:23-50.

- 村岡邦三. 1995. ウメ. 基本技術編. 落果現象と落果防止. P27-28. 農業技術大系. 果樹編 6. 農山漁村文化協会. 東京.
- 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・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 2:125-136.
- 岡室美絵子・城村徳明・大江孝明・中西 慶. 2013. ウメ樹に対する化成肥料および有機質肥料施用の比較と石灰施用の効果. 和歌山農林水研報 1 : 103-112.
- 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. 2015. 窒素の施肥時期および土壌タイプがウメ‘南高’樹体への窒素の吸収および土壌からの溶脱に及ぼす影響. 和歌山農林水研報 3 : 79-90.
- 大坪孝之. 1995. ウメ. 基礎編. 各部の形態と生理. P24. 農業技術大系. 果樹編 6. 農山漁村文化協会. 東京.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壌肥料対策指針 (改訂版). P.78-79.

特定農薬（食酢，重曹）のウメ主要病害に対する防除効果

武田知明・菱池政志¹

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Control of Japanese apricot diseases by Sodium Bicarbonate and Vinegar

Tomoaki Takeda and Masashi Hishiike¹

Japanese Apricot Laboratory, Fruit Tree Experiment Station

緒 言

近年，食の安全・安心への関心の高まりや環境に対する負荷軽減の観点から，環境保全型農業が推進されている．和歌山県の一部のウメ産地においても，節減対象農薬と化学肥料を慣行の50%以下に減らして栽培する特別栽培農産物や有機JAS規格に適合した有機農産物を生産する取り組みが行われている．食酢および重曹は特定農薬（特定防除資材）に指定されており，有機JAS規格でも使用可能な資材である．食酢は，イネもみ枯細菌病，メロン果実汚斑細菌病など，重曹は，カンキツ緑かび病，キュウリうどんこ病，ワサビうどんこ病などの防除に有効であると報告されている（円谷ら，1992，草野ら，2009，井沼ら，2012，本間ら，1981，永島ら，2011）．しかし，ウメの病害に対する防除効果についての知見はない．そこで今回は，ウメ主要病害である黒星病，すす斑病およびかいよう病に対する食酢および重曹の防除効果について検討した．

材料および方法

試験1．食酢および重曹の培地上における黒星病菌およびすす斑病菌の菌糸伸長抑制効果

食酢（穀物酢，酸度4.2%）および重曹を，希釈倍数が10倍，50倍，100倍，500倍，1,000倍および5,000倍となるようにPDA寒天培地に添加し，平板培地とした．平板培地の中央に直径4mmのコルクボーラーで打ち抜いた黒星病菌（4菌株）およびすす斑病菌（6菌株）の含菌寒天を菌そう面を下にして置床した．黒星病菌については22日間，すす斑病菌については30日間25℃，暗黒下で培養した後，菌そう直径を測定し，下記の式により抑制率を算出した．

抑制率 = (無添加培地での伸長量 - 添加培地での伸長量) × 100 / 無添加培地での伸長量

試験2．ほ場での防除効果

2011年と2012年にうめ研究所内圃場植栽の10~11年生「南高」を供試し，試験を行った．食酢（穀物酢，酸度4.2%）500倍希釈液のみを散布した食酢区，重曹500倍希釈液のみを散布した重曹区，食酢および重曹の使用により平成23年度県防除暦例から化学合成農薬の散布回数を半減した慣行半減区，県防除暦例どおり散布した慣行防除区を設け，第1表のとおり供試薬剤を散布した．1

¹現在：農業試験場

樹あたり 100 果もしくは 100 葉について、5 月下旬にかいよう病の、5 月下旬～7 月上旬に黒星病およびすす斑病の発病を調査し、発病率および発病度を算出した。試験は 1 区 1 樹 3 反復で行った。

第1表 試験区の構成

区	試験年		散布日			
	2011年	3/29	4/14	4/26	5/13	5/25
	2012年	4/10	4/25	5/10	5/22	6/4
食酢区	食酢		食酢	食酢	食酢	食酢
重曹区	重曹		重曹	重曹	重曹	重曹
慣行半減区	イミダジン		食酢	イウ	重曹	ジフェノコゾール
慣行区	イミダジン		クレキシムメチル	イウ	ピテルタール	ジフェノコゾール
無散布区	-		-	-	-	-

(注) 食酢: 食酢500倍希釈液、重曹: 重曹500倍希釈液
 イミダジン: イミダジンアルベシル酸塩水和剤 3,000倍 イウ: イウアロアル 500倍
 クレキシムメチル: クレキシムメチルドライロアブル 2,000倍 ピテルタール: ピテルタール水和剤 2,000倍
 ジフェノコゾール: ジフェノコゾール水和剤 3,000倍

試験 3. 散布濃度の検討

2013 年にうめ研究所内圃場植栽の 12 年生「南高」を供試し、食酢および重曹の散布濃度を検討した。食酢（穀物酢、酸度 4.2%）および重曹は、それぞれ 100 倍、300 倍、500 倍に希釈したものを使用し、4 月 5 日、4 月 19 日、5 月 2 日、5 月 17 日、6 月 3 日に散布した。5 月 23 日にかいよう病について、6 月 4 日、16 日に黒星病について、6 月 27 日にすす斑病について 1 区あたり 100 果（100 果に満たない場合は全ての果実）について程度別に発病を調査し、発病果率および発病度を算出した。すす斑病は初発の 6 月 27 日時点でかなりの落果が認められ、調査果数が 0 の反復があったため、全着果数の合計から発病果率と発病度を算出した。試験は 1 区 1 主枝 3 反復で行った。

試験 2 および 3 において、発病度は下記の式により算出した。

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{指数} \times \text{程度別発病数}) \times 100 / (6 \times \text{調査数})$$

かいよう病発病指数, 0: 病斑なし, 1: 病斑が 1~5 個, 2: 病斑が 6~15 個, 4: 病斑が 16~30 個, 6: 病斑が 31 個以上

黒星病発病指数, 0: 病斑なし, 1: 病斑が 1~3 個, 2: 病斑が 4~8 個, 4: 病斑が 9~20 個, 6: 病斑が 21 個以上

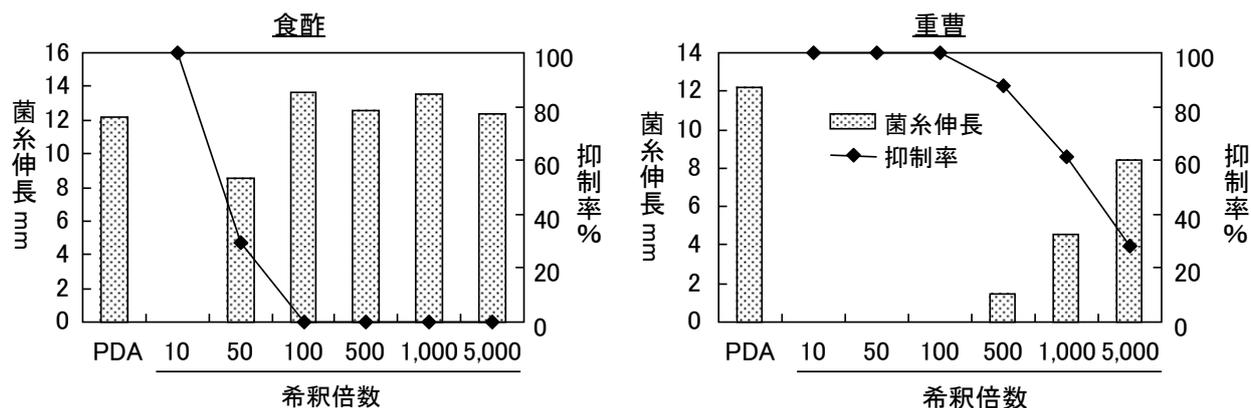
すす斑病発病指数, 0: 病斑なし, 1: わずかに発病が認められる, 3: 一見して発病が認められるが果面の 1/2 以下, 6: 果面の 1/2 以上に発病が認められる

結 果

試験 1 食酢および重曹の黒星病菌およびすす斑病菌に対する培地上での菌糸伸長抑制効果

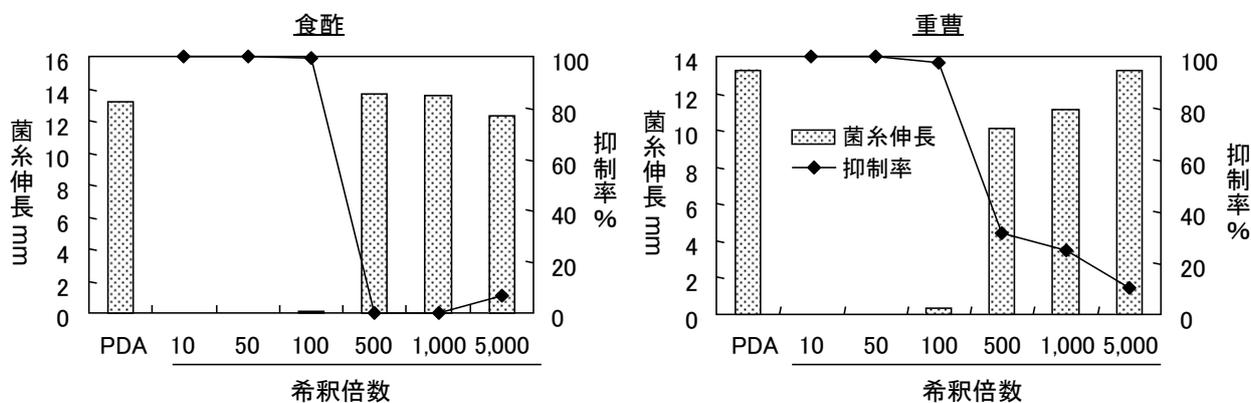
黒星病菌の菌糸伸長抑制率は、食酢の 10 倍希釈培地で 100%、50 倍希釈培地で 29.7%、100~5,000 倍希釈培地で 0% となった。一方、重曹では 10~100 倍希釈培地で 100%、500 倍希釈培地で 87.4%、1000 倍希釈培地で 61.3%、5,000 倍希釈培地で 28.3% であった（図 1）。

すす斑病菌の菌糸伸長抑制率は、食酢の 10、50 倍希釈培地上で 100%、100 倍希釈培地で 99.2%、500~5,000 倍希釈培地で 0% となった。一方、重曹では、10、50 倍希釈培地で 100%、100 倍希釈培地で 97.8%、500 倍希釈培地で 31.5%、1,000 倍希釈培地で 24.8%、5,000 倍希釈培地で 10.2% となった（図 2）。



第1図 培地上における黒星病菌の菌糸伸長に対する食酢および重曹の抑制効果

(注) PDA: 無添加のPDA培地のみで培養



第2図 培地上におけるすす斑病菌の菌糸伸長に対する食酢および重曹の抑制効果

(注) PDA: 無添加のPDA培地のみで培養

試験2 ほ場での防除効果

1) 2011年試験

4月の降水量は平年の1.6倍と多く、5月上中旬は平年並みで推移した。5月下旬以降は平年の2.6倍の降水量となり、極めて多雨に経過した(第2表)。

かいよう病に対する食酢および重曹の防除効果は認められなかった(第3表)。

黒星病の無散布区における初発は5月20日で、6月22日には発病果率88.3%、発病度57.8と甚発生となった。これに対し食酢区および重曹区は、防除価92~94と慣行区(防除価99.4)にはやや劣るものの高い防除効果が認められた。慣行半減区の防除価は99.4と慣行区(同99.4)と同程度であった(第4表)。

すす斑病の無散布区における初発は6月10日で、7月1日の発病果率98.7%、発病度57.9と甚発生となった。これに対し重曹区は、防除価61.0と慣行区(同78.2)には劣るものの、防除効果が認められた。一方、食酢区の防除効果は低かった。慣行半減区の防除価は77.9と慣行区(同78.2)と同程度であった(第5表)。

第2表 試験期間中の降雨状況

月日	3/29-4/13	4/14-4/25	4/26-5/12	5/13-5/30	5/31-6/9	6/10-6/21
降水量(mm)	79.5	93	211	200	63	328
降雨日数	2	5	7	9	6	10

第3表 各試験区のかいよう病に対する防除効果

	葉			果実		
	発病果率	発病度	防除価	発病果率	発病度	防除価
食酢区	39.7	23.0	0.0	7.3	2.0	0.0
重曹区	42.7	16.1	0.0	1.7	0.5	0.0
無散布区	36.0	13.6		1.0	0.2	

第4表 各試験区の黒星病に対する防除効果

試験区	5/20調査		5/31調査		6/10調査		6/22調査		
	発病果率	発病度	発病果率	発病度	発病果率	発病度	発病果率	発病度	防除価
食酢区	4.0	0.7	5.7	1.0	8.3	2.4	12.0	4.2	92.8
重曹区	2.0	0.5	2.3	0.7	2.3	0.8	9.3	3.7	93.7
慣行半減区	0.3	0.1	1.3	0.2	0.7	0.3	1.0	0.3	99.4
慣行区	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	1.7	0.3	99.4
無散布区	33.7	10.4	64.3	25.4	73.3	36.4	88.3	57.8	

第5表 各試験区のすす斑病に対する防除効果

試験区	6/10調査		6/22調査		7/1調査		
	発病果率	発病度	発病果率	発病度	発病果率	発病度	防除価
食酢区	0.0	0.0	84.0	40.8	86.0	47.5	18.0
重曹区	0.0	0.0	50.7	21.0	54.7	22.6	61.0
慣行半減区	0.0	0.0	31.7	11.5	28.3	12.8	77.9
慣行区	0.0	0.0	29.3	9.9	28.0	12.6	78.2
無散布区	39.0	19.4	100.0	58.5	98.7	57.9	

2) 2012年試験

4月および5月は少雨に経過し、6月上旬から中旬にかけては平年並の降水量で経過した(第6表)。

かいよう病に対する食酢および重曹の防除効果は認められなかった(第7表)。

黒星病の無散布区における初発は5月17日で、6月15日には発病果率91.4%、発病度63.2と甚発生となった。これに対し食酢区の防除効果は低かった。重曹区は、防除価64.7と慣行区(防除価96.5)には劣るものの、防除効果が認められた。慣行半減区の防除価は84.5と慣行区(同96.5)に比べやや劣った(第8表)。

すす斑病の無散布区における初発は6月22日と遅く、発病果率16.7、発病度4.0と少発生となった。6月22日以降は落果が多く調査不能となった。食酢区の防除効果は低かった。重曹区は、防除価80.0と慣行区(同100)には劣るものの防除効果が認められた。一方、慣行半減区は防除価100と慣行区(同100)と同程度となった(第9表)。

第6表 試験期間中の降雨状況

月日	4/10-4/24	4/25-5/9	5/10-5/21	5/22-6/3	6/4-6/7	6/8-6/14	6/15-6/21
降水量(mm)	78	45.5	16.5	16	8.5	37	247
降雨日数	9	8	4	1	1	3	5

第7表 各試験区のかいよう病に対する防除効果

	葉			果実		
	発病果率	発病度	防除価	発病果率	発病度	防除価
食酢区	31.0	7.4	0.0	9.7	3.1	0.0
重曹区	23.0	5.2	0.0	8.0	2.1	0.0
無散布区	18.3	4.4		4.9	0.9	

第8表 各試験区の黒星病に対する防除効果

試験区	5/17 調査		6/1 調査		6/15 調査		防除価
	発病果率	発病度	発病果率	発病度	発病果率	発病度	
食酢区	17.8	6.3	58.0	30.0	65.9	39.0	38.3
重曹区	9.0	3.5	30.3	12.8	49.7	22.3	64.7
慣行半減区	14.7	6.3	21.1	10.0	25.8	9.8	84.5
慣行区	2.0	0.9	8.7	2.3	5.3	2.2	96.5
無散布区	36.0	13.6	81.3	49.6	91.4	63.2	

第9表 各試験区のすす斑病に対する防除効果

試験区	6/22 調査		
	発病果率	発病度	防除価
食酢区	12.7	2.6	35.0
重曹区	3.7	0.8	80.0
慣行半減区	0.0	0.0	100.0
慣行区	0.0	0.0	100.0
無散布区	16.7	4.0	

試験3 散布濃度の検討

降雨は4月から6月中旬にかけて平年より少雨で経過し，6月下旬は多雨となった（第10表）。

黒星病は，6月17日調査の無散布区で発病果率57.0%，発病度27.2と多発生であった。防除効果は，重曹100倍散布で防除価77.9と最も高く，次いで重曹300倍散布（防除価64.0），重曹500倍散布（同43.4）の順となった。食酢は，散布濃度にかかわらず効果が低かった（第11表）。

すす斑病は，6月27日調査の無散布区で発病果率51.7%，発病度12.4と中発生であった。防除効果は，重曹100倍散布で防除価100と最も高く，次いで重曹300倍散布（同96.0），重曹500倍散布（同69.4）の順となった。（第12表）。食酢は，散布濃度にかかわらず効果が低かった。

なお，重曹100倍散布で果実に傷状の薬害が認められた。葉では，褐色で斑点状の薬害が重曹100倍散布で認められ，300～500倍散布でもわずかに認められた。食酢はいずれの散布濃度においても薬害は認められなかった。

第10表 試験期間中の降雨状況

月日	3/20-4/4	4/5-4/18	4/19-5/1	5/2-5/16	5/17-6/3	6/4-6/15	6/16-6/26
降水量(mm)	19	42	87	141	47.5	3.5	383.5
降雨日数	4	3	5	2	6	2	7

第11表 食酢および重曹の散布濃度が黒星病の発病に及ぼす影響

	希釈倍数	6月6日調査			6月17日調査			薬害	
		発病果率	発病度	防除価	発病果率	発病度	防除価	果実	葉
重曹	100	1.7	0.3	97.1	19.9	6.0	77.9	+	+
	300	8.0	2.5	75.7	26.7	9.8	64.0	-	±
	500	23.4	7.5	27.2	47.7	15.4	43.4	-	±
食酢	100	20.4	6.7	35.0	60.5	26.3	3.3	-	-
	300	42.7	17.5	0.0	74.3	49.7	0.0	-	-
	500	30.6	9.5	7.8	66.8	33.6	0.0	-	-
無処理		30.2	10.3		57.0	27.2			

第12表 食酢および重曹の散布濃度がすす斑病の発病に及ぼす影響

供試薬剤	散布濃度	6月27日調査				
		反復	調査果数	発病果率	発病度	防除価
重曹	100	I	100	0.0	0.0	
		II	26	0.0	0.0	
		III	70	0.0	0.0	
		計	196	0.0	0.0	100
	300	I	12	0.0	0.0	
		II	25	0.0	0.0	
		III	34	5.9	1.0	
		計	71	2.8	0.5	96.0
	500	I	0	0.0	0.0	
		II	52	19.2	4.5	
		III	49	18.4	3.1	
		計	101	18.8	3.8	69.4
食酢	100	I	6	0.0	0.0	
		II	23	47.8	12.3	
		III	0	0.0	0.0	
		計	29	37.9	9.8	21.0
	300	I	7	42.9	7.1	
		II	38	34.2	11.0	
		III	29	17.2	4.0	
		計	74	28.4	7.9	36.3
	500	I	20	0.0	0.0	
		II	0	0.0	0.0	
		III	26	34.6	12.2	
		計	46	19.6	6.9	44.4
無散布	I	36	38.9	8.3		
	II	31	61.3	15.6		
	III	22	59.1	14.4		
	計	89	51.7	12.4		

考 察

本研究では、有機栽培や特別栽培における病害の防除体系を確立するために、特定農薬に指定されている食酢および重曹のウメ主要病害（黒星病，すす斑病およびかいよう病）に対する防除効果について検討を行った。

食酢は、黒星病菌の菌糸伸長を10倍希釈培地上で完全に抑制し、50倍希釈培地上では29.7%抑制した。一方、すす斑病菌の菌糸伸長は100倍希釈培地上で完全に抑制された。これらのことから、効果的な散布濃度としては50倍より高い濃度が望ましいと考えられたが、コストを考慮すると実用的ではないため、まずはコスト面で実用的な500倍液の効果について検討した。ほ場において食酢500倍液の散布は、かいよう病およびすす斑病に対して効果が認められなかった。黒星病に対しては、2011年は防除価90以上の高い効果が認められたが、2012年は防除価38.3と効果が低く、年次間で効果が安定しなかった。100倍および300倍液についても検討を行ったが、もっとも高い濃度の食酢100倍液においても、黒星病およびすす斑病に対して効果は認められなかった。伊藤ら(2012)は、食酢のみを年間14回散布する体系防除の下で、リンゴの有機栽培を2年間実施した結果、黒星病、褐斑病、すす斑病およびすす点病が多発し、試験終了翌年も高い発病率を示したと報告している。また、永島ら(2011)は、食酢500倍液の散布はワサビうどんこ病に対して防除効果が認められなかったと記述している。今回の試験においても、ウメ主要病害に対する防除効果は認められなかったため、食酢の実用性はないと考えられた。

重曹は、500倍希釈培地上で黒星病菌の菌糸伸長を80%以上抑制し、すす斑病菌の菌糸伸長を完全に抑制した。このため、黒星病およびすす斑病に効果的な散布濃度は500倍より高い濃度だと考えられた。ほ場における重曹500倍液の散布は、かいよう病に対する防除効果は認められなかったが、黒星病およびすす斑病に対して慣行防除には劣るものの一定の防除効果が認められた。さらに効果的な重曹の散布濃度を検討するため、100倍液および300倍液について試験した結果、100倍液

の散布で最も高い防除効果が認められた。しかし、果実に傷状の薬害が認められたため、実用上問題があると考えられた。300 倍液の散布は、100 倍液に次いで高い防除効果が認められた。葉に褐色で斑点状の薬害がわずかに認められたが、実用上は問題ない程度であった。ただし、薬害は、樹勢、品種、気象条件などによっては発生する可能性があるため使用には注意が必要である。これらのことから、重曹は黒星病およびすす斑病に対して一定の防除効果を示し、最適散布濃度は 300 倍であることが明らかになった。永島ら（2011）は、ワサビうどんこ病に対して重曹 500 倍液、1000 倍液の散布で葉に薬害が発生したものの高い防除効果が認められたと報告しており、今回の試験結果と一致する。また、重曹 1000 倍液にポリオキシエチレンメチルポリシロキサン展着剤 3000 倍を加用することで薬害の発生を完全に抑制し、防除効果が向上したとも記述しているため、ウメにおいても重曹への展着剤の加用による薬害の軽減効果や、防除効果への影響について検討する必要があると考える。

有機農産物の日本農林規格（有機 JAS）では、生育期の防除に水和硫黄剤が使用できる。水和硫黄剤はウメ黒星病に登録があり、黒星病に対する効果は重曹よりも高いが、すす斑病に対する効果はない。重曹は、すす斑病に対して 500 倍希釈培地上で菌糸伸長を完全に抑制し、ほ場試験でも防除効果を示すことが今回の試験で明らかとなった。これらのことから、有機栽培において、3 月下旬から 5 月上旬の黒星病の防除時期には水和硫黄剤を散布し、4 月下旬以降のすす斑病の防除時期には重曹を散布する体系が有効であると考えられた。

なお、食酢および重曹の黒星病に対する防除効果が、2011 年よりも 2012 年で劣った原因については、伝染源である枝病斑の増加が一因だと考えられる。所内ほ場植栽の「南高」（30～31 年生樹、無防除）における 10 月下旬の新梢 10cm あたりの枝病斑数は、2010 年は 12.8 個であったが、2011 年は、5～6 月の多雨の影響で 65.2 個と激発した。このため、2011 年の翌年にあたる 2012 年は、伝染源が多く黒星病が発生しやすい状況であったと考えられた。これらのことから、重曹および食酢は、菌密度が上昇した際に、化学農薬に比べて効果が低下しやすいと考えられた。

食酢および重曹の使用により化学合成農薬の散布回数を半減した体系は、黒星病およびすす斑病に対して慣行防除とほぼ同等の効果が認められた。そのため、特別栽培などの減農薬栽培において重曹の使用により防除回数を削減できる可能性が示された。

以上のことから、重曹は、黒星病およびすす斑病に対して一定の防除効果を示し、散布濃度は 300 倍が適していることが明らかになった。今後は、黒星病を水和硫黄剤で防除し、すす斑病を重曹 300 倍液で防除する体系について検討し、有機栽培における病害防除体系の確立を目指したい。

摘 要

食酢および重曹のウメ主要病害である黒星病、すす斑病およびかいよう病に対する防除効果について検討した。

- 1) 食酢は、各種病害に対して防除効果は低く、実用性はない。
- 2) 重曹は、化学農薬に比べ効果は劣るものの黒星病およびすす斑病に対して一定の防除効果が認められた。
- 3) 慣行の防除体系から食酢および重曹を用いて散布回数を半減させた体系の防除効果は、慣行の防除体系とほぼ同等であった。
- 4) 重曹の散布濃度は 300 倍が適している。ただし、300 倍でも葉にわずかに薬害が認められたた

め、薬害の発生に注意が必要である。

引用文献

- 伊藤大雄・上原子毅・ニッ森祐里・泉荘. 2012. 食酢および酸性水を利用したリンゴ有機栽培における病害発生状況. 北日本病虫研報告 63 : 115-120.
- 井沼崇・間佐古将則・中一晃・増田吉彦. 2012. ウンシュウミカンの減農薬栽培における黒点病および緑かび病の防除. 和歌山県農林水技セ研報 13 : 25~34
- 草野新太郎・青野昌彦・駒場雅彦・白川隆. 2009. メロン果実汚斑細菌病に対する食酢の播種後灌注処理による防除効果. 関西病虫研報(51) : 19-21
- 円谷悦造・伊東一博・妹尾正行・奥村一・川村吉也. 1992. 食酢を利用した植物病害の防除. 日本植物病理学会報 58(4) : 607
- 永島進・山本淳・塚本俊秀. 2011. ワサビうどんこ病に対する特定農薬（重曹，食酢）の防除効果. 島根病虫研究会会報 36 : 1~6
- 本間保男・有本裕・見里朝正. 1981. 炭酸水素ナトリウムの防除効果に及ぼす乳化剤ならびに界面活性剤の効果. 日本農薬学会誌 6(2) : 145-153

性腺刺激ホルモン放出ホルモン及び卵胞刺激ホルモン処理が 黒毛和種雌牛の生体内卵子吸引に及ぼす影響

谷口俊仁・高田広達・樽本英幸¹

和歌山県畜産試験場

Ovum Pick-up of Japanese Black Cow Following Administration of Gonadotropin-releasing Hormone and Follicle Stimulating Hormone

Shunji Taniguchi, Hirotatsu Takada and Hideyuki Tarumoto¹

livestock experiment station, Wakayama prefecture

緒 言

生体内卵子吸引 (ovum pick-up : OPU) と体外受精 (in vitro fertilization : IVF) を組み合わせた子牛生産は優良な雌牛の後代を増産する技術として活用されている。またこの技術を用いることで、高齢あるいは繁殖障害などの理由で後代を生産できなくなった雌牛からの子牛生産も可能である。

しかし OPU では、回収される卵子の数にばらつきがあり、品質も安定しない。OPU で良質な卵子を得るための試みはこれまでも行われている。Goodhand et al. (1999) は、OPU 前の卵胞刺激ホルモン (FSH) の筋肉内漸減投与により良質な卵子を得ることが可能であることを示している。しかし、この手法は雌牛への複数回の注射が必要であり、作業の繁雑さ、雌牛への過度なストレス付与などの課題がある。一方、Bo et al. (1994) はウシの過剰排卵処理において、FSH の皮下単回投与で漸減投与方法と同程度の採卵成績が得られることを示しており、我々も黒毛和種の過剰排卵においても FSH の皮下単回投与の有効性を報告している (高田ら, 2013)。

そこで、黒毛和種雌牛の OPU における FSH の皮下単回投与が回収卵子の品質、体外受精後の胚発生へ及ぼす影響を調べた。

材料および方法

1. 供試牛

県畜産試験場で飼養している黒毛和種経産牛 3 頭を供試した。

2. ホルモン処理

任意の性周期の供試牛に性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH, コンセラルール, 株式会社インターベツト) を 25 μ g 筋肉内投与した 60 時間後に FSH (アントリン R10, 共立製薬株式会社) を 20AU, 肩部皮下への投与を行った。

3. 未成熟卵子の採取 (OPU)

¹現所属：紀北家畜保健衛生所

FSH 投与後 3 日目に超音波画像診断装置 (HS-1500, 本多電子株式会社) で卵巣内の卵胞を確認しながらディスプレイ採卵針 (COVA needle, ミサワ医科工業株式会社) を用いて未成熟卵子を回収した。

4. 卵子の体外成熟培養

得られた卵子は卵丘細胞の付着状態により A ランク (卵丘細胞層が 4 層以上), B ランク (2~3 層), C ランク (0~1 層), D ランク (蜘蛛の巣状, 膨化など) に分類し, それぞれの数を計測した。さらに卵子を 10% ウシ胎子血清 (FBS) 加 TCM-199 (Earle' s salt, GIBCO) 内で 20~22 時間体外成熟培養 (5% CO₂, 95% 空気) を行った。

5. 体外受精

体外成熟培養後の卵子は IVF100 (機能性ペプチド研究所) を用いて体外受精を行った。融解した黒毛和種凍結精液を IVF100 で 2 回遠心洗浄 (×500g, 5 分間) を行い, 精子数を 5×10⁶ 個/ml に調整した精子浮遊液の中に成熟培養後の卵子を導入して 6 時間培養した (5% CO₂, 95% 空気)。

6. 体外培養

体外受精後の胚は卵丘細胞を剥離後, 直径 300 μm, 深さ 200 μm の PDMS 製マイクロウェル (Saeki et al., 2008) を用いて 5% FBS 加 CR1aa (Rosenkrans et al., 1993) で 7~8 日間体外培養 (5% CO₂, 5% O₂, 90% N₂) を行い, 卵割および胚盤胞期への発生数および割合を調べた。

7. 胚の細胞数計測

胚盤胞期まで発生した胚は, 二重染色法 (Thouas et al., 2001 を改変) で染色を行った。発生した胚を 1% トリトン X-100 (SIGMA), 100 μg/ml プロピディウムイオダイド (SIGMA) を含む TCM-199 (Hank' s salt, GIBCO) で 30 秒間浸漬した後, 4% パラホルムアルデヒド (ナカライテスク株式会社), 1 μg/ml ヘキスト 33342 (SIGMA) を含む 1mg ポリビニルアルコール (SIGMA) 加 PBS(-) で 30 分間静置した。その後, スライドガラス上に胚を載せ, VECTASHEILD mounting medium (Vector laboratories) で胚をカバーガラス内に封入することによりサンプルを作製した。細胞数の計測は蛍光顕微鏡 (DP70, オリパス株式会社) による観察およびデジタルカメラによる撮影により行った。

8. 実験区分

ホルモン処理せずに OPU を実施したもの (無処理区) と上記のホルモン処理後 OPU を実施したもの (GnRH-FSH 処理区) を, それぞれの供試牛につき 2 回ずつ反復実施した。

9. 統計処理

卵子のランク別割合, 体外受精胚の卵割率および発生率はカイ 2 乗検定, 採取卵子数および胚の細胞数は分散分析および Fisher の PLSD により解析を行った。

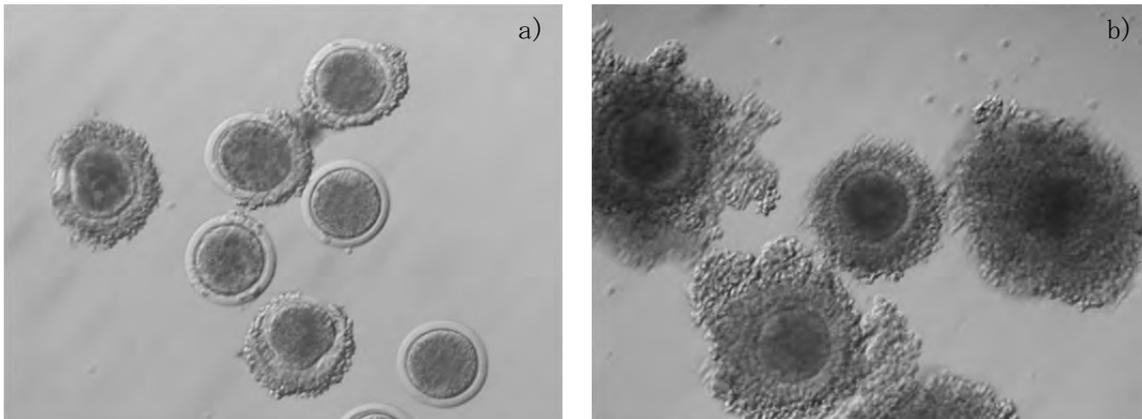
結 果

OPU により得られた平均回収卵子数は無処理区 6.7 個, GnRH-FSH 処理区 8.0 個で差がみられなかった ($p>0.05$, 第 1 表)。得られた卵子の品質については, A ランク卵子の割合が無処理区 10% (4/40), GnRH-FSH 処理区 31% (15/48) となり, GnRH-FSH 処理で品質の良い卵子が多くなった ($p<0.05$, 第 1 表および第 1 図)。一方, C ランク卵子の割合が無処理区 65% (26/40), GnRH-FSH 処理区 21% (10/48) となった ($p<0.05$, 第 1 表および第 1 図)。また, 無処理区ではみられなかった D ランク卵子が GnRH-FSH 処理区では 10% (5/48) みられた ($p<0.05$, 第 1 表)。

第1表 OPU前のGnRH-FSH処理が採取卵子数および品質に及ぼす影響

実験区	OPU回数	採取卵子数 (平均±標準誤差)	卵子の品質			
			Aランク (%)	Bランク (%)	Cランク (%)	Dランク (%)
無処理区	6	40 (6.7±1.4)	4 (10) ^a	10 (25)	26 (65) ^c	0 (0) ^e
GnRH-FSH処理区	6	48 (8.0±2.0)	15 (31) ^b	18 (38)	10 (21) ^d	5 (10) ^f

a-b, c-d, e-f : p<0.05



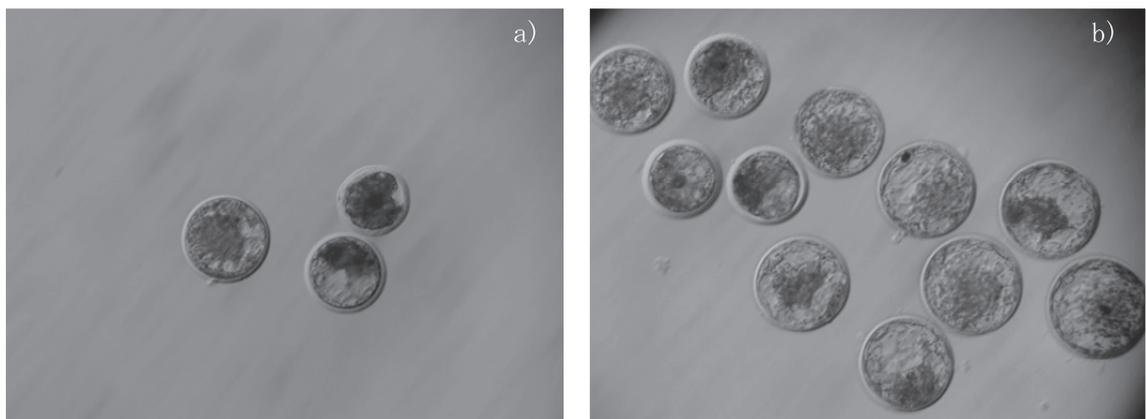
第1図 OPUで採取された卵子 a)無処理区, b)GnRH-FSH処理区

OPU で得られた卵子を体外受精した結果, 卵割率は無処理区で 62%(24/39)であったのに対し, GnRH-FSH 処理区で 82% (34/44) となり, GnRH-FSH 処理により卵割率が高くなった (p<0.05, 第 2 表). 体外受精後 7~8 日目に胚盤胞期まで発生した胚の割合は無処理区で 39%(15/39), GnRH-FSH 処理区で 59%(26/44) となり, GnRH-FSH 処理により胚の発生率が高くなる傾向であった (p<0.1, 第 2 表および第 2 図).

第2表 OPU前のGnRH-FSH処理がIVF後の胚発生に及ぼす影響

実験区	IVF回数	培養胚数	卵割数(%)	発生数(%)
無処理区	6	39	24 (62) ^a	15 (39)
GnRH-FSH処理区	6	44	34 (82) ^b	26 (59)

a-b : p<0.05



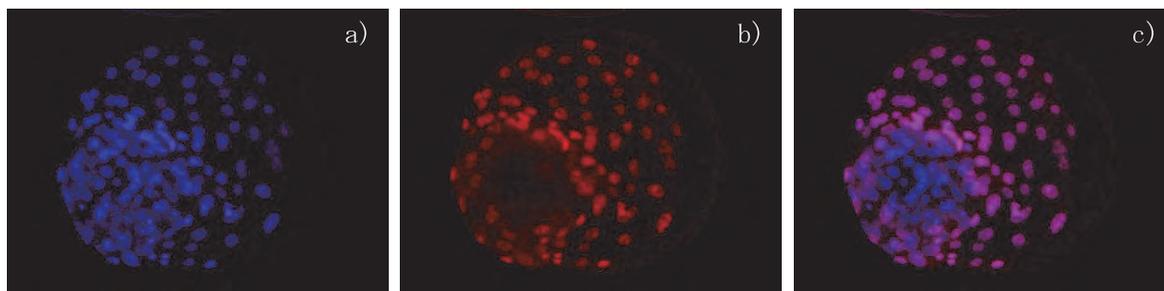
第2図 受精7日目の体外受精胚（胚盤胞期） a)無処理区, b)GnRH-FSH処理区

胚盤胞期まで発生した胚の細胞数については総細胞数, 内細胞塊 (inner cell mass : ICM) の細胞数, 栄養外胚葉 (trophectoderm : TE) の細胞数ならびに総細胞数に占める ICM の割合のいずれにおいても両区の間には差がみられなかった ($p>0.05$, 第3表および第3図).

第3表 OPU前のGnRH-FSH処理がIVF胚の細胞数に及ぼす影響

実験区	胚数	総細胞数	ICM細胞数	TE細胞数	ICM/総細胞 (%)
無処理区	15	143.4 ± 11.3	62.9 ± 4.1	80.5 ± 8.3	45.1 ± 1.7
GnRH-FSH処理区	26	135.8 ± 7.4	58.8 ± 3.8	77.0 ± 4.4	43.1 ± 1.4

平均±標準誤差



第3図 二重染色した胚盤胞期胚の蛍光顕微鏡観察像

a) 青色 (ヘキスト 33342 染色像) : 総細胞, b) 赤色 (プロピディウムイオダイド染色像) : TE, c) aおよびbの合成像, 紫色 : TE, 青色 : ICM

考 察

OPU-IVF は卵巣の卵胞内に存在する未成熟卵子を吸引採取し, 体外受精により胚を作製する技術であるが, より良質な卵子を得るための手法が多く検討されている. Goodhand et al. (1999) は FSH を 1日に2回ずつ, 筋肉内に3日間掛けて減量しながら投与した場合の体外受精胚生産の効率は, OPU前に

処置をしなかった場合の2倍程度の効率となったことを示した。今回、Bo et al (1994) および高田ら (2013) の方法をOPUに適用し、FSHの皮下への1回投与を行ったところ、OPU前に処置をしなかった場合(39%)よりも体外受精胚の発生率が向上した(59%, 第2表)。したがって、FSHの皮下1回投与は筋肉内減量投与と同様にOPU-IVFによる胚の生産効率を向上させることが示された。

Sato et al. (2005)は牛の過剰排卵処理における卵胞の動態を経時的に調べており、一般的な過剰排卵処理法であるFSH減量投与を行うと開始翌日から中卵胞(直径7~10mm)および大卵胞(直径10mm以上)が増加し、3日目に中卵胞および大卵胞数が最大となり、その後一定数を保つことを示している。そのため、我々は卵胞の発育が最大となるFSH投与後3日目にOPUを行った。しかし、FSHを投与され直径が大きくなった卵胞は小卵胞と比較して採卵針での穿刺が容易であるものの、回収効率が向上しなかった。Edwards et al. (1980)は、ホルモン投与により吸引液に含まれる顆粒膜細胞層が多くなり、さらに卵胞液の粘性も増すと述べており、FSH等で卵胞を発育させてから行うOPUにおいては吸引圧をさらに高く設定して実施する必要もあると考えられる。

FSHで卵胞刺激を行ってからOPUを実施する術式に加え、さらに優性卵胞除去(dominant follicle removal:DFR)をFSH投与前に行うことで、OPU-IVFによる胚生産の効率が向上することをChaubal et al. (2006)が示している。彼らはDFRを超音波画像診断装置で卵巣を確認しながら採卵針を用いて行っている。Sato et al. (2005)はGnRHの投与により優性卵胞の除去が可能であるが、GnRHの投与量が多いとその後の胚回収成績が安定せず、少量(25 μ g)の投与では成績が良好であることを示している。そこで我々は、OPUの際の卵胞刺激前に行うDFRにおいて少量のGnRH投与を試みた結果、良好な成績が得られた。GnRH注射により、OPU前のDFRを採卵針で行うよりも低コストで行うことができ、さらに今回の良好な胚発生成績の一因となった可能性が考えられる。

今回検討したGnRH-FSH処理後のOPUにより得られた卵子の品質については、第1表に示したとおり良質なAランク卵子の割合が増加し、比較的品質の低いCランク卵子の割合が減少した。しかし、卵丘細胞が膨化したDランク卵子が無処理ではみられなかったのに対し、GnRH-FSH処理では10%の割合でみられた。FSHなどによる卵胞刺激をされていない卵巣内の卵胞のほとんどは小卵胞であり、それらの卵胞内の卵子は成熟前の卵核期で減数分裂を停止している。一方、卵胞刺激を与えられた卵巣内の卵胞は発育を開始し、中卵胞、さらに大卵胞へと発育していく。それらの中には、排卵に向けて減数分裂を再開し、卵核崩壊、さらに成熟が完了した第2減数分裂中期まで達している卵子もある可能性が考えられる。今回観察されたDランク卵子は、卵子成熟の進行に伴い卵丘細胞の膨化したものであった可能性がある。また、このことを踏まえ、今回実施したタイミングよりOPUを遅らせることで成熟卵子が効率的に採取できる可能性も考えられる。

胚盤胞期まで発生した体外受精胚の細胞数について、総細胞数、ICMの細胞数、TEの細胞数ならびに総細胞数に占めるICMの割合のいずれにおいてもGnRH-FSH処理区によるものと無処理区との間で差がみられなかった。このことから、GnRH-FSH処理により作製された体外受精胚は、従来の方法で作製された体外受精胚と細胞数ならびに細胞構成においては差がみられないことがわかった。しかしながら、最終的な体外受精胚の品質の評価は受胎性、さらに子牛への発生能について評価する必要がある。したがって、今後この手法で作製された体外受精胚の受卵牛への移植による個体発生能について検討を進めていく必要がある。

摘 要

黒毛和種雌牛の生体内卵子吸引および体外受精において、卵子吸引前に性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) および卵胞刺激ホルモン (FSH) の投与を行うことにより、得られた卵子の品質が向上した。さらにその後の体外受精胚の発生率が向上した。以上の結果より、GnRH-FSH 処理を OPU 前に行うことで体外受精胚生産が効率化できることが示された。

引用文献

- Bo, G. A., D. K. Hockley, L. F. Nasser and R. J. Mapletoft. 1994. Superovulatory response to a single subcutaneous injection of follitropin-V in beef cattle. *Theriogenology*. 42: 963-975.
- Chaubal, S. A., J. A. Molina, C. L. Ohlrichs, L. B. Ferre, D. C. Faber, P. E. Bols, J. W. Riesen, X. Tian and X. Yang. 2006. Comparison of different transvaginal ovum pick-up protocols to optimise oocyte retrieval and embryo production over a 10-week period in cows. *Theriogenology*. 65: 1631-1648.
- Edwards, R.G., P. C. Steptoe, R. E. Fowler and J. Baillie. 1980. Observations on preovulatory human ovarian follicles and their aspirates. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 87: 769-779.
- Goodhand, K. L., R. G. Watt, M. E. Staines, J. S. Hutchinson and P. J. Broadbent. 1999. In vivo oocyte recovery and in vitro embryo production from bovine donors aspirated at different frequencies or following FSH treatment. *Theriogenology*. 51: 951-61.
- Saeki, K., N. Kato, D. Iwamoto and S. Taniguchi. 2008. Successful culture of single bovine embryos using Polydimethylsiloxane (PDMS) micro-well plates cured under low pressure. Book of abstract for the 10th World Conference on Animal Production: 186. (Abstr.).
- Sato, T., K. Nakada, Y. Uchiyama, Y. Kimura, N. Fujiwara, Y. Sato, M. Umeda and T. Furukawa. 2005. The effect of pretreatment with different doses of GnRH to synchronize follicular wave on superstimulation of follicular growth in dairy cattle. *J. Reprod. Dev.* 51: 573-578.
- Rosenkrans, C.F., G. Q. Zeng, G. T. McNamara, P. K. Schoff and N. L. First. 1993. Development of bovine embryos in vitro as affected by energy substrates. *Biol. Reprod.* 49: 459-62.
- 高田広達・樽本英幸・谷口俊仁・中本和弘. 2013. 黒毛和種雌牛の採卵における過剰排卵処理の簡略化. *和歌山農林水研報*. 1: 113-117.
- Thouas G.A., N. A. Korfiatis, A. J. French, G. M. Jones and A. O. Trounson. 2001. Simplified technique for differential staining of inner cell mass and trophectoderm cells of mouse and bovine blastocysts. *Reprod. Biomed. Online*. 3: 25-29.

スギノアカネトラカミキリ被害材の利用に関する研究

—スギ・ヒノキ板材の曲げ強度および縦圧縮強度—

山裾伸浩¹・森川陽平・城戸杉生

和歌山県林業試験場

Research on Utilization of Wood Damedged by Insects(*Anaglyptus subfasciatus*) —Bending Strength and Compression Strength parallel to grain of Sugi(*Cryptomeria japonica*) and Hinoki(*Chamaecyparis obtusa*) Lumber—

Nobuhiro Yamasuso¹, Yohei Morikawa and Sugio Jyodo

Wakayama Prefectural Forestry Experiment Station

緒 言

和歌山県内人工林から産出される原木は長伐期化傾向によって中大径材へと移行しつつあり(和歌山県, 2014), 心持ち角材だけでなく板材などにも積極的に加工していく必要がある。その一方で, 県内ではスギノアカネトラカミキリによる被害を受けた木材(以下, 「アカネ材」という.)が急増している。アカネ材は食害痕によって美観が損なわれるという点だけで評価され, 市場で低位な扱いを受けているのが現状である。

そこで, アカネ材の性能を明らかにして利用推進に寄与することを目的に, 和歌山県産スギ, ヒノキのアカネ材原木および製材した板材についてヤング係数による性能評価を行い, 板材の曲げ試験および縦圧縮試験による強度性能評価を実施した。

材料および方法

1. 原木および板材のヤング係数

1) 材料

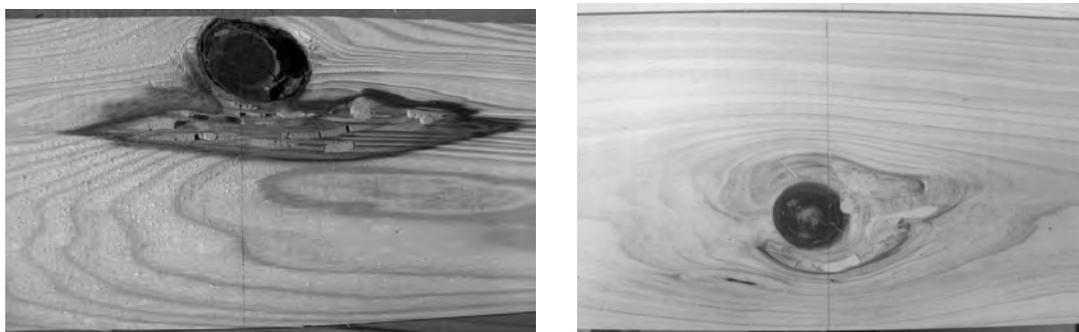
供試原木は, 和歌山県産中大径材(末口径 22~30cm, 長さ 3m)のアカネ材で, スギ 30 本, ヒノキ 27 本を用いた。これらは製材加工し, 断面 35×115mm の板材を採取して, スギ 241 枚およびヒノキ 202 枚(原木 1 本当たり 5~10 枚)を得, 屋根付きの資材置き場にて 4 ヶ月以上天然乾燥した後, 断面 30×105mm にモルダー仕上げを行った。板材は, 表面に食害痕(第 1 図)のあるものを被害材, ないものを無被害材として区分し供試した(第 2 図)。

2) 方法

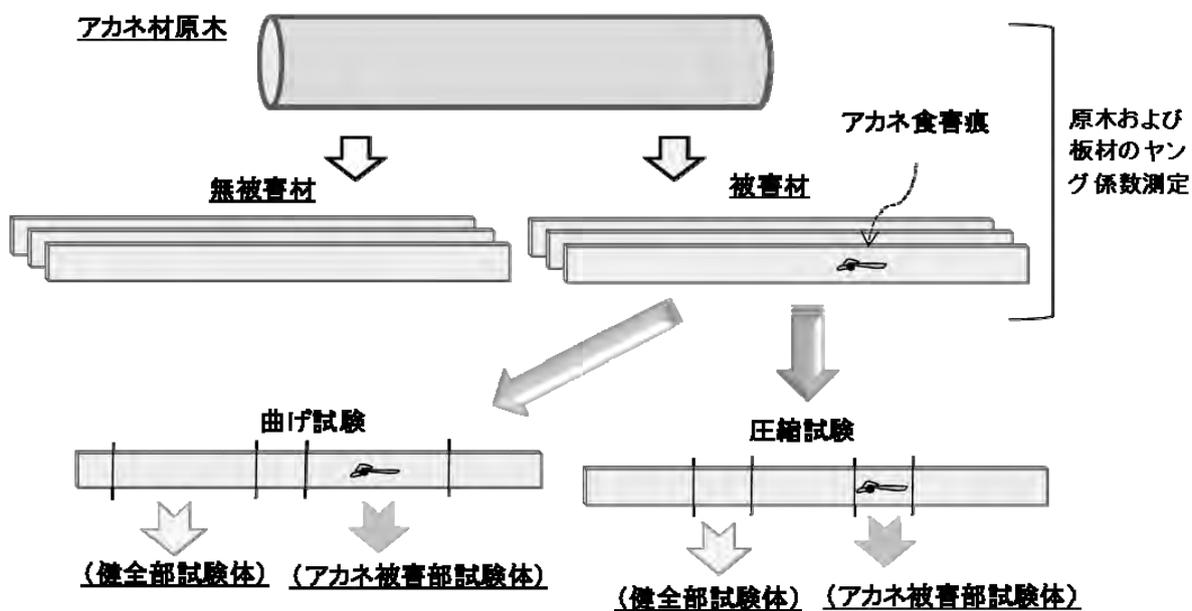
原木はスギ, ヒノキ別に直径(元口と末口の平均直径), 年輪幅, 密度(直径, 材長, 重量から算出), 縦振動法による動的ヤング係数を測定した(第 3 図)。

¹ 現在: 林業振興課

板材はモルダージ仕上げ後に、含水率（高周波式含水率計による）、年輪幅、密度（幅と厚さ、材長、重量から算出）、縦振動法による動的ヤング係数を測定すると共に、被害材については材表面に現れた被害箇所数を調査した。



第1図 アカネ被害材（食害痕） 左：スギ板材，右：ヒノキ板材



第2図 アカネ原木から各試験体の採取フロー



第3図 原木のヤング係数測定

2. 曲げ試験

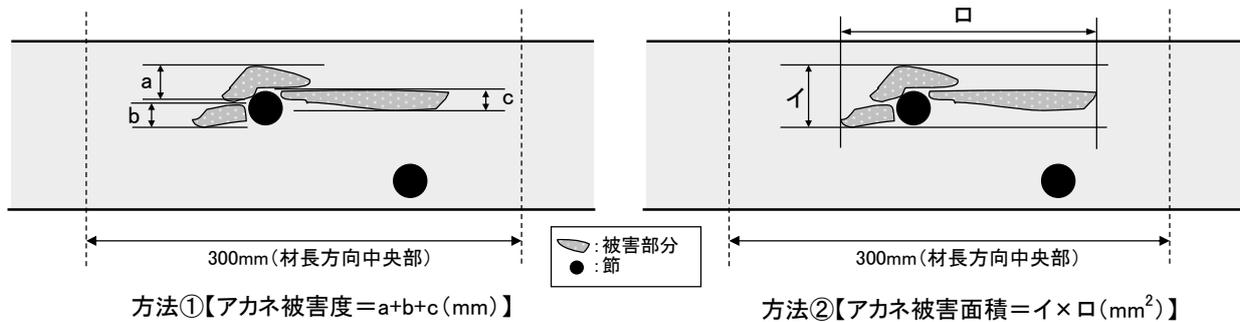
1) 材料

被害材として区分した長さ 3m（断面 30×105mm モルダー仕上げ）の板材 1 枚から、長さ 1,100mm の試験体を 2 体ずつ採取した。1 体は材長方向中央部 300mm の区間内にアカネ被害を含んだもの（アカネ被害部試験体）もう 1 体は同区間内にアカネ被害を含んでいないもの（健全部試験体）とし、それぞれ 50 試験体を作成した。なお、健全部試験体は中央部 300mm の区間以外にアカネ被害を含むものもある。

2) 方法

節およびアカネ被害の調査は、試験体の材長方向中央部 300mm 区間内において製材の日本農林規格（JAS）甲種構造材の構造用 I に基づき節径比を求めるとともに、被害程度をアカネ被害度並びにアカネ被害面積の 2 通りの方法で測定した（第 4 図）。

曲げ試験は、製材の日本農林規格（JAS）に準じ、島津製作所製万能試験機（容量 100kN）を用いて、スパン 900mm、荷重点間 300mm の 3 等分点 4 点荷重方式により行い、材中央部におけるスパン間のたわみ量および破壊に至るまでの最大荷重を測定した。



第 4 図 曲げ試験体におけるアカネ被害の測定方法（木口を除く 4 材面全てを測定）

3. 縦圧縮試験

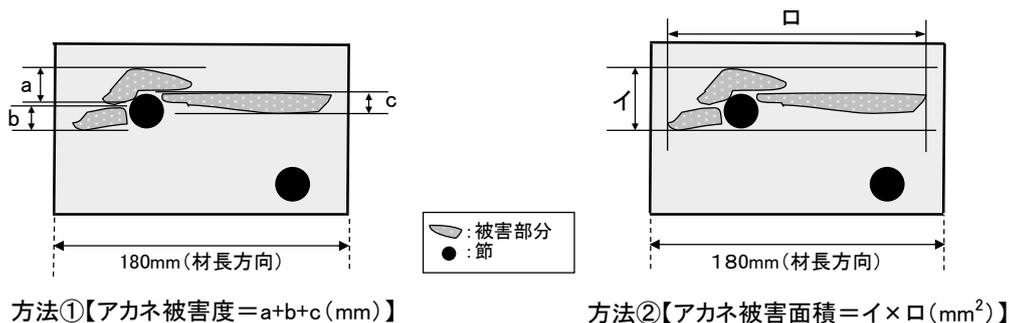
1) 材料

被害材として区分した長さ 3m（断面 30×105mm モルダー仕上げ）の板材 1 枚から長さ 180mm の試験体を 2 体ずつ採取した。1 体はアカネ被害を含んだもの（アカネ被害部試験体）、もう 1 体はアカネ被害を含んでいないもの（健全部試験体）とし、それぞれ 50 試験体を作成した。

2) 方法

節およびアカネ被害の調査は、製材の日本農林規格（JAS）甲種構造材の構造用 I に基づき節径比を求めるとともに、被害程度をアカネ被害度並びにアカネ被害面積の 2 通りの方法で測定した（第 5 図）。

縦圧縮試験は、「構造用木材の強度試験マニュアル」に基づき（公財）日本住宅木材・技術センター，2011），和歌山県工業技術センターの東京衡機製造所製万能試験機（容量 500kN）を用いて、破壊に至るまでの最大荷重を測定した。



第5図 縦圧縮試験体におけるアカネ被害の測定方法（木口を除く4材面全てを測定）

結果および考察

1. 原木および板材のヤング係数

原木の測定結果は第1表に示すとおりであった。

動的ヤング係数は、スギが 8.55kN/mm² (6.00~11.83 kN/mm²)、ヒノキが 11.44kN/mm² (9.45~13.60 kN/mm²)で、過去の林業試験場における径級 14~20cm の柱角適寸丸太のデータ（西野・山裾, 2003）と比較すると近い値であった。

第1表 原木の調査結果

樹種	項目	直径 ^z (mm)	年輪幅 ^y (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)
スギ (n=30)	平均値	273.9	2.8	830	8.55
	最大値	324.8	4.5	940	11.83
	最小値	230.3	1.9	544	6.00
	標準偏差	28.0	0.6	78	1.36
	変動係数%	10.2	19.7	9	15.96
ヒノキ (n=27)	平均値	267.1	2.4	666	11.44
	最大値	310.8	3.1	822	13.60
	最小値	236.8	1.9	573	9.45
	標準偏差	19.9	0.3	63	1.18
	変動係数%	7.5	13.4	9	10.30

z: 直径は元口と末口の平均値

y: 年輪幅は元口と末口の平均値

原木から製材した板材の測定結果を第2表に示す。

材表面にアカネ被害のあった板材は、スギが全 241 枚のうち 102 枚 (42%)、ヒノキが全 202 枚のうち 133 枚 (66%)であった。今回の試験ではヒノキの方がスギに比べて被害枚数の割合が高く、被害が広範囲に見られた。これは、スギの被害箇所数平均 1.5 箇所に対しヒノキが平均が 2.3 箇所と多かったことによるものと考えられる。

動的ヤング係数は、スギ無被害材が平均 9.23 kN/mm²で被害材が 9.01 kN/mm²、ヒノキ無被害材が平均 12.08 kN/mm²で被害材が 11.82 kN/mm²となり、スギ、ヒノキいずれも無被害材と被害材との間に有意な差は認められなかった。鳥取県産スギ板材でも同様の傾向が報告されている（倉本他, 2013）。

製材の日本農林規格（JAS）の機械等級区分に基づく各等級の出現頻度は、スギが無被害材、被害材ともにE90、ヒノキが無被害材E110、被害材E130で高くなった（第6図）。

第2表 板材の調査結果

【スギ】

	無被害材 (n=139)				被害材 (n=102)				
	含水率 ^z (%)	年輪幅 ^y (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^z (%)	年輪幅 ^y (mm)	密度 (kg/m ³)	アカネ被害 箇所数 ^x	動的ヤング係数 (kN/mm ²)
平均値	18.5	3.5	443	9.23	18.7	3.0	446	1.5	9.01
最大値	31.3	8.6	556	13.23	29.5	7.5	520	4	13.85
最小値	11.8	1.2	348	5.92	11.8	0.9	330	1	5.39
標準偏差	3.7	1.4	40	1.56	3.9	1.1	40	0.7	1.59
変動係数%	20.1	38.9	8.9	16.8	21.1	35.4	8.9	49.5	17.7

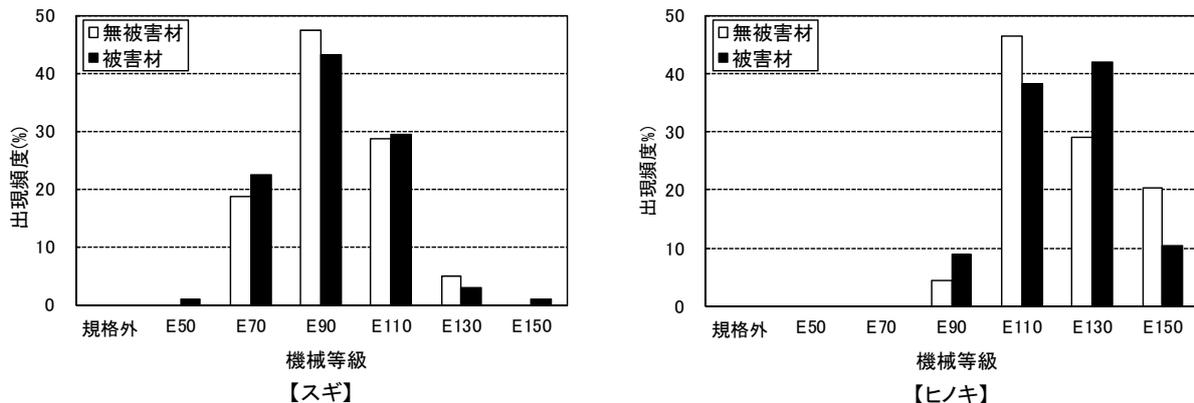
【ヒノキ】

	無被害材 (n=69)				被害材 (n=133)				
	含水率 ^z (%)	年輪幅 ^y (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^z (%)	年輪幅 ^y (mm)	密度 (kg/m ³)	アカネ被害 箇所数 ^x	動的ヤング係数 (kN/mm ²)
平均値	21.6	3.1	506	12.08	20.9	3.0	517	2.3	11.82
最大値	29.8	5.1	595	15.31	28.5	5.6	620	8	14.81
最小値	16.5	1.4	426	8.51	15.8	1.4	419	1	8.62
標準偏差	3.1	1.0	42	1.72	2.3	1.0	35	1.4	1.44
変動係数%	14.2	34.1	8.2	14.2	10.9	31.8	6.8	62.9	12.2

z: 高周波式木材含水率計(moco2)による長さ方向中央部2材面の測定平均値

y: 年輪幅は元口面と末口面の平均値

x: 板材表面に現れた被害部位を集団ごとにカウントしたもの



第6図 動的ヤング係数による板材の機械等級区分

2. 曲げ試験

1) スギ

試験体の節径比およびアカネ被害の測定結果は第3表のとおりで、アカネ被害部の節径比と被害度の相関関係は $r=0.322$ となり 5%水準で有意な相関であった。

アカネ被害部試験体の被害度は 20~40mm 未満、被害面積 1000~2000 mm² 未満の出現頻度が最も高くなった(第7図)。被害度と被害面積の相関関係は、 $r=0.794$ となり 1%水準で有意な相関を示した(第8図)。

曲げ試験の結果、曲げヤング係数については、健全部とアカネ被害部試験体との間に有意な差は認められなかった。一方、曲げ強度では、健全部とアカネ被害部との間に 1%水準で有意な差が認められた(第4表)。しかしながら、アカネ被害度と曲げ強度の間では有意な相関は認められなかった(第9図)。

曲げヤング係数と曲げ強度との関係は第10図に示すとおり、アカネ被害部は健全部と同様の傾向の相関であった。

製材 JAS の節径比に基づく目視等級区別に集計した結果は第5表のとおりであり、健全部は全て基準強度を上回ったが、アカネ被害部では基準曲げ強度を下回る試験体が1体見られた。この試験体は破壊部位の観察でアカネ被害よりもむしろ局所的な繊維傾斜に起因するものと推察された。

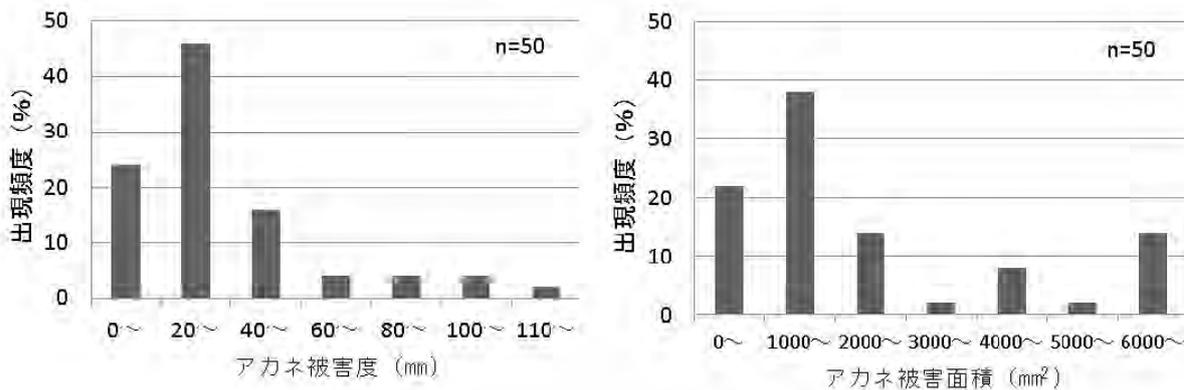
第3表 節径比およびアカネ被害の測定結果（スギ曲げ試験体）

【スギ(n=50)】

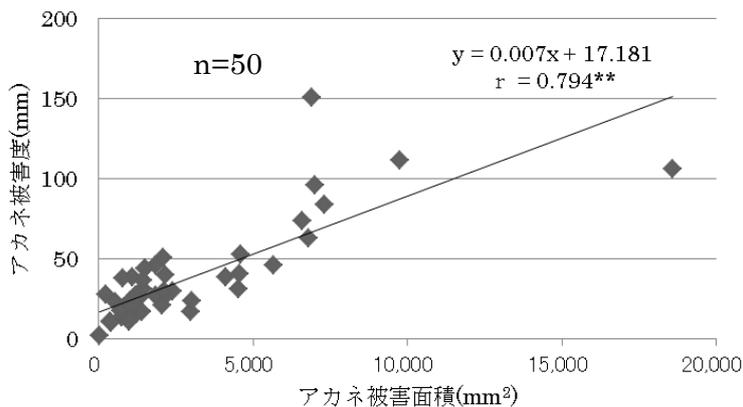
	健全部		アカネ被害部	
	節径比 ^z (%)	節径比 ^z (%)	アカネ被害 ^y	
			①被害度(mm)	②面積(mm ²)
平均値	32.9	36.5	37	2,740
最大値	83.7	67.5	151	18,586
最小値	0.0	14.1	2	24
標準偏差	18.2	13.0	29	3,170
変動係数%	55.4	35.6	78	116

z: 単独節径比と集中節径比のうち大きい方の数値

y: 4材面における合計値



第7図 スギ曲げ試験体のアカネ被害度および被害面積の出現頻度



第8図 アカネ被害面積と被害度の相関関係（スギ曲げ試験体）

注) 関数は回帰直線, r は相関係数を示す. **1%水準で有意.

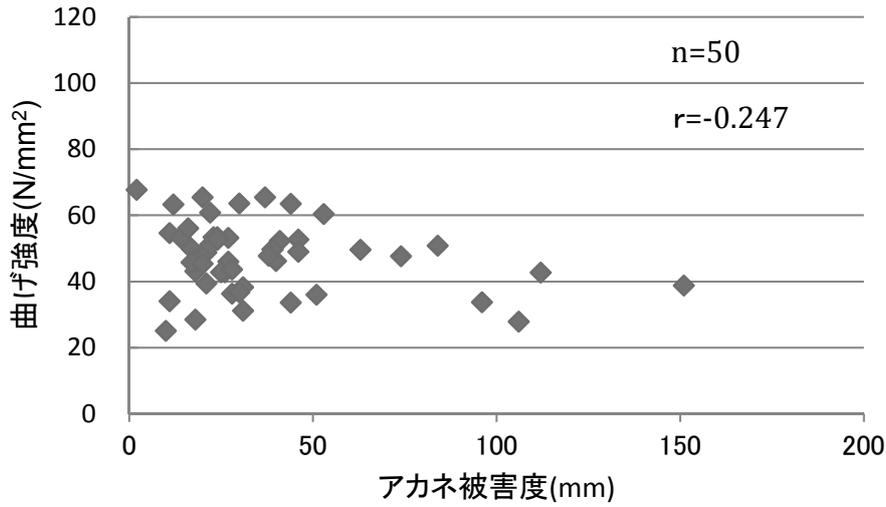
第4表 スギ曲げ試験の結果

【スギ(n=50)】

	試験体採取前(3m材)			健全部			アカネ被害部		
	年輪幅 ^z (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^y (%)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	含水率 ^y (%)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
平均値	2.8	445	9.14	17.0	9.20	53.1	17.2	9.10	47.4
最大値	6.7	516	12.46	21.1	12.13	75.7	20.5	12.77	67.7
最小値	1.6	361	6.12	14.4	5.76	36.5	11.7	5.51	25.1
標準偏差	0.9	40	1.49	1.6	1.45	9.6	1.5	1.51	10.3
変動係数%	33.0	9.1	16.3	9.6	15.8	18.0	8.4	16.6	21.8

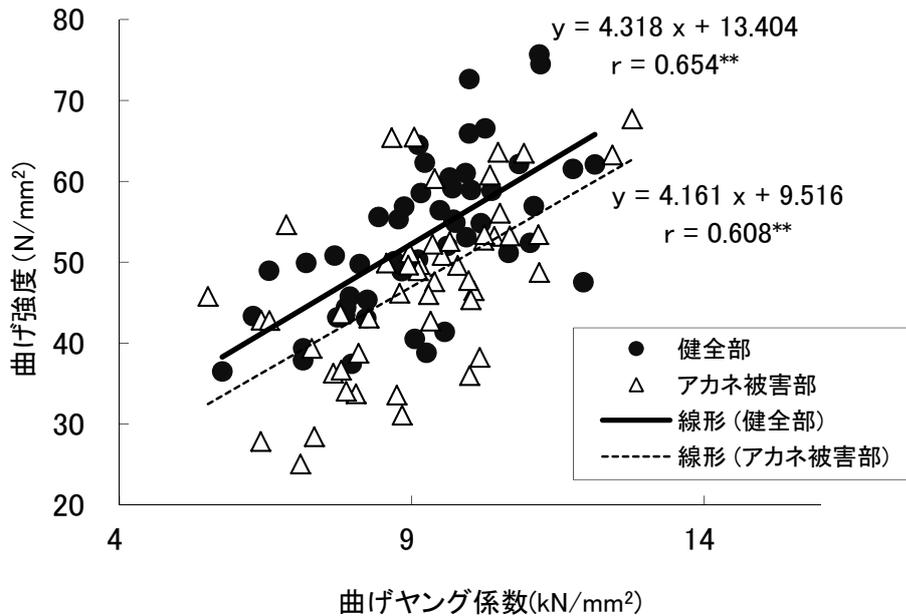
z: 年輪幅は元口面と末口面の平均値

y: 破壊部分近傍より採取した含水率測定試片を用いて全乾法により算出。



第9図 アカネ被害度と曲げ強度の相関関係 (スギ)

注) r は相関係数を示す。



第10図 曲げヤング係数と曲げ強度との関係(スギ)

注) 関数は回帰直線, r は相関係数を示す. **1%水準で有意。

第5表 製材 JAS による目視等級区分（節径比による評価）

区分	【スギ】						(単位: N/mm ²)
	健全部 曲げ強度			アカネ被害部 曲げ強度			基準 曲げ強度 ^z
	試験体数	平均値	最小値	試験体数	平均値	最小値	
1級	15	60.2	47.5	7	50.5	36.3	27.0
2級	29	49.6	36.5	40	47.6	25.1	25.8
3級	6	52.3	41.4	3	37.4	31.1	22.2

※アカネ被害部試験体の2級で1体が基準曲げ強度を下回った。

z: 平成12年5月31日建設省(現:国土交通省)告示第1452号による。

2) ヒノキ

試験体の節径比およびアカネ被害の測定結果は第6表のとおりであった。

アカネ被害部試験体の被害度は20~40mm未満、被害面積0~1000mm²未満の出現頻度が最も高くなった(第11図)。被害度と被害面積の相関関係は、 $r=0.910$ となり1%水準で有意な相関を示した(第12図)。

曲げ試験の結果、曲げヤング係数および曲げ強度については、健全部とアカネ被害部試験体との間に有意な差は認められなかった(第7表)。しかし、アカネ被害度と曲げ強度の相関関係は $r=-0.303$ となり5%水準で有意な負の相関が認められた(第13図)。

曲げヤング係数と曲げ強度との関係は第14図に示すとおり、アカネ被害部は健全部と同様の傾向の相関であった。

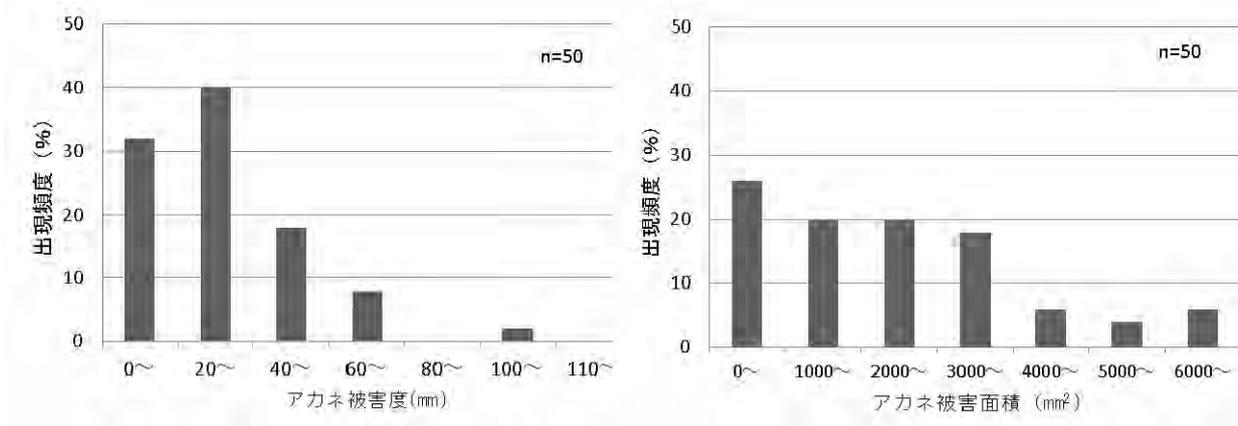
製材 JAS の節径比による目視等級区分別の集計結果は第8表のとおりであり、健全部、アカネ被害部ともに、各等級において全ての試験体が基準強度を上回った。

第6表 節径比およびアカネ被害の測定結果（ヒノキ曲げ試験体）

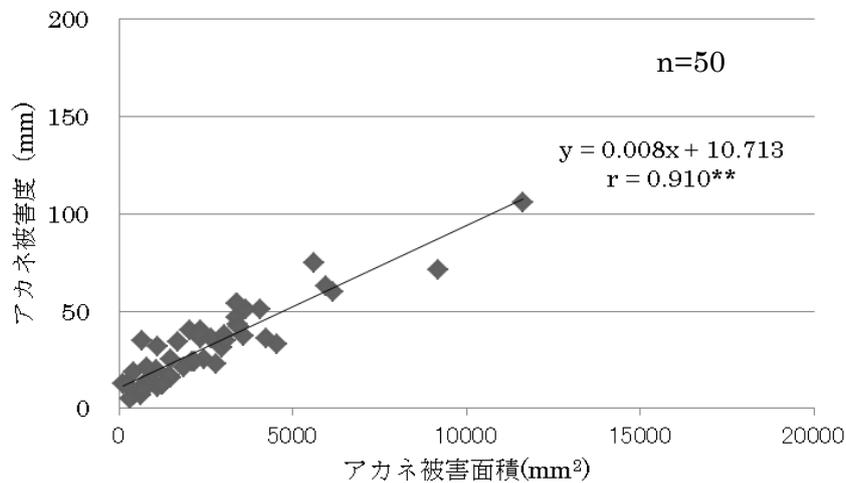
	【ヒノキ(n=50)】			
	健全部		アカネ被害部	
	節径比 ^z (%)	節径比 ^z (%)	アカネ被害 ^y	
			①被害度(mm)	②面積(mm ²)
平均値	25.2	30.0	32	2,537
最大値	50.5	78.0	106	11,614
最小値	0.0	0.0	5	105
標準偏差	13.8	15.3	20	2,204
変動係数%	54.6	51.1	63	87

z: 単独節径比と集中節径比のうち大きい方の数値

y: 4材面における合計値



第 11 図 ヒノキ曲げ試験体のアカネ被害度および被害面積の出現頻度



第 12 図 アカネ被害面積と被害度の相関関係（ヒノキ曲げ試験体）

注）関数は回帰直線，r は相関係数を示す．**1%水準で有意．

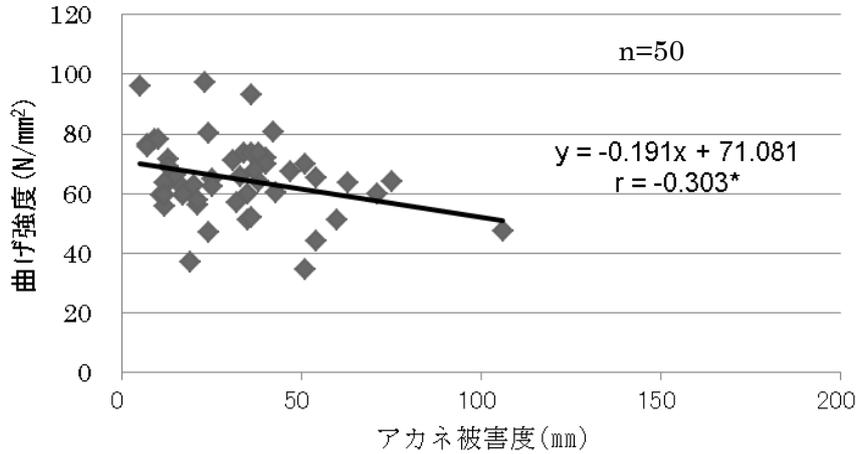
第 7 表 ヒノキ曲げ試験の結果

【ヒノキ(n=50)】

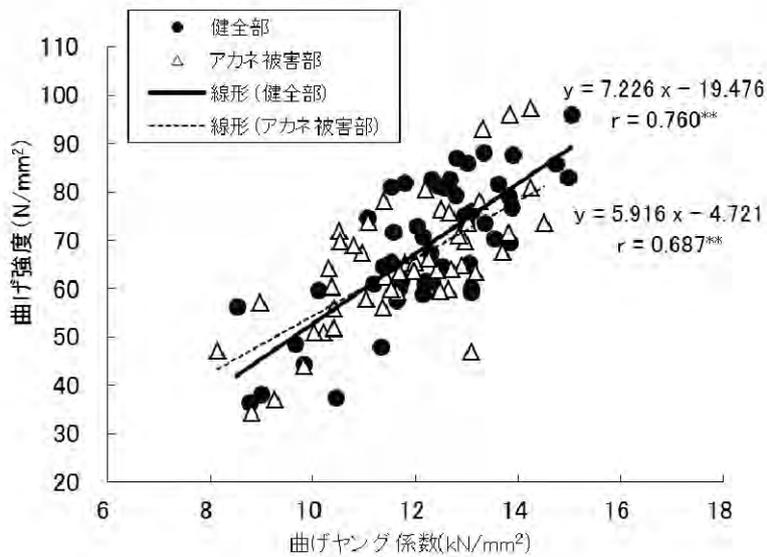
	試験体採取前(3m材)			健全部			アカネ被害部		
	年輪幅 ^z (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^y (%)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	含水率 ^y (%)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
平均値	2.8	514	11.76	19.5	12.23	68.9	20.1	11.79	65.0
最大値	5.6	611	14.51	25.1	15.03	96.0	23.6	14.51	97.3
最小値	1.4	438	8.62	17.4	8.53	36.4	17.8	8.14	34.2
標準偏差	0.9	36	1.39	1.6	1.46	13.9	1.3	1.48	12.7
変動係数%	32.2	7.1	11.8	8.0	11.9	20.2	6.6	12.6	19.6

z: 年輪幅は元口面と末口面の平均値

y: 破壊部分近傍より採取した含水率測定試片を用いて全乾法により算出.



第13図 アカネ被害度と曲げ強度の相関関係（ヒノキ）
 注）関数は回帰直線，rは相関係数を示す．*5%水準で有意．



第14図 曲げヤング係数と曲げ強度との関係（ヒノキ）
 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表 製材 JAS による目視等級区分（節径比による評価）

【ヒノキ】 (単位: N/mm²)

	健全部曲げ強度			アカネ被害部曲げ強度			基準 曲げ強度 ^z
	試験体数	平均値	最小値	試験体数	平均値	最小値	
1級	22	77.0	56.3	16	71.6	59.2	38.4
2級	27	63.3	36.4	32	62.4	34.2	34.2
3級	1	44.2	44.2	2	54.4	51.8	28.8

z: 平成12年5月31日建設省(現:国土交通省)告示第1452号による.

3. 縦圧縮試験

1) スギ

試験体の節径比およびアカネ被害の測定結果は第9表のとおりであった。

アカネ被害部試験体の被害度は0~20mm未満、被害面積0~1000mm²未満の出現頻度が最も高くなった(第15図)。被害度と被害面積の相関関係は、 $r=0.705$ となり1%水準で有意な相関を示した(第16図)。

縦圧縮試験の結果は第10表のとおりで、健全部とアカネ被害部試験体との間に1%水準で有意な差が認められた。しかしながら、アカネ被害度と縦圧縮強度の間では有意な相関は認められなかった(第17図)。

製材 JAS の節径比による目視等級区分別に集計した結果は第11表のとおりであり、健全部、アカネ被害部ともに、各等級において全ての試験体が基準縦圧縮強度を上回った。

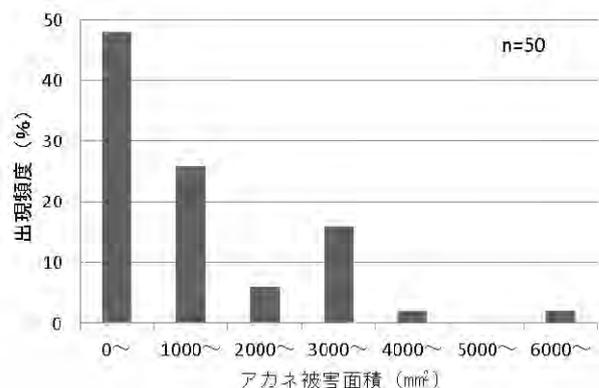
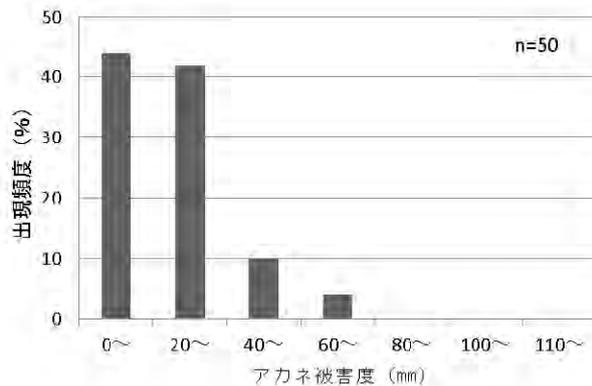
第9表 節径比およびアカネ被害の測定結果 (スギ縦圧縮試験体)

【スギ(n=50)】

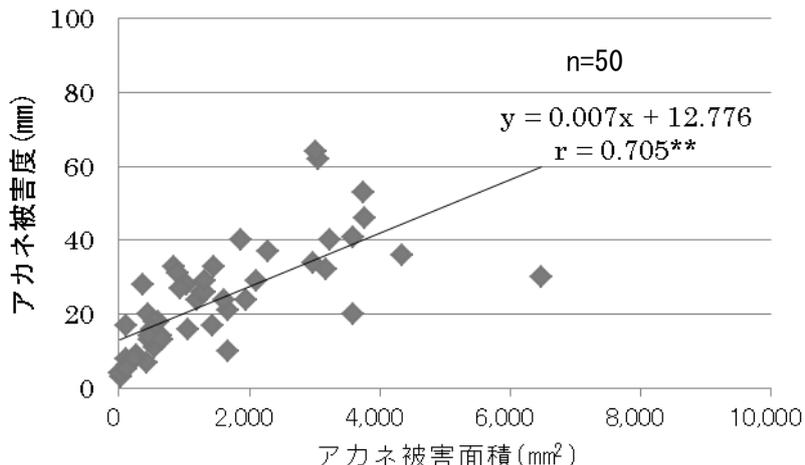
	健全部		アカネ被害部	
	節径比 ^z (%)	節径比 ^z (%)	アカネ被害 ^y	
			①被害度(mm)	②面積(mm ²)
平均値	26.9	29.7	24	1,477
最大値	55.3	65.7	64	6,474
最小値	0.0	0.0	3	22
標準偏差	13.3	14.9	14	1,395
変動係数%	49.6	50.1	61	94

z: 単独節径比と集中節径比のうち大きい方の数値

y: 4材面における合計値



第15図 スギ縦圧縮試験体のアカネ被害度および被害面積の出現頻度



第 16 図 アカネ被害面積と被害度の相関関係（スギ縦圧縮試験体）

注) 関数は回帰直線, r は相関係数を示す. **1%水準で有意.

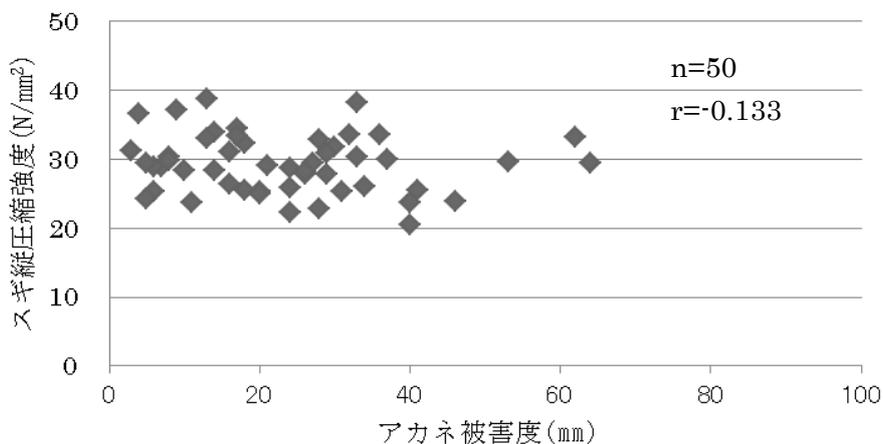
第 10 表 スギ縦圧縮試験の結果

【スギ(n=50)】

	試験体採取前(3m材)			健全部		アカネ被害部	
	年輪幅 ^z (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^y (%)	縦圧縮強度 (N/mm ²)	含水率 ^y (%)	縦圧縮強度 (N/mm ²)
平均値	3.2	447	9.01	16.6	32.4	16.5	29.3
最大値	7.5	520	13.85	18.4	40.9	18.4	38.7
最小値	0.9	330	5.39	15.0	23.9	14.8	20.5
標準偏差	1.2	42	1.68	0.9	4.1	0.9	4.2
変動係数%	36.1	9.3	18.7	5.2	12.6	5.5	14.3

z: 年輪幅は元口面と末口面の平均値

y: 破壊部分近傍より採取した含水率測定試片を用いて全乾法により算出



第 17 図 アカネ被害度と縦圧縮強度の相関関係（スギ）

注) r は相関係数を示す.

第 11 表 製材 JAS による目視等級区分（節径比による評価）

区分	健全部 縦圧縮強度			アカネ被害部 縦圧縮強度			基準 縦圧縮強度 ^z
	試験体数	平均値	最小値	試験体数	平均値	最小値	
	1級	19	32.8	25.6	14	31.4	23.7
2級	30	32.4	25.5	33	28.5	20.5	20.4
3級	1	23.9	23.9	3	27.7	23.9	18.0

z: 平成12年5月31日建設省(現:国土交通省)告示第1452号による。

2) ヒノキ

試験体の節径比およびアカネ被害の測定結果は第 12 表のとおりで、アカネ被害部の節径比と被害度の相関関係は $r=0.432$ となり 1%水準で有意な相関が見られた。

アカネ被害部試験体の被害度は 20~40mm 未満、被害面積 0~1000mm² 未満の出現頻度が最も高くなった(第 18 図)。被害度と被害面積の相関関係は、 $r=0.829$ となり 1%水準で有意な負の相関を示した(第 19 図)。

縦圧縮試験の結果は第 13 表のとおりで、健全部とアカネ被害部試験体との間に 1%水準で有意な差が認められた。また、アカネ被害度と縦圧縮強度の間の相関関係は $r=-0.365$ となり 1%水準で有意な負の相関が認められた(第 20 図)。なお、アカネ被害部の縦圧縮強度と節径比の相関関係は $r=-0.336$ となり 5%水準で有意な負の相関が認められたことから、健全部とアカネ被害部の節径比の差が縦圧縮強度の差に影響をしている要因の一つと考えられる。

製材 JAS の節径比による目視等級区分別に集計した結果は第 14 表のとおりであり、アカネ被害部試験体において 8 体が各等級別の縦圧縮基準強度を下回った。うち 1 体は縦圧縮試験の加圧面に抜け節が存在したものであった。

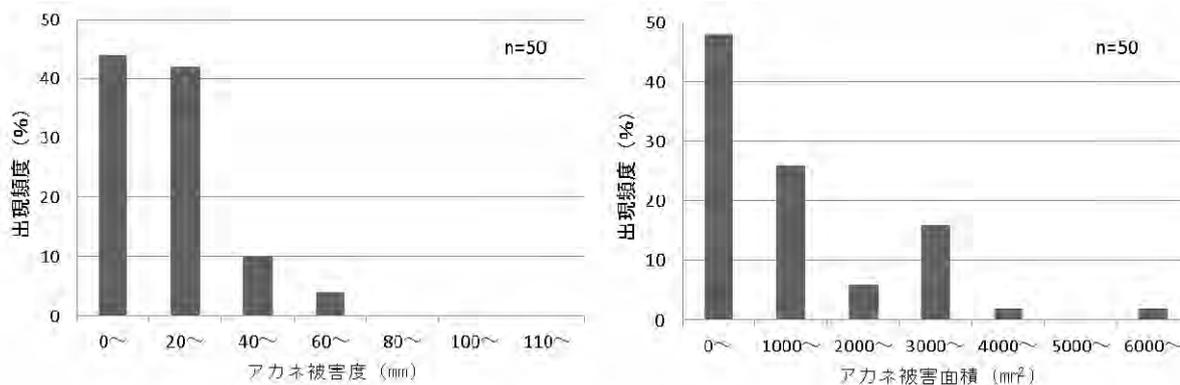
アカネ被害による強度性能低下の可能性が示唆されるところであるが、節径比についても考慮する必要がある。

第 12 表 節径比およびアカネ被害の測定結果（ヒノキ縦圧縮試験体）

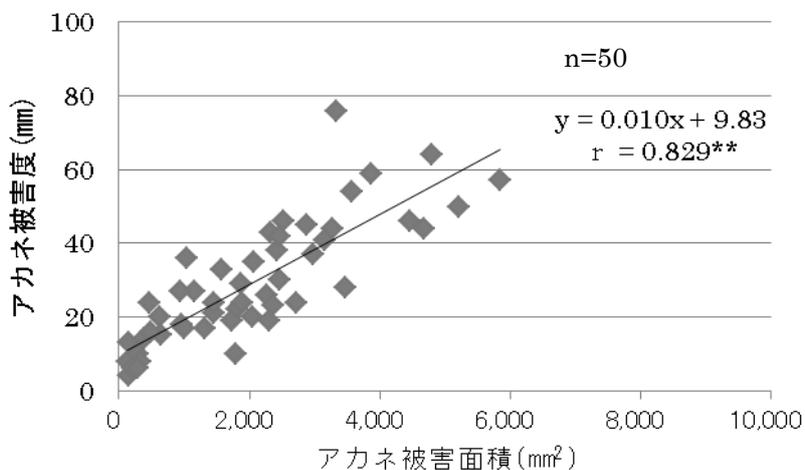
	健全部		アカネ被害部	
	節径比 ^z	節径比 ^z	アカネ被害度 ^y	
	(%)	(%)	①被害度(mm)	②面積(mm ²)
平均値	19.1	27.8	29	2,033
最大値	71.5	75.4	76	5,850
最小値	0.0	0.0	4	130
標準偏差	13.7	16.0	16	1,426
変動係数%	71.6	57.7	56	70

z: 単独節径比と集中節径比のうち大きい方の数値

y: 4材面における合計値



第 18 図 ヒノキ縦圧縮試験体のアカネ被害度および被害面積の出現頻度



第 19 図 アカネ被害面積と被害度の相関関係（ヒノキ縦圧縮試験体）

注）関数は回帰直線，r は相関係数を示す．**1%水準で有意．

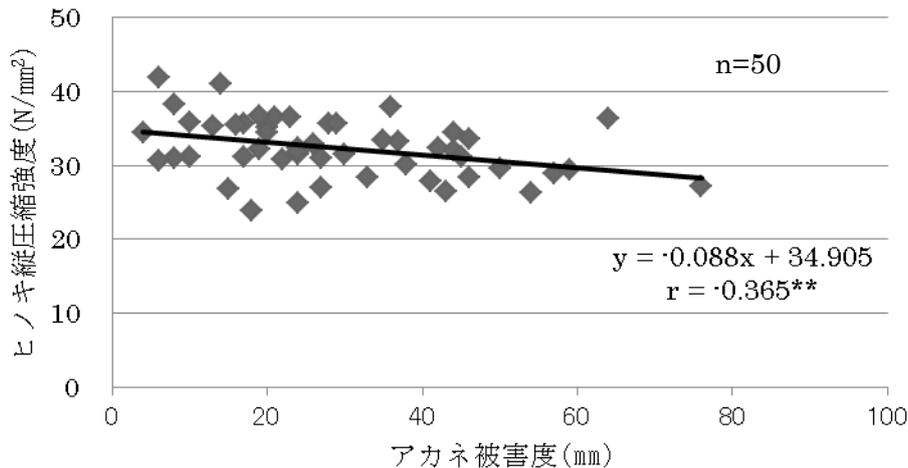
第 13 表 ヒノキ縦圧縮試験の結果

【ヒノキ(n=50)】

	試験体採取前(3m材)			健全部		アカネ被害部	
	年輪幅 ^z (mm)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 ^y (%)	縦圧縮強度 (N/mm ²)	含水率 ^y (%)	縦圧縮強度 (N/mm ²)
平均値	3.1	515	12.07	17.5	36.4	18.3	32.3
最大値	5.5	582	14.59	20.5	44.7	25.9	41.9
最小値	1.6	419	8.98	15.2	26.1	15.9	23.8
標準偏差	1.0	36	1.45	1.3	4.4	2.1	3.9
変動係数%	32.2	7.0	12.0	7.3	12.1	11.3	12.2

z: 年輪幅は元口面と末口面の平均値

y: 破壊部分近傍より採取した含水率測定試片を用いて全乾法により算出



第 20 図 アカネ被害度と縦圧縮強度の相関関係（ヒノキ）
 注）関数は回帰直線， r は相関係数を示す．**1%水準で有意．

第 14 表 製材 JAS による目視等級区分（節径比による評価）

区分	健全部 縦圧縮強度			アカネ被害部 縦圧縮強度			基準 縦圧縮強度 ^z
	試験体数	平均値	最小値	試験体数	平均値	最小値	
1級	34	38.0	29.1	26	33.3	25.0	30.6
2級	15	33.0	26.1	21	31.4	23.8	27.0
3級	1	32.5	32.5	3	30.4	27.2	23.4

※アカネ被害部試験体の1級で4体，2級で4体が基準縦圧縮強度を下回った。

z: 平成12年5月31日建設省(現:国土交通省)告示第1452号による。

摘 要

原木の動的ヤング係数は，スギが 8.55kN/mm^2 でヒノキが 11.44kN/mm^2 ($9.45\sim 13.60\text{ kN/mm}^2$) となり，当場の柱角寸丸太のデータと比較すると近い値であった。

板材の動的ヤング係数は，スギが無被害材 9.23 kN/mm^2 および被害材が 9.01 kN/mm^2 ，ヒノキがそれぞれ 12.08 kN/mm^2 および 11.82 kN/mm^2 で，被害による有意な差は認められなかった。

曲げヤング係数は，スギ，ヒノキともに健全部とアカネ被害部の間で有意な差が認められなかった。また，曲げ強度において，スギは健全部とアカネ被害部の間で有意な差が認められたが，目視等級の基準強度を上回った（特異な1体を除く）。ヒノキは両者間の差はなく，目視等級の基準強度を上回った。

縦圧縮強度について，スギは健全部とアカネ被害部の間で有意な差が認められたが，目視等級区分の基準強度を上回った。一方，ヒノキは1%水準で有意な差が認められ，また，目視等級の1級及び2級の基準強度を下回る試験体が見られた。ヒノキの縦圧縮強度とアカネ被害度および節径比の間で有意な負の相関が見られたことから，強度に影響を及ぼす要因として，アカネ被害度とともに節径比も考慮する必要がある。

第15表 アカネ材強度試験結果の総括

項目	曲げ試験		縦圧縮試験	
	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
ヤング係数 健全部とアカ ネ被害部 強度	有意差なし	有意差なし	—	—
健全部とアカ ネ被害部	有意（1%水準）	有意差なし	有意（1%水準）	有意（1%水準）
アカネ被害度と 強度の相関	相関あり（1%水 準）	相関なし	相関なし	相関あり（1%水準）
被害部の目視等 級の基準強度と の比較	2級で1体下回る （局所的な繊維 傾斜に起因と推 察）	すべて上回る	すべて上回る	1級で4体、2級で 4体下回る
節径比と被害度 の相関	相関あり（5%水 準）	相関なし	相関なし	相関あり（1%水準） （節径比と縦圧縮 強度の間で5%水準 の相関あり）

引用文献

- （公財）日本住宅木材・技術センター．2011．構造用木材の強度試験マニュアル．P. 13-15.
- 倉本一紀・森田浩也・柴田寛・植田幸秀・川上敬介・西村臣博・大久保嗣臣．2013．スギノアカネ
トラカミキリ被害材の強度性能（第3報）スギ厚板の材面の食害程度と強度との関係．木材
工業．Vol168（No. 10）．439-442.
- 西野芳樹・山裾伸浩．県産柱・横架材の強度性能に関する研究．2003．和歌山県農林水産総合技
術センター研究報告．No. 4. 1-10.
- 和歌山県．2014．平成26年度森林・林業及び山村の概況．P. 5.

学会誌掲載論文抄録

園学研. (Hort. Res. (Japan)) 13 (4) : 343–347. 2014

ウメ ‘南高’ における光条件の違いが梅酒の香気, 苦みおよび機能性成分に及ぼす影響

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

³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 230-8628 神奈川県横浜市鶴見区

⁴メルシャン株式会社生産 SCM 本部 SCM 統括部 164-0001 東京都中野区中野

Influence of Light Condition on Aroma, Bitter and Functional Components of Processed Ume Liqueur in Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb.et Zucc.) 'Nanko'

Takaaki Oe^{1,2}, Mieko Okamuro¹, Naoki Sakurai², Yasuhisa Tsuchida¹, Tetsuhiro Yamasaki³, Yayoi Okui⁴,
Norie Ishihara³, and Noriaki Jomura¹

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

³Kirin Brewery Company Limited, Brewing Technology Development Center, Technology Development Dept., Production Division, Tsurumi, Yokohama, Kanagawa 230-8628

⁴Mercian Corporation, SCM Control Department, Production & SCM Headquarters, Nakano, Nakano, Tokyo 164-0001

摘要

ウメ ‘南高’ 樹を用いて, 光環境の違いが梅酒の香気, 苦みおよび機能性成分に及ぼす影響について調査した. 90%遮光用寒冷紗で遮光した部位の果実は同一樹の無処理の部位の果実に比べて, 6日完熟落果期が遅延した. 樹冠内の気温や完熟落果期の果実の熟度指標には遮光の有無による差がなかった. 梅酒の香気成分について, 遮光部位に着生した果実を原料とした梅酒は無処理部位のものに比べて, γ -デカラクトン, δ -デカラクトン, 酪酸エチルおよび酢酸ブチルといった芳香成分の含量が少ない傾向であり, 未熟な香りを呈する安息香酸エチルが多かった. また, 遮光部位に着生した果実を原料とした梅酒は無処理部位のものに比べて, 梅酒のクエン酸, リンゴ酸, ソルビトールおよびポリフェノールといった機能性成分の含量が少なく, フリーラジカル消去活性が小さかった. 以上のように, 日照量が低下すると, 梅酒の芳香および機能性成分量が減少し, 未熟な香気成分が多くなるため, 梅酒品質に悪影響を及ぼす危険性が明らかとなったため, 高品質梅酒を製造するための原料果実生産のためには, 良好な日射を確保する必要があると判断される.

Differences in Cell-wall Polysaccharide Degradation during Softening Process in Two Cultivars of Japanese Apricot Fruits

Yasuhisa Tsuchida¹, Hiroshi Yakushiji², Takaaki Oe¹, Keiichi Negoro¹, Nobuki Gato³, Tatsuya Kotani³, Yuriko Onishi³, Takamichi Kobata⁴ and Motoi Tamura⁵

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

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

³*Food Science Research Laboratory, Nakano BC Co. Ltd., Kainan 642-0034, Japan*

⁴*R & D Department, Kobata Research Institute Limited., Gojo, Nara 637-0071, Japan*

⁵*NARO Institute of National Food Research Institute, Tsukuba 305-8642, Japan*

Abstract

Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold & zucc.) fruits of ‘Nanko’ have softer flesh than those of ‘Gojiro’. Therefore, there are differences in the processability of these cultivars. We investigated the characteristics of cell-wall polysaccharide degradation that significantly affects fruit firmness in these 2 cultivars at unripe, ripe, and drop stages. Fruit firmness of ‘Gojiro’ was maintained during unripe and ripe stages and decreased after the ripe stage, while that of ‘Nanko’ decreased constantly and was lower than that of ‘Gojiro’ at ripe and drop stages. Amount of the pectin and the hemicellulose substances decreased commonly in ‘Gojiro’ and ‘Nanko’ in the process of fruit softening, in addition, decrease in mol wt of these polysaccharides significantly synchronized with decrease in fruit firmness, suggesting that degradation of the pectin and the hemicellulose cause the softening of Japanese apricot fruits. The amount of neutral sugar (NS) and uronic acid (UA) in the pectin fraction and NS in the hemicellulose fraction in ‘Nanko’ decreased more than in ‘Gojiro’. Moreover, the cellulose content of ‘Nanko’ decreased during the fruit-softening process. These results suggest that higher degradation of pectin, hemicellulose, and cellulose in ‘Nanko’ fruits would result in softer fruits than ‘Gojiro’.

Effects of dietary lysine/protein ratio and fat levels on growth performance and meat quality of finishing pigs

Keisuke MAEDA,¹ Fumika YAMAMOTO,² Masanari TOYOSHI¹ and Masakazu IRIE²

¹Livestock Experiment Station of Wakayama Prefecture, Susami,
and ²Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki, Japan

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of dietary lysine/protein ratio and fat levels on the growth, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs fed feed made from food waste, including noodles and chocolate. Four dietary treatments, 2 levels of lysine/protein ratio (0.035 and 0.046) and 2 levels of fat (3.3% and 6.0%), were adapted to a 2 × 2 factorial arrangement. Each diet for the finishing pigs contained the same levels of adequate crude protein (16%) and lysine (0.58–0.75%), and similar levels of high total digestible nutrients (90.2–92.6%). In total, 32 LWD pigs with an average body weight of 57.2 kg were assigned to 4 dietary groups. The pigs were slaughtered at about 115 kg. Growth performance was not influenced by the dietary treatments. Carcass characteristics were slightly influenced by the dietary fat level. As the dietary lysine/protein ratio decreased, the marbling score of *Longissimus dorsi* muscle increased and the intramuscular fat (IMF) increased from 6.82% to 9.46%. Marbling score was not significantly influenced by the dietary fat level. These results indicate that IMF increased without adverse effects on growth, carcass characteristics and meat quality, when pigs were fed a diet with low lysine/protein ratio.

Key words: intramuscular fat, lysine protein ratio, marbling, meat quality, pig.

イノブタ（デュロック×ニホンイノシシ）の肉質と 生産性に対する低リジン含量のパン主体飼料給与と性の影響

前田恵助¹・山本史華²・諏佐尚哉²・高橋俊浩²・豊吉正成¹・入江正和²

¹和歌山県畜産試験場, 和歌山県すさみ町 649-3141

²宮崎大学農工連携大学院, 宮崎県宮崎市 889-2192

Effects of a Breadcrumb-Based Diet with Low Lysine and Sex on Growth Performance and Meat Quality
of Duroc Sow × Japanese Wild Boar (*Sus Scrofa Leucomystax*) Crossbreeds

Keisuke MAEDA¹, Fumika YAMAMOTO², Naoya SUSU², Toshihiro TAKAHASHI²,
Masanari TOYOSHI¹ and Masakazu IRIE²

¹Livestock Experiment Station of Wakayama Prefecture, Susami, Wakayama 649-3141, Japan

²Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan

要 約

特産物の肉質向上とエコフィード活用を目的として、デュロック×ニホンイノシシ(*Sus scrofa leucomystax*)の一代雑種であるイノブタを用い、発育、肉質に対するリジン含量が低くなったパン主体飼料給与と性の影響を調べた。10頭のイノブタを2群に振り分け、一方には市販の肉豚肥育用配合飼料（対照区：リジン 0.60%）を、他方には低リジンのパン主体飼料（低リジン・パン飼料区、リジン 0.42%）を給与した。飼料摂取量、日増体量は低リジン・パン飼料区が対照区に比べ低下した(DG 0.46 vs 0.29, $P<0.05$)。枝肉重量、枝肉歩留、背脂肪厚は去勢が雌より増加する傾向を示した。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は、対照区 2.47%であるのに対し、低リジン・パン飼料区では 3.97%と増加した($P<0.01$)。胸最長筋の脂肪酸組成では、低リジン・パン主体飼料により C16:0, C18:0 がやや低下し、C16:1, C18:1 がやや増加した。また、C18:2 は雌が去勢雄よりわずかに増加した。剪断力価、調理損失は低リジン・パン飼料区が対照区よりやや増加したが、性の影響は認められなかった。以上の結果より、デュロック×ニホンイノシシの一代雑種であるイノブタの筋肉内脂肪含量は通常 2.5%程度で、リジン含量の低いパン主体飼料を給与すると、飼料摂取量、日増体量が低下するものの、筋肉内脂肪含量が 4%近くまで増加すること、さらに性の影響では、雌より去勢の方がやや日増体量が優れ、背脂肪厚が厚くなる傾向にあり、背脂肪の融点がやや低くなることが分かった。

ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が 堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響

前田恵助¹・橋本真穂²・林 恭弘²・豊吉正成¹

¹和歌山県畜産試験場, 和歌山県西牟婁郡すさみ町見老津 649-3141

²和歌山県農業試験場, 和歌山県紀の川市貴志川町高尾 640-0423

Effect of Addition of Ume Seasoning Waste Water to used Broiler Litter
on Ammonia Emission and Elements in Manure at Composting

Keisuke Maeda¹, Maho Hashimoto², Yasuhiro Hayashi² and Masanari Toyoshi¹

¹Livestock Experiment Station of Wakayama Prefecture, Susami, Wakayama, 649-3141, Japan

²Agricultural Experiment Station of Wakayama Prefecture, Kinokawa, Wakayama, 640-4123, Japan.

要約

ブロイラーの使用済み敷料堆肥化時におけるアンモニア揮散抑制と、梅干し生産過程で産出される梅調味廃液の有効活用を目的とし、使用済み敷料への梅調味廃液の添加が、堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響を調べた。ブロイラー出荷後の鶏舎から使用済み敷料を採取し、5%の割合(容積/重量)で梅調味廃液を添加したものを USW 区、5%の割合で水道水を添加したものを対照区とし、それぞれ小型堆肥化実験装置に各 5 kg 充填し、試験 1 では切り返しを行わず 7 日間の堆肥化時のアンモニア揮散量を含む窒素収支を調べ、試験 2 ではアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響を調べるために 7 日ごとに切り返しを行い、21 日間堆肥化実験を行った。試験 1 においてアンモニアガス濃度は試験開始時から 4 日目まで対照区より USW 区が少なくなったが、5 日目から 7 日目は対照区と USW 区は同濃度で推移し、USW 区の揮散アンモニア量は対照区に対し 13%抑制された。試験 2 における 21 日間のアンモニア揮散量は 0-7 日、8-14 日、15-21 日のいずれの期間でも、対照区より USW 区の方が少なく、対照区に対する USW 区のアンモニア揮散量の抑制率は 0-7 日、8-14 日、15-21 日でそれぞれ、59.8%、34.3%、5.4%となり、0-7 日に最も揮散量を低減させた。一方、対照区と USW 区の堆肥中アンモニア態窒素含量は同様な推移を示したが、pH はいずれの測定点においても対照区より USW 区が低くなった。堆肥成分では梅調味廃液の添加により堆肥中 Na 含量がやや高くなり、Ca、Zn 含量はわずかに減少した ($P < 0.01$)。以上の結果より、ブロイラー使用済み敷料に梅調味廃液を 5%の割合で添加することは堆肥の Na 含量をやや高めるものの堆肥化を抑制することなく、堆肥化初期のアンモニア揮散を約 13-60%抑制することが分かった。

和歌山県南部の人工林伐採跡地に成立した林分の構造

中森由美子¹⁾・栗生 剛²⁾

¹⁾ 和歌山県林業試験場

²⁾ 和歌山県農林水産部

Stand structure after clear-cutting of coniferous plantations in southern Wakayama Prefecture, Japan.

Yumiko Nakamori¹⁾, Tsuyoshi Kuriu²⁾

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

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

摘 要

和歌山県南部の暖温帯域に位置するスギ・ヒノキ人工林伐採跡地において、伐採後 10～24 年を経た若齢段階の林分構造を調査し、植生タイプによる林分特性の違いを調べた。13 林分 29 方形区 (10 × 10 m, 1 林分 3 方形区のみ 5 × 5 m) に出現した胸高直径 1 cm 以上の木本類の調査から、林分は微地形や伐採後年数、標高の違いによって特徴付けられた 4 つのタイプに分類できた (陽樹・先駆種型, 常緑広葉樹 I 型, 針葉樹型, 常緑広葉樹 II 型)。アラカシ, シイ類を主とした常緑広葉樹 I 型は凸地形に, クスノキ, カナクギノキ, カラスザンショウを主とした陽樹・先駆種型は凹地形に分布する傾向がみられた。方形区数の多かった陽樹・先駆種型, 常緑広葉樹 I 型において、林分の質的な回復状況を示す非先駆性高木の幹密度, 胸高断面積合計, 平均樹高は量的な回復状況を示す林分の胸高断面積合計が増加するほど増加した。一方, 伐採後年数の増加による非先駆性高木の幹密度, 胸高断面積合計の増加はみられなかった。陽樹・先駆種型および常緑広葉樹 I 型の植生回復は、伐採後の経過時間によって植生回復の度合いが一律に決まるのではなく、一定量の樹木の定着・成長が見込めれば量的に回復するという点で類似していた。伐採後 10～24 年経過した林分において、常緑広葉樹 I 型および陽樹・先駆種型は樹種の違いを除けば、非先駆性高木の定着量などの林分構造に大きな違いはないと考えられた。

和歌山県農林水産試験研究機関研究報告
第3号

発行 平成27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
