

第5章 雑穀の耐病性

岩手県内で栽培されている雑穀類には、ソバ、ヒエ、アワ、キビ、ハトムギ、アマランサス（別名センニンコク）、ダツタンソバ（別名ニガソバ）等がある。わが国の雑穀類では多数の病害の発生が報告されているが、これらの多くは昭和初期から昭和50年代までに報告されたものである。消費者の自然・健康食品指向の高まりの中で需要がもちなおし、生産量と栽培面積が増加傾向にある最近については病害に関する報告はほとんどない。岩手県においても雑穀類に発生する病害虫についての調査報告は非常に少なく、特に最近に雑穀類に発生する病気の調査はほとんどなされていないのが現状で、発生実態に関しては不明である。

1. これまで報告された雑穀類に発生する病害

雑穀類に発生する病気としてはわが国でこれまで次のものが報告されている。

キビでは1) *Sugarcane mosaic virus* によるモザイク病、2) *Pseudomonas avenae* による条斑細菌病^{6, 8)}、3) *Rice black-streaked dwarf virus* によるすじ萎縮病、4) *Pyricularia panici* によるいもち病、5) *Cercospora fusimaculans* による葉枯病、6) *Helminthosporium panici-miliacei* による長斑点病⁸⁾、7) *Helminthosporium yamadai* による円斑点病⁸⁾、8) *Solosporium panici-miliacei*, *Sphacelotheca destruens* による黒穂病、9) *Rhizostonia solani* による紋枯病⁷⁾ が報告されている。ヒエでは、1) *Rice dwarf virus* による萎縮病、2) *Sugarcane mosaic virus* によるモザイク病、3) *Pyricularia* sp によるいもち病、4) *Drechslera monoceras* [*Helminthosporium monoceras*] による葉枯病⁸⁾、5) *Cercospora fusimaculans* による褐斑病、6) *Curvularia trifoli* によるすす紋病、7) *Ustilago crus-galli*, *U. sphaerogena*,

Tolyposporium bullatum による黒穂病, 8) *Thanatephorus cucumeris* [*Rhizostonia solani*] による紋枯病, 9) *Ustilago crus-galli* によるこぶ黒穂病が報告されている。アワでは、1) *Pseudomonas avenae* による褐条病、2) Rice stripe virus による縞葉枯病、3) Rice black-streaked dwarf virus によるすじ萎縮病、4) Northern cereal mosaic virus による北地モザイク病、5) Sugarcane mosaic virus によるモザイク病、6) *Pyricularia setariae* によるいもち病、7) *Corticium rolfsii* による白絹病、8) *Cercospora setariae* による葉枯病、9) *Fusarium roseum* によるフザリウム病、10) *Ephelis japonica* [*Cylindosporium setariae*] による紫穂病、11) *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis* による苗立枯病、12) *Ustilago crameri*, *U. tanakae* による黒穂病、13) *Uromyces setariae-italicae* によるさび病、14) *Rhizoctonia solani* による紋枯病、15) *Cochiobolus setariae* [*Drechslera setariae*] によるごま葉枯病⁸⁾、16) *Pseudocochliobolus lunatus* による縁葉枯病、17) *Corticium rolfsii* によるしらが病が報告されている。また、アマランサスに発生する病害としては 1) *Burkholderia andropogonis* による斑点細菌病と 2) Cucumber mosaic virus によるモザイク病が報告されている。

2. 岩手県の雑穀類の病害発生調査

2000 年 6 月～8 月に、雑穀類の作付けの多い岩手県軽米町の圃場でヒエ、アワ、キビおよびアマランサスの病害発生調査を行った。

1) 調査地

雑穀類の病害調査地として、岩手県軽米町の 3 圃場 (A 圃場、B 圃場と C 圃場) を選定した。A 圃場は岩手県農業研究センター県北分場内の圃場、B 圃場は軽米町の住宅に近接して位置し、非常に管理の行き届いた平地の圃場で、土壌はクロボク

土である。C 圃場は山間部の傾斜地にある圃場で、土壌は砂質であった。調査は 2000 年 6 月 28 日、7 月 18 日、8 月 4 日の 3 回行い、それぞれの圃場を巡回し、病害の発生の有無と発生状況を調べた。

2) 病害の発生状況

岩手県内の雑穀類に関する病害調査は昭和 20 年代にヒエの病虫害予察調査⁴⁾、岩手県立農業試験場内でソバ立枯病³⁾が知られている。本研究では岩手県軽米町の 3 圃場を選定し、雑穀類の病害発生状況を明らかにする目的で調査を実施した。

軽米町での雑穀類の播種期は 5 月中旬～下旬である。6 月 28 日の調査では A および B 圃場では病気の発生はほとんど観察されなかった。7 月 18 日および 8 月 4 日の調査においても、ヒエとアワの葉の一部で褐色斑点が生じているものがほんの数株で認められただけで、生育に影響すると予想される病害の発生は観察されなかった。雑穀類は無農薬栽培が原則となっており、当初は様々な病害が発生しているのではないかと予想していたが、A および B 圃場では収量に影響を及ぼすと思われる病気の発生は認められなかった。

8 月 4 日の調査では B 圃場のキビで、ごく一部（全体の約 0.5% 程度）の個体の葉に褐色の長楕円形の小斑点が観察された（図 1）。ジャガイモ煮汁寒天培地（PDA）に病原菌の分離を行ったところ、褐色を呈しながら放射状に生育し、やがて時間の経過とともに暗褐色～暗黒色の濃密な菌叢となる糸状菌が分離された（図 1）。生育速度は比較的速く、移植後約 10 日で径 9、シャーレ全面を覆った。形成された胞子を顕微鏡で観察したところ、分生胞子は暗褐色、円筒形から紡錘形で両端はまるく、わずかに湾曲していた（図 1）。へそは大きく、1～12 個の隔膜があり、大きさは $30 \sim 145 \times 9 \sim 26 \mu\text{m}$ であった。分生子柄は暗褐色をしており、先端部は淡色でわずか

に屈曲する。大きさは $80\sim 210\times 4\sim 8\mu\text{m}$ であった。以上の結果から西門⁸⁾が報告した *Helminthosporium* によるキビ円斑点病と同定した。病斑数や発生株率を考慮すると、生育に影響を及ぼすほどの発生ではないと考えられた。

C 圃場の 6 月 28 日と 7 月 18 日の調査では、病気の発生は全く観察されなかったが、8 月 4 日にはキビのほぼ全株で、葉や葉鞘（特に下葉）に円形～楕円形の灰緑色ないし暗緑色の病斑が観察された（図 2）。病斑が融合した下葉は枯れがあり、一部の株では穂の外穎先端には褐色斑点があり、穂に多数の黒褐色斑点が観察された（図 2）。

C 圃場のキビで観察された葉枯れ症状から病原菌の分離を行ったところ高率に *Fusarium* 属菌が分離された。その他に、モロコシの穂に赤褐色～褐色の斑点が観察される株が C 圃場で数株程度観察された（図 2）。

3. キビの新病害「キビ白斑葉枯病」

2000 年 8 月上旬、岩手県軽米町のキビ圃場（C 圃場）においてほぼ全ての株で葉や葉鞘に、周縁が褐色で円形～楕円形の灰緑色ないし暗緑色の病斑が認められた（図 2）。病斑部からは *Fusarium* 属菌が高率に分離されたが、これまで *Fusarium* 属菌によるキビの病害は報告がないため、キビ葉枯れ症状から分離された菌の同定・分類を行った。

1) 菌の分離

2000 年 8 月 4 日に岩手県軽米町の圃場で採取した、葉枯れ症状を示すキビを供試して菌の分離を行った。まず病斑部と健全部との境界部分を約 7mm 四方の大きさに切り、この切片を 70%エタノールに 30 秒間浸した後、次亜塩素酸ナトリウム溶液

(5%) で 3 分間表面殺菌した。滅菌水で 3 回洗浄した切片を滅菌ろ紙上におき水分を除去した。その後、ジャガイモ煮汁寒天培地(PDA)に切片を置床し、25℃の恒温器中で培養した。

キビ葉の病斑部周辺組織（8 葉片）を PDA 平板培地に置床して培養すると、全てのシャーレ（8 枚）上に薄い赤色～赤褐色の菌叢が観察された。菌叢の一部を新しい PDA 培地に移して培養すると、培地の表側では最初菌叢は白色をしているがやがて黄色を呈し、シャーレの裏面では菌叢が赤褐色の呈した分離株（KY-L2 株）と、培地表面上の菌叢は初め紅色で後に黄色がかった紅色～赤褐色を呈し、裏面は赤褐色を呈する分離株（KY-L3）が観察された（図 3）。どちらの菌株も紅色がかった白色の気中菌糸を生じた。

分離菌（KY-L2 および KY-L3）を供試して次のように単孢子分離を行った。まず PDA で分離菌株を孢子が形成されるまで培養した後、菌叢（約 3mm）をエッペンチューブに移した。これに 400 μ l 滅菌水を加えて攪拌し、孢子懸濁液を作製した。血球計算盤を用いて孢子数を計測し、孢子的密度を 5×10^5 個/ml になるように調整した。この孢子懸濁液を 2% 素寒天シャーレ上に 200 μ l 塗布した後、25℃の照明下で 12～16 時間培養した。これを倒立顕微鏡下（100 倍）で観察しながら単孢子を白金耳でかきとり PDA の入った試験管（PDA スラント）に移植した。単孢子を移植した PDA スラントはパラフィルムでふたをした後、ビニール袋で 2 重に覆い 25℃の照明下で 2-7 日間培養した。これらの方法により、KY-L2 からは KY-L2-a, KY-L2-b, KY-L2-c, KY-L2-d および KY-L2-e の 5 菌株、KY-L3 から KY-L3-a と KY-L3-b の 2 菌株が得られた。

3) 分離菌の形態観察

分離菌の分生孢子および分生孢子柄の形態は調べるために、*Fusarium* 属菌の大型分生子の形態観察や大きさの測定に用いられているカーネーション・リーフ・アガー法 (CLA) を以下のように行った。

カーネーションの葉を良く水洗して農薬等を十分に除去した後、水滴をふきとった。葉を 5~8mm 角に切り、ろ紙を敷いたシャーレ上に葉片を重ねないように並べ、電子レンジ (温めモード) で 3 分間処理した。葉片を紙で包み、シリカゲルを入れた 50ml コーニングチューブに入れ使用するまで冷蔵庫で保存した。乾熱滅菌済みの小型ビーカーにクロロフォルムを少量入れ、これに保存していた葉片 5~6 枚を入れた。ビーカーを少し振って葉片がクロロフォルムに十分浸るようにした。10 分間処理した後、滅菌シャーレのろ紙の上に葉片を並べ、クリーンベンチ内で 20 分以上乾燥させた。次に 2% 素寒天シャーレ上に葉片 (6 片) 置床し、その葉片の近くに菌を接種した。25℃の人工気象室で培養し、形成された孢子および孢子柄の形態を光学顕微鏡で観察した。

KY-L2-b は PDA 培地上で旺盛に生育し (生育速度は 1.8~2.1 、/日)、菌叢は先に述べたように、最初白色を呈し、中心部から徐々に薄い赤に変わった。培養後 2 週間に培地上に形成された孢子を観察すると、*Fusarium* 属菌に特徴的な三日月型をした大型分生孢子が多数観察された。大型分生孢子は 1~7 の隔壁を有していた (図 3)。培養後 3~4 週間では、隔膜のない単胞で楕円形をした小型分生孢子が少量ではあるが形成された。分生子柄は分岐があり、小型分生子はフィアライドから個生で生じていた。また、本菌株は PDA 培地および CLA 培地上で、橙色あるいは黄褐色のスποロドキアを形成した。

CLA 培地上では小型分生孢子を形成せれず、フィアライド (図 3) から大型分生孢

子のみを形成された。この大型分生胞子は無色、三日月形で分生子柄は分岐を持ち
ファイアライトから形成した。隔膜数は 1~7 で、大きさは 3 隔膜胞子が $40\sim60\times3.5$
 $\sim5.0\mu\text{m}$, 5 隔膜胞子が $64\sim80\times3.0\sim5.5\mu\text{m}$, 7 隔膜胞子が $72\sim80\times3.0\sim5.0\mu\text{m}$,
であった (表 1)。また、本菌株は長期間培養後に菌糸上に無色で卵形~球形、頂生ま
たは間生の厚膜胞子を形成した (図 3)。

KY-L3-b は PDA 培地上で旺盛な生育を示し、25℃下での菌叢の伸長速度は 2.3 mm /
日以上であった。菌叢は PDA 培地上でははじめ白色を呈し、中心部から赤褐色に変
わった。PDA 培地上では隔膜数が 1~3 の三日月型をした大型分生胞子が多数形成さ
れた (図 4)。また KY-L2-b と同様に無色で楕円形~卵形の小型分生胞子が少数では
あるが観察された。小型分生子は単胞で隔壁がなく、分生子柄は分岐がなかった。
また小型分生子の形成様式はファイアライトからの個生であった (図 4)。

KY-L3-b も CLA 培地上では小型分生胞子を形成しなかった。大型分生胞子は無色、
三日月形で、中間が太い形態をしており、ファイアライトから形成されていた (図 4)。
隔膜数は 1~3 で、大きさは、1 隔膜胞子が $10.8\sim20.8\times2.7\sim4.0\mu\text{m}$, 2 隔膜胞子が 18.2
 $\sim31.2\times3.5\sim4.0\mu\text{m}$, 3 隔膜胞子が $20.8\sim31.2\times3.5\sim4.0\mu\text{m}$, であった (表 1)。また、
本分離株も長期間培養していると菌糸上に無色で球形の厚膜胞子を形成した (図 4)。

4) 分離菌の培養的性質

4℃で保存した KY-L2-b および KY-L3-b 菌株を PDA 平板に移植し、25℃、照明
下で 12 日間培養したものを移植源とした。菌叢の先端部分を 8 角で切り取り、新
しい PDA 平板培地 (直径 9 mm のシャーレに培地 15ml 分注) 上に置床後、10、15、20、
25、30、35℃の温度条件下で静置し、照明下で培養した。また、pH4-9 に調整した PDA
平板培地 (直径 9 mm のシャーレに 15ml 分注) 上に置床後、25℃、照明下で培養した。

培養 7 日後の菌叢直径を測定して生育する温度および pH の範囲を調べた。

KY-L2-b および KY-L3-b の PDA 培地上での生育に及ぼす培養温度の影響を調べた結果、両分離株ともに 15~30℃の温度範囲で生育し、25℃での生育が最大であった(図 5)。KY-L2-b と KY-L3-b の間に生育適温の違いは認められなかった。また PDA 培地の pH の生育に及ぼす影響を調べたところ、KY-L2-b および KY-L3-b はともに pH5~9 の間で生育し、KY-L2-b は pH7 で、KY-L3-b は pH9 の培地で生育が最大であった。

5) 分離菌の病原性

PDA 平板培地上に形成した分生子から孢子懸濁液(1ml 中の孢子数が 5,000~10,000 個)を調製し、噴霧器を用いて各種植物の苗に噴霧接種した。接種後は 25℃、暗黒下の湿室に 24 時間おいた後、25℃の人工気象室で育成した。接種実験に供試した植物は次の 8 科 18 種である。

キビ(品種; 軽米系)、イネ、小麦(南部小麦)、大麦(品種; ミノリムギ)(以上、イネ科)、アマランサス(ヒユ科)、ソバ(タデ科)、ダイズ(品種; ナンブシメロ)、アズキ(マメ科)、キュウリ(品種; 南極 1 号)、スイカ(品種; 乙女)、メロン(品種; キューピット)(以上、ウリ科)、トマト(品種; プチトマト)、ピーマン、ナス(品種; ミスナス)(以上、ナス科)、ハクサイ(品種; ムソウ)、ダイコン、コマツナ(以上、アブラナ科)、レタス(キク科)。

KY-L2-a, KY-L2-b, KY-L2-c, KY-L2-d, KY-L2-e, KY-L3-a と KY-L3-b の各菌株を供試して先ずキビに噴霧接種した結果、接種 3 日後では接種個体すべての葉が退緑し、接種 7 日後の観察では接種個体すべてに病斑が観察された。また接種 30 日後までにはほとんどの個体の葉に灰緑色ないし暗緑色の楕円形病斑が形成した(図 6)。これ

らの病徴は岩手県軽米町の C 圃場で観察された楕円形の灰緑色ないし暗緑色の病斑と同じであった。発病植物からは接種菌が再分離された。供試した KY-L2 と KY-L3 株間ではキビに対しての病原性に差は認められなかった。

続いて、KY-L2-b と KY-L3-b を 8 科 17 種の植物に接種した結果、KY-L2-b は 13 種の植物に病原性を示し、KY-L3-b では 15 種の植物に感染して病徴を引き起こした (表 2)。例えば、KY-L3-b を接種したイネでは接種後 3 日に接種葉に黒褐色小斑点が、小麦では淡褐色病斑、大麦には黒褐色円形小斑点が観察された。また KY-L2-b あるいは KY-L3-b を接種したダイズでは初め褐色円形小斑点が観察され、斑点が次第に拡大してやがて中心が灰白色の褐色斑点が現れ、接種後 10 日では枯死した。雑穀類のアマランサスやソバ対しも病原性を示した (図 6)。

6) 分離菌の同定

キビではこれまでにキビモザイク病、キビ条斑細菌病、キビすじ萎縮病、キビいもち病、キビ葉枯病、キビ長斑点病、キビ円斑点病、キビ黒穂病、キビ紋枯病の 9 種類の病気が報告されている⁵⁾。本研究において、岩手県軽米町のキビ圃場 (C 圃場) で観察されキビの葉枯れ症状は、これら既報の病害とはキビでの病徴や分離される菌が異なっていた。

キビ葉の灰緑色ないし暗緑色部の病斑部から分離した菌は、*Fusarium* 属菌に特徴的な三日月型の大型分生胞子を形成した。分離菌 (KY-L2 および KY-L3) をキビの苗に接種して病原性があるかどうかを調べたところ、両菌株ともキビに対して病原性を示し、葉に灰緑色ないし暗緑色部の病斑を形成した。また、接种植物の病斑部から接種菌が再分離され、本研究で分離した菌はキビ葉枯れ症状の病原菌であること

が明らかになった。

分離菌が所属すると考えられる *Fusarium* 属菌は不完全菌亜門 (*Deuteromycotina*)、不完全菌綱 (叢生菌綱)、ツバクラリア菌目 (*Tuberculariales*)、ツバクラリア菌科 (*Tuberculariaceae*) に所属する。*Fusarium* 属菌の多くの種は完全時代が見つかる子う菌類の肉座菌科 (*Hypocreaceae*) に所属する。*Fusarium* 属菌はスポロドキヤ (分生子座) を形成し、大型分生胞子は新月形、またはかま形であり、隔膜を有する。これとは別に単胞またはまれに 2 胞からなる小型分生胞子や厚膜胞子を形成し、菌糸や分生胞子の色は無色である。近年不完全菌類の分類で重視されている胞子の形成方法に関しては、*Fusarium* 属菌はフィアロ型分生胞子、特に出芽型の分生胞子を形成するため、頂生フィアロ型分生胞子と呼ばれるタイプに所属する¹⁰⁾。本属菌の分類は、従来から主に培養下での形態学的特徴に基礎が置かれてきた。*Fusarium* 属菌の分類方式には主に Wollenweber 分類方式、Synder-Hansen 分類方式、Booth 分類方式がある^{1, 2)}。

1940 年代の Snyder-Hansen の体系はカリフォルニア大学から提案され、菌集落の色調、胞子の大きさ等の違いは培養による変異として種の同定基準から除外し、Wollenweber-Reinking の節にほぼ対応させわずか 9 種を認めた (別名、9 種システム、the 9 species system)。種以下の階級においては寄主植物に対する病原性に基づいて区別する分化型 (*formae speciales* : f. sp.) の概念も採用した。Snyder らは大分生子の形態で識別するカルチバー (*cultivar*) の概念も導入した^{1, 2, 10)}。一方、Booth の分類体系では、不完全菌類の分類で重視されている胞子形成細胞の形態と形成様式に特に視点を置き、分生胞子はフィアライド (*phialides*) からの形成とさらに *polyblastic conidiogenous cells* または *poliphialides* からも形成されることが報告している。Booth

は *Fusarium* 属菌については 12 亜属(section)、44 種、7 変種、101 分化型を記録している¹⁰⁾。

本研究でキビの葉枯れ症状から分離された菌 (KY-L2-b および KY-L3-b) は PDA 培地上では小型分生孢子をほんの少量形成した。形成された小型分生孢子は卵形、単胞で隔壁がなく分生子柄は分岐があり、フィアライドから個生していた。*Fusarium* 属菌は小型分生孢子を形成する *F. tricinctum*, *F. splendens*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. moniliforme*, *F. rigidiuscula* と、小型分生子を形成しないか、まれに個生する *F. roseum*, *F. lateritium*, *F. episphaeria*, *F. nivale* がある。KY-L2-b および KY-L3-b は小型分生孢子的形成の有無の観点から、*F. roseum*, *F. lateritium*, *F. episphaeria*, *F. nivale* に類似していると考えられた。*F. roseum* と *F. lateritium* は菌糸の伸長が速く、*F. episphaeria*, *F. nivale* は遅い。*F. roseum* と *F. lateritium* の区別は、典型的な *F. roseum* の培養子座が深紅色または褐色であるに対し、*F. lateritium* の培養子座は、白色または淡褐色を基調とし、青(緑)色の斑紋または斑点ができる⁹⁾。この *F. lateritium* の培養子座の色調は *F. roseum* には見られない。また *F. roseum* は大型分生孢子的形態に種々のものがあるが、*F. lateritium* の大型分生孢子は中間が真直くで端がややくちばし状に曲がった形状のものが主体を占めている。これも大きな差異点である。本研究で分離した KY-L2-b の CLA 上で形成された大型分生孢子的の隔膜数は 1~7 で、大きさは 3 隔膜胞子が $40\sim60\times3.5\sim5.0\mu\text{m}$, 5 隔膜胞子が $64\sim80\times3.0\sim5.5\mu\text{m}$, 7 隔膜胞子が $72\sim80\times3.0\sim5.0\mu\text{m}$, であつた。また KY-L3-b の大型分生孢子的隔膜数は 1~3 で、大きさは 1 隔膜胞子が $10.8\sim20.8\times2.7\sim4.0\mu\text{m}$, 2 隔膜胞子が $18.2\sim31.2\times3.5\sim4.0\mu\text{m}$, 3 隔膜胞子が $20.8\sim31.2\times3.5\sim4.0\mu\text{m}$, であつた (表 2)。*F. roseum* の大型分生孢子的の隔膜数には 1~7 と 1~3 が報告されており、それらの大きさは KY-L2-b と KY-

L3-b の大型分生孢子と大きさと類似している。以上に示したように、菌叢の生育速度、菌叢の色、小型分生孢子的形成、大型分生孢子的形態とサイズ、分生孢子的フイアライドからの形成などを考慮すると、キビ葉枯症状から分離した KY-L2-b と KY-L3-b はともに *F. roseum* と同定するのが適切であると考えられた。松尾⁹⁾らは、*F. roseum* が厚膜孢子及び子のう殻を容易に形成すると述べているが、本研究の分離菌株については厚膜孢子的形成は観察されたが、子のう殻の形成は認められなかった。

以上の結果から、岩手県軽米町で発生したキビ葉枯れ症状は *F. roseum* により引き起こされる病害であると結論した。*F. roseum* によるキビの病気は、わが国ではこれまでに報告されておらず、本病を「キビ白斑葉枯病」と命名した。

引用文献

- 1) 青木孝之 (2001). フザリウム属菌および関連子囊菌類の分類. 日植病報 67: 235-247.
- 2) 青木孝之 (1998). フザリウム属菌における分類学の現況. 土と微生物 52: 73-83.
- 3) 赤坂安盛・小沢龍生(1979). ソバ立枯病. 北日本病虫研報 30: 77.
- 4) 岩手県植物防疫協会編(1988). いわたの植物防疫. 岩手県植物防疫協会、盛岡、pp.107-115.
- 5) 岸 国平(1998). キビ. 日本植物病害大事典、全国農村教育協会、東京、pp.71-73.
- 6) 後藤正夫・岡部徳夫(1952). キビ条斑性細菌病及びアワ褐条病の病菌について. 静岡大農研報 2:15-24.

- 7) 中田覚五郎(1934). 紋枯病. 作物病害図編. 養賢堂, 東京, pp.6-7.
- 8) 西門義一(1928). 日本産禾本科植物のヘルミントスポリウム病に関する研究. 大原農研特別報告 4 : 107-163.
- 9) 松尾卓見・駒田旦・松田 明編(1980). 作物のフザリウム病. 全国農村教育協会. pp.22-31.
- 10) 宇井格生(1985). 北海道畑作物の土壌病害. 北海道畑作物の土壌病害刊行会. pp.221-231.

表1 KY-L2-bおよびKY-L3-bの大型分生胞子の隔膜数と大きさ

隔膜数	KY-L2-b	KY-L3-b
1	12~32×3.75~5.0 μm	10.8~20.8×2.7~4.0 μm
2	40~64×4.5~5.0 μm	18.2~31.2×3.5~4.0 μm
3	40~60×3.5~5.0 μm	20.8~31.2×3.5~4.0 μm
4	44~72×3.0~5.0 μm	
5	64~80×3.0~5.5 μm	
6	60~68×4.0~5.0 μm	
7	72~80×3.0~5.0 μm	

表2 KY-L2およびKY-L3の各種作物に対する病原性

供試植物	(品種)	病 徴	
		KY-L2-b	KY-L3-b
イネ科	イネ	退緑病斑	黒褐色小斑点
	小麦 (南部小麦)	なし	淡褐色病斑
	大麦 (ミノリクギ)	黒褐色円形小斑点	黒褐色円形小斑点
ヒユ科	アマランサス	なし	黄色斑点
タデ科	ソバ	葉萎縮/退緑斑点	葉萎縮/退緑斑点
マメ科	ダイズ (ナンブシメロ)	赤褐色病斑 (灰白色なし)	褐色円形小斑点から 拡大し中間は灰白色 周囲が赤褐色
ウリ科	アズキ	退緑病斑	褐色小斑点
	キュウリ	なし	なし
	スイカ	なし	なし
ナス科	メロン (キューピット)	黄色斑点/退緑斑点	黄色斑点
	トマト (プチトマト)	黒色斑点 (局在)	黒色斑点 (葉全体)
	ピーマン	退緑斑点	黒色斑点
アブラナ科	ナス (ミスナス)	黒色斑点	黒色斑点
	ハクサイ (ムソウ)	退緑病斑	退緑斑点
	ダイコン	退緑病斑	退緑斑点
キク科	コマツナ	退緑斑点	黒色病斑
	レタス	退緑病斑/黒色病斑 (局在)	退緑病斑

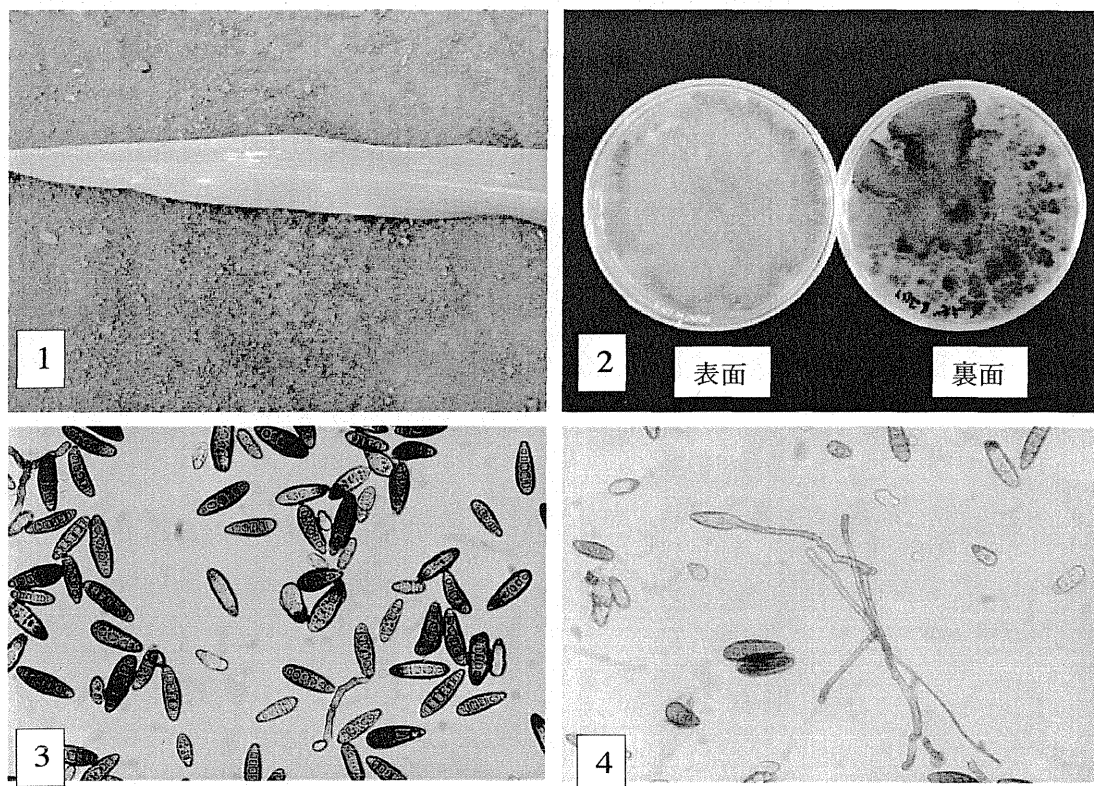


図1 キビ円斑点病

1. キビでの病徴
2. キビから分離された*Helminthosporium*属菌の菌叢
3. 分生孢子
4. 分生孢子および分生子柄

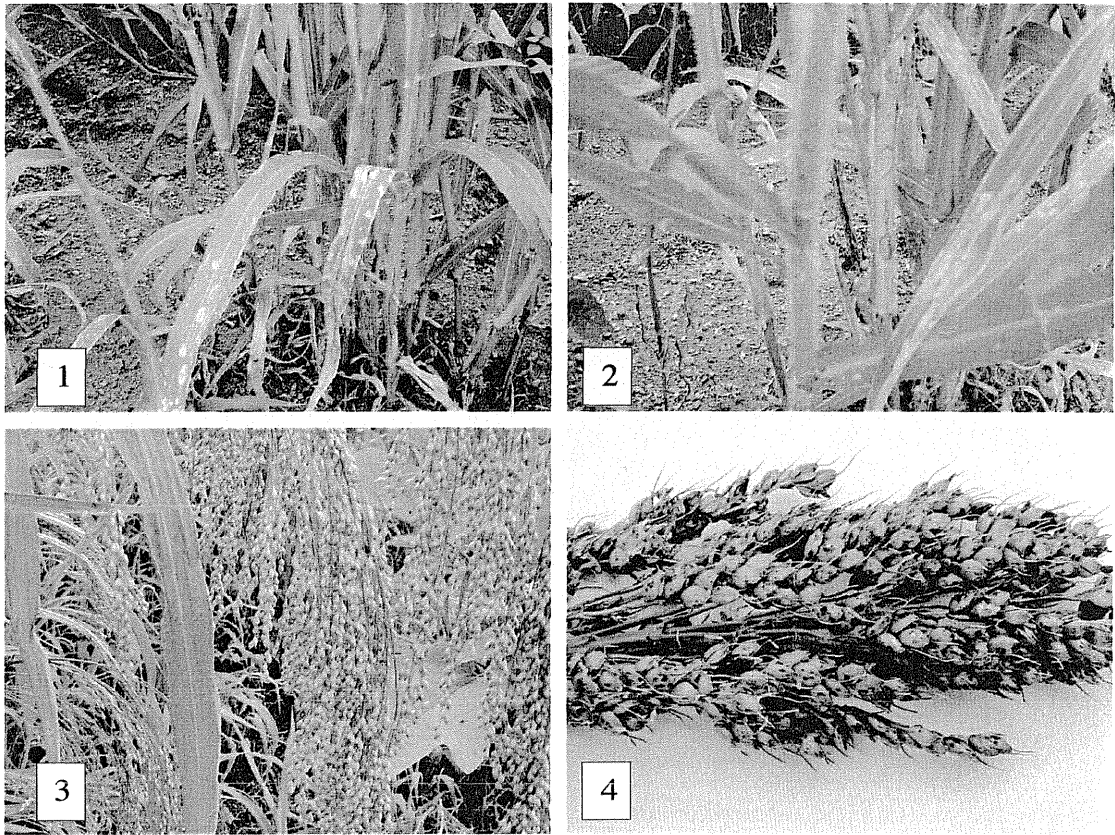


図 2. 岩手県軽米町の雑穀類で観察された症状
 1, 2 キビの葉と葉鞘に生じた円形～楕円形の灰緑色～褐色病斑
 3. キビ穂の褐色斑点
 4. モロコシ穂の褐色斑点

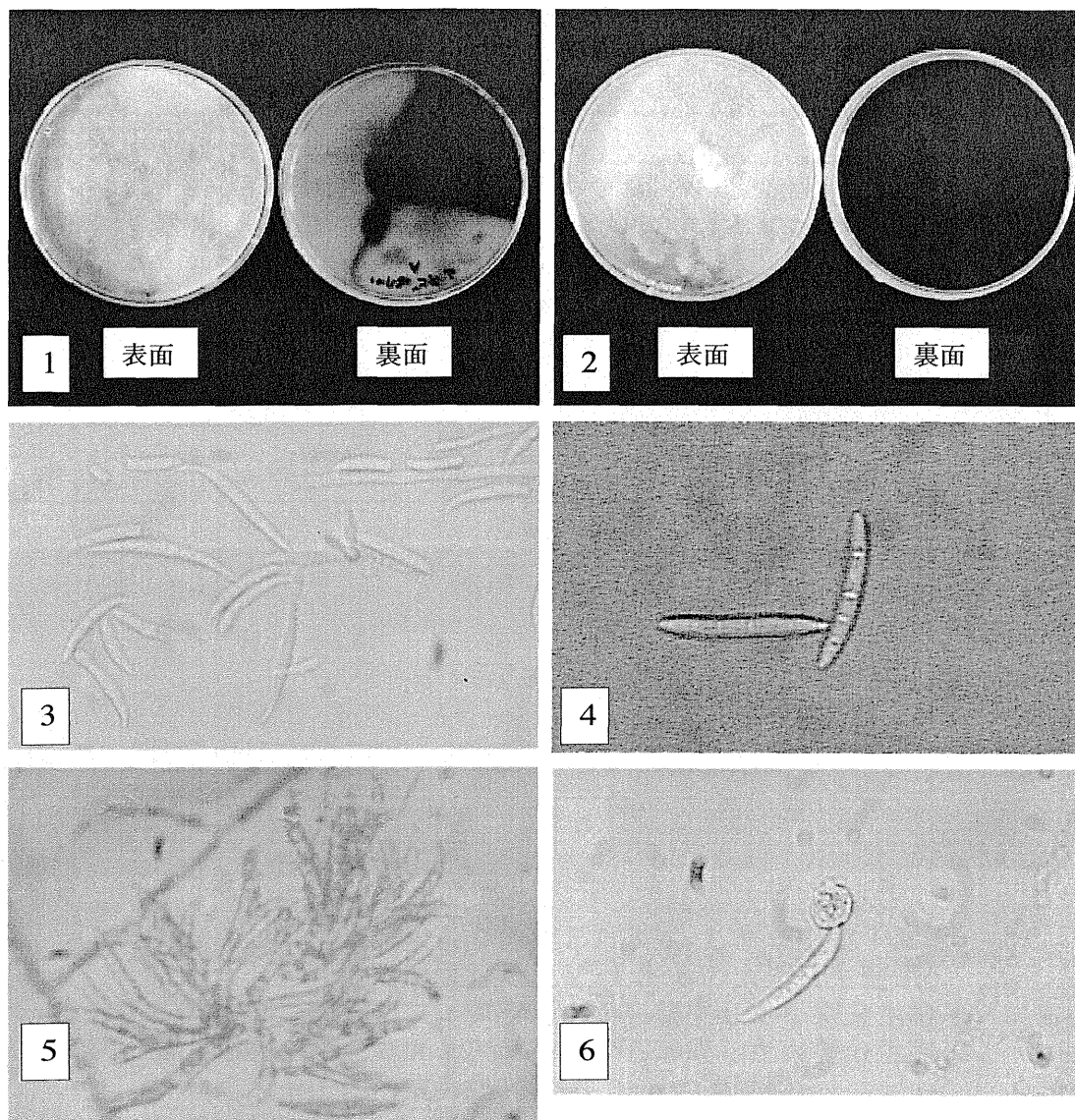


図3. キビの葉がれ症状から分離されたFusarium菌

1. KY-L2のPDA培地上の菌叢
2. KY-L3のPDA培地上の菌叢
3. PDA上に形成したKY-L2-bの大型分生孢子
- 4, 5. ; CLA上でフィアライドから形成したKY-L2-bの大型分生孢子
6. KY-L2-bの大型分生孢子上に頂生した厚膜孢子

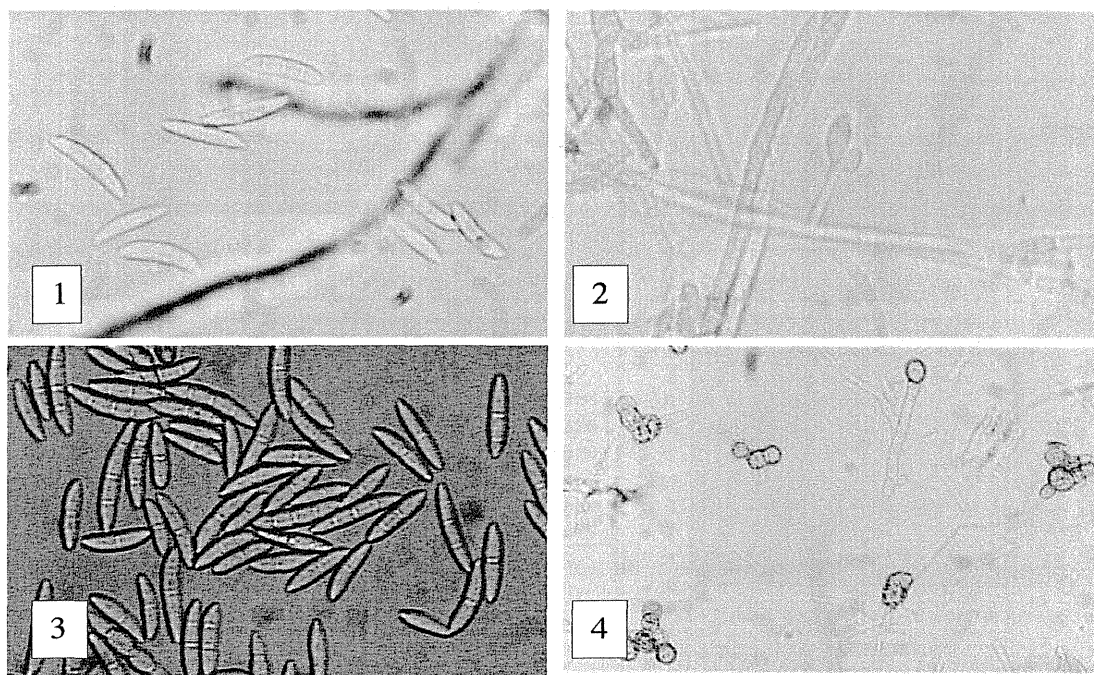


図4. キビ葉枯れ症状より分離したKY-L3-bの孢子形態
 1; PDA上で形成したKY-L3-bの大型分生孢子
 2; PDA上でフィアライドから個生した小型分生孢子
 3; CLA上でフィアライドから形成した大型分生孢子
 4; 菌糸上に形成したKY-L3-bの厚膜孢子

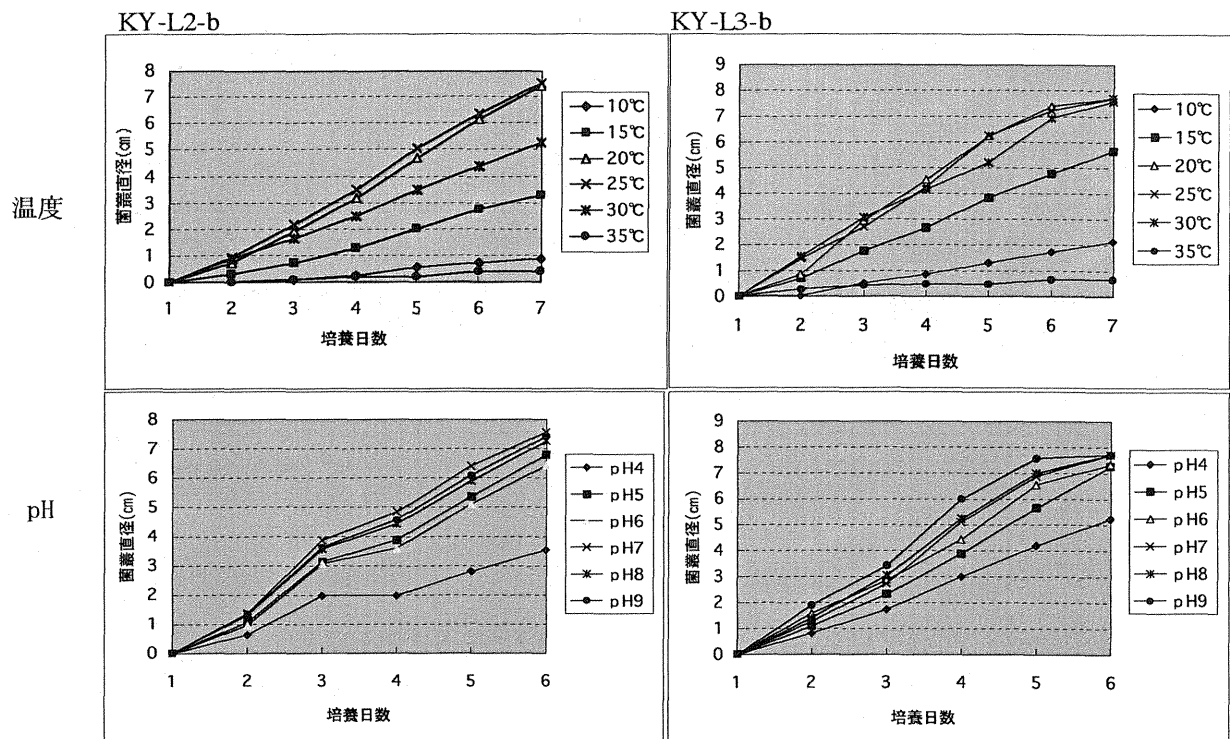


図 5. キビ葉枯れ症状から分離したKY-L2およびKY-L3菌株のPDA培地上での生育温度と生育に及ぼすpHの影響

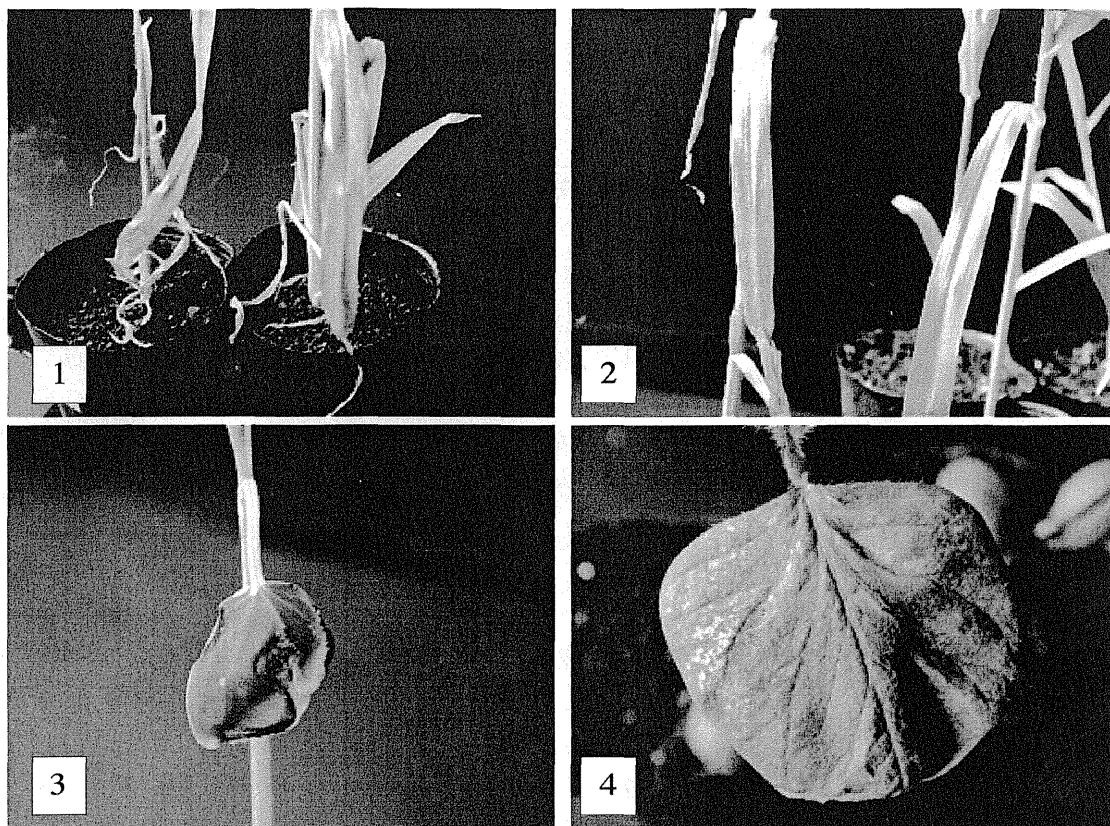


図6. キビ葉がれ症状から分離されたKY-L2とKY-L3菌株の病原性

1. KY-L2-bを接種したキビの葉枯れ
2. KY-L3-bを接種したキビの葉枯れ
3. KY-L2-bを接種したソバの葉枯れ
4. KY-L3-bを接種した大豆の褐色病斑

研究経過

研究目的 栽培法の改善研究、省力栽培技術の確立。

表1 研究の取り組み経過

実施項目	平成11年	平成12年	平成13年
1. 品種の栽培特性		○	○
2. アワでの効率的除草法	・	○	○
3. ヒエ達磨種の育苗法・栽培法	・	○	○
4. アワの害虫調査	○		

表中の○が試験実施項目。・は予備試験実施項目。

試験方法

県北農業研究所は岩手県九戸郡軽米町、山内地区にあり、標高220m、土壌条件は表層腐植質黒ボク土である。試験は、ことわりがない限り所内で実施した。

1. 品種の栽培特性調査

(1) アマランサス新品種の栽培特性 (平成12年)

供試系統 関東2号 (農林水産省農業研究センター育成、品種名「ニューアステカ」) およびメキシコ系 (在来系統)

耕種概要 播種日：5月10日、栽植密度：畦間70cm×株間15cm、952本/a

施肥量：堆肥200kg/a、化成肥料 (成分kg/a) 窒素0.32、リン酸1.08、カリ0.4

調査項目 出蕾期、開花期、成熟期、成熟期の生育量 (草丈、花穂長、茎径)、収量、倒伏程度

(2) ヒエ栽培系統の栽培特性 (平成13年)

供試系統 達磨 (盛岡市厨川在来、旧東北農試より昭和58年入手、旧岩手農試県北分場保有)、白ヒエ (軽米在来白：軽米町在来、旧岩手農試県北分場保有)

耕種概要 播種日：達磨は4月25日育苗箱播種、5月30日水田移植、白ヒエは5月25日に畑地に播種。栽植密度：達磨は畦間30cm×株間14.6cm (2290株/a)、白ヒエは畦間70cm×株間15cm、952本/a。施肥量：達磨は堆肥200kg/a、化成肥料 (成分kg/a) 窒素0.5、リン酸1.5、カリ1.0。白ヒエは堆肥200kg/a、化成肥料 (成分kg/a) 窒素0.32、リン酸1.08、カリ0.4。いずれも追肥無し。

調査項目 出穂期、成熟期、成熟期の生育量 (稈長、穂長、穂数)、収量、倒伏程度、着粒数、登熟歩合、食味 (米に対し10%重量で混米炊飯)。

2. アワでの効率的除草法 (平成12年、13年)

供試系統 虎の尾 (平成12年) 大槌10 (平成13年) (いずれも在来系統から当所で選抜)

耕種概要 播種日：5月26日 (平成12年) 5月29日 (平成13年)、収穫日10月6日 (平成12年) 11月1日 (平成13年)。栽植密度：点播栽培では畦間70cm×株間5cm、真空播種機使用2粒播種、5714本/a (平成12、13年)、条播栽培では畦間70cmとし播幅10cmにクリーンシードで播種。使用種子量は点播12g/a、条播160g/a。施肥量：堆肥200kg/a、化成肥料 (成分kg/a) 窒素0.32、リン酸1.08、カリ0.4

除草方法 機械除草には「株間除草機」(N社製カルチベーターNAK-3型、愛称「草カルチ」)を使用。処理時期・回数は生育中2回処理 (平成12、13)、3回処理 (平成13年)と、トラクターによる中耕培土1回を組み合わせる実施。

調査項目 アワの成熟期の生育量（稈長、穂長、穂数）、収量、倒伏程度、雑草発生量の推移。
試験区（平成12年）

試験区名（畦数、面積）	管 理 の 状 況	
	除草（月日）	中耕培土 病害虫防除
1.慣行区（7畦、112.7㎡）	手取り除草 2回（6月下旬、7月中旬）	1回 なし 7月7日
2.株間除草機使用区 （9畦、144.9㎡）	機械除草（N社カチバ-タ- NAK-3） 2回（6月19日、7月3日）	1回 なし （同上）
3.無除草区（3畦、48.3㎡）	なし	1回 なし （同上）

試験区（平成13年）

試験区名	面積 a	播種 5/29	機械除草				中耕培土	
			6/8	6/25	7/10	計	7/10	（月/日）
1.試験区①	3.4	点播	○	○	○	3回	なし	
2.試験区②	3.4	点播	○	○	○	2回	1回	
3.試験区③	3.4	条播	○	○	○	3回	なし	
4.試験区④	3.4	条播	○	○	—	2回	1回	
5.無除草区	1.3	点播	—	—	—	0回	なし	

3. ヒエ達磨種の育苗法・栽培法

(1) 無農薬育苗法

試験条件 水稻育苗用ビニルハウス内。慣行は平置き育苗、プール育苗は水深を0～7cm程度に維持。育苗箱は水稻用育苗箱（30×60cm、樹脂製）または十分の一大（10.5×16.5cm、樹脂製）の穴あき弁当箱を用いた。培養土は肥料入り水稻育苗用培土を用い、箱底には遮根シート（商品名クラパピー）を敷いた（平成13年）。発芽は無加温または加温出芽（水稻用育苗機で30℃48時間）。

供試系統 達磨（盛岡市厨川在来、旧東北農試より昭和58年入手、旧岩手農試県北分場保有）

播種量 水稻用育苗箱相当量 10g、20g、30g

農薬使用 なし（水稻で行われる、種子消毒、育苗箱土壌灌注は一切未使用）

管理等

ア. 慣行区：播種後、育苗箱をハウス内に設置し、保温資材を使って5℃以下にならないよう管理した。水管理は箱内土壌表面の乾燥状態に応じて1日1回程度とした。

イ. プール育苗区：ハウス内の地面を均平にした後、木材で枠を作り、その上にビニルシートを敷いて簡易プールを作った。プール内への育苗箱設置は、播種直後及び発芽後とした。

ウ. 播種前の浸種、催芽は未実施

調査項目 出芽経過、病害虫発生状況、苗調査、根の伸長状況（マット形成）

試験区

（平成12年）

1/10サイズの育苗箱を使用し、下記の3項目を組み入れた。

(ア) 播種量（通常水稻用育苗箱あたり）：10g、20g、30g相当、播種日6月12日。

(イ) 慣行平置き、プール育苗（培土覆土面より+1cm、±0cm、-1cmの3段階）

(ウ) 入水時期（プール育苗）：播種直後、出芽後

(平成13年)

水稻用育苗箱を使用し、下記の3項目を組み入れた。

(7) 播種量 20g、30g (／箱、乾籾)、播種日4月25日。

(4) 出芽法 加温 (30℃)、無加温

(9) 育苗法 慣行平置き、プール

(2) ヒエの無農薬機械化栽培

供試系統 達磨 (盛岡市厨川在来、旧東北農試より昭和58年入手、旧岩手農試県北分場保有)

試験場所 平成12年は現地2か所で事例調査とし、農家の耕種基準によった。場所は大野村館市地区、および軽米町車門地区。平成13年は軽米町高家地区に22aの実証圃を設置 (二戸農業改良普及センター軽米地域普及所と共同)。

耕種概要 (平成13年) 播種日: 4月25日育苗箱播種 (プール育苗)、5月29日水田移植。

栽植密度: 畦間30cm×株間14.6cm (2290株/a)、施肥量: 堆肥200kg/a、化成肥料 (成分kg/a) 窒素0.5、リン酸1.5、カリ1.0。追肥無し。

供試苗

(7) 所内プール育苗苗

(4) 現地の水稻育苗センター慣行平置き育苗苗

(9) 現地農家育苗平置き苗

供試苗の耕種概要および栽培面積

区	出芽法	育苗法	播種量 g/箱	育苗日数 日	試験区 面積 a	備考 (育苗場所)
1	加温 (30℃)	プール育苗	20	33	11	県北農業研究所
2	無加温	ハウス平置き	50	25	7	水稻育苗センター
3	無加温	ハウス平置き	35	15	4	一般農家

機械作業

(7) 田植機 水稻用の乗用4条植え

(4) 除草機 人力の手押し式除草機、動力付き除草機

(9) 収穫期 水稻用コンバイン

調査項目 ヒエの出穂期、成熟期、成熟期の生育量 (稈長、穂長、穂数)、収量、倒伏程度、雑草発生状況、機械作業能率。

4. アワの害虫調査 (平成11年)

(1) フェロモントラップによる誘引消長

5月14日に場内圃場 (軽米町山内) にフェロモントラップを設置。フェロモン源はS E ルアー・アワノメイガ用 (サンケイ化学株式会社製) を、粘着板は武田式粘着トラップ (武田薬品工業株式会社製) を使用し、フェロモン源は1ヶ月毎に、粘着板は汚れ具合に応じて随時交換した。

(2) 現地圃場における被害状況調査

現地における被害状況調査は軽米町軽米で平成11年8月25日に行った。折損及び枯死した株を被害株とし、倒伏に至っていないものは被害株から除外した。調査株数は圃場内4カ所、約200株 (1カ所50株前後) について行った。

(3) アワの生育状況とアワノメイガの加害状況の特徴

圃場内より、①全く被害を受けていない株、②葉鞘にのみ食害痕がある株、③潜入痕があるが倒伏していない株、④潜入痕があり倒伏している株、の4つに分けて任意にサンプリングを行いそれぞれ地際部および被害部位の茎径、稈長、穂長、穂重を計測した。

(4) 栽植密度の違いによるアワノメイガの加害状況

栽植密度を以下のように区を設定し、それぞれ2反復で調査を行った。施肥等是他試験に準じる。各区4カ所（2カ所×2反復）で畦長1mにおいて、倒伏・折損した株、生育不良株、健全株にわけて本数を調査した。

試験区

密植区・・・	畦幅 70cm × 株間 1.5cm	播種量 160g/a
慣行区・・・	畦幅 70cm × 株間 3cm	播種量 80g/a
粗植区・・・	畦幅 70cm × 株間 5cm	播種量 48g/a

試験結果および考察

1. 品種の栽培特性調査

(1) アマランサス新品種関東2号（ニューアステカ）の栽培特性（平成12年）

ア 播種後、良好な気象経過により出芽・初期成育とも良好であった。播種期が早かったこともあるが、過年次に比べて出蕾・開花ともに最も早まり、成熟期も9月10日となった。メキシコ系と比べて開花期で11日、成熟期で12日早かった。

イ 生育期は少雨傾向によりやや干ばつ気味であったことから、草丈が112.4cmと過年次と比べて最も短稈であった（メキシコ系の79%）。

ウ 収量は、メキシコ系とほぼ同等であったが、容積重が両系統とも過年次と比べてやや小さかった。

エ 病害虫は、ヨトウガの発生がやや見られたものの茎葉の食害のみで、特に収量への影響はなかった。

表1. アマランサス生育ステージ及び成熟期調査結果（平成12年度）

系統名	播種期	出蕾期	開花期	成熟期	草丈		花穂長	茎径
	月日	月日	月日	月日	cm	%	cm	cm
関東2号	5.10	7.15	7.24	9.10	112.4	79	42.2	1.7
メキシコ系	5.10	7.25	8.04	9.22	142.0	100	43.9	1.7

表2. アマランサス収量及び品質（平成12年度）

系統名	子実重	容積重	千粒重	倒伏
	kg/10a	g/l	g	程度
関東2号	152.1	818.2	0.71	微
メキシコ系	153.8	832.3	0.71	微



第1図 アマランサスの生育状況と測定部位

[参考データ]

表3. アマランサス生育ステージ及び成熟期調査結果（平成8～10年）

系統名	播種期	出蕾期	開花期	成熟期	草丈	花穂長	茎径
	月日	月日	月日	月日	cm	cm	cm
関東2号	H8.6.14	8.12	—	9.24	173.3	56.1	1.6
	H9.5.29	7.20	7.31	9.20	170.8	48.7	1.4
	H10.5.29	7.23	8.05	9.25	161	48.7	2.0
メキシコ系	H8.6.14	8.12	—	9.24	249.8	55.9	1.5
	H9.5.29	7.30	8.12	9.27	194.6	48.4	1.8
	H10.5.29	8.03	8.17	10.01	203.6	64.0	2.0

表4. アマランサス収量及び品質 (平成8～10年)

系統名	播種期 月日	子実重 kg/10a	容積重 g/l	千粒重 g	倒伏 程度
関東2号	H8.6.14	279.0	843.5	0.83	少
	H9.5.29	316.0	838.7	0.72	少
	H10.5.29	121.0	853.0	0.76	多
メキシコ系	H8.6.14	172.0	825.8	0.81	少
	H9.5.29	336.0	869.3	0.72	微
	H10.5.29	149.0	856.2	0.73	多

注) 平成10年度は台風の影響により倒伏及び脱粒が著しく減収となった。

(2) ヒエ栽培系統の栽培特性 (平成13年)

ア 供試2系統のヒエについて収量調査、分解調査(着粒数、登熟歩合など)を行い、達磨は晩生であるため、白ヒエ(早生)より登熟歩合が低いものの、1穂着粒数が有意に多く、多収であった。また、稈長が89.6cmと短く、白ヒエ(164.5cm)より短く、倒伏しにくいことから、機械化栽培により適していると考えられた。

イ 食味試験結果では有意差はないものの、達磨が白ヒエより食味、外観ともやや優った。また、炊飯直後の臭いは白ヒエのほうがやや糠臭い傾向があった。

◎雑穀栽培、流通の振興のためには、市場性の高い品種系統の選抜、普及が重要である。

表5 ヒエの生育経過と収量 (平成13年)

系統名	出穂期 月日	成熟期 月日	成熟期形質			倒伏	収量調査		
			稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/株		全重 kg/a	わら重 kg/a	子実重 kg/a
達磨	8.27	10.22	89.6	13.4	3.8	無	159	120	30
白ヒエ	8.11	9.10	164.5	10.5	1.7	中	110	74	24

移植日(達磨) 5月30日、播種日(白ヒエ) 5月25日

達磨は水田移植栽培、白ヒエは畑地直播栽培

表6 ヒエ分解調査結果 (平成13年)

系統名	1穂重 g	穂長 cm	枝梗数	1穂 粒数	登熟 歩合%	不稔 歩合%	千粒重 g	脱粒性	粒色
達磨	10.5	12.4	48.7	3846	45.1	34.0	4.7	難	白
白ヒエ	6.3	11.9	43.5	2010	69.8	21.2	4.7	易	灰
F検定	**	n.s	n.s	n.s	**	*	n.s		

穂重、穂長、枝梗数は20本調査の平均値。他はこの中から3本(大中小各1本)を抽出して調査した平均値。登熟歩合は水選(比重1.0)で沈下した子実の比率。

表7 ヒエ食味試験結果 (平成14年2月6日、県北農業研究所職員14名参加)

系統名	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合
達磨	+0.50	+0.07	+0.21	-0.07	-0.21	+0.21
白ヒエ	0	0	0	0	0	0

米(品種「いわてっこ」)に対して10%重量の精白ヒエを混米して炊飯。

各項目で系統間で有意差はないが、達磨の評価が高い傾向にあった。

2. アワでの効率的除草法(平成12年、13年)

(1) 平成12年の試験結果

ア 雑草発生量は初期(7月2日)には株間除草機区でも少なく手取り区並で、より省力的な除草が可能であった。

イ 雑草の発生は、いずれの調査時においても広葉雑草の割合が高かった。また、7月3日時点では株間除草機では草丈の高い雑草は倒伏するものの根は抜けず、除草効果が低かった。

このことから株間除草機による除草間隔を短縮する必要がある。

中耕培土以降も雑草発生が増加し、各区とも収穫期には雑草が多発した。なお、無除草区では、慣行(手取り)区・株間除草機区に比べ残存穂数が少なく、収量は慣行の21.5%であった。

ウ 株間除草機区では、アワの草丈が概ね20cm以上の株(特に葉身長が長く、葉が垂れ下がっている株)で除草機のクリーナー部分への巻き込みがみられ、欠株や倒伏株が生じた。慣行区に比べて穂数が71.1%、子実重が64.5%であった。

エ 収量性では、穂数・一穂重・子実重・千粒重については慣行(手取り)区と株間除草機区とでは有意な差が認められず、巻き込みによる欠株発生を少なくすれば慣行(手取り)区並の収量確保が可能と考えられた。

オ 各区ともアワノメイガによる被害がやや多発し、茎の折損および収量への影響があった。

表8. アワ試験圃における雑草調査結果(平成12年)

[調査月日] 試験区名	イネ科雑草			広葉雑草		
	生体重 g/m ²	乾物重 g/m ²	主な草種	生体重 g/m ²	乾物重 g/m ²	主な草種
[6月14日調査]*1						
慣行(手取り)区	0.82	0.1	ヒシバ	13.1	1.2	イシバ、ユ、スバ、リユ、アザ、ハコバ 他
株間除草機区	0.52	0.1	"	5.3	0.6	"
[7月2日調査]*2						
慣行(手取り)区	15.4	2.1	ヒシバ	41.5	4.0	イシバ、ユ、スバ、リユ、アザ、タデ 他
株間除草機区	13.7	2.1	ヒシバ、リユ	30.9	3.6	"
無除草区	78.6	8.2	"	803.7	69.5	"
[10月3日調査]*3						
慣行(手取り)区	529.3	103.5	ヒシバ	501.9	99.6	イシバ、ユ、スバ、リユ、ハダ、タデ 他
株間除草機区	562.5	118.9	ヒシバ、リユ	576.2	128.5	"
無除草区	648.9	151.8	"	1591.5	444.4	アザ、タデ、イシバ 他

注) *1. 6月14日調査: 播種19日後、各区とも除草前

*2. 7月2日調査: 播種37日後、株間除草機使用前

*3. 10月3日調査: 収穫期

表9. アワ栽培圃における成熟期の生育及び収量(平成12年) 供試系統: 虎の尾

試験区名	平均穂数			平均一穂重		平均子実重			千粒重	リットル重
	本/畦	本/a	%	g/穂	%	g/畦	kg/a	%	g	g
慣行(手取り)区	80.3	499.0	100	12.9a	100	785.2a	4.9	100	2.31a	592.4
株間除草機区	57.1	354.8	71	12.0a	92	506.5ab	3.2	65	2.29a	584.5
無除草区	44.0	273.3	55	5.0b	39	168.9b	1.1	22	2.44b	測定不可
F検定	n.s			**		*			**	n.s

注) 表中同一のアルファベットは、チューキー多重検定で有意差がないことを示す

(2) 平成13年の試験結果

ア 株間除草機（試験区①～④）による除草効果を確認するため、畦間及び株間の雑草発生量を調査したところ、

(ア) 畦間の雑草量：播種方法や培土有無に関わらず無除草区の数％程度に抑制しており除草効果が高かった。

(イ) 株間の雑草発生量：除草2回目（7月10日）までは各株間除草機区が無除草区より少なかったが、除草3回目（8月8日）になると、条播区（試験区③、④）では無除草区より少発生で良い結果であった。一方、点播区（試験区①、②）は雑草が目立っており、無除草区より多発していた。

これは、条播区では単位面積当たりアワ個体数が多く競合により雑草発生が抑制されたと考えられた。一方、点播区（試験区①、②）では単位面積当たりの雑草個体数が少なかった反面、雑草1個体当たりの生育量（乾物重）が多くなった結果と考えられた。

イ 培土の雑草抑制効果は、培土しない区（株間除草機のみ使用）よりも若干高かったが、培土の有無による成熟期形質や収量・倒伏程度に差は認められなかった。

ウ 成熟期形質では、

(ア) 稈長：株間除草機（試験区①～④）が無除草区より有意に長かった。

(イ) 穂長：点播区（試験区①、②）が無除草区及び条播区（試験区③、④）に比べて有意に長かった。

(ウ) 千粒重：試験区間で有意な差は認められなかったが、点播区が条播区よりやや大きかった。

エ 収量

試験区③（条播、株間除草機3回）が最も多かったが、播種方法や培土の有無による違いは判然としなかった。

◎3年間の研究の結果、アワの大規模栽培上問題になる雑草対策に、「株間除草機」の効率が高いことを確認した。この場合、播種方法を条播とし、畦間の除草を除草機で効率的に行うことに加えて、株間の残草は補助的に手取りする必要性が示された。

表10 アワ栽培圃における雑草発生量（平成13年、乾物重）

試験区名	畦間 (g/0.9 m ²)				株間 (g/0.1 m ²)			
	6/8	6/25	7/10	8/8	6/8	6/25	7/10	8/8
	g	g (%)	g (%)	g (%)	g	g (%)	g (%)	g (%)
試験区①	-	1.3 (27)	5.3 (8)	24.1 (6)	-	0.9 (90)	15.4 (78)	179.5 (284)
試験区②	-	- (-)	- (-)	2.9 (1)	-	- (-)	- (-)	154.1 (243)
試験区③	-	0.7 (15)	2.9 (4)	6.5 (2)	-	0.3 (30)	4.7 (24)	49.0 (78)
試験区④	-	- (-)	- (-)	2.8 (1)	-	- (-)	- (-)	20.1 (32)
無除草区	0.0<	4.8 (100)	68.8 (100)	377.2 (100)	0.0<	1.0 (100)	19.7 (100)	63.2 (100)

①点播、株間除草機3回 ②点播、株間除草機2回＋中耕培土 ③条播、株間除草機3回

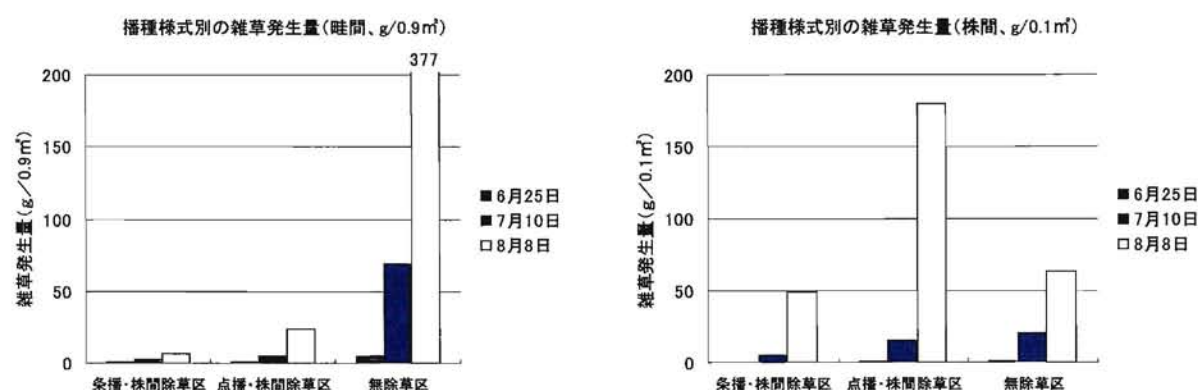
④条播、株間除草機2回＋中耕培土 無除草区は雑草放任

表 1 1. アワ栽培圃における成熟期の生育及び収量（平成 1 3 年）

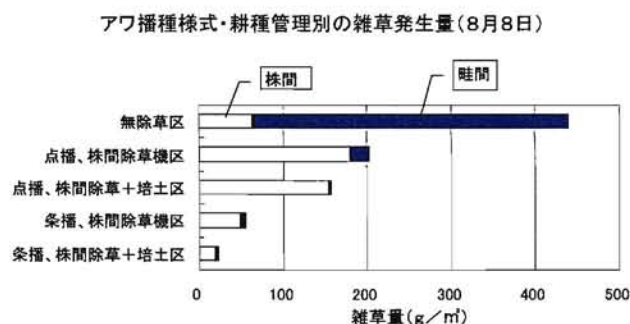
試験区名	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/a	子実重		千粒重 g	倒伏 程度
				kg/a	%		
試験区①	121.0 b	14.6 b	1107	10.8	100	1.75	0
試験区②	133.5 c	15.8 b	1571	11.4	106	1.74	0
試験区③	124.9 b	11.7 c	3714	15.2	141	1.65	0
試験区④	114.4 b	9.5 ac	4929	10.5	97	1.62	0
無除草区	95.0 a	7.1 a	1214	-	-	-	0
F 検定	**	**	-	-	-	n.s	-

※表中同一のアルファベットは、チューキ多重検定で有意差がないことを示す

※穂数調査は、2 m 間（1.4 m²）調査結果。無除草区では雑草発生が著しくアワ生育極小のため収量調査未実施。



第 2 図. 播種様式別の雑草発生量（乾物重、左：畦間（g/0.9 m²）、右：株間（g/0.1 m²））



第 3 図. 播種様式・管理別の雑草発生量（8 月 8 日）



第 4 図 株間除草機の作業状況 (H12)

3. ヒエ達磨種の育苗法・栽培法

(1) 無農薬育苗法

平成 1 2 年

ア 播種直後から湛水した区では播種量に関わらず発芽率が低下し、その後の生育に株間でバラツキが大きくなった。一方、発芽後に湛水した区では、慣行区よりやや発芽率は低下するもののカビの発生による育苗障害等の発生が少なかった。

イ 草丈は、湛水深が低いほど高くなる傾向が認められた。

ウ 慣行区に比べてプール育苗区では葉色の低下が早かったが、播種量や湛水深との関係は判然としなかった。なお、慣行区では根が育苗箱下まで伸長していた。

エ 播種後直ちに入水した区では、入水により覆土が流れ、種子が覆土表面へ出てくる場面も若

干認められた。

オ 移植可能葉令時の根がらみやマット形成はプール育苗で慣行区よりも根の色が白く（慣行区は褐色）、十分な強度があった。

カ カビの発生は、慣行区では未発芽種子の表面がカビ（*フザリウム*菌、*トリコデルマ*菌等）に覆われたものが散見されたが、発芽苗の立枯れ症状等は認められなかった。

一方、 P^- -ル育苗区では覆土表面に若干の白色のカビが散見される程度であり、一部、発芽直後から地際が褐変し、枯死する株が認められた（発生株率は3.1～9.8%程度）。

キ 以上から、ヒエを無農薬栽培下で安定的に育苗するためには、出芽した後に育苗箱を湛水条件で栽培すること（プール育苗）でカビ等の発生を抑制できることが示唆された。

また、移植に適した苗質（機械移植が可能な苗）を確保するためには、播種量は20～30 g程度が適当で、場合によっては追肥が必要になると考えられた。なお、ヒエ苗は高温管理で草丈伸長が早いので、水稻育苗よりハウス内温度を低めに管理することがポイントと考えられた。

表12 ヒエ育苗時の生育状況（達観調査）

区名（播種量・湛水深）	播種期 月日	入水日 月日	出芽期 月日	出芽 状況	カビ 発生	マット形成 の良否	備考
①慣行区1（10 g/箱）	6.12	—	6.16	良	並	並	未発芽種子の 表面に、カビ 発生
②慣行区2（20 g/箱）	6.12	—	6.16	良	並	並	
③慣行区3（30 g/箱）	6.12	—	6.16	良	並	並	
④ P^- -ル育苗区1（+5mm）	6.12	6.12	6.16	やや不良	少	やや良	出芽後、地際 部が褐変・枯 死株が散見
⑤ P^- -ル育苗区2（±0cm）	6.12	6.12	6.16	不良	少	やや良	
⑥ P^- -ル育苗区3（-5mm）	6.12	6.12	6.16	やや不良	少	やや良	
⑦ P^- -ル育苗区4（+5mm）	6.12	6.20	6.16	良	少	やや良	
⑧ P^- -ル育苗区5（±0cm）	6.12	6.20	6.16	良	少	やや良	
⑨ P^- -ル育苗区6（-5mm）	6.12	6.20	6.16	良	少	やや良	

注）播種量は水稻育苗箱換算値である

表13 ヒエ苗調査結果（6月23日・播種後11日目、10株調査、乾物重のみ50株あたり）

区名（播種量・湛水深）	葉数 枚	草丈 cm	葉鞘長 cm		葉身長 cm		発芽率 %	乾物重 g	
			第1	第2	第2	第3		根	地上部
① 慣行区1（10 g/箱）	2.6	7.8	1.1	1.9	3.8	3.7	49.4	（未調査）	
② 慣行区2（20 g/箱）	2.8	7.0	1.2	2.3	4.7	—	57.2	0.3	0.4
③ 慣行区3（30 g/箱）	2.7	9.5	1.4	2.6	4.7	4.2	56.7	（未調査）	
④ P^- -ル育苗区1（+5mm）	2.6	6.2	1.1	1.9	4.3	—	44.7	0.1	0.4
⑤ P^- -ル育苗区2（±0cm）	2.9	9.6	1.3	2.9	5.9	7.2	44.1	<0.1	0.2
⑥ P^- -ル育苗区3（-5mm）	3.0	8.7	1.2	2.4	4.7	6.1	40.9	0.3	0.5

注）1.表中の「—」は、調査項目未達による。

2.発芽率は、箱あたりの平均種子数に対する出芽割合とした。

3. P^- -ル育苗区4～6（NO.⑦～⑨）は未調査。



図5. 播種量の違いと発芽直後の状況 (H12)
(播種量 (/箱) : 左 10 g、20 g、右 30 g)



図6. 播種量の違いと移植時の苗質 (H12)
(播種量 (/箱) : 左 10 g、中 20 g、右 30 g)

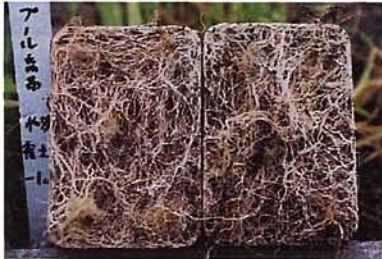


図7. プール育苗したヒエ苗のマット形成状況
(H12)



図8. 育苗方法・湛水深と移植時の苗質 (H12)
(播種量 20 g /箱、左からプール育苗湛水深
+1cm、±0cm、-1cm、右端は慣行区)

(平成13年)

ア プール育苗では、慣行のハウス平置き育苗より根量が多く、達観では太い根が多かった。

また、根の伸長も良くマット形成が良好で、病害発生も少なかった。

イ プール育苗は省力的な水管理ができる一方、茎葉が伸長しやすいため、慣行のハウス平置き育苗に比べてハウスサイドを開放する等、水稻育苗よりも低温で管理する必要がある。

ウ 播種量や出芽法の違いによる苗質の違いは判然としなかった。

エ 機械移植に適する苗質について調査したところ、水稻用移植機で移植できる苗質は、根のマット形成が良好で、草丈は概ね20cm以内と考えられた。

オ 根のマット形成は、播種後24日目には慣行のハウス平置き育苗及びプール育苗とも、ほぼ機械移植可能と考えられた。草丈は、ハウス平置き育苗で播種後32日、プール育苗で播種後20日後には20cmに達した。

カ プール育苗では播種32日後には下葉の黄化枯死が見られるようになった。根のマット形成・草丈・苗の老化等から判断すると、育苗日数は20～25日程度が適当と考えられた。

◎3年間の研究から、ヒエの育苗法にプール育苗が有効なことや播種量、育苗日数などが明らかにできた。

表14 ヒエ育苗法と苗生育 (苗調査結果)

試験区	葉数 枚	草丈 cm	葉鞘長		葉身長		乾物重		乾物重歩合		出芽状況 (%)			根の病害	
			第1 cm	第2 cm	第2 cm	第3 cm	茎葉 g	根 g	茎葉 %	根 %	良苗	途中 枯死	未発 芽	マット 形成	発生
プール	3.6	27.3	4.1	7.2	14.8	19.5	4.7	2.2	8.7	10.8	76.5	8.5	15.0	良	少
平置き	3.1	17.4	3.5	5.0	10.9	12.8	2.6	1.3	10.9	7.3	85.3	4.3	10.3	良	中

※試験区: 1) プール育苗～ビニールシートで簡易プールを作成し、緑化後播種面以下の入水深で管理した。

2) 平置き育苗～慣行

播種 (4/25)、調査 (5/28、播種33日後)、播種量 30 g/箱、無加温出芽

出芽状況調査は 36 平方センチメートル (6cm × 6cm) あたり、苗調査は 100 個体調査。

表15 ヒエの播種量・出芽法の違いと苗生育（プール育苗）

区	葉数 枚	草丈 cm	葉鞘長		葉身長		乾物重		乾物重歩合		出芽状況(%)			マツト 発生	病害
			第1 cm	第2 cm	第2 cm	第3 cm	茎葉 g	根 g	茎葉 %	根 %	良苗 枯死	途中 発芽	未 形成		
① 30g 加	3.3	23.3	3.4	6.4	11.0	17.1	3.5	1.0	8.47	8.00	84.6	4.5	10.9	良	少
② 20g 加	3.4	25.0	3.6	6.6	12.1	18.0	3.8	1.9	8.60	9.84	81.5	8.7	9.7	良	少
③ 20g 無	3.6	27.3	4.1	7.2	14.8	19.5	4.7	2.2	8.66	10.78	76.5	8.5	15.0	良	少

※試験区：①播種量 30g、加温出芽 ②播種量 20g、加温出芽 ③播種量 20g、無加温出芽

※播種時期、調査法、温度管理等は表1と同様。

表16 ヒエ播種後日数と苗質の関係

試験区名	播種後 日数 (日)	葉数 (葉)	草丈 (cm)	根数 (本)	最長 根長 (cm)	乾物重 (100 個体)		マツト 形成	備考
						地上部 (g)	地下部 (g)		
慣行ハエ育苗	20	3.2	12.5	2.9	8.8	0.86	0.80	不十分	未発芽種子に欠
	24	3.8	16.1	4.5	7.3	1.76	0.50	ほぼ良好	
	32	3.7	21.9	6.8	7.1	3.66	1.24	良好	
プ-ル育苗	20	3.4	20.0	3.8	5.9	1.54	0.38	不十分	
	24	3.7	23.6	3.8	6.3	2.29	0.35	良好	
	32	4.1	31.0	8.0	9.1	7.39	2.67	良好	下葉の黄化枯死

※播種量 20g/箱、播種日 6/8、無加温

(2) ヒエの無農薬機械化栽培

平成12年

ア 調査した2例とも、育苗期に殺菌剤を使用して病害防除を行っており、育苗期障害発生については不明であったが、農家では実害を問題視していなかった。

イ 移植後、本田では無農薬で管理を行っていた。

育苗からの無農薬栽培法を確立するためには、育苗期の病害防除方策を検討する必要がある。

ウ ヒエ苗は、水稻苗に比べて草丈が伸びやすいので、苗長について特に注意を払っていた。一方、茎が太いと田植機の移植爪が茎に刺さるため、かき取りができず移植精度がさがり、欠株多発により補植作業が必要となる。

上記のようなことが明らかになったことから、適性播種量や育苗日数等の検討が必要である。

エ 本田移植後の病害虫・鳥害等の防止対策は特にとっていなかった。

オ 現時点では水田栽培あとで雑草発生は比較的少なく問題にならないが、ヒエの連作により雑草量が増加することを心配していた。

今後は、省力・効率的な雑草防除法を検討する必要がある。

表17 ヒエ移植栽培農家の育苗実態調査結果（平成12年、大野村館市T氏、軽米町車門H氏）

所在地	事例1 大野村館市	事例2 軽米町車門
浸種	(未実施)	24 時間
催芽	(未実施)	(未実施)
使用土	山土	山土
出芽方法	加温 (育苗器 30℃)	無加温 (トンネル+シハ-ホ-リ)
病害虫防除	ダ-コ-ル 1000 0.5L/箱 播種時かん注	ダ-コ-ル 1000 0.5L/箱 播種時かん注
播種量・方法	片手で3つかみ程度 手播き (約 23 g/箱程度)	20 g/箱 手播き
覆土量	米と同じ (5mm 程度)	米と同じ (5mm 程度)
その他 (農家のコメント)	・育苗箱に新聞紙を敷くため根が 置床へ伸長する (置床へは施肥 しない)	・育苗期間 35～40 日くらいがよい ・水稻より欠株が多いので、補植が 必要

表 1 8 ヒエの成熟期・収量調査結果（平成 1 2 年、大野村館市 T 氏）

移植 期	出穂 期	成熟 期	成熟期形質			坪刈り収量			全刈 収量 (kg/a)	倒伏 程度
			稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	全重 kg/a	わら重 kg/a	子実重 kg/a		
6/14	8/18	10/20	106.4	17.9	94.5	453	330	84	29.8	無

注) 収量調査は、1 区 20 株（約 1.9 m²）× 3 区平均。



第 9 図. 水稻育苗箱を使ったヒエ育苗状況 (H12)



第 1 0 図. 移植直前のヒエ苗の様子 (H12)



第 1 1 図. 水稻用バインダーによる収穫
(H12)



第 1 2 図. バインダー結束後の状態
(H12)

平成 1 3 年

ア 育 苗

播種量の増加に従い、軟弱苗となり、マット形成も不良となった。育苗日数は、15 日間（3 区：農家育苗）ではマット形成が不十分であった。30 日間（1 区：プール育苗）を越えるとマット形成は良好となるが、下葉の黄化が見られた。20 ～ 25 日程度が適当と考えられた。

イ 移 植

水稻用乗用移植機によりヒエ苗を移植した。マット形成が劣ると苗補給の際にマットが潰れ、移植爪で掻き取れない場合があり、欠株率は 2.2 ～ 5.3 % であった。移植 9 日後の欠株は、播種量が多かった 2 区（育苗センター苗）で 58.1 %、1 区（プール育苗）で 25.1 % であり、軟弱苗や老化苗では植痛みが多く欠株が増加することが示唆された。なお、2 区の一部を除いて補植は行わなかった。

ウ 除 草

水稻で用いられる除草機の実用性を検討した。除草効果は動力付き除草機と人力除草機で、ほぼ同等と考えられたが、動力除草機の方が効率的な除草が可能であった。

エ 収 穫

自脱型コンバインにより収穫を行った。風量をやや少なく、刈高はやや高めにする等の調節が

必要であったが、詰まり等も生じず順調に収穫作業ができた。

坪刈り収量は、1区で54.4kg/a(欠株多)、2区で40.9kg/a、3区で38.8kg/aとやや開きが見られたが、全刈り子実重は39.2kg/a、全刈り子実重に対する収穫ロスは0.9%であった。

坪刈りでの収量差は欠株発生の多少によると思われるので、最適な栽植密度の検討が必要と考えられた。

◎3年間の試験の結果、子実用ヒエ(達磨)について、育苗法も含め水稻用作業機械(移植、除草、収穫)を用いた「無農薬水田移植栽培体系」を組み立て、実証することができた。

供試苗の耕種概要

区	出芽法	育苗法	播種量 (g/箱)	育苗日数 (日)	試験区 面積(a)	備考 (育苗場所)
1	加温(30℃)	ブー育苗	20	33	11	県北農業研究所
2	無加温	ハウス平置き	50	25	7	水稻育苗センター
3	無加温	ハウス平置き	35	15	4	一般農家

表19 供試苗質

区	葉数 枚	草丈 cm	葉鞘長		葉身長		乾物重		乾物重歩合		苗質	マット形成
			第1	第2	第2	第3	茎葉	根	茎葉	根		
			cm	cm	cm	cm	g	g	%	%		
1	3.3	22.5	4.1	6.1	12.8	16.2	4.3	1.5	8.70	6.85	中大苗	良好
2	3.0	20.2	3.7	5.6	11.4	14.6	2.6	0.9	9.45	8.82	軟弱苗	不良
3	2.8	11.5	2.2	3.9	6.6	7.9	0.7	0.1	8.43	3.03	小苗	中不良

表20 乗用田植機移植状況

区	移植時の苗の状況(%)						移植9日後の 欠株率(%)	備考
	健全	転び	欠損	埋没	欠株	折れ		
1	77.3	10.6	0.0	4.8	5.3	2.1	25.1	やや老化苗、植付けの速度は最も早い
2	72.2	11.7	0.0	12.8	2.2	1.1	58.1	苗補給の際にマット潰れ移植爪が掻き取れない
3	75.3	12.9	0.0	9.4	2.5	0.0	14.7	マット形成劣り、移植にはまだ早い

※試験区は表1に同じ。

※機種名:ヤマ-RR-40(4条植え)

※欠株調査面積:6.8m²(5m×6条)

表21 除草(6/29、移植32日後)、残草調査(7/19、除草20日後)

除草機械	作業速度 秒/m	作業能率 分/10a %		m ² 残草量（乾物重）				備 考
				イネ科		広葉		
				g	%	g	%	
動力除草機	1.63	37.9	47.4	1.4	40	1.7	9	オクニカマ MA3(3条)
人力除草機	2.40	79.9	100	0.	8	1.9	10	2条処理
無除草	—	—	—	3.4	100	19.7	100	

表22 収穫(10/18)

収穫機械	作業速度 (秒/m)	作業能率 (分/10a)	刈高 (cm)	収穫収 (%)	備考
自脱型コバイン	1.94	31.8	28.9	0.9	風量のみ調節

※収穫収:全刈り比

※機種名:ホタ R1-241(3条刈り)

表 2 3 生育ステージ・収量（現地）

区	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	幼形期		成熟期			坪刈り 子実重 (kg/a)	全刈り子実重 (1～3区計) (kg/a)
			草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)		
1	8.22	10.18	101.0	148.9	119.7	18.5	103.1	54.4	39.2
2	8.22	10.18	99.4	155.7	118.5	17.8	113.4	40.9	—
3	8.22	10.18	89.3	169.5	112.9	17.9	129.4	38.8	—

※試験区は表 1 に同じ。



図 1 3 コンバインによるヒエの収穫(H13)

4. アワの害虫調査(平成11年)

(1) フェロモントラップによる誘引消長

ア アワノメイガ越冬世代の誘引は6月2日より見られた。年間を通じて発生は見られたが半旬毎に誘引頭数をまとめると年間大きな2つの山が見られた(図14)。

イ 2つめの山は8月上旬から見られ、9月下旬にかけて収束していった。このことから岩手県北ではアワノメイガは2化型の発生を示すようである。しかし、1化型が混在するか否かは定かではなく個体別の飼育試験により確かめる必要がある。

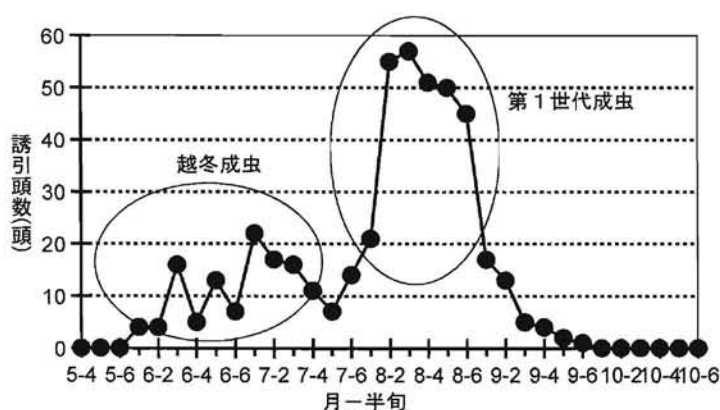


図 1 4 フェロモントラップによるアワノメイガの誘引消長(H11)

図 1 5 アワノメイガ被害部
(H11)

(2) 現地圃場における被害状況調査

ア 現地での被害状況は被害の著しい地点では折損や枯死により全く収穫できない被害株率は94.3%にも達していた。

イ被害の少ない箇所でも20%強の被害株率となっており、倒伏していないが本種の加害により生育や登熟が不良になっている株も相当数あると推測され、アワノメイガによる被害がアワの安定生産における大きな障害となっていることを改めて認識する調査結果であった。

表24 アワノメイガによる被害状況（軽米町軽米：平成11年8月25日）

反復	調査株数	正常株数 株/m ²	枯死・折損株数 株/m ²	被害株率 %
1	59	46	13	22.0
2	53	3	50	94.3
3	49	36	13	26.5
4	42	21	21	50.0
計・平均	203	106	97	47.8

(3) アワの生育状況とアワノメイガの加害状況の特徴

ア アワノメイガの被害を受けていない茎の太さは5.75mmと細い傾向にあった。

イ これは成虫が産卵の際、茎の太さを一つの指標としている可能性を示唆している。

また、統計的な有意差はないもののアワノメイガが潜入した場合、倒伏していない株の茎径は8.35mmで倒伏する株より太かった。また、被害部の茎径は倒伏した茎で6.91mmに対し、未倒伏茎では9.77mmと太かった。

ウ 茎径の差が無いにも関わらずアワノメイガが潜入し倒伏に至った個体と、葉鞘にのみ被害が見られた個体の違いは、加害する世代の違いによるものと推測された。

これは、倒伏に至った個体は、第1世代幼虫の加害を受け、葉鞘にのみ食害痕がある個体は第2世代幼虫の加害を中心に受けたと推測される。

エ 第2世代が発生する時期はアワは既にかかなり生育しており、茎が固くなっているため、若齢幼虫が主茎に潜入できず、葉鞘を加害していたと思われる。

オ 全く被害を受けていない株は株全体の生育量が小さいため、穂長、一穂重とも少ない値となった。

表25 アワの生育状況とアワノメイガの加害状況の特徴（平成11年）

被害区分	茎径 mm		穂長 cm	穂長 cm	一穂重 g	100ml 整粒重 g
	地際部	被害部				
無被害株	5.75 a	—	135.0 a	18.19 a	15.7 a	58.150
葉鞘にのみ食害痕	7.54 b	—	131.7 ab	22.30 b	18.9 ab	58.120
潜入痕有未倒伏	8.35 b	9.77 a	125.4 ab	24.75 b	23.1 b	58.219
潜入痕有倒伏	7.48 b	6.91 b	119.4 b	22.60 b	20.1 ab	55.957
F検定		**	**	**	**	*

表中同一のアルファベットはチューキー多重検定で有意差がないことを示す

(4) 栽植密度の違いによるアワノメイガの加害状況

アワノメイガは茎の細いものには寄生・加害しない傾向がみられた。そこで次に栽植密度を変えることで任意に茎の太さを変え、そこでの被害状況を調査した。

ア 栽植密度の違いにおける倒伏・折損株数、株率とも統計的な有意差が見られなかった。実数で見ると密植区では42株、慣行区では34株、粗植区では24株と差が見られるが、これは区全体の株数の違いによる影響が大きいと考えられる。

イ 健全株については株率では有意な差が見られなかったものの実数においては密植区が慣行区よりも50%近く本数が多く3区間で有意差が見られた。

ウ 茎の太さを変えることによる被害回避はみられず、栽植密度の違いでアワノメイガの被害回避はできないと考えられた。

表26 栽植密度の違いにおけるアワノメイガの加害状況

区 名	健全な株 本 (%)	生育不良株 本 (%)	倒伏・折損 本 (%)
密 植 区	120 a (70.6)	8 (4.7)	42 (24.7)
慣 行 区	87 ab (70.7)	2 (1.7)	34 (27.6)
粗 植 区	68 b (72.3)	2 (2.2)	24 (25.5)
F検定	* (ns)	ns (ns)	ns (ns)

() 内はそれぞれの株率を表す

表中同一のアルファベット小文字はチューキー多重検定で有意差がない

◎アワノメイガについての今後の課題（別枠研究で検討している内容）

一般栽培においてアワノメイガは茎の細い個体には加害しない傾向が見られたが、密植にして群落全体の茎の太さを細くした場合には慣行区や粗植区と比較して同等の被害株率となった。

このことから、アワノメイガが一般圃場において様々な茎径がある場合は、選択的に茎径の太いものを加害し、茎径の細いものへは加害しない傾向があるが、群落全体の茎径が細い場合は、茎径の細いもの、太いもの同様に加害するものと思われた。

また、密植にすることで単位面積当たりの無被害株は多くなり、収量は確保できるものと思われるし、茎を太くすることにより、倒伏を回避できる可能性が示唆された。さらに加害をうけても倒伏しなかった株では登熟歩合の低下は見られなかった（粒重、品質については未検討）。

以上のことからアワノメイガに対する耕種的防除対策としては、

①茎が太くなる栽培法をとり、倒伏させない。

②密植にして小さい植物体ではあるが無被害の茎数を確保し、収量を上げる。

ことのいずれかが考えられる。

しかしいずれの場合も、アワノメイガの発生が甚大で全面倒伏するような被害がでる場合は、収穫は期待できない。したがって、アワノメイガを積極的に防除（被害回避）する方法についてはさらに検討を加える必要がある。

第7章 雑穀食品の地域連携開発研究と商品化・事業化

第1節 雑穀食品開発と商品化について

1. 「雑穀パン」の開発研究と商品化

マーケットには、多くの雑穀を原料に加えた製品、商品が販売されているが、本研究のような地元の農業、企業との地域連携研究で開発、商品化・事業化された例は、ない。

本研究では、さまざまなキビ、アワ、ヒエ及びモロコシ(高キビ)製品を試作製造を行ったが、商品化・事業化したものは、ヒエ、キビを原料にした「雑穀パン-ひえ」(図7-1)、「雑穀パン-きび」である(図7-2)。地元の流通企業との共同研究で商品化・販売が実現した。現在地域限定ではあるが、順調に販売されている。図に示された、パッケージデザインは、(財)いわて産業振興センターのコーディネーター関洋一氏のコーディネートによるのである[1]。やわらかく、消費者にとけこみやすいデザインであり、ほんの小さなパッケージであるが、商品化する場合、腕のいいデザイナーがいかに大事かを示している。本商品は、パン製造の優れた技術とデザインとそのコーディネートが融合した商品である。今後、雑穀などを素材とする若者や大都市消費者向けの斬新的な食品の開発を考えている。

現在、この商品は、「雑穀パン-ひえ、きび、あわ」(図7-3)としてバージョンアップして販売している。販売は、週3回の配送で、毎回完売され、好調な売れ行きである。

今後はこれらの雑穀商品のヒットへの生理機能効果の実験も検討することが必要と思われる。

引用文献

1) Intelligent Cosmos, 33, 4 (2001)

2. モロコシ食品開発の開発と商品化

「へっちょこだんご」の開発、商品化

モロコシは、別名高キビ(タカキビ)ともいう。中国では、コウリャン(高粱)という。英名、Sorghumである。

モロコシは、タンニンと呼ばれるポリフェノール成分を多く含む特異な穀物である。各種類のモロコシに含まれているポリフェノール含量は、バニリン塩酸法によって、カテキン当量として0.1~4.21 mg/100 mgであった。ポリフェノール類は近年最も研究の進んでいる健康成分であり、その血中コレステロールの低下作用、抗腫瘍作用、血圧上昇抑制作用、及び生体内脂質過酸化の抑制作用などが報告されている。そのほか、多くの植物、果物などのポリフェノール類でも、血中コレステロール低下作用、抗酸化

作用など、さまざまな生理機能性が報告されている。特に最近では、赤ワイン中に含まれているポリフェノール類が酸化 LDL の生成抑制すると報告されているため、ポリフェノールを含む食品は益々健康食品として注目されている。

岩手県の大東町では、このモロコシを生産して食品開発による特産化を使用としている。研究代表者らの研究で、モロコシは血中コレステロール濃度を低下させる機能や生体における抗酸化作用などの健康機能が明らかにされている [1-3]。

そこで、以下のように、モロコシ商品を商品化し、販売している。

- 1) モロコシ和菓子、商品名「へっちょこだんご」(図 7-4) を、地元企業の (株) ベルセーターと (株) 菜花堂と連携開発し、商品化・事業化し、販売している。

3. 雑穀うどんの開発研究

地元製麺所、古館製麺所、の協力で、キビ、アワ、ヒエ入りの乾麺の試作をした。今後の雑穀乾麺の商品化への足がかりができた (図 7-5)。

引用文献

- 1) 張 蕾、佐藤 倫子、及川 喜代美、西澤 直行、長澤 孝志、モロコシのポリフェノールの抗酸化性、第 32 回日本栄養・食糧学会東北支部大会、講演要旨集、p.8.(1998)
- 2) 張 蕾、及川 喜代美、長澤 孝志、伊藤 芳明、西澤 直行、モロコシの抗酸化性および脂質代謝に及ぼす影響、平成 12 年度日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、p.75 (2000)
- 3) 張 蕾、中野 織恵、伊藤 鈴、長澤孝志、伊藤 芳明、西澤直行、モロコシの抗酸化機能とポリフェノール成分の分離、平成 13 年度日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、p.238(2001)



図 7-1. 「雑穀パン ひえ」



図 7-2. 「雑穀パン きび」



図 7-3. 「雑穀パン ひえ、きび、あわ」



図 7-4. 「へっちょこだんご」



圖 7-5. 雜穀乾麵

4. 雑穀醗酵食品の開発

[研究論文]

雑穀種子タンパク質の性質と乳酸菌飲料への利用

小浜 恵子*、大澤 純也*、西澤 直行**

アワやキビなどの雑穀類は近年再評価されている。本報告ではHDL（善玉コレステロール）上昇効果を有する雑穀タンパク質の解析と利用方法を検討した。Landry-Moureaux の溶媒抽出法により得られた蛋白質5画分のうち、プロラミン画分は全タンパク質の60~80%を占めていた。SDS-PAGEによりアワ及びキビプロラミンを分画したところ、Glx、Ala、Leuがそれぞれ15%以上を占めるポリペプチドとMet、Pro含量の高いポリペプチドで構成されており、トウモロコシゼインと相似性を有することがわかった。また、雑穀タンパク質の有効な利用方法として乳酸菌で醗酵を試みたところ、供試菌株中では、*Streptococcus thermophilus* (IFO 13957)をスターターとした場合にpHが4以下まで低下し、風味も優れていた。

キーワード：アワ、キビ、プロラミン、乳酸菌飲料

Characterization of Millet Proteins and Making Lactic Acid Beverage

KOHAMA Keiko, OHSAWA Junya and NISHIZAWA Naoyuki

We have previously reported that millet dietary protein elevated the plasma levels of HDL cholesterol in rats. In this study, we examined the composition of the polypeptides of millets protein to determine if the structure of millets protein may lead to an explanation of the effects of these grains. The proteins extracted from foxtail and proso millets were 64.1% and 80.0% prolamin, respectively. The polypeptides of the prolamins were classified into two groups. The major polypeptides of 27-19 kDa were rich in leucine and alanine, whereas the 17-14 kDa polypeptides were rich in methionine and proline. These results showed that the major polypeptides of prolamin were homologous to zein. We also investigated making a lactic acid beverage by using millets protein in fermentation. Three lactic acid bacteria were used, *Streptococcus thermophilus* (IFO13957) was a suitable strain under our condition.

key words : millet, prolamins, lactic beverage

1 緒 言

雑穀類（アワ、キビ、ヒエなど）はアジア、アフリカなどにおける重要な食糧源であるが、日本では食品として長い間評価されず伝統食として栽培されるのみであった。しかし最近、アレルギー患者の代替食としての需要が増加し、食の健康志向もあり、国産雑穀の生産量の約半数を占める岩手県の雑穀が首都圏の健康食業者や給食関係者に買い付けられるようになっている。雑穀類のタンパク質はHDL（善玉コレステロール）の上昇効果を

持ち、機能性素材としても注目されている^{1,2)}。しかし、雑穀タンパク質の構成成分についてはほとんど明らかにされておらず、何によって脂質代謝が変化するか判っていない。そこで、本研究では、機能性成分を明らかにし品種の評価・分類にも利用可能との観点から最初にタンパク質の構成成分を調べた。また、雑穀タンパク質の有効な利用方法として乳酸菌をスターターとし、雑穀粉を α -アミラーゼにより液化させてヨーグルト及び乳酸菌飲料の作成を試みたので報告する。

* 応用生物部

** 岩手大学農学部農業生命科学科

2 実験方法

2-1 雑穀タンパク質の解析

1) 雑穀試料

各種の雑穀は平成9年に岩手県農業研究センター県北農業研究所で栽培されたものを用いた。脱穀し精白した穀粒をミルで粉碎し、80メッシュのふるいにかけて、*n*-ブタノールで数回脱脂した後、風乾して用いた。

2) タンパク質の分画

Landry-Maureax による溶媒分画³⁾に基づき、5画分のタンパクとして抽出した。(I) 0.5M - NaCl 溶液、次に水を加えて抽出して得られた水溶性画分を透析脱塩した後、凍結乾燥してアルブミン・グロブリン画分とした。(II) 残査に70 % (V/V) イソプロパノールを加えてアワは室温、キビは60℃で抽出しこの画分を減圧乾燥して true prolamin 画分とした。(III) 残査に0.6 % のメルカプトエタノール (2-ME) を含む70 % イソプロパノールを加えて抽出したものを prolamin-like 画分とした。(IV) 残査に0.6 % 2-ME を含む0.1M ホウ酸緩衝液 (pH 10) を同容量加えて室温で抽出し、透析、凍結乾燥して glutelin-like 画分とした。(V) (IV) の抽出で用いた緩衝液に SDS を0.5 % となるように加えて室温で (IV) の残査を抽出した後、透析・凍結乾燥して true-glutelin 画分とした。それぞれの画分の窒素含量はミクロケルダール法による自動分析機 (Kjelttec 1035, Tecator 社製) で測定した。

3) SDS-PAGE

SDS-PAGE は Laemmli⁴⁾の方法により、15 % アクリルアミドゲル (Pharmacia Biotech 社製) を用いて実施した。試料はあらかじめ、0.6 % ジチオスライトール (DTT) により還元処理を実施あるいは処理しないものを用いた。

4) アミノ酸組成分析

タンパク質の加水分解は常法に従い減圧下に封管し、6N 塩酸を用いて110℃、20 hr 行った。SDS-PAGE で分離したポリペプチドはメンブレン (Immobilon -P, Millipore 社製) にプロットし、膜上で気相による塩酸加水分解を実施した。加水分解終了後、30 % (V/V) メタノール-0.1N 塩酸にて膜から抽出し、試料とし

た。アミノ酸の定量は Pico-Tag (Waters 社製) を用いて実施した。

2-2 ヨーグルト及び乳酸菌飲料の試作

1) 雑穀試料及び供試乳酸菌

雑穀は平成11年に岩手県農業研究センター県北農業研究所で栽培された、もちアワ (大穂10)、もちキビ (釜石16)、ヒエ (達磨) を用いた。脱穀し精白した穀粒をミルで粉碎し、80メッシュのふるいにかけて雑穀粉とした。乳酸菌は (財) 醗酵研究所 (IFO) から入手した *Lactobacillus casei* subsp. *casei* (15833)、*Lactobacillus plantarum* (3070)、*Streptococcus thermophilus* (13957) を用いた。

2) 乳酸菌醗酵製品の製造方法

乳酸菌は *Lactobacilli* MRS 培地 (Difco) 100ml に植菌し、37℃、24時間静地培養した後、生理食塩水で3回遠心洗浄 (4,000rpm 10分) 後、10ml としスターターとした。雑穀粉 (ヒエ、キビ、アワ) 10g、脱脂粉乳5g、グルコース2g に水を50ml 加えた溶液、または雑穀粉15g とし脱脂粉乳を無添加とした溶液を100℃に加熱後、60℃に温度を下げて α -アミラーゼ (ラクターゼSR-40、洛東化成工業社製) を2mg 添加し、一晚液化させた。スターターを1ml 添加後37℃24時間醗酵させた。試作品中の乳酸菌数はBCP寒天培地 (日水製薬(株)製) にプレーティングして求めた。

3 結果

3-1 雑穀タンパク質の構成

True prolamin の抽出はアワは室温で、キビ及びヒエは60℃に加熱したイソプロパノールで実施した。室温で抽出した場合のキビとヒエは全タンパク質のそれぞれ16及び23 % しか回収できなかった。得られたタンパク質組成を表1に示す。ヒエは60℃で加熱抽出しても全タンパク質の回収率があまり改善されず39.7 % であった。アワ及びキビの種子タンパク質中ではプロラミン画分 (true prolamin + prolamin-like protein) が大半でありそれぞれ64.1、80.0 % を占めた。ヒエは回収率が低いが、抽出されたタンパク中の割合はプロラミン画分が43 % と最も多かった。

表1 雑穀タンパク質の組成

雑穀	%種子中 タンパク質	タンパク質画分 (%総タンパク質)					回収率 %
		alubumin globulin	true prolamin	prolamin like	glutelin like	true glutelin	
アワ	10.9	4.9	56.5	7.6	2.2	10.8	82.0
キビ	11.5	3.6	79.0	1.0	1.9	10.2	95.7
ヒエ	9.9	5.0	17.2	7.0	1.7	8.8	39.7

3-2 プロラミンポリペプチド構成

図1-Aはアワとキビの true prolamin, prolamin-like 画分を SDS-PAGE によって分離し、構成するポリペプチドを調べたものである。アワの true prolamin は14、19、22-23、27 kDa の主なポリペプチドから構成されており（レーン1）キビプロラミンは主に24、17、14 kDa のポリペプチドから構成されていた（レーン3）。アワ、キビともに prolamin-like 画分の構成は true prolamin とほとんど同じであるが、高分子領域に異なるバンドが見られた（レーン2、4）。true prolamin をあらかじめ還元処理を行わずに SDS-PAGE によって分離したのが図1-Bである。還元処理された試料では前述のようなポリペプチドが確認されたが、非還元サンプルでは高分子領域にそのホモオリゴマーの分子量の位置のバンドが明確に見られた。

3-3 ポリペプチドのアミノ酸組成

SDS-PAGE で分離した true prolamin 画分のポリペプチドのアミノ酸組成を図2に示した。アワ、キビともに組成の特徴によって2つのグループに分類できた。1つはプロラミンの主成分であるアワ：27、22-23、19 kDa 及びキビ：24kDa ポリペプチドであり、ロイシン、アラニンが非常に多く総プロラミンにおけるこれらアミノ酸の割合の高さを反映するものである（グループ A）。もうひとつのグループは、アワ：14 kDa、キビ：17、14 kDa のポリペプチドであり、プロリン、メチオニン、システニンに富むものであった（グループB）。

3-4 乳酸菌による醗酵

今回の条件下では供試菌株中、*Streptococcus thermophilus* (IFO13957) を用いた場合にpHが4以下まで低下し、カードを形成して風味にも優れていた（図3）。また雑穀粉15gとして脱脂粉乳無添加とした場合も同様であり、それぞれの試作品中の乳酸菌数は 10^7 /ml以上であり乳酸菌飲料として充分であった。

4 考 察

アワプロラミンとキビプロミンは70%イソプロパノールでの抽出率が異なった。70%アルコールではプロラミンの一部はほとんど抽出されないとされており、これらはグルテリン態に分類されてきた⁹⁾。アワはアルコール可溶性のプロラミンが主成分であり、一方キビ、ヒエはグルテリン態が主成分との報告もある⁹⁾。しかし、同一のポリペプチドであっても貯蔵条件により溶媒に対する溶解性が変わる。プロラミンポリペプチドが生合成され貯蔵部位に沈着した後、周囲のポリペプチドとの相

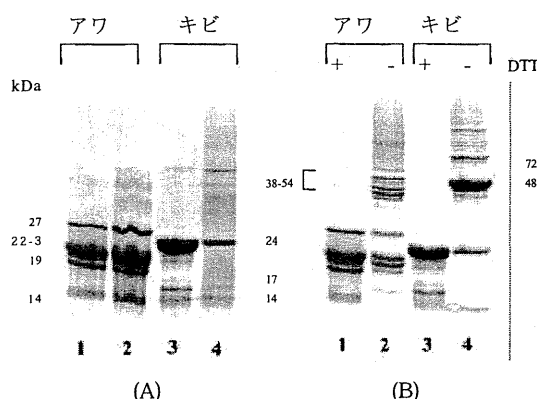
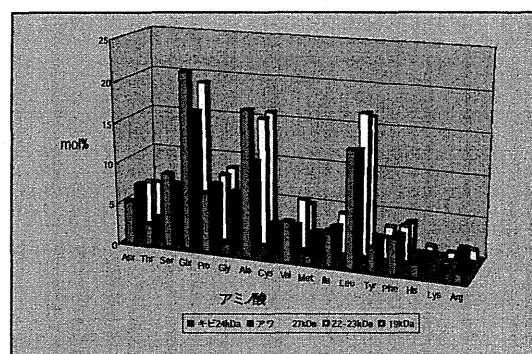


図1 プロラミンSDS-PAGE

(A) アワ、キビ true prolamin (lane 1,3) prolamin like-protein (lane 2,4) (B) true prolamin DTT の影響

グループA



グループB

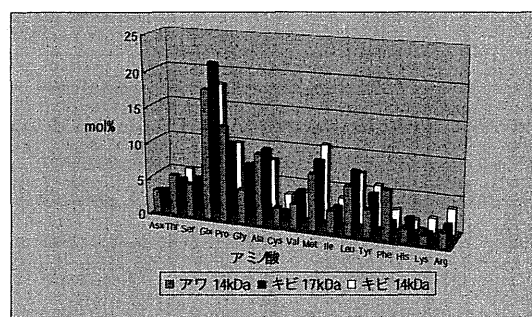


図2 ポリペプチドのアミノ酸組成

互作用によりシステニン残基の架橋高分子化、疎水結合の進行が考えられるためである。本結果においてはアミノ酸組成が非常に似ていること、室温で抽出した場合と加温して抽出した場合の SDS-PAGE パターンに差が見られなかった（データ未公表）ことから、プロラミンに分類するのが妥当と思われる。

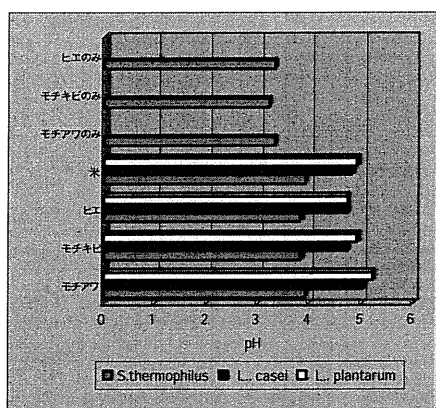


図3 雑穀粉を用いた乳酸発酵

非還元のプロラミンを泳動した場合の SDS-PAGE パターンをみると、グループ A はモノマー、ダイマー、オリゴマーの単純な会合構造をとっていることが予測される。Danno ら⁷⁾はアワのプロラミンを分離し、ポリペプチドを還元、S-シアノエチル化したところ、同一のサブユニットから構成されており、ホモオリゴマー構造をとると報告している。本研究で得られた結果は、キビのプロラミンの主ポリペプチドもサブユニット構造をとり、分子量からの推定では、ホモオリゴマー構造をとることが示唆された。したがって、アワやキビのタンパク質は、米や小麦とは異なり、貯蔵タンパク質の大部分は単純なポリペプチドの重合体から成り立つと予測される。

これらの結果は、雑穀プロラミン中のポリペプチドはトウモロコシプロラミンであるゼインのサブユニット構成^{8,9)}と相似していることを示唆している。主成分であるアワ、キビのポリペプチドのN末端配列が α -ゼインと相同性を有する結果¹⁰⁾もこれを裏付けている。雑穀タンパク質中のどの成分がHDL上昇に関与しているのかは未だ検討中である。ヒト腸管細胞(Caco-2)に雑穀から分離したプロラミンを人工消化したペプチドを添加した結果、HDLの主要アポリポタンパク質であるapoA-Iの遺伝子発現が無添加あるいはカゼインペプチド添加の場合に比べて有意に上昇するとの結果¹⁰⁾も得ており、主成分であるプロラミンによると推察している。

本報告では雑穀タンパク質の有効な利用方法として乳酸発酵を試みた。醗酵乳・乳酸菌飲料は整腸効果、免疫賦活、抗ガン作用、コレステロール値を正常に保つ効果等を有する健康食品として研究が進められている¹¹⁾。本研究では、乳系乳酸菌である *L. casei*、*S. thermophilus*、植物系乳酸菌である *L. plantarum* のうち今回の条件で

は、*S. thermophilus* が適していた。これはヨーグルト製造に汎用されている菌種である。雑穀粉のみでも十分にpHが低下し、省令による乳酸菌飲料としての基準菌数も充分であるので食品としての可能性は高い。しかし、特にヒエは雑穀特有の匂いに関係があるように思われた。また、今回は1種類の条件の結果であり、発酵時間を含めた検討がさらに必要である。雑穀タンパク質との相乗作用も期待され、製品の生理機能性についても調べる予定である。

5 結 語

HDL (善玉コレステロール) 上昇効果を有する雑穀タンパク質の解析と利用方法を検討した。雑穀類ではプロラミン画分が全タンパク質の60~80%を占めていた。ポリペプチド構成は、Ala、Leu 含量の高い主成分ポリペプチドと Met、Pro 含量の高いポリペプチドで構成されており、トウモロコシゼインと相似性を有することがわかった。また、乳酸菌で醗酵を試み、*Streptococcus thermophilus* (IFO 13957)をスターターとした場合にpHが4以下まで低下し、風味も優れていた。

本研究を推進するにあたり、雑穀試料を分譲いただきました岩手県農業研究センター保鮮流通研究室、菊池淑子研究員及び県北農業研究所やませ研究室、飯村茂之室長、長谷川聡研究員に深く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Nishizawa, N., Oikawa, M., and Hareyama, S.: Agric. Biol. Chem., **54**, 229, (1990).
- 2) Nishizawa, N., and Fudamoto, Y: Biosci. Biotechnol. Biochem., **59**, 333, (1995).
- 3) Landry, J., and Moureaux, T.: Bull. Soc. Chim. Biol., **52**, 1021, (1970).
- 4) Laemmli, U. K.: Nature, **227**, 680, (1970).
- 5) Shewry, P. R., and Tatham, A. S.: Biochem. J., **267**, 1, (1990).
- 6) Parameswaran, K. P., and Thayumanavan, B.: Plant Foods Hum. Nutr., **48**, 119, (1995).
- 7) Danno, G. and Natake, M.: Agric. Biol. Chem., **44**, 913, (1980).
- 8) Esen, A.: J. Cereal Sci., **5**, 117, (1987).
- 9) Paulis, J. W.: Cereal Chem., **58**, 542, (1981).
- 10) 小浜恵子: 岩手大学大学院 博士論文(2001)
- 11) 光岡知足: 食品工業, 2月28日号, 18, (2001).

第2節 雑穀栽培農機具の地域連携開発研究と商品化

雑穀栽培の機械の必要性や気軽に精白できる精白機の要望は、以前から農家から要望されていた。これに関して、栽培農家が高齢化していることや、若者に魅力ある事業として取り組んでもらうためにも、作業の機械化が必要である。また、わずらわしい精白の作業は、多くの場合米穀店等に依頼している。精白を依頼すると、精白料金1キロあたり80-120円程度必要となり経費の負担がまた大きくなる。いつでも農家が自由に精白ができる状態にはない。農家自身で精白できる精白機も、市販品は1メ-カが製造販売している小型の物のみであり、少し規模の大きな精白機の市販品はない。精白機の開発研究も、起業化の重要なポイントと考えている。

雑穀の刈り取り機は、岩手県内の農機具企業との共同研究で小型のものを開発をして、現在販売している(図7-6)。刈り取り機がほしいということは、3年前ごろから雑穀生産農家から切望されていた。そこで、産学官連携共同開発している花巻市起業化支援センター-研究員のコ-ディネ-トで、和同産業(株)を紹介され、平成12年度の岩手県の産学官共同研究促進事業との連携ですぐに開発され商品化した。雑穀刈り取り機の商品名は「ジョイ刈る」である(図7-6)。これほどの、産学官、生産農家の、実行ある連携は初めての経験であった。これでヘクタ-ル単位での栽培でも刈り取りが容易であり、生産農家の喜びようは、ことばでは言い尽くせないものがある。



図 7-6. 雑穀刈り取り機「ジョイ刈る」

第3節 本研究の成果を基にした起業化構想

現在、本研究の成果を基にして、雑穀を原料にした雑穀食品の開発研究、製造・販売をする事業を、本研究に連携協力いただいた企業と、起業化する構想を計画している。

第8章 まとめ

本研究で得られた主な研究成果は以下の通りである。

- 1) 雑穀機能蛋白質・ペプチドの解析では、主に、キビ、アワ、ヒエの主要蛋白質はプロラミンであること、そのNH₂末端配列はアワ 27,23 kDa、キビ 24kDa のポリペプチドは α -ゼイン、ソルガムの主プロラミンなどキビ亜科のプロラミン主成分と相同性を明らかにした。
- 2) 脂質代謝改善機能の解明では、キビ蛋白質が血中コレステロール低下機能を有し、この作用は胆汁酸排泄促進によることを明らかにした。さらに、アワに比べてキビのプロラミンの消化が遅い傾向が明らかされ、この現象が上記で示されたキビの血中コレステロール低下作用を担う機能性成分と想定された。
- 3) 新生理機能性の開発研究では、モロコシの *in vivo* 抗酸化性や、キビ蛋白質の肝障害抑制機能性を明らかにした。また、ヒエの抗アレルギー機能性を示唆する結果を得た。一方、ヒトにおけるキビ摂取の血中の総コレステロール及び LDL-コレステロール濃度低下作用の効果を明らかにする事ができた。
- 4) 優れた食品機能性品種の探索のための品種・種子の遺伝学的解明では、主に地域名で呼称されていた雑穀の名称を、最新の DNA フィンガプリント法である AFLP 法で 1 品種ごとに識別する手法を確立して、韓国の二つの品種は日本の各品種間との相似性が遠いこと、また、日本の品種間には、韓国の品種と比べて高い相似性があることが示唆された。更に、日本の品種の中で、岩手在来種と岩手系粳、軽米系と福島（飯豊系）、福岡と岩手系モチの遺伝距離は最も近いため、名前の異なる品種のゲノム DNA でも非常に相似することは示唆した。
- 5) アワ種子貯蔵タンパク質の変異性の解析研究では、38 系統のうち 30 系統が II 型 (*Pro1null*、*Pro2a*) であり、その他 IV 型 (*Pro1null*、*Pro2b*) が 1 系統、V 型 (*Pro1a*、*Pro2c*) が 2 系統、VI 型 (*Pro1null*、*Pro2c*) が 2 系統であった。また、これまでのタイプと異なるタイプが 2 タイプ 3 系統を見いだした。これらは、‘軽米系粳’、‘軽米系褐粳’と‘二戸アワ-2’であった。
- 6) 耐病特性の解明研究では、これまで云われていたように、キビ、アワ、ヒエには病害は少ないことが圃場で観察され、岩手県軽米町で発生したキビ葉枯れ症状は *F. roseum* により引き起こされる病害であると結論した。*F. roseum* によるキビの病気は、わが国ではこれまでに報告されておらず、本病を「キビ白斑葉枯病」と命名した。
- 7) 適正省力栽培技術の手法確立研究では、アワの除草を「株間除草機」で省力的に実施可能なことを示し、また、ヒエの育苗法にプール育苗が有効なことや播種量、育苗日数を確立した。
- 8) 雑穀食品の地域連携開発研究と商品化・事業化の研究成果では、本研究費の目標である”地域連携推進”で、達成した。すなわち、地元食品企業と食品流通企業との連携で、商品「雑穀パン-ひえ」、「雑穀パン-きび」、「雑穀パン-ひえ、きび、あ

わ」、及び「へっちょこだんご」を開発し販売している。販売は、週3回の配送で、毎回完売され、好調な売れ行きである。今後はこれらの雑穀商品のヒトへの生理機能効果の実験も検討することが必要と思われる。また、地元製麺所との連携で、キビ、アワ、ヒエ入りの乾麺の試作をした。今後の雑穀乾麺の商品化への足がかりができた。

以上のように、本研究で、雑穀の食品機能性研究から遺伝子回解析、圃場研究、及び、”地域連携推進”による地場雑穀食品を開発研究し商品化・事業化できた。

おわりに

本研究の雑穀の健康機能研究のはじまりは、もう何年もまえの岩手県山形村の高齢の雑穀栽培農家の農夫との出会いがはじまりであった[1]。この農夫は、研究代表者の研究室を訪れて、キビを栽培していて毎日キビご飯を食べているが、キビには何か良い成分があるのではないかと云う。そこで、雑穀の食品機能性について調べてみたが、研究はなく、キビの食品機能性の研究が始まった。その後毎年、春には種まき、秋の脱穀と、手伝いと私どもの研究室のレクリエーションを兼ねて、この農家との交流を続けた。この農夫との出会いがなければ、雑穀の産地の岩手県に位置する岩手大学で教鞭をとっていたとしても見過ごされていたかもしれない。それは、研究と農業現場との触れ合いの重要性を実感しており、研究の原点とはこんなものではないかと振り返っている。

さて、雑穀研究をさらに展開するにあたり、地域農業や食品産業の活性化、産業創出の観点では、大学の研究だけでは貢献できないことは明白であろう。また、農村圏・農村地域産業の活性化について云えば、農家の直接収入が増えないかぎり、その実現は難しいであろうと思われる。この事が、本研究の地域連携食品開発、商品化・事業化の原点となっている[2-4]。

現在、本研究の成果が活かせるような、上述のような起業化を構想している。

引用文献

- 1) 西澤直行、キビの栄養生理効果――HDL-コレステロール濃度の上昇効果など見直される雑穀の効果、化学と生物、31, 567-568 (1993)
- 2) 西澤 直行、雑穀の健康機能と食品開発・商品化、「雑穀が未来をつくる」、大谷みゆき、嘉田良平監修、p.91-102 創森社 (2001)
- 3) 西澤直行、私の地域農業ビジネス化、地域食品開発・商品化支援 ---雑穀産業創出の実現へ向けて---、平成 13 年度日本アグリビジネスセンター、アグリビジネススクール資料 (2001)
- 4) 西澤直行、ヒエ、キビを原料とした雑穀パンの開発―産学官民農の連携、ANNALS, 6, 9-12 (2002)

謝 辞

このような地域の課題をとりあげていただいた文部科学省に対して、深く感謝の意を表するとともに、引き続き地域連携関連分野のプロジェクトを囑望したい。

本研究を実施するに当たり、多くの人々や企業に、協力を得た。原料の栽培、管理、供給に協力いただいた岩手県二戸市の農業高村英世、浄法寺町農業堀口京子氏、また商品開発、事業化では、(株)ベルセンタ-、(有)カナン牧場、和同産業(株)、に謝意を表する。

また、食品開発、起業化(家)・事業化支援、雑穀栽培農機具類の開発は、大学の研究のみではできるものではなく、花巻市起業化支援センター主任研究員 佐藤利雄氏、及び岩手大学地域共同研究センター リエゾン担当・助教授 小山康文氏との連携による支援、コーディネーションが大きな力となった。記して、深謝の意を表する。