

BULLETIN
OF THE
SHIMANE AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER
No. 51
March 2024

島根県農業技術センター研究報告

第 51 号

令和 6 年 3 月

SHIMANE AGRICULTURAL TECHNOLOGY CENTER
IZUMO, SHIMANE, 693-0035, JAPAN

島根県農業技術センター

島根県出雲市

島根県農業技術センター研究報告 第 51 号 (令和 6 年 3 月)

目 次

報 文

水稻品種‘きぬむすめ’における施肥方法の違いが生育、収量及び収量構成要素へ及ぼす影響

…………… 川岡達也・田中 亙 …… 1

揺動ブラシ式歩行型除草機による機械除草が雑草発生及び有機水稻の生育、収量に及ぼす影響

…………… 安達康弘・松本樹人・吉田慎吾
山本 明・大倉嗣之・陶山 純 …… 15

加温ポット栽培におけるブドウ‘デラウェア’の生育時期別 LAI および日射量と水分消費量の関係に基づくかん水量の推定

…………… 大畑和也・大野泰司・倉橋孝夫 …… 25

早朝低温処理が加温促成鉢物アジサイの新梢伸長および開花に及ぼす影響

…………… 加古哲也・川村 通 …… 39

島根県におけるモンオビヒメヨトウ発生生態とエゴマ(種子)ほ場における防除について

…………… 角 菜津子・澤村信生・山本隼佑 …… 49

他誌掲載論文リスト

島根県農業技術センターに所属する職員が著者となり、他誌に掲載された論文一覧

(2023 年 4 月～2024 年 3 月発行分) …… 59

Bulletin of the Shimane Agricultural Technology Center

No.51 March 2024

CONTENTS

Original Research Articles

Tatsuya Kawaoka and Wataru Tanaka:

Effects of Fertilizer Application Methods on Growth, Yield, and Yield Components of Paddy Rice Variety 'Kinumusume'

..... 1

Yasuhiro Adachi, Shigehito Matsumoto, Shingo Yoshida, Akira Yamamoto, Hideyuki Okura and Jun Suyama:

Effects of Mechanical Weeding using a Walking-Type Weeder with the Oscillating Brush System on Emergence of Weeds, Growth, and Yield of Organic Paddy Rice

..... 15

Kazuya Ohata, Yasushi Ono and Takao Kurahashi:

Optimum Cultivation for 'Delaware' Grapevines: Estimation of Irrigation Volume Based on the Relationship between LAI, Solar Radiation Amount, and Water Consumption for Each Growing Stage in a Heated Greenhouse

..... 25

Tetsuya Kako and Tooru Kawamura:

Effects of Morning Temperature Drop Treatment on Shoot Elongation and Flowering in Forcing Cultured Potted Hydrangea

..... 39

Natsuko Kado, Nobuo Sawamura and Syunsuke Yamamoto:

Hatching Patterns and Agricultural Chemical Pest Control for the Larvae of *Dysmilichia gemelli* in Perilla Oilseed Fields of Shimane Prefecture

..... 49

List of papers published in external journals

List of papers published in external journals written by the researchers of Shimane Agricultural Technology Center (published from April 2023 to March 2024)

..... 59

水稻品種‘きぬむすめ’における 施肥方法の違いが生育、収量及び収量構成要素へ及ぼす影響

川岡 達也¹⁾・田中 亙¹⁾

Effects of Fertilizer Application Methods on Growth, Yield, and Yield Components of Paddy Rice Variety ‘Kinumusume’

Tatsuya Kawaoka¹⁾ and Wataru Tanaka¹⁾

I 緒 言

水稻品種‘きぬむすめ’は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センターにて、‘キヌヒカリ’を母とし、‘祭り晴’を父とした交配組合せから育成され、成熟期が‘日本晴’に比べて1～2日遅く、外観品質、収量が安定した良食味品種である（梶ら，2009）。島根県の水稲作付面積は16,400ha（農林水産省，2022）で、その内、‘きぬむすめ’は主食用うるち品種の3割以上（約5,600ha）を占める本県の主要品種である。本県では奨励品種決定調査において特性の把握を行い、全国に先駆け2005年に‘きぬむすめ’を奨励品種に採用した。他県では、岡山県、鳥取県、山口県、兵庫県、滋賀県、静岡県、和歌山県など、西日本を中心に栽培されており、島根県は全国で作付面積が最も多い（農林水産省，2022）。島根県産‘きぬむすめ’は、一般財団法人日本穀物検定協会の食味ランキングにおいて、2021年から2年連続で「特A」を獲得するなど炊飯米の食味に優れ、販売面では実需者からの評価は高い（一般財団法人日本穀物検定協会，2022）。

本県では、島根県農林水産基本計画（2020）

の中で、米の需要減少に伴う米価下落に対応した「持続可能な米づくりの確立」を推進するため、米づくりの担い手の多くが生産コスト9,600円/60kg以下を達成することを目標としている。担い手の生産コスト削減のためには、本県主要品種である‘きぬむすめ’における安定多収栽培技術の確立が重要である。そのため、収量600kg/10a以上を確保する必要があると試算される（島根農技セ，未定稿）。

‘きぬむすめ’の栽培にあたって、本県の水稲・麦・大豆指導指針（2021）では、移植適期は5月上旬～下旬、栽植密度18.5株/m²（条間30cm，株間18cm），1株植付本数3～4本を基準としている。また、施肥方法は、分施体系として窒素を成分量で基肥が3～4kg/10a，7月第1半旬（移植後50日頃）を目安に茎数が少なく、葉色が淡い場合には中間追肥を1kg/10a程度、穂肥を出穂20日前と10日前にそれぞれ1～1.5，2～2.5kg/10aを施用し、合計で6～9kg/10a施用することとしている。しかし、この指針における目標収量は570kg/10aであり、目標収量600kg/10aを目指した安定多収栽培における施肥方法の検討は本県において今まで十分に行われていない。

1) 島根県農業技術センター

松本ら (2011) は, ‘きぬむすめ’ の分施肥体系について検討し, 窒素成分を基肥量 4kg/10a, 穂肥量 2kg/10a とすることで, 多収かつ品質・食味良好となり, 緩効性肥料を用いる場合には, 窒素成分を基肥のみ 5~7kg/10a 施用することで, 多収で品質良好になったとしている. また宮井ら (2015) は, 窒素施用量 6~12kg/10a では, 施肥量が多いほど生育が旺盛になり精玄米重が重くなること, 追肥時期が早いほど m^2 当たり粒数及び 1 穂粒数が多くなったことを明らかにした. また, 玄米タンパク質含有率は施肥量が多いほど高く, 12kg/10a では品質が低下する可能性があることから, 窒素施用量は 10kg/10a 程度としている.

水稻の収量は, それを構成する収量構成要素 (m^2 当たりの穂数, 1 穂粒数, 登熟歩合, 千粒重) を掛け合わせたものから成り立っており (松島, 1957), これら収量構成要素は互いに関係し合っている. 水稻の生育や収量及び品質に及ぼす窒素の影響は時期によって異なり, 適正な窒素レベルを維持することは安定多収栽培のために重要である. 松島 (1966) は「V字理論イナ作」の中で, 出穂前 33 日頃 (穂首分化期) を中心とした時期に窒素を効かすと粒数増加に効果はあるが, 登熟歩合は低下することを明らかにしている. 島根県平坦部の 5 月中旬移植 ‘きぬむすめ’ では, 移植後 50 日頃に最高分けつ期, 移植後 60 日頃に穂首分化期となり, 移植後 65 日前後に幼穂形成期を迎えることが多く, その後穂肥の時期となる. 本県において, 穂肥施用時期より前である移植後 50~60 日頃の間追肥が ‘きぬむすめ’ の生育や収量構

成要素, 収量及び玄米品質等にどのような影響を及ぼすのかは十分に分かっていない.

そこで本研究では, ‘きぬむすめ’ において, 窒素施肥方法の違い, 特に移植後 50~60 日頃の間追肥が生育, 収量及び収量構成要素に及ぼす影響を明らかにし, 収量 600kg/10a を達成できる施肥方法を確立することを目的とした. また, 安定多収のための収量構成要素及び適正生育モデルの策定を検討した.

II 材料および方法

1 耕種概要

試験は, 2018~2021 年に島根県農業技術センター水田試験ほ場 (島根県出雲市芦渡町, 標高 8m, 低地造成土, 細粒質黄色土/湿性相) で行った. 供試品種は, ‘きぬむすめ’ を用い, 播種量は乾粒 120g/箱, 播種は 4 月下旬として, 稚苗を 5 月中旬に移植した. 栽植密度は, 2018 年が 18.5 株/ m^2 (条間 30cm, 株間 18cm), 2019~2021 年が 15.9 株/ m^2 (条間 30cm, 株間 21cm) とし, 1 株苗数 3~4 本植えて機械移植した.

2 施肥方法

年次ごとの各試験区の設定は, 施肥時期及び総窒素施肥量の違いにより表 1 のとおりとした. 肥料は, 基肥には複合燐加安 44 号 ($\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}=14-17-13$) を, 移植後の中間追肥および穂肥には NK 化成肥料 ($\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}=17-0-17$) を使用した. 基肥は代かき時に全層施肥により行い, 中間追肥および穂肥は表層施肥により実施した. 施肥の分施肥体系は, 基肥-中間追肥 (移植後 50 日)-中間追肥 (移植後 60 日

表1 各試験区の時期別窒素施肥量

年次	試験区	窒素施肥量(kg/10a)					合計
		基肥	移植後 50日	移植後 60日	穂肥 ²⁾ 1回目	穂肥 ³⁾ 2回目	
2018	基肥・穂肥8kg区	4	0	0	2	2	8
	通期10kg区	4	2	0	2	2	10
	通期12kg区	5	2	0	2.5	2.5	12
2019	基肥・穂肥8kg区	4	0	0	2	2	8
	通期10kg区	4	2	0	2	2	10
	通期11kg区	3	2	2	2	2	11
2020	基肥・穂肥8kg区	4	0	0	2	2	8
	通期10kg区	4	2	0	2	2	10
2021	基肥・穂肥10kg区	4	0	0	3	3	10
	通期10kg区	4	2	0	2	2	10

²⁾穂肥1回目は出穂前20日頃に施用.³⁾穂肥2回目は出穂前10日頃に施用.

）-穂肥1回目（出穂前20日）-穂肥2回目（出穂前10日）とした。2018年は基肥・穂肥8kg区（4-0-0-2-2kg/10a）、通期10kg区（4-2-0-2-2kg/10a）、通期12kg区（5-2-0-2.5-2.5kg/10a）の3試験区（各2反復）とした。2019年は、基肥・穂肥8kg区（4-0-0-2-2kg/10a）、通期10kg区（4-2-0-2-2kg/10a）、通期11kg区（3-2-2-2-2kg/10a）の3試験区（各3反復）とした。2020年は、基肥・穂肥8kg区（4-0-0-2-2kg/10a）、通期10kg区（4-2-0-2-2kg/10a）の2試験区（各3反復）とした。そして2021年は、基肥・穂肥10kg区（4-0-0-3-3kg/10a）、通期10kg区（4-2-0-2-2kg/10a）の2試験区（各3反復）とした。試験区規模は1区54㎡とした。

3 調査方法

1) 生育調査

生育期間中の調査は、草丈及び茎数を移植後30日から60日まで10日間隔で1区連続15～20株を測定した。また、葉緑素計（コニカミノルタ社製、SPAD-502Plus）を用いて移植後30日から70日まで10日間隔で上位展開第2葉の葉色を1区10～15株測定した。出穂期及び成熟期は止葉を測定した。これらのデータから、生育指標値（草丈×茎数×葉色× 10^{-4} ）を算出した。

2) 成熟期調査

成熟期における稈長、穂長、穂数は1区当たり連続15～20株を調査した。また、成熟期における倒伏程度は「無、微、少、中、多、甚」の6段階で目視により評価した。

3) 器官別乾物重

器官別乾物重は、幼穂形成期、穂揃期、登熟中期（出穂後20日頃）、成熟期に、1区4～6株の稲体を採取し、葉身、葉鞘と稈、穂及び枯葉に分解して80℃3日間の通風乾燥を行い測定した。

4) 収量及び収量構成要素

収量調査は、3.78㎡で収穫した収穫物を対象とした。調査項目は、精玄米収量、収量構成要素である㎡当たり穂数、1穂粒数、登熟歩合及び玄米千粒重とした。登熟歩合は、生育調査株

の中から生育中庸な6株を調査対象とした。精玄米収量、玄米千粒重及び登熟歩合の算出には、ふるい目1.9mmにより選別されたものを用いた。精玄米収量、玄米千粒重は水分15%換算値として算出した。

5) 穂の着粒構造

穂の着粒構造について、各試験区で生育中庸な1区4株から60穂を無作為に抽出し、松葉（1991）の類別に基づき、1次枝梗、2次枝梗、1次粒、2次粒、3次粒に分類し（図1）、枝梗数及び着粒位別粒数を調査した。

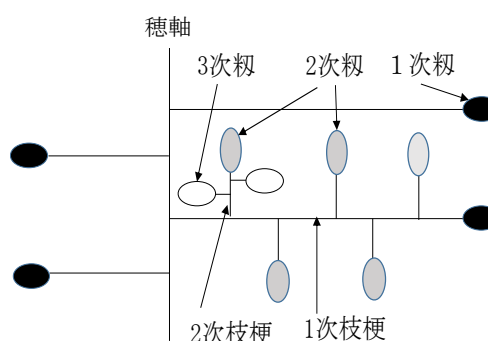


図1 穂内の着粒位置による粒の分類方法²⁾

²⁾ 松葉（1991）に基づいて、穂軸からの枝分かれの回数に対応した次数を与えることにより分類した。

6) 玄米粒厚別重量比

収穫物の玄米について、穀物用縦目ふるい（大屋丹藏製作所社製）を用いて、各区の粗玄米200gを5分間震とうし、粒厚別に選別してその重量割合を調査した。

7) 玄米外観品質

玄米外観品質については、1区2,000粒の精玄米について、穀粒判別器（サタケ社製、RGQI-10B）により測定した。検査等級は（一財）日本穀物検定協会関西神戸支部島根駐在検査員により1等（上、中、下）～3等（上、中、下）、規格外の10段階に検査格付を判定した。

8) 食味関連形質

食味関連形質については、食味分析計（静岡製機社製、TM-3500）により各区の水分、玄米タンパク質含有率、食味スコアを測定した。

各調査のデータは、2018年は2反復の平均値、2019～2021年は3反復の平均値を使用した。

Ⅲ 結 果

1 乾物重へ及ぼす影響

総窒素施肥量が同じである 2021 年の試験区間について、生育時期別の 10a 当たりの器官別乾物重を図 2 に示した。幼穂形成期、穂揃期、登熟中期（出穂後 20 日頃）において、中間追肥を施用した通期 10kg 区は施用していない基肥・穂肥 10kg 区に比べて、葉身重が有意に重かった。登熟中期においては、葉鞘及び稈重についても通期 10kg 区が有意に重く、全重についても有意な差が認められた。一方、全重に占める穂重の割合は、いずれの時期においても通期 10kg 区が基肥・穂肥 10kg 区に比べて低かった。成熟期においては、全重及び器官別乾物重に有意な差は認められなかった。

2 成熟期の草型及び倒伏程度への影響

表 2 に各年次における試験区ごとの成熟期の稈長、穂長及び倒伏程度を示した。稈長は、窒素施肥量が多いほど長くなり、特に中間追肥を施用した通期区は施用していない基肥・穂肥区に比べて長かった。穂長については窒素施肥方法による有意な差は認められなかった。倒伏程度は、窒素施肥量が多い方が大きく、中間追肥を行った通期区の方が施用していない基肥・穂肥区より倒伏しやすい傾向があった。

3 収量構成要素及び収量への影響

表 3 に各年次における試験区ごとの収量構成要素及び精玄米収量を示した。m²当たり穂数は、いずれの年次でも中間追肥を行った通期区が施用していない基肥・穂肥区に比べて増加する傾向を示した。2019 年において、中間追肥を 2 回行った通期 11kg 区が中間追肥を施用していない基肥・穂肥 8kg 区に比べて m²当たり穂数が有意に多かった。1 穂粒数は m²当たり穂数と同様に、中間追肥を行った通期区が施用していない基肥・穂肥区に比べて増加する傾向を示し、2019 年及び 2021 年において有意な差が認められた。m²当たり粒数は、m²当たり穂数及び 1 穂粒数の増加に伴い、通期区が基肥・穂肥区に比べて多かった。一方、登熟歩合は通期区の方が基肥・穂肥区より低くなり、m²当たり粒数の多い試験区ほど低下した。また玄米千粒重は、通期区が基肥・穂肥区より軽く、m²当たり粒数の多い試験区ほど軽い傾向を示した。精玄米収量は、2018 年では総窒素施肥量が多い試験区の方が高い傾向があったが、2019 年では試験区間で有意な差は無く、2020 年及び 2021 年では、中間追肥を施用していない基肥・穂肥区の方が施用した通期区より有意に多くなった。

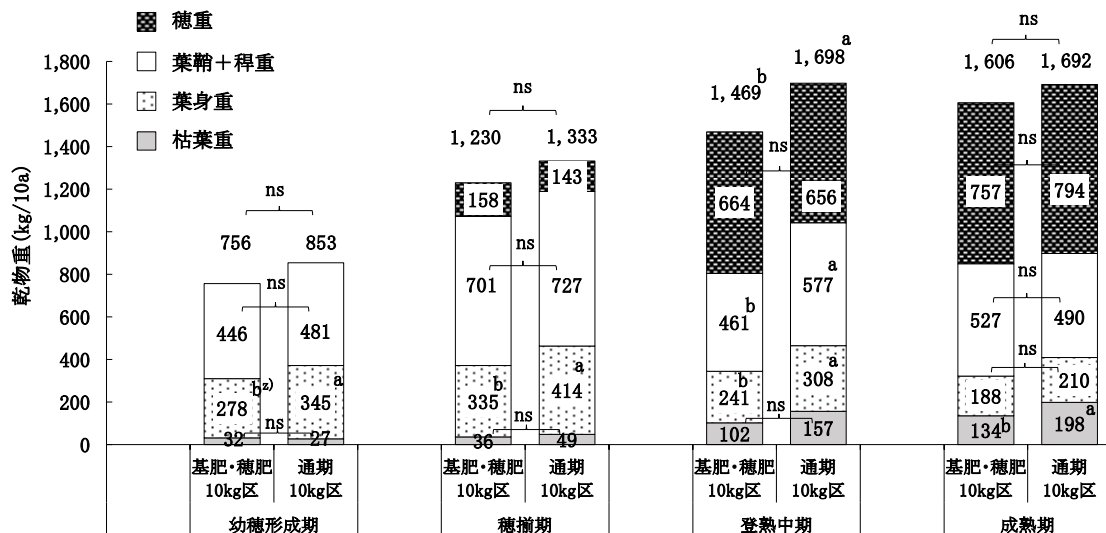


図2 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが生育期間中の器官別乾物重に及ぼす影響(2021 年)

^{a)}異なるアルファベットは、t 検定により有意水準 5% で有意差有り、ns は有意差なし。

川岡・田中：水稻品種‘きぬむすめ’における施肥方法の違いが生育、収量及び収量構成要素へ及ぼす影響

表2 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが稈長、穂長及び倒伏程度に及ぼす影響

年次	試験区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	倒伏 ^{y)} 程度
2018	基肥・穂肥8kg区	79.5	17.4	0
	通期10kg区	85.1	16.2	0
	通期12kg区	85.1	17.3	1
2019	基肥・穂肥8kg区	81.4 b ^{z)}	17.7 a	0
	通期10kg区	84.3 a	17.3 a	0
	通期11kg区	86.0 a	18.4 a	1
2020	基肥・穂肥8kg区	77.1 b	18.6 a	1
	通期10kg区	86.8 a	17.9 a	2
2021	基肥・穂肥10kg区	85.2 b	17.3 a	0
	通期10kg区	93.8 a	16.8 a	2

^{z)}異なるアルファベットは、2019年はTukeyの多重検定により、2020年及び2021年はt検定により有意水準5%で有意差有り。

^{y)}倒伏程度は、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)、甚(5)の6段階で目視により判定した。

表3 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが収量構成要素及び精玄米収量に及ぼす影響

年次	試験区	m ² 当たり 穂数 (本/m ²)	1穂 粒数 (粒/穂)	m ² 当たり 粒数 (粒/m ²)	登熟 ^{y)} 歩合 (%)	玄米 ^{x)} 千粒重 (g)	精玄米 ^{x)} 収量 (kg/10a)
2018	基肥・穂肥8kg区	316	78	24,709	86.0	23.0	488
	通期10kg区	360	82	29,259	83.4	22.7	554
	通期12kg区	349	83	28,945	85.5	22.7	562
2019	基肥・穂肥8kg区	360 b ^{z)}	91 b	32,929 b	79.3 a	22.7 a	592 a
	通期10kg区	374 ab	99 ab	36,864 ab	73.6 b	22.4 a	607 a
	通期11kg区	389 a	105 a	40,832 a	66.5 c	21.9 b	594 a
2020	基肥・穂肥8kg区	374 a	84 a	31,793 b	80.3 a	23.4 a	595 a
	通期10kg区	407 a	98 a	39,205 a	58.9 b	20.2 b	477 b
2021	基肥・穂肥10kg区	412 a	94 b	38,647 b	74.5 a	23.1 a	666 a
	通期10kg区	438 a	112 a	49,193 a	52.1 b	22.0 b	563 b

^{z)}異なるアルファベットは、2019年はTukeyの多重検定により、2020年及び2021年はt検定により有意水準5%で有意差有り。

^{y)}登熟歩合は、逆正弦変換後の数値について検定を実施した。

^{x)}粒厚1.9mm以上の水分15%換算値。

4 穂の枝梗数及び着粒位別粒数への影響

松葉 (1991) の類別 (図 1) に基づき、表 4 に 2020～2021 年の各試験区の枝梗数及び穂軸からの枝分かれによる着粒位別粒数を示した。中間追肥を施用した通期区は施用していない基肥・穂肥区に比べて、1 次枝梗数及び 1 次粒数が両年ともに有意に多かった。しかし、2 次枝梗数については同程度であり有意な差は認められなかった。また、2020 年において、通期区の 2 次粒数は基肥・穂肥区に比べて有意に多く、2021 年においては通期区の 3 次粒数は基肥・穂肥区に比べて有意に多かった。

5 玄米粒厚別重量比への影響

図 3 に各年次における試験区の玄米粒厚別重量比を示した。いずれの年次においても、2.0mm 以上の粒厚の厚い玄米の割合は、基肥・穂肥区が通期区に比べて高かった。一方、粒厚 2.0～1.9mm の玄米の割合は、基肥・穂肥区より通期区が高かった。また、ふるい下米となる粒厚 1.9mm 未満の玄米の割合は、基肥・穂肥区より通期区が高かった。2019 年では、窒素施肥量が多い試験区ほど、2020～2021 年では中間追肥を施用した試験区で、粒厚の薄い玄米の割合が高くなった。

6 玄米外観品質及び食味関連形質への影響

表 5 に各年次における試験区ごとの玄米外観品質及び食味関連形質の調査結果を示した。

整粒割合は、各年次を通じて 69.1～87.3%と全体的に良好であった。2020 年は基肥・穂肥区の整粒割合が通期区より有意に高かった。2019 年及び 2020 年の基肥・穂肥区は通期区に比べ基部未熟粒割合が有意に高かった。背腹白粒に

ついては、2020 年の基肥・穂肥区は通期区より有意に高く、他の年次でも高い傾向を示した。一方青未熟粒の割合は、2020 年の基肥・穂肥区は通期区より有意に低く、他の年次でも同様の傾向を示した。また、その他未熟粒の割合は、2020 年及び 2021 年の基肥・穂肥区は通期区より有意に低かった。検査等級については、試験区間で大きな差はみられなかった。

食味関連形質において、玄米タンパク質含有率に有意な差はみられなかった。食味スコアは、玄米タンパク質含有率が低いほどスコアが高い傾向を示し、2019 年では、総窒素施肥量の多い通期 11kg 区が他の試験区より有意にスコアが低くなった。

7 収量構成要素間の相関関係

表 6 に収量構成要素間における相関係数を示した。精玄米収量は個別の収量構成要素とは有意な相関関係はなかった。㎡当たり粒数は、㎡当たり穂数及び 1 穂粒数と有意な正の相関関係を示し、㎡当たり穂数は 1 穂粒数と有意な正の相関関係を示した。登熟歩合は、㎡当たり穂数、1 穂粒数及び㎡当たり粒数といずれも有意な負の相関関係を示し、玄米千粒重とは有意な正の相関関係があった。

8 生育指標値と収量構成要素及び収量との関係

本試験における‘きぬむすめ’の最高分けつ期は移植後 50 日頃であった。生育指標値を (草丈 (cm) × 茎数 (本/㎡) × 葉色 (SPAD 値) × 10⁻⁴) とした場合の移植後 50 日の生育指標値と㎡当たり粒数との関係を図 4 に示した。移植後 50 日の生育指標値は、㎡当たり粒数と有意

表 4 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが枝梗数及び着粒位別粒数に及ぼす影響²⁾

年次	試験区	1次 枝梗数 (本/穂)	2次 枝梗数 (本/穂)	1次 粒数 (粒/穂)	2次 粒数 (粒/穂)	3次 粒数 (粒/穂)
2020	基肥・穂肥8kg区	9 b ^{y)}	13 a	9 b	56 b	19 a
	通期10kg区	11 a	13 a	11 a	65 a	22 a
2021	基肥・穂肥10kg区	10 b	13 a	10 b	65 a	19 b
	通期10kg区	12 a	14 a	12 a	74 a	26 a

²⁾調査サンプルは、各試験区1区あたり60穂3反復の平均値とした。

^{y)}異なるアルファベットは、同一年次の試験区間において、t検定により有意水準5%で有意差有り。

川岡・田中：水稻品種‘きぬむすめ’における施肥方法の違いが生育, 収量及び収量構成要素へ及ぼす影響

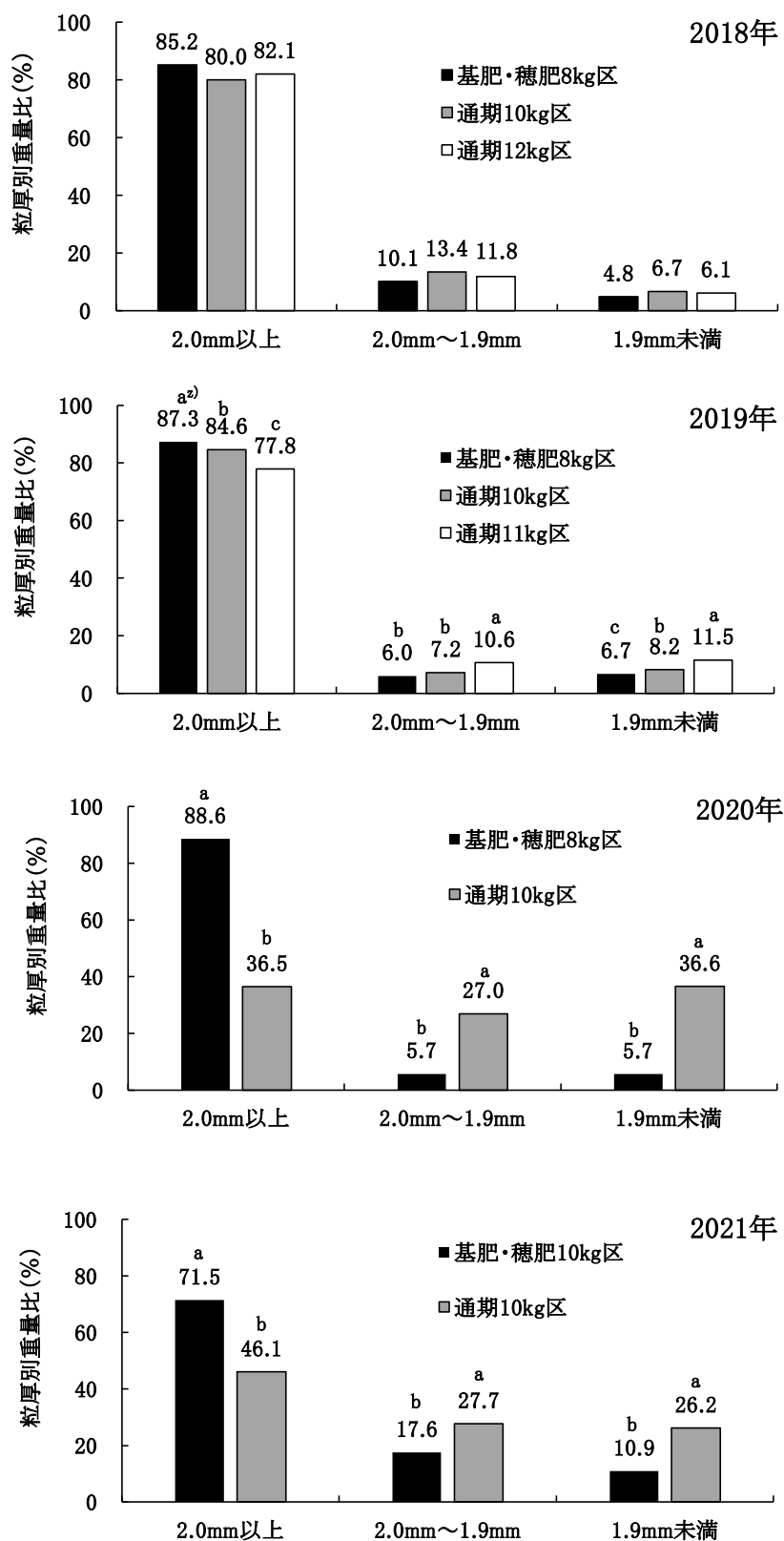


図3 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが玄米粒厚別重量比に及ぼす影響

²⁾ 異なるアルファベットは、逆正弦変換後の数値について、2019年はTukeyの多重検定により、2020年及び2021年はt検定により有意水準5%で有意差有り。
登熟歩合は、逆正弦変換後の数値について検定を実施した。

表5 ‘きぬむすめ’における窒素施肥方法の違いが玄米外觀品質及び食味関連形質に与える影響

年次	試験区	穀粒判別器による外観品質 ^{y)}							検査等級 ^{x)}		食味関連形質 ^{w)}		
		整粒 (%)	胴割 (%)	乳白 (%)	基部 未熟 (%)	背腹白 (%)	青未熟 (%)	その他 未熟 (%)	等級	格付理由	水分 (%)	玄米 タンパク質 (%)	食味 スコア
2018	基肥・穂肥8kg区	87.3	0.0	1.7	3.3	0.7	0.0	6.4	1等下	心白	14.9	7.1	76
	通期10kg区	87.1	0.1	1.5	2.4	0.6	0.1	7.4	1等中	基部未熟	15.1	7.0	76
	通期12kg区	86.8	0.1	1.6	2.1	0.9	0.1	7.6	1等中	青未熟	15.0	7.2	75
2019	基肥・穂肥8kg区	73.4 ^{z)}	0.0	7.0	2.8	3.6	1.1	10.0	2等中	乳白	15.8	7.2	77 a
	通期10kg区	77.4	0.1	5.7	2.0	2.8	1.2	9.4	2等中	乳白	15.8	7.2	78 a
	通期11kg区	73.1	0.0	7.0	1.8	3.1	1.9	11.3	2等中	乳白	15.8	7.5	75 b
2020	基肥・穂肥8kg区	81.1	0.4	1.6	8.6	0.9	0.2	6.8	1等下	充実不足	14.8	6.6	80 a
	通期10kg区	69.1	0.2	1.3	3.3	0.3	4.0	20.5	1等下	青未熟	14.9	7.2	76 a
2021	基肥・穂肥10kg区	77.6	0.4	3.3	0.7	1.2	2.8	13.8	1等中	青未熟,心白	14.3	8.4	67 a
	通期10kg区	72.4	0.3	2.6	0.4	0.7	4.6	18.6	1等下	青未熟,心白	14.1	7.7	71 a

^{z)}異なるアルファベットは、2019年はTukeyの多重検定により、2020年及び2021年はt検定により有意水準5%で有意差有り。

穀粒判別器による外觀品質の各項目、食味関連形質の水分及び玄米タンパク質については、逆正弦変換後の数値について検定を実施した。

^{y)}穀粒判別器による外觀品質調査は、(株)サタケ穀粒判別器RGQIにより各区2,000粒調査、粒数比で表示。

^{x)}検査等級は、1等(上,中,下)〜3等(上,中,下)規格外の10段階。(一財)日本穀物検定協会関西神戸支部島根駐在調べ。

^{w)}食味関連形質は、精玄米を静岡製機(株)食味分析計TM-3500により調査した。

表6 収量構成要素間における相関係数

項目	精玄米 収量 (kg/10a)	m ² 当たり 穂数 (本/m ²)	1穂 粒数 (粒/穂)	m ² 当たり 粒数 (粒/m ²)	登熟 歩合 (%)
m ² 当たり穂数(本/m ²)	0.306				
1穂粒数(粒/穂)	0.218	0.839 ^{**z)}			
m ² 当たり粒数(粒/m ²)	0.258	0.941 ^{**}	0.969 ^{**}		
登熟歩合(%)	0.080	-0.874 ^{**}	-0.917 ^{**}	-0.938 ^{**}	
玄米千粒重(g)	0.517	-0.462	-0.548	-0.502	0.721 [*]

^{z)}**は有意水準1%, *は有意水準5%で相関有り(n=10).

な正の相関関係が認められた(図4). また、移植後50日の生育指標値と精玄米収量との関係を図5に示した. 生育指標値が130程度までは、値が大きくなるほど精玄米収量は増加する傾向を示したが、それを超えるとばらつきが大きくなり、精玄米収量が低下する場合もあった(図5).

IV 考 察

1 施肥方法の違いが生育及び収量構成要素へ及ぼす影響と精玄米収量との関係

移植後50日頃に中間追肥を施用した通期区は、施用しなかった基肥・穂肥区に比べて、幼穂形成期、穂揃期、登熟中期における葉身重が重くなった(図2). また、通期区は基肥・穂肥区に比べて稈長が長くなったことから(表2), 移植後50日頃の中間追肥は、葉身や稈を中心とした稲体の生育促進に有効であることが示された.

また、中間追肥を施用した通期区と基肥・穂肥区との収量構成要素を比較すると、通期区は基肥・穂肥区に比べて、m²当たり粒数は多かったが、登熟歩合は低く、玄米千粒重は軽かった(表3). これは、m²当たり粒数と登熟歩合は負の相関関係があり、また登熟歩合と玄米千粒重は正の相関関係があったことから(表6), 通期区では粒数過多により登熟歩合が低下し、登熟不良に伴い千粒重が低下したことが要因であると推察された. また、基肥・穂肥区と通期区とで1穂粒数の差が生じたのは、通期区は基肥・穂肥区に比べて1次枝梗数が多く、2次

枝梗に着生する粒が多かったことが要因として示された(表4). また、通期区では粒数が増加したことにより玄米の充実が低下し、粒厚の薄い玄米の割合が高くなった(図3).

これらのことが要因となり、2019年、2020年及び2021年において、通期区は精玄米収量が基肥・穂肥区と同等、あるいは基肥・穂肥区よりも少なくなったと考えられた(表3). 一方2018年において、m²当たり粒数が28,000粒を上回った通期区は、m²当たり粒数が25,000粒を下回った基肥・穂肥区に比べて多収となった. これらのことから、粒数が不足する場合は、移植後50日頃の窒素施用が粒数増加に有効に働き増収したと考えられた. したがって、安定多収のためには過不足のない適正なm²当たり粒数と登熟歩合確保の両面が重要であることが示された.

2 生育指標値と収量及び収量構成要素の関係

松島(1966)は、(草丈×茎数)値はイネの大きさが数値的に診断できるとし、松崎ら(1980)は(葉色×茎数)値と粒数との間には高い相関があり、(葉色×茎数)値と登熟歩合との間には負の相関があることを示した. また金田ら(1986)は、葉色を計測する葉緑素計(SPAD)の普及に伴い、(草丈×茎数×葉色)値が窒素保有量の推定に有効であることを示し、末信ら(1994)は、‘ヒノヒカリ’の栄養診断として活用できることを明らかにした.

‘きぬむすめ’においては、尾澤ら(2022),

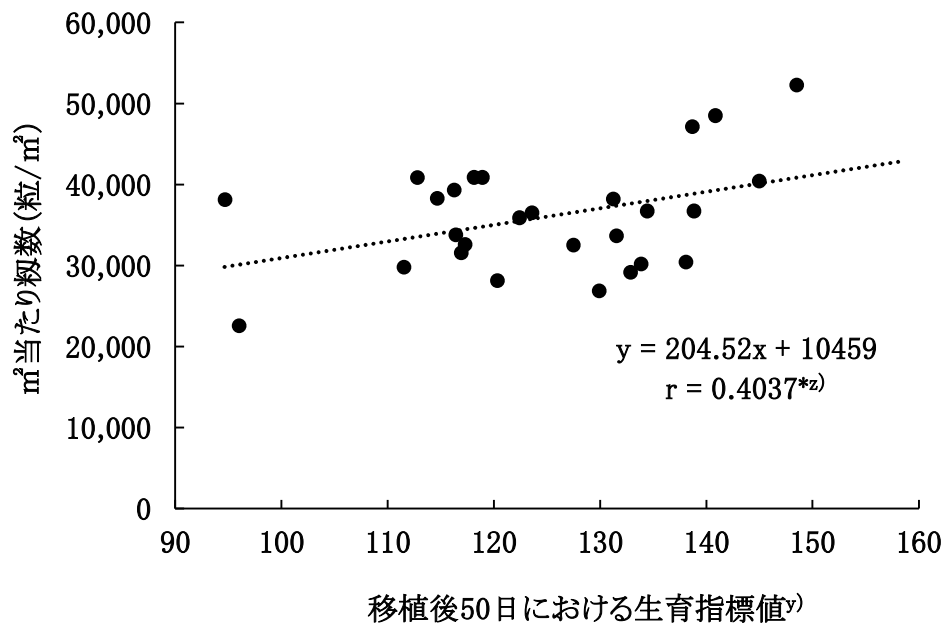


図4 移植後 50 日の生育指標値と m^2 当たり粒数との関係 (n=27)。

^{z)}相関係数は、*有意水準 5% で相関有り。

^{y)}生育指標値は、草丈 (cm) $\times$ 茎数 (本/ m^2) $\times$ 葉色 (SPAD 値) $\times 10^{-4}$ で算出。

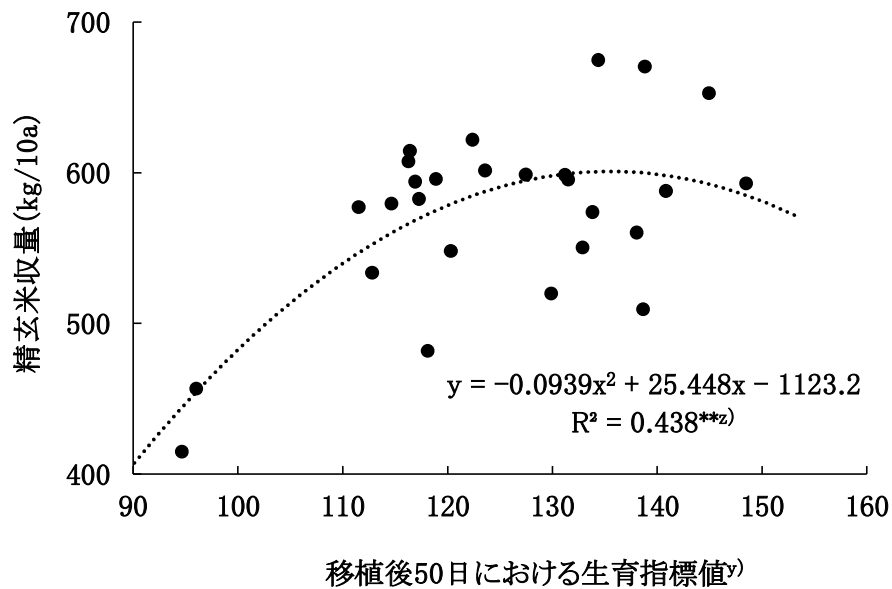


図5 移植後 50 日の生育指標値と精玄米収量(kg/10a)との関係 (n=27)。

^{z)}決定係数は、**有意水準 1% で有意である。

^{y)}生育指標値は、草丈 (cm) $\times$ 茎数 (本/ m^2) $\times$ 葉色 (SPAD 値) $\times 10^{-4}$ で算出。

山口ら（2023）が栄養指標値の推定を試みている。

本研究では、移植後 50 日頃の生育指標値が大きくなるほど m^2 当たり粒数は増加した（図 4）。また、生育指標値が 130 程度までは、値が大きくなるほど精玄米収量は増加する傾向を示したが、それを超えるとばらつきが大きくなり、精玄米収量が低下する場合もあった（図 5）。 m^2 当たり粒数と登熟歩合には負の相関関係がある（表 6）ことと考え合わせると、粒数増加による登熟歩合の低下が増収の制限要因となっていることが推察された。したがって、移植後 50 日頃の生育指標値は 130 程度が安定多収のための適正值であると考えられた。

3 安定多収のための適正な m^2 当たり粒数及び生育モデル

4 年間の本研究において、 m^2 当たり粒数が 24,709～32,929 粒の間では、登熟歩合は 79.3～86.0%と高位安定であったのに対して、 m^2 当たり粒数が 36,864～49,193 粒に増加すると、登熟歩合は 52.1～73.6%と大きく低下した（表 3）。そして、 m^2 当たり粒数 32,000 粒程度を確保できた試験区は精玄米収量 600kg/10a 程度を得ることができた。また、 m^2 当たり粒数が 32,000 粒程度であった 2019 年及び 2020 年の基肥・穂肥 8kg 区の玄米整粒割合は、70%を上回り、玄米タンパク質含有率は 7.5%未満の適正值であり、食味スコアは良好であった（表 5）。したがって、登熟歩合を低下させず、玄米外観品質及び玄米タンパク質含有率を良好に保つとともに、目標収量 600kg/10a を達成することができる m^2 当たり粒数の適正值は 32,000 粒程度であることが推定された。

以上のことから、‘きぬむすめ’における目標収量 600kg/10a の安定多収栽培の生育モデルとして、移植後 50 日頃に生育指標値 130 程度を目安とし、成熟期に m^2 当たり粒数 32,000 粒程度を確保できるような生育を目指すことが望ましいことが示された。そして、移植後 50 日頃に生育指標値 130 を下回る場合、移植後 50～60 日頃に 2kg/10a 程度の間窒素追肥を行い、上回る場合には出穂前 20 日頃の穂肥の時期ま

で追肥を控えるよう調整する施肥方法が適当であると考えられた。

V 摘 要

本研究では、‘きぬむすめ’における移植後 50 日頃の間追肥が生育、収量及び収量構成要素に及ぼす影響を明らかにし、目標収量 600kg/10a 達成のための生育指標を検討した。

移植後 50 日頃に中間追肥を施用した場合、施用しなかった場合と比べて、 m^2 当たり穂数、1 穂粒数及び m^2 当たり粒数は多かったが、登熟歩合は低く、千粒重は軽かった。これは、1 次枝梗数が多くなり、粒数が増加することによって、粒厚の薄い玄米の割合が高くなったことが要因と考えられた。したがって、安定多収のためには過不足のない適正な m^2 当たり粒数と登熟歩合の確保が重要であることが示された。また、適正な粒数を保つことで整粒割合は高くなり、玄米タンパク質含有率及び食味スコアが適正值となった。

移植後 50 日頃における生育指標値（草丈（cm） $\times$ 茎数（本/ m^2 ） $\times$ 葉色（SPAD 値） $\times 10^{-4}$ ）は 130 程度が理想であり、成熟期に m^2 当たり粒数 32,000 粒程度であった場合、登熟歩合を高く維持でき、目標収量を達成することができた。生育指標値 130 を下回る場合、移植後 50 日頃に 2kg/10a 程度の間窒素追肥を行い、上回る場合には出穂前 20 日頃の穂肥の時期まで追肥を控えるよう調整する施肥方法が適当であると考えられた。

引用文献

一般財団法人日本穀物検定協会（2022）食味試験ランキング試験。

<URL: https://www.kokken.or.jp/ranking_area.html>

梶 亮太・坂井 真・田村克徳・平林秀介・岡本正弘・八木忠之・溝淵律子・深浦壮一・西村 実・山下 浩・富松高治（2009）温暖地向き極良食味水稻新品種「きぬむすめ」の育成。九州沖縄農業研究センター報告 52, 79-94。

金田吉弘・児玉 徹・三浦昌司・長野間宏・佐々木昭太郎 (1986) 八郎潟干拓地における水稻の栄養診断と追肥の要否判定. 東北農業研究 39, 55-56.

松葉捷也 (1991) イネの穂の着粒構造の分析およびその形成機構論. 中国農試研報 9, 11-58.

松本純一・小河拓也・岩井正志 (2011) 水稻「きぬむすめ」における良食味・高品質・安定生産のための分施体系と緩効性肥料による施肥法. 作物研究 56, 23-28.

松島省三 (1957) 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農業技術研究所報告 5, 1-271.

松島省三 (1966) 稲作診断と増収技術. 農文協, 67, 263.

松崎昭夫・刈屋国男・町田寛康・角田公正 (1980) 水稻の生育調節と栄養診断に関する研究 : 第 1 報 色票による葉色診断と単位面積当たり穎花数の推定. 日作紀 49, 439-444.

宮井良介・川村和史・足立裕亮 (2015) 水稻品種「きぬむすめ」の移植時期, 施肥管理, 刈取時期が収量および品質に及ぼす影響. 和歌

山県農林水研報 3, 19-26.

農林水産省 (2022) 作況調査 (水陸稲, 麦類, 豆類, かんしょ, 飼料作物, 工芸農作物). <URL:https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html >

尾澤 陽・山口友亮・前田周平・妹尾知憲・桂圭祐 (2022) 画像解析による岡山県奨励品種きぬむすめの栄養指標値の推定. 日本作物学会第 253 回講演会要旨集, 59.

島根県農林水産部 (2020) 島根県農林水産基本計画 2020 年度 ~ 2024 年度) <URL:https://www.pref.shimane.lg.jp/industry/norin/info/kihonkeikaku/ >

島根県 (2021) 水稻・麦・大豆指導指針令和 3 年度

末信真二・角重和浩・山本富三・井上恵子 (1994) ヒノヒカリの窒素栄養診断(2). 福岡県農業総合試験場研究報告 A-13, 5-8.

山口友亮・尾澤 陽・前田周平・妹尾知憲・桂圭祐 (2023) RGB 画像を用いた岡山県奨励水稻品種「きぬむすめ」の栄養指標値の推定. 日作紀 92 (2), 129-139.

Summary

For ‘Kinumusume’, we clarified the effects of intermediate fertilizer application on the growth, yield, and yield components at around 50 days after transplanting rice seedlings. We also investigated the growth indicators to achieve the target yield of 600 kg/10a (100m²).

Comparing with a no-fertilizer-application method, our intermediate fertilizer application provided larger numbers of panicles per square meter, spikelets per panicle, and spikelets per square meter; however, both the ripening rate and the weight per 1,000 grains were lower. This was considered due to the increase in the number of primary rachis branches and the number of spikelets, which resulted in a higher proportion of brown rice with thin grain thickness. Therefore, keeping an appropriate number of spikelets per square meter and ripening rate is important in order to achieve stable high yields. In addition, we noted that maintenance of an appropriate number of spikelets achieved a higher grain ratio, as well as appropriate brown rice protein contents and a favorable taste score.

The ideal growth index value (plant height (cm) × number of stems (plants/m²) × leaf color (SPAD value) × 10⁻⁴) was considered to be approximately 130 at 50 days after transplantation. When the number of spikelets per square meter was approximately 32,000 grains during the maturation period, the ripening rate could be maintained at a high level and the target yield was achieved. When the growth index value is less than 130, intermediate nitrogen supplementation of about 2 kg/10a is considered necessary at 50 days after transplantation; whereas, when the growth index value exceeds 130, no intermediate fertilization is necessary until 20 days before panicle heading.

揺動ブラシ式歩行型除草機による機械除草が雑草発生及び有機水稻の 生育，収量に及ぼす影響

安達康弘¹⁾・松本樹人¹⁾・吉田慎吾²⁾・山本 明³⁾・大倉嗣之²⁾・陶山 純²⁾

Effects of Mechanical Weeding using a Walking-Type Weeder with the Oscillating Brush System on Emergence of Weeds, Growth, and Yield of Organic Paddy Rice

Yasuhiro Adachi, Shigehito Matsumoto, Shingo Yoshida,
Akira Yamamoto, Hideyuki Okura and Jun Suyama

I 緒 言

我が国では、2021 年 5 月に持続可能な食料システムの構築に向けた「みどりの食料システム戦略」（農林水産省，2021）が策定された。この戦略では、耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を 2050 年までに 25%（100 万 ha）に拡大することを目標の一つに掲げており、有機農業に取り組む機運が高まっている。本県においても「島根県農林水産基本計画」（島根県農林水産部，2020）の中で「有機農業の拡大」を重点推進事項に掲げ、2019 年に 0.4%であった耕地面積に対する有機 JAS 認証ほ場の割合を、2024 年に 1%以上に高めることを目標にしている。この目標の達成には、本県における 2021 年農作物作付面積の約 60%を占める水稻での拡大が必須である。

水稻の有機栽培において、雑草との競合による収量の不安定さが大きな課題となっている。斉藤ら（2001）が有機栽培を 10 年間継続した結果では、除草剤等の化学合成資材を使用した慣行区と比較して 10%の減収が認められ、その

減収要因は雑草の優占種コナギ（*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Presl var. *plantaginea* (Roxb.) Solms-Laub.）との養分競合による穂数の減少であることを報告している。このように、雑草防除で残った雑草が増加することによる減収が有機水稻の面積拡大を妨げる一因となっている。

減収を回避するために雑草を抑制する主な技術としては、米ぬか散布（稲葉，2007）や再生紙のマルチング（津野，2005）などが普及しているが、移植後に発芽した雑草に対しては機械除草による防除が主流になっている。有機栽培で利用できる除草機の種類としては、乗用型の高精度水田用除草機（宮原，2007）や高能率水田用除草機（吉田，2015），歩行型中耕除草機（中井・中橋，2011），チェーン除草機（古川，2011）などが挙げられる。これらの機種は、移植された水稻苗の条間を除草する機構を備えているが、さらに株間を除草できる機構として揺動式レーキなどを装備した機種がある。しかし、このレーキは苗を引き抜くことによる欠

1) 島根県農業技術センター

2) みのもる産業株式会社

3) みのもる産業株式会社(現在、退職)

損や土中に埋め込むことによる欠株等の水稻の損傷を低減する措置が必要なため、除草効果がやや低いとの指摘がある(荒井・酒井, 2005; 三浦ら, 2015). また, 島宗・鈴木(2006)は, 現地ほ場でコナギが優占化する要因として, 株間に発生するコナギに対して防除効果が低い除草体系が現地で行われていることを挙げている. このため, コナギ等に対する株間の除草効果は, 生産者が除草機を選定する上で重要な要素となっている.

そこで, 当センターではコナギ等に対する株間の除草効果が高く, 欠株など水稻に対する損傷が少ない小型除草機の実用化を目指して, 2013年に揺動ブラシ式除草機構(特許第7019132号, 水田用除草機, 島根県)を考案し, 開発に着手した. 2019年からは, みのる産業株式会社との共同研究により試作と性能試験を進め, 2021年に揺動ブラシ式歩行型除草機(商品名:歩行型ブラシ水田除草機, 型式:BW-4, 図1)として同社から発売した. そこで, 本除草機の性能を評価するため, 発生由来の異なる水田雑草に対する機械除草による除草効果と水稻への損傷程度を調査し, 有機水稻の生育, 収量並びに収量構成要素に及ぼす影響を検討した.

II 材料および方法

試験は, 2020 及び 2021 年に島根県農業技術センター(島根県出雲市芦渡町)内の標高 8m, 低地造成土, 細粒質黄色土/湿性相の同一水田で行った. 試験を実施した 2 ヶ年は化学合成農薬及び同肥料を使用しない栽培を開始してから 10~11 年目に該当した.

処理区について, 機械除草は揺動ブラシ式歩行型除草機(みのる産業(株)製 BW-4)と市販の歩行型中耕除草機((株)やまびこ製 PCE315/3)を比較して行い, それぞれ揺動ブラシ区, 中耕除草区とした. また, 対照として無除草区及び手取り除草区の計 4 処理区を設置し, 各 3 反復とした. 揺動ブラシ区は株間, 条間とも揺動ブラシ式除草機構で除草する歩行型の 4 条仕様を用いた. 揺動ブラシ式除草機構(図 2)は, 前後 2 列に配置された樹脂製のブラシが左右にスライドして土壌表層をかき混ぜ, 雑草を土に埋め込む, もしくは浮かせて除草する仕組みである. 中耕除草

区は, 条間のみを幅 14 cm の回転式ロータで除草する方式で, その推進力により走行する歩行型である(図 3). 機械除草は移植後 6 日目と同 16~17 日目に実施し, 除草当日の水深は 3.0~5.5cm とした. 手取り除草区は移植後 20~52 日の期間に手取りによる除草を 3 回行った.

栽培概要について, 両年とも前年 10 月下旬又は 11 月上旬と当年 5 月中旬にロータリによる耕起を, 移植前 4 日と同 2 日にハローによる代かきを行った. 水稻品種‘きぬむすめ’を供試し, 4.4~5.2 齢苗(不完全葉を含む)を 2020 年は 5 月 22 日, 2021 年は 6 月 1 日に条間 30 cm の栽植密度 17.9~18.4 株/m²で機械移植した. 入水は代かき数日前に行い, 除草 1 回目終了時まで水深 5cm 程度で管理した後, 徐々に水位を上げ, 移植後 10~40 日の期間(除草当日を除く)は水深 10 cm を維持した. その後, 6~7 日間の中干しを行い, 再入水を行った後は間断かん水を継続した.

施肥体系は, 2020 年は有機アグレット 666 号(N-P₂O₅-K₂O=6%-6%-6%, 朝日アグリア(株))を用いて, 10a 当たり窒素, リン酸, 加里各成分量で, 基肥として 2kg を全層施用し, 追肥として 6 月 28 日と 7 月 27 日にそれぞれ 1.5kg を表面施用した. 2021 年は, 基肥として同肥料を用いて各成分量 3kg を全層施用し, 追肥として 7 月 6 日に同 1.5kg, 7 月 26 日に有機アグレット 727 号(N-P₂O₅-K₂O=7%-2%-7%, 朝日アグリア(株))を用いて 10a 当たり窒素, リン酸, 加里各成分量で 2.0, 0.6, 2.0kg を表面施用した.

雑草調査は, 移植後 41 日目に処理区内で雑草が平均的に発生している部分に, コドラート枠(30×30cm)を稲株が 2 株入るよう条に平行に 1 ヶ所設置し, 枠内の雑草を株間と条間に分けて抜き取った. 株間は稲株と稲株を結ぶ線を中央線とする幅 10cm の範囲とし, 条間は株間の両側のそれぞれ幅 10cm 範囲とした. 次に, 種子から発生した雑草(以下, 種子由来雑草)と塊茎から発生した雑草(以下, 塊茎由来雑草)の草種毎に仕分けた上で, 80℃で 72 時間以上乾燥した後, 根部を含む乾物重を測定した. また, 処理区全体の雑草発生量を示す値として, 株間と条間の面積比 1:2 に基づき計算式(株間/3+条間/3×2)により平均を求めた.



図1 揺動ブラシ式歩行型除草機
(みのる産業(株), BW-4)



図2 揺動ブラシ式除草機構



図3 歩行型中耕除草機
((株) やまびこ, PCE315/3)

水稻の欠株率は各除草後2～6日目に各区200株中(4条×50株)の欠株数を調査し割合を算出した。なお、1回目の除草処理前にはすべての区で欠株は認められず、2回目の欠株率は1回

目からの累積値で示した。水稻の茎数及び穂数は、各区20株(欠株を含む連続10株×2ヶ所)を調査し、1㎡あたりに換算した。なお、調査範囲内の欠株は茎数、穂数とも0本として扱った。登熟歩合は各区欠株を含む10株を刈り取り、全粒数に占める粒厚1.85mm以上の精玄米粒数の割合を求めた。玄米千粒重及び10a当たりの精玄米収量は、成熟期に各区60株(欠株を含む)を刈り取り、粒厚1.85mm以上の水分15%換算により算出した。

統計処理は、統計ソフトウェアR(Ver3.4.1)を用いて、TukeyHSD検定による多重比較を行った。

Ⅲ 結 果

表1に移植後41日目に採取した雑草調査の結果を示す。株間に発生した雑草の乾物重について、種子由来雑草をみると、揺動ブラシ区は2020年が9.8g/㎡、2021年が12.7g/㎡と手取り除草区と同等に低く、中耕除草区に対してそれぞれ有意に抑えられた。塊茎由来雑草をみると、揺動ブラシ区は両年とも他の区に比べて処理間差がなかった。なお、主な草種は種子由来雑草がコナギ、次いでイヌホタルイ(*Schoenoplectus juncooides* (Roxb.) Palla)で、塊茎由来雑草がクログワイ(*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)及びオモダカ(*Sagittaria trifolia* L.)であった。種子と塊茎由来雑草の合計である草種計は、揺動ブラシ区が2020年には無除草区に比べて有意に減少したのに対し、2021年は塊茎由来雑草が2020年の2倍近く増加したことにより、手取り除草区を除く、3処理間に差が認められなかった。

一方、条間の雑草乾物重について、種子由来雑草は揺動ブラシ区と中耕除草区ともに無除草区に比べて有意に少なくなった。塊茎由来雑草の乾物重については、揺動ブラシ区は両年とも他の区との差が認められなかったが、2021年は手取り除草区を除くすべての区で株間と同様に前年に比べて顕著に増加した。その増加率は無除草区の2.7倍、中耕除草区の5.2倍に対し、揺動ブラシ区は25.8倍と高かった。

表1 除草機の種類が除草後に発生した雑草乾物重に及ぼす影響

年次	処理区	乾物重 ^{z)} (g/m ²)									
		株 間 ^{y)}					株間・条間の平均 ^{x)}				
		種子由来 ^{w)}	塊茎由来 ^{v)}	草種計	種子由来	塊茎由来	草種計	種子由来	塊茎由来	草種計	
2020年	揺動ブラシ	9.8 ± 4.6 c ^{u)}	5.3 ± 3.0 a	15.1 ± 7.3 bc	5.5 ± 3.4 b	3.6 ± 1.8 a	9.1 ± 4.7 b	6.9 ± 3.8 b	4.2 ± 1.6 a	11.1 ± 5.4 b	
	中耕除草	25.1 ± 1.9 b	5.0 ± 3.0 a	30.1 ± 2.4 b	2.4 ± 1.8 b	9.4 ± 5.1 a	11.8 ± 5.3 b	10.0 ± 1.5 b	8.0 ± 4.0 a	17.9 ± 3.1 b	
	無除草	54.9 ± 3.4 a	7.4 ± 5.3 a	62.3 ± 8.5 a	105.6 ± 6.2 a	24.4 ± 17.3 a	130.0 ± 14.9 a	88.7 ± 5.3 a	18.8 ± 11.6 a	107.4 ± 10.8 a	
	手取り除草	2.4 ± 0.7 c	0.2 ± 0.2 a	2.7 ± 0.7 c	1.8 ± 1.0 b	0.2 ± 0.2 a	2.0 ± 0.9 b	2.0 ± 0.7 b	0.2 ± 0.1 a	2.2 ± 0.7 b	
2021年	揺動ブラシ	12.7 ± 6.2 b	52.6 ± 28.2 a	65.3 ± 22.3 ab	7.6 ± 0.1 b	92.9 ± 32.9 a	100.6 ± 32.9 a	9.3 ± 2.1 bc	79.5 ± 31.1 a	88.8 ± 29.0 a	
	中耕除草	42.1 ± 6.1 a	50.3 ± 21.4 a	92.4 ± 21.6 a	24.8 ± 11.3 b	49.1 ± 12.1 a	73.9 ± 1.9 ab	30.6 ± 9.3 b	49.5 ± 13.4 a	80.1 ± 6.4 a	
	無除草	43.4 ± 8.3 a	57.7 ± 14.1 a	101.1 ± 8.2 a	68.0 ± 10.4 a	65.9 ± 21.2 a	133.9 ± 13.6 a	59.8 ± 7.1 a	63.2 ± 18.2 a	123.0 ± 11.6 a	
	手取り除草	4.4 ± 1.6 b	0.6 ± 0.6 a	5.0 ± 2.1 b	0.4 ± 0.2 b	0.2 ± 0.2 a	0.6 ± 0.4 b	1.8 ± 0.5 c	0.3 ± 0.2 a	2.1 ± 0.6 b	

z) 移植後41日目に処理区内で雑草が平均的に発生している部分に、コドラート枠 (30×30cm) を稲株が2株入るよう条に平行に1ヶ所設置し、枠内の雑草を株間と条間に分けて抜き取り、草種毎に仕分けた上で、80℃で72時間以上乾燥した後、根部を含む乾物重を測定した。

y) 株間は稲株と稲株を結ぶ線を中央線とする幅10cmの範囲とし、それ以外の幅20cmの範囲を条間とした。

x) 処理区全体を示す値として、株間と条間の面積比1：2に基づき計算式 (株間/3+条間/3×2) により平均を求めた。

w) 草種はコナギ、次いでイヌホタルイが大半を占め、他にミゾハコベ、キカシグサ、アゼナ等が含まれた。

v) 草種はクログワイ及びオモダカであった。

u) 同一アールファベット間には年次毎にTukeyHSD検定により5%水準で有意差なし。±は標準誤差 (n=3) を示す。

処理区全体を示す株間と条間の平均で雑草乾物重をみると、揺動ブラシ区は無除草区に比べて種子由来雑草が有意に少なく、中耕除草区と同様に除草効果が認められた。また、塊茎由来雑草については、揺動ブラシ区は両年とも他の区との処理間差がなかったものの、2020年の4.2g/m²から2021年は79.5g/m²へと増加した。その結果、草種計でみると、揺動ブラシ区の乾物重は2020年には11.1g/m²と無除草区の約1/10に抑制されたが、2021年には88.8g/m²と大幅に増加した。

表2に水稻の欠株率及び生育の調査結果を示す。揺動ブラシ区について、欠株率は両年とも中耕除草区や無除草区に比べて大きな差がなく、1%以下となった。茎数は両年とも中耕除草区に比べて有意な差が認められなかった。

表3に水稻の収量及び収量構成要素の調査結果を示す。穂数は、株間の種子由来雑草が少なかった2020年調査では215本/m²で、手取り除草区の258本/m²と、また中耕除草区の198本/m²とそれぞれ有意な差はなかった。2021年調査も概ね同様であり、穂数が最も多いのは手取り除草区で、次いで揺動ブラシ区、中耕除草区、無除草区であった。1穂粒数、登熟歩合及び玄米千粒重について、揺動ブラシ区は2020年及び2021年とも中耕除草区間及び手取り除草区間に有意な差はなかった。2020年では、m²当たり粒数は穂数と同様の傾向となった結果、10a当たりの精玄米収量は揺動ブラシ区の442kgに対して、手

取り除草区は543kgであったが、有意な差は認められなかった。また、中耕除草区は手取り除草区より有意に少なかった。2021年は揺動ブラシによる種子由来雑草は抑制できたが、塊茎由来雑草が増加したことにより、収量構成要素および精玄米収量は揺動ブラシ区と中耕除草区間並びに手取り除草区間で差が認められなかった。

IV 考 察

有機水田の機械除草において、株間の除草効果を高めながら、水稻の損傷を軽減することが重要である。

本研究で検討した揺動ブラシ式歩行型除草機（以下、本除草機）について、株間の種子由来雑草に着目すると、乾物重は9.8～12.7g/m²と手取り除草並みに抑えられ、かつ水稻の損傷程度を示す欠株率を1%以下に抑制できた（表1、2）。三浦ら（2015）は、乗用型の高精度水田用除草機に備えられた揺動式レーキにより株間除草した研究において、株間の雑草乾物重は放任区の6～35%、除草2回後の欠株率は車輪の影響があったとするものの1.8～12.1%であったと報告している。三浦ら（2015）の手法で本除草機の結果（表1、2）を計算すると、無除草区（放任区）に対する株間の種子由来雑草の乾物重割合が11～24%、除草2回後の欠株率が0.8～1%となる。このことから、本除草機は三浦ら（2015）の揺動式レーキに比べて、株間の除草効果が同程度で、水稻の欠株は発生しにくいと推察される。

表2 除草機の種類が水稻の欠株及び生育に及ぼす影響

年次	処理区	欠株率 ^{z)} (%)		茎数 ^{x)} (本/m ²)	
		除草1回目 終了後	除草2回目 終了後 ^{y)}	移植後 27-31日	移植後 48-52日
2020年	揺動ブラシ	0.0 ± 0.0 b ^{w)}	1.0 ± 1.0 a	81 ± 8 a	181 ± 9 ab
	中耕除草	0.3 ± 0.1 ab	0.4 ± 0.2 a	102 ± 4 a	181 ± 7 ab
	無除草	0.4 ± 0.0 a	0.4 ± 0.0 a	90 ± 11 a	127 ± 23 b
	手取り除草	—	—	102 ± 3 a	211 ± 12 a
2021年	揺動ブラシ	0.0 ± 0.0 a	0.8 ± 0.2 a	316 ± 22 a	327 ± 26 a
	中耕除草	0.4 ± 0.2 a	0.6 ± 0.3 a	331 ± 9 a	328 ± 10 a
	無除草	0.2 ± 0.2 a	0.2 ± 0.2 a	323 ± 19 a	299 ± 15 a
	手取り除草	—	—	350 ± 24 a	375 ± 20 a

z) 除草後2～6日目に各区稲株200株中（4条×50株）の欠株数を調査し割合を算出した。

y) 除草2回の累積値。

x) 調査範囲内の欠株は0本/株として算出した。

w) 統計処理は表1に準ずる。欠株率の統計処理は逆正弦変換後の数値を用いて行った。

安達 (2011) はチェーン除草機を使用した研究において、移植後 40 日の雑草本数が無除草区の約 60%、欠株率が 2%以下であったと報告している。本除草機はチェーン除草機に比べて、欠株率に大きな差はなく、除草効果が高いと言える (表 1)。今回供試した歩行型中耕除草機は条間の種子由来雑草に対して回転式ロータによる強力な除草能力を有するが、本除草機はこの歩行型中耕除草機と比べ遜色ない除草能力を有することが認められた (表 1)。

このように、本除草機は揺動式レーキやチェーン除草機または歩行型中耕除草機と比較して、欠株等の水稻の損傷が同程度で、種子由来雑草に対しては株間、条間ともに安定した除草効果が得られると考えられる。

一方、クログワイやオモダカといった塊茎由来雑草をみると、本除草機は無除草区と比較して除草効果が認められなかった。また、試験 2 年目の 2021 年には無除草区より乾物重が増加した (表 1)。原因としては、株間や条間の種子由来雑草が機械除草により抑制されたため、防除しきれなかった塊茎由来雑草が優先的に占有したことが考えられる。このため、生産現場で本除草機を活用する際の注意点として、塊茎由来雑草の発生が予想される水田でやむを得ず使用する場合は、乾田条件での秋耕起等 (岩石ら, 2010) や移植後 40 日頃の条間除草 (安達・山本, 2018) などの対策を組み合わせることが必要である。

次に、本除草機の除草効果が水稻の生育及び収量に及ぼす影響を考察したい。試験は場内で全体的に塊茎由来雑草が少なかった 2020 年に

は、揺動ブラシ区の m^2 当たり穂数は 215 本となり、中耕除草区の 198 本より手取り除草区の 258 本に近い穂数を確保でき、手取り除草区との間に有意差は認められなかった (表 2)。そして、揺動ブラシ区は中耕除草区や手取り除草区に比べて、穂数以外の収量構成要素に大きな差がなかったため、揺動ブラシ区の 10a 当たり収量は 442kg となり、中耕除草区の 375kg より手取り除草区の 543kg に近い収量が得られた (表 3)。この結果は、コナギ等の雑草害が穂数の減少を招き、それによって収量に影響を及ぼした点において、斎藤ら (2001) の報告と一致する。このことから、本除草機の除草効果により、水稻の有機栽培で課題となっている穂数の減少による減収を緩和できることが示唆された。ただし、本除草機は塊茎由来雑草に対して除草効果が得られなかったため (表 1)、2021 年のように塊茎由来雑草が優位に占有する条件では、中耕除草区と比較して収量面での優位性は認められなかった (表 3)。このことから、本除草機を用いる場合には、前述の塊茎由来雑草対策を徹底する必要がある。

本除草機は歩行型の一輪仕様で、乗用型より軽量かつ小型であるため、小回りが利き、本県が多く抱える中山間地の小区画・不整形ほ場において効率的な作業が可能である。また、現行の一般的な軽トラックに積載し、容易に移動できることから、広範囲かつ多くのほ場で使用することができる (安達, 2023)。加えて、本研究で明らかになった、コナギ等の種子由来雑草に対する株間の除草効果や水稻欠株率の低さ、それら

表 3 除草機の種類が水稻の収量及び収量構成要素に及ぼす影響

年次	処理区	穂数 ^{z)} (本/ m^2)	1穂粒数 (粒/穂)	m^2 当たり粒数 (100粒/ m^2)	登熟歩合 ^{y)} (%)	玄米千粒重 ^{x)} (g)	精玄米収量 ^{x)} (kg/10a)
2020年	揺動ブラシ	215 ± 10 ab ^{w)}	134 ± 4 a	288 ± 11 ab	76.0 ± 2.8 a	20.1 ± 0.1 a	442 ± 27 ab
	中耕除草	198 ± 18 b	116 ± 7 ab	229 ± 30 b	81.2 ± 4.5 a	20.1 ± 0.1 a	375 ± 55 b
	無除草	120 ± 16 c	105 ± 9 b	126 ± 26 c	81.1 ± 2.6 a	20.8 ± 0.3 a	213 ± 43 c
	手取り除草	258 ± 14 a	131 ± 1 ab	337 ± 19 a	78.6 ± 2.0 a	20.5 ± 0.1 a	543 ± 27 a
2021年	揺動ブラシ	270 ± 15 a	92 ± 1 a	247 ± 16 ab	82.1 ± 1.4 a	22.2 ± 0.1 a	451 ± 25 a
	中耕除草	264 ± 14 ab	101 ± 3 a	267 ± 21 a	79.9 ± 2.2 a	22.2 ± 0.1 a	473 ± 25 a
	無除草	207 ± 8 b	93 ± 5 a	192 ± 16 b	78.3 ± 0.8 a	22.1 ± 0.2 a	332 ± 23 b
	手取り除草	297 ± 14 a	96 ± 5 a	285 ± 5 a	85.4 ± 0.9 a	22.5 ± 0.4 a	547 ± 10 a

z) 調査範囲内の欠株は0本/株として算出した。

y) 欠株を含む10株について全粒数に占める粒厚1.85mm以上の精玄米粒数の割合を算出した。

x) 成熟期に各区欠株を含む60株を刈り取り、粒厚1.85mm以上の水分15%換算により算出した。

w) 統計処理は表1に準ずる。登熟歩合の統計処理は逆正弦変換後の数値を用いて行った。

の効果による穂数確保に伴う増収効果を活かし、現地における有機水稻の除草作業にかかる労力の低減，さらには収量向上による収益性の改善が期待できる。本除草機が中山間地を多く抱える本県をはじめ我が国の水稻有機栽培で広く利用され，有機農業の面積拡大に寄与することを期待したい。今後は，本除草機の除草性能と作業効率性を生かした雑草防除体系を確立するとともに，塊茎由来雑草を含めた雑草を効果的に抑制できる除草機の開発を進めたい。

V 摘 要

島根県農業技術センターとみのる産業株式会社が共同開発した揺動ブラシ式歩行型除草機について，機械除草で重要となる株間を中心とする除草効果，有機水稻の欠株や生育，収量及び収量構成要素に及ぼす影響を検討した。本除草機は株間除草機能を備えない市販の歩行型中耕除草機に比べて，有機栽培で優占種となるコナギなどの種子由来雑草に対して，株間での除草効果が高く，条間においても中耕除草機の回転式ロータと同等の効果が認められた。また，本除草機の欠株率は中耕除草機と同様に 1%以下と低く抑えられた。このため，種子由来の雑草が優占した 2020 年には，本除草機を使用した区では中耕除草機を使用した区に比べて， m^2 当たり穂数が手取り除草に近い値が得られ，他の収量構成要素に大きな差がなかったため，10 a 当たり収量が手取り除草に近い水準になった。しかし，本除草機はクログワイやオモダカといった塊茎由来の雑草に対して除草効果が認められなかったため，これらの草種が激増した 2021 年には収量面での優位性が認められなかった。このことから，本除草機は塊茎由来の雑草が少ない有機栽培水田の雑草防除に活用することで，株間及び条間の種子由来雑草に対する除草効果とそれに伴う穂数の確保により増収が期待できる。

引用文献

安達康弘 (2011) 水田用除草機を活用した除草法の改良とその効果. 中国・四国雑草研究会会報 4, 5-9.

安達康弘 (2023) 揺動ブラシ式歩行型除草機の開発と特徴. 植調 56-10, 9-12.

安達康弘・山本 朗 (2018) 移植後 40 日頃の条間除草が多年生雑草の発生および水稻の収量に及ぼす影響. 日本雑草学会第 57 回大会講演要旨集, 41.

荒井義光・酒井孝雄 (2005) 福島県浜通り地域における水稻有機栽培の実証 (第 1 報 有機栽培初年目の深水・除草機による雑草防除の効果). 日作東北支部報 48, 17-18.

古川勇一郎 (2011) イネ・水田〈除草剤以外・本田・チェーン除草〉. 農業総覧病虫害防除・資材編第 9 巻追録 17 号, 800 の 27 の 2-7.

稲葉光國 (2007) 無農薬・有機の稲づくり. 農文協, 189.

岩石真嗣・三木孝昭・加藤 茂・王 彦栄 (2010) 有機栽培水田の耕耘方法が水稻・雑草の根系と塊茎形成に与える影響. 雑草研究 55 (3), 149-157.

三浦重典・内野 彰・野副卓人・田澤純子・吉田隆延・水上智道・鄭 凡喜・万 小春・仲川晃生・中谷敬子・澁谷知子・白石昭彦・今泉智通・青木大輔・松岡宏明 (2015) 機械除草と米ぬか散布等を組み合わせた水稻有機栽培体系の抑草効果と収量性. 中央農業総合研究センター研究報告 24, 55-69.

宮原佳彦 (2007) 機械除草技術開発の動向. 東北の雑草 7, 1-6.

中井 譲・中橋富久 (2011) 機械除草の時期および回数がコナギの抑草効果と水稻収量に及ぼす影響. 雑草研究 56-2, 111-114.

農林水産省 (2021) みどりの食料システム戦略. 〈URL:<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanryo/seisaku/midori/index.html#sakutei>〉

齊藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 (2001) 水稻の有機栽培に関する継続試験— 10 年間の生育収量. 日作紀 70, 530-540.

島宗知行・鈴木幸雄 (2006) 水稻有機栽培の雑草防除に関する現地実態調査. 日作東北支部報 49, 55-56.

島根県農林水産部 (2020) 島根県農林水産基本計画 2020 年度～2024 年度. 43-46. 〈URL:<https://www.pref.shimane.lg.jp/in>〉

dustry/norin/info/kihonkeikaku/ 〉
津野幸人 (2005) 再生紙ならびに不織布のマルチ
ングによる雑草制御技術の開発とその背景
新しい農業技術論へのアプローチ (その 2) .
雑草研究 50 (4) , 300-309.

吉田隆延 (2015) ーミッドマウント型高能率水田
用除草機の開発ー確認しながら除草作業が可
能. 機械化農業 2015・10, 17-20.

Summary

We investigated the effect of mechanical weeding using a walking-type weeder with the oscillating brush system (named model: BW-4), which was jointly developed by Shimane Agricultural Technology Center and Minoru Industrial Co., Ltd., on emergence of mainly intra-row weeds, the lost rice plant rate, as well as growth, yield, and yield components of organic paddy rice. Compared to a commercially available walk-behind inter-row weeder that does not have an intra-row weeding function, the oscillating brush weeder was more effective at removing intra-row weeds grown from seeds such as *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Presl var. *plantaginea* (Roxb.) Solms-Laub., a dominant species in organic paddy fields. Furthermore, even for the space between the planting rows, the oscillating brush weeder was found to have the same effect as an inter-row weeder's rotor. In addition, the lost rice plant rate of the oscillating brush weeder was low at less than 1%, which was similar to that of the inter-row weeder. For these reasons, in 2020, when weeds grown from seeds were dominant in the paddy fields, the number of panicles per square meter when using the oscillating brush weeder was great, which was closer to the that of hand-weeding treatment than inter-row weeder treatment. As results, the yield per 10a (100m²) in the field treated with the oscillating brush weeder also increased. However, this weeder was not effective against weeds grown from tubers, such as *Eleocharis kuroguwai* Ohwi and *Sagittaria trifolia* L.; the yield after using the oscillating brush weeder did not increase in 2021 when these species increased dramatically. Therefore, the oscillating brush weeder is considered effective for organic paddy fields where the number of weeds grown from tubers is less, because of its effectiveness on removing intra-row and inter-row weeds grown from seeds, leading to an increased number of panicles.

加温ポット栽培におけるブドウ‘デラウェア’の生育時期別 LAI および 日射量と水分消費量の関係に基づくかん水量の推定

大畑 和也¹⁾・大野 泰司²⁾・倉橋 孝夫³⁾

Optimum Cultivation for ‘Delaware’ Grapevines: Estimation of Irrigation Volume
Based on the Relationship between LAI, Solar Radiation Amount, and Water Consumption
for Each Growing Stage in a Heated Greenhouse

Kazuya Ohata, Yasushi Ono and Takao Kurahashi

I 緒 言

国内の生食用ブドウ品種別累計栽培面積は2020年に12,599haであり、2010年の15,646haから10年間で3,047ha、約19%減少している(農林水産省, 2022)。島根県においても主要品種の‘デラウェア’は同じ10年間で185haから108.8haまで76.2ha、約41%減少している。このような栽培面積の減少に歯止めをかけるためには新たな担い手の確保と育成が必要である。しかし、ブドウの栽培技術を習得するのは容易ではなく、篤農家により長年培われてきた栽培技術の中でも特に水分管理については経験と勘に基づいて行われており、伝承することが極めて難しい。そのため、この水分管理技術を標準化し、新規就農者等が栽培管理に利用しやすくする必要がある。

本県の生食用ブドウはほぼ全てハウスで栽培されており、果実生産のためにはかん水が必要である。かん水はスプリンクラーを設置して園全体に1回あたり20mm程度の多量の水を数日間隔で散水している。かん水のタイミングは土壌の乾燥程度などで判断していたため、かん水量は一定ではない。さらに、スプリンクラーかん水

では、根域が土壌の浅い部分で発達しやすい特徴がある。そのため、晴天や高温が続くと地表表面近くの水分が蒸発し、根域土壌が水分不足となり、光合成速度の低下や果実肥大の抑制、小粒果の発生などが起きる。逆に過剰なかん水で土壌が過湿になると、急激な果粒肥大による裂果や糖度不足、根域の酸素不足による根の発達障害などが起きる。そして、余剰な水分や肥料は地下水や河川に流出し、硝酸態窒素などによる環境汚染が懸念される(梅宮, 2004)。さらに、近年の生産資材価格の高騰等による経営圧迫のため無駄のないかん水や施肥管理がこれまで以上に求められている。

これらの課題を解決するためには、ブドウの生育に合わせてかん水や施肥を自動で行い、点滴チューブを利用した養液土耕栽培が有効であると考えられる。これまでに露地カンキツのマルチ点滴かん水同時施肥栽培(森永ら, 2010)、ブドウ‘巨峰’(金原, 2012)やニホンナシ(大谷, 2011)の盛土式根圏制御栽培などで養液土耕による栽培方法が開発され、現地へ導入されている。しかし、それらは常緑樹と落葉樹の違いがあること、根域が極端に制限された方法である

1) 島根県農業技術センター

2) 島根県農業技術センター(現在、島根県東部農林水産振興センター)

3) 島根県農業技術センター(現在、退職)

こと等から、島根県のハウス栽培‘デラウェア’でこれらの栽培方式をすぐに応用することは困難である。

これまでに、‘デラウェア’ではかん水方法を点滴かん水にすることで糖度が上昇し、裂果が軽減されることが分かっている(倉橋ら, 2006)。その一方で、点滴かん水で栽培した‘デラウェア’は、かん水量が少ない場合、気孔が閉じることで蒸散が抑制されるとともに光合成も抑制され、糖度低下や減収を招くことも明らかとなっている(倉橋ら, 2007)。また、葉面積指数(Leaf Area Index: 以下 LAI) が低い場合、‘デラウェア’や‘巨峰’では着色不良につながる(高橋, 1986; 倉藤ら, 2008)。そのため、ブドウを高生産樹にするためには、早く目標の LAI まで高め、生育に合わせてかん水のタイミングと量をコントロールする必要がある。しかし、LAI と水分消費量に関する詳細な試験は安田・小豆澤(1997)が行った‘巨峰’を用いた水気耕栽培の他には見当たらない。

そこで、ブドウ‘デラウェア’の養液土耕栽培での水分管理に関する基礎的知見を獲得し、施設栽培における生育に最適なかん水量を明らかにするため、ポット樹を用いて生育時期別の水分消費量を調査した。さらに、天候に応じた最適なかん水量の目安を求めるため、水分消費量と LAI および日射量との関係について検討した。

本研究の一部は「農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」「ブドウ園の葉面積と日射モニタリングによるかん水制御技術の開発」(課題番号 1967, 2007～2009 年度)で実施したものである。

II 材料および方法

試験は島根県農業技術センター(島根県出雲市芦渡町)果樹ほ場内の単棟屋根型ハウス(2a)で、2007～2009 年に行った。供試樹として 25L ポット植えブドウ‘デラウェア’(台木テレキ 5BB) 40 樹を用いた。ポットには牛糞バーク堆肥と真砂土を等量で混合した栽培用土を充填した。地面からの水分吸収がないようにするため、ポットは直管パイプの上に配置した。作型は 2007 年および 2008 年は 2 月 1 日加温開始の普通加温栽培、2009 年は 1 月 6 日加温開始の超早期加温栽培

とした。ポット樹の樹齢は試験開始時に 2 年生であった。なお、周縁効果を抑制するために、試験ポットの周囲は同じ樹齢のポット栽培‘デラウェア’を配置した。

1 LAI の設定と測定

LAI の設定は 5 ポット単位で行い、新梢の密度と誘引角度を変えることで各年 LAI が 8 段階になるよう試験区を設定した。すなわち、成熟～収穫期の LAI が 2007 年は 1.5～3.0, 2008 年は 1.5～2.5, 2009 年には 1.5～3.5 の範囲内となるよう樹冠占有面積内に新梢を配置することで調節した。LAI の測定時期は、2007 年が果粒軟化～着色期および成熟～収穫期の 2 回(4 月 24 日、5 月 18 日)、2008 年および 2009 年は展葉 6～8 枚期、ジベレリン(以下、GA とする)1 回目処理期、開花期、GA2 回目処理期、開花後 30 日期、果粒軟化～着色期、成熟～収穫期の計 7 回(2008 年: 3 月 4 日、3 月 10 日、3 月 19 日、4 月 17 日、4 月 28 日、5 月 8 日、5 月 25 日、2009 年: 2 月 5 日、2 月 10 日、3 月 13 日、3 月 25 日、4 月 8 日、4 月 21 日、5 月 7 日)を行った。LAI の測定方法は以下のとおりとした。各生育時期において各区全ての新梢の本梢長と副梢長を測定した。次に、測定日毎に試験樹周辺に配置したポット樹から長さの異なる新梢を 10 本採取し、新梢長と葉面積の回帰式を求め、この式に新梢長を代入して総葉面積を算出した。さらに樹冠占有面積を測定し、総葉面積を樹冠占有面積で除して LAI を求めた。

2 LAI・天候・日射量別水分消費量の測定

各区における水分消費量は重量法によって求めた。すなわち、調査前に全ポットに十分量のかん水を行った後、重力による自然排水によってポット重が一定となった時の重量と一定時間経過後の重量を測定し、別に準備した植栽のないブランクポットの重量変化との差を各樹の蒸散量とし、5 ポットの合計値を各区の蒸散量とした。各区の蒸散量と樹冠占有面積から 10a あたりの水分消費量を算出した。重量は台秤(オーハウス社製、CH30R II)を用い、全ポットを測定した。また、ポット表面土壌からの過剰な蒸発を抑制するため、ポット地上部に親水性不織布(東洋紡

社製, ジャムガード®) を敷設した。

次に, 天候が水分消費量に及ぼす影響を明らかにするため, 各生育時期において天候の異なる日を数日選び, 1 日あたりの水分消費量を測定した。さらに, より詳細な天候変化と水分消費量の関係を明らかにするため, 1 時間あたりの水分消費量についても GA2 回目処理期以降の生育時期について調査した。

日射量はハウス内中央の棚面上部 60cm に設置した全天日射計 (英弘精器社製, MS-601) で測定し, 測定値は電圧ロガー (日置電機社製, ワイヤレスロガー-3613 および 3671) を用いて 5 分間隔で記録した。

なお, 加温栽培の温度管理, 植物生育調節剤処理, 着果管理, 病虫害防除等の栽培管理は島根県の慣行法に従った。

Ⅲ 結果

試験を行った 3 年間の主な生育時期を表 1 に示した。普通加温栽培の 2008 年における GA2 回目処理期から着色始期までの間隔は同じ作型の 2007 年と比較してやや短くなったが, 2009 年の超早期加温を含め, 各生育時期の間隔はほぼ同じであった。

1 LAI と水分消費量の関係

2008 年および 2009 年における生育時期別 LAI の推移を図 1 に示した。2008 年における各区の LAI は GA1 回目処理期に 0.21~0.45 であり, 開花期には 0.97~1.39 へと急激に高くなり, 成熟~収穫期には 1.64~2.43 となった。2009 年の LAI は, GA2 回目処理期以降急激に高くなり, 成熟~収穫期には 1.69~3.30 となった。なお, 2007

年における収穫期の LAI は 1.30~3.08 であった。

年次別および生育時期別に LAI と水分消費量の関係を示したものが図 2 である。展葉 6~8 枚期から開花後 30 日期にかけて LAI が高くなると水分消費量も多くなり, その関係は直線または直線に近い累乗曲線で示された。成熟~収穫期および収穫期間中における LAI と水分消費量の関係は LAI が 3 程度で最大となる 2 次曲線で示された。GA1 回目処理期および GA2 回目処理期における LAI と水分消費量の関係は直線で示されたが, 2 年間を通じて回帰式を得られる関係は

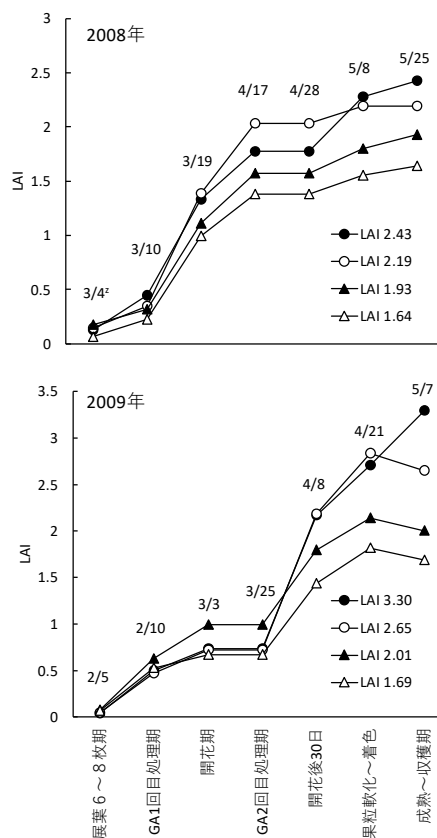


図1 加温ポット栽培‘デラウェア’における生育時期別 LAI の推移 (2008-2009)
² LAI の測定日 (月/日)

表1 加温ポット栽培‘デラウェア’の生育時期 (月/日, 2007~2009)

年次	作型	加温開始	発芽期	GAI期 ²	満開期 ²	GAI期 ²	着色始期	収穫期
2007	普通加温	2/1	2/4	3/4 (2/27~3/14)	3/22 (3/18~4/1)	4/2 (3/30~4/9)	5/8	6/12
2008	普通加温	2/1	2/13	3/12 (3/10~3/23)	3/28 (3/17~4/7)	4/9 (4/7~4/19)	5/1	6/9、6/20
2009	超早期加温	1/6	1/20	2/17 (2/10~2/22)	3/6 (3/5~3/13)	3/18 (3/18~4/2)	4/20	5/25、6/2

² 日付は盛期, ()内は期間を示す

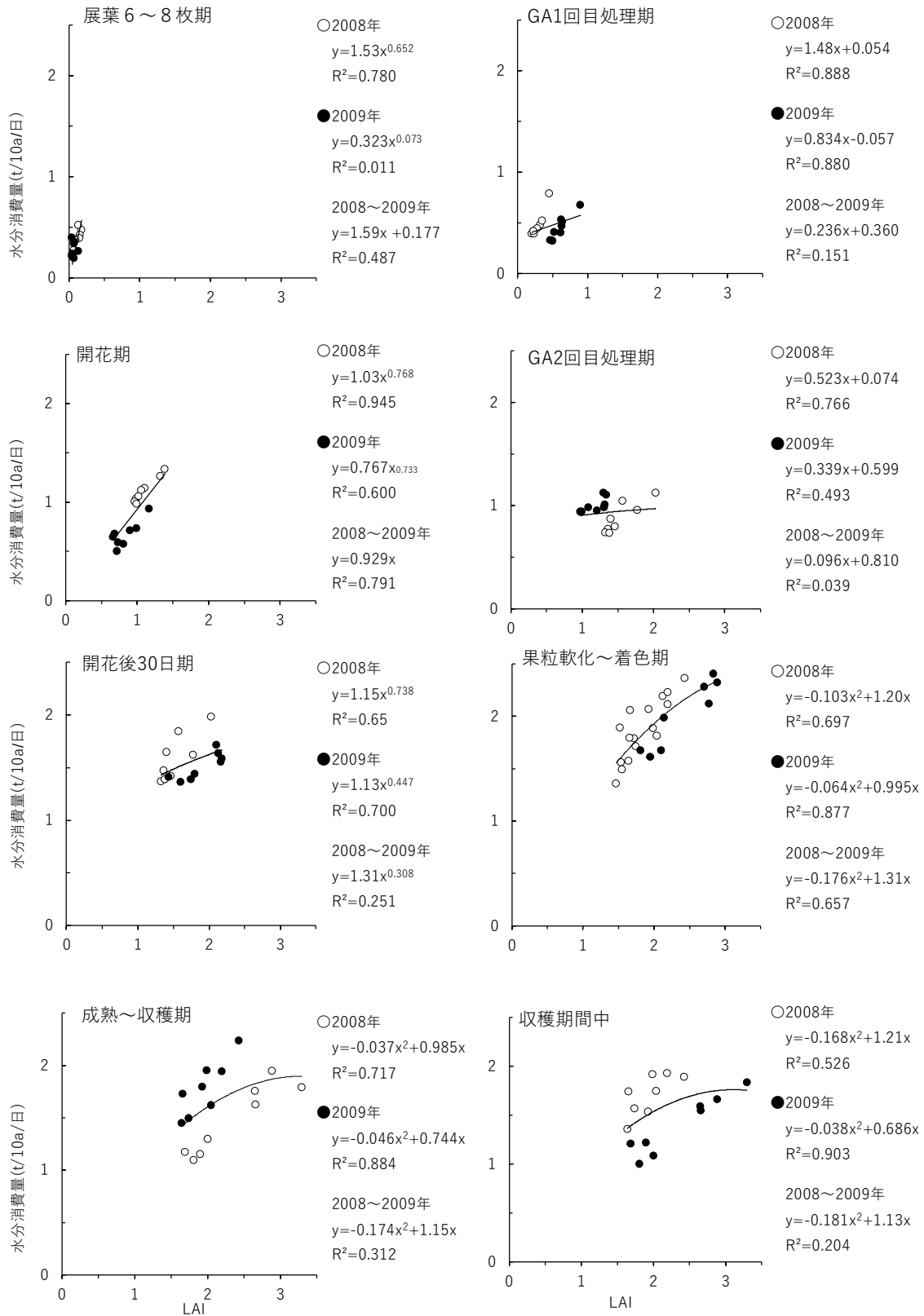


図2 加温ポット栽培'デラウェア'における生育時期別LAIと平均水分消費量の関係 (2008-2009)

無かった。また、2008～2009 年における調査期間中の LAI (x) と平均水分消費量 (y) の関係は $y = -0.132x^2 + 1.12x$ ($R^2 = 0.866$) で表すことができた (図 3)。

さらに、既報 (島根県農業技術センター, 2010) で示された水耕栽培‘デラウェア’における LAI と水分消費量の関係式に準じ、本試験の結果を各生育時期別 LAI と平均 LAI の水分消費量に対する各区の水分消費割合の関係として解析した結果を表 2 に示した。LAI と水分消費割合の関係は、展葉 6～8 枚期から開花後 30 日期までは累乗曲線、果粒軟化期以降は 2 次曲線で示された。

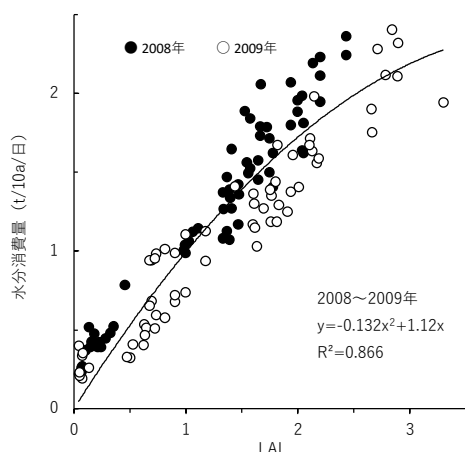


図3 加温ポット栽培‘デラウェア’における生育期間を通じたLAIと水分消費量の関係 (2008-2009)

2 天候および日射量と水分消費量の関係

各年次の生育時期別において異なる天候下での LAI と水分消費量の関係を示したものが図 4 である。ここでは代表的な調査日の結果について示した。各年次の GA 1 回目処理期から成熟～収穫期のいずれの生育時期においても、ほとんどの天候で LAI が高くなるほど水分消費量の差も大きくなったが、雨天の場合には LAI の高低による水分消費量の差が小さかった。調査日毎の LAI と水分消費量の関係は GA1 回目処理期から GA2 回目処理期までは累乗曲線、果粒軟化期以降では 2 次曲線で示された。この傾向は 2008 年、2009 年ともに同様であった。また、調査を行った生育期間を通じて、曇天日および雨天日の水分消費量は、それぞれ晴天日の 46.3～85.9% (平均 67.7%), 2.7～55.8% (平均 29.8%) であった (図 5)。

各生育時期における日射量と水分消費量の関係を LAI 別に示したものが図 6 である。2008 年の GA1 回目処理期における日射量は 0.7～10.2 MJ/m² であり、日射量が増加すると水分消費量も多くなり、その関係は直線で示され、LAI が高いほどその傾きが大きくなった。開花期における日射量は 6.8～14.3 MJ/m² であり、水分消費量との関係は直線で示され、GA1 回目処理期と同様の傾向であった。また GA2 回目処理期での日射量は 1.0～14.7 MJ/m² であり、水分消費量との

表2 加温ポット栽培‘デラウェア’におけるLAIと水分消費量の関係 (2008-2009)

生育時期	年次 ^z	平均LAI	LAI (x)と水分消費割合 (y)の関係式 ^y
展葉 6～8 枚期	2008-2009	0.09	$y = 2.83x^{0.42}$ $R^2 = 0.439$
GA 1 回目処理期	2008	0.29	$y = 2.71x^{0.798}$ $R^2 = 0.868$
	2009	0.61	$y = 1.76x^{1.170}$ $R^2 = 0.864$
開花期	2008-2009	0.97	$y = 1.01x^{1.21}$ $R^2 = 0.787$
GA 2 回目処理期	2008	1.54	$y = 0.498x^{0.951}$ $R^2 = 0.768$
	2009	1.19	$y = 0.936x^{0.380}$ $R^2 = 0.497$
開花後30日期	2008-2009	1.72	$y = 0.846x^{0.308}$ $R^2 = 0.251$
果粒軟化～着色期	2008-2009	2.03	$y = -0.090x^2 + 0.677x$ $R^2 = 0.657$
成熟～収穫期	2008-2009	2.16	$y = -0.104x^2 + 0.663x$ $R^2 = 0.359$
収穫期間中	2008-2009	2.16	$y = -0.114x^2 + 0.709x$ $R^2 = 0.204$

^z 2008年は2月1日加温開始の普通加温栽培，2009年は1月6日加温開始の超早期加温栽培

^y 平均LAIを基準としたときの水分消費割合

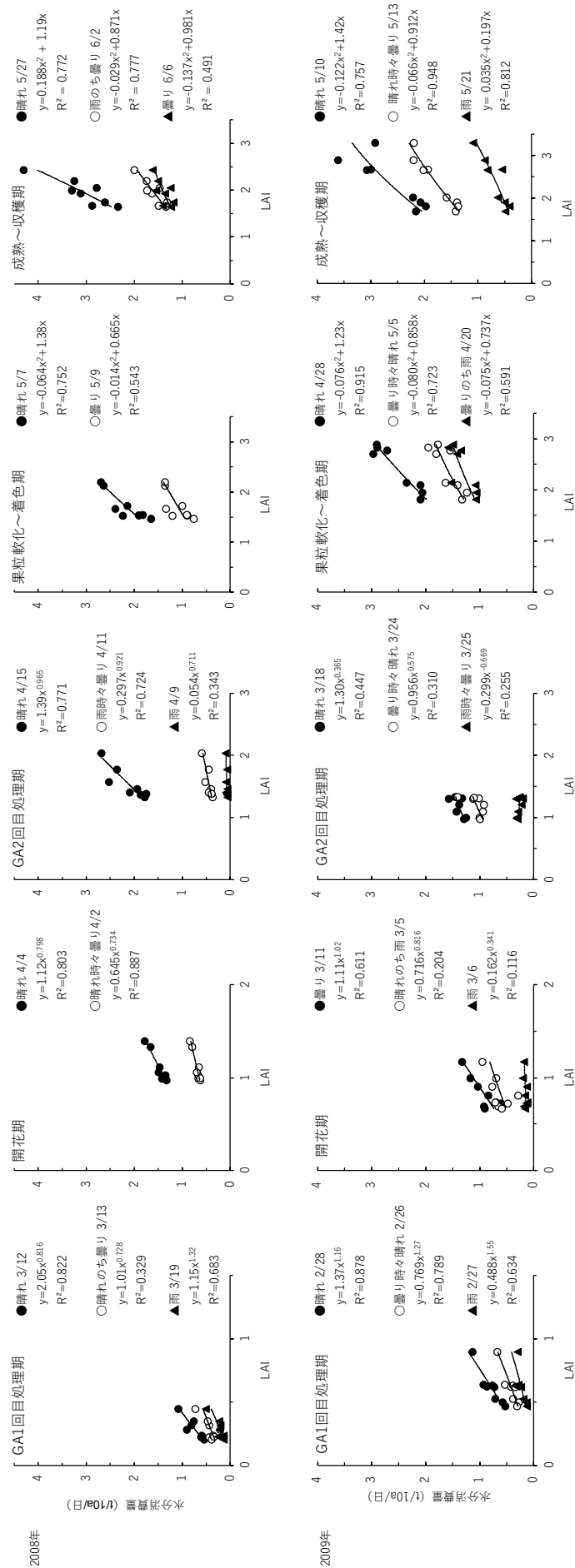


図4 加温ポット栽培‘デラウェア’の各生育時期におけるLAIと天候別水分消費量の関係 (2008-2009)

関係は2次係数が正の2次曲線，果粒軟化期での日射量は7.4～16.2MJ/m²で，水分消費量との関係は2次係数が負の2次曲線で示された．そして，成熟～収穫期における日射量は7.0～16.0MJ/m²であり，GA1回目処理期および開花期と同様に水分消費量との関係は直線で示された．また，GA1回目処理期を除く全ての生育時期において，日射量と水分消費量の関係を示す回帰式の決定係数は0.776以上となった．なお，開花後30日期および収穫期間中における日射量と水分消費量の関係も決定係数が0.776以上の直線で示された（データ省略）．

2009年のGA1回目処理期，開花期およびGA2回目処理期における調査日の日射量はそれぞれ3.1～8.4，1.2～7.9，3.5～13.3MJ/m²であり，日射量と水分消費量の関係を示す回帰式はいずれも直線で示された．果粒軟化期～着色期，成熟～収穫期の日射量は4.8～17.4MJ/m²であり，水分消費量との関係を示す回帰式は2次曲線で示された．成熟～収穫期では，日射量が10MJ/m²以上になるとLAI2.89区の水分消費量がLAI3.30区と比較して多くなった．また，各生育時期で得られたLAI別日射量と水分消費量の関係を示す回帰式の決定係数は0.628以上となった．なお，調査期間中の日射量(x)と水分消費量(y)の関係は $y=0.134x$ ($R^2=0.696$) で表すことができた（図7）．

さらに，天候の変化に応じた最適かん水量の目安を明らかにするため，各生育時期における2年間の日射量と水分消費量の関係をまとめて表

3に示した．日射量と水分消費量の関係は，展葉6～8枚期から開花後30日期で直線回帰式，果粒軟化～着色期および成熟～収穫期は累乗曲線回帰式で示され，決定係数は0.695以上であった．また，収穫期間中における日射量と水分消費量の関係は二次曲線 ($R^2=0.939$) で示された．

次に1時間あたりの日射量とLAI別水分消費量の推移を図8に示した．果粒軟化～着色期にあたる晴天日である2008年5月15日の日射量は12時頃をピークとして減少に転じ，LAIの高低に関わらず水分消費量も同様に推移した．また，成熟～収穫期の晴天日である2009年5月18日の推移をみると，日射量は11時頃が最大となり，その後急激に減少した．そして，LAIの高低に関わらず，水分消費量はやや遅れて12時頃が最大となりその後緩やかに減少した．

成熟～収穫期にあたる2007年5月25日の天候は雨のち晴れであり，日射量は15時頃をピークに減少に転じ，水分消費量も同時またはやや遅れてピークを迎えた．なお，晴天と曇天の変化

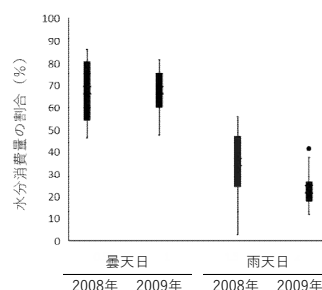


図5 加温ポット栽培ブドウ‘デラウェア’における天候別水分消費量の割合²

² 晴天日を100とした場合の曇天日および雨天日の水分消費量割合

表3 加温ポット栽培‘デラウェア’における日射量と水分消費量の関係（2008-2009）

生育時期	年次 ²	平均日射量 (MJ/m ²)	日射量 (x)と水分消費量 (y)の関係	
展葉6～8枚期	2008～2009	5.87	$y = 0.049x + 0.035$	$R^2 = 0.965$
GA1回目処理期	2008～2009	5.59	$y = 0.061x + 0.123$	$R^2 = 0.728$
開花期	2008～2009	7.46	$y = 0.083x + 0.225$	$R^2 = 0.869$
GA2回目処理期	2008～2009	8.51	$y = 0.114x$	$R^2 = 0.874$
開花後30日期	2008～2009	8.62	$y = 0.163x + 0.104$	$R^2 = 0.897$
果粒軟化～着色期	2008～2009	11.72	$y = 0.515x^{0.537}$	$R^2 = 0.695$
成熟～収穫期	2008～2009	9.57	$y = 0.284x^{0.791}$	$R^2 = 0.898$
収穫期間中	2008～2009	12.29	$y = 0.013x + 1.389$	$R^2 = 0.108$

² 2008年は2月1日加温開始の普通加温栽培，2009年は1月6日加温開始の超早期加温栽培

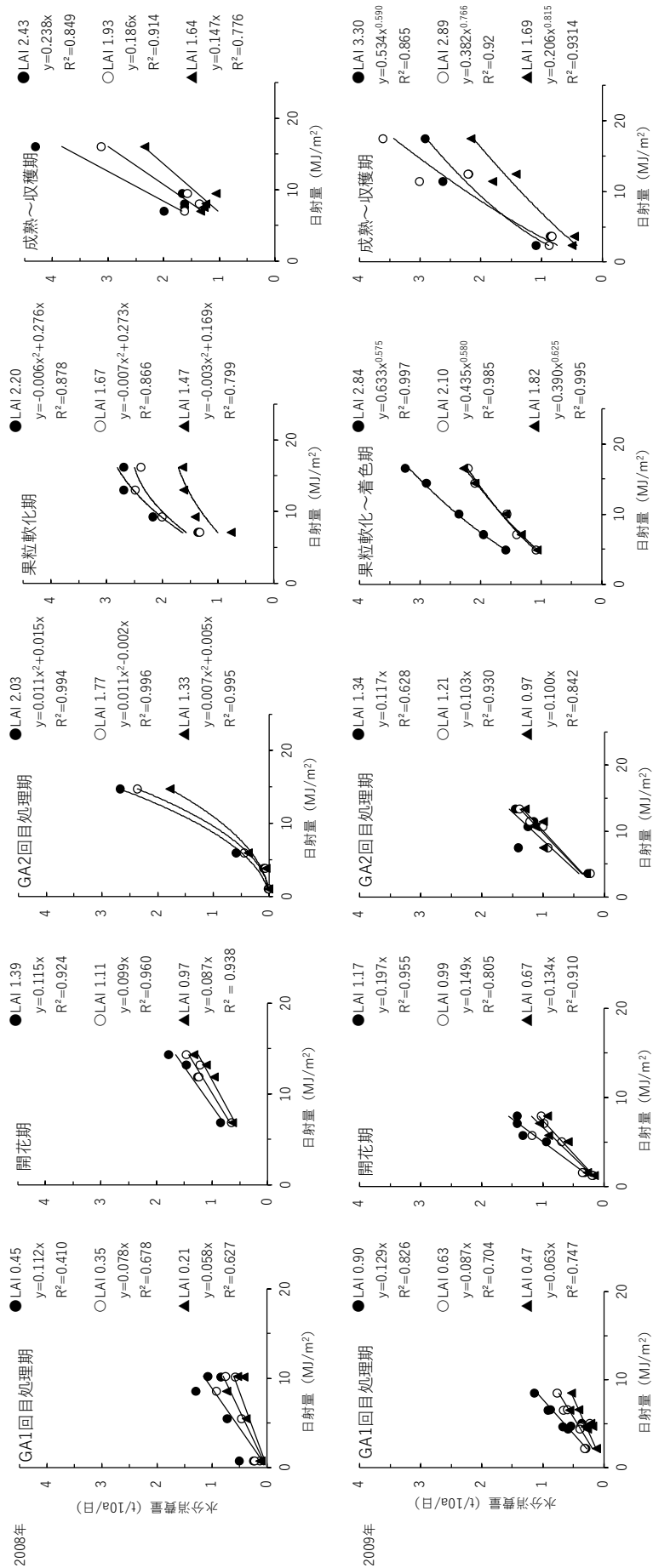


図6 加温ポット栽培‘デラウェア’における生育時期別日射量と水分消費量の関係 (2008-2009)

がみられた日（GA2 回目処理期：2008 年 4 月 15 日，果粒軟化期：2009 年 5 月 1 日）でも日射量と水分消費量は同調して推移した（データ省略）。

IV 考 察

島根県における生食用ブドウはそのほとんどがハウス栽培であり，肥料成分の流亡を防ぎ，生理障害を発生させることなく高品質果実を生産するためには，生育に応じたかん水管理が必要である．特に本県の主力品種である‘デラウェア’は裂果しやすい品種であるため（山本・佐藤，1994），より緻密なかん水管理が求められている．また，新たな担い手を確保し，技術を伝承するためにもこれまで篤農家が培ってきたかん水技術も合わせて標準化することが重要であり，そのためには生育に関連する指標値に基づく適切なかん水量の目安を示すことが必要である．

1 LAI と水分消費量の関係

ブドウ栽培において，LAI は生育診断や高品質果実生産につながる重要な指標の一つである．‘デラウェア’および‘巨峰’の高生産樹における LAI は 3 程度であり，開花後 30 日程度で目標 LAI となった後は枝伸びが鈍化し拡大しなくなるのが良いとされている（高橋，1986）．また，‘甲斐路’などの直光着色性を有する品種では樹冠内照度を高めるために着色期以降の LAI を 2 程度とやや低くする必要がある．このように，ブドウ生産に最適な LAI は品種毎に異なってい

るものの，高生産樹に適したかん水方法について詳細な調査は安田・小豆澤（1997）が行った‘巨峰’を用いた水気耕栽培の事例以外には見当たらない．そこで，‘デラウェア’を高生産樹にするための基礎的知見を獲得するため，ポット栽培樹を用いて生育時期別の LAI と水分消費量の関係について調査した．

LAI と水分消費量の関係は展葉 6～8 枚期から開花後 30 日程度までは直線または直線に近い累乗曲線で，果粒軟化期以降は 2 次曲線で示された．成熟～収穫期では LAI 3.17 を頂点とした 2 次曲線となり，LAI が 3 程度で最も樹の生育と水分消費量のバランスが優れていると考えられた．このことは高橋（1986）が述べているように LAI と単位葉面積・時間当たりの純生産量の関係から，庇陰樹の LAI が 3.2 になるとその下にある葉の純生産量がゼロになること，着果量と LAI を変えた場合の果実品質や収量の関係から‘デ

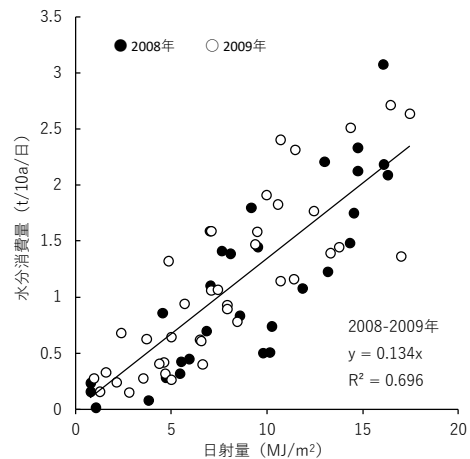


図7 加温ポット栽培‘デラウェア’における生育期間を通じた日射量と水分消費量の関係（2008-2009）

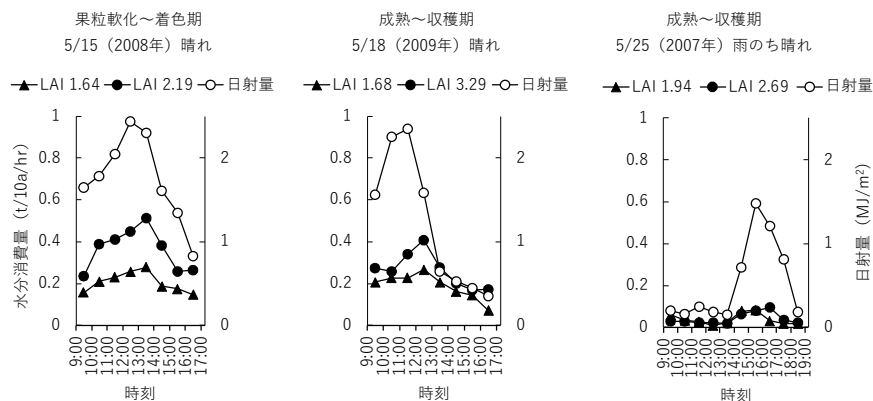


図8 加温ポット栽培‘デラウェア’における1時間あたりの日射量とLAI別水分消費量の推移（2007-2009）

ラウェア’の最適 LAI は 3 に近いこと、高生産樹では開花後 30 日頃までに LAI を 3 程度まで拡大させて光合成産物の果実分配率を高めることが重要であるという考えと一致していた。また、本研究と同時に実施していた水気耕栽培‘デラウェア’においても LAI が 3 までは LAI の拡大とともに水分消費量が増加していた（倉橋，2016）。

さらに、ブドウにおける生育期間を通した LAI と水分消費量の関係について、大野ら（2008）は水気耕栽培‘デラウェア’を用いて直線回帰式を導いているのに対して、本試験では 2 次曲線回帰式を得ている。つまり、根域の環境が極めて安定している水気耕栽培とは異なり、地植えを想定したポット栽培では、LAI の拡大に伴い LAI と水分消費量の関係を示す回帰式が変化していることを示している。そして、本試験の結果からは着色期以降は水分消費量が徐々に減少していることも明らかとなっている（図 2）。

これらのことから、‘デラウェア’の水管理を LAI に着目すると、開花期に LAI が 1～2、開花後 30 日期に LAI が 2～3 となり、その後は LAI を 3 程度で維持できるよう、特に着色期以降はかん水量を徐々に減らしていく管理が適していると考えられた。

2 日射量と水分消費量の関係

一般的に植物の水分消費量は天候に左右される。今回、各生育時期において LAI と水分消費量の関係を天候別に調査した結果が図 4 である。晴天日と比較した曇天日および雨天日における水分消費量はそれぞれ 46.3～85.9%，2.7～55.8%となった（図 5）。‘デラウェア’を用いた水気耕栽培では、晴天日の水分消費量と比較して曇天日は生育期間を通じてその 60～70%，雨天日では成熟においてその 30%になるとの報告（大野ら，2008）や‘巨峰’を用いた水気耕栽培における曇天日の水分消費量は晴天日の 60%程度、雨天日では 40%程度であるとした報告（安田・小豆澤，1997）とほぼ同じ傾向であった。

また日射量と水分消費量の関係を示したものが図 6 である。LAI の高低に関わらず日射量に比例して水分消費量は増加していた。さらに 1 時間あたりの水分消費量の推移をみると、生育

時期に関わらず日射量の変化と同調しており、日射量が多く、LAI が高いほど水分消費量が多くなった（図 8）。そして、水分消費量は日射量の推移と比較して 1 時間程度のタイムラグがあり、金原ら（2011）が行った‘巨峰’を用いた盛土式根圏制御栽培での結果と同じであった。そして、雨から晴れのように天候が急変した場合でも水分消費量は日射量に敏感に同調していた。天候の急激な変化は樹体に過剰なストレスを与える可能性が高い。特に曇天が続いた後に晴天となる場合には縮果症が発生しやすいことから（金原ら，2011）、ハウス栽培ではかん水量や温度管理に注意する必要がある。本試験においても、ポット栽培‘デラウェア’における水分消費量は 1 日あたり、1 時間あたりともに日射量と比例していることが明らかとなった。さらに、生育期間を通じた水分消費量も日射量に比例しており（図 7）、その関係は‘巨峰’（金原ら，2011）や‘シャインマスカット’（三輪，2017）でも直線で示されることが報告されており、品種や栽培方式に影響されないと考えられた。

水気耕栽培‘デラウェア’で得られた日射量と水分消費量の関係を示す回帰直線（大野ら，2008）の傾きは 0.19 であり、本試験で得られた傾き 0.13 とはやや異なっていた。これは水気耕栽培の場合、根部に直接培養液を施用する循環方式のため、ストレスが少ない状態で水分を吸収（消費）しやすい環境にあったためではないかと考えられた。

このように、‘デラウェア’の水分消費量は日射量の増加に伴って直線的に増え、1 日を通して日射量と水分消費量の変化は同調しており、中でも日射量が急激に変化する場合には水分消費量がやや遅れて増加することから、日射比例式の点滴かん水のように日射量に応じてこまめにかん水する方法が適していると考えられた。

3 ブドウ‘デラウェア’の推定水分消費量とかん水方法

これまでの結果から‘デラウェア’の水分消費量は LAI と日射量に強く影響を受けていることが明らかとなった。既報（倉橋・平岡，2008；島根県農業技術センター，2010）において‘デラウェア’のかん水量を算出する計算式は（日射量

大畑・大野・倉橋：加温ポット栽培におけるブドウ‘デラウェア’の生育時期別
LAI および日射量と水分消費量の関係に基づくかん水量の推定

と水分消費量の関係) × (LAI の水分消費量の関係) で示されていることから、表2および表3で得られた関係式を用いて生育時期別に日射量および LAI を代入することで各生育時期における水分消費量を算出し、かん水量の目安を作成した(表4)。一般的な天候別日射量は晴天日で15～20MJ/m²、曇天日で5～8MJ/m²、雨天日で1～3MJ/m²であり、‘デラウェア’の目標とする LAI は展葉6～8枚期に0.5、GA1回目処理期に1、開

花期に1～1.5、GA2回目処理期に2～2.5、開花30日期以降で3.0となる。これらを組み合わせると表4に準じたかん水を比較的容易にスプリンクラーなどで行うこともできると考えられる。なお、GA1回目処理期およびGA2回目処理期における LAI と水分消費量の関係は直線で示されるが、得られた決定係数の信頼度が低いため(坂口, 2017)、各年度で得られた推定水分消費量の平均値とした。

表4 2008～2009年に行った加温ポット栽培‘デラウェア’の試験結果から算出した水分消費量に基づくかん水量の目安² (t/10a/日)

生育時期	LAI	積算日射量(MJ/m ²)																	
		0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10	15	20
展葉6～8枚期	0.25	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.44	0.52	0.68	0.83	1.22	1.61
	0.5	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.23	0.28	0.34	0.39	0.44	0.49	0.55	0.60	0.70	0.91	1.12	1.65	2.17
	0.75	0.11	0.14	0.16	0.19	0.21	0.28	0.34	0.40	0.46	0.53	0.59	0.65	0.71	0.84	1.09	1.33	1.96	2.58
	1	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24	0.31	0.38	0.45	0.52	0.59	0.66	0.74	0.81	0.95	1.23	1.51	2.22	2.92
GA1回目処理期 ³	0.5	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21	0.25	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.47	0.50	0.57	0.72	0.86	1.22	1.58
	0.75	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.36	0.42	0.47	0.52	0.57	0.63	0.68	0.73	0.83	1.04	1.25	1.78	2.30
	1	0.30	0.33	0.35	0.38	0.41	0.48	0.55	0.61	0.68	0.75	0.82	0.89	0.96	1.09	1.37	1.64	2.33	3.01
	1.25	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.59	0.67	0.76	0.84	0.93	1.01	1.10	1.18	1.35	1.69	2.03	2.88	3.72
開花期	1	0.25	0.27	0.28	0.30	0.32	0.36	0.40	0.45	0.49	0.53	0.58	0.62	0.66	0.75	0.92	1.10	1.53	1.96
	1.5	0.37	0.40	0.43	0.45	0.48	0.54	0.61	0.67	0.74	0.80	0.87	0.93	1.00	1.13	1.38	1.64	2.29	2.94
	2	0.50	0.53	0.57	0.60	0.64	0.72	0.81	0.90	0.98	1.07	1.16	1.24	1.33	1.50	1.85	2.19	3.05	3.92
GA2回目処理期 ³	1.5	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47	0.52	0.63	0.84	1.05	1.57	2.10
	2	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.63	0.75	1.00	1.25	1.88	2.51
	2.5	0.03	0.06	0.09	0.12	0.14	0.22	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.65	0.72	0.87	1.16	1.45	2.17	2.89
	3	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.24	0.33	0.41	0.49	0.57	0.65	0.73	0.82	0.98	1.30	1.63	2.45	3.26
開花後30日期	2	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28	0.37	0.45	0.54	0.62	0.71	0.79	0.88	0.96	1.14	1.48	1.82	2.68	3.53
	2.5	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.39	0.48	0.58	0.67	0.76	0.85	0.94	1.03	1.22	1.58	1.95	2.87	3.78
	3	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.41	0.51	0.61	0.71	0.80	0.90	1.00	1.09	1.29	1.67	2.06	3.03	4.00
	3.5	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.44	0.54	0.64	0.74	0.84	0.94	1.04	1.15	1.35	1.76	2.16	3.18	4.20
果粒軟化～着色期	2	0.22	0.31	0.39	0.45	0.51	0.64	0.74	0.84	0.92	1.00	1.08	1.15	1.21	1.34	1.56	1.76	2.19	2.56
	2.5	0.24	0.36	0.44	0.52	0.58	0.72	0.84	0.95	1.05	1.14	1.22	1.30	1.38	1.52	1.78	2.00	2.49	2.91
	3	0.26	0.38	0.48	0.56	0.63	0.78	0.91	1.03	1.13	1.23	1.32	1.41	1.49	1.64	1.92	2.16	2.69	3.14
	3.5	0.27	0.40	0.49	0.58	0.65	0.81	0.94	1.06	1.17	1.27	1.37	1.46	1.54	1.70	1.99	2.24	2.79	3.25
	4	0.27	0.40	0.49	0.58	0.65	0.81	0.94	1.06	1.17	1.27	1.37	1.46	1.54	1.70	1.99	2.24	2.78	3.25
成熟～収穫期	2	0.07	0.13	0.17	0.22	0.26	0.36	0.45	0.54	0.62	0.70	0.78	0.85	0.93	1.07	1.34	1.60	2.21	2.77
	2.5	0.08	0.14	0.19	0.24	0.29	0.40	0.50	0.59	0.68	0.77	0.86	0.94	1.03	1.18	1.49	1.78	2.45	3.07
	3	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.41	0.52	0.62	0.72	0.81	0.90	0.99	1.07	1.24	1.56	1.86	2.56	3.21
	3.5	0.08	0.14	0.20	0.25	0.30	0.41	0.52	0.62	0.71	0.80	0.89	0.98	1.07	1.23	1.55	1.84	2.54	3.19
	4	0.08	0.14	0.19	0.24	0.28	0.39	0.49	0.58	0.67	0.76	0.84	0.93	1.01	1.16	1.46	1.74	2.40	3.01
収穫期間中	2	1.34	1.34	1.35	1.35	1.35	1.36	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.40	1.40	1.41	1.44	1.47	1.53	1.59
	2.5	1.48	1.48	1.48	1.49	1.49	1.50	1.50	1.51	1.52	1.52	1.53	1.54	1.54	1.56	1.59	1.61	1.68	1.75
	3	1.54	1.54	1.54	1.54	1.55	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.60	1.60	1.62	1.65	1.68	1.75	1.82
	3.5	1.51	1.52	1.52	1.52	1.52	1.53	1.54	1.55	1.55	1.56	1.57	1.57	1.58	1.60	1.63	1.65	1.73	1.80
	4	1.41	1.41	1.42	1.42	1.42	1.43	1.44	1.44	1.45	1.46	1.46	1.47	1.48	1.49	1.52	1.54	1.61	1.68

² 既報(倉橋ら, 2008; 島根県農業技術センター, 2010) で用いられるかん水量算出用計算式((日射量と水分消費量の関係) × (LAIと水分消費量の関係)) に表2および表3で得られた関係式を用いて算出した。LAIと水分消費量の関係は表2のLAIと水分消費割合の関係とした。

³ GA1回目処理期およびGA2回目処理期では2008年および2009年それぞれで算出した推定値の平均値とした。

そして、導き出された水分消費量を ‘デラウェア’ 樹へ効率的にかん水するためには日射比例制御のシステムが有効である (倉橋ら, 2015) . 日射量は日射計を設置することで容易に測定できるが, LAI を測定するには本研究のように生育時期別に新梢長と葉面積の関係を導くなどの多大な労力が必要となる. 近年は魚眼レンズ (立石ら, 2012 ; 濱田・白石, 2020) や葉影率 (白石ら, 2012) を利用した LAI の非破壊測定方法が確立されており, 測定値を比較的簡便にかん水システムへ使用できる. また, 本研究の成果や最新型 LAI 測定法によって日射比例灌水装置 (梅野, 2011) の精度もさらに向上すると考えられる.

日射比例方式や点滴養液を利用したかん水システムは果樹栽培ではブドウ (倉橋ら, 2009 ; 金原ら, 2011) やナシ (大谷, 2011) などで実用化されている. しかし, 日射比例方式では日射量の増加と水分消費量の増加にタイムラグがあるため, 後追いかん水となる場合がある. その欠点を補う方法として近年開発された体積含水率 (倉橋・平岡, 2008) , 樹液流量 (杉浦ら, 2009) , しおれ程度 (彦坂, 2022) , 茎径変化 (後藤ら, 2019) などの生態情報を測定する技術をかん水システムに導入することでより適切なかん水管理を実現できると考えられる. 本報の結果をもとに ‘デラウェア’ を対象としたかん水システムの精度向上を図るためにはさらに検討が必要な部分がある. しかし, これまで人の勘や経験に頼ってきた部分を可能な限り数値化して, 出来るだけ多くのデータをかん水装置へ組み込み, 篤農家技術を標準化することで, 既存の生産者や新たな担い手が容易に活用することが可能となる. さらに, 温暖化を含めた今後の気象条件の変化や生育時期別の生育量に適したかん水方法により, 高品質果実の効率的な生産が可能になると考える.

V 摘 要

ブドウ ‘デラウェア’ の生育に最適なかん水量を明らかにするため, ポット樹を用いた加温栽培における水分消費量の推移を調査した. さらに, LAI, 天候および日射量と水分消費量の関係について検討し, 生育時期別に最適なかん水量の算出を試みた.

- 1 展葉 6~8 枚期, GA1 回目処理期, 開花期, GA2 回目処理期, 開花後 30 日期における LAI と水分消費量の関係は直線または累乗曲線で示された. 果粒軟化期~着色期, 成熟~収穫期には, 2 次曲線で示され, 成熟~収穫期には LAI3 程度で水分消費量は最大となった.
- 2 各生育時期における天候の異なる日での LAI と水分消費量の関係は直線で示され, 曇天日および雨天日における水分消費量は晴天日に対してそれぞれ 46.3~85.9%, 2.7~55.8%であった.
- 3 日射量と水分消費量の関係はほとんどの生育時期において直線で示された. また, 1 時間あたりの水分消費量の変化は日射量と同調していた.
- 4 LAI と水分消費量の関係および日射量と水分消費量の関係から各生育時期における LAI と日射量を基にしたかん水量の目安を示した.

引用文献

- 後藤将弥・水野涼介・若森和昌・峰野博史 (2019) 植物の状態に自律順応する灌水タイミング決定手法の検討. 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集 1, 247-248.
- 濱田美智雄・白石美樹夫 (2020) 魚眼レンズを装着したデジタルカメラと画像処理ソフト「Fiji-ImageJ」を用いた生食用ブドウ品種の葉面積指数の推定. 園学研 19 (1) , 83-88.
- 彦坂晶子 (2022) 高糖度トマト生産を目的とした水ストレス計測とかん水制御技術. 植物環境工学 34 (3) , 129-135.
- 金原啓一 (2012) ブドウの盛土式根圏制御栽培法に関する研究. Bull. Tochigi Agr. Exp. Stn. No70, 1-38.
- 金原啓一・岸 祐子・須藤貴子・八巻良和 (2011) ブドウ ‘巨峰’ の盛土式根域制限栽培における吸水量測定と日射量に基づく灌水管理法. 園学研 10 (1) , 21-32.
- 倉藤祐輝・尾頃敦郎・藤井雄一郎・小野俊朗・久保田尚浩・森 茂郎 (2008) ブドウにおけるマルチと灌水同時施肥による超密植栽培システムの開発. 園学研 7 (3) , 425-431.
- 倉橋孝夫 (2016) 水分および温度管理. 農業技術大系 果樹編 ブドウ 追録第 31 号. 農文協.

- 技 288 の 10-11 の 3.
- 倉橋孝夫・大野泰司・大畑和也・永原美里 (2006) 点滴かん水がブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響. 園学雑 75 別 (2), 481.
- 倉橋孝夫・笹川悦世・大畑和也・永原美里 (2007) 点滴かん水量がブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響. 園学研 6 別 (2), 468.
- 倉橋孝夫・平岡潔志 (2008) かん水量の異なるブドウ‘デラウェア’の枝体積含水率を携帯型 TDR で評価する, 園学研 7 別 (2), 13.
- 倉橋孝夫・持田圭介・梅野康行・大野泰司・大畑和也・門脇 稔・山本晴彦・岩谷 潔・平岡潔志・星 典宏・石飛義和 (2009) 葉面積・日射対応点滴かん水装置の開発とブドウ‘デラウェア’への応用. 園学研 8 別 (2), 415.
- 倉橋孝夫・梅野康行・大畑和也・門脇 稔 (2015) 点滴かん水方法と水量が無加温栽培ブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響. 島根農技セ研報 43, 1-12.
- 三輪直邦 (2017) 日射量と葉面積から判断するブドウの適正な灌水量. 農耕と園芸 72(8), 50-53.
- 森永邦久・吉川弘恭・草場新之助・島崎昌彦・中尾誠司・星 典宏・長谷川美典 (2010) カンキツのマルチ・点滴かん水同時施肥システムの開発と普及. 園学研 9 (2), 129-135.
- 農林水産省 (2022) 特産果樹生産動態等調査.
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/index.html
- 大野泰司・大畑和也・永原美里・倉橋孝夫 (2008) ブドウ‘デラウェア’水気耕栽培における生育時期・LAI・日射量と水分消費量の関係. 園学研 7 別 (2), 114.
- 大谷義夫 (2011) 盛土式根域制限栽培によるニホンナシの早期多収に関する研究. Bull. Tochigi Agr. Exp. Stn. No69, 1-70.
- 坂口栄一郎 (2017) 研究発表での r^2 の使用について思うこと. 農食工学誌 79 (5), 383-384.
- 島根県農業技術センター (2010) 「ブドウ園の葉面積と日射モニタリングによるかん水制御技術の開発」研究成果報告書. 1-147.
- 白石美樹夫・林 秀典・上野俊人 (2012) 葉影率から推定した LAI に基づく露地栽培ブドウの着果量調節事例. 園学研 11(1), 127-136.
- 杉浦裕義・阪本大輔・杉浦俊彦・朝倉利員・森口卓哉 (2009) Granier 法によるニホンナシの樹液流測定. 農業気象 65 (1), 83-88.
- 高橋国昭 (1986) ブドウの適正収量に関する研究. 島根農試研報 21, 1-104.
- 立石欣也・山本晴彦・岩谷 潔・土谷安司・倉橋孝夫・門脇 稔・金子奈々恵 (2012) ハウス栽培におけるブドウ‘デラウェア’のデジタルカメラを利用した葉面積指数の推定. 園学研 11(2), 251-255.
- 梅野康行 (2011) リーフソーラー点滴灌水装置. 農業技術大系 果樹編 ブドウ 追録第 26 号. 農文協. 技 72 の 6-8.
- 梅宮善章 (2004) 果樹園の施肥に由来する窒素負荷の現状. 園学研 3 (2), 127-132.
- 山本隆儀・佐藤 秀 (1994) ブドウ品種における裂果感受性, 果粒形態および果粒表面応力分布の相互関係. 園学雑 63 (2), 247-256.
- 安田雄治・小豆澤 斉 (1997) ブドウ‘巨峰’の水気耕栽培における水分消費量. 園学雑 66 (2), 216-217.

Summary

To clarify the optimum irrigation amount for each growing stage of 'Delaware' grapevine, we measured water consumption using 40 pot-cultured grapevines in a heated greenhouse, and compared with a pot containing soil only. Secondly, we investigated the consumed amount of water relative to the leaf area index (LAI) of 'Delaware', weather conditions, and the amount of solar radiation measured using a pyranometer. Finally, we calculated the estimated optimal amount of water for each growing stage of 'Delaware' to determine effective irrigation methods to yield high quality grapes. The following are our findings:

1. With regression analyses, the relationship between LAI and water consumption was expressed as a line regression or a power regression on the graphs at the sixth to eighth leafing stage, the first gibberellin treatment stage, the flowering stage, the second gibberellin treatment stage, and at 30 days after flowering; whereas, it was expressed as a quadratic curve regression in the grapes' softening (veraison) stage to the coloring stage and in the maturation stage to the harvesting stage. Water consumption was largest in the period from maturation to harvesting stage, when the LAI was approximately 3 degrees.
2. Under various weather conditions, the relationship between LAI and water consumption in each growing stage was expressed as a line regression. Compared with sunny days, water consumption on cloudy days was 46.3 to 85.9%, while that on rainy days was 2.7 to 55.8%.
3. The relationship between the amount of solar radiation and water consumption was expressed as a linear regression in most of the growing stages. The hourly water consumption was correlated with the amount of solar radiation.
4. The optimum amount of irrigation in each growing stage could be estimated based on water consumption relative to the LAI and water consumption relative to the solar radiation amount.

早朝低温処理が加温促成鉢物アジサイの新梢伸長および開花に及ぼす影響

加古哲也¹⁾・川村 通¹⁾

Effects of Morning Temperature Drop on Shoot Elongation and Flowering in Forcing Cultured Potted Hydrangea

Tetsuya Kako and Tooru Kawamura

I 緒 言

アジサイ (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. f. *macrophylla*) は、アジサイ科アジサイ属に属し、日本の太平洋沿岸に固有のガクアジサイ (*H. macrophylla* (Thunb.) Ser. f. *normalis* (E. H. Wilson) H. Hara) から生じた変異とされる落葉低木である。アジサイのうち、ヨーロッパを中心に西洋で改良された品種群は西洋アジサイもしくはハイドランジアと呼ばれ(八木, 1994), 近年多くの品種が流通している。アジサイの品種には、主に切り花向けに栽培される高性の品種と、鉢花向けに栽培されるわい性の品種が存在している。特に、わい性の品種は母の日をターゲットとしたギフト向け鉢物として栽培されており、近年、流通量が増加している(東京都中央卸売市場, 2022)。

鉢物は、主に観賞性ならびに輸送性の問題から、その植物体の大きさに制約を受ける。観賞性については、鉢の大きさと植物体の大きさの関係に基づく観賞性の向上のため(中島・後藤, 2019; Sachs ら, 1976), 輸送性については、輸送コストの軽減に向けたトラックの荷台の有効活用や、ギフト発送時の輸送箱への適合のために制約を受けている。そのため、多くの場合、摘芯、切り戻し等の剪定や、わい化剤を用いた薬剤処理による草姿の制御が行われる(小西ら, 1988)。アジサイは新梢の先端が主たる観賞部位である花器となるため、加温促成開始後は摘

芯による草姿制御は行われない。そのため、アジサイを鉢物として生産する場合、その草姿の制御には主にわい化剤のダミノジットが使用されている。促成栽培の鉢物アジサイでは、ダミノジットの4000ppm水溶液を栽培期間中に2回茎葉へ散布することで、アジサイ‘島系Hyd06-01’ (通称, 万華鏡® 以下, ‘万華鏡’ とする) では最大 30% (加古ら, 2014), ‘銀河’ では 14% (女鹿田ら, 2021) 新梢伸長が抑制される事例が報告されている。一方、アジサイにおいて、ダミノジットは花色に影響を及ぼすことも知られており、半促成栽培のアジサイ‘万華鏡’ (加古ら, 2014) および‘銀河’ (女鹿田ら, 2021) では、ダミノジット処理によりがく片の覆輪が消失することが報告されている。そのため、がく片に覆輪を有するアジサイの草姿制御においては、覆輪に影響を及ぼさないわい化方法の開発が求められている。

わい化剤によらない草丈制御の方法の一つに、気温によるものがあり、昼夜温差 (DIF) を利用した草丈制御方法(Erwin ら, 1989a; Erwin, 1998) が鉢物や花苗の生産現場で使用されている(Greenhouse grower, 1992)。また、早朝に数時間の低温処理をすることでもわい化効果を示すことが知られており(Erwin ら, 1989b), 加えて、草丈伸長抑制効果のある低温処理時間帯は植物種によって異なることも知られている(腰岡・Moe, 1999)。アジサイにおいても日出

1) 島根県農業技術センター

前 1 時間から日出後 2 時間、合計 3 時間の低温が草丈伸長を抑制する事例が知られているものの、同時に開花までの栽培期間が長期化することが指摘されている (Roeber・Haas, 1997)。母の日出荷の鉢物アジサイの促成時期は外気温の低い冬から春にあたるため、適切な時間帯に換気するだけで低温処理による草姿の制御が可能であり、そのコストは安価で済むと考えられる。しかし、一方で出荷までの期間が長期化することはコストを増加させることにつながる。

そこで、本実験では、早朝低温処理を活用したアジサイの実用的な草丈制御方法の開発を目的に、母の日出荷作型の加温促成栽培期間中における早朝低温処理の時間帯が新梢伸長や開花に及ぼす影響を調査した。

II 材料および方法

実験に用いたアジサイは、新梢伸長が大きい品種として‘城ヶ崎’，‘銀河’を、新梢伸長の少ない品種として‘ブルーダイヤモンド’，‘万華鏡’の合計 4 品種とし、1 区当たり 5 株を供試した。2013 年 5 月、Oasis® Wedge Media 5615 (Smithers-Oasis Co.) を用いて管挿した苗を 2013 年 6 月に 9 cm 黒色ポリポットへ鉢上げした。鉢上げには、未調整ピートモス、赤玉土、パーライト、鹿沼土、腐葉土を容量比 4:2:2:1:1 で混和し、基肥として炭酸苦土石灰を土 1 L 当たり 0.4 g、エコロング 424-70 日タイプ (N:P₂O₅:K₂O =14:12:14) (ジェイカムアグリ (株)) を土 1 L 当たり 4 g 添加した青色用培養土を用いた。鉢上げした苗は、無加温温室内なりゆき温度条件下において主枝 4 本仕立てで育苗した。2014 年 1 月 21 日、落葉した苗を同様の青色用培養土を用いて 15 cm 黒色硬質プラスチック鉢へ鉢替えを行い、同時に主枝 2 本仕立てとした。2 月 1 日にガラス温室へ搬入、加温および早朝低温処理を開始した。加温および早朝低温処理は試験終了まで行った。なお、栽培期間中の施肥管理は慣行に従った。

実験はガラス温室内に W・D・H = 3.0m×1.5m×1.0m の P0 フィルムで囲った小温室を設け、その中で行った。処理区は、終日 16℃加温 20℃換気で管理する 16℃区、日出前 2 時

間を 5℃加温 6℃換気で低温管理する BD (Before Dawn) 区、日出後 2 時間を 5℃加温 6℃換気で低温管理する AD (After Dawn) 区の合計 3 区を設けた。いずれの処理区も低温管理時間以外は 16℃加温 20℃換気とした。調査は生育期間の新梢長を 7 日間隔で測定するとともに、加温開始から発蕾までの日数、着色開始までの日数および着色が完了した満開までの日数について計測を行った。また、出荷適期になった株について、1 株当たり 2 本の新梢長、花房径および花房高を測定した。加えて、がく片に覆輪のある‘銀河’および‘万華鏡’については、小花の最も外側に着生するがく片の上下中央部の覆輪幅を 1 花房当たり 3 個の小花について計測した。

III 結 果

温室内気温について、早朝低温処理時間帯の気温はいずれの時期でも 16℃区、AD 区、BD 区の順に低かった。一方、日平均値に大きな差はなく、通期では処理区間で最大 0.3℃の差に収まった。なお、気温は早朝低温処理時間帯、日平均とも時期が進むほど高くなった。(表 1, 図 1)

新梢長の推移について、新梢伸長が旺盛な‘城ヶ崎’では、加温開始後 35 日経過した 3 月 7 日以降、16℃区に比較して BD 区および AD 区で伸長が抑制され、開花までその傾向が継続した。同様に新梢伸長が旺盛な‘銀河’では、16℃区に比較して BD 区では加温開始後 20 日経過した 2 月 21 日以降、AD 区では加温開始後 48 日経過した 3 月 20 日以降伸長が抑制され、開花までその傾向が継続した。一方、新梢伸長が少ない品種である‘ブルーダイヤモンド’では 16℃区に比較して BD 区では加温開始後 48 日経過した 3 月 20 日以降伸長が抑制され、その傾向は開花まで継続したが、AD 区では加温開始から満開まで 16℃区と差がみられなかった。‘万華鏡’でも、16℃区に比較して BD 区では加温開始後 28 日経過した 2 月 28 日以降伸長が抑制され、その傾向は開花まで継続したが、AD 区では加温開始から満開まで 16℃区と差がみられなかった (図 2)。

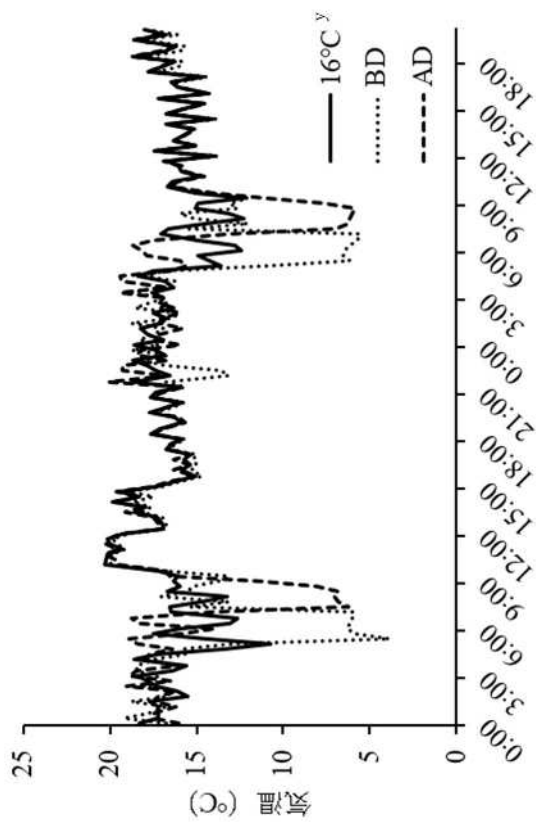


図1 各処理区の気温推移^{z)}
^{z)} 2014年2月9日～2月10日の気温を示す
^{y)} 16°C区は低温処理なし，BD区は日出前2時間の低温処理，AD区は日出後2時間の低温処理を行った区

表1 早朝低温処理が温室内気温に及ぼす影響										
処理区 ^{z)}	2月1日～2月28日			3月1日～3月31日			4月1日～5月10日			通期
	処理時間帯 ^{y)}	日平均	(℃)	処理時間帯	日平均	(℃)	処理時間帯	日平均	(℃)	
16℃	14.9	16.2	16.7	18.3	18.0	19.4	16.6	18.0		
BD	6.5	15.8	8.1	18.0	10.5	19.2	8.4	17.7		
AD	7.4	16.5	10.1	18.0	12.8	19.2	10.1	17.9		
^{z)} 16℃区は低温処理なし，BD区は日出前2時間の低温処理，AD区は日出後2時間の低温処理を行った区										
^{y)} 16℃区は日出前後計4時間，BD区は日出前2時間，AD区は日出後2時間の平均値を示す										

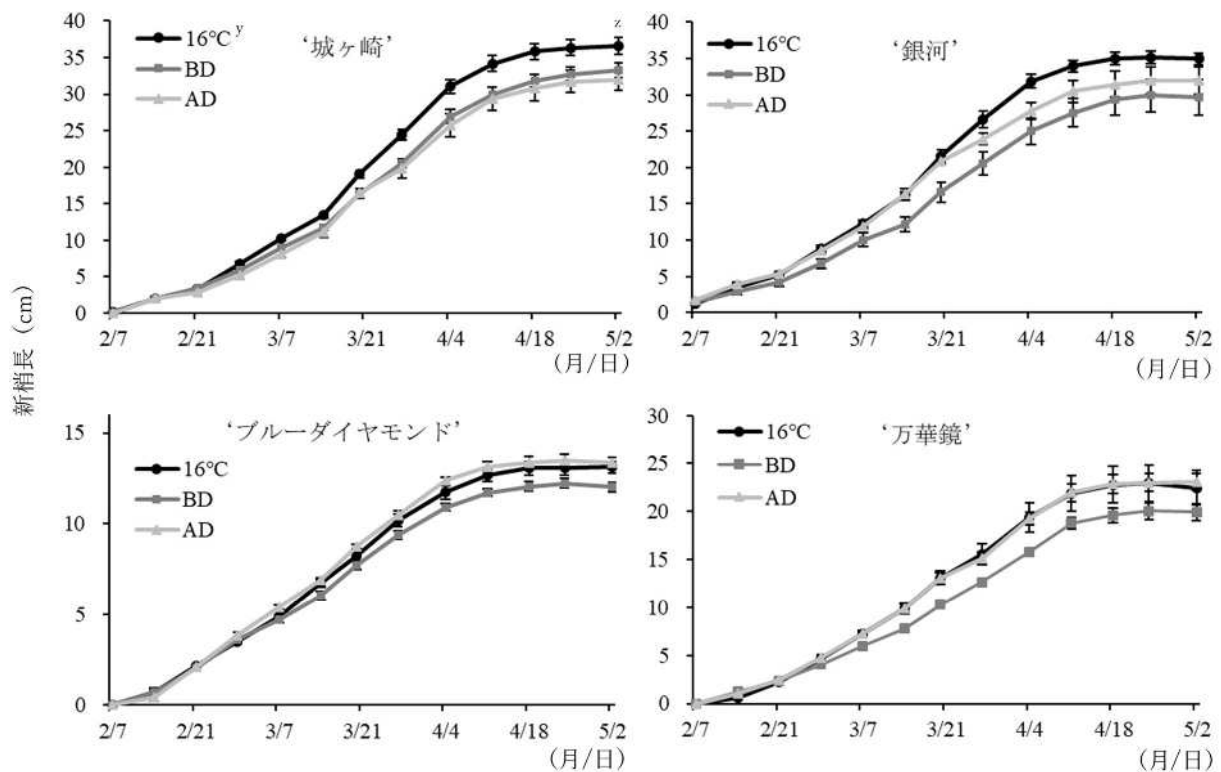


図 2 早朝低温処理が加温促成アジサイの新梢伸長に及ぼす影響(n=5)

^{z)} 図中のバーは標準誤差を示す

^{y)} 16°C区は低温処理なし、BD区は日出前2時間の低温処理、AD区は日出後2時間の低温処理を行った区

表2 早朝低温処理が加温促成アジサイの発蕾、着色および満開までの日数に及ぼす影響 (n=5)

品種	処理区 ^{z)}	発蕾 (日)	着色 (日)	満開 (日)
‘城ヶ崎’	16°C	40.2 ± 1.2 ^y a ^x	71.2 ± 0.7 ab	89.8 ± 0.2 a
	BD	39.2 ± 1.0 a	74.0 ± 0.4 b	90.4 ± 0.4 a
	AD	40.5 ± 0.9 a	70.8 ± 1.2 a	88.0 ± 1.4 a
‘銀河’	16°C	38.0 ± 0.6 ab	78.0 ± 0.8 a	87.2 ± 1.2 a
	BD	35.6 ± 1.0 a	80.8 ± 2.0 a	90.8 ± 1.7 ab
	AD	40.6 ± 1.7 b	79.8 ± 1.4 a	93.8 ± 1.2 b
‘ブルーダイヤモンド’	16°C	36.4 ± 1.1 a	66.2 ± 0.7 a	88.8 ± 1.5 a
	BD	34.6 ± 0.6 a	68.2 ± 0.6 a	91.2 ± 1.0 a
	AD	37.0 ± 0.0 a	66.8 ± 0.4 a	91.4 ± 0.9 a
‘万華鏡’	16°C	34.0 ± 1.1 a	72.4 ± 1.1 a	89.4 ± 1.3 a
	BD	34.6 ± 2.2 a	76.2 ± 1.4 a	90.8 ± 1.6 a
	AD	39.2 ± 0.8 a	75.2 ± 1.1 a	89.2 ± 1.2 a

^{z)} 16°C区は低温処理なし、BD区は日出前2時間の低温処理、AD区は日出後2時間の低温処理を行った区

^{y)} 平均値±標準誤差を示す

^{x)} 各品種の各項目について同一アルファベット間にTukeyのHSD検定で5%水準の有意差がないことを示す

加温開始から発蕾、着色および満開までの各日数について、‘城ヶ崎’では発蕾日には有意な差がみられなかったが、着色日はAD区の70.8日に対してBD区で74日と有意に遅くなったものの、満開日はいずれの処理区間にも有意な差はみられなかった。‘銀河’では、発蕾日はBD区で35.6日だったのに対しAD区では40.6日と有意に遅くなったが、着色日にはいずれの区間にも有意な差はみられなかった。一方、満開日は16℃区の87.2日に対してAD区で93.8日となり、有意に遅くなった。‘ブルーダイヤモンド’および‘万華鏡’は、いずれの時期においても処理区間に有意な差はみられなかった(表2)。

出荷適期の形質について、‘城ヶ崎’は新梢長、花房径および花房高のいずれの項目にも有意な差はみられなかった。‘銀河’では、新梢長および花房径には有意な差はみられなかったが、花房高は16℃区で16.4 cmであったのに対し、BD区で13.5 cm、AD区で14.0 cmとなり、16℃区とAD区間に有意な差がみられた。がく片の覆輪幅には有意な差はみられなかった。‘ブルーダイヤモンド’では、新梢長が16℃区で13.1 cm、AD区で13.4 cmであったのに対してBD区では12.0 cmとなり、有意に短くなった。花房径、花房高には有意な差はみられなかった。‘万華鏡’では、新梢長が16℃区で24.3 cmであったのに対し、AD区では22.6 cm、BD区では19.7 cmとなり、BD区では有意に短くなった。花房径には有意な差はみられなかったが、花房高は16℃区で16.5 cmであったのに対し、BD区で13.9 cm、AD区で14.5 cmとなり、早朝低温処理を行った区で有意に短くなった。がく片の覆輪幅は、16℃区で2.1 mmであったのに対し、BD区で2.5 mm、AD区で2.3 mmとなり、BD区では有意に広がった(表3)。

IV 考 察

アジサイ4品種を供試した加温促成栽培作型において、‘ブルーダイヤモンド’と‘万華鏡’は日出前の早朝低温処理で新梢伸長が抑制される傾向があり、出荷適期の新梢長も16℃一定で加温した条件に比較して日出前の低温処理を行うことで有意に短くなった。低温処理が新

梢伸長に影響を及ぼす時間帯は植物種によって異なることが知られており(腰岡・Moe, 1999), 本実験の結果は、アジサイでは草丈伸長抑制効果の大きな時間帯が日出前であることを示唆している。一方で、早朝低温処理による効果を十分に得るためには、低温に一定時間以上遭遇させる必要があることも指摘されている(腰岡・Moe, 1999)。温室内気温は、換気窓を開放する低温処理の場合、天候によって、特に春以降は外気温の上昇に伴い日出前に比較して日出後に上昇する(表1, 図1)。アジサイにおいて日出前における低温処理の効果が高かったことは、アジサイが植物種として有する特性である可能性に加え、日出後の低温処理ではわい化に必要な低温に遭遇できなかった可能性も考えられた。そのため、本実験でわい化できなかった‘城ヶ崎’や‘銀河’も、早朝低温処理時間を長くする、あるいは処理温度を低くすることでわい化できる可能性が考えられ、今後、検討を要する。

本研究において、新梢伸長の少ない‘ブルーダイヤモンド’と‘万華鏡’は日出前の早朝低温処理で新梢伸長が抑制される傾向があった。一方、新梢伸長の旺盛な‘城ヶ崎’と‘銀河’では生育途中の新梢伸長は日出前後を問わず早朝低温処理によって抑制される傾向がみられたが、出荷適期の新梢長に有意な差はみられなかった。このことは、アジサイは品種によって早朝低温に対する反応に差があることを示唆するものと考えられる。また、新梢伸長の大小と早朝低温への反応に関連がある可能性も示された。加えて、‘銀河’は‘城ヶ崎’を種子親に‘フラウタイコ’を花粉親とするF1 個体同士を交雑して得られたF2 集団より選抜育成されたものであり(女鹿田ら, 2021), 早朝低温に対する反応が‘城ヶ崎’に由来する遺伝的なものである可能性も考えられる。今後、アジサイの早朝低温への反応については、品種数を増やし、品種間差やその遺伝性について検証を重ねる必要がある。

早朝低温処理が発蕾、着色および満開までの日数に及ぼす影響について、日出前の早朝低温処理で新梢伸長抑制効果が得られた‘ブルーダイヤモンド’と‘万華鏡’は、加温開始から

表3 早朝低温処理が出荷適期の加温促成 アジサイにおける新梢長および花器形質に及ぼす影響 (n=5)

品種	処理区 ^z	新梢長 (cm)	花房径 (cm)	花房高 (cm)	覆輪幅 (mm)
‘城ヶ崎’	16℃	35.5 ± 1.2 ^y a ^x	24.0 ± 0.6 a	11.4 ± 0.6 a	- ^w
	BD	32.8 ± 0.9 a	24.1 ± 0.7 a	10.5 ± 0.4 a	
	AD	31.3 ± 1.7 a	23.4 ± 0.8 a	10.3 ± 0.5 a	
‘銀河’	16℃	34.8 ± 0.9 a	29.1 ± 0.5 a	16.4 ± 0.4 a	4.7 ± 0.1 a
	BD	29.2 ± 2.4 a	26.6 ± 2.0 a	13.5 ± 1.4 ab	4.9 ± 0.1 a
	AD	31.7 ± 1.9 a	27.4 ± 0.4 a	14.0 ± 0.5 b	5.0 ± 0.1 a
‘ブルーダイヤモンド’	16℃	13.1 ± 0.3 a	24.3 ± 0.4 a	14.1 ± 0.4 a	-
	BD	12.0 ± 0.2 b	23.4 ± 0.5 a	13.9 ± 0.4 a	
	AD	13.4 ± 0.3 a	24.9 ± 0.4 a	14.4 ± 0.2 a	
‘万華鏡’	16℃	24.3 ± 1.9 a	26.3 ± 0.4 a	16.5 ± 0.5 a	2.1 ± 0.1 b
	BD	19.7 ± 0.8 b	25.3 ± 0.7 a	13.9 ± 0.4 b	2.5 ± 0.1 a
	AD	22.6 ± 1.0 ab	25.7 ± 0.5 a	14.5 ± 0.5 b	2.3 ± 0.1 ab

^{z)} 16℃区は低温処理なし，BD区は日出前2時間の低温処理，AD区は日出後2時間の低温処理を行った区

^{y)} 平均値±標準誤差を示す

^{x)} 各品種の各項目について同一アールファベット間にTukeyのHSD検定で5%水準の有意差がないことを示す

^{w)} ‘城ヶ崎’および‘ブルーダイヤモンド’はがく片に覆輪がない

発蕾，着色および満開までの日数にいずれも有意な差はみられなかった．一方で，明確な新梢伸長抑制効果がみられなかった‘城ヶ崎’と‘銀河’では，‘城ヶ崎’では着色までの，‘銀河’では発蕾と満開までの日数において有意な差が観察されたものの，一定の傾向はみられなかった．アジサイは自発休眠が打破されていけば，加温に応じて生育を開始し開花に至る．そのため，早朝低温処理を行えば日平均気温は低下し，開花は遅延すると考えられる．実際，Roerber・Haas (1997) は早朝の低温処理によって開花までの期間が長くなることを指摘している．しかしながら，本研究の結果は早朝低温処理を行っても発蕾，開花および満開までに要する期間は大きな影響を受けないことを示唆している．早朝低温が開花までの期間に与える影響が報告により異なる理由について，今後，再度検証を要すると考えられる．

鉢物アジサイの主たる観賞部位は花房であり，花房に好ましくない影響を及ぼす可能性のある方法で草姿の改善を行うことは避けるべきである．早朝低温処理はいずれの品種も花房径には有意な影響を及ぼさなかったが，‘銀河’は日出後低温処理で，‘万華鏡’は日出前後いずれの時間帯の早朝低温処理によっても花房高が有意に小さくなった．がく咲きの‘銀河’は花房の形状が平面的であり，花房の高低は花柄の長さによるところが大きいため，観賞性には大きな影響を及ぼさない．一方，てまり咲きの‘万華鏡’の花房は立体的であり，花房の高低は観賞性に影響を及ぼす可能性がある．本実験では目視による品質の低下はみられなかったが，品種や栽培作型が変わることでその影響が大きくなることもあり得るため，処理条件や品種を変えて知見の蓄積が必要であると考えられた．

従来草姿の制御に使用されているわい化剤のダミノジットは，がく片に覆輪を有する品種において，その覆輪の幅を減少させ，観賞性を著しく損なうことが知られている（加古ら，2014；女鹿田ら，2021）．しかし，早朝低温処理は，がく片に覆輪を有する‘銀河’，‘万華鏡’ともに覆輪に観賞性を損なう影響は及ぼさなかった．このことは，新梢のわい化とがく

片の覆輪幅の減少は別の機序によって制御されており，草姿制御とがく片の観賞性の確保は両立が可能であることを示唆している．早朝低温処理はダミノジットによるわい化が困難な，がく片に覆輪を有する品種に対するわい化の手段として有用であると言える．

以上より，日出前の早朝低温処理はアジサイの新梢伸長抑制効果を有しており，加えて，がく片の覆輪を減少させることなく，促成作型での鉢物アジサイ，特に覆輪を有する品種の生産において有用な草姿制御技術であることが示された．しかし，早朝低温処理の効果には品種間差があり，実用に際してはあらかじめ検証する必要があることも見出された．一方，低温処理は温室内へ外気を導入することで気温を低下させる技術であり，外気温の影響を受けるため，開花が遅くなる作型では十分に気温が低下せず効果が得られない可能性もある．生産現場への導入に際しては，品種特性や作型，時期別の効果の違いについて検証を行うことが望ましい．

V 摘 要

促成鉢物アジサイの草丈制御技術開発を目的に，早朝低温処理がアジサイの新梢伸長および開花に及ぼす影響を新梢伸長の旺盛な‘城ヶ崎’および‘銀河’，新梢伸長の少ない‘ブルーダイヤモンド’および‘万華鏡’を供試して検討した．

16℃一定を対照として日出前2時間5℃ならびに日出後2時間5℃の低温処理について検討した結果，出荷適期の新梢長は，新梢伸長の大きい‘城ヶ崎’と‘銀河’はすべての区間に有意な差はみられなかったが，新梢伸長の小さい‘ブルーダイヤモンド’と‘万華鏡’は日出前の早朝低温処理で新梢伸長が有意に抑制された．発蕾，着色，満開までの日数は，‘城ヶ崎’と‘銀河’は有意な差はあるものの一定の傾向は判然とせず，‘ブルーダイヤモンド’と‘万華鏡’では有意な差はみられなかった．花器形質では，早朝低温処理によって‘銀河’，‘万華鏡’で花房高が減少したが，覆輪を有する‘銀河’および‘万華鏡’では覆輪幅は減少しなかった．

これらのことから、日出前の早朝低温処理は新梢伸長を抑制するが品質には大きな影響は及ぼさず、促成鉢物アジサイ、特に覆輪を有する品種の草丈制御技術として有効と考えられた。

引用文献

- Erwin, J.E. (1998) Temperature and Light Effects on Stem Elongation. J. Japan Soc. Hort. Sci. 67(6), 1113-1120.
- Erwin, J.E., R.D. Heins, M.G. Karlsson(1989a) Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum*. Am. J. Bot. 76, 47-52.
- Erwin, J.E., R.D. Heins, R. Berghage, B.J. Kovanda, W.H. Carlson and J. Biernbaum(1989b) Cool mornings can control plant height. Grower Talks 52, 73-74.
- Greenhouse grower 編 (大川 清, 古在豊樹 監訳) (1992) DIF で花の草丈調節. 農文協, 1-87.
- 加古哲也・女鹿田博之・川村 通 (2014) 矮化剤処理と温室被覆材がアジサイ ‘万華鏡’ の鉢物品質に及ぼす影響. 園学研 13 (別 1), 408.
- 小西国義・今西英雄・五井正憲 (1988) 2. 開花調節の手段. 花卉の開花調節. 養賢堂, 7-34.
- 腰岡政二・R. Moe (1999) 施設園芸作物の形態に及ぼす温度周期の影響. 植物の化学調節 34(1), 66-74.
- 女鹿田博之・加古哲也・清水由佳・春木和久・北川優・近重克幸・持田耕平・神門卓巳・石井満彦 (2021) 島根県オリジナルアジサイ ‘銀河’ の育成とその特性. 島根農技セ研報 48, 47-55.
- 中島 拓・後藤丹十郎 (2019) エラチオール・ベゴニア ‘ネティア’ の生育, 開花および草姿に対する間欠冷蔵処理と短日処理効果の比較. 植物環境工学 31, 210-215.
- Roeber, R. and Haas, H. (1997) Plant Quality and Growth of *Hydrangea x Hybrida* as Influenced by Temperature and Water Quantity (Refereed). Acta Hort. 450, 425-432.
- Sachs, R. M. , Kofraneck, A. M. and Hackett W. P. (1976) Florist's Review October 21. Florists' Review Enterprises. Topeka, 35-84.
- 東京都中央卸売市場 (2022) 市場統計情報 (月報・年報) . <<https://www.shijou-tokei.metro.tokyo.lg.jp/>>.
- 八木和弘 (1994) アジサイ. 原産と来歴. 農業技術大系花卉編. 第 11 巻. 花木 観葉植物. 農文協, 25-26.

Summary

To develop a plant height control method for forced potted hydrangeas, the effects of a morning temperature drop treatment on the plant's shoot elongation and flowering were investigated. As research materials, we used hydrangeas of high shoot elongation cultivars ('Jogasaki' and 'Ginga') and those of low shoot elongation cultivars ('Blue Diamond' and 'Mangekyo').

The temperature drop treatment to 5°C for 2 hours before dawn and for 2 hours after dawn were compared with the control group with a constant 16°C temperature treatment. Regarding the shoots' length at shipping, there were no significant differences in 'Jogasaki' and 'Ginga', but shoot elongation of 'Blue Diamond' and 'Mangekyo' were significantly reduced by the morning temperature drop treatment to 5°C for 2 hours before dawn. The number of days to budding, flowering, and full bloom of 'Jogasaki' and 'Ginga' did not show a consistent trend, although statistically significant differences were found. Whereas, 'Blue Diamond' and 'Mangekyo' showed no significant differences in the number of days to budding, flowering, and full bloom. Regarding formation of flower organ, a morning temperature drop treatment reduced flower cluster height in 'Ginga' and 'Mangekyo'. The treatment did not reduce the width of picotee in decorative sepal in the picotee-flowered cultivars 'Ginga' and 'Mangekyo'.

These results suggest that morning temperature drop treatment before dawn suppresses shoot elongation but does not significantly influence the flowering timing and pot flower quality. Morning temperature drop treatment is considered effective for plant height control in forced potted hydrangeas, especially picotee-flowered cultivars.

島根県におけるモンオビヒメヨトウ発生生態と エゴマ（種子）ほ場における防除について

角 菜津子¹⁾・澤村信生²⁾・山本隼佑³⁾

Hatching Patterns and Agricultural Chemical Pest Control for the Larvae of *Dysmilichia gemelli*
in Perilla Oilseed Fields of Shimane Prefecture

Natsuko Kado¹⁾, Nobuo Sawamura²⁾ and Syunsuke Yamamoto³⁾

I 緒 言

モンオビヒメヨトウ (*Dysmilichia gemella*) は、エゴマを寄主植物とするヤガ科ヒメヨトウ亜科に属する蛾である。日本国内では北海道、本州、九州、対馬、屋久島に、国外では朝鮮半島、中国（黒龍江省、河北省、浙江省、福建省）、ロシア南東部からヨーロッパに分布している。成虫は年1回、8～9月に出現するが、生息数はそれほど多くない（枝，2011）。しかし，2017年に栃木県内のエゴマほ場で被害が報告（栃木県，2017）されるなど，近年国内での発生が目立っている。

島根県内のエゴマ産地におけるモンオビヒメヨトウ（図1）の発生は，以前から確認されていたが，散発的な発生であり大きな被害に至らない場合が多かった。しかし，2019年に奥出雲町並びに邑南町のエゴマほ場においてその被害により収穫部位であるエゴマ種子がほとんど収穫できない事例が発生した。その後，2020年にも奥出雲町と邑南町で引き続き被害が発生し，2021年においては比較的新しいエゴマ産地である大田市でも被害の発生が報告されるなど，年々被害報告や地域が増加傾向にある。

モンオビヒメヨトウは，幼虫がエゴマの未熟種子を加害する（井上ら，1982）。そのため，採油用にエゴマ種子を収穫する島根県では，種子に直接被害をもたらすモンオビヒメヨトウへの対策は重要な課題である。

しかし，モンオビヒメヨトウに関する試験研究はこれまでみられず，被害に関する報告は栃木県（2017）のみである。生態については図鑑に簡単な記載がある程度で（井上ら，1982, 1984）不明な点が多く，現地での発生実態が明らかになっていない。県内における発生状況についても同様であり，発生時期や越冬場所などが不明で



図1 エゴマ穂に寄生するモンオビヒメヨトウ
（左：幼虫，右：成虫）

1) 島根県農業技術センター（現在，島根県西部農林水産振興センター益田事務所）

2) 島根県農業技術センター

3) 島根県農業技術センター（現在，島根県東部農林水産振興センター出雲事務所）

ある。また、エゴマ（種子）を対象にしてモンオビヒメヨトウ防除に登録された農薬はなかったことから、現地ほ場では防除対策に苦慮してきた。

そこで、本稿ではモンオビヒメヨトウの県内ほ場における防除法確立を目的として成虫の羽化時期、越冬場所さらに実際の防除方法について検討した結果一定の成果が得られたので報告する。

Ⅱ 材料および方法

1 島根県内における羽化消長の実態

試験は 2021 年と 2022 年に、島根県農業技術センター（出雲市芦渡町）内に設置した百葉箱に、現地ほ場から採集したモンオビヒメヨトウ蛹を入れ実施した。2021 年は前年の 2020 年 10 月 9 日に川本町で採集した幼虫から得た 113 個体と、10 月 12 日に奥出雲町で採集した幼虫から得た 49 個体の合計 162 個体を供試した。2022 年は奥出雲町で前年の 2021 年 10 月 5 日に採集した幼虫から得た 189 個体と 12 月 7 日に採集した 175 個体、出雲市で 10 月 21 日に採集した幼虫から得られた 434 個体と 12 月 9 日に採集した 83 個体、川本町で 12 月 13 日に蛹で採集した 90 個体の合計 971 個体を供試した（表 1）。

幼虫で採集した個体は室内で蛹まで飼育した。飼育方法は、昆虫飼育ケース内に野菜用培土（商品名：JA の土）を厚さ 2 c m 程入れた上にキッチンペーパーを敷き、その上でエゴマ穂を給餌し室温で蛹まで飼育した。採集した幼虫は終齢幼虫が主であり、多くが速やかに土中で蛹化し、一部幼虫はエゴマ種子を摂食したのち 10 月中旬までには蛹化した。10 月下旬に全ての蛹を土中から取り出し、ろ紙を敷いたシャーレの上に置き、湿度保持用の吸水ポリマーと共に別の飼育ケースに同封した。現地ほ場から採集し

た蛹も同様に飼育ケースに入れた後、百葉箱内で調査を開始した。羽化状況調査は、11 月から翌年 3 月までは月に 1 回、4 月から 7 月は 10 日に 1 回、8 月以降は 1～3 日間隔で実施した。なお、飼育中にかびがはえた個体が 2021 年は 4 月 22 日に合計 13 頭、2022 年は 4 月 15 日に合計 125 頭発生したことからその時点ですべて取り除いた。羽化を初確認した日から全ての飼育ケースを百葉箱から取り出し、エゴマ株を栽培しているガラスハウス内（1.8m×3.6m）に蓋を開けた状態で設置し、その後は 1 日ごとに羽化後の蛹の数を確認した。目視で確認時に羽化中の成虫に蛹殻が付着するなど、翅の展開が不十分な個体を羽化失敗個体とし、それ以外の蛹殻を正常羽化個体として計数した。新たな羽化を 2 週間確認できなくなるまで、調査を継続した。

2 越冬場所の確認

調査は 2021 年と 2022 年の 2 カ年、モンオビヒメヨトウ被害が発生したエゴマほ場を選んで実施した。事前観察から蛹化場所が土中であると考えられたため、蛹数調査はエゴマ栽培ほ場内とその周辺および乾燥調整ハウス周辺の地表面をスコップで削ぐように掘る方法で行った。両年とも複数人で任意の時間調査を行ったため、調査場所ごとの 1 人、1 時間当たりの蛹捕獲数に換算した（表 2）。

2021 年の調査は 12 月 3 日に川本町内 1 ほ場と 12 月 7 日に奥出雲町内 1 ほ場で実施した。川本町内では、エゴマ栽培ほ場内を、奥出雲町内では、エゴマ栽培ほ場内とは場に隣接する山斜面、エゴマ乾燥調整ハウス周辺を調査した。

2022 年の調査は 12 月 8 日に奥出雲町 1 ほ場、12 月 13 日に大田市 2 ほ場と 12 月 14 日に川本町 1 ほ場で実施した。奥出雲町では、エゴマ栽培ほ場内とエゴマ乾燥調整ハウス周辺を調査した。

表 1 モンオビヒメヨトウ幼虫、蛹の採集場所及び採集年月日と羽化数

採集場所	調査年	採集			採集頭数	羽化			羽化率 (%)
		年	月	日		正常	失敗	未羽化	
川本町・奥出雲町	2021	2020	10月9日	幼虫	162	129	6	27	79.7
			10月12日	幼虫					
奥出雲町			10月5日	幼虫	189	11	3	175	5.8
			12月7日	蛹	175	23	0	152	13.1
出雲市	2022	2021	10月21日	幼虫	434	188	38	208	43.3
			12月9日	蛹	83	13	8	62	15.7
川本町			12月13日	蛹	90	1	0	89	1.1
				合計	971	236	49	686	24.3

角・澤村・山本：島根県におけるモンオビヒメヨトウ発生生態とエゴマ（種子）ほ場における防除について

大田市では、現地農家聞き取りでモンオビヒメヨトウ多発生ほ場と少発生ほ場を1園ずつ選び、川本町を含めエゴマ栽培ほ場内を調査した。なお、奥出雲町は2021年と同じほ場で、川本町は異なるほ場でそれぞれ調査を実施した。川本町では両年とも栽培ほ場内で乾燥調整を行った。

3 現地ほ場における防除試験

試験は島根県奥出雲町のエゴマほ場において、2020～2022年の3カ年実施した。栽培品種は中生品種‘田村’であった。供試した薬剤はBT水和剤（住友化学(株)）1000倍液で、背負式動力噴霧器を用いて散布した。1回の薬剤散布量は、10a当たり換算で2020年が350～450L、2021年が400～640L、2022年が約200Lであった。2022年は一般的な野菜栽培での散布量になるように調整した。表3に各試験年の薬剤散布日と散布回数およびエゴマ穂における生存虫調査日を示した。2020年の散布日は9月14日、23日および10月1日の3回区、9月23日および10月1日の2回区、10月1日の1回区の3区を設定した。2021年の散布日は9月16日、27日の2回区、9月16日、9月27日の各1回区の3区を設置した。2022年の散布は9月12日、21日および30日の各1回区を設定した。3カ年と

も各試験区と無処理区は同一ほ場内に設定し、被害穂数および寄生幼虫数の調査は試験区の境目の株を除いた中央部分で行った。

調査は2020年は10月9日、2021年は10月1日と5日、2022年は10月3日と7日にエゴマ穂見取り法とした。各試験区当たり1株10穂を10株で3反復（合計300穂）で10月上旬に1～2回寄生幼虫数と被害穂数を目視で確認した。

III 結果

1 県内における羽化消長の実態

2021年と2022年時の羽化数の結果を表1に、それぞれの羽化消長を図2に示す。

2021年は全162個体のうち129頭が正常に羽化し、6頭が羽化を失敗、残りの27個体は未羽化の状態その後死亡を確認した。羽化消長をみると、9月1日から始まり9月7日に最多となり、9月16日まで続いた。

2022年は全971個体のうち236頭が正常に羽化し、49頭が羽化を失敗した。残りの686頭は未羽化の状態その後死亡を確認した。羽化消長をみると、8月24日から始まり9月12日に最多となり、9月17日まで続いた。2022年の平均羽化率は24.3%で、2021年の79.7%に比べ低くなった。

2022年は2021年に比べ羽化開始時期が早か

表2 モンオビヒメヨトウ蛹の越冬場所（2021年、2022年）

調査年	調査日 (地域)	調査市町	蛹数/時間・名 ^{z)}		
			ほ場	ほ場隣接山斜面	乾燥調整ハウス周辺
2021	12月3日	川本町田窪	14.0	— ^{y)}	—
	12月7日	奥出雲町	1.0	0	169.0
	12月8日	奥出雲町	3.0	—	207.0
2022	12月13日	大田市	0	—	—
		(多発生ほ場)	0	—	—
		(少発生ほ場)	0	—	—
	12月14日	川本町会下	26.7	—	—

^{z)} 調査者1名がスコップを使用し1時間あたりに採集した蛹数。

^{y)} —は未調査を示す。

表3 各試験年のBT剤散布回数、散布日および生存虫調査日

調査年	試験区	薬剤散布回数 ^{z)}	薬剤散布日			生存虫調査日	
2020	2020-①	3	9月14日	9月23日	10月1日	10月9日	
	2020-②	2		9月23日	10月1日		
	2020-③	1			10月1日		
2021	2021-①	1	9月16日			10月1日	10月5日
	2021-②	2	9月16日	9月27日			
	2021-③	1		9月27日			
2022	2022-①	1	9月12日			10月3日	10月7日
	2022-②	1		9月21日			
	2022-③	1			9月30日		

^{z)} BT剤1000倍液を使用

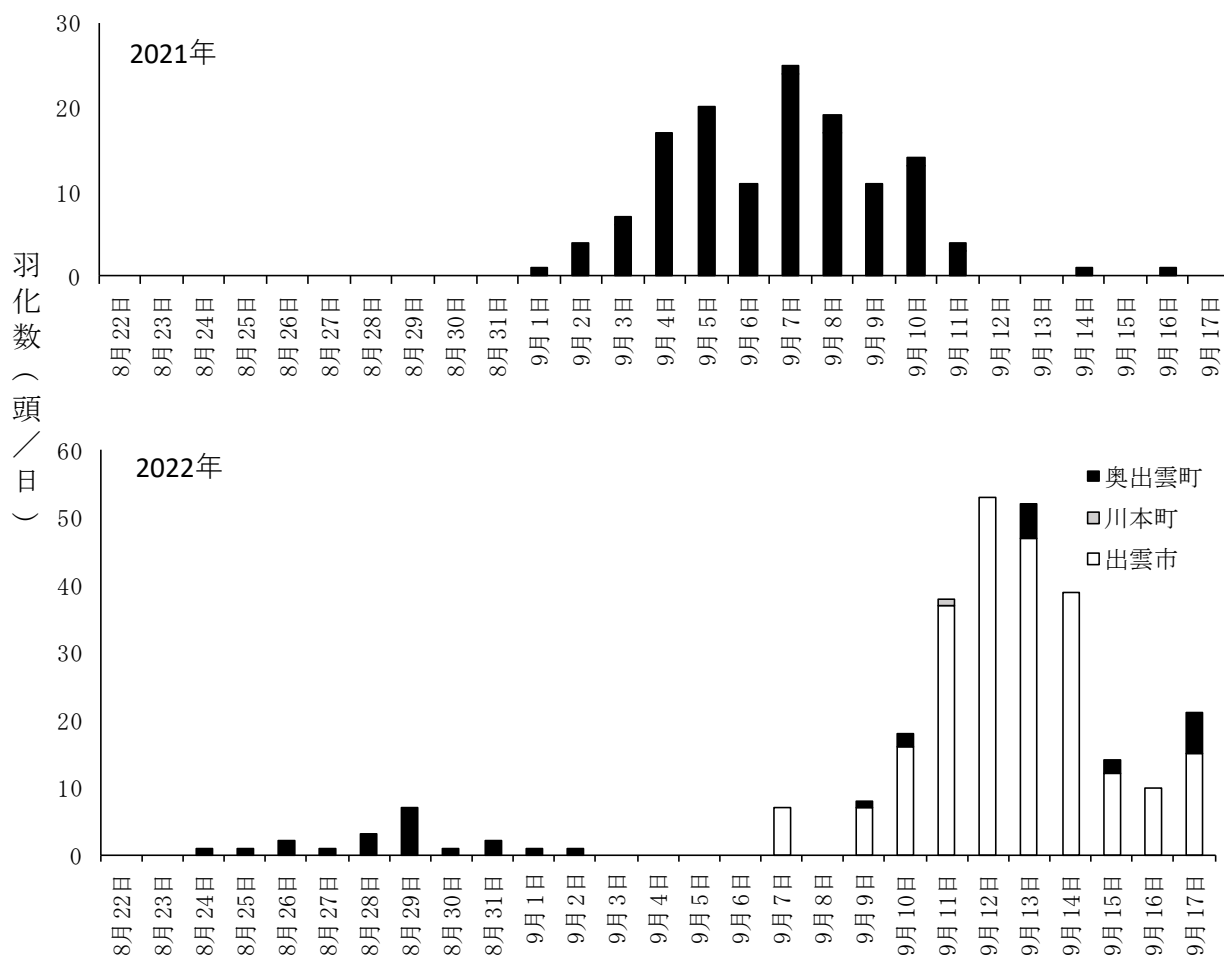


図2 2021年および2022年におけるモンオビヒメヨトウ羽化消長

ったものの、最多羽化日は2021年の9月7日と比較し、2022年は9月12日と5日遅くなった。

2 越冬場所の確認

各調査年の結果を表2に示す。2021年の調査では川本町と奥出雲町で共にエゴマ栽培ほ場内でモンオビヒメヨトウ蛹を確認した。その数は川本町ほ場が奥出雲町ほ場に比べて多かった。一方、奥出雲町では乾燥調整ハウス周辺の土中から高密度で蛹を確認した。その数は、隣接するエゴマ栽培ほ場に比べて明らかに多かった。なお、川本町と奥出雲町の調査ほ場は、未耕起であった。

2022年の調査では、2021年と同様に奥出雲町と川本町のエゴマ栽培ほ場において蛹を確認した。川本町は2021年と異なるほ場での調査となったが、2021年と同様にエゴマ栽培ほ場で蛹を確認し、その数は2021年調査ほ場よりも多かつ

た。奥出雲町は2021年と同じほ場で調査を実施し、2021年と同様にエゴマ栽培ほ場よりも乾燥調整ハウス周辺に蛹が多かった。大田市のエゴマ栽培ほ場では、多発生ほ場、少発生ほ場ともに蛹を確認することはできなかった。なお、川本町のほ場と大田市の少発生ほ場は耕起済み、奥出雲町のほ場と大田市の多発生ほ場は未耕起であった。2022年の大田市の2ほ場を除く全調査場所においてモンオビヒメヨトウの蛹を採集することができた。

3 現地ほ場における防除試験

2020～2022年の3カ年において、BT水和剤1000倍液の散布回数および散布時期の違いによるモンオビヒメヨトウの寄生虫数および被害穂数の低減効果を検討した。各試験年の結果を表4～表6に示す。

角・澤村・山本：島根県におけるモンオビヒメヨトウ発生生態とエゴマ（種子）ほ場における防除について

表4 BT水和剤散布処理^{z)}がモンオビヒメヨトウ幼虫の寄生数と被害穂数に及ぼす影響（2020年）

処理回数	処理日 (月日)	100穂当たり ^{y)}	100穂当たり ^{y)}
		寄生虫数	被害穂数
3回	9/14, 9/23, 10/1	0b ^{x)}	0.3±0.47b ^{w)}
2回	9/23, 10/1	0.7±0.94b	3.0±2.45ab
1回	10/1	1.7±1.25b	4.7±3.09ab
無処理	—	13.7±4.78a	13.7±4.78a

^{z)} 奥出雲町現地エゴマほ場において1000倍液で実施。

^{y)} 各区とも1株10穂について10株を3反復（合計300穂）調査した。

^{x)} Tukey's HSD検定により異符号間に5%水準で有意差有り。

^{w)} アークサイン変換後のTukey's HSD検定により異符号間に5%水準で有意差有り。

表5 BT水和剤散布処理^{z)}がモンオビヒメヨトウ幼虫の寄生数と被害穂数に及ぼす影響（2021年）

処理回数	処理日 (月日)	100穂当たり寄生虫数 ^{y)}		100穂当たり被害穂数 ^{y)}	
		10/1	10/5	10/1	10/5
2回	9/16, 9/27	7.0±2.45c ^{x)}	5.3±1.89a	8.3±0.47c ^{w)}	5.3±1.89b
1回	9/16	11.0±2.94c	5.0±2.83a	6.3±1.25c	4.7±2.49b
1回	9/27	56.7±6.85b	37.0±8.49a	46.7±4.50b	23.3±7.59b
無処理	—	84.7±10.53a	46.0±29.13a	78.7±8.58a	62.3±21.31a

^{z)}, ^{y)}, ^{x)}, ^{w)} 表4参照

表6 BT水和剤散布処理^{z)}がモンオビヒメヨトウ幼虫の寄生数と被害穂数に及ぼす影響（2022年）

処理回数	処理日 (月日)	100穂当たり寄生虫数 ^{y)}		100穂当たり被害穂数 ^{y)}	
		10/3	10/7	10/3	10/7
1回	9/12	31.7±2.49a ^{x)}	29.0±4.08a	38.3±6.94a ^{w)}	54.3±4.64a
1回	9/21	7.7±1.89c	6.3±2.49b	22.7±7.36a	18.7±2.05c
1回	9/30	19.3±6.13bc	10.0±3.74b	27.0±15.12a	37.7±6.18b
無処理	—	24.0±2.94ab	12.3±4.03b	42.0±4.90a	47.0±2.94ab

^{z)}, ^{y)}, ^{x)}, ^{w)} 表4参照

2020 年は、処理回数を 1～3 回に変えて防除効果を検討した結果、3 回処理で 100 穂当たりの寄生幼虫数が 0、被害穂数が 0.3 と極めて低く高い防除効果が認められた。寄生幼虫数および被害穂数は 1 回目の薬剤散布日が遅く、かつ散布回数が少なくなるにつれ増加した。

2021 年は、処理回数を 1 および 2 回とし、1 回処理の時期を変えて防除効果を検討した。その結果、10 月 5 日の 100 穂当たり寄生幼虫数以外では無処理と比較して有意に低くなった。また、10 月 1 日の調査では 9 月 16 日と 9 月 27 日の 2 回処理および 9 月 16 日の 1 回処理で 9 月 27 日の 1 回処理と比較しても被害穂数が少なくなった。

2022 年は、処理回数を 1 回とし、処理時期を 9 月 12 日、9 月 21 日、9 月 30 日に変えて防除効果を検討した。その結果、10 月 3 日の調査では各区に有意差は認められなかった。また、10 月 7 日の調査では 9 月 21 日処理で有意差が認められた。以上のように B T 水和剤 1000 倍液はモンオビヒメヨトウに対して防除効果を期待できると考えられた。しかし、その防除効果は薬剤散布日の違いで差が見られた。

IV 考 察

2021 年および 2022 年の 2 カ年の調査からモンオビヒメヨトウの羽化は 8 月 22 日から 9 月 1 日にかけて始まり、9 月 7 日および 12 日に羽化数がそれぞれ最多となった。その後 2021 年は 9 月 16 日まで、2022 年は 9 月 17 日まで羽化を確認している。島根県内におけるモンオビヒメヨトウ成虫の出現は年 1 回で、その時期は 8 月下旬から始まり 9 月 10 日前後にその数が最多となると考えられた。なお、この結果は、井上ら (1982, 1984)、枝 (2011) の報告と一致する。2022 年の羽化消長を見ると、8 月下旬羽化個体群と 9 月上旬羽化個体群に分かれているように見えるが、これは採集場所および採集時の形態が蛹か幼虫かの違いに影響された可能性があると考えられた。しかし、2022 年単年の結果であり羽化率が著しく低かったこと、また 2021 年は供試幼虫の採集場所および採集時の生育ステージ別に分けて調査を実施したためモンオビヒメヨトウの羽化時期に地域間差があるかは判然としなかった。今後、追試が必要である。

モンオビヒメヨトウは蛹で越冬し、次年度の 8 月下旬から 9 月上旬にかけて羽化するといわれており (井上ら, 1982, 1984 ; 枝, 2011)、本試験において島根県でも同様の時期に成虫が出現することが確認できた。しかし、その蛹の越冬場所についての文献はなく、県内においても成虫の出現場所は不明であった。本試験において、モンオビヒメヨトウはエゴマほ場と、特にエゴマを収穫後に乾燥させるハウス周辺の土の中に高密度で越冬している可能性が示唆された。現地生産者からの聞き取り調査においても、エゴマ収穫後の乾燥や調整時にモンオビヒメヨトウ幼虫がエゴマ株から離脱し、乾燥場所の地面にいたとの情報があつた。本試験の結果は、その幼虫がエゴマ株から離脱した後、周辺の土の中で蛹化した後越冬し、その場所が次年度の発生源になる可能性を示唆している。ほ場でエゴマを乾燥させる川本町では、蛹密度がほ場内で高く、その傾向は 2021 年と 2022 年の町内の異なるほ場の調査においても同様の結果であった。また、栽培地域によりモンオビヒメヨトウの蛹化・越冬場所が異なる可能性が考えられ、2022 年に大田市の多発生ほ場において蛹が採集できなかったことから、ほ場以外で越冬している可能性が高い。県内のエゴマほ場の多くは、作付け前に耕起を行い、土を攪拌している。この土壌の攪拌による蛹密度抑制効果が期待されたが、県内から得られたモンオビヒメヨトウ蛹の長さは 10mm 前後と小さく (未発表データ)、かつ比較的堅い蛹であることから、耕起のみによる密度抑制効果は低いと考えられる。これは 2022 年の蛹掘り上げ調査時に川本町ほ場が 1 度耕起した後であるにもかかわらず、蛹を比較的多く採集できたことから裏付けられる。ほ場内においては耕起後もモンオビヒメヨトウ蛹が越冬し、さらにエゴマ乾燥調整ハウス周辺の土では、土壌の攪拌など人為的な密度抑制の影響を受けることなく、次年 8 月下旬から 9 月上旬に羽化していると考えられた。このことからモンオビヒメヨトウの被害が発生したほ場、ないしはその周辺では防除を実施せずエゴマ栽培を継続することでモンオビヒメヨトウの地域内密度が増加する可能性が考えられる。これは、本来生息数は多くないと推測する (井上ら, 1982, 1984 ; 枝, 2011)

報告とは反するが、近年モンオビヒメヨトウの発生情報が増えている状況から、えさ資源であるエゴマ作付け面積の増加が個体数の増加に影響を及ぼしている可能性が考えられた。

2020～2022年の現地防除試験から、2020年にB T水和剤1000倍液の有効性が確認され、2021、2022年の結果から県内における防除適期は9月16日から21日の間であることと、9月下旬の散布では防除効果が劣ることが示された。この時期はモンオビヒメヨトウ幼虫の多くが終齢幼虫であったため、殺虫効果が劣っていたものと考えられた。また、2022年の試験では、9月12日散布の10月7日調査で無処理より寄生虫数が多く効果が認められなかった。この理由は散布日の9月12日以降に羽化した個体が産卵、ふ化したことで薬剤の効果が低くなり被害が増加した可能性があると考えられた。B T水和剤1000倍液を用いたモンオビヒメヨトウ幼虫の防除にはわずかな散布時期の違いが防除効果に大きな影響をもたらす可能性が示唆された。

モンオビヒメヨトウの防除時期である9月は、エゴマ穂が伸長し草丈が最も高くなる時期である。薬剤散布時にはほ場内に入ると、そのたびにエゴマ枝を折るため、現地では複数回ほ場に入り薬剤散布することは難しく、防除適期に1回の散布で幼虫の密度を低下させることが望ましい。本試験から防除適期は9月16日～21日の間と推察され、その間の1回散布でも効果が高いと考えられ、この時期をずれるとモンオビヒメヨトウの密度抑制効果が期待できない可能性がある。

現地でのモンオビヒメヨトウ被害は9月下旬から10月上旬に報告される。これはこの時期の幼虫の多くが終齢幼虫であり、摂食量の増加による食害痕の顕在化や虫糞がほ場で目立つためと考えられる。現地では、モンオビヒメヨトウの発生は、第一に食害痕や虫糞を指標とし、その後エゴマ穂の小花間に潜り込むように寄生する幼虫を確認している。

県内のモンオビヒメヨトウの最多羽化時期が9月第2～3半旬であることや、防除適期が9月16日から21日であることから、9月中旬には若齢ないしは中齢幼虫がエゴマ種子内に寄生し

ていると推測される。しかし、その時期にエゴマ穂を観察しても体色が緑色の中齢幼虫をほ場内に数頭確認できるだけであり、その後の寄生密度増加を予測することが難しい。これは室内観察時にモンオビヒメヨトウのふ化幼虫と思われる個体がエゴマ未熟種子の内部から確認されたことから、ふ化後速やかにエゴマ未熟種子内に侵入し内部をくりぬくように摂食を行い、外部からはその被害が確認しにくいことが影響していると考えられた。

本試験での羽化ピークは、2021年が9月7日、2022年が9月12日であったことから、両年で防除効果の高かった9月16日および9月21日はともに羽化ピーク後9日目にあたる。すなわち、この9日間に産卵～ふ化～エゴマ未熟種子内に侵入～脱出している個体が多いことになる。羽化後、速やかに産卵し、その卵が4～5日でふ化、則座に未熟種子内に侵入すると考えると、脱出時期は羽化後7日以降と考えられる。両年とも、羽化ピーク後18～20日には防除効果が劣ったことから、防除適期は概ね羽化ピーク後1～2週間と推測される。一方で、2020年の防除試験では10月1日処理でも寄生虫数は無処理に対し有意に減少しており、羽化ピークが2021、2022両年より遅かった可能性が考えられる。今後、羽化ピークを中心に発生生態を明らかにすると共に、発生予測技術の確立が急がれる。

V 摘 要

採油用エゴマの種子に被害をもたらすモンオビヒメヨトウ防除法の確立に資するために、成虫の羽化時期、蛹越冬場所の調査、および現地ほ場における防除試験を実施した。

島根県内での羽化時期は8月下旬から9月中旬であると考えられた。現地での蛹の越冬場所は、エゴマほ場内とエゴマ乾燥調整ハウス周辺の土の中が専らであり、次年度の発生源となると考えられた。現地ほ場における防除試験の結果、B T水和剤1000倍液を9月16日から21日の間に1回散布することで防除効果が得られることが明らかになった。防除時期は地域によらずる可能性があり、今後検討を要する。

引用文献

- | | |
|--|---|
| 枝 恵太郎 (2011) 日本産蛾類標準図鑑Ⅱ. 学研
教育出版, 315. | 井上 寛・岡野磨瑳郎・白水 隆・杉 繁郎・山
本英穂 (1984) 原色昆虫大図鑑 第 1 巻. 北隆
館, 128. |
| 井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺
湛・大和田 守 (1982) 日本産蛾類大図鑑 第
1 巻 解説. 講談社, 782. | 栃木県農業環境指導センター (2017) 栃木県病害
虫発生予察情報特殊報第 4 号, 1-2. |

Summary

Although the damages in perilla oilseed plants due to larvae of armyworm, *Dysmilichia gemelli*, dramatically increased in Shimane from 2019, the features and control methods of the armyworms have not been clarified. In order to establish an effective method to eliminate *Dysmilichia gemella* larvae, we investigated their hatching timing in perilla fields and the overwintering sites of the pupae, as well as conducting some chemical pest control tests from 2020 to 2022 in 3 major perilla cultivation locations in Shimane Prefecture.

Our results showed that the emergence period of *Dysmilichia gemella* larvae in Shimane prefecture was from late August to mid-September. The pupae's overwintering sites were found to be in the soil of fields where perilla had been cultivated the previous year and in the soil adjacent to the plastic dry preparation houses (for seed dehydration), which were thought to be the source of the following year's *Dysmilichia gemelli* larvae. In the fields, a one-time application of organic bacteria (BT)-based hydrate at 1,000 times dilution (BT hydrate, Sumitomo Chemical, Co. Ltd., Tokyo) between September 16th and 21st was found to be effective in controlling the larvae. However, the optimum timing for applying BT hydrate may be different depending on each location and the pest control may not be successful if not applied at the right timing; thus, effective timing for each location needs to be investigated in the future.

他誌掲載論文リスト

島根県農業技術センターに所属する職員が著者となり、他誌に掲載された論文一覧

(2023 年 4 月～2024 年 3 月発行分)

三島晶太・持田圭介・大畑和也・高橋利幸・川上裕也・倉橋孝夫・松本敏一・櫻井直樹・板村裕之 (2023) カキ ‘太天’ における個包装ドライアイス脱渋が貯蔵性に及ぼす影響. 日食保蔵誌 49, 181-188.

Hikaru Ishikawa, Yasuyuki Togano and Tomoki Shibuya (2023) Effect of GA₃ Treatment on Berry Development in the Large Berry Mutant of ‘Delaware’ Grapes. The Horticulture Journal 92(3), 236-244.

査読謝辞

門脇正行 氏 国立大学法人島根大学生物資源科学部

本号の論文審査におきましては多大なる御尽力を賜りました。心よりお礼申し上げます。

島根県農業技術センター研究報告第 51 号編集委員長 瀬尾光広

島根県農業技術センター研究報告 第 51 号

〈編集委員長〉 瀬尾光広

〈副編集委員長〉 宮崎弘文

〈編集委員〉 朝木隆行

荒木卓久 *

小川智之

加古哲也 *

金森健一 *

高祖崇好

澤村信生 *

立川大貴

田中 互

松本樹人

持田圭介 *

〈査読者〉 郷原 優

拇野康行

永島 進

道上伸宏

(*の編集委員は査読者を兼任)

(編集委員、査読者の氏名は五十音順)

島根県農業技術センター研究報告 第 51 号

令和 6 年 3 月 31 日 印刷

令和 6 年 3 月 31 日 発行

島根県農業技術センター

〒693-0035 島根県出雲市芦渡町 2440

TEL 0853-22-6698

FAX 0853-21-8380

E-mail: nougi@pref.shimane.lg.jp

