

ISSN 2185-0437

山口県農林総合技術センター研究報告

第 12 号

令和 3 年（2021 年）3 月

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No.12

March, 2021

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Ouchi Hikami, Yamaguchi City, Yamaguchi Prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県山口市大内氷上一丁目 1 番 1 号

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri.

& For. Gen. Tech. Ctr.

目次

【原著論文】

- 1201 ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育および収量に及ぼす影響 1
重藤 祐司・日高 輝雄・木村 靖・鶴山 浄真
- 1202 濃緑色葉ネギ「中山交01」の育成と特性 10
藤井 宏栄・三小田 崇・西田 美沙子・重藤 祐司・日高 輝雄
- 1203 濃緑色葉ネギ品種を活用した夏期の小ネギ安定生産に寄与する栽培方法 18
藤井 宏栄・西田 美沙子・重藤 祐司・木村 一郎・渡辺 卓弘・日高 輝雄
- 1204 チャバネアオカメムシの加害部から感染した *Erwinia chrysanthemi* によるナシ果実腐敗症の発生 30
唐津 達彦・殿河内 寿子・岡崎 仁・堀田 光生
- 1205 中晩生カンキツ「せとみ」の隔年結果軽減技術の開発 36
兼常 康彦・中島 勘太・西岡 真理
- 1206 カンキツ果実陽光面に発生する黒点病の発生要因と対策 48
世良 友香・村本 和之
- 1207 飼料自給率向上のための国産飼料等の給与が黒毛和種肥育牛の発育性や産肉性、肉質に及ぼす影響 55
山本 幸司・吉村 謙一・岡崎 亮・村田 翔平
- 1208 レンコン腐敗病の生態解明と土壌還元消毒法による防除 61
出穂 美和・角田 佳則・上木 厚子・石岡 徹・佐々木 一紀・森 伸介・青木 博幸・竹原 利明

【短報】

- 1209 山口型放牧とイネWCSを活用した経営安定化技術 75
森田 正浩・古澤 剛・鈴木 真士
- 山口県農林総合技術センター投稿規定 77

ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育および収量に及ぼす影響

重藤 祐司・日高 輝雄・木村 靖*・鶴山 浄真

Effect of Warming Start Time on the Growth and Yield of Wasabi in Wasabi Super Forcing Cultivation

SHIGEFUJI Yuuji, HIDAKA Teruo, KIMURA Yasushi and TSURUYAMA Johshin

Abstract: In Yamaguchi Prefecture, after exposing wasabi to below freezing point in a greenhouse until mid-December, farmers practicing super-forcing culture warm the environment to accelerate flower stem harvest and increase the yield of processed raw materials (petioles). In this study, we investigated the growth and yield of wasabi (Okutama cultivar) exposed to low-temperature (below 5 degrees) between 0 to 500 hours. We observed that the leaf length and the yield of processed raw materials and flower stems increased when wasabi was exposed to the low-temperature period over 250 hours. These results suggest that wasabi may have spontaneous dormancy.

Key Words: increased yield, low temperature exposure, spontaneous dormancy

キーワード：自発休眠、低温遭遇時間、増収

緒言

日高ら (2015) は、これまでに底面給水掛け流し法によるワサビ夏期育苗技術を開発し、この方法で育成した苗を用いて、早春にワサビ花茎を収穫し、初夏までに練りわさび原料 (主に葉柄部分) として株を収穫する超促成栽培技術を確立した。山口県岩国市錦町や周南市鹿野、山口市阿東では、パイプハウスを利用した播種から1年以内に収穫できる超促成栽培、播種から2年かけて収穫する促成栽培、林間畑を利用した露地栽培をそれぞれ組み合わせた畑ワサビ経営が普及している。以前より促成栽培において、ワサビを氷点下に遭遇させた後にフィルム被覆し、12月中旬以降に保温を開始することで、花茎収穫時期が前進し、葉柄および根茎も増加することを篤農家らは経験しており、それを実践している (重藤ら, 2018)。一般的に越年生植物は冬期の環境に対する自衛手段として、わい化し休眠する現象が見られることから、ワサビも同様に一旦、自発休眠に入った後に低温遭遇により休眠打破され、その後の保温により、生育が旺盛に転じるものと考えられる (日高・重藤, 2019, 日高ら, 2020)。また、ダイコンやタアサイ、ナズナのように、多くのアブラ

ナ科植物がロゼット状の越冬葉を生じる (2019, 庄野)。畑ワサビについても、厳寒期の露地状態や雨よけパイプハウス内において、葉が地面に張り付くほどではないものの、草姿がわい化する現象が認められる (第1図)。休眠現象が見られるイチゴと同様に、ワサビの休眠状態も生育が完全に休止するのではなく、新葉の展開は行われるが、葉柄が短くなり、株全体が



第1図 わい化状態の畑ワサビ

注1: 2018.12.18 岩国市錦で撮影

* 退職

ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育および収量に及ぼす影響

わい小化する状態と考えられる。イチゴや落葉果樹の多くでは、品種ごとの低温要求量などが解明されている一方で、アブラナ科植物では詳細な休眠機構に関する研究事例は見当たらない。

畑ワサビ超促成栽培や促成栽培で低温遭遇させる場合、パイプハウスの天井フィルムを剥がした状態で10月上旬頃に定植する。山口県内では、標高400m地帯に産地が形成されているため、11月1日には最低気温の平年値が5°C以下となる（農研機構メッシュ気象データ）。低温性作物においては、5°C以下の気温が休眠打破に有効とされている場合が多く、イチゴにおいては休眠打破の程度を示す指標として通常5°C以下の低温に遭遇した時間数が用いられている（施山・高井, 1986）。また、アスパラガス、ニラにおいて、5°C以下の低温遭遇時間を休眠打破の指標として生育や収量への影響が試験されている（鹿野・高野, 2008、島貫・雨宮, 2014）。今回の試験においても5°C以下の遭遇時間がその後の生育・収量に与える影響について調査することで、ワサビの休眠現象や休眠打破に必要な低温遭遇時間の解明につながると考えた。また、その現象を利用した加工用原料や花茎の増収技術確立の可能性について検討した。

なお、現地試験を行うにあたり、ご協力をいただいた生産者ならびに関係機関の皆様深く感謝の意を表す。

また、本研究は、農研機構生研支援センター 革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）の支援を受けて実施した。

材料および方法

1 超促成栽培における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

超促成栽培を前提として、2016年、2017年および2018年に以下の方法で試験を実施した。なお、試験年度、作型、5°C以下低温遭遇時間などの詳細は第1表のとおりである。

実生苗・地床の各区において、品種「奥多摩」を6月上旬に育苗培地（商品名：与作 N150）を充てんした水稲用育苗箱に播種し、双葉展開時に育苗培地（商品名：与作 N150）を充てんした128穴セルトレイに移植した。活着後、標高400mの育苗ハウスに移動し、底面給水掛け流し法により育苗した。育苗ハウスの外部に、65%遮光資材（商品名：らーくらくスーパーホワイト W65）を展張し、遮光した。育苗中の施肥は、1トレイ当たり緩効性肥料（商品名：マイクロロングトータル 280/70 日タイプ）5gを本葉展開時に散布し、育苗後半は液肥を適宜施用した。10月に農林総合技術センター内（以下「センター」という、標高31m）において、露地状態のパイプハウス（3×8m）内に、畝幅

第1表 試験区の構成

試験年度	栽培地（標高）	条件 ^z	作型	n ^y	播種日	定植日	収穫日	保温開始日	低温遭遇時間 ^x
2016	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	48	2016.6.1又は15	2016.10.14	2017.4.30	2016.11.25	14
2016	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	48	2016.6.1又は15	2016.10.14	2017.4.30	2016.12.30	215
2017	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	48	2017.6.1	2017.10.13	2018.4.26	2017.11.25	16
2017	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	48	2017.6.1	2017.10.13	2018.4.26	2017.12.25	254
2018	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	12	2018.6.8	2018.10.3	2019.4.25	2018.11.26	89
2018	山口市大内(31m)	実生苗・地床	1年	12	2018.6.8	2018.10.3	2019.4.25	2019.1.4	442
2017	岩国市錦(400m)	培養苗・地床	1年	10	9/8 128セルトレイ鉢上げ	2017.10.26	2018.5.10	2017.11.16	69
2017	岩国市錦(400m)	培養苗・地床	1年	10	9/8 128セルトレイ鉢上げ	2017.10.26	2018.5.10	2017.12.14	492
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	1年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2017.11.20	0
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	1年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2017.12.18	180
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	1年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2018.1.15	500
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2016.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2017.11.20	0
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2016.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2017.12.18	180
2017	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2016.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2018.4.24	2018.1.15	500
2018	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2019.4.25	2018.11.15	0
2018	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2019.4.25	2018.12.14	150
2018	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2019.4.25	2018.12.30	300
2018	山口市大内(31m)	実生苗・ポット	2年	4	2017.6.1	※ワグ ^z ネボ ^z ット	2019.4.25	2019.1.7	400

^z 品種はいずれも「奥多摩」

^y nは調査株数

^x 保温開始日までの5°C以下遭遇時間をカウント

140 cm、株間 25 cm の 2 条で定植した。調査株数は、48 株又は 12 株の反復なしとし、草丈、葉柄数、調製重は各株調査、花茎重量は全株から得られた合計値を記録し、株あたりに換算した。草丈については定植後毎月 1 回計測し、花茎収量は毎週 1 回計量、4 月の掘り上げ時に草丈、葉柄数、調製重を調査した。花茎収量は、長さ 15 cm に切り揃えて下葉を除去してから計量した。なお、花茎については調査株全体から得られた重量または本数の合計値を記録したが、それ以外の調査項目は株ごとに調査した。

培養苗・地床の各試験区においては、花茎培養した「奥多摩」を 2017 年 9 月 8 日に 128 穴セルトレイへ鉢上げ育苗後、さらに 9 月 22 日に 15 cm ポットへ鉢上げし、雨よけハウス内で養成した。10 月 26 日に岩国市錦町（標高 400 m）の露地状態のパイプハウス内（7×35 m）に、畝幅 180 cm、株間 25 cm の 3 条で定植した。調査株数は、10 株の反復なしとし、実生苗・地床の各試験区と同様の方法で調査した。

いずれの区も、ほ場準備前に土壌分析を実施し、残存肥料との合計硝酸態窒素が 16 mg/乾燥土壌 100 g となるように基肥を施用し、1 月に追肥を窒素成分で 4kg/10a 施用した。ただし岩国市錦町の現地圃場においては、現地慣行施肥とした。

実生苗・ポット・1 年作型の各試験区については、実生苗・地床栽培と同様の方法により育苗したセル苗を、1/2000a ワグネルポットに定植し、センター内の雨よけハウスで株養成を行った。調査株数は 4 株とし、実生苗・地床の各試験区と同様の方法で調査した。ただし、花茎収量については、花茎本数のみを記録した。

なお、地床栽培の各試験区においては、保温開始日前の晴天日に天井および内張カーテンを被覆し、保温開始日以降は 8~18°C 維持を目標にハウスサイドおよび二重カーテン開閉を実施した。ポット栽培においては、各保温開始日に、電熱温床を 10°C に設定したガラス温室にワサビを定植したワグネルポットを移動し、8~18°C 維持を目標に天窓開閉した。電熱温床を併用した理由は、ポット栽培は培地が冷えやすいため、地床栽培と同等な地温を確保するためである。各試験区について、定植後から保温開始日までの気温を測定し、5°C 以下の低温遭遇時間をカウントした。温度については、栽培地が山口市大内の場合は、センター内の気象ロボット、岩国市錦町の場合は温度データロガー（TR-7wf、株式会社ティアンドデイ）によって得られたデータを利用した。その結果、各区の 5°C 以下の低

温遭遇時間は 0~500 時間の範囲となり、それらの違いが畑ワサビの生育・収量に及ぼす影響を解析した。

2 促成栽培における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

畑ワサビの促成栽培は、9~10 月頃に播種して約 1 年かけて育苗し、翌年 11 月頃に定植して翌々年 5~6 月頃に収穫する 2 年作型である。促成栽培を前提として、2017 年および 2018 年に以下の方法で試験を実施した。播種日、調査株数などの詳細は第 1 表のとおりである。

いずれもの区も実生・ポット栽培と同様の方法でセル苗の山上げ育苗を行い、その後約 1 年間ワグネルポットで養成した。各保温開始日に、電熱温床を 10°C に設定した温室にワグネルポットを移動し、8~18°C 維持を目標に天窓開閉した。

播種から 2 年目の 11 月以降、毎月草丈を計測し、1~4 月は花茎収穫本数を記録し、4~5 月に株を掘り上げて、調製重を計量した。また、定植後から保温開始日までの気温を測定し、5°C 以下の低温遭遇時間をカウントした。温度については、センター内の気象ロボットから得られたデータを利用した。その結果、各区の低温遭遇時間が 0~500 時間の範囲となり、それらの違いが畑ワサビの生育・収量に与える影響を解析した。

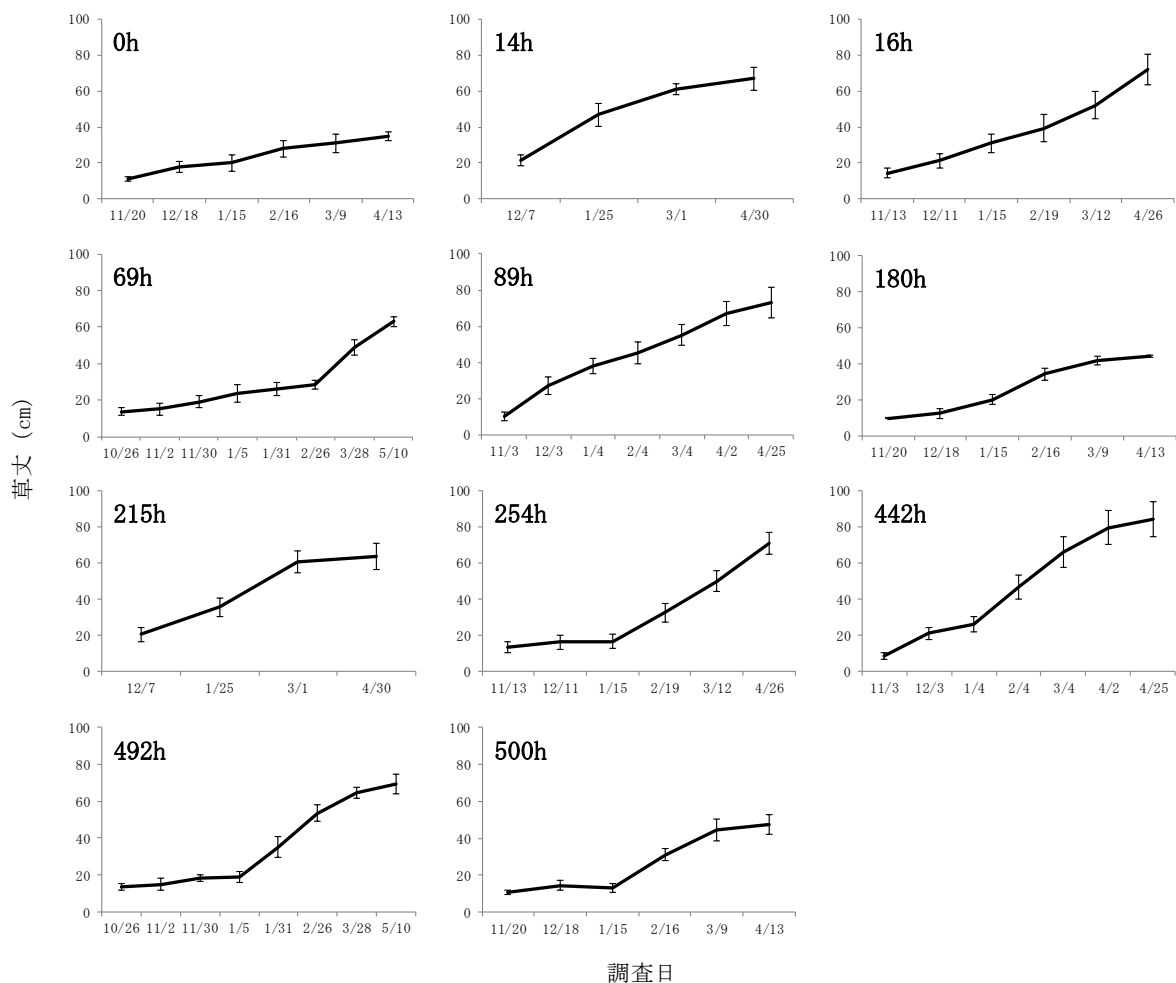
結果

1 「超促成栽培」における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

5°C 以下の低温遭遇時間の違いが、超促成栽培ワサビの草丈の推移に与える影響を調査した。3 年間に渡る試験区数は 11 区となり、それらを試験年度に係関係なく、低温遭遇時間順に草丈推移グラフを配置した（第 2 図）。低温遭遇時間 0~215 時間においては、定植後日数の経過とともに草丈が長くなったが、254、492、500 時間区では、1 月まで草丈は横ばいで推移し、2 月以降急激に長くなる傾向にあった。

次に、栽培地域・年度ごとに分けて、生育および収量を比較した（第 2 表）。2016 年の試験では、12 月 30 日の保温開始までの 5°C 以下低温遭遇時間は 215 時間であり、11 月 25 日に保温を開始した区に比べて、収穫時の草丈、葉柄数および株あたり調製重は有意に劣り、花茎収量も劣る傾向にあった。2017 年の山口市大

ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育および収量に及ぼす影響



第2図 5°C以下低温遭遇時間と草丈の推移

図中のエラーバーは標準偏差

第2表 ワサビの低温遭遇時間と生育・収量（超促成・地床栽培）

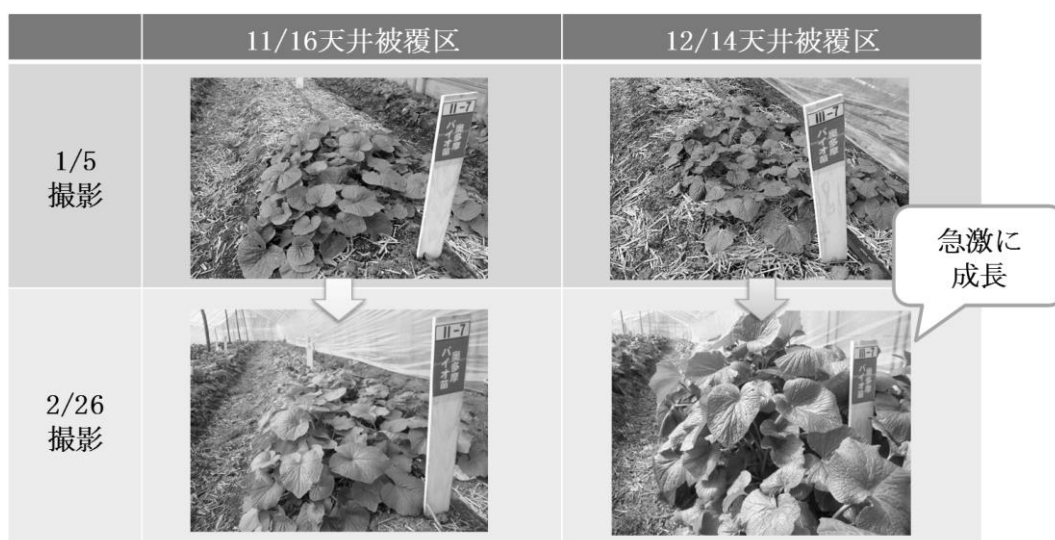
栽培地域 (播種・定植年)	区 保温開始日	5°C以下 遭遇時間	草丈 (cm)	葉柄数 (本/株)	調製重 (g/株)	花茎収量 (g/株)		
						1～2月	3～4月	計
山口市大内 (2016)	11月25日	14	67	48	865	37	17	55
	12月30日	215	63	38	606	39	9	48
t 検定 ^z			*	*	**	-	-	-
山口市大内 (2017)	11月25日	16	72	50	876	16	31	47
	12月25日	254	71	41	702	18	17	35
t 検定			n. s.	n. s.	n. s.	-	-	-
山口市大内 (2018)	11月26日	89	73	65	1,209	31	96	127
	1月4日	442	84	61	1,638	41	105	146
t 検定			*	n. s.	n. s.	-	-	-
岩国市錦 (2017)	11月16日	69	63	37	516	2	11.1	13
	12月14日	492	69	47	958	11	6.7	18
t 検定			**	n. s.	**	-	-	-

^z *は5%水準, **は1%水準で有意差あり, n.s.は5%水準で有意差なし

内における栽培では、12月30日の保温開始時点における5°C以下低温遭遇時間は254時間と、前年よりやや増えたものの、生育と収量に、保温開始日による有意差は無かった。2017年は、標高400mに位置する岩国市錦町において栽培したところ、12月14日の保温開始時点における5°C以下低温遭遇時間は492時間となり、収穫時の草丈および株あたり調製重は12月14日保温開始区が11月16日保温開始区より有意に優れた。また、葉柄数および花茎収量も同様に優れ、とくに単価の高い1~2月の花茎収量が増加する傾向となった(第3図)。2018年の山口市大内における栽培では、標高31mの平坦地においても十分な5°C以下低温遭遇時間を得るため1月4日の保温開始とし、その結果5°C以下低温遭遇時間は442時間となった。

収穫時の草丈は1月4日保温開始区が11月26日保温開始区より有意に長くなり、葉柄数、調製重および花茎収量も優れる傾向となった。

2017年山口市大内では、併せてポット栽培による確認試験も実施した(第3表)。5°C以下低温遭遇時間は、11月20日保温区で0時間、12月18日保温区で180時間、1月15日保温区では500時間となった。収穫時の草丈および株あたり調製重は12月18日保温開始区と1月15日保温開始区が11月20日保温開始区より有意に優れた。なお、花茎収量は著しく少なく、影響を判定できなかった。



第3図 低温遭遇後の保温開始で急激に成長するワサビの様子(2017年度)

注1: 11/16 保温開始区: 5°C以下低温遭遇時間69時間
 注2: 12/14 保温開始区: 5°C以下低温遭遇時間492時間

第3表 ワサビの低温遭遇時間と生育・収量(超促成・ポット栽培)

栽培地域 (播種・定植年)	区		草丈 (cm)	葉柄数 (本/株)	調製重 (g/株)	花茎収量(本/株)		
	保温開始日	5°C以下 遭遇時間				2月	3月	計
山口市大内 (2017)	11月20日	0	41.0 ^b	42.5	331 ^b	0	3	3
	12月18日	180	50.3 ^a	51.8	502 ^a	1	2	3
	1月15日	500	52.3 ^a	47.8	502 ^a	0	4	4
分散分析 ^z			*	n. s.	**	-	-	-

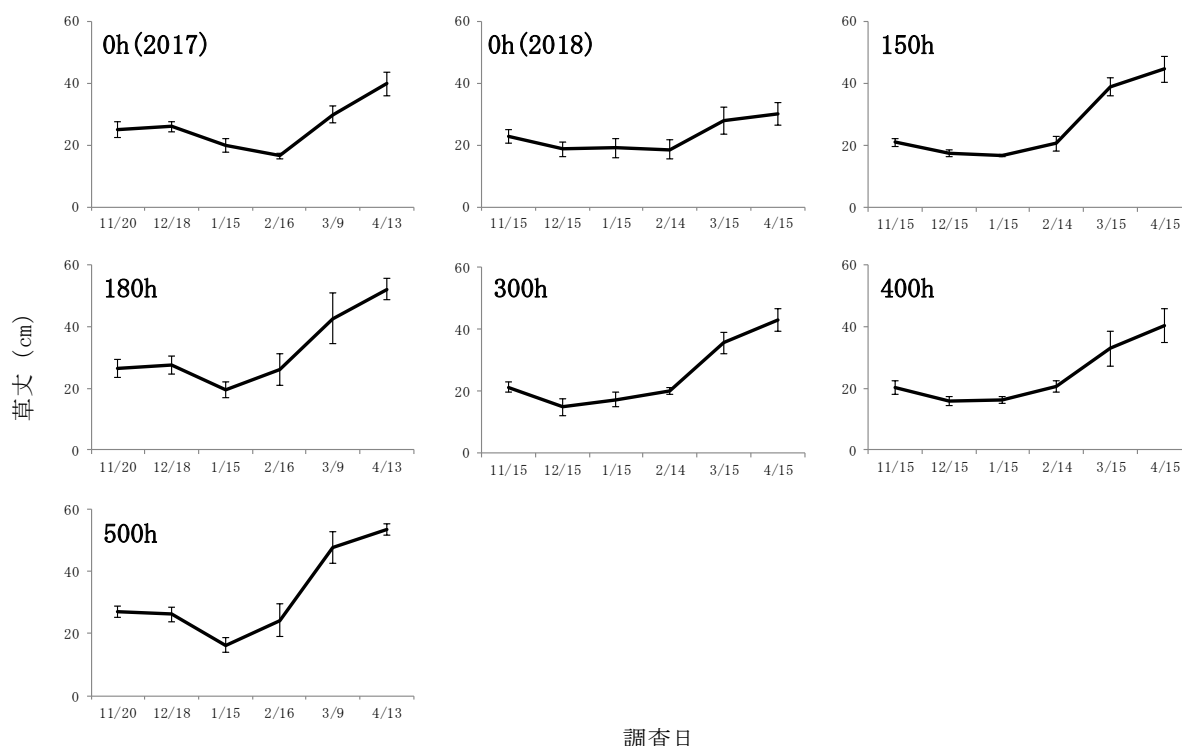
^z *は5%水準、**は1%水準で有意差あり、n.s.は5%水準で有意差なし
 異なる英文字間に Tukey 法により 5%水準で有意差あり

2 「促成栽培」における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

5°C以下の低温遭遇時間の違いが、ポット栽培における促成栽培ワサビの草丈に与える影響を調査した。2年間に渡る試験区数は7区となり、それらを試験年度に関係なく、低温遭遇時間順に草丈推移グラフを配置した(第4図)。いずれの区においても、11月時点と比較して1~2月の草丈は横ばいもしくは短くなり、それ以降に草丈が長くなる傾向にあった。特に500時間区においては、草丈が1月に13.0 cmにまで短くなった後、急激に成長し、4月13日には47.5 cmとなった。

次に、試験年度ごとに分けて、保温開始時期の違い

による生育および収量を比較した(第4表)。2017年12月18日および2018年1月15日に保温を開始した区の5°C以下低温遭遇時間は、それぞれ180時間、500時間となり、5°C以下の低温遭遇のなかった11月20日に保温を開始した区に比べて、収穫時の草丈が有意に長くなり、葉柄数、株あたり調製重および花茎収量も優れる傾向であった。また、2018年12月14日、12月30日および2019年1月7日の保温開始時点における5°C以下低温遭遇時間はそれぞれ150時間、300時間、400時間となり、収穫時の草丈、葉柄数、株あたり調製重および花茎収量は、5°C以下低温遭遇時間がなかった11月15日保温開始区よりも優れる傾向であった。



第4図 5°C以下低温遭遇時間と草丈の推移
図中のエラーバーは標準偏差

第4表 ワサビの低温遭遇時間と生育・収量(促成・ポット栽培)

区		5°C以下 遭遇時間	草丈 (cm)	葉柄数 (本/株)	調製重 (g/株)	花茎収量(本/株)		
栽培地域 (播種年)	保温開始日					1~2月	3月	計
山口市大内 (2016)	2017年11月20日	0	44.8 ^b	101	772	1	39	40
	2017年12月18日	180	56.8 ^a	105	1,113	27	52	79
	2018年1月15日	500	57.5 ^a	111	1,154	21	51	72
分散分析 ^Z			**	n. s.	n. s.	-	-	-
山口市大内 (2017)	2018年11月15日	0	33.5 ^b	43.0	445 ^b	6	10	16
	2018年12月14日	150	45.3 ^a	54.0	632 ^{ab}	9	3	12
	2018年12月30日	300	45.0 ^a	61.8	685 ^a	16	11	27
	2019年1月7日	400	41.5 ^{ab}	64.8	628 ^{ab}	12	8	20
分散分析			*	n. s.	*	-	-	-

^Z *は5%水準、**は1%水準で有意差あり、n.s.は5%水準で有意差なし
異なる英文字間に Tukey 法により 5%水準で有意差あり

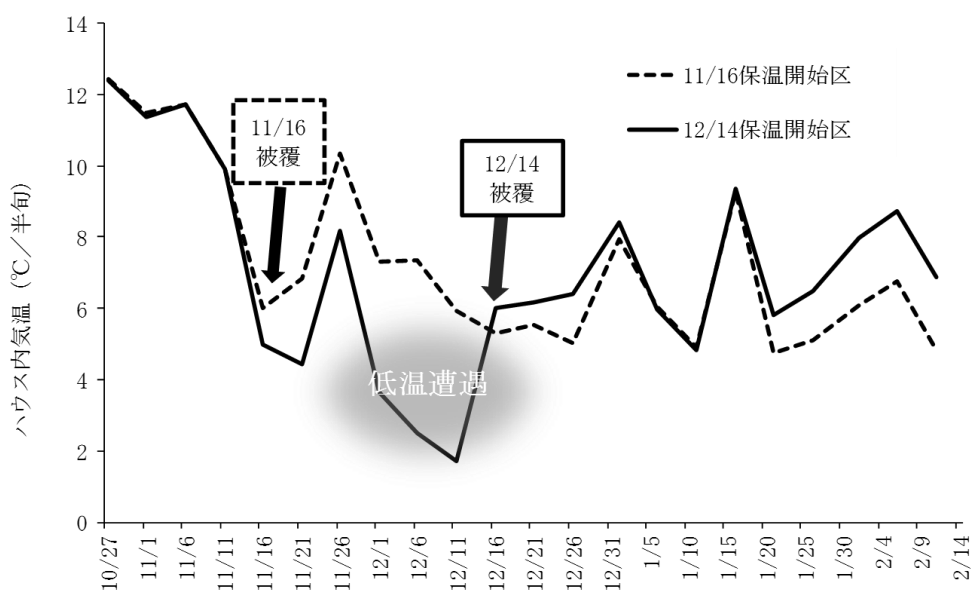
考 察

畑ワサビは加工用原料として、葉柄を中心に出荷される品目である。生産者が所得を増やすためには、収穫時期である5月頃に葉柄重量を確保することが重要であるため、保温開始時期によって増収効果が得られるかどうかを中心に検討した。

1 「超促成栽培」における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

今回の結果から、超促成栽培において5°C以下低温遭遇時間254時間以上の場合、1月までの草姿がわい化し、2月以降急激に草丈が長くなる現象が確認できた。これは、10月の定植以降の低温条件によって休眠導入され、その後の低温遭遇によって休眠を満たしたことが影響したと考えられる。一方、2016年は暖冬傾向で、10月から12月までの平均気温は平年より1.4°C高く、山口市大内（標高31m）では12月30日までに氷点下を下回ることにはなかった（データ省略）。このように、暖冬気象により十分に低温遭遇させることができなかつた年などは、低温遭遇させない区の方が生育収量に優れる傾向にあった。ところで、イチゴ半促成栽培は、9月下旬～10月下旬頃に定植し、11月～1月頃にトンネルや二重カーテンにより低温遭遇時間をコントロールする栽培方法である。イチゴ半促成栽培は、早期に保温開始して低温遭遇期間が短い場合には、

保温後の株はわい化の状態、葉柄が短く、ねん転葉が多く、葉面積が小さく、収量が少なくなるため、ある程度低温遭遇させて休眠を打破した後でなければ、保温を開始することは有利ではない（李ら、1968）。また、トンネルの被覆時期がイチゴの生育結実に及ぼす影響は極めて著しく、生育は被覆時期が早いほどおそくまで正常とならずロゼット化し、遅れるにつれて次第に旺盛となった（加藤、1965）。今回の試験において、岩国市錦町ハウス内の日平均気温（半月平均）推移を見ると、12月14日の保温開始までに5°C以下の低温に遭遇していることが判る（第5図）。草丈の推移や収量から推測すると、品種「奥多摩」における5°C以下低温要求量は250～500時間の範囲にあると考えられる。気象の年次変動はあるものの、平坦地（山口市標高31m）においては1月上旬、山間部（岩国市標高400m）においては12月中旬頃に保温開始することで、調製重および花茎収量の増加が見込まれることが判明した。実際の作業手順としては、山間部は12月頃から天候が不安定になるため、11月末までにパイプハウスの天井フィルムと内張カーテンを設置し、保温開始時期までは側窓と内張カーテンを開放して低温遭遇させる方法が良い。なお平坦地では、夏期が高温となるため、山上げ育苗と本技術を組み合わせることで山間部並みの収量が確保でき、経済栽培が可能になると考えられる。



第5図 超促成栽培におけるハウス内気温の推移

注1：11/16 保温開始区：5°C以下低温遭遇時間69時間

12/14 保温開始区：5°C以下低温遭遇時間492時間

注2：2017年岩国市錦ハウス内の日平均気温データ（半月平均）

2 「促成栽培」における低温遭遇時間が生育・収量に与える影響

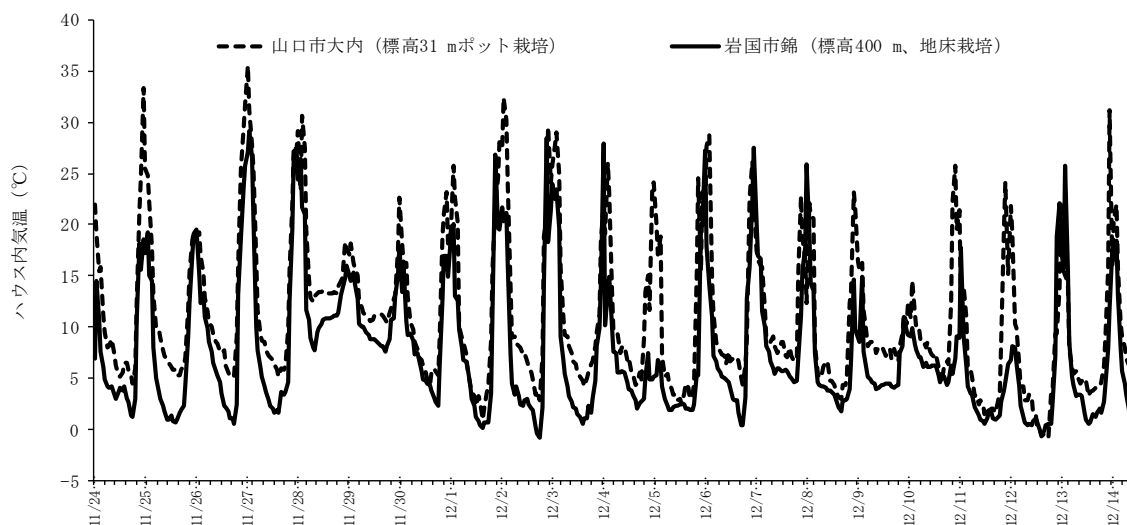
促成栽培において、特に低温遭遇時間が500時間に達した区においては、極端なわい化となり、保温開始後には急激な成長が見られた。このことは、超促成栽培の試験と同様にワサビには自発休眠が存在することを示唆している。しかしながら、収穫時の草丈は57.5cmと、超促成栽培のいずれの区と比較しても短かった。その理由の一つとして、促成栽培の試験区は、すべてワグネルポットを使用し、播種から約2年間かけて育成したことから、培地量が制限要因となって、全試験区がわい化傾向になったと考えられる。もう一つの要因としては、保温開始後の昼間の高温により低温効果が打ち消された可能性がある。試験場所である標高31mの山口市大内では、日中のハウス内気温は12月においても30°Cを超えることがあり、標高400mの岩国市錦と比較すると、山口市大内のハウス内気温が高く推移していた(第6図)。ポット栽培は地温が気温の影響を受けやすいため、培地温の高温も影響した可能性もある。自然条件下におけるイチゴ「宝交早生」の休眠は、低温遭遇時間が十分であっても、昼間の温度が15~20°C以上に高い場合には十分に打破されない(田辺ら, 1979)。今後は、高温がワサビの休眠打破に与える打消し効果の影響も併せて検証する必要がある。また、今回得られた結果は、品種「奥多摩」から得られたデータのみを使用したため、品種による低温要求量の違いについても調査する必要がある。

摘 要

畑ワサビを、5°C以下の低温遭遇時間が0~500時間の範囲となる条件で複数回栽培し、生育および収量に及ぼす影響を調査した。その結果、品種「奥多摩」の超促成栽培においては、5°C以下の低温遭遇時間が250~500時間の場合、厳寒期である12~1月に草姿がいったんわい化し、2月以降に急激に伸長した。一方、250時間以下では、伸長がやや劣った。この現象から、ワサビには自発休眠が存在することが示唆された。調製重および花茎収量の増加が見込まれる保温開始時期は、平地(山口市標高31m)においては1月上旬、山間部(岩国市標高400m)においては12月中旬頃と考えられた。

引用文献

- 加藤昭. 1960. 半促成イチゴの早熟化に関する生態学的研究 第一報 トンネルイチゴの被覆時期について. 栃木県農業試験場研究報告. 8: 55-60
- 鹿野弘・高野岩雄. 2008. ホワイトアスパラガス1年株伏せ込み栽培における5°C以下低温遭遇時間と収量の関係. 東北農業研究. 61: 173-174
- 田邊賢二・林 真二・平田尚美. 1979. イチゴの休眠に関する生理学的研究 II. 低温要求期における昼間温度が休眠打破におよぼす影響. 鳥大農研報. 31: 9-15



第6図 ハウス内気温の推移比較

注1: 気温データは2017年の1時間ごと計測値

- 島貫春香・雨宮潤子. 2014. 秋冬ニラの低温遭遇時間が生育に及ぼす影響と品種間差異. 東北農業研究. 67: 113-114
- 重藤祐司・日高輝雄・木村 靖. 2018. ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育及び収量に及ぼす影響 (第2報). 園芸学研究. 7 (別2) : 243
- 庄野邦彦. 2019. 一般社団法人日本植物生理学会みんなのひろば. アブラナの冬越しはロゼットと言えますか?
https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=4387
- 施山紀男・高井 隆次. 1986. イチゴの発育とその周期性に関する研究. 野菜試験場報告. B6: 31-77
- 小南靖弘・佐々木華織・大野宏之. 2019. メッシュ気象データ利用マニュアル Ver.4. 農研機構: 14-17
- 日高輝雄・藤井宏栄・鶴山浄真. 2015. 畑ワサビ超促成栽培における播種期が生育, 収量に及ぼす影響. 園芸学研究. 14 (別2) : 208
- 日高輝雄・重藤祐司. 2019. ワサビ超促成栽培における保温開始時期が生育及び収量に及ぼす影響 (第4報). 園芸学研究. 18 (別2) : 40
- 日高輝雄・木村 靖・鶴山浄真・藤井宏栄・茗荷谷紀文. 2020. 花茎も収穫できる加工用畑ワサビの超促成栽培技術の開発. 山口農林技セ研報. 11: 34-47
- 李 炳駟・高橋和彦・杉山直儀. 1968. イチゴの休眠に関する研究 (第2報) 保温開始時期と日長がダナーの生長, 開花, 結実に及ぼす影響. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 37: 129-134

濃緑色葉ネギ「中山交 01」の育成と特性

藤井 宏栄・三小田 崇*・西田 美沙子・重藤 祐司・日高 輝雄

Development and Characteristics of Nakayamakou 01, leaf bunching onion
(*Allium fistulosum* L.) with dark green leaves

FUJII Kouei, MIKODA Takashi, NISHIDA Misako, SHIGEFUJI Yuuji and HIDAKA Teruo

Abstract: Nakayamakou 01, an F₁ hybrid, is produced from a cross between the seed parent with cytoplasmic male sterility (CMS) owned by Nakahara Seed Product Co., Ltd. and the pollen parent with extremely dark green leaves owned by Yamaguchi Prefecture. Nakayamakou 01, selected from the combining ability examination of 15 varieties in the F₁ hybrid, is a leaf bunching onion (*Allium fistulosum* L.); it is harvested at a length of approximately 50 cm. Nakayamakou 01 is characterized by straight and dark leaf blades and a high yield. For superior heat tolerance, the leaf tips have high resistance to wilt in high temperature and dry seasons, and the percentage of germination is high at high temperatures of 35°C. Nakayamakou 01 is cultivated mainly in summer; the optimum cropping type is seeding and the yielding seasons are March to August and July to October.

Key Words: cropping type, F₁ hybrid, heat tolerance, leaf color, yield

キーワード: F₁、作型、収量、耐暑性、葉色

緒言

山口県下関市の葉ネギ栽培は、明治より始まり、昭和に入った頃から安岡地域全体に広がった。その頃よりフグ料理の葉味として出荷されてきたその葉ネギは、葉色が濃緑色で非常に細い特徴をもつ(山口県農林部, 2002)。このような葉ネギはハウスにおいて周年生産されるが、近年、地球温暖化に伴う夏期の高温の影響により、夏場の生産が不安定になっている。また、暑さに強く葉色が極めて濃いという産地の要望を満たす品種もないという現状があった。さらに、葉色を濃くするために、肥料の過剰投与による経費の増加や環境への負荷も危惧されていた(草場ら, 2009; 藤谷ら, 2005)。

これまでに我々は、夏用の葉色の極めて濃い山口県のオリジナル葉ネギ品種「YSG1号」をこの地域の素材から育成し普及させた。しかし、「YSG1号」は葉色の濃さや外観の品質は優れるが、収量性の低さや夏期の高温による葉先枯れの発生から、耐暑性や収量性に優れる夏用の葉色の濃い葉ネギ品種の育成が求めら

れた。さらに、品種としての均一化向上のためにF₁化も同時に求められた。そこで我々は、F₁育種に必要な雄性不稔素材を保有する中原採種場株式会社と共同で、新たなF₁品種の育成に取り組んだ。その結果、50cm程度で収穫する夏栽培用の品種として、葉色が濃く、耐暑性と収量性に優れるF₁「中山交 01」を育成したので、その育成経過と特性について報告する。

なお、本研究は農林水産省の戦略的プロジェクト研究推進事業の中で、農業分野における気候変動適応技術の開発のうち、農業分野の気候変動対策「温暖化の進行に適応する品種・育種素材の開発」の一部として行われた。

育種目標

市販品種よりも葉色が濃く、高温による葉先枯れ、発芽不良、減収等が発生しにくい耐暑性で収量性に優れる夏栽培用の葉ネギF₁品種を育成する。

* 中原採種場株式会社

材料および方法

1 育種経過

1) 交配素材

(1) 山口県の素材

山口県下関市の葉ネギ生産圃において自然交雑と見られる集団から、多様な形質を示すネギ個体群を基本素材とした。その素材集団から葉色が濃い、葉先枯れが発生し難い、生育が早い等異なる形質の個体群について、自殖により固定を進め、2012年までに自殖4世代目の8系統と自殖2世代目の8系統の計16系統を育成した。そのうち、自殖4世代目の1系統は山口県オリジナル品種として「YSG1号」の名称で2015年に品種登録された(登録番号: 第24596号)(藤井ら, 2015)。2015年度より気候変動プロの委託研究事業において、上記16系統を素材として、夏期の高温適性を確認しながら自殖第2代の系統は4世代まで固定をすすめた。これらの中から、極濃緑色で夏期の栽培に適応すると推定された花粉粘性のある素材5系統を花粉親としてF₁品種育成に利用した。

(2) 中原採種場(株)の素材

耐暑性に優れる細胞質雄性不稔(以下、「CMS」という)素材3系統を種子親としてF₁品種育成に利用した。

2) 組み合わせ能力検定

山口県が育成した極濃緑色素材の花粉親5系統と中原採種場(株)が育成した耐暑性CMS素材の種子親3系統から15組み合わせの試交F₁を2017年に作出し、同年、盛夏期(6月28日播種)に山口県農林総合技術センター(以下、文中は「センター」という)(山口市)と中原採種場(株)(福岡市)において栽培し、組み合わせ能力検定を実施した。

(1) 山口県農林総合技術センター

上記15組み合わせの能力検定は、一般的な夏期の主力品種の「かみなり」(中原採種場(株))と山口県のオリジナル品種である極濃緑色の「YSG1号」を対照品種に用いて行われた。90cm幅のベンチに、条間12cmで6条とし、120粒/mの量を2017年7月4日に直播した。草丈が50~60cmとなった9月8日に収穫し、若い葉が2枚となるように調製した後に草丈と1本重を計測し、さらに、次のように品質の調査をした。草姿は目視で1~7(開帳で葉先が曲線となる~直立)の7段階の達観で判断した。葉先枯れ発生率は、全収穫本数に対して、調製後にも枯れた葉先が1mm

以上残る個体数から算出した。分げつはこの収穫時にほとんど目立たなかったため、さらに、2か月栽培を続け、播種4か月後に1株が、分げつによって何本の偽茎からなるか調査した。葉色は分光測色計(CM-2500d, (株)コニカミノルタ)と葉緑素計(SPAD502, (株)コニカミノルタ)で調製後の2枚目の葉の中央付近を計測した。草丈、1本重、葉先枯れ発生率は各組み合わせについて20個体調査し、分げつは50個体を調査した。葉色は15個体を調査した。以上について各組み合わせをA~D(優れる~並)で総合評価した。さらに、総合評価の良かった組み合わせについては、高温条件での発芽能力を検討するため、35°Cのグロースキャビネット(MLR-350, 三洋電気(株))内において1週間で5mm以上発芽した割合を調査した。発芽はプラスチックシャーレに100粒播種し、3反復で実施した。

(2) 中原採種場(株)

センターと同様、15組み合わせの能力検定は、中原採種場(株)の夏期栽培用品種の「夏彦」と「かみなり」を対照品種に用いて行われた。100cm幅の地床に、条間12cmで3条とし、100粒/mの量を2017年7月24日に直播した。草丈が60cm程度と10月20日に収穫し、若い葉が2枚となるように調製した後に草丈と10本重を計測し、草姿、葉色や葉の硬さは達観で調査した。

2 品種の評価および特性

1) 収量性および品質の評価

「中山交01」の収量性および品質を評価するため、市販品種「みやび姫」(小林種苗(株))と極濃緑色品種「YSG1号」を対照品種として供試した。播種は2018年6月21日、7月4日、7月19日の3回実施した。ベンチ栽培とし、播種量は組み合わせ能力検定と同様にし、1区1.0m²の3反復で栽培した。施肥は山口県産地の慣行の総窒素量(N=2.0kg/a)の半量(N=1.0kg/a; 元肥0.5kg/a、追肥0.5kg/a)で実施した。播種後概ね2か月後の8月31日と9月19日に1区0.5m²の単位で3反復全て収穫後に収量調査をし、品質評価として葉先枯れ、分げつ、葉色の調査を行った。収穫物は、外側の葉をかぎ取り新葉2枚に調製した後に、草丈、本数、重量を測定した。分げつ発生率は、全収穫本数に対して調製後に分げつしていた個体の割合で算出した。葉先枯れ発生率と葉色は、組み合わせ能力検定と同様に調査した。

2) 形態および生態特性

選抜した「中山交 01」の形態や生態特性を調査した。対照品種として一般品種「浅黄系九条」（タキイ種苗（株））と極濃緑色品種「YSG1 号」を供試した。2019 年 6 月 28 日播種のベンチ栽培とし、播種量や施肥はこれまでのセンターの試験と同様に栽培した。農林水産省の農林水産植物種類別審査基準の中のねぎ審査基準の特性表に従い 3 品種の比較評価をした。ただし、ここでは播種概ね 60 日後の草丈 40~50 cm に達した時の状態での評価を中心にした。一方で、冬期葉先枯れの発生の多少、抽だいの難易、雄性不稔性に関しては、播種 60 日後に掘り上げたネギを露地圃場に株間 10 cm、条間 15 cm の間隔で 9 月に 1 本植えし、3 月に達観評価した。

3 作型の検討

「中山交 01」を用い、センターのハウス内で 2019 年に試験した。床面 90 cm の平畝に条間 12 cm の 6 条とし、120 粒/m の量を直播し、施肥等はこれまでの試験と同様とした。なお、本品種は濃緑色品種であるため、多少の多灌水は葉色の淡緑化に影響は少ないとの想定から、灌水は本葉 2 葉と 4 葉の伸長期に積極灌水 (pF 1.6-2.0) し、3 葉と 5 葉以降の伸長期は灌水制限 (pF 2.0-2.6) した (以下、「積極灌水」という)。灌水量は pF 値で制御することとし、テンションメーター (DM-8, (株) 竹村電機製作所) を地表から 10 cm の位置に設置した。また、第 2 葉の伸長開始以降は遮光をしなかった。播種時期は①5 月上旬、②6 月上旬、③7 月中旬、④8 月中旬とし、栽培可能な期間を検討し、各播種時期において 1 m² の 3 反復で栽培した。なお、山口県産地の慣行の灌水基準を再現するために、本葉 2 葉以降は灌水制限しながら栽培する灌水方法 (2~3 日に 1 回灌水) を対照区として設定した (以下、「慣行灌水区」という)。

試験期間中におけるハウス内の気温は、温度データロガー (TR-71Ui, (株) ディアンドデイ) で測定した。山口県山口市の 1981 年から 2010 年の 30 年間の平均値気温は気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp>) から入手した。

結果および考察

1 育成経過

1) 組み合わせ能力検定

中原採種場 (株) の耐暑性 CMS 系統を種子親に、山口県の極濃緑色系統を花粉親として交雑させた 15 組み合わせの試交 F₁ の能力を評価した。センターにおける組み合わせ能力検定においては、産地の夏期主力品種である「かみなり」と同等以上となる組み合わせを選定基準とした (第 1 表)。一方、中原採種場 (株) における組み合わせ能力検定においては、福岡県の F₁ 品種「夏元気」の育成において「夏彦」を多収性品種として比較している (末吉ら, 2011) ことから、試交 F₁ が「夏彦」や「かみなり」と同等以上である組み合わせを選定基準とした (第 2 表)。まず第 1 表より、草丈は 49.6~57.0 cm まで伸長の早いものから緩慢なものまで多様であった。次の 1 本重は、収量性に直結する重要なデータであり、ここでは、6.0~8.3 g と組み合わせによって大きく異なった。草丈および 1 本重は、ほとんどの組み合わせにおいて固定種の「YSG1 号」よりも増加する結果となった。したがって、組み合わせにより程度は異なるものの、F₁ による雑種強勢が働いている可能性がある。このことは、ネギの雑種強勢は生育の初期、つまり小ネギの世代において大きい (馬上・上原, 1985; 小原, 2011) と報告されたことと矛盾しないものである。本検定結果では、概して種子親に No.51 を用いた組み合わせの 1 本重が重くなる傾向が見られた。葉先枯れ発生率も組み合わせにより、6.8~34.4% と異なった。葉先枯れ発生率の良否の指標としては、「かみなり」が葉先枯れに強い耐性を持つため (未発表)、この品種と同等以上の F₁ を選定することとした。

草姿も直立~やや開帳型まで多様であった。草姿は見た目の美しさだけでなく、直立であるほど収穫や調製が容易になるため、重要な特性である。ここでは指標としてほぼ直立である 6.0 以上の組み合わせに着目した。分けつは、ほとんどの組み合わせで発生しなかった。葉色は、SPAD 値の値が大きいほど色が濃く、a* 値と b* 値は値が 0 に近いほど暗くなるため色が濃く見える (木幡ら, 2001; 藤富ら, 2000)。第 1 表を見ると「YSG1 号」が最も葉色が濃く極濃緑色となり、「かみなり」が最も葉色が淡い緑色であることを示しており、達観でも両品種の違いは明らかであった。全ての組み合わせは概ねこれら対照品種の中間色を示す濃緑色を示した。

以上より、草丈 51.4 cm、1 本重 8.0 g そして草姿 7.0 と収量性と見た目に優れ、濃緑色を示す「No.51×YSG1 号」の組み合わせが収量性および品質も高いと考えた。

第1表 山口県におけるF₁組み合わせ能力評価 (2017) ^z

F ₁ 組み合わせ ^y 品種	草丈 (cm)	1本重 (g)	葉先枯れ 発生率 ^x (%)	草姿 ^w	分けつ 数 ^v (本)	葉色 ^u				高温 発芽率 ^t (%)	評価 ^s
						SPAD	L*	a*	b*		
WT×08s14-2	55.9	6.8	13.2	5.0	1.0	37.9	39.2	-8.7	14.8		D
WT×08op22-3	53.4	6.5	15.8	6.0	1.0	36.3	40.9	-8.5	13.6		C
WT×08s24-2	56.7	6.7	30.3	7.0	1.1	32.5	42.7	-8.6	13.1		C
WT×YSG1号	52.6	6.4	12.6	7.0	1.0	34.7	41.5	-7.9	10.7	91.3	B
WT×YSG2号	56.7	6.1	10.6	4.0	1.0	34.8	41.2	-8.5	12.3		D
SAN×08s14-2	56.5	6.3	24.7	6.0	1.1	34.8	39.6	-8.7	14.3		C
SAN×08op22-3	49.6	6.0	24.1	7.0	1.2	32.4	41.6	-9.1	15.5	-	B
SAN×08s24-2	55.3	6.8	27.5	6.5	1.3	30.7	43.3	-8.9	13.5		C
SAN×YSG1号	51.4	6.5	11.4	7.0	1.3	35.0	42.7	-8.7	13.5	78.0	B
SAN×YSG2号	53.6	6.5	16.8	6.0	1.1	32.5	42.5	-8.8	14.0		C
No.51×08s14-2	56.3	7.7	6.8	5.0	1.0	33.0	40.2	-8.7	14.3		C
No.51×08op22-3	54.6	8.2	11.3	7.0	1.0	30.1	43.9	-9.3	16.1	81.0	A
No.51×08s24-2	57.0	8.3	34.4	7.0	1.1	28.5	44.1	-9.8	16.3		C
No.51×YSG1号 (中山交01)	51.4	8.0	11.9	7.0	1.1	32.4	42.9	-8.7	13.4	85.0	A
No.51×YSG2号	56.4	8.3	15.5	4.0	1.0	36.5	40.6	-8.3	13.2		D
YSG1	47.6	6.2	9.8	7.0	2.3	43.5	43.5	-6.9	7.2	66.0	
YSG2	50.7	6.9	12.3	5.0	2.5	-	-	-	-		
かみなり	56.8	7.9	13.1	7.0	1.3	26.5	45.3	-10.2	20.2	74.7	

^z7月4日播種、9月8日収穫

^y種子親は中原採種場(株)のCMSを、花粉親は山口県の育成系統を使用

^x調査系統群において葉先枯れがあった個体割合

^w草姿は数値が7が立性を示し、小さくなるほど開帳型であることを示す

^v分けつ数は播種4か月後に調査

^uSPADは葉緑素計で測定し、L*(明るさ)、a*(緑(-)・赤(+))、b*(青(-)・黄(+))は分光測色計の数

^t35°Cの条件で1週間で発芽した割合、5mm以上出芽したものを、B評価以上について調査

^s評価A=優れる、B=やや優れる、C=良、D=並

第2表 中原採種場(株)におけるF₁組み合わせ能力評価 (2017) ^z

F ₁ 組み合わせ ^y 品種	草丈 (cm)	10本重 (g)	草姿 ^x	葉色 ^w	硬さ	評価 ^v
WT×08s14-2	68	102	4	9	軟い	D
WT×08op22-3	64	105	6	8	軟い	D
WT×08s24-2	68	103	4	8	軟い	D
WT×YSG1号	63	82	7	8	軟い	B
WT×YSG2号	66	112	2	10	軟い	D
SAN×08s14-2	69	97	3	9	軟い	D
SAN×08op22-3	65	100	6	8	軟い	C
SAN×08s24-2	60	90	5	8	軟い	D
SAN×YSG1号	59	89	7	8	軟い	B
SAN×YSG2号	66	91	3	10	軟い	D
No.51×08s14-2	65	97	3	9	軟い	D
No.51×08op22-3	64	99	6	8	軟い	C
No.51×08s24-2	66	99	5	8	軟い	D
No.51×YSG1号 (中山交01)	63	94	7	8	軟い	A
No.51×YSG2号	64	92	2	10	軟い	D
かみなり	62	90	7	7	中	
夏彦	60	88	5	7	中	

^z7月24日播種、10月20日調査

^y種子親は中原採種場(株)のCMSを、花粉親は山口県の育成系統を使用

^x草姿は数値が大きいほど立性であることを示す

^w葉色は連続値で数値が大きいほど濃いことを示す

^v評価A=優れる、B=やや優れる、C=良、D=並

濃緑色葉ネギ「中山交01」の育成と特性

また、この組み合わせの葉先枯れ発生率は11.9%と比較的少なく、高温発芽率も85.0%と高く、耐暑性にも優れると評価し、この組み合わせを「中山交01」とした(第1図)。

なお、中原採種場(株)における組み合わせ能力検定でも試交F₁は葉が軟らかいという特性が確認されたものの、草姿の良さ、10本重そして葉色の濃さから「中山交01」が最も有望と評価された(第2表)。

2 品種の評価および特性

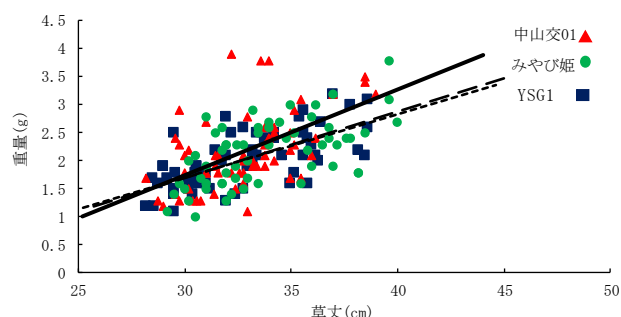
1) 収量性および品質の評価

2018年に3回播種日を変えて栽培した。いずれの播種日においても「みやび姫」が最も生育が早く、次いで「中山交01」、「YSG1号」となる傾向が見られた(第3表)。「みやび姫」は第63回全日本野菜品種審査会葉ネギ部門(一社)日本種苗協会主催)で1等特別賞を受賞した優れた多収品種である。収量に関して、「中山交01」の収穫本数は「みやび姫」と同程度で「YSG1号」よりも多く、収穫重量と1本重も「YSG1号」より多かったものの、7月4日播種のデータを除いて「みやび姫」には劣る結果となった。このことは、6月20日播種の「中山交01」と「みやび姫」の草丈、重量、1本重がそれぞれ39.4cm、1.2kg、3.6gに対して44.8cm、1.7kg、4.9gであるように、収穫したネギの草丈に起因するものと考えられた。ここで品種間において草丈に大きな差がなかった7月4日播種において、調査した各60株をネギ1株の草丈と重さでプロ



第1図 収穫荷姿

左から「中山交01」、「YSG1号」「かみなり」



第2図 草丈と1本重の関係(7月4日播種)

第3表 各播種時期における品種間の収量および品質(2018)

播種日 ^z	品種	草丈 ^x (cm)	収量 ^x (㎡当たり)			葉色 ^v				分けつ 発生率 ^u (%)	葉先枯れ 発生率 ^l (%)
			本数	重量(kg)	1本重(g)	SPAD	L*	a*	b*		
6月20日	中山交01	39.4±0.66 ^w	336±45.6	1.2±0.16	3.6±0.02	38.9±0.56	45.7±0.52	-7.3±0.20	6.9±0.54	0.0	9.3
	YSG1号	37.8±0.67	280±22.4	0.9±0.08	3.3±0.10	44.2±0.84	44.0±0.25	-6.3±0.23	4.3±0.58	3.3	17.3
	みやび姫 ^y	44.8±1.89	348±4.0	1.7±0.11	4.9±0.31	36.1±0.73	43.7±0.38	-8.4±0.19	11.7±0.72	0.0	14.6
7月4日	中山交01	40.2±1.11	404±9.2	1.3±0.04	3.2±0.02	—	—	—	—	0.0	11.3
	YSG1号	38.3±0.66	356±15.2	0.9±0.04	2.6±0.11	—	—	—	—	1.2	13.5
	みやび姫	41.9±1.13	380±13.2	1.2±0.05	3.2±0.07	—	—	—	—	0.0	13.1
7月19日	中山交01	40.0±0.79	392±12.0	1.2±0.08	2.9±0.12	—	—	—	—	0.7	14.9
	YSG1号	38.2±0.65	308±28.4	0.8±0.05	2.5±0.07	—	—	—	—	2.9	42.6
	みやび姫	45.1±0.82	396±7.6	1.3±0.02	3.2±0.04	—	—	—	—	0.0	15.6

^z6月20日播種-8月31日一斉収穫、7月4日播種-9月19日一斉収穫、7月19日播種-9月19日一斉収穫

^yみやび姫は農林水産省食料産業局長賞を受賞した品種で耐暑性が強く、濃緑色、葉先枯れが少ない多収品種とされている。

^x草丈、収量は無作為に3か所収穫して調査

^w平均標準誤差(草丈、収量はn=3、葉色はn=15)

^vSPADは葉緑素計で測定し、L*(明るさ)、a*(緑(-)赤(+))、b*(青(-)黄(+))は分光測色計で測定

^u分けつ発生率 = (分けつ個体数/収穫個体数) × 100

^l葉先枯れ発生率 = (葉先枯れ個体数/収穫個体数) × 100

ットした(第2図)。この図から「中山交01」は「みやび姫」や「YSG1号」に比べて同じ草丈ならば、高収量が期待できることを示唆するものである。

したがって、「中山交01」は「みやび姫」よりやや伸長は遅れる可能性はあるが、収量は市販品種「みやび姫」、「夏彦」(末吉ら,2011)そして「かみなり」と同等以上であると考えられた。さらに、播種日の違いで収量を見ると、いずれの品種も7月19日播種で1本重が少なくなる傾向が見られた。一般的に6月下旬~7月上旬播種はネギにとって最も暑さで厳しい環境条件であるとともに、梅雨明け後の天候の急変に伴い葉先枯れも発生しやすくなる(壇・大和,2007)。しかし、その期間これらの品種は枯れることなく、重量を増やしながらじっくりと生育することから、夏期栽培に適した品種であると考えられる。

葉色に関しては、「中山交01」のSPAD値は38.9と極濃緑色の「YSG1号」より淡く、「みやび姫」より濃い濃緑色品種であると考えられる。同様にa*値やb*値もそれぞれ7.3、6.9とSPAD値と同様に「YSG1号」と「みやび姫」の間の数値を示した。分げつ発生率に関しては、「中山交01」は「みやび姫」と同様に、分げつが発生しにくい品種と考えられた。葉先枯れ発生率からは、いずれの播種日においても「中山交01」は最も発生率は低く、夏期の高温による葉先枯れに対して強い品種であると考えられる。

以上より、「中山交01」は収量性が高く、葉先枯れに強い濃緑色であることから、高品質の夏栽培用のF1品種として優れていると判断された。

2) 形態および生態特性

「中山交01」は、草丈50cm程度で収穫する範囲においてはほとんど分げつが発生しなかった(第4表)。草高からみた伸長性は「浅黄系九条」ほどではないが、「YSG1号」より早く伸長し、葉身先端部の形状も真っ直ぐで葉折れも発生しにくく、外観に優れた。葉色の濃さはこれまでの結果と同様に「浅黄系九条」より濃く、「YSG1号」より淡いものの、濃緑色に該当した。葉身の硬さはこの3品種の中では最も硬かったが、一般的にはやや柔らかい特性であった。夏期における葉先枯れは少なく、耐暑性に優れると考えられたが、一方で冬期の葉先枯れは比較的多く耐寒性はあまり強くないと考えられた。そのため、「中山交01」は夏専用品種であると判断した。また、抽だいに関しては、「YSG1号」が3月中旬であったことに対し、「中山交01」は3月下旬、「浅黄系九条」が4月中旬であり、抽だい性は比較的強かった。雄性不稔性は、CMSを種子親にした「中山交01」のみが有していた。

第4表 草丈40~50cmの小ネギ世代における特性(2019)^z

品種	偽茎の数 ^y	草高 ^x	葉の向き ^w	葉のろう質 ^v	葉の緑色濃淡 ^u	葉身の硬さ ^t	葉折れの多少 ^s	夏期の葉先枯れ発生 ^r	冬期の葉先枯れ発生 ^q	抽だいの難易 ^p	雄性不稔性 ^o
中山交01	1	5	1	7	7	4	3	3	5	7	9
YSG1号	5	3	1	7	9	3	3	4	6	8	1
浅黄系九条	4	6	5	5	3	3	7	5	5	5	1

^z6月28日播種、評価数値は農林水産省の野菜品種分類調査基準を参考に評価(9段階評価)

^y分げつの程度:1(極少)、4(やや小)、5(中)

^x草丈:3(低)、5(中)、6(やや高)

^w葉身先端部の形状:1(直立)、5(水平:大きく波打つ)

^vろう質の量:5(中)、7(多)

^u葉色の濃さ:3(淡)、7(濃)、9(極濃)

^t触感評価:3(柔)、4(やや柔)

^s自然状態での葉折れの多さ:3(少)、7(多)

^r3(少)、4(やや少)、5(中)

^q5(中)、6(やや多)

^p抽苔の強さ(し易さ):5(中)、7(強)、8(かなり強)

^o1(稔性)、9(不稔性)

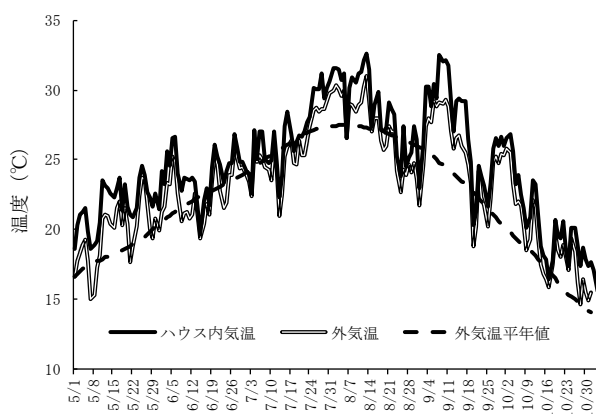
3 作型の検討

2019年のハウス内気温の推移を第3図に示した。ハウス内気温は外気温よりもやや高めに推移し、さらに、この年は平年値よりも気温は高く推移した。また、5月から8月上旬にかけて気温は上昇し、その後は下降に転じ、10月中旬以降は20°Cを下回るようになった。本試験においては、7月播種が最も気温が高い作型となった。

「中山交 01」を播種後、草丈40~50cm程度に生育した時点で収穫した結果、積極灌水区の生育日数は、慣行灌水区より約1か月短縮された。播種時期と灌水方法を因子として、収量、製品率、葉色に関して分散分析を行った(第5表)。本数、重量そして1本重に関して播種時期や灌水方法が有意な影響を及ぼし、本数と重量に関しては両者の交互作用も認められた。灌水方法についてt検定で有意な差が認められたのは、5月中旬播種の重量だけであったが、分散分析の結果からも総じて慣行灌水よりも積極灌水の方の収量が高い傾向であった。

積極灌水における播種時期に関しては、重量で0.9~2.3 kg/m²と有意な差が認められた。この播種時期が及ぼす差は、本数や1本重においても同様であった。

重量は、5月中旬播種が2.3 kg/m²と最も多く、6月中旬で1.9 kg/m²と減少し、7月上旬が0.9 kg/m²と最も少なくなり、8月上旬で1.6 kg/m²と少し回復した。播種時期による収量の差の要因として、気温の高さも考えられたが、各々の栽培期間中のpF値の推移を確認したところ、7月上旬播種の栽培期間の灌水量が設定値よりも極端に不足していたことが明らかとなった。慣行灌水よりも積極灌水の方の収量が高いように、この収量の減少は、灌水不足が直接要因となった可能性が大きいと推測した。また、8月中旬播種



第3図 2019年のハウス内平均気温と平年値気温
平年値気温は1981~2010年の30年間の観測値(気象庁HP抜粋)

第5表 「中山交 01」において播種時期や灌水方法の違いが収量および葉色に及ぼす影響 (2019)

播種時期	灌水方法 ^z	総収量 (m ² あたり)			製品率 ^y (%)	葉色 ^x				生育日数 (日)
		本数 (本)	重量 (kg)	1本重 (g)		SPAD	L*	a*	b*	
5月中旬	積極灌水	617 a ^u	2.3 a	3.7 a	98.4 a	31.9 a	44.9 ab	-8.2 a	9.9 a	64
	慣行灌水	506	1.5	3.0	90.5	35.2	49.1	-7.1	5.7	99
	t検定 ^v	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	*	
6月中旬	積極灌水	595 a	1.9 ab	3.1 ab	91.3 ab	32.9 a	51.2 a	-8.2 a	9.0 a	70
	慣行灌水	554	1.2	2.2	91.1	35.9	45.3	-7.2	8.0	93
	t検定	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	*	n. s.	
7月上旬	積極灌水	407 b	0.9 c	2.2 b	73.7 c	35.6 a	42.7 ab	-7.7 a	9.4 a	71
	慣行灌水	438	0.9	2.0	83.5	36.2	43.6	-5.7	4.5	114
	t検定	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	
8月上旬	積極灌水	537 a	1.6 b	3.0 ab	84.0 bc	30.1 a	41.5 b	-7.1 a	7.3 a	82
	慣行灌水	491	1.4	2.9	77.3	—	—	—	—	107
	t検定	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	—	—	—	—	
分散分析 ^v										
播種時期		***	***	***	***	n. s.	*	n. s.	n. s.	
灌水方法		**	***	*	n. s.	*	n. s.	***	***	
播種時期×灌水方法		*	**	n. s.	*	n. s.	*	n. s.	n. s.	

^z 積極灌水5月(5月14日播種-7月16日収穫)、6月(6月12日播種-8月20日収穫)、7月(7月4日播種-9月12日収穫)、8月(8月5日播種-12月25日収穫)
慣行灌水5月(5月14日播種-8月20日収穫)、6月(6月12日播種-9月12日収穫)、7月(7月4日播種-10月25日収穫)、8月(8月5日播種-11月19日収穫)

^y 草丈25cm以上のうち、曲がりのひどいもの、分けつ、葉先枯れを除いた割合(本数当たり)

^x SPADは葉緑素計、L*、a*、b*値は分光測色計で測定

^v t検定において、5%未満で有意差あり

^v 分散分析は二元配置で実施、*** (0.1%)、** (1%)、* (5%)で有意差あり、ns.は有意差なし

^u 積極灌水区について播種時期での違いを各項目についてTukeyで比較した結果、異なる英小文字間には5%で優位であることを示す(製品率はアークサインに変換後検定)

濃緑色葉ネギ品種を活用した夏期の小ネギ

安定生産に寄与する栽培方法

藤井 宏栄・西田 美沙子・重藤 祐司・木村 一郎・渡辺 卓弘・日高 輝雄

Cultivation Conditions for Stable Production of a Leaf Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.)
Cultivar with Dark Green Leaves in Summer

FUJII Kouei, NISHIDA Misako, SHIGEFUJI Yuuji, KIMURA Ichiro,
WATANABE Takahiro and HIDAKA Teruo

Abstract: In this study, we focused on identifying the optimal cultivation conditions of a leaf bunching onion (*Allium fistulosum* L.) cultivar with dark green leaves in the summer. We explored combinations of different fertilizers and water quantities to stably produce a high-quality and high-yield leaf bunching onion cultivar. We examined the effects of applying decreased quantities of nitrogenous fertilizers, increased watering, and their application timings and then determined the optimum cultivation methods. For the nitrogenous fertilizer, we applied half (1.0 kg/a) the recommended application quantity to the field. For large-volume watering, the recommended application times are immediately after sowing and at the second and fourth leaf-growing stages. Moreover, it is desirable that watering is controlled in the other growth stages. In particular, watering should be stopped from 5 days before harvest. As a result, leaf bunching onion with a height of approximately 50 cm and non-fading leaves were grown. These optimum cultivation conditions might thus be utilized to produce leaf bunching onion with high quality and yield in extremely high-temperature seasons. In another experiment on the effects of sugar, we could not clarify whether sugar supplementation was effective for the suppression of lodging in this cultivar. However, it was clarified that the reduction in the nitrate–nitrogen concentration in the plants was caused by the effect of sugar supplementation.

Key Words: high quality, high-temperature season, high yield, large amount watering, nitrogenous fertilizer,
キーワード：高品質、高温期、高収量、施肥量、積極灌水

緒言

料理の薬味として使われる小ネギは、播種から2~3か月程度の短期間の栽培で、草丈50~60cm程度のサイズを収穫する葉ネギである(末吉,2018)。とりわけ西日本を中心に栽培されることが多く、山口県でも下関市や山陽小野田市に大きな産地がある。小ネギは雨よけハウス内で周年栽培されるが、出荷物の品質の優劣は草姿の美しさの他に葉色の濃さで表現されることが多い(末吉ら,2011)。そのため、小ネギ栽培は基本的に灌水量を制限して栽培することで葉色を濃くする。しかし、梅雨期から夏期への季節変化や高温の影

響下における灌水制限は小ネギへのストレスも大きく、湿度や乾燥等による葉先枯れが発生し(明石・宮崎,2009; 壇・大和,2007)、収量が激減する可能性も大きくなる。さらに、葉色を濃くするために、窒素肥料の過剰施用投与が実施されることで、葉先枯れ発生の助長、経費の増加や環境への負荷も危惧されることもある(井上・鹿島,2006; 草場ら,2009; 藤谷ら,2005)。そこで我々は品種特性として葉色が濃緑色の品種「中山交01」(品種登録出願申請中)を育成し、このような濃緑色品種を活用することを前提に、積極的に灌水する栽培条件を検討した。ここで、本試験の積極灌水とは、従来の小ネギ栽培における灌水量より、可能な

限り量や回数を増やした灌水方法を示すものとする。その結果、本研究において、夏期の小ネギ栽培における好適施肥量と積極灌水方法のモデルを構築したので報告する。

さらに、小ネギ栽培では、曇雨天時の過剰な灌水等は徒長を誘発し倒伏させてしまう要因となることがある。チンゲンサイでは、水溶性糖類の施用が土壌中の無機態窒素を微生物バイオマスとして有機化させ、植物への無機態窒素の供給を抑制する栽培管理の効果についての報告がある(藤田・植田,2010)。そこで、糖処理により、小ネギへの窒素供給を抑制すれば、生育が抑制され、小ネギの徒長抑制となると仮定し、糖処理の影響も検討したので合わせて報告する。

なお、本研究は農林水産省の戦略的プロジェクト研究推進事業の中で、農業分野における気候変動適応技術の開発のうち、農業分野の気候変動対策「温暖化の進行に適応する生産安定技術の開発」の一部として行われた。

材料および方法

1 夏期の小ネギ栽培における好適施肥量の検討

1) 濃緑色小ネギの栽培に必要な施肥量の検討

栽培品種として山口県育成の極濃緑色品種「YSG2号」と「浅黄系九条」(タキイ種苗(株))を供試材料とした。山口県農林総合技術センター(以下、「センター」という。)のハウス内の隔離床ベンチに2015年7月下旬に播種した。100 cm幅のベンチに条間12 cmの6条とし、120粒/mの量を直播した。全ベンチに木質牛糞堆肥を300 kg/a、石灰資材を20 kg/a施用した。小ネギ栽培の適正施肥量を検討するために、小ネギ産地慣行の全窒素施肥量を慣行N区(対照: 窒素成分2.0 kg/a)として、慣行の半量となる1/2 N区(窒素成分1.0 kg/a)と1/4量となる1/4 N区(窒素成分0.5 kg/a)の2減量施肥区を設けた。慣行N区は窒素成分で元肥と追肥を1.5 kg/a、0.5 kg/aとし、これに対して1/2 N区を0.5 kg/a、0.5 kg/aとし、1/4 N区を0.25 kg/a、0.25 kg/aとし、各処理区について3反復で試験した。また灌水方法については、乾燥気味に管理する現地慣行に準じて2~3日に1回8 L/m²を基本的に灌水した。9月下旬に収穫し、草丈、収量、葉色、葉先枯れ発生率そして小ネギ植物体内の窒素含有率、窒素吸収量、栽培終了時の土壌中の無機態窒素を調査した。収量調査は全区一斉に収穫後、新

葉が2枚になるように調製し行った。

葉先枯れ発生率は、全収穫本数に対する、長さ1 mm以上の葉先枯れが認められた個体数の割合とした。葉色は分光測色計(CM-2500d, (株)コニカミノルタ)と葉緑素計(SPAD502, (株)コニカミノルタ)で調製後の2枚目の葉の中央付近を計測した。ここで、分光測色計のL*は明るさの度合いを示し、a*、b*は色の方向を示し値が0から離れるほど鮮やかな色、0に近いほどくすんだ色で濃い色を示す。SPADは値が大きいほど色が濃いことを示す。小ネギ植物体内の窒素含有率は、サンプリングした小ネギの生重量と乾物重を測定し微粉碎した後にNCアナライザー(SUMIGRAPH NC-22, (株)住化分析センター社)を用いて求めた。窒素吸収量は、小ネギの乾物率、窒素含有率、単位面積当たりの収量から算出した。栽培終了時の土壌中の無機態窒素に関しては次のように測定した。各試験区から採取した土壌を風乾し、2 mmの篩を通した土10 gに10%塩化カリウム液100 mlを加え、30分間振とうした後にNo.5Aのろ紙でろ過した。このろ液の一定量に重質酸化マグネシウム0.2 g、デバルタ合金0.2 gを加え、ブレンナー法および還元-水蒸気蒸留法(日高, 1997)により、アンモニア態窒素および硝酸態窒素を定量した。

2) 濃緑色小ネギ栽培における灌水量と施肥量の検討

栽培品種として山口県育成の極濃緑色品種「YSG2号」を供試材料とした。センターのハウス内の隔離床ベンチに2016年6月3日に播種した。播種量や堆肥、石灰資材は1)と同様にした。施肥量は、小ネギ産地の慣行の全窒素施肥量を慣行N区(対照)として、1)の試験で好成績であった慣行N区の全窒素施肥量を半減した1/2 N区を設け、元肥と追肥の割合も同様とした。さらに慣行N区と1/2 N区に対して2通りの灌水区を設けた。灌水は慣行灌水区(8 L/m²・日、2~3日に1回灌水)と、より積極的に灌水する区を積極灌水区(草丈15 cm以降、12 L/m²・日、毎日灌水)とし、各処理区3反復で実施した。収穫は草丈が概ね50 cmで行い、調査項目や調査方法は1)と同様とした。

2 夏期の小ネギ栽培に好適な積極的な灌水方法の検討

1) 灌水量の上限検討

栽培品種として山口県育成の極濃緑色品種「YSG2号」を供試材料とした。センターのハウス内に2016年の6月、7月、8月の月上旬に3回播種した。施肥量はこれまでの施肥試験の1/2 N区と同様にした。窒素成

分0.5kg/aを元肥として投入し、播種1か月後に追肥として窒素成分0.5kg/aを投入した。また灌水量をpF値で把握するために、テンションメーター（DM-8、(株)竹村電機製作所）のポーラスカップの中心が、地表から10cmの深さに設置した。床面90cmの平畝に条間12cmの6条とし、120粒/mの量を直播した。通常の小ネギ栽培と同様に播種後は十分に灌水し、発芽後～本葉1枚目が出葉するまでは立ち枯れ病を回避するために灌水を控えた（末吉,2018）。灌水始点としての土壌pFが異なる3水準と、倒伏の可能性や収穫後の貯蔵性を考慮し、生育後半で灌水を制限する区2水準を設定し、①pF1.6-1.8、②pF1.8-2.0、③pF1.6-1.8（40：草丈40cm程度から灌水制御）、④pF1.8-2.0（40：草丈40cm程度から灌水制御）、⑤pF2.0-2.6（慣行区）の5処理区を設定した。また、梅雨明け後には生産地の慣行に従い、30%遮光の寒冷紗（ダイオネット、ダイオ化成（株））を設置した。なお、試験期間中のハウス内の温度と日射量は、地上高1.5mに設置したT熱電対と小型日射計（ML-01、英弘精機（株））を用いてデータロガー（midi LOGGER GL220、グラフテック（株））によって5分ごとの平均値を記録した。

栽培中の倒伏状況や葉色の変化は遠観で観察した。草丈40～50cmで随時収穫し、新葉が2枚になるように調製した後に、草丈、葉先枯れの発生率、葉色、貯蔵性を調査した。貯蔵性は収穫した小ネギを葉数2枚に調製した後に防曇袋に入れ、5℃条件で2週間後に傷みの状態を調査した。その他の調査項目については1)と同様の方法で行った。

2) 土壌pF1.8-2.0を基にした積極灌水のタイミングおよび遮光の検討

極濃緑色品種「YSG2号」を供試材料とし、センターのハウス内に2017年6月29日に播種した。施肥量や播種量、テンションメーターの設置は、2の1)と同様にし、播種後から本葉1枚目までの灌水管理も同様にした。積極灌水する時期を小ネギの本葉が伸長する時期で区分して、試験区を次のように設定した。第2葉の伸長（2葉期）、第3葉の伸長（3葉期）、第4葉の伸長（4葉期）、第2葉と3葉の伸長（2+3葉期）、第2葉と4葉の伸長（2+4葉期）、第3葉と4葉の伸長（3+4葉期）、第2葉と第3葉と第4葉の伸長（2+3+4葉期）そして慣行法として栽培期間を通して乾燥気味にする対照区を含めて8試験区とした。積極灌水処理の灌水方法は2の1)のpF1.8-2.0を基本としたが、第2葉までは植物体が小さく地表面はすぐ乾燥し

てしまうためpF1.6-1.8になるように灌水し、第3葉以降はpF1.8-2.0になるように灌水した。また、全ての区の第5葉以降と対照区はpF2.0-2.5を灌水始点とし、灌水量を制限した。

また、積極灌水時期の試験に合わせて、遮光資材の検討も行った。遮光資材は、20～40%遮光の熱線吸収遮光（メガクール、三菱ケミカルアグリドーム（株））、一般的な30%遮光（ダイオネット、ダイオ化成（株））を使用し、遮光無しと合わせて3処理区を設けた。試験区は1区2m²の3反復で行い、第2葉の伸長以降、週2回の生育調査を行った。また、草丈が40～50cm程度で収穫し、新葉が2枚になるように調製した後に草丈、1本重、葉先枯れ発生率、葉色、倒伏率を調査した。

倒伏率は、徒長による倒伏が原因で株元に生じた曲がりのある株の割合として算出し、その他は2の1)と同様に調査した。

3 濃緑色品種の小ネギ栽培による積極的灌水モデルの検証

本研究と対になる育種研究で開発した耐暑性に優れた濃緑色F₁品種「中山交01」と市販の夏用の葉ネギ品種として「夏彦」（中原採種場（株））、「かみなり」（中原採種場（株））、「みやび姫」（小林種苗（株））を供試した。センターのハウス内に2018年6月21日に播種した。施肥量や播種量密度、テンションメーターの設置、播種後から本葉1枚目までの灌水管理はこれまでの試験条件と同様にした。播種後～第2葉が伸長を開始するまでは遮光をしたがそれ以降は遮光無しで栽培した。灌水管理方法は次のように2処理区を設置した。現地の小ネギ栽培に従い、灌水を制限しながら栽培する方法を対照区（慣行灌水区）としてpF2.0～2.5を灌水始点とした。試験区（積極灌水区）は2の試験で決定した積極的灌水モデルに従った。なお、試験期間中におけるハウス内の気温は、温度データロガー（TR-71Ui、（株）ディアンドデイ）で測定した。山口県山口市の1981年から2010年の30年間の平均値気温は気象庁ホームページ（<https://www.data.jma.go.jp>）から入手した。

65日間栽培し8月27日に全試験区一斉に収穫し、新葉が2枚になるように調製した後に収量、1本重、葉先枯れ発生率、葉色、倒伏状況を調査した。それぞれの調査方法はこれまでと同様である。

4 糖処理が小ネギの倒伏に及ぼす影響

山口県オリジナル品種「YSG1号」(品種登録:第24596)(藤井ら,2015)を供試材料とし、センターのハウス内に2019年6月27日に播種し、8月26日に収穫した。施肥量や播種量、テンションメーターの設置はこれまでの試験条件と同様にし、徒長傾向の生育とするために常時30%の遮光をした。さらに徒長傾向の生育とするために、灌水は常時積極灌水(pF1.6-2.0)とした。播種30日後(第3葉の伸長期)から糖としてスクロース溶液を土壌灌注処理した。処理区は、無処理区、5%スクロース区、そしてスクロースによる倒伏抑制効果が土壌中の無機態窒素量の変化に起因するものかそれ以外かを検証するために、5%スクロース+N区(スクロースと窒素成分を同時投入することで、土壌中の無機態窒素量の変化にスクロースは作用しないと想定:灌注した5%スクロースの炭素分子量に対してC/N比が10.5となるように硫酸38g/m²を同時に添加)の3処理区を設けた。処理回数は播種後30日、37日、44日の3回とした。1回の処理量は4L/m²で無処理は水を灌注処理した。なお、追肥が必要となったため、3回目の処理前に硫酸(N0.5kg/a)を水溶液にして全処理区に散布した。播種後60日で収穫し収量と倒伏状況を調査した。また、最初のスクロース処理日を0日とし、処理後3、7、11、14、18、21、28日に小ネギ植物体中の硝酸濃度を分析した。分析の手順は次の通りとした。まず、生育の中庸な株30本を選定し、1.5~2.5葉に調製後、5mm程度に細断した。次に20~40gを秤量し、その10倍量の純水を添加してブレンダーミルで10分間高速粉砕した。最後にNo.5Bの濾紙でろ過した後、コンウェイ法(嶋田,1986)で硝酸濃度を測定し葉中濃度を計算した。さらに、スクロース処理開始21日後に小ネギのサンプリング箇所から採土管で0~5cm、5~10cmの層の土壌を採取し、好適施肥量の試験と同様に、ブレンナー法および還元-水蒸気蒸留法により土壌中の無機態窒素量を測定した。

本試験ではここで、スクロース処理が土壌中の硝酸態窒素量に及ぼす影響を詳細に調査するため、閉鎖系の培養試験を実施した。圃場試験と同様となるように、5%スクロース、5%スクロース+N(窒素量はC/N比10.5となるように硫酸9.5g/L添加)、無処理(水)の3処理液を準備し、乾土20gに対して1回に0.53ml(作土15cmとして算出)を灌注した。培養試験の具体的な手法は、栽培ほ場の生土を2mmの篩を通して供試土壌とした。最初に含水率、最大容水量を測定し、

最大容水量の60%相当の水分量を求めた。次に乾土20g相当の供試土壌を100mlのUM瓶に秤量し、処理液を灌注後、さらに最大容水量の60%になるように水分を添加した。最後にラップで蓋をして30°Cで培養し、7日後に2回目を灌注処理した。そして、1、4、7、8、11、14、21、28日後に取り出して無機態窒素量を測定した。なお培養中に不足する水分は随時補給した。

結果及び考察

1 夏期の小ネギ栽培における好適施肥量の検討

1) 濃緑色小ネギの栽培に必要な施肥量の検討

品種と施肥量を因子として分散分析を行った(第1表)。ほとんどの調査項目において、品種および施肥量間に有意差があったが交互作用はなかった。唯一草丈で品種と施肥量の交互作用が確認された。「YSG2号」は「浅黄系九条」に比べて収量性が高く、葉色は明らかに濃く品種間差が明確であった。そこで、好適施肥量を検討するために品種ごとに収量や葉色等を比較した。「YSG2号」において、1/2N区の草丈は48.9cm、収量は3.3kg/m²となり、慣行N区や1/4N区に比べて有意に増加した(第1表)。また、1/2N区は商品率も高く、葉先枯れ発生率は処理区間で差がなかった。次に葉色に関して、SPAD値は慣行N区の39.3に比べ、1/2N区の36.8や1/4N区の36.5のように施肥量の減少に伴い値は減少したが、分光測色計のデータでは処理区間で有意差はなく、また達観観察でも明らかな葉色差は感じられなかった。さらに、植物体の窒素吸収量は慣行N区と1/2N区でほとんど変わらなかったことから、栽培終了後の土壌中の残存窒素量は1/2N区で1.3kg/aと対照の慣行N区での2.2kg/aよりも有意に低くなったと考えた。施肥量の削減における収量と土壌中の硝酸態窒素量に関しては、コマツナでも報告がある(石井ら,2006)。この報告では通常よりも施肥量を削減するが、同等の窒素吸収量で同等以上の収量を実現し、さらに栽培後の土壌中の残存硝酸態窒素濃度を削減し適正施肥量を示した。また、小ネギ周年栽培における栽培施設内の塩類集積を考慮し、窒素成分で2.0kg/aから、1.5kg/aへ施肥削減しつつ、従来並みの収量を確保した報告がある(藤谷・小野,2005)。したがって、これらの報告と同様の結果を示した本試験の1/2N区の削減施肥量(1.0kg/a)は夏期の小ネギ栽培において適正であると考えた。これらのことは「九

濃緑色葉ネギ品種を活用した夏期の小ネギ安定生産に寄与する栽培方法

第1表 窒素成分量の違いが収量や品質に及ぼす影響^z (2015)

品種 ^y	処理区 ^x (施肥量)	草丈 (cm)	収量 (kg/m ²)	平均 1本重 (g)	商品率 ^w (%)	葉先枯れ 発生率 ^v (%)	葉色 ^u			窒素 含有率 (現物%)	窒素 吸収量 (kg/a)	無機態 窒素 ^t (kg/a)													
							L*	a*	b*				SPAD												
YSG2号	1/4N	45.1	b ^r	2.8	b	4.8	a	54.8	ab	8.3	a	45.7	a	-4.9	a	2.4	a	36.5	b	0.38	c	1.2	b	0.8	b
	1/2N	48.9	a	3.3	a	5.3	a	57.4	a	8.3	a	44.7	b	-5.0	a	2.8	a	36.8	b	0.41	b	1.6	a	1.3	b
	慣行N (対照)	46.8	b	2.9	b	5.6	a	48.3	b	6.0	a	44.7	b	-4.9	a	2.2	a	39.3	a	0.44	a	1.5	a	2.2	a
浅黄系九条	1/4N	46.0	b	2.3	ab	5.5	a	39.0	a	1.7	a	44.3	a	-6.3	a	8.5	a	28.5	a	0.32	b	0.9	b	1.1	b
	1/2N	51.3	a	2.5	a	6.8	a	35.5	a	0.8	a	43.9	a	-6.3	a	8.7	a	29.6	a	0.37	a	1.1	a	1.3	b
	慣行N (対照)	51.1	a	2.1	b	6.6	a	30.1	a	1.0	a	43.7	a	-6.1	a	7.8	a	29.9	a	0.38	a	1.0	ab	2.1	a

分散分析^s

品種	***	***	*	***	**	***	***	***	***	**	**	n. s.
肥料	***	***	n. s.	**	n. s.	**	*	*	***	**	**	***
品種・肥料	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z 7月下旬に播種し、調査測定は葉を2枚に調製した後に実施

^y 「YSG2号」は山口県の極濃緑色品種

^x Nは対照区として慣行栽培の総窒素量 (2.0kg/a)、1/2Nは慣行の半分、1/4Nは慣行の1/4量を施用

^w 全播種量 (1000粒/m²) 当たりの収穫株数の割合

^v 2枚に調製後、1mm以上の枯れが葉先に残る株の割合

^u SPADは葉緑素計で測定、L* (明るさ)、a* (緑 (-) -赤 (+))、b* (青 (-) -黄 (+)) は分光測色計で測定

^t 栽培終了時の土壌中の無機態窒素

^s 二元配置により、***0.1%、**1%、*5%水準で有意差あり、n. s.は有意差なし

商品率、葉先枯れ発生率、窒素含有率はアークサイン変換後検定

^r 異なる英小文字は品種ごとに Tukey 検定により 5%水準で処理区間の間に有意差あり

第2表 灌水量と施肥量が小ネギの収量および品質に及ぼす影響^z (2016)

灌水量 ^y	施肥量 ^x	生育 日数	草丈 (cm)	収量 (kg/m ²)	1本重 (g)	商品率 ^w (%)	葉先枯れ 発生率 ^v (%)	葉色 ^u			窒素 含有率 (現物%)	窒素 吸収量 (kg/a)	無機態 窒素 ^t (kg/a)
								L*	a*	b*			
積極灌水	1/2N	56	50.4	3.2	5.0	88.5	0.0	45.4	-6.4	5.8	0.25	1.0	0.2
	慣行N (対照)	56	51.7	3.1	5.0	87.6	4.2	42.1	-6.2	4.9	0.35	1.4	0.7
慣行灌水	1/2N	84	45.6	3.0	5.1	86.5	13.3	51.9	-4.5	1.6	0.26	1.0	0.4
	慣行N (対照)	84	44.8	2.8	5.0	83.4	16.7	50.8	-4.6	1.5	0.29	1.1	1.1

分散分析^s

施肥	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	***	n. s.	n. s.	**	**	***
灌水量	***	**	n. s.	n. s.	***	***	***	***	***	n. s.	n. s.	***
施肥*灌水量	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z 供試品種は山口県の極濃緑色品種「YSG2号」、積極灌水区の播種6月3日・収穫7月29日、標準灌水区の播種6月3日・収穫8月26日、調査測定は葉を2枚に調製した後に実施

^y 慣行灌水区は8L/m²・日、2~3日に1回灌水、積極灌水区は12L/m²・日、毎日灌水

^x Nは対照区として慣行栽培の総窒素量 (2.0kg/a)、1/2Nは慣行の半分を施用

^w 全播種量 (1000粒/m²) 当たりの収穫株数の割合

^v 2枚に調製後、1mm以上の枯れが葉先に残る株の割合

^u SPADは葉緑素計で測定、L* (明るさ)、a* (緑 (-) -赤 (+))、b* (青 (-) -黄 (+)) は分光測色計で測定

^t 栽培終了時の土壌中の無機態窒素

^s 二元配置により、***0.1%、**1%、*5%水準で有意差あり、n. s.は有意差なし

商品率、葉先枯れ発生率、窒素含有率はアークサイン変換後検定

条浅黄系」でも同様の結果であった。

以上のように、これまでの小ネギ栽培における基準施肥量を半減させても収量が減少することはなかった。また、施肥量を半減させることで葉色が淡くなる可能性はあったものの、「YSG2号」のような極濃緑色品種を栽培に用いることで、市販品種以上の濃い葉色の発現は可能であった。したがって、極濃緑色品種を施肥量を半減して栽培しても収量や品質を維持することは可能であると推察した。

2) 濃緑色小ネギ栽培における灌水量と施肥量の検討

積極灌水は慣行灌水に比べて播種後56日と早期に収穫することができた。ここでは、灌水量と施肥量を

因子として分散分析を行った(第2表)。ほとんどの調査項目において、灌水量と施肥量間の交互作用はなかった。草丈、収量、葉先枯れ発生率に関しては施肥量間の差はなく、灌水量間の差が有意となった。本試験の栽培期間において、積極灌水は生育日数が短いにもかかわらず、50.4~51.7cmと草丈は長く、収量も3.1~3.2kg/m²と多い傾向であり、葉先枯れ発生率も0.0~4.2%と少なかった。また、積極灌水の1/2N区は慣行N区と比べて窒素吸収量は1.0kg/aと減少したが、慣行灌水の窒素吸収量と同等量であったことと、栽培終了後の土壌中の残存無機態窒素量は低く抑えられたことから、1/2N区は必要十分量の施肥であると考えられた。

したがって、1/2Nは積極灌水条件下において、葉先枯れ症状もなく十分な生育や収量が得られたため、従来の慣行施肥量の半減（施肥総窒素量1.0kg/a）での栽培が可能であると考えた。葉色に関しては、L*（明るさを表す）のデータのみにおいて灌水量および施肥量間で有意差が認められ、葉色が淡くなる結果となったが、a*値や b*値を見ると葉色が淡くなる大きな要因は灌水量にあると考えられた。ネギの灌水量が葉色に及ぼす影響は土耕でも水耕でも報告されており、灌水量が多くなると生育は早い葉色が淡くなり品質が低下する（林, 1999；森下ら, 2001）。そこで、灌水量に関しては次の灌水試験で詳細に検討することとした。

2 夏期の小ネギ栽培に好適な積極的灌水方法の検討

1) 灌水量の上限決定

夏期の全ての播種時期および全ての処理区において、極濃緑色品種「YSG2号」の葉先枯れ発生率は慣行区と同等以下で、特に pF1.8-2.0 区の葉先枯れ発生率は 0.4～0.5%と少なかった。また全ての播種時期において、各調査項目は同様の傾向であったため、ここでは6月2日播種の試験結果について説明する（第3表）。土壌 pF 値 1.6-2.0 での生育日数は慣行区よりも 12 日程度生育が早く、早期の収穫が実現できた。

しかし、慣行区の SPAD 値の 47.4 や分光測色計の a* 値 -5.4、b* 値 1.3 と比較すると pF1.8-2.0 区は SPAD 値で 39.8、a* 値で -7.7、b* 値で 8.6 と明らかに葉色は淡くなった（a* 値と b* 値は値が 0 に近づくほど色を濃く感じる）。一方で草丈 40 cm 程度（収穫の 5～7 日程度前）から灌水を制限して仕上げるこ

と葉色の濃さを SPAD 値で 42.8、a* 値で -6.8、b* 値で 6.1 までに濃くすることができた（第3表）。また、収穫後の貯蔵中の傷みの発生率は、pF1.8-2.0 処理区で灌水制限をしなければ、43.7%だったものが、収穫 5～7 日前に灌水制限することによって 17.7%まで減少し、慣行区と有意差が無くなるまでに収穫後の貯蔵性を向上させることができた。栽培時の土壌水分量が、小ネギ収穫時における品質や貯蔵性に及ぼす影響についてはこれまでに報告されている（林ら, 1988）。この報告では、最も乾燥した条件の区において葉色は最も濃く貯蔵性も高い結果であり、本試験と同様の結果であった。したがって、高品質な小ネギの栽培には収穫前の灌水制限は有効であると考えられた。

本試験では、積極灌水により葉先枯れの障害はほとんど発生しなかったが、小ネギの生育は軟弱徒長傾向となり、倒伏するようになった。6 月播種では倒伏は激しくなかったが、収穫前に灌水制限しなかった処理区では倒伏が観察された（第3表）。さらに、7 月播種では生育後半に完全に倒伏してしまい、8 月播種も大部分が倒伏してしまった。そこで、小ネギの徒長しやすい葉齢を検討した結果、草丈が概ね 35 cm 以降（5 葉期に相当）で倒伏が見られた（第4表）。さらに、7～8 月の播種時期で倒伏が多かったことについて、気温や日射量から関係性を分析した結果、高温・寡日照（日平均気温 30°C 以上、日積算日射量 8 MJ/m² 以下）で倒伏が助長される傾向が見られた（第1図）。本試験結果から、葉色の濃さ、貯蔵性そして倒伏を考慮すると、草丈 15 cm（2 葉目）頃から pF1.8-2.0（土壌表面がある程度湿った状態）で灌水管理し、倒伏対策とし

第3表 土壌 pF が小ネギ栽培に及ぼす影響² (2016)

土壌 pF ^y	収穫日	草丈 (cm)	葉先枯れ 発生率 ^x (%)	葉色 ^w				貯蔵性 ^v (%)	倒伏 ^u						
				SPAD	L*	a*	b*		程度	草丈 (cm)					
1.6-1.8	8月2日	52.1	1.8	39.9	b ^t	39.8	b	-8.5	c	11.2	a	9.1	a	少	34.8
1.6-1.8(40)	8月2日	43.3	1.5	41.3	b	41.1	b	-7.0	b	6.5	b	59.1	b	無	-
1.8-2.0	8月3日	47.3	0.4	39.8	b	40.5	b	-7.7	c	8.6	b	56.3	b	微	36.0
1.8-2.0(40)	8月3日	41.7	0.5	42.8	b	40.3	b	-6.8	b	6.1	b	82.3	c	無	-
2.0-2.6 (慣行灌水)	8月15日	40.0	1.7	47.4	a	44.1	a	-5.4	a	1.3	c	85.3	c	無	-

^x 播種日 6月2日

^y 各試験区の土壌 pF になるように灌水し、(40) は草丈 40 cm 程度で灌水を停止することを示す

^z 2 葉に調製後に枯れが残る割合

^w SPAD は葉緑素計で測定、L* (明るさ)、a* (緑 (-) -赤 (+))、b* (青 (-) -黄 (+)) は分光測色計で測定

^v 貯蔵 14 日後に葉全体が萎れや枯れが認められなかった株の割合

^u 倒伏傾向がみられた時の程度と草丈

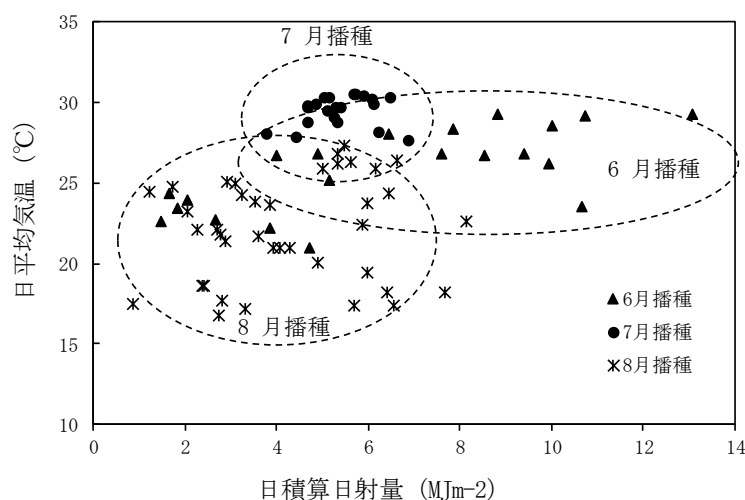
^t 同一符号間には Tukey の多重検定により 5% 水準で有意差なし

貯蔵性はアークサイン変換後検定

第4表 播種時期と灌水量が及ぼす草丈と倒伏の関係 (2016)

播種後 日数	pF	草丈 (cm)								
		6 月播種			7 月播種			8 月播種		
		1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.6	1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.6	1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.6
30		25.7	25.4	24.0	27.0	26.7	22.7	24.2	24.4	23.4
40		34.7*	30.2	28.1	34.4*	34.6*	30.4*	29.9	30.0	27.2
50		44.5	39.9	29.6	-	-	-	41.9*	41.2*	35.9
倒伏状況		半倒伏	なし	なし	倒伏	倒伏	半倒伏	半倒伏	半倒伏	なし

* 倒伏した時の草丈



第1図 播種時期による平均気温と日射量の関係

プロットは各作型の生育期間における毎日の平均気温と日積算日射量

て草丈が概ね35cm (5葉期) 以降の灌水量を制限し、少なくとも収穫予定の5日前から灌水を停止する管理がよいと考えられた。そこで、灌水始点の土壌 pF1.8-2.0 を上限として、次に述べる灌水試験で詳細な積極灌水の時期と遮光を検討することとした。

2) 土壌 pF1.8-2.0 を基にした積極灌水灌水の時期および遮光の検討

灌水時期と遮光を因子とした分散分析を行った (第5表)。草丈、収量、1本重、倒伏に関して遮光、灌水時期が有意な影響を及ぼした。収量や1本重では、熱線吸収遮光や遮光無しで、2回以上の積極灌水の組み合わせ (2+3葉期、2+4葉期、3+4葉期、2+3+4葉期) で収量、1本重は概ね 1.2 kg/m^2 、 2.7 g 以上と有意に増加した。また、倒伏率については遮光無しが $15.0\% \sim 76.7\%$ であったが、熱線吸収や一般的な 30% 遮光処理と比べ明らかに抑制する傾向となった。さらに、収量、1本重そして倒伏に関しては、遮光と灌水時期の交互作用も確認された。したがって、小ネギ生産において遮光の有無や積極灌水の時期は重要な栽培条件となることが明らかとなった。一方で、本試験において葉先枯れの発生率には、処理区間で有意な影響はな

かった。また、葉色においても遮光無しで若干濃くなる傾向があったものの、灌水時期による葉色の差は有意ではなかった。極濃緑色品種を栽培に供試した本試験において、収量性の高さや倒伏軽減の関係から、遮光無しの2+4葉期における積極灌水は、草丈 49.2 cm 、1本重 2.9 g 、収量 1.6 kg/m^2 と多く、葉色も慣行 (対照) と同等に濃くすることが可能で、倒伏発生率 23.3% と抑制できる適正な灌水栽培条件であると考えられた。

ここで小ネギの生育量を葉身長の測定により推定した報告 (武田・小野, 2002) があるように、小ネギは草丈長により収穫時期が決定されるため、播種から収穫までの草丈の推移モデルがあると栽培の目安としやすいと考えた。そこで、本試験の小ネギの草丈伸長データと栽培期間中の pF 値の変化および各本葉の伸長時期と積極灌水時期を統合し、濃緑色品種の積極灌水栽培のモデルを設定した (第2図)。なお、本試験で用いたテンションメーターは pF2.6 以上を測定できず、播種後 60 日以降の pF 値は概ね pF2.6 で振り切っていたことから、さらに高い pF 値であったと推測される。

第5表 積極灌水時期と遮光が極濃緑色葉ネギ「YSG2号」の小ネギ栽培に及ぼす影響^z (2017)

積極灌水時期 ^y	草丈 (cm)			収量 (kg/m ²)			1本重 (g)			葉先枯れ発生率 ^x (%)			倒伏 ^u (曲がり発生率 ^v (%))			葉色 (SPAD)		
	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光	熱線吸収 遮光	熱線吸収 遮光無	一般的な 30%遮光
慣行灌水 (対照)	46.3 a ⁿ	41.8 bc	42.2 a	1.0 c	0.6 d	0.9 c	2.4 b	1.7 bc	2.0 c	10.0 a	8.8 a	4.7 a	23.3 c	35.0 abc	63.3 a	47.3 a	43.6 a	42.5 a
2葉期	47.2 a	41.0 c	44.6 a	1.1 bc	0.6 d	1.1 b	2.4 b	1.6 c	2.5 b	8.1 a	8.3 a	4.4 a	61.7 ab	15.0 c	80.0 a	43.6 a	46.5 a	43.1 a
3葉期	46.3 a	44.9 abc	46.6 a	1.4 a	1.2 c	1.1 bc	3.1 a	2.9 a	2.4 bc	14.1 a	14.7 a	6.3 a	78.3 ab	33.3 abc	73.3 a	40.9 a	46.6 a	43.9 a
4葉期	47.6 a	47.9 a	48.8 a	1.3 ab	1.5 abc	1.2 b	2.5 ab	2.4 ab	2.4 b	11.1 a	17.0 a	10.8 a	48.3 bc	44.1 abc	65.0 a	46.9 a	43.6 a	42.4 a
2+3葉期	50.4 a	46.4 ab	46.5 a	1.3 ab	1.3 abc	1.1 b	2.8 ab	2.7 a	2.3 bc	8.5 a	13.5 a	6.5 a	71.7 ab	76.7 a	78.3 a	42.1 a	45.3 a	42.1 a
2+4葉期	47.9 a	49.2 a	47.2 a	1.4 a	1.6 a	1.2 b	2.8 ab	2.9 a	2.6 b	11.7 a	14.0 a	14.0 a	61.0 ab	23.3 bc	70.0 a	43.7 a	44.7 a	43.2 a
3+4葉期	49.7 a	48.9 a	47.9 a	1.5 a	1.6 ab	1.2 b	2.9 ab	2.9 a	2.5 b	6.6 a	10.9 a	11.8 a	71.7 ab	56.7 abc	84.5 a	42.1 a	42.2 a	40.5 a
2+3+4葉期	50.8 a	47.8 a	48.8 a	1.5 a	1.2 bc	1.5 a	3.0 ab	2.7 a	3.1 a	9.8 a	14.8 a	15.3 a	91.7 a	63.3 ab	70.0 a	41.2 a	41.3 a	41.3 a
分散分析 ^v																		
遮光	**			***				***		ns				***			*	
積極灌水時期	***			***				***		ns				**			n. s.	
遮光×積極灌水時期	ns			***				***		ns				***			n. s.	

^z播種日は6月29日、遮光は7月19日から実施

^y灌水は対象葉の伸長期にpF1.8・2.0を基本に灌水し5葉期以降は収穫までpF2.5程度で推移 (晴天日は2日に1回灌水)

^x全収穫株数に対して葉枯れのある株の割合

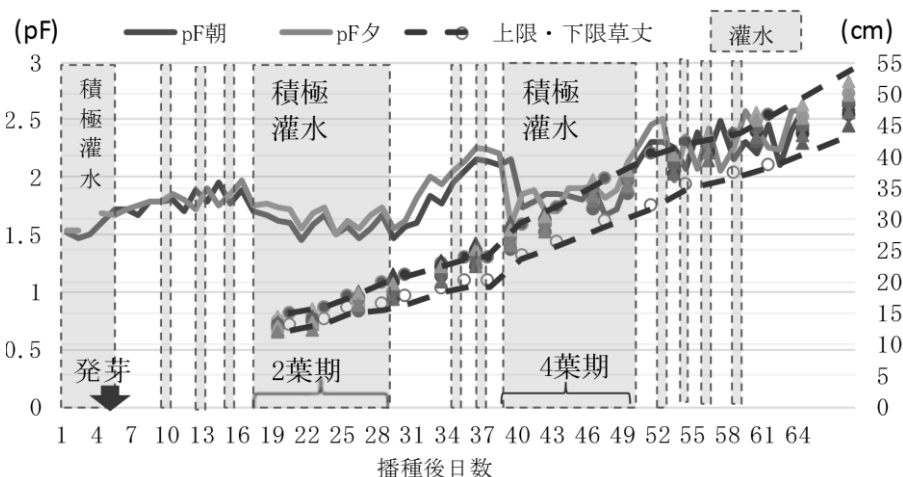
^w全収穫株数に対して徒長による株元の曲がりがあった個体割合

^v分散分析は二元配置で実施、*** (0.1%)、** (1%)、* (5%)で優位、nsは有意差なし

葉枯れ発生率と倒伏はアークサイン変換後検定

^uTukeyHSD (5%) 検定により、異なる英小文字では有意差があることを示す

濃緑色葉ネギ品種を活用した夏期の小ネギ安定生産に寄与する栽培方法



第2図 土壌水分量、灌水時期、草丈推移のモデル
図中の単プロット極濃緑色品種の草丈の平均・上限・下限の集合

第6表 小ネギの収量や葉色に及ぼす積極的灌水方法の検証^z (2018)

灌水量 ^y	品種 ^x	平均草丈 (cm)	総収量 (㎡当たり)		1本重 (g)	葉先枯れ発生率 ^w (%)	葉色 ^v			
			本数	重量 (kg)			SPAD	L*	a*	b*
積極灌水	中山交01	38.8	354.0 a [†]	1.2 a	3.4 a	8.9 a	40.2 a	43.5 a	-7.1 a	7.0 b
	夏彦	39.5	309.0 ab	1.0 ab	3.1 a	12.2 a	31.7 b	45.1 a	-8.7 b	13.6 a
	かみなり	37.4	217.0 b	0.6 b	3.0 a	13.8 a	34.3 b	43.8 a	-8.3 b	11.8 a
	みやび姫	41.7	352.0 a	1.3 a	3.8 a	12.0 a	34.4 b	43.4 a	-8.5 b	12.3 a
慣行灌水 (対照)	中山交01	30.2	219.3 a	0.4 a	1.6 ab	2.9 b	37.8 a	44.2 a	-7.0 a	7.5 c
	夏彦	29.2	80.0 a	0.1 a	1.4 b	14.3 a	34.0 b	42.5 a	-7.7 bc	10.1 ab
	かみなり	31.9	145.3 a	0.3 a	1.7 ab	8.0 ab	36.1 ab	42.3 a	-8.1 c	11.9 a
	みやび姫	31.7	144.7 a	0.3 a	1.9 a	3.6 b	37.5 ab	41.2 a	-7.2 ab	8.4 bc
分散分析 ^u										
灌水	-	***	***	***	**	ns	ns	***	**	
品種	-	*	***	*	**	***	ns	***	***	
品種×灌水	-	ns	**	ns	ns	*	ns	**	**	

^z 6月21日播種、8月27日収穫

^y 多灌水は2葉期と4葉期にpF1.9以上となるとエンバフローでしっかり (30分~60分) 灌水し、5葉期以降は収穫までpF2.5程度で推移 (晴天日は2日に1回灌水)、慣行灌水 (対照) は2葉期以降pF2.0-2.5の範囲になるように実施

^x 中山交01は気候変動プロで育成した濃緑色のF₁品種でその他は一般の夏栽培小ネギ用F₁品種

^w 調製後の葉先に1mm以上の枯れを認めた株の割合

^v SPADは葉緑素計で測定、L* (明るさ)、a* (緑 (-)・赤 (+))、b* (青 (-)・黄 (+)) は分光測色計で測定

^u 分散分析は二元配置で実施、*** (0.1%)、** (1%)、* (5%) で有意、nsは有意差なし

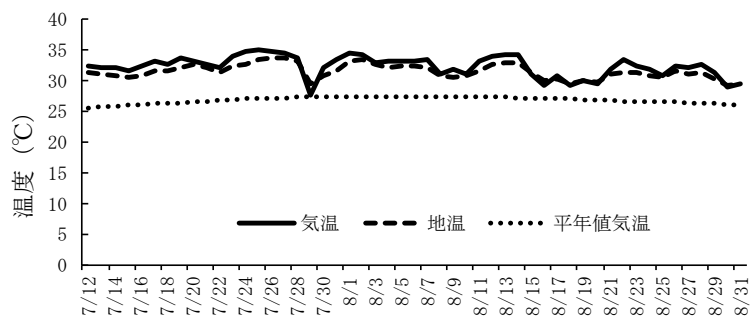
葉先枯れ発生率はアークサイン変換後検定

^t 異なる英小文字は灌水区ごとにTukey検定により5%水準で処理区間の間に有意差あり

3 濃緑色品種の小ネギ栽培による積極灌水モデルの検証

収穫時の草丈は積極灌水で約40cm、慣行灌水で約30cmと生育スピードが大きく異なり、各品種概ね10cmの生育差となった (第6表)。またこの年の栽培中の平均気温は例年に比べて5°C以上高く非常に暑い年であり (第3図)、小ネギの栽培には非常に厳しい環境であったため、耐暑性の劣る品種は収量が低く、慣行灌水では0.1kg/㎡と極めて低くなった (第6表)。ここで、灌水量と品種を因子として小ネギの収量や品質に対して分散分析を行い、さらに灌水区ごとに品種間の比較を行った。総収量は灌水量と品種によって有

意な影響を受けた。重量に関しては慣行灌水の0.1~0.4kg/㎡に対して積極灌水の0.6~1.3kg/㎡と夏期の高温期における積極灌水が有効であることが示された。さらに、品種間においても「中山交01」や「みやび姫」はそれぞれ1.2kg/㎡、1.3kg/㎡と多収である傾向を示した。葉先枯れ発生率においても灌水量と品種によって有意な影響を受けた。慣行灌水に比べて積極灌水の方が葉先枯れ発生が多い傾向となったが、収穫前の灌水制限の有無によるものであり、積極灌水によって葉先枯れが増加したものではないと推察した。参考までに、慣行灌水区はこの後18日間、積極灌水区の草丈と同等になるまで栽培を延長した結果、最終的



第3図 2018年のハウス内平均温度と平年値気温
平年値気温は1981-2010年の30年間の観測値(気象庁HP抜粋)

第7表 5%スクロースの土壌灌注処理が葉ネギに及ぼす影響^z (2019)

処理区 ^y	収量 (m ² 当たり)		1本重 (g)	葉先枯れ発生率 (%)	倒伏程度の割合 ^x (%)				葉色 ^v			
	本数	重量 (kg)			0	1	2	3	SPAD	L*	a*	b*
無処理	730	1.83	2.5	13.4	18.7	30.5	30.5	20.3	36.7	39.5	-6.7	5.7
5%S	639	1.58	2.5	9.2	24.2	36.1	31.1	8.6	36.2	40.6	-6.8	5.8
5%S+N	695	1.48	2.1	8.0	18.4	30.8	31.8	19.0	38.1	40.1	-6.0	3.5
分散分析 ^w	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z6月27日播種、8月26日収穫

^ySはスクロース、Nは窒素成分(C/N比が12となる窒素肥料量)の添加を示す

^x0~3は倒伏による葉鞘の曲がりの程度を示す0=曲がりなし、1=微曲がり、2=中曲がり、3=大曲がり

^w一元配置(5%)、n. s.は有意差なし

葉先枯れ発生率と倒伏程度の割合はアークサイン変換後検定

^vSPADは葉緑素計で測定、L*(明るさ)、a*(緑(-)赤(+))、b*(青(-)黄(+))は分光測色計で測定

な葉先枯れ発生率は積極灌水区とほとんど変わらなかった。しかし、収量は積極灌水区よりも低くなった。また、葉先枯れ発生率は慣行灌水区において「中山交01」の2.9%から「夏彦」の14.3%までと品種間差も見られ、「中山交01」の耐暑性の強さが推測された。最後に外観品質の評価となる葉色の濃淡も、灌水量や品種によって有意な影響を及ぼした。「中山交01」以外の一般品種に関して a*値や b*値において積極灌水区の-8.5~-8.3、11.8~13.6 に対して慣行灌水区の-8.1~-7.2、8.4~11.9 と積極灌水区の方の葉色が淡くなる傾向が見られた。しかし、濃緑色品種の「中山交01」に関しては、積極灌水区 (SPAD=40.2、a*=-7.1、b*=7.0) と慣行灌水区 (SPAD=37.8、a*=-7.0、b*=7.5) で示されるように、灌水量の違いによる葉色の差はほとんど見られず、その他のどの一般品種よりも濃い葉色であった。

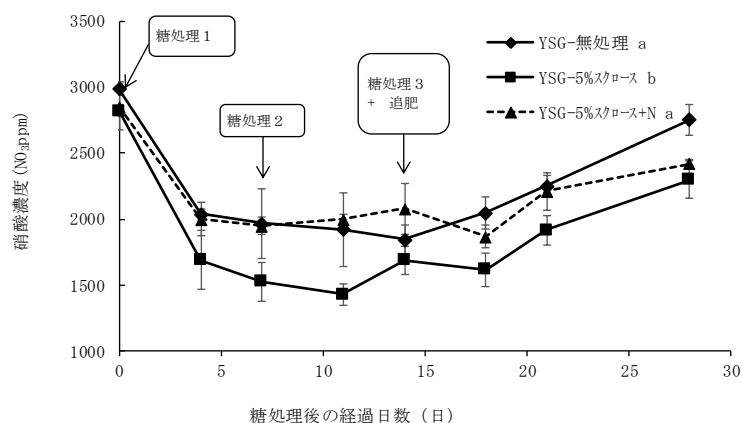
以上より、夏期の高温期の小ネギ栽培において、葉色等の品質を大きく損なうことなく早期に十分な収量を確保するには、本研究で構築した濃緑色品種を供試する積極灌水モデルの利用が有効であると考えた。

4 糖処理が小ネギの倒伏に及ぼす影響

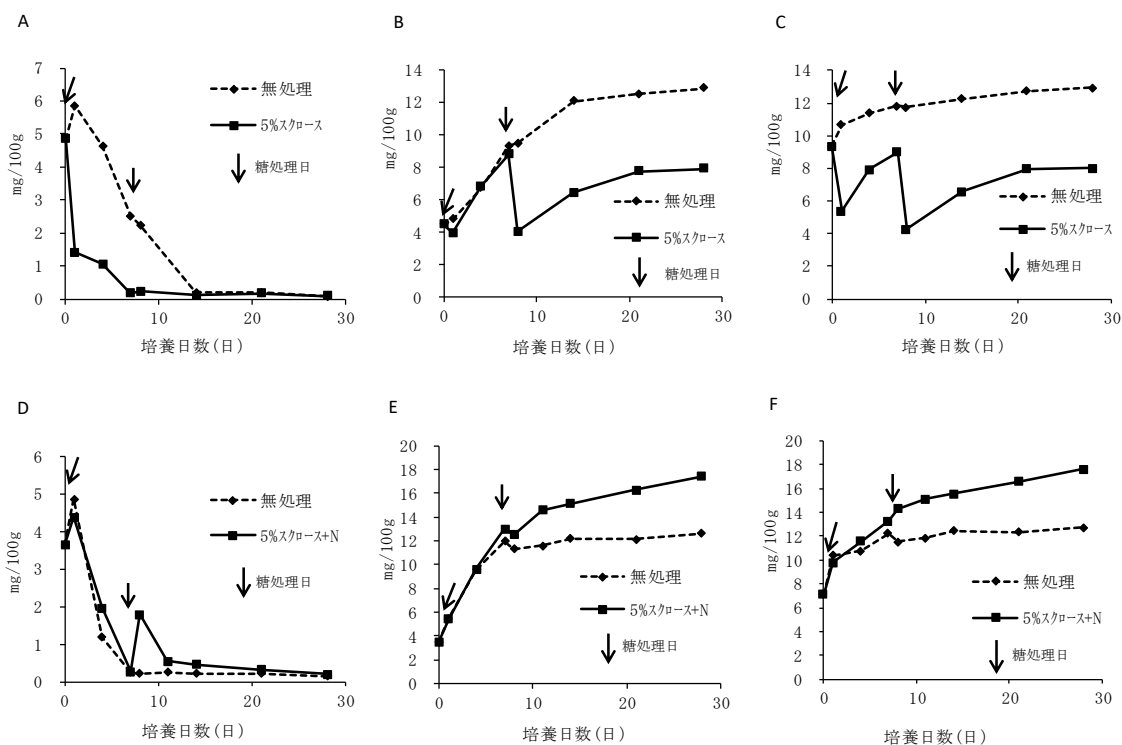
多灌水管理を前提とした小ネギの天候不順時の倒伏対策として 5%スクロース処理の耐倒伏効果を検証した。全ての処理区において収穫時の収量、葉色そして倒伏程度の割合において処理区間で有意差は見られず(第7表)、本試験でスクロース処理の倒伏に対する有効性は明確とならなかった。しかし、生育途中において、5%スクロース区のみが他の区よりも倒伏開始が最も遅かった。次に小ネギ中の硝酸濃度は、5%スクロース処理区で処理後 28 日間において、他の区に比べ有意に低く変動した(第4図)。全ての区において有意差なく倒伏がみられたものの、5%スクロース処理は小ネギ内部の硝酸濃度に有意な影響を及ぼすことが明らかとなった。一方で、5%スクロース+N処理はほぼ無処理と同様の硝酸濃度変化を示したことから、スクロースの効果が同時投与の N 成分により打ち消されたと考えた。

そこで、倒伏開始や小ネギ内部の硝酸濃度の違いの要因を検証すべく、この時の土壌中の硝酸態窒素量を調査したが、処理区間においてほとんど差がなく、ス

濃緑色葉ネギ品種を活用した夏期の小ネギ安定生産に寄与する栽培方法



第4図 糖処理後の葉ネギ「YSG1号」硝酸濃度の推移
 グラフのバーは標準誤差を示す
 凡例の異なる英小文字はTukey (5%) で有意差あり



第5図 5%スクロースおよび5%スクロース+N 処理が土壌に及ぼす影響

- A, D $\text{NH}_4\text{-N}$ の推移
- B, E $\text{NO}_3\text{-N}$ の推移
- C, F 無機N の推移

クロース処理による土壌中の無機態窒素の有機化の傾向は不明であった(データ省略)。このことは灌水、根域、追肥などにより土壌採取地点でのバラツキが大きいためと考えた。そこで、閉鎖系の培養試験で、スクロースが土壌に及ぼす影響を正確に調べた。その結果、スクロース単独処理翌日には無機態窒素の有機化が発生し、アンモニア態窒素、硝酸態窒素の順に利用

された(第5図)。一方、スクロース+N処理の硝酸態窒素は逆に無処理より高く推移し、アンモニア態窒素はほぼ無処理と同様の推移を示した。これらのことから、スクロースと同時投与のN成分は、スクロースが及ぼす土壌の無機態窒素の有機化への負荷因子となったことが明らかとなった。

したがって、スクロース単独の土壌灌注処理により、

土壌中の無機態窒素の有機化が誘引されることは明らかであった。スクロース処理により、小ネギ内部の硝酸濃度や倒伏状況に変化が現れた一方で、スクロース+N処理は無処理区と同様となった本結果から、スクロース処理により土壌中の無機態窒素の有機化が進み、小ネギが吸収できる窒素成分が減少したことが要因で、小ネギ内部の硝酸態窒素量が減少し、倒伏が遅れたものと推察した。

このことは、藤田・植田(2010)によるチンゲンサイでの水溶性糖類の施用試験の結果と同じであった。しかし、彼らのスクロース施用によるチンゲンサイの硝酸イオン含量は、無処理と比べて概ね半量となり、チンゲンサイの収量においても有意に減少したが、本研究のスクロース処理における硝酸濃度は無処理に比べて最大で3/4の減量であり、収量に有意差はなかった。実際、彼らは乾土30gに対して713.1mgのスクロースを添加している。この量を1m²当たりの土壌に対して換算してみると、概ね2kgのスクロース量となり、我々の灌注量より10倍程度多かった。したがって、小ネギの生育を抑制し、倒伏抑制を明確に期待するならば、より高濃度のスクロース処理の検討が必要であると考えた。

摘 要

高温期に高品質で高収量の小ネギを生産するために、濃緑色の葉ネギ品種を供試することを前提に、施肥量の削減と積極灌水の時期を決定し栽培モデルを構築した。施肥量の投入総窒素量は従来の半量の1.0kg/aとする。灌水は播種直後、本葉2葉(pF1.6-1.8)そして4葉(pF1.8-2.0)が伸長する時期に積極的に実施する。そして少なくとも収穫の5日前までに灌水を停止する。これによって、猛暑となる高温期でも播種後60~70日で草丈50cm程度の高品質な小ネギを生産できる。なお、糖処理による小ネギの生育や倒伏に対する影響は本試験では明らかとならなかったが、植物体内の硝酸濃度を低減させることが明らかとなった。

引用文献

明石洋次郎・宮崎麻里子.2009. 堆積杉バークの特性把握と作物への施用効果. 土肥要旨集. 55(2): 320.
壇 和弘・大和陽一.2007. 「九条」系等葉ネギの耐暑性関連要素の解明と夏季安定生産技術の開発. 新鮮

でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究. 454: 84-87.

藤井宏栄・片川聖・村上恵・河村清美・林秀幸・森脇崇裕. 2015. YSG1号. 品種登録24596.
藤田 裕・植田稔宏. 2010. 水溶性糖類の施用がチンゲンサイ地上部硝酸イオン含量の低減化に対する効果. 茨城農総セ園研報. 17: 23-28.
藤谷信二・小野 忠. 2005. 小ネギ圃場の塩類集積と施肥改善. 九農研. 67: 54.
林 三徳・山本幸彦・山下純隆・茨木俊之・室園正敏・田中幸孝・高尾宗明. 1988. 葉ネギの栽培条件と品質-第2報 土壌水分管理法が収穫時の品質並びに貯蔵性に及ぼす影響-. 福岡農総試研報. B-7: 57-62.
日高 伸. 1997. 土壌環境分析法. p.241-243. 土壌環境分析法編集委員会編. 日本土壌肥料学会監修. 博友社
井上 浩・鹿島美彦. 2006. 稚苗を用いた初秋どりネギ栽培における施肥法. 鳥取園試報. 7: 1-8.
石井 貴・河野 隆・武井昌秀. 2006. ハウスコマツナにおける窒素2,3作分1回診断施肥における減肥技術. 茨城農総セ園研報. 14: 15-26.
草場 敬・郡司掛則昭・藤富慎一・猪部 巖・古江広治・井出 勉・山本富三・山田一郎. 2009. 九州沖縄各県試験データに基づく土壌・施肥管理現状と適正化に向けた課題. 九州沖縄農研セ研資. 92: 1-89.
森下年起・神藤 宏・平田 滋. 2001. 毛管水耕による高品質葉ネギ生産技術に関する研究. 和歌山農林水技セ研報. 2: 115-123.
末吉孝行. 2018. 葉ネギ(小ネギ)の栽培. p. 278の96-278の99の6. 農業技術体系野菜編 8-1. 農文協. 東京.
末吉孝行・山下貞士・下村克己・古賀武・三井寿一・浜地勇次. 2011. 夏出し用葉ネギ新品種「夏元気」の育成. 福岡農総試研報. 30. 25-29.
嶋田典司. 1986. 土壌分析・測定法. p.110-114. 土壌標準分析・測定法委員会編. 日本土壌肥料学会監修. 博友社
武田 悟・小野寺 徹. 2002. 葉身測定によるネギ生育量の簡易推定法. 東北農研. 55: 195-196.

チャバネアオカメムシの加害部から感染した

Erwinia chrysanthemi によるナシ果実腐敗症の発生

唐津 達彦*・殿河内 寿子**・岡崎 仁・堀田 光生***

Occurrence of Bacterial Fruit Rot of Japanese Pear Caused by *Erwinia chrysanthemi* :
Infection via the Feeding Holes of *Plautia stali*

KARATSU Tatsuhiko, TONOGOUCHI Hisako, OKAZAKI Hitoshi and HORITA Mitsuo

Abstract: In August 2014, severe fruit rot of the Japanese pears “Hosui” and “Shinko” was found in a pear orchard using the non-bagging method in Yamaguchi prefecture. Many bacterial colonies with the same morphology were isolated from the diseased tissue, and wound-inoculation with the isolate induced the original sign of disease. Since many individuals of *Plautia stali*, a type of fruit-piercing stink bug, were observed in the diseased orchard, it was suspected that the bugs were responsible for the disease. The rot sign was replicated by releasing the stink bugs and spraying the bacterial suspension on the fruit. Therefore, it was suggested that the bacteria invaded the fruit through the feeding holes made by the stink bugs. Based on inoculation test results on pear fruit and branches, investigation of bacteriological properties, PCR assays, and phylogenetic analysis based on 16S ribosomal RNA gene sequences, the bacterium was identified as *Erwinia chrysanthemi*, which is known as the pathogen responsible for *Erwinia* rusty canker of the Japanese pear tree.

Key Words: *Erwinia* rusty canker, fruit-piercing stink bug

キーワード：さび色胴枯病、果樹カメムシ類

緒言

2014年8月に下関市の赤ナシ無袋栽培園において、チャバネアオカメムシの大量寄生が認められた樹上の果実に軟化、腐敗する症状が発生した。発生園地 50a における被害は、着果があった「豊水」と「新興」の全ての樹に認められ、大半の果実が腐敗するほど甚大であった。

著者らは、同果実からの分離細菌を、刺針接種またはチャバネアオカメムシを放飼して加害させると同時に噴霧接種することで腐敗症状を再現できたこと。さらに、分離細菌はナシさび色胴枯病菌と同一種であったことを学会報告している(唐津ら, 2019)。今回その概要をまとめるとともに、分離細菌についてナシ枝への接種試験および 16S リボソーム RNA 遺伝子シーケンスに基づく系統解析を行い、新たな知見を得たので、これらの結果と併せて報告する。

* 山口農林水産事務所、** 下関農林事務所、

*** 農研機構農業環境変動研究センター

材料および方法

1 発生状況と病徴

ナシ果実腐敗症を呈した果実の症状を観察するとともに、本症状の発生時期、発生程度、発生品種、発生経過および果樹カメムシ類の発生経過について、ナシ園と農林事務所の関係者への聞き取り調査を 2014 年と 2018 年に行った。

2 病原菌の分離

分離部位は、本症状の発生初期の「豊水」果実の果肉罹病組織と健全組織の境界部付近とした。2014年9月1日に、細菌は King's B 平板培地を用いて画線培養法により、糸状菌はクロラムフェニコール (100ppm) 含有 Potato Dextrose Agar 平板培地を用いて組織分離法により分離した。

3 接種試験

1) ナシ果実への付傷接種

分離細菌を King's B 平板培地を用いて 25°C 条件下で培養後、菌体を付着させた針で健全なナシ果実に付傷接種し、ポリエチレン袋に入れて室内 (約 25°C) に 7 日間静置し、腐敗の状況を観察した。接種は、2014 年 9 月 5 日に「豊水」果実に、9 月 30 日に「二十世紀」果実にそれぞれ行った。

2) ナシ枝への付傷接種

2018 年 7 月に「豊水」と「二十世紀」の長さ約 10 cm の切り枝 (1 年生枝) に対して、King's B 平板培地で培養した菌体を付着させたメスを用いて、木質部まで届くように切れ目を入れ、パラフィルムで覆った。この切り枝を蒸留水が入ったビーカーに挿し、25°C 条件下に 2 日間静置して接種部の変化を観察した。

3) 分離細菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼とを組み合わせたナシ果実への接種

山口市内の果樹園に設置した集合フェロモントラップ周辺で採集したチャバネアオカメムシ成虫を供試した。試験区は、①分離細菌噴霧+カメムシ 40 頭放飼区、②分離細菌噴霧+カメムシ 5 頭放飼区、③分離細菌噴霧区、④カメムシ 40 頭放飼区、⑤無処理区とした。2014 年 9 月 6 日に、昆虫飼育箱 (40×30×30 cm) に「新興」果実 4 果を静置した後、所定数のチャバネアオカメムシを放飼した。その後、分離細菌懸濁液 (約 10⁸ cfu/ml) を果実にハンドスプレーで噴霧した。分離細菌懸濁液の噴霧は 9 月 6 日と 7 日の午前中に約 1 時間間隔で各 3 回、合計 6 回実施した。9 月 7 日の一回目に噴霧した時の果実 4 果上のカメムシ虫数は、分離細菌噴霧+カメムシ 40 頭放飼区は 5 頭、分離細菌噴霧+カメムシ 5 頭放飼区では 1 頭であった。

昆虫飼育箱は 25°C、昼 16 時間/夜 8 時間に設定した室内に置いた。9 月 11 日に腐敗果数の調査と腐敗状況の観察を行った。

4 分離細菌の同定

1) 細菌学的性質の調査

分離細菌については、西山ら (2004) の方法に基づいて細菌学的性質を調査し、簡易同定 96-MUC (<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/bact/Ent-new.html>) を用いて同定した。

2) PCR 検定

分離細菌を King's B 液体培地を用いて、28°C 条件下で 2 日間振とう培養後、抽出キット (DNA Plant Mini Kit, キ

アゲン) を用いて DNA を抽出し、Nassar ら (1996) の方法に基づき PCR を行った。増幅 DNA を 1.5% アガロースゲルで電気泳動を行い、エチジウムブロマイド中で染色することによって、種特異的なバンドの有無を調査した。

3) 16S リボソーム RNA シーケンスに基づく系統解析

上記抽出 DNA、DNA シーケンシングキット (BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit, サーマフィッシャーサイエンティフィック) および DNA シーケンサー (ABI3100, サーマフィッシャーサイエンティフィック) を用いて、Sawada ら (1996) の方法に基づき、16S リボソーム RNA 遺伝子のシーケンス情報を解読した。得られたシーケンス情報について、DNA 解析ソフト (MEGA, <https://www.megasoftware.net/>) でアライメントを行い、相同性検索 (BLAST, DDBJ, <https://www.ddbj.nig.ac.jp/index.html>) して種を推定するとともに、既報の近縁種のシーケンス情報、近隣結合法およびブーツストラップ解析を用いて分子系統樹を作成した。また、得られたシーケンス情報を DDBJ/EMBL/GenBank データ登録システムに登録した。

結果

1 発生状況と病徴

1) 発生状況

ナシ果実腐敗症 (第 1 図) が発生した下関市の園地では、赤ナシ 8.7ha が無袋で栽培されていた。このうち、「豊水」、「新興」および「愛甘水」の混植園 50a において、2014 年 8 月上旬に収穫された「愛甘水」を除く、「豊水」と「新興」果実にチャバネアオカメムシの大量寄生が 8 月 19 日に確認されたため、ジノテフラン水溶剤を散布して防除が行われた。

同日、「豊水」と「新興」に本症状のわずかな発生が確認され、その数日後には本症状が急増した。8 月 28 日時点において、「豊水」9 樹、「新興」20 樹のそれぞれ全樹で本症状が確認され、発生果率は「豊水」で 50~100%、「新興」ではほぼ 100% であった。

チャバネアオカメムシの被害が少なかった周辺の園地では、本症状は確認されなかった。

本症状が発生した 2 品種ともに、幹および枝に異常は認められなかった。なお、発生の翌年の 2015 年から 2018 年まで、本症状の発生は確認されなかった。

2) 病徴

本症状の発生初期は、果皮がほぼ円形に褐変（第2図）して果肉は軟化し（第3図）、果実からの甘い香りが確認された。さらに、症状が進行すると、果皮は暗褐色ないし黒褐色になり、果肉は軟化して悪臭を発した。本症状の発生初期には、円形に褐変した果皮の中央に、微細な穴が認められ、穴から果汁が溢出していた。

2 病原菌の分離

本症状の発生初期の「豊水」果実2果から病原菌を分離した結果、King's B 平板培地上に白色、円形、平滑で光沢を有するコロニーの細菌が均一に分離された。それぞれの果実から細菌4菌株、合計8菌株を分離、保存して各種試験に供試するとともに、農業生物資源 (MAFF) ジーンバンクに菌株登録 (MAFF 311828 ~ 311835) した。なお糸状菌は分離されなかった。

3 接種試験

1) ナシ果実への付傷接種

試験には、分離細菌8菌株 (MAFF 311828 ~ 311835) を供試した。接種2日後、「豊水」と「二十世紀」いずれの果実も、直径数 cm の円形状に果皮が褐変し、果実を入れたポリエチレン袋には果実から溢出した果汁が溜まっていた（第4図）。腐敗果からは、甘い香りが確認された。さらに数日後には、果皮は暗褐色ないし黒褐色になり、果肉は著しく軟化して悪臭を発した。本試験により発生した腐敗果の症状は、園地のものと同様であった。

2) ナシ枝への付傷接種

試験には、ナシ果実に病原性を示した8菌株のうちの1菌株 (MAFF 311828) を供試した。接種2日後には、「豊水」と「二十世紀」いずれの切り枝も、接種部付近が長さ2 cm 程度黒褐色になった。



第1図 ナシ「豊水」に発生した果実腐敗症
撮影：2014年9月1日、原図：原田 直



第2図 果皮が褐変したナシ「豊水」果実
撮影：2014年8月28日、原図：村上哲一



第3図 果肉が軟化、腐敗したナシ「豊水」果実
撮影：2014年9月1日



第4図 ナシ「豊水」果実に対する分離細菌の病原性

3) 分離細菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼とを組み合わせたナシ果実への接種

試験には、ナシ果実に病原性を示した8菌株のうちの1菌株(MAFF311833)を供試した。試験開始5日後、分離細菌噴霧+カメムシ40頭放飼区では4果すべてが、分離細菌噴霧+カメムシ5頭放飼区では4果中1果が腐敗した(第1表)。その他の区では腐敗果は発生しなかった。本試験により発生した腐敗果の症状は、園地のものと同様であった。腐敗部の果皮に微細な穴が認められ、穴からの果汁溢出も園地の症状と同様に再現された(第5図)。

第1表 分離細菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼が腐敗果の発生に及ぼす影響

試験区	調査果数	腐敗果数
分離細菌噴霧+カメムシ40頭放飼	4	4
分離細菌噴霧+カメムシ5頭放飼	4	1
分離細菌噴霧	4	0
カメムシ40頭放飼	4	0
無処理	4	0

2014年9月6日に昆虫飼育箱内のナシ「新興」果実にチャバネアオカメムシ成虫を放飼、9月6、7日に分離細菌懸濁液を噴霧接種、9月11日に腐敗果数を調査。



第5図 分離細菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼とを組み合わせた接種によるナシ「新興」果実の腐敗

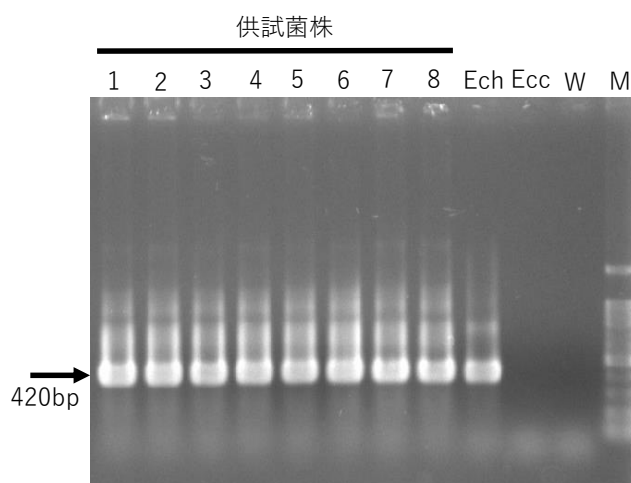
4 分離細菌の同定

1) 細菌学的性質の調査

供試した分離細菌8菌株は、King's B 平板培地上における25°C条件下で培養2日目に直径2mm程度のコロニーを形成し、その形態は白色、円形、平滑で光沢を有していた。分離細菌は短桿状で運動性を有し、O-F試験はF型を示した。カタラーゼ、硝酸塩の還元、ジャガイモ腐敗および40°C下の生育は陽性で、グラム反応、オキシダーゼ活性および緑色蛍光色素の生産は陰性であった。簡易同定96-MUCで用いる炭素源の利用能(培養2日目に判定)では、スクロース、イノシトールおよび酒石酸を利用し、トレハロース、ラクトース、ソルビトールおよびダルシトールは利用しなかった。なお、ラクトースを培養3~4日目に利用した。簡易同定96-MUCによる分離細菌のプロフィールインデックスは1211になり、分離細菌は*Erwinia chrysanthemi*と同定された。

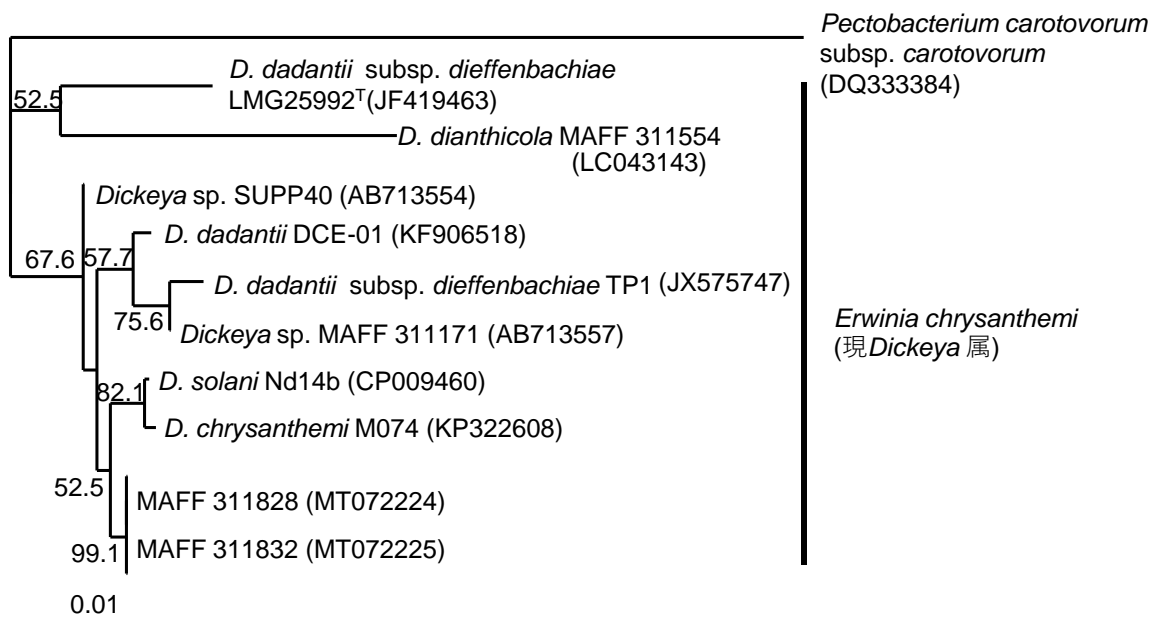
2) PCR検定

Nassarら(1996)の報告に基づき、抽出DNAを用いてPCRを行った結果、供試した分離細菌8菌株全てにおいて*E. chrysanthemi*に特異的なバンド(約420bp)が、対照株*E. chrysanthemi* MAFF301677と同様に増幅されており、近縁種*E. carotovora* subsp. *carotovora* MAFF301618では増幅されなかった(第6図)。以上、PCR検定でも分離細菌は*E. chrysanthemi*と同定された。



第6図 PCR検定による供試菌株の同定

レーン1-8: 分離細菌(MAFF311828-311835); Ech: *E. chrysanthemi* MAFF301677; Ecc: *E. carotovora* subsp. *carotovora* MAFF301618; W: Water control; M: 100bp DNA Ladder



第7図 16S リボソーム RNA 遺伝子シーケンスに基づく系統解析 (近隣結合法)
下の横軸は遺伝距離を、分岐値はブーツストラップ解析による確率を示す。() 内はシーケンス登録番号を示す。

3) 16S リボソーム RNA 遺伝子シーケンスに基づく系統解析

供試した分離細菌 2 菌株 (MAFF 311828, MAFF 311832) の 16S リボソーム RNA 遺伝子情報を解読し (シーケンス登録番号: MT072224, MT072225)、近縁種の塩基配列情報と比較した結果、これらはいずれも既報の *E. chrysanthemi* [本細菌種は現在 *Dickeya* 属に学名変更 (Samson ら, 2005)] に属する菌株の配列と相同または類似していた (第7図)。以上、16S リボソーム RNA 遺伝子シーケンスに基づく系統解析でも分離細菌は *E. chrysanthemi* と同定された。

考 察

2014 年に山口県内のナシ園で発生した果実腐敗症の原因について調査した結果、同果実からの分離細菌を付傷接種することによって腐敗症状を再現することができた。したがって、本細菌の感染が主な原因となって引き起こされたものと考えられる。

また、本症状は、果実に大量のチャバネアオカメムシの寄生が認められた園地のみで発生していることから、本症状の発生にはチャバネアオカメムシの加害が関与していることが推察される。そこで、分離細菌噴霧とチャバネアオカメムシ放飼とを組み合わせた条件下でナシ果実への接種試験を行ったところ、被害発生園地のものと同様の腐敗果が発生したと、分離細菌

菌噴霧条件下ではチャバネアオカメムシの放飼数が多いほど腐敗果数が多かったことから、チャバネアオカメムシの加害が本症状の発生に密接に関与していると推測される。本試験では、褐変した果皮に微細な穴が生じており、穴からの果汁溢出が被害発生園地のものと同様に再現されたが、この穴はチャバネアオカメムシの口針による加害により形成されたものと考えられる。したがって、被害発生園地でも、この穴を介して病原細菌が侵入することで本症状が生じたものと推測される。

細菌学的性質の調査、PCR 検定および 16S リボソーム RNA 遺伝子シーケンスに基づく系統解析の結果より、分離細菌は、*Erwinia chrysanthemi* (現 *Dickeya* 属) と同定された。本細菌種はナシにさび色胴枯病 (枝、幹が罹病) を引き起こすことが知られている (梅本・長井, 1984、陶山ら, 1987)。今回、著者らが分離した細菌も、果実腐敗だけでなくナシの切り枝を腐敗させたことから、さび色胴枯病の病原体が果実にも感染して本症状を発生させた可能性が考えられる。

本症状が園地の一部で発生し、発生程度が甚大であった原因としては、チャバネアオカメムシが園地の一部に集中的に飛来して加害したことが考えられる。また、2014 年 8 月に記録的な降雨 (被害発生園地に直近のアメダス観測地点である豊田で、平年値の 2.7 倍にあたる 431 mm もの降水量が記録された) に見舞われ、高温高湿な状態が長時間続いたために、病原細菌の感

染に好適な環境がもたらされたことも、被害助長原因の一つと考えられる。

果樹カメムシ類によるナシの被害は加害部の凹み(変形果)や果肉のスポンジ状の変質などで、果実が腐敗するとの記録はない(長谷川・梅谷, 1974、梅谷, 1976)。また、果樹カメムシ類の被害は過去に幾度も発生しているが、今まで本症状が発生することはなかった。したがって、本症状は果樹カメムシ類の加害が一因となった新たな被害と考えられる。本細菌種は、果樹カメムシ類の発生と対応して収穫前のナシ果実に甚大な被害を引き起こす可能性があるため、今後、本細菌種の発生生態等について更に明らかにする必要がありと考えられる。

摘 要

2014年8月、山口県内の赤ナシ無袋栽培園において、ナシ「豊水」と「新興」の果実が激しく腐敗する症状が発生した。

罹病組織からは均一なコロニーの細菌が分離され、分離細菌を果実に付傷接種することによって腐敗症状が再現されたことから、本細菌が本症状を引き起こす病原体であると考えられた。

被害発生園地では、チャバネアオカメムシが多発していることから、カメムシの加害の関与が推測された。カメムシ放飼と細菌噴霧とを組み合わせると腐敗症状が再現されたことから、カメムシの口針による加害によって果皮に生じた微細な穴から本細菌が感染し、本症状が生じたものと推測された。

ナシ果実と枝への接種試験、細菌学的性質の調査、PCR検定および16SリボソームRNA遺伝子シーケンスに基づく系統解析の結果から、本細菌はナシさび色胴枯病の病原細菌として報告されている *Erwinia chrysanthemi* (現 *Dickeya* 属) と同定された。

引用文献

唐津達彦・殿河内寿子・岡崎 仁・堀田光生. 2019. 山口県のナシ栽培園で発生した果実腐敗症と病原細菌の同定. 日植病報. 85: 71.

長谷川 仁・梅谷献二. 1974. 果樹におけるカメムシ類の多発被害. 植物防疫. 28: 279-286.

Nassar, A., Darrasse, A., Lemattre, M., Kotoujansky, A., Dervin, C., Vedel, R. and Bertheau, Y. 1996.

Characterization of *Erwinia chrysanthemi* by pectinolytic isozyme polymorphism and restriction fragment length polymorphism analysis of PCR-amplified fragments of *pel* genes. Appl. Environ. Microbiol. 62: 2228-2235.

西山幸司・高橋幸吉・高梨和雄. 2004. 作物の細菌病 追補3版 社団法人日本植物防疫協会 (CD-ROM) .

Samson, R., Legendre, JB., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W. and Gardan, L. 2005. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zaeae* sp. nov. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 55: 1415-1427.

Sawada, H., Ieki, H., Oyaizu, H. and Matsumoto, S. 1993. Proposal for rejection of *Agrobacterium tumefaciens* and revised descriptions for the genus *Agrobacterium* and for *Agrobacterium radiobacter* and *Agrobacterium rhizogenes*. Int. J. Syst. Bacteriol. 43: 694-702.

陶山一雄・那須陽一・藤井 薄・梅本清作・青野信男. 1987. ナシさび色胴枯病の病原細菌. 日植病報. 53: 71.

梅本清作・長井雄治. 1984. ナシさび色胴枯病 (仮称) について. 日植病報. 50: 83.

梅谷献二. 1976. 果樹におけるカメムシ類の多発被害 (続報). 植物防疫. 30: 133-141.

中晩生カンキツ「せとみ」の隔年結果軽減技術の開発

兼常 康彦*・中島 勘太・西岡 真理

Development of Mitigation of Alternate Bearing for Medium-late Maturing Citrus ‘Setomi’

KANETSUNE Yasuhiko, NAKASHIMA Kanta and NISHIOKA Mari

Abstract: To establish a stable production technique for a medium-late maturing citrus, ‘Setomi,’ we investigated the starch content of plant organs, optimum crop load, characteristics of fruit-bearing branches, the control of summer and autumn shoots, and soil management. The following results were obtained: First, the starch content of roots in December can be an indicator for a stable yield. A 2-year survey estimated that the appropriate yield for the current year to secure the right amount of flowering (2.5 to 3.5) for the next year was 2.3 to 2.9 kg per square meter. This is based on the correlation date between starch content and next year’s flowering amount and the current year’s yield. Second, correlations between the length of vegetative shoots and the number of flowers and fruits suggested that the vegetative shoots with a length of 15 cm were appropriate for securing an appropriate number of flowers and fruits for the subsequent year. Third, to suppress excessive flowering in the subsequent year, the appropriate pruning points of summer and autumn shoots were investigated. All respective pruning points for three experimental plots were as follows: above the ring-shaped buds, one-third of the summer shoots, and half of the spring-cycle shoots. These plots effectively reduced flowering in the subsequent year. Finally, applying bark compost on the soil surface for 3 years increased fine roots at a depth of 0 to 15 cm. In addition, fine roots grew in the soil at a depth of 15 to 30 cm via intertillage with the step-in type medium tiller (trade name: Hore). However, the yield in the experimental plot was not significantly different from those in other plots.

Key Words: starch content, vegetative shoot

キーワード：デンプン含量、結果母枝

緒言

「せとみ」は、山口県農業試験場大島柑きつ試験場（現 柑きつ振興センター）において、1981年に「清見」を種子親に「吉浦ボンカン」を花粉親として交配し、2004年に品種登録された山口県オリジナルの品種である（宮田ら、2003、岡崎、2009）。本品種は食味が良好であるために市場から高い評価を得ており、価格が低迷したウンシュウミカンや「ミヤウチイヨ」の代替品種として導入されている。山口県果樹振興計画にも位置づけられ、周防大島町を中心に産地拡大に取り組んでおり、2019年度現在の栽培面積は41ha、出荷量271tで（県農業振興課調べ）、その生産規模はウンシュウミカンに次いで大きい。

しかしながら、「せとみ」は樹勢が強く、立性であること、高糖度のため果実の糖に対する集積が大きい

ことなどの品種特性に加えて、近年の極端な気象変動による夏季の干ばつ、冬季の低温や強風の影響による樹勢低下によって顕著になった隔年結果や収量低下が、産地では問題となっている。隔年結果の現象は、形態的には結果枝と発育枝（翌年の結果母枝）の着生バランスがとれていないことであり、生理的には着果過多のために果実による養分消費が多く、翌年の花芽を形成するために必要な養分の枝体内に集積する量が不足し、翌春の開花結実が少なくなることを大垣ら（1968）は報告している。また、杉山ら（2006）は、「青島温州」の樹体栄養診断として11～2月における根中デンプン含量の測定が適していると報告し、根中デンプン含量と翌春の着花量との関係から連年結果に必要な根中デンプン含量の適正な範囲を明らかにした。一方で、「不知火」の弱勢樹では細根が少なく、その要因はまず着果過多であり、次に根圏環境の悪化

* 柳井農林水産事務所

とされており(河瀬,1999)、隔年結果の軽減には着果および枝梢の地上部管理のみならず、土壌管理など地下部も含めた包括的な管理が重要となる。

本報告では、現地における「せとみ」の隔年結果の実態を把握し、樹体栄養診断のための採取部位と採取時期を解明するとともに、結果母枝の形質と着花との関係、隔年結果軽減のための夏秋梢処理方法、根量増加のための土壌管理について検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

材料および方法

1 現地園地における隔年結果の実態

山口県内の3産地、計6園地(周防大島町:2園地、下関市:2園地、萩市:2園地)における「せとみ」を供試して、各園地2~5樹の収量および果実品質を調査した。なお、調査は2014~2015年度の2年間にわたって実施し、萩市の園地については2015年2月3日と2016年1月28日、周防大島町で2015年2月9日と2016年1月21日、下関市では2015年2月18日と2016年2月16日に行った。

また、土壌採集は上層(0~15cm)と下層(15~30cm)に分け、2015年9月15日に下関市、9月16日に萩市、9月29日に周防大島町の園地で行った。調査は物理性として土性、硬度および三相分布を、化学性としてpH、ECおよび腐植含量とした。

2 連年結実樹の特性解明

1) 樹体栄養診断のための適切な採取部位と時期の解明

当センターの水田埋立造成ほ場(4号ほ場)に栽植された「せとみ」8年生樹を供試した。試験は2012~2013年度の2年間にわたって行った。採取部位は葉、枝、根の3か所とした。葉と枝は2012年12月、2013年1、2、3、5、9月に、根は2012年12月、2013年3、5、9月に採取した。葉は無着果新梢の春枝中位葉、枝は無着果新梢の春枝、根は直径5mm程度の中根について、ヨウ素比色法によりデンプン含量を測定した。

調査樹は着果程度別に少(葉果比160~180)、中(葉果比80~100)、多(葉果比40~60)の3区を設けて、異なる着果程度における3か所の樹体部位の12月から翌年の9月までのデンプン含量の推移を調査した。なお、試験の規模は1区1樹3反復で行った。

2) 着果程度が根のデンプン含量、葉内最大水ポテンシャル、果実収量、翌年の着花量および落葉に及

ぼす影響

当センターの水田埋立造成ほ場(4号ほ場)に栽植された「せとみ」10年生樹を供試した。試験は2014~2015年度の2年間にわたって行った。着果程度は葉果比60区、100区、140区の3区を設けた。粗摘果については2014年が7月2日で2015年は7月1日、仕上げ摘果は2014年が8月8日で、2015年は8月3日に実施した。

根のデンプン含量、収量、果実品質および翌年の着花量(5段階評価で1:少~5:多)は2014年度と2015年度の2年間、葉内最大水ポテンシャル(以下「LWP」という)と落葉の推移は2014年度に調査した。なお、かん水は自然降水のみとした。

根のデンプン含量は、直径5mm程度の中根を2014年12月と2015年12月に採取して前述と同様の方法で調査した。収量、糖度、クエン酸含量および着色程度・割合は、2015年については1月28日に、2016年は1月27日に採取して調査した。LWPはプレッシャーチャンバー法により2014年11月から2015年4月まで2週間間隔で日の出前の午前4時から6時に調査した。また、樹冠下に1,599cm²のコンテナ(486×329×深さ202mm、容量31.3L)を南北に各1個設置し、2014年12月から2015年4月にかけて2週間隔で落葉数を調査した。なお、試験の規模は2014年度が1区1樹の4反復、2015年度は1区1樹の6反復で行った。

3) 結果母枝の形質が翌年の着花・果に及ぼす影響

当センターの水田埋立造成ほ場(3号ほ場)に栽植された「せとみ」12年生樹で、前年の着果量が中程度の樹を供試した。樹冠外周部の結果母枝を対象にして2017年4月3日に結果母枝の長さ、発生角度および基部径を、同年5月11日に着花数を、7月18日に着果数を調査した。試験の規模は1区1樹20枝の4反復とした。

3 隔年結果軽減技術

1) 夏秋梢処理が翌年の着花および新梢の発生に及ぼす影響

当センターの水田埋め立て造成ほ場(4号ほ場)に栽植された「せとみ」10年生樹で、前年の着果量が少ない樹を供試した。2014年11月12日に夏秋梢を下記の方法で処理した。①夏枝1/3残:夏枝長の1/3を残して切除、②輪状芽残:春枝と夏枝の境の輪状芽を残して切除、③春枝1/2:春枝長の1/2を切除、④無処理。

結果

2014年11月12日に処理前の夏秋梢の長さ、発生角度および基部径を、翌年の2015年5月1日に着花数を、5月28日に春枝の発生本数と長さを調査した。なお、試験の規模は1区1樹2枝の5反復とした。

2) 有機物の連年施用と中耕が収量および根量に及ぼす影響

当センターの水田埋立造成ほ場(4号ほ場)の高接ぎ更新9年目(中間台「興津早生」)の「せとみ」を供試して、2014年度から2016年度の3年間にわたって行った。試験区は、樹皮堆肥を表層施用した区(表層区)、表層施用と踏み込み式中耕機(商品名 ホーレ)で8か所/樹を中耕した区(表層+中耕区)、無処理区の計3処理区を設けた。樹皮堆肥は2~3月に1樹あたり40Lを処理した。調査は、収量および果実品質と隔年結果指数とした。なお、試験の規模は1区1樹4反復とした。

さらに、2017年2月に、1樹につき株元を中心にして樹冠下に50cm×100cmの長方形を南北2か所設定し、それぞれ土壌の深さを0~15cmと15~30cmの2つに区分して、根を採取した。採取した根を太さ別に分けてその乾燥重を調査した。併せて、各土壌の土壌硬度も測定した。根量調査は、各処理区に2樹を供試し、1樹2か所の土壌を調査した。

1 現地園地における隔年結果の実態調査

県内3産地の現地園地における、2014年度と2015年度の果実収量と品質を第1表に示した。隔年結果指数については0.014~0.909と園地によって差が大きかった。隔年結果指数が最も小さい園地は0.014の下関Dで、2か年の平均反収は2,932kg/10aと萩Fに次いで多く、2014年と2015年の着果量と1果平均重がほぼ同程度であった。一方、隔年結果指数が大きい園地は0.514の大島Aと0.909の下関Cで、着果量と1果平均重の年次間変動が大きかった。萩Eの隔年結果指数は0.252で、2か年の平均反収は1,724kg/10aとやや少なく、萩Fでは隔年結果指数は0.233であるにもかかわらず、2年間の平均反収は3,164kg/10aと調査園地のなかでは最も多かった。

これら園地の土壌調査の結果を第2表に示した。隔年結果指数が最も小さかった下関DのCECと腐植含量が、他の園地と比較して大きい傾向にあった。土壌硬度は大島Bで大きかった。また、三相分布、孔隙率およびpHについて、園地間による大きな差は認められなかった。

第1表 「せとみ」の現地園地における収量および果実品質(2014~2015年度)

現地園地	収量								隔年結果指数 ²	1果平均重(g/果)		糖度(Brix%)	クエン酸(%)	樹冠容積(m ³ /樹)		10a当たり植栽本数
	(kg/樹)		(kg/m ³)		(果/m ³)		kg/10a	2014		2015	2014			2015		
	2014	2015	2014	2015	2014	2015									平均	
大島	A	28.2	12.2	3.1	1.1	17.3	5.4	2,381	0.514	180	222	13.5	1.26	9.2	11.2	111
	B	12.8	14.3	1.6	1.7	10.1	9.6	1,749	0.182	155	184	14.6	1.30	8.1	8.8	130
下関	C	36.3	1.3	2.2	0.1	14.7	0.4	1,409	0.909	152	225	12.9	1.46	16.3	14.0	80
	D	36.2	37.2	2.2	2.3	12.7	13.3	2,932	0.014	171	170	13.7	1.10	16.6	16.3	80
萩	E	17.7	17.5	1.8	1.7	8.9	9.0	1,724	0.252	206	204	13.2	1.19	9.7	10.4	80
	F	19.5	43.1	1.9	3.4	10.4	15.3	3,164	0.233	187	222	13.5	1.32	10.5	12.7	111

² 隔年結果指数: | (当年収量-前年収量) / (当年収量+前年収量) | 数値が大きいほど隔年結果が大きい

表中の隔年結果指数は樹毎に2014年と2015年の収量(kg/m³)から算出した各処理区の平均数値であることから、表に記載している2014年と2015年の収量(kg/m³)で隔年結果指数を計算しても一致しない。

糖度とクエン酸の数値は2014年度と2015年度の2か年の平均

調査: 周防大島町 2015年2月9日・2016年1月21日、下関市 2015年2月18日・2016年2月16日、萩市 2015年2月3日・2016年1月18日

第2表 「せとみ」の現地園地における土壌の物理性および化学性(2015年)

現地園地	土層	土性	硬度(mm)	三相分布(%)			孔隙率(%)	pH	EC(mS/cm)	CEC(me)	腐植含量(%)		
				固相	液相	気相							
大島	A	上層	~17cm	L	19.5	49	33	19	51	5.3	0.03	10.0	2.1
		下層	17cm~	L	19.5	54	32	14	46	5.3	0.03	9.5	1.2
	B	上層	~11cm	SCL	23.5	51	32	18	49	6.2	0.07	12.5	2.2
		下層	11cm~	SCL	23.0	49	30	22	51	6.1	0.12	12.5	1.9
下関	C	上層	~15cm	SL	12.5	45	33	23	55	6.7	0.09	9.4	2.2
		下層	~30cm	SL	16.0	56	25	19	44	6.7	0.05	7.2	1.0
	D	上層	~12cm	CL	16.0	46	39	16	54	5.2	0.09	14.8	3.3
		下層	12cm~	CL	20.0	53	38	9	47	5.1	0.08	13.1	1.4
萩	E	上層	~14cm	CL	16.5	45	41	13	55	5.0	0.05	13.1	3.0
		下層	~24cm	CL	21.5	48	38	14	52	5.0	0.04	11.5	1.6
	F	上層	~22cm	L	17.0	44	42	14	56	5.0	0.07	11.1	1.9
		下層	22cm~	L	17.5	49	40	11	51	4.8	0.05	9.1	0.9

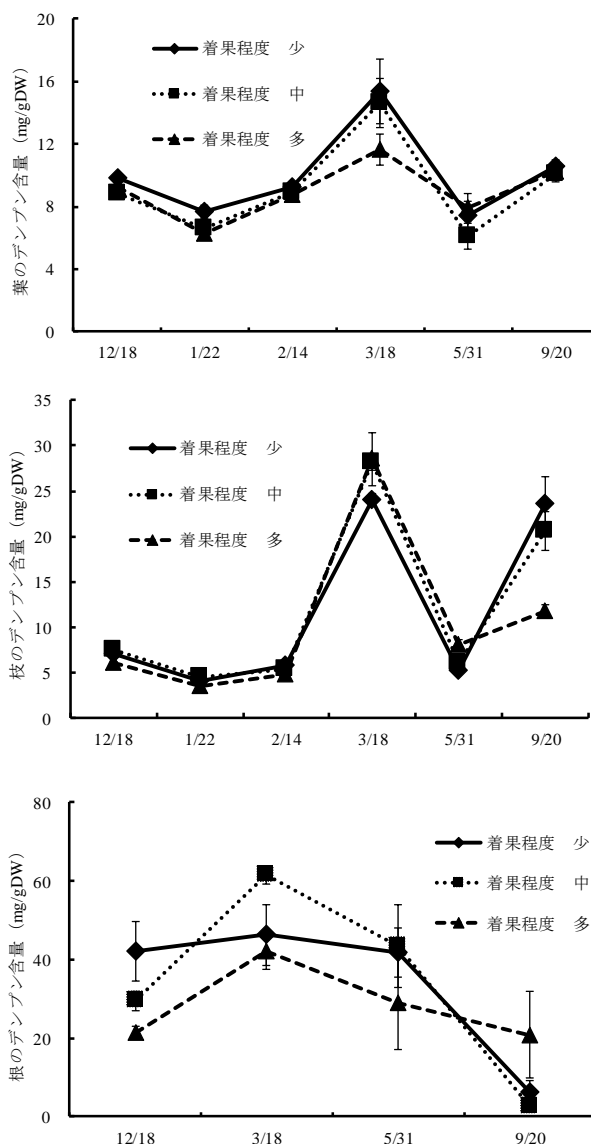
土壌調査: 2015年9月

2 連年結実樹の特性解明

1) 樹体栄養診断のための適切な採取部位と時期の解明

葉、枝および根における着果程度別デンプン含量の12月から翌年9月までの推移を第1図に示した。葉のデンプン含量は着果程度にかかわらず12月から1月にかけて緩やかに減少し、1月から2月にかけて緩やかに増加、2月から3月にかけては急激に増加し、5月には減少して9月には緩やかに増加した。枝のデンプン含量は葉と同様の推移を示したが、変化の程度は葉に比べて大きかった。根のデンプン含量は12月から3月にかけて増加傾向を示し、その後5月および9月にかけて減少した。

採取部位別、採取時期別のデンプン含有量と当年の収量および翌年の着花量との間の相関、並びにデンプン含有量の範囲の結果を第3表に示した。12月の根のデンプン含量は、当年の収量との間に高い負の相関が、翌年の着花量との間に正の相関が認められた。また、12月の枝および2月の枝のデンプン含量において、翌年の着花量との間に正の相関が認められた。相関が認められた採取部位・時期別のデンプン含有量の範囲は、12月の根において19.3~57.1 mg/gDWであり、12月および2月の枝と比較して大きかった。



第1図 「せとみ」における着果程度の違いが12月から9月の部位別のデンプン含量の推移に及ぼす影響 (2012~2013年度)

着果程度 少: 葉果比160~180 中: 葉果比80~100 多: 葉果比40~60
縦線は標準誤差を示す (n=3)

第3表 「せとみ」における採取部位・時期別のデンプン含有量の範囲と当年の収量および翌年の着花量との相関係数 (2012年~2013年)

採取部位	採取時期	デンプン含有量の範囲 (mg/gDW)	相関係数	
			当年の収量	翌年の着花量
葉	12月	8.5 ~ 10.1	-0.466	0.191
	1月	5.9 ~ 9.0	-0.723	0.690
	2月	7.9 ~ 10.0	-0.358	0.180
	3月	8.7 ~ 19.1	-0.364	0.438
枝	12月	5.8 ~ 7.9	-0.596	0.790 *
	1月	3.1 ~ 5.5	-0.210	0.367
	2月	4.4 ~ 6.2	-0.634	0.787 *
	3月	21.9 ~ 36.7	0.442	-0.426
根	12月	19.3 ~ 57.1	-0.892 **	0.795 *
	3月	34.6 ~ 65.6	0.039	0.287

** : 1%水準で有意 * : 5%水準で有意

2) 着果程度の違いが根のデンプン含量、葉内最大水ポテンシャル、果実収量、翌年の着花量および落葉に及ぼす影響

着果程度を葉果比別に3段階で処理して、収量、果実品質および翌年の着花量を調査した2年間の結果を第4表に示した。単位樹冠容積あたりの収量は、葉果比が大きくなるほど少なくなる傾向にあり、葉果比60区で2014年度は4.7 kg/m³、2015年度4.8 kg/m³、100区で3.2 kg/m³と3.6 kg/m³、140区では2.4 kg/m³と2.9 kg/m³で、葉果比60区に対して2014年度では100および140区で、2015年度は140区で有意に少なかった。一方、1果平均重と翌年の着花量については、葉果比が大きくなるほど大きくなる傾向にあり、2014年度と2015年度の2年間の平均1果平均重は葉果比60区で162.6g/果、100区で206.5g/果、140区では215.5g/果で、葉果比60区に対して100および140区で有意に大きかった。翌年の着花量は葉果比60区で2014年度0.7、2015年度0.9、100区で2014年度2.8、2015年度2.8、140区では2014年度3.4、2015年度3.3と、2か年とも葉果比60区に対して100および140区で有意に大きかった。葉果比が小さいほど、着色程度と8分着色以上における完着果の割合も大きかった。糖度およびクエン酸については、着果程度の違いによる有意な差は認められなかった。

着果程度を葉果比60区、100区および140区の3段階に処理した樹毎に、12月の根のデンプン含量と当年の収量、および翌年の着花量との関係を第2図に示した。12月の根のデンプン含量と当年の収量との間に高い負 ($R=0.878^{**}$ 、 $R=0.687^{**}$) の、また翌年の着花量

との間には正 ($R=0.821^{**}$ 、 $R=0.676^{**}$) の高い相関が2014年度と2015年度の2年間とも認められた。

着果程度別に3段階に処理した樹の11月から翌年の4月までのLWPを調査した結果、気温が低下した12月下旬以降急激に低下して、2月上旬まで低下傾向を示し、平均気温が10°Cを超える3月上旬に急激に上昇して、4月下旬まで緩やかに上昇した(第3図)。また、11月から採取時までのLWPは葉果比が小さくなるほど低い傾向が認められた。

また、3段階の着果程度別に処理した樹の12月から翌年の4月までの落葉の推移を調査した結果、落葉は2月中旬にやや小さな、また4月上旬に大きなピークが認められた(第4図)。なお、各々の落葉のピークについては葉果比が小さいほど落葉が高くなる傾向にあり、調査期間中の落葉総数は葉果比60区で最も多かった。

3) 結果母枝の形質が翌年の着花・果に及ぼす影響

「せとみ」の結果母枝の形質、すなわち長さ、着生角度および基部径と翌年の着花数および着果数との関係を第5、6図に示した。結果母枝の長さとは着花数との間には相関が認められ、その関係式は $y = -0.0059x^3 + 0.1775x^2 - 1.3274x + 3.0464$ で示され、相関係数は0.5980であった。着生角度と着花数および基部径と着花数との間には相関が認められなかった。結果母枝の形質と着果数との関係については着花数の場合と同様で、結果母枝の長さとは着果数との間のみ正の相関 ($R=0.7483^{**}$) が認められた(第6図)。

第4表 「せとみ」の着果程度が収量、果実品質および翌年の着花量に及ぼす影響 (2014~2015年度)

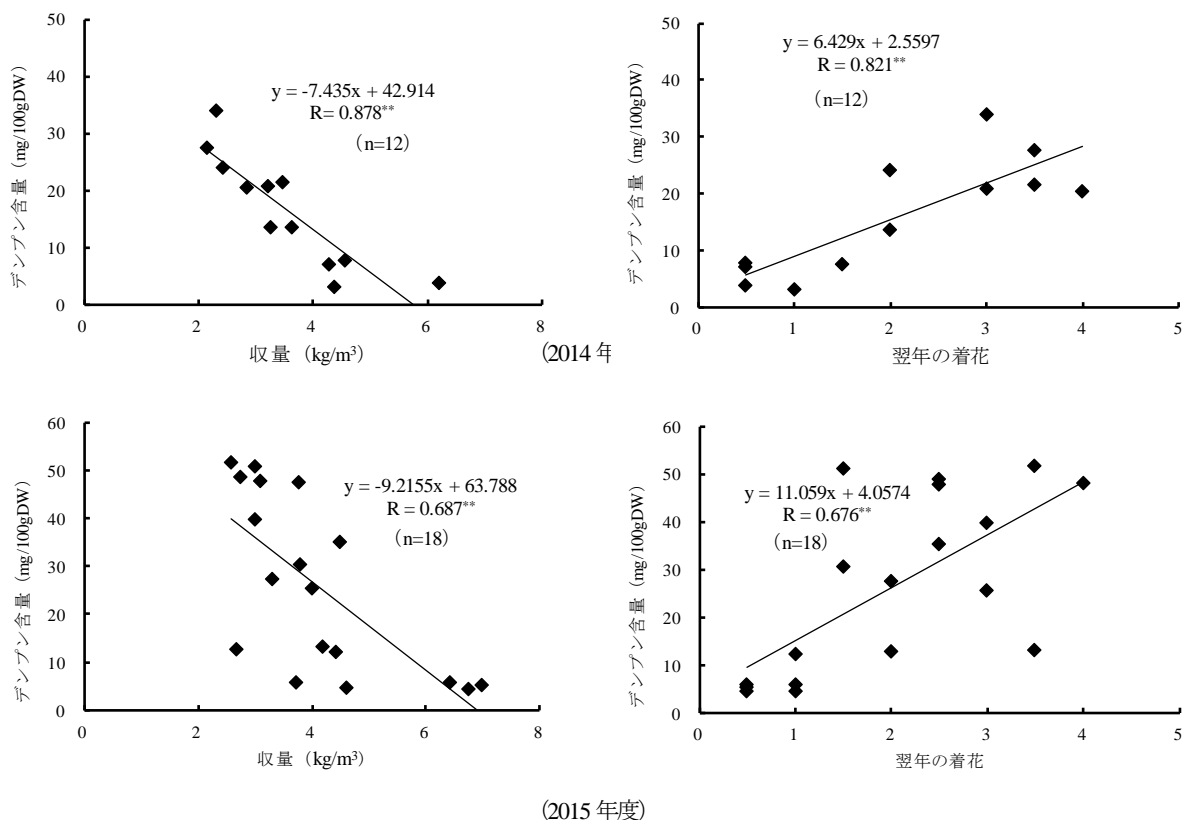
処理区	収量				1果平均重 (g/果)	翌年の着花	
	(kg/m ³)		(果/m ³)			2014	2015
	2014	2015	2014	2015			
葉果比 60	4.7 b	4.8 b	26.3 b	32.6 b	162.6a	0.7a	0.9a
100	3.2a	3.6ab	15.2a	19.6a	206.5 b	2.8 b	2.8 b
140	2.4a	2.9a	11.5a	13.0a	215.5 b	3.4 b	3.3 b
有意性 ^z	*	*	**	*	**	**	**

処理区	着色 程度	着色 (%)			糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)
		~<8分	8分≤~	うち完着		
葉果比 60	9.0 b	4.7	95.3	79.2 b	14.0	1.55
100	8.8ab	7.5	92.5	75.6ab	13.8	1.45
140	8.3a	15.8	84.2	61.8a	13.7	1.45
有意性 ^z	*	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.

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

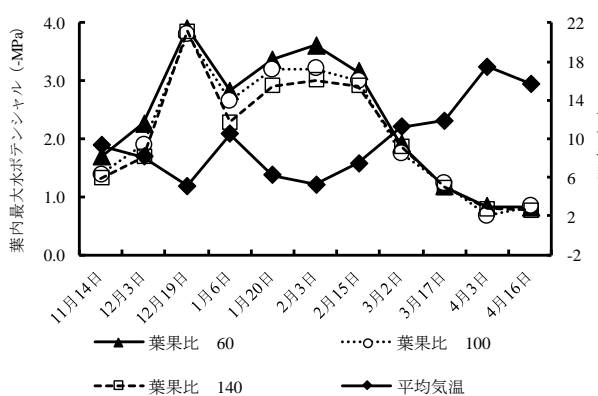
採収: 2014 2015年1月28日、2015 2016年1月27日

1果平均重、着色程度、着色割合、糖度およびクエン酸は2014年度と2015年度の2か年の数値の平均



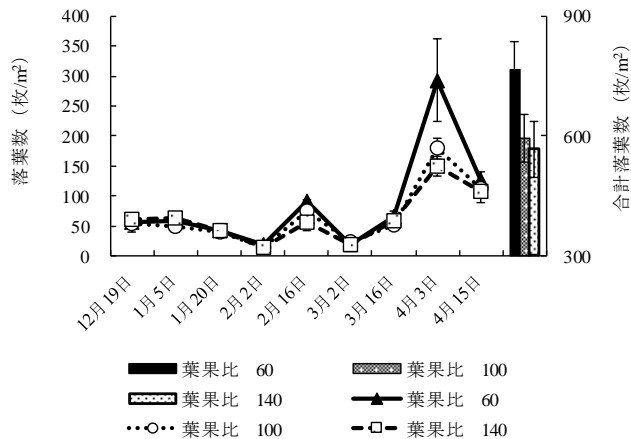
第2図 12月の根のデンブレン含量と当年の収量 および翌年の着花量との関係 (2014~2015年度)

調査: 根の採集 2014年12月17日、2015年12月15日
 収量 2015年1月28日、2016年1月27日
 翌年の着花量 2015年5月8日、2016年5月9日
 **: 1%水準で有意



第3図 着果程度の違いが「せとみ」の葉内最大水ポテンシャルに及ぼす影響 (2014年度)

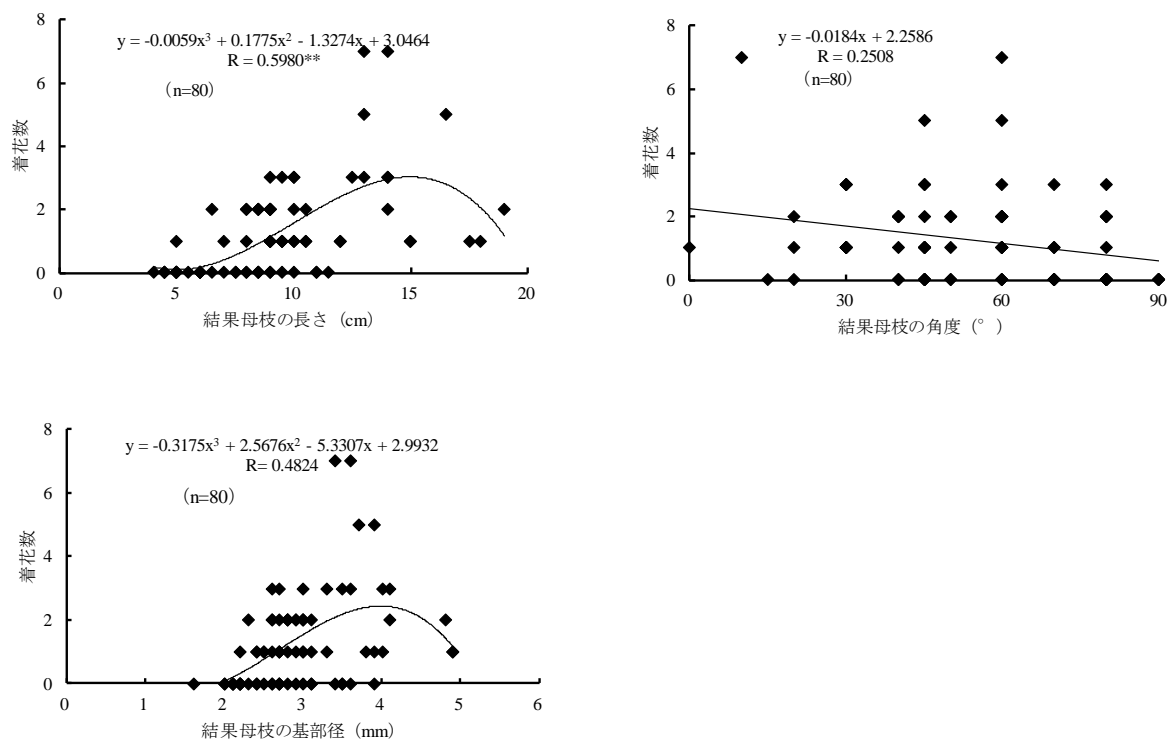
調査: 2014年11月~2015年4月
 平均気温: 下関地方気象台安下庄アメダスデータ



第4図 着果程度の違いが「せとみ」の落葉に及ぼす影響 (2014年度)

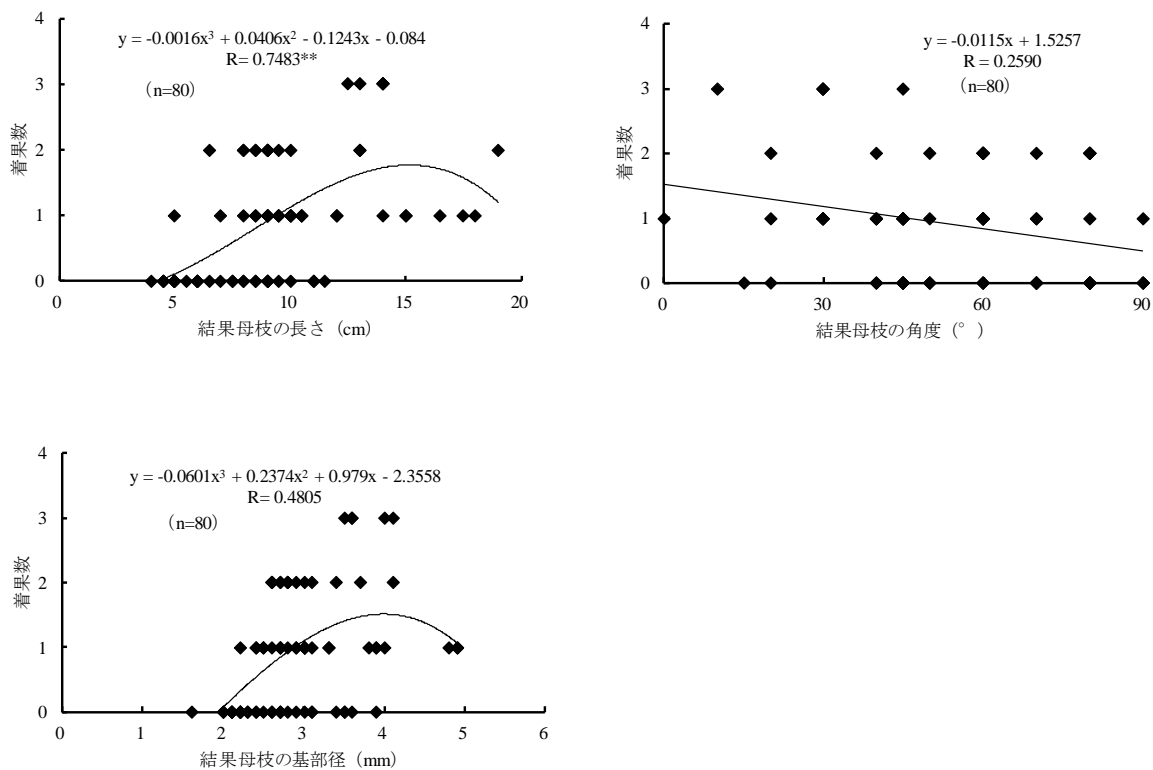
調査: 2014年12月~2015年4月
 縦線は標準誤差を示す (n=4)

中晩生カンキツ「せとみ」の隔年結果軽減技術の開発



第5図 「せとみ」における結果母枝の形質と翌年の着花との関係 (2017年度)

調査：結果母枝の長さ・角度・基部径 2017年4月3日、着花数 2017年5月11日
 **: 1%水準で有意



第6図 「せとみ」における結果母枝の形質と翌年の着果との関係 (2017年度)

調査：結果母枝の長さ・角度・基部径 2017年4月3日、着果数 2017年7月18日
 **: 1%水準で有意

3 隔年結果軽減技術

1) 夏秋梢処理が翌年の着花および新梢の発生に及ぼす影響

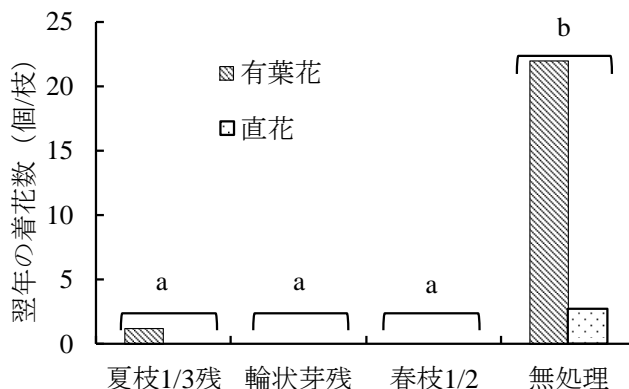
3 種類の夏秋梢処理区における翌年の着花数を調査した結果、夏枝 1/3 残区、輪状芽残区および春枝 1/2 区の着花数は無処理区と比べて顕著に少なく、これら 3 つの処理によってほとんど着花は認められなかった (第 7 図)。一方、夏秋梢処理した後の新梢の発生数は夏枝 1/3 残区で多く、輪状芽残区と春枝 1/2 区では無処理区と同程度であった (第 8 図)。また、新梢の長さは無処理区と比べて夏枝 1/3 残区で長く、輪状芽残区と春枝 1/2 区では有意な差は認められなかった。

3 種類の処理区毎に夏秋梢の形状、すなわち発生角度および基部径と新梢の発生数並びに新梢の長さとの関係を調査した。このうち夏枝 1/3 残区において、夏秋梢の発生角度と新梢の長さ、または発生本数との間にそれぞれ有意な正の相関 ($r=0.7464^*$ 、 $r=0.8270^*$) が認められた (第 9 図)。夏秋梢の基部径と発生本数および長さとの間にはいずれも有意性は認められなかった (第 9 図)。輪状芽区については、夏秋梢の発生角度および基部径と新梢の発生本数と長さとの間には有意性がなかった (データ省略)。春枝 1/2 区では、夏秋梢の基部径と新梢の長さとの間に有意な正の相関 ($r=0.6842^*$) が認められたが、他については有意性がなかった (データ省略)。

2) 有機物の連年施用と中耕が収量および根に及ぼす影響

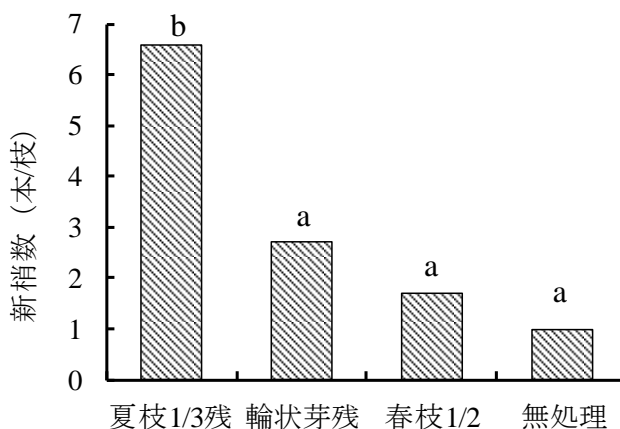
樹皮堆肥の連年施用と中耕が「せとみ」の根に及ぼす影響を第 5 表に示した。0~15 cm および 15~30 cm のいずれの土壌の深さにおいても、根の全体重は無処理区と比べて表層区と表層+中耕区で大きかった。深さ 0~15 cm における 2 mm 以下の細根は、無処理区と比べて、表層区と表層+中耕区で多かった。特に、表層+中耕区では、深さ 15~30 cm においても、他の処理区と比べて 2 mm 以下の細根が多かった。深さ 0~15 cm の土壌硬度は表層+中耕区で最も小さく、次いで表層区となり、無処理区で最も大きかった。また、深さ 15~30 cm においても表層+中耕区の土壌硬度が最も小さかった。

樹皮堆肥の連年施用と中耕が「せとみ」の収量と果実品質に及ぼす影響については、第 6 表に示した。2014 年度から 2016 年度までの 3 年間の平均収量はいずれの処理区も 2.7~2.8 kg/m³ と有意な差は認められな



第 7 図 「せとみ」の夏秋梢処理が翌年の着花に及ぼす影響 (2014~2015 年度)

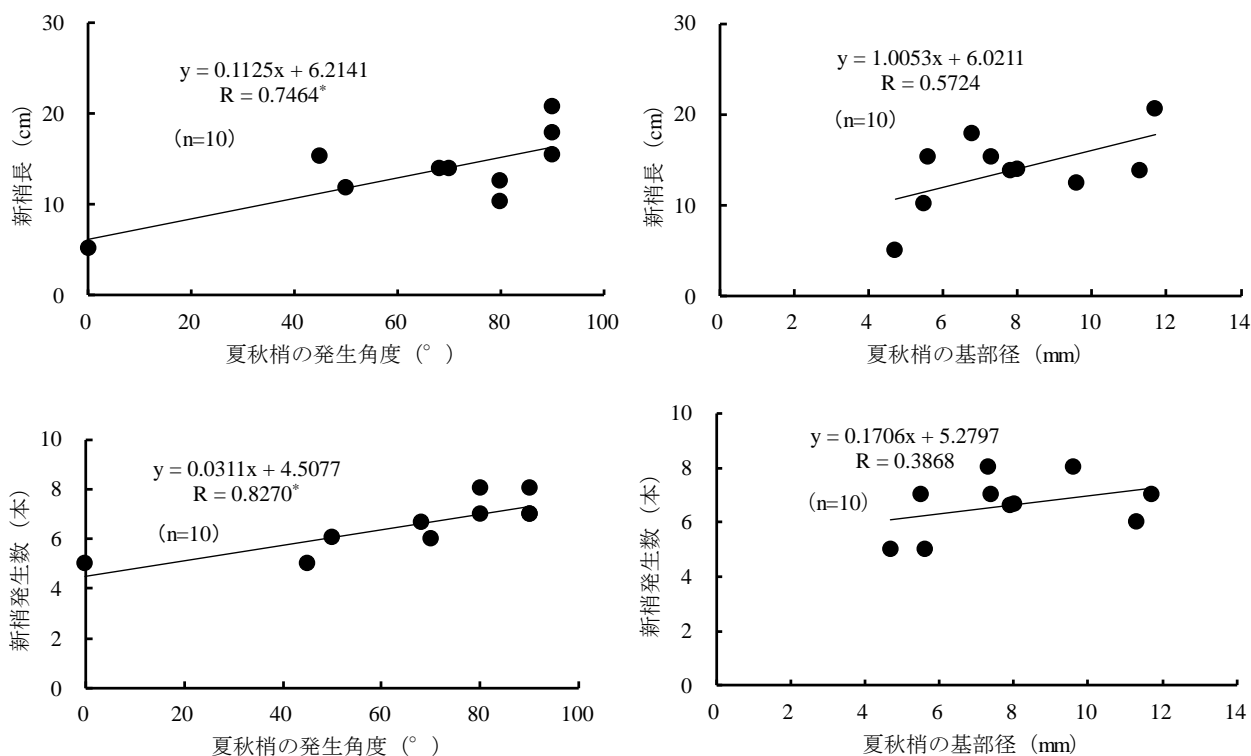
夏秋梢処理: 2014 年 11 月 12 日
調査日: 2015 年 5 月 1 日
注 Tukey の多重比較により異なるアルファベット間には 5% 水準で有意差あり



第 8 図 「せとみ」の夏秋梢処理が翌年の新梢の発生に及ぼす影響 (2014~2015 年度)

夏秋梢処理: 2014 年 11 月 12 日
調査日: 2015 年 5 月 28 日
注 Tukey の多重比較により異なるアルファベット間には 5% 水準で有意差あり

中晩生カンキツ「せとみ」の隔年結果軽減技術の開発



第9図 「せとみ」の夏秋梢処理（夏枝1/3残）における夏秋梢の形状と新梢の発生数および長さとの関係（2014～2015年度）

夏秋梢処理：2014年11月12日、調査日：2015年5月28日
*：5%水準で有意

第5表 有機物の連年施用と中耕が「せとみ」の根に及ぼす影響（2016年度）

処理区	処理	深さ	太さ別根重 (g)					計	土壌硬度 (kg/cm ²)
			～≦ 2mm	2～5mm	5～10mm	10～20mm	20mm≦～		
表層	0～15cm		17.8	11.3	8.3	13.6	0.0	50.9	16.2
	15～30cm		7.4	4.4	7.3	14.6	0.0	33.7	18.6
表層+中耕	0～15cm		14.4	8.0	4.4	0.0	14.8	41.6	14.9
	15～30cm		10.1	7.3	5.5	19.2	23.1	65.2	15.7
無処理	0～15cm		7.6	4.3	6.5	8.6	0.0	26.9	17.5
	15～30cm		6.3	5.4	0.4	5.9	0.0	18.1	17.3

処理：2015年2月、2016年2月

調査：2017年2月

表層：樹皮堆肥40kg/樹を表層施用、表層+中耕：樹皮堆肥40kg/樹を表層施用+踏込み式中耕機で8か所/樹を中耕

第6表 有機物の連年施用と中耕が「せとみ」の収量と果実品質に及ぼす影響（2014～2016年度）

処理区	収量 (kg/m ³)				隔年結果指数			1果平均重 (g/果)	糖度 (Brix%)	クエン酸 (%)
	2014	2015	2016	平均	2014～15	2015～16	平均			
表層	2.0	3.2	2.9	2.7	0.347	0.121	0.234	213	13.7	1.50
表層+中耕	3.1	2.9	2.6	2.8	0.044	0.087	0.065	186	13.6	1.49
無処理	2.2	3.0	3.0	2.8	0.195	0.139	0.167	194	13.3	1.55
有意性 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^zTukeyの多重検定により、異なる英文字間に有意差があることを示す (n.s.: 有意差なし)

1果平均重、糖度、クエン酸は2014年度～2016年度の3か年の平均

かった。隔年結果指数は表層＋中耕区で最も小さく、次いで無処理区で、表層区が最も大きかったが、個体差が大きく有意性は検出されなかった。糖度およびクエン酸の区間差は認められなかった。

考 察

「せとみ」における隔年結果の実態を把握するため、県内3産地、6園地の「せとみ」の2年間の収量などを調査した。隔年結果指数が小さい園地、すなわち連年結実園地の下関Dでは1樹当たりの収量 (kg/樹) および1果平均重の年次間差は小さいのに対して、隔年結果指数が大きい園地、すなわち隔年結果園地の大島Aおよび下関Cでは着果量および1果平均重の年次間差が大きかった。この結果から、連年結実園地では果実肥大を促す早期摘果と着果量に応じた適切な結実管理が行われていた一方で、隔年結果園地では結実管理が不足していたと考えられる。また、連年結実園地の下関DではCECと腐植含量が隔年結果園地と比較して大きい傾向にあったことから、隔年結果園地では有機物の施用などの土壌管理が適切に実施されていなかったことが推察される。木原ら(2000)は、全国のカンキツ栽培府県におけるウンシュウミカンの隔年結果性についてアンケート調査を実施し、隔年結果を助長させたと考えられる最も指摘の多かった栽培的要因を「適切な結実管理の過不足」、次いで「土壌管理の不徹底と施肥量の減少」と報告している。県内の現地園地の「せとみ」における隔年結果の栽培要因は、木原ら(2000)の報告と同様の傾向を示し、これらの技術改善が隔年結果軽減に効果的と考えられる。

ウンシュウミカンでは収量と冬季の根中炭水化物含量との間に負の相関関係があり、炭水化物のうち収量・着花量との相関が高いのはデンプン含量である(大城ら,2000)。そこで、「せとみ」の連年結実樹の特性を解明するため、異なる3段階の着果程度の樹体について、12月から翌年の9月までの葉、枝および根のデンプン含量の推移と当年の収量および翌年の着花量との関係を調査した。その結果、12月の根のデンプン含量が当年の収量または翌年の着花量との相関が最も高く、かつデンプン含有量の範囲も大きかった。この結果は、杉山ら(2006)の「青島温州」の報告と一致し、「せとみ」においても12月の根のデンプン含量は、連年結実の指標になり得ることが明らかとなった。

2014年度と2015年度の2年間にわたって12月の根

のデンプン含量と当年の収量または翌年の着花量との関係を調査して得られた相関式から、翌年の着花量中程度(2.5~3.5)を確保するための当年の適正収量は2.3~2.9kg/m³と算出された。「せとみ」と似た交配組み合わせである「不知火」(種子親「清見」、花粉親「ポンカン中野3号」)では、樹冠容積あたりの果数は10~11果、収量は2.7~3.0kgが安定生産の着果量であることから(猪原,1999)、「せとみ」の適正収量は「不知火」と同程度か若干少ないと推察される。

高品質果実栽培を目的とした夏秋期のLWPを調査した報告は多数あり、「せとみ」のLWPは7月下旬から9月中旬までを-0.5~-0.7MPa、9月中旬から11月までを-0.7~-0.9MPaに維持することで日焼け果の発生を抑えつつ糖度および着色向上効果が得られ(兼常ら,2020)、熟期が12月中晩生カンキツ「はれひめ」では、8月中旬から収穫期まで-0.7~-1.2MPaの乾燥ストレスを付与することで糖度向上効果が認められる(岩崎ら,2011)。本試験の「せとみ」における12月から3月のLWPは-1.0~-4.0MPaで、前述の夏秋期におけるLWPと比較して顕著に低かったことから、樹体の水分ストレスは夏秋期より冬春期において大きいことが明らかとなった。「せとみ」のLWPは12月下旬以降、平均気温が10°C以下に低下すると急激に低下し、1月下旬がピークであり、平均気温が10°Cを超す3月下旬には著しく上昇したことから、「せとみ」の冬春期における水分ストレスは気温低下に比例して進み、平均気温10°C前後で転換することが示唆された。間苧谷ら(1976)は冬季のウンシュウミカンのLWPと地温との関係を調査し、LWPが最も低下するのは1~2月でその要因は地温の低下によるもので、地温が12°C前後に低下すると根の機能が著しく衰えてLWPも低下することを報告しており、「せとみ」におけるLWPの時期別推移も同様の傾向を示した。さらに、着果量が多いほどLWPが小さくなる傾向にあり、着果過多が水分ストレスを助長すると考えられる。

柑橘の落葉は発芽期の3月下旬から4月上旬と5月中旬から6月にかけて多くなるが(村松,1967)、寒風害によっても発生する(向井,1999)。寒風害は冬季の強い季節風によって落葉する被害であり、風速7m/s以上で落葉が増加し、低温ほど激しくなる(向井,1999)。2月中旬に認められた落葉は-2.4から-3.4°Cの低温と最大風速5.2から6.6m/sの強風の交互作用によるもので、4月上旬の落葉は発芽期に認められたことから生理的な現象と推察される。着果過多状態であ

った葉果比 60 区において落葉数が多かった要因は、葉果比 60 区で樹体乾燥が大きかったことと、着果過多による炭水化物などの貯蔵養分の減少と考えられる。冬季の葉は炭水化物や無機成分を蓄えており、これらが翌春の新梢生長や開花結実に利用される(松本, 1973)。近年の気象変動によって頻発する冬期の低温によって助長される落葉は大きな栄養的損失となり、結実不良、隔年結果を誘発することから、落葉軽減のためにも結実管理や防風対策が重要となる。

結果母枝の長さや着花数および着果数との間には相関が認められ、得られた相関式から「せとみ」では長さ 15 cm 程度の結果母枝が着花・着果確保のためには適していることが明らかとなった。なお、実用面においては、長さ 10~15 cm の結果母枝を目安にするのが良いと考えられる。平山ら (1996) は、「不知火」の着果している結果母枝の 80% が長さ 6~15 cm で果実品質の観点から 10~15 cm が適するとし、林田 (2015) は「麗紅」において有葉果が着果した結果母枝の長さは平均 12~13 cm、と報告しており、「せとみ」の結果母枝の結果と同様の傾向を示した。実際の栽培条件では、10~15 cm の結果母枝は比較的長いものであり、このようなやや強めの結果母枝を発生させるには貯蔵養分を十分に蓄積させること、すなわち樹勢を維持することが重要であり、適切な結実管理、土壌物理性の改善などで細根を増やすとともに適期・適量の施肥管理が必要であろう。

隔年結果軽減技術として、2 つの試験を行った。まずは、翌年に豊作が予想される樹に対しての夏秋梢処理である。翌年の着花抑制と新梢の確保のために、「せとみ」における夏秋梢処理方法について調査した。夏枝 1/3 残区、輪状芽残区、春枝 1/2 区のいずれの処理区とも翌年の着花抑制効果が認められた。前述のとおり、「せとみ」の着花・着果確保に適する結果母枝の長さは 15 cm 程度であったことから、「せとみ」の夏秋梢処理はやや強めの春枝が発生する夏枝先端 2/3 を切除する夏枝 1/3 残区が適していると考えられる。さらに、発生角度と新梢長との間に相関が認められた結果から、処理する夏秋梢は着生角度 45~80° の上向きが目安となる。

次に、3 年間の有機物の連年施用と中耕処理による土壌管理である。森永 (2011) は、連年結実に対する地下部の重要な役割の一つは養水分の吸収であり、根量(細根)を連年生産が達成できる量までいかに増加させて、その根から養水分を効率よく吸収させるかが

連年結実に向けた課題と述べている。本試験では、樹皮堆肥を 3 年間表層に施用することで 0~15 cm の深さにおける細根の増加が認められ、表層施用に踏み込み式中耕機(商品名 ホーレ)による中耕を加えることで 15~30 cm の深さにおいても細根の増加が認められた。中井 (1977) と中村ら (1983) は、マツ、スギ、ヒノキなどの樹皮を原料とするチップ粕堆肥が「夏ダイダイ」で、また、杉山 (2008) はバーク堆肥を含めた土壌改良資材が「不知火」において、土壌物理性を改善して細根量を増加させ、収量も増加したことを報告している。本試験では、土壌硬度を調査したのみで詳細な土壌物理性の調査は実施していないが、樹皮堆肥の施用によって土壌の物理性が改善されて、細根が増加したものと考えられる。なお、本試験でも処理区における細根量の増加は認められたが、果実収量は無処理区と比べて有意な差は認められなかった。これは、本試験では高接ぎ更新 9 年目(中間台「興津早生」)の「せとみ」で 3 年間の試験期間に対して、「夏ダイダイ」では 10 年間という長期間、「不知火」では試験期間は 4 年間で若木の 5 年生樹であったためと推察され、今後も継続して調査する必要がある。

摘 要

「せとみ」の連年安定生産を目的とした器官のデンプン含量、適正な着果量、最適な結果母枝の形質、夏秋梢処理、土壌管理について調査を行い、以下の結果を得た。

12 月の根のデンプン含量は連年結実するための指標になり得る。2 年間にわたって調査して得られた相関式から、翌年の着花量中程度(2.5~3.5)を確保するための当年の適正収量は 2.3~2.9 kg/m³ である。

結果母枝の長さや着花数および着果数との間に相関が認められ、「せとみ」では長さ 15 cm の結果母枝が着花・着果確保のためには適している。

翌年に豊作が予想される樹に対する夏秋梢処理(切除)方法として、夏枝 1/3 残区、輪状芽残区、春枝 1/2 区のいずれの処理区とも翌年の着花抑制効果が認められ、特にやや強めの春枝が発生する夏枝 1/3 残区が適すると考えられる。

樹皮堆肥を 3 年間表層に施用することで 0~15 cm の深さにおける細根の増加が認められ、表層施用に踏み込み式中耕機(商品名 ホーレ)による中耕を加えることで 15~30 cm の深さにおいても細根の増加が認め

られた。しかしながら、3年間の平均収量および隔年結果指数に有意な差は認められなかった。

引用文献

- 林田誠剛. 2015. 中晩生カンキツ「麗紅」の着花・着果特性と植物生長調節剤を利用した着果促進. 長崎農林技セ研報. 6. 131-138.
- 平山秀文・藤田賢輔・磯部 暁・重岡 開. 1996. 不知火の品種特性と生産安定技術の確立. 熊本農研セ研報. 5. 125-140.
- 猪原健一. 1999. 優秀園にみる収量構成の特徴. p.71-75. 河瀬憲次編著. デコボン（不知火）をつくりこなす. 農文協. 東京.
- 岩崎光徳・深町 浩・今井 篤・野中圭介. 2011. 中晩生カンキツ‘はれひめ’における夏秋季の水ストレスが果実品質に及ぼす影響. 園学研. 10(2): 191-196.
- 兼常康彦・世良友香・西岡真理. 2020. カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策. 山口農林総技セ研報. 11. 61-73.
- 河瀬憲次. 1999. 根群の生育と樹勢強化対策. p.111-116. 河瀬憲次編著. デコボン（不知火）をつくりこなす. 農文協. 東京.
- 木原武士・小中原実. 2000. ウンシュウミカンにおける隔年結果の現状と対策. 果樹試報. 34: 111-136.
- 間苧谷徹・町田 裕. 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究（第5報）ウンシュウミカンの葉の水ポテンシャル及び葉内水蒸気拡散抵抗の時期別推移について. 園学雑. 45(3): 261-266.
- 松本和夫. 1973. 柑橘園芸新書. p.56-59. 養賢堂. 東京.
- 宮田明義・田中 仁・岡崎芳夫. 2003. 高糖度で特徴的な食感の晩生カンキツ新品種‘せとみ（仮称）’の育成. 園学雑. 72（別2）: 300.
- 森永邦久. 2011. カンキツの隔年結果の要因と対策. p.406の77の8-406の77の19. 農業技術体系果樹編 1-Iカンキツ. 農文協. 東京.
- 向井 武. 1999. 気象災害と防止対策. p.478-488. 岩堀修一編著. カンキツ総論. 養賢堂. 東京.
- 村松久雄. 1967. ミカンの生理と栽培. p.9-12. 農文協. 東京.
- 中井 久. 1977. 夏ダイダイ園の土壌管理に関する研究（第1報）夏ダイダイ園の生長, 収量, 果実品質, 葉中成分含有率に及ぼす影響. 山口農試研報. 28. 121-128.
- 中村光夫・中井 久. 1983. ナツミカン園の土壌管理に関する研究（第2報）土壌管理法が土壌の理化学性に及ぼす影響. 山口農試研報. 35. 65-72.
- 杉山泰之. 2008. カンキツの簡易栄養診断法の開発とそれによる安定生産および樹勢強化に関する研究. 窒素施肥量と土壌改良資材の違いがカンキツ‘不知火’の樹体生育・果実品質・樹体栄養状態および根量に及ぼす影響. 千葉大学大学院園芸学研究科学位審査論文. 13-27.
- 杉山泰之・大城 晃・濱崎 櫻・澤野郁夫・小原 均. 2006. ウンシュウミカン‘青島温州’の樹体内デンプン含量の時期的変化と冬季の根中デンプン含量による着花量予測. 園学研. 5(3): 277-282.
- 岡崎芳夫. 2009. せとみ. p.352の60-352の67. 農業技術体系果樹編第 1-Iカンキツ: 農文協. 東京.
- 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫. 1968. 温州ミカンの隔年結果に関する研究（第8報）摘果, 施肥, 剪定の組合せによる隔年結果防止効果. 園学雑. 37: 312-318.
- 大城 晃・杉山泰之・片山晴喜・河村 精・久田秀彦・岡田長久. 2000. ウンシュウミカンにおける冬季根中でんぷんによる樹体栄養診断の開発. 土肥誌. 71: 259-262.

カンキツ果実の陽光面に発生する黒点病の発生要因と対策

世良 友香・村本 和之

Studies on Citrus Melanose Occurring Specifically on the Fruit Skin Exposed to Direct Sunlight: Infection Timing, Factors, and Mitigation Measures

SERA Tomoka and MURAMOTO Kazuyuki

Abstract: In this study, we investigated the infection timing, factors, and mitigation measures for citrus melanose, which specifically affects the fruit skin exposed to direct sunlight. First, to identify the infection timing, fruits on trees were divided into several experimental plots and placed in paper bags to prevent infection. The paper bags were removed at different time periods to identify the fruits affected by melanose. Our results first suggested that the main infection period is potentially in September. Second, when inoculated with the conidia suspension, the fruit surface developed more severe symptoms in the area exposed to sunlight compared to the shaded area, suggesting that fruit skin exposed to sunlight is more sensitive to the pathogen. Finally, the amount of Manzeb run-off was investigated and we observed that the run-off rate of Manzeb was higher in the sunlight exposed area than in the shaded area. Our results indicated that weakening of the fruit skin and pesticide run-off may be responsible for melanose development on fruits. Further, applying Manzeb on the affected area during August–September prevented melanose on the sunlight exposed area to some extent; applying calcium carbonate in August also reduced melanose occurrence. These results suggest that application of Manzeb until autumn and calcium carbonate in summer may effectively control citrus melanose on the sunlight exposed area.

Key Words: citrus melanose, sunlight, pesticide run-off, Manzeb, calcium carbonate

キーワード: カンキツ黒点病、日光、薬剤の流亡、マンゼブ水和剤、炭酸カルシウム水和剤

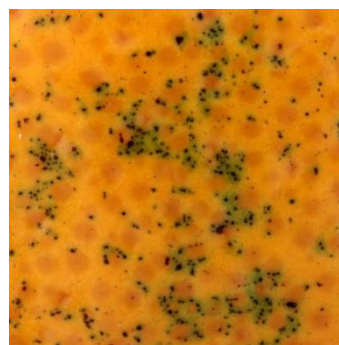
緒言

山口県周防大島町のカンキツ産地において、強い日射の当たる樹冠外周部の果実に、黒点病の多発が確認された(第1図)。本症状は、9月以降の果実において認められ、直射日光の当たる陽光面に集中して発生していた。

一般的に、黒点病の病斑は感染時期によりその形態が異なる(佐々木, 1965)。8月までに感染するものは「初期感染型」とされ、比較的大型で病斑が盛り上がり、周囲に白い縁取りが認められる。一方、9月以降に感染するものは「後期感染型」とされ、病斑は比較的小型で表面は平滑、かつ白い縁取りはないが、着色後も病斑周囲に緑色が残るといった特徴がある。

今回周防大島町で確認された陽光面の病斑は、後期感染型のような周縁部に緑斑を伴う小黒点もあれば、比較的大型の黒点も観察された。ただし、この大型の黒点に

は初期感染型に見られる白い縁取りや表面の盛り上がりはなく、平滑であるという特徴があったことから、初期型病斑とは区別されると考えられた。



第1図 陽光面の黒点病の症状
品種：興津早生, 2013年

陽光面に特異的に発生する黒点症状については、山本ら（1967）による黒点病類似斑の報告や、松本ら（1980）による外成り果に発生する黒点病の報告がある。それらの報告では、発生する黒点は「比較的大きく、表面は隆起しており、爪ではぎ取れる」とあり、本県で発生している症状とは異なる。

陽光面に発生する黒点病（以下、「陽光面の黒点病」という。）は、カンキツ黒点病の慣行防除を行っている果実でも多発し、正果率の低下につながることから産地では大きな問題となっている。

そこで著者らは、被害果の軽減を目的として、発生実態と要因の解明および防除対策の検討を行い、いくつかの知見が得られたので報告する。

材料および方法

1 曝露試験による感染時期の検討

陽光面の黒点病の感染時期を明らかにするため、次の試験を実施した。山口県周防大島町の柑きつ振興センター（以下、「センター」という。）内ほ場の「宮川早生」24年生を供試した。2016年7月10日まで慣行防除を行った後、8月9日に果実に果実袋をかけ、時期別に袋をはずし、その期間のみ外環境に曝露して黒点病の感染を促した。試験区として、袋の除去期間の異なる次の7区を設けた。①全期間被袋区は、8月9日～10月17日の間被袋し、②8月中旬区は8月9日～8月19日、③8月下旬区は8月19日～8月31日、④9月上旬区は8月31日～9月9日、⑤9月中旬区は9月9日～9月20日、⑥9月下旬～10月中旬区は9月20日～10月17日の間袋を除去した。⑦全期間被袋なし区は、全期間袋をかけなかった。

10月15日に、収穫時の果実の上面と下面それぞれについて、第1表の発病指数に基づいて発病を調査した。得られた指数別発病果数から、以下の計算式により発病度を算出した。

$$\text{発病度} = \left\{ \frac{\sum (\text{発病指数} \times \text{該当発病果数})}{(7 \times \text{調査果数})} \right\} \times 100$$

なお、果実袋内で落果したものがあつたため、調査果実は1区1樹5～12果3反復となった。

同様の試験を、2017年にも実施した。センター内「日南1号」25年生を供試し、6月13日まで慣行防除を行った。8月1日に果実に果実袋をかけ、次の試験区のとおり時期別に袋を除去した。①全期間被袋区は、8月1日～10月2日の間被袋し、②8月前半区は8月1日

～8月15日、③8月後半区は8月15日～9月1日、④9月前半区は9月1日～9月15日、⑤9月後半区は9月15日～10月2日の間袋を除去した。⑥全期間被袋なし区は、全期間袋をかけなかった。10月13日に果実上面の発病を調査し、発病度を算出した。調査果実は1区1樹3～5果7反復とした。

第1表 発病指数

指数	症状
0	無 病斑がない
1	少 病斑が散見される
3	中 病斑が果面の1/4以下に分布する
5	多 病斑が果面の1/4～1/2に分布する
7	甚 病斑が果面の1/2以上に分布する

2 果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違い

果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違いを明らかにするため、同一果実の部位別に黒点病菌を接種した。カンキツの枝で形成させた黒点病の柄胞子を 2×10^6 spores/mLに調整した孢子懸濁液を接種試験に用いた。センター内「宮川早生」6年生を供試し、2016年9月2日に、樹冠上部に位置し横向きに着果した（果梗枝が地面と平行である）9果の赤道部について、直射日光の良く当たる果実上面から日陰の下面にかけて、連続して5か所に接種した。接種には、パッチテスト用テープ「パッチテスター トリイ（鳥居薬品株式会社）」を用い、5個のパッド（直径9mm）それぞれに孢子懸濁液を滴下し、付属のフィルムにより果実に3日間貼り付けた。10月17日に、接種部の観察および発病指数の調査を行った。

3 果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移

果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移を明らかにするため、1つの果実における陽光面と日陰面のマンゼブ付着量の違いを経時的に調査した。センター内「宮川早生」6年生を供試し、2016年7月19日まで慣行防除としてマンゼブ水和剤（600倍）を散布した。8月15日に再度マンゼブ水和剤（600倍）を散布した。散布直後（8月15日）、18日後（9月2日）、36日後（9月20日）の各日に、樹冠上部に位置し横向きに着果した（果梗枝が地面と平行である）10果を採取した。果実の上向き部分と下向

き部分に分かれるように軸の中心で2等分し、それぞれを分析試料とした。(株)エコプロ・リサーチに依頼し、GC/MS法によりジチオカルバメートの量を分析した(検出限界0.03 mg/kg)。

4 防除試験

1) マンゼブ水和剤の散布による陽光面の黒点病の防除効果

マンゼブ水和剤の陽光面の黒点病に対する防除効果を検討した。センター内「宮川早生」6年生を供試した。マンゼブ水和剤散布区は、2016年5月25日、6月23日、7月19日、8月15日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布した。対照として設けた無処理区は生育期間中1回も防除を行わなかった。11月4日に、第1表の基準に基づき果実の陽光面と日陰面における発病を調査した。なお、試験は1区1樹30果6~9反復とした。

同様の試験を、2018年にも実施した。センター内「宮川早生」8年生を供試した。慣行防除として、2018年6月22日と8月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を、5月30日と7月11日にマンゼブ水和剤(600倍)を全試験区に散布した。以降は、マンゼブ水和剤散布区には8月18日と9月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布し、無処理区には散布しなかった。調査は11月5日に行った。なお、試験は1区1樹15~20果4反復とした。

2) 炭酸カルシウム水和剤の散布が陽光面の黒点病の発生に及ぼす影響の検討

夏季における炭酸カルシウム水和剤(炭酸カルシウム95.0%)の散布は、果皮の日焼けを軽減する効果があることから、それに伴う陽光面の黒点病の抑制効果を検討した。センター内ポット栽培の「日南1号」15年生を供試した。2020年8月14日に、炭酸カルシウム水和剤(25倍)を散布した。対照として、炭酸カルシウム水和剤を散布しない無処理区を設けた。10月7日に、第1表の基準に基づき果実における陽光面の発病を調査した。なお、試験は1区1樹20~26果5反復とした。

ポット栽培の「宮川早生」15年生およびライシメーター栽培の「宮川早生」8年生を用い、上記と同様の試験を実施した。調査は10月27日に実施し、ポット栽培では1区1樹18~25果4反復、ライシメーター栽培では1区1樹20果6反復とした。

結果

1 曝露試験による感染時期の検討

2016年と2017年の結果をそれぞれ第2図および第3図に示す。

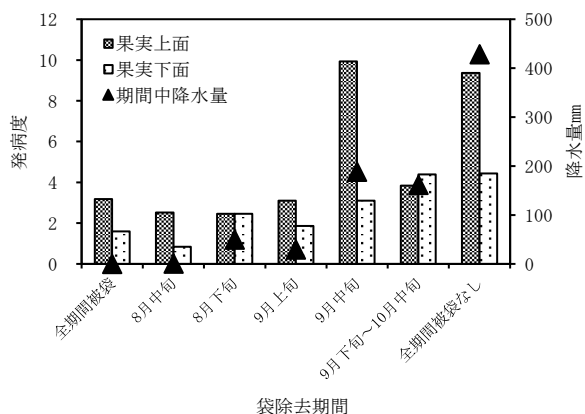
2016年においては、試験期間中(8月9日~10月17日)の累積降水量は428.5mmで、期間全体では平年比131%とやや多雨傾向であった。各試験区における果実上面の発病度と、果実袋を除去した期間の累積降水量はそれぞれ、全期間被袋区で3.2、0.0mm、8月中旬区で2.5、0.5mm、8月下旬区で2.5、49.5mm、9月上旬区で3.1、29.0mm、9月中旬区で9.9、188.0mm、9月下旬~10月中旬区で3.8、161.5mm、全期間被袋なし区で9.4、428.5mmであった。果実上面と下面で比較すると、いずれの試験区も上面の発病度が下面の発病度より大きいと同程度であった。中でも9月中旬区は、被袋をした試験区の中で最も発病度が高く、果実上面で9.9、下面で3.1であった。

2017年においては、果実上面のみを調査した。試験期間中(8月1日~10月2日)の累積降水量は399.0mmで、期間全体では平年比138%と前年同様やや多雨傾向であった。各試験区における果実上面の発病度と、果実袋を除去した期間の累積降水量は、全期間被袋区で4.6、0.0mm、8月前半区で8.0、59.0mm、8月後半区で7.1、44.0mm、9月前半区で17.1、79.0mm、9月後半区で14.8、217.0mm、全期間被袋なし区で21.6、399.0mmであった。9月前半区は、被袋をした試験区の中で最も発病度が高かった。

2 果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違い

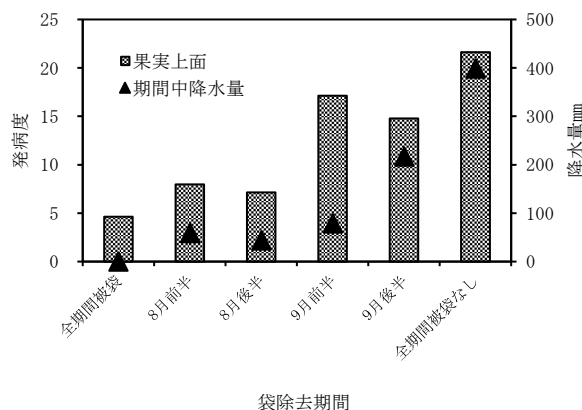
接種部位別の平均発病指数を第4図に示す。黒点病菌の接種部位における平均発病指数は、最も直射日光の当たると思われる果実の最上面において4.1と最も高かった。直射日光の当たりにくい下面に近づくほど発病指数は低く、最下面における平均発病指数は1.8であった。

接種部における病徴については、主に油胞間に黒点が発生していたが、油胞上に発生しているものもあった(第5図)。また、病斑のまわりに緑色が強く残る症状が認められた。



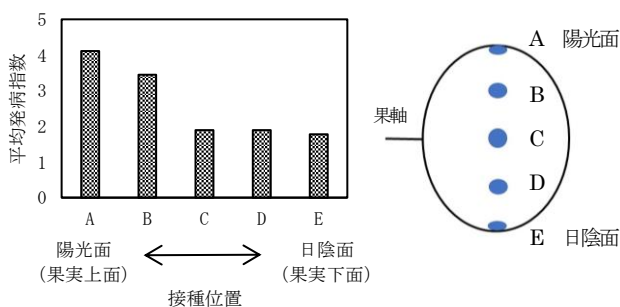
第2図 袋の除去時期と果実上面および下面における黒点病発病果率 (2016年)

品種: 宮川早生
 袋の除去期間: ①全期間被袋区 8月9日~10月17日、②8月中旬区 8月9日~8月19日、③8月下旬区 8月19日~8月31日、④9月上旬区 8月31日~9月9日、⑤9月中旬区 9月9日~9月20日、⑥9月下旬~10月中旬区 9月20日~10月17日、⑦全期間被袋なし区 全期間被袋なし
 調査: 10月15日



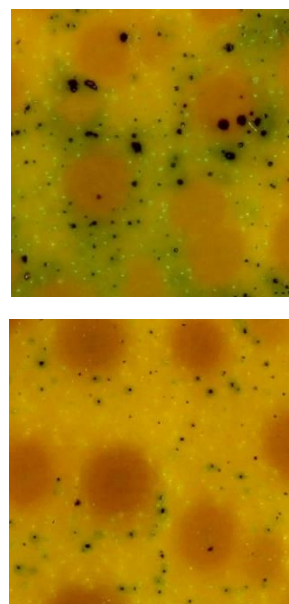
第3図 袋の除去時期と果実上面における黒点病発病果率 (2017年)

品種: 日南1号
 袋の除去期間: ①全期間被袋区 8月1日~10月2日、②8月前半区 8月1日~8月15日、③8月後半区 8月15日~9月1日、④9月前半区 9月1日~9月15日、⑤9月後半区 9月15日~10月2日、⑥全期間被袋なし区 全期間被袋なし
 調査: 10月13日



第4図 接種位置別の黒点病発生指数

品種: 宮川早生
 接種菌: 2×10^6 spores/mL 接種日: 2016年9月2日
 調査: 10月17日



第5図 黒点病菌接種部位の病徴

上: 陽光面, 発病指数7
 下: 日陰面, 発病指数3

3 果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移

結果を第2表に示す。散布直後における陽光面のジチオカルバメート付着量は、陽光面では 1.10 g/cm^2 、日陰面では 1.54 g/cm^2 であった。散布直後における陽光面と日陰面における付着量をそれぞれ 100%とした場合、散布後18日時点での残留割合は、日陰面で36.1%であるのに対し、陽光面では13.2%であった。さらに、散布36日後には、日陰面の残留割合27.1%に対して陽光面は4.5%であり、陽光面は日陰面に比べ農薬の流亡が早いことが明らかとなった。

第2表 マンゼブ水和剤の陽光面と日陰面における農薬付着量の経時的変化

位置		付着量		
		0日後	18日後	36日後
陽光面	付着量 ($\mu\text{g/cm}^2$)	1.10	0.15	0.05
	残留割合 (%)	100.0	13.2	4.5
日陰面	付着量 ($\mu\text{g/cm}^2$)	1.54	0.56	0.42
	残留割合 (%)	100.0	36.1	27.1
散布後の降水量 (mm)		0.0	50.0	267.0

品種: 宮川早生
 2016年8月15日にマンゼブ水和剤 (600倍) を散布
 果実の陽光面と日陰面を2分して、ジチオカルバメートの量を分析

4 防除試験

1) マンゼブ水和剤の散布による陽光面の黒点病の防除効果

2016年と2018年の結果をそれぞれ第6図および第7図に示す。発病指数3以上の果実は、病斑によって外観が劣り、商品性が低下する(吉田ら, 2011)ため、発病指数3以上を基準として発病果率を算出した。

2016年試験においては、陽光面における発病果率は、無処理区の97.9%に対し、マンゼブ水和剤散布区では23.6%であった。日陰面では、無処理区の73.2%に対し、マンゼブ水和剤散布区では5.8%であった。マンゼブ水和剤散布区は、陽光面と日陰面の両方で黒点病の発病果率が有意に低かった。

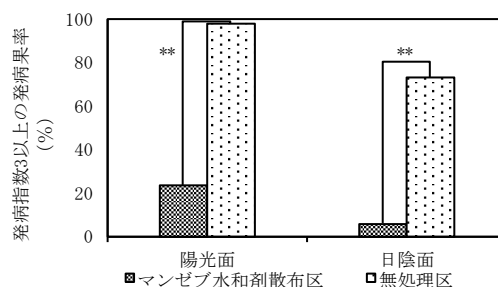
2018年試験においては、両試験区とも8月まで慣行防除を行ったため、2016年試験と比較して発病果率は低かった。陽光面における発病果率は、無処理区の41.3%に対し、マンゼブ水和剤散布区では10.0%となり、有意に発病を抑制した。日陰面の発病果率に有意な差は認められなかった。

2) 炭酸カルシウム水和剤の散布が陽光面の黒点病の発生に及ぼす影響の検討

結果を第8図に示す。極早生品種である「日南1号」において、指数3以上の発病果率は、無処理区の43.3%に対し、炭酸カルシウム水和剤散布区では24.8%と有意に低かった。早生品種である「宮川早生」でも同様の傾向が得られ、無処理区と同剤散布区における指数3以上の発病果率は、ポット栽培ではそれぞれ53.2%と29.8%、ライシメーター栽培ではそれぞれ66.3%と43.8%であった。

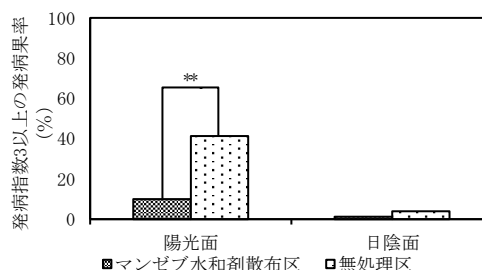
考 察

2か年行った曝露試験の結果、2016年では9月中旬区において、2017年では9月前半区(9月1日~9月15日)において陽光面の黒点病の発病度が大きく、全期間被袋なし区と同程度であった。特に、2016年の試験では、9月中旬区における陽光面の発病度は日陰面の約3倍あり、発病の差が顕著であった。以上の結果から、陽光面の黒点病の主な感染時期は、9月ごろであると考えられた。陽光面に特異的に発生する黒点症状について、山本ら(1967)の報告した黒点病類似斑の主な感染時期は6月下旬~7月上旬ごろであり、本報で調査した陽光面の黒点病とは異なると考えられた。ただし、調査を行った2か年ともに9月に多雨傾



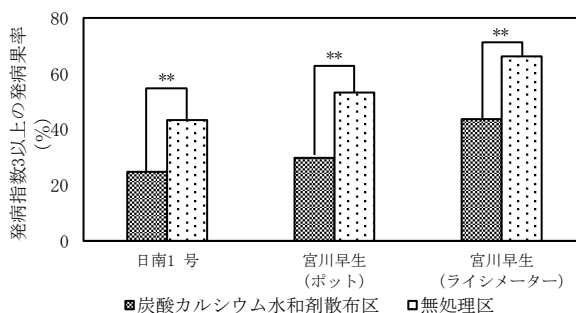
第6図 陽光面および日陰面に発生する黒点病に対するマンゼブ水和剤の防除効果(2016年)

品種: 宮川早生
マンゼブ水和剤散布区: 2016年5月25日、6月23日、7月19日、8月15日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布
無処理区: 生育期間中黒点病の防除を行わなかった
調査: 11月4日
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)



第7図 陽光面および日陰面に発生する黒点病に対するマンゼブ水和剤の防除効果(2018年)

品種: 宮川早生
マンゼブ水和剤散布区: 2018年8月14日まで慣行防除を実施。その後、8月18日と9月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布した
無処理区: 2018年8月14日まで慣行防除を実施。その後、黒点病の防除を行わなかった
調査: 11月5日
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)



第8図 炭酸カルシウム水和剤(25倍)の樹冠散布による陽光面の黒点病の軽減効果

品種: 日南1号、宮川早生
炭酸カルシウム水和剤散布区: 2020年8月14日に炭酸カルシウム水和剤(25倍)を散布
調査: 10月7日(日南1号)、10月27日(宮川早生)
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)

向であり、カンキツ黒点病の発生に影響を与える果面の濡れ時間が長くなり(本間・山田,1969)、発病が多くなった可能性がある。よって、感染時期の特定については、異なる気象条件下でさらなる検討が必要である。

9月における黒点病菌接種試験では、陽光面において発病が激しくなる傾向が認められた(第4図)。松本ら(1980)は、樹上での着果部位別に黒点病の発病を調査しており、8月上旬から中旬にかけて内成り果と外成り果の感受性の差が大きくなることを示した。また、果頂部(陽光面)の発病が果梗部(日陰面)より多いことも報告しており、このことは本報の内容と一致する。

農薬の付着量と流亡量の調査では、陽光面は日陰面よりマンゼブ水和剤の流亡が早いことが判明した。小野(1981)が行った各種殺菌剤の残効試験では、樹冠頂部や外周部において薬剤の流亡が早く、中心部では遅いことを明らかにした。また、マンゼブ水和剤に関しても、樹冠外周部の果実では、樹冠内部の果実よりも薬剤が早く流亡することが報告されている(井上・芹澤,1987)。さらに、井上・芹澤(1987)は、マンゼブ水和剤の散布後に樹冠部位別に果実に黒点病菌を接種し、樹冠外周部の果実において発病しやすい傾向を発見した。これは薬剤が高温、降雨、光等の環境要因で分解されるためである。このように、これまで行われてきた研究では、樹冠の着果部位によって発病の差があることは明らかにされていたが、本研究では、さらに、1個の果実においても、その陽光面と日陰面に付着したマンゼブの減少割合に差があることが判明し、陽光面において黒点が多発する一要因であると考えられた。

以上のことから、陽光面において黒点が多発する要因として、陽光面の果皮は黒点病菌に対する感受性が高くなっているという植物側の要因と、陽光面において農薬が流亡しやすいという残効の要因があると考えられる。

防除対策については、マンゼブ水和剤の陽光面の黒点病に対する防除効果を調査したところ、一定の効果が認められた。したがって、9月ごろ感染すると考えられる陽光面の黒点病の対策のためには、夏季から秋季にかけての薬剤散布が重要であると考えられる。しかし、秋季まで防除を行ったほ場でも本症状が多発することがあり、マンゼブ水和剤の散布のみでは不十分と考えられる。そこで、追加の対策として、炭酸カル

シウム水和剤を8月に樹冠散布したところ、陽光面の黒点病の発生が軽減された。炭酸カルシウム水和剤は、単用でマンゼブ水和剤と同等の黒点病防除効果のあることが報告されている(副島ら,2012)。加えて、同剤の散布は果皮表面の温度を下げ、日焼け果の発生を軽減する効果があり(兼常ら,2020)、果皮表面を夏季の日射等から保護した結果、陽光面の黒点病の発生を抑制したものと考えられる。ただし、炭酸カルシウム水和剤による黒点病発生抑制の作用機作は明らかになっていないため、今後さらなる検討が必要である。

摘要

強い日射の当たる樹冠外周部の果実に特異的に発生する黒点病(陽光面の黒点病)の発生時期、発生要因および軽減対策を検討した。第一に、感染時期の特定のため、果実に袋をかけ、その袋を時期別に除去して黒点病に感染させた。その結果、陽光面の黒点病の主な感染時期は9月ごろであると考えられた。第二に、果実の陽光面から日陰面にかけて部位別に黒点病菌を接種したところ、陽光面ほど発病が激しい傾向があった。第三に、果実の陽光面および日陰面におけるマンゼブ水和剤の流亡量を調査した。その結果、陽光面は日陰面よりも農薬の流亡割合が大きいことが明らかとなった。以上のことから、陽光面において黒点が多発する要因として、陽光面の果皮は黒点病菌に対する感受性が高くなっているという植物側の要因と、陽光面において農薬が流亡しやすいという残効の要因があると考えられた。次に、防除対策の検討として、マンゼブ水和剤の防除効果を確認したところ、8~9月までの散布により、陽光面の黒点病をある程度軽減できた。さらなる対策として、8月に炭酸カルシウム水和剤を散布したところ、陽光面の黒点病の発生が軽減された。このことから、防除対策としては、秋季までの定期的なマンゼブ水和剤の散布と、夏季における炭酸カルシウム水和剤の散布が効果的であると考えられた。

引用文献

- 副島康義・宮崎俊英・荒牧貞幸.2012.カンキツ黒点病に対する炭酸カルシウム水和剤の防除効果.九州病害虫研究会報.58:121.
- 本間保男・山田峻一.1969.カンキツ黒点病の感染ならびに発病に關与する要因.園試報.B9:85-97.

- 井上一男・芹澤拙夫. 1987. カンキツ黒点病に関する研究 第9報 薬剤の残効. 静岡柑試研報. 23: 7-14.
- 兼常康彦・世良友香・西岡真理. 2020. カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策. 山口農林総技セ研報. 11: 61-73.
- 松本英紀・大森尚典・石井卓男. 1980. ウンシュウミカン果実の結果部位における黒点病感受性の差異. 四国植防. 15 : 63-68.
- 小野公夫. 1981. 殺菌剤の残効試験 (2) 降雨と薬剤の流亡. 九州病害虫研究会報. 27: 57-60.
- 佐々木篤. 1965. 温州ミカン果実における黒点病の後期感染. 日植病報. 30(5): 246-252.
- 山本滋・磯田隆晴・岡部猛広. 1967. ミカン黒点病類似斑について. 九州病害虫研究会報. 13: 54-56.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榊英雄. 2011. ウンシュウミカンにおける枯れ枝せん除および透湿性反射シートの樹冠下マルチによる果実への黒点病被害の発生軽減. 熊本農研セ研報. 18: 73-79.

飼料自給率向上のための国産飼料等の給与が 黒毛和種肥育牛の発育性や産肉性、肉質に及ぼす影響

山本 幸司*・吉村 謙一・岡崎 亮・村田 翔平

Effects of Feeding Local Resources to Improve Self-Sufficiency Rate on the Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Japanese Black Fattening Cattle

YAMAMOTO Kouji, YOSHIMURA Kenichi, OKAZAKI Akira and MURATA Syouhei

Abstract: For management stability, it is important to use feed with low price fluctuations capable of securing a sufficient amount for feeding. Therefore, we examined the effective use of local resources (rice feed, low β -carotene rice whole crop silage, and sake lees) and found that they can be used as feeds. However, the following points should be emphasized: (1) sake lees should be dried before using as a feed and (2) the low β -carotene rice whole crop silage ration has to be adjusted during the vitamin A management period.

Key Words: rice feed, low β -carotene rice whole crop silage, sake lees

キーワード：飼料用米、立ち枯れWCS、酒粕

緒言

輸入飼料価格が高止まりする中で、供給量や価格が比較的安定している国産飼料や地域資源を利用し飼料自給率を高めることは、肥育農家の経営基盤を強化する上で重要な課題となっている。

一方、水田で栽培が可能な飼料用イネや飼料用米は国の戦略作物として作付面積が拡大している。また、県産日本酒の需要増加に伴い日本酒が増産され、酒粕が多量に産出されている(第1表)。肥育牛の飼料として飼料用イネ、飼料用米や地域資源である酒粕の利用を進めることは、飼料自給率を向上させ、地域資源の活用や低コストの取組みの観点から重要である。

第1表 本県における飼料用イネ等の作付面積と清酒生成量

	2012年度	2019、2018 ^z 年度
飼料用イネ ^y ・ ^x (ha)	158	317
飼料用米 ^y ・ ^x (ha)	290	890
清酒製成数量 ^w (kL)	3,396	8,617

^z: 清酒製成数量

^y: 農林水産省 2013

^x: 農林水産省 2020

^w: 国税庁 2013,2019

そこで、飼料用イネ(遅刈収穫した高糖分飼料用イネ、以下「立ち枯れWCS」という。)、飼料用米や酒粕の黒毛和種肥育牛における利用性について検討した。

材料および方法

1 試験区分および材料

2015年度から2019年度まで4回の試験を行い、試験ごとに地域資源を給与する区を試験区、給与しない区を対照区として設定し、産肉性や食味に及ぼす影響を調査した。黒毛和種肥育牛を供試牛とし、頭数および雌雄の別については試験により異なった。

対照区の飼料には、肥育用配合飼料前期(ビタミンA無添加)、後期(ビタミンA添加)、仕上げ用飼料(二種混合飼料(トウモロコシ、ふすま)と圧ぺん大麦を混合したもの)、大豆粕、圧ぺんトウモロコシ、オーツ乾草、稲わら、へイキューブを用いた。試験区では、対照区の飼料の一部を、試験ごとに設定した地域資源で代替した。

使用する地域資源は、立ち枯れWCS、飼料用米および酒粕の3種類とし、その組み合わせにより試験1か

* 長門農林水産事務所

飼料自給率向上のための国産飼料等の給与が黒毛和種肥育牛の発育性や産肉性、肉質に及ぼす影響

ら4を実施した。

なお、飼料の給与は朝夕の1日2回とし、粗飼料については3cm程度に細断したものを給与した。飲水は水槽による自由飲水とし、尿石症予防薬を含有する鉱塩を常置した。飼料の給与量は当センター畜産技術部で行っている慣行の肥育方法に準じて設定した。

(1) 試験1

肥育前期に給与する稲わらを立ち枯れWCSで代替して給与した。

試験区5頭、対照区5頭の計10頭の雌牛を供試した。なお、給与した立ち枯れWCSは、福馬ら(2016)の方法に準じ、高糖分飼料用イネ「たちすずか」をほ場で立ち枯れさせた後、11月下旬から12月にかけてサイレージ調製したものをを用いた。

(2) 試験2

試験1の結果を踏まえ、肥育期間中に給与する稲わらを全て立ち枯れWCSに代替して給与した。

試験区5頭、対照区5頭の計10頭の去勢牛を供試した。

(3) 試験3

肥育期間中に給与する大豆粕を全て酒粕に代替して給与した。

試験区3頭、対照区3頭の計6頭の雌牛を供試した。

なお、酒粕は粗タンパク質含量の高い液化仕込み酒粕を用い、嗜好性を高めるため事前に乾燥処理(自然乾燥)し、鶏卵大に破碎したものを給与した。

(4) 試験4

試験1と2の結果と過去の飼料用米給与試験結果を踏まえ、飼料自給率の高い給与体系を検討するため、飼料用米と立ち枯れWCSを併給する試験を行った。飼料用米は濃厚飼料の一部代替として給与し、立ち枯れWCSは稲わらの全量代替として給与した。

試験区4頭、対照区4頭の計8頭の雌牛を供試した。

なお、飼料用米は、主食用品種を用い、玄米を粉砕機で約2mm以下に砕いたものをを用いた。

2 調査項目

飼料摂取量は、飼料給与量と残飼量から算出した。発育性は、体重、体高、胸囲等を毎月測定した。産肉性は、牛枝肉格付明細書(公社)日本食肉格付協会)によった。また、食味関連成分として、第6-7胸椎間の筋間脂肪の脂肪酸組成(オレイン酸)をガスクロマトグラフィー((株)島津製作所、GC-2014)で測定した。

結果

1 試験1

(1) 飼料摂取量

試験に用いた立ち枯れWCSのCP、TDNやβカロテン含量は、いずれも稲わらと同程度であった(第2表)。TDNベースでの1頭当たりの飼料摂取量は、試験区3,871kg、対照区3,906kgと差はなかった(第3表)。

(2) 発育性

立ち枯れWCS給与終了時点(16.1か月齢)での発育性に有意な差は見られなかった。また、試験終了時点(29.9か月齢)では、試験区の尻長が大きかった(P<0.05)ものの、それ以外の項目で有意な差は見られなかった(第4表)。

(3) 産肉性およびオレイン酸割合

産肉性やオレイン酸割合について、試験区と対照区で有意な差は見られなかった(第5表)。

第2表 供試粗飼料の飼料成分

飼料名	(乾物中%、mg/kg)		
	CP	TDN	βカロテン
立ち枯れWCS	4.8	45.2	3.5
稲わら	3.2	45.3	4.3

第3表 飼料摂取量(試験1)

飼料名	(TDN kg/頭)	
	試験区	対照区
肥育用配合飼料	2,567	2,676
大豆粕	49	50
圧ペントウモロコシ	97	100
仕上げ用飼料	579	497
オーツヘイ	131	144
ヘイキューブ	97	98
稲わら	220	341
立ち枯れWCS	133	—
計	3,871	3,906

第4表 立ち枯れWCS 給与終了時と試験終了時の
発育状況

項目	区分	(kg, cm)	
		立ち枯れWCS 給与終了時	試験終了時
体重	試験区	453.8 ± 51.8	756.8 ± 102.9
	対照区	451.6 ± 36.8	729.2 ± 41.5
体高	試験区	125.6 ± 3.8	134.6 ± 3.4
	対照区	124.4 ± 2.5	135.4 ± 2.3
胸囲	試験区	181.8 ± 6.5	235.2 ± 16.3
	対照区	183.8 ± 6.0	233.4 ± 5.9
胸深	試験区	63.6 ± 1.3	75.4 ± 3.4
	対照区	63.0 ± 0.7	74.2 ± 1.8
尻長	試験区	48.4 ± 1.1	57.0 ± 1.2 a
	対照区	48.4 ± 0.9	55.4 ± 0.9 b
かん幅	試験区	44.0 ± 1.9	55.0 ± 3.7
	対照区	44.2 ± 1.1	53.2 ± 1.3

^a 数値は、「平均値±標準偏差」とした。

^y 一元配置分散分析により同項目異符号間に有意差あり (P<0.05)

第5表 産肉性とオレイン酸割合の調査結果 (試験1)

項目	試験区	対照区
枝肉重量 (kg)	476.1 ± 69.7	462.1 ± 16.6
ロース芯面積 (cm ²)	61.4 ± 12.9	65.2 ± 3.6
バラの厚さ (cm)	7.9 ± 1.3	7.9 ± 0.5
皮下脂肪厚 (cm)	2.8 ± 1.3	3.4 ± 0.4
推定歩留 (%)	74.2 ± 1.0	74.3 ± 0.9
BMS No.	7.6 ± 1.9	7.8 ± 0.4
BCS No.	3.6 ± 0.5	3.4 ± 0.5
オレイン酸 (%)	56.7 ± 1.2	55.5 ± 3.9

数値は、「平均値±標準偏差」とした。

第6表 飼料摂取量 (試験2)

飼料名	(TDN kg/頭)	
	試験区	対照区
肥育用配合飼料	2,686	2,750
大豆粕	86	88
圧ペントウモロコシ	178	182
仕上げ用飼料	292	270
オーツヘイ	157	137
ヘイキューブ	106	93
稲わら	—	339
立ち枯れWCS	428	—
計	3,933	3,860

2 試験2

(1) 飼料摂取量

TDN ベースでの1頭当たりの飼料摂取量は、試験区3,933 kg、対照区3,860 kg と差はなかった (第6表)。

(2) 飼料摂取量

試験終了時点 (27.4 か月齢) の発育性については、体重、胸囲および胸深の3項目で試験区の方が大きかった (第7表)。

(3) 産肉性とオレイン酸割合

産肉性やオレイン酸割合について、試験区と対照区で有意な差は見られなかった (第8表)。

第7表 試験終了時の発育状況 (試験2)

項目	試験区	対照区
体重 (kg)	829.0 ± 44.2	786.4 ± 39.1
体高 (cm)	145.0 ± 1.2 a	138.8 ± 2.6 b
胸囲 (cm)	245.8 ± 4.7 a	238.6 ± 3.2 b
胸深 (cm)	78.4 ± 0.9 a	76.8 ± 1.1 b
尻長 (cm)	61.2 ± 1.9	60.4 ± 2.6
かん幅 (cm)	54.2 ± 3.1	54.2 ± 1.8

^a 数値は、「平均値±標準偏差」とした。

^y 一元配置分散分析により同項目異符号間に有意差あり (P<0.05)

第8表 産肉性とオレイン酸割合の調査結果 (試験2)

項目	試験区	対照区
枝肉重量 (kg)	535.6 ± 27.6	507.2 ± 28.9
ロース芯面積 (cm ²)	60.2 ± 8.7	59.2 ± 10.4
バラの厚さ (cm)	8.7 ± 0.5	8.4 ± 0.7
皮下脂肪厚 (cm)	3.3 ± 0.5	3.7 ± 1.2
推定歩留 (%)	73.3 ± 1.4	73.0 ± 2.3
BMS No.	5.8 ± 0.4	6.8 ± 1.9
BCS No.	2.6 ± 0.5	3.2 ± 0.4
オレイン酸 (%)	56.4 ± 2.5	56.0 ± 3.7

数値は、「平均値±標準偏差」とした。

飼料自給率向上のための国産飼料等の給与が黒毛和種肥育牛の発育性や産肉性、肉質に及ぼす影響

3 試験3

(1) 飼料摂取量

酒粕は、簡易ハウス内で自然乾燥後に手で鶏卵大に砕いたものを給与した（第2図）。大豆粕と同程度の粗タンパク質含量を有していた（第9表）。

また、TDN ベースの1頭当たりの飼料摂取量は、試験区3,891 kg、対照区3,765 kg と差はなかった（第10表）。乾燥処理した酒粕の嗜好性は高く、旺盛に採食した。

(2) 発育性

試験終了時（29.5 か月齢）の発育について、試験区と対照区で有意な差は見られなかった（第11表）。

(3) 産肉性とオレイン酸割合

産肉性やオレイン酸割合について、試験区と対照区で有意な差は見られなかった（第12表）。



第1図 酒粕の乾燥処理方法

第9表 給与した酒粕の飼料成分 (%)

項目	水分	粗タンパク質
酒粕（乾燥後）	10.5	46.6
大豆粕	11.8	45.0

第10表 飼料摂取量（試験3）
(TDN kg/頭)

飼料名	試験区	対照区
肥育用配合飼料	2,829	2,731
大豆粕	—	47
酒粕	48	—
圧ペントウモロコシ	88	86
仕上げ用飼料	389	392
オーツヘイ	143	131
ヘイキューブ	65	65
稲わら	329	314
計	3,891	3,765

4 試験4

(1) 飼料摂取量

飼料用米による濃厚飼料の代替率は TDN ベースで6.4%であった。また、飼料摂取量は試験区3,569 kg、対照区3,344 kg と試験区で多い傾向が見られた（第13表）。

第11表 試験終了時の発育状況（試験3）

項目	試験区	対照区
体重 (kg)	762.0 ± 84.6	732.7 ± 76.3
体高 (cm)	135.0 ± 3.6	133.0 ± 5.0
胸囲 (cm)	235.0 ± 2.6	234.3 ± 12.4
胸深 (cm)	75.3 ± 0.6	75.0 ± 2.6
尻長 (cm)	59.0 ± 5.3	57.7 ± 1.5
かん幅 (cm)	55.0 ± 2.6	54.7 ± 2.1

数値は、「平均値±標準偏差」とした。

第12表 産肉性とオレイン酸割合の調査結果（試験3）

項目	試験区	対照区
枝肉重量 (kg)	500.7 ± 47.0	477.4 ± 53.4
ロース芯面積 (cm ²)	60.3 ± 6.0	54.7 ± 9.3
バラの厚さ (cm)	8.8 ± 1.1	8.3 ± 0.5
皮下脂肪厚 (cm)	3.9 ± 0.6	3.5 ± 0.5
推定歩留 (%)	73.4 ± 1.8	72.9 ± 0.4
BMS No.	6.7 ± 2.1	8.0 ± 3.0
BCS No.	3.0 ± 0	3.0 ± 0
オレイン酸 (%)	57.5 ± 1.9	59.3 ± 3.7

数値は、「平均値±標準偏差」とした。

第13表 飼料摂取量（試験4）
(TDN kg/頭)

飼料名	試験区	対照区
肥育用配合飼料	2,383	2,342
大豆粕	68	66
圧ペントウモロコシ	—	111
飼料用米	177	—
仕上げ用飼料	153	173
オーツヘイ	118	108
ヘイキューブ	183	182
稲わら	—	361
立ち枯れWCS	487	—
計	3,569	3,344

(2) 発育性

試験終了時 (27.9 か月齢) の発育について、試験区と対照区で有意な差は見られなかった (第 14 表)。

(3) 産肉性とオレイン酸割合

BMS No. は、試験区 4.5、対照区 6.0 と対照区の方が優れていた ($P < 0.05$)。

それ以外の項目については有意な差は見られなかった (第 15 表)。

考 察

稲わらの代替として立ち枯れ WCS を給与した試験 1、2 および 4 において、その TDN 摂取量は、試験 1 では試験区 353 kg (対照区の 104%)、試験 2 では試験区 428 kg (対照区の 126%)、試験 4 では試験区 487 kg (対照区の 135%) となった。一方、BMS No. は試験 1 では試験区 7.6 (対照区 7.8)、試験 2 では試験区 5.8 (対照区 6.8)、試験 4 では試験区 4.5 (対照区 6.0) となった。これらは立ち枯れ WCS 由来の β カロテン摂取量が増加することにより、ビタミン A 制御の肥育が十分に行えていなかったことを示唆していると考えられた。TDN 摂取量において、対照区との差が最も

大きかった試験 4 では 12 か月齢以降、粗飼料は稲わらあるいは立ち枯れ WCS のみの給与としているが、それから推定される β カロテン摂取量は、19 か月齢まで試験区の方が高い水準で推移する傾向にあった (第 2 図)。篠田ら (2007) は、 β カロテン含量が 10~20 mg/kg のイネ WCS を乾物で約 3 kg 給与することは、肥育中期でビタミン A 制御を実施するのが難しいとしている。試験 4 での β カロテン摂取量はそれよりも低い値ではあるが、本試験では試験開始時に供試牛全頭にビタミン A 製剤を投与していた点やビタミン A が添加された肥育用配合飼料後期を 18 か月齢以降給与していた点などの飼養管理の相違点もあり、篠田ら (2007) の試験よりも試験区の供試牛の血中ビタミン A 濃度が高く維持されており、それが脂肪細胞の分化を妨げる結果となり、BMS No. が有意に低くなった ($P < 0.05$) と考えられた。

一方、高平ら (2011) は β カロテン含量が 2.8 mg/kg のイネ WCS を乾物で 1.58 kg 給与することで乾草や稲わらの代替飼料として給与可能であったとしている。本試験で給与した立ち枯れ WCS の β カロテン含量が 3.5 mg/kg であったことから、脂肪交雑を高めるためのビタミン A を制御した飼養管理を行うためには、立ち枯れ WCS の制限給与が必要であると考えられた。

試験 3 では、大豆粕の代替としての酒粕の利用性を検討した。乳用牛での事例ではあるが、有安ら (2012) はタンパク源として大豆粕の代替として液化仕込みの酒粕を給与して、乾物摂取量や乳量等に影響がなかったことを報告している。本試験でも、飼料摂取量や発育性、産肉性やオレイン酸割合への影響はみられなかったことから、大豆粕の代替として液化仕込み酒粕を給与可能であると考えられた。しかしながら、有安ら

第 14 表 試験終了時の発育状況 (試験 4)

項目	試験区	対照区
体重 (kg)	708.5 ± 46.3	675.0 ± 53.3
体高 (cm)	133.0 ± 2.8	135.3 ± 2.4
胸囲 (cm)	231.3 ± 5.0	225.3 ± 5.4
胸深 (cm)	73.3 ± 3.2	71.5 ± 1.7
尻長 (cm)	58.5 ± 3.0	56.0 ± 0.8
かん幅 (cm)	54.0 ± 1.8	52.0 ± 2.4

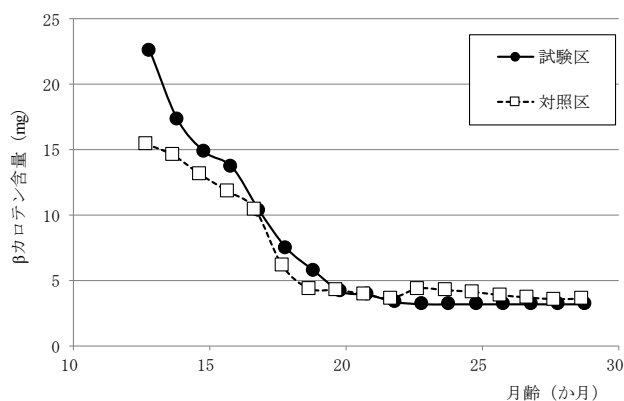
数値は、「平均値±標準偏差」とした。

第 15 表 産肉性とオレイン酸割合の調査結果 (試験 4)

項目	試験区	対照区
枝肉重量 (kg)	451.3 ± 20.9	422.0 ± 24.1
ロース芯面積 (cm ²)	59.5 ± 6.2	59.5 ± 4.5
バラの厚さ (cm)	7.5 ± 0.3	7.3 ± 0.2
皮下脂肪厚 (cm)	3.3 ± 0.5	3.0 ± 0.3
推定歩留 (%)	73.5 ± 0.7	74.0 ± 0.7
BMS No.	4.5 ± 0.6 ^b	6.0 ± 0.8 ^a
BCS No.	3.0 ± 0.8	3.5 ± 0.6
オレイン酸 (%)	56.0 ± 2.5	56.8 ± 3.5

^a 数値は、「平均値±標準偏差」とした。

^b 一元配置分散分析により同項目異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)



第 2 図 立ち枯れ WCS および稲わら由来の β カロテン推定摂取量の推移 (試験 4)

飼料自給率向上のための国産飼料等の給与が黒毛和種肥育牛の発育性や産肉性、肉質に及ぼす影響

(2012) が TMR として給与したのに対し、本試験では単味飼料として給与した。この場合、酒粕が生の状態では嗜好性が非常に悪いいため、乾燥処理により嗜好性を高める必要がある。

試験 4 では、立ち枯れ WCS を稲わらの代替として給与した場合の影響を調査すると同時に、立ち枯れ WCS と飼料用米の併用についても検討した。立ち枯れ WCS の給与にあたっては前述したように脂肪交雑を高めるために、給与量の制限が必要と考えられた。一方、飼料用米については試験期間を通じて TDN ベースで濃厚飼料の 6.4% を代替した。過去に当センターで実施した宮崎ら (2016) の試験では、雌牛の肥育において 22.6% を代替していることから、代替率を更に高めることも可能と思われた。

飼料費については、稲わらよりも安価な立ち枯れ WCS を給与した試験 1、2 および 4 において、その給与量に比例して粗飼料費を抑えることができた。また、大豆粕に比べ酒粕は安価ではあったが、給与量自体が少なかったため飼料費の節減効果はほとんどみられなかった (第 16 表)。

一方、地域資源割合は TDN ベースで示していることもあるが、濃厚飼料を飼料用米で代替した試験 4 において 18.6% と最も高くなった。

3 種類の地域資源を用いて黒毛和種肥育牛における利用性について検討した結果、飼料用米については、配合割合をさらに高めることにより、飼料自給率の向上を図り、経営基盤の強化につなげることが出来ると考えられた。

摘 要

肥育経営の基盤強化を図るためには、供給量や価格が比較的安定している地域資源を利用することが重要である。

そこで、既存飼料の代替として、地域資源である飼料用イネ、飼料用米や酒粕の黒毛和種肥育牛における利用性について検討した結果、いずれの地域資源も枝肉成績に影響を与えることなく利用可能であった。

しかしながら、給与する場合の留意点として、酒粕は嗜好性を高めるため乾燥処理が必要であること、飼料用イネは嗜好性が高いためビタミン A 制御時期においては給与量の調整が必要であった。

第 16 表 各試験における飼料費と地域資源割合

(円/頭、%)

区分		飼料費			地域資源
		濃厚飼料	粗飼料	計	割合
試験1	試験区	267,596	63,717	331,314	9.0
	対照区	273,043	74,278	347,321	8.7
試験2	試験区	270,396	55,000	325,397	10.9
	対照区	275,279	72,565	347,844	8.8
試験3	試験区	276,722	68,044	344,767	9.7
	対照区	270,933	64,697	335,630	8.3
試験4	試験区	231,931	64,376	296,307	18.6
	対照区	228,785	84,419	313,204	10.8

引用文献

- 有安則夫・山田徹夫・長尾伸一郎. 2012. 液化仕込み酒粕の飼料化技術の件等. 岡山農総セ畜研報. 2. 23-25.
- 国税庁. 平成 24 年度間接税 (酒税). 2013.
- 国税庁. 平成 30 年度間接税 (酒税). 2019.
- 篠田満・櫛引史郎・新宮博行・上田靖子・村井勝. 2007. 黒毛和種の肥育後期におけるイネホールクロップサイレージ給与が増体、血液性状および枝肉性状に及ぼす影響. 日畜会報. 78. 201-208.
- 高平寧子・金谷千津子・吉野英治・紺博昭・丸山富美子・粕谷健一郎. 2011. β -カロテン含量を低減した稲発行粗飼料の給与が黒毛和種去勢牛肥育全期間の肥育成績におよぼす影響. 日草誌. 56. 245-252.
- 農林水産省. 平成 24 年度の農業者戸別所得補償制度の支払い実績について. 2013
- 農林水産省. 令和元年度経営所得安定対策等の支払実績. 2020.
- 福馬ら. 2016. 「たちすずか」 WCS を混合した TMR による黒毛和種去勢牛の短期肥育. 近畿中国四国農業研究成果情報. https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h28/pdf/10_chikusan/index.html
- 宮崎元志・西村隆光・中谷幸穂・岡崎 亮. 2016. 地域資源を活用した高品質な県産和牛肉のブランド化. 山口農林総技セ研報. 7. 42-48.
- 吉田実. 1975. 畜産を中心とする実験計画法. 68-71. 養賢堂. 東京.

レンコン腐敗病の生態解明と土壤還元消毒法による防除

出穂 美和*・角田 佳則・上木 厚子**・石岡 巖***・佐々木一紀****
・森 伸介***・青木 博幸*****・竹原 利明*****

Mechanism of Rhizome Rot Pathogenesis in Lotus Root and its Control by Anaerobic Soil Disinfestation

IZUHO Miwa, SUMIDA Yoshinori, UEKI Atsuko, ISHIOKA Gen, SASAKI Kazunori,
MORI Shinsuke, AOKI Hiroyuki and TAKEHARA Toshiaki

Abstract: The outbreak of lotus root rhizome rot is a major cause of reduced yield and quality of crops that impair farmers' interests in Iwakuni City, Yamaguchi Prefecture, Japan. Therefore, the pathogenic mechanism of rhizome rot was investigated, and the effect of a new method of anaerobic soil disinfestation utilizing unused organic materials was confirmed. The mechanism of the manifestation of the effect by disinfestation was examined. Among the possible organic materials used for anaerobic soil disinfestation, the highly effective materials, such as sake residue and wheat bran, contain a large amount of non-fibrous carbohydrates. In addition, the input amount of organic material could be estimated from the material analysis data. When the treatment temperature in anaerobic soil disinfestation was 20-30 °C, the higher the temperature in that range, the more the input amount of organic material could be reduced. After puddling treatment, the film covering was more effective compared to water covering; however, water covering was also practical. The types of microorganisms involved in the effects of anaerobic soil disinfestation differed between film covering and water covering. The results showed that the pathogen responsible for lotus root rhizome rot was mainly *Fusarium commune*, which not only infected lotus roots at the time of planting but also infected the rhizomes during the growing season. After infection, wedge-shaped lesions were formed on the leaves due to the obstruction of some vascular bundles. The lesions appeared after July and could be observed through aerial photography using a drone, without entering the paddy field. The effect of anaerobic soil disinfestation using organic materials might be attributed to the destruction of the cell wall of pathogenic *Fusarium* associated with the increase in microorganisms, such as *Clostridium*, in the soil. In addition, the time taken for the manifestation of the effect of anaerobic soil disinfestation in laboratory experiment seemed approximately 1 week under anaerobic soil condition and at soil temperature ≥ 25 °C.

Key Words: Lotus root, Rhizome rot, *Fusarium commune*, Anaerobic soil disinfestation, Soil microbial phase, *Clostridium*

キーワード：レンコン、ハス腐敗病、フザリウムコムニオン、土壤微生物相、クロストリジウム

緒言

山口県のレンコンは、県内で約 220ha が栽培されており、全国4位の出荷量がある。特に岩国地域では1800年代から200年以上にわたって栽培されてきた歴史があり、主要な特産野菜として位置付けられている。しかしながら、近年の産地においては、土壤病害である腐敗病の発生による減収や“芯とおし症”と通称される収穫地下茎の穴の変形による品質低下事例が増加し、2014年に現地から問題解決のための研究が要望され

た。レンコンの腐敗病は、*Fusarium* 属菌や *Pythium* 属菌によって地下茎が褐変・腐敗する病害とされており、学術上の病名はハス腐敗病である（第1図）。



第1図 腐敗症状（左）と芯とおし（右）

* 周南農林水産事務所・** 山形大学・*** 農研機構西日本農業研究センター・**** 山口大学・
***** 岩国農林水産事務所・***** 農研機構中央技術支援センター

ただし、本県の発生地では、収穫されたレンコンからの病原菌の検出頻度は低く、これまで原因となる病原菌の特定は困難であった。その上、地上部における葉の症状も不明なため、被害の有無は掘り上げるまで分からず、発生予測や対策が困難であった。また、防除についても登録薬剤は無く、病原菌密度を低下させるための有効な手法を検討することが求められた。そこで、2015年度から開始された農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「中山間の未利用有機性資源を活用した人にも環境にもやさしい土壌消毒技術の実用化」プロジェクトに参加し、共同研究によって、本病の生態解明と防除技術の開発を試みた。生態解明については、生産地で生育中に葉の黄化等が認められる植物体から糸状菌を分離して病原性を確認し、主要な病原菌を明らかにし、収量・品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、地上部の症状と地下茎の症状との関連性について調査し、発生予測の可能性について検討した。また、防除については、腐敗病に対する土壌還元消毒法の効果を確認するとともに、他機関の協力のもと、病原菌密度低減のメカニズムの解明や成分分析に基づく好適な有機質資材の解明に取り組んだ。そこで、現地において本病を防除するための参考となるいくつかの知見を得たので報告する。なお、レンコンの腐敗病の正式名称は前述のハス腐敗病であるが、可食部はレンコンとして呼称されており、蓮根腐敗病と記述する文献もあることから、本報ではレンコン腐敗病と称する。

材料および方法

1 レンコンを侵す病原菌の特定と葉および地下茎における生態の把握

1) ほ場で腐敗が認められたレンコンからの糸状菌の分離と腐敗能の確認

腐敗症状の主要因を把握するため、2015年2月に岩国市の農家ほ場において、収穫時に中心部が紫黒色に変色・腐敗した地下茎を収集し、変色部と健全部の境界部分を切り出し、有効塩素濃度約1%の次亜塩素酸ナトリウム溶液で表面殺菌し、PDA平板培地に置床して27°Cで培養した。出現した糸状菌は、PDA斜面に移し保存するとともに、菌叢を厚さ約1cmの輪切りにした健全レンコン上に置床して27°Cで7日間培養し、組織の褐変が認められた場合には、再分離した。さらに10月に掘り上げた腐敗レンコンを供試し、山口大

学において、駒田培地平板を用いた組織分離によって *Fusarium* 属菌株を分離した。これらの菌株についてリボソームDNA ITS領域、TEF-1a領域およびヒストンH3領域の塩基配列を決定し、種の同定を行った。

2) 腐敗レンコンから分離された糸状菌の病原性の確認

収穫後の健全なレンコンを腐敗させた *Fusarium* 属菌株を用い、2016年に栽培中のレンコンの葉柄および地下の根茎に対する病原性について確認した。葉柄に対する病原性の確認は、直径1mの露地コンクリートポットを用い、4月12日に定植し栽培したレンコンの葉柄に、6月1日にメスで縦に切り口を入れ、培養した菌叢を挟み込んで接種し、7日ごとに発病程度を確認した。地下茎に対する病原性については、ガラス温室に設置した直径約40cmのポリエチレン製の樽をポットとして用い、土を詰めて灌水し、6月1日に実生レンコンを定植し、8月18日に予め作成しておいたレンコンから分離した *Fusarium commune* の *nit* 変異株（硝酸塩利用能欠損変異株）のフスマ培養菌を10g混和して栽培し、11月8日に掘り上げて地下茎の発病を調査した。

3) レンコン腐敗病の葉の病徴の探索と地下茎の感染・発病の関連性の解明

2016年～2017年の各年6月～9月にかけて、山口県岩国市尾津の現地農家ほ場において生育中のレンコンの地上部の病徴を調査した。調査に当たっては、ほ場周辺からの目視による観察を行うとともに、ドローン（DJI社 Phantom3）による空撮を行った。調査後、異常を認めた葉にマークしておき、10月にその葉につながる地下茎を掘り上げた。掘り上げた株は、地下茎の節間を輪切りにし、穴の変形や腐敗などの症状を調査するとともに、切り出して駒田培地平板上で *Fusarium* 属菌を分離した。また、分離菌はレンコン切片に接種し、腐敗能の有無を調査した。さらに、山口大学において遺伝子解析による種の同定を行った。

4) レンコンから分離された *Fusarium* 属菌の土壌接種による地上部病徴の再現と被害解析

2018年にセンター内のガラス温室で、容量60Lのコンテナ容器にレンコンを栽培し、2)の試験で腐敗能の強かったレンコン分離菌3菌株 (*F. commune*, *F. solani*, *F. fujikuroi*) を供試し、土壌接種によって地上部の病徴の再現を試みた。1コンテナ当たり市販水稲用育苗培土40Lを用い、緩効性肥料 (N13-P14-K12) 50gを混和し灌水した。試験区は接種区および無接種区とし、各3反復した。接種菌は菌株をフスマ培養し、灌水前

に40g/コンテナ混和した。その後、5月18日に種レンコンを植え付け、灌水は常時かけ流しで栽培した。生育期の病徴の見取り調査を行うとともに収穫期（翌年2月）に発病程度と収量を調査した。

2 土壤還元消毒法を用いたレンコン腐敗病の防除技術の開発

1) 土壤還元消毒に用いる有機質資材と使用条件の解明

2015～2016年にかけて、未利用資源である酒粕、きくらげ廃菌床、レンコン残さ、オレンジジュース残さを供試し、還元消毒用資材としての適性と使用条件を明らかにするため、土壤への混和量および20°C、30°Cに処理温度を変えた室内試験を行った。各資材は900mLのガラス広口瓶（マヨネーズ瓶）に未滅菌の現地栽培土壌とともに詰めて、400mLの水を添加し、電動攪拌機で混和して、難透過性フィルム（0.05mm厚、商品名：バリアスターV、東罐興産株式会社）で被覆後、輪ゴムをかけて密封し、恒温器でインキュベートし発酵を促した。消毒効果の把握は、処理前に振とう培養した病原菌（*Fusarium* 菌）を乾土当りの密度が約 $1 \times 10^2 \sim 10^3$ cfu/g以上になるように加え、処理終了後に選択培地を用いた希釈平板法により菌密度を計数する方法と、健全レンコンの切片（1×2×2cm）に培養菌を着生させた人工残さを作成し、容器あたり5個投入しておき、処理終了後に掘り出し、選択培地上に置床して27°Cで培養し、保菌程度を調査する方法によって行った。

(1) 酒粕を用いた場合の消毒効果

2015年8月～9月に、岩国市のレンコン栽培ほ場で採集した土壌（未滅菌）に酒粕（山田錦大吟醸粕）を50kg～4t/10a相当添加して試験を行った。処理後の効果の確認は、土壌中の菌密度および埋め込んだ人工残さ中の残存菌の有無により把握した。

(2) きくらげ廃菌床またはレンコン残さを用いた場合の消毒効果

2015年10月～11月にかけて、土壤にきくらげ廃菌床を50kg～4t/10a相当またはレンコン残さ（乾燥した茎葉を細かく切ったもの）400kg～2t/10a相当を加え、試験を実施した。処理後の効果は、土壌中の菌密度により評価した。

(3) オレンジジュース残さを用いた場合の消毒効果

2016年5月～6月に、オレンジジュース残さ（しぼり粕および液状物）を供試し、土壤還元消毒試験を行った。処理後の効果は、土壌中の菌密度により評価し

た。

2) 各有機質資材の成分分析

2015年、資材の成分と土壌中での発酵との関連性を解明するため、使用した酒粕、オレンジジュース残さ等を、西日本農業研究センターに送付し、飼料分析（粗飼料・一般栄養成分）に準拠して成分分析を行った。同センターでは、共同研究機関の供試したフスマや米ぬか等の有機物についても同時に分析を行い、データを共有利用した。

3) 被覆方法の違いが消毒効果および土壤微生物相に及ぼす影響

(1) 被覆方法の違いと消毒効果

2016年4月に、2-1)と同様の手法を用い、土壤と酒粕をガラス瓶に詰めた後、土壤表面（瓶口）の被覆方法を変えて消毒効果を確認した。被覆方法は、難透過性フィルム（商品名：バリアスターV、0.05mm）、黒マルチ（0.03mm）、農ポリ（0.05mm）、紙マルチ、水封、無処理とした。処理温度は25°Cとし、各々の処理で酒粕の投入量を10a当たり0kg、400kg、800kgの3水準設けた。効果の確認は、駒田培地を用いた希釈平板法により、土壌中の*Fusarium*菌密度を計測して行った。また、土壤に0.2%ジピリジル液をかけて還元的環境で生成される二価鉄に反応して赤色を発色するジピリジル反応によって土壤の還元の有無を調べた。

(2) 被覆方法の違いと消毒後の土壌中の微生物相

被覆方法を変えて酒粕による土壤還元消毒を行った後の土壌について、（株）ファスマックにおいて、次世代シーケンサー（イルミナ社 Miseq）を用い、16SrRNAアンプリコン解析により1サンプル当たり、およそ10万～15万リードの塩基配列から土壤細菌群集構造を解析した。

4) 還元消毒のメカニズムの解明と効果発現に必要な処理日数の把握

(1) 土壤還元消毒における絶対嫌気性細菌の関与と病原 *Fusarium* 菌の死滅時間

2016年に、山形大学において酒粕およびフスマを加えたPY培地を用い、還元消毒土壌から分離した絶対嫌気性細菌 *Clostridium beijerinckii* H110株または *Clostridium* sp.TW8株の存在下で、*Fusarium* 菌（M2-1株）を20°Cで嫌氣的に共培養後、抗菌活性の発現について検討した。PY培地には、酒粕またはフスマを1%（W/V）の割合で加え、共培養開始後18日目の寒天片8個をPDA培地に移植し、*Fusarium* 菌の生育を調査した。また、グルコース（1%、W/V）を添加した

PY 培地で、分離株の *C. beijerinckii* H110 株および TB8 株、*Clostridium* sp. TW8 株と *Fusarium* 菌をそれぞれ 25°C で嫌気共培養した。この時の *Fusarium* 菌細胞の変化について、共培養開始時から 16 日後まで継続的に *Fusarium* 菌体を採取し、その細胞壁を蛍光色素カルコフロールホワイト (Sigma-Aldrich) で染色することにより、蛍光顕微鏡を用いて菌細胞の変化を観察した。

(2) 酒粕を用いた土壤還元消毒の効果発現日数の解明

2016 年 12 月に、2-1) と同様の手法を用いて土壤還元消毒を行い、効果の発現日数について確認を行った。処理温度は 25°C で、処理期間は 3 日間と 7 日間とし、混和する酒粕の量は 10a あたり 800 kg および 2t とし、被覆は難透過性フィルムと水封 (継続湛水) とし、比較のため無処理区を設けた。また、初期の病原菌密度をそろえ正確を期するため、供試病原菌はレンコンから分離した *Fusarium* 菌の *nit* 変異株を作製し、培養して土壤に混和した。消毒効果の確認は、*nit* 変異株検出用培地 (CMP 培地) (Takehara, et al., 2003) を用い、希釈平板法により土壤中の菌密度を計測した。

3 ほ場における土壤還元消毒効果の確認試験

1) センター内ほ場における土壤還元消毒効果の確認

2015 年～2016 年にかけて、センター内の水田でレンコンを栽培し、試験を行った。現地の条件に近付けるため、2015 年 5 月にレンコンを定植し、1 作栽培後の 10 月に掘り上げ、収穫後にほ場に残った残さ (茎葉、地下茎) を鋤き込んだ後、11 月下旬から 2016 年 2 月下旬まで土壤還元消毒を行い、3 月中旬に調査を行った。試験区の規模は、水田を畦畔板で仕切り、1 区 6m×3m とした。各区の処理は、残さをフレールモアで粉碎した後に鋤き込む処理と未粉碎のままロータリーで鋤き込む処理を設け、それぞれを酒粕またはフスマ資材を散布した後、代かき後難透過性フィルムで被覆した。酒粕は散布しやすいように相当量を水に溶いて散布した。資材鋤き込み区の他に対照として、代かきのみ区および無処理区を設けた。処理後の効果の判定は、処理前に 2-1) と同様の方法で人工的に作成した罹病残さをポリエチレン製の網袋 (野菜ネット) に入れて土壤中に埋設しておき、処理後に掘り出して平板培地に置床して培養し、*Fusarium* 菌の生残の有無を調査した。その他、還元消毒の前後に土壤を採取し、pH、全炭素 (T-C)、全窒素 (T-N)、無機態窒素量を測定するとともに、消毒期間中の酸化還元電位 (Eh) (地表下 20 cm) を測定した。

2) 現地ほ場における土壤還元消毒効果の確認

2017 年 9 月～10 月にかけて、岩国市尾津の農家ほ場 (約 600m²) において、酒粕 800kg/10a を 10 倍量の水に溶いて動力ポンプで散布し、トラクターで丁寧に混和し代かきして、3 週間継続して湛水した。その後、そのまま放置し、2018 年 4 月にレンコンを植え付け、慣行管理によって栽培した。調査は 2019 年 2 月の収穫時に、栽培者の同席のもと、収量および品質を見取りによって行った。

結果

1 レンコンを侵す病原菌の特定と葉および地下茎における生態の把握

1) ほ場で腐敗が認められたレンコンからの糸状菌の分離と腐敗能の確認

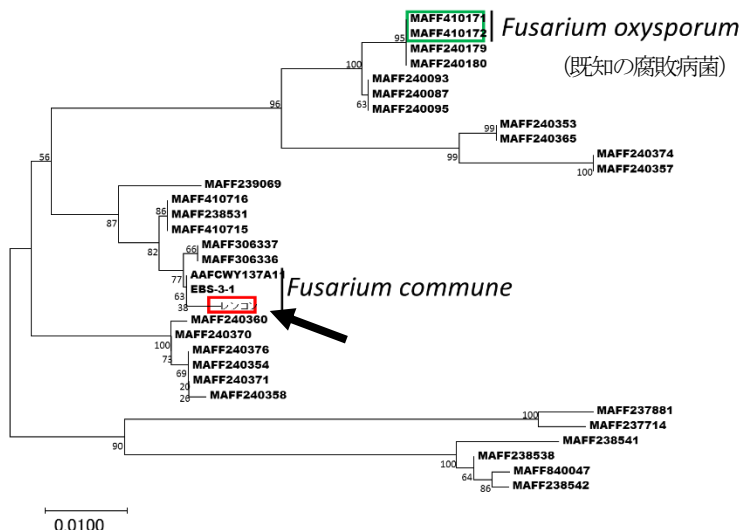
2015 年 2 月に分離を試みた腐敗レンコン 54 サンプルから糸状菌を分離した結果、レンコン組織に腐敗能を示した菌株は 5 菌株で、いずれも *Fusarium* 属菌であった。また、10 月に掘り上げたサンプルから山口大学において分離した *Fusarium* 属菌 25 菌株と合わせ、PCR によるグループ分けを行った結果、供試菌株は各プライマーによるバンドの形成と色素産生能から大きく 4 グループに分類され、最も大きなグループは 12 菌株で、レンコンに腐敗能を示す 5 菌株も含まれた。これらの菌株は、リボソーム DNA ITS 領域、TEF-1a 領域およびヒストン H3 領域の塩基配列から、*F. commune* と同定された (第 2 図)。

2) 腐敗レンコンから分離された糸状菌の病原性の確認

生育中の葉柄に接種した *Fusarium* 属菌は、いずれも葉柄を褐変させる病原性を示し、病斑が広がった 7 日後に、健全部との境界部分を駒田培地平板で組織分離したところ、同じ菌が分離され、病原性が確認された。また、*nit* 変異株を混和したポットにおいては、地上部の萎凋を確認した。また、レンコン地下茎にも褐変・腐敗を認め、組織分離を行った結果、5 か所のうち 2 か所から *nit* 変異株が CMP 培地で再分離され、地下茎への感染が確認された。

3) レンコン腐敗病の葉の病徴の探索と地下茎の感染・発病の関連性の解明

ほ場調査の結果、レンコン腐敗病の被害葉と想定される症状としては、葉の中心から外縁にかけて一部がクサビ状に黄化したもの、葉の外縁が垂れ下がって枯死するものなどが認められた。これらの症状は、ドロ



第2図 リボソーム DNA ITS 領域の塩基配列を基にした系統樹
注) 矢印がレンコンから分離した菌

ーンによる空中撮影によって、7月中旬以降、ほ場内にスポット状あるいは連続して発生し、増加していくことが観察された(第3図)。これらの葉柄がつながった地下茎には、“芯とおし症”と一般に呼ばれる穴の変形や中心部の褐変症状が確認されるとともに、全ての株の地下茎から *Fusarium* 属菌が分離検出された(第4図)。地下茎から分離した31菌株の *Fusarium* 属菌について、種の同定を行った結果、*F. solani* (45%)、*F. commune* (42%)、*F. fujikuroi* (13%) の3種に分類された。そのうち、*F. commune* 5菌株、*F. solani* 2菌株、*F. fujikuroi* 1菌株について、レンコン切片に対する腐敗性を調査したところ、いずれも腐敗性であった。

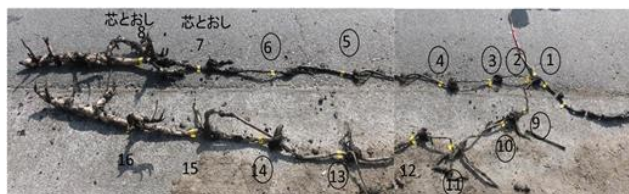


第3図 ドローンによる空中撮影

4) レンコンから分離された *Fusarium* 属菌の土壌接種による地上部病徴の再現と被害解析

ハウスにおけるコンテナ栽培では、*F. commune* を接種した区においてのみ、8月初旬の調査で葉の一部がくさび形に黄化する病徴が確認された(第5図)。

収穫調査では、無接種区では障害茎は0%であったが、*F. commune* 接種区では約44%の発生を確認した。株当たりの平均収量は、無接種区では約1,800gで、接種区では約680gと大きく減収した(第6図、第1表)。



第4図 葉の一部が黄化した株の地下茎を掘り取った様子
注) 数字が病原菌の分離を行った箇所を示し、○は *Fusarium* を検出した箇所



第5図 葉の一部がくさび形の病徴



第6図 収穫調査

注) *Fusarium* 菌接種区と無接種区の各3反復調査

レンコン腐敗病の生態解明と土壌還元消毒法による防除

第1表 収穫調査

	収穫調査（径3 cm以上のものを計測）					
	収穫本数	腐敗・芯とおし数	平均収穫節数	平均節長 (cm)	平均最大径 (cm)	株当たり収量 (g)
無接種1	10	0	1.9	21.7	40.3	2,120
無接種2	9	0	3.4	24.7	39.2	1,810
無接種3	9	0	2.6	19.2	44.0	1,543
<i>Fusarium</i> 接種1	2	2	3.0	21.3	45.4	354
<i>Fusarium</i> 接種2	5	2	2.4	13.3	37.5	432
<i>Fusarium</i> 接種3	9	3	2.6	19.2	44.0	1,267

第2表 酒粕による消毒後の*Fusarium*菌密度と残さからの検出

温度°C	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g	罹病残さからの <i>Fusarium</i> 菌検出 の有無 ^(注)
		資材名	施用量 (10a当たり 換算)		
20	難透過性フィルム	無		2.1	+++
	難透過性フィルム	酒粕	50 kg	0.7	+++
	難透過性フィルム	酒粕	100 kg	2.2	+++
	難透過性フィルム	酒粕	200 kg	1.6	+++
	難透過性フィルム	酒粕	400 kg	2.7	+++
	難透過性フィルム	酒粕	800 kg	0.6	+++
	難透過性フィルム	酒粕	1 t	0.5	+++
	難透過性フィルム	酒粕	2 t	< 0.1	++-
	難透過性フィルム	酒粕	4 t	< 0.1	---
30	難透過性フィルム	無		0.7	+++
	難透過性フィルム	酒粕	50 kg	1.2	+++
	難透過性フィルム	酒粕	100 kg	0.1	+++
	難透過性フィルム	酒粕	200 kg	< 0.1	---
	難透過性フィルム	酒粕	400 kg	< 0.1	++-
	難透過性フィルム	酒粕	800 kg	< 0.1	---
	難透過性フィルム	酒粕	1 t	< 0.1	---
	難透過性フィルム	酒粕	2 t	< 0.1	---
	難透過性フィルム	酒粕	4 t	< 0.1	---

注) 罹病残さは消毒後、3個(1×2×2cm)を培地に置床し、+は罹病残さから*Fusarium*菌が認められた。
-は*Fusarium*菌が認められなかった

2 土壌還元消毒法を用いたレンコン腐敗病の防除技術の開発

1) 土壌還元消毒に用いる有機質資材と使用条件の解明

(1) 酒粕を用いた場合の消毒効果

酒粕を用いた土壌消毒試験では、処理21日後に、土壌温度20°Cでは罹病残さからの*Fusarium*菌の検出は2t/10aまで認められたが、土壌中の菌密度は酒粕の投入量800kg/10a以上で低下し、消毒効果が認められた。また、土壌温度30°Cでは罹病残さからの検出は400kg/10aまで認められたが、土壌中の菌密度は100kg/10aから低下し、200kg/10a以上では検出限界以下となった(第2表)。

(2) きくらげ廃菌床またはレンコン残さを用いた場合の消毒効果

きくらげ廃菌床については、20°C、21日間処理後の土壌中の*Fusarium*菌は4t/10aでも検出された。30°Cでは200kg/10a以上でやや低下したものの不安定で、4t/10aでも検出限界には至らなかった。レンコン残さを用いた消毒試験では、20°Cの場合、土壌中の菌密度は投入量が増加すれば少なくなるものの2t/10aでも検出限界に至らなかったが、30°Cでは800kg/10a以上投入することで検出限界以下となり、消毒効果が認められた(第3表、第4表)。

第3表 廃菌床による消毒後の *Fusarium* 菌密度

温度°C	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g	酸化還元反応
		資材名	施用量 (10a 当たり 換算)		
20	無	無		32.0	++
	難透過性フィルム	無		16.0	++
	難透過性フィルム	廃菌床	50 kg	9.1	++
	難透過性フィルム	廃菌床	100 kg	8.8	++
	難透過性フィルム	廃菌床	200 kg	16.0	++
	難透過性フィルム	廃菌床	400 kg	9.9	++
	難透過性フィルム	廃菌床	800 kg	12.0	++
	難透過性フィルム	廃菌床	1 t	16.0	++
	難透過性フィルム	廃菌床	2 t	5.3	++
	難透過性フィルム	廃菌床	4 t	3.4	++
30	無	無		67.0	±
	難透過性フィルム	無		6.7	++
	難透過性フィルム	廃菌床	50 kg	2.5	++
	難透過性フィルム	廃菌床	100 kg	2.1	上3 cm-、++
	難透過性フィルム	廃菌床	200 kg	< 0.1	上3 cm-、++
	難透過性フィルム	廃菌床	400 kg	1.4	++
	難透過性フィルム	廃菌床	800 kg	< 0.1	++
	難透過性フィルム	廃菌床	1 t	0.3	上3 cm-、++
	難透過性フィルム	廃菌床	2 t	0.3	++
	難透過性フィルム	廃菌床	4 t	0.3	++

注) 酸化還元反応の基準: ++は即時鮮明に呈色、±はしばらくたつと弱く呈色

第4表 レンコン残さによる消毒後の *Fusarium* 菌密度

温度°C	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g	酸化還元反応
		資材名	施用量 (10a 当たり 換算)		
20	無	無		32.0	++
	難透過性フィルム	無		16.0	++
	難透過性フィルム	レンコン残さ	400 kg	19.0	++
	難透過性フィルム	レンコン残さ	800 kg	4.1	++
	難透過性フィルム	レンコン残さ	1 t	15.0	++
	難透過性フィルム	レンコン残さ	2 t	0.7	++
	30	無	無		67.0
難透過性フィルム		無		6.7	++
難透過性フィルム		レンコン残さ	400 kg	3.1	++
難透過性フィルム		レンコン残さ	800 kg	< 0.1	++
難透過性フィルム		レンコン残さ	1 t	< 0.1	++
難透過性フィルム		レンコン残さ	2 t	< 0.1	++

注) 酸化還元反応の基準: ++は即時鮮明に呈色、±はしばらくたつと弱く呈色

(3) オレンジジュース残さを用いた場合の消毒効果

しぼり粕を用いた消毒では、20°C 処理の場合、無処理に比べ菌密度は著しく低下したが、400kg~2 t/10a の間で差は認められなかった。しかし、30°C 処理では800kg/10a 以上で菌密度は検出限界以下となった。液状残さを用いた場合には、20°C 処理では菌密度の低下は認められるものの、処理した 400 kg~2 t/10a の間で差は無く、30°C 処理では400 kg/10a 以上の処理で検出限界以下となった(第5表、第6表)。

2) 各有機質資材の成分分析

使用した各有機物の成分分析結果では、酒粕はフスマや米ぬかと同程度の非繊維性炭水化物(デンプンや糖など)を26%含み、オレンジジュースのしぼり粕は約11%含み、微生物の栄養源として優れていることがわかった。また、それらはソルゴーやエンバク、イタリアンライグラスなどの牧草類、ススキなどの雑草類に比べて多いことが分かった(第7図)。

レンコン腐敗病の生態解明と土壌還元消毒法による防除

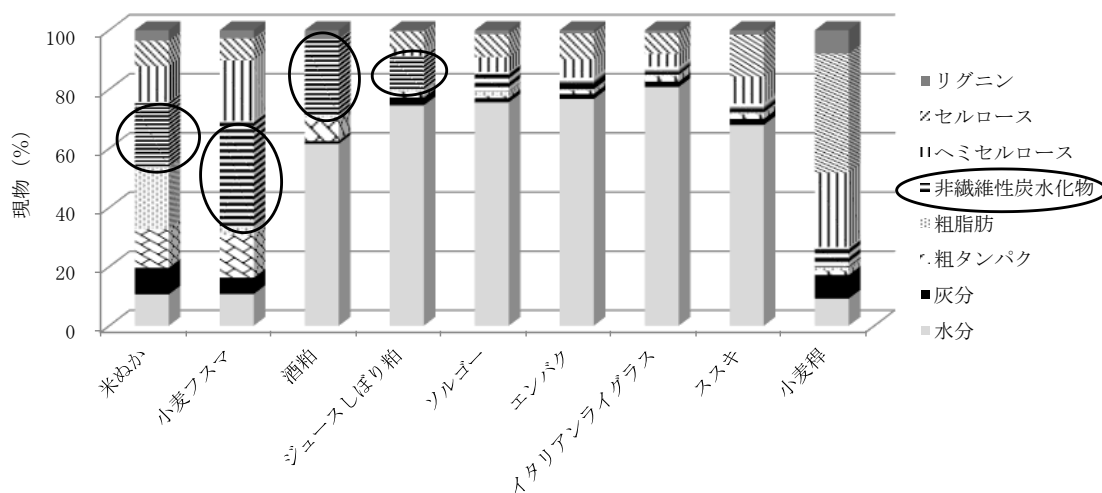
第5表 オレンジジュース残さ（しぼり粕）による消毒後の *Fusarium* 菌密度

温度°C	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g
		資材名	施用量 (10a当たり 換算)	
20	無（水も無し）	無	無	85.0
	難透過性フィルム	しぼり粕	400 kg	0.1
	難透過性フィルム	しぼり粕	800 kg	0.2
	難透過性フィルム	しぼり粕	1 t	0.3
	難透過性フィルム	しぼり粕	2 t	0.2
30	無（水も無し）	無	無	39.0
	難透過性フィルム	しぼり粕	400 kg	0.2
	難透過性フィルム	しぼり粕	800 kg	<0.1
	難透過性フィルム	しぼり粕	1 t	<0.1
	難透過性フィルム	しぼり粕	2 t	<0.1

第6表 オレンジジュース残さ（液状物）による消毒後の *Fusarium* 菌密度

温度°C	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g
		資材名	施用量 (10a当たり換 算)	
20	無（水も無し）	無	無	85.0
	難透過性フィルム	液状物	400 kg	0.2
	難透過性フィルム	液状物	800 kg	0.5
	難透過性フィルム	液状物	1 t	0.1
	難透過性フィルム	液状物	2 t	2.4
30	無（水も無し）	無	無	39.0
	難透過性フィルム	液状物	400 kg	<0.1
	難透過性フィルム	液状物	800 kg	<0.1
	難透過性フィルム	液状物	1 t	<0.1
	難透過性フィルム	液状物	2 t	<0.1

注) 処理期間：2016年5月23日～6月14日（22日間）



第7図 各有機質資材の成分分析

3) 被覆方法の違いが消毒効果および土壤微生物相に及ぼす影響

(1) 被覆方法の違いと消毒効果

処理温度を 25°C の一定とし、被覆資材と酒粕の施用量を変えて処理した結果、水封（継続湛水）、難透過性フィルム、黒マルチによる被覆では、400kg/10a 以上の施用で *Fusarium* 菌の菌密度が検出限界以下で安定した効果が認められた。ただし、紙マルチおよび農ポリ被覆では、処理中のガス発生によりフィルムが破損し、密閉が損なわれたため、400kg/10a と 800kg/10a の施用量で効果の逆転が認められた（第7表）。

(2) 被覆方法の違いと消毒後の土壤中の微生物相

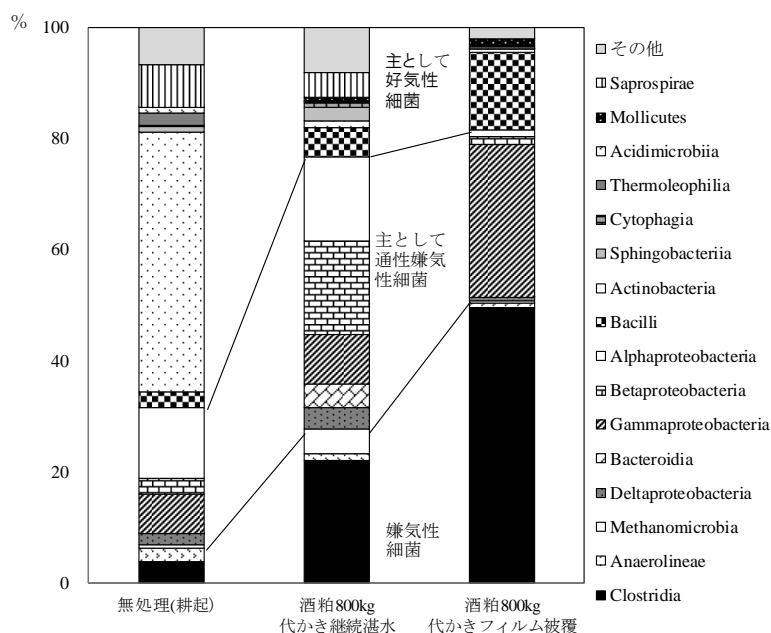
土壤中の微生物相は、耕起のみ区（無処理区）では、好気性細菌群（主として好気性細菌）が約7割、通性嫌気性細菌群（主として通性嫌気性細菌）が約2割を占めた。これに対し、酒粕 800 kg/10a を混和し代かき後、難透過性フィルム被覆した還元消毒区では、好気性細菌群が約2割に減少し、通性嫌気性細菌群が約3割、嫌気性細菌が約5割を占めるようになった。また、酒粕を混和し代かき後湛水した区は、好気性細菌群が約2割、嫌気性細菌が約3割、通性嫌気性細菌群が約5割を占めた（第8図）。

第7表 被覆資材別の消毒後の *Fusarium* 菌密度と酸化還元反応

温度°C	被覆	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ×10 ² cfu/乾土1g	菌密度 減少率%	酸化還元反応
		資材名	施用量 (10a当たり 換算)			
25	無	無	無	15.5	-	-
	水封	酒粕	0	0.7	95.5	++
		酒粕	400 kg	<0.1	100	++
		酒粕	800 kg	<0.1	100	++
	紙マルチ	酒粕	0	0.7	95.4	++
		酒粕	400 kg	<0.1	100	++
		酒粕	800 kg	4.4	71.5	底のみ++
	難透過性フィルム	酒粕	0	0.7	95.3	++
		酒粕	400 kg	<0.1	100	++
		酒粕	800 kg	<0.1	100	++
	黒マルチ	酒粕	0	2.1	86.2	++
		酒粕	400 kg	<0.1	100	++
		酒粕	800 kg	<0.1	100	++
	農ポリ	酒粕	0	9.2	40.8	++
		酒粕	400 kg	<0.1	100.0	++
		酒粕	800 kg	1.5	90.6	++

注1) 酸化還元反応の基準：++は即時鮮明に呈色、底のみ++は底5cm呈色したがそれ以外は呈色しなかった。

注2) 処理期間：2016年4月1日～4月22日（21日間）



第8図 消毒後の土壤中の微生物相の変化（2016）

4) 還元消毒のメカニズムの解明と効果発現に必要な処理日数の把握

(1) 土壌還元消毒における絶対嫌気性細菌の関与と病原 *Fusarium* 菌の死滅時間

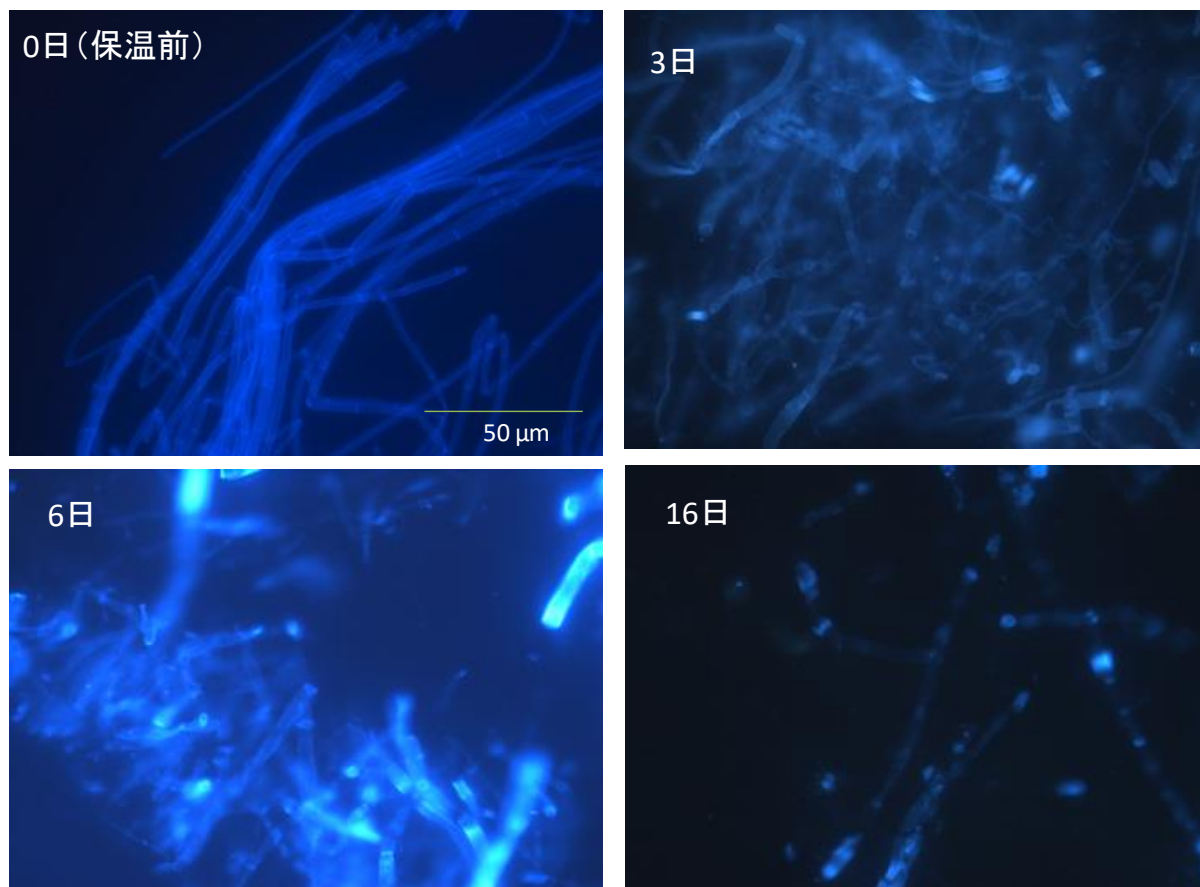
Fusarium 菌と *Clostridium* 属細菌を酒粕またはフスマを含む PY 培地で共培養した後の寒天片を PDA 培地に移植した結果、資材を加えなかった PY 培地寒天片は、*Clostridium* 属細菌の存在の有無に関わらず PDA 培地上で *Fusarium* 菌が生育し、生残が確認された。一方、酒粕またはフスマを加えた培地では、*Fusarium* 菌の生育抑制が確認され、特に *C. beijerinckii* H110 株を加えた培地は、TW8 株を加えたもので 2 日目以降

生育が認められたのに対し、3 日後でも全く生育が認められなかった (第 8 表)。また、共培養した *Fusarium* 菌細胞の蛍光顕微鏡観察の結果、*C. beijerinckii* H110 株または TB8 株いずれの菌株の存在下においても、25°C で 2~3 日共培養経過後には *Fusarium* 属菌の細胞壁は破壊され、その後菌体がほとんど消滅するのが確認された。第 9 図には *C. beijerinckii* TB8 株と共培養した場合の蛍光顕微鏡観察の結果を示した。H110 株や TB8 株とは系統の異なる *Clostridium* sp. TW8 株と共培養した場合には、このような顕著な細胞壁破壊は観察されなかった。

第 8 表 有機資材を添加した PY 培地で *Clostridium* 属菌との共培養 18 日後における、*Fusarium* 菌の生残状況

培養培地	<i>Fusarium</i> 菌のみ	共培養	
		H110菌株	TW8菌株
PY単独培地	8/8	8/8	8/8
PY培地+酒粕1% (W/V) 添加	8/8	0/8	0/8(4/8)
PY培地+フスマ1% (W/V) 添加	8/8	0/8	1/8(2/8)

注1) PDA に置床 2 日後に生育確認した結果を示す。括弧内は置床 3 日目に生育確認した結果を示す。
注2) 生残率は置床した 8 個の寒天小片のうちコロニーが増殖した寒天小片の割合



第 9 図 TB8 株接種下で 25°C 培養した *Fusarium* 菌 M2-1 株細胞の変化

(2) 酒粕を用いた土壤還元消毒の効果発現日数の解明

難透過性フィルム被覆区も水封区も、処理 24 時間後にはガスの発生が確認され、有機物である酒粕の分解が始まっていることが確認された。3 日間処理の場合、難透過性フィルム被覆区では、無処理区と比較して酒粕の混和量 800 kg/10a 以上で顕著な *Fusarium* 菌密度の抑制効果が認められ、水封では混和量 800 kg/10a では抑制効果は認められるが、難透過性フィルム被覆に比べその程度は低かった。7 日間処理では、難透過性フィルム被覆区 4、水封区ともに処理量にかかわらず *Fusarium* 菌密度はほぼ検出限界となった(第 9 表)。

3 ほ場における土壤還元消毒効果の確認試験

1) センター内ほ場における土壤還元消毒効果の確認

酸化還元電位 (Eh) の値は、レンコン残さ未粉碎+耕起(無処理)区は土壤還元消毒期間中を通じ酸化状態で推移し、消毒区においては若干の値の違いはあるものの、おおむね 0 以下に推移し、還元状態が保たれ

た。消毒開始から 1 週間程度の Eh の値は残さ粉碎+酒粕 2t 処理区で最も低く、残さ粉碎+フスマ 1t 区、残さ粉碎+代かきのみ区の順で高くなった。人工的に作成し土壤中に埋め込んだ罹病残さからの *Fusarium* 菌の検出は、有機物を投入した区で少ない傾向が認められた(第 10 表)。

2) 現地ほ場における土壤還元消毒効果の確認

現地ほ場における消毒効果の確認では、1 区画のほ場を処理区ごとに波板(高さ 30 cm)で仕切り、処理後 21 日まで 7 日ごとの地温と酸化還元電位 (Eh) を計測した。調査期間中は、各処理区とも地温は 20~25°C に推移し、Eh は -100 以下に推移して還元状態が維持できたことが確認された。定植後については、レンコンが波板の下で区をまたいで生育したことから、各区間の差を確認することは困難となったため、ほ場全体での収量を農家の記録している収量と比較した。その結果、腐敗病、芯とおし症の発生が減少し前年比の約 40% の増収となり、還元消毒の効果が確認された。

第 9 表 還元消毒処理日数の *Fusarium* 菌密度 (25°C)

処理日数	被覆資材	有機質資材		<i>Fusarium</i> 菌密度 ($\times 10^2$ cfu/乾土 1g)
		資材名	施用量 (10a 当たり 換算)	
3日間	無	無		67.2
	水+難透過性フィルム	酒粕	800 kg	1.1
	水+難透過性フィルム	酒粕	2 t	0.6
	水封	酒粕	800 kg	11.7
	水封	酒粕	2 t	2.6
7日間	無	無		24.8
	水+難透過性フィルム	酒粕	800 kg	0
	水+難透過性フィルム	酒粕	2 t	0
	水封	酒粕	800 kg	0.4
	水封	酒粕	2 t	0

注 1) 水封による被覆は、処理中随時水を足した。

注 2) 採取には *nit* 変異株を使用し、CMP 培地で土壤分離した。

第 10 表 還元消毒副資材や処理量の違いによる還元消毒後の土壤化学性変化と消毒効果

処理区	罹病残さ (3か所 $\times 4$ 個) からの検 出率%	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	無機態 N (mg/100g)
処理前 (11月 12日)	n d	6.4	1.86	0.16	0.9
処理後	100	-	-	-	-
次作作付前	8.3	6.5	1.85	0.16	2.0
(3月 15日)	0	6.3	1.78	0.16	2.2
	16.7	6.4	1.71	0.16	2.5
	100	6.9	1.59	0.14	0.5

注) 処理は 2015 年 11 月 19 日~2016 年 3 月 23 日 (処理 96 日) に実施した。

消毒処理前は 2015 年 11 月 12 日に土壤採取し、次作作付前の 2016 年 3 月 15 日に土壤採取した。

考 察

レンコンにおける腐敗病の被害は、収穫時の地下茎の腐敗による収量低下と地下茎横断時の穴の変形（芯とおし症）による品質低下であるが、腐敗したレンコンはほ場で廃棄され、穴の変形した被害地下茎は原因究明を求めて持ち込まれるものの、病原菌は殆ど分離できず発生要因は不明であった。西沢（1960）は、腐敗したレンコンから *Fusarium* 属菌と *Pythium* 属菌以外にも細菌類や *Rhizopus* 属菌など多くの微生物が検出され関与することを報告しているが、近年では山本（2011）が述べているように、レンコン腐敗病の主たる病原菌として、*Fusarium* 属菌では *F. oxysporum* と *F. solani* が関与し、これらに *Pythium* 菌が加わるとするのが一般的と考えられる。そこで、本県のレンコンの障害についてもこれらの病原菌が関与していると考え、収穫後のレンコンから病原菌を分離するだけでなく、生育期の根茎を掘り上げて分離を行い、検出された病原菌の同定を行うとともに生育期の病徴との関連性を調査した。その結果、産地で収集した腐敗地下茎から分離された菌株で健全レンコンの葉柄や地下茎に腐敗能が認められたものと、生育中の地下茎から分離され腐敗能の認められたものの多くが、同定の結果 *Fusarium commune* であった。生育中の地上部の症状については、葉の一部がクサビ状に黄化または枯死する特徴的な症状が観察され、この症状を示す株を掘り上げ、地下茎の各節から菌の分離を試みた結果、*F. commune* の検出と根茎の穴の変形を確認した。また、地下茎から分離した *F. commune* と *F. solani*、*F. fujikuroi* の3菌株をフスマ培養して混和した汚染土に各々レンコンを植え付けたところ、*F. commune* のみで葉に特徴的なくさび形の症状が再現された。葉に症状の認められた株は、その後、枯死するとともに地下茎中心部の褐変と穴の変形が認められた。発病株の収量は無接種株と比較し約 1/3 に減収した。これらのことから、現地におけるレンコンの減収と品質低下の原因には、*F. commune* による腐敗症状が大きく関与していると考えられた。なお、調査の過程では、植え付けた種バスから地下茎先端に至る途中で、菌の検出ができない場合があり、南川ら（1959）が述べているように、本病については、種バスからの感染のみでなく、生育途中における節位部の吸収根からの感染の可能性が示唆された。さらに、生育期の感染による特徴的なくさび形の病徴は、病原菌が地下茎および葉柄の一部

の維管束を閉塞するために生じると考えられるが、本症状は7月中旬以降に現れ、ほ場に踏み込めない場合でも、空撮によって発生を確認できることから、確認された蔓延状況によっては、収穫期の前進化や次年度対策の準備を行うなど、生産計画の指標として活用が可能と考えられた。

レンコン腐敗病の対策としては、これまでほ場の冬期湛水などの耕種的手法（南川ら、1959）の他、石灰窒素の施用（西門ら、1956、西沢、1960）や太陽熱土壌消毒（沢田ら、2017）などの報告がある。本県においては、石灰窒素施用のみが導入されているが、腐敗病防除のために多量投入すると窒素過多となる問題もあり、生産者からは、より環境に優しく効果の高い防除技術を望む声が強かった。そこで、新村（2009）、小原（2013）らによって近年開発された土壌還元消毒技術に着目し、県内で産業廃棄物として廃棄されていた酒粕などいくつかの資材を用い、炭素源として低濃度アルコールに代えて土壌中に鋤き込み、レンコン腐敗病に対する消毒効果が得られないかと考え、実験を開始した。土壌還元消毒技術は、門馬（2013）が述べているように、土壌中の *Clostridium* 属菌等の絶対嫌気性微生物の存在下で成立する消毒技術と考えられることから、実験に当たっては、できるだけ土壌中の酸素を排除するため、有機物の投入後は水を加えた後の代かきを基本とした。実験の結果、有機質資材の種類については、酒粕や小麦フスマなどを用いた場合の消毒効果が安定して高く、オレンジジュースのしぼり粕も実用上問題ないと考えられたが、きくらげ廃菌床やレンコン残さのみでは消毒効果は低かった。資材ごとの効果は、成分分析による非繊維性炭水化物の含有量と比例する傾向があり、実際の消毒に当たっては成分分析値が資材投入量の目安になると考えられた。効果の認められた資材は、投入量が増加するほど効果が安定する傾向があり、地温は20℃から30℃の間では温度が高いほど効果が安定した。また、温度が高ければ資材量は減少しても効果が安定する傾向が認められた。

土壌還元消毒を行うには、ほ場中の酸素を代かきによって追い出した後の一定期間、大気と遮断する必要があるが、レンコンのほ場は広い上に深いため、フィルム被覆には多大の資材費と労力を要する。そのため、農家からは、何とか低コスト省力で消毒したいとの要望があり、被覆資材について検討した。その結果、地温25℃の場合、難透過性フィルムによる被覆は安定して効果が高いが、水封のみでも効果が得られること

が判明した。処理後の土壌の微生物相を解析したところ、難透過性フィルム被覆区では *Clostridia* を中心とする絶対嫌気性菌群が約半数を占め、通性嫌気性菌群が約3割で、病原菌を含む好気性菌群が無処理の約7割から約2割に減少していた。一方、水封区では絶対嫌気性菌群と通性嫌気性菌群の割合が逆転するものの、好気性菌群の割合に大きな変化はなかった。このことから、難透過性フィルム被覆と水封では抑制メカニズムは異なるものの、結果的に類似の防除効果が得られることが判明した。

土壌還元消毒の効果発現のメカニズムについては、*Clostridium* 属菌等の絶対嫌気性細菌の介在が指摘されており、本研究では山形大学において、酒粕や小麦フスマ等の有機物を投入した環境下での *Clostridium* 属菌の *Fusarium* 菌に対する作用について検証を行った。有機物を添加または無添加の培地で、両菌を 20°C で 18 日間嫌氣的に共培養した結果、無添加の培地では *Clostridium* の菌株に関わらず *Fusarium* 菌が生残したのに対し、有機物を添加した培地では、菌株によって程度の差はあるものの、*Fusarium* 菌に対する殺菌効果が確認された。25°C で共培養したものを蛍光顕微鏡で観察した結果、2~3 日目には *Fusarium* 菌の菌糸の減少が認められ、7 日目にはほぼ消滅した。このことから、*Clostridium* 属菌には糸状菌細胞壁成分分解性の菌株が存在し、これらが土壌還元消毒のメカニズムの一部を構成していることが示唆された (Ueki, et al., 2020)。また、本実験において数日で病原菌細胞の変化が観察されたことから、土壌に有機物を投入した場合の還元消毒の効果発現までの日数について検証した。その結果、土壌中の *Fusarium* 菌密度は処理 3 日後には、難透過性フィルム被覆、水封とも減少し、7 日後にはどちらもほぼ検出限界となり、培地上での共培養によって得られた結果と一致した。ほ場において、有機物を投入した土壌還元消毒では、25°C 以上の十分な地温が確保できれば、消毒期間は 1 週間程度まで短縮できる可能性がある。

酒粕を用いた場内ほ場での土壌還元消毒効果確認試験では、処理が 11 月中旬からの処理であったが、植え付け前の 2 月の調査において、酒粕 1~2t/10a 区、小麦フスマ 1t/10a 区の全てで罹病残さからの検出が少ないことが確認された。なお、処理後の土壌の pH や全炭素、全窒素には処理によって大きな差は無く、翌年の作付けへ影響は少ないと考えられた。

また、最終年の 2017 年 9 月に岩国市の農家ほ場で

実施した土壌還元消毒では、翌年にレンコンを植え付けた後、2019 年 2 月に収穫を行った。その結果、レンコンの区間をまたぐ生育により、処理区ごとの差は確認不能となったものの、農家の記録で前年比 40% の増収となり、土壌還元消毒の有効性が確認された。

以上のことから、還元消毒には微生物増殖のための炭素源として非繊維性炭水化物を多く含むものを利用すると消毒効果が高く、酒粕を利用した場合、代かき後フィルム被覆での消毒効果が最も高いが、25°C 以上確保できれば 800kg/10a の施用することで代かき後、継続的に湛水処理した場合でも効果が認められ、その効果は処理 7 日後には現れると考えられた。

本研究においては、レンコン腐敗病を対象として未利用有機物を活用した土壌還元消毒の効果とそのメカニズムについて検討を行ったが、発生生態では腐敗病の病徴の特定や病原菌の再確認など、防除においては資材選択の基準や消毒のメカニズムの解明などにおいて新たな知見を得ることができた。これらの知見は、レンコンだけでなく他の畑作物の土壌伝染性病害の防除においても応用可能と考えられる。今後は、本技術を人にも環境にも優しい防除対策技術として、普及させていきたいと考えている。

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術 研究推進事業 27016C「中山間の未利用有機性資源を活用した人にも環境にもやさしい土壌消毒技術の実用化」の中で行った。実施するに当たっては、現地の栽培農家の方々および JA 岩国市 (現 JA 山口県岩国統括本部) の担当者にお世話になった。ここに記し謝意を表す。

摘 要

山口県の特産作物であるレンコンにおいては、レンコン腐敗病が発生し減収や品質低下の原因となっている。そこで、腐敗病の発生生態について調査するとともに、未利用の有機資材を活用した新たな土壌還元消毒技術の効果を調べた。また消毒効果発現の仕組みについて検証した。調査の結果、レンコン腐敗病の病原菌は主として *Fusarium commune* と考えられた。病原菌は生育期にも感染し、感染後は一部の維管束の閉塞によって葉にくさび形の病斑を形成した。病斑は、7 月以降に出現し、ドローンによる空撮ではほ場に入らなくても観察が可能である。土壌還元消毒に有効な有機資材の種類では、酒粕や小麦フスマ等の非繊維性炭水化物を多く含む資材の効果が高く、投入量は資材の成分

分析データからある程度推定できると考えられた。処理温度は 20~30°C では高いほど有機物の投入量を低減できた。代かき処理後の被覆では、難透過性フィルム被覆の効果が高いが、水封でも代用できる。水封の場合では、微生物相は難透過性フィルム被覆の場合と比べてやや異なっていた。有機資材を用いた土壌還元消毒では、*Clostridium* 属菌が増加することにより、病原菌の細胞壁が破壊されることも、効果に寄与している可能性が考えられた。土壌還元消毒の効果は、室内試験では地温が 25°C 以上かつ空気と遮断された条件であれば、1 週間程度で発現した。

708-709.

山本勉・金磯泰雄 1977. 水管理, とくに夏季の落水がハス腐敗病の発生に及ぼす影響. 四植防研. 12. 39-42.

引用文献

- 小原裕三. 2013. 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒技術実施マニュアルの紹介. 植物防疫. 67(4). 1-6.
- 南川勝次・西沢正洋・斎藤久男. 1959. 食用蓮に関する研究 (第 2 報) 蓮根腐敗病の防除について. 園学雑. 28(4). 241-256.
- 門馬法明. 2013. 土壌還元消毒法によるトマト萎凋病菌の密度低減効果のメカニズム解析. 植物防疫. 67(4). 18-21.
- 西門義一・渡辺清志. 1956. 蓮根腐敗病防除試験. 農学研究. 44(2). 56-64.
- 西沢正洋. 1960. 蓮根の腐敗病に関する研究. 九農試彙報. 6(1). 1-75.
- 沢田英司・阿部成人. 2017. 徳島県のレンコン栽培における病害虫の発生状況と対策. 植物防疫. 71(12). 1-4.
- 新村昭憲. 2000. 土壌還元消毒法. 農業技術大系土壌施肥編 5-①. 畑 212 の 6-9. 農文協. 東京.
- Takehara T, Kuniyasu K, Mori M, Hagiwara H. 2003. Use of a nitrate-nonutilizing mutant and selective media to examine population dynamics of *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae* in soil. *Phytopathology* 93: 1173-1181.
- Ueki A, Takehara T, Ishioka G, Kaku N, and Ueki K. 2020. β -1,3-Glucanase production as an anti-fungal enzyme by phylogenetically different strains of the genus *Clostridium* isolated from anoxic soil that underwent biological disinfestation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 104: 5563-5578.
- 山本 勉. 2011. ハス腐敗病. フザリウム - 分類と生態・防除 -. 駒田旦ら編. 全国農村教育協会. 東京.

【短 報】

山口型放牧とイネ WCS を活用した経営安定化技術

森田 正浩・古澤 剛*・鈴木 真士**

緒 言

肉用繁殖牛の放牧は妊娠中期から分娩2か月前と期間が限られ、放牧期以外は給与飼料の確保が必要である。こうした中、水田の有効活用による自給飼料増産のため栽培が拡大している飼料用イネ発酵粗飼料（以下、「イネ WCS」という。）の活用が考えられる。

イネ WCS は、嗜好性や栄養価が高く、βカロテンやビタミンE含量が稲わらや乾草よりも高い（一般社団法人日本草地畜産種子協会, 2020）。一方、繁殖成績に問題がある牛群ではβカロテン（若しくはビタミンA）やビタミンEの不足を指摘する臨床報告（吉永ら, 2000）が多く、繁殖性の向上にビタミン類の充足が不可欠となっている。

そこで本試験では、放牧終了後にイネ WCS を活用した場合の繁殖成績への影響等を検討し、集落営農法人等が山口型放牧とイネ WCS 生産を取り入れた場合の経営評価を行ったので、その概要を報告する。

材料および方法

1 繁殖性比較試験

山口型放牧において、イネ WCS と乾草を給与した場合の繁殖成績に及ぼす影響を検討した。供試牛はイネ WCS 給与区12頭、乾草給与区12頭とした。供試飼料はイネ WCS には「たちすずか」、乾草にはイタリアンライグラスを用いた。

イネ WCS 給与区については、2016年度は4頭を用い、分娩前後2か月間イネ WCS 14 kg/日および配合飼料2 kg/日を給与した。2017~2018年度は8頭を用い、分娩前1か月間はイネ WCS を14 kg/日、配合飼料+大豆粕を2.7 kg/日、分娩後3か月間はイネ WCS を10 kg/日、配合飼料を2.5 kg/日を給与した。乾草給与区については、2016年度は4頭を用い、分娩前後2か月間は乾草6.5 kg/日および配合飼料2 kg/日を給与した。2017~2018年度は8頭を用い、分娩前1か月間は乾草5 kg/日および配合+大豆粕2.6 kg/日、分娩後は3か月間乾草4 kg/日および配合2.5 kg/日

を給与した。調査項目は子牛出生時体重、初回発情、受胎までの日数とし、血中ビタミンAおよびビタミンE濃度は、高速液体クロマトグラフィー（島津製作所製LC-20A、カラム：信和化工製STR-ODSII）を用い、ビタミンAはレチノールとしてフォトダイオードアレイ検出器、ビタミンEはαトコフェロールとして蛍光検出器を用いて測定した。

2 イネ WCS の効率的利用法の検討

小規模な肉用牛繁殖農場でもイネ WCS を小分けして保存することで有効に活用できるかどうかを明らかにするため、暑熱時期にイネ WCS ロールを開封後、市販の布団収納袋の脱気するタイプを利用し、10kg程度に小分けして14日間常温保存し、pH変動、採食および変敗状況を観察した。

結果および考察

1 繁殖性調査

放牧終了後、分娩前後にイネ WCS 及び乾草を給与した場合、子牛の生時体重、初回発情までの日数および分娩から受胎までの日数に差はなかった（第1表）。

放牧終了後、分娩前2か月~分娩後2か月までイネ WCS および乾草を給与して血清中のビタミンA、ビタミンE濃度を測定した結果、両区間に差はなかった。

また、放牧終了後、分娩前1か月~分娩後3か月までイネ WCS 及び乾草を給与して血清中のビタミンA、ビタミンE濃度を測定した結果、イネ WCS 給与区のビタミンA濃度が有意に高かった（第2表）。一方、繁殖性調査の結果、成績に差がなかったことから、乾草給与区のビタミンA濃度も、繁殖成績に影響を及ぼすほど不足していないものと思われた。

以上から、イネ WCS 給与によりビタミンAが不足する可能性は低く、繁殖性への影響はないと考えられることから、イネ WCS 給与は地域資源有効活用の観点から有用と考えられた。

牛舎で購入乾草を給与した経営と、山口型放牧にイネ WCS を取り入れた経営の収支を試算すると、繁殖

* 柳井農林水産事務所、** 岩国農林水産事務所

山口型放牧とイネ WCS を活用した経営安定化技術

第1表 繁殖性の比較

試験年度	区分	母牛 産次数	出生時体重(kg)		初回発情 (日)	分娩から 受胎(日)	
2016 ^z	イネWCS 給与区	平均	5.0	♂ (n=2) 42.4	♀ (n=1) 45.6	41.3	146.0
		標準偏差	1.7	1.1		13.3	60.6
	乾草 給与区	平均	4.8	♂ (n=3) 34.8	♀ (n=1) 38.8	39.5	150.8
		標準偏差	2.9	4.2		7.0	45.7
2017・ 2018 ^y	イネWCS 給与区	平均	3.8	♂ (n=4) 36.6	♀ (n=2) 30.2	36.3	98.5
		標準偏差	1.5	4.6	1.1	14.4	62.1
	乾草 給与区	平均	5.2	♂ (n=4) 41.3	♀ (n=2) 31.4	38.8	109.8
		標準偏差	1.8	9.4	0.5	15.5	57.6

^z 分娩前2か月から分娩後約2か月まで給与

^y 分娩前1か月から分娩後約3か月まで給与

第2表 血清中のビタミンA、ビタミンE濃度 (単位: $\mu\text{g}/\text{dL}$)

試験年度	区分	ビタミンA		ビタミンE	
2016 ^z	イネWCS給与区	平均	17.2	555.7	
		n=12 標準偏差	2.7	130.8	
	乾草給与区	平均	15.1	410.6	
		n=4 標準偏差	3.9	191.5	
2017・2018 ^y	イネWCS給与区	平均	11.3 ^a	335.6	
		n=21 標準偏差	3.2	155.6	
	乾草給与区	平均	8.6 ^b	312	
		n=17 標準偏差	2.4	200.9	

^z 分娩前2か月から分娩後約2か月まで給与

^y 分娩前1か月から分娩後約3か月まで給与

^x 分娩前1か月から分娩後約3か月まで給与

^t 検定により、同項目異符号間には5%水準で有意差あり

第3表 経営試算

(繁殖雌牛2頭飼養、2年目以降)

		購入乾草+舎飼い	イネWCS+山口型放牧 ^z
収入(円)		1,509,157	1,410,607
内訳	子牛販売(円)	1,264,713	1,264,713
	堆肥販売(円)	244,444	145,894
支出(円)		1,210,282	897,292
内訳	飼料費(円)	316,784	218,210
	労働費(円)	588,000	354,000
	その他(円)	305,498	325,082
収支(円)		298,875	513,315

^z 耕作放棄地で6か月間(5~10月)放牧を実施、残りの6か月間イネWCSを給与

雌牛2頭飼育の場合、牛舎飼育+購入乾草で298,875円、山口型放牧+イネWCSで513,315円となり(第3表)、山口型放牧にイネWCSを取り入れた場合、低コスト経営が可能であると考えられた。

2 イネWCSの効率的利用

夏場にイネWCSの中型ロール(300kg)を開封後、10kg程度に小分けし脱気をすれば、2週間程度の常温保存でも2次発酵による腐敗やpHの変化はなかった。また、嗜好性にも問題がなかったことから、イネWCSロールの大部分を廃棄することを考慮すれば、小分け作業にある程度の手間はかかるもののイネWCSの効率的な利用が可能であると考えられた(データ省略)。

引用文献

- 一般社団法人日本草地畜産種子協会. 2020. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル(第7版). p.100-106. 一般社団法人日本草地畜産種子協会. 東京
- 吉永ら. 2000. 肉用繁殖牛の生産性向上に関する試験(第1報) - 粗飼料中の β -カロチンが繁殖性に及ぼす影響 -. 平成12年度佐賀県畜産試験場試験研究成績書. 37. 27-29.

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程（最終改正：令和元年7月8日）

1 目的

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

2 投稿者

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

3 論文

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

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

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

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

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

4 原稿の作成及び提出

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

(2) 研究報告に投稿する論文は、担当編集委員の校閲を受けた上で、編集委員会で定めた日までに編集委員会事務局に提出しなければならない。

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

(4) 特別研究報告に投稿する論文は、随時編集委員会事務局へ提出できる。

5 投稿された論文の掲載採否及び順位

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

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

6 校正及び印刷

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

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

(3) 研究報告に投稿された論文は、編集委員会での内容に基づき報文と短報の区分替えを行うことができる。

7 その他

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

附則

1 平成25年2月1日改正は平成25年4月1日から施行する。

2 平成25年7月16日改正は平成26年8月1日から施行する。

3 令和元年7月8日改正は令和元年8月1日から施行する。

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

編集委員長
Editor in Chief

村本 和之
MURAMOTO Kazuyuki

編集委員
Editors

徳永 哲夫
TOKUNAGA Tetsuo

岡崎 亮
OKAZAKI Akira

金子 和彦
KANEKO Kazuhiko

日高 輝雄
HIDAKA Teruo

品川 吉延
SHINAGAWA Yoshinobu

吉村 剛志
YOSHIMURA Tsuyoshi

松本 容二
MATSUMOTO Youji

秋友 一郎
AKITOMO Ichiro

小枝 登
KOEDA Noboru

山口県農林総合技術センター研究報告
第 12 号

発行日 令和3年（2021年）3月

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

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER
No.12

CONTENTS

Original Articles

- 1201 Effect of Warming Start Time on the Growth and Yield of Wasabi in Wasabi Super Forcing Cultivation 1
SHIGEFUJI Yuuji, HIDAKA Teruo, KIMURA Yasushi and TSURUYAMA Johshin
- 1202 Development and Characteristics of Nakayamakou 01, Leaf Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) with Dark 10
Green Leaves
FUJII Kouei, MIKODA Takashi, NISHIDA Misako, SHIGEFUJI Yuuji and HIDAKA Teruo
- 1203 Cultivation Conditions for Stable Production of a Leaf Bunching Onion (*Allium fistulosum* L.) Cultivar with Dark 18
Green Leaves in Summer
FUJII Kouei, NISHIDA Misako, SHIGEFUJI Yuuji, KIMURA Ichiro, WATANABE Takahiro and HIDAKA Teruo
- 1204 Occurrence of Bacterial Fruit Rot of Japanese Pear Caused by *Erwinia chrysanthemi* : Infection via the Feeding 30
Holes of *Plautia stali*
KARATSU Tatsuhiko, TONOGOCHI Hisako, OKAZAKI Hitoshi and HORITA Mitsuo
- 1205 Development of Mitigation of Alternate Bearing for Medium-late Maturing Citrus ‘Setomi’ 36
KANETSUNE Yasuhiko, NAKASHIMA Kanta and NISHIOKA Mari
- 1206 Studies on Citrus Melanose Occurring Specifically on the Fruit Skin Exposed to Direct Sunlight: Infection 48
Timing, Factors, and Mitigation Measures
SERA Tomoka and MURAMOTO Kazuyuki
- 1207 Effects of Feeding Local Resources to Improve Self-Sufficiency Rate on the Growth Performance, Carcass 55
Characteristics, and Meat Quality of Japanese Black Fattening Cattle
YAMAMOTO Kouji, YOSHIMURA Kenichi, OKAZAKI Akira and MURATA Syouhei
- 1208 Mechanism of Rhizome Rot Pathogenesis in Lotus Root and its Control by Anaerobic Soil Disinfestation 61
IZUHO Miwa, SUMIDA Yoshinori, UEKI Atsuko, ISHIOKA Gen, SASAKI Kazunori, MORI Shinsuke,
AOKI Hiroyuki and TAKEHARA Toshiaki

Short Report

- 1209 Management Stabilization Technology Utilizing Yamaguchi-Type Grazing and Rice Whole-Crop Silage 75
MORITA Masahiro, FURUSAWA Takeshi and SUZUNAGA Shinji