

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

BULLETIN OF
NARO WESTERN REGION AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.12 March 2013

近畿中国四国農業研究センター 研究報告

第12号 平成25年3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

NARO WESTERN REGION AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

近畿中国四国農業研究センター研究報告 第12号

所長 長峰 司

編集委員会

| | | |
|-----|-------|-------|
| 委員長 | 佐野 資郎 | |
| 委員 | 児嶋 清 | 川上 秀和 |
| | 松村 修 | 田坂 幸平 |
| | 佐藤 隆徳 | 篠田 満 |
| | 渡邊 修一 | 菊地 淳志 |
| | 川瀬真市郎 | 長崎 裕司 |
| | 村上 健二 | 大谷 一郎 |
| | 十鳥 博 | 十鳥 政信 |

BULLETIN OF
NARO WESTERN REGION AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.12

Tsukasa NAGAMINE, Director General

EDITORIAL BOARD

Shiro SANO, Chairman

| | |
|-------------------|-------------------|
| Kiyoshi KOJIMA | Hidekazu KAWAKAMI |
| Osamu MATSUMURA | Kohei TASAKA |
| Takanori SATO | Mitsuru SHINODA |
| Syuichi WATANABE | Atsushi KIKUCHI |
| Shinichiro KAWASE | Yuji NAGASAKI |
| Kenji MURAKAMI | Ichiro OTANI |
| Hiroshi JUTORI | Masanobu JUTORI |

(NARO: National Agriculture and Food Research Organization)

近畿中国四国農業研究センター研究報告 第 12 号

(平成 25 年 3 月)

目 次

| | |
|---|----|
| 広葉樹樹皮炭の施用がコマツナの硝酸イオン含有率を低減する効果 池田順一・堀 兼明・須賀有子・福永亜矢子 | 1 |
| 製粉性と製麺適性に優れる日本麺用硬質小麦品種「ふくはるか」の育成 谷中美貴子・高田兼則・石川直幸・長嶺 敬・高山敏之・田谷省三・甲斐由美 | 7 |
| 苗立ち性のすぐれる低アミロース巨大胚水稻品種「はいごころ」の育成 石井卓朗・出田 収・松下 景・春原嘉弘・前田英郎・飯田修一 | 25 |
| 日射量対応型極微量灌水装置に対応した排液量参照制御装置の開発 長崎裕司・川嶋浩樹・杉浦 誠 | 43 |

BULLETIN OF NARO WESTERN REGION AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

No.12 March 2013

CONTENTS

Reduction of Nitrate Concentrations in Komatsuna (*Brassica campestris L.*) by Application
of Broad-Leaved Tree Bark Charcoal

Jun-ichi IKEDA, Kaneaki HORI, Yuko SUGA and Ayako FUKUNAGA..... 1

'Fukuharuka', A New Hard Wheat Cultivar with High Milling Performance and Excellent Noodle Quality

Mikiko YANAKA, Kanenori TAKATA, Naoyuki ISHIKAWA, Takashi NAGAMINE,

Toshiyuki TAKAYAMA, Shozo TAYA and Yumi KAI..... 7

'Haigokoro', A New Rice Cultivar with High-Emergence Rate, Low-Amylose Content and Giant Embryo

Takuro ISHII, Osamu IDETA, Kei MATSUSHITA, Yoshihiro SUNOHARA,

Hideo MAEDA and Shuichi IIDA..... 25

Development of Device to Minimize Drainage for Solar-Radiation-Dependent Drip-Irrigation System

Yuji NAGASAKI, Hiroki KAWASHIMA and Makoto SUGIURA..... 43

広葉樹樹皮炭の施用がコマツナの硝酸イオン含有率を低減する効果

池田順一¹・堀 兼明・須賀有子・福永亜矢子

キーワード：樹皮炭，コマツナ，硝酸イオン低減，葉菜，土耕栽培，バッチ試験

目 次

| | | | |
|-------------------------|---|----------------------|---|
| I 緒 言 | 1 | 2 栽培後土壤中の無機態窒素含有率 | 3 |
| II 材料および方法 | 2 | 3 樹皮炭の硝酸イオン低減能 | 3 |
| 1 材料 | 2 | 4 栽培試験とバッチ試験の窒素収支の比較 | 4 |
| 2 栽培方法 | 2 | 5 総括 | 4 |
| 3 植物体および土壌の分析 | 2 | IV 摘 要 | 4 |
| 4 樹皮炭の硝酸イオン低減能 | 2 | 引用文献 | 5 |
| III 結果および考察 | 2 | Summary | 6 |
| 1 コマツナの生育と窒素および硝酸イオン含有率 | 2 | | |

I 緒 言

葉菜類に多く含まれている硝酸イオンは、健康のためには摂取を控えたほうがよいとされている⁶⁾。しかし、葉菜類の生育にとっては重要な窒素栄養源であり、ハウレンソウのように硝酸態の窒素を主要な窒素源として利用している葉菜もある¹⁶⁾。また、葉菜類は、ミネラル、ビタミン、食物繊維の給源として重要であるので、摂取量を減らすのは望ましくない。そこで、生育に必要な窒素分を与えながらも、葉菜類の硝酸イオン含有率を減らす方法が必要となる。

水耕栽培においては培養液組成の変更が、葉菜類の硝酸イオン含有率低減のために有効であることが示されている¹⁷⁾。一方、土耕栽培においても、養液土耕栽培、局所施肥、肥効調節型肥料の利用などさまざまな方法が提案されている¹⁹⁾。葉菜類の硝酸イオン含有率は窒素施用量と関係している^{8, 18)}。なので、土壌中の過剰な無機態窒素、特に硝酸態窒素を減らすことも有力な方法の一つである(これ以降、土壌中の養分を指す場合は「硝酸態窒素」とする)。近年、多くの圃場で硝酸態窒素およびその供給源である有機態窒素の蓄積が、堆肥など有機物の過剰施用により進んでいる³⁾ことから考えて、土壌中に

既に存在する吸収可能な硝酸態窒素を減らす方法は施肥量の適正化とともに重要と考えられる。そこで、硝酸イオンを吸着するとされており、最近、土壌改良などの目的で使用が広まっている炭の施用を試みた。

炭の施用の効果については、野菜類の生育や養分吸収⁹⁾、サツマイモの収量⁵⁾、に対する報告はあるが、これらの研究は、土壌微生物性や土壌環境の改善を目的としたものであるため、硝酸イオン含有率への影響については調べられていない。また、平田ら¹⁾や森ら^{11, 12)}は炭の硝酸イオンの吸着についてバッチ試験などにより研究しているが、そこでは栽培へ適用した実験は行っていない。伊藤・山崎⁴⁾は、米ヌカ炭化資材が砂丘未熟土からの硝酸態窒素の溶脱抑制効果とそこで栽培したメロン・ダイコンによる窒素吸収への影響について調べている。また、平田ら²⁾は、炭を施用した場合のハウレンソウの生育および窒素吸収量について調べている。しかし、どちらの研究においても野菜中の硝酸イオン含有率については測定していない。このように、野菜の硝酸イオン含有率を低減させる目的で、炭施用が葉菜類の硝酸イオン含有率に及ぼす影響について調べた研究は少ない。

そこで、土壌中に存在する硝酸態窒素を減らすこ

とで、葉菜類の硝酸イオン含有率を低減することを目的に、炭の中でも比較的安価な樹皮炭を施用してコマツナを栽培し、その硝酸イオン含有率低減効果について調べた。さらに、その効果とバッチ試験から見積もった樹皮炭による硝酸イオンの低減量を比較した。

II 材料および方法

1 材料

実験には市販の樹皮炭を用いた。これはナラ、クリなどの広葉樹の樹皮を7～10日間、200～450℃で炭化したもので、5mm篩を通過した画分である。仮比重は約 0.2Mg m^{-3} 、C/N比は82.3、1:5水浸出液のpHは8.4、ECは 0.732 dS m^{-1} であった。コマツナの品種は「楽天」を用いた。

栽培には、近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点青野圃場（京都府綾部市）の土壌（細粒褐色低地土；土性SiCL）と位田圃場の土壌（中粗粒灰色低地土；土性SL）を容積比1：1で混合した土壌を用いた。この土壌の硝酸態窒素含有率は、 37.3mg kg^{-1} であった。

2 栽培方法

13L容のプランター底部に土壌下部の過湿を防ぐためイソライト2号を3cmの厚さで敷き、その上に、対照区では、上述の栽培試験用土壌12Lを、樹皮炭施用区では、この土壌12Lに平田²⁾に準じて全容積の10%（1.3L）の樹皮炭を均一に混合したものを充填した。混合した土壌と樹皮炭の重量比はおおよそ65：1である。土壌pH（H₂O）は対照区で6.2、樹皮炭施用区で6.3であった。基肥としては硝酸系化成肥料S604（窒素（N）：16%（うちアンモニア態窒素：6.5%、硝酸態窒素：9.5%）、リン酸（P₂O₅）：10%、カリ（K₂O）：14%）をプランターあたりNとして1.92gとなるよう充填前に土壌に混和した。2004年10月1日に、うねを8cm間隔で2列とし、株間6cm、プランターあたり10本となるよう播種してガラス室内で栽培し、40日後に収穫・分析した。かん水は溶脱水が出ないようにプランター下部から土壌表面の乾燥状態を見ながら適宜行った。反復数は4とした。

3 植物体および土壌の分析

収穫したコマツナは、新鮮重を測定し、70℃で24時間乾燥した後、乾物重を測定してから粉碎した。植物体の硝酸イオン含有率は、松本ら¹⁰⁾に準じて、粉碎試料70～80mgを水40mLとともに1時間振盪して抽出し、3000rpmで5分間遠心分離した後、上清を適宜希釈してメンブレンフィルターで濾過し、イオンクロマトグラフィ（DX-120, ダイオネクス社, カラム：Ionpac AS12A）を用いて測定した。

また、全窒素については、粉碎試料を窒素炭素分析装置（Vario-Max CN, エレメンタル社）を用いて乾式燃焼法により測定した。

土壌中の硝酸イオンについては、アンモニア態窒素と比較するため、硝酸態窒素として記載した。栽培終了後、土壌を採取し、生土の状態を試料の10倍量の10%塩化カリウム溶液を加えて30分間振盪し、遠心分離した後、上清を無機態窒素含有率の測定に供試した。抽出された無機態窒素は、植物に吸収可能な形態と考えられる。上清中のアンモニア態窒素は、インドフェノール法により、硝酸態窒素は、ブルシン硫酸法¹³⁾により定量した。

4 樹皮炭の硝酸イオン低減能

栽培試験に用いた樹皮炭の硝酸イオン低減能については、森ら¹¹⁾のバッチ試験法を改変して評価した。すなわち、 1 mol L^{-1} の硝酸カリウム溶液50mLに105℃で一晩乾燥した樹皮炭を0, 0.5, 1, 2.5, 5g加えて1時間振盪後、25℃の恒温器の中に静置し、24時間後と120時間後に、液中の硝酸イオン濃度を上述のイオンクロマトグラフィにより測定した。樹皮炭による硝酸イオンの減少は、予備実験の結果、静置120時間後と168時間後で溶液中硝酸イオン濃度にほとんど差がみられなかったため、120時間後に平衡に達したと考えられた。硝酸イオン低減量は、各時間における樹皮炭無添加溶液との濃度差より求めた。試験は2反復で行った。

III 結果および考察

1 コマツナの生育と窒素および硝酸イオン含有率

コマツナの個体重および草丈を第1表に示す。それらは、炭の施用によってほとんど影響を受けなかった。また、葉色についても差異は観察されなかった。

植物体地上部の硝酸イオン含有率および全窒素含有率を第2表に示した。収穫したコマツナを、外葉およびそれを除いた内側部分である調製株に分け、硝酸イオン含有率を測定してみると、どちらの部位においても硝酸イオン含有率は、樹皮炭の施用により対照区に比べ約20～30%有意に低減した（第2表）。また、外葉の硝酸イオン含有率は、調製株のその約1.4～1.6倍高く、有意差がみられた。全窒素含有率も、調製株、外葉ともに樹皮炭施用区で有意に低下していた。このことは、樹皮炭施用区では窒素吸収が抑制されたことを示している。平田²⁾は炭施用によりハウレンソウの窒素含有量が低下することを報告しており、その結果と一致した。しかし、株あたりの全窒素量でみると樹皮炭施用によりやや低下したが、有意ではなかった。全窒素含有率は、硝酸イオン含有率と異なり、調製株と外葉ではほとんど差がみられなかった。硝酸還元酵素活性は若い葉のほうが高い^{14, 15)}ことから、外葉では硝酸同化が遅いため硝酸イオンが蓄積したと考えられる。

なお、本試験におけるコマツナの硝酸イオン含有率は、五訂食品成分表⁷⁾に示された100gあたり0.5gという値と比べて大きく異なるものではなかった。

第1表 樹皮炭施用がコマツナの新鮮重と草丈に及ぼす影響

| | 地上部新鮮重 (g 株 ⁻¹) | 地上部乾物重 (g 株 ⁻¹) | 草丈 (cm) |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 対照 | 15.5 (1.40) | 1.06 (0.06) | 24.8 (0.88) |
| 樹皮炭施用 | 16.8 (1.40) | 1.14 (0.06) | 26.8 (1.05) |

かつこ内は標準誤差 (n=4)。

t-検定 (5%水準) で有意差は見られなかった。

第2表 樹皮炭施用がコマツナ地上部の硝酸イオンおよび全窒素含有率に及ぼす影響

| | | 硝酸イオン* | 乾物重あたり 全窒素含有率* | 株あたり 全窒素量** |
|-------|-----|----------------------------|-------------------|----------------|
| | | (mg kg 新鮮重 ⁻¹) | (%) | (mg) |
| 対照 | 調製株 | 4480 b | 5.4 a | 57.6 |
| | 外葉 | 6240 a | 5.3 a | |
| 樹皮炭施用 | 調製株 | 3200 c | 4.4 b | 51.1 |
| | 外葉 | 5130 b | 4.7 b | |
| LSD | | 1097.3 | 0.6 | |

* 異なるアルファベットは Fisher の LSD 法により 5%水準 (n=4) で有意差があることを示す。

** 株あたり全窒素量は調製株と外葉の全窒素量を合計したものである。t-検定 (5%水準) で有意差は見られなかった。

2 栽培後土壤中の無機態窒素含有率

栽培後の土壤中無機態窒素量を第1図に示す。樹皮炭施用により栽培後の土壤中の無機態窒素は約50%に減少した。内訳で見ると、アンモニア態窒素はほとんど差がなかったが、硝酸態窒素は約40%に減少していた。

このことから、樹皮炭施用により土壤中の硝酸態窒素が減少し、コマツナの硝酸態窒素の吸収が抑制されたためコマツナの硝酸イオン含有率が低減したと推察された。

ただし、このことはまた、窒素含有率が低い土壤に多量に炭を施用すれば植物が窒素不足になるおそれがあることを示している。土壤中硝酸態窒素低減のための炭の適用は、主として富栄養化した土壤に対して行うべきであろう。

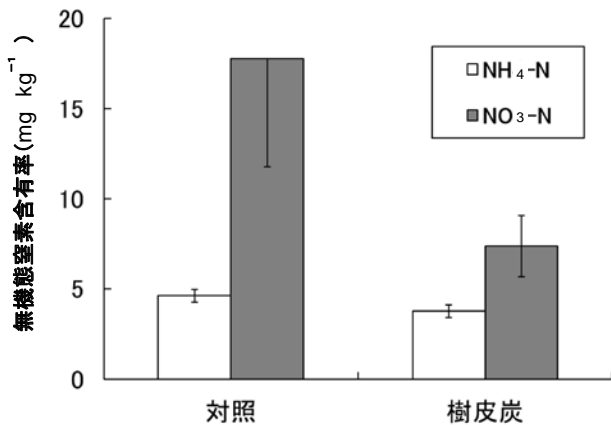
3 樹皮炭の硝酸イオン低減能

樹皮炭による硝酸イオンの低減を評価するための

バッチ試験の結果を第2図に示す。静置24時間後では、50mL中5gの炭添加でも約10%しか硝酸イオン濃度の減少はみられなかったが、120時間後では、5gの炭によって90%近くの硝酸イオンが減少していた。培養24~120時間で樹皮炭無添加および0.5g添加において、硝酸イオン濃度は1 mmol L⁻¹よりやや高くなったが、低減能の測定に影響するほどではないと考えられた。

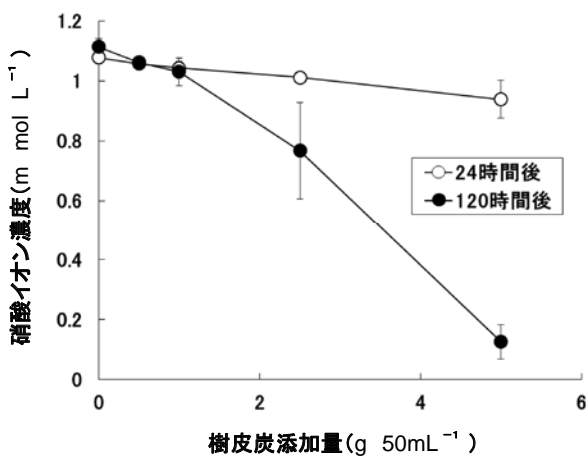
森ら¹¹⁾は、木炭を塩化鉄(III)で処理すれば硝酸イオン吸着能が発現するが、無処理では吸着能はないとしている。一方、今野・西川⁹⁾は、無処理でも硝酸イオン吸着能を示すとしている。今回用いた樹皮炭は、無処理であったが、水溶液中の硝酸イオンの減少がみられた。また、減少が十分検出できるためには24時間以上の培養が必要であることが示された。無処理の樹皮炭は、森らの報告¹¹⁾にある塩化鉄処理した炭が1gあたり約5.8mgの硝酸イオンを溶液中から減少させたのと比較して、約

0.6 mg を減少させることしかできず、硝酸イオン減少量は大幅に低かった。そのため、本実験に比べて硝酸カリウム濃度が 10 m mol L^{-1} と高く、培養時間も短い森ら¹⁾の試験法では、無処理の炭における硝酸イオンの減少が検出できなかったものと考えられる。



第1図 土壌中の無機態窒素含有率

棒線は標準誤差 (n = 4)。



第2図 樹皮炭による溶液中硝酸イオンの低減

棒線は最大値・最小値を表す。

4 栽培試験とバッチ試験の窒素収支の比較

栽培試験終了後における土壌中硝酸態窒素の対照区と樹皮炭施用区の差およびコマツナの窒素吸収量の両区の差をバッチ試験で得られた樹皮炭による硝酸イオン減少量と比較した。

プランターあたりの硝酸態窒素を乾燥土壌の仮比重 1.3 Mg m^{-3} および樹皮炭の仮比重 0.2 Mg m^{-3} を基に計算すると、対照区ではおよそ 277.1 mg 、

樹皮炭処理区では 117.0 mg であった。また、コマツナのプランターあたり窒素吸収量は、対照区では 576.5 mg 、樹皮炭処理区では 510.6 mg であった。プランターごとの両者の和の平均値は、対照区では 853.6 mg 、樹皮炭処理区では 627.6 mg であり、その差は 226.0 mg であった。

それに対し、バッチ試験の120時間後、樹皮炭 5 g の結果から計算される樹皮炭の硝酸イオン減少量は、樹皮炭 1 g あたり 0.138 mg であった。プランターあたりの樹皮炭の量を 260 g とすると低減できる硝酸イオン量は 36.0 mg となる。

このバッチ試験の結果から計算される樹皮炭による硝酸イオン低減量は、土壌中硝酸態窒素の減少とコマツナの窒素吸収量の減少との和のおよそ $1/6$ しか説明できなかった。これより、バッチ試験の結果からだけでは、樹皮炭施用栽培時の硝酸イオン含有率の低減量を予測できないことが示された。伊藤・山崎⁴⁾は、バッチ試験では硝酸イオンの吸着が認められなかった米ヌカ炭化物が、カラム浸透法実験では硝酸態窒素の流出を抑制していることを報告しているが、このこともバッチ試験で測定できる以外の機構が土壌中での硝酸態窒素の低減に関与していることを示している。本試験ではすべての窒素収支を測定したわけではないので、バッチ試験の結果で説明できない部分についての機構を明らかにすることはできていない。

しかし、ある種の樹皮炭を施用すると、短期のバッチ試験結果から計算される以上の量の窒素吸収抑制が起こることが明らかとなった。このような炭を用いた際、栽培時の土壌中硝酸態窒素および葉菜類の硝酸イオン含有率の低減量は、バッチ試験の結果を単純に外挿するだけでは、予測できないことに留意する必要があるだろう。

5 総括

以上の実験結果をまとめると次のようになる。樹皮炭は、硝酸カリウム溶液中で培養したバッチ試験の結果、その溶液中の硝酸イオンを減らすことが明らかになった。そして、この樹皮炭をコマツナを栽培したプランターに施用すると、バッチ試験から計算されるよりも多くの硝酸態窒素が、土壌中から減少した。また、そこで栽培したコマツナの硝酸イオン含有率も低下することが示された。

IV 摘 要

コマツナの硝酸イオン含有率の低減を図るため、プランターで樹皮炭を施用し栽培試験を行った。容積比で10%の樹皮炭混合により、コマツナの硝酸イオン含有率は20~30%減少した。また、窒素含有率も10~20%減少した。しかし、生育には影響がなく、樹皮炭施用が葉菜類の硝酸イオン含有率低減に有効であることが示された。栽培後の土壌中におけるアンモニア態窒素は、対照区とほぼ同じであったが、硝酸態窒素は対照区の約40%であった。さらに、 1 m mol L^{-1} 硝酸カリウム溶液に樹皮

炭を投入して培養するバッチ試験により、樹皮炭の硝酸イオンの低減量を求めたところ、樹皮炭 1g あたり 0.138 mg NO₃ であった。この結果を用いて栽培試験における樹皮炭施用による窒素収支を予測したところ、実測値の約 1/6 にしか相当しなかった。これより、バッチ試験の結果から単純に栽培時の硝酸イオン低減量を予測できないことが示された。

引用文献

- 1) 平田 滋・宮井春夫・川口博史 1994. 木炭の施用が土壤中無機態窒素に及ぼす影響. 土肥要旨集, 40:178.
- 2) 平田 滋 1995. 木炭施用土壌の硝酸態窒素保持とハウレンソウの生育. 土肥要旨集, 41, 180.
- 3) 堀 兼明・福永亜矢子・浦嶋泰文・須賀有子・池田順一 2002. 有機栽培農家圃場の土壌の実態. 近中四農研報, 1:77-94.
- 4) 伊藤政憲・山崎紀子 2008. 脱脂米ぬか炭化資材とその塩化鉄(Ⅲ)処理資材が硝酸態窒素の吸着保持とメロン, ダイコンの生育に及ぼす影響. 土肥誌, 79:155-161.
- 5) 磯部勝孝・藤井秀昭・坪木良雄 1996. 木炭の施用がサツマイモの収量に及ぼす影響. 日作紀, 65:453-459.
- 6) 香川 彰 1997. 高品質ハウレンソウの栽培生理, 84-85. いしづえ, 東京.
- 7) 香川芳子監修 2002. 五訂食品成分表. 72-73. 女子栄養大学出版部, 東京.
- 8) 亀野 貞・木下隆雄・楠原 操・野口正樹 1990. ハウレンソウの栽培条件及び品種と品質関連成分の変動. 中国農研報, 6:157-178.
- 9) 今野一男・西川介二 1993. 炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収に及ぼす影響. 土肥誌, 64:190-193.
- 10) 松本真悟・阿江教治・山縣真人 1999. 有機質肥料の施用がハウレンソウの生育および硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 土肥誌, 70:31-38.
- 11) 森 昭憲・小野信一 1995. 木炭の塩化鉄処理による硝酸イオン吸着能の発現. 土肥誌, 66:415-417.
- 12) 森 昭憲・藤野雅丈・竹崎あかね 2001. 木炭の孔隙特性が硝酸イオンの保持機能に及ぼす影響. 土肥誌, 72:642-648.
- 13) Official Methods of Analysis of A.O.A.C. 1980. 13th ed., 554. Association of Official Analytical Chemists Inc., Washington.
- 14) 王子善清 1984. 硝酸還元, 主要無機元素の生理作用. 植物栄養土壌肥料大辞典編集委員会編 植物栄養土壌肥料大辞典, 51-55, 養賢堂, 東京.
- 15) Pierson, D.R. and Elliott, R. 1981. *In vivo* nitrate reduction in leaf tissue of *Phaseolus vulgaris* L. Plant Physiol. 68:1068-1072.
- 16) 嶋田永生 1976. 3. 葉菜類の養分吸収. 野菜の栄養生理と土壌, 183-197. 農文協, 東京.
- 17) 須賀有子・福永亜矢子・浦嶋泰文・堀 兼明・池田順一 2003. 培養液窒素形態の変更がハウレンソウの硝酸, シュウ酸, アスコルビン酸含量に及ぼす影響. 近畿中国四国農研, 3:3-8.
- 18) 建部雅子・石原俊幸・松野宏治・藤本順子・米山忠克 1995. 窒素施用がハウレンソウとコマツナの生育と糖, アスコルビン酸, 硝酸, シュウ酸含有率に与える影響. 土肥誌, 66:238-246.
- 19) 野菜茶業研究所 2006. 野菜の硝酸イオン低減化マニュアル. <http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/manual/shousan/index.html>

Reduction of Nitrate Concentrations in Komatsuna (*Brassica campestris* L.) by Application of Broad-Leaved Tree Bark Charcoal.

Jun-ichi IKEDA¹, Kaneaki HORI, Yuko SUGA and Ayako FUKUNAGA

Key words : tree bark charcoal, Komatsuna (*Brassica campestris* L.), reduction of nitrate concentration, leaf vegetables, soil culture, batch test

Summary

Komatsuna plants were grown in the soil mixed with 10% (v/v) of broad-leaved tree bark charcoal. The growth, nitrate and total nitrogen concentrations of the plants and inorganic nitrogen concentrations of the soils were measured after harvest.

Application of the bark charcoal reduced the nitrate and total nitrogen concentrations by 20-30% and 10-20% of those of the control plants, respectively, without affecting the plant growth.

Ammonium-nitrogen concentration in the charcoal applied soil was approximately the same level as that in the control soil. However, nitrate-nitrogen concentration was reduced to about 40% of that in the control soil by the charcoal application.

In incubation test, 5 g of the charcoal was incubated with 50 mL of 1 m mol KNO₃ solution for 120 hours. The charcoal decreased nitrate ion concentration to about 0.1 m mol after the incubation. This result means that 1 g of the charcoal eliminated 0.138 mg of nitrate ion from the solution. However, this value accounts for only 1/6 of the sum of the decrease of nitrogen uptake by Komatsuna plants and of inorganic nitrogen concentration in the soil. This fact suggests that the incubation test is not sufficient for evaluating the ability of eliminating nitrate ion from plant and soil by charcoal.

製粉性と製麺適性に優れる日本麺用硬質小麦品種 「ふくはるか」の育成

谷中美貴子・高田兼則・石川直幸・長嶺 敬¹・高山敏之²・田谷省三³・甲斐由美⁴

キーワード：小麦，品種，硬質，製粉性，製麺適性，そうめん，育成

目 次

| | | | |
|--------------|----|-------------------|----|
| I 緒 言 | 7 | 5 普及見込み地帯における試験成績 | 17 |
| II 来歴および育成経過 | 8 | 6 栽培適地と栽培上の注意 | 17 |
| III 特性の概要 | 8 | IV 固 定 度 | 17 |
| 1 形態的特性 | 12 | V 考 察 | 17 |
| 2 生態的特性 | 12 | VI 摘 要 | 19 |
| 3 収量性と原麦品質 | 13 | 引用文献 | 19 |
| 4 品質特性 | 15 | Summary | 23 |

I 緒 言

小麦の生産量は平成 14 年度から 23 年度の過去 10 年において 57～91 万トンであり，自給率は 9～14% である（平成 23 年度は概算値）⁶⁾。2010 年 3 月策定の「食料・農業・農村基本計画」においては，2020 年度の食料自給率目標として「供給熱量ベースで 2008 年度 41% を 50% まで引き上げる」としており，この目標に対応して，小麦は 2008 年産 88 万トンから 2020 年産 180 万トンへと大幅に増加させる目標を定めている。この目標達成のためには国産小麦の品質を向上させつつ，国内産小麦の使用割合の低いパン・中華めん用に適した小麦の生産拡大や広範な水田二毛作の普及等が課題となっている。

国産小麦の主な用途は日本麺用で，2009 年度では日本麺用の国内需要 57 万トンの 60% を占めている⁷⁾。しかし，国産小麦はオーストラリアから輸入される日本麺用輸入小麦銘柄 ASW（オーストラリア・スタンダード・ホワイト）より，製粉性や小麦粉の色が劣ると実需者から指摘されており，その改善が依然として重要な育種目標である。このような中，北海道では製粉性が優れ，うどんの色・食感が ASW 並に優れる「きたほなみ」が 2006 年に

育成された。近畿中国四国農業研究センターでは 2002 年に「農林 61 号」より粉色や製粉性が優れる「ふくさやか」²⁾ を育成し，その後，さらに製粉性が優れる「ふくほのか」³⁾ を育成するなど，製粉性や粉色の改良を図ってきているところである。

これまで日本麺用として育成された小麦品種の大部分は軟質小麦である。軟質小麦は硬質小麦と比べて穀粒が軟らかく，製粉して得られた小麦粉の粒度が細かい（粒径が小さい）ため，硬質小麦と比べて製粉時に凝集しやすい。国産小麦，特に東海以西の軟質小麦はタンパク質含有率が低いことも相まって，製粉時の篩抜けの悪さが実需者から指摘されてきた。製粉時の篩抜けは小麦粉粒度の影響が大きく，硬質小麦であれば小麦粉粒度が粗いため，凝集しにくく，篩抜けが優れる。その一方で，硬質小麦は軟質小麦と比べ，製粉時に皮部の切れ込みが多く，粉色や麺色がくすみやすく，製麺時に食感が硬めになりやすい。このため，日本麺用に適さないとされてきた。また，硬質小麦は主にパン用として用いられていることもあり，硬質小麦は高タンパク質で生地物性が強いという概念もあった。

日本麺用輸入小麦銘柄である ASW は，軟質小麦と硬質小麦をブレンドすることにより製麺適性と製粉性（篩抜け）の両立を図っている。したがって，

（平成 24 年 7 月 9 日受付，平成 24 年 11 月 22 日受理）
農研機構 近畿中国四国農業研究センター
水田作研究領域

¹ 現 中央農業総合研究センター

² 現 作物研究所

³ 元 中国農業試験場

⁴ 現 九州沖縄農業研究センター

硬質小麦が必ずしも日本麺用に適さないというわけではない。また、これまでに中国農業試験場（現・近畿中国四国農業研究センター）で日本麺用として育成した系統の中に製粉性に優れる系統「中国140号」があり、この系統を分析した結果、硬質であったことから、この系統の交雑後代を用いて硬軟質性、アミロース含有率、製粉性、小麦粉色、糊化特性などの関係を調べた⁵⁾ところ、以下に述べるような日本麺用硬質小麦の育成の方向性を見出した。①硬質小麦の中でも比較的穀粒硬度が低いこと、②アミロース含有率がやや低く、麺の食感が優れること、③小麦粉の色がきれいであること。そこで、これらの点に留意し、優れた農業特性を持つ日本麺用硬質小麦の育成を進めてきた。

また、近年、地元産小麦を利用してパンやうどん、そうめん、菓子などを作りたいという要望が増している。そのため、地元産小麦のみで製粉しても製粉しやすく、おいしい麺ができる品種が要望されている。西日本地域は三輪、播州、鴨方、小豆島、島原など有名なそうめんの産地が数多くあり、かつては「農林26号」などの国産小麦がそうめん用として用いられていた。しかし、現在では北米やオーストラリアから輸入された小麦が使用されており、国産小麦はほとんど使われていない。その理由の一つは、外国産小麦は国産小麦と比べ生地物性（グルテン）が強く、そうめんを作りやすいことにある。その一方で、作りやすさより風味を重視し、地元産小麦を使用した魅力ある商品を開発したいと考える製麺会社もある。しかし、これらの地域で栽培されている小麦品種は生地物性（グルテン）の強さや食味などそうめんとしての適性が低いため、そうめんに適した品種の開発が望まれている。

そこで、硬質小麦で、製麺適性、さらに、そうめん適性を備えた品種の育成を図るため、候補系統の試験栽培を行うとともに、奈良県のそうめん会社と共同で、そうめんの試作、選抜を行った。2008年度に育成した日本麺用硬質小麦「ふくはるか」（旧系統名「中国157号」）はこのような選抜を経て育成された品種である。「ふくはるか」は奈良県において成績が良好であったため、2011年10月に奨励品種に採用された。

本品種の育成にあたっては、各府県の奨励品種決定調査、系統適応性検定試験、特性検定試験等の担当者にご協力いただいた。国際農林水産業研究センター沖繩支所（現：国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点）と北海道農業試験場（現：北海道農業研究センター）には雑種集団の世代促進を実施していただいた。また、各府県の行政機関、農政局および製粉・製麺会社の各位に多大なるご協力をいただいた。また、当研究センターの業務第1科技術専門職員ならびに契約職員の方々には本品種の育成のため圃場管理業務、調査等でご尽力いただいた。また、硬軟質性やグルテニンに関わる遺伝子の遺伝子型の同定には当研究センターの池田達哉主任研究員にご協力いただいた。ここに心から厚く御礼を申し上げる。

II 来歴および育成経過

「ふくはるか」の育成系譜を第1図に、育成経過を第2表に示す。

「ふくはるか」は1996年度（1997年4月、以下、年度は播種年度を表す）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「羽系94-71」（後の「西海183号」）を母、「中系6168」を父として人工交配（中交3001）を行い、以降、派生系統育種法により選抜・固定を図ってきたものである（第2表）。「羽系94-71」（後の「西海183号」）は早生・短稈でアミロース含有率がやや低い“やや低アミロース”の系統、「中系6168」は硬質でグルテンがやや強い“通常アミロース”の系統である（第1表）。当初の育種目標は高製粉性、高製麺適性、早生、短稈である。

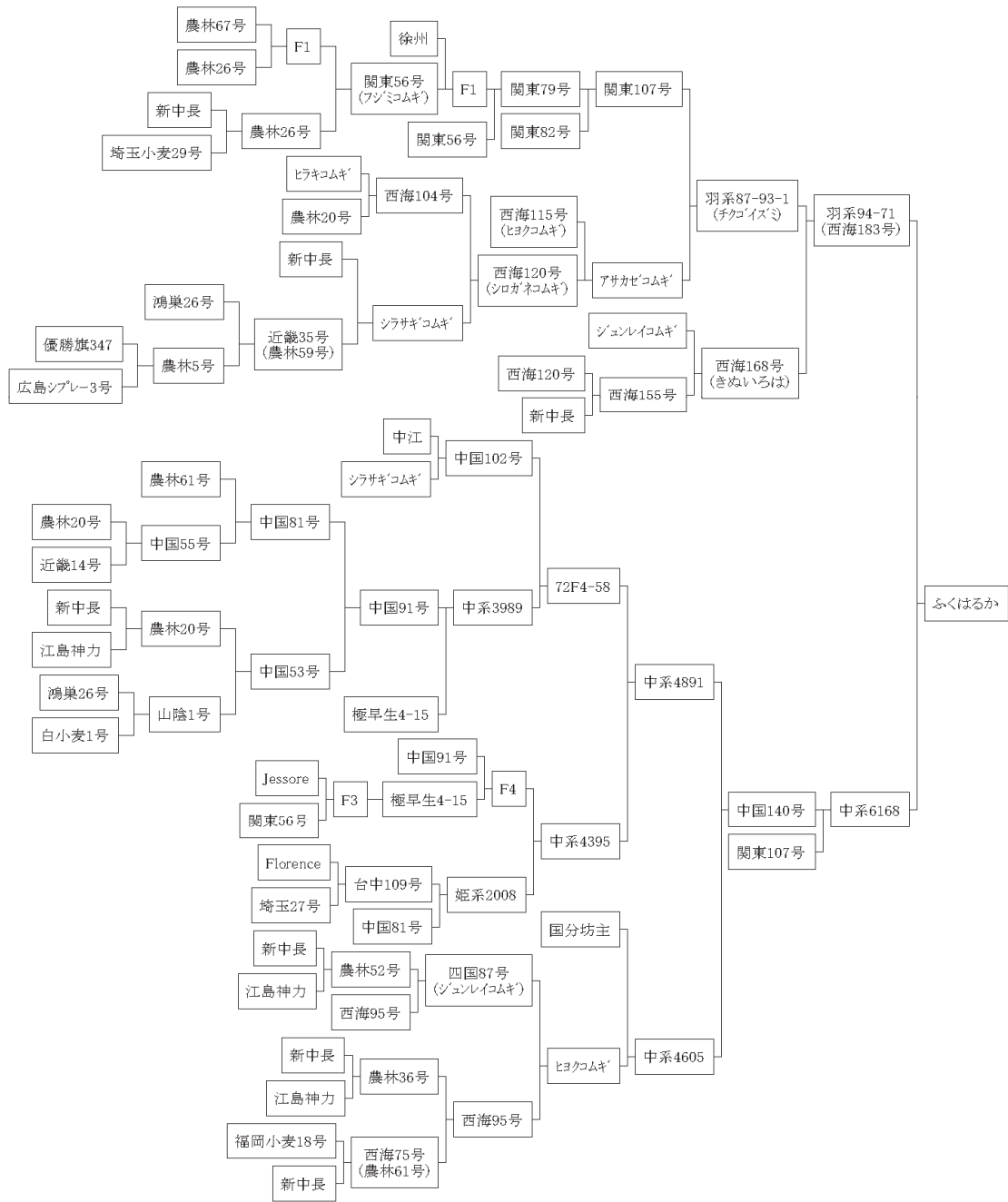
1997年播種で雑種第1代を養成し、その後雑種集団（F₂世代、F₃世代）をそれぞれ国際農林水産業研究センター沖繩支所（現：国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点）と北海道農業試験場（現：北海道農業研究センター）において世代促進を行った。中国農業試験場において1999年度雑種集団（F₄世代）から穂選抜し、2000年度より派生系統の養成と選抜を行った（F₅世代、F₆世代）。2002年度F₇世代で「中系9405」として生産力検定予備試験、2003年度F₈世代から生産力検定試験、系統適応性検定試験、特性検定試験、2004年度F₉世代から手延べそうめんの製麺試験に供試した結果、成績が良好であったため、2006年度F₁₁世代から「中国157号」の系統名を付し、奨励品種決定調査に供試した。大規模試作と工場レベルでの品質評価を実施するため、2008年10月に品種名「ふくはるか」として品種登録出願（出願番号：第23062号）し、2011年7月4日に品種登録（登録番号：第20864号）された。2011年10月に奈良県で奨励品種に採用された。2008年度の世代は雑種第13世代（F₁₃）で、育成期間は11年半である。

品種名は、地域農業と地場産業と消費者に福をもたらす、実りの春の香り高き小麦になるように、との願いを込めて命名した。「ふくはるか」とひらがなで表記することとしているが、漢字で表記する必要がある場合は「福春香」、アルファベットで表記する必要がある場合は‘Fukuharuka’とする。

III 特性の概要

耐病性・障害耐性以外は主として育成地（近畿中国四国農業研究センター）で実施した生産力検定の結果に基づき、普及対象地帯である奈良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。品質分析には、育成地の生産力検定に加えて奈良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、農林水産省総合食料局から無償で分譲していただいた日本麺用輸入小麦銘柄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。「ふくはるか」の特性概要は近畿中国四国地域の基幹品種である「農

林61号」及び普及見込み地帯である奈良県の奨励品種「きぬいろは」とともに示した。



第1図 ふくはるかの系譜図

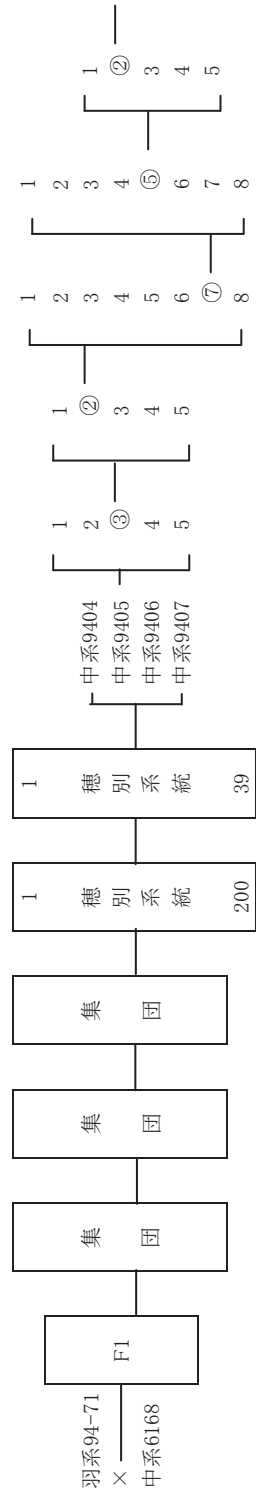
第1表 両親の特性

| 系統名 | 播性 | 出穂期 | 成熟期 | 稈長 | 穂長 | ふの色 | うどんこ病抵抗性 | 赤さび病抵抗性 | 硬軟質性 | アミロース含有率 |
|------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|---------|------|----------|
| 羽系94-71(母) | I | 早 | 早 | 短 | やや長 | 褐 | やや強 | やや強 | 軟質 | やや少 |
| 中系6168(父) | II~III | 中 | 早 | やや短 | 中 | 黄 | やや強 | やや弱 | 硬質 | 中 |
| ふくはるか | I | 早 | 早 | 短 | やや長 | 褐 | やや強 | やや強 | 硬質 | やや少 |

注) 育成地(広島県福山市)における調査結果。

第2表 ふくはるかへの選抜経過

| 播種年度 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | |
|------------|--------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 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 |
| 系統群数 | | | | | | | | | | | | | |
| 系統数 | | | | | | | | | | | | | |
| 個体数 | | 32 | 約1100g | 約150g | 1000 | 200 | 39 | 4 | 5 | 5 | 8 | 8 | 5 |
| 系統群数 | | | | | | | | | | | | | |
| 系統数 | | | | | | | | | | | | | |
| 個体数 | 32粒 | 32 | 約150g | 約200g | 200穂 | 39 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 予備試験 | | | | | | | | | | | | | |
| 本試験 | | | | | | | | | | | | | |
| 生産力検定 | | | | | | | | | | | | | |
| 特性検定試験数 | | | | | | | | | | | | | |
| 系統適応性検定試験数 | | | | | | | | | | | | | |
| 奨励品種決定調査数 | | | | | | | | | | | | | |
| 備考 | 中交3001 | | 国際農研 沖縄支所 | 北海道 農業 試験場 | 穂別 系統 | 穂別 系統 | 穂別 系統 | 中系9405 | | | | 中国157号 | |
| | | | | | | | | | | 1(奈良) | 18 | 18 | 18 |



第2図 ふくはるかへの育成系統図

第3表 特性概要(種苗特性分類一覧)

| 形質 番号 | 形質 | ふくはるか | | 農林61号 | | きぬいろは | |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 階級 | 状態・区分 | 階級 | 状態・区分 | 階級 | 状態・区分 |
| 1 | 叢性 | 4 | やや直立 | 4 | やや直立 | 4 | やや直立 |
| 2 | 株の開閉 | 6 | やや開 | 5 | 中 | 6 | やや開 |
| 3 | 鞘葉の色 | 1 | 無 | 1 | 無 | 1 | 無 |
| 4 | 稈長 | 3 | 短 | 6 | やや長 | 3 | 短 |
| 5 | 稈の細太 | 6 | やや太 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 6 | 稈の剛柔 | 6 | やや剛 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 7 | 稈のワックスの多少 | 4 | やや少 | 4 | やや少 | 4 | やや少 |
| 8 | 葉色 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 9 | 葉鞘のワックスの多少 | 4 | やや少 | 4 | やや少 | 4 | やや少 |
| 10 | 葉鞘の毛の有無・多少 | 1 | 無～極少 | 1 | 無～極少 | 1 | 無～極少 |
| 11 | 葉身の下垂度 | 6 | やや大 | 5 | 中 | 6 | やや大 |
| 12 | フレッケンの有無・多少 | 3 | 少 | 3 | 少 | 3 | 少 |
| 13 | 穂型 | 2 | 紡錘状 | 2 | 紡錘状 | 2 | 紡錘状 |
| 14 | 穂長 | 6 | やや長 | 5 | 中 | 6 | やや長 |
| 15 | 粒着の粗密 | 4 | やや疎 | 5 | 中 | 4 | やや疎 |
| 16 | 穂の抽出度 | 6 | やや長 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 17 | 穂のワックスの多少 | 3 | 少 | 3 | 少 | 3 | 少 |
| 18 | ふ毛の有無 | 1 | 無 | 1 | 無 | 1 | 無 |
| 19 | 葍の色 | 1 | 黄 | 1 | 黄 | 1 | 黄 |
| 20 | 芒の有無・多少 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 21 | 芒長 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 22 | ふの色 | 4 | 褐 | 4 | 褐 | 4 | 褐 |
| 23 | 粒の形 | 5 | 中 | 5 | 中 | 6 | やや長 |
| 24 | 粒の大小 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 25 | 粒の色 | 5 | 赤褐 | 5 | 赤褐 | 4 | 褐 |
| 26 | 頂毛部の大きさ | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 27 | 粒の黒目の有無・多少 | 1 | 無～極少 | 1 | 無～極少 | 1 | 無～極少 |
| 28 | 千粒重 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 29 | 容積重 | 6 | やや大 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 30 | 原麦粒の見かけの品質 | 5 | 中中 | 5 | 中中 | 5 | 中中 |
| 31 | 粗蛋白質含量 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 32 | 灰分含量 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 33 | うるち・もちの別 | 1 | うるち | 1 | うるち | 1 | うるち |
| 34 | 播性の程度 | 1 | I | 2 | II | 1 | I |
| 35 | 茎立性 | 5 | 中 | 5 | 中 | 4 | やや早 |
| 36 | 出穂期 | 3 | 早 | 5 | 中 | 2 | かなり早 |
| 37 | 成熟期 | 3 | 早 | 5 | 中 | 3 | 早 |
| 38 | 遺伝子雄性不稔の有無 | 1 | 無 | 1 | 無 | 1 | 無 |
| 39 | 細胞質雄性不稔の有無 | 1 | 無 | 1 | 無 | 1 | 無 |
| 43 | 耐湿性 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 45 | 耐倒伏性 | 7 | 強 | 5 | 中 | 7 | 強 |
| 46 | 穂発芽性 | 6 | やや難 | 7 | 難 | 8 | かなり難 |
| 47 | 脱粒性 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 48 | 収量性 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 49 | 粒の硬軟 | 7 | 硬 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 50 | 粒質 | 2 | 中間質 | 1 | 粉状質 | 1 | 粉状質 |
| 51 | 製粉歩留 | 7 | 高 | 5 | 中 | 6 | やや高 |
| 52 | ミリングスコア | 6 | やや高 | 5 | 中 | 6 | やや高 |
| 53 | 60%粉粗蛋白質含量 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 54 | 60%粉灰分含量 | 6 | やや多 | 5 | 中 | 4 | やや少 |
| 55 | 60%粉アミロース含量 | 4 | やや少 | 5 | 中 | 4 | やや少 |
| 59 | 粉の明度 | 6 | やや高 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 60 | 粉の赤色み | 3 | 低 | 5 | 中 | 3 | 低 |
| 61 | 粉の黄色み | 6 | やや高 | 5 | 中 | 7 | 高 |
| 62 | 吸水率 | 6 | やや高 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 63 | バロリメーターバリュウ | 6 | やや高 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 68 | 最高粘度 | 7 | 大 | 5 | 中 | 7 | 大 |
| 69 | ブレークダウン | 6 | やや大 | 5 | 中 | 6 | やや大 |
| 70 | 縮萎縮病抵抗性 | 5 | 中 | 4 | やや弱 | 5 | 中 |
| 71 | 赤かび病抵抗性 | 5 | 中 | 5 | 中 | 5 | 中 |
| 72 | うどんこ病抵抗性 | 6 | やや強 | 5 | 中 | 6 | やや強 |
| 73 | 赤さび病抵抗性 | 6 | やや強 | 5 | 中 | 6 | やや強 |

注) 種苗特性分類調査基準(平成10年3月)の階級値および区分を示す。

第4表 生育調査および収穫物調査成績

| 栽培条件 | 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 | 収量 kg/a | 対標 準比% | 容積 重g/L | 千粒 重g |
|------|---------|------------|------------|----------|----------|------------------------|----------|------------|-----------|------------|----------|
| 広幅条播 | ふくはるか | 4.13 | 6.02 | 77 | 8.9 | 430 | 0.0 | 44.8 | 92 | 818 | 36.1 |
| | きぬいろは | 4.09 | 6.02 | 75 | 9.3 | 500 | 0.7 | 47.8 | 99 | 810 | 36.0 |
| | シロガネコムギ | 4.14 | 6.02 | 77 | 8.7 | 470 | 0.0 | 45.9 | 95 | 815 | 35.8 |
| | 農林61号 | 4.17 | 6.05 | 91 | 8.6 | 497 | 1.8 | 48.5 | 100 | 811 | 38.4 |
| ドリル播 | ふくはるか | 4.13 | 6.03 | 76 | 9.4 | 416 | 0.1 | 49.4 | 97 | 842 | 37.7 |
| | きぬいろは | 4.11 | 6.03 | 69 | 9.6 | 424 | 0.3 | 47.0 | 92 | 837 | 40.2 |
| | シロガネコムギ | 4.15 | 6.03 | 72 | 9.0 | 424 | 0.0 | 48.3 | 95 | 836 | 37.4 |
| | 農林61号 | 4.19 | 6.06 | 86 | 9.0 | 423 | 1.6 | 50.8 | 100 | 833 | 42.5 |

注1) 広幅条播は育成地における2003～2008年度の平均値,ドリル播は育成地における2004,2005,2008年度の平均値. 耕種概要は付表2を参照.

2) 倒伏程度は0(無)～5(甚). 対標準比は農林61号の収量を100とした比率.

3) 容積重はブラウエル穀粒計で測定.

第5表 特性検定試験成績

| 品種名 | 播性 | うどんこ病 抵抗性 | 赤さび病 抵抗性 | 赤かび病 抵抗性 | 穂発芽性 |
|---------|----|--------------|-------------|-------------|------|
| ふくはるか | I | やや強 | やや強 | 中 | やや難 |
| きぬいろは | I | やや強 | やや強 | 中 | 難 |
| シロガネコムギ | II | 中 | 弱 | 中 | やや易 |
| 農林61号 | II | 中 | 中 | 中 | 難 |

注1) 2003～2008年度における複数年の試験成績をもとに総合的な判定を行った.

2) 特性検定試験の実施場所および年次は以下のとおり.

| | | |
|----------|---------|----------------------|
| うどんこ病抵抗性 | :長崎農試 | 2003～2005 |
| うどんこ病抵抗性 | :近中四農研 | 2004～2008 |
| 赤さび病抵抗性 | :近中四農研 | 2003～2004, 2006～2008 |
| 赤かび病抵抗性 | :福岡農総試 | 2004～2005 |
| 赤かび病抵抗性 | :九州沖縄農研 | 2004 |
| 穂発芽性 | :近中四農研 | 2003～2008 |
| 播性 | :近中四農研 | 2003～2008 |

1 形態的特性

叢性は“やや直立”で、株はやや開いている。稈長は“短”で「農林61号」より10cm程度短く、「きぬいろは」並である。稈の細太は“やや太”で「農林61号」,「きぬいろは」よりやや太い。葉身の下垂度はやや大きく、フレッケンの有無・多少は“少”である。穂長は“やや長”で、穂型は“紡錘状”で、粒着は“やや疎”,穂の抽出度は“やや長”である。芒の有無・多少は“中”,芒長は“中”,ふの色は“褐”である。粒の形は“中”,粒の大小は“中”,粒の色は“赤褐”である。千粒重は“中”,容積重は「農林61号」,「きぬいろは」よりやや大きく,“やや大”である。原麦粒の見かけの品質は「農林61号」,「きぬいろは」並の“中中”である(第3表,第4表)。

2 生態的特性

播性は“Ⅰ”で春播型である。茎立性は“中”である。「農林61号」より出穂期で4～6日,成熟期で3日程度早い早生種である。耐倒伏性は「農林61号」より強く,「きぬいろは」と同程度の“強”,穂発芽性は“やや難”で,「農林61号」,「きぬいろは」より劣る。赤かび病抵抗性は「農林61号」,「きぬいろは」並の“中”である。赤さび病抵抗性とうどんこ病抵抗性は育成地では“やや強”で「農林61号」よりやや強く,「きぬいろは」並である。ただし,うどんこ病と赤さび病は地域によってレースが異なるため,地域により抵抗性の評価が異なる可能性がある(第3表,第4表,第5表)。

3 収量性と原麦品質

収量性は「農林61号」と同程度の“中”であるが、広幅条播では「農林61号」より劣る。粒の硬軟は“硬”であり、子実硬度は「農林61号」,「きぬいろは」より高い。粒の硬軟に関わるピュロインドリン遺伝

子の遺伝子型は *Pina-D1a*, *Pinb-D1b* である。粒質は“中間質”で、硝子率は軟質小麦より高いが、硬質小麦の中では低い。灰分含有率は「農林61号」より低い（第3表, 第4表, 第6表, 第9表, 第11表）。

第6表 「ふくはるか」の製粉および品質評価成績

| 品種名 | 原麦品質 | | | 製粉性 | | 小麦粉の色 | | | アミロース含有率 % | アミログラム | | フェリノグラム | | |
|---------|------|------|---------|--------|---------|-------|---------|----------|------------|----------|---------|------------|-------|------------|
| | 子実硬度 | 灰分 % | タンパク質 % | 製粉歩留 % | ミリングスコア | 粒度 μm | 明度 (L*) | 赤色み (a*) | | 黄色み (b*) | 最高粘度 BU | ブレークダウン BU | 吸水率 % | パロメーターバリュウ |
| ふくはるか | 54 | 1.60 | 8.4 | 71.3 | 83.7 | 64 | 89.5 | -2.17 | 16.8 | 22.2 | 1029 | 352 | 56.5 | 40 |
| きぬいろは | 20 | 1.63 | 8.3 | 69.0 | 83.1 | 32 | 89.0 | -2.18 | 17.9 | 22.3 | 1045 | 310 | 47.5 | 32 |
| シロガネコムギ | 19 | 1.55 | 8.9 | 67.5 | 81.7 | 30 | 89.6 | -1.97 | 15.3 | 24.0 | 829 | 118 | 53.4 | 33 |
| 農林61号 | 23 | 1.73 | 8.4 | 66.5 | 79.9 | 31 | 89.1 | -1.77 | 15.4 | 23.7 | 819 | 167 | 53.7 | 37 |

注1) 2003～2008年度の平均値。

2) 生産力検定・広幅条播を材料として使用。

3) 試験項目の解説は付表3を参照。

第7表 「ふくはるか」の製粉および篩抜け性評価成績

| 品種名 | 製粉歩留 % | ミリングスコア | 粉タンパク質 % | 粉灰分 % | 粉粒度 μm | 篩抜け率 % |
|-------------|--------|---------|----------|-------|--------|--------|
| ふくはるか | 70.6 | 85.4 | 6.9 | 0.39 | 61 | 89 |
| きぬいろは | 67.7 | 82.4 | 6.7 | 0.39 | 28 | 61 |
| シロガネコムギ | 66.3 | 80.2 | 7.2 | 0.41 | 28 | 52 |
| 農林61号 | 65.2 | 79.5 | 6.8 | 0.41 | 28 | 56 |
| 農林61号(群馬県産) | 66.7 | 81.0 | 7.3 | 0.40 | 28 | 54 |
| ASW | 71.0 | 86.0 | 9.2 | 0.39 | 53 | 85 |

注1) 2007～2009年度(2008～2010年産)の平均値。

2) 「ASW」と「農林61号(群馬県産)」以外は生産力検定・広幅条播の収穫物を使用。

3) 試験項目の解説は付表3を参照。

第8表 ふくはるかのゆで麺の官能評価成績

| 品種名 | 色 (20) | 外観 (15) | かたさ (10) | 粘弾性 (25) | 滑らかさ (15) | 食味 (15) | 合計 (100) |
|-------|--------|---------|----------|----------|-----------|---------|----------|
| ふくはるか | 13.6 | 11.1 | 6.9 | 19.4 | 11.4 | 11.0 | 73.4 |
| ふくさやか | 14.0 | 10.5 | 7.0 | 17.5 | 10.5 | 10.5 | 70.0 |
| ASW | 15.0 | 11.1 | 7.1 | 18.6 | 11.2 | 10.6 | 73.7 |

注1) 2003～2005年度(2004～2006年産)の平均値。

2) 「ASW」は総合食料局からの無償譲与。

3) 「ASW」以外は生産力検定・広幅条播の収穫物を使用。近中四農研のビューラーテストミルで製粉し、60%粉を供試した。

4) 製麺試験の評点は「ふくさやか」を合計70点の標準品種とした相対評価。

5) 項目の括弧内の数値は配分された点数。

第9表 中国四国地域の大手製粉会社による製粉および品質評価成績

| 品種名 | 原麦品質 | | 製粉性 | | 小麦粉品質 | | | |
|-------------|---------|----------------|---------------|-------------|---------|----------------|--------------|----------------------|
| | 灰分 % | タンパク 質 % | 製粉 歩留 % | ミリング スコア | 灰分 % | タンパク 質 % | 色調 C.G.V. | アミログラム 最高粘度 BU |
| ふくはるか | 1.58 | 9.7 | 71.3 | 84.3 | 0.40 | 8.5 | -1.4 | 1030 |
| ふくさやか | 1.55 | 9.6 | 64.7 | 82.4 | 0.34 | 8.3 | -1.9 | 885 |
| 農林61号(群馬県産) | 1.71 | 8.3 | 61.5 | 78.4 | 0.36 | 7.2 | -1.1 | 941 |
| ASW | 1.27 | 10.1 | 68.6 | 83.3 | 0.39 | 9.2 | -2.1 | 800 |

注1) 2004～2007年度(2005～2008年産)の平均値.

2) 「ASW」は総合食料局からの無償譲与.

3) 「ASW」と「農林61号」(群馬県産)以外は生産力検定・ドリル播の収穫物を使用.

第10表 中国四国地域の大手製粉会社によるゆで麺の官能評価成績

| 品種名 | 色 (20) | 外観 (15) | 硬さ (10) | 粘弾性 (25) | 滑らかさ (15) | 食味 (15) | 合計 (100) |
|-------------|-----------|------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| ふくはるか | 16.0 | 12.3 | 7.2 | 19.8 | 10.9 | 10.1 | 76.2 |
| ふくさやか | 15.4 | 12.2 | 7.4 | 18.6 | 10.3 | 10.0 | 73.9 |
| 農林61号(群馬県産) | 14.9 | 11.4 | 7.0 | 17.5 | 9.6 | 9.6 | 70.0 |
| ASW | 18.6 | 12.9 | 7.9 | 21.2 | 11.4 | 10.7 | 82.7 |

注1) 2004～2007年度(2005～2008年産)の平均値.

2) 「ASW」と「農林61号」(群馬県産)以外は生産力検定・ドリル播の収穫物を使用.

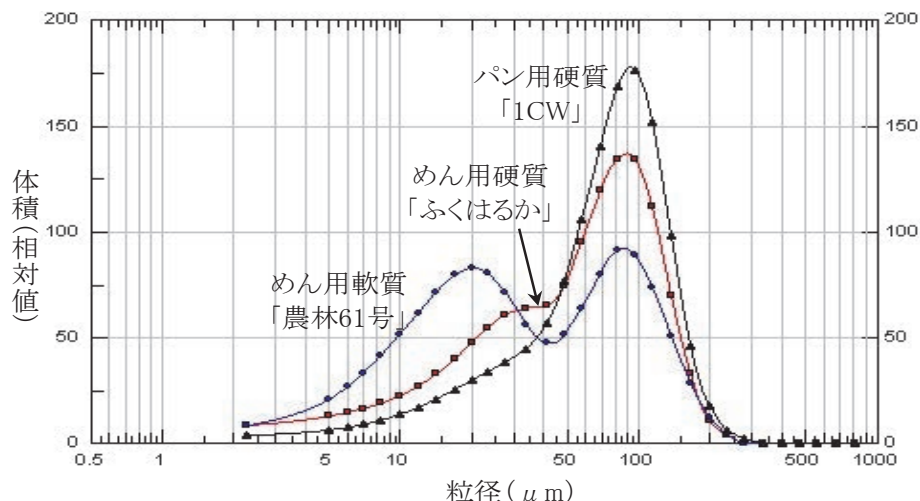
3) 製麺試験の評点は「農林61号」(群馬県産)を合計70点の標準品種とした相対評価.

4) 項目の括弧内の数値は配分された点数.

第11表 品種のピュロインドリン遺伝子型, 高分子量及び低分子量グルテニンサブユニット組成及びワキシー遺伝子型

| 品種名 | ピュロインドリン | | グルテニンサブユニット組成 | | | | | | ワキシー(W _X) | | |
|-----------|--------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | 遺伝子型 | | 高分子量グルテニン | | | 低分子量グルテニン | | | 遺伝子型 | | |
| | <i>Pina-</i> | <i>Pinb-</i> | <i>Glu-</i> | <i>Glu-</i> | <i>Glu-</i> | <i>Glu-</i> | <i>Glu-</i> | <i>Glu-</i> | <i>W_X-</i> | <i>W_X</i> | <i>W_X-</i> |
| <i>D1</i> | <i>D1</i> | <i>A1</i> | <i>B1</i> | <i>D1</i> | <i>A3</i> | <i>B3</i> | <i>D3</i> | <i>A1</i> | <i>-B1</i> | <i>D1</i> | |
| ふくはるか | <i>a</i> | <i>b</i> | 2* | 7+8 | 2+12 | <i>c</i> | <i>i</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>a</i> |
| きぬいろは | <i>a</i> | <i>a</i> | 欠失 | 7+8 | 2+12 | <i>c</i> | <i>i</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>a</i> |
| キヌヒメ | <i>a</i> | <i>a</i> | 欠失 | 7+8 | 2.2+12 | <i>c</i> | <i>i</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>a</i> |
| 農林26号 | <i>a</i> | <i>a</i> | 欠失 | 7+8 | 2.2+12 | <i>d</i> | <i>d</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>a</i> |
| 農林61号 | <i>a</i> | <i>a</i> | 2* | 7+8 | 2.2+12 | <i>d</i> | <i>i</i> | <i>d</i> | <i>a</i> | <i>a</i> | <i>a</i> |

注) ピュロインドリン遺伝子は硬軟質性に関係し, 「*a*」は野生型, それ以外は変異型で, *Pina-D1*, *Pinb-D1*のいずれかが変異型であれば硬質となる. 高分子量グルテニンサブユニットは*Glu-A1*座のグルテニンサブユニットが「欠失」, もしくは, *Glu-D1*座のグルテニンサブユニットが「2.2+12」であれば, 生地物性は弱くなる. 低分子量グルテニンサブユニットは*Glu-A3*座では「*d*」は「*c*」よりも生地物性が強い. ワキシー遺伝子はアミロース含有率に関係し, 「*a*」は野生型, それ以外は変異型である. *W_X-B1*座のみに変異がある場合, やや低アミロース化する.



第3図 「ふくはるか」の小麦粉の粒度分布

注) 「1CW」は硬質のパン用輸入小麦銘柄。

4 品質特性

製粉歩留は高く、「農林61号」、「きぬいろは」より優れる。ミリングスコアは「農林61号」よりも優れる。製粉歩留、ミリングスコアはいずれも「ASW」並である(第6表, 第7表, 第9表)。小麦粉の粒度は粗く、篩抜けが優れる(第6表, 第7表, 第3図)。小麦粉の色は「農林61号」より優れ、やや黄色みがある(第6表, 第9表)。アミロース含有率は「農林61号」よりやや低く、「きぬいろは」並の“やや低アミロース”である。アミログラムの最高粘度とブレイクダウンが「きぬいろは」並に大きい(第6表)。アミロース含有率に関わるワキシー(Wx)遺伝子型はWx-B1座のみが欠失したWx-A1a, Wx-B1b, Wx-D1aである(第

11表)。ファリノグラムの吸水率は「農林61号」、「きぬいろは」より高い。生地物性の指標となるパロリメーターバリュウは「きぬいろは」より大きく“中力”である(第6表)。Glu-A1座, Glu-B1座, Glu-D1座の高分子量グルテニンサブユニットの組成はそれぞれ2*, 7+8, 2+12であり, Glu-A3座, Glu-B3座, Glu-D3座の低分子量グルテニンサブユニットの組成はそれぞれc, i, aである(第11表)。ゆで麺の官能評価は色, 外観, 粘弾性, 滑らかさ, 食味において「農林61号」より優れる。特に食感(粘弾性, 滑らかさ), 食味の評価が高く, 色は「ASW」よりやや劣る(第8表, 第10表)。そうめんの製麺作業性は「農林26号」「キヌヒメ」より優れ, 官能評価も高い(第16表)。

第12表 奈良県における奨励品種決定調査成績

| 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 | 収量 kg/a | 対 標準 比 % | 容積 重 g/L | 千粒 重 g | 品質 概評 | 検査 等級 | タンパ ク質 % | 子実 硬度 |
|-------|------------|------------|----------|----------|------------------------|----------|------------|-------------------|----------------|--------------|----------|----------|----------------|----------|
| ふくはるか | 4.14 | 6.04 | 85 | 9.3 | 735 | 0.5 | 71.2 | 104 | 825 | 36.8 | 3.5 | 1.0 | 8.5 | 51 |
| きぬいろは | 4.10 | 6.03 | 82 | 9.6 | 767 | 0.5 | 68.8 | 100 | 808 | 37.8 | 3.5 | 1.0 | 8.6 | 17 |

注1) 2006~2007年度の平均値。

2) 倒伏程度は0(無)~5(甚)。対標準比は「きぬいろは」の収量を100とした比率。

3) 容積重はブラウエル穀粒計で測定。

4) 品質概評は1(上の上), 2(上の下), 3(中の上), 4(中の中), 5(中の下), 6(下)。

第13表 奈良県における奨励品種決定現地調査成績

| 年度, 試験地, 播種法 | 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 | 収量 kg/a | 対 標準 比 % | 容積 重 g/L | 千粒 重 g | 品質 概評 | 検査 等級 | タンパ ク質 % | 子実 硬度 |
|----------------------|-------|------------|------------|----------|----------|------------------------|----------|------------|-------------------|----------------|--------------|----------|----------|----------------|----------|
| 2006 桜井市大西 散播 | ふくはるか | 4.11 | 6.05 | 72 | 8.7 | 404 | 0.0 | 36.0 | 73 | 822 | 37.2 | 4.0 | 1.0 | 7.4 | 50 |
| | きぬいろは | 4.09 | 6.03 | 75 | 9.0 | 508 | 0.0 | 49.1 | 100 | 810 | 38.5 | 4.0 | 1.0 | 7.5 | 16 |
| 2007 桜井市大西 散播 | ふくはるか | 4.16 | 6.07 | 88 | 8.8 | 714 | 1.0 | 70.5 | 116 | 810 | 35.3 | 3.5 | 1.0 | 9.2 | 55 |
| | きぬいろは | 4.12 | 6.04 | 82 | 8.3 | 566 | 0.0 | 60.9 | 100 | 808 | 42.2 | 3.0 | 1.0 | 7.5 | 17 |
| 2007 桜井市芝 散播 | ふくはるか | 4.16 | 6.10 | 87 | 8.6 | 696 | 1.0 | 59.4 | 135 | 806 | 36.2 | 3.0 | 1.0 | 9.1 | 51 |
| | きぬいろは | 4.13 | 6.04 | 72 | 8.6 | 608 | 0.0 | 43.9 | 100 | 803 | 37.1 | 3.0 | 1.0 | 8.9 | 16 |
| 2007 桜井市芝 条播 | ふくはるか | 4.15 | 6.10 | 89 | 8.7 | 826 | 3.0 | 75.0 | 154 | 810 | 36.3 | 4.0 | 1.5 | 10.7 | 59 |
| | きぬいろは | 4.13 | 6.04 | 74 | 8.4 | 432 | 0.0 | 48.7 | 100 | 813 | 40.0 | 3.0 | 1.0 | 8.9 | 17 |
| 2007 桜井市新屋敷 条播 | ふくはるか | 4.16 | 6.03 | 73 | 7.3 | 626 | 0.0 | 37.2 | 60 | 805 | 33.7 | 3.0 | 1.0 | 6.9 | 43 |
| | きぬいろは | 4.13 | 6.02 | 78 | 8.0 | 752 | 0.0 | 61.9 | 100 | 808 | 39.3 | 3.0 | 1.0 | 7.6 | 11 |

注1) 各試験年度における単年度の成績。

2) 倒伏程度は0(無)~5(甚). 対標準比は「きぬいろは」の収量を100とした比率。

3) 容積重はブラウエル穀粒計で測定。

4) 品質概評は1(上の上), 2(上の下), 3(中の上), 4(中の中), 5(中の下), 6(下)。

5) 2007年度の現地試験は「ふくはるか」と「きぬいろは」を別圃場に栽培したため、品種間の比較はできない。

第14表 近畿地域の製粉会社による製粉および品質評価成績

| 品種名 | 原麦品質 | | 製粉性 | | 小麦粉品質 | | |
|-------------|---------|----------------|---------|-------------|---------|----------------|--------------------------|
| | 灰分 % | タンパク 質 % | 歩留 % | ミリング スコア | 灰分 % | タンパク 質 % | アミログラム 最高 粘度 BU |
| ふくはるか | 1.42 | 8.5 | 71.7 | 82.9 | 0.44 | 7.1 | 960 |
| きぬいろは | 1.46 | 9.2 | 65.7 | 81.7 | 0.37 | 7.4 | 1050 |
| 農林61号(群馬県産) | 1.65 | 8.3 | 64.0 | 79.5 | 0.37 | 6.6 | 880 |

注1) 2006年度(2007年産)の成績。

2) 「農林61号(群馬県産)」以外は奈良県農総セにおける奨励品種決定調査の収穫物を使用。

第15表 近畿地域の製粉会社によるゆで麺の官能評価成績

| 品種名 | ゆで麺の官能評価 | | | | | | |
|-------------|-----------|------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| | 色 (20) | 外観 (15) | 硬さ (10) | 粘弾性 (25) | 滑らかさ (15) | 食味 (15) | 合計 (100) |
| ふくはるか | 14.5 | 10.3 | 7.5 | 18.7 | 11.0 | 10.7 | 72.7 |
| きぬいろは | 15.9 | 10.5 | 7.7 | 19.0 | 11.4 | 11.2 | 75.7 |
| 農林61号(群馬県産) | 14.0 | 10.5 | 7.0 | 17.5 | 10.5 | 10.5 | 70.0 |

注1) 2006年度(2007年産)の成績。

2) 製麺試験の評点は「農林61号」(群馬県産)を合計70点の標準品種とした相対評価。

3) 項目の括弧内の数値は配分された点数。

第16表 奈良県桜井市三輪のそうめん会社による奈良県産小麦のそうめん製麺試験

| 品種名 | 製麺作業性 (21点満点) | 官能評価 (100点満点) |
|-------|------------------|------------------|
| ふくはるか | 19 | 71.3 |
| 農林26号 | 18 | 61.3 |
| キヌヒメ | 12 | 66.2 |

注1) 2005年度(2006年産)の試験成績。

2) 「農林26号」はかつてそうめんに使われていた品種、「キヌヒメ」は奈良県の中山間地域向け奨励品種であり、比較として用いた。なお、奈良県の奨励品種「きぬいろは」は2004年度に供試した結果、製麺作業性、官能評価ともに極めて低かったため、2005年度の試験には供試しなかった。

5 普及見込み地帯における試験成績

奈良県では奨励品種決定調査試験に配付した2006年度から奈良県農業総合センターで試験が実施されるとともに、現地試験が実施された。また、同センターの収穫物を用いて奈良県内のそうめん会社がそうめんの試作・評価を行った。その結果、奈良県の奨励品種である「きぬいろは」と比べ、「同程度の早生で、製粉性が優れる」、「うどんの製麺適性に加え、そうめんの製麺適性が優れる」という特性が評価され、2011年10月に奨励品種に採用された。「ふくはるか」は2012年秋より「きぬいろは」から全面的に切り換えての普及が見込まれている。以下に、普及見込み地帯である奈良県における試験成績を示す。

「ふくはるか」は「きぬいろは」と比較して、出穂期で4日、成熟期で1日遅い。稈長と穂長は同程度で、穂数はやや少ないが、収量は同程度である。容積重はやや大きく、千粒重はやや小さい。外観品質は同程度である。子実硬度は高い(第12表、第13表)。原麦の灰分含有率は同程度で、製粉歩留が高く、小麦粉の灰分含有率は高いが、ミリングスコアは高い。ゆで麺の官能評価ではゆで麺の色が劣り、総合評価が「きぬいろは」より劣るが、「農林61号」より優れる(第14表、第15表)。そうめんの製麺試験では製麺作業性・官能評価のいずれも供試した他の品種より優れる(第16表)。

6 栽培適地と栽培上の注意

「ふくはるか」は関東以西の平坦地において栽培可能である。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日後に窒素肥料を成分量で2kg/10a施すと子実タンパク質含有率が約1ポイント高まる¹³⁾。

IV 固定度

F₁₁各系統の出穂期、稈長、穂長、1株穂数の平均値および変動係数から見て、「ふくはるか」は実用的に固定していると認められる(第17表)。

V 考 察

「ふくはるか」は日本麺用小麦の製粉性の抜本的改善を図るため、硬質であり、かつ、製麺適性、特にそうめん適性を備えることを目標に育成された。「ふくはるか」は硬質小麦の中でも粒が軟らかい硬質小麦であり、粉色・麺色が優れ、また、アミロース含量がやや低い“やや低アミロース”であるため、麺の粘弾性や滑らかさなどの製麺適性が優れる。また、そうめんとしての製麺作業性、食味も優れ、概ね育種目標を達成できたと考えられる。

「ふくはるか」の育成は粒の硬軟質性に関する研究の進展によるところが大きい。軟質小麦と硬質小麦の子実の硬さの違いはピュロインドリノ遺伝子と呼ばれる遺伝子の変異に基づき、ピュロインドリノ遺伝子 *Pina-D1*、*Pinb-D1* のいずれかに変異があれば、硬質となる。また、ピュロインドリノ遺伝子の変異の種類により、硬度が異なること、結果として、製粉特性や生地特性などの品質特性が異なることが当研究センターの研究を含めて、明らかになってきた^{1),4),5),12)}。ピュロインドリノ遺伝子の変異の中でも、*Pinb-D1b* 遺伝子は子実硬度が比較的 low、でんぷん粒の損傷度が低く、小麦粉灰分が低く、製粉歩留がやや高い傾向にある^{4),12)}。「ふくはるか」は *Pinb-D1b* 遺伝子を持ち(第11表)、その硬質性は *Pinb-D1b* を持つ「中国140号」⁵⁾ から「中系6168」を経て受け継いだことによる。製粉時の篩抜け性は粒度が大きく影響するが、これは製粉時に篩の振動による摩擦で帯電した小麦粉は凝集しやすく、その程度は微細になるほど大きいからである⁶⁾。「ふくはるか」の粒度分布を見ると、軟質小麦である「農林61号」と比べて100 μm 付近のピークが大きく、また、「ふくはるか」より硬度が高い硬質のパン用輸入小麦銘柄「1CW」よりこのピークが小さい(第3図)。「ふくはるか」はビューラーテストミルによる製粉試験で「ASW」並の製粉歩留、ミリングスコアを示し、篩抜け性も優れていた(第7表、第9表)。また、2008年に育成された日本麺用の硬質小麦品種「あおばの恋」⁹⁾ も「ASW」と遜色ない製粉歩留を示している。「ふくはるか」の

第17表 固定度

| 選抜 | 系統 | 出穂期 | 稈長 (cm) | | 穂長 (cm) | | 穂数 (本/個体) | | 調査 個体 数 | |
|-----------------------------|----|------|------------|-----------------|------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|----|
| | | | 平均 | 変動 係数 (%) | 平均 | 変動 係数 (%) | 平均 | 変動 係数 (%) | | |
| ふくはるか F ₁₁ 世代 | ○ | 1 | 4月9日 | 83.4 | 2.8 | 9.1 | 6.5 | 14.9 | 13.1 | 35 |
| | | 2 | 4月9日 | 78.7 | 2.7 | 9.1 | 7.4 | 12.6 | 15.3 | 34 |
| | | 3 | 4月9日 | 77.2 | 4.0 | 9.2 | 6.5 | 12.9 | 15.0 | 38 |
| | | 4 | 4月9日 | 81.4 | 3.7 | 9.5 | 8.5 | 16.2 | 13.0 | 37 |
| | | 5 | 4月9日 | 77.4 | 3.2 | 9.4 | 6.4 | 12.5 | 16.3 | 38 |
| | | 6 | 4月9日 | 75.3 | 3.3 | 8.9 | 7.5 | 12.1 | 14.2 | 33 |
| | | 7 | 4月9日 | 77.2 | 3.6 | 8.8 | 7.1 | 13.4 | 18.4 | 33 |
| | | 8 | 4月7日 | 82.2 | 3.9 | 9.6 | 6.4 | 14.4 | 16.8 | 38 |
| | 平均 | 4月9日 | 79.1 | 3.4 | 9.2 | 7.0 | 13.6 | 15.3 | | |
| 系統間変動係数(%) | | | | 3.6 | | 3.1 | | 10.4 | | |
| ふくさやか F ₁₉ 世代 | | 1 | 4月4日 | 83.6 | 3.6 | 10.2 | 7.1 | 15.8 | 19.7 | 40 |
| | | 2 | 4月4日 | 84.4 | 4.2 | 10.1 | 6.3 | 15.2 | 19.1 | 40 |
| | | 3 | 4月3日 | 87.1 | 4.0 | 10.3 | 4.9 | 15.9 | 23.2 | 40 |
| | | 4 | 4月3日 | 89.4 | 2.9 | 10.1 | 4.9 | 14.3 | 19.5 | 39 |
| | | 5 | 4月3日 | 88.3 | 3.0 | 10.0 | 5.4 | 14.4 | 21.0 | 38 |
| | | 6 | 4月3日 | 86.8 | 4.1 | 9.7 | 4.8 | 13.1 | 18.4 | 38 |
| | | 7 | 4月3日 | 81.7 | 3.2 | 9.9 | 6.6 | 13.9 | 18.7 | 39 |
| | | 8 | 4月3日 | 83.9 | 4.0 | 9.8 | 6.8 | 12.6 | 19.9 | 36 |
| | 平均 | 4月3日 | 85.6 | 3.6 | 10.0 | 5.9 | 14.4 | 19.9 | | |
| 系統間変動係数(%) | | | | 3.1 | | 2.1 | | 8.3 | | |

注1) 2006年度の調査.

2) 耕種概要:畦間70cm, 条間12cm, 株間12cmの2条千鳥点播. ふくはるかは2006年11月16日, ふくさやかは2006年11月6日播種.

生産量が増えれば, 工場レベルでの製粉においてその製粉性がどの程度なのか明らかになると思われる. 一方で, 西日本地域の小麦はタンパク質含有率が低くなりがちであるため, 実需者が日本麺用小麦を菓子用としても用いているという実態がある. スポンジケーキなどの菓子では粒度が粗いと製菓適性が低くなる可能性があるため, 硬質小麦の中でも粒が軟らかい「ふくはるか」の菓子への利用を考えた場合, その粒度の粗さが問題とならないかが今後の課題の一つである.

「ふくはるか」は“やや低アミロース”で“中力”の特性を持つ.“やや低アミロース”であるため, ゆで麺の官能評価では粘弾性や滑らかさなど, 食感の評価が高い. そうめんの製麺評価では製麺作業性が優れ, 官能評価では「粘りがあり, 甘みがある」と食感, 食味が評価された. 奈良県におけるかつての主力品種「農林26号」や現在の奨励品種「きぬいろは」をそうめんの製麺試験に供試した場合, 製

麺時に麺が切れるなど, 製麺作業性に問題があった. これらの品種の生地物性は弱く, 「ふくはるか」の生地物性はこれらの品種よりも強い. 生地物性の違いが製麺作業性に関与していると考えられる. 「ふくはるか」とこれらの品種を比べた場合, 低分子量グルテニンサブユニット組成において生地物性に影響を及ぼすようなサブユニットの違いはないが, 高分子量グルテニンサブユニット組成において, 「ふくはるか」が *Glu-A1* 座の高分子量グルテニンサブユニット 2* を持つのに対し, これらの品種では *Glu-A1* 座の高分子量グルテニンサブユニットを欠失している (第11表). したがって, 「ふくはるか」では生地物性への効果が大きい高分子量グルテニンサブユニットが欠失していないために, 生地物性が強く, 製麺作業性が優れると考えられる^{10,11)}.

しかし, 「ふくはるか」の生地物性は輸入小麦銘柄と比べると優れるわけではなく, また, 生地物性の強さはタンパク質含有率による影響も大きい

め、追肥等の栽培管理により用途に適したタンパク質含有率となるよう努める必要がある。「ふくはるか」の食味はうどんでは「農林 61 号」より評点が高く、そうめんでは「甘みがある」と評価された。「ふくはるか」のそうめんは“やや低アミロース”である他の系統と比較した場合においても「甘みがある」と評価されたため、食味が優れる理由は“やや低アミロース”によるものではないと思われる。食味に関する研究はまだ未解明な点が多く、「ふくはるか」の食味が優れる理由については不明である。

「ふくはるか」は 2012 年秋より奈良県において本格的な栽培が始まる。「ふくはるか」の優れた製麺適性を生かし、地元産小麦で作られたおいしい麺が今後期待される。

VI 摘 要

小麦品種「ふくはるか」(旧系統名「中国 157 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 1997 年 4 月に「羽系 94-71」(後の「西海 183 号」)を母、「中系 6168」を父とする交配を行い、その交雑後代から派生系統育種法により育成された品種である。2008 年 10 月に品種登録出願し、2011 年 7 月 4 日に品種登録された(登録番号第 20864 号)。

「ふくはるか」は播性 I の春播型で、「農林 61 号」と比べると出穂期で 5 日、成熟期で 4 日程度早い早生種である。稈長は「農林 61 号」より 10cm 程度短い。穂発芽性は“やや難”で、赤さび病、うどんこ病に強く、赤かび病抵抗性は「農林 61 号」と同程度の“中”である。収量は「農林 61 号」と同程度の“中”である。

「ふくはるか」は硬質小麦であり、子実硬度が高く、小麦粉粒度が粗い。製粉歩留とミリングスコアが高く、やや低アミロースの中力の品種である。小麦粉の色は「農林 61 号」より優れる。ゆで麺の官能評価は「かたさ」の項目を除き、「農林 61 号」より評点が高い。

「ふくはるか」の栽培適地は関東以西の平坦地で、奈良県において 2011 年に奨励品種に採用された。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

- Ikeda, T. M., N. Ohnishi, T. Nagamine, S. Oda, T. Hisatomi and H. Yano 2005. Identification of new puroindoline genotypes and their relationship to flour texture among wheat cultivars. *J Cereal Sci.* 41 : 1-6.
- 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.
- 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 2011. 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. 近中四農研報 10 : 53-67.
- Martin, J. M., R. C. Froberg, C. F. Morris, L. E. Talbert and M. J. Giroux 2001. Milling and bread baking traits associated with puroindoline sequence type in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 41 : 228-234.
- Nagamine, T., T. M. Ikeda, T. Yanagisawa, M. Yanaka and N. Ishikawa 2003. The effects of hardness allele *Pinb-D1b* on the flour quality of wheat for Japanese white salty noodles. *J. Cereal Sci.* 37 : 337-342.
- 日本麦類研究会 2007. 小麦粉—その原料と加工品—改訂第四版. 日本麦類研究会, 東京. 400-412.
- 農林水産省 2012. 平成 23 年度食料・農業・農村白書. 財団法人農林統計協会, 東京. 100-101.
- 農林水産省 2012. 平成 23 年度食料需給表. <http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/fbs/index.html> (平成 24 年 8 月 10 日公表).
- 乙部(桐渕)千雅子・関昌子・松中仁・藤田雅也・吉岡藤治・柳沢貴司・吉田久・山口勲夫・牛山智彦・天野洋一・瀬古秀文 2011. 早生で製麺性の優れた硬質小麦新品種「あおぼの恋」の育成. 作物研報. 12 : 1-14.
- Payne, P. I., K. G. Corfield and J. A. Blackman 1979. Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with bread-making quality in wheats of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 55 : 153-159.
- 高田兼則・谷中美貴子・池田達哉・石川直幸 2008. 日本めん用小麦の生地物性に対する *Glu-A1* と *Glu-D1* 対立遺伝子の相互作用と *Glu-A1* 対立遺伝子の PCR マーカーの開発. 育種学研究 10 : 41-48.
- Takata, K., T. M. Ikeda, M. Yanaka, H. Matsunaka, M. Seki, N. Ishikawa and H. Yamauchi 2010. Comparison of five puroindoline alleles on grain hardness and flour properties using near isogenic wheat lines. *Breeding Sci.* 60(3) : 228-232.
- Takayama, T., N. Ishikawa and S. Taya 2006. The effects to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. *JARQ* 40 : 291-297.



ふくはるか 農林61号



ふくはるか

農林61号

ふくはるか

農林61号

写真1. ふくはるかの株・粒・小麦粉

付表1 育成従事者

| 播種年度 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-------|------|-------|----------|-------|----------|----------|---------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 世 代 | H8 | H9 | H10 | H11 | H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | H19 |
| 試験名 | 交配 | F1 | F2,3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 | F11 | F12 |
| 氏 名 | | | 世代 促進 | 穂選抜 | 系統 選抜 | 系統 選抜 | 予検 | 生検 特検 | 生検 特検 系適 | 生検 特検 系適 | 生検 特検 奨決 | 生検 特検 奨決 |
| | | | | | | | 中系 9405 | | | | 中国 157号 | |
| 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 | ○ | ○ | | | | | | | | | | |

付表2 生産力検定の耕種概要

| 播種 年度 | 試験 種類 | 播種日 | 播種量 | 基肥 (N-P-K, kg/a) | 分けつ肥 (N-P-K, kg/a) | 穂肥 (N-P-K, kg/a) | 開花期追肥 (N, kg/a) |
|----------|----------|-------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 2003 | 広幅条播 | 11/18 | 150粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.20-0-0 | 0 |
| | ドリル播 | 11/18 | 6.5g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.30-0-0 | 0.15 |
| 2004 | 広幅条播 | 11/10 | 150粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.30-0.21-0.28 | 0 |
| | ドリル播 | 11/10 | 6.5g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.30-0.21-0.28 | 0.20 |
| 2005 | 広幅条播 | 11/17 | 150粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.30-0.21-0.28 | 0 |
| | ドリル播 | 11/17 | 3.4g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.20-0.14-0.19 | 0.30-0.21-0.28 | 0.30 |
| 2006 | 広幅条播 | 11/17 | 150粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.22-0.16-0.20 | 0.28-0.20-0.26 | 0 |
| | ドリル播 | 11/16 | 5.4g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.25-0.18-0.23 | 0.28-0.20-0.26 | 0.34 |
| 2007 | 広幅条播 | 11/14 | 140粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.22-0.16-0.20 | 0.32-0.23-0.30 | 0 |
| | ドリル播 | 11/14 | 4.0g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.24-0.17-0.22 | 0.30-0.21-0.28 | 0.35 |
| 2008 | 広幅条播 | 11/20 | 145粒/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.19-0.14-0.18 | 0.31-0.22-0.28 | 0 |
| | ドリル播 | 11/21 | 4.7g/m ² | 0.60-0.77-0.60 | 0.21-0.15-0.20 | 0.31-0.22-0.29 | 0.35 |

注) 分けつ肥は2月上中旬, 穂肥は3月上中旬に施用した.

付表3 製粉性および品質特性の評価項目の解説

| 項目(略記) | 解説 |
|-------------|--|
| 灰分含有率(%) | 600°C燃焼法により測定. 水分13.5%換算. |
| タンパク質含有率(%) | 近赤外分析装置を用いて, もしくは, デュマ法による燃焼法により測定. 全窒素含量×5.70により算出. 水分13.5%換算. |
| 子実硬度 | SKCS4100を用いて測定. Hardness indexで表される粒の硬さ. 値が大きいほど硬い. |
| 製粉歩留(%) | ビューラーテストミルで製粉すると, 3区分のプレーキ粉(B粉), 3区分のミドリング粉(M粉), 大ぶすま, 小ぶすまが得られる. B粉とM粉を合わせたものをストレート粉という. 次式により算出し, 値が大きい方がよい. $\text{ストレート粉の重さ} / (\text{ストレート粉の重さ} + \text{ふすまの重さ}) \times 100$ |
| ミリングスコア | 製粉歩留が高くても得られた小麦粉の灰分が高ければ製粉性が高いとは言えないため, 灰分を加味した製粉性の評価値. 次式により算出し, 値が大きい方がよい. $100 - \{ (80 - \text{製粉歩留}) + 50 \times (\text{ストレート粉灰分} - 0.30) \}$ |
| 60%粉 | 粉とふすまの重さの合計に対し, 上等粉から順番に, 60%に達するまで混合した粉. 小麦粉に関する分析は60%粉を用いて実施. |
| 粒度(μm) | シンパテック社製レーザー回折式粒度分布測定装置ヘロス&ロドスにより測定. 粒径の体積基準による累積分布の中央値. 粒が硬いと小麦粉の粒度が粗くなる. |
| 篩抜け率(%) | 6XXの篩を装着したテストシフター(東京製粉機TS2-245型)に小麦粉を投入し, 1分間で篩を通過した粉の割合(%). 高いほど篩抜けが良い. |
| アミロース含有率(%) | 比色法により測定. オートアナライザーを用い, 農林61号(23.8%)および関東107号(19.6%)を標準として算出. |
| 小麦粉の色相 | ミノルタ色彩色差計CM-3500dを用いてC光源, 視野角2度で測定. L*は明度を表し, 高い方がよい. a*は赤色みを表し, 低い方がよい. b*は黄色みを表し, 中庸(16前後)が良い. |
| 小麦粉の色調 | サイモン社製カラーグレーダー(IV型)を用いて測定. カラーグレーダーバリュー(C.G.V.)で表される色調. 値が低い方が色調が良い. |
| アミログラム | ブラベンダー社製ビスコグラフを用いて小麦粉の糊化特性を測定する. 小麦粉の懸濁液を一定速度で加熱・冷却し, 糊化に伴う粘度変化を分析する. |
| 最高粘度(BU) | 粘度の最高値で, 「アミロ値」とも呼ばれる. 穂発芽粒が混入すると低下し, 300B.U.以下になると「低アミロ」と呼ばれ, 製麺適性が低下する. 本試験においては穂発芽粒が混入したサンプルはなかった. アミロース含有率が低いと高くなる. |
| ブレイクダウン(BU) | 最高粘度に到達後, 粘度が低下し, 再び上昇するまでの粘度の差. アミロース含有率が低いと値が大きく, 麵の粘弾性が優れる. |
| ファリノグラム | ブラベンダー社製ファリノグラフを用いて小麦粉の生地特性を測定する. 小麦粉生地を一定の固さになるまでこね, さらにこね続けたときの固さの変化を分析する. |
| 吸水率(%) | 小麦粉生地が一定の固さ(500B.U.)に達するために必要とする水の小麦粉に対する割合. 粒が硬いと吸水率が高くなるが, タンパク質の性質等も影響する. |
| バリメーターバリュウ | ファリノグラムの総合評価値. 薄力粉は小さく, 強力粉は大きい. |

'Fukuharuka', A New Hard Wheat Cultivar with High Milling Performance and Excellent Noodle Quality

Mikiko YANAKA, Kanenori TAKATA, Naoyuki ISHIKAWA,
Takashi NAGAMINE¹, Toshiyuki TAKAYAMA², Shozo TAYA³ and Yumi KAI⁴.

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

Summary

'Fukuharuka' was registered as a new wheat cultivar in 2011. It was selected from a cross between 'Hakei 94-71' and 'Chukei 6168' carried out in 1997 at Chugoku National Agricultural Experiment Station (present: NARO Western Region Agricultural Research Center).

'Fukuharuka' is a spring type wheat. The date of maturing is three days earlier than 'Norin 61'. The culm length is 10 cm shorter than 'Norin 61'. 'Fukuharuka' is resistant to pre-harvest sprouting, powdery mildew and leaf rust. It is moderately resistant to scab as 'Norin 61'. Its yield is as high as 'Norin 61'.

'Fukuharuka' is a hard wheat and shows high flour yield and milling score. The amylose content is comparatively low, the dough strength is medium, and flour color is brighter than 'Norin 61'. Noodle texture is excellent.

'Fukuharuka' is adapted well to flatlands of western Japan. Nara Prefecture designated 'Fukuharuka' as a recommended cultivar in 2011.

Lowland Crops Research Division, NARO Western Region Agricultural Research Center

¹ NARO Agricultural Research Center

² NARO Institute of Crop Science

³ Ex-Chugoku National Agricultural Experiment Station

⁴ NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center

苗立ち性のすぐれる低アミロース巨大胚水稻品種 「はいごころ」の育成

石井卓朗・出田 収・松下 景¹・春原嘉弘²・前田英郎³・飯田修一⁴

キーワード：水稻，低アミロース，巨大胚，はいごころ

目 次

| | | | |
|-------------------|----|-------------------|----|
| I 緒 言 | 25 | IV 配付先における成績 | 38 |
| II 育成経過 | 26 | 1 奨励品種決定基本調査成績 | 38 |
| 1 来歴 | 26 | 2 普及見込み地域における調査成績 | 38 |
| 2 選抜の経過 | 26 | V 栽培適地および栽培上の留意点 | 38 |
| III 特性の概要 | 26 | 1 栽培適地 | 38 |
| 1 一般特性 | 26 | 2 栽培上の留意点 | 38 |
| 2 苗立ち性 | 26 | VI 命名の由来および育成従事者 | 38 |
| 3 収量性 | 26 | VII 摘 要 | 38 |
| 4 品質，食味，成分および加工適性 | 31 | 引用文献 | 40 |
| 5 病害抵抗性および障害耐性 | 32 | Summary | 41 |

I 緒 言

消費者の健康志向を背景に，食品のもつ機能性に対する関心と期待は高まっている．玄米は水に浸漬すると，胚芽内に血圧調整効果のある γ -アミノ酪酸（ギャバ）が蓄積されるため^{6,7,8}，主食の米についても発芽玄米食あるいは玄米食を取り入れることにより，食生活の改善を図ろうとする消費者が増加しつつある．とくに，胚の大きさが通常品種の2～3倍ある巨大胚水稻品種は，ギャバの生成量が通常品種の数倍になるため⁵，発芽玄米や胚芽精米などとしての利用が拡大している．

巨大胚水稻品種は，2000年に「はいみのり」⁵が中国農業試験場（現 近畿中国四国農業研究センター）で初めて育成されて以来，「ゆきのめぐみ」¹⁰「恋あずさ」²「めばえもち」¹³など各地域に適した巨大胚水稻品種が育成され，機能性食品の素材として広まっている．

このうち，温暖地西部向きの巨大胚水稻品種として育成された「はいみのり」は，苗立ち性が著しく

悪く，機械移植が困難であった．このため，苗立ち性を改良した「はいいぶき」⁴が2006年に近畿中国四国農業研究センターで育成され，現在，岡山県を中心に栽培されている．しかし，「はいいぶき」はギャバの生成量が通常品種よりも約3倍多いものの，巨大胚水稻品種特有の苗立ち性の悪さ³が十分に改良されておらず，また，収量性と食味に関しても改良の要望がなされていた．

そこで，近中四農研では，ギャバの生成量を「はいいぶき」と同等に保ったまま，苗立ち性と収量性をほぼ通常品種並に改善するとともに，低アミロース性を導入することにより食味も改善した巨大胚水稻品種の育成に取り組んできた．

その結果，育成された低アミロース性の巨大胚系統「中国胚202号」は，岡山県瀬戸内市および津山市の地域振興団体からその栽培特性と食味特性が高く評価され，作付けに対する強い要望があったことから，2012年3月に「はいごころ」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．

（平成24年7月11日受付，平成24年11月26日受理）
農研機構 近畿中国四国農業研究センター
水田作研究領域

¹ 現 農研機構 中央農業研究センター

² 現 作物研究所

³ 現 農林水産省農林水産技術会議事務局

⁴ 故人（元近畿中国四国農業研究センター）

なお、本品種の育成は農林水産省の委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」(実施年度2006年～2010年)において行われた。耐病性などの特性検定試験、奨励品種決定基本調査、現地試験などの実施にあたっては、農研機構および関係各府県の農業試験研究機関、瀬戸内市振興公社ならびにつやま新産業創出機構の各位に多大なご協力をいただいた。また、本品種の育成にあたり、圃場管理にご尽力いただいた近畿中国四国農業研究センター研究支援センター業務第1科の諸氏に深く感謝する。最後に、「はいごころ」は飯田修一上席研究員がその情熱を傾けて育成に取り組んだ品種であったが、残念ながら品種の完成を目前にして急逝された。謹んでご冥福を祈りたい。

II 育成経過

1 来歴

「はいごころ」の系譜を第1図に示す。「はいごころ」は、中生熟期の低アミロース性巨大胚品種の育成を目的として、低アミロース米品種である「ミルキープリンセス」を母、巨大胚系統の「巨5-7」を父とした交雑後代より育成された品種である。父本の「巨5-7」は「はいいぶき」の姉妹系統にあたり、巨大胚系統の「奥羽359号(後の「恋あずさ」)」を母、良食味系統の「中国151号」を父として育成された粳系統である。

2 選抜の経過

「はいごころ」の選抜経過を第1表、育成系統図を第2図に示す。2002年に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、12粒の交配種子を得た。同年冬季より2003年春季にかけてF₁を世代促進温室で養成した。2003年、2004年に圃場でF₂、F₃世代の養成をそれぞれ行った。2004年の冬に、巨大胚で低アミロース性と考えられる種子34粒を選抜し、2005年にF₄世代の養成を行い9個体を選抜した。各個体のF₄穂からそれぞれ165個体ずつ採種して集団とし、2006年に普通期移植栽培で個体選抜を行った。2007年(F₆)には系統選抜を行い6系統を選抜した。2008年(F₇)は、系統番号「中系特125」を付して生産力検定試験に供試した。2009年(F₈)以降は、「中国胚202号」を付して関係府県などに配付し、奨励品種決定基本調査などに供試してきた。その結果、優れた特性を持つことが確認できたため、2012年に種苗法に基づく品種登録に出願した(出願日:2012年3月28日、出願番号26867号)。2012年度の世代は雑種第11代である。

III 特性の概要

1 一般特性

「はいごころ」の稈質および太さは、いずれも「はいいぶき」「ヒノヒカリ」並の“やや剛”および“中”

である(第2表)。芒の発生は通常“無”で、ふ先色は“白”、ふ色は“黄白”である。粒着密度は「はいいぶき」並の“密”で、脱粒性は「はいいぶき」並の“難”である。

育成地(近畿中国四国農業研究センター水田圃場、細粒灰色低地土)の普通期移植栽培における生育調査成績は第3表の通りである。出穂期は「はいいぶき」より2日遅く、「ヒノヒカリ」より2日早い。成熟期は「はいいぶき」より2日遅く、「ヒノヒカリ」より1日早い。出穂期、成熟期ともに瀬戸内平坦部では“中生の晩”にあたる。稈長は「はいいぶき」より10cm長く、「ヒノヒカリ」より4cm長い(写真1)。穂長は「はいいぶき」並で、「ヒノヒカリ」より約2cm長い。穂数は「はいいぶき」並で「ヒノヒカリ」より少ない。草型は“偏穂重型”である。

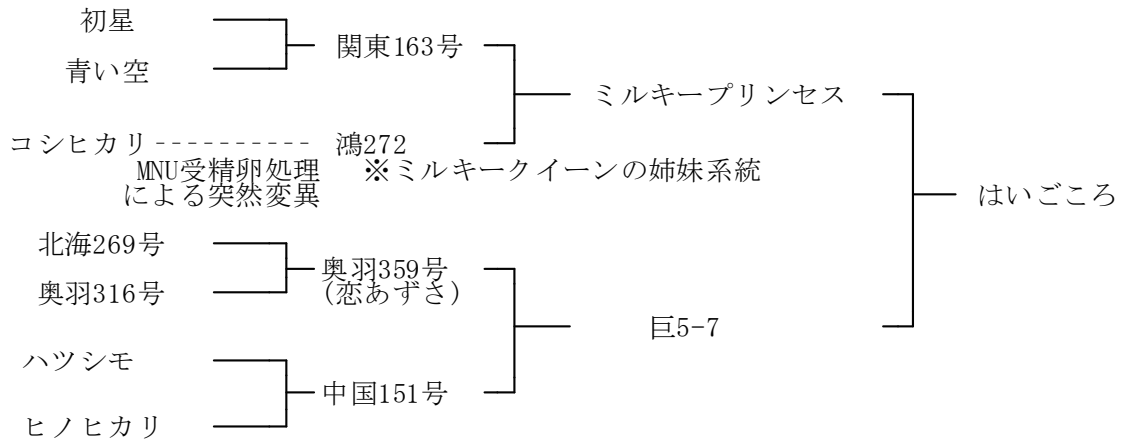
2 苗立ち性

「はいごころ」の苗立ち性を評価するため、発芽性検定試験と出芽性検定試験を行った(第3図、第4図)。「はいごころ」の発芽は、15℃および28℃のいずれの条件下でも、「はいいぶき」「はいみのり」「ヒノヒカリ」よりも早く、最終的な発芽率は「はいいぶき」「はいみのり」より高く、「ヒノヒカリ」並であった。一方、催芽した種子を2cmの深さに覆土し出芽性を比較した結果によると第4図、「はいごころ」の出芽率は、「はいいぶき」「はいみのり」より明らかに高く、「ヒノヒカリ」よりやや低かった。巨大胚品種の育苗における苗立ち性に関しては、出芽個体の生育停止や異常生育、発芽停止等の影響もあるが、最も寄与するのは出芽性であることが明らかにされている³⁾ことをふまえると、「はいごころ」は「はいいぶき」よりも苗立ち性が優れると評価される(写真2)。

従来の巨大胚品種は苗立ち性が悪いため、機械移植に必要な箱育苗でのルートマットが十分に形成されない場合が多く、欠株など植え付け精度の低下を引き起こしていた。これに対して、播種量を増やしもみ殻マットで育苗する方法¹¹⁾や播種量を増やしプール育苗する方法³⁾などの育苗法が対処法として提案されてきた。「はいごころ」は、上記のように苗立ち性が優れるため、育苗法によらずに機械移植に適応性のある苗を安定的に生産することが可能である。

3 収量性

育成地での普通期移植栽培における「はいごころ」の玄米収量は、供試4カ年の平均で55.1(kg/a)であり、「はいいぶき」より15%多収で、「ヒノヒカリ」並である(第4表)。ただし、異常高温年の2010年の収量は「ヒノヒカリ」比90%と低下した。巨大胚品種は比重の小さな胚の部分が大きいため、通常品種よりも玄米千粒重が軽くなる傾向がある。このことは「はいごころ」にも当てはまり、千粒重は19.2gで「ヒノヒカリ」より1.7g軽く、「はいいぶき」並である(第4表)。



第1図 「はいごころ」の系譜図

第1表 「はいごころ」の選抜経過

| 年次 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 世代 | 交配, F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | F ₅ | F ₆ | F ₇ | F ₈ | F ₉ | F ₁₀ |
| 栽植系統群数 | | | | | | | 6 | 1 | 1 | 1 |
| 栽植系統数 | | | | | | 55 | 30 | 5 | 5 | 5 |
| 栽植個体数 | 5 | 3000 | 3000 | 34 | 1485 | *16 | *32 | *32 | *32 | *32 |
| 選抜系統群数 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 選抜系統数 | | | | | | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 選抜個体数 (12粒) | | | 34 | 9 | 55 | *5 | *5 | *5 | *5 | *5 |

注) ()は交配種子数, *は1系統あたりの個体数である.

| 年次 | 2002 | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | '11 | |
|----|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 世代 | 交配 | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | F ₅ | F ₆ | F ₇ | F ₈ | F ₁₀ | |
| | ミルキープリンセス × 巨5-7 | F ₁ | B | B | B | B | 系選2 | 巨育31 巨育32 巨育33 巨育34 巨育35 | 多育311 多育313 多育315 多育317 多育319 | 多育341 多育343 多育345 多育347 多育349 | 多育68 多育70 多育72 多育74 多育76 |
| 備考 | 中系特125 中国胚202号 → | | | | | | | | | | |

第2図 「はいごころ」の育成系統図

第2表 形態的特性調査成績(育成地)

| 品種名 | 稈 | | 芒 | | ふ先色 | ふ色 | 粒着密度 | 脱粒難易 |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|------|------|
| | 剛柔 | 細太 | 多少 | 長短 | | | | |
| はいごころ | やや剛 | 中 | 無 | — | 白 | 黄白 | 密 | 難 |
| はいいぶき | やや剛 | 中 | 無 | — | 白 | 黄白 | 密 | 難 |
| ヒノヒカリ | やや剛 | 中 | 稀 | 極短 | 白 | 黄白 | 中 | 難 |

注1) 粒着密度は達観により、極疎、疎、やや疎、中、やや密、密、極密の7段階に評価した。
 注2) 脱粒難易は成熟期に穂を握り、籾の脱粒程度によって、極難、難、やや難、中、やや易、易、極易の7段階に評価した。

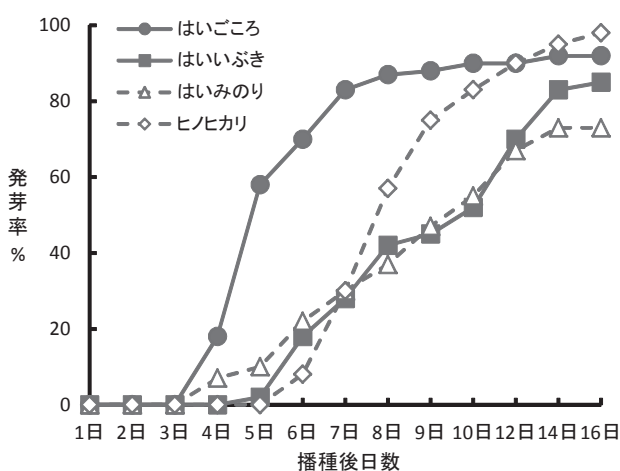
第3表 生育調査成績(育成地)

| 品種名 | 年次 | 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 | 紋枯 | 下葉枯 |
|-------|------|-------------|-------------|------------|------------|---------------------------|----------|-----|-----|
| はいごころ | 2008 | 8.15 | 9.26 | 88 | 21.3 | 319 | 0.0 | 1.0 | 1.5 |
| | 2009 | 8.22 | 10.4 | 93 | 19.4 | 330 | 1.0 | 1.0 | 2.0 |
| | 2010 | 8.18 | 9.27 | 86 | 22.2 | 302 | 2.5 | 0.5 | 2.0 |
| | 2011 | 8.20 | 10.2 | 94 | 20.8 | 311 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 平均 | 8.19 | 9.30 | 90 | 20.9 | 316 | 1.6 | 1.1 | 1.9 |
| はいいぶき | 2008 | 8.13 | 9.24 | 78 | 20.9 | 331 | 0.0 | 1.0 | 1.5 |
| | 2009 | 8.21 | 10.4 | 82 | 20.0 | 316 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 2010 | 8.16 | 9.27 | 74 | 20.8 | 320 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 2011 | 8.18 | 9.28 | 84 | 20.8 | 331 | 0.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 平均 | 8.17 | 9.28 | 80 | 20.6 | 325 | 0.0 | 1.3 | 1.4 |
| ヒノヒカリ | 2008 | 8.16 | 9.27 | 84 | 19.6 | 377 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 2009 | 8.24 | 10.4 | 88 | 17.7 | 376 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 2010 | 8.20 | 9.29 | 81 | 19.6 | 329 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 2011 | 8.22 | 10.2 | 90 | 19.8 | 327 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 平均 | 8.21 | 10.1 | 86 | 19.2 | 352 | 0.3 | 1.0 | 1.3 |

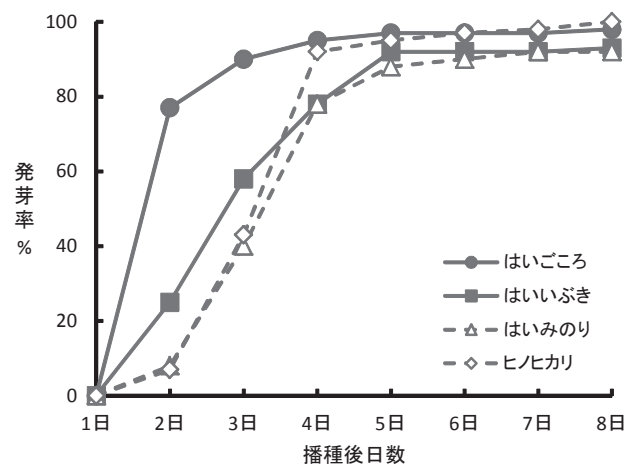
注1) 耕種概要：5月2日～9日播種，6月6日～10日移植．栽植密度24×20cm，1株3本植え．

注2) 施肥水準（窒素成分）：基肥0.56kg/a，追肥0.14kg/a．

注3) 倒伏：0(無)～5(甚)の達観判定．紋枯・下葉枯：0(無)～5(甚)の達観判定．



(1) 15°Cでの発芽試験



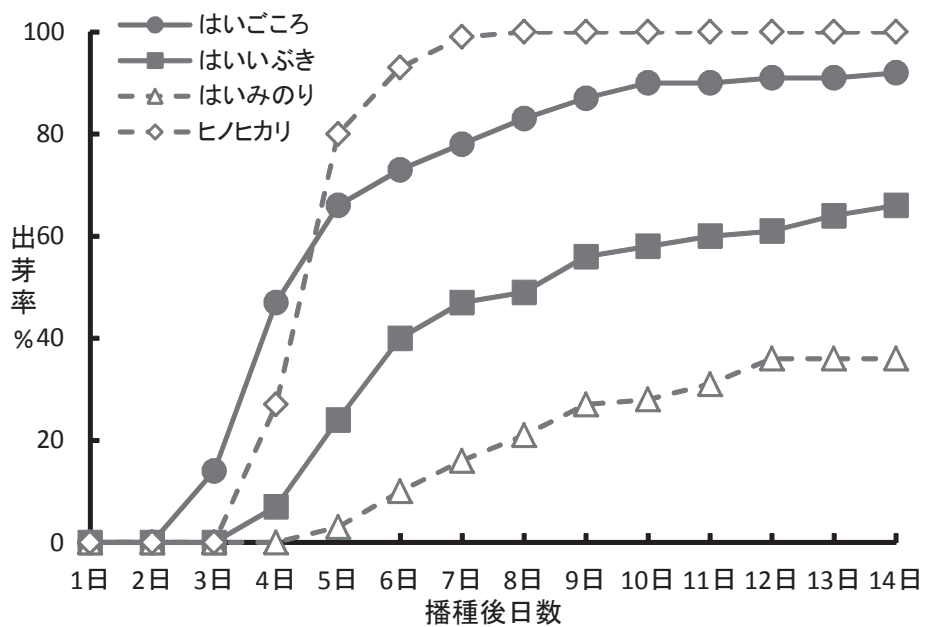
(2) 28°Cでの発芽試験

第3図 発芽性検定試験

注) 2008年産の種子を翌年の7月に休眠打破をせずに調査した．濾紙を敷いたシャーレに乾籾を播き，水を加えて15°Cおよび28°Cに静置し，芽が出た種子を数えた．



写真1「はいごころ」の草姿
(左から、はいごころ、はいいぶき、ヒノヒカリ)



第4図 出芽性検定試験

注) 2008年産の種子を翌年の7月に休眠打破をせずに調査した。シードリングケースに粒状培土を詰め、鳩胸まで芽を出した粃を播き、2cm厚に覆土した。28℃に静置し、覆土の上まで出芽した芽を数えた。



写真2 「はいごころ」の苗立ち性
(左から, はいごころ, はいいぶき, ヒノヒカリ)

第4表 収量調査成績 (育成地)

| 品種名 | 年次 | 全重 (kg/a) | 精玄米重 (kg/a) | 同左 比率 (%) | 収穫 指数 (%) | 玄米 千粒重 (g) |
|-------|------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| はいごころ | 2008 | 170 | 57.1 | 127 | 34 | 19.7 |
| | 2009 | 181 | 59.7 | 113 | 33 | 19.4 |
| | 2010 | 153 | 44.0 | 101 | 29 | 17.4 |
| | 2011 | 198 | 59.5 | 118 | 30 | 20.2 |
| | 平均 | 176 | 55.1 | 115 | 31 | 19.2 |
| はいいぶき | 2008 | 156 | 45.1 | 100 | 29 | 20.1 |
| | 2009 | 168 | 52.9 | 100 | 31 | 20.2 |
| | 2010 | 162 | 43.4 | 100 | 27 | 18.1 |
| | 2011 | 188 | 50.5 | 100 | 27 | 19.9 |
| | 平均 | 169 | 48.0 | 100 | 28 | 19.6 |
| ヒノヒカリ | 2008 | 177 | 54.6 | 121 | 31 | 21.1 |
| | 2009 | 183 | 61.5 | 116 | 34 | 20.8 |
| | 2010 | 172 | 48.8 | 112 | 28 | 20.0 |
| | 2011 | 196 | 52.4 | 104 | 27 | 21.6 |
| | 平均 | 182 | 54.3 | 113 | 30 | 20.9 |

注1) 耕種概要および施肥水準は表3と同じ.

注2) 同左比率はいいぶきの精玄米重を100とした値.

注3) 精玄米は1.8mmの篩を使用.

注4) 収穫指数は, 精玄米重/全重として求めた.

4 品質, 食味, 成分および加工適性

1) 玄米品質

「はいごころ」の玄米の外観は低アミロース性のため、わずかに白濁する(写真3)。玄米品質は「はいいぶき」「ヒノヒカリ」並の“中中”に分類される(第5表)。「はいごころ」の胚芽の大きさを示す胚芽重歩合は「はいいぶき」と同等で、「ヒノヒカリ」の約3倍である(第5表)。

玄米の形状は粒長, 粒幅, 粒厚ともに「はいいぶき」「ヒノヒカリ」並である(第6表)。「はいごころ」の粒長/粒幅および粒長×粒幅の値は, 「はいいぶき」「ヒノヒカリ」とほぼ同等であり, 粒形は“中”, 粒大は“中”である。「はいごころ」の搗精による胚芽残存歩合は, 巨大胚のため「ヒノヒカリ」より胚芽が落ちやすく低くなるが, 「はいいぶき」並であり(第7表), 「はいいぶき」と同様に胚芽米としての利用も可能である。



写真3 「はいごころ」の粳(上)と玄米(下)
(左から, はいごころ, はいいぶき, ヒノヒカリ)

第5表 品質調査成績(育成地)

| 品種名 | 玄米品質 | 色沢 | 光沢 | 心白 | 腹白 | 背白 | 乳白 | 茶米 | 胴割 | 胚芽重歩合(%) |
|-------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| はいごころ | 5.0 | 中 | 中 | 無 | 少 | 極微 | 極微 | 極微 | 極微 | 9.2 |
| はいいぶき | 5.1 | 中 | 中 | 極微 | 少 | 微 | 無 | 極微 | 無 | 9.6 |
| ヒノヒカリ | 5.1 | や濃 | 中 | 微 | 無 | 微 | 極微 | 極微 | 無 | 3.2 |

注1) 2008~2011年の平均。

注2) 耕種概要および施肥水準は表3と同じ。

注3) 玄米品質は1(上上)~5(中中)~9(下下)で評価。

注4) 胚芽重歩合は200粒を測定し, 重量比で示した。

表6. 玄米形状調査成績(育成地)

| 品種名 | 粒長(mm) | 粒幅(mm) | 粒厚(mm) | 粒長/粒幅 | 粒長×粒幅 | 粒形 | 粒大 |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|----|----|
| はいごころ | 5.12 | 2.68 | 1.99 | 1.91 | 13.8 | 中 | 中 |
| はいいぶき | 5.16 | 2.75 | 1.92 | 1.88 | 14.2 | 中 | 中 |
| ヒノヒカリ | 5.13 | 2.74 | 1.99 | 1.87 | 14.1 | 中 | 中 |

注1) 2010~2011年の平均値。

注2) 粒長, 粒幅および粒厚は100粒をサタケ品質判別器RGQI20Aで測定した。

第7表 搗精試験調査成績 (育成地)

| 品種名 | 調査項目 | 玄米水分 (%) | 玄米白度 | 搗精時間 | | |
|-------|------------|-------------|------|------|------|------|
| | | | | 10秒 | 15秒 | 20秒 |
| はいごころ | 搗精歩合 (%) | | | 84.7 | 81.2 | 78.7 |
| | 白度 | 14.0 | 22.5 | 34.6 | 40.6 | 44.4 |
| | 胚芽残存歩合 (%) | | | 19.2 | 8.1 | 2.6 |
| はいいぶき | 搗精歩合 (%) | | | 86.6 | 83.7 | 82.4 |
| | 白度 | 14.2 | 22.8 | 34.5 | 40.3 | 43.6 |
| | 胚芽残存歩合 (%) | | | 19.8 | 8.0 | 2.7 |
| ヒノヒカリ | 搗精歩合 (%) | | | 92.8 | 90.6 | 89.8 |
| | 白度 | 13.4 | 21.6 | 31.1 | 36.4 | 41.2 |
| | 胚芽残存歩合 (%) | | | 32.5 | 9.6 | 5.5 |

注1) 2010~2011年の平均値.

注2) 搗精にはKettのTP-2型, 白度はKettの白度計 (C-300) を使用.

注3) 1回50gを使用, 2反復で実施した. 胚芽残存歩合は500粒を調査し, 粒数比で示した.

2) 食味特性

「はいごころ」は「ミルキークイーン」由来の低アミロース遺伝子 *Wx-mq* を「ミルキープリンセス」⁹⁾ を通して保持していると推測され, 白米アミロース含有率は「はいいぶき」より明らかに低く7.9%である(第8表). *Wx-mq* 遺伝子を有する低アミロース米品種のアミロース含有率は, それ以外の低アミロース遺伝子による低アミロース米品種よりも登熟気温による変動が小さいことが指摘されている¹²⁾. このことは「はいごころ」にも当てはまり, 年次間によるアミロース含有率に顕著な変動は認められない. 一方, 白米タンパク質含有率は6.4%であり(第8表), 「はいいぶき」「ヒノヒカリ」よりやや高い.

「はいごころ」は低アミロース性のため, 胚芽米としての食味試験においても, 発芽玄米としての食味試験においても, 「はいいぶき」より粘りが強く柔らかい傾向が認められた. このため, 「はいごころ」の食味は, 総合評価で「はいいぶき」より明らかに優る(第9表).

3) 機能性成分の含有量

「はいごころ」の粉碎した玄米を25℃の水に浸漬した場合のギャバの生成量の推移は第10表の通りである. ギャバの生成量は「はいいぶき」とほぼ同等で, 「ヒノヒカリ」の約2~3倍である.

また, ギャバ以外の機能性成分については, 「ヒ

ノヒカリ」の玄米に比べ, ビタミンEは約2倍多く, オリザノール, 総フェルラ酸もそれぞれ約10%, 約50%多く含まれる(第11表). 食物繊維は約10%多い.

4) 加工適性

「はいごころ」で焼成した玄米粉パンは, 低アミロース性のため, 「はいいぶき」の玄米粉パンに比べて比容積がやや小さいが(写真4), 「はいいぶき」の玄米粉パンよりも柔らかく硬化速度も遅く(第5図), しっとりした玄米粉パンとなる. また, 「はいごころ」の玄米粉パンには, 「コシヒカリ」の玄米粉パンと比べて, ギャバは約3倍, オリザノールは約2倍, 総フェルラ酸は約1.5倍多く含まれる(第12表).

5 病害抵抗性および障害耐性

1) いもち病抵抗性

「はいごころ」のいもち病真性抵抗性遺伝子型は「Pia」と推定される(第13表). 葉いもち圃場抵抗性は, 近中四農研, 愛知県農業総合試験場山間農業研究所および中央農業総合研究センター北陸研究センターで検定された結果を総合すると「やや弱」である(第14表).

第8表 食味関連成分調査成績(育成地)

| 品種系統名 | 白米アミロース含有率 (%) | | | | 白米タンパク質含有率 (%) | | | |
|-------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|-----|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 平均 | 2009 | 2010 | 2011 | 平均 |
| はいごころ | 9.0 | 7.1 | 7.6 | 7.9 | 6.1 | 6.6 | 6.6 | 6.4 |
| はいいぶき | 17.8 | 15.3 | 16.3 | 16.5 | 5.5 | 5.9 | 6.3 | 5.9 |
| ヒノヒカリ | 16.4 | 14.4 | 15.8 | 15.5 | 5.9 | 5.5 | 6.7 | 6.0 |

注) アミロース含有率は簡易ヨウ素呈色比色法による測定. タンパク質含有率はelementar社rapidNIII (換算係数5.95) による測定.

DNA マーカー検定によると、「はいごころ」は穂いもち圃場抵抗性遺伝子 *Pb1* を持つと推定されるが、近中四農研、宮崎県総合農業試験場および熊本県農業研究所高原研究所で検定された結果を総合すると、穂いもち圃場抵抗性は“やや弱”と判定され

る(第15表)。*Pb1* 遺伝子を持ちながら抵抗性が不十分である理由については、同様のことが報告されている「さとじまん」¹⁾とあわせて今後の検討が必要である。

第9表 炊飯米食味試験調査成績(育成地)

(1) 胚芽米食味試験

| 生産年次 | 品種名 | 搗精方法 | 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(ハ° 人数) |
|-------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|-----------------------|
| 2008 | (瀬戸内市産) | | | | | | | | |
| | はいごころ | 玄米シェフ | 0.31 | -0.19 | -0.06 | 0.38 | 0.25 | 0.50** | 2009. 3. 17 (16人) |
| | はいいぶき | 玄米シェフ | -0.38 | -0.25 | -0.06 | -0.56** | -0.25 | | |
| | (近農研産) | | | | | | | | |
| はいごころ | 玄米シェフ | 0.31 | 0.56* | 0.31 | 0.00 | 0.19 | 0.31 | | |
| | はいいぶき(基準) | 玄米シェフ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2009 | (瀬戸内市産) | | | | | | | | |
| | はいごころ | 玄米シェフ | 0.82** | 0.12 | -0.06 | 0.59** | 0.47** | 0.71** | 2010. 12. 11 (17人) |
| | はいいぶき | 玄米シェフ | -0.29* | -0.47 | -0.06 | -0.24* | -0.06 | -0.59 | |
| | (近農研産) | | | | | | | | |
| はいごころ | 玄米シェフ | 0.71** | 0.24** | 0.12 | 0.59** | 0.35** | 0.88** | | |
| | はいいぶき(基準) | 玄米シェフ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2010 | (近農研産) | | | | | | | | |
| | はいごころ | 玄米シェフ | 0.06 | -0.29 | 0.00 | 0.24 | 0.06 | -0.12 | 2011. 3. 14 (17人) |
| | はいいぶき(基準) | 玄米シェフ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2011 | (瀬戸内市産) | | | | | | | | |
| | はいごころ | 玄米シェフ | 0.50* | 0.29 | 0.21 | 0.43* | 0.21 | 0.29 | 2011. 12. 19 (14人) |
| | はいいぶき | 玄米シェフ | -0.29 | 0.21 | 0.00 | -0.29 | -0.14 | -0.29 | |
| | (近農研産) | | | | | | | | |
| はいごころ | 玄米シェフ | 0.71** | 0.07 | 0.07 | 0.64** | 0.43** | 0.43** | | |
| | はいいぶき(基準) | 玄米シェフ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

注) 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。玄米シェフは、M社製の玄米の果皮を軽く削って胚芽米を形成する精米機である。

(2) 発芽玄米食味試験

| 生産年次 | 品種名 | 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(ハ° 人数) |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------------------|
| 2011 | はいごころ | 0.79** | — | 0.16 | 0.68** | 0.47** | 0.89** | 2012. 1. 13 (16人) |
| | ヒノヒカリ | -0.11 | — | 0.05 | -0.16 | -0.21* | -0.16 | |
| | はいいぶき(基準) | 0.00 | — | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

注) 発芽玄米は玄米を30℃の水に24時間浸漬したのち、沸騰水中に5分間浸漬したものを炊飯した。

第10表 玄米の水浸漬によるギャバの生成量(mg/100g)

| 品種名 | 浸漬前 | 4時間後 | 8時間後 |
|-------|-----|------|------|
| はいごころ | 5.9 | 41.9 | 45.9 |
| はいいぶき | 4.3 | 38.6 | 43.0 |
| ヒノヒカリ | 1.0 | 12.4 | 19.2 |

注1) 近中四農研における2008年産米と2010年産米の測定値の平均。

注2) 玄米を0.5mm篩を通過するよう粉碎し、その1gに2.5mlの水を加え、25℃下で浸漬させた。所定の時間経過後、16%トリクロロ酢酸を2.5ml加えて3分間超音波破碎することにより、遊離アミノ酸を抽出した。遠心分離後、上清を0.45mmフィルターで濾過し、日立L-8800アミノ酸分析計で定量した。

第11表 ビタミン類等機能性成分の含有量 (日本食品分析センター)

| 品種名 | ビタミンE (α -トコフェロール) (mg/100g) | オリザノール (mg/100g) | 総フェルラ酸 (mg/100g) | 食物繊維 (mg/100g) |
|----------------------|--|---------------------|---------------------|-------------------|
| はいごころ | 2.7 | 43.5 | 42 | 3.4 |
| はいいぶき | 2.8 | 43.4 | 38 | 3.6 |
| ヒノヒカリ | 1.2 | 38.2 | 28 | 3.0 |
| 参考 (五訂増補日本食品標準成分表より) | | | | |
| 玄米 | 1.2 | - | - | - |

注) ビタミンEは2009~2011年の平均値. オリザノール, 総フェルラ酸は2011年の測定値. 食物繊維は2010~2011年の平均値.

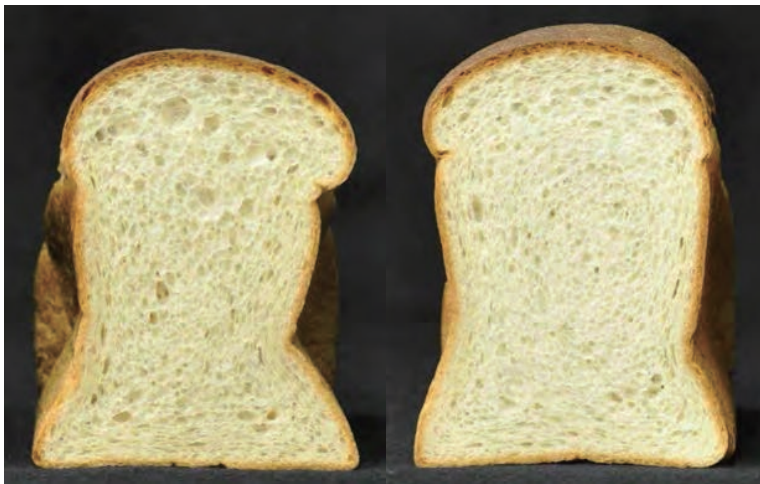
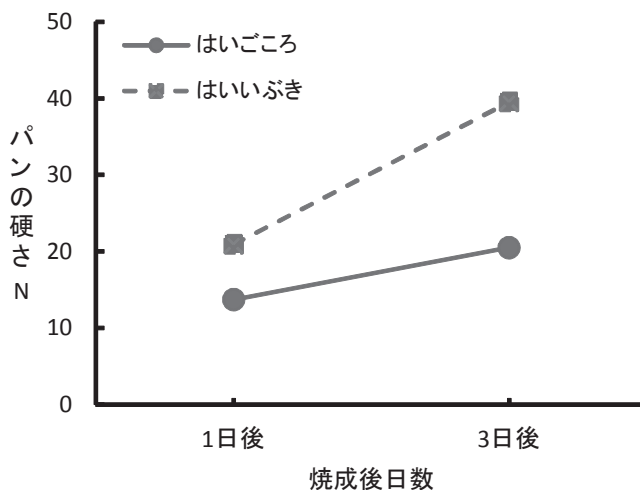


写真4 玄米粉パンの形状 (80% 玄米粉+20% グルテン)
(左: はいごころ, 比容積 3.51 (cm³/g), 右: はいいぶき, 比容積 3.64 (cm³/g))



第5図 玄米粉パンの硬さの推移 (作物研究所)

注1) 近中四農研における2011年産の測定値で, 数値が大きい方が硬いことを示す.

注2) 玄米粉パンは, 玄米粉80%, グルテン20%で焼成.

注3) パンの硬さは, 一斤の食パンを厚さ14mmにスライスし, テクチャーアナライザー (TA-Xtplus Texture Analyzer) を用いて中程の5枚についてそれぞれ測定した平均値.

第12表 玄米粉パンに含まれる機能性成分の含有量（作物研究所）

| 品種名 | ギャバ | オリザノール | 総フェルラ酸 | ビタミンE |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | (mg/100g) | (mg/100g) | (mg/100g) | (mg/100g) |
| はいごころ | 16 | 18.2 | 22 | 2.1 |
| コシヒカリ | 5 | 9.8 | 14 | 2.1 |

注1) 近中四農研における2011年産の測定値.

注2) 各含有量は玄米粉パン（80%玄米粉+20%グルテン）100g当たりの含有量.

第13表 いもち病真性抵抗性遺伝子の推定

| 品種名 系統名 | 接種レースに対する反応 | | | 推定 遺伝子型 |
|------------|-------------|-----|-----|------------|
| | 007 | 033 | 035 | |
| はいごころ | 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> |

注1) 近中四農研における2008年の評価による.

注2) 噴霧接種による. 表中のRは抵抗性反応, Sは罹病性反応を示す

注3) +は野生型を示す.

第14表 葉いもち圃場抵抗性検定調査成績

| 品種名 系統名 | いもち 真性抵抗性 遺伝子 | 近中四農研 | | 愛知山間 | | 北陸 | | 総合 判定 |
|------------|---------------------|------------|-------|------------|-----|----------|-----|----------|
| | | 2009~2011年 | | 2009~2010年 | | 2011年 | | |
| | | 発病 程度 | 判定 | 発病 程度 | 判定 | 発病 程度 | 判定 | |
| はいごころ | <i>Pia</i> | 4.6 | やや弱~中 | 9.3 | やや弱 | 4.5 | やや弱 | やや弱 |
| コシヒカリ | + | 5.7 | 弱 | 9.7 | 弱 | — | — | 弱 |
| 日本晴 | +/ <i>Pia</i> | 5.2 | やや弱 | 8.7 | やや弱 | — | — | やや弱 |
| 黄金錦 | + | 4.0 | 強 | 6.5 | やや強 | — | — | やや強 |
| 愛知旭 | <i>Pia</i> | 4.8 | やや弱 | 8.1 | 弱 | 4.4 | 弱 | 弱 |
| 金南風 | <i>Pia</i> | 4.7 | 中 | — | — | — | — | 中 |
| トヨニシキ | <i>Pia</i> | 4.5 | やや強 | — | — | 3.5 | やや強 | やや強 |
| ヒノヒカリ | <i>Pia, i</i> | 5.6 | やや弱 | — | — | — | — | やや弱 |
| ササミノリ | + | — | — | 6.7 | やや強 | — | — | やや強 |
| 陸奥光 | + | — | — | 9.0 | 弱 | — | — | 弱 |
| ササニシキ | <i>Pia</i> | — | — | 8.8 | やや弱 | 3.7 | やや弱 | やや弱 |
| はいいぶき | <i>Pia, i, k</i> | — | — | — | — | 6.3 | 弱 | 弱 |
| 奥羽320号 | <i>Pia</i> | — | — | — | — | 2.4 | 極強 | 極強 |
| むつほまれ | <i>Pia</i> | — | — | — | — | 2.9 | 強 | 強 |
| 農林41号 | <i>Pia</i> | — | — | — | — | 3.7 | 中 | 中 |

注1) 愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所、北陸：中央農業総合研究センター北陸研究センター.

注2) 発病程度は0（無発病）～10（全葉枯死）の達観判定.

注3) -は供試されてないため発病データがないことを示す.

第15表 穂いもち圃場抵抗性検定調査成績

| 品種名 系統名 | いもち 真性抵抗性 遺伝子 | 近中四農研 | | 宮崎総農試 | | 熊本高原 | | 総合 判定 |
|------------|---------------------|------------|-----|----------|-----|-------|-----|----------|
| | | 2009~2011年 | | 2009~10年 | | 2011年 | | |
| | | 発病程度 | 判定 | 発病程度 | 判定 | 発病程度 | 判定 | |
| はいごころ | <i>Pia</i> | 7.0 | やや弱 | 3.9 | やや弱 | 2.3 | 中 | やや弱 |
| 秋晴 | <i>Pia</i> | 5.8 | やや強 | — | — | — | — | やや強 |
| 日本晴 | +/ <i>Pia</i> | 6.0 | 中 | 3.8 | やや弱 | — | — | やや弱 |
| 農林29号 | + | 6.2 | やや弱 | — | — | — | — | やや弱 |
| ヒノヒカリ | <i>Pia, Pii</i> | 6.9 | やや弱 | 4.8 | やや弱 | 1.7 | 中 | やや弱 |
| コシヒカリ | + | — | — | 2.3 | 中 | — | — | 中 |
| イナバワセ | <i>Pii</i> | — | — | 2.7 | 中 | — | — | 中 |
| みやにしき | — | — | — | 1.3 | やや強 | — | — | やや強 |
| クジュウ | + | — | — | 3.8 | やや弱 | — | — | やや弱 |
| ミナミニシキ | <i>Pia</i> | — | — | 3.8 | やや弱 | — | — | やや弱 |
| ほまれ錦 | <i>Pia</i> | — | — | — | — | 0.5 | やや強 | やや強 |
| 黄金晴 | + | — | — | — | — | 3.0 | やや弱 | やや弱 |
| あきげしき | <i>Pia, Pii</i> | — | — | — | — | 1.5 | 中 | 中 |

注1) 近中四農研：広島県世羅郡世羅町現地圃場における試験。

注2) 宮崎総農試：宮崎県総合農業試験場、熊本高原：熊本県農業研究センター高原農業研究所。

注3) 発病程度は0（罹病無し）～10（全穂首いもち）までの達観判定。

注4) -は供試されてないため発病データがないことを示す。

第16表 白葉枯病抵抗性検定調査成績

| 品種名 | 近中四農研 | | 宮崎総農試 | | 作物研究所 | | 総合 判定 |
|-------|------------|-----|-------------|-----|----------|-----|----------|
| | 2009~2011年 | | 2009~2010年 | | 2011年 | | |
| | 発病 程度 | 判定 | 病斑 長(cm) | 判定 | 発病 程度 | 判定 | |
| はいごころ | 2.7 | 強 | 3.1 | やや弱 | 4.0 | 中 | 中 |
| 日本晴 | 4.4 | やや強 | 2.0 | 中 | 3.8 | 強 | やや強 |
| あそみのり | 2.7 | 強 | 1.5 | 強 | 4.7 | 中 | 強 |
| 金南風 | 6.5 | 弱 | 3.9 | 弱 | 5.4 | やや弱 | 弱 |
| ウズシオ | — | — | 1.6 | やや強 | — | — | やや強 |
| 黄金晴 | — | — | 2.4 | 中 | — | — | 中 |
| クジュウ | — | — | 3.5 | やや弱 | — | — | やや弱 |
| トヨニシキ | — | — | — | — | 6.4 | 弱 | 弱 |
| 黄玉 | — | — | — | — | 3.7 | 強 | 強 |

注1) 宮崎総農試：宮崎県総合農業試験場。

注2) II群菌を用いた剪葉接種による結果。

注3) 発病程度は、1（無発病）～9（全葉枯死）の達観判定。

注4) -は供試されてないため発病データがないことを示す。

2) 白葉枯病抵抗性

「はいごころ」の白葉枯病抵抗性は、近中四農研、宮崎県総合農業試験場および作物研究所における評価を総合すると“中”と判定される（第16表）。

3) 縞葉枯病抵抗性

「はいごころ」の縞葉枯病抵抗性は、近中四農研における保毒虫接種による幼苗検定および岐阜県農業技術研究所の自然発病による判定ともに、“抵抗性”である（第17表）。

4) 紋枯病抵抗性

「はいごころ」の紋枯病抵抗性は、鹿児島県農業開発総合センターにおける評価に基づき“やや弱”である（第18表）。

5) 穂発芽性

「はいごころ」の穂発芽性は、近中四農研における評価に基づき「はいいぶき」よりやや穂発芽しやすい“中”である（第19表）。

6) 耐倒伏性

育成地の普通期移植栽培における「はいごころ」の耐倒伏性は、「はいいぶき」「ヒノヒカリ」より弱く“中”である（第3表）。

第17表 縞葉枯病抵抗性検定調査成績

| 品種名 | 近中四農研 | | | 岐阜農技研 | | 総合判定 |
|--------|------------|-------|----|-------------|----|------|
| | 2009～2011年 | | | 2009, 2011年 | | |
| | 発病指数(%) | 対杜稲比 | 判定 | 罹病株率(%) | 判定 | |
| はいごころ | 10.3 | 14.8 | R | 0.0 | R | 抵抗性 |
| 杜稲 | 69.4 | 100.0 | S | - | - | 罹病性 |
| St No1 | 2.1 | 3.2 | R | - | - | 抵抗性 |
| コシヒカリ | 53.3 | 72.9 | S | 21.1 | S | 罹病性 |
| 日本晴 | - | - | - | 57.9 | S | 罹病性 |
| あさひの夢 | - | - | - | 0.0 | R | 抵抗性 |
| ハツシモ | - | - | - | 82.2 | S | 罹病性 |

注1) 岐阜農技研：岐阜県農業技術研究所。

注2) 近中四農研の検定法は、保毒虫接種による幼苗検定により、発病程度をA, B, Bt, Cr, C, Dの6段階に判定し、下記の式で発病指数を判定した。

$$\text{縞葉枯病発病指数} = \frac{(100A + 80B + 60B_t + 40C_r + 20C + 5D)}{\text{調査苗数}}$$

注3) 岐阜農技研は場内での自然発病による。発病率は出穂期の病徴観察による。

注4) Rは抵抗性，Sは罹病性を示す。

注5) -は供試されてないため発病データがないことを示す。

第18表 紋枯病抵抗性検定調査成績

| 品種名 系統名 | 鹿児島 | | |
|------------|------|------|-----|
| | 出穂期 | 発病度 | 判定 |
| はいごころ | 7.18 | 34.8 | やや弱 |
| WSS3 | 7.25 | 9.2 | 強 |
| 北陸糯181号 | 7.23 | 10.9 | 強 |
| 夢十色 | 7.20 | 23.1 | 中 |
| 日本晴 | 7.19 | 26.1 | 中 |
| 多収系772 | 7.22 | 43.8 | やや弱 |
| ミネアサヒ | 7.11 | 43.9 | やや弱 |
| ヒノヒカリ | 7.26 | 48.9 | 弱 |

注1) 鹿児島：鹿児島県農業開発総合センター。

注2) 発病度 = $(4 \times A + 3 \times B + 2 \times C + D) \times 100 / (4 \times \text{調査株数}(20))$

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。

第19表 穂発芽性検定調査成績

| 品種名 | 近中四農研 | |
|-------|------------|-----|
| | 2009～2011年 | |
| | 程度 | 判定 |
| はいごころ | 5.1 | 中 |
| はいいぶき | 3.9 | やや難 |
| 日本晴 | 5.1 | 中 |
| ヒノヒカリ | 2.6 | 難 |

注1) 成熟期に収穫した切り穂を30℃、湿度100%で5～7日間処理。

注2) 穂発芽程度：2(極難)～8(極易)の7段階評価。

IV 配付先における成績

1 奨励品種決定基本調査成績

「はいごころ」は、兵庫県において2009年と2010年に、岡山県においては2009年に、それぞれ「ヒノヒカリ」を対照品種として奨励品種決定基本調査に供試された(第20表)。これらの結果によると、「はいごころ」は、玄米収量が対照品種より低く不利と評価された。両県ともに育成地よりも出穂が約10日遅いことが登熟に影響を及ぼしている可能性がある。さらに2010年の兵庫県では「ヒノヒカリ」比82%と著しく低くなっている。育成地においても異常高温年の2010年に「はいごころ」「はいいぶき」の千粒重が小さくなり、収量が減少していることを踏まえると(表4)、巨大胚品種の生育・収量に及ぼす高温の影響についても、今後の検討が必要である。

2 普及見込み地域における調査成績

岡山県瀬戸内市の瀬戸内市振興公社および津山市のつやま新産業創出機構では、現在、巨大胚品種として「はいいぶき」を栽培し、地域特産品として販売している。「はいごころ」はその諸特性から「はいいぶき」に代わる可能性があることから、両団体では管内の農家圃場に現地試作圃場を設定して調査を行った。

瀬戸内市地域のK氏圃場では、「はいごころ」の形態的特性は育成地の結果とほぼ同様であった。供試3カ年の収量の平均値は、「はいいぶき」より多収であったが、「ヒノヒカリ」よりはやや少収であった(第21表)。異常高温年の2010年に、「はいごころ」が「ヒノヒカリ」より約10%少収になったことが影響している。瀬戸内市民をパネルとして行った食味試験では、四分精米ご飯および米粉パンの食味評価はいずれも「はいいぶき」より明らかに優れていた(第21表)。また、K氏によると苗立ち性も「はいいぶき」より明らかに優れており、機械移植にも十分に対応できるとの評価であった。

一方、津山市内のO氏圃場では、施肥がレンゲのみのため、収量が全体的に低めであるが、「はいごころ」は「はいいぶき」よりも多収であった(第

22表)。また、苗立ち性も「はいいぶき」より優れていると評価された。

V 栽培適地および栽培上の留意点

1 栽培適地

「はいごころ」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。特に近畿中国四国地域の瀬戸内海沿岸の平坦部での普及が期待される。また、中山間地域においても、「ヒノヒカリ」など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。

2 栽培上の留意点

耐倒伏性は“中”であるため、肥効が効き過ぎると倒れやすくなるので多肥栽培は避ける。また、穂発芽性は“中”であるため、刈り遅れに注意し適期刈り取りに努める。

VI 命名の由来および育成従事者

「はいごころ」は、機能性に富む巨大胚水稻品種を食することにより、多くの人々が心穏やかに暮らせることを期待して命名された。「はいごころ」の育成従事者は第23表の通りである。

VII 摘 要

「はいごころ」は、「ミルキープリンセス」に巨大胚水稻品種「はいいぶき」の姉妹系統「巨5-7」を交雑した雑種後代から近畿中国四国農業研究センターにおいて選抜し、育成した低アミロース性の巨大胚水稻品種である。「中国胚202号」の地方系統名で栽培特性を検討し、苗立ち性、収量性および食味特性において優秀性が確認されたため、2012年に品種登録出願を行った。この品種の育成地での普通期移植栽培における特徴は以下の通りである。

1. 出穂期および成熟期は、いずれも「はいいぶき」より2日遅く、育成地では“中生の晩”熟期に属する。
2. 稈長は「はいいぶき」より10cm長く、穂長および穂数は「はいいぶき」並である。草型は“偏穂重型”である。耐倒伏性は「はいいぶき」よりやや劣る“中”である。
3. 苗立ち性は「はいいぶき」より明らかに優れ、温暖地西部の基幹品種「ヒノヒカリ」よりやや劣る程度である。このため、これまでの巨大胚品種と比べて、機械移植に適応性のある苗をより安定的に生産することができる。
4. 玄米重は「はいいぶき」より15%多収である。
5. いもち病真性抵抗性遺伝子型はPiaと推定される。圃場抵抗性は、葉いもち、穂いもちともに“やや弱”である。白葉枯病抵抗性は“中”である。縞葉枯病には抵抗性である。

6. 玄米品質は「はいいぶき」並の“中中”である。白米アミロース含有率は7.9%で、「はいいぶき」と比べて明らかに低い。胚芽米および発芽玄米としての食味は「はいいぶき」より明らかに優る。水に浸漬後の γ -アミノ酪酸（ギャバ）の含有量は「はいいぶき」並である。
7. 以上、出穂期、苗立ち性、収量性および食味特性などから判断して、「はいごころ」は関東以西の地域に適した低アミロース性の巨大胚水稲品種として普及することが期待される。

引用文献

- 1) 安東郁男・加藤 浩・井辺時雄・根本 博・太田久稔・佐藤宏之・平山正賢・平林秀介・出田 収・竹内善信・青木法明・堀末 登・須藤 充・沼口憲治・高館正男・平澤秀雄・坂井 真・田村和彦 2004. 縞葉枯病抵抗性で極良食味の中生水稲新品種「さとじまん」作物研究所研究成果情報 <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nics/2004/nics04-01.html>.
- 2) 遠藤貴司・山口誠之・片岡知守・中込弘二・滝田正・東 正昭・横上晴郁・加藤 浩・田村泰章・小綿寿志・小山田善三・春原嘉弘 2006. 耐冷性の強い巨大胚水稲新品種「恋あずさ」の育成. 東北農研報 105: 1-16.
- 3) 小林和幸・高橋能彦・福山利範 2009. 巨大胚水稲品種「越車」における育苗法の検討. 日作紀 78(1): 17-26.
- 4) 松下 景・春原嘉弘・飯田修一・前田英郎・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井 真 2008. 巨大胚水稲品種「はいいぶき」の育成. 近中四農研報 7: 1-14.
- 5) 根本 博・飯田修一・前田英郎・石井卓朗・中川宣興・星野孝文・坂井 真・岡本正弘・篠田治躬・吉田泰二 2001. 巨大胚水稲新品種「はいいみのり」の育成. 中国農研報 22: 25-40.
- 6) Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori 1994a. Accumulation of γ -Aminobutylic Acid (Gaba) in the Rice Germ during Water Soaking. Biosci. Biotech. Biochem. 58 (12): 2291-2292.
- 7) ——— 1994b. Distribution of Free Amino Acids in the Rice Kernel and Kernel Fractions and the Effects of Water Soaking on the Distribution. J. Agric. Food Chem. 42: 1122-1125.
- 8) 齊藤ひろみ・小久保清子・中田裕子・大森正司・三枝貴代・堀野俊郎・森 隆 1995. 水浸漬胚芽米によるラット血圧上昇抑制作用について. 日本食品化学工学会第42回大会講演集: 139.
- 9) 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・安東郁男・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.
- 10) 清水博之・横上晴郁・松葉修一・安東郁男・黒木 慎・荒木 均 2006. 北海道地域での栽培に適する巨大胚水稲新品種「ゆきのめぐみ」北海道農業研究センター成果情報 <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/harc/2006/cryo06-01.html>.
- 11) 白土宏之・大平陽一・高梨純一 2002. 巨大胚水稲品種はいみのりにおける田植機適応性のある苗の育苗法. 日作紀 71(1): 76-83.
- 12) 館山元春・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.
- 13) 上原泰樹・小林 陽・古賀義昭・太田久稔・清水博之・三浦清之・福井清美・大槻 寛・小牧有三・笹原英樹・堀内久満・後藤明俊・奥野員敏 2003. 水稲新品種「めばえもち」の育成. 中央農研報 2: 63-81.

'Haigokoro', A New Rice Cultivar with High-Emergence Rate, Low-Amylose Content and Giant Embryo

Takuro ISHII, Osamu IDETA, Kei MATSUSHITA¹, Yoshihiro SUNOHARA², Hideo MAEDA³ and Shuichi IDA⁴

Key words : paddy rice, low-amylose content, giant embryo, Haigokoro

Summary

'Haigokoro' is a new paddy rice cultivar with low-amylose content and giant embryo that was established by the NARO Western Region Agricultural Research Center in 2012. This cultivar was selected from a cross between 'Milky Princess' and 'Kyo 5-7' (sister line of 'Haiibuki') conducted in 2002. 'Haigokoro' had been evaluated for its characteristics under the name of 'Chugoku-hai 202' since 2009. The superiority of 'Haigokoro' was confirmed, and an application to the Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery for official registration was made in 2012. Its main characteristics are as described below.

The heading and maturing dates of 'Haigokoro' were two days later than that of 'Haiibuki', respectively. Its maturity is classified into 'medium-late' in the flatland along Seto inland sea. The culm height was 10 cm longer than that of 'Haiibuki'. Panicle length and number of panicles were similar to 'Haiibuki'. The lodging tolerance of 'Haigokoro' was a little inferior to that of 'Haiibuki' and evaluated as 'medium'. According to the yield trial tests by the NARO Western Region Agricultural Research Center, its yield of brown rice was 15% more than that of 'Haiibuki'. Percentage of germination and emergence of 'Haigokoro' were higher than those of 'Haiibuki'. The embryo weight ratio of 'Haigokoro' was similar to Haiibuki, and about 3 times of 'Hinohikari'. The synthesis of Gamma-aminobutylic acid (GABA) of 'Haigokoro' in water soaking was similar to 'Haiibuki', and it is about 3 times of 'Hinohikari'. 'Haigokoro' is a non-glutinous cultivar with low-amylose content. Therefore, the cooked rice of 'Haigokoro' is sticky and its eating quality of brown rice or germinated brown rice is superior to that of 'Haiibuki'. From the above-mentioned characteristics, 'Haigokoro' is expected to be suitable for use as a giant embryo cultivar in the western region of Japan.

Lowland Crops Research Division, NARO Western Region Agricultural Research Center

¹ NARO Agricultural Research Center

² NARO Institute of Crop Science

³ Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

⁴ Ex-NARO Western Region Agricultural Research Center

日射量対応型極微量灌水装置に対応した 排液量参照制御装置の開発

長崎裕司・川嶋浩樹・杉浦誠

キーワード：日射量対応，極微量灌水装置，排液量，灌水制御

| 目 | 次 |
|-------------------------|----|
| I 緒 言 | 43 |
| II 開発装置の概要 | 44 |
| 1 日射量対応型極微量灌水装置の特徴 | 44 |
| 2 考案した排液量参照制御方法 | 44 |
| III 開発装置による灌水制御試験とトマト栽培 | 45 |
| 1 材料および方法 | 45 |
| 2 試験結果および考察 | 46 |
| IV 摘 要 | 48 |
| 謝 辞 | 48 |
| 引用文献 | 49 |
| Summary | 50 |

I 緒 言

瀬戸内地域などの温暖寡雨地域において，園芸作物を安定的に栽培するためには，省力的な節水型灌水システムを開発する必要がある．また，この地域の農家は小規模経営が多いことから低コストな装置が要望されてきた．このために開発された日射制御型拍動自動灌水装置⁵⁾は，ソーラーパネルで駆動される小型水中ポンプ（以下，ソーラーポンプ）で一定の高さに設置した拍動タンクに汲み上げ，所定量になった時点で水位センサに連動した電磁弁が開放され，灌水チューブに無動力で給液できる装置である．灌水量は日射量に対応していることから，晴天時には多く，曇天時には少なく，雨天時には灌水しないという操作を複雑な制御機構を用いずに実現した．既にナスやピーマン，キクなどの露地野菜・花き栽培向けに簡易な灌水装置として市販され²⁾，100か所以上で利用されている．また，同装置については，農家が自ら組み立てられるように標準的な施工手順が資料としてまとめられている⁶⁾．

一方，極微量灌水法は，圧力補正型給液停止機構付ボタン点滴装置と点滴チューブを組み合わせた極微量灌水配管により，1点滴孔あたりの吐出量を0.2L/hと慣行の1/10に抑えた方式であり，粉碎粉殻などの保水性の乏しい培地でも安定してトマト栽培が行えることを明らかにしている⁷⁾．この極微量灌水において，日射量に応じた制御を行うため，前述した日射制御型拍動自動灌水装置の電磁弁の開閉

操作の代わりに加圧送水ポンプを利用した日射量対応型極微量灌水装置が開発されている⁴⁾．

一般に，施設園芸における高設栽培など，1株あたりの培地量が少ない栽培条件においては，生育に応じて灌水量を増やしていくなど，よりきめ細かな制御が求められる．また，灌水量を多めに設定すると排液量が増加する．東出ら¹⁾は，タイマのみの給液制御でも生産者が天候や作物の生育ステージに応じて手で給液量および回数を調整することにより，適正な管理が可能であることを明らかにするとともに，傾斜地養液栽培システムを改良し，圃場の傾斜によって排液を回収し，アスピレータにより無動力で再混入させる閉鎖系システムを開発している．この閉鎖系システムではトマトについて14段の長段採りで12.8t/10aの収量を得ている．

日射量対応型極微量灌水装置（以下，供試灌水装置）において，上述したような排液を抑制，もしくは再利用することで排液をまったく系外に出さないシステムを構築するには，供試灌水装置に適合した新たな制御システムを開発する必要がある．

これまで供試灌水装置においては，手動式バルブの開度を少しずつ開けてソーラーポンプの揚水量を徐々に増やすことで，生育ステージ毎の灌水量増加に対応してきた．しかし，手動式バルブで広く用いられているボールバルブでは，低流量時の開度調節を精度良く行うことが困難であることから，1a程度の小面積での利用や，水量を多く必要としない生育初期においては灌水過多となることも多かつ

(平成24年10月15日受付,平成25年1月29日受理)

農研機構 近畿中国四国農業研究センター

傾斜地園芸研究領域

た. したがって, 新たな手段で加圧送水ポンプから送り出される水量を制限する方式の考案が求められる.

そこで, 栽培ベッドの排水を回収し, その排水量に基づき灌水配管の途中に取り付けた電磁弁を開閉させることにより, 原水使用量を制御する手法を開発した. その制御装置の動作原理を示すとともに, トマト低段密植栽培に適用した結果を報告する.

II 開発装置の概要

開発装置は, 供試灌水装置の利点を継承しながら, よりきめ細かな制御を実現するため, 排水タンクの水量を水位センサで検知して給液・停止を行う排水量参照制御を組み込んだものである. まず, 日射量対応型極微量灌水装置の特徴と問題点について言及し, その改良のため検討した排水量参照制御の概要を示す.

1 日射量対応型極微量灌水装置の特徴

供試灌水装置の概略図を第1図に示す. まず, 日射量に応じて電力を供給する12V系のソーラーパネル(S社SJJ40B-2P, 最大出力39W)で駆動される原水タンク内の小型水中ポンプ(Y社ソーラーポンプC4SP)により, 日射量に対応した水量が拍動タンク内に汲み上げられる. 拍動タンク内に取り付けられた上限水位センサ(R社ナイロン製水位センサRSF73Y050QM208)が上限水位を検知すると, 加圧送水ポンプ制御装置(Y社BP-1)が加圧送水ポンプ(S社圧力スイッチ内蔵受水槽用自動ポンプ, 100V駆動, PAZ1531-BR)を駆動して灌水を開始する.

拍動タンク内の水がくみ出されて徐々に水位が低下して, 下限水位センサ(上限水位センサと同仕様)が所定の下限水位を検知するとポンプは停止し, 再び拍動タンクに水が溜まる.

このように, 日射量に応じた灌水が行えるものの, 生育段階に応じてソーラーポンプの揚水量を段階的に増やしていく操作が確立されていない点が課題として残されている. ソーラーポンプから拍動タンク

までの間には揚水量の調節を行うボールバルブを取り付けているが, 例えば点滴チューブ配管に多く用いられている流量調節バルブ(合成樹脂製, 16mmポリエチレンパイプ用)を用いた場合, 1a程度の小規模での適用においては, 生育初期には流量を毎分1L以下に絞る必要があるが, その範囲で毎分0.1Lレベルで細かく調節することは困難である.

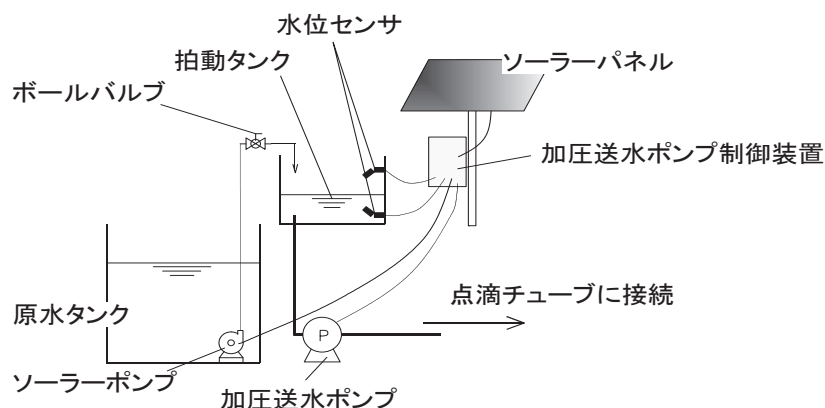
なお, ボールバルブより精度が良いといわれているニードルバルブ(A社小型ニードルバルブCY-2310, 全開までに10回転)の適用例では, 毎分1L以下に絞って調節するには1回転の範囲内で調節する必要があることから(第2図), 所定の流量よりも多めに供給する設定で対応せざるを得ない.

2 考案した排水量参照制御方法

前述したように, 問題とされる低流量時のバルブ開度の細かい調節を解消できる制御方法を検討した. 少量培地での隔離床栽培において, 作物に吸収されなかった排水を回収し, その量に基づき加圧送水ポンプのON-OFF制御を行うこととした. 一連の装置概略を第3図に示すとともに, 水位センサの動作に基づくフローチャートを第4図に示す.

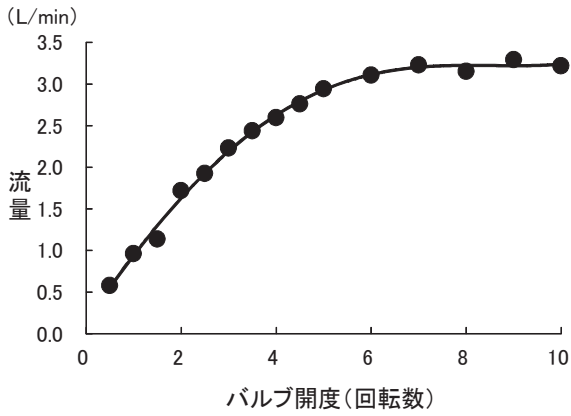
まず, 排水を貯留するタンク(以下, 排水タンク)に前述した拍動タンクと同様に上・下限水位センサを取り付ける. 供試した加圧送水ポンプは圧力スイッチが内蔵されていることから, 吐出側に排水制御バルブ(N社ラッチ式電磁弁, 以下, 電磁弁)を取り付けてその開閉によりON-OFF制御が行える. 電磁弁の制御には, 日射制御型拍動自動灌水用として市販されている拍動バルブ制御装置(Y社YS-12, 以下排水制御装置)を使用した. センサ取り付けは, 「空」側に上限水位センサを, 「満」側に下限水位センサを接続することにより, 上限水位センサが検知すると電磁弁が閉じて加圧送水ポンプが自動停止し, 下限水位センサが検知すると電磁弁が開いて, その時点で拍動タンクが満水状態であれば, 加圧送水ポンプが動き灌水が開始される.

なお, 排水タンクからは1日に数回(3~6回)タイマ制御で駆動される排水ポンプ(Y社C4SP, ACアダプタを介した100V電源駆動)により排水

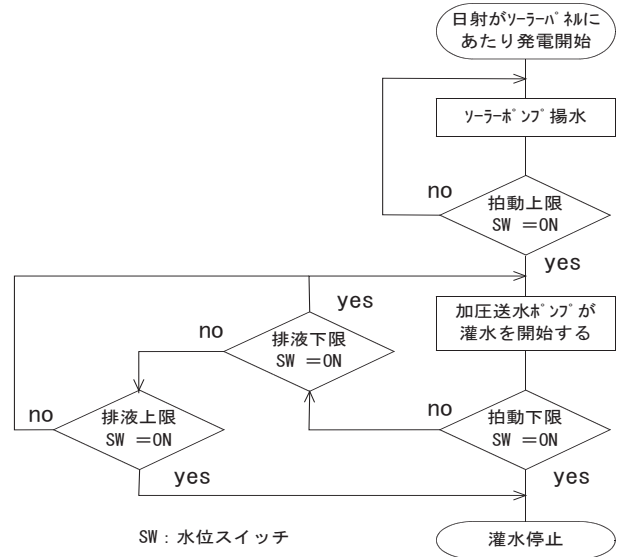


第1図 日射量対応型極微量灌水装置の概略図

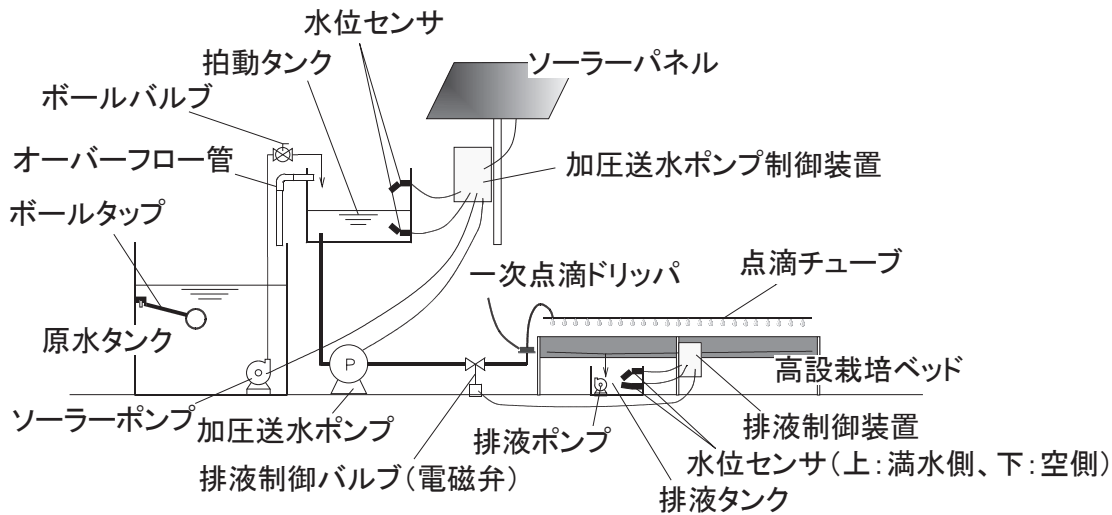
注 点滴チューブへの接続は, 一次点滴ドリッパ(圧力補正機能付, 吐出量: 12L/h)を介して点滴チューブ(吐出量: 0.9L/h)を接続



第2図 バルブ開度によるソーラーポンプ流量変化
 注 ソーラーポンプ (Y社C4SP) への印加電圧13Vでの値。
 供試バルブはA社CY-2310で10回転で全開となる



第4図 排水量参照制御における水位センサを用いた灌水制御
 注 拍動上限・下限LSは加圧送水ポンプ制御装置に、
 排水上限・下限LSは排水制御装置にそれぞれ接続



第3図 開発装置の設置概略図
 注 高設栽培ベッドの長さは12m (排水集水配管は省略)。
 一次点滴ドリッパ2個で点滴チューブに給水

を行う。これにより、排水が少ない場合には灌水が速やかに再開され、多い場合には灌水停止時間が自ずと長くなる。また、排水を栽培ベッドに点滴チューブ(灌水用とは別の系統にする)で再供給することも可能であり、これにより循環型のシステムを構築することができる。

III 開発装置による灌水制御試験とトマト栽培

1 材料および方法

1) 試験用灌水制御装置の諸元

供試灌水装置ならびに排水制御装置の外観を第5

図、第6図に示す。また、これらの仕様を第1表に示す。なお、原水使用量については、加圧送水ポンプ吐出配管に流量計(愛知時計電機、電気パルス出力付水道メータ EDS20、10L単位で1パルス出力)を接続して計測した。

なお、拍動タンクについては、排水タンクが満水となり電磁弁が閉じられると、日中ソーラーポンプからの揚水が継続されている間は、水があふれてしまうことから、オーバーフロー水を原水タンクに戻す配管(第7図)をあらかじめ取り付け対応した。使用した灌水用の点滴チューブは、P社ハイドロゴル(12/35/1、20cmピッチ、1点滴孔あたり吐出量:

0.9L/h)を使用し、各ベッドに1列配置した。加压送水ポンプからの接続はポリエチレンパイプから一次点滴ドリッパ(P社スーパーティフND, 吐出量: 12L/h)を介してマイクロチューブ(内径3mm)で各ベッド2か所ずつつなぐようにした。

排液タンクからタイマ制御された小型水中ポンプで排水される排液は、トマトに吸収されなかった肥料分に加え、培地に含まれる微小粒子など点滴チューブの目詰まりの原因となる物質が多く含まれることから、栽培ベッドに灌水とは別系統で1列配置したN社ストリームライン80(10cmピッチ, 1点滴孔あたり吐出量: 1.05L/h, ハイドロゴルよりは安価)に接続して再利用することとした(第8図)。なお、原水タンクからの揚水量は、流量調節バルブ(A社小型ニードルバルブCY-2310)の開度を半回転(晴天日相当で概ね毎分0.5L(第2図参照))とした。排液タンクからの排液は冬作については1日3回(8時, 11時, 14時で1回の動作でほぼ排液タンクが空になる時間(15分間設定)), 夏作については生育前・中期は同回数とした。ただし、夏作の生育後期については排液がほとんど出ない状態になったことから、流量調節バルブの開度を1回転にまで開けて、ソーラーポンプの揚水量を増やす(晴天日相当で概ね毎分1L(第2図参照))と同時に、排液回数も1日5回(前述3回に9時30分, 12時30分を追加)に増やした。ソーラーパネルについては真南に向けて、傾斜角度30度で設置した状態とした。

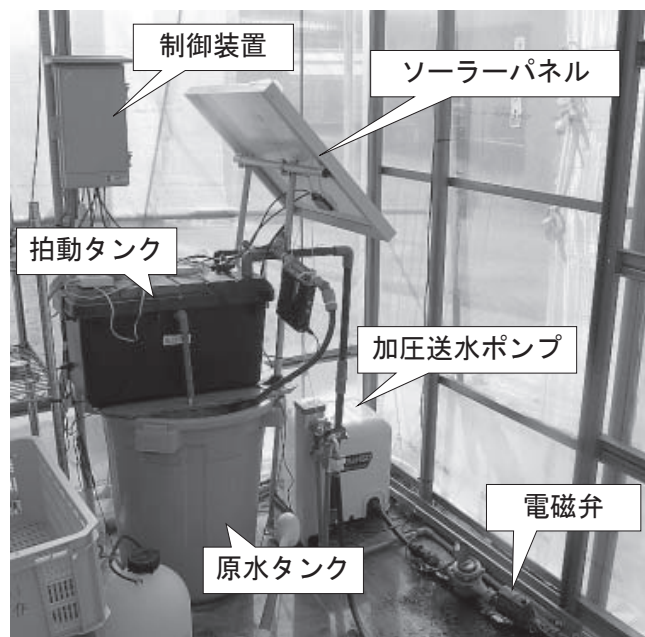
2) トマト栽培概要

トマト栽培には、隔離床としてイチゴ栽培用再生プラスチック製ベッド(S社製らくラックシステム栽培ベッド, 長さ12m, 第9図)を用いた。ベッド内の幅は25cm, 深さは12cmであり、1.5mの長さのベッドを専用のジョイントで接続して組み立てた。栽植密度については、ベッド間隔を1.1m, 株間を15cm間隔, 長さ12mのベッドあたりでの株数を80株とし、4~5段の摘心の低段密植栽培を行った。これは10aあたり約4,500株に相当する。培地には、排水性に優れた日向土(小粒, 粒径3~6mm)を用い、株あたり約4Lをベッド内に充填した。

なお、栽培は冬作と夏作の2作実施し、栽培概要は以下の通りである。

冬作については、上記栽培ベッド2列を設置し、「麗容」(サカタのタネ)の3.5葉セル成型苗を2010年9月21日に定植した。肥料は培地に肥効調節型肥料(エコロングトータル100日タイプ4.9kg, 硝酸カルシウム40日タイプ1.1kg)を2回に分けて条施用し、生育期間中に適宜OKF-1の1,000倍液を原水タンク内に追肥施用した。なお、1段目は尻腐れ果が多発したため、概ね2~5段目の果実を1月~3月に収穫し、可販果相当収量を調査した。

夏作については、上記栽培ベッド5列を設置し、「麗夏」(サカタのタネ)の3.5葉セル成型苗を2011年3月31日~4月5日にかけて定植した。



第5図 試験に供試した灌水装置の外観



第6図 試験に供試した排液制御装置の外観

注 排液タンクには水位センサの他に排液ポンプを配置

肥料は原水タンク内に網袋に入れた肥効調節型肥料を吊して溶出させる方式とした。エコロングトータル40日タイプを6.2kg, 被覆硝酸カルシウムを12.3kgを3回に分けて、エコカリコート9.1kgを2回に分けて原水タンクに投入した。なお、尻腐れ果の発生が認められたため、適宜カルシウム剤の葉面散布を実施した。概ね4段目までの果実を6月~7月に収穫し、可販果相当収量を調査した。

2 試験結果および考察

1) 試験用灌水制御装置による灌水

試験用灌水制御装置は極微量配管としているため、灌水動作は灌水チューブに給液を開始して点滴孔から水が出始めてしばらくすると、加压送水ポンプの圧力スイッチが作動して給液を自動的に停止する。点滴孔から一定量の水が吐出されて圧力が低下

第1表 拍動自動灌水装置必要資材一覧

| 資材名 | 型式 | 数量 | 備考 |
|-------------------|---------------------------------------|----|------------------------------|
| 供試灌水装置(第3図)主な構成資材 | | | |
| ソーラーパネル | シェルソーラージャパン SJJ40B-2P | 1枚 | 12V、40W |
| ソーラーポンプ | ブテオ C4SP、12V仕様 | 1台 | |
| 流量調節バルブ | アソー チッコロ CS-1033、直 両外ねじ(3/8インチ) | 1個 | |
| 加圧送水ポンプ制御装置 | ブテオ BP-1 | 1台 | AC100V駆動ポンプ制 御 |
| 加圧送水ポンプ | 三相電機 PAZ1531-BR | 1台 | AC100V、圧カスイッ チ内蔵(100kPa) |
| 拍動タンク | アイリスオーヤマ RVBOX 600 エコロジーブラック | 1個 | 容量40L |
| 水位センサ | RSコンポーネツ RSF73Y050QM208 | 2個 | |
| 原水タンク | 90Lポリバケツ | 1個 | |
| ボールタップバルブ | SAN-E I 万能ロータンク ポー ルタップ V530-5X-13 | 1個 | |
| 排液制御装置(第4図)主な構成資材 | | | |
| 制御装置 | ブテオ YS-12 | 1台 | |
| 水位センサ | RSコンポーネツ RSF73Y050QM208 | 2個 | |
| ラッチ式電磁弁 | ネタフィム アクアネットプラス DC12-40V、1インチ | 1台 | |
| タイマ | CUSTOM ウィークリータイマ WT-03 | 1台 | |
| 排液ポンプ | ブテオ C4SP-SA 水位セン サ付・アダプターセット | 1台 | DCアダプタ(12V)を介 してAC100Vで利用 |
| 排液タンク | アイリスオーヤマ バックル ボックスNSK-210 エコブラック | 1個 | 容量16L |



第7図 拍動タンクへのオーバーフロー配管の取付

注 ソーラーポンプ流量が2L/min程度まででの使用
であることから、13A塩ビパイプで対応



第8図 栽培ベッドへの点滴チューブの配置

すると再びポンプが動作し給液を開始する。この拍動的な動作を拍動タンクが空になるまで続ける。これらの動作は、2作を通して問題がなかった。

排液タンクの水位に基づく電磁弁開閉動作については、排液制御装置内蔵の電池容量が低下したことによる動作不良が1回発生した以外は、電池交換により2作を通して問題なく動作した。

原水使用量の確認については、装置が安定して動作した夏作での2011年5月11日から7月13日までの9週間の水量を測定した結果、全原水使用量は14,488L、株あたりで36.2Lであり、1日あたりでは0.55Lとなった。一般に、夏秋トマト長段採り養液土耕栽培で生育期間において株あたりの日灌水量は平均で約1Lは要するとされており、この半分近くの節減効果が得られた。なお、土壌水分センサを利用して精密灌水を行うことで慣行の88%にまで低減できた事例³⁾と比べても十分に少ない灌水量の水準である。また、当該期間において概ね日射量に対応した水量が灌水される傾向を確認できた(第10図)。

一方、排液タンクによる灌水量の制限効果について、別途日射条件がほぼ同じ日(2012年7月23日と24日)で排液制御装置の可動の有無で検証した。快晴日(全天日射量日積算値約24MJ/m²)において、灌水量制限を行わなかった場合、灌水動作7回で流量計のパルス出力は77パルス(770L相当)であったのに対し、灌水制御を行った場合は同3回、35パルス(350L相当)に制限できた。



第9図 トマト栽培試験に供試した栽培ベッド

2) トマト生育・収量

冬作については、前述したように1段目に尻腐れ果が多発したため、9月下旬に定植したにもかかわらず収穫開始は1月初旬となった。可販果相当で平均1果重は147g、株あたり収量は1.7kgであり、10aあたりに換算すると7t水準であった。

本灌水方法によるトマト品質に与える影響については、厳密な収量データを把握していないが、裂果の発生はほとんどみられなかったことから、冬作トマトにおいて品質面に与える悪影響は少ないとみられる。

夏作については、生育期間全般で窓あき、尻腐れ果の発生があったものの、可販果相当で平均1果重は129g、株あたり収量は1.3kgであり、10aあたり6t水準に達した。糖度(Brix)については4.8~6.9であり、7月中下旬に高い値を示した。一方で、4段までの収穫果実について、2段までは可販果で3果以上確保できた一方で、3段では尻腐れ果の増大による可販果数の減少が発生し、4段では着果数自体も2果水準にとどまり、かつ約半分は尻腐れ果となった(第11図)。

これらは、本方式での肥培管理方法(肥効調節型肥料の原水タンクへの直接投入)にも一因があるとみられるが、高温による着花不良にも原因があると考えられる。原水タンク内の水温が低い定植直後の時期については、肥料分の溶出が安定しないことや、トマトが十分にカルシウム分を吸収できなかったことが考えられることから、尻腐れ果の発生を抑える肥培管理方法の検討が今後の課題である。

なお、生育期間中に萎凋症状を示した株が散発的に数株発生したが、両作とも排水を再循環させることに起因するとみられる病害の広がりには認められなかった。

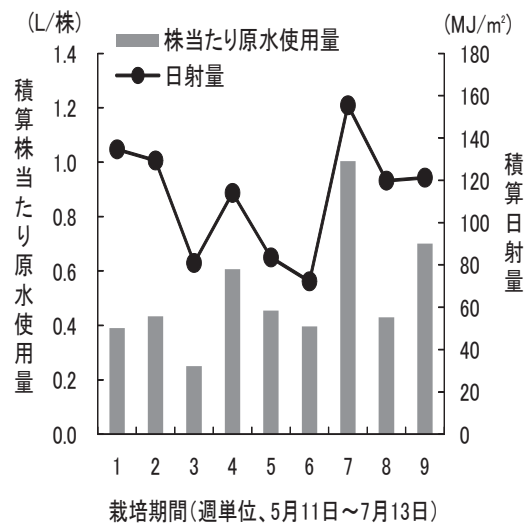
IV 摘 要

日射量対応型極微量灌水装置に対応した排水量参照制御装置を開発し、トマト隔離床栽培に適用し、その実用性を検証した。

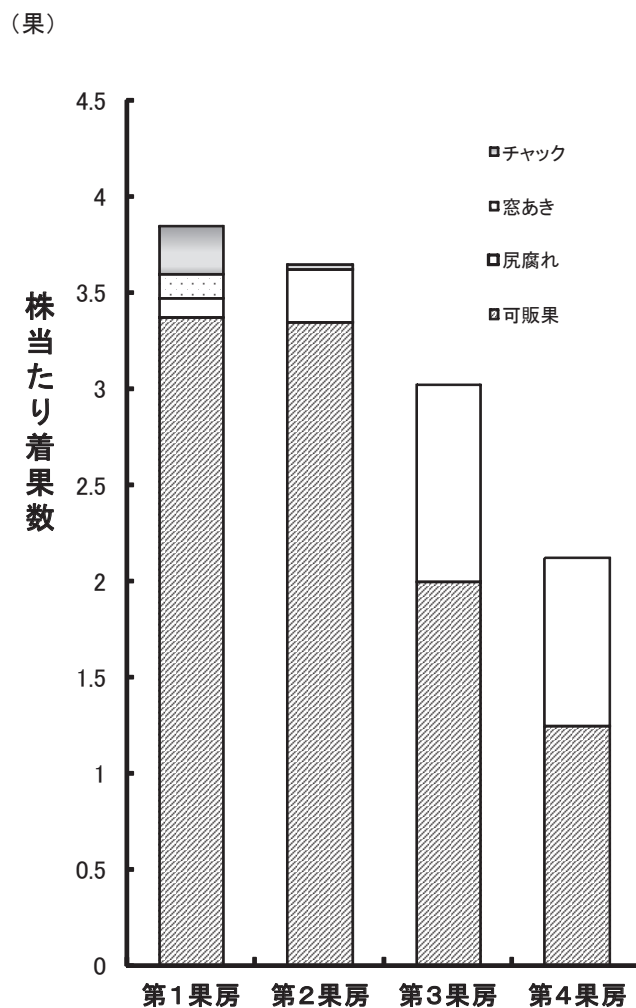
- 1) 排水タンクの水量を水位センサで検知して、給液・停止を行う排水量参照制御できる装置を開発した。
- 2) 当該装置により、株あたり日灌水量を約0.5L水準とすることができた。
- 3) 低段密植栽培(4~5段)での収量は、可販果収量で冬作で7t/10a(株あたり1.7kg)水準、夏作で6t/10a(同1.3kg)水準であった。

謝 辞

本装置の開発は、農研機構交付金プロジェクト地域農業確立総合研究「中山間地域の所得拡大を目指した夏秋トマト20t採り低コスト・省力・安定生産技術体系の確立(略称:中山間20t採りトマト、2008~2010年度)」で実施した成果の一部である。本装置の前提となる日射量対応型極微量灌水装置に



第10図 開発装置による原水使用量と日射量の関係
注 日射量は試験ハウスのある近畿中国四国農業研究センター仙遊地区に設置された総合気象観測装置の日積算日射量データを利用



第11図 夏作における果房段位別の収量
注 品種は「麗夏」(サカタのタネ)

については、現農研機構本部の吉川弘恭氏が考案・開発を進めてきたものである。また、当該装置の設置・管理については近畿中国四国農業研究センター業務第2科職員の協力を得た。収量調査、データ整理については大浦由紀子さんに担当していただいた。記して深甚な謝意を表す。

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) プティオ 2009. ソーラーパルサーとは : <http://www.putio-ag.jp/10SPulser.html>
- 3) 山田良三・伊藤裕朗 2007. 夏秋トマト養液土耕栽培における土壌水分センサを用いた精密灌水制御. 平成 18 年度関東東海北陸農業研究成果情報 : http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto18/06/18_06_18.html
- 4) 吉川弘恭・長崎裕司・中尾誠司 2011. ソーラーポンプを利用した施設栽培用日射量対応型極微量灌水施肥装置. 平成 22 年度近畿中国四国農業研究成果情報 : http://wenarc.naro.affrc.go.jp/seika/seika_nendo/h22/pdf/05_kougaku/07_0307.pdf
- 5) 吉川弘恭・中尾誠司 2006. 間欠式自動灌水装置 : 特許第 3787628 号
- 6) 吉川(山西)弘恭・中尾誠司 2010. ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法. 近中四農研資料 7 : 21-31.
- 7) 吉川弘恭・渡邊修一・笠原賢明・東出忠桐・伊吹俊彦 2007. 粉碎モミガラ培地耕に適用可能な極微量多頻度灌水施肥法. 平成 18 年度近畿中国四国農業研究成果情報 : <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2006/kinki/ki06007.html>

Development of Device to Minimize Drainage for Solar-Radiation-Dependent Drip-Irrigation System

Yuji NAGASAKI, Hiroki KAWASHIMA and Makoto SUGIURA

Key words : solar-radiation-dependent, ultra-micro-drip irrigation device, drainage, irrigation system

Summary

We have developed a new device to minimize drainage for solar-radiation-dependent drip-irrigation system. This system was examined in tomato cultivation.

- 1) We have developed a device to see water level sensor detecting the amount of water in tank drainage.
- 2) This device is able to reduce irrigation water about 0.5 L per plant per day.
- 3) In tomato culture by low-node order pinching (4th or 5th trusses) at high plant density, the fruit yield 1.7 kg per plant in winter cropping and 1.3 kg per plant in summer cropping were attained, respectively using this system.

近畿中国四国農業研究センター研究報告 第12号

平成25年3月19日 印刷

平成25年3月19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 株式会社デルタプリント

〒732-0802 広島県広島市南区大州2丁目12-15

