

近中四農研報
Bull.Natl.Agric.
Res.Cent.West.Reg.

BULLETIN
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No.10 February 2011

近畿中国四国農業研究センター 研究報告

第10号 平成23年2月



独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター

NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH ORGANIZATION
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

近畿中国四国農業研究センター研究報告

第 10 号

所 長 長 峰 司

編集委員会

委員長 今 川 俊 明
委員 児 嶋 清
川 上 秀 和
澤 村 篤
篠 田 満
三 浦 一 芸
吉 村 亜希子
池 田 順 一
清 水 裕 行

河 合 章
楠 田 宰
萩 森 学
吉 田 智 一
高 橋 飛 鳥
熊 倉 裕 史
高 橋 佳 孝
十 鳥 政 信

BULLETIN
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION
No.10

Tsukasa NAGAMINE, Director General

EDITORIAL BOARD

Toshiaki IMAGAWA , Chairman

Kiyoshi KOJIMA

Hidekazu KAWAKAMI

Atsushi SAWAMURA

Mitsuru SHINODA

Kazuki MIURA

Akiko YOSHIMURA

Jun-ichi IKEDA

Hiroyuki SHIMIZU

Akira KAWAI

Osamu KUSUDA

Manabu HAGIMORI

Tomokazu YOSHIDA

Asuka TAKAHASHI

Hiroshi KUMAKURA

Yoshitaka TAKAHASHI

Masanobu JUTORI

近畿中国四国農業研究センター研究報告

第10号

(平成23年2月)

目 次

紫外線－赤色光光質変換フィルムと紫外線カットフィルムの光学的特性および葉菜類の生育に及ぼす影響の 経年変化 浜本 浩・山崎敬亮・吉田祐子・安部順一郎・……………	1
血清学的手法のトマト黄化葉巻病の診断への適用（英文） 大崎秀樹・野見山孝司・石川浩一・……………	13
育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響 中西直人・山田知哉・村元隆行・河上眞一・相川勝弘・……………	29
トマトの養液土耕栽培におけるリン酸無施肥および極微量灌水がリン酸収支に及ぼす影響 渡邊修一・笠原賢明・吉川弘恭・……………	41
製粉歩留が高くめんの食感が優れる多収小麦品種「ふくほのか」の育成 石川直幸・高田兼則・谷中美貴子・長嶺 敬・高山敏之・田谷省三・ 甲斐由美・谷尾昌彦・佐藤淳一・……………	53
良質で食味がすぐれる温暖地西部向き低アミロース水稻品種「姫ごのみ」の育成 飯田修一・出田 収・松下 景・春原嘉弘・根本 博・前田英郎・石井卓朗・田村泰章・……………	69
中国地方の耕作放棄地における野草の主要ミネラル含量（英文） 堤 道生・高橋佳孝・恵本茂樹・伊藤直弥・佐原重行・吉村知子・渡邊貴之・……………	87
循環式養液栽培装置への培養液供給動作を参照して給液制御するかけ流し式養液栽培装置の開発 笠原賢明・渡邊修一・吉川弘恭・柴田昇平・……………	99

BULLETIN
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No.10
February 2011

CONTENTS

Aged Changes of Optical Characteristics and Effects on Growth of Leaf Vegetables in An Ultraviolet - Red Light Translation Film and An Ultraviolet Absorbing Film Hiroshi HAMAMOTO, Keisuke YAMAZAKI, Yuko YOSHIDA and Jun-ichiro ABE	1
Application of Serological Techniques for the Diagnosis of Tomato Yellow Leaf Curl Disease Hideki OSAKI, Koji NOMIYAMA and Koichi ISHIKAWA	13
Effects of the roughage level during the raising periods on the growth performance and carcass composition of Japanese Black steers Naoto NAKANISHI, Tomoya YAMADA, Takayuki MURAMOTO, Shinichi KAWAKAMI and Katsuhiro AIKAWA	29
Influence of Drip Fertigation using Phosphate-deficient Solution on the Utilization of Phosphate Accumulated in the Soil and the Distribution of Phosphate in Tomatoes Shuichi WATANABE, Yoshiaki KASAHARA and Hiroyasu YOSHIKAWA	41
New Wheat Cultivar “Fukuhonoka” with High Yield, High Milling Performance and Excellent Noodle Texture Naoyuki ISHIKAWA, Kanenori TAKATA, Mikiko YANAKA, Takashi NAGAMINE, Toshiyuki TAKAYAMA, Shozo TAYA, Yumi KAI, Masahiko TANIO and Jun-ichi SATO	53
New low-amylose rice cultivar ‘Himegonomi’ with good eating quality and good quality of appearance for the western region of Japan Shuichi IDA, Osamu IDETA, Kei MATSUSHITA, Yoshihiro SUNOHARA, Hiroshi NEMOTO, Hideo MAEDA, Takuro ISHII and Yasuaki TAMURA	69
Macromineral Content of Wild Plant Species Grown on Abandoned Cultivated Lands in the Chugoku Region of Western Japan Michio TSUTSUMI, Yoshitaka TAKAHASHI, Shigeki EMOTO, Naoya ITO, Shigeyuki SAHARA, Tomoko YOSHIMURA and Takayuki WATANABE	87
Development of an open/closed hybrid hydroponic culture system Yoshiaki KASAHARA, Shuichi WATANABE, Hiroyasu YOSHIKAWA and Shohei SHIBATA	99

紫外線－赤色光光質変換フィルムと紫外線カットフィルムの 光学的特性および葉菜類の生育に及ぼす影響の経年変化

浜本 浩・山崎敬亮・吉田祐子・安部順一郎

Key words: optical characteristics, spinach, ultraviolet - red light translation film, ultraviolet absorbing film, Welsh onion

目 次

I 緒 言	1	IV 考 察	7
II 材料及び方法	2	1 資材特性の経年変化について	7
1 供試資材, 展張ハウス	2	2 作物生育への影響の経年変化について	8
2 供試作物	2	3 アブラムシ類とアザミウマ類の 被覆下侵入の傾向	9
3 資材の特性調査	3	4 まとめ	9
4 作物の生育調査	3	V 摘 要	10
5 栽培試験期間の屋外気象環境	3	謝 辞	10
III 結 果	3	引用文献	10
1 資材特性	3	Summary	12
2 ホウレンソウの生育に対する影響	5		
3 ネギの生育に対する影響	6		

I 緒 言

近年, 紫外線を吸収して, 赤色光域を主としたより長い波長の蛍光に変えるジアルキルアミノベンズアルデヒドとバルビツル酸の縮合生成物を配合したポリオレフィン系のフィルム被覆資材が開発されている(特開2004-143457)。著者らはこのような光質変換フィルムについて, その光学的特性や被覆下における野菜の生育への効果を紫外線カットフィルムや一般の透明フィルムと比較し, 光質変換フィルムがホウレンソウやネギの生育を一般フィルム以上, 紫外線カットフィルムとも同等かそれ以上に促進することを示した^{2,3)}。本研究は, この光質変換フィルムの光学的特性や効果が時間の経過とともにどう変化するかを, 紫外線カットフィルムや一般フィルム

とともに調査したものである。農業用フィルムは屋外で使用するため, 展張後汚れることは避けられない。また, 資材に添加される防曇剤や機能性を付加する光質変換物質や紫外線吸収剤は屋外の光・温度環境の影響を受け, 変質やブリードアウト(噴出)する可能性がある。したがって, 光学的な特性が経年的に変化し, それに伴い被覆効果も変化することは十分考えられる。

光質変換フィルムとして開発された資材の効果の持続性については, 稲田⁷⁾が過去に開発された紫外線を青色光に変換するフィルムと緑色光を赤色光に変換するフィルムについて述べているが, 前者は1ヶ月程度, 後者は3ヶ月程度で光質変換効果が失われたとしている。また, 後者はレタスの生育を慣行フィルムに比べて促進したが翌年は効果がなかったという試験例も紹介している。最近の効果の持続性

(平成22年5月25日受付, 平成22年9月17日受理)

環境保全型野菜研究チーム

が向上したのも紹介されており、西村ら¹⁹⁾は緑色光から赤色光への変換機能を持つフッ素系フィルムを試験し、半年程度光学的特性を保ったことを示し、加えて室内モデル実験の結果から2～3年は効果が期待できるとした。今回著者らが調査する紫外線－赤色光変換フィルムについては、以前の試験で、展張半年程度経過後も新品から大きくは劣らない効果が得られている³⁾。しかし、新品資材との比較では、展張後半経過したフィルムの被覆下の方が作物生育が劣った場合⁵⁾もあるうえに、数年単位での展張試験例もないことから、この資材にどの程度効果の持続性があるか、まだ結論を出すには至っていない。

一方、紫外線カットフィルムについては、水上ら¹⁴⁾がポリオレフィン系や農ビ系のフィルムを用いて光学的特性の経年変化を調べ、展張後2年程度経過すると紫外線の透過率が上昇することを報告している。しかし、3年経過しても透過率は一般の透明フィルムに比べて低い値を保っていた。井上ら¹⁰⁾もポリオレフィン系紫外線カットフィルムで展張後2～3年経過したものでも一般フィルムに比べて紫外線除去能力が高いことを報告している。しかし、より長い期間となると、その能力の持続性が十分把握されているとはいえない。作物生育に対する効果の持続性については報告例が少ないが、水上ら¹⁴⁾は、展張2年目の紫外線カットフィルム被覆下で一般フィルム被覆下よりもアスパラガスの二次側枝発生量が多かったことから、生育促進効果があったとしている。しかしこの効果についても、より長期にわたる持続性については不明である。

近年、園芸用被覆資材には長期展張が可能なものも開発されている。このため、被覆材に付与される機能性についても長期的な変動傾向を把握しておく必要性が高いと考えられる。そこで本研究では、先に紫外線－赤色光変換フィルム^{2,3)}や紫外線カットフィルム^{8,12,15,22)}の生育促進効果が認められた例がある、ハウレンソウとネギを対象作物として用い、これらの資材の光学的特性の変化や生育促進効果の持続性等について、調査することとした。

なお、本研究の一部は農林水産省委託プロジェクト研究「生物の光応答メカニズムの解明と高度利用技術の開発」において行った。

Ⅱ 材料および方法

1 供試資材、展張ハウス

被覆資材には以下に述べる厚さ0.1mmのポリオレフィン系の各種フィルムを用いた。光質変換フィルムには東罐興産(株)製の試作品(以後変換)を用い、そのほか、同社製の紫外線カットフィルム(トーカンエースかがやき、以後UVA)、一般透明フィルム(トーカンエースN、以後対照)、を用いた。供試資材はそれぞれ高さ約1.8m、幅2.8m、長さ6mの小型パイプハウス(東西棟)の屋根面に2004年5月26日に展張した。ハウスの妻面と側面には、屋根面に被覆したフィルムが20cm程度はみ出した状態になっているほかは、被覆材を張らず開放状態とし、雨よけハウスとして使用した。このハウスで当年の栽培試験を行った後、2005年4月6日に新しい供試資材を同じように再展張し、そのまま2009年の栽培試験時まで継続して使用した。

2 供試作物

作物には、ハウレンソウ(*Spinacia oleracea* L.) ‘アクティブ’ (サカタのタネ)、葉ネギ(*Allium fistulosum* L.) ‘フレッシュ小ねぎ’ (タキイ)を用いた。容量約13 Lのプランタに0.3N－0.6P－0.3K g・L⁻¹の栽培用土を詰め、供試作物の種子を播種した。ハウレンソウはプランタ内12カ所、ほぼ等間隔にそれぞれ3粒点播し、生育途中で1カ所1株になるよう間引いた。ネギはプランタ内10カ所に5～6粒のすじまきとした。播種後のプランタは、供試資材を展張した雨よけハウス内に設置した高さ0.7mの栽培ベンチ上に移し、そこで栽培を行った。栽培期間中の薬剤散布は行わなかった。各年の播種日、調査日は第1表に示した。

第1表 栽培試験の耕種概要

年次	年	ハウレンソウ		ネギ	
		播種日	調査日	播種日	調査日
2004新品	2004	5月27日	6月24日	5月27日	7月21日
1年目	2005	4月11日	5月24日	5月25日	7月13日 ²⁾
2年目	2006	4月11日	5月22日	4月11日	6月26日
3年目	2007	4月10日	5月23日	4月10日	6月15日
4年目	2008	4月14日	5月28日	4月14日	6月13日
5年目	2009	3月10日	4月30日	3月10日	5月22日

²⁾アザミウマの食害のため、他の年よりも早い生育段階で調査した。

3 資材の特性調査

2005年～2009年にかけて、各年の作物栽培開始と前後して、ハウス屋根面に被覆した各フィルムの妻面または南側面にはみ出した部分から、約10cm四方の小片を切り取り、晴天日の10～12時に屋外において、日射の波長別透過率を波長別光エネルギー測定装置（ライカ社製LI-1800）を用いて調査した。

4 作物の生育調査

作物の生育調査は各区ハウレンソウ10～12個体（2004年のみ8個体）、ネギ10個体をそれぞれサンプリングし、ハウレンソウについては草丈、葉数、地上部の生体重と乾物重、葉面積、葉色（SPAD値）を、ネギについては草丈と地上部生体重、葉鞘径、葉色をそれぞれ調査した。葉面積は面積計（林電工（株）製AAC-400）、葉色は葉緑素計（コニカミノルタセンシング（株）製SPAD-502）を用いて計測した。また、目視で抽だい、虫害について確認した。なお、2005年のネギについては、各区ともアザミウマ類の食害が顕著にみられるようになったため、他の年よりも早い生育段階でサンプリングし、草丈と地上部生体重のみの調査とした。

5 栽培試験期間の屋外気象環境

栽培試験期間の日積算日射量と日平均気温については、近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点の気象観測装置を用いて計測し、停電等によるデータの欠測があった日のみ、隣市にある舞鶴海洋気象台のデータを利用した。2004年度の試験期間は平均日積算日射量、平均気温とも他の年の試験期間と比べて高かった。資材効果の経年変化を調査した2005年～2009年にかけては、展張1年目である2005年にハウレンソウの作期の日射量が多く、ネギの作期の気温が高かった。2年目にあたる2006年は両作物の作期とも日射量が少ない傾向があり、2009年（5年目）はどちらの作物も栽培時期が他の年よりも早い時期であったため気温は低かったものの、日射量は他の年と比べて特別少ないということとはなかった（第2表）。

第2表 ハウレンソウとネギの作期における屋外の平均日積算日射量と日平均気温

年次	ハウレンソウ作期期間平均		ネギ作期期間平均	
	日積算日射量 (MJ・m ⁻²)	日平均気温 (°C)	日積算日射量 (MJ・m ⁻²)	日平均気温 (°C)
2004新品	19.2	22.2	18.8	24.4
1年目	19.0	16.5	16.7	23.0
2年目	13.7	14.8	15.1	17.5
3年目	15.7	15.3	16.2	16.9
4年目	17.6	16.2	16.9	17.2
5年目	15.2	10.9	15.9	12.9

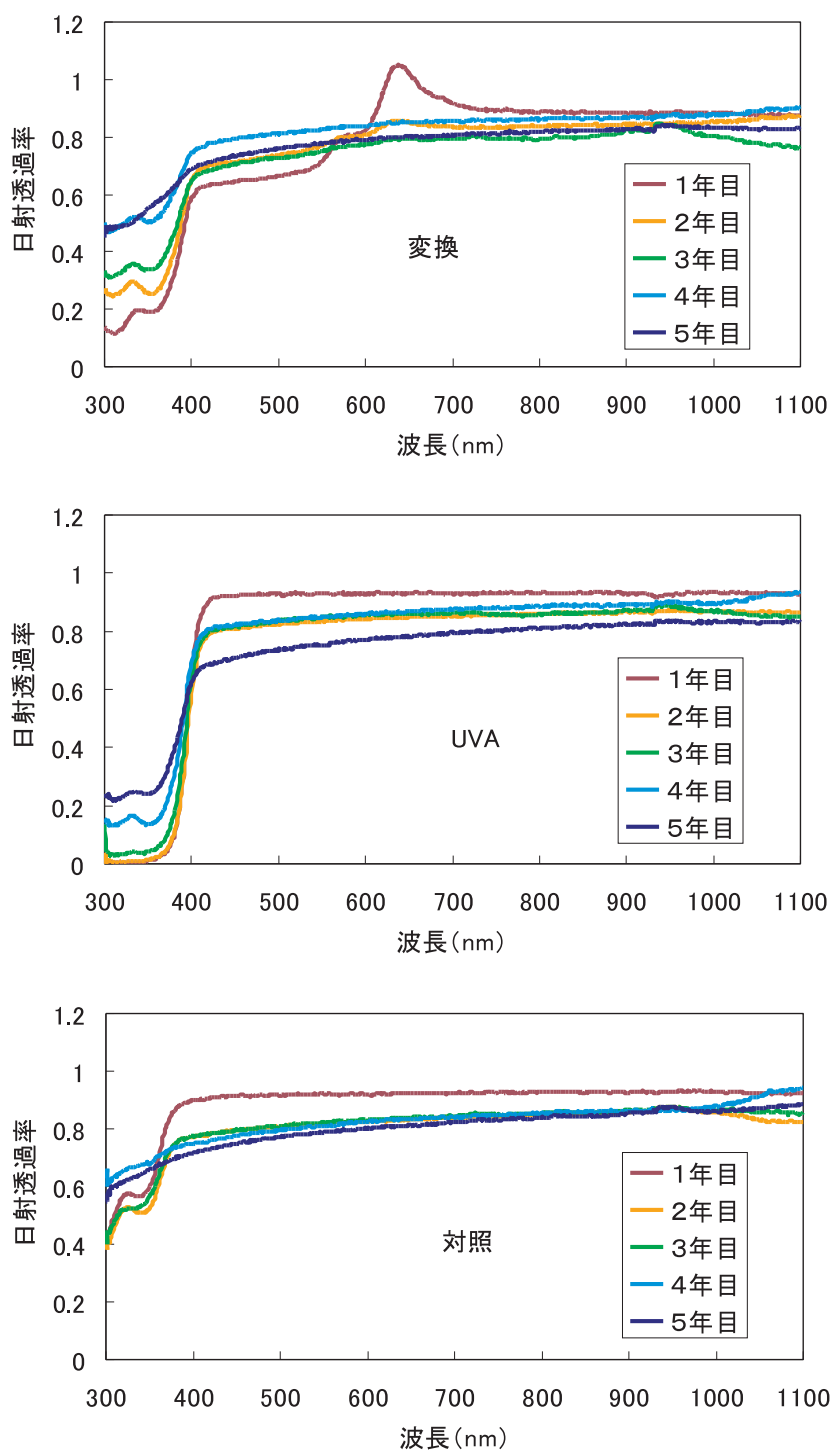
近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点（京都府綾部市）での観測データから算出。ただし、欠測日のみ舞鶴海洋気象台のデータを代入。

Ⅲ 結 果

1 資材特性

1) 供試資材の波長別日射透過率の表示

展張1～5年目における、供試資材の波長別日射透過率について、第1図に示す。また、生理的有効放射として測定される300～800nm¹¹⁾の範囲について波長帯別に透過率をまとめたものを第3表に示す。波長帯は波長300～400nmを近紫外線域、400～500nmを青色光域、500～600nmを緑色光域、600～700nmを赤色光域、700～800nmを遠赤色光域とした。また、波長400～700nmが光合成有効放射域となる。なお、波長800nm以上は近赤外線域で、一般には生理作用がないとされている¹¹⁾。



第1図 供試被覆資材における波長別日射透過特性の経年変化

2005年4月6日に展張した資材の1年目(2005)～5年目(2009)の透過率。変換：光質変換フィルム，UVA：紫外線カットフィルム，対照：通常の透明フィルム。いずれもポリオレフィン系資材で厚さは0.1 mm。光質変換フィルムは赤の蛍光を発するため，新品の場合，赤色光域の一部で透過率（正しくは被覆内外の光量比）が1を超える場合がある。

第3表 供試被覆資材における波長帯別日射透過率の経年変化

年次	フィルム	波長帯 (nm) 別日射透過率 (%)				
		300-400	400-500	500-600	600-700	700-800nm
1年目	変換	33.5	64.8	74.1	95.9	89.6
	UVA	19.2	91.6	92.9	93.0	93.1
	対照	77.5	91.4	92.0	92.2	92.6
2年目	変換	37.1	71.3	77.2	83.9	83.5
	UVA	12.8	79.8	83.4	84.8	85.6
	対照	64.8	79.5	81.7	83.2	84.4
3年目	変換	43.0	70.3	75.0	78.9	79.5
	UVA	17.4	80.8	84.7	85.9	85.9
	対照	66.0	79.6	82.1	83.8	85.0
4年目	変換	57.9	79.2	82.6	85.0	85.8
	UVA	28.1	81.6	84.9	86.8	88.1
	対照	70.9	77.6	81.1	83.4	84.7
5年目	変換	58.9	73.4	77.7	79.9	81.2
	UVA	35.2	70.8	75.5	78.3	80.2
	対照	67.6	75.0	78.8	81.2	83.1

変換：光質変換フィルム，UVA：紫外線カットフィルム，対照：通常の透明フィルム，いずれもポリオレフィン系資材で厚さは0.1 mm，2005年4月6日に展張。

2) 近紫外線域（波長300～400nm）の透過率

新品の状態では，透過率は変換フィルムで約30%，UVAフィルムで約20%と低い値であったのに対し，対照フィルムでは約80%であった。2年目以降，変換フィルムは透過率が上昇し，4～5年目では透過率が50%を超えるほどになった。UVAフィルムは試験期間を通してこの波長帯の透過率が最も低く，展張3年目までは20%未満の透過率で推移した。しかし，4年目以降は透過率の上昇がみられた。対照フィルムは，2年目以降も透過率が最も高く推移した。透過率の経年変化は大きくなかったが，低波長側（300～350nm）の透過率が4，5年目には高くなった。

3) 光合成有効放射域（波長400～700nm）の透過率

新品資材の場合，UVAフィルムと対照フィルムは約90%で，波長別透過率は比較的平坦な傾向にあった。変換フィルムは約80%で，青色光域（波長400～500nm）で60%台，緑色光域（波長500～600nm）で70%台，赤色光域（波長600～700nm）では90%を超える数値になっており，透過率の分布には短波長域で低く，長波長域で高くなる傾向がみられた。2年目以降は，UVAフィルムと対照フィルムでは新品の時期に比べて透過率が低下した。変換フィルムは，光合成有効放射域全体で見ると，経

年的な透過率の低下が他の資材と比べて小さかったが，赤色光域の透過率は2年目には大きく低下した。これとは逆に，青色光域や緑色光域の透過率は2年目には高くなり，3年目以降は波長別の透過率が他のフィルムと同様に平坦に近づいた。

4) 遠赤色光域（波長700～800nm）と近赤外線域（波長800～1100nm）の透過率

これらの波長の日射透過率については，どの資材も初年度は90%前後あり，2年目以降はやや低下したが，80%前後かそれ以上の数値を示した。2年目以降の経年変化は明確でなく，フィルム間の差も小さかった。

2 ホウレンソウの生育に対する影響

1) 草丈

草丈は，新品フィルムの場合では，変換フィルムが最も伸長を促進した。UVAフィルムも対照フィルムに比べて促進する傾向がみられた。展張2年目以降は統計的に有意な資材間差はみられなくなった。ただし，平均値にはUVA区>変換区>対照区の順に大きくなる傾向が毎年みられた。対照区を1.00とした場合の変換区の草丈は2年目以降1.10を下回ったが，UVA区では1.10前後で推移しており，この点では明確な経年低下がみられなかった（第4表）。

第4表 供試被覆資材がホウレンソウの草丈（cm）におよぼす影響の経年変化²

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	25.3 ^a (1.27)	21.7 ^b (1.09)	20.0 ^b (1.00)
1年目	23.2 ^a (1.19)	21.6 ^{ab} (1.11)	19.5 ^b (1.00)
2年目	24.4 ^a (1.02)	24.8 ^a (1.04)	23.9 ^a (1.00)
3年目	19.4 ^a (1.07)	19.7 ^a (1.09)	18.1 ^a (1.00)
4年目	21.2 ^a (1.04)	22.1 ^a (1.08)	20.4 ^a (1.00)
5年目	17.9 ^a (1.05)	19.1 ^a (1.13)	17.0 ^a (1.00)

²2004年の新品資材を用いた雨よけハウスでの試験結果と2005年に新品資材を雨よけハウスに展張した試験の1年目（2005）～5年目（2009）の結果をまとめた。同じ年で違うアルファベットを付した資材間にはTukeyの多重比較法により5%水準で有意差あり。カッコ内の数値は対照区を1とした場合の比率を示す。

2) 葉数

葉数については，2004年のUVA区で他区に比べて1葉程度少なかった以外は，資材間差がみられな

かった（データ略）。

3) 生体重および乾物重

これら重量に関しては、統計的に有意な資材間差はみられなかった。ただし、平均値は新品の場合では変換区で最も大きく、次いでUVA区、対照区の順になった。変換区では展張2年目以降は対照区と差がなく、UVA区では概ね対照区と同等かやや大きい数値で推移した（第5表、第6表）。

第5表 供試被覆資材がハウレンソウの生体重（g）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	37.8 ^a (1.26)	31.1 ^a (1.03)	30.1 ^a (1.00)
1年目	36.8 ^a (1.15)	34.7 ^a (1.08)	32.1 ^a (1.00)
2年目	24.8 ^a (0.94)	28.1 ^a (1.06)	26.5 ^a (1.00)
3年目	24.8 ^a (1.04)	27.2 ^a (1.14)	23.9 ^a (1.00)
4年目	29.4 ^a (1.02)	29.1 ^a (1.00)	29.0 ^a (1.00)
5年目	25.3 ^a (1.05)	27.5 ^a (1.15)	24.0 ^a (1.00)

^z第4表に同じ

第6表 供試被覆資材がハウレンソウの乾物重（g）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	3.34 ^a (1.26)	2.89 ^a (1.09)	2.65 ^a (1.00)
1年目	4.11 ^a (1.14)	3.81 ^a (1.05)	3.62 ^a (1.00)
2年目	2.37 ^a (0.91)	2.67 ^a (1.03)	2.59 ^a (1.00)
3年目	2.94 ^a (1.04)	3.31 ^a (1.17)	2.83 ^a (1.00)
4年目	3.57 ^a (1.02)	3.66 ^a (1.05)	3.49 ^a (1.00)
5年目	3.47 ^a (1.05)	3.24 ^a (0.98)	3.31 ^a (1.00)

^z第4表に同じ

4) 葉面積

展張5年目の変換区と対照区は葉面積計のトラブルにより欠測となった。4年目までの推移をみると、概ね生体重や乾物重に似た傾向があった。ただし、新品時の変換フィルムの対照フィルムに対する葉面積増大効果は、重量に対する効果よりも、明確であった（第7表）。

第7表 供試被覆資材がハウレンソウの葉面積（cm²）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	704.2 ^a (1.32)	573.5 ^{ab} (1.07)	535.4 ^b (1.00)
1年目	715.3 ^a (1.22)	653.4 ^{ab} (1.12)	585.6 ^b (1.00)
2年目	565.4 ^a (0.98)	617.7 ^a (1.07)	577.0 ^a (1.00)
3年目	493.5 ^a (1.07)	541.7 ^a (1.17)	461.5 ^a (1.00)
4年目	600.8 ^a (1.02)	622.5 ^a (1.06)	588.4 ^a (1.00)
5年目 ^y	—	516.5	—

^z第4表に同じ

^y5年目（2009）の変換区、対照区のデータは葉面積計のトラブルのため欠測

5) 葉色

葉色については、変換区、UVA区とも、対照区と比べて毎年数%程度の差しかなく、各区の順位、効果の経年変化も明確でなかった（データ略）。

6) 抽だい、虫害について

抽だいはいずれの年、いずれの試験区においても確認されなかった。虫害については、アブラムシの寄生が2005年（1年目）の対照区、2008年（4年目）のUVA区で数株みられた程度であった。

3 ネギの生育に対する影響

1) 草丈

変換フィルムの場合、展張2～3年目までは対照フィルムと比べて草丈の伸長を促進する効果がみられ、特に新品時には、UVAフィルムを上回る促進効果が得られた。UVAフィルムは2年目以降は変換フィルムよりも大きい促進効果を示し、UVA区では5年目まで対照区と同等以上の数値を記録した（第8表）。

第8表 供試被覆資材がネギの草丈（cm）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	47.6 ^a (1.31)	44.8 ^a (1.23)	36.4 ^b (1.00)
1年目 ^y	21.2 ^a (1.20)	17.8 ^b (1.00)	17.7 ^b (1.00)
2年目	35.4 ^a (1.27)	37.5 ^a (1.34)	27.9 ^b (1.00)
3年目	35.8 ^{ab} (1.08)	40.9 ^a (1.23)	33.3 ^b (1.00)
4年目	37.3 ^b (1.02)	41.4 ^a (1.14)	36.4 ^b (1.00)
5年目	29.6 ^a (0.99)	32.1 ^a (1.07)	29.9 ^a (1.00)

^z第4表に同じ

^y1年目（2005）はアザミウマの被害のため、他の年よりも早い生育段階で調査した。

2) 生体重

変換区では展張2年目までは対照区よりも大きくなる傾向にあった。特に、新品を用いた2004年の試験では、対照区の2倍以上の数値が得られており、大幅な促進効果が得られた。変換フィルムの効果は新品時にはUVAフィルムよりも大きい傾向にあったが、2年目以降はUVA区の数値が変換区を上回った。UVA区では早期にサンプリングした2005年（1年目）を除き、展張4年目までは概ね対照区よりも大きな平均値を記録した（第9表）。

第9表 供試被覆資材がネギの生体重（g）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	11.8 ^a (2.07)	10.7 ^a (1.88)	5.7 ^b (1.00)
1年目 ^y	0.9 ^a (1.29)	0.7 ^a (0.97)	0.7 ^a (1.00)
2年目	4.5 ^{ab} (1.50)	5.5 ^a (1.87)	3.0 ^b (1.00)
3年目	5.0 ^a (1.21)	6.3 ^a (1.52)	4.2 ^a (1.00)
4年目	4.4 ^b (0.96)	6.0 ^a (1.33)	4.5 ^b (1.00)
5年目	2.6 ^a (0.98)	2.7 ^a (1.03)	2.7 ^a (1.00)

^z第4表に同じ

^y第8表に同じ

3) 葉鞘径

葉鞘径については、展張2年目までは変換区、UVA区で対照区と比べて高い値になった。それ以降は対照区と統計的に有意な差はなかった。変換フィルムとUVAフィルムの効果の差は、新品資材を用いた2004年は変換フィルムがUVAフィルムに優り、展張2年目の資材を用いた2006年はUVAフィルムの方が優れた（第10表）。

第10表 供試被覆資材がネギの葉鞘径（mm）におよぼす影響の経年変化^z

年次	フィルム		
	変換	UVA	対照
2004新品	7.7 ^a (1.40)	6.4 ^{ab} (1.16)	5.5 ^b (1.00)
1年目 ^y	—	—	—
2年目	4.8 ^{ab} (1.14)	5.3 ^a (1.25)	4.3 ^b (1.00)
3年目	5.8 ^a (1.05)	6.3 ^a (1.14)	5.5 ^a (1.00)
4年目	5.0 ^a (0.95)	5.7 ^a (1.09)	5.3 ^a (1.00)
5年目	4.4 ^a (0.94)	4.6 ^a (0.98)	4.7 ^a (1.00)

^z第4表に同じ

^y2005年（1年目）は欠測

4) 葉色

葉色については、ネギにおいてもハウレンソウ同

様、資材間差、効果の経年変化とも、明確な傾向がみられなかった（データ略）。

5) 虫害

前述したように、2005年の試験ではアザミウマ類の食害をうけた。目視で確認する限りでは、変換フィルムやUVAフィルムの被覆下では食害程度が対照フィルム被覆下より軽く思われたものの、商品価値に影響があると思われる程度の食痕がみられた。2006、2007年も、食害の程度は2005年よりも軽かったが、アザミウマの食害が全試験区でみられた。

IV 考 察

1 資材特性の経年変化について

本研究で供試した資材は、いずれも各測定波長帯を総合した日射透過率が新品に比べて展張2年目以降低くなったが、これは資材の汚れに起因するものとみられる。2年目から5年目にかけては大きな透過率の低下はなく、降雨、降雪などによってある程度以上の汚れの進行は妨げられたとみられる。

波長帯別にみると、近紫外線域に関しては、他の多くの波長帯と異なり、変換フィルムで透過率が経年上昇する傾向がみられている。供試フィルムで最も低い透過率を維持したUVAフィルムでは、展張4、5年目に透過率の上昇が認められた。しかし、3年目までは透過率の経年上昇傾向が明確でなかったため、UVAフィルムの近紫外線の透過抑制効果は、変換フィルムのそれより持続性が高いとみられる。水上ら¹⁴⁾の報告では、UVAフィルムの近紫外線透過特性には資材によって多少違いがあるものの、展張後3年経過しても一般の透明フィルム（本研究での対照フィルムにあたる）より低い透過率で推移している。井上ら¹⁰⁾もUVAフィルムは展張して2～3年経過後も一般のフィルムより近紫外線の透過が抑制されていると報告しており、本研究の結果と矛盾しない。UVAフィルムは一般的に展張3年目から4年目くらいまでは透過特性の維持が期待できると考えられる。

一方、光合成有効放射域の場合、変換フィルムには、被覆下における赤色光の割合の多さや青色光割合の少なさといった、他の供試資材にはない特徴が

ある。この特徴は新品時は顕著であるが、展張2年目以降はそれらの程度が小さくなっている。外見上も、当フィルムは新品時には赤い蛍光色を呈しているが、3, 4年目には無色に近くなっており、透過特性や蛍光特性が変化していることが伺われた。第2表の数値をみても、展張4年目以降は透明のUVAフィルムや対照フィルムと光合成有効放射域の波長帯別透過率に大差はみられない。また、前報では³⁾、新品の変換フィルム被覆下では赤色光が増強されるため、赤色光/遠赤色光比(R/FR比)が他の供試資材より大きくなることを報告したが、本研究では、この傾向も2年目以降は減少する可能性があることがわかった。UVAフィルムについては、この波長帯の場合、各年とも対照フィルムの間に大きな透過率の差はなかったため、フィルムがこの波長帯の光環境に影響を及ぼさず、展張後年数を経てもその傾向が変わらないことがわかる。

また、遠赤色光域や近赤外線域の透過率については、各年とも供試フィルム間の差は小さく、年数を経ても、どのフィルムも同様な透過特性になることが示されている。

2 作物生育への影響の経年変化について

1) 光質変換フィルム

変換フィルムは新品の場合、ハウレンソウの草丈と葉面積、ネギの草丈や葉鞘径および生体重に比較的大きな促進効果を示した。ハウレンソウの生体重や乾物重でも統計的な有意性はなかったものの、促進する傾向が示されている。変換フィルムにハウレンソウの乾物重を増加させる傾向がみられたのは、光合成有効放射域のうち赤色光域が光合成への寄与効率が高い^{6,13)}ためであると考えられる。したがって、この資材は赤色光域の増強効果が維持されている間は、作物に対する生育促進効果を有すると考えられる。このことは、赤色光の増強効果が小さくなる展張2年目以降は効果が減少したことからも推測できる。ただし、ハウレンソウの2年目については、試験期間の日射量が少なく、光合成有効放射域の透過率が他の供試資材より低い変換フィルムには、不利な条件であったことも影響したと考えられる。

ハウレンソウの抽だいについては、被覆下の光のR/FR比が影響するとしての報告が過去にいくつかあ

るが、山崎ら²³⁾はR/FR比を高めたフィルムの被覆下で抽だいが促進されたと報告している。本研究で用いた変換フィルムも新品時には被覆下の光のR/FR比を高める特性があるが、特に抽だいを促進することはなかったため、本資材の影響は小さいと思われる。展張2年目以降も抽だいへの影響は確認されなかった。

ハウレンソウでは変換フィルムの展張2年目以降の生育促進効果は小さいかほとんどみられなかったが、ネギに対しては、草丈や生体重など展張2~3年目も効果の現れている項目がある。前述したように、展張して年数が経つと変換フィルムの赤色光増強の効果は減少したが、近紫外線の透過率は対照フィルムと比べて低く保たれており、これがネギの伸長促進などの効果を持続させる要因となったと考えられる。ハウレンソウの2年目も草丈だけは変換区で対照区を上回る数値になったが、これも同様の理由によると思われる。

このほか、葉数や葉色については、対照フィルムと比べて毎年大きな差はなかったため、これらの項目に対する変換フィルムの効果は明確でないといえよう。

2) 紫外線カットフィルム

UVAフィルムも作物生育への効果としては変換フィルムに似た傾向を示した。新品時の効果は変換フィルムより小さかったものの、展張2~4年目は大きく効果を下げることなく推移しており、このフィルムは変換フィルムよりも効果を長く保つように思われる。しかし展張5年目については、他の年と比べて効果が小さくなったように思われた。これは試験時の気温が低かったことが影響している可能性もあるが、日射量は2, 3年目と大きく変わらない程度であったので、フィルムの紫外線透過率の上昇に伴う効果の減少だったとも考えられる。

新品UVAフィルムの作物生育への効果については既存の報告がいくつかあるが、ハウレンソウで草丈の伸長を促進することは、龍ら¹²⁾や村松¹⁵⁾も指摘している。ネギについても村松¹⁵⁾の夏作試験で草丈、生体重の増加がみられており、本研究の結果と一致する。葉面積の拡大がUVAフィルムで促進された例もキュウリで報告されている²¹⁾。龍ら¹²⁾はUVA

フィルム下のハウレンソウが一般の透明フィルム下のものよりも内生ジベレリン活性が強いことを示し、UVAフィルムによる生育促進には内生ジベレリン活性の高まりが影響していることを示唆している。

一方、葉数については、龍ら¹²⁾がハウレンソウで調べ、UVAフィルム被覆下で増加したとしているが、村松¹⁵⁾の試験では効果が認められておらず、本研究の結果も合わせて考えると、安定した効果が得られるとはいえない。

葉色についてはUVAフィルム被覆下で薄くなった例がハウレンソウ¹²⁾、ネギ²²⁾で示されている。本研究ではこの傾向が明確にはみられなかったが、対照フィルムと比べて濃くなることもなく、プラスに作用するものではないと考えられる。

作物生体重に関しては、ハウレンソウ、ネギとも、本研究同様UVAフィルムによる増加が認められた報告がある^{12,15)}。ハウレンソウの乾物重についてもいくつか報告があり、龍ら¹²⁾はハウレンソウの生体重はUVAフィルムの被覆下で増加するが、乾物重は低下したとしている。同様の指摘は高市²²⁾の報告でもみられる。しかし、本研究のUVA区ではやや高くなることが多く、UVAフィルム被覆下でも必ずしも乾物生産の低下が起こるわけではないと思われた。

3 アブラムシ類とアザミウマ類の被覆下侵入の傾向

アブラムシ類については、UVAフィルムの被覆下で侵入が抑制されることが報告されている^{4,17,18)}。新品の変換フィルムでも同様の傾向が認められている⁴⁾。しかし、本研究ではハウレンソウ、ネギともアブラムシ類が寄生する機会が少なく、抑制効果とその持続性については明確にできなかった。なお、著者らが別途行った甘トウガラシを用いた試験では¹⁾、変換フィルムの被覆下では展張2年目以降アブラムシの寄生がみられた一方、UVAフィルムの被覆下では4年目程度までは抑制効果がみられており、UVAフィルムの効果の方が長期間維持できるように思われる。

UVAフィルムは被覆下へのアザミウマ類の侵入も抑制すると報告されているが^{9,16,17,20)}、本研究の試

験ではUVAフィルム、変換フィルムとも、展張1～3年目にあたる2005～2007年にネギにおいてアザミウマの食害がみられており、明確な抑制効果は確認できなかった。永井・野中¹⁶⁾はUVAフィルム被覆下でもアザミウマ類の侵入を完全に防止することは困難であると述べており、ハウスの形態等によっては十分な効果が得られない可能性があると考えられる。

4 まとめ

本研究で用いた変換フィルムについては、展張半年後にも効果が認められた場合や³⁾、半年経過後のフィルム被覆下で新品と比べて生育が悪かった場合⁵⁾が報告されている。これらの報告からは、本資材の効果の持続性が天候等によって変動することが伺われるが、本研究で展張2年目から日射の波長別透過性に関する特徴や生育促進効果が小さくなったことも総合して考慮すると、数年単位で光学的特性や作物生育に対する効果を維持することは困難で、展張して概ね半年～1年程度で効力が小さくなるようである。これは、過去に開発された紫外線－青色光変換フィルムの1ヶ月程度とされている特性の持続期間⁷⁾と比べて、長い期間の効果が期待できることを示すものと考えられる。しかし、数年使用するフィルムに対して付与する機能性としては持続期間が短い。本フィルムは、効果の減少後も一般の透明フィルムに対して生育の悪化をもたらすことはなかったため、長期展張しても特段の弊害はないが、新品時に近い機能性を期待し続けることも難しいといえる。本光質変換機能については、現状では、一年の内ある期間必要に応じて着脱して使用する資材や、半年～1年程度の使用を前提とした資材に応用することが有効と考えられる。具体的には、春～夏季に利用する、トンネル用や雨よけ栽培用の被覆材、遮光用資材等が想定できる。また、光質変換物質を被覆資材への混入だけでなく、塗布用、吹きつけ用といった、展張後のフィルムに機能を付加するための資材に応用することも、効果の持続性の短さを補う方法の一つとして考えられる。

UVAフィルムについては、現状では、既報の結果^{10,14)}や本研究の結果から考えて、3～4年程度の持続的効果が期待できそうである。ポリオレフィン

系資材は5年程度の長期展張を行う場合もあり、もう1～2年効果の確実な期間が延長できれば、さらに実用性が高まるであろう。

V 摘 要

紫外線を主として赤色光に変換するフィルム（変換フィルム）と紫外線カットフィルム（UVAフィルム）、一般の透明フィルム（対照フィルム）について、その光学的特性やハウレンソウと葉ネギの生育への影響が経年的にどう変化するか調査した。各フィルムは小型雨よけハウスに展張し、展張5年目まで、毎年被覆下で作物をプランタ栽培した。以下、結果の要点を示す。

- 1) 資材の日射透過性について、近紫外線域では、変換フィルム、UVAフィルムとも対照フィルムより透過率が低い、変換フィルムの透過率は展張2年目から上昇する傾向がみられたのに対し、UVAフィルムは明確に上昇したのは展張4年目以降であった。光合成有効放射域については、変換フィルムにおいて、被覆下における赤色光の割合が多く青色光割合が少ないといった特徴がみられた。しかし、展張2年目以降はそれらの程度が小さくなった。UVAフィルムは、対照フィルムと比べ、光合成有効放射域の透過性に関して大きな差がなかった。遠赤色光域や近赤外線域の透過率については、各年とも供試フィルム間の差は小さかった。
- 2) 作物生育への影響については、変換フィルムやUVAフィルムの被覆下ではハウレンソウの草丈や葉面積、ネギの草丈や葉鞘径、生体重の促進がみられた。しかし、変換フィルム下では展張2年目以降は効果が減少した。UVAフィルムは新品時の効果は変換フィルムより小さかったものの、展張2～4年目は他のフィルムよりも被覆下作物の生育が良好であった。
- 3) 以上の結果や既存の報告を総合して考え、変換フィルムについては展張して概ね半年～1年程度で効力が小さくなり、UVAフィルムについては3～4年程度の持続的効果が期待できると結論づけた。

謝 辞

元東罐興産（株）植野耕造氏にはご在職中資材の提供等でご協力いただいた。近中四農研綾部研究拠点の大槻和子氏、業務第1科綾部駐在の職員諸氏には実験調査補助、ハウス周囲の環境整備等でお世話になった。感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 浜本 浩・安部順一郎・山崎敬亮 2010. 紫外線－赤色光変換フィルムや紫外線カットフィルムにおけるアブラムシ類抑制効果の経年変化. 日本農業気象学会2010年全国大会講演要旨：113.
- 2) 浜本 浩・植野耕造 2006. 紫外線－可視光光質変換資材が野菜の育成に及ぼす影響. 園学雑 75別2：542.
- 3) 浜本 浩・植野耕造・山崎敬亮 2008. 紫外線を可視光に変える光質変換資材が葉根菜類の育成に及ぼす影響. 農業気象 64：81－86.
- 4) 浜本 浩・植野耕造・太田 泉・安部順一郎・山崎敬亮 2008. 紫外線－可視光光質変換資材が施設内へのアブラムシの侵入、増殖に及ぼす影響. 園学研 7別2：558.
- 5) 浜本 浩・山崎敬亮 2009. 半年および2年展張した紫外線－可視光光質変換資材と新品資材の被覆下での葉菜類の生育. 園学研 8別2：476.
- 6) Inada, K. 1976. Action spectra for photosynthesis in higher plants. Plant Cell Physiol. 17：335－365.
- 7) 稲田勝美 1995. 着色フィルムの被覆は作物に有効か？[10]. 農及園 70：794－798.
- 8) 稲田勝美 1997. 着色フィルムの被覆は作物に有効か？[31]. 農及園 72：1019－1022.
- 9) 井上勝広・小川恭弘・尾崎行生 2008. 半促成長期どり栽培のアスパラガスに寄生するアザミウマ類の発生消長と近紫外線除去フィルムの効果. 園学研 7：413－418.
- 10) 井上勝広・小川恭弘・尾崎行生 2008. アスパラガスの半促成長期どり栽培における生育と収

- 量に及ぼす近紫外線除去フィルムの影響. 園学研 7:419-423.
- 11) 桂 直樹 1992. 光測定の実際. (社)照明学会編, 光バイオインダストリー. オーム社, 東京. 182-198.
- 12) 龍 明華・大久保 敬・藤枝國光 1988. ホウレンソウの生育と内生ジベレリン活性に及ぼす近紫外線除去の影響. 九大農学芸誌 42:157-162.
- 13) McCree,K.J. 1971. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agric. Meteorol. 9:191-216.
- 14) 水上宏二・平田祐子・森山友幸 2008. アスパラガス等における近紫外線除去フィルムの昼行性害虫抑制効果と紫外線除去効果の持続性. 農及園 83:481-486.
- 15) 村松 功 1995. 軟弱野菜栽培における被覆資材の利用効果. 農及園 70:799-805.
- 16) 永井清文・野中耕次 1982. 紫外線除去フィルムによるミナミキイロアザミウマの防除. 植物防疫 36:466-468.
- 17) 中垣至郎・雨ヶ谷洋・小沼 寛 1984. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第4報) トマトの害虫の寄生に及ぼす影響. 茨城園試研報 12:89-94.
- 18) 中垣至郎・関口計主・小沼 寛 1982. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第2報) 害虫の寄生に及ぼす影響. 茨城園試研報 10:39-47.
- 19) 西村安代・福元康文・有賀広志・下井保子・進紗耶香 2008. 波長変換フィルム下におけるアブラナ科蔬菜の生育特性. 園学研 7別1:372.
- 20) 野中耕次・永井清文 1983. 果菜類を加害するアザミウマ類の生態と防除に関する研究 第7報 紫外線除去フィルムによるミナミキイロアザミウマの防除. 九州農業研究 45:119-120.
- 21) 小沼 寛・中垣至郎 1982. 近紫外線域除去フィルムが作物の生育, 害虫の寄生に及ぼす影響 (第1報) ピーマン, キュウリの生育に及ぼす影響. 茨城園試研報 10:31-38.
- 22) 高市益行 2002. 紫外線カットフィルムの種類と特性. 農業技術大系野菜編12. 農文協, 東京. 施設・資材37-38.
- 23) 山崎博子・大井 龍・濱野 恵・大和陽一・三浦周行 1999. 赤色光/遠赤色光比がハクサイ, ダイコンおよびホウレンソウの花成に及ぼす影響. 園学雑 68別1:101.

Aged Changes of Optical Characteristics and Effects on Growth of Leaf Vegetables in An Ultraviolet - Red Light Translation Film and An Ultraviolet Absorbing Film

Hiroshi HAMAMOTO, Keisuke YAMAZAKI, Yuko YOSHIDA and Jun-ichiro ABE

Summary

A newly designed film that absorbs ultraviolet radiation and fluoresces red light (UV - R film) , an ultraviolet absorbing film (UVA film) , and a normal clear film (control film) were tested as rain shelters for the spring cultivation of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) . The films were continuously used for five spring cultivations. The results and conclusion are as follows.

- 1) In new films, transmittances of near ultraviolet radiation of UV - R film and UVA film were smaller than that of control film. The transmittances of UV - R film became larger since second-year cultivation but UVA film did so since forth-year cultivation. Transmittance of photosynthetically active radiation (PAR) was not clearly different between UVA film and control film. In PAR under new UV - R film, red light percentage was larger and blue light percentage was smaller than PAR under UVA and control films. However, this characteristic of UV - R film became smaller since second-year cultivation.
- 2) New UV - R film and UVA film promoted growth of spinach and Welsh onion, especially in plant height, spinach leaf area, and Welsh onion's fresh weight and leaf sheath diameter, compared with control film. The effect of UV - R film became smaller since then but the effect of UVA film was found until forth-year cultivation.
- 3) Considering the results of the present and earlier studies, effects on light condition and plant growth of UV - R film would decrease after half-year to one-year use. The effects of UVA film can be expected to keep for three to four years.

Application of Serological Techniques for the Diagnosis of Tomato Yellow Leaf Curl Disease

Hideki OSAKI^{1,2}, Koji NOMIYAMA¹ and Koichi ISHIKAWA¹

Key words: DAS-ELISA, F(ab')₂-ELISA, IC-PCR, RIPA, *Tomato yellow leaf curl virus*

Contents

I	Introduction	14
II	Materials and Methods	14
1	Whitefly and <i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	14
2	Purification of TYLCV	15
3	Antiserum and western blot analysis	15
4	DAS-ELISA	16
5	F(ab') ₂ -ELISA	16
6	IC-PCR	16
7	RIPA	16
8	Time-course detection from inoculated tomato seedlings	17
9	Hammer extraction for RIPA	17
III	Results and Discussion	17
1	Purification of TYLCV and antiserum	17
2	ELISA, IC-PCR assay, and RIPA	19
3	Comparison of F(ab') ₂ -ELISA, IC-PCR assay, and RIPA for practical diagnosis	21
	Acknowledgements	24
	References	24
	Summary	26
	和文摘要	27

(Received September 17, 2010)

¹ Lettuce Big-vein Disease Research Team, National Agricultural Research Center for Western Region, NARO

² Vegetable Pest Management Research Team, National Institute of Vegetable and Tea Science, NARO

I Introduction

Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) is a severe viral disease affecting tomato crops in Japan since 1996¹⁰⁾. Most commercial tomato cultivars are susceptible to the disease. It is one of the most devastating diseases of tomato crops in the world. Infected plants show severe symptoms consisting of yellowing, curling, and puckering in the top leaves; the plants become stunted, with a reduction in tomato fruits.

The causal agent, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) is a member of the genus *Begomovirus* in the family *Geminiviridae*⁷⁾; it is transmitted by the whitefly *Bemisia tabaci* Genn., and not transmitted by mechanical inoculation⁴⁾. The viruliferous whitefly adults are capable of transmitting the virus throughout their lifespan¹⁵⁾.

A sanitation program for greenhouse tomato cultivation has been proposed as follows (http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/manual/tomato_yellow_leaf_manual_h21.5.pdf). Entry of whiteflies and infected tomato plants into greenhouse, propagation of whiteflies and TYLCV in greenhouse, and leakage of whiteflies from greenhouse have to be avoided in order to control the disease. Diagnostic methods are therefore essential and important to promote the sanitation program.

Genetic diagnostic methods such as PCR¹³⁾ and LAMP⁸⁾ are now used widely for TYLCD. These diagnostic methods need several specialized expensive equipments, enzymes, and reagents. Moreover, skills and experiences are required to perform these methods. On the other hand, serological diagnostic methods do not require expensive reagents and equipments, and specialized skills to perform them. The cost of serological diagnoses is therefore generally lower than that of genetic ones.

A serological diagnostic kit for TYLCD is now sold. But it is not widely used because of the cost and the reliability of the kit. Therefore, in order to establish cheaper and more reliable diagnostic method, in this study, we purified TYLCV to obtain antiserum, and applied serological techniques, *i.e.* double antibody sandwich-enzyme-linked immunosorbent assay³⁾ (DAS-ELISA), F(ab')₂ fragment-based ELISA^{2, 9)} (F(ab')₂-ELISA), immunocapture-PCR¹²⁾ (IC-PCR) assay, and rapid immunofilter paper assay^{16, 17)} (RIPA), to the diagnosis of TYLCD.

II Materials and Methods

1 Whitefly and *Tomato yellow leaf curl virus*

A colony of the B biotype of *B. tabaci* was provided by Dr. T. Watanabe (Plant Protection Office of Kagawa Prefectural Agricultural Experiment Station), and reared on a cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) cultivar 'Harunami'.

The Tadotsu isolate in the Israeli strain¹⁸⁾ of TYLCV (TYLCV-IL) obtained from naturally infected tomato plants in Tadotsu, Kagawa Prefecture was propagated and purified for antiserum preparation. The Nagasaki and Tokyo isolates in TYLCV-IL were provided by Dr. S. Ueda (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region), and by Dr. J. Ohnishi (National Institute of Vegetable and Tea Science), respectively. The Aichi isolate in the mild strain¹⁸⁾ of TYLCV (TYLCV-Mld) was provided by Dr. T. Tanaka, Aichi Agricultural Research Center.

*Tobacco leaf curl Japan virus*⁷⁾ (TbLCJV), a begomovirus indigenous to Japan, causes tomato yellow

dwarf. The symptoms are similar to those of TYLCD. TbLCJV is transmitted by *B. tabaci* JpL biotype^{14, 19}. The Takamatsu isolate of TbLCJV was obtained from naturally infected tomato plants in Takamatsu, Kagawa. The Zentsuji isolate of TbLCJV was obtained by inoculating healthy tomato seedlings with *B. tabaci* JpL biotype adults, which naturally inhabit honeysuckles (*Lonicera japonica*) in Zentsuji, Kagawa. Two isolates of TbLCJV were used as an indigenous begomovirus.

The viruses were maintained on a susceptible tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar 'House Momotaro'. In experiments presented in Tables 1, 3 and 4, cv. House Momotaro was used for inoculation.

2 Purification of TYLCV

TYLCV particle was purified by an adaption of methods developed for other geminiviruses^{5, 6}. Plants were homogenized in a buffer containing 0.1 M sodium phosphate, pH 7.0, 2.5 mM EDTA, 10 mM sodium sulfite, 0.1% 2-mercaptoethanol, and 1% Triton X-100. The extract was filtered through three layers of gauze. The sap was clarified with 10% chloroform and centrifuged at $8,000\times g$ for 20 min. Polyethylene glycol (mol. wt. 7300-9300; 12 g/100 ml) and 0.2 M NaCl were added to the aqueous phase. After 30 min of stirring at 4°C, the precipitate was collected by centrifugation for 15 min at $18,000\times g$, and resuspended in 0.1 M phosphate buffer containing 2 mM EDTA. The suspension was loaded onto 20% sucrose cushions and centrifuged for 2 hr at $180,000\times g$. The pellets were resuspended in 0.1 M phosphate buffer containing 2 mM EDTA. Sucrose gradients (10-40%, 10 ml) were prepared in the resuspension buffer. Virus suspension was layered on top of each gradient and centrifuged at $240,000\times g$ for 2.5 hr. Gradients were fractionated (2.5 ml per fraction) from the top of the gradients by using a Pasteur pipette. The presence of the virus in the sucrose gradient fractions was confirmed by electron microscopic observation and SDS-PAGE analysis. The virus-containing fractions were centrifuged for 2 hr at $190,000\times g$. Pellets were resuspended in 0.1 M phosphate buffer containing 2 mM EDTA. The suspension was purified by cesium sulfate density equilibrium centrifugation at $240,000\times g$ for 20 hr. A light-scattering band was sampled, and centrifuged at $190,000\times g$ for 2 hr. Pellets were resuspended in 0.1 M phosphate buffer containing 2 mM EDTA. Virus concentration was estimated from absorbance at 260 nm, assuming that 1 mg of the virus corresponded to 7.7 A_{260} units.

3 Antiserum and western blot analysis

Production of polyclonal antibody by a rabbit was contracted to Takara Bio Inc. Immunoglobulin G (IgG) was purified from antiserum obtained by using ImmunoPure (Protein A) IgG Purification Kit (PIERCE). Prior to purification, the antiserum was cross-absorbed with host sap.

Leaf samples were homogenized with 20 volumes (w/v) of sample buffer (50 mM Tris, pH 9.0, 2% SDS, 1% 2-mercaptoethanol, 15% sucrose, and 0.0005% bromophenol blue) for western blot. For whitefly samples, one adult or three adults were homogenized with 20 μ l of sample buffer. After boiling for 3 minutes, each sample (20 μ l) was separated by 12% SDS-polyacrylamide gel electrophoresis, and proteins were transferred to a PVDF membrane (BIO-RAD). Then, the membrane was treated with 0.25 μ g/ml anti-TYLCV IgG in TBST (0.02 M Tris-buffered saline supplemented with 0.05% Tween 20) for 30 min at room temperature, and then alkaline phosphatase conjugated goat anti-rabbit IgG (Sigma) at a 1:4000 dilution in TBST for 30 min. Band visualization was carried out as previously described¹⁰. Three 5-min washes of the membrane with TBST were performed between the steps.

4 DAS-ELISA

IgG was coupled with alkaline phosphatase using the one-step glutaraldehyde method¹⁾. For ELISAs, leaf extracts were prepared by grinding leaves with a mortar and pestle together with PBST (0.01 M phosphate-buffered saline supplemented with 0.05% Tween 20).

Each well of a microplate was coated with purified IgG diluted to 10 μ g/ml in coating buffer (50 mM Na₂CO₃, pH 9.6), and incubated for 4 hr at 37°C. Plates were washed with PBST. Then samples were added, and incubated for 2-3 hr at 37°C. After washing, alkaline phosphatase conjugated IgG diluted to 1:500 with PBST was added and incubated for 2-3 hr at 37°C. Substrate (*p*-nitrophenylphosphate at 1 mg/ml in 10% diethanolamine buffer, pH 9.8) was added after washing and hydrolysis time was 1 hr at 37°C. The absorbance of each well was measured at A_{405} with a spectrophotometer Corona MTP-32. Absorbance values above 0.05 were considered as positive.

5 F(ab')₂-ELISA

F(ab')₂-ELISA requires F(ab')₂ fragments purified from IgG. The F(ab')₂ fragment was purified by ImmunoPure F(ab')₂ Preparation Kit (PIERCE). Each well of a microplate was coated with purified F(ab')₂ fragment diluted at 10 μ g/ml in coating buffer, and incubated for 4 hr at 37°C. Plates were washed with PBST and then samples were added, and incubated overnight at 4°C. After washing, IgG (2 μ g/ml) in PBST was added and microplates were incubated for 2-3 hr at 37°C. The wells were washed and re-filled with alkaline phosphatase-labelled protein A diluted at 2 μ g/ml in PBST and incubated for 2-3 hr at 37°C. Adding substrate, hydrolysis, and measuring the absorbance of wells were performed as described for DAS-ELISA.

6 IC-PCR

IC-PCR assay was carried out as follows. Sterile polypropylene 0.2-ml and 96-well PCR plates (ABgene) were precoated with 20 μ l of IgG (1 mg/ml diluted 1:200 in carbonate buffer) per well. The plates were incubated for 2 hr at 37°C. For IC-PCR assay, leaf extracts were prepared by grinding leaves with a mortar and pestle together with PBST. After each well of the plate was washed three times with PBST, 20- μ l aliquots of extract were added and incubated again for 2 hr at 37°C. Each well was then washed twice with PBST and once with sterilized distilled water.

PCRs were carried out as follows. Amplifications were performed in 20- μ l reaction mixtures, containing 0.2 μ M of each primer, 0.5 unit of Ex *Taq* DNA polymerase (Takara), a dNTP mixture (containing 200 μ M of each of dNTP), and Ex *Taq* reaction buffer (containing 2 mM MgCl₂), in a Takara PCR Thermal Cycler MP. The primers, TYmultiV and TYmultiC, were used¹³⁾. The PCR plates were heated at 96°C for 3 min followed by 40 reaction cycles of 30 sec at 96°C for melting, 30 sec at 55°C for primer annealing, and 45 sec at 72°C for primer extension. A final step at 72°C for 5 min was carried out prior to holding the samples at 4°C until removal from the thermal cycler. PCR products were electrophoresed in 0.8% agarose and visualized by staining with ethidium bromide and UV illumination.

7 RIPA

The coating procedure of IgG to latex was adapted from developed RIPA procedure¹⁶⁾. For coating of IgG, white latex (JSR Co., Cat. No. G24103) and red latex (JSR Co., Cat. No. G0301R) were diluted to 1% and 2%, respectively, in TBS (0.02M Tris-buffered saline). IgG was diluted to 500 μ g/ml for white latex and 300

$\mu\text{g/ml}$ for red latex with TBS. The latex solutions were mixed with an equal volume of IgG solution. Sensitization was performed as described by Tsuda *et al.*¹⁶⁾

Leaf extracts were prepared by grinding leaves with a mortar and pestle together with 0.1 M phosphate buffer, pH 7.0, containing 10 mM EDTA, 0.1% 2-mercaptoethanol, and 0.1% bovine serum albumin as extraction buffer.

The detection procedure was carried out as previously described for the two-step method of RIPA¹⁷⁾.

8 Time-course detection from inoculated tomato seedlings

Adult whiteflies were allowed to feed on infected tomato plants (Tadotsu isolate) for 3 days. Ten adults were transferred to each cage containing a healthy seedling at the four-leaf stage. The whiteflies were removed from the cages 3 days later. The seedling inoculated were observed and assayed.

On designated days, leaf tissue (*ca.* 20 mg) from newly-expanding top leaf of the seedlings was sampled and homogenized with 50 volumes (w/v) of PBST in experiment of Table 3, whereas, with 50 volumes (w/v) of extraction buffer for RIPA in experiment of Table 4. The leaf extract was used for F(ab')₂-ELISA, IC-PCR assay, and RIPA.

9 Hammer extraction for RIPA

Small amounts of leaf tissue (*ca.* 20 mg) from the newly-expanding top leaf of tomato plants were sampled, and placed into plastic bags (70×50mm). The tissues in bags were smashed with a couple of strikes by a hammer. Extraction buffer (*ca.* 500 μl) were added and mixed with the smashed tissue by fingers, and then the squeezes were used for RIPA. On experiment of Table 5, tomato leaves were sampled at greenhouses in Tadotsu, Kagawa, and extracted by a hammer for RIPA.

III Results and Discussion

1 Purification of TYLCV and antiserum

The virus was purified from infected tomato plant material. Analysis of the purified virus by SDS-PAGE showed a single band (*ca.* 30 kDa), presumed to be a coat protein of TYLCV (Fig. 1). Virus of *ca.* 2 mg was obtained from about 40 kg of infected tomato plant material. The purified virus was used for production of antiserum.

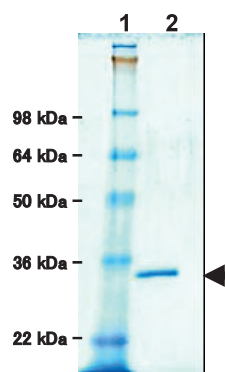


Fig. 1. Electrophoresis of purified TYLCV in SDS-polyacrylamide gel.
Lane 1: Molecular weight standards (SeeBlue Plus2 Pre-Stained Standard, Invitrogen); lane 2: Purified TYLCV. Arrow indicates coat protein of TYLCV.

In western blot analysis (Fig. 2) with IgG purified from antiserum obtained, bands were formed from samples of four TYLCV isolate-infected plants, but not from healthy and two TbLCJV isolate-infected plants. This suggested that the two strains of TYLCV, TYLCV-IL and -Mld are equally reacted with the IgG, and that the IgG is specific to TYLCV. Moreover, western blot analysis could detect the virus from the extracts of a single adult whitefly reared on infected tomato plants (Fig. 3). These results indicate that the titer of the IgG is sufficient to detect TYLCV from viruliferous whiteflies, and that the IgG will be useful in other serological detection methods for TYLCV.

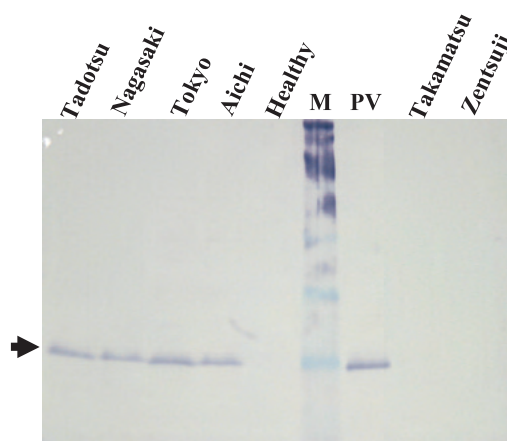


Fig. 2. Detection of TYLCV from extracts of TYLCV- and TbLCJV-infected tomato plants by western blot.

Three isolates in TYLCV-IL (Tadotsu, Nagasaki, and Tokyo), an isolate in TYLCV-Mld (Aichi), and two TbLCJV isolates (Takamatsu and Zentsuji) were used. M represents molecular weight standards (SeeBlue Plus2 Pre-Stained Standard, Invitrogen). In lane of PV, purified virus (20 ng) was electrophoresed. Arrow indicates coat protein of TYLCV.

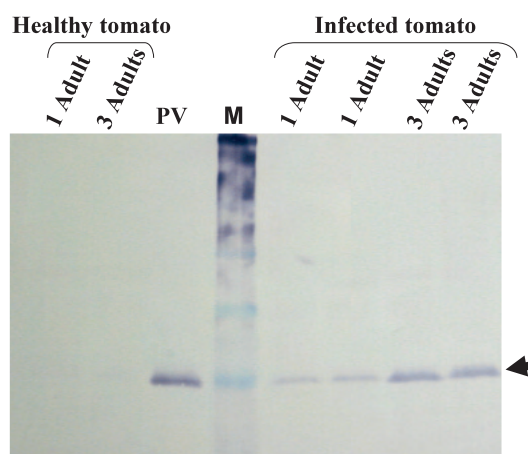


Fig. 3. Detection of TYLCV from extracts of adult whiteflies by western blot.

Adult whiteflies were reared for a week on healthy and TYLCV-infected tomato plants (Tadotsu isolate), respectively. M represents molecular weight standards (SeeBlue Plus2 Pre-Stained Standard, Invitrogen). In lane of PV, purified virus (20 ng) was electrophoresed. Arrow indicates coat protein of TYLCV.

2 ELISA, IC-PCR assay, and RIPA

The IgG was adapted to two ELISAs (DAS- and F(ab')₂-ELISA). DAS-ELISA detected TYLCV up to 6,400-fold diluted extract of infected leaves. Meanwhile, in F(ab')₂-ELISA, the detection limit of TYLCV was 12,800-fold diluted extract (Fig. 4). Since the absorbance values of F(ab')₂-ELISA were higher than those of DAS-ELISA, it may be possible to evaluate the results by naked eye. Thereafter, F(ab')₂-ELISA was particularly examined.

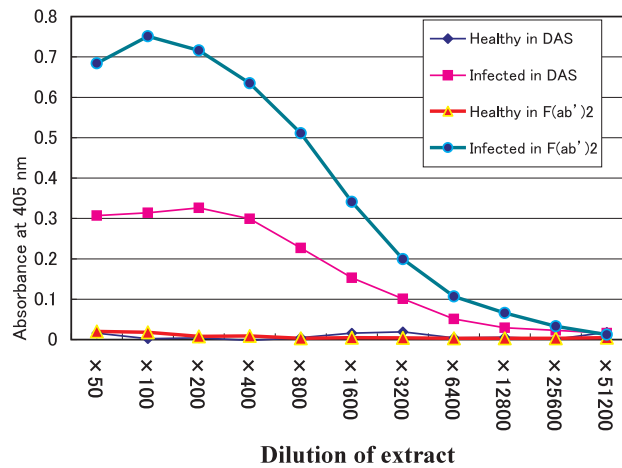


Fig. 4. Detection of TYLCV from dilutions of healthy and infected leaf extracts by DAS- and F(ab')₂-ELISA.

Leaf samples were homogenized with PBST. The extracts were serially diluted with PBST.

Tadotsu isolate-infected and healthy tomato plants were used.

To evaluate the reliability and practical utility of F(ab')₂-ELISA, F(ab')₂-ELISA should be compared with PCR assay. Since PCR assays need laborious and time-consuming DNA extraction, to simplify preparation of DNA, the IgG was adapted to IC-PCR assay. In IC-PCR assay, the dilution end point for detection of TYLCV in leaf extract was 10⁷ (Fig. 5). IC-PCR assay was 1,000-fold more sensitive than F(ab')₂-ELISA.

Furthermore, the IgG was also adapted to RIPA. Within several minutes, the filter paper strips showed a positive reaction to infected tomato samples, forming a red line by antigen-antibody reaction (Fig. 6). When

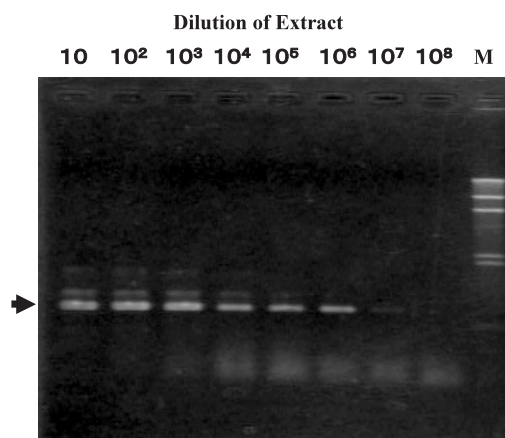


Fig. 5. Detection of TYLCV from dilutions of infected leaf extract by IC-PCR.

Leaf sample (Tadotsu isolate) was homogenized with PBST. The extract was diluted with PBST. M represents *Hind* III-digested Lambda DNA marker.

Arrow indicates amplified specific products.

the extracts of infected tomato leaves were used, positive red line was detected up to a 3,200-time dilution (Fig. 7). This result indicated that RIPA was 4 times less sensitive than F(ab')₂-ELISA.

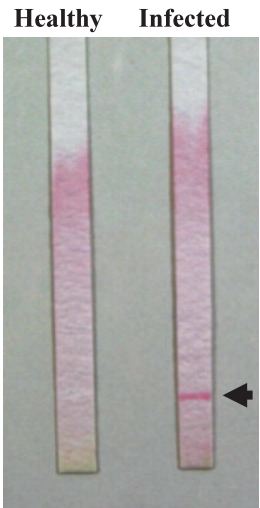


Fig. 6. RIPA of healthy and infected leaf extracts.
Leaf samples were homogenized with 50 volumes (w/v) of extraction buffer for RIPA.
Red line (arrow) was formed on filter paper strip dipped into Tadotsu isolate-infected leaf extract (right strip), but not healthy (left strip).

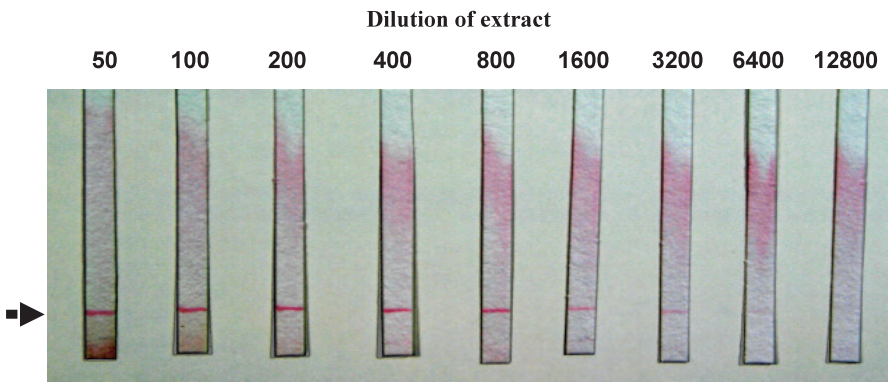


Fig. 7. Detection of TYLCV from dilutions of infected leaf extract by RIPA.
Leaf samples (Tadotsu isolate) were homogenized with extraction buffer for RIPA.
The extract was diluted with the extraction buffer. Red lines (arrow) were formed on filter paper strips until 3200-fold dilution of extract by judgment with the naked eye.

3 Comparison of F(ab')₂-ELISA, IC-PCR assay, and RIPA for practical diagnosis

1) Assay for viruliferous whitefly

To evaluate the sensitivity of these assays and to determine whether they can identify the viruliferous whiteflies, we attempted to detect the virus in whiteflies reared on infected tomato plants.

Table 1 indicates that adult whiteflies reared on infected tomato plants for more than 90 min are considered to be potential as a vector. On samples of whiteflies reared on infected tomato plants for more than 90 min, the results of F(ab')₂-ELISA were consistent with those of IC-PCR assay, although F(ab')₂-ELISA could not detect TYLCV from whiteflies reared on infected tomato plants for 45 min (Table 2). We therefore suggest that F(ab')₂-ELISA is also capable in assay for viruliferous whiteflies. Meantime, DAS-ELISA and RIPA were unsuccessful for the detection of TYLCV in whiteflies reared on infected tomato plants for even 2 days (data not shown). DAS-ELISA and RIPA are not available for viruliferous whiteflies.

Monitoring for the presence of viruliferous whitefly around greenhouses is important in alerting tomato growers to deal with the threat of infection by spraying insecticides and filling gaps in greenhouses with whitefly-proof screens. F(ab')₂-ELISA will be a crucial tool for identifying viruliferous whitefly at low cost.

Table 1 Transmission of TYLCV by whiteflies

Period of rearing on infected tomato plants	No. of seedlings infected ¹⁾ / No. of seedlings inoculated
20 min	0/5
45 min	0/5
90 min	5/5
3 hr	5/5
6 hr	5/5
12 hr	5/5

1) Adult whiteflies were allowed to feed on infected tomato plants (Tadotsu isolate) for designated time periods. The adults (10 adults/cage) were transferred to each insect-proof cage containing a healthy tomato seedling at the four-leaf stage. After 3 days, the whiteflies were removed from the cages. The seedlings inoculated were assayed by IC-PCR on 30 days after inoculation.

Table 2 F(ab')₂-ELISA and IC-PCR assay of adults of B biotype of *Bemisia tabaci* reared on infected tomato plants

Period of rearing on infected tomato	No. of adults used ¹⁾	No. of adults PCR-positive	No. of adults ELISA-positive
20 min	16	0	0
45 min	16	6	0
90 min	16	8	8
3 hr	16	10	10
6 hr	16	13	13
12 hr	16	15	15

1) In parallel with the experiment of Table 1, sixteen adult whiteflies on the leaves of infected tomato plants were sampled 20 min, 45 min, 90 min, 3 hr, 6 hr, and 12 hr later, respectively. Each adult whitefly was homogenized with 120 μ l of PBST. The homogenate was used for F(ab')₂-ELISA (100 μ l) and IC-PCR assay (20 μ l).

2) Practical utilities of F(ab')₂-ELISA and IC-PCR assay

To compare the practical utility of F(ab')₂-ELISA with that of IC-PCR assay, time-course detection was done on tomato seedlings inoculated by whiteflies (Table 3). On two samples (Nos. 2 and 5), IC-PCR assay could detect the virus earlier than F(ab')₂-ELISA could. On the remaining samples, however, F(ab')₂-ELISA and IC-PCR assay detected the virus in the same way. By F(ab')₂-ELISA, the virus was detected 2 to 6 days before the onset of symptoms. Although IC-PCR assay is 1,000 times more sensitive than F(ab')₂-ELISA (Figs. 4 and 5), these results indicate that F(ab')₂-ELISA is sensitive enough to practically detect the virus. Additionally, F(ab')₂-ELISA does not require complicated sample preparation and can handle many samples at the same time. Therefore, we consider F(ab')₂-ELISA to be a very practical approach for diagnosis of TYLCD.

Table 3 Time-course detection by IC-PCR assay and F(ab')₂-ELISA of inoculated tomato seedlings

Seedling No.	Days after inoculation	5	7	9	11	13	15	17
No.1	PCR	—	+	+	+	+	+	+
	ELISA	—	+	+	+	+	+	+
No.2	PCR	—	—	—	+	+	+	+
	ELISA	—	—	—	—	+	+	+
No.3	PCR	—	—	—	+	+	+	+
	ELISA	—	—	—	+	+	+	+
No.4	PCR	—	—	—	+	+	+	+
	ELISA	—	—	—	+	+	+	+
No.5	PCR	—	—	—	+	+	+	+
	ELISA	—	—	—	—	+	+	+
No.6	PCR	—	—	+	+	+	+	+
	ELISA	—	—	+	+	+	+	+

* : The first day of observing symptoms

On the other hand, the sensitivity of IC-PCR assay was superior to those of ELISAs. Compared with conventional PCR, IC-PCR assay does not need the use of organic solvents and centrifugation, because DNA purification, which is generally a laborious and time-consuming process, is not necessary. Therefore, it is of great advantage. Moreover, in IC-PCR assay, virion preparation and PCR amplification are both carried out completely in a single well of a 96-well PCR plate, making the assay very convenient and economical. IC-PCR assay would be a powerful tool for diagnosing a large number of samples as well as F(ab')₂-ELISA.

In practical terms, it is not required to apply such a sensitive but expensive and complicated method, *i.e.* PCR, for all of the samples to be assayed. It is important to apply first F(ab')₂-ELISA to be able to assay a large number of samples at low cost. Prior to settled planting in greenhouse, tomato seedlings grown in a nursery should be assayed by F(ab')₂-ELISA to prevent infected seedlings from being planted in greenhouses. Then further confirmation can be made by using more reliable method such as IC-PCR assay. F(ab')₂-ELISA will be very helpful for practical, inexpensive diagnosis of TYLCD in field surveys.

3) Practical utility of RIPA

Furthermore, to evaluate the practical utility and the sensitivity of RIPA, time-course detection was done on tomato seedlings inoculated by whiteflies; these results are summarized in Table 4. RIPA also showed positive before inducing symptoms. The virus was detected 2 to 6 days before the onset of symptoms.

Table 4 Time-course detection by RIPA of inoculated tomato seedlings

Seedling No.	Days after inoculation	5	7	9	11	13	15	17
No.1		—	—	+	+	+	+	+
No.2		—	—	—	+	+	+	+
No.3		—	+	+	+	+	+	+
No.4		—	—	+	+	+	+	+
No.5		—	—	—	+	+	+	+
No.6		—	+	+	+	+	+	+

* : The first day of observing symptoms

These results were similar to those of F(ab')₂-ELISA (Table 3). Although RIPA is four times less sensitive than F(ab')₂-ELISA, these results indicate that RIPA is sensitive enough to practically detect the virus. RIPA is also considered to be very practical for diagnosis of TYLCD.

In our laboratory, leaf extracts were prepared for RIPA by grinding leaves with a mortar and pestle together. For field diagnosis, we developed a simple rapid extraction method using a hammer for RIPA. RIPA with the hammer extraction at tomato greenhouses in Tadotsu showed that the results were consistent with results of IC-PCR assay (Table 5). Moreover, on sample Nos. 4, 8, and 12 of Table 5, RIPA could detect TYLCV in infected plants without symptoms at incubative stage. Compared with use of a mortar and pestle, the hammer extraction could shorten the time of preparing samples. The hammer extraction permitted us to prepare a sample in about half minute, while extraction with a mortar and pestle needed a couple of minutes. Thus, we consider the hammer extraction method to be suitable for preparing samples in the field.

Table 5 Field diagnosis by RIPA with hammer extraction

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Symptoms	—	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—
RIPA	—	+	+	+	—	—	+	+	+	—	+	+	—	+	—
PCR ¹⁾	—	+	+	+	—	—	+	+	+	—	+	+	—	+	—

1) After sampling, IC-PCR assay was carried out in laboratory.

Among serological diagnostic methods, ELISAs have been generally employed. The ELISAs, however, need a few equipments such as an incubator and a spectrophotometer, and take time to obtain the results, therefore those are not suitable for virus diseases diagnosis in field. RIPA method can be easily used for diagnosis of virus diseases without any equipment and in several minutes in field.

Besides, RIPA requires no skill and experience, and the results can be obtained within several minutes with the naked eyes, so that tomato growers can assay their own tomato plants by themselves. RIPA can be used as easily and simply as pH test paper.

Extremely rapid and simple diagnosis by RIPA is of great advantage to countermeasure against the spread of TYLCD. It is important to remove infected tomato plants from greenhouses as soon as possible, because infected tomato plants serve as a potential source of secondary infection to other healthy plants. Therefore, it is recommended to diagnose suspected plants using RIPA by tomato growers themselves, and then remove positive ones from greenhouse promptly. Although the sensitivity of RIPA is lower than PCR assay and ELISA, the agility of RIPA is superior to PCR assay and ELISA. The agility of RIPA is very useful for rapid removal of infected plants from the greenhouses.

Acknowledgements

We thank Mr. K. Kawanishi and Ms. A. Yonezawa (Plant Protection Office of Kagawa Prefectural Agricultural Experiment Station) for helping us to collect samples. This study was supported in part by a grant from the Research Project for Utilizing Advanced Technologies in Agriculture, Forestry, and Fisheries (No. 18002) from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan.

References

- 1) Avrameas, S. 1969. Coupling of enzymes to protein with glutaraldehyde. Use of the conjugate for the detection of antigen and antibodies. *Immunochemistry* 6 : 43 – 52.
- 2) Barbara, D. J. and M. F. Clark. 1982. A simple indirect ELISA using F(ab')₂ fragments of immunoglobulin. *J. Gen. Virol.* 58 : 315 – 322.
- 3) Clark, M. F. and Adams, A. N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 34 : 475 – 483.
- 4) Cohen, S. and F. E. Nitzany. 1966. Transmission and host range of the *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathology* 56 : 1127 – 1131.
- 5) Cohen, S., J. E. Duffus, R. C. Larsen, H. Y. Liu and R. A. Flock. 1983. Purification, serological, and vector relationships of squash leaf curl virus, a whitefly-transmitted geminivirus. *Phytopathology* 73 : 1669 – 1673.
- 6) Czosnek, H., R. Ber, Y. Antignus, S. Cohen, N. Navot and D. Zamir. 1988. Isolation of tomato yellow leaf curl virus, a geminivirus. *Phytopathology* 78 : 508 – 512.
- 7) Fauquet, C. M., R. W. Briddon, J. K. Brown, E. Moriones, J. Stanley, M. Zerbini and X. Zhou. 2008. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. *Arch. Virol.* 153 : 783 – 821.
- 8) Fukuta, S., S. Kato, K. Yoshida, Y. Mizukami, A. Ishida, J. Ueda, M. Kanbe and Y. Ishimoto. 2003. Detection of tomato yellow leaf curl virus by loop-mediated isothermal amplification reaction. *J. Virol. Meth.* 112 : 35 – 40.
- 9) Ishikawa, K., S. Kusumoto and T. Kawano. 2008. Detection of Melon yellow spot virus (MYSV) from cucumber and *Thrips palmi* by TAS-ELISA. *Jpn. J. Phytopathol.* 74 : 219 (Abstr., in Japanese).
- 10) Kato, K., M. Onuki, S. Fuji and K. Hanada. 1998. The first occurrence of *Tomato yellow leaf curl virus* in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 64 : 552 – 559.
- 11) Leary, J. J., D. J. Brigati and D. C. Ward. 1983. Rapid and sensitive colorimetric method for visualizing biotin-labeled DNA probes hybridized to DNA or RNA immobilized on nitrocellulose : Bio-blots. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 80 : 4045 – 4049.
- 12) Nolasco, G., C. de Blas, V. Torres and F. Ponz 1993. A method combining immunocapture and PCR amplification in a microtiter plate for the detection of plant viruses and subviral pathogens. *J. Virol. Meth.* 45 : 201 – 218.
- 13) Onuki, M., S. Ueda, C. Yamamoto and S. Okazaki 2009. Discriminatory detection of *Tomato yellow leaf curl virus* and tomato-infecting indigenous begomoviruses in Japan by multiplex PCR. *Kyushu Pl. Prot. Res.* 55 : 40 – 44.
- 14) Osaki, T., H. Kobatake and T. Inouye. 1979. Yellow vein mosaic of honeysuckle (*Lonicera japonica*

- Thunb.), a disease caused by Tobacco leaf curl virus in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 45 : 62 – 69.
- 15) Rubinstein, G. and H. Czosnek. 1997. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* with its whitefly vector *Bemisia tabaci* : effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. *J. Gen. Virol.* 78 : 2683 – 2689.
- 16) Tsuda, S., M. Kameya-Iwaki, K. Hanada, Y. Kouda, M. Hikata and K. Tomaru. 1992. A novel detection and identification technique for plant viruses : Rapid immunofilter paper assay (RIPA). *Plant Dis.* 76 : 466 – 469.
- 17) Tsuda, S., M. Kameya-Iwaki, K. Hanada, I. Fujisawa and K. Tomaru. 1993. Simultaneous diagnosis for plants infected with multiple viruses employing rapid immunofilter paper assay (RIPA) with two-step method; Multi-RIPA. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 59 : 200 – 203.
- 18) Ueda, S., S. Takeuchi, M. Okabayashi, K. Hanada, K. Tomimura and T. Iwanami. 2005. Evidence of a new Tomato yellow leaf curl virus in Japan and its detection using PCR. *J. Gen. Plant Pathol.* 71 : 319 – 325.
- 19) Ueda, S., T. Kitamura, K. Honda and K. Kanmiya. 2006. Characterization and distribution of the biotypes of the whitefly *Bemisia tabaci* in Japan by mitochondrial cytochrome oxidase I sequence analysis. 4th International Bemisia Workshop : 25 (Abstr.).

Summary

To establish cheap and reliable diagnostic method, in this study, we tried to apply three serological techniques, that is, ELISA, RIPA and IC-PCR assay, to the diagnosis of tomato yellow leaf curl disease. First of all, TYLCV was purified from infected tomato plants to obtain antiserum. Western blot analysis showed that the IgG purified from obtained antiserum was specific to TYLCV. DAS-ELISA detected TYLCV up to 6,400-fold diluted extract of infected tomato leaves. Meanwhile, in F(ab')₂-ELISA, the detection limit of TYLCV was 12,800-fold diluted extract. In IC-PCR assay, the dilution end point for detection of TYLCV in leaf extract was 10⁷. IC-PCR assay was 1,000-fold more sensitive than F(ab')₂-ELISA. However, F(ab')₂-ELISA also could detect TYLCV from viruliferous whiteflies, and from infected plants 2 to 6 days before the onset of symptoms. By RIPA, positive red line was detected up to a 3,200-time dilution of the extracts of infected tomato leaves. RIPA also detected the virus from infected plants without symptoms at incubative stage as well as F(ab')₂-ELISA. F(ab')₂-ELISA and IC-PCR assay are considered to be very practical for diagnosing a large number of samples. On the other hand, RIPA is considered to be suitable for diagnosis by tomato growers, since it is simple and agile as a pH test paper. To hamper the spread of the disease in greenhouse, RIPA is a powerful tool for rapidly removing infected plants from greenhouses as soon as possible.

血清学的手法のトマト黄化葉巻病の診断への適用

大崎秀樹¹・野見山孝司・石川浩一

摘 要

安価で信頼性のある診断法を確立するため、血清学的手法、すなわちELISA、RIPA、IC-PCR検定をトマト黄化葉巻病の診断に適用した。まずTYLCVを純化し、兎に免疫し抗血清を得た。抗血清からIgGを精製しそれぞれの手法に適用した。

1. ウェスタンブロット解析の結果より、本IgGはTYLCVの系統にかかわらず反応する一方、TbLCJVには反応せず、血清学的診断法に使用可能であると考えられた。
 2. 本IgGをDAS-ELISAとF(ab')₂-ELISAに適用した。TYLCV感染トマト葉磨砕液での検出希釈限界はDAS-ELISAで6400倍、F(ab')₂-ELISAで12800倍であり、F(ab')₂-ELISAの感度が高かった。
 3. F(ab')₂-ELISAはタバココナジラミの保毒検定が可能であった。また、トマト新葉部での発症2～6日前に診断が可能であった。これらの結果よりF(ab')₂-ELISAは、実用性があると判断された。
 4. また、本IgGをIC-PCR検定に適用した。TYLCV感染トマト葉磨砕液での検出希釈限界は10⁷倍であった。通常のPCR検定時に行われるDNA精製のための煩雑な作業、そして有機溶媒や遠心器等高額機材の使用が不要なため省力的であり、多試料検定にも有効であると考えられた。
 5. さらに本IgGをRIPAに適用した。TYLCV感染トマト葉磨砕液での検出希釈限界は3200倍であった。検出感度はF(ab')₂-ELISAの1/4と劣るものの、F(ab')₂-ELISAと同等の発症前診断が可能であったことから実用的な診断には有効と考えられた。現場圃場での検定のため、ハンマーを用いた簡易な検体磨砕法を考案した。
- 以上の結果より、多試料および保毒虫の検定にはF(ab')₂-ELISAやIC-PCR検定が、圃場現場での迅速な診断にはRIPAがそれぞれ適していた。

育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響

中西直人¹・山田知哉²・村元隆行³・河上眞一⁴・相川勝弘²

Key words : roughage level, raising period, Japanese Black steers, fattening

目 次

I 緒 言	29	4 育成期間の粗飼料給与量が牛肉品質に及ぼす影響	34
II 材料及び方法	30	5 育成期間の粗飼料給与量が消化管重量と内臓脂肪重量に及ぼす影響	34
III 結果及び考察	31	IV 摘 要	35
1 育成期間の粗飼料給与量が飼料摂取量と増体に及ぼす影響	31	引用文献	36
2 育成期間の粗飼料給与量が枝肉成績に及ぼす影響	32	Summary	38
3 育成期間の粗飼料給与量が枝肉構成に及ぼす影響	33		

I 緒 言

黒毛和種では子牛市場において血統と体重が重視されており、繁殖農家は、子牛の体重を増加させるため濃厚飼料を育成期に多給する傾向にある。その結果、肥育後期に増体が停滞したり^{18,20)}、濃厚飼料の多給にともなう尿石症等の代謝病も発生するなど問題も発生している²¹⁾。一方肥育農家では、これらの問題に対応するため、肥育開始時に飼い直しと称して、濃厚飼料の給与量を制限する飼養が行われ、肥育期間における飼料効率の低下を招いている。従来までの肥育試験は、肥育期間の飼養条件が肥育成績に及ぼす影響を検討したものが多く、しかも肥育素牛は子牛市場から購入した牛がほとんどであり、

育成期間の飼養方法が不明である場合が多かった。守田ら⁵⁾は、肥育センターにおける調査で、育成期間に粗飼料を多給した子牛や放牧で育成した子牛は、舎飼いで濃厚飼料を多給した子牛に比較して、肥育期間の日増体量が大きく、肉質等級も優れていることを示した。しかしながら、育成期間の粗飼料給与量が体構成に及ぼす影響を検討した試験は、ほとんど行われていないため、育成期間の粗飼料給与量が、その後の肥育に及ぼす影響が明確になったとはいえない。そこで、育成期間の粗飼料給与量が肥育牛の産肉性に及ぼす影響を明らかにするため試験を行った。また、粗飼料給与量を高めると摂取飼料中の粗蛋白質含量が低下するため⁹⁾、大豆粕によって調整した試験も行った。

(平成22年7月26日受付，平成22年10月13日受理)

¹ 現 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター

² 現 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産草地研究所

³ 現 岩手大学農学部

⁴ 現 広島大学大学院 生物圏科学研究科

Ⅱ 材料及び方法

育成期間の粗飼料給与量がその後の肥育成績に及ぼす影響を検討するため試験1と試験2を行った。試験1では育成終了後、肥育前期は慣行の肥育方法にはほぼ順じて粗飼料を比較的多給する試験を行った。また試験2では肥育前期から濃厚飼料を多給する試験を実施した。なお試験2では、粗飼料多給にともなう飼料中の粗蛋白質含量の低下を大豆粕で調整した。

試験1では、黒毛和種去勢牛12頭を用いた。試験区として5ヵ月齢で離乳後、5～10ヵ月齢の育成期間（5ヵ月間）は、濃厚飼料として市販の育成用配合飼料とイタリアンライグラス乾草（以下乾草）を自由採食させた区（LR1区）、育成用配合飼料を体重の1%とし乾草を自由採食させた区（HR1区）を設けた。試験区の供試頭数はLR1区6頭、HR1区6頭とした。育成終了後、肥育期間は2区とも同じ条件で飼育した。肥育前期（5ヵ月間）は飼料給与量を1995年度版日本飼養標準⁸⁾で一日当たり増体量（DG）1.1kgに要するTDN量とし、濃厚飼料と乾草のTDN比は65：35とした。肥育中期（5ヵ月間）は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし、濃厚飼料と乾草の比率をTDN比80：20とした。肥育後期（8ヵ月間）はDG1.1kgに要するTDN量とし、濃厚飼料と乾草の比率はTDN比90：10とした。肥育終了月齢は28ヵ月齢であった。試験1と2で用いた飼料の成分値を第1表に示す。肥育前期と中期は第1表の肥育用濃厚飼料（前期）を用い、肥育後期は肥育用濃厚飼料（後期）を用いた。肥育用濃厚飼料（前期）と肥育用濃厚飼料（後期）は、近畿中国四

国農業研究センター大田研究拠点にて自家配合され、ビタミンAを飼料1kg当たりそれぞれ4800IU及び5000IU含んでいた。肥育期間の終了後、48時間の絶食と24時間の絶水後、牛枝肉取引規格（日本食肉格付協会 2001⁷⁾）に従ってと畜した。枝肉は牛部分肉取引規格（日本食肉格付協会 2001⁷⁾）に従って分割し、部分肉は筋肉、脂肪、骨に分離し重量を測定後、胸最長筋より試料を採取した。と畜後5日目に脂肪、筋膜、結合組織を取り除きミンチした。水分含量はミンチした牛肉を100℃で24時間乾燥して測定した。粗脂肪含量はミンチした牛肉を3日間凍結乾燥後エーテル抽出により測定した。牛肉表面の肉色については、直径3cm、厚さ1cmの肉片を切り出し、4℃で30分放置してから色差計（Kalnew Optical Industrial Co., 名古屋 日本）を用いて測定した。

試験2では、黒毛和種去勢牛9頭を用いた。試験区として5ヵ月齢で離乳後、5～10ヵ月齢の育成期間（5ヵ月間）は、濃厚飼料として市販の育成用配合飼料と乾草を自由採食させた区（LR2区）、濃厚飼料として大豆粕を体重の0.3%、育成用配合飼料を0.7%とし、乾草を自由採食させた区（HR2区）を設けた。HR2区に大豆粕を給与したのは、育成期間の摂取乾物中の粗蛋白質含量をLR2区と同様にするためであり、両区とも16～17%であった。試験区の供試頭数はLR2区5頭、HR2区4頭であった。育成終了後、肥育期間は2区とも同じ条件で飼育した。肥育前中期（10ヵ月間）は飼料給与量を1995年度版日本飼養標準⁸⁾でDG1.1kgに要するTDN量とし、濃厚飼料と乾草のTDN比は85：15とした。肥育後期（8ヵ月間）は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし、濃厚飼料と乾草のTDN比は90：10として肥育した。肥育に用いた濃厚飼料は試験1と同様であった。肥育前中期は第1表の肥育用濃厚飼料（前期）を用い、肥育後期は肥育用濃厚飼料（後期）を用いた。肥育試験の終了後は、試験1と同様の方法にしたがってと畜解体するとともに、牛肉の理化学分析を行った。

統計計算はSAS¹⁷⁾のGLMプロシジャーを用い、試験区による違いについて分散分析を行った。P<0.05のとき有意であるとした。

第1表 給与飼料の成分値

給与飼料	水分	CP	ADF	NDF	TDN
肥育用濃厚飼料(前期)	14.4	18.2	7.8	22.1	82.9
肥育用濃厚飼料(後期)	13.8	11.9	5.7	15.9	86.8
育成用配合飼料	13.6	18.9	10.2	28.1	81.0
大豆粕	11.9	53.7	6.1	11.8	80.6
イタリアンライグラス乾草	14.8	7.5	35.6	63.7	62.9

(水分以外は乾物中%)

CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber, TDN: Total digestible nutrients

Ⅲ 結果及び考察

1 育成期間の粗飼料給与量が飼料摂取量と増体に及ぼす影響

試験 1 における飼料摂取量を第 2 表に示す。育成

第 2 表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の飼料摂取量に及ぼす影響（試験 1）

	LR1区	HR1区	P値
濃厚飼料摂取量（乾物kg）			
育成期間	5.88 ± 0.48 ^a	2.01 ± 0.15 ^b	0.001
肥育前期	5.11 ± 0.55	4.83 ± 0.32	0.298
肥育中期	7.25 ± 0.84	7.19 ± 0.34	0.877
肥育後期	7.83 ± 1.03	8.55 ± 0.58	0.163
乾草摂取量（乾物kg）			
育成期間	0.92 ± 0.31 ^a	3.27 ± 0.41 ^b	0.001
肥育前期	2.37 ± 0.45 ^a	3.12 ± 0.23 ^b	0.004
肥育中期	2.01 ± 0.41	2.19 ± 0.12	0.317
肥育後期	1.18 ± 0.40	1.20 ± 0.30	0.924
飼料要求率（TDN/増体量）			
肥育全期間	8.67 ± 0.52	8.07 ± 0.73	0.329
試験全期間*	7.40 ± 0.47	7.19 ± 0.62	0.513

a,b：異なる文字は5%水準で有意差あり。平均値±標準偏差。
*：試験全期間は、育成期間と肥育全期間の合計。
供試頭数はLR1区が6頭、HR1区が6頭。

期はLR1区がHR1区より濃厚飼料摂取量が有意に高かったが、同じ飼育を行った肥育前期、中期及び後期は、濃厚飼料の摂取量に両区で有意差が認められなかった。育成期の乾草摂取量は、LR1区が0.92kgであったが、濃厚飼料の摂取量を制限したHR1区は3.27kgと3倍以上摂取した。肥育前期はLR1区の乾草の摂取量が有意に少なかったが、肥育中期以降は、両区で乾草の摂取量に有意差は認められなかった。坂下ら¹⁵⁾は、肥育中期以降の飼料を自由摂取とした場合、育成期及び肥育前期の濃厚飼料摂取量は肥育中期以降の濃厚飼料摂取量に影響を及ぼさないが、育成期の粗飼料摂取量が多いと肥育前期、中期の粗飼料摂取量が多くなることを示している。本試験においても、濃厚飼料の摂取量は肥育期間を通じて区間に差が認められなかったが、乾草の摂取量は、育成期間の乾草摂取量が多かったHR1区が肥育前期においてもLR1区より多く、坂下ら¹⁵⁾の結果と一致した。したがって育成期間の粗飼料の給与水準は、肥育前期の粗飼料の摂取能力に影響を与えると思われる。1kgの増体に要するTDN量で表した飼料要求率は、肥育全期間、育成期間と肥育全期間を合計し

た試験全期間でも、HR1区がLR1区より低い値を示したが、有意ではなかった。

第 3 表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の体重増加に及ぼす影響（試験 1）

	LR1区	HR1区	P値
体重（kg）			
育成体重	170 ± 16	174 ± 16	0.602
肥育開始体重	351 ± 21 ^a	304 ± 32 ^b	0.013
肥育前期体重	467 ± 38	434 ± 39	0.174
肥育中期体重	585 ± 46	568 ± 48	0.547
肥育終了体重	760 ± 72	762 ± 58	0.959
日増体量（kg/day）			
育成期間	1.16 ± 0.10 ^a	0.84 ± 0.14 ^b	0.001
肥育前期	0.76 ± 0.14	0.86 ± 0.08	0.192
肥育中期	0.80 ± 0.06	0.89 ± 0.10	0.089
肥育後期	0.70 ± 0.12	0.81 ± 0.13	0.160
肥育全期間	0.75 ± 0.10	0.85 ± 0.10	0.102
試験全期間*	0.84 ± 0.09	0.85 ± 0.08	0.850

a,b：異なる文字は5%水準で有意差あり。平均値±標準偏差。
*：試験全期間は、育成期間と肥育全期間の合計。
供試頭数はLR1区が6頭、HR1区が6頭。

試験 1 における体重の変化を第 3 表に示す。5 ヶ月の育成期間においては、濃厚飼料を多給したLR1区の日増体量がHR1区より有意に大きく、肥育開始体重はLR1区がHR1区より有意に大きくなった。肥育開始後は、LR1区に比較して有意差はないもののHR1区の日増体量が、LR1区より肥育期間を通じて大きくなり、肥育終了時には、両区の生体重に差はなかった。育成期間における濃厚飼料の給与水準が高いほど育成期間中の増体が優れることは多数報告されており^{12,13,15,16)}、試験 1 でも同様の結果となった。肥育期間中の増体量は、肥育期間の飼養管理が同じ場合、育成期間の粗飼料の給与水準が高い牛ほど増体が大きくなる傾向がある^{2,3,12,13,15)}。本試験でも肥育期間の増体はHR1区がLR1区より大きい傾向を示し、これまでの報告とほぼ同様の結果を示した。

試験 2 における飼料摂取量を第 4 表に示す。育成期間の濃厚飼料摂取量は、LR2区がHR2区より有意に多かった。肥育前期、中期および後期では、肥育前期でLR2区の濃厚飼料摂取量がHR2区より有意に多かったが、中期と後期では有意差が認められなかった。肥育前期にLR2区の濃厚飼料摂取量がHR2区より多かったのは、DG1.1kgに必要なTDN量を日本飼養標準から求めたため、肥育開始体重が大きい傾向（P<0.1）を示したLR2区のTDN給与量がHR2区

第4表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の飼料摂取量に及ぼす影響 (試験2)

	LR2区	HR2区	P値
濃厚飼料摂取量 (乾物kg)			
育成期間	5.34 ± 0.50 ^a	1.67 ± 0.16 ^b	>0.001
肥育前期	5.58 ± 0.38 ^a	5.07 ± 0.20 ^b	0.048
肥育中期	6.62 ± 0.54	6.75 ± 0.36	0.694
肥育後期	6.87 ± 0.67	7.60 ± 1.04	0.242
乾草摂取量 (乾物kg)			
育成期間	1.08 ± 0.19 ^a	2.91 ± 0.36 ^b	>0.001
肥育前期	1.35 ± 0.15	1.38 ± 0.07	0.689
肥育中期	1.45 ± 0.20	1.61 ± 0.19	0.252
肥育後期	1.27 ± 0.13	1.25 ± 0.22	0.911
飼料要求率 (TDN/増体量)			
肥育全期間	8.08 ± 0.42 ^a	7.14 ± 0.50 ^b	0.016
試験全期間*	7.03 ± 0.50 ^a	6.33 ± 0.29 ^b	0.042

a,b: 異なる文字は5%水準で有意差あり。平均値 ± 標準偏差。

*: 試験全期間は、育成期間と肥育全期間の合計。

供試頭数はLR2区が5頭、HR2区が4頭。

より多くなり、その結果、給与TDN量の85%を占める濃厚飼料摂取量も多くなったと考えられる。乾草摂取量は、育成期間では、LR2区が約1kgであったが、濃厚飼料の摂取量を制限したHR2区は約3kg摂取した。肥育期間は、両区で乾草摂取量に有意差は認められなかった。肥育前期に濃厚飼料と乾草のTDN比を65:35として乾草を比較的多給した試験1と異なり、試験2では肥育前期から濃厚飼料と乾草のTDN比を85:15として濃厚飼料を多給した。したがって育成期間の粗飼料の給与水準が、肥育期間の乾草の摂取量に影響を与えなかったと推察される。1kgの増体に要するTDN量で表した飼料要求率は、肥育全期間、育成期間と肥育全期間を合計した試験全期間においても、HR2区がLR2区より優れており有意差が認められた。この結果は試験1の傾向とほぼ同様であり、育成期間に粗飼料を多給することによって肥育期間の飼料要求率が改善されたと考えられた。

試験2における体重の変化を第5表に示す。育成期間における、LR2区の日増体量がHR2区より有意に大きく、肥育開始体重はLR2区がHR2区より大きい傾向 ($P < 0.1$) を示した。肥育開始後は、HR2区の日増体量が、LR2区より肥育期間を通じて大きくなり、肥育全期間では有意差が認められた。肥育終了時には、HR2区の生体重がLR2区より大きかった。育成期間における濃厚飼料の給与水準が高いほど育

第5表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の体重増加に及ぼす影響 (試験2)

	LR2区	HR2区	P値
体重 (kg)			
育成体重	146 ± 23	142 ± 16	0.787
肥育開始体重	319 ± 28	281 ± 24	0.065
肥育前期終了体重	443 ± 42	416 ± 26	0.287
肥育中期終了体重	573 ± 47	565 ± 22	0.681
肥育終了体重	734 ± 20	772 ± 43	0.123
日増体量 (kg)			
育成期間	1.14 ± 0.19 ^a	0.91 ± 0.03 ^b	0.049
肥育前期	0.85 ± 0.11	0.91 ± 0.06	0.313
肥育中期	0.84 ± 0.130	0.94 ± 0.07	0.224
肥育後期	0.69 ± 0.12	0.91 ± 0.17	0.057
肥育全期間	0.78 ± 0.02 ^a	0.92 ± 0.10 ^b	0.021
試験全期間*	0.86 ± 0.06	0.92 ± 0.07	0.248

a,b: 異なる文字は5%水準で有意差あり。平均値 ± 標準偏差。

*: 試験全期間は、育成期間と肥育全期間の合計。

供試頭数はLR2区が5頭、HR2区が4頭。

成期間中の増体が優れることは多数報告されており^{12,13,15,16}、試験2でも同様の結果となった。肥育期間中の増体量は、肥育期間の飼養管理が同じ場合、育成期間の粗飼料の給与水準が高い牛ほど増体が大きくなる傾向がある^{2,3,12,13,15}。試験1と同様に試験2でも肥育期間の増体はHR2区がLR2区より大きい傾向を示し、肥育期間の飼養方法に係わらず育成期間の粗飼料の給与水準が高いほど、肥育期間の増体が優れていると推察された。

2 育成期間の粗飼料給与量が枝肉成績に及ぼす影響

試験1および試験2における枝肉格付を第6表に示す。試験1、試験2ともにロース芯面積、歩留基準値、バラ厚、BMSナンバー、BCSナンバー、BFSナンバー、筋間脂肪厚に、試験1と試験2で区間に有意差はなかった。皮下脂肪厚は試験1ではLR1区がHR1区より有意に厚く、試験2でもLR2区がHR2区より厚い値を示した。ロース芯面積では試験1、試験2ともに育成期間に粗飼料を多給したHR1区とHR2区が大きな値を示したが有意差は認められなかった。育成期間の粗飼料給与水準が肥育終了時のロース芯面積に及ぼす影響を検討した報告では、粗飼料の給与水準の影響が認められないとする報告^{2,3,12}と、粗飼料の給与水準が高いほどロース芯面積が大きいとする報告^{13,16}がある。本試験では区

第6表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の枝肉格付に及ぼす影響

	試験1			試験2		
	LR1区	HR1区	P値	LR2区	HR2区	P値
枝肉重量 (kg)	459 ± 37	462 ± 35	0.915	455 ± 11	463 ± 20	0.507
ロース芯面積 (cm ²)	48.6 ± 5.9	51.3 ± 7.5	0.513	49.3 ± 4.8	54.5 ± 4.7	0.151
歩留基準値 (%)	71.6 ± 0.8	72.4 ± 1.0	0.127	72.5 ± 1.4	73.3 ± 1.3	0.415
バラ厚 (cm)	7.3 ± 0.5	7.1 ± 0.4	0.638	7.9 ± 0.8	7.4 ± 1.3	0.503
BMSナンバー	5.3 ± 1.9	4.5 ± 1.4	0.399	5.0 ± 1.0	3.8 ± 1.5	0.176
BCSナンバー	3.3 ± 0.5	3.2 ± 0.4	0.549	3.0 ± 0.7	3.0 ± 0.8	1.000
BFSナンバー	2.2 ± 0.4	2.3 ± 0.5	0.549	2.8 ± 0.4	2.8 ± 0.5	0.879
筋間脂肪厚 (cm)	7.3 ± 1.5	6.8 ± 0.4	0.415	7.5 ± 0.5	7.8 ± 1.1	0.582
皮下脂肪厚 (cm)	3.7 ± 0.6 ^a	3.0 ± 0.4 ^b	0.026	3.3 ± 1.2	2.6 ± 0.8	0.352

a,b: 異なる文字は5%水準で同一試験内で有意差あり。平均値±標準偏差。供試頭数はLR1区が6頭、HR1区が6頭、LR2区が5頭、HR2区が4頭。

間に有意差は認められず、育成期間の粗飼料給与水準がロース芯面積に与える影響は小さいと思われる。

歩留基準値は、試験1と試験2で区間に差がなかった。育成期間の粗飼料給与水準と歩留基準値に関するこれまでの報告^{2,3,10,11,12,13,16)}でも一定の傾向はなく、粗飼料の給与水準の影響は小さいと思われた。

BMSナンバーは、試験1と試験2ともに区間で有意差はなかった。Okaら¹²⁾や大木場ら¹³⁾の結果では、有意差はないがBMSナンバーは育成期間に粗飼料を多給した区が大きい値を示した。Okaら¹²⁾は、育成期間の粗飼料給与条件がBMSナンバーに及ぼす影響について、但馬牛などの小型の系統では育成期間の粗飼料の給与水準が高いと、BMSナンバーが大きくなり、一方大型の系統では育成期間の給与水準はBMSナンバーに影響を与えないとした。また坂下^{15,16)}らの報告では、黒毛和種子牛の系統が大型の場合や黒毛和種より体格が大きいといわれる褐毛和種^{10,11)}では、育成期間の粗飼料の給与水準が大きいとBMSナンバーが小さくなる傾向があることが示されている。本試験では、試験1、2ともに平均値ではLR1区がHR1区より、LR2区がHR2区よりBMSナンバーが大きい値を示した。本試験で用いた黒毛和種は大型の島根系統であり、系統の影響を受けたのではないかと考えられる。したがって系統がBMSナンバーに及ぼす影響について、今後さらに検討を行う必要があると思われる。

筋間脂肪厚については、Okaら¹²⁾は育成期間の粗飼料多給により筋間脂肪厚が薄くなる傾向を示したとしているが、育成期間の粗飼料の給与水準は筋間

脂肪厚に影響を及ぼさないとする報告^{2,3,13,15,16)}が多く、育成期間の粗飼料の給与水準は筋間脂肪厚に大きな影響を及ぼさないと思われた。

皮下脂肪厚は、Okaら¹²⁾、大木場ら¹³⁾によれば、育成期間の粗飼料の給与水準が高いと、皮下脂肪厚が薄くなる結果が得られている。本試験でも試験1でHR1区がLR1区より有意に薄く、試験2でも有意ではなかったがHR2区がLR2区より薄く、育成期間の粗飼料給与量が多いと皮下脂肪厚が薄くなると思われる。

3 育成期間の粗飼料給与量が枝肉構成に及ぼす影響

試験1および試験2における枝肉中の筋肉、脂肪および骨重量を第7表に示す。筋肉重量、全脂肪重量(皮下脂肪、筋間脂肪、腎臓脂肪及び体腔脂肪重量の合計)、皮下脂肪重量、筋間脂肪重量、腎臓脂肪重量、体腔脂肪重量に区間で有意差は認められなかった。第6表に示すように、皮下脂肪厚は育成期間の粗飼料給与量が多いと薄くなったが、皮下脂肪重量も有意差はないもののHR1区がLR1区より、またHR2区がLR2区より小さかった。骨重量は、HR1区がLR1区より大きな値を示し、HR2区はLR2区より有意に大きくなった。坂下ら¹⁵⁾及び三橋ら⁴⁾は、肥育終了時体重に差がないと枝肉中の筋肉、脂肪、骨重量に差がないことを示しているが、本試験では骨重量に育成期間の粗飼料給与量の影響が認められた。

試験1および試験2における枝肉構成割合を第8表に示す。筋肉割合には試験1と試験2ともに区間

第7表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の枝肉中の筋肉, 脂肪, 骨重量に及ぼす影響

	試験1			試験2		
	LR1区	HR1区	P値	LR2区	HR2区	P値
筋肉重量 (kg)	117.9 ± 9.0	122.4 ± 8.0	0.379	117.3 ± 6.1	123.9 ± 7.9	0.205
全脂肪重量 (kg)	82.2 ± 10.6	76.9 ± 6.8	0.324	82.1 ± 5.4	76.8 ± 4.0	0.145
皮下脂肪重量 (kg)	30.8 ± 5.7	27.2 ± 3.6	0.219	31.1 ± 6.8	28.3 ± 7.9	0.587
筋間脂肪重量 (kg)	35.1 ± 6.7	34.2 ± 4.4	0.779	37.4 ± 3.3	34.1 ± 3.7	0.206
腎臓脂肪重量 (kg)	9.4 ± 1.7	9.4 ± 1.5	0.939	7.8 ± 1.0	8.0 ± 1.1	0.711
体腔脂肪重量 (kg)	6.9 ± 1.7	6.2 ± 1.1	0.421	5.8 ± 0.4	6.3 ± 0.6	0.206
骨重量 (kg)	25.8 ± 3.1	28.0 ± 3.0	0.240	25.4 ± 1.5 ^a	29.5 ± 3.4 ^b	0.042

a,b: 異なる文字は5%水準で同一試験内で有意差あり. 平均値 ± 標準偏差.
全脂肪重量は, 皮下脂肪, 筋間脂肪, 腎臓脂肪及び体腔脂肪重量の合計.
供試頭数はLR1区が6頭, HR1区が6頭, LR2区が5頭, HR2区が4頭.

第8表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の枝肉構成割合に及ぼす影響

	試験1			試験2		
	LR1区	HR1区	P値	LR2区	HR2区	P値
筋肉割合 (%)	52.3 ± 2.4	53.9 ± 1.6	0.196	52.2 ± 2.0	53.8 ± 1.6	0.241
脂肪割合 (%)	36.3 ± 3.0	33.8 ± 1.5	0.092	36.5 ± 2.3	33.4 ± 2.2	0.077
骨割合 (%)	11.4 ± 0.9	12.3 ± 0.7	0.072	11.3 ± 0.4	12.8 ± 1.4	0.050

平均値 ± 標準偏差.
供試頭数はLR1区が6頭, HR1区が6頭, LR2区が5頭, HR2区が4頭.

で有意差が認められず, 育成期間の粗飼料の給与水準の影響は認められなかった. 脂肪割合は有意ではないがHR1区がLR1区より, HR2区がLR2区より小さな傾向を示し ($P < 0.1$), 育成期間の粗飼料の給与量が多くなると, 脂肪割合が減少することが示唆された. 骨割合はHR1区がLR1区より, またHR2区がLR2区より大きな傾向 ($P < 0.1$) を示した. したがって育成期間の粗飼料給与量は肥育終了時の枝肉構成割合に影響を及ぼす可能性が考えられた.

これまでの報告では, 育成期間や肥育前期に低栄養にしても, その後栄養を回復して肥育すれば, 枝肉構成にほとんど影響を与えないという報告が多い^{1,6,14,15,23}). 本試験では育成期間の粗飼料の給与量が, 骨の発育に有意な影響を与え, 脂肪にも影響を与えるような結果が得られた. この理由としては, HR1区とHR2区の育成期間の粗飼料給与量が坂下ら¹⁵⁾やNadeら⁶⁾の試験より多く, 育成の期間も長かったため, 育成期間の粗飼料給与量の影響が肥育終了時まで残ったと考えられる.

Wright²²⁾らは, 259kgから350kgまで低栄養区と高栄養区で飼育し, 350kg以降両区とも高栄養で肥育し450kgの同体重で比較した結果, 枝肉の骨に由来する灰分割合が低栄養区で有意に多いことを認め

ている. 坂下ら¹⁶⁾の結果では, 有意差はないものの育成期間の粗飼料の給与水準が高いほど肥育終了時の枝肉中の赤肉割合が多く脂肪割合が少ない傾向にあり, また最も低栄養で育成した肥育牛の骨割合が多くなった. したがって, 通常は育成期間の粗飼料給与水準が枝肉構成に影響を及ぼすことは少ないものの, 育成期間の粗飼料の給与法によっては肥育終了時の枝肉構成割合に影響を及ぼす可能性があると考えられた.

4 育成期間の粗飼料給与量が牛肉品質に及ぼす影響

第9表には胸最長筋の水分, 脂肪含量及び肉色の結果を示す. 本試験では, 水分含量, 脂肪含量, 肉色を示すL*, a*, b*値にも試験1と試験2で区間に有意差は認められず, 育成期間の粗飼料給与量の影響はないと考えられた.

5 育成期間の粗飼料給与量が消化管重量と内臓脂肪重量に及ぼす影響

第10表に消化管重量と内臓脂肪重量の結果を示す. 第一・二胃重量, 第三胃重量, 第四胃重量, 小腸と大腸の合計重量, 大網膜脂肪重量, 腸間膜脂肪

第9表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の胸最長筋の理化学的特性値に及ぼす影響

	試験1			試験2		
	LR1区	HR1区	P値	LR2区	HR2区	P値
水分含量 (%)	61.8 ± 4.1	62.2 ± 3.0	0.865	62.9 ± 1.9	62.7 ± 3.0	0.909
脂肪含量 (%)	18.9 ± 5.3	16.6 ± 4.2	0.423	17.2 ± 1.7	17.9 ± 3.4	0.684
L *	43.1 ± 3.7	43.0 ± 4.2	0.943	42.9 ± 2.2	45.5 ± 1.1	0.069
a *	23.6 ± 2.2	23.6 ± 2.1	0.969	20.4 ± 2.7	19.8 ± 2.5	0.743
b *	16.0 ± 0.9	16.1 ± 1.5	0.927	14.4 ± 1.2	14.7 ± 1.4	0.780

平均値 ± 標準偏差.

供試頭数はLR1区が6頭, HR1区が6頭, LR2区が5頭, HR2区が4頭.

第10表 育成期間の粗飼料給与量が黒毛和種去勢牛の消化管及び内臓脂肪重量に与える影響

	試験1			試験2		
	LR1区	HR1区	P値	LR2区	HR2区	P値
第一・二胃重量 (kg)	7.7 ± 1.5	8.5 ± 1.3	0.397	8.0 ± 0.8	8.2 ± 1.2	0.757
第三胃重量 (kg)	2.2 ± 0.3	2.1 ± 0.4	0.787	2.1 ± 0.1	2.3 ± 0.2	0.072
第四胃重量 (kg)	1.8 ± 0.3	2.0 ± 0.4	0.294	2.0 ± 0.2	2.3 ± 0.6	0.313
小腸 + 大腸重量 (kg)	9.2 ± 0.8	9.2 ± 1.6	0.962	9.4 ± 1.0	9.8 ± 1.6	0.650
大網膜脂肪重量 (kg)	29.8 ± 6.2	29.9 ± 1.5	0.954	26.8 ± 1.7	29.3 ± 4.2	0.254
腸間膜脂肪重量 (kg)	33.1 ± 4.3	33.7 ± 1.9	0.789	33.1 ± 2.9	34.0 ± 5.7	0.768

平均値 ± 標準偏差.

小腸 + 大腸重量は, 小腸と大腸の重量を合計した値.

供試頭数はLR1区が6頭, HR1区が6頭, LR2区が5頭, HR2区が4頭.

重量において, 試験1, 試験2ともに区間で有意差はなかった. 田中ら¹⁹⁾は, 第一・二胃重量は生体重および飼料摂取量の影響を受けるとしている, また坂下ら¹⁵⁾は, 育成期の粗飼料給与水準が第三胃重量に影響を与える可能性を示している. しかしながら, 本試験では区間で消化管重量に有意差は認められず, 坂下ら¹⁶⁾及び丸山ら^{2,3)}の結果でも肥育終了時の消化管重量に粗飼料給与水準の影響を認めていない. したがって本試験の結果からも肥育終了時の内臓重量には育成期間の粗飼料給与量の影響はないと思われた. 試験1と2では, 大網膜脂肪重量, 腸間膜脂肪重量に区間による有意差がなかったが, 坂下ら¹⁶⁾の結果でも肥育終了時の大網膜脂肪重量, 腸間膜脂肪重量に育成期の粗飼料給与水準の影響を認めておらず, 粗飼料給与水準の影響は小さいと思われた.

Ⅳ 摘 要

育成期間の粗飼料の給与水準が, 黒毛和種去勢牛の産肉性に及ぼす影響を明らかにするために試験1と試験2を行った. 試験1では5ヵ月齢で離乳後10ヵ月齢まで, 育成用配合飼料とイタリアンライグラ

ス乾草 (以下乾草) を自由摂取させたLR1区, 育成用配合飼料を体重の1%として乾草を自由摂取させたHR1区を設けた. 肥育期間の飼養方法は両区とも同じであり, 肥育前期 (5ヵ月間) は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし濃厚飼料と乾草のTDN比は65:35とした. 肥育中期 (5ヵ月間) は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし濃厚飼料と乾草のTDN比は80:20とした. 肥育後期 (8ヵ月間) はDG1.1kgに要するTDN量とし濃厚飼料と乾草のTDN比は90:10とした. 試験2では5~10ヵ月齢の育成期間 (5ヵ月間) は, 育成用市販配合飼料と乾草を自由採食させた区 (LR2区), 育成用配合飼料を体重の0.7%, 大豆粕を0.3%とし, 乾草を自由採食させた区 (HR2区) を設けた. 肥育期間は2区とも同様に飼育した. 肥育前中期 (10ヵ月間) は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし濃厚飼料と乾草の比率は85:15とした. 肥育後期 (8ヵ月間) は飼料給与量をDG1.1kgに要するTDN量とし濃厚飼料と乾草の比率は90:10として肥育した.

1) 育成期間の飼料摂取量は, HR1区がLR1区に比較して, またHR2区がLR2区に比較して乾草摂取量が多く濃厚飼料摂取量が少なかった. 試験1で, 肥育前期にHR1区の乾草摂取量がLR1

区より有意に多くなったが、肥育中期と後期は両区に有意差がなかった。試験1と試験2ともに濃厚飼料摂取量は肥育期間を通じて両区に有意差がなかった。育成期間の日増体量は濃厚飼料の摂取量が多かったLR1区がHR1区より、LR2区がHR2区より大きかったが、肥育期間はHR1区とHR2区が大きい傾向を示した。

- 2) 育成期間の粗飼料給与水準は皮下脂肪厚を除けば枝肉成績に大きな影響を与えなかった。胸最長筋の脂肪含量、肉色の値も育成期間の粗飼料給与量の影響は認められなかった。
- 3) 枝肉中の筋肉、脂肪重量に区間で有意差は認められなかったが、HR2区の骨重量はLR2区と比較して有意に大きくなった。またHR1区はLR1区に比較して、HR2区はLR2区に比較して枝肉中の骨割合は多く脂肪割合は少ない傾向を示した。
- 4) 育成期間の粗飼料給与量は、試験1と試験2ともに消化管重量、内臓脂肪重量に影響を与えなかった。

以上より、本試験において、育成期間の粗飼料多給は、肥育期間中の増体を向上させ、枝肉構成割合に影響を与えることを示した。

引用文献

- 1) Coleman, S.W., R.H. Gallavan, W.A. Phillips, J.D. Volesky and S. Rdrigues 1995. Silage or limited-fed grain growing diets for steers II. Empty body weight and carcass composition. *Journal of Animal Science* 73: 2621-2630.
- 2) 丸山新・坂口慎一・古田淳 1997. 黒毛和種去勢牛の早期からの肥育における粗飼料比が發育および肉質におよぼす影響 (I). 岐阜県肉用牛試験場研究報告. 第35号: 1-8.
- 3) 丸山新・坂口慎一・古田淳・中丸輝彦 1998. 黒毛和種去勢牛の肥育における粗飼料比が發育および肉質におよぼす影響 (II). 岐阜県肉用牛試験場研究報告. 第36号: 5-19.
- 4) 三橋忠由・三津本充・小沢忍 1997. 黒毛和種去勢牛の増体および枝肉形質に対する種雄牛、肥育前期粗飼料および肥育後期濃厚飼料の影響. *日本畜産学会報* 68: 403-413.
- 5) 守田智・後藤治・三津本充・三橋忠由・小澤忍・厚朴邦広 1996. 黒毛和種去勢牛の現場肥育成績に及ぼす素牛産地の育成条件の影響. *日本畜産学会関西支部報*. 132: 1-6.
- 6) Nade, T., T. Okumura, S. Misumi and K. Fujita 2005. Effects of feeding different level of concentrate on growth and carcass characteristics in younger Japanese Black cattle. *Animal Science Journal* 76: 43-49.
- 7) 日本食肉格付協会 2001. 牛・豚枝肉 牛・豚肉部分肉取引規格解説書. 日本食肉格付協会, 東京. 10-51.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局 1995. 日本飼養標準・肉用牛 (1995年版). 東京. 中央畜産会, 26-28.
- 9) 農林・食品産業技術総合研究機構 2009. 日本飼養標準・肉用牛 (2008年版). 中央畜産会, 東京. 55-57.
- 10) 緒方倫夫・堀英臣・守田智・中島宣好・後藤孝一 1996. 育成期の飼養条件の違いが肥育成績に及ぼす影響 (第1報). 熊本県農業研究センター畜産研究所試験成績書. 平成7年度: 53-59.
- 11) 緒方倫夫・矢住卓雄・関俊彦 1997. 育成期の飼養条件の違いが肥育成績に及ぼす影響 (第2報). 熊本県農業研究センター畜産研究所試験成績書. 平成8年度: 56-61.
- 12) Oka, A., T. Dohgo, S. Ohtagaki and M. Juen 1999. Effects of roughage levels on growth, beef quality, ruminal contents and serum constituents in Japanese black steers during the growing period. *Animal Science Journal* 70: 451-459.
- 13) 大木場格・仁田脇一義・村田定信 2000. 子牛育成期の粗飼料多給が肥育成績に及ぼす影響. 宮崎県畜産試験場研究報告 第13号: 35-40.
- 14) Sainz, R.D., F.D.I. Torre and J.W. Oltjen 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. *Journal of Animal Science* 73: 2971-2979.

- 15) 坂下邦仁・川畑健次・岡野良一・堤 知子・西村健一・大園正陽 2001. 子牛育成期から肥育中期における栄養水準が肉質に及ぼす影響 第2報 育成期から肥育期における濃厚飼料給与水準の組み合わせが黒毛和種去勢牛の発育, 枝肉成績および枝肉構成に及ぼす影響. 鹿児島県畜産試験場研究報告 第34号: 13-29.
- 16) 坂下邦仁・岡野良一・西博巳・川畑健次・大園正陽・米丸光政・別府成・田原則雄 2002. 子牛育成期の栄養水準が黒毛和種去勢牛の発育, 枝肉成績, 枝肉構成および体構成に及ぼす影響. 鹿児島県畜産試験場研究報告 第35号: 16-27.
- 17) SASインスティテュートジャパン. 1990. SAS/STATユーザーガイド. Release 6.03ed SAS出版局. 東京.
- 18) 島根県立畜産試験場 1995. IV肥育牛の管理「しまね和牛」肥育の手引き: 6-18.
- 19) 田中彰治・吉田正三郎・松川正・上田啓 1966. 若齢肥育牛の複胃の形態的大きさと増体との関係. 中国農業試験場報告 B14号: 27-39.
- 20) 寺島豊明 2008. 俵牛づくりに挑戦しよう 6. 養牛の友 8月号: 70-75.
- 21) 渡辺大作・松本大策・板垣 匡・太田垣進 1999. 第IV章 環境および衛生管理. 生産獣医医療システム 肉牛編 農村漁村文化協会: 102-122.
- 22) Wright, I.A. and A. J.F. Russel 1991. Changes in the body composition of beef cattle during compensatory growth. Animal Production 52: 105-113.
- 23) Yambayamba, E.S.K., M.A. Price and S.D.M. Jones 1996. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. Livestock Production Science 46: 19-32.

Effects of the roughage level during the raising periods on the growth performance and carcass composition of Japanese Black steers

Naoto NAKANISHI¹, Tomoya YAMADA², Takayuki MURAMOTO³, Shinichi KAWAKAMI⁴ and Katsuhiko AIKAWA²

Summary

The objective of the present study is to clarify the effect of roughage level during the raising periods on the growth, meat quality and body composition of Japanese Black steers. In the first experiment, 12 calves were weaned at 5 months and divided into two groups. The concentrate was restricted to 1% of body weight and hay (Italian ryegrass) fed ad libitum during the raising period (5 to 10 months old) (HR1group). In the LR1 group, steers were fed concentrate and hay ad libitum during the raising period. Both groups were fed in the same way during the fattening periods (from 11 months until slaughter). The ratio of concentrate to hay on total digestible nutrients (TDN) basis was 65 : 35 during the first 5 months, 80 : 20 during the second five months, and 90 : 10 during the last 8 months.

In the second experiment, nine Japanese Black steer calves were weaned at 5 months and divided into two groups. The feeding method of the LR2 group in the second experiment was almost identical to the LR1 group in the first experiment during the raising periods (5 to 10 months old). The steers of the HR2 group were fed concentrate at 0.7% of body weight and soybean meal at 0.3% of body weight. Hay was fed ad libitum to the HR2 group during the raising period. Both groups were fed in the same way during the fattening period (18 months). The ratio of concentrate to hay on a TDN basis was 85 : 15 during the first 10 months and 90 : 10 during the last 8 months.

1. Results of the feed intake and growth

The roughage intake of the HR1 group was higher than that of the LR1 group, and the concentrate intake and daily gain of the HR1 group were lower than those of the LR1 group during the raising period. During the first stage of fattening (5 months), the roughage intake of the HR1 group was significantly higher than that of the LR1 group in the first experiment. There were no differences in the concentrate and roughage intake between the two groups during the entire fattening period. The daily gain of the entire fattening period in the HR group tended to be higher than that of the LR group in the first and second experiments.

2. Results of the carcass grading

There were no differences in the carcass grading and physico-chemical property of the longissimus dorsi between the two groups, although the subcutaneous fat thickness of the LR1 group was significantly greater than that of the HR1 group. The results of the second experiment were similar to those of the first experiment.

3. Results of the body composition

There were no differences in the carcass, meat, and fat weight between the two groups, although the bone weight of the HR1 group was greater than that of the LR1 group. The bone weight of the HR2 group was significantly greater than that of the LR2 group. The carcass fat percentage of the HR group tended to be

lower than that of the LR group, and the bone percentage of the HR group tend to be higher than that of the LR group in the first and second experiments. There were no differences in the weights of the digestive tract, omental fat, and mesenteric fat between the two groups of both experiments.

We conclude that dietary roughage level during raising period affects the growth performance and carcass composition of Japanese Black steers.

¹ National Agriculture and Food Research Organization
National Agricultural Research Center

² National Agriculture and Food Research Organization
National Institute of Livestock and Grassland Science

³ Faculty of Agriculture, Iwate University

⁴ Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University

トマトの養液土耕栽培における リン酸無施肥および極微量灌水がリン酸収支に及ぼす影響

渡邊修一¹・笠原賢明²・吉川弘恭^{1,2}

Key words: リン酸無施肥, 養液土耕, トマト, 極微量灌水, 灰色低地土

目 次

I 緒 言	41	IV 考 察	46
II 方 法	42	1 リン酸無施肥の生育・養分吸収への影響	46
1 栽培概要	42	2 茎葉と果実でのリン酸分配の変化	47
2 調査および試料の採取	43	3 土壌中のトルオーグリン酸量の変化	47
3 分析方法	43	4 極微量灌水の効果	48
III 結 果	43	V 摘 要	48
1 地上部生育・果実収量	43	謝 辞	49
2 茎葉中および果実中の無機成分量	44	引用文献	49
3 土壌中の無機成分含量	45	Summary	51
4 土壌と作物体のリン酸収支	46		

I 緒 言

肥料の主要3要素の中で、リン酸は天然のリン鉱石由来の成分であり、リン鉱石の世界の耐用年数(埋蔵量/採掘量)はおよそ130年と予測されている^{11, 16)}。日本は、国内で利用するリンのほぼ全量を輸入に依存し、その多くが肥料として用いられている。このため、リン酸肥料の有効な利用方法に関する技術が古くから求められてきた。さらに、近年の肥料価格の高騰に伴い、リン酸肥料にかかるコストの削減に対する重要性は高まっている。一方、日本の多くの農耕地における可給態リン酸のレベルは、一般的な土壌診断基準における可給態リン酸の下限值10~20mg/100g乾土を超えており^{13, 20)}、農耕地のリン酸は蓄積傾向にあると言える。特に、施設土壌においては可給態リン酸の過剰蓄積が進行している状態

にあり¹³⁾、リン酸過剰蓄積ハウスではリン酸施肥を大幅に削減するか、無リン酸栽培をすべきであるとの指摘³⁾もある。

本報告で検討する養液土耕栽培は、土壌を培地とし、肥料成分を含む液肥を灌水と同時に施用する栽培方法であり、従来の土耕栽培からの移行が容易で、灌水・施肥の省力化につながることから、近年、中山間地域の夏秋トマトで普及しつつある。この方法の特徴は、土壌からの養分供給力を利用した栽培が可能である点であり、土壌に蓄積したリン酸を活用する栽培体系を構築できれば、肥料コストの削減と土壌へのリン酸蓄積傾向の抑制が期待できる。

土壌中に蓄積されたリン酸と施肥リン酸のトマト生育への寄与を研究した例としては、伊藤ら⁵⁾は、雨よけハウスにおいて、土壌への富化を軽減しハウスを長期間使用するためには、トルオーグリン酸30mg/100g乾土以上あれば、リン酸無施肥にするこ

(平成22年7月30日受付, 平成22年12月3日受理)

¹ 広域農業水系保全研究チーム

² 中山間傾斜地域施設園芸研究チーム

本研究はプロジェクト研究「省資源プロ・省化学肥料型」の一部として行われた。

とを提案しており、小宮山ら¹⁰⁾は、リン酸過剰土壌におけるトマトのマグネシウム欠乏発症を検証する中で、重過石を用いてリン酸過剰にしたアロフェン質黒ボク土において、トルオーグリン酸50mg/100g乾土以上の場合には、リン酸を無施肥としても収量が変わらないことを示している。さらに、林ら⁴⁾は、重焼リンでリン酸を富化した淡色黒ボク土を用いた隔離床栽培で、点滴灌水施肥栽培におけるリン酸の適正施肥の検討を行っており、液肥からのリン酸の有無がトマトの収量に影響しないトルオーグリン酸として20mg/100g乾土を示している。しかし、栽培現場では減収や品質低下を警戒して、リン酸減肥栽培に積極的に取り組む農家は少ない。これは、土壌中に蓄積されたリン酸と施肥リン酸の作物生育への寄与を定量的に示した研究が少ないことも一因となっている。特に、トマトに代表される果菜類では、栄養成長と生殖成長が同時進行するため、収穫物1tを生産するのに必要な養分吸収量に基づいた施肥設計^{14,19)}を行う上で、茎葉と果実への分配の変化を明らかにすることは、リン酸施肥の有無による生育への影響や、リン酸吸収量の変化に伴った他の肥料成分の吸収量への影響を明らかにすることと並んで重要な課題である。

そこで、本報告では、トマトの養液土耕栽培において、リン酸施用栽培とリン酸無施用栽培でのリン酸収支から、施肥リン酸と土壌蓄積リン酸（有効態リン酸）が作物体（茎葉・果実）で吸収利用される割合を明らかにし、リン酸蓄積土壌条件でのリン酸減肥栽培の適応可能性を示すことを目的とした。

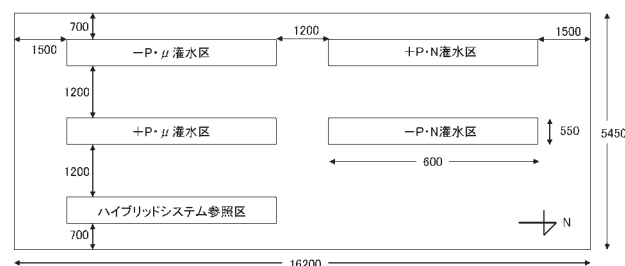
さらに、キクやマーガレット¹²⁾等の花き類においては、慣行点滴灌水施肥法より時間流量の少ない極微量灌水施肥法²¹⁾で、減肥効果が高いことが示唆されており、極微量灌水施肥法を用いた際のリン酸減肥との相乗効果についても検討した。

Ⅱ 方 法

1 栽培概要

近畿中国四国農業研究センター四国研究センター（香川県善通寺市仙遊町）に設置された、パイプハウス内に、トルオーグリン酸 60.5mgP₂O₅/100g 乾土の灰色低地土を充填した全長 6 m×幅55cmの全農

ドレンベッドを第1図のように配置し栽培を行った。1ベッドあたり20株を株間30cmで定植し（1200本/10a）、30cmピッチの灌水チューブを用いて株元に灌水施肥を行った。品種は桃太郎8。栽培期間は2009年8月12日定植～12月24日終了の6段階摘心栽培とした。



第1図 試験区およびハイブリッド給液管理システム参照区の配置図（単位；mm）

+P は慣行施肥，-P は無リン酸施肥。N 灌水は通常灌水，μ 灌水は極微量灌水。

灌水施肥に用いた濃縮培養液は、大塚SA処方に準拠した慣行液肥と、大塚SA処方のうち大塚ハウスS1号（15kg/100L）の代わりに大塚ハウス3号、5号、6号を配合（それぞれ10.5kg、375g、3.75kg/100L）することでリン酸成分だけを除いた無リン酸液肥の2水準を設けた。液肥の供給は、ネタترون（ネタフィム社）を用いた2液混入方式で行ない、濃縮培養液の混入率は0.5%とした。液肥の組成を第1表に示した。

第1表 0.5%濃度培養液の成分濃度（ppm）

	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	N
大塚SA処方(+P)	52.5	231.7	30.0	172.6	150.0
無リン酸液肥(-P)	0.0	234.8	30.0	172.6	151.0

本試験においては、極微量灌水の効果を検討するために、吐出量制御機能付きのボタンドリッパー（PCJ-LCNLドリッパーウッドベッカータイプ2 L・h⁻¹；ネタフィム）の下流にユニラムRCを二次給液管として接続し、吐出量を0.4 L・h⁻¹とした極微量灌水（μ灌水）配管系を構築し、ユニラムRC（吐出量2.3 L・h⁻¹；ネタフィム）を用いた通常灌水（N灌水）と比較することとした。この配管系を用いたμ灌水では、タイマ制御により灌水開始時刻を同期させることが可能であり、サブタイマによりμ

灌水区の灌水時間をおよそ6倍に調整することで灌水量も一致させることができる。この方法で、単位時間の吐出量だけを異にした灌水条件の比較をすることとした。

また、灌水の制御は、同じパイプハウス内に設置したロックウールを用いた固形培地耕（参照区）の余剰排水量を参照しながら、灌水量を自動制御するシステム（ハイブリッド給液管理システム）を利用した⁸⁾。養分供給の管理についても笠原ら^{7,8)}の管理方法に準拠した。すなわち、参照区の排水中のECが1.5を超えたときには水のみを供給し、ECが低下したら再び養液の供給に切り替えるという手順で行った。栽培期間中の養液供給量は67.8L/株、水の水みの供給量は38.6L/株、両者を合計した総灌水量は106.4L/株であった。したがって、リン酸を含む慣行液肥施用を行った区で供給されたリン酸は3.55gP₂O₅/株であった。なお、ハイブリッド給液管理システムでは、作物の必要とする水分を過不足無く供給することから、隔離床から系外への排水は発生しなかった。

2 調査および試料の採取

調査は、各処理区に5株ずつ設けた調査対象株に対して行った。生育量は、摘心時の草丈および葉数を測定した。また地上部の試料は、草姿管理時に適葉した下葉（第1果房の摘果終了後と第2果房の摘果終了後に、それぞれの果房上位2葉までを摘葉。以下、それぞれ下葉①、下葉②と表記する。）および収穫終了時の茎葉部（4段果房上位2葉の部分で茎を切断し、下部を茎葉①、上部を茎葉②とした）を回収し乾物重量の測定および成分分析に用いた。脇芽、花芽、摘心時の生長点は回収しなかった。ただし、下葉①については、株ごとに分けずに一括して回収したため、各処理区の下葉①の数値は反復なし数値である。果実は、上記調査対象株から各果房別に収穫し収量を調査した。栽培は6段階摘心栽培であったが、栽培期間終了時点では、第5果房および第6果房の肥大や着色が不十分であったため、果実の成分分析は、成熟した第4果房までについて行った。なお、統計解析は、Tukeyの多重比較（5%水準で検定）および、施肥水準（慣行液肥施用（+P）と無リン酸液肥施用（-P））と灌水方法（N灌水と

μ灌水）の2要因分散分析を行った。

3 分析方法

茎葉部は、70℃で3日以上乾燥し乾物重を測定した。茎葉部の乾燥試料の一部を硫酸-過酸化水素により湿式分解し、分解液を成分分析に供試した。

果実は、新鮮果実をミキサーで粉碎しペースト状にした試料を、茎葉部同様に湿式分解し、分解液を成分分析に供試した。リン酸は、バナドモリブデン法により定量し、カリウム、マグネシウム、カルシウムは、原子吸光分析装置SpectrAA（バリアンテクノロジー）を用いて測定した。窒素は水蒸気蒸留法により定量した。果汁糖度は、ポケット糖度計PAL（アタゴ）で測定した。

土壌の無機成分分析に供した試料は以下のように採取した。定植前土壌試料は、各区のベッドについて、それぞれ3カ所からおよそ1kgを採取し、均一に混合し、風乾して2mmの篩いに掛けて調整し、全体で4反復の試料を得た。栽培後土壌試料は、表層を除いた後、各区の調査株5個体について、株元の周囲4カ所からおよそ1kgを移植ゴテで採取し、これらをバットの上で均一に混合し、風乾して2mmの篩いに掛けて調整し、各区5反復の試料を得た。採取位置は、株元から距離5～10cmの位置で、15cmまでの深さとした。栽培前後の有効態リン酸は、土壌試料からトルオーグ抽出リン酸を、モリブデンプール法で定量した。無機態窒素は、2M塩化カリウム抽出し、デバルダ合金還元-水蒸気蒸留法により定量した。交換性のカリウム、マグネシウム、カルシウムは、1M酢酸アンモニウム（pH7.0）で抽出後、原子吸光分析装置で定量した。

Ⅲ 結 果

1 トマトの生育および果実収量

摘心時の草丈、葉数は、+P・N灌水區で210cm・32.8枚、+P・μ灌水區で197cm・31.0枚、-P・N灌水區で213cm・32.0枚、-P・μ灌水區で213cm・31.6枚であり、いずれの処理区間においても有意差はなかった（データ省略）。採取部位別の乾物重についても差はなく、栽培終了時の総乾物重は、+P・N灌水區で213.5g、+P・μ灌水區で

201.3g, -P・N灌水區で216.5g, -P・ μ 灌水區で206.4gであり, リン酸施用の有無の影響はなく, N灌水區の方が μ 灌水區よりも高い傾向があったが有意差はなかった(第2表). また, 外見的なリン酸欠乏症状¹⁷⁾は観察されなかった.

第4果房までの果実収量(成熟果)は, +P・N灌水區で2389g, +P・ μ 灌水區で2385g, -P・N灌水區で2455kg, -P・ μ 灌水區で2606kgであり, 有意差は認められなかった(第3表).

果実糖度(Brix%)は, いずれの区でも果房別に見ると上位の果房ほど糖度が低くなる傾向にあったが, 全収穫果の糖度は, +P・N灌水區で5.2~7.1, +P・ μ 灌水區で4.8~6.7, -P・N灌水區で5.6~7.0, -P・ μ 灌水區で5.6~7.0で, いずれの処理間でも有意な差は認められなかった(データ省略). なお, 本試験では, ハイブリッド給液管理システムを用いた灌水制御を行ったが, 参照区の4段階摘心栽培の収量は2.5kg/株, 糖度も4.7~6.3と標準的な収量, 品質の果実が得られており, 灌水量等の制御は正常に行われていた(データ省略).

2 茎葉および果実中の無機成分含量

茎葉中のリン酸含量は, リン酸無施肥の影響によって, 顕著に低下していた(第2表). 分散分析の結果, 下葉②, 茎葉①, 茎葉②のリン酸含量に対して, 施肥水準による影響が有意であった. 下葉②と茎葉①のリン酸含量は, 施肥水準間の比較では+P>-Pでリン酸施肥条件による影響が認められた. さらに, 灌水方法との有意な交互作用が認められ, 灌水方法の間で比較すると, +Pでは, μ 灌水>N灌水であったが, -Pでは, N灌水> μ 灌水と, リン酸含量の大小関係が逆の傾向になっていた. 茎葉②のリン酸含量は, 施肥水準間の比較では+P>-Pでリン酸施肥条件による影響が認められた.

リン酸以外の成分については, 茎葉①の窒素含量について, リン酸施肥条件による影響が認められたが, カリウム, カルシウム, マグネシウムの含量に関しては, 施肥水準, 灌水方法いずれについても影響を受けなかった(第2表).

果実においても, リン酸無施肥の影響によって, リン酸含量は低下していた(第3表). リン酸含量は, 同じ灌水方法の間で比較すると, すべての果房

第2表 茎葉乾物重と茎葉中の無機成分含量

	部位	+P		-P		分散分析		
		N灌水	μ 灌水	N灌水	μ 灌水	施肥水準	灌水方法	交互作用
乾物重	下葉①	16.0	13.5	13.6	20.4	-	-	-
	下葉②	50.6	53.5	56.1	52.5	ns	ns	ns
	茎葉①	92.2	77.3	92.5	84.9	ns	ns	ns
	茎葉②	54.6	57.1	54.3	48.6	ns	ns	ns
	合計	213.5	201.3	216.5	206.4	ns	ns	ns
P ₂ O ₅	下葉①	5.8	6.9	3.9	4.4	-	-	-
	下葉②	6.6 b	8.2 c	5.0 ab	4.5 a	***	ns	*
	茎葉①	4.8 b	5.9 b	2.7 a	2.5 a	***	ns	*
	茎葉②	2.1 ab	2.7 b	0.9 a	1.4 ab	*	ns	ns
K ₂ O	下葉①	33.6	50.4	36.2	52.3	-	-	-
	下葉②	55.6	61.1	54.6	57.5	ns	ns	ns
	茎葉①	35.6	37.7	34.7	35.9	ns	ns	ns
	茎葉②	38.9	42.4	36.1	40.1	ns	ns	ns
CaO	下葉①	71.1	76.2	69.7	79.5	-	-	-
	下葉②	47.1	45.3	46.5	45.2	ns	ns	ns
	茎葉①	34.2	29.6	36.3	32.6	ns	ns	ns
	茎葉②	32.9	30.4	33.3	32.3	ns	ns	ns
MgO	下葉①	13.1	11.6	11.2	11.9	-	-	-
	下葉②	11.1	10.7	11.6	11.3	ns	ns	ns
	茎葉①	8.2	8.6	7.3	8.1	ns	ns	ns
	茎葉②	8.4	7.8	8.6	8.3	ns	ns	ns
N	下葉①	25.2	24.3	26.3	24.0	-	-	-
	下葉②	24.3	23.9	22.5	22.7	ns	ns	ns
	茎葉①	17.0 b	16.0 ab	13.9 a	14.3 ab	**	ns	ns
	茎葉②	15.0	13.6	13.6	13.5	ns	ns	ns

+Pは慣行施肥, -Pは無リン酸施肥. N灌水は通常灌水, μ 灌水は極微量灌水. 乾物重の単位はg, 無機成分含量の単位は乾物あたりmg/g. 数値はn=5の平均値. 文字無し項目および同一文字間に有意差なし(Tukey 5%). ***は0.1%水準で有意, **は1%水準で有意, * 5%水準で有意, nsは有意ではない. ただし, 下葉①は5株分をまとめて分析した値のため反復のデータとはならない.

第3表 果実収量と果実中の無機成分含量

	果房	+P		-P		分散分析		
		N灌水	μ 灌水	N灌水	μ 灌水	施肥水準	灌水方法	交互作用
収量	1段目	686	490	501	373	ns	ns	ns
	2段目	609	599	615	547	ns	ns	ns
	3段目	643	605	643	832	ns	ns	ns
	4段目	451	691	696	854	ns	ns	ns
	合計	2389	2385	2455	2606	ns	ns	ns
P ₂ O ₅	1段目	0.24 ab	0.33 b	0.23 a	0.31 ab	ns	**	ns
	2段目	0.47 b	0.36 ab	0.34 a	0.24 a	***	**	ns
	3段目	0.53 b	0.43 ab	0.46 ab	0.36 a	ns	**	ns
	4段目	0.41	0.39	0.45	0.36	ns	ns	ns
K ₂ O	1段目	3.29 ab	1.83 b	3.01 ab	3.57 a	ns	ns	*
	2段目	3.81	3.48	3.37	3.39	*	ns	ns
	3段目	2.89	2.87	2.92	2.65	ns	ns	ns
	4段目	2.83	2.76	2.93	3.00	ns	ns	ns
CaO	1段目	0.03 b	0.02 ab	0.03 ab	0.02 a	ns	**	ns
	2段目	0.03	0.03	0.03	0.03	ns	ns	ns
	3段目	0.03 ab	0.03 a	0.05 b	0.04 ab	*	ns	ns
	4段目	0.03	0.03	0.04	0.04	ns	ns	ns
MgO	1段目	0.14 a	0.19 b	0.14 a	0.15 a	*	**	*
	2段目	0.23	0.20	0.22	0.23	ns	ns	ns
	3段目	0.19	0.18	0.20	0.17	ns	ns	ns
	4段目	0.16	0.17	0.18	0.19	ns	ns	ns
N	1段目	1.39	1.74	1.37	1.43	ns	ns	ns
	2段目	1.66	1.36	1.45	1.46	ns	ns	ns
	3段目	1.14	1.12	1.18	1.05	ns	ns	ns
	4段目	1.02	0.97	1.15	1.16	ns	ns	ns

+P は慣行施肥, -P は無リン酸施肥. N 灌水は通常灌水, μ 灌水は極微量灌水. 果実収量の単位はg. 無機成分含量の単位は新鮮果実重量あたりmg/g. 数値はn=5 の平均値. 文字無し項目および同一文字間に有意差なし(Tukey 5%). ***は0.1%水準で有意, **は1%水準で有意, * 5%水準で有意, ns は有意ではない.

で, +P>-Pの関係にあった. 一方で, 同じ施肥条件間で比較した場合, 第1果房では, μ 灌水>N灌水であったのに対し, 第2果房~第4果房では, N灌水> μ 灌水であった. 4段果のリン酸含量については, いずれの要因による有意な差も認められなかった.

リン酸以外の無機成分に関しては, 分散分析の結果, 第1果房のマグネシウム, 第2果房のリン酸, カリウム, 第3果房のカルシウムにおいて, 施肥水準による影響が有意であった(第3表). また, 第1果房~第3果房のリン酸含量と, 第1果房のカルシウム, マグネシウム含量に対して, 灌水方法の違いの影響が有意であった. 第1果房のカリウム, マグネシウム含量には交互作用が見られた. カリウム含量は第1果房で, +P・ μ 灌水區が-P・ μ 灌水區よりも有意に低かった. カルシウム含量は, 第1果房では, N灌水> μ 灌水の傾向があり. 第3果房ではいずれの灌水方法においても, -P>+Pの関係であった. マグネシウムは, 第1果房の+P・ μ 灌水區で有意に高かった.

3 土壌中の無機成分含量

栽培前後の土壌を比較すると, トルオーグリン酸については, 栽培前が60.5mgP₂O₅/100g乾土だったのに対し, +P・N灌水では63.2mg/100g乾土, +P・ μ 灌水では63.7mg/100g乾土であり, 有意差はないが, ともに増加していた. 一方, -P・N灌水では55.2mg/100g乾土, -P・ μ 灌水では54.7mg/100g乾土であり, ともに有意な差で減少していた(第4表). 交換性カリウム, 交換性カルシウム, 無機態窒素はいずれも処理にかかわらず減少していた.

栽培後の土壌の無機成分含量に関して, 分散分析を行った結果, 施肥水準の影響が有意となった項目は, トルオーグリン酸の他, 交換性カリウム, 交換性カルシウム, 硝酸態窒素であった. アンモニア態窒素および硝酸態窒素では, 灌水方法の違いによる影響が有意であった. リン酸, カリウム, 硝酸態窒素は+P>-Pの関係が見られ, カルシウムは-P>+Pの関係が見られた.

第 4 表 栽培ベッド土壌中の無機成分含量

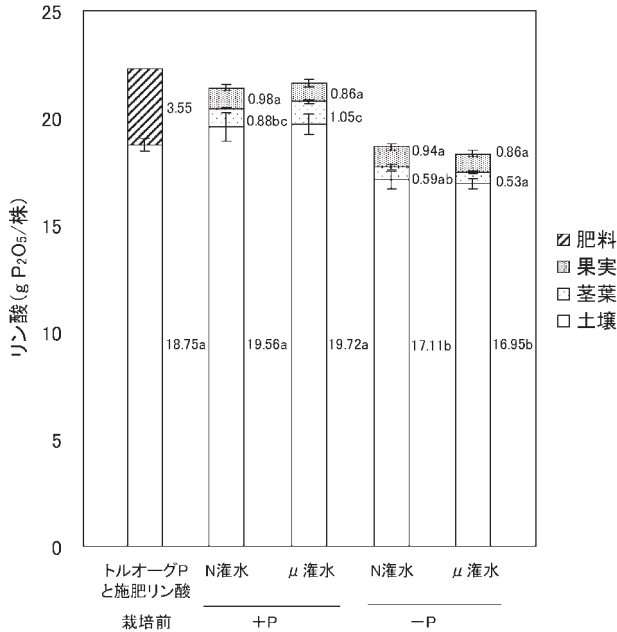
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NH ₄ -N	NO ₃ -N
栽培前土壌		60.5 a	29.4 a	308.6 b	33.4	1.37 b	5.25 c
+P	N 灌水	63.1 a	17.4 ab	272.7 a	34.4	0.59 a	0.67 a
	μ 灌水	63.6 a	17.0 ab	265.5 a	41.9	0.31 a	0.36 ab
-P	N 灌水	55.2 b	17.3 ab	289.6 ab	34.9	0.57 a	0.27 b
	μ 灌水	54.7 b	12.0 b	291.2 ab	37.2	0.52 a	0.16 b
分散分析	施肥水準	***	*	***	ns	ns	**
	灌水方法	ns	ns	ns	ns	*	*

+P は慣行施肥，-P は無リン酸施肥．N 灌水は通常灌水，μ 灌水は極微量灌水．単位はmg/100g 乾土．数値はn=5 の平均値．ただし，栽培前土壌については，4 つの栽培ベッドから採取した土壌の平均値．文字無し項目および同一文字間に有意差なし(Tukey 5%)．分散分析は，栽培後の土壌のデータだけについて行った．***は0.1%水準で有意，**は1%水準で有意，* 5%水準で有意，ns は有意ではない．

4 土壌と作物体のリン酸収支

土壌－茎葉－果実におけるトマト 1 株あたりのリン酸収支について第 2 図に示した．ここでは，トマト 1 株あたりの根圏のトルオーグリン酸の量をトマト 1 株あたりの土壌容量（ベッドに充填した土壌量÷20株/ベッド=31kg）から計算し，栽培前後で

ゼロであった．なお，栽培管理で除去した脇芽や摘心部位，下葉①，未成熟果実，根のリン酸については残渣とし，第 2 図には含めなかった．栽培前の土壌中のトルオーグリン酸は 1 株当たり 18.75g であり，+P 条件で液肥として施用されたリン酸は 1 株あたり 3.55g であった．このうち，作物体に吸収されたリン酸は，N 灌水が 1.86g，μ 灌水が 1.91g であり，栽培後の土壌のトルオーグリン酸はそれぞれ N 灌水が 19.56g，μ 灌水が 19.72g に増加した．一方，培養液からリン酸を除いた -P 条件で作物体に吸収されたリン酸は，土壌中の有効態リン酸から供給され N 灌水が 1.53g，μ 灌水が 1.39g であった．栽培後土壌のトルオーグリン酸は N 灌水で 17.11g，μ 灌水で 16.95g に減少した．



第 2 図 トマト 1 株あたりの土壌－茎葉－果実におけるリン酸収支．

+P は慣行施肥，-P は無リン酸施肥．N 灌水は通常灌水，μ 灌水は極微量灌水．各項目ごとの同一文字間に有意差無し（Tukey 5%）．エラーバーは標準誤差（n=5）．

のトルオーグリン酸の変化量を試算した．さらに，1 株あたりの地上部リン酸吸収量（茎葉部の下葉②と茎葉①，②および果実の第 1～第 4 果房までの合計）を計算した．また，リン酸供給量は，慣行施肥では，リン酸施肥量：3.55g/株，リン酸無施肥では

Ⅳ 考 察

1 リン酸無施肥の生育・養分吸収への影響

トマトのリン酸欠乏の特徴としては，生育速度の低下，作物全体が硬化，葉色の変化（暗緑色から赤紫色に近い色になる），果実は小径化，成熟の遅れ²²⁾等が挙げられる．また，養液栽培のトマトにおいて，リン酸の施肥量を少なくすると，収量の低下が起こる⁷⁾と報告されている．しかし，本研究での養液土耕栽培のトマトにおいては，草丈，葉数，乾物重などの地上部生育や果実収量については，リン酸施用条件による著しい違いは認められず，形態的なリン酸欠乏症状も観察されなかった．このことは，本研究で用いた土壌のトルオーグリン酸の値が P で 60.5mg P₂O₅/100g 乾土で，既往^{4,5,9)}の土壌蓄積リン酸を利用した栽培におけるリン酸無施肥栽培が可能

なトルオーグリン酸値と比較しても高い数値であり、リン酸無施肥条件下でも、トマトが生育するために必要なリン酸を培地から吸収できたためであると考えられる。また、トマトの養分吸収特性については、リン酸吸収量とカリウムの吸収量には正の相関関係があり、カルシウム、マグネシウムとは負の相関関係がある¹⁰⁾と報告されているが、本報告においては、茎葉・果実中の無機成分含量の分散分析の結果からは、リン酸含量以外で、一定の傾向を持った有意な影響は見られなかった（第2表、第3表）。

2 茎葉と果実でのリン酸分配の変化

茎葉および果実中のリン酸含量は-Pで低下する傾向にあった（第2表、第3表）。また、第2図においても、1株あたりのリン酸吸収量は-Pで低下する傾向にあったが、有意差が見られたのは、茎葉においてのみであり、果実では有意差は見られなかった。第2図において果実のリン酸吸収量に有意差がなかった原因としては、果実収量と果実中リン酸濃度との間に負の相関関係が見られなかった（データ省略）ことから、果実中のリン酸含量に対する灌水方法の影響が、1段目と2・3段目で逆転していたことや、果房ごとの果実収量のばらつきが大きかったことが影響したものと考えられる。

ここで、第2図から各部位へのリン酸分配量の比率（%）（ $-P/+P \times 100$ ）を計算してみると、茎葉ではN灌水が67.0%、 μ 灌水が50.4%、果実ではN灌水が96.7%、 μ 灌水が99.7%であり、リン酸無施肥によるリン酸含量の低下は、茎葉で大きく、果実では小さかった。さらに、果実へのリン酸の分配比率（果実／（果実＋茎葉） $\times 100$ ）を求めると、+PではN灌水が49.9%、 μ 灌水が43.0%であったのに対し、-PではN灌水が59.9%、 μ 灌水が58.4%と果実への分配比率が10%程度高くなっていたことが分かった。この数値は4段目までの果実データから算出しているため、6段目まで果実を含んだ場合にはさらに割合が大きくなる可能性がある。

リン酸欠乏条件下では、結実期のトマトの展開葉においてリン酸含量が低下する²⁾ことが報告されている。本研究における茎葉のリン酸含量の低下は、これらのリン酸欠乏時の反応に類似しているが、リン酸無施肥栽培したトマトに外観上のリン酸欠乏症

状は見られなかったことから、-Pでの茎葉中のリン酸含量は、適正な数値であったと考えられる。また、可食部である果実のリン酸やその他の無機成分もリン酸減肥の影響を受けていないことから果実品質の面でも、無リン酸栽培は問題がない。

ここで、作物体吸収リン酸量を果実収量で除することにより、トマト果実1kgあたり生産するのに必要なリン酸（ P_2O_5 ）の量を計算してみると、+PではN灌水が0.77g、 μ 灌水が0.80gであったのに対し、-PではN灌水が0.62g、 μ 灌水が0.53gと-Pで2～3割少なく、単位リン酸あたりの生産効率は、+Pで低かったことを意味している。このことは、+Pにおける茎葉部へのリン酸集積が理由であり、伊藤ら⁵⁾も指摘しているように、いわゆる“贅沢吸収”が生じていたと考えることができる。

3 土壌中のトルオーグリン酸量の変化

第2図において、施肥リン酸に対する、+P区の植物体吸収量は、N灌水が52.9%（1.86g/3.55g）、 μ 灌水が53.8%（1.91g/3.55g）であった。この数値は残渣分を含んでいないため、やや低めに見積もられているが、今回慣行施肥として用いた施肥量では4割程度が余剰リン酸となっていた可能性を示唆している。

林ら⁴⁾は、リン酸吸収係数の大きいアロフェン質黒ボク土を用いた養液土耕栽培において、作物吸収量を上まわって施肥された余剰リン酸のうち、栽培後土壌のトルオーグリン酸増加分に反映された量は、2割程度であったと報告しているが、リン酸吸収係数の小さい灰色低地土を用いた本研究では、余剰リン酸のうち栽培後のトルオーグリン酸増加分に反映された割合は、N灌水が47.9%（0.81g/1.69g）、 μ 灌水が59.1%（0.97g/1.64g）であった。

北村ら⁹⁾は、トルオーグリン酸が50mg/100g乾土以上の土壌では、施肥リン酸の吸収は、土壌から吸収されるリン酸に比べて低くなることを報告しており、灰色低地土でリン酸の過剰施用が行われると、余剰分が土壌に蓄積し、さらにその蓄積の影響で、施肥リン酸の利用効率が低下するという悪循環につながる危険性が示唆される。

従って、リン酸施肥栽培での土壌蓄積リン酸が増加しない程度の減肥を考えるならば、作物に吸収さ

れなかった余剰リン酸のうち土壌に固定されずにトルオーグリン酸として土壌に蓄積したリン酸の分を施肥リン酸から削減するのが適当と考えられ、慣行施肥量の2割～3割削減に相当すると試算できる。

一方で、リン酸無施肥では、植物体のリン酸吸収量は、栽培前土壌に対する栽培後土壌のトルオーグリン酸の減少量とよく一致していた。そこで、栽培前土壌のトルオーグリン酸に対する作物体吸収リン酸の割合を計算すると、N灌水が8.2% (1.53g/18.75g)、 μ 灌水が7.4% (1.39g/18.75g)であった。このことから、本試験のような作型（6段階摘心栽培）であれば、計算上、およそ12作はリン酸無施肥栽培が可能と考えられる。しかし、水稻における連年リン酸無施肥栽培では、数年で減収が起こることが報告されており¹⁵⁾、実際には経年的にリン酸含有率が低下し、それに伴って利用効率も低下する可能性がある。

こうしたことから、リン酸減肥栽培あるいはリン酸無施肥栽培を行うためには、土壌診断に基づいたトルオーグリン酸量の動向を把握しつつ、収穫物の生産に必要なリン酸量との収支に基づいた施肥設計を行うことが重要となる。また、その際には、土壌型によるリン酸吸収係数の違いに留意しなければならない。

4 極微量灌水の効果

点滴灌水の単位時間あたりの給液量の違いが作物の生育に及ぼす影響の有無に着目して行った研究では、トウモロコシでは単位時間あたりの給液量の少ない方法で収量が多くなる¹⁾という報告があるものの、トマト⁶⁾やカリフラワー¹⁸⁾（いずれも露地栽培）では、収量に影響がないと報告されており、生育に対する効果は判然としていない。本報告では、生育に影響はないという結果となった。

一方で、リン酸吸収への極微量灌水の影響としては、茎葉・果実のリン含量に対しての分散分析の結果から、果実においては、灌水方法による効果が有意であることが認められ（第3表）、茎葉においては、施肥水準と灌水方法の交互作用が（第2表）認められた。ただし、リン酸以外の無機成分含量については、全体として、茎葉・果実ともに、灌水方法の違いによる影響は認められなかった。また、果実

中のリン酸含量への灌水の効果については、第1果房では μ 灌水でリン酸含量が高かったのに対し、第2果房、第3果房では、N灌水の方が高く、灌水による効果は、果房の位置によって異なった。これらの現象に対しては、リン酸とそれ以外の無機成分の土壌中での吸着や拡散等の挙動の違い、根による吸収特性への影響、あるいは、生育ステージや着果位置による養分の分配パターンの経時的な変化などについて、議論する必要があるが、リン酸収支への影響に関して取り組んだ本報告のデータのみからは、十分な検討はできない。今後、極微量灌水と減肥効果の関係を明らかにするためには、上記のような点に焦点を絞った詳細な検証が必要である。

V 摘 要

トマトの養液土耕栽培におけるリン酸施用栽培とリン酸無施用栽培でのリン酸収支から、施肥リン酸と土壌蓄積リン酸が作物体に吸収利用される割合を明らかにし、リン酸蓄積土壌条件でのリン酸減肥栽培の適応可能性を示すとともに、極微量灌水施肥法を用いた際のリン酸減肥との相乗効果についても検討した。培地土壌は、トルオーグリン酸60.5mg/100g乾土の灰色低地土を用いた。

- 1) リン酸施肥の有無、灌水方法の違い、いずれにおいても、生育量・収量に対する差は認められなかった。
- 2) リン酸無施肥によるリン酸含量の低下は、果実よりも茎葉で顕著であった。作物体吸収リン酸の果実への分配比率はリン酸無施肥時に10%程度高かった。トマト果実1kgあたり生産するのに必要な養分量は、慣行に比べて、リン酸無施肥で2割～3割少なくなっており、生産効率が高かった。
- 3) リン酸を含む液肥を用いた慣行施肥栽培では、施肥リン酸の利用効率は6割程度であり、また余剰分の5～6割がトルオーグリン酸として土壌に蓄積した。これらからリン酸減肥の可能な範囲を2～3割と試算した。
- 4) リン酸無施肥栽培では、作物吸収リン酸と土壌トルオーグリン酸の減少分は一致しており、利用されたリン酸は栽培前土壌中のトルオーグリン

ン酸の7～8%程度であった。

- 5) 極微量灌水の影響については、生育量・収量に対する差は認められず、リン酸吸収に対する効果も明確ではなかった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたって、栽培施設の整備および栽培管理において、支援いただきました業務第2科の山下大朗氏、香川将志氏、松崎健文氏、塩本知氏に対しまして感謝の意を表します。また、試料の分析にご協力いただいた岡田洋子氏、石川博氏に対しまして、ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Assoluline S., S. Cohen, D. Meerbach, T. Harodi, M. Rosner 2002. Microdrip irrigation of field crops : Effect on yield, water uptake, and drainage in sweet corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 66 : 228 - 235
- 2) Gerald E. W. 1993. Tomato. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. W. F. Bennett. APS PRESS, USA. 137 - 141.
- 3) 後藤逸男 2004. 土壌のリン酸過剰と土壌病害の発生. 農業技術大系土壌肥料編第5-①巻. 追録第15号, 畑40の2-8.
- 4) 林康人・加藤雅彦・小林新・久保省三 2006. 点滴灌水施肥栽培における土壌の養分含量を考慮したリン酸の適正施肥. 土肥誌 77 : 555 - 561.
- 5) 伊藤千春・小野寺徹・飯塚文男・小野イネ 1998. リン酸蓄積ハウスにおけるトマトのリン酸無施用栽培. 東北農業研究 51 : 215 - 216.
- 6) Karlberg L., J. Rockstrom, G. J. Annandale, S. J. Martin 2007. Low-cost drip irrigation - A suitable technology for southern Africa? An example with tomatoes using saline irrigation water. Agricultural Water Management 89 : 59 - 70.
- 7) 笠原賢明・吉川弘恭・東出忠桐・伊吹俊彦 2009. 養液栽培における排液再利用法の検討. 近中四農研報 8 : 91 - 101.
- 8) ———・渡邊修一・吉川弘恭・柴田昇平 2011. 循環式養液栽培装置への培養液供給動作を参照して給液制御するかけ流し式養液栽培装置の開発. 近中四農研報 10 : 99 - 108.
- 9) 北村秀教・今泉諒俊・沖村逸夫 1982. リン酸富化土壌におけるリン酸の肥効 (第1報) 初期生育における施肥リン酸の肥効. 愛知県農総試研報 14 : 271 - 277.
- 10) 小宮山鉄平・藤澤英司・新妻成一・加藤雅彦・森国博全 2009. 隔離床栽培における土壌可給態リン酸含量がトマトの養分吸収に与える影響. 土肥誌 80 : 516 - 521.
- 11) 黒田章夫・滝口昇・加藤純一・大竹久夫 2005. リン資源枯渇の危機予測とそれに対応したリン有効利用技術開発. 環境バイオテクノロジー学会誌 4 : 87 - 94.
- 12) 村口浩・松本由利子・阿部政人・横田和志・吉川省子・渡邊修一・井上久義・中尾誠司・吉川(山西)弘恭 2005. 日本における超低流速灌水システム発展の可能性-Ⅲ, 超低流速灌水システムを利用したマーガレット栽培-. 農業および園芸 81 : 81 - 84.
- 13) 小原洋・中井信 2004. 農耕地土壌の可給態リン酸の全国変動 農耕地土壌の特性変動 (Ⅱ). 土肥誌 75 : 59 - 67.
- 14) 六本木和夫・加藤俊博 2000. 野菜・花卉の養液土耕. 農文協, 東京. 148 - 155.
- 15) 東海林覚・樋口福男・鈴木多賀 1971. 蓄積リン酸の水稲の生育, 収量におよぼす影響ならびに水稲の作付けによる土壌リンの形態変化について. 土肥誌 42 : 118 - 123.
- 16) U. S. Geological survey. 2004. Mineral Commodity Summaries, January 2004.
- 17) 渡辺和彦 1997. 野菜の要素欠乏症状と過剰症. タキイ種苗株式会社出版部監修. 東京. 7 - 10.
- 18) Westarp S. V., S. Chieng, H. Schreier 2004. A comparison between low-cost drip irrigation, conventional drip irrigation, and hand watering in Nepal. Agricultural Water Management 64 : 143 - 160.
- 19) 山崎浩司 1998. 養分吸収の特徴と施肥の考え方. 農業技術大系野菜編第1. 追録第23号, 基の345 -

348.

- 20) 吉池昭夫 1983. 農耕地における施肥リン酸の蓄積について. 土肥誌 54: 255-261.
- 21) 吉川弘恭 2009. 有機質培地を利用した養液栽培. 伊吹俊彦・家常高編著, 近畿中国四国農業研究叢書 傾斜地特有の資源を活用した低コスト施設栽培 - 四国傾斜地農業の経営改善に向けた総合研究 -. 農林統計出版, 東京. 155-159.
- 22) 全農肥料農薬部 2002. 営農指導員のためのトマトの栽培と栄養・生理障害. 東京. 56-57.

Influence of Drip Fertigation using Phosphate-deficient Solution on the Utilization of Phosphate Accumulated in the Soil and the Distribution of Phosphate in Tomatoes.

Shuichi WATANABE¹, Yoshiaki KASAHARA² and Hiroyasu YOSHIKAWA^{1,2}

Summary

To prevent phosphorus accumulation in the facilities' soil and effectively use the phosphorus resource, the influence of drip fertigation using phosphate-deficient solution on the distribution of phosphate between soil and plant body was examined. The soil used in this study was gray lowland soil. In addition, the synergistic effect of ultra-micro-drip irrigation under reducing application of phosphorus fertilizer was examined. By using phosphate-deficient solution, neither the amount of growth nor the fruit yield decreased. The phosphate content was decreased more remarkable in a stem and leaf than the fruit, and the distribution ratio of the fruit to the crop body was 10% higher. The quantity of the phosphoric acid which was necessary to produce tomato fruit 1kg was lower 20% in the phosphate-deficient solution than the conventional cultivation. The rate of the absorbed phosphate to the fertilized phosphate was around 60% by the conventional solution. Then 50-60% of surplus phosphate which was not absorbed by crops was accumulated in the soil as Truog-P. By using phosphate-deficient solution, the amount of used phosphate absorbed by crops was around 8% of the total amount of Truog-P in the soil before cultivation. As a result, The amount of phosphate which can be reduced from conventional solution application was estimated as 20%. No remarkable synergistic effect was observed during ultra-micro-drip irrigation.

¹ Research team for Conservation of Agricultural Watershed

² Research team for Protected Cultivation in Hilly and Mountainous Areas

製粉歩留が高くめんの食感が優れる多収小麦品種 「ふくほのか」の育成

石川直幸・高田兼則・谷中美貴子・長嶺 敬¹・
高山敏之²・田谷省三³・甲斐由美⁴・谷尾昌彦⁵・
佐藤淳一³

Key words : 小麦, 品種, めん用, 製粉性, 食感, 育成

目 次

I 緒 言	53	5 製粉性	60
II 育成経過	54	6 小麦粉品質	60
III 品種特性	54	IV 普及見込みと栽培上の注意点	62
1 品種特性の調査方法	54	V 考 察	64
2 生態的・形態的特性	57	VI 摘 要	64
3 収量性と原麦品質	59	引用文献	65
4 耐病性・障害耐性	59	Summary	67

I 緒 言

西日本では「農林61号」と「シロガネコムギ」が基幹品種として栽培されてきたが、これらの品種は“通常アミロース”であり、“やや低アミロース”のオーストラリア産小麦銘柄ASW（オーストラリア・スタンダード・ホホワイト）や北海道産日本めん用品種「ホクシン」と比べてめんの食感が劣る。また「農林61号」は広域適応性があり、多収であるが晩生・長稈であり、製粉性が劣る。「シロガネコムギ」は早生・短稈であるものの穂発芽と赤さび病に弱く収量性が不十分である。近年育成され作付けが拡大している「チクゴイズミ」⁶⁾は早生・多収であるが、製粉性が不十分であるとともに“低アミロース”であるため用途が限られる。西日本向けのやや低アミロースの品種としては「きぬいろは」⁷⁾と

「イワイノダイチ」⁵⁾が九州農業試験場（現・九州沖縄農業研究センター）で育成されたが、「きぬいろは」は枯れ熟れが発生しやすく収量性と外観品質が不十分であり、「イワイノダイチ」はグルテンの強さなどに問題があるため、いずれも普及は限定的である。このような状況から、やや低アミロースでめんの食感が優れ、製粉性が良く、穂発芽や赤さび病に強く、早生で多収の品種が求められてきた。

そこで、これらの特性を兼ね備えた日本めん用小麦として「中国151号」を育成し、2005年12月に小麦農林164号「ふくほのか」として命名登録された。兵庫県では2007年4月に奨励品種（認定品種）に採用され、岡山県では2011年度の奨励品種採用に向けて大規模試作と種子増殖が行われている。いずれの県においても奨励品種採用に先立って産地品種銘柄に指定されている。ここにその育成経過と品種特性等を報告する。

（平成22年8月23日受付，平成22年12月13日受理）

小麦研究グループ

¹ 現 近畿中国四国農業研究センター 大麦・はだか麦研究チーム

² 現 栃木県農業試験場栃木分場

³ 元 中国農業試験場

⁴ 現 九州沖縄農業研究センター

⁵ 現 中央農業総合研究センター

なお、本品種の育成にあたっては、業務第1科の技術専門職員及び契約職員に圃場管理や品質調査等にご協力をいただいた。また各府県の小麦試験研究担当者、行政部局の麦担当者、小麦実需者にたいへんお世話になった。とりわけ兵庫県の農林水産技術総合センター農産園芸部、農業改良普及センターと小野市農産物特産品開発委員会の方々には一方ならぬご尽力を賜った。さらに、岡山県鴨方町の坂本一夫製麺工場にはめんの試作に多大なご協力をいただいた。紙面を借りてこれらの方々にお礼申し上げる。

Ⅱ 育成経過

中国農業試験場（現・近畿中国四国農業研究センター）において早生、多収、穂発芽難、やや低アミロースの日本めん用品種を育種目標として、1991年4月に「西海168号×中系5358」のF₁に「関東107号×中系5385」のF₁を人工交配した。「西海168号」は後の「きぬいろは」で、やや低アミロースでめんの食感が優れる極早生系統であり、粉の黄色みが強くグルテンは弱く、穂発芽には強いが収量性は高くない。「中系5358」は早生多収の通常アミロース系統、「関東107号」は低アミロース系統である。「中系5385」は後の「中国143号」（2005年3月14日品種登録、登録番号第12829号）で、通常アミロースで粉色が優れる多収系統である。育成系譜を第1図に、選抜経過を第1表に示す。F₂とF₃は集団、F₄とF₅は穂別系統とし、早生・短稈の系統を選抜した。F₆で生産力検定予備試験に供試し、多収だった「中系7325」をF₇以降の生産力検定に供試するとともに系統・個体選抜を継続した。

1999年度F₉世代から「中国151号」として関係府県に配付して奨励品種決定調査に供試し、優秀な成績が得られた。また2004年度F₁₄世代で固定度調査を行い、出穂期の揃いと稈長、穂長、穂数の変動係数から見て実用的に固定していることを確認した（第2表）。2004年から兵庫県小野市で試作が始まり、まだ奨励品種には採用されていなかったものの今後の普及が見込めることから、2005年に命名登録を申請し、同年12月に小麦農林164号「ふくほのか」として命名登録された。また同年11月に品種登録出願し、2009年9月28日に品種登録された（登録番号第

18496号）。育成従事者を付表に示した。

品種名は「ふくほのか」とひらがなで書くことにしているが、漢字を当てるとすれば「福穂之香」、アルファベット表記は「Fukuhonoka」となる。

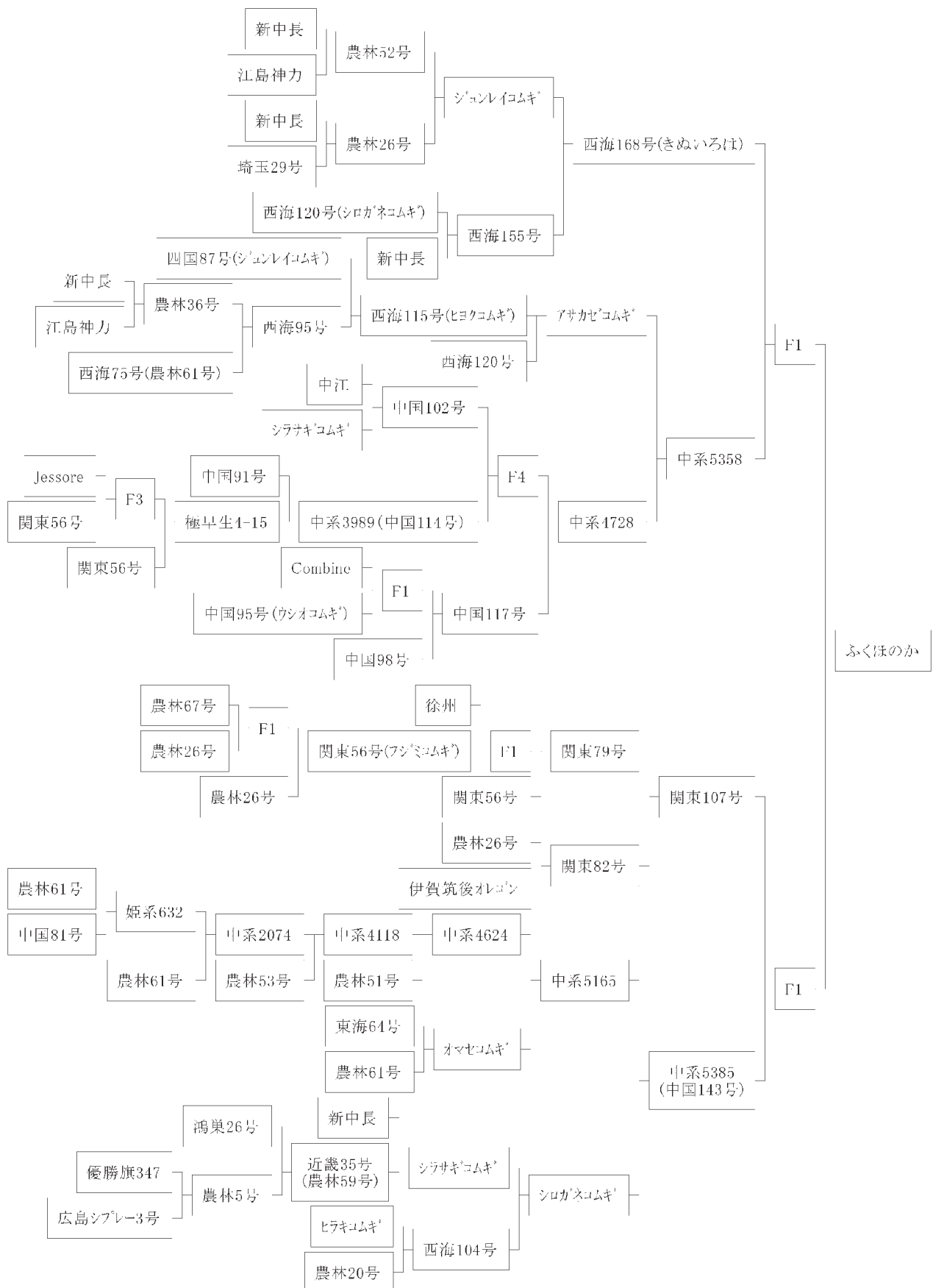
Ⅲ 品種特性

1 品種特性の調査方法

耐病性・障害耐性以外は、主として育成地（広島県福山市西深津町に所在する近畿中国四国農業研究センターの試験圃場）の生産力検定の結果に基づき、普及対象地域である兵庫県と岡山県の奨励品種決定調査の結果も加味して特性を評価した。育成地の生産力検定は、広幅条播栽培（条間70cm、播幅20cm、播種量140～150粒/m²）とドリル播栽培（条間21～25cm、播種量5～6.5g/m²）の2種類の栽培法で実施した。播種期は11月15日頃を目標としたが、年度により11月10～23日となった。施肥量（窒素－リン酸－カリの成分量g/m²）は年度により少々の変動があるが、基肥は概ね6.0－7.7－6.0、追肥（2月と3月の2回の合計量）は概ね5.0－3.5－4.5とした。実肥（開花期窒素追肥）は広幅条播栽培では施用せず、ドリル播栽培では窒素を2g/m²程度施用した。

品質分析には、育成地の生産力検定収穫物に加えて兵庫県と岡山県の奨励品種決定調査収穫物を供試した。品質の比較対照として、農林水産省食糧部から無償で分譲していただいたオーストラリア産小麦銘柄ASWと群馬県農業技術センターから無償で分譲していただいた群馬県産「農林61号」を供試した。ASWと群馬県産「農林61号」は全国の小麦育成地および麦類良質品種実用化・普及促進協議会で用いられている全国共通標準品である。

容積重はブラウエル穀粒計、硬度はSKCS4100で測定した。タンパク質（全窒素×5.70）は近赤外分析法、灰分は600℃燃焼法で測定し、いずれも水分13.5%換算した。製粉はビューラーテストミルMLU-202で行い、定法にしたがって60%粉を調整した。本報告中の「小麦粉」はすべて60%粉である。ミリングスコアは計算式 $100 - ((80 - \text{製粉歩留}) + 50 (\text{ストレート粉灰分} - 0.3))$ で計算される製粉性の指標で、値が大きいほど灰分が少なく上質の小麦粉が多く得られることを表し、優れている。小麦粉の色



第2表 固定度

品種名	系統番号	出穂期	稈長 (cm)		穂長 (cm)		穂数 (本/m ²)		調査 個体数
			平均	CV (%)	平均	CV (%)	平均	CV (%)	
ふくほのか	1	4月10日	78	3.2	10.2	7.0	12.3	21.5	35
	2	4月10日	80	4.0	10.1	6.1	10.3	30.2	33
	3	4月10日	81	4.6	10.4	8.8	11.1	30.6	29
	4	4月10日	81	4.4	10.0	6.8	12.1	21.6	29
	5	4月10日	79	3.6	10.4	7.6	12.8	18.8	28
	6	4月10日	78	4.2	10.3	6.5	11.5	26.9	27
	7	4月10日	78	3.8	10.3	7.9	10.1	29.2	30
	8	4月10日	78	3.5	10.0	8.7	11.7	28.8	34
	平均	4月10日	79	3.9	10.2	7.4	11.5	26.0	31
	系統間CV (%)			1.7		1.6		8.3	
(対照品種) シラサギコムギ	1	4月16日	86	4.1	8.1	8.0	8.5	24.1	36
	2	4月16日	85	3.9	8.0	7.1	8.8	23.8	35
	3	4月16日	84	3.2	7.9	7.3	8.4	20.6	36
	4	4月16日	87	3.4	8.1	7.1	9.9	21.4	36
	5	4月16日	84	3.5	7.9	7.3	8.4	22.1	29
	6	4月16日	88	4.3	8.3	6.9	9.1	28.3	32
	7	4月16日	90	4.4	8.5	8.2	10.1	30.2	27
	8	4月16日	91	4.6	8.4	6.5	8.0	19.8	31
	平均	4月16日	87	3.9	8.2	7.3	8.9	23.8	33
	系統間CV (%)			2.7		2.8		8.5	

栽培条件：畦幅70cm，条間12cm，2条千鳥点播

播種期：2004年11月4日

CV：変動係数（標準偏差/平均値）

は、育成地においては分光測色計（ミノルタ社製 CM-3500d）で測定し、 $L^*a^*b^*$ 表色系で表した。 L^* （明度）は高い方が良く、 a^* （赤色み）はくすみと相関が高いため低い方が良く、 b^* （黄色み）は中庸～やや高めが良いと評価されている。実需者（製粉会社）においては、小麦粉の色はカラーグレーダー（ティンズレー社IV型）で測定し、カラーグレーダーバリュー（CGV）で表した。CGVは低い方が良くと評価される。デンプンの糊化特性の指標である最高粘度とブレイクダウンはブラベンダー社製ビスコグラフで測定した。ファリノ吸水率と生地物性の強さを表すバロリメーターバリューはブラベンダー社製ファリノグラフで測定した。その他の項目の調査方法は必要に応じて各表の注に記載した。

年度は全て播種年度で表した。なお、品種登録出

願は2005年11月に行ったが、その時点では奨励品種採用県が無く、その後も奨励品種決定調査が継続されているので、品種登録出願後の試験成績も含めた。

品種特性の評価にあたっては、都府県で最も作付面積の多い「農林61号」、西日本で最も作付面積が多く、かつ「ふくほのか」の普及対象地域である兵庫県の奨励品種である「シロガネコムギ」、普及見込み地域である岡山県の奨励品種「シラサギコムギ」との比較を基本とし、必要に応じて他の品種・銘柄とも比較した。

2 生態的・形態的特性

「ふくほのか」は播性Ⅰの春播型で、叢性はやや直立し、株はやや開く（第3表、写真1）。出穂期と成熟期が「シロガネコムギ」並みの早生種で、

第3表 特性一覧

形質 番号	形質	ふくほのか		シロガネコムギ		シラサギコムギ		農林61号	
		階級	状態・区分	階級	状態・区分	階級	状態・区分	階級	状態・区分
1-1	叢性	4	やや直立	4	やや直立	4	やや直立	4	やや直立
1-2	株の開閉	6	やや開	6	やや開	6	やや開	5	中
1-3	鞘葉の色	1	無	1	無	1	無	1	無
2-4	稈長	5	中	4	短	6	やや長	6	やや長
2-5	稈の細太	6	やや太	6	やや太	6	やや太	5	中
2-6	稈の剛柔	6	やや剛	6	やや剛	5	中	5	中
2-7	稈のワックスの多少	4	やや少	4	やや少	3	少	4	やや少
3-8	葉色	5	中	5	中	4	やや淡	5	中
3-9	葉鞘のワックスの多少	4	やや少	4	やや少	4	やや少	4	やや少
3-10	葉鞘の毛の有無・多少	1	無～極少	1	無～極少	1	無～極少	1	無～極少
3-11	葉身の下垂度	6	やや大	6	やや大	6	やや大	5	中
3-12	フレッケンの有無・多少	2	かなり少	4	やや少	2	かなり少	3	少
4-13	穂型	2	紡錘状	2	紡錘状	2	紡錘状	2	紡錘状
4-14	穂長	6	やや長	6	中	4	やや短	5	中
4-15	粒着の粗密	4	やや疎	4	中	5	中	5	中
4-16	穂の抽出度	6	やや長	6	中	6	やや長	5	中
4-17	穂のワックスの多少	3	少	3	少	3	少	3	少
4-18	ふ毛の有無	1	無	1	無	1	無	1	無
4-19	葯の色	1	黄	1	黄	1	黄	1	黄
5-21	芒長	5	中	5	中	5	中	5	中
6-22	ふの色	2	黄	2	黄	2	黄	4	褐
7-23	粒の形	5	中	5	中	5	中	5	中
7-25	粒の色	4	褐	3	褐	4	褐	5	赤褐
8-27	粒の黒目の有無・多少	1	無～極少	3	無～極少	1	無～極少	1	無～極少
9-28	千粒重	5	中	4	中	6	やや大	5	中
9-29	容積重	5	中	5	やや大	5	中	5	中
10-30	原麦粒の見かけの品質	6	中上	6	中中	6	中上	5	中中
11-31	粗蛋白質含量	4	やや少	5	中	5	中	5	中
11-32	灰分含量	4	やや少	4	やや少	4	やや少	5	中
12-33	うるち・もちの別	1	うるち	1	うるち	1	うるち	1	うるち
13-34	播性の程度	1	I	2	II	2	II	2	II
14-35	茎立性	5	中	5	中	6	やや晩	5	中
15-36	出穂期	4	やや早	3	早	5	中	5	中
15-37	成熟期	4	やや早	3	早	4	やや早	5	中
17-43	耐湿性	5	中	5	中	5	中	5	中
18-45	耐倒伏性	6	やや強	7	強	5	中	5	中
19-46	穂発芽性	7	難	5	やや易	5	中	7	難
20-47	脱粒性	5	中	5	中	4	やや易	5	中
21-48	収量性	7	多	5	中	4	やや少	5	中
22-49	粒の硬軟	5	中	5	中	5	中	5	中
22-50	粒質	1	粉状質	1	粉状質	1	粉状質	1	粉状質
22-51	製粉歩留	6	やや高	6	やや高	6	やや高	5	中
22-52	ミリングスコア	7	高	6	やや高	6	やや高	5	中
22-53	60%粉粗蛋白質含量	4	やや少	5	中	5	中	5	中
22-54	60%粉灰分含量	3	少	4	やや少	4	やや少	5	中
22-55	60%粉アミロース含量	4	やや少	5	中	5	中	5	中
22-59	粉の明度	5	中	6	やや高	5	中	5	中
22-60	粉の赤色み	4	やや低	3	やや低	5	中	5	中
22-61	粉の黄色み	5	中	5	中	5	中	5	中
22-62	吸水率	5	中	4	中	5	中	5	中
22-63	バロリメーターバリュウ	4	やや低	4	やや低	4	やや低	5	中
22-68	最高粘度	8	かなり大	5	中	7	大	6	やや大
22-69	ブレークダウン	6	やや大	4	やや小	5	中	5	中

注) 平成9年度種苗特性分類調査報告書の基準³⁾による。病害抵抗性は省略(第6表参照)。

「農林61号」と比べると出穂期が4日、成熟期が3日早い（第4表、第5表）。岡山県の奨励品種「シラサギコムギ」と比較すると、育成地では出穂が4～5日早いものの成熟期は同程度である（第4表、第5表）が、岡山県では「シラサギコムギ」より成熟が5日早い（第15表）。ふの色は「シロガネコムギ」や「シラサギコムギ」と同じ“黄”（白ふ）で、芒長は“中”である（第3表、写真1）。稈長は「シロガネコムギ」より10cm余り長く、「農林61号」や「シラサギコムギ」より5cm前後短い（第4表、第5表）。耐倒伏性は「シロガネコムギ」より弱く、「農林61号」より強い（第4表、第5表）。

3 収量性と原麦品質

「ふくほのか」の収量は、「シロガネコムギ」や「シラサギコムギ」と比べて10～12%多く、「農林61号」と比べて約4%多い（第4表、第5表）。兵庫県においては奨励品種「シロガネコムギ」と比べて約16%、岡山県においては奨励品種「シラサギコムギ」と比べて約10%多収である（第13表、第15表）。

その他の府県においても、それぞれの府県の奨励品種と比べて概ね多収である（第12表）。

容積重には明瞭な品種間差が認められない（第4表、第5表、第13表、第15表）。千粒重は「シロガネコムギ」より大きく、「シラサギコムギ」や「農林61号」よりよりわずかに小さい（第4表、第5表、第13表、第15表）。

タンパク質含有率は低く、灰分含有率は「シロガネコムギ」や「シラサギコムギ」と同程度で「農林61号」より低い（第4表、第5表、第13表、第15表）。硬度は、硬質小麦が一般的に50～70程度である（データ省略）のに対し、「ふくほのか」は「シロガネコムギ」や「シラサギコムギ」、「農林61号」と大差が無く軟質である（第4表、第5表）。

4 耐病性・障害耐性

耐病性等の特性検定結果を第6表に示した。「ふくほのか」は穂発芽性が難で赤さび病（近畿中国地域のレース）に強く、赤かび病抵抗性は「農林61号」などと同程度の“中”、うどんこ病抵抗性は“弱”

第4表 生産力検定試験（広幅条播）における生育・収量

品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 程度	子実重 (kg/a)	対標準 比(%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	原麦 硬度	原麦タン パク質(%)	原麦灰 分(%)
ふくほのか	4.14	6.02	88	8.8	448	0.9	49.9	110	805	37.7	20	8.5	1.59
ふくさやか	4.15	6.02	82	8.9	403	0.0	44.6	98	808	34.6	16	9.0	1.56
チクゴイズミ	4.15	6.02	87	8.7	444	0.9	51.3	113	812	40.5	18	8.1	1.57
シロガネコムギ	4.15	6.02	77	8.7	448	0.1	45.5	100	817	36.4	20	9.3	1.58
シラサギコムギ	4.19	6.02	93	8.0	379	0.9	44.1	98	807	39.5	18	9.3	1.59
農林61号	4.18	6.05	91	8.6	463	1.9	47.7	106	812	38.7	25	8.6	1.70

注) 1998～2008年度の平均。倒伏程度は0無～5甚。

第5表 生産力検定試験（ドリル播）における生育・収量

品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 程度	子実重 (kg/a)	対標準 比(%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	原麦 硬度	原麦タン パク質(%)	原麦灰 分(%)
ふくほのか	4.14	6.02	86	9.2	396	0.4	53.3	112	817	39.1	25	9.0	1.63
ふくさやか	4.14	6.01	82	9.2	412	0.1	50.1	105	824	35.1	20	9.7	1.65
チクゴイズミ	4.14	6.01	87	9.1	413	0.4	54.6	115	820	41.6	19	8.7	1.61
シロガネコムギ	4.14	6.02	74	8.8	432	0.0	47.7	100	827	36.7	23	9.9	1.66
シラサギコムギ	4.18	6.01	93	8.2	367	0.6	47.9	101	814	40.6	20	10.0	1.64
農林61号	4.18	6.05	90	9.1	424	1.6	51.5	108	821	40.0	26	9.2	1.67

注) 2001～2005、2008年度の平均。倒伏程度は0無～5甚。

第6表 特性検定試験成績

品種名	播性	赤さび病	うどんこ病	赤かび病	穂発芽性	フレッケン
ふくほのか	I	強	弱	中	難	かなり少
ふくさやか	II	やや弱	やや弱	中	中	やや多
チクゴイズミ	I	強	弱	中	難	少
シロガネコムギ	II	弱	中	中	やや易	やや多
シラサギコムギ	II	やや弱	やや強	中	難	多
農林61号	II	中	中	中	難	やや多
試験地 (年度)	近中四農研 (1998 ～2008)	近中四農研 (2003, 2004, 2007)	長崎 (1998～ 2000), 近中 四農研 (1998, 2001, 2004～ 2007)	鹿児島 (1998 ～2000), 九州研 (1999), 奨励各県 (1999～2004)	近中四農研 (1998～2008)	近中四農研 (1998, 1999, 2004, 2006, 2007)

注) 各特性の階級区分は「平成9年度種苗特性分類調査報告書」の基準に従った。

「ふくほのか」は品種登録時の特性階級区分と一致するが、その他の品種は品種登録上の特性階級区分と一致しない部分がある。

赤さび病に対しては、奨励品種決定調査結果（データ省略）によると、近畿では近中四農研と同様の抵抗性を示すが、東日本では「ふくほのか」は強くない。

である。フレッケン（葉身の淡黄色斑点）はほとんど発生しない。「ふくほのか」の普及見込み地域である近畿中国地域においては、山口県を除いてうどんこ病は発生していない（奨励品種決定調査結果、データ省略）。奨励品種決定調査結果（データ省略）から見て、「ふくほのか」の赤さび病抵抗性は近畿中国地域においては強いが、東日本のレースに対しては強くないと思われる。萎縮病は、「ふくほのか」も標準・比較品種も発生しなかったため、抵抗性程度が不明である。

5 製粉性

従来の西日本の品種の中では「シラサギコムギ」が最も製粉歩留が高かったが、「ふくほのか」は製

粉歩留が「シラサギコムギ」より高く、ASWに近い。「ふくほのか」は小麦粉灰分がASWより低いため、ミリングスコアはASWより高い（第7表、第10表、第15表）。

6 小麦粉品質

アミロース含有率は「シロガネコムギ」や「シラサギコムギ」、「農林61号」よりやや低くて「チクゴイズミ」よりやや高く、ASWと同程度の「やや低アミロース」である（第8表）。そのためアミログラムの最高粘度とブレイクダウンが大きい（第8表）。小麦粉とめんの色は「農林61号」より優れるものの「シロガネコムギ」より劣る（第8表、第9表、第10表、第11表）。生地物性の指標であるバロ

第7表 原麦品質と製粉性

品種名	タンパク質(%)	灰分(%)	硬度	製粉歩留(%)	ミリングスコア
ふくほのか	8.4	1.60	20	71.5	85.7
ふくさやか	9.0	1.56	16	70.5	83.6
チクゴイズミ	8.1	1.58	18	67.9	83.0
シロガネコムギ	9.2	1.59	20	68.7	81.9
シラサギコムギ	9.2	1.59	18	71.0	84.1
農林61号	8.6	1.71	25	67.5	80.3
ASW	10.2	1.26	47	71.5	83.0

注) 1999～2008年度の平均。

ASW以外は生産力検定（広幅条播）の収穫物。

第8表 小麦粉品質

品種名	タンパク質 (%)	灰分 (%)	明度 L*	赤色み a*	黄色み b*	アミロース (%)	最高粘度 (BU)	ブレークダ ウン(BU)	ファリノ吸 水率(%)	バリロメー ターバリュー
ふくほのか	7.4	0.39	89.1	-1.79	15.9	22.1	1066	342	53.6	35
ふくさやか	7.8	0.41	89.4	-1.98	15.9	23.5	836	131	52.2	31
チクゴイズミ	7.0	0.38	88.9	-2.00	16.5	20.3	1155	521	52.0	36
シロガネコムギ	7.8	0.41	89.4	-1.84	15.2	23.8	835	124	53.4	33
シラサギコムギ	8.1	0.41	89.2	-1.69	14.9	23.6	927	163	54.4	34
農林61号	7.6	0.42	88.9	-1.65	15.3	23.6	827	165	53.7	37
ASW	9.2	0.44	89.4	-1.83	15.3	22.1	848	238	55.5	55

注) 1999～2008年度の平均。
ASW以外は生産力検定（広幅条播）の収穫物。

第9表 うどん官能評価試験の評点

品種名	色 (20)	外観 (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
			硬さ(10)	粘弾性(25)	滑らかさ(15)		
ふくほのか	15.0	10.8	7.5	19.2	12.1	10.9	75.4
ふくさやか	16.9	10.9	7.4	18.3	11.1	10.7	75.4
シロガネコムギ	15.9	11.2	7.2	17.9	11.0	10.4	73.6
シラサギコムギ	14.8	10.6	7.2	17.1	11.3	10.3	71.2
農林61号	13.8	10.2	6.8	17.1	10.3	10.2	68.3
ASW	17.9	12.0	7.8	19.3	11.8	11.2	80.1

注) () 内の数値は配点。2001～2005年度の平均。
ASW以外は生産力検定（広幅条播）の収穫物。
評価者は近中四農研の職員10～18名。
標準品種は、2001年はシラサギコムギ、2002年は農林61号、2003～2005年はふくさやかで、標準品種の評点を配点の7割とした相対評価。

第10表 実需者による品質評価成績（その1）

品種名	原麦				製粉性		小麦粉			
	灰分 (%)	タンパク 質(%)	容積重 (g/L)	フォーリング ナンバー	製粉歩留 (%)	ミリング スコア	灰分 (%)	タンパク 質(%)	色調 CGV	最高粘度 (BU)
ふくほのか	1.56	9.0	814	352	67.1	84.4	0.34	7.6	-1.3	985
ふくさやか	1.56	9.5	815	358	65.4	82.8	0.34	7.8	-1.7	873
シラサギコムギ	1.55	10.0	818	379	66.8	83.2	0.36	8.3	-1.3	900
農林61号	1.70	8.9	832	349	64.2	80.6	0.36	7.5	-0.4	760
ASW	1.21	10.5	845	414	69.3	84.3	0.40	9.2	-1.7	715

注) 1999～2002年度の平均。
ASWと農林61号以外は生産力検定（ドリル播）の収穫物。
農林61号は群馬県産（全国共通標準品）。
容積重とフォーリングナンバーは近中四農研で測定し、その他は日清製粉株式会社岡山工場で分析した。

第11表 実需者による品質評価成績（その2）

品種名	ゆで時間 (分)	うどん官能評価						
		色 (20)	外観 (15)	食 感			食味 (15)	合計 (100)
				硬さ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)		
ふくほのか	18	14.8	11.2	7.2	18.9	11.2	10.7	74.0
ふくさやか	18	16.2	11.2	7.3	18.0	10.8	10.7	74.2
シラサギコムギ	18	15.0	10.4	6.9	16.7	10.3	10.4	69.7
農林61号	19	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
ASW	19	18.4	11.9	8.0	20.8	12.2	11.5	82.7

注) () 内の数値は配点。1999～2002年度の平均。
ASWと群馬県産農林61号以外は生産力検定（ドリル播）の収穫物。
農林61号は群馬県産（全国共通標準品）。
日清製粉株式会社岡山工場で評価した。
群馬県産農林61号を標準（配点の7割）とした相対評価。

リメーターバリューは「シロガネコムギ」よりやや強いものの大差はなく、“中力”である(第8表)。ゆでめんの官能評価は、食感の評点が高く、合計点が同一産地の「農林61号」と比べて約7点、群馬県産「農林61号」と比べて4～5.4点高い(第9表、第11表、第16表)。

Ⅳ 普及見込みと栽培上の注意点

奨励品種決定調査の結果(第12表)を見ると、関東から九州までの温暖地・暖地のほとんどの府県において多収を示す。したがって温暖地・暖地の平坦地に適すると思われるが、パン用硬質品種や菓子用

通常アミロース品種、秋播型品種などが求められるようになったことも影響し、兵庫県と岡山県以外においては2007年度までに奨励品種決定調査を打ち切った。現在、兵庫県と岡山県において普及が見込まれている。

兵庫県における試験成績を第13表と第14表、岡山県における試験成績を第15表と第16表に示した。いずれの県においても「ふくほのか」を有望視した最大の理由は多収である²⁾。それに加えて製粉性と製めん適性が優れ、また岡山県においては「シラサギコムギ」より早熟であることも重要視された。岡山県で「ふくほのか」が「シラサギコムギ」より5日程度早熟であることを除けば、兵庫県と岡山県の試

第12表 奨励品種決定調査における収量対標準比(%)と有望度

試験地	標準品種	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
茨城	農林61号		137△	106×						
栃木	農林61号	108△	110△	113△	119△※					
群馬	つるびかり		95×							
群馬東部	農林61号				99△					
埼玉	農林61号		104△	106△	110△※					
千葉	農林61号		113△	71△	114△	123※				
岐阜	農林61号		115△							
愛知	農林61号		108△	109○△	116※					
三重	農林61号		116△	124△	86×					
滋賀	農林61号			114△	110△	106※				
滋賀湖北	農林61号		143○	89△	98△	105△	121※			
京都	農林61号			104△	110△	115○	97△	124※		
兵庫	シロガネコムギ		103△	114○	101○	103△	114◎	98◎	117奨	
奈良	きぬいろは	91×△								
鳥取	農林61号		114△	98△	108×					
島根	農林61号	103△	98△	97△	106○	92※				
岡山	シラサギコムギ		132△○	112△○	120○	110△○	115△○	126○	113○	108◎
広島	シラサギコムギ	111△○	120△○	132※						
山口	チクゴイズミ	93△	98○	101×						
山口徳佐	チクゴイズミ	140△	101△	115×						
徳島	チクゴイズミ			110○	114△	107△	99△	100※		
香川	チクゴイズミ	92△	93△	91×						
愛媛	チクゴイズミ			99△	102○△	98○	102○	100○△	100○△	105※
高知	シロガネコムギ			142△	103△	127※				
福岡	農林61号	115×								
佐賀	シロガネコムギ		108×							
長崎	シロガネコムギ			107△	138△	107×				
熊本	シロガネコムギ		115△	105△	107△	113○	111※			
大分	農林61号		93△	116×						
宮崎	ニシカゼコムギ			117△○	103△○	102△	159△○	118△○	138※	
鹿児島	アイラコムギ			113△	101△	104※				

注) 奨: 奨励品種採用 ◎: ごく有望 ○: 有望 △: 再検討 ×: 打ち切り ※: 特性把握につき終了
2008年以降も岡山県では調査継続中であるが記載を省略した。
栽培条件が複数(たとえば標肥と多肥, 全面全層播とドリル播)ある場合は, それらの平均値を記載した。

第13表 兵庫県における奨励品種決定調査および実需者品質評価成績（その1）

品種名	栽培試験		原麦				製粉性		小麦粉		
	成熟期 (月.日)	子実重 (kg/a)	灰分 (%)	タンパク 質 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	製粉歩留 (%)	ミリング スコア	灰分 (%)	タンパク 質 (%)	最高粘度 (BU)
ふくほのか	6.05	53.4	1.41	9.4	815	35.0	70.9	88.9	0.34	7.9	988
シロガネコムギ	6.04	46.2	1.42	11.0	815	33.2	67.0	84.3	0.35	9.1	793

注) 2002～2005年度の平均。

兵庫県農業技術センター内で奨励品種決定調査を実施し、その収穫物を品質評価に供試した。
容積重は近中四農研で測定し、その他の品質は兵庫県製粉協会で分析した。

第14表 兵庫県における実需者品質評価成績（その2）

品種名	ゆで時間 (分)	うどん官能評価						
		色 (20)	外観 (15)	食 感			食味 (15)	合計 (100)
				硬さ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)		
ふくほのか	16.8	14.8	8.0	5.6	17.8	11.1	11.0	68.3
シロガネコムギ	18.0	14.1	9.6	6.0	15.9	9.7	10.3	65.5

注) () 内の数値は配点。2002～2005年度の平均。

兵庫県農業技術センター奨励品種決定調査の収穫物を供試し、兵庫県製粉協会で評価した。
2002年は群馬県産農林61号を標準（配点の7割）とし、2003～2005年はASWを標準（配点の8割）とした相対評価。
群馬県産農林61号とASWは全国共通標準品ではなく、兵庫県製粉協会提供品を用いた。

第15表 岡山県における奨励品種決定調査現地試験および実需者品質評価成績（その1）

品種名	栽培試験		原麦					製粉性		小麦粉	
	成熟期 (月.日)	子実重 (kg/a)	灰分 (%)	タンパク 質 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	フォーリン グナンパー	製粉歩留 (%)	ミリング スコア	灰分 (%)	タンパク 質 (%)
ふくほのか	6.04	49.2	1.56	8.3	822	35.5	351	67.2	84.9	0.34	7.1
シラサギコムギ	6.09	44.9	1.59	9.1	812	35.9	366	66.2	82.8	0.35	7.6
農林61号	－	－	1.72	8.5	838	36.8	347	62.1	78.7	0.37	7.3
ホクシン	－	－	1.58	11.2	846	37.5	406	68.6	82.6	0.40	9.5
ASW	－	－	1.26	10.2	850	39.2	407	68.9	83.8	0.39	9.2

注) 2002～2008年度の平均。ただしホクシンは2005～2008年度の平均。

ふくほのかとシラサギコムギは岡山県奨励品種決定調査現地試験（岡山市西大寺）の収穫物。
農林61号は群馬県産（全国共通標準品）、ホクシンは北海道産（日清製粉提供）。
容積重とフォーリングナンパーは近中四農研で測定し、その他の品質は日清製粉株式会社岡山工場で分析した。

第16表 岡山県における実需者品質評価成績（その2）

品種名	小麦粉			うどん官能評価						
	色調 CGV	最高粘度 (BU)	ゆで時間 (分)	色 (20)	外観 (15)	食感			食味 (15)	合計 (100)
						硬さ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)		
ふくほのか	-1.4	1126	19.3	15.6	10.9	7.2	19.3	11.7	10.8	75.4
シラサギコムギ	-1.6	969	19.7	14.7	11.1	7.2	17.7	10.6	10.5	71.8
農林61号	-0.9	897	19.7	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
ホクシン	0.2	1021	19.8	12.1	10.9	7.5	19.9	11.6	10.8	72.7
ASW	-1.9	761	19.6	17.2	12.1	7.9	20.9	12.4	11.6	82.0

注) うどん官能評価の () 内の数値は配点。

2002～2008年度の平均。ただしホクシンは2005～2008年度の平均。
ふくほのかとシラサギコムギは岡山県奨励品種決定調査現地試験（岡山市西大寺）の収穫物。
農林61号は群馬県産（全国共通標準品）、ホクシンは北海道産（日清製粉提供）。
日清製粉株式会社岡山工場で評価した。
うどん官能評価は群馬県産農林61号を標準（配点の7割）とした相対評価。

験成績は育成地における試験成績とほぼ同じ傾向である。

同一栽培条件下で品種比較をすると収量とタンパク質含有率は反比例し、ふくほのかは多収であるためタンパク質含有率が低くなりがちである。タンパク質含有率が低いと、アミロース含有率がやや低いこととも相まって、ゆでめんが軟らかくなりやすい。用途に適したタンパク質含有率になるよう、必要に応じて実肥（出穂10日後の窒素追肥）を施用することが望ましい。出穂10日後（開花期）に窒素肥料を成分量で2～2.5kg/10a施すと子実のタンパク質含有率が約1%高まる⁴⁾。

V 考 察

西日本で最も作付面積が多い「シロガネコムギ」は早生・短稈であるが、収量性は高くない。それに対し「ふくほのか」と「チクゴイズミ」は「シロガネコムギ」より1割以上多収であり、「農林61号」と比べてもやや多収である。多収であることが、奨励品種採用の最大の要因となっている。「ふくほのか」と「チクゴイズミ」は収量性の面ではよく似た品種であり、どちらも株が開き葉が垂れ、稈長がやや長く、植物体が大きいという特徴がある。この特徴が多収の要因と考えられるが、それと同時に倒伏しやすいという問題も抱えている。育成地の生産力検定では「シロガネコムギ」は倒伏しないが、「ふくほのか」と「チクゴイズミ」は「農林61号」ほどではないものの時々倒伏する。兵庫県と岡山県の奨励品種決定調査においても多肥栽培では1（微）程度の倒伏が見られる。兵庫県と岡山県の小麦産地においては育成地の生産力検定と比べて生育量が小さく倒伏の危険性が低い圃場が多いため「ふくほのか」の倒伏は問題になっていないが、今後の品種育成においては収量性とともな耐倒伏性の強化を図ることが必要である。

「ふくほのか」の小麦粉とうどんの色は、「農林61号」よりは優れるものの「ふくさやか」や「シロガネコムギ」より劣る。一方「ふくさやか」と「シロガネコムギ」は、穂発芽性が「ふくほのか」や「農林61号」より易である。今のところ、小麦粉とうどんの色が「ふくさやか」並に優れ、かつ穂発芽

性が「ふくほのか」や「農林61号」並に難の西日本向けの品種は育成できていない。「ふくさやか」並に色が優れ、「ふくほのか」並に穂発芽性が難の品種の育成が今後の課題である。

「ふくほのか」の命名登録と奨励品種採用にあたっては、兵庫県小野市の取り組みが大きな力となった。小野市では「ふくほのか」が命名登録される前から、製めん適性が高く多収であることに着目して、小野市農産物特産品開発委員会が中心となって「ふくほのか」（当時は「中国151号」）の試作に取り組んできた。その取り組みが原動力となって、奨励品種採用より前に命名登録と品種登録出願を行った。命名登録後は、しょうゆ産地である兵庫県龍野地域で実肥施用により高タンパク質化した「ふくほのか」を使ったしょうゆ、兵庫県産小麦を使用した播州手延そうめん揖保乃糸、兵庫県産ふくほのか地粉うどん、岡山県津山産ふくほのかを使用した津山ロール、岡山県備前長船産ふくほのかを使用したうどんなど、各地で独自の取り組みが行われた。このような取り組みが奨励品種採用と普及促進の後押しとなった²⁾。

VI 摘 要

小麦品種「ふくほのか」（旧系統名「中国151号」）は、中国農業試験場（現・近畿中国四国農業研究センター）において1991年4月に「西海168号/中系5358」のF₁を母親、「関東107号/中系5385」のF₁を父親とする交配を行い、その後代から派生系統育種法により育成され、2005年12月に小麦農林164号「ふくほのか」として命名登録された。それと同時に品種登録出願し、2009年9月28日に登録された（登録番号第18496号）。

「ふくほのか」は播性Ⅰの春播型で、出穂期と成熟期が「シロガネコムギ」並みに早く、「農林61号」と比べると出穂が4日、成熟が3日早い。稈長は「シロガネコムギ」より10cm余り長く、「農林61号」や「シラサギコムギ」より5cm前後短い。穂発芽と赤さび病（近畿中国地域のレース）に強く、赤かび病抵抗性は「農林61号」と同程度の“中”，うどんこ病抵抗性は“弱”である。フレッケン（葉身の淡黄色斑点）はほとんど発生しない。収量は「シロ

ガネコムギ」や「シラサギコムギ」と比べて約1割多い。

「ふくほのか」は製粉歩留とミリングスコアが高く、やや低アミロースの軟質・中力の品種である。小麦粉の色は「農林61号」より優れるが「シロガネコムギ」よりやや劣る。うどんの官能評価は食感の評点が高く、合計点が「農林61号」より4～7点高い。

「ふくほのか」の栽培適地は温暖地・暖地の平坦地で、兵庫県と岡山県で作付けが始まっている。「ふくほのか」は多収のためタンパク質含有率が低くなりがちである。したがって実肥の施用等、用途に適したタンパク質含有率になるような栽培管理が必要である。

引用文献

- 1) 石川直幸・長嶺敬・谷中美貴子・高山敏之・田谷省三・甲斐由美・谷尾昌彦・佐藤淳一・村上泰臣・住田哲也 2005. 製麺適性の優れる早生・短稈小麦新品種「ふくさやか」の育成. 近中四農研報 4:25-37.
- 2) 澤田富雄・三好昭宏 2007. 小麦品種「ふくほのか」の兵庫県における栽培・加工特性. 兵庫県

農技総セ研報（農業） 55:1-4.

- 3) 社団法人農林水産技術情報協会 1998. 平成9年度種苗特性分類調査報告書. 社団法人農林水産技術情報協会, 東京. 4-26.
- 4) Takayama, T., N. Ishikawa and S. Taya 2006. The effect to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. JARQ 40:291-297.
- 5) 田谷省三・塔野岡卓司・関昌子・平将人・堤忠広・氏原和人・佐々木昭博・吉川亮・藤田雅也・谷口義則・坂智広 2003. 小麦品種「イワイノダイチ」の育成. 九沖農研報告 42:1-18.
- 6) 氏原和人・藤田雅也・吉川亮・谷口義則 1995. 小麦品種「チクゴイズミ」の育成. 九州農試報告 28:195-217.
- 7) 氏原和人・野中舜二・藤田雅也・吉川亮・田谷省三・山口勲夫・谷口義則・荒木均・新本英二 1995. 小麦品種「きぬいろは」の育成. 九州農試報告 28:279-296.

付表 育成従事者

播種年度 世 代	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
試 験 名	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄
				徳 選抜	系統 選抜	系統 選抜	予検	生検 特検	生検 特検 系適	生検 特検 奨決	生検 特検 奨決	生検 特検 奨決	生検 特検 奨決	生検 特検 奨決	生検 特検 奨決
石川直幸									○						
高田兼則													○	○	○
谷中美貴子												○			
長嶺 敬							○	○	○	○	○	○	○	○	○
高山敏之			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
田谷省三	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
甲斐由美							○	○	○	○	○	○	○	○	○
谷尾昌彦	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
佐藤淳一	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) 播種年度は、当該年の10月から翌年の9月までとした。
上記の他に、業務第1科職員が従事した。

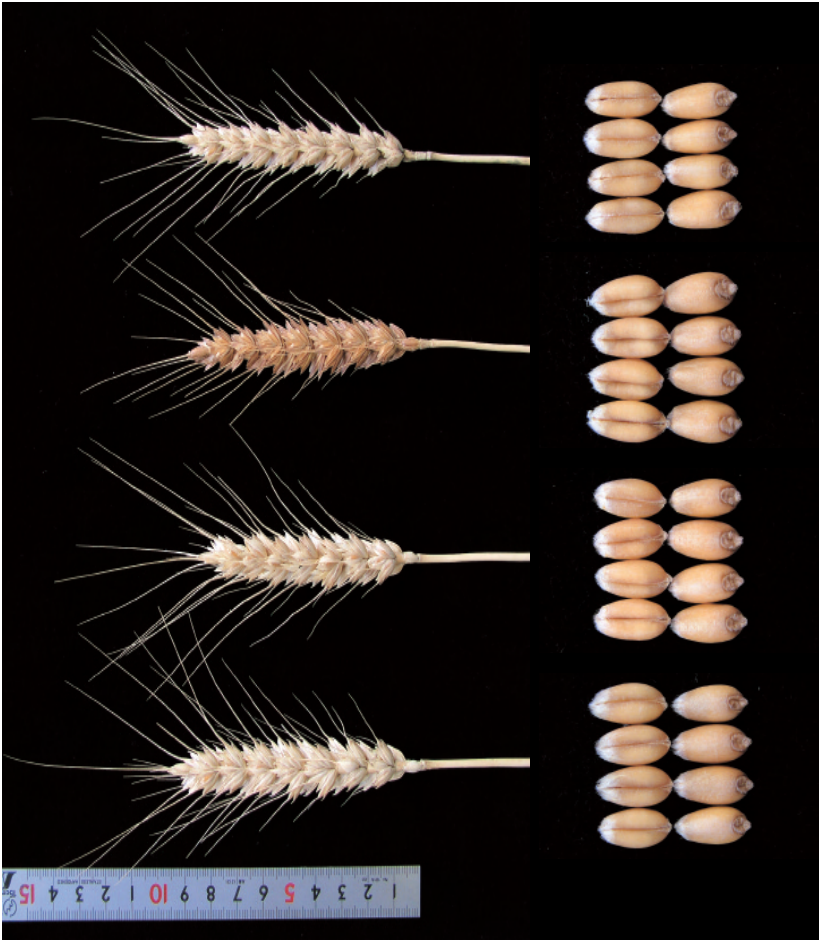


ふくほのか

シラサギコムギ

農林61号

シロガネコムギ



ふくほのか

シラサギコムギ

農林61号

シロガネコムギ

写真1 株 (左), 穂 (右上), 子実 (右下)

New Wheat Cultivar “Fukuhonoka” with High Yield, High Milling Performance and Excellent Noodle Texture

Naoyuki ISHIKAWA, Kanenori TAKATA, Mikiko YANAKA,
Takashi NAGAMINE¹, Toshiyuki TAKAYAMA², Shozo TAYA³, Yumi KAR⁴,
Masahiko TANIO⁵ and Jun-ichi SATO³

Key words: wheat, cultivar, milling performance, noodle texture, breeding

Summary

New soft red wheat cultivar “Fukuhonoka” was selected from the cross Saikai 168 / Chuhei 5358 // Kanto 107 / Chuhei 5385 which was made in 1991 at Chugoku National Agricultural Experiment Station (present National Agricultural Research Center for Western Region). “Fukuhonoka” was registered as “Wheat Norin 164” in December 2005 and registered under the Seeds and Seedlings Act in September 2009 by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

“Fukuhonoka” is spring type, maturing as early as “Shiroganekomugi”, three days earlier than “Norin 61”. Culm length is 10 cm longer than “Shiroganekomugi”, 5 cm shorter than “Norin 61” and “Shirasagikomugi”. “Fukuhonoka” is resistant to pre-harvest sprouting and leaf rust, moderately resistant to scab as “Norin 61”, susceptible to powdery mildew. Leaf flecking is very rare. Its yield is about 10 percent higher than “Shiroganekomugi” and “Shirasagikomugi”.

Flour yield and milling score are very high, amylose content is moderately low, dough strength is medium, and flour color is brighter than “Norin 61” but not as good as “Shiroganekomugi”. Noodle texture is excellent and sensory score of noodle is higher than “Norin 61”.

“Fukuhonoka” is adapted well to flatlands of western Japan, and now cultivated in Hyogo and Okayama Prefectures. Protein content of “Fukuhonoka” tends to be low because of its high yield, so manuring practice to adjust protein content is important.

Wheat Research Group

¹ Barley Research Team

² Tochi Prefectural Agricultural Experiment Station

³ Ex-Chugoku National Agricultural Experiment Station

⁴ National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region

⁵ National Agricultural Research Center

良質で食味がすぐれる温暖地西部向き低アミロース 水稻品種「姫ごのみ」の育成

飯田修一・出田 収・松下 景・春原嘉弘¹・根本 博¹・前田英郎¹・石井卓朗・田村泰章²

Key words : rice, cultivar, low amylose, middle late maturing, Himegonomi

目 次

I 緒 言	69	5 病害その他抵抗性	77
II 育成経過	70	6 現地圃場における生育調査結果	78
1 来歴	70	IV 栽培適地および栽培上の留意点	83
2 選抜の経過	70	1 栽培適地	83
III 特性の概要	70	2 栽培上の留意点	83
1 一般特性	70	V 命名の由来および育成従事者	83
2 玄米の外観形質および収量性	72	VI 摘 要	84
3 奨励品種決定基本調査成績	76	引用文献	85
4 搗精試験, 成分分析および食味試験	76	Summary	86

I 緒 言

低アミロース米は、玄米中のアミロース含有率がウルチ米とモチ米の中間の含有率（5～15%）を持つ米である。このため炊飯した時の米の粘りが強く食味が良好とされる。また、炊きたて時の食味が良いだけでなく冷えても硬くなりにくい特性があり⁶⁾、弁当用白米、おにぎりに向くとされている⁹⁾。また、単品利用だけでなくブレンド利用としても使用されている⁹⁾。このような特性があることから、この特性を知っている消費者に人気が高く、生産量もウルチ米より比較的少ないことから高値で販売されている。温暖地西部の生産者の中には、このように粘りがあって柔らかく冷めても食味が低下しにくい低アミロース米を経営の柱の1つとして作付けしたいという強い要望がある。これまで、低アミロース米として、北海道向けに「彩」¹²⁾、「あやひめ」⁷⁾「はな

ぶさ」²⁾、「おほろづき」¹⁾、東北地方面向けに「スノーパール」⁴⁾、北陸地方面向けに「ソフト158」¹⁵⁾、温暖地東部向けに「ミルキークイーン」⁵⁾、「ミルキープリンセス」¹⁰⁾、暖地向きに「柔小町」⁸⁾等の多くの品種が育成されている。その中でも広く普及している「ミルキークイーン」は温暖地西部では早生の熟期のため、主に中山間地域で作付けされている。近畿、中国、四国地域の15府県のうち9府県で産地品種銘柄に設定されており、この地域で農産物検査を受けた平成21年産米の数量も1,500tに上がっており（平成22年9月30日現在速報値）、これから推定して少なくとも300ha以上の作付けがあるものと思われる。ところが、「ミルキークイーン」は平坦部で栽培すると出穂が早すぎて雀害を受けやすく、また登熟期が高温となるため、品質が悪くなりやすい問題がある。平坦部では、晩生の「柔小町」が低アミロース米として作付けされたこともあるが、出穂が晩生にすぎることと品質が劣ることから販売上不

（平成22年7月22日受付，平成22年12月15日受理）
低コスト稲育種研究近中四サブチーム・稲マーカー育種研究チーム

¹ 現 作物研究所

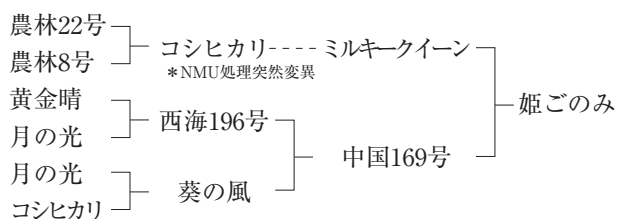
² 現 九州沖縄農業研究センター

利となったため、作付けが一時増えたものの最近では減少している。このように、これまで温暖地西部の平坦地域の栽培に適した中生熟期で品質の良い低アミロース米品種は存在しなかった。近畿中国四国農業研究センターでは、普通期栽培で中生の晩の熟期で品質の良い低アミロース系統「中国192号」を奨励品種決定基本調査に供試するとともに、瀬戸内平坦部に属する岡山県瀬戸内市、中山間地域に属する津山市での現地圃場にて地域適応性の検討を行った。その結果、「中国192号」は瀬戸内平坦部のみならず中山間地域でも優れた食味特性と栽培特性を示すことが認められ、2010年4月に品種「姫ごのみ」として品種登録申請を行った。ここでは本品種の来歴、育成経過、特性などについて報告する。本品種の特性検定試験および奨励品種決定基本調査の実施にあたっては、関係各県の農業試験場から多大のご協力をいただいた。また、育成地での試験では、近畿中国四国農業研究センター研究支援センター職員、各種特性検定試験においては契約職員の多大なご協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

Ⅱ 育成経過

1 来歴

「姫ごのみ」の系譜を第1図に示す。中～晩生の熟期の低アミロース品種の育成を目標として、低アミロース品種「ミルキークイーン」を母本として選定し、中生の熟期で、良質、良食味の梗系統「中国169号」を父本として交配を行った。米のアミロース含有率は登熟期間の温度による影響を受けやすく、高温では低下するが、「ミルキークイーン」は低アミロース遺伝子の中では比較的温度的影響を受けにくい低アミロース遺伝子 *wx-mq* を保持している³⁾。この *wx-mq* については、ニトロソメチルウレアを用いた突然変異処理により *wx* 遺伝子座の対立



第1図 「姫ごのみ」の系譜

遺伝子として生じた突然変異遺伝子であることが判明している¹¹⁾。*wx-mq*を持つ系統において、出穂後30日間の平均気温を低温区、中温区、高温区としてそれぞれを経過させた場合のアミロース含有率の変化は5～12%の範囲に収まり、その他の低アミロース遺伝子による変動より小さかったと報告されている¹³⁾。登熟気温の年による変動が、アミロース含有率に大きく影響することは販売上問題であり、できるだけアミロース含有率が一定になるような低アミロース遺伝子を利用することが望ましい。*wx-mq*のこの形質が近年明らかになったので、本組合せを実用性が高い低アミロース遺伝子をもつ育成材料として、選抜を実施してきたものである。

2 選抜の経過

「姫ごのみ」の選抜経過を第1表、育成系統図を第2図に示す。1999年に中国農業試験場（現近畿中国四国農業研究センター）において、人工交配を行い、87粒の交配種子を得た。同年冬期に温室内でF₁を養成し、2000年に圃場でF₂世代、2001年には国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点（旧沖縄支所）でF₃～F₄世代の養成を行った。2002年（F₅）には普通期移植栽培で個体選抜を行い、早期移植栽培で2003年（F₆）に系統選抜を行い、以降普通期移植栽培により選抜・固定を図ってきた。2004年（F₇）は系統番号「04予Ⅱ-27」、2005年（F₈）は系統番号「中系2855」を付して生産力検定試験・系統適応性検定試験に供試してきた。2006年（F₉）以降は系統名「中国192号」を付して関係府県に配付し、奨励品種決定調査に供試してきた。2009年度の世代は雑種第12代である。

Ⅲ 特性の概要

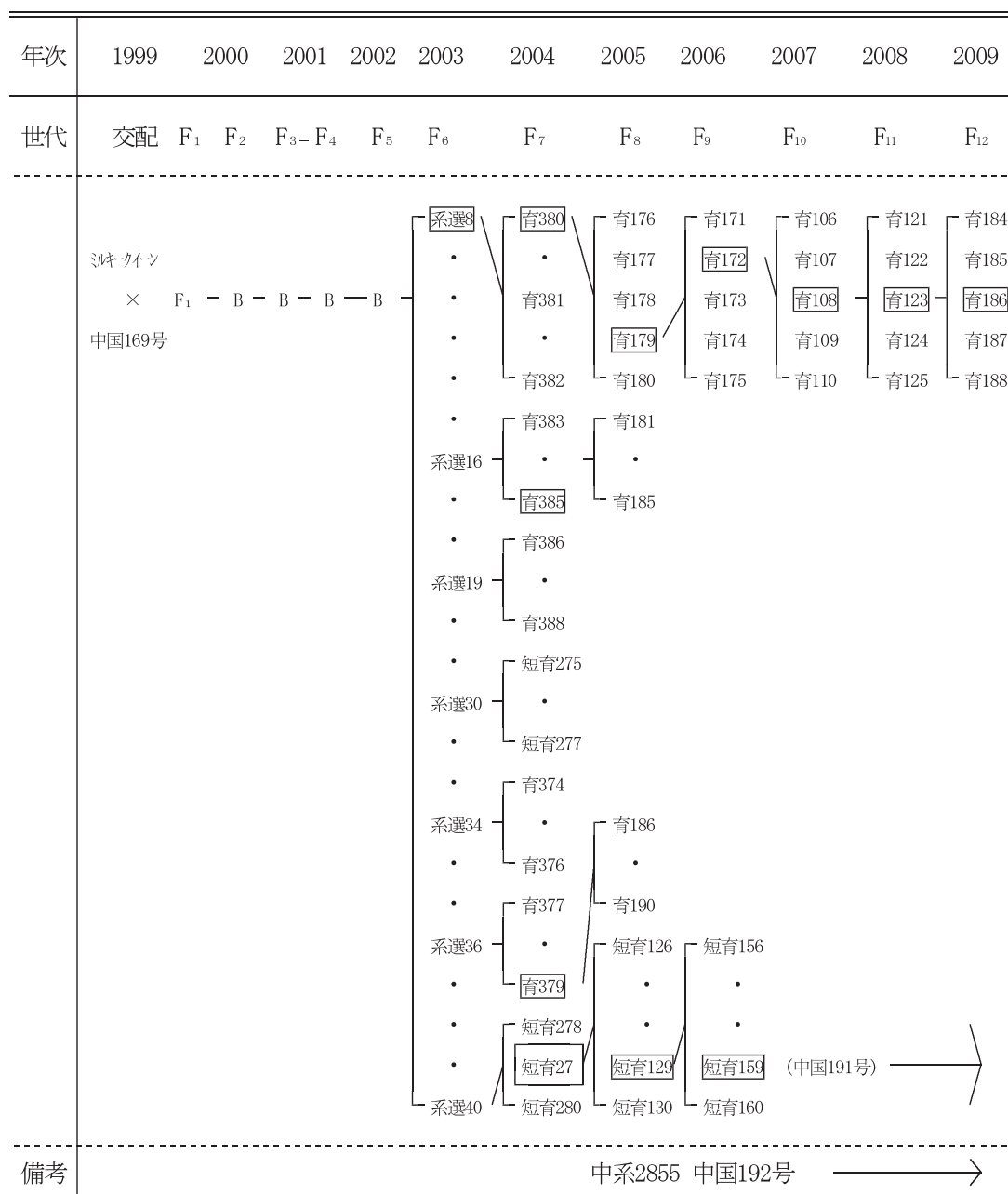
1 一般特性

育成地における普通期移植栽培標肥区での生育調査成績は第2表、特性調査成績は第3表の通りである。標肥区における出穂期は「柔小町」より7日早く、「ヒノヒカリ」と同等である。成熟期は「柔小町」より8日早く、「ヒノヒカリ」と同等である。瀬戸内平坦部では“中生の晩”にあたる。稈長は「柔小町」より5 cm短く、「ヒノヒカリ」と同等で

第1表 「姫ごのみ」の選抜経過

年次		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
世代		交配	F ₁	F ₂	F ₃ - F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
栽植	系統群数							7	4	1	1	1	1
	系統数						33	21	20	5	5	5	5
	個体数	(87粒)	5	3000	3000	2700	* 16	* 32	* 32	* 32	* 32	* 32	* 32
選拔	系統群数							4	2	1	1	1	1
	系統数						7	4	2	1	1	1	1
	個体数					33	* 3	* 5	* 5	5	5	5	5

注1) *は1系統当たりの個体数。2005年に早生の中国191号、中生の中国192号（姫ごのみ）の2系統が選抜されたが、2006年（F₉）以降については、中国191号の記載を省略した。



第2図 「姫ごのみ」の育成系統図

ある。穂長は「柔小町」と同等で、「ヒノヒカリ」より1.8cm長い。穂数は「柔小町」と同等で、「ヒノヒカリ」よりやや少ない。草型は“中間型”である(写真1)。稈の細太および剛柔はともに「ヒノヒカリ」並の“中”および“やや剛”であり、耐倒伏性は「ヒノヒカリ」並かやや劣る“やや強”である。芒の多小は通常，“稀”であり、芒の長さは“極短”である。ふ先色は“白”，ふ色は“黄白”，粒着密度は“中”，脱粒性は“難”の梗種である。

2 玄米の外観形質および収量性

育成地における普通期移植栽培では、「姫ごのみ」の玄米は、長さ、幅ともに「ヒノヒカリ」と同等である(写真2,第4表)。「姫ごのみ」の粒長/粒幅は

「ヒノヒカリ」と同等であり、粒長×粒幅は「ヒノヒカリ」と同等である。粒形および粒大は、それぞれ“中”，“やや小”に分類される。「姫ごのみ」の千粒重は21.0g程度で、「ヒノヒカリ」と同等である。平均粒厚は「ヒノヒカリ」よりわずかに厚く、「柔小町」と同等である(第5表)。玄米外観品質調査成績を第6表に示した。低アミロース性のため、「姫ごのみ」の玄米の外観はわずかに白濁する(写真2)。「姫ごのみ」は「ヒノヒカリ」,「柔小町」に心白が観察されるのに対して“無”または“極微”であり、腹白,背白,乳白の発生が少なく、玄米の外観品質は「ヒノヒカリ」,「柔小町」より明らかに優る。達観判定による品質評価で、特に登熟期の高温により「ヒノヒカリ」の玄米品質が低下したと

第2表 普通期移植栽培における生育調査成績

品種名	年次	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	倒伏程度 (0-5)	紋枯病 (0-5)	下葉枯 (0-5)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)
姫ごのみ	2004	8.22	10.1	0.5	1.0	-	90	19.8	354
	2005	8.20	10.2	0.0	-	-	86	21.7	331
	2006	8.22	10.3	0.3	1.0	3.0	89	20.4	341
	2007	8.23	9.29	0.3	0.0	3.0	83	20.2	335
	2008	8.16	9.27	0.0	0.0	3.0	81	20.7	338
	2009	8.23	10.4	0.0	0.5	2.0	85	19.8	356
	全平均	8.21	10.1	0.2	0.5	2.8	86	20.4	343
	2005,06,09平均	8.22	10.3	0.1	0.8	2.5	87	20.6	343
ヒノヒカリ	2004	8.22	10.1	0.0	1.0	-	85	18.2	365
	2005	8.20	10.1	0.1	-	-	86	19.4	348
	2006	8.23	10.2	0.0	1.0	3.0	90	18.3	351
	2007	8.24	9.30	0.0	0.0	2.0	88	18.2	351
	2008	8.17	9.27	0.0	0.0	2.0	82	19.0	362
	2009	8.23	10.3	0.0	0.8	2.0	86	18.5	383
	全平均	8.22	10.1	0.0	0.6	2.3	86	18.6	360
	2005,06,09平均	8.22	10.2	0.0	0.9	2.5	87	18.7	361
柔小町	2005	8.27	10.10	0.0	-	-	90	20.6	312
	2006	8.27	10.8	0.0	1.0	2.5	95	21.4	345
	2009	8.29	10.9	0.0	0.5	2.0	87	19.2	373
	平均	8.28	10.9	0.0	0.8	2.3	91	20.4	343

注1) 元肥として窒素成分で0.56kg/a。追肥として窒素と加里を成分で各0.17kg/aを施用した。

2) 倒伏程度は0(無)～5(完全倒伏)の6段階評価。

3) 紋枯病, 下葉枯は0(無)～5(甚)の6段階評価。

第3表 普通期移植栽培における特性観察調査成績

品種名	稈		芒		ふ先色	ふ色	粒着密度	脱粒難易	梗糯の別
	細太	剛柔	多少	長短					
姫ごのみ	中	やや剛	稀	極短	白	黄白	中	難	梗
ヒノヒカリ	中	やや剛	無	—	白	黄白	中	難	梗
柔小町	やや太	やや剛	稀	極短	白	黄白	やや密	難	梗

注1) 「姫ごのみ」, 「ヒノヒカリ」は標肥区の2004年度～2009年度の生産力検定試験の平均値。「柔小町」は2005,2006,2009年度の生産力検定試験の平均値



写真1 「姫ごのみ」の草姿 左から姫ごのみ，ヒノヒカリ，柔小町

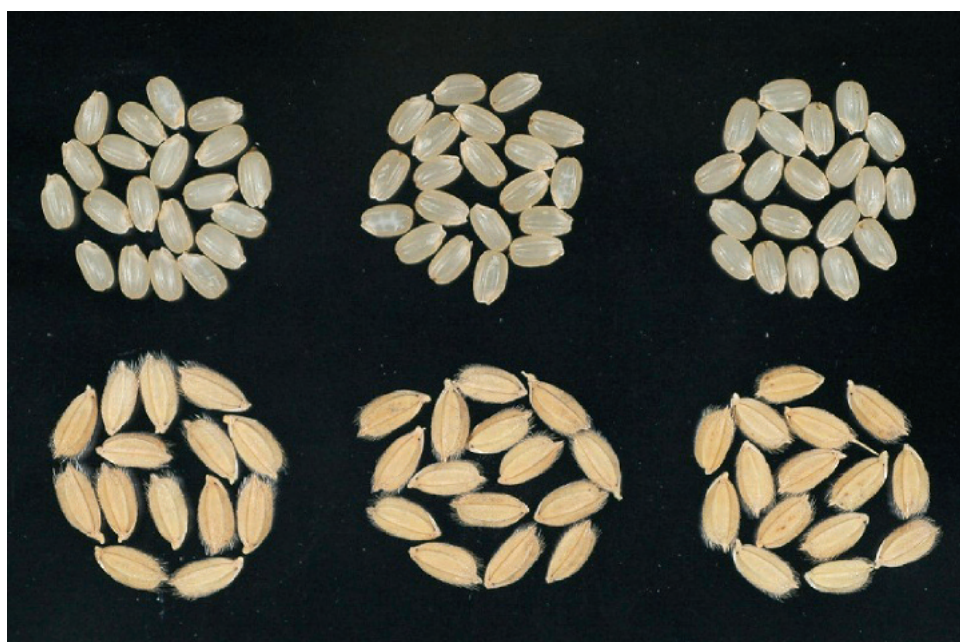


写真2 「姫ごのみ」の玄米(上)と籾(下) 左から姫ごのみ，ヒノヒカリ，柔小町

思われる2005年、2007年にも、「姫ごのみ」の玄米品質は1ランク以上上回っており、このことから品質は安定して良好であると判定された。収量調査成績については、第7表に示した。育成地における普通期移植栽培での「姫ごのみ」の玄米収量は「ヒノヒカリ」比104%とやや多収であった。乾田直播

栽培による「姫ごのみ」の収量は「ヒノヒカリ」より多収であり、玄米品質は、「柔小町」、「ヒノヒカリ」より優れた(第8表)。全国の乾田直播栽培面積の半分近くを占める岡山県平野部地域では「アケボノ」が多く栽培されている¹⁴⁾。乾田直播栽培の基準品種として「アケボノ」についても調査を実施し

第4表 玄米の粒形調査成績

品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大	千粒重 (g)
姫ごのみ	5.09	2.76	1.96	1.85	14.0	中	やや小	21.0
ヒノヒカリ	5.05	2.77	1.95	1.83	14.0	中	やや小	21.2
日本晴	5.19	2.81	1.98	1.85	14.5	中	中	22.9
柔小町	4.83	2.77	1.94	1.74	13.4	中	やや小	21.0

注1)「姫ごのみ」、「ヒノヒカリ」、「日本晴」は2008年度～2009年度の生産力検定試験標肥区の平均値。「柔小町」は2009年度の測定値。

2) 粒長および粒幅は1000粒をサタケ品質判別器RGQI20Aで測定した。

第5表 玄米の粒厚分布調査成績

品種名	粒厚 (mm)								1.8mm以上 (%)	平均粒厚 (mm)
	1.6未満	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2以上		
姫ごのみ	0.3	0.8	1.9	10.3	18.6	<u>67.5</u>	30.6	0.2	97.1	1.99
ヒノヒカリ	0.7	1.2	3.6	15.8	21.2	<u>42.8</u>	14.2	0.6	94.5	1.95
柔小町	0.6	0.6	1.5	5.9	11.5	<u>48.0</u>	30.8	1.1	97.3	1.98

注1)「姫ごのみ」、「ヒノヒカリ」は2008年度～2009年度の生産力検定試験の平均値。

「柔小町」は2009年度の生産力検定試験の測定値。

2) 玄米100gを段篩いで5分間選別した。重量比。

3) 平均粒厚は1.7mm以上の粒の厚さの平均値を示した。アンダーラインはモードを示す。

第6表 玄米外観品質調査成績

品種名	年次	色沢	光沢	心白	腹白	背白	乳白	茶米	胴割	玄米品質
姫ごのみ	2004	中	中	—	極微	極微	—	極微	極微	4.0
	2005	中	中	—	極微	微	—	極微	無	4.0
	2006	中	中	無	無	無	極微	微	無	3.0
	2007	中	中	—	微	微	—	極微	無	3.5
	2008	中	やや良	無	無	微	極微	極微	極微	3.8
	2009	中	中	極微	無	無	無	無	無	3.5
	全平均	中	中	無	極微	極微	極微	極微	無	3.6
ヒノヒカリ	2005,06,09平均	中	中	極微	無	微	極微	極微	無	3.8
	2004	中	中	極微	極微	極微	極微	極微	極微	4.3
	2005	中	中	少	少	少	少	極微	無	5.5
	2006	やや濃	中	少	無	無	微	極微	無	4.4
	2007	やや濃	やや否	中	少	少	少	少	無	5.6
	2008	やや濃	やや良	中	無	微	極微	微	無	5.0
	2009	やや濃	中	微	無	無	無	極微	無	4.8
柔小町	全平均	やや濃	中	少	極微	微	微	微	無	4.9
	2005,06,09平均	やや濃	中	少	極微	微	極微	極微	無	5.1
	2005	中	中	—	少	少	—	極微	無	5.3
	2006	中	中	中	少	無	中	微	無	5.6
平均	2009	中	中	中	極微	無	極微	極微	無	5.5
	平均	中	中	中	微	極微	少	極微	無	5.5

注1) 玄米品質は、1 (極良) ～9 (極不良) の9段階評価。

たが、「姫ごのみ」の収量は「アケボノ」よりやや劣ったが、品質は優った（第8表）。湛水直播栽培による「姫ごのみ」の収量は「ヒノヒカリ」よりやや多く、玄米品質は「柔小町」、「ヒノヒカリ」より明らかに優った（第9表）。

乾田直播栽培では倒伏は見られず（第8表）、湛水直播栽培においても、対照品種の「ヒノヒカリ」と同等の倒伏程度の1.3であった（第9表）。これらのことから、「姫ごのみ」は乾田直播栽培、湛水直播栽培ともに適応性があるものと判断された。

第7表 普通期移植収量調査成績（育成地）

品種名	年次	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	比較比率 (%)	収穫指数 (%)	玄米千粒重 (g)
姫ごのみ	2004	173	50.0	97	29.0	20.8
	2005	179	61.1	101	34.1	20.2
	2006	173	57.7	104	33.4	21.7
	2007	166	51.4	107	31.1	20.5
	2008	189	65.8	114	34.7	21.5
	2009	178	58.2	111	32.7	21.0
	全平均	176	57.4	104	32.6	21.0
2005,06,09平均		177	59.0	104	33.3	21.0
ヒノヒカリ	2004	169	51.3	100	30.3	20.9
	2005	181	60.3	100	33.3	20.8
	2006	173	55.5	100	32.1	21.4
	2007	170	52.8	100	28.2	20.9
	2008	187	55.5	100	30.8	21.3
	2009	181	54.9	100	30.3	21.7
	全平均	177	55.1	100	31.1	21.2
2005,06,09平均		178	56.9	100	32.0	21.3
柔小町	2005	170	58.9	98	34.6	20.6
	2006	172	52.9	95	30.8	21.2
	2009	165	62.1	115	37.6	21.2
	平均	169	58.0	102	34.3	21.0

注1) 比較比率はヒノヒカリの精玄米重を100としたときの比率。

2) 収穫指数は、精玄米重の全重に占める割合。

3) 元肥として窒素成分で0.56kg/a、追肥として窒素と加里を成分で各0.17kg/aを施用した。

第8表 乾田直播栽培収量および品質調査成績

品種名	年次	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	比較比率 (%)	収穫指数 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米品質 (1-9)	倒伏程度
姫ごのみ	2006	186	59.1	111	31.8	19.8	3.8	0.0
	2008	199	64.2	124	32.3	21.6	4.1	0.0
	2009	175	52.1	113	29.8	21.0	4.0	0.0
	全平均	187	58.5	116	31.3	20.8	4.0	0.0
	2008,09平均	187	58.2	119	31.1	21.3	4.1	0.0
ヒノヒカリ	2006	174	53.0	100	30.5	21.2	3.8	0.0
	2008	192	51.6	100	26.9	21.4	5.0	0.0
	2009	176	46.1	100	26.2	20.9	5.7	0.0
	全平均	181	50.2	100	27.9	21.2	4.8	0.0
	2008,09平均	184	48.9	100	26.6	21.2	5.4	0.0
柔小町	2006	179	55.3	104	30.9	20.1	5.5	0.0
アケボノ	2008	220	64.6	125	29.4	23.0	4.3	0.0
	2009	193	59.1	128	30.6	23.1	5.5	0.0
	平均	207	61.9	127	30.0	23.1	4.9	0.0

注1) 玄米品質は、1（極良）～9（極不良）の9段階評価

2) 倒伏程度は、0（無）～5（完全倒伏）の6段階評価。

3) 比較比率はヒノヒカリの精玄米重を100としたときの比率。

4) 収穫指数は、精玄米重の全重に占める割合。

5) 元肥として窒素成分で0.84kg/aを施用し、追肥は行わなかった。

第9表 湛水直播栽培収量および品質調査成績

品種名	年次	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	比較比率 (%)	収穫指数 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米品質 (1-9)	倒伏程度
姫ごのみ	2006	185	57.9	108	31.3	20.1	4.5	3.5
	2007	200	57.8	102	29.0	20.2	3.5	0.8
	2008	200	60.4	102	30.2	21.1	3.8	0.0
	2009	215	70.2	111	32.7	21.0	2.8	1.0
	全平均	200	61.2	106	30.8	20.6	3.7	1.3
	2006,09平均	200	59.6	102	29.8	20.6	3.7	2.3
ヒノヒカリ	2006	172	53.2	100	30.9	21.2	4.5	3.5
	2007	211	56.5	100	26.8	20.4	5.5	0.3
	2008	217	59.0	100	27.2	21.0	4.8	0.0
	2009	212	63.1	100	29.8	22.2	4.3	0.5
	全平均	203	58.0	100	28.7	21.2	4.8	1.1
	2006,09平均	192	58.2	100	30.3	21.7	4.4	2.0
柔小町	2006	155	41.6	78	26.9	20.0	5.5	4.0
	2009	198	67.4	107	34.0	20.6	5.5	0.0
	平均	177	54.5	94	30.5	20.3	5.5	2.0

注1) 玄米品質は、1 (極良) ~ 9 (極不良) の9段階評価

2) 倒伏程度は、0 (無) ~ 5 (完全倒伏) の6段階評価。

3) 比較比率はヒノヒカリの精玄米重を100としたときの比率。

4) 収穫指数は、精玄米重の全重に占める割合。

5) 元肥として窒素成分で0.84kg/a、追肥として窒素と加里を成分で各0.17kg/aを施用した。

3 奨励品種決定基本調査成績

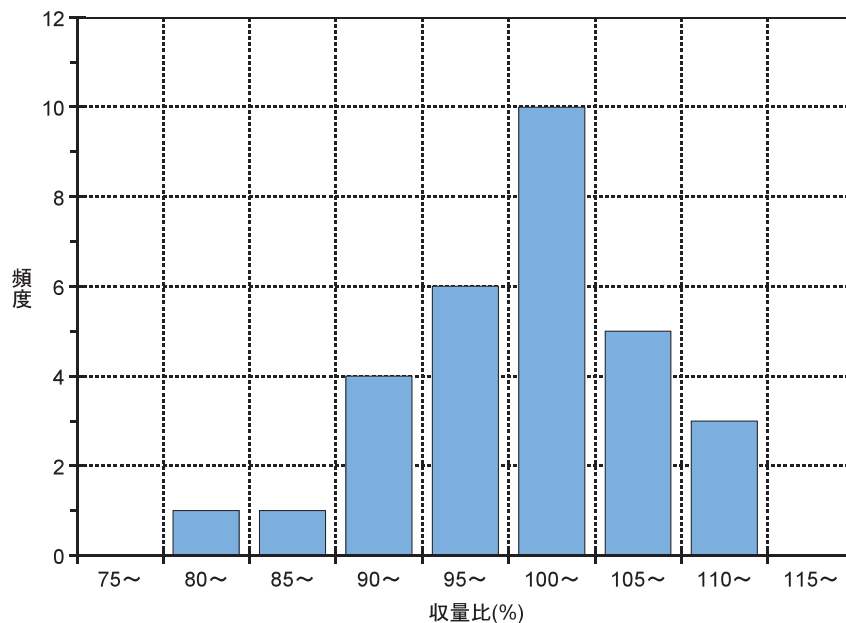
2006年度から2008年度の奨励品種決定基本調査の検索によると「姫ごのみ」は30の試作例があり、対照品種（24試験地は「ヒノヒカリ」、4試験地は「ミルキークイーン」、2試験地はその他）に対する収量比は82~114に分布し、平均値は100%で対照品種並の収量が得られた（第3図）。奨励品種決定基本調査における「姫ごのみ」の有利点、不利点を第10表に示す。収量については、有利とする試験地は8カ所に対して、不利とする試験地は5カ所であり、有利とする試験地がやや多かった。また、外観品質については有利とする試験地は7カ所であり、不利とする試験地は6カ所であり相半ばしたが、低アミロース米のためやや白濁する形質が不利と判断された試験地があるものと思われた。倒伏については、有利とする試験地は1カ所に対して、不利とする試験地は5カ所であった。倒伏について不利とする試験地の内訳を見ると、すべて2006年度に配布した山口県、佐賀県、長崎県、熊本県、鹿児島県であり、多くは九州地域での試験であった。2006年は、九州地域において台風による倒伏被害が広範囲に発生した年であり、その影響があったものと思われる。

2006年度において倒伏を不利な点とした県でも2007年度においては倒伏程度は0で問題はなく、近畿中国四国地域のその他の県においては、2007年度および2008年度ともに倒伏程度はほとんど0であった。育成地における「姫ごのみ」の耐倒伏性の評価は「やや強」としたが、九州地域でこの品種を栽培する場合は、倒伏に注意する必要があると判断された。

4 搗精試験、成分分析および食味試験

「姫ごのみ」の適搗精時間は、「ヒノヒカリ」、「ミルキークイーン」よりやや長く、搗精歩留まりは同等である。適搗精時における「姫ごのみ」の白米の白度は、「ヒノヒカリ」よりやや高く、「ミルキークイーン」よりやや低い（第11表）。白度が「ヒノヒカリ」より高いのは低アミロース米特有の白濁があるためと考えられた。適搗精時における胚芽残存歩合は「ヒノヒカリ」よりやや高く、「ミルキークイーン」と同等である。

「姫ごのみ」のタンパク質含有率は5.6%程度で、「柔小町」、「ヒノヒカリ」、「ミルキークイーン」と同等である（第12表）。アミロース含有率は平均8.4%で「ヒノヒカリ」と比べると明らかに低く、「柔小町」よりもやや低く、「ミルキークイーン」と



第3図 奨励品種決定基本調査における「姫ごのみ」の対照品種に対する収量比の頻度分布 (2006～2008年)

第10表 奨励品種決定試験調査における「姫ごのみ」の有利点、不利点の集計 (2006～2008年)

形質	有利点	不利点
熟期	3	1
草姿	1	1
稈長	0	1
収量	8	5
熟色	1	0
品質 (外観)	7	6
心白	1	0
食味	2	1
下葉枯	1	0
稈質	0	1
倒伏	1	5
	25	21

倒伏不利とした試験地の内訳と倒伏程度

試験地	倒伏程度	
	姫ごのみ	ヒノヒカリ
山口県	1.5	0.5
佐賀県	2.8	1.3
長崎県	3.5	1.0
熊本県	2.0	1.0
鹿児島県	2.0	2.0

注) 倒伏不利とした試験地は全て2006年度の結果である。

同等である (第12表)。アミロース含有率が低いため炊飯米は「ヒノヒカリ」より柔らかく、粘りが強く、食味の総合値は「ヒノヒカリ」並か良好である (第13表)。また、同じ低アミロース米の「ミルキークイーン」や「柔小町」と比較しても総合値は優っており、総合評価は「ヒノヒカリ」と同等の“上の中”とした。2008年産の津山市地域で栽培された「姫ごのみ」を同年同地域産の「コシヒカリ」と50%混米しておにぎりに加工した時の食味は、「コシヒカリ」100%のおにぎり比べて光沢、粘り、柔らかさ、総合値において明らかに優れた (第14表)。「姫ごのみ」のウルチ米への混米をおにぎりにした

場合の適応性については、この単年度の試験だけでは断定はできないが、有望であると判断した。

5 病害その他抵抗性

いもち病菌系に対する反応からみて、「姫ごのみ」は「愛知旭」と同じ抵抗性遺伝子“*Pia*”を持つと推定される (第15表)。葉いもちの圃場抵抗性は同型の抵抗性遺伝子を持つ「愛知旭」よりやや強く、「金南風」並の“中”と判定された (第16表)。穂いもちに対する圃場抵抗性は「ヒノヒカリ」よりやや強い“中”と判定された (第17表)。穂いもち圃場抵抗性遺伝子*Pb1*に関するDNAマーカーRM201、

第11表 「姫ごのみ」と比較品種の搗精歩合、胚芽残存歩合および精米白度

品種名	形質	玄米	搗精時間 (秒)			
			30	40	50	60
姫ごのみ	搗精歩合 (%)	—	92.3	91.4	90.6	89.9
	白度	19.6	36.5	38.0	39.5	40.7
	胚芽残存歩合 (%)	—	28.2	14.7	7.3	3.9
	碎米歩合 (%)	—	0.2	0.8	1.5	2.1
	水分 (%)	14.4	—	—	—	—
ヒノヒカリ	搗精歩合 (%)	—	91.3	90.6	90.1	—
	白度	18.1	35.5	37.0	37.9	—
	胚芽残存歩合 (%)	—	9.5	2.2	0.9	—
	碎米歩合 (%)	—	0.7	0.7	0.8	—
	水分 (%)	13.9	—	—	—	—
ミルキークイーン	搗精歩合 (%)	—	90.9	90.0	89.3	—
	白度	20.2	39.0	41.1	42.0	—
	胚芽残存歩合 (%)	—	18.3	6.1	1.8	—
	碎米歩合 (%)	—	0.4	1.1	1.3	—
	水分 (%)	14.4	—	—	—	—

注1) 2009年度産の生産力検定試験の材料を用い、1回50gを使用、2反復で実施した。胚芽残存歩合は500粒を調査。胚芽残存歩合は粒数比、碎米歩合は重量比で示した。

2) 搗精にはKettのTP-2型、白度はKettの白度計(C-300)を使用。

3) アンダーラインは適搗精時の搗精歩合を示す。

第12表 「姫ごのみ」のタンパク質及びアミロース含有率

品種名	白米タンパク質含有率 (%)				白米アミロース含有率 (%)			
	2007	2008	2009	平均	2007	2008	2009	平均
姫ごのみ	5.8	5.5	5.6	5.6	8.6	8.2	8.5	8.4
柔小町	—	—	5.6	5.6	—	—	11.9	11.9
ヒノヒカリ	5.8	5.6	5.7	5.7	15.2	14.9	16.4	15.5
ミルキークイーン	6.0	5.6	5.9	5.8	8.7	8.6	8.0	8.4

注) タンパク質含量はelementar社rapidNⅢ (換算係数5.95) による測定。アミロース含量は簡易ヨウ素呈色比色法による測定。育成地の生産力検定試験の材料を用いた。

RM21による遺伝子型検定で、「姫ごのみ」はpositiveと判定され、穂いもち抵抗性遺伝子*Pb1*を持つものと推定された(データ略)。白葉枯病抵抗性はせん葉接種法による検定で、“中”と判定された(第18表)。縞葉枯病抵抗性は、保毒虫接種による幼苗検定で“抵抗性”と判定された(第19表)。縞葉枯病抵抗性遺伝子*Stvbi*に連鎖するDNAマーカーRM209による検定で、「姫ごのみ」はpositiveと判定され、縞葉枯病抵抗性遺伝子*Stvbi*を持つものと推定された(データ略)。鹿児島県農業開発総合センターにおける紋枯病抵抗性検定試験では、“やや弱”と判定された(第20表)。穂発芽性は、「ヒノヒカリ」より発芽しやすく、「日本晴」より難の“やや難”である(第21表)。転び型倒伏抵抗性は、「ヒ

ノヒカリ」並であった(第22表)。

6 現地圃場における生育調査結果

瀬戸内地域平坦部にある岡山県瀬戸内市の瀬戸内市振興公社および中山間地域にある津山市のつやま新産業創出機構では、「姫ごのみ」の熟期から、それぞれの地域での作付け可能性があると考え、管内の農家圃場に現地試作圃場を設定した(第23表、第24表)。瀬戸内市地域のK氏圃場において、「姫ごのみ」、「ヒノヒカリ」は同一圃場にて作付けされたが、収量は「ヒノヒカリ」が優った。H氏圃場では土中点播乾田直播で栽培された。隣接の圃場との比較ではあるが、収量は「ヒノヒカリ」より「姫ごのみ」が優った。Y氏圃場では「姫ごのみ」は移植栽

第13表 「姫ごのみ」と比較品種の食味および関連形質

生産年次	品種名	搗精歩合	総合 (-3~+3)	外観 (-3~+3)	香り (-3~+3)	粘り (-3~+3)	味 (-3~+3)	柔らかさ (-3~+3)	試験日 (パネル数)
2004	姫ごのみ	92.6	0.10	0.00	-0.20	-0.10	-0.10	0.30	2005.2.9
	日本晴	90.1	-1.70**	-1.00**	0.30	-1.60**	-1.10**	-1.27**	(10人)
	(基準)ミルキークイーン	89.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2005	姫ごのみ	91.5	0.42	-0.25	0.08	0.50*	0.25	0.42	2005.12.14
	柔小町	90.6	0.08	0.25	0.00	0.42	0.17	0.33	(12人)
	(基準)ミルキークイーン	89.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2006	姫ごのみ	92.3	0.60**	0.33*	0.47*	0.27	0.53**	0.33*	2007.2.5
	ヒノヒカリ	91.7	-0.13	-0.07	0.13	-0.60	0.00	-0.07	(15人)
	日本晴	90.6	-1.27**	-1.07**	-0.27	-1.53**	-0.80**	-1.00**	
	(基準)柔小町	91.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2006	姫ごのみ	92.5	2.08**	1.77**	-	2.46**	1.69**	1.85**	2007.2.26
	ヒノヒカリ	91.9	1.38**	1.46**	-	1.46**	1.08**	1.15**	(13人)
	柔小町	91.5	1.46**	1.38**	-	1.85**	1.31**	1.69**	
	(基準)日本晴	91.9	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	
2007	姫ごのみ(標肥)	91.7	1.23**	1.08**	-	1.46**	1.46**	1.23**	2008.2.29
	ヒノヒカリ(標肥)	90.8	1.69**	1.46**	-	1.92**	1.31**	1.85**	(13人)
	姫ごのみ(多肥)	91.7	1.08**	0.54*	-	1.69**	0.85**	1.08**	
	ヒノヒカリ(多肥)	91.7	1.15**	0.85**	-	1.08**	1.08**	1.15**	
	姫ごのみ(湛直)	90.8	1.62**	1.38**	-	1.92**	1.62**	1.62**	
	(基準)日本晴(標肥)	89.6	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	
2008	姫ごのみ	90.8	0.17	-0.25	-0.08	0.67*	-1.08	0.33	2009.2.17
	日本晴	90.8	-1.83**	-1.25**	-0.50*	-1.75**	-1.33**	-1.50**	(14人)
	(基準)ヒノヒカリ	90.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2008	姫ごのみ(福山)	90.2	-0.44*	-0.38*	-0.06	0.19	-0.31	-0.31	2009.2.18
	姫ごのみ(瀬戸内)	90.2	-0.25	-0.44*	-0.06	0.31	-0.19	0.13	(16人)
	姫ごのみ(津山)	90.4	0.00	0.19	0.06	0.25	0.13	-0.06	
	姫ごのみ50%+ヒノヒカリ50%	90.2	-0.19	0.19	0.06	0.25	0.13	-0.06	
	(基準)ヒノヒカリ	90.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2009	姫ごのみ	90.6	0.24	-0.06	-0.12	0.59*	0.06	0.41	2009.12.15
	日本晴	90.6	-1.35**	-1.00**	-0.35*	-1.29**	-1.00**	-1.29**	(17人)
	アケボノ	90.8	-1.29**	-0.76**	-0.35**	-1.24**	-0.76	-1.12**	
	柔小町	90.6	-0.12	0.06	-0.18	1.35**	-0.24	1.18**	
	(基準)ヒノヒカリ	90.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2009	姫ごのみ	90.7	0.65**	0.18	0.12	1.06**	0.53**	0.47*	2009.1.8
	ミルキークイーン	91.0	-0.12	-0.12	-0.29	0.76**	-0.29	0.24	(17人)
	柔小町	91.0	0.29	-0.06	0.06	1.24**	0.35	0.47*	
	日本晴	90.9	-1.53**	-1.06**	-0.47**	-1.41**	-1.18**	-1.06**	
	(基準)ヒノヒカリ	90.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

注1) パネラーは近中四農研職員。硬さはプラスが軟らかく、マイナスが硬い。*は5%レベル、**は1%レベルで基準品種と有意差あり。

2) 姫ごのみ、ミルキークイーン、柔小町の加水量はウルチ米品種の10%減で実施した。

第14表 「姫ごのみ」を混米したおにぎりの食味

混米割合	総合値	光沢	粘り	柔らかさ
姫ごのみ50%+コシヒカリ50%	0.63**	0.56**	0.59**	0.74**
コシヒカリ100%	0.00	0.00	0.00	0.00

注1) 「コシヒカリ」100%おにぎりに対する「姫ごのみ」混米おにぎりの食味について、-2~+2の5段階評価を津山市職員27名をパネラーとして実施した。

2) 「姫ごのみ」および「コシヒカリ」は、2008年に生産された津山市地域産である。

第15表 「姫ごのみ」のいもち病真性抵抗性遺伝子の推定 (育成地)

品種系統名	接種菌株 (コード番号)			推定遺伝子
	稲86-137 (007)	TH68-126 (033)	TH68-140 (035)	
姫ごのみ	S	S	R	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	S	R	<i>Pia</i>
藤坂5号	S	R	S	<i>Pii</i>
クサブエ	R	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	S	S	<i>Pik-m</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応, Rは抵抗性反応を示す。

第16表 葉いもち抵抗性検定試験成績 (育成地)

品種名	推定 遺伝子	2004		2005		2008		2009		総合判定
		発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	
姫ごのみ	<i>Pia</i>	6.0	やや弱	4.8	中	3.0	やや強	4.9	やや強	中
コシヒカリ	+	—	—	—	—	4.6	弱	6.5	弱	弱
日本晴	+/ <i>Pia</i>	5.0	中	3.8	やや強	3.7	中	5.8	やや弱	中
黄金錦	+	—	—	—	—	2.4	強	4.5	強	強
愛知旭	<i>Pia</i>	5.5	やや弱	5.5	やや弱	4.1	やや弱	5.9	やや弱	やや弱
金南風	<i>Pia</i>	4.8	中	5.3	中	3.1	やや強	5.1	やや強	中
トヨニシキ	<i>Pia</i>	4.0	やや強	4.3	やや強	—	—	5.3	中	やや強
ヒノヒカリ	<i>Pia,i</i>	7.0	弱	5.5	やや弱	4.3	やや弱	6.5	弱	やや弱

注1) 畑晩播法による。

第17表 穂いもち抵抗性検定試験成績 (宮崎県総合農業試験場)
特性検定試験地における成績

品種名	推定 遺伝子	2005			2006			2007		
		出穂期 (月日)	発病程度	判定	出穂期 (月日)	発病程度	判定	出穂期 (月日)	発病程度	判定
姫ごのみ	<i>Pia</i>	9. 8	4.0	中	9.20	0.5	やや強	9.12	5.0	やや弱
コシヒカリ	+	9.11	5.0	弱	9.22	1.0	中	9.14	4.5	やや弱
イナバワセ	<i>Pii</i>	9.12	6.0	弱	9.28	1.5	やや弱	9.17	3.5	中
みやにしき		9.13	2.5	強	10.10	0.0	強	9.19	2.3	やや強
ヒノヒカリ	<i>Pia,i</i>	9.10	5.0	弱	9.24	1.5	やや弱	9.15	4.5	やや弱
日本晴	+/ <i>Pia</i>	9. 8	4.0	中	9.20	1.0	中	9.12	4.3	中
クジュウ		9. 9	3.5	やや強	9.24	0.0	強	9.14	3.5	中
ミナミニシキ		9.13	2.5	強	9.23	1.5	やや弱	9.20	2.3	やや強

品種名	推定 遺伝子	2008			2009			総合判定
		出穂期 (月日)	発病程度	判定	出穂期 (月日)	発病程度	判定	
姫ごのみ	<i>Pia</i>	9. 9	6.0	中	9. 8	1.3	中	中
コシヒカリ	+	9.10	8.3	やや弱	9. 8	1.5	中	やや弱
イナバワセ	<i>Pii</i>	9.12	7.8	やや弱	9.12	2.0	やや弱	やや弱
みやにしき		9.15	7.3	中	9.14	1.0	中	やや強
ヒノヒカリ	<i>Pia,i</i>	9.11	8.0	やや弱	9.11	3.8	弱	やや弱
日本晴	+/ <i>Pia</i>	9. 9	8.0	やや弱	9. 6	2.5	やや弱	中
クジュウ		9.11	7.3	中	9. 8	2.0	やや弱	中
ミナミニシキ		9.18	5.0	やや強	9.15	1.8	中	やや強

第18表 白葉枯病抵抗性検定試験成績（育成地）

品種名	2005			2006			2007			2008		2009		総合判定
	I	II	判定	I	II	判定	I	II	判定	II	判定	II	判定	
姫ごのみ	3.2	5.0	やや弱	4.0	6.0	やや弱	3.2	5.2	中	6.6	中	5.6	中	中
ヒノヒカリ	3.2	5.0	やや弱	4.0	6.6	やや弱	3.0	7.0	やや弱	5.4	やや強	4.0	やや強	やや弱
日本晴	2.8	4.8	中	3.6	5.0	中	2.2	2.0	やや強	5.2	やや強	5.2	やや強	やや強
祭り晴	4.2	7.2	弱	6.4	7.2	弱	6.8	7.2	弱	8.2	弱	7.6	弱	弱
あそみのり	1.0	2.8	強	1.0	2.0	強	1.0	1.8	強	2.8	強	3.0	強	強
金南風	5.2	5.6	弱	5.0	8.0	弱	4.0	8.2	弱	8.0	弱	7.6	弱	弱

注1) 数値I, IIは, それぞれI, II群菌に対する反応を示す.
0 (無発病) ~ 10 (全葉枯死) の11段階評価.

第19表 縞葉枯病抵抗性検定試験成績（育成地）

品種系統名	2005			2006			2007			2008		
	発病指数	対杜稲比	判定	発病指数	対杜稲比	判定	発病指数	対杜稲比	判定	発病指数	対杜稲比	判定
姫ごのみ	4.6	6.8	R	9.7	19.5	R	1.1	17.6	R	0.0	0.0	R
杜稲	66.9	(100)	S	49.7	(100)	S	6.5	(100)	S	16.1	(100)	S
St No1	2.3	3.4	R	0.0	0.0	R	0.0	0.0	R	0.0	0.0	R
コシヒカリ	53.8	80.3	S	35.9	72.2	S	2.6	40.1	M	11.3	70.2	S

品種系統名	2009			総合判定
	発病指数	対杜稲比	判定	
姫ごのみ	4.1	6.2	R	抵抗性
杜稲	66.3	(100)	S	罹病性
St No1	0.6	0.9	R	抵抗性
コシヒカリ	44.3	66.9	S	罹病性

注) 保毒虫接種による幼苗検定
A : 生育が著しく不良で, 病葉の全部または一部が枯死したもの.
B : 生育は著しく不良であるが, 病葉が枯死しないもの.
B t : 生育はBと同様であるが, 生育がやや良好なもの.
C r : 生育がやや不良で, 病葉が多少捲葉する.
C : 生育が不良で, 病斑は淡黄色散点状, 健全部との境界が良好なもの.
D : 生育はきわめて良好で, 病斑は苗の生育につれてマスクされるもの.
縞葉枯病発病指数 = $\frac{(100A + 80B + 60Bt + 40Cr + 20C + 5D)}{\text{調査苗数}}$

第20表 紋枯病抵抗性検定試験成績（鹿児島県農業開発総合センター）

品種系統名	2006			2007			2009			総合判定
	出穂期 (月日)	発病度	判定	出穂期 (月日)	発病度	判定	出穂期 (月日)	発病度	判定	
姫ごのみ	8. 4	26	やや強	7. 28	25	中	7. 16	38	弱	やや弱
WSS3	8. 5	1	強	7. 27	3	強	7. 19	2	強	強
北陸糯181号	8. 7	24	やや強	7. 28	9	やや強	7. 16	3	強	やや強
夢十色	8. 2	31	中	7. 23	26	中	7. 15	15	中	中
日本晴	8. 1	39	やや弱	7. 23	35	やや弱	7. 13	18	中	やや弱
多収系772	8. 3	50	弱	7. 26	58	弱	7. 19	28	やや弱	弱
ミネアサヒ	—	—	—	7. 20	48	弱	7. 7	37	弱	弱
ヒノヒカリ	8. 8	40	やや弱	8. 1	45	やや弱	7. 18	42	弱	やや弱

調査基準

- A : 株の半数以上の茎が発病し, 最上位病斑が止葉から穂首まで達し一部止葉が枯死
B : 株の半数以上の茎が発病し, 最上位病斑が止葉葉鞘まで達しているが止葉は生色がある
C : 株の半数以上の茎が発病し, 最上位病斑が第2葉鞘まで達している
D : 病斑が第3葉鞘まで達している
E : 発病を認めない, または, 第4葉鞘以下の発病

$$\text{発病度} = \frac{(4 \times A + 3 \times B + 2 \times C + D)}{4 \times \text{調査株数} (20)}$$

第21表 穂発芽性検定試験成績 (育成地)

品種名	2004		2005		2006		2007		2008		2009		総合判定
	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	発芽程度	判定	
姫ごのみ	0.5	難	3.5	やや難	4.3	難	3.5	やや難	3.5	やや難	6.5	やや易	やや難
日本晴	9.0	やや易	9.3	中	9.8	やや易	6.0	中	4.5	中	9.5	易	中
きぬむすめ	—	—	—	—	—	—	7.0	中	3.8	中	10.0	易	中
ヒノヒカリ	0.0	難	1.0	難	0.8	難	1.0	難	0.5	難	1.2	難	難
にこまる	—	—	—	—	—	—	5.0	中	3.3	やや難	7.8	やや易	中
アケボノ	4.0	やや難	7.8	中	5.5	やや難	5.5	中	7.8	やや易	8.0	易	中

注) 発芽程度の数値は0～10の11段階評価。

第22表 転び型倒伏抵抗性検定試験成績 (育成地)

品種系統名	押し倒し抵抗値 (N/穂数)			
	2006	2007	2008	2009
姫ごのみ	0.96±0.11 ns	0.92±0.15 ns	0.49±0.11 ns	0.38±0.08 ns
柔小町	0.96±0.16 ns	0.84±0.21 ns	0.59±0.08 *	0.46±0.08 ns
関東PL12	1.59±0.20 **	1.78±0.23 **	0.90±0.11 **	0.95±0.13 **
(標準) ヒノヒカリ	0.83±0.15	0.81±0.10	0.51±0.07	0.44±0.07

注) 極浅植え条件下で、デジタルフォースゲージにより測定した8個体の抵抗値の平均。*, **は標準に対してそれぞれ5, 1%水準で有意な差があることを示す (t検定)。

第23表 岡山県瀬戸内市現地圃場生育調査結果

K氏圃場 (代かき移植栽培)

年次	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/a)	玄米品質 (1-9)	千粒重 (g)
2008	姫ごのみ	8.21	10. 7	81	21.7	273	0.0	53.1	4.0	21.8
2009	姫ごのみ	8.24	10. 9	89	21.3	287	0.0	52.0	3.4	21.5
	ヒノヒカリ	8.28	10.18	94	19.7	379	0.0	55.6	4.0	22.5

注1) 2008年の播種日は5月9日, 2009年の播種日は5月14日。

2) 倒伏程度は, 0 (無) ~5 (完全倒伏) の6段階評価。

3) 玄米品質は, 1 (極良) ~9 (極不良) の9段階評価。

H氏圃場 (土中点播乾田直播)

年次	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/a)	玄米品質 (1-9)	千粒重 (g)
2009	姫ごのみ	8.23	10. 4	85	21.2	271	0.0	54.5	3.6	22.9
	ヒノヒカリ	8.23	10.10	84	19.3	298	0.0	41.8	4.8	22.7

注) 播種日は5月2日。ヒノヒカリは隣接する圃場での成績で肥料ムラが見られた。

Y氏圃場 (姫ごのみは移植栽培, ヒノヒカリは土中点播乾田直播)

年次	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/a)	玄米品質 (1-9)	千粒重 (g)
2009	姫ごのみ	8.27	10.16	79	20.0	316	3.0	49.8	3.1	22.5
	ヒノヒカリ	8.26	10.11	83	19.3	335	1.0	51.6	4.1	23.5

注) 播種日は5月24日。ヒノヒカリは隣接する圃場での成績。姫ごのみが植え付けられた圃場は収穫間近まで超軟弱水田であった。

第24表 岡山県津山市現地圃場生育結果

S氏圃場

年次	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/a)	玄米品質 (1-9)	千粒重 (g)
2008	姫ごのみ	8.27	10.13	83	19.9	382	0.0	53.6	2.9	21.1
(参考)	ヒノヒカリ	8.25	10.11	84	18.7	388	0.0	51.4	3.3	21.5
2009	姫ごのみ	8.30	10.12	88	19.8	347	0.0	51.6	2.9	21.3
(参考)	ヒノヒカリ	—	—	83	16.9	305	0.0	39.1	3.7	22.9

注) 2008年の播種日は5月15日、2009年の播種日は5月10日。ヒノヒカリは隣接する圃場での成績。

I氏圃場

年次	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/a)	玄米品質 (1-9)	千粒重 (g)
2009	姫ごのみ	9. 1	10.22	95	19.3	387	1.0	49.4	2.7	20.9
(参考)	ヒノヒカリ	8.31	10.22	87	17.9	397	0.0	52.2	3.7	22.9

注) 播種日は5月6日。姫ごのみは大豆跡の圃場に作付けされた。ヒノヒカリは近隣の圃場での成績で大豆跡ではない。

培、「ヒノヒカリ」は隣接圃場での土中点播乾田直播栽培であったが、収量は「ヒノヒカリ」がやや優っていた。瀬戸内市振興公社では、「姫ごのみ」については、特に病害の発生も見られず、耕土が極軟弱田での作付け以外には倒伏はなく、移植および乾田直播の両栽培方法においても栽培がしやすく、外観品質についても問題がない品種と判断した。K氏圃場で収穫された「姫ごのみ」は近隣の農家に試験的に配布され、食味について検討されたが、13農家中、11農家において「姫ごのみ」の食味は「ヒノヒカリ」より良いとの評価を得たので、食味の点でも優れると判断した。一方、津山市地域のS氏圃場においては、2008年、2009年ともに隣接圃場で栽培された「ヒノヒカリ」より「姫ごのみ」の収量が優った。I氏圃場では、「姫ごのみ」は大豆跡地に作付けされたため、茎葉過繁毛となったと推定され近隣の圃場の「ヒノヒカリ」より収量は劣った。収量については圃場ごとに結果が異なるが、「ヒノヒカリ」と同等の収量と考えられた。いずれの農家においても「姫ごのみ」の外観品質は、「ヒノヒカリ」と比べて明らかに優っていた。つやま新産業創出機構では、「姫ごのみ」については、熟期がやや遅いもののこの地域での作付けが増加している「ヒノヒカリ」と同等に栽培できる品種であり、外観品質については「ヒノヒカリ」より良好で、試食の結果からも「ヒノヒカリ」に劣らない良食味の品種であると評価した。

IV 栽培適地および栽培上の留意点

1 栽培適地

「姫ごのみ」の出穂期から判断して、関東以西の地域に適するとみられる。特に近畿地方、中国四国地方の瀬戸内海沿岸の平坦部に適するので、この地域での普及が期待される。中山間地域においても、「ヒノヒカリ」等の近畿中国四国地域では中生晩の出穂期となる品種が栽培可能などころでは栽培できると考えられる。「姫ごのみ」は、一般良食味米としての利用の他、粘りが強い特性をいかしたブレンド用としての利用が期待される。2010年の岡山県における「姫ごのみ」の作付けは瀬戸内市と津山市を合わせ2.1haであり、次年度用の種子の販売量から推定すると、次年度以降、近畿中国四国地域で50ha以上の増加が見込まれている。

2 栽培上の留意点

穂発芽性は“やや難”であるが、刈り遅れに注意し適期刈り取りに努める。

V 命名の由来および育成従事者

「姫ごのみ」は、米が柔らかくて食味が良いので女性を含め多くの人に好んで食べてもらえることを期待して命名した。「姫ごのみ」の育成従事者は第

25表の通りである.

VI 摘 要

「姫ごのみ」は、温暖地西部向きの良質な低アミロース米品種を育成することを目的として、低アミロース米の「ミルキークイーン」を母、良質、良食味の「中国169号」父とする交配後代より育成した品種である。1999年、中国農業試験場（現近畿中国四国農業研究センター）において交配を行い、以降、集団育種法に準じて育成を進め、2005年以降は系統番号「中系2855」を付して、生産力検定試験、系統適応性検定試験に供試してきた。2006年以降は系統名「中国192号」を付して地域適応性を検討してきた。2010年に「姫ごのみ」として、品種登録出願（出願番号第24753号）を行った。

1. 出穂期は「柔小町」より7日早く、「ヒノヒカリ」と同等である。成熟期は「柔小町」より8日早く、「ヒノヒカリ」と同等である。瀬戸内平坦部では“中生の晩”にあたる。稈長は86cmで、「柔小町」より5cm短く、「ヒノヒカリ」と同等である。穂長は「柔小町」と同等で、「ヒノヒカリ」より1.8cm程度長い。穂数は

「柔小町」と同等で「ヒノヒカリ」よりやや少ない。草型は“中間型”である。耐倒伏性は「ヒノヒカリ」並かやや劣る“やや強”である。

2. 「姫ごのみ」の玄米千粒重は約21gであり、「ヒノヒカリ」と同等である。玄米の外観品質は、「ヒノヒカリ」,「柔小町」より明らかに優る。なお、低アミロース性があるため外観はわずかに白濁する。育成地における普通期移植栽培での玄米収量は「ヒノヒカリ」よりやや多収である。
3. 「姫ごのみ」のアミロース含有率は、8.4%で、「ヒノヒカリ」と比べると明らかに低く、「ミルキークイーン」と同等である。アミロース含有率が低いため、炊飯米は「ヒノヒカリ」より柔らかく、粘りが強く食味の総合評価は「ヒノヒカリ」並の“上の中”である。
4. いもち病真性抵抗性遺伝子は*Pia*を有すると推定され、葉いもち圃場抵抗性は“中”，穂いもち圃場抵抗性は“中”である。白葉枯病抵抗性は“中”，縞葉枯病抵抗性は“抵抗性”，穂発芽性は“やや難”である。
5. 出穂期から判断して、「姫ごのみ」は関東以西の地域に適するとみられる。

第25表 「姫ごのみ」の育成従事者

氏名	1999 交配 F ₁	2000 F ₂	2001 F ₃ F ₄	2002 F ₅	2003 F ₆	2004 F ₇	2005 F ₈	2006 F ₉	2007 F ₁₀	2008 F ₁₁	2009 F ₁₂	備 考
飯田修一												現在員
出田 収												現在員
松下 景												現在員
春原嘉弘												現作物研
根本 博												現作物研
前田英郎												現作物研
石井卓朗												2009まで作物研,現在員
田村泰章												現九沖農研

引用文献

- 1) 安東郁男・荒木均・清水博之・黒木慎・三浦清之・永野邦明・今野一男 2007. 極良食味の低アミロース米水稻品種「おぼろづき」北海道農研研報 186：31-46.
- 2) 荒木均・今野一男・三浦清之・永野邦明・斎藤滋・小林正男・西村実・刈屋罔男 2002. 低アミロース米の水稻新品種「はなぶさ」北海道農研研報 174：69-81.
- 3) 中條真介・渡辺尚子・小谷理恵・井ノ内直良・木内豊・近藤始彦・梅本貴之 2004. 水稻「ミルキークイーン」のアミロース合成の温度反応性に関する解析 日本作物学会紀事 73（別1）：102-103.
- 4) 東正昭、斎藤滋、滝田正、山口誠之、春原嘉弘、横上晴郁、池田良一、田村泰章、小山田善三、小綿寿志、井上正勝、松本定夫、片岡知守 1999. 低アミロース米良食味品種「スノーパール」の育成 東北農試研報 95：1-12.
- 5) 伊勢一男・赤間芳洋・堀末登・中根晃・横尾政雄・安東郁男・羽田丈夫・須藤充・沼口賢治・根本博・古館宏・井辺時雄 2001. 低アミロース良食味水稻品種「ミルキークイーン」の育成 作物研究所報告 2：39-61.
- 6) 日本水産（株）2000. 公開特許公報：特開2000-201679.
- 7) 木内均・沼尾吉則・平山裕治・前川利彦・木下雅文・相川宗巖・菊地治己・田中一生・丹野久・佐藤毅・新橋登・田縁勝洋・佐々木一男・吉田昌幸・前田博・菅原圭一 2009. 水稻品種「あやひめ」の育成 北海道立農試集報 93：13-24.
- 8) 岡本正弘・平林秀介・梶亮太・福岡律子・八木忠之・西山壽・西村実・深浦壮一・山下浩・滝田正・斎藤薫 2001. 水稻新品種「柔小町」の育成 九州沖縄農業研究センター報告 39：127-141.
- 9) 佐藤宏之 2002. 良食味米の遺伝と育種－低アミロース米育成の現状と展望－. 農業及び園芸, 77：556-564.
- 10) 佐藤宏之・井辺時雄・根本博・赤間芳洋・堀末登・太田久稔・平林秀介・出田収・安東時男・須藤充・沼口憲治・高館正男・平澤秀雄・坂井真・田村和彦・青木法明 2008. 低アミロース米新品種「ミルキープリンセス」の育成 作物研報 9：63-79.
- 11) 佐藤宏之・鈴木保宏・奥野員敏・平野博之・井辺時雄 2001. イネ品種「ミルキークイーン」の低アミロース性の遺伝子分析 育種学研究 3：13-19.
- 12) 丹野久・國廣泰・江部康成・菊地治己・新橋登・菅原圭一 1997. 水稻新品種「彩」育成について 北海道立農試集報 72：37-53.
- 13) 館山元治・坂井真・須藤充 2005. イネ低アミロース系統の登熟気温による胚乳アミロース含有率変動の系統間差異 育種学研究 7：1-7.
- 14) 中国四国農政局生産経営流通部農産課 2010. 中国四国地域における水稻の現状 <http://www.maff.go.jp/chushi/seisan/kome/pdf/meguji.pdf>.
- 15) 上原泰樹・小林陽・古賀義昭・福井清美・清水博之・太田久稔・三浦清之・堀内久満・奥野員敏・藤田米一 1995. 水稻新品種「ソフト158」の育成 北陸農試報 37：133-153.

New low-amylose rice cultivar ‘Himegonomi’ with good eating quality and good quality of appearance for the western region of Japan

Shuichi IIDA, Osamu IIDA, Kei MATSUSHITA, Yoshihiro SUNOHARA¹,
Hiroshi NEMOTO¹, Hideo MAEDA¹, Takuro ISHII and Yasuaki TAMURA²

Summary

‘Himegonomi’, a new low-amylose rice cultivar developed at the National Agriculture Research Center for Western Region, has good eating quality and grain appearance. ‘Himegonomi’ was bred from the progeny of a cross performed in 1999 between ‘Milky-Queen’ and ‘Chugoku No. 169’ to add the low-amylose trait to the paternal cultivar. The crossed line was bred using a bulk breeding method. The promising progeny line was named ‘Chukei 2855’; investigations into its productivity and adaptability test of strains began in 2005. In 2006, the line was redesignated ‘Chugoku 192’. It entered into adaptability testing. In 2010, it was added to the registry of breeds and named ‘Himegonomi’. The following results were obtained from analyses of this cultivar.

1. Heading date of ‘Himegonomi’, which is equivalent to that of ‘Hinohikari’, is 7 days earlier than that of ‘Yawarakomachi’. Its maturity date is equivalent to that of ‘Hinohikari’, but is 8 days earlier than that of ‘Yawarakomachi’. Its maturity is classified as medium-late in flatlands along the Seto Inland Sea. Its culm length is 86 cm, equivalent to that of ‘Hinohikari’, but 5 cm shorter than that of ‘Yawarakomachi’. Its panicle is 1.8 cm longer than that of ‘Hinohikari’, but is equivalent to that of ‘Yawarakomachi’. Its panicle number per unit area, which is equivalent to that of ‘Yawarakomachi’, is less than that of ‘Hinohikari’. The plant type of this cultivar is medium type. Its tolerance for lodging, being weaker than or equivalent to that of ‘Hinohikari’, is somewhat strong.
2. The thousand-kernel weight of ‘Himegonomi’ is about 21 g, which is equivalent to that of ‘Hinohikari’. The quality of appearance of brown rice is superior to that of both ‘Hinohikari’ and ‘Yawarakomachi’. Its low amylose traits create a slightly dull white appearance. The yield of ‘Himegonomi’ in standard fertilized plots at breeding sites was superior to that of ‘Hinohikari’.
3. The average amylose content is 8.4%, which is equivalent to that of ‘Milky-Queen’, is much lower than that of ‘Hinohikari’. Because of its low amylose content, boiled rice is softer than ‘Hinohikari’ and its stickiness is strong. The evaluated taste is ‘upper-middle’, as equivalent to that of ‘Hinohikari’.
4. ‘Himegonomi’ apparently possesses a true resistance gene (Pia) against rice blast, but its field resistance against leaf blast is moderate; that against panicle blast is moderate. Its resistance against bacterial leaf blast is moderate. Its resistance against stripe disease is resistibility. Its viviparity is slightly hard.
5. Judging from its maturation characteristics, ‘Himegonomi’ can be grown in regions from the Kanto region to western Japan.

Rice Breeding Research Subteam(Western Region)

National Agriculture Research Center for Western Region

¹ National Institute of Crop Science

² National Agriculture Research Center for Kyushu Okinawa Region

Macromineral Content of Wild Plant Species Grown on Abandoned Cultivated Lands in the Chugoku Region of Western Japan

Michio TSUTSUMI, Yoshitaka TAKAHASHI, Shigeki EMOTO¹, Naoya ITO¹, Shigeyuki SAHARA²,
Tomoko YOSHIMURA² and Takayuki WATANABE³

Key words: abandoned cultivated land, calcium, cattle grazing, magnesium, phosphorus, potassium,
wild plant

Contents

I	Introduction	88
II	Materials and Methods	88
III	Results	89
1	Contents of 4 macrominerals and Ca/P ratio of the major dominant species	89
2	Contents of 4 macrominerals and the Ca/P ratio of total vegetation	91
IV	Discussion	93
	Acknowledgments	94
	References	94
	Summary	96
	和文摘要	97

(Received January 5, 2011)

Japanese Black Cow Production Research Team

¹ Yamaguchi Prefectural Technology Center for Agriculture and Forestry

² Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

³ National Livestock Breeding Center Tottori Station

I Introduction

The area of abandoned cultivated land in Japan has been increasing every year. In 2010, it increased to 4,000 km², while the area of land still under cultivation was 45,930 km². The national and local governments of Japan are promoting the re-utilization of abandoned lands. For example, the use of such land for cattle (mainly beef cows) grazing is promoted, and this practice has become widespread, mainly in western Japan.

To ensure that grazing animals are given nutritious fodder, it is important to understand the herbage mass and feeding values of plants grown on grazing land. Previously, we had proposed that herbage mass on abandoned lands should be estimated using community height¹⁴. Further, we determined the feeding value in terms of total digestible nutrients (TDN) and crude protein (CP) in wild plant communities, including those grown on abandoned lands¹³. Minerals are the main elements contained in the bone and teeth of animals, and are involved in functions such the synthesis of proteins and lipids, and the activation of enzymes; therefore, they are considered to be key nutrients after carbohydrates and proteins⁶. The species composition of vegetation grown on abandoned lands varies considerably according to land use history, length of time since abandonment, and geographical location^{3,5,11-13,15}. Hence, plant nutritional value parameters, including the mineral content of grazing herbage may vary greatly from place to place. Data for the mineral contents of wild plant species growing in Japan is scarce. The Standard Tables of Feed Composition in Japan⁷ contains data for the mineral contents of only 12 wild plant species; the data on macrominerals is also insufficient. In addition, several major species found on abandoned lands, such as the tall goldenrod (*Solidago altissima* L., Asteraceae), kudzu [*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, Fabaceae], and cogongrass [*Imperata cylindrica* (L.) Beauv. var. *koenigii* (Retz.) Derand et Schinz., Gramineae] are not listed.

We analyzed the content of 4 macrominerals (calcium, phosphorus, magnesium and potassium) in wild plants grown on abandoned cultivated lands with various dominant species. Thereafter, we determined the content of the minerals in the major dominant species and in the total vegetation.

II Materials and Methods

We studied 23 areas of abandoned cultivated lands throughout the Chugoku region of western Japan where we conducted 51 field surveys and samplings from May to October, 2006–2008. The length of time since abandonment of the study areas ranged between 1 and 15 years. In most of the study areas, the land was used for paddy cultivation before abandonment. We established between two to six 1 or 4 m²-quadrats during each survey. The herbage growing within each quadrat was harvested at the ground level. Samples were classified as dominant species or a compound sample comprised of other species. Plant material was dried, weighed, and subjected wet digestion. Then, the material was analyzed by atomic absorption spectrometry to evaluate the calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) contents, and analyzed by the molybdenum blue method to evaluate the phosphorus (P) content as a percent dry matter (% DM).

Firstly we evaluated the mineral content of each of the major dominant species. Secondly, we evaluated the mineral contents of the compound samples comprising the vegetation within each quadrat computed from the analyzed values and weight of the samples. The suggested range and maximum tolerable levels for each of the 4 minerals are listed by the National Agriculture and Food Research Organization⁸. By comparing the value that we obtained with the listed values, we estimated whether or not the content of certain

minerals present in the dominant species or total vegetation was appropriate for cattle grazing. Ca and P requirements vary with the variety, growth stage, and sex of the animal. We adopted the values for maintenance of mature beef cows that are generally grazed on abandoned cultivated lands in Japan, and assumed a body weight of 500 kg. The ratio of Ca to P (Ca/P ratio) is also a key indicator mainly for P absorption. For example, the absorption rate of P in the animal body decreases when Ca is oversupplied. A Ca/P ratio between 1.5 and 2 is desirable, while a Ca/P ratio between 1 and 7 is also acceptable, if the P content satisfies the requirement⁹⁾. We evaluated the Ca/P ratio based on these criteria.

III Results

1 Contents of 4 macrominerals and Ca/P ratio of the major dominant species

The major dominant species in the study sites were the tall goldenrod, silvergrass (*Miscanthus sinensis* Anderss., Gramineae), mugwort (*Artemisia princeps* Pampan., Asteraceae), cogongrass, barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., Gramineae] and kudzu (listed in order of frequency). The contents of the 4 macrominerals and the Ca/P ratio of these species are listed in Tables 1–5.

The Ca content was in the suggested range (0.24%–2.00% DM) for most samples of tall goldenrod, mugwort and kudzu, although 2 samples of kudzu exceeded the maximum tolerable level (2.00% DM; Table 1). Low Ca content was found in the 3 Gramineae species. Particularly in silvergrass, 17 of 21 samples had a Ca content lower than the suggested range; the average value was also below the requirement.

Table 1 The calcium content of the 6 major dominant species and the total vegetation. The total number of samples per species; average Ca content, the numbers of samples with Ca content below the requirement (<0.24% of the DM), with Ca content within the suggested range (0.24%–2.00%), and with Ca content exceeding the maximum tolerable level (>2.00%) are listed.

Species †	<i>n</i>	Average ± SD (% DM)	Less than requirement	Within suggested range ‡	Greater than maximum tolerable
Tall goldenrod	46	0.74 ± 0.13	0	46	0
Mugwort	32	0.72 ± 0.23	0	32	0
Kudzu	21	1.28 ± 0.51	1	18	2
Silvergrass	21	0.20 ± 0.07	17	4	0
Cogongrass	16	0.26 ± 0.06	6	10	0
Barnyardgrass	15	0.36 ± 0.13	4	11	0
Total vegetation	165	0.59 ± 0.24	19	146	0

† Scientific names: *Solidago altissima* L., *Artemisia princeps* Pampan., *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, *Miscanthus sinensis* Anderss., *Imperata cylindrical* (L.) Beauv. var. *koenigii* (Retz.) Derand et Schinz., and *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. ‡ These values are for the maintenance of mature beef cows with a body weight of 500 kg.

Most of the values for P content in mugwort and barnyardgrass were in the suggested range (0.25%–1.00% DM). However, the P content, as well as the average P content values of many samples of other species were less than the suggested range (Table 2). None of the dominant species samples exceeded the maximum tolerable level for P content (1.00% DM).

Table 2 The phosphorus content of the 6 major dominant species and the total vegetation. The total number of samples per species; average P content, the numbers of samples with Ca content below the requirement (<0.25% of the DM), with P content within the suggested range (0.25%–1.00%), and with P content exceeding the maximum tolerable level (>1.00%) are listed.

Species †	<i>n</i>	Average ± SD (% DM)	Less than requirement	Within suggested range ‡	Greater than maximum tolerable
Tall goldenrod	46	0.25 ± 0.07	29	17	0
Mugwort	32	0.35 ± 0.09	2	30	0
Kudzu	21	0.20 ± 0.05	15	6	0
Silvergrass	21	0.21 ± 0.05	16	5	0
Cogongrass	16	0.23 ± 0.05	10	6	0
Barnyardgrass	15	0.35 ± 0.09	2	13	0
Total vegetation	165	0.29 ± 0.08	65	100	0

† See Table 1 for the scientific names. ‡ These values are for the maintenance of mature beef cows with a body weight of 500 kg.

The Ca/P ratio was above the suggested range in many samples of tall goldenrod and kudzu, and below the suggested range in many samples of the 3 Gramineae species (Table 3). Most of the values for the Ca/P ratio in mugwort were in the suggested range.

Table 3 The ratio of calcium and phosphorus (Ca/P ratio) in the 6 major dominant species and the total vegetation. The total number of samples per species; average Ca/P ratio; and the number of samples with a Ca/P ratio below, within, and above the suggested range.

Species †	<i>n</i>	Average ± SD	Less than suggested range ‡	Within suggested range ‡	Greater than suggested range
Tall goldenrod	46	3.29 ± 1.15	0	18	28
Mugwort	32	2.21 ± 1.04	0	30	2
Kudzu	21	6.30 ± 3.84	0	5	16
Silvergrass	21	1.05 ± 0.48	18	2	1
Cogongrass	16	1.16 ± 0.29	12	4	0
Barnyardgrass	15	1.06 ± 0.35	7	8	0
Total vegetation	165	2.15 ± 1.05	40	87	38

† See Table 1 for the scientific names. ‡ 1.5–2.0 and 1.0–7.0 (when P content meets the requirement).

The Mg content of most samples of all species, except barnyardgrass, was in the suggested range (0.05%–0.25% DM; Table 4). The Mg content of most barnyardgrass samples exceeded the suggested range; while it exceeded even the maximum tolerable level (0.40% DM) in 5 of the 15 samples. Low Mg content was not found in any sample of the dominant species.

Table 4 The magnesium content of the 6 major dominant species and the total vegetation. The total number of samples per species; the average Mg content; the numbers of samples with Mg content below the suggested range (<0.05% of the DM), within the suggested range(0.05% – 0.25%), above the suggested range but below the maximum tolerable level (0.25% – 0.40%), and exceeding the maximum tolerable level (>0.40%) are listed.

Species †	<i>n</i>	Average ± SD (% DM)	Less than suggested range	Within suggested range	Greater than suggested range and less than maximum tolerable	Greater than maximum tolerable
Tall goldenrod	46	0.16 ± 0.04	0	46	0	0
Mugwort	32	0.18 ± 0.05	0	31	1	0
Kudzu	21	0.22 ± 0.07	0	17	4	0
Silvergrass	21	0.12 ± 0.03	0	21	0	0
Cogongrass	16	0.09 ± 0.02	0	16	0	0
Barnyardgrass	15	0.37 ± 0.11	0	3	7	5
Total vegetation	165	0.18 ± 0.05	0	141	23	1

† See Table 1 for the scientific names.

The K content of all the samples other than those of silvergrass exceeded the suggested range (0.50% – 0.70% DM; Table 5). The K content of most of the samples of silvergrass also exceeded the suggested range. Moreover, the K content of many samples of tall goldenrod, mugwort and barnyardgrass exceeded even the maximum tolerable level (3.00% DM).

Table 5 The potassium content of the 6 major dominant species and the total vegetation. The total number of samples per species; the average K content; the numbers of samples with K content below the suggested range (<0.50% of the DM), within the suggested range (0.50% – 0.70%), above the suggested range but below the maximum tolerable level (0.70% – 3.00%), and exceeding the maximum tolerable level (>3.00%) are listed.

Species †	<i>n</i>	Average ± SD (% DM)	Less than suggested range	Within suggested range	Greater than suggested range and less than maximum tolerable	Greater than maximum tolerable
Tall goldenrod	46	2.31 ± 0.66	0	0	39	7
Mugwort	32	2.97 ± 0.66	0	0	20	12
Kudzu	21	1.68 ± 0.44	0	0	21	0
Silvergrass	21	1.44 ± 0.68	1	2	17	1
Cogongrass	16	1.16 ± 0.28	0	0	16	0
Barnyardgrass	15	2.62 ± 0.97	0	0	9	6
Total vegetation	165	1.93 ± 0.56	1	2	152	10

† See Table 1 for the scientific names.

2 Contents of 4 macrominerals and the Ca/P ratio of total vegetation

Figure 1 shows the relationships between the content of each of the 4 macrominerals in the total vegetation and its dominant species. All the relationships were significant ($P < 0.001$), and the coefficients of correlation (R) were 0.795 (Ca), 0.888 (P), 0.893 (Mg) and 0.861 (K).

Tables 1-5 list the contents of the 4 macrominerals and the Ca/P ratio of the total vegetation.

Ca content of the total vegetation in 88% of the quadrats was in the suggested range, while in the other quadrats it was less than the suggested range (Table 1). Of the 19 quadrats where the Ca content was less than the suggested range, 13 quadrats were dominated by silvergrass, and 5 quadrats by other Gramineae

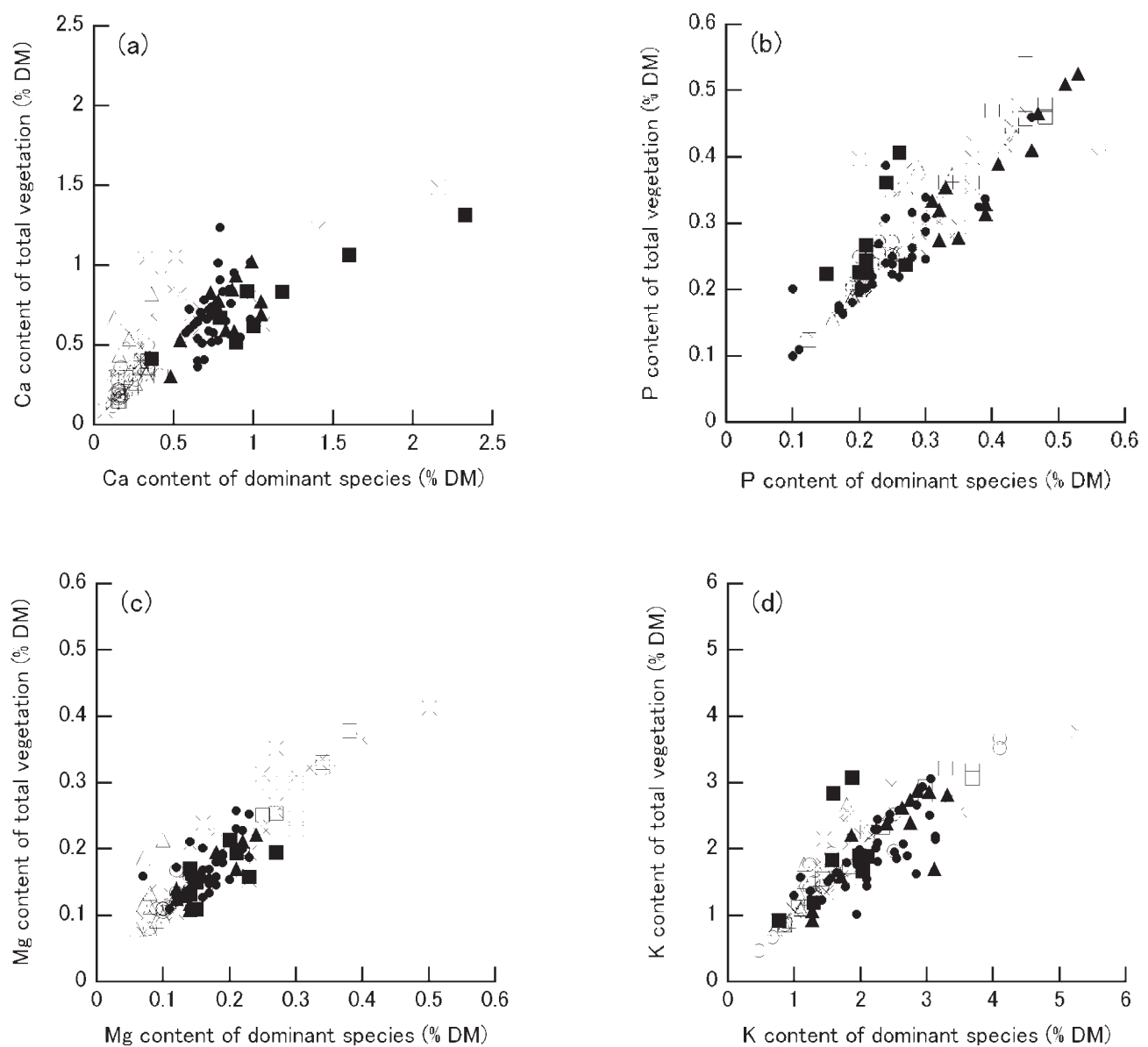


Fig. 1 Relationships in contents of 4 minerals between the total vegetation and the dominant species: (a) calcium ($R = 0.795$, $P < 0.001$), (b) phosphorus ($R = 0.888$, $P < 0.001$), (c) magnesium ($R = 0.893$, $P < 0.001$) and (d) potassium ($R = 0.861$, $P < 0.001$). The same symbol indicates the same dominant species as follows (see Table 1 for the scientific names).

- : Tall goldenrod
- ▲: Mugwort
- : Kudzu
- : Silvergrass
- △: Cogongrass
- : Barnyardgrass
- ×: Other species

species.

The P content of total vegetation in 61% of the quadrats was within the suggested range, and in the other quadrats was less than the suggested range (Table 2). The P content was higher than the requirement in most quadrats dominated by mugwort and barnyardgrass, while it was lower than the requirement in many quadrats dominated by other species.

The Ca/P ratio was lower than the suggested range in 24% of the quadrats, and higher in 23% of the quadrats (Table 3). Of the 40 quadrats with a Ca/P ratio lower than the suggested range, 37 were dominated by silvergrass (17 quadrats), barnyardgrass (10 quadrats) or other plants of Gramineae family (10 quadrats). Of the 38 quadrats with a Ca/P ratio above the suggested range, 33 were dominated by tall goldenrod (27 quadrats) or other dicotyledonous species (6 quadrats).

The Mg content of the total vegetation in 85% of the quadrats was within the suggested range, while the other quadrats were above the suggested range (Table 4). The quadrats where the Mg content was greater than the suggested range were dominated most frequently by barnyardgrass (5 of 21 quadrats) but also by other various plants. The Mg content of the total vegetation in only 1 quadrat exceeded the maximum tolerable level, dominated by *Polygonum thunbergii* (Siebold et Zucc.) H.Gross var. *thunbergii* (Polygonaceae).

The K content of the total vegetation in 98% of the quadrats was more than the suggested range and in 6% of the quadrats was more than the maximum tolerable level (Table 5). In the quadrats where K content exceeded the maximum tolerable level they were dominated by various plants belonging to different taxonomic groups.

IV Discussion

The contents of macrominerals may differ with land-use history, parent materials of soils, and growing stage or season, even among samples from the same species. It is difficult to determine how each of these factors affects the macromineral contents on the basis of our data. Much more data is required for this purpose; our aim is to collect considerable data in the future. On the other hand, the composition of wild plants grown on an abandoned cultivated land reflects land use history and soil properties⁴. Additionally, the contents of the 4 macrominerals in the total vegetation could be largely accounted for by plants of the dominant species (Fig. 1). These findings suggest that the mineral content of total vegetation can be estimated on the basis of the dominant species, and that a strategy for managing an excess or deficiency of these minerals can be developed.

The Ca content of the total vegetation was mostly in the suggested range, and it never exceeded the maximum tolerable level (Table 1). However, silvergrass and its dominant vegetation were often found to have insufficient Ca. Generally, Ca content of Gramineae species was less than that of other taxa⁷. The National Agriculture and Food Research Organization⁷ reported that the Ca content of silvergrass in Japan was 0.23% DM (0.20% DM was the average value according to our data), having the lowest Ca value of all wild plant species. Ca deficiency leads to failure to form new bone and retarded growth in young animals, and osteoporosis and osteomalacia in older animals⁹. Therefore, for cattle grazing on vegetation dominated by silvergrass and other Gramineae species, Ca should be added with mineral salt or herbage legumes such as alfalfa instead of grains, which also have low Ca content⁹.

The P content was low in 39% of the total vegetation samples that were dominated by various species, especially tall goldenrod, kudzu, silvergrass and cogongrass (Table 2). This may have been because of the

low availability of phosphoric acid, which is a characteristics of Japanese soil¹⁾. The National Agriculture and Food Research Organization⁷⁾ reported that the P content of silvergrass was 0.10% DM, which was less than our estimation of the average value. P deficiency leads to inappetence, poor lactating performance, and low fertility in adults, and unthriftiness and poor growth in younger animals⁹⁾. Hence, P supplements such as wheat bran and rice bran⁶⁾ are required for cattle grazing on vegetation dominated by tall goldenrod, kudzu, silvergrass and cogongrass.

A balance of Ca and P is important for the efficient absorption of these minerals. The Ca/P ratio of the total vegetation was less than the suggested range in 24% of the quadrats, and greater than the suggested range in 23% of the quadrats (Table 3). Since this was caused by either a low level of Ca or P, as mentioned above, supplements should be added to the animal's diet.

The Mg content of the total vegetation in 85% of the quadrats was in the suggested range (Table 4). On the other hand, most of the values for the total vegetation indicated an excess of K content (Table 5). While a deficiency of Mg leads to grass tetany, an excess of K prevents the absorption of Mg in the animal body⁸⁾. In an experiment by Newton *et al.*¹⁰⁾, it was found that lambs fed on a high K diet (4.90% DM) had a 50% reduction in apparent Mg absorption as compared to lambs fed on a low K diet (0.60% DM). The Mg content of the total vegetation was more than 0.10% DM (double the value of the minimum tolerable level of Mg content) for most data. Although the Mg content of the vegetation dominated by cogongrass had a value lower than 0.10% DM, its K content did not exceed the maximum tolerable level (3.00% DM). Therefore it was concluded that the incidence of grass tetany may be low in cattle grazing on abandoned cultivated lands.

An excess of K causes cardiac insufficiency³⁾. The K content of the total vegetation in 6% of the quadrats was more than the maximum tolerable level (Table 5). It is difficult to determine from the dominant species whether the K content exceeded the maximum tolerable level; hence, this should be deduced from the land-use history of the area in question.

Acknowledgments

This study was funded in part by Research and Development Projects for Application in Promoting New Policy of Agriculture Forestry and Fisheries (No. 18018). We thank Ms. Kyoko Tanaka for sample management, and input and classification of the data.

References

- 1) Agriculture Forestry and Fisheries Research Council (ed.) 1978. Kenkyuseika106 "Studies on the distributions and dynamics of minerals in grasslands". Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, Tokyo, Japan. 9-123 (in Japanese. Translated title by the present authors).
- 2) Blaxter, K.L., B. Cowlshaw and J.A. Rook 1960. Potassium and hypomagnesemic tetany in calves. *Anim. Prod.* 2: 1-10.
- 3) Hakoyama, S., H. Tanaka, W. Agata and T. Takeda 1977. Studies on weed vegetation in non-cultivated paddy fields. I. The vegetation of non-cultivated paddy fields in the north-western parts of Fukuoka Prefecture. *Jpn. J. Crop. Sci.* 46: 219-227 (in Japanese with English abstract).
- 4) Kusumoto, Y., T. Ohkuro and M. Ide 2005. The relationships between the management history and vegetation types of fallow paddy field and abandoned paddy fields: Case study of Sakuragawa and Kokaigawa

- river basin in Ibaraki prefecture. J. Rural Plan. Assoc. 24(Special issue): 7-12 (in Japanese with English abstract).
- 5) Matumura, M., N. Nishimura and Y. Saijoh 1988. Plant succession in paddy fields lying fallow in Hida mountainous regions, Gifu Prefecture. Jpn. J. Ecol. 38: 121-133 (in Japanese with English abstract).
 - 6) National Agriculture and Food Research Organization (ed.) 2009. Japanese Feeding Standard for Beef Cattle (2008). Japan Livestock Industry Association, Tokyo, Japan. 17-54 (in Japanese).
 - 7) National Agriculture and Food Research Organization (ed.) 2010. Standard Tables of Feed Composition in Japan (2009). Japan Livestock Industry Association, Tokyo, Japan. 136-143 (in Japanese).
 - 8) National Research Council 1996. Minerals. In: *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition, 1996*. National Academy Press, Washington, D.C., USA, 54-74.
 - 9) National Research Council 2001. Minerals. In: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. National Academy Press, Washington, D.C., USA, 105-161.
 - 10) Newton, G.L., J.P. Fontenot, R.E. Tucker and C.E. Polan 1972. Effects of high dietary potassium intake on the metabolism of magnesium by sheep. J. Anim. Sci. 35: 440-445.
 - 11) Otsuka, H., S. Kobayashi, S. Masuda and M. Nemoto 2004. Influence of rice cultivation and its cessation on the vegetation in valleys in hill land in Chiba Prefecture. J. Weed. Sci. Tech. 49: 21-35 (in Japanese with English abstract).
 - 12) Shindo, K and S. Tejima 2006. Livestock production by integrated grazing system for scattered small pastures in eastern Japan. Jpn. J. Grassl. Sci. 52: 111-113 (in Japanese).
 - 13) Tsutsumi, M., Y. Takahashi, Y. Nishiguchi, S. Emoto, N. Ito, S. Sahara, T. Yoshimura and T. Watanabe 2009. The feeding value of wild plants in abandoned cultivated lands and native pastures that differ in their dominant species. Jpn. J. Grassl. Sci. 55: 242-245 (in Japanese with English abstract).
 - 14) Tsutsumi, M., Y. Takahashi, S. Emoto, N. Ito, S. Sahara and T. Yoshimura 2010. A simple method for the estimation of herbage mass in abandoned cultivated land. Jpn. J. Grassl. Sci. 56: 47-51 (in Japanese with English abstract).
 - 15) Usami, Y., H. Koizumi and M. Satoh 1990. Processes of secondary succession on fallow land in relation to management systems. Weed Res. (Japan) 35: 74-80 (in Japanese with English abstract).

Summary

While cattle (mainly beef cows) grazing on abandoned cultivated land has become widespread in Japan, there is insufficient data on the mineral content of the wild plant species growing there. We analyzed the content of 4 macrominerals, namely calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg) and potassium (K) in the wild plant species grown on abandoned cultivated lands with various dominant species. Further, we determined the content of these minerals in the major dominant species and total vegetation. The major dominant species in the study sites were the tall goldenrod (*Solidago altissima* L.), silvergrass (*Miscanthus sinensis* Anderss.), mugwort (*Artemisia princeps* Pampan.), cogongrass [*Imperata cylindrical* (L.) Beauv. var. *koenigii* (Retz.) Derand et Schinz.], barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.] and kudzu [*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi] (listed in order of frequency). The content of the macrominerals in the total vegetation could mostly be accounted for by the dominant species. The Ca content of the total vegetation was mostly in the suggested range, and it never exceeded the maximum tolerable level. However, silvergrass and its dominant vegetation were often Ca deficient. Low P content was found in 39% of the total vegetation that was dominated by various species, especially tall goldenrod, kudzu, silvergrass and cogongrass. The Ca/P ratio of the total vegetation was less than the suggested range in 24% of the quadrats, and greater than the suggested range in 23% of the quadrats. The Mg content of the total vegetation was within the suggested range in 85% of the quadrats. It was concluded that the incidence of grass tetany was low in cattle grazing on abandoned cultivated lands. However, most of the data on the total vegetation indicated an excess of K; in 6% of the quadrats the value exceeded the maximum tolerable level. It is difficult to determine whether the K content is appropriate for grazing on the basis of the dominant species.

中国地方の耕作放棄地における野草の主要ミネラル含量

堤 道生・高橋佳孝・恵本茂樹¹・伊藤直弥¹・佐原重行²・吉村知子²・渡邊貴之³

摘 要

耕作放棄地における牛（主に肉用種繁殖牛）の放牧がわが国各地に広がっている一方で、その際に採食される野草のミネラル含量に関するデータは十分でない。本研究では、中国地方の耕作放棄地に生育する野草の主要な4種のミネラル（カルシウム、リン、マグネシウムおよびカリウム）を分析し、優占種と群落全体のミネラル含量を明らかにした。調査地の主な優占種は出現頻度の順に、セイタカアワダチソウ、ススキ、ヨモギ、チガヤ、イヌビエおよびクズであった。群落全体のミネラル含量は優占種のミネラル含量と類似していた。群落全体のカルシウム含量はほとんどが適正範囲内にあり、許容摂取限界を超えることはなかった。しかしながら、ススキおよびススキの優占する群落ではカルシウム含量の不足が散見された。群落全体のリン含量は全データの39%で不足しており、その場合の優占種はさまざまであった。特にセイタカアワダチソウ、クズ、ススキおよびチガヤで不足が著しかった。群落全体におけるカルシウムとリンの比率では、全データの23%が適正範囲を下回り、24%が適正範囲を上回った。群落全体のマグネシウム含量では、全データの85%が適正範囲内にあり、それを下回ることにはなかった。耕作放棄地における放牧牛のグラスタニー発生の可能性は、優占種のいかに関わらず低いものと考えられた。一方、群落全体のカリウム含量はほとんどが過剰状態にあり、全データの6%で許容摂取限界を超えていた。カリウム含量が適正範囲にあるかどうかを優占種から決定することは困難であった。

粗飼料多給型高品質牛肉研究チーム

¹山口県農林総合技術センター

²広島県立総合技術研究所

³家畜改良センター鳥取牧場

循環式養液栽培装置への培養液供給動作を参照して給液制御する かけ流し式養液栽培装置の開発

笠原賢明・渡邊修一¹・吉川弘恭・柴田昇平

Key words：養液栽培，給液制御，トマト

目 次

I 緒 言	99
II 原 理	100
III 装置の試作とトマト栽培への適用例	103
IV 結果および考察	105

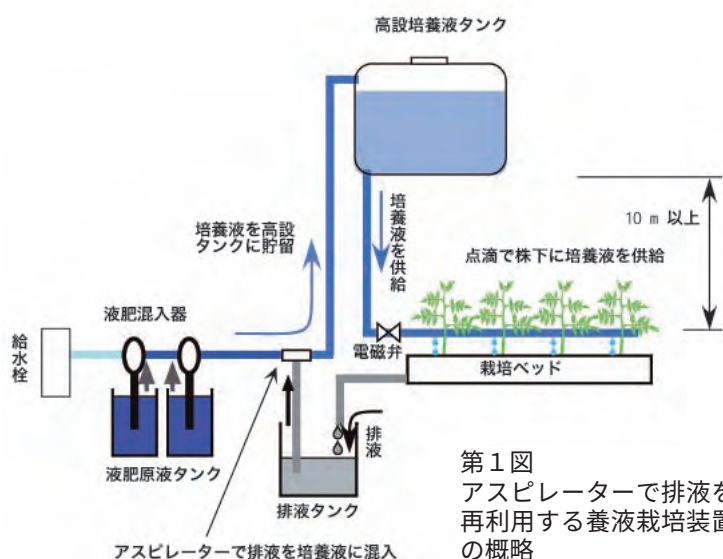
V 摘 要	107
引用文献	107
Summary	108

I 緒 言

近年トマトの生産に，土壤病害の回避，栽培管理の省力化や高品質果実の高収量化を図るために養液栽培が導入されている．一般に養液栽培を導入するにはコストが大きな問題である．四国地域に多い中山間傾斜地の小規模農家で養液栽培をおこなうには，スケールメリットを得にくいため，平坦地以上にコストを低く抑える必要がある．筆者らはこれまでに，排水を再利用できる低廉な傾斜地用養液栽培装置を開発した^{1,2)}．傾斜地で使用するために地形を利用する，給液ムラが生じないようにする等の工夫はあるが，平坦地でも利用可能である．基本構成は，ロックウールなどの固形培地に点滴で培養液を供給する方式，いわゆる上面給液によるかけ流し式の固形培地耕である．この方式では作物の株下に，すべての株で同量の培養液が供給されるように点滴資材を設置する．本装置の給液制御は市販の24時間タイマーとサブタイマーの2種類のタイマーを組み合わせで給液用の電磁弁を開閉することでおこなう．すなわち，24時間タイマーで1日の給液回数と

給液時間帯（給液時刻）を設定し，サブタイマーで給液時間の長さを設定することで1回あたりの給液量を調節する．日射などの環境センサ類や制御用のコンピュータなどを使用しないため安価である．

この養液栽培装置は0.3 MPa程度の水源水圧があれば，水圧のみで作動し，動力ポンプを必要としない．作物が吸収しきれない余剰な培養液（排水）はいったんタンクに貯留し，アスピレーターを用いて新しく調製した培養液に混入して再利用する（第1図）²⁾．排水のアスピレーターによる培養液への混



第1図
アスピレーターで排水を
再利用する養液栽培装置
の概略

(平成22年8月17日受付，平成22年12月15日受理)
中山間傾斜地域施設園芸研究チーム

¹ 広域農業水系保全研究チーム

本研究の一部はプロジェクト研究「省資源プロ・省化学肥料型」の援助で実施した．

入率は最大で2割程度である。したがって、栽培ベッドへ供給する培養液に対する排水の割合、すなわち排水率を2割以下に抑制すれば発生する排水を全量再利用することができ、この装置は施設外に排水を廃棄しない閉鎖式の養液栽培装置として使用することも可能である^{1,2)}。

開発した養液栽培装置で排水の再利用をおこなう利点は、水と肥料を節約できることである。しかし、1株でも青枯れ病等の土壌病害が発生すると培養液を介して施設全体へ蔓延する危険がある。排水の殺菌装置の導入にはコストがかかるため、農業生産現場で普及するには至っておらず、かけ流し式の装置としてのみ利用されている。本養液栽培装置を、排水を再利用せずにかけ流し式の装置として用いた場合には、適切な給液制御により排水の発生を抑制しなければ水と肥料が無駄になる。

排水の発生を抑制するには、作物の生長や天候の変化による水分要求量の変動に応じて、適切に培養液の供給量を調節することが必要である。東出(2010)は、傾斜地用養液栽培装置を導入したトマト生産者のハウスにおいて、排水の発生量を給液量決定にフィードバックする精密な日射比例制御と、タイマー制御とを比較し、両者で同程度の果実収量を得ながら、栽培期間全体では排水率を同程度の約20%にできることを示した¹⁾。ここで、東出は以下の2点について指摘している。すなわち、1) タイマーのみの制御では作物の生育ステージや天候による水分要求量の違いに合わせて、タイマーの設定を変更する必要がある。2) 地域の作型や気象条件に

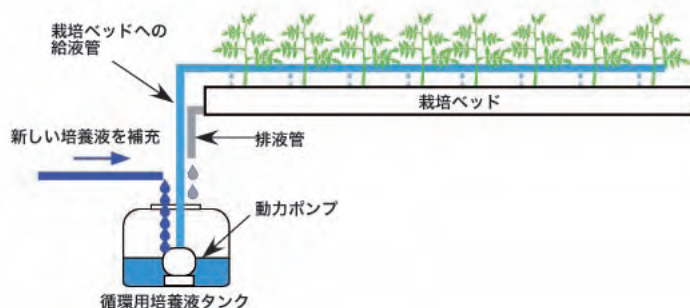
応じた給液量の設定値を構築することが必要である。

一方筆者らは、半自動の制御装置を用いることにより排水の発生を抑制する給液管理手順を考案した³⁾。その制御装置はバケツ、電磁弁、液面センサで構成される。基本的にはタイマー制御であり、排水の発生の多少に応じて給液の休止をおこなうものである。この方法では、作物の生育ステージや天候による水分要求量の違いをそれほど厳密に把握しておく必要はない。ただし、大量の排水が発生した場合、それ以降の給液時間帯には、日射の有無に関わりなく無条件に長時間給液が休止する。したがって、降雨が続いたのちに急に晴天となった場合には、固形培地の保水量が不十分な場合、培地中の培養液が不足気味となるリスクがある。

そこで、本研究では前述の半自動の制御装置と同程度の低廉な制御装置を用いて、排水の発生を抑制しながら固形培地が水分不足となるリスクの少ない養液栽培の給液制御方法を検討し、装置の開発をおこなうこととした。

Ⅱ 原 理

ロックウールなど保水性のある培地を用いた固形培地耕では、作物は培地に保持されている培養液を吸収している。吸収されて減少した培地中の培養液を点滴給液で補うという考え方に基づいて給液制御がなされている。ここで、一般的な循環式養液栽培装置(第2図)の全体構成と装置全体への培養液供

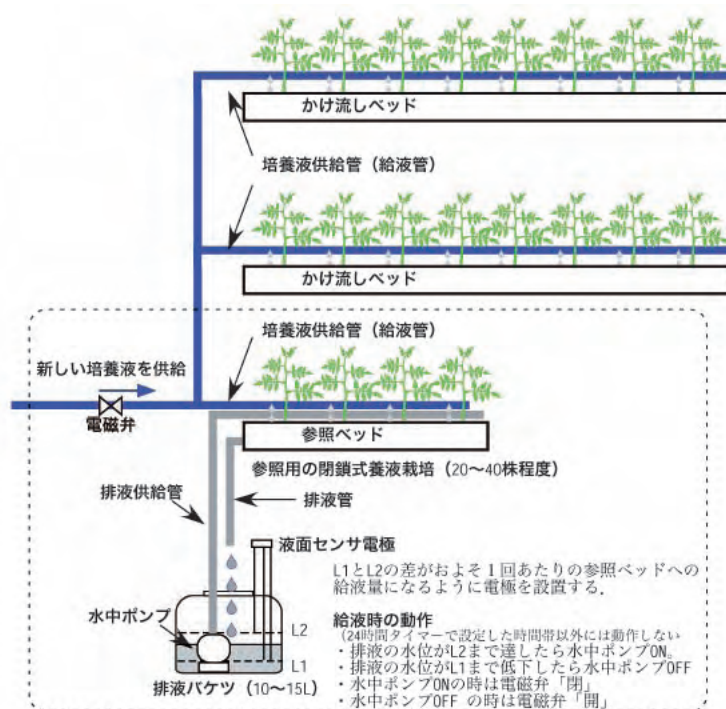


第2図 循環式養液栽培装置の基本構成の例

給の考え方を紹介する．この方式では循環用培養液タンクから栽培ベッドに培養液が供給され，ベッドから排出された余剰な培養液（排液）は再びタンクに回収される．排液回収後には，施設全体の作物が吸収した分だけタンク中の培養液は減少し，この減少分の培養液を新たに調製してタンクに補充している．つまり培養液の減少分を補うという点で，循環式養液栽培における装置全体への培養液供給の考え方と固形培地耕における培地への培養液供給の考え方は類似していることがわかる．固形培地耕では培地中の培養液の減少分を知ることが容易でないのに対して，循環式養液栽培装置では培養液タンク内の培養液がどれだけ減少したか明白である．したがって循環式養液栽培の培養液の減少分（培養液の消費量）を参照して，固形培地中の培養液減少量を推定し，かけ流し式の養液栽培の培養液供給量を決定すれば，作物の水分吸収量に応じた給液制御が可能と考えられる．

考案した装置の給液系統の基本構成を第3図に示す．作物による培養液の消費量を知るために，装置の一部を，参照用の循環式の養液栽培装置（参照区）

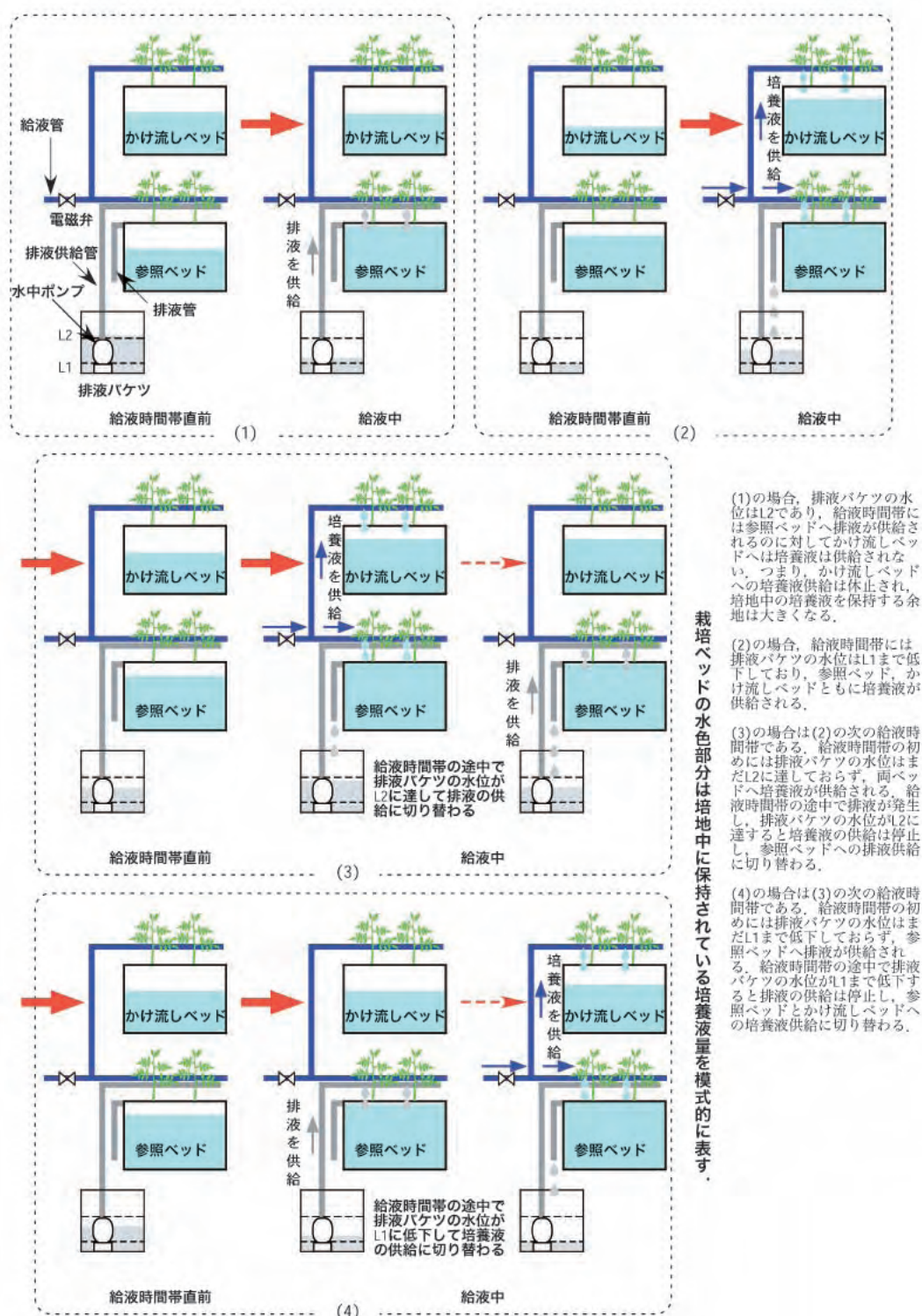
とする．給液系統の基本構成は一般的な循環式養液栽培装置と類似しているが，循環用培養液タンクの代わりに排液バケツを設置している点，培養液を循環用培養液タンクに供給する代わりに参照ベッドへ直接供給する点，および排液供給用の点滴資材（排液供給管）を設けている点が異なる．循環式養液栽培装置部分では，バケツに一定以上に溜まった排液は培養液の代わりに栽培ベッド（参照ベッド）に供給される．装置全体に対してタイマーによる給液制御をおこない，24時間タイマーで培養液または排液を供給する時間帯（簡略化のため以下，給液時間帯と呼ぶ）を，サブタイマーで1回あたりの給液時間の長さ，すなわち1回あたりの給液量（培養液または排液の供給量）を設定する．この基本構成においては，参照区は閉鎖式養液栽培（閉鎖系；養水分が系外に排出されない）であるため，参照ベッドへは作物が吸収した分だけ培養液が供給され，かけ流しベッドへも同量の培養液が供給される．かけ流しベッドの作物の株あたり吸水量が参照ベッドの作物と同じであれば，かけ流しベッドでは培養液の過不足がなく，原理的には排液は発生しない．通常，排液バ



第3図 循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置の概略
点線で囲った部分が一般的な循環式養液栽培装置（第2図）と類似の構成になっている

ケツの液面センサL1とL2の差がおおよそ1回あたりの給液量になるように電極を設置することで、かけ流しベッドへの培養液の供給の休止は1回程度になり、固形培地中の水分が不足となる事態を避けることができる。

以下に給液の動作を例示する（第4図）。単純化のために培地が培養液で飽和するまで排水は発生せず、また飽和してからは直ちに発生するものとする。なお、「給液中」とは給液時間帯（24時間タイマーがon）でサブタイマーがonになっている状態であ



第4図 循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置動作例

る。第4図における(1)の場合、排液バケツの水位はL2であり、給液時間帯には参照ベッドへ排液が供給されるのに対してかけ流しベッドへは培養液は供給されない。つまり、かけ流しベッドへの培養液供給は休止され、培地中の培養液を保持する余地は大きくなる。(2)の場合、給液時間帯には排液バケツの水位はL1まで低下しており、参照ベッド、かけ流しベッドともに培養液が供給される。(3)の場合は(2)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排液バケツの水位はまだL2に達しておらず、両ベッドへ培養液が供給される。給液時間帯の途中で排液が発生し、排液バケツの水位がL2に達すると培養液の供給は停止し、参照ベッドへの排液供給に切り替わる。(4)の場合は(3)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排液バケツの水位はまだL1まで低下しておらず、参照ベッドへ排液が供給される。給液時間帯の途中で排液バケツの水位がL1まで低下すると排液の供給は停止し、参照ベッドとかけ流しベッドへの培養液供給に切り替わる。以上(1)、(3)、(4)の例で示したように、参照ベッドに排液が供給されているときにはかけ流しベッドへの培養液の供給が休止される。培養液供給の休止によりかけ流しベッドの培地に培養液を保持する余地が確保され、排液の発生が抑制される。なお、参照ベッドとかけ流しベッドの培地容積は同じである必要はない。ただし、かけ流しベッドには培養液を保持しつつ、新たに培養液を保持する余地を確保できるだけの培地容積が最低限必要である。つまり、最低限必要な培地容積は参照ベッドよりもかけ流しベッドの方が大きいと考えられる。

考案した装置は循環式とかけ流し式の養液栽培の形式を混合したものであることから、循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置と命名し(以降、ハイブリッドシステム)、給液制御の方法をハイブリッド給液制御と以降呼ぶことにする。この名称にはタイマーと液面センサを組み合わせた制御方法という意味もある。

ここで、ハイブリッドシステムを栽培現場に適用することを考えると、かけ流し式の固形培地耕においては、生育の不揃いや施設内の環境の不均一さに起因する株ごとの吸水量にバラツキがあるため、施

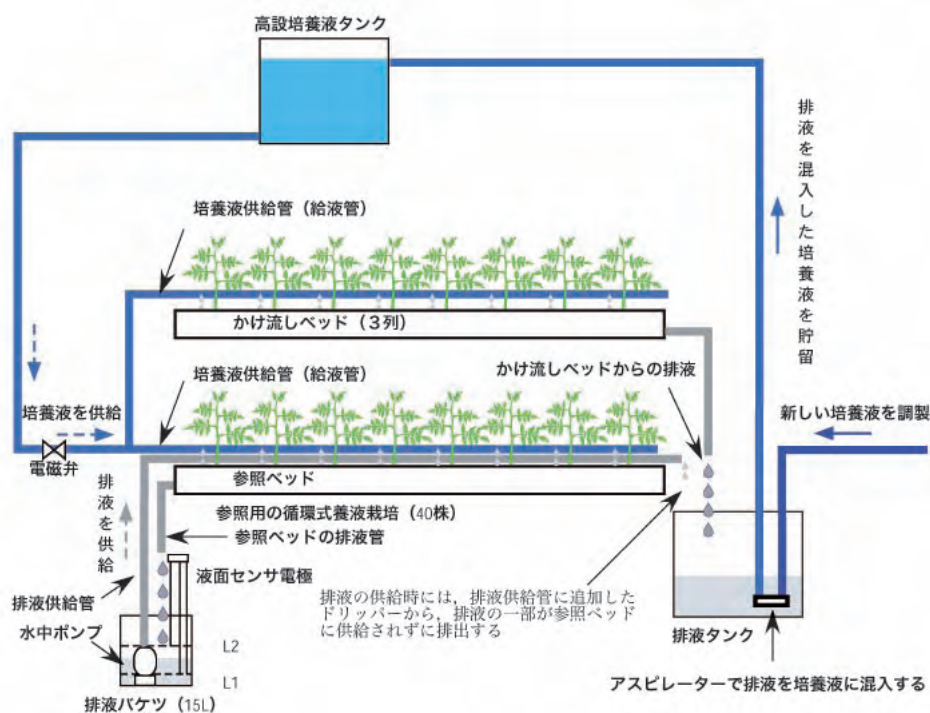
設全体の作物の吸水量よりも多めに、つまり排液が発生するように培養液を供給する必要がある。吸水量の多い株に対して培養液が不足しないように供給すれば、それより吸水量の少ない株では培養液の一部は余剰になる。そこで、かけ流しベッドで排液が発生するような給液制御の方法として参照ベッドへの排液供給時にその一部を廃棄する方法を考案した。すなわち、排液供給管に点滴資材を追加し、そこから吐出する排液を参照ベッドに供給せず、施設外に廃棄することで参照区における作物の吸水量を見かけ上多くする。つまり、参照区内全体の培養液消費量が参照区の作物の吸水量よりも多くなる。これにより参照区への培養液供給量、並びにかけ流しベッドへの培養液供給量は作物の吸水量よりも多くなり、かけ流しベッドから排液が発生する。

ハイブリッドシステムでは、参照区として設ける循環式養液栽培は施設全体のごく一部であり、かけ流しベッドへは常に新しい培養液が供給されるため、原水や液肥原液が汚染されない限り培養液を介した病害の施設全体への蔓延のリスクはない。万一、参照区で病害が発生した場合、排液を回収せずに廃棄することで、装置全体をタイマー制御のかけ流し式養液栽培装置として用いることができる。装置構成の大きな変更や使用法について新たに技術を取得する必要がないため、生産現場で受け入れられ易いと期待される。

Ⅲ 装置の試作とトマト栽培への適用例

考案したハイブリッドシステムを傾斜地用養液栽培装置に適用し、トマト栽培をおこなった。2組の装置を試作し、一方は参照ベッドの排液から排出される一部の排液も、かけ流しベッドの排液もそのまま施設外に廃棄した(排液廃棄区)。もう一方はかけ流しベッドの排液と参照ベッドの排液バケツから排出される一部の排液を合わせて排液タンクに一旦貯留、アスピレーターを用いて新しい培養液に混入して再利用した(排液再利用区)(第5図)。本試験では排液発生量の測定はおこなわず、排液再利用区において排液を全量再利用できるか否かで装置全体の排液率を2割以下に抑制できたかどうかを評価した。また、ハイブリッド給液制御の目的の1つは肥

料の無駄の抑制にあり、その制御の効果を評価するため、閉鎖式養液栽培に対するかけ流し式養液栽培の、果実生産あたりの窒素肥料利用効率を比較した。



第5図 栽培試験に用いたハイブリッド養液栽培装置の構成 (排水再利用区)

排水廃棄区では、排水タンクを設けずに参照ベッドの排水から排出される一部の排水も、かけ流しベッドの排水もそのまま施設外に廃棄した。排水再利用区ではかけ流しベッドの排水と参照ベッドの一部の排水を合わせて排水タンクに回収、アスピレーターを用いて培養液調製時に混入して再利用した。排水廃棄区では栽培ベッドに新しい培養液が供給されるのに対して、排水再利用区では排水を混入した培養液が供給される。

北向き傾斜約10度の斜面にある平張り型傾斜ハウス内 (近中四農研四国研究センター生野地区) に長さ8mの栽培ベッドを8列、1.5m間隔で設置した。固形培地としてロックウール (日東紡製ロックファイバーベッド75×300×910mm) を使用した。山側 (南側) から1列目は対照区としてアスピレーターを用いて、排水を全量再利用する傾斜地用養液栽培装置の構成にし (第1図と同様の構造)、点滴資材として圧力補正機能付き・時間あたり吐出量2.3 L/hrの点滴チューブ (ラム17; ネタフィム社2.3 L/H・0.20 mピッチ) を使用した。排水の発生を抑制するために排水の多少を参照して給液を休止する給液制御をおこなった³⁾。この方式を給液休止制御方式とした。この方式においては、複数年のトマト栽培試験で実用的な水準のトマト収量が得られることを確認している³⁾。2列目以降はハイブリッドシ

ステムとした。2列目を排水再利用区の参照ベッド、3～5列目を排水再利用区のかけ流しベッドとした。6列目を排水廃棄区の参照ベッド、7～8列目を

排水廃棄区のかけ流しベッドとした。2～8列目の点滴資材は吉川の極微量灌水法を参考にした⁴⁾。この方法では点滴資材は、時間あたりの給液量を一定に保つための1次給液管と、培養液を複数の株下に導くための2次給液管から構成される。1次給液管に取り付けた圧力補正機能付きのドリッパーから吐出する培養液を2次給液管で複数の株に振り分けることにより、一般的な点滴給液に比べて時間あたりの給液量を微量に設定できる。本試験では、圧力補正・後だれ防止機能付きのドリッパー (ネタフィム社PCJ-LCNLDリッパ Woodwardベッカータイプ2 L/H) を16 mmポリエチレンパイプに取り付けたものを1次給

液管に、点滴チューブ (ラム17; ネタフィム社2.3 L/H・0.20 m) を2次給液管に用いた。ドリッパー1個につき点滴チューブの吐出口5穴に振り分けることで培養液の吐出量0.4 L/hrとした。排水供給管には参照ベッドへ供給する1次給液管のドリッパー8個に対して排水を廃棄するためのドリッパーを4個設置し、最大で排水の4/(8+4)=1/3を廃棄できるようにした。

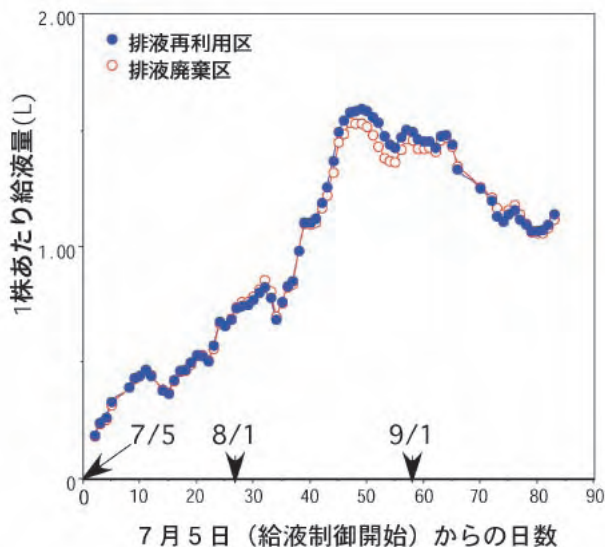
品種は桃太郎8 (タキイ種苗)、2009年6月24～26日に5～6葉のセル成型苗を定植し、活着するまでの10日間培養液をかけ流した。株間20 cm、1列あたり40株とし、左右に振り分けて吊り下げ誘引した。10月7日に10段目で摘芯し、11月30日まで収穫をおこなった。

給液用電磁弁の開いている時間をタイムカウンタで計測し、点滴資材の時間あたり吐出量から培養液

の供給量（給液量）を推算した。排液供給ポンプに電磁カウンタを取り付けて排液供給回数を確認できるようにした。1日の給液回数は3回から開始し、生育に伴って参照ベッドからの排液供給回数が減少した場合、すなわちおおむね24時間タイマーで設定した給液回数の2割以下になった場合に1日の設定給液回数を増やした。培養液の濃度と組成は0.5倍濃度の太塚SA～SC処方となるように無動力液肥混入器（ネタフィム社ネタトロン）により調製、混入率を適宜実測して設定とのずれが生じた場合には調整をおこなった。排液バケツまたは排液タンク内の排液EC（電気伝導度）を確認し、 1.5 dS m^{-1} 以上であれば、培養液の代わりに水を供給し、水を供給した翌日には培養液の供給に戻すという管理をおこなった³⁾。トマトへの窒素肥料成分の供給量は液肥原液の混入率と培養液の供給量（排液再利用区の場合は培養液の調製量）および肥料（太塚S1号、太塚2号）の保証成分量から推算した。

IV 結果および考察

対照区と排液再利用区では排液を完全に再利用することで結果的に閉鎖式養液栽培となった。ハイブリッドシステムの1日あたり給液量の推移（5調査日ごとの移動平均）を第6図に示す。トマトの生育に伴い、排液廃棄区と排液再利用区の給液量は、と



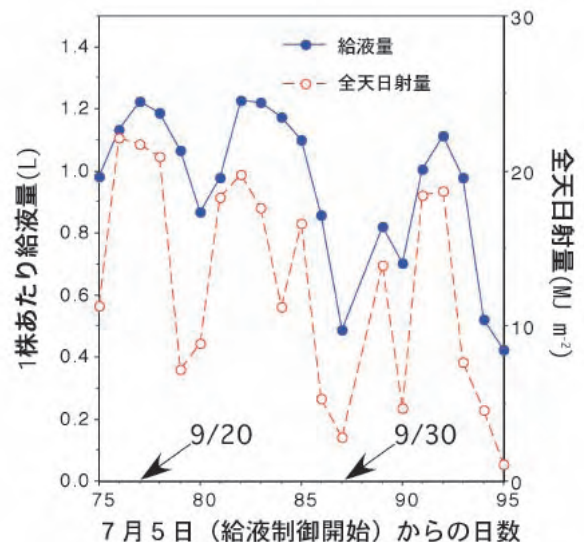
第6図 ハイブリッド給液制御による栽培ベッドへの1日あたり給液量の推移

もに増加していることがわかる。さらに1日ごとの給液量の変動と全天日射量を第7図に例示する。おおよそ、日射量に応じて給液されていることがわかる。なお、全天日射量はハウスに隣接する気象観測装置の値である。

排液再利用区においては排液タンク中の排液はほぼすべてアスピレーターにより培養液に混入され、栽培ベッドに供給された。栽培期間中栽培ベッドへ供給された培養液は 19.4 m^3 （定植株数で除すと1株あたり121 L）、新しく調製された培養液は 16.5 m^3 であり、差し引き 2.9 m^3 が混入された排液量と推算される。排液が全量培養液に混入されたことから発生した排液量と培養液に混入された排液量は等しい。よって、排液率は $2.9/19.4=15\%$ と推定される。すなわち、栽培期間全体では、ハイブリッド給液制御によって排液率が2割以下に抑制されたものと判断される。なお、かけ流し区では排液率は不明であるが、栽培期間全体で1株あたり111 L（定植株数で除した値）の培養液が供給された。

2009年は隣接する施設においてトマト黄化葉巻病とコナジラミが大発生した。病害の侵入を防ぐことができず、生育初期には病害株の除去と補植を繰り返した。最終的には1/4近くが欠株となった。株あたりの果実収量は、総果実収量を定植した株数で除して表記した。

総果実収量は、排液廃棄区 2.89 kg/株 、排液再利用区



第7図 ハイブリッド給液制御による1日あたり給液量と日射量の関係

用区2.88 kg/株、窒素肥料投入量はNとして排水廃棄区7.47 g/株、排水再利用区6.48 g/株で、窒素の施肥効率は果実生産1 kgあたりそれぞれ、2.58 g、2.25 gである。なお、対照区として設けた給液休止制御では2.62 kg/株、窒素肥料投入量は5.60g/株、施肥効率は果実生産1 kgあたり、2.14 gである。排水廃棄区の肥料投入量が対照区や排水再利用区よりも多いのは、排水に含まれる肥料成分が無駄になったためと考えられる。

傾斜ハウス内の環境が均一でなく、欠株数も試験区により異なるため、単純な比較は適当ではないが、収量水準においてハイブリッド給液制御が給液休止制御に比べて劣るものではないと考えられる。また、参照ベッドの総果実収量は排水廃棄区3.30 kg/株、排水再利用区2.77 kg/株であった。病害の影響による欠株や生育の不揃いがなければ、通常、施設全体の株毎の吸水量のパラッキは本試験ほど大きくはないと考えられ、排水廃棄量削減の余地はまだ大きい。したがって、かけ流し式養液栽培においてもさらなる肥料の節約が期待できる。

ハイブリッドシステムは、参照区の排水量を参照することで作物の吸水量に応じて培養液供給されるようになっており、日射や生育ステージに対応した給液制御が可能となっている。日射センサやコンピュータ等を用いることなく、排水の発生を抑制できる。このシステムは傾斜地用養液栽培装置のみならず、通常の上面給液の固形培地耕にも適用可能である。排水の供給回数を参照しながら生育に応じて給液回数設定を増やしていく必要はあるが、日射比例による給液制御でも、作物の生育に伴う吸水量の増大に対応するために設定を変更する必要がある点は同様である。日射比例制御では日射量あたりの作物の吸水量を、生育ステージ毎にあらかじめ把握しておく必要がある。また、トマトの長段栽培の場合、下葉かき作業が日射あたりの吸水量を変化させる要因の一つにもなる。したがって設定変更の煩雑さを考えると、排水のみを参照するハイブリッド給液制御の方が簡便である。

トマトの栽培試験では病害の発生により、参照ベッドを含めて生育がきわめて不揃いであったにも関わらず、極端な給液不足となる株は認められなかった。参照ベッドの排水の1/3を廃棄することで、

適正な量の排水が発生するようにハイブリッド給液制御が働き、参照ベッドの平均に比べて吸水量の多い株にも十分な培養液が供給されたと考えられる。なお、参照ベッドの排水の一部を廃棄する以外に、適正な量の排水がかけ流しベッドから発生するような給液制御の方法をさらに2種類考案した。1) 参照ベッドよりも時間あたりの吐出量の多い点滴資材をかけ流しベッドで用いる。2) かけ流しベッドの培養液供給系統に、独立の電磁弁を設け、参照ベッドよりも電磁弁の開いている時間を長く設定することで、1回あたりの給液量をかけ流しベッドの方が多くなるようにする。1)の方法では、制御装置や培養液供給系統の基本構成を変更する必要はない。しかし、参照ベッドに対するかけ流しベッドへの給液量の割合は点滴資材の規格で決まり、栽培途中で任意に変更できない。2)の方法では制御装置も培養液供給系統も基本構成からの変更が必要となるが参照ベッドに対するかけ流しベッドへの給液量の割合を任意に設定できる利点がある。

上面給液の固形培地耕では培地の容積に限りがあり、培養液を保持する能力（以下、保水量）に限界があるため、参照ベッドの平均に合わせて全株に同量の培養液を供給すると、吸水量の少ない株で余剰となった培養液が培地に保持しきれずに排水となる。吸水量の少ない株が生育の遅れたものであった場合、培地に十分大きな保水量があれば、余剰な培養液はいずれ作物に吸収されることが考えられる。かけ流しベッドにおいて非常に大きな保水量の培地を用いることでさらに水と肥料を無駄なく利用できる可能性がある。

ところで、水と肥料を効率よく利用する栽培法として養液土耕栽培（点滴灌水同時施肥栽培）があるが、この栽培方法においても、日射や作物の生育ステージに応じて適切な量の培養液を供給することが求められる。土壌を十分大きな保水量のある培地として使用すると、上面給液の固形培地耕は、養液土耕栽培となる。施設内の一部に参照ベッドを設けて養液栽培装置を設置し、かけ流しベッドの代わりに土壌に培養液を供給することで、ハイブリッドシステムは養液土耕栽培においても給液制御の方法として適用できる⁵⁾。

V 摘 要

一部に循環式の養液栽培装置を組込むことで、天候や作物の生育に応じて施設全体の給液量を制御できるかけ流し式の養液栽培装置を考案した。この装置は、循環式とかけ流し式の2つの方式を搭載する装置であることから循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置と命名した。この装置を用いてトマトを栽培し、栽培期間の排液率（＝排液量/培養液供給量）を2割以下に抑制できることを示した。この装置では、作物の生育段階や日射に応じた適正な給液管理が可能であることを確認した。

引用文献

- 1) 東出忠桐 2010. わが国の中山間傾斜地における施設園芸作物の安定多収生産に向けての養液栽培技術の開発. 近中四農研報 9: 37-98.
- 2) 笠原賢明・東出忠桐・角川修・伊吹俊彦 2005. 養液栽培においてアスピレーターの使用により排液を再利用する方法. 土肥誌. 76: 49-52.
- 3) 笠原賢明・吉川弘恭・東出忠桐・伊吹俊彦 2009. 養液栽培における排液再利用法の検討. 近中四農研報 8: 91-101.
- 4) 吉川弘恭 2009. 有機質培地を利用した養液栽培. 伊吹俊彦・家常高編著, 近畿中国四国農業研究叢書2. 傾斜地特有の資源を活用した低コスト施設栽培 - 四国傾斜地農業の経営改善に向けた総合研究 - ; 155-159.
- 5) 渡邊修一・笠原賢明・吉川弘恭 トマトの養液土耕栽培におけるリン酸無施肥および極微量灌水がリン酸収支に及ぼす影響. 近中四農研報 10: 41-51.

Development of an open/closed hybrid hydroponic culture system

Yoshiaki KASAHARA, Shuichi WATANABE¹, Hiroyasu YOSHIKAWA and Shohei SHIBATA

Summary

We devised an apparatus of run to waste type (open type) hydroponic culture system, which is available to control amounts of nutrient solution supply in entire greenhouse reflecting crop growth and solar radiation, using closed circuit hydroponic system partly. We named the apparatus as Open/closed hybrid hydroponic culture system. We applied this for tomato cultivation in greenhouse, and demonstrated that this could control drainage/supply ratio of nutrient solution below 20 %. We verified that this apparatus is able to control adequate amounts of nutrient solution for crops reflecting the growth stage of crop and solar radiation.

近畿中国四国農業研究センター研究報告 第10号

平成23年2月28日 印刷
平成23年2月28日 発行

発行所 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター
〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1
発行者 長 峰 司
印刷所 青葉印刷株式会社
〒721-0952 広島県福山市曙町2-11-25

