

福岡県農業総合試験場特別報告

第 1 9 号

ビール大麦における被害粒耐性品種育成
に関する育種学的研究

平成 1 6 年 3 月

福岡県農業総合試験場

(福岡県筑紫野市大字吉木)

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

NO. 19

Studies on Breeding of Malting Barley for Damaged Grain Tolerance

by

BABA Takahide

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan

March 2004

ビール大麦における被害粒耐性品種育成 に関する育種学的研究

馬 場 孝 秀

2 0 0 4

* 鹿児島大学審査学位論文

序

近年、我が国における麦作をめぐる情勢は大きく変化しており、1998年5月の「新たな麦政策大綱」ならびに2000年3月の「食料・農業・農村基本計画」といった施策を受け、生産現場においては民間流通移行に伴うより一層の高品質安定化、自給率向上達成のための生産の拡大と安定化に向けた対応が求められている。一方、国内における麦類の主産地である北部九州地域は、稲麦二毛作体系を中心に水田農業の振興が図られてきた地域であり、麦類の中でも水稻との作期競合が少ないビール大麦は重要な土地利用型作物として位置づけられている。しかしながら、同地域のビール大麦生産の現状は、収量や品質が不安定であり、特に側面裂皮粒や凸腹粒といった被害粒発生による外観品質の低下が問題となっている。また、現在の播種適期幅は狭いため、生産の拡大を図ることが困難であり、より早い時期から播種可能な品種育成が生産現場から求められている。

本研究は、以上の背景をもとに、早播が可能な被害粒耐性品種の育成を目的として、被害粒耐性品種の選抜上における問題点や耐性評価法について究明したものである。その結果、被害粒耐性評価法の確立、早播適応性の高い被害粒耐性ビール大麦系統の育成といった成果を得たので、ここに特別報告として公表することとした。これらの研究成果は、今後の高品質ビール大麦の品種育成に利用され、良質ビール大麦の安定生産や生産の規模拡大に寄与することを期待するものである。

なお、本報告は福岡県農業総合試験場において、1995年から2002年までに農林水産省指定試験事業「暖地向き醸造用二条大麦新品種の育成」および農林水産省プロジェクト研究「麦類の高品質・早生化のための新品種育成及び品質制御技術に関する緊急研究」の中で実施した試験成績を取りまとめたものである。

本研究の遂行および取りまとめにあたって、ご指導とご助言を頂いた佐賀大学農学部教授野瀬昭博博士、宮崎大学農学部教授續栄治博士、琉球大学農学部教授佐藤茂俊博士ならびに佐賀大学助教授東江栄博士に厚くお礼を申し上げますとともに、福岡県農業総合試験場農産研究所二条大麦育種研究室(現福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム)、栃木県農業試験場栃木分場職員の協力により、成果をあげることができたことを付記し、関係各位に深く感謝の意を表する。

平成16年3月

福岡県農業総合試験場

場 長 今林 惣一郎

目 次

第Ⅰ章 緒 論	1
第Ⅱ章 環境要因および栽培条件が側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生に及ぼす影響	5
第1節 緒 言	5
第2節 年次による側面裂皮粒ならびに凸腹粒発生品種間変動	5
1. 材料および方法	5
2. 結果および考察	6
第3節 播種期、施肥量および出芽本数の違いによる側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生	12
1. 材料および方法	12
2. 結果および考察	13
第4節 摘 要	16
第Ⅲ章 側面裂皮粒発生評価法の確立	17
第1節 緒 言	17
第2節 材料および方法	17
第3節 結果および考察	18
第4節 摘 要	25
第Ⅳ章 登熟期間の降水時期の違いによる凸腹粒発生と凸腹粒耐性検定法の確立	26
第1節 緒 言	26
第2節 登熟期間中の散水時期の違いによる凸腹粒の発生	26
1. 材料および方法	26
2. 結果および考察	27
第3節 登熟後期における断続的な散水处理による凸腹粒耐性検定法	32
1. 材料および方法	32
2. 結果および考察	33
第4節 摘 要	37
第Ⅴ章 被害粒耐性系統の育成およびビール大麦生産における適応性	38
第1節 緒 言	38
第2節 被害粒耐性系統の育成経過および生育特性	38
1. 材料および方法	38
2. 結果および考察	40
第3節 被害粒耐性系統の早播適応性	45
1. 材料および方法	45
2. 結果および考察	46
第4節 摘 要	52
第Ⅵ章 総合考察	54
第Ⅶ章 摘 要	58
引用文献	60
Summary	64

第I章 緒 論

九州地域における麦類の栽培面積は2000年産で46,948haであり、全国栽培面積236,675haの約20%を占め、九州地域は北海道に次ぐ麦産地となっている(農林水産省統計情報部2002)。中でも福岡県、佐賀県を中心とした北部九州地域は、稲麦二毛作体系によって水田農業の振興が行われてきた地域である(桐山1956, 中川1956, 藤井1976)。特に、麦類の中では早生であり水稻との作期競合が少ないビール大麦は重要な土地利用型作物として位置づけられ、同地域の2000年産における生産量は25,335tで、全国生産量の36.6%を占め、九州地域は関東地域と並んでわが国におけるビール大麦の主産地となっている(食糧庁2002)。一方、国内の麦の生産および流通に関する施策として、2000年3月に「食料・農業・農村基本計画」が閣議決定され、麦作においては、より一層の高品質安定化、生産の拡大および安定化と生産コストの低減などが求められており、高品質品種の開発や導入、安定栽培技術の確立、生産の規模拡大が重要な課題となっている(榊2000)。

北部九州地域における麦作は、生育全期間を通して降雨を主とした気象要因による影響を受けやすく(田村1951, 徳永1959, 吉富ら1963, 野々村・中村1966, 桐山・田谷1975, 石丸1978, 浜地・吉田1989a, 農林水産省・気象庁1993)、収量や品質が低下することが問題となっている(桐山ら1964, 吉田・福岡1965, 石丸ら1977, 松江ら1988, 尾形ら1992a, 山本ら1999, 松江ら2000)。特に生産者団体と醸造会社との契約栽培であるビール大麦では、他の麦類と比べてより厳しい検査規格が設定されており、この規格に満たないものはビール大麦としては取り扱われない(野中1971, 北原1981a, 1981b, 農産物検査手帖1999)ため、契約数量未達成の状況が続いている。とりわけ、春先から収穫期にかけて多雨や寡照といった不良気象環境の影響を受けやすい北部九州地域のビール大麦は、もう一つの主産地である関東地域に比べて、外観品質の低下によって規格外麦が発生しやすい(農産園芸局農産課1998)ことが問題となっている。

ビール大麦検査規格の主な検査項目としては、容積重、発芽勢、整粒歩合、被害粒混入率があり、このうち特に検査規格に大きく影響する被害粒としては側面裂皮粒と凸腹粒がある(浜地・吉田1989b, 福岡県米麦品質改善協会1999, 松江ら2000)。

側面裂皮粒(第1図)とは、内外穎の境目が開いた粒のことであり、収穫時の脱穀等による機械的な穀皮の損傷による粒とは異なる(浜地・吉田1989b)。一方、凸腹粒(第1図)とは、縦溝側が膨らみ、縦溝が開いた状態の粒であり、外観でわかりにくい時は縦溝をつめて押すと陥没することで判定できる(浜地・吉田1989b)。これらの被害粒は、外観品質を低下させるだけでなく、側面裂皮粒では過湿条件下での発芽勢の低下程度を示す水感受性(川口1976a)がやや劣り、凸腹粒では発芽勢がやや劣るとともに水感受性が著しく劣ることが報告されている(浜地ら1988)。ビールの原料となる麦芽製造(製麦)は、原麦を一定の水分含量になるまで水に浸し(浸麦)、浸麦した麦を発芽させ(発芽)、その後発芽した緑麦芽を乾燥させる(焙燥)という3工程から成る(川口1976a, 佐々木1990)。このため、ビール大麦には旺盛で斉一な発芽力が求められているが、側面裂皮粒や凸腹粒では、発芽の低下や遅延が生じ、製麦を行う上でも問題となる。

側面裂皮粒の発生について、浜地ら(1989)は、内外穎の長さや幅が急激に増加する止葉展開期～出穂期を含む節間伸長期～出穂期の湿害、日照不足、低温等の不良環境条件下で穎の発育が抑制された場合に穎と子房の大きさにアンバランスが生じ、そのため発生が多くなることを明らかにし、内外穎の長さや幅が短い品種で側面裂皮粒の発生が多い(浜地ら1989)が、正常粒と側面裂皮粒の穀皮の厚さには差がないことを報告した(浜地・吉田1990)。吉川ら(1995a)は、過去の気象条件と側面裂皮粒発生統計的解析から、側面裂皮粒の発生には主として節間伸長期～出穂期の日照不足が関与していることを報告した。栽培条件の違いによる側面裂皮粒発生の差異については、早播ほど

発生が多くなったという報告(浜地ら1988, 吉野ら1992)や多発する品種では多肥条件よりも標肥条件で発生が多かったという報告(吉野ら1992)があり, このうち早播ほど発生が多い原因としては, 浜地ら(1989)が報告したように早播ほど穎の伸長期にあたる止葉展開期～出穂期がより低温で経過することによるものと考えられる。

凸腹粒は, 収穫直前に降雨に遭遇した場合に発生が多い(浜地・吉田 1989b), 成熟期後の降雨による凸腹粒の発生増加は認められない(吉野ら1992), 登熟中後期の100mm近い多雨条件で多発する(福田ら1993)といった報告があり, 気象要因との統計解析から, 登熟後期と成熟期直前に降雨が多い場合に発生が多く, 凸腹粒は成熟期前2週間の間に30mm以上の降水日が2日以上あると多発するとの報告(吉川ら1995a)がある。また, 山口ら(2000)は, 成熟期前2週間から段階的に穂をパラフィン紙で覆い降雨を回避した試験結果から, 成熟期前15日間に1日当たり25mm以上の降雨に穂が2回濡れることによって凸腹粒が発生することを報告した。凸腹粒発生に関する検定法としては, 吉川ら(1995b)が, 早播した材料を成熟期に穂で収穫後浸水処理し, これを乾燥した後脱穀し, 再度浸水処理を行うことによって凸腹粒を発生させる方法を提案しているが, この検定法と多発年の凸腹粒発生が一致しない品種があることを指摘しており, 発生評価に有効な検定法の確立が必要である。栽培条件の違いによる凸腹粒発生の差異については, 発生が比較的多い品種では多肥条件よりも標準施肥条件や晩播で発生が多くなったという報告(吉野ら1992)があるものの, 不明な点も多く, 凸腹粒発生回避技術について明らかにされた報告はみあたらない。また, 尾形ら(1992b)は, 凸腹粒が多発した材料について, 揺動選別機を用い凸腹粒を除去し, 外観品質を向上させることを試みたが, その効果が小さかったことを報告している。

このように, 側面裂皮粒および凸腹粒に関する研究は数多くなされているものの, その評価方法に関する研究は不十分であり, 両被害粒の発生が少ない品種も育成されていない。また, ビール大麦生産におけるこれら被害粒の発生被害に関する報告は, 海外では見あたらない。一方, 国内での報告は, 北海道の春播ビール大麦で側面裂皮粒の発生実態に関するもの(浅山ら1997)があるが, その他の側面裂皮粒発生に関する報告や凸腹粒発生に関する報告は, 北部九州地域においてのみなされているだけである(浜地ら1988, 大石ら1988, 浜地・吉田1989b, 尾形ら1992b, 福田ら1993, 松江ら2000)。このように, ビール大麦生産における側面裂皮粒および凸腹粒の発生被害は, 我が国特有の問題であるが, 特に北部九州地域において顕著であると考えられる。中でも凸腹粒による被害は, ビール大麦の収穫期が入梅期の初めにあたる北部九州で登熟期に降雨に遭遇するような年に多発する(福田ら1993, 吉川ら1995a, 松江ら2000)ことから, 北部九州地域の特徴的な問題であると考えられる。さらに近年わが国の西南暖地向けに育成された高醸造適性品種であるミハルゴールド(吉川ら1997)とほうしゅん(古庄ら1999)は, 従来の品種に比べるとこれら被害粒の総合的な発生程度は少ないが, 早播条件では側面裂皮粒が発生するため, 北部九州地域における播種適期は11月25日～12月5日(馬場ら1998b, 2000)で, 播種適期幅が狭いため, 作付の規模拡大の制限となっている。したがって, 側面裂皮粒が発生しやすい早播条件でも発生が少なく, さらに凸腹粒の発生も少ない特性を有する高醸造適性品種の導入が北部九州地域における良質ビール大麦生産振興を図る上で必要であり, これら被害粒に関して耐性評価法の確立と耐性品種の育成が重要な課題となっている。

筆者は以上の観点から, 側面裂皮粒および凸腹粒に耐性を有する品種育成および生産現場への導入を図る目的で, 被害粒発生の年次による相対的な品種間の変動を明らかにし, さらに栽培条件の違いが被害粒発生に及ぼす影響について解析し, 被害粒耐性品種を選抜するための評価方法について検討を行った。また, 早播・遮光処理による側面裂皮粒の評価法について, 気象条件が異なる複数年にわたって多数の材料を用いる育種場面での実用性について検討を行い, その留意点について明らかにした。凸腹粒に関しては, 登熟期～成熟期のいずれの時期の降雨が凸腹粒発生に最も影響

するのかを明らかにし、登熟後期の断続的な散水处理による有効な評価法を確立した。さらに、確立した評価法を利用して、両被害粒の発生が少ない、収量、外観品質、醸造品質が優れ早播適応性が高いビール大麦系統を育成した。

本研究は、1995年から2002年まで福岡県農業総合試験場農産研究所二条大麦育種研究室(福岡県筑紫野市大字吉木)において、農林水産省指定試験事業「暖地向き醸造用二条大麦新品種の育成」および農林水産省プロジェクト研究「麦類の高品質・早生化のための新品種育成及び品質制御技術に関する緊急研究」として実施した。

本研究の着手、遂行および本論文の取りまとめから作成にあたり、福岡県農業総合試験場農産研究所二条大麦育種研究室長(現福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム長)古庄雅彦博士から終始懇篤なる指導と激励を賜った。

本論文の作成にあたっては、佐賀大学農学部教授野瀬昭博博士から懇切な指導と校閲を、また、宮崎大学農学部教授續栄治博士、鹿児島大学農学部教授富永茂人博士、琉球大学農学部教授佐藤茂俊博士、佐賀大学農学部助教授東江栄博士には校閲を賜った。

研究の遂行にあたっては、福岡県農業総合試験場農産研究所二条大麦育種研究室(現福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム)の山口修氏、同室(現福岡県農業総合試験場バイオテクノロジー部細胞育種チーム)の甲斐浩臣氏、同室(現福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム)の塚崎守啓氏ならびに二条大麦育種研究室(現福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム)の職員の方々に多大の協力と援助をいただいた。また、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構中央農業研究センター北陸研究センター北陸水田利用部長岩野正敬博士、同部畑作物育種研究室伊藤誠治室長には激励をいただいた。栃木県農業試験場栃木分場ビール麦醸造用品質改善指定試験地の方々には麦芽品質の分析をしていただいた。

ここに各位に対し深甚なる感謝の意を表する。



側面裂皮粒



凸腹粒



正常粒

第1図 側面裂皮粒，凸腹粒および正常粒

第Ⅱ章 環境要因および栽培条件が側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生に及ぼす影響

第1節 緒 言

環境の違いによる品種の各種形質に対する反応の差異は、反復のある2元配置あるいは多元配置の分散分析の品種と環境要因との交互作用として検出される(三留1960, Fehr1987)。これまで各種作物について収量や品質に関する品種と年次、場所、栽培条件、土壌条件などの環境条件との交互作用に関する報告は数多くなされている(Jones et al.1960, 松尾・印南1979, 吉田1980, 長峰・和田1982, 佐藤ら1988, Gravois et al.1991, 松江ら1992, 戸田1993, 松江ら1996, Peltonen・Nissilä1996, 大里ら1996, 今林ら1997a, 1997b, Sayre et al.1997, 森下・手塚2002)。ビール大麦においても収量や麦芽品質に関して、品種と環境条件との交互作用についての解析がなされており、最適栽培条件(山野・長野1968, 阿部・野中1969)や品種間の肥料反応(高橋ら1981)の検討、麦芽品質の変動解析(山野1969, 佐々木ら1992, 加藤ら1995)などが行われている。また、育成品種の麦芽品質についての報告もある(古庄ら1997, 馬場ら1998a)。これらの中で、特に麦芽品質の変動解析では、遺伝的要因が麦芽品質に強く影響していることが明らかにされた。したがって、品種と環境条件との交互作用を解析することは、選抜の対象となる形質の特性や選抜方法の検討を行う上で重要であると考えられる。しかし、ビール大麦の被害粒である側面裂皮粒や凸腹粒の発生について、品種と環境条件との交互作用について検討した報告はない。

そこで、本章では側面裂皮粒および凸腹粒に関して、品種と年次との交互作用を解析し、年次による品種間の相対的な差の変動について検討した。また、選抜方法を確立するために栽培条件の違いが被害粒の発生に及ぼす影響についても検討した。

第2節 年次による側面裂皮粒ならびに凸腹粒発生の品種間変動

側面裂皮粒および凸腹粒の発生には、品種間差や年次間差があることが報告されている(浜地ら1988, 吉野ら1992, 福田ら1993, 松江ら2000)が、品種間差や年次間差の相互的な関係について検討された報告はない。

そこで本節では、北部九州を含む西南暖地向きに育成された品種を用い、年次によって側面裂皮粒および凸腹粒発生の品種間の相対的な差がどのように変動するかについて検討した。

1. 材料および方法

1991～1995年(播種年度、以下同様)の5カ年に、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)の砂壤土圃場(前作は水稻)において試験を実施した。供試品種は、同場で育成したニシノゴールド、アサカゴールド、ミハルゴールドの3品種とビール大麦の標準品種であるあまぎ二条の計4品種であった。ニシノゴールド、アサカゴールド、ミハルゴールドは、各々1986, 1990, 1995年に育成され、それぞれあまぎ二条と比べると熟期や被害粒発生の点で次の特性を有する。ニシノゴールドは成熟期は2～3日早く、側面裂皮粒の発生は多いが、凸腹粒の発生は少ない(伊藤ら1987)。アサカゴールドは成熟期は2～3日早く、側面裂皮粒の発生はわずかであるが、凸腹粒はやや発生する(吉田ら1991)。ミハルゴールドは成熟期は同程度か1日遅く、側面裂皮粒はわずかに発生するが、凸腹粒の発生は

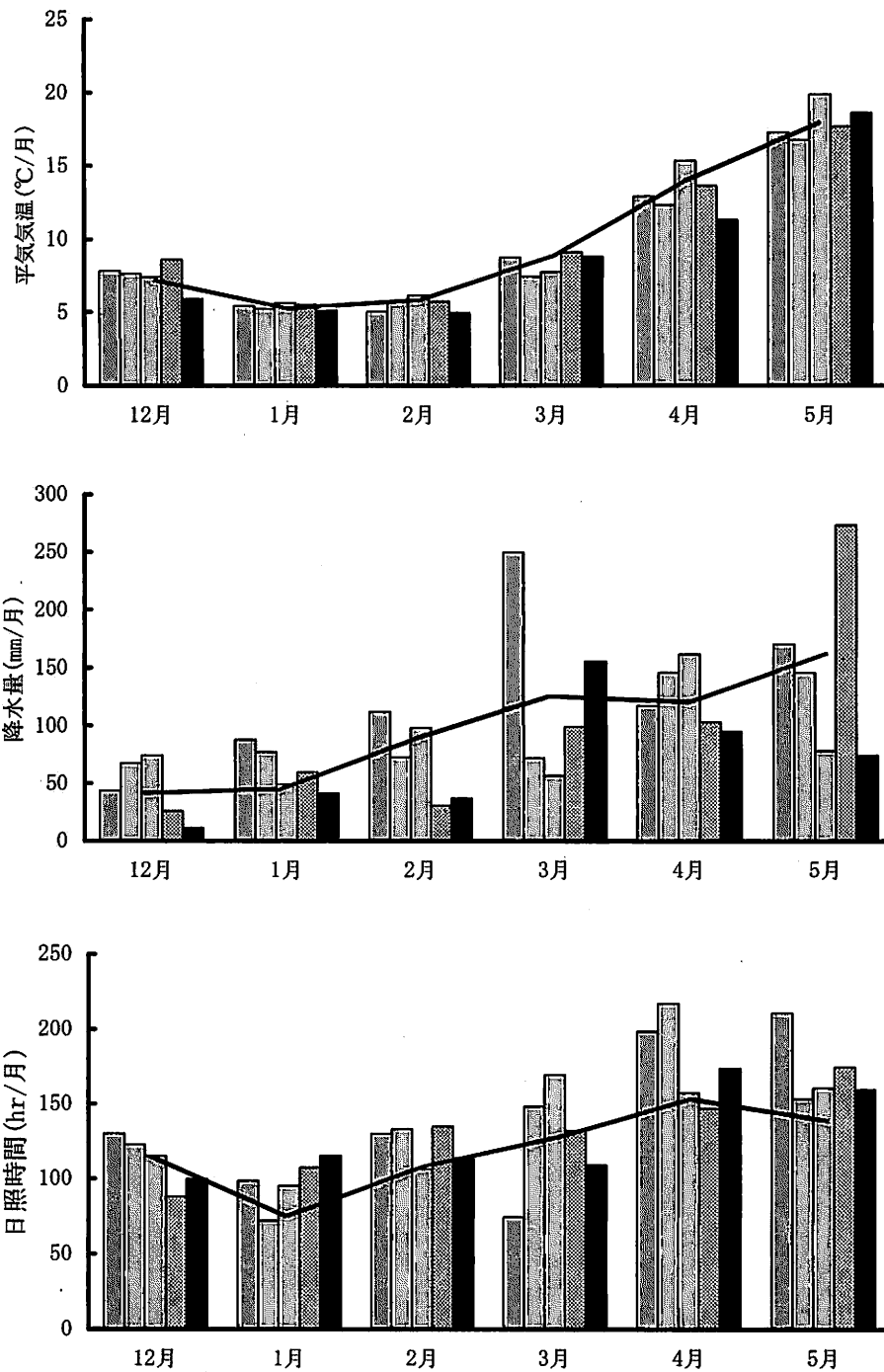
少ない(吉川ら1997)。なお、あまぎ二条は、側面裂皮粒はほとんど発生しないが、凸腹粒の発生は多い。栽培方法は5カ年とも同様で、播種は1993年の12月2日を除いては、11月下旬に行った。播種方法は畦幅150cm、条間30cmの4条ドリル播で行い、出芽本数は m^2 当たり150本とした。また、施肥量は、a当たり窒素成分で基肥0.6kg、追肥0.3kgとした。試験区は、1区が 15m^2 で、3反復の乱塊法で行った。

側面裂皮粒発生率、凸腹粒発生率および検査等級について調査を行った。各反復ごとに採取した整粒(粒厚2.5mm以上の粒)500粒について被害粒発生率を調査した。また、検査等級の判定は、福岡食糧事務所の検査により、1等、2等、等外上および規格外の等級格付けをさらに分級し、1(1等上)~4(2等上)~7(等外上上)~10(規格外)の10段階とした。以上の数値について品種と年次の交互作用を処理・年次2元配置法の分散分析(三留1960)に基づき求めた。なお、被害粒では、その発生割合を逆正弦変換(スネデカー・コ克蘭1967)した値を用いた。また、各年次の分散分析の値を併合するにあたっては、各年次の分散分析の誤差分散について、分散の一様性についてのBartlettの検定(スネデカー・コ克蘭1967)を実施した。

2. 結果および考察

1) 気象および生育状況

試験期間中の平均気温、降水量および日照時間(福岡県太宰府アメダス観測データ1991~1995年)を第2図に示した。1991年における出穂期までの気温は平年より 1°C 高く、暖冬であった。節間伸長期の3月の降水量は平年の約2倍であり、著しい寡照となった。登熟期の天候は、5月上旬に大雨があったものの日照時間は多く、比較的良好であった。しかし、3月の降雨により圃場が過湿状態となり湿害を受け、整粒歩合(粒厚2.5 mm以上の粒の割合)は著しく低下し、少収となった。また、外觀品質はやや不良であり、ニシノゴールドでは側面裂皮粒が多発した。1992年は、出穂期までの気温は2月中旬までは高かったが、その後は低温で経過した。降水量は平年より25%程度少なかった。登熟期は、やや低温で経過し、降水量は少なく登熟は良好であった。収量はやや高く、外觀品質は被害粒の発生が極微で良好であった。1993年は、出穂期までは平年より 1°C 高い暖冬で、降水量は平年並であった。登熟期は、気温が平年より 2°C 高く、降水量は平年の50%と少雨で、好天のため登熟は良かった。5カ年のうちで最も千粒重が重く、また整粒歩合も高かった。被害粒の発生は少なく、外觀品質は良好であった。1994年は、出穂期までは気温が平年より 1°C 高く、少雨で、生育は旺盛であった。分けつ期の気温が高くしかも少雨であったことから5カ年の中で穂数は最も多かった。節間伸長期である3月は寡照であった。登熟期は、気温は平年並であったが、降水量が平年より約60%多く、しかも集中した降雨があったため倒伏がみられた。倒伏が顕著であったのはあまぎ二条で、無、微、少、中、多、甚の6段階評価で、倒伏程度は多であった。その他3品種の倒伏程度は少であった。このように登熟期の多雨により、全供試品種とも登熟は不良となり、整粒歩合が低下したが、穂数が多く確保されたことから、収量は多かった。また、ニシノゴールドでは側面裂皮粒、アサカゴールドとあまぎ二条では凸腹粒が多発した。さらに成熟期の降雨による粒の退色により、検査等級は全ての品種とも規格外に格付けされた。1995年は、出穂期までは低温で経過した。特に3月下旬~4月下旬は平年より 1.8°C 低く経過したために出穂期は平年より10~14日程度遅れた。降水量は、平年の85%で少雨であった。登熟期は、気温は平年より 1°C 高く、降水量は平年の50%程度で高温多照で経過し、登熟は良好であった。成熟期は遅れたものの、生育量は多く5カ年のうちで最も多収となった。被害粒の発生は少なく、粒色は優れ、外觀品質は極めて良かった。全品種とも1等に格付けされた。



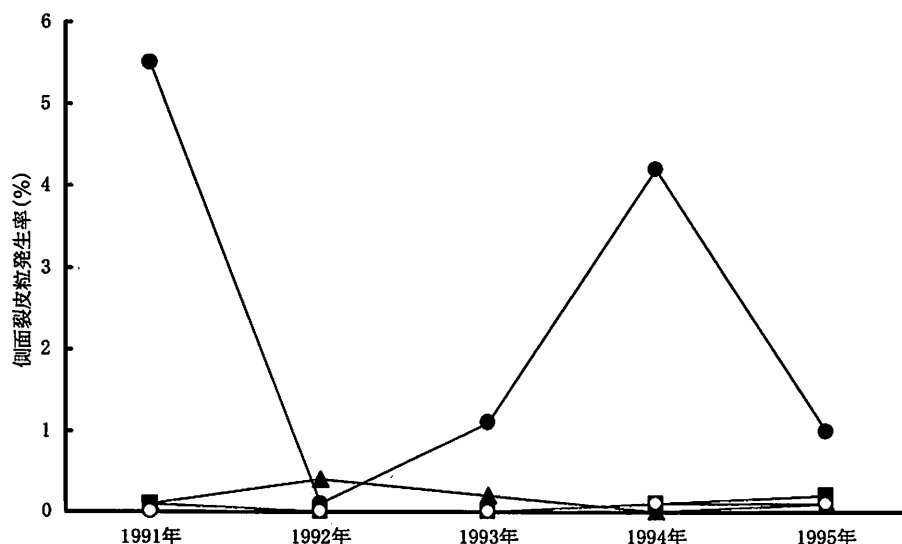
第2図 試験年次の平均気温，降水量および日照時間

□：1991年，▣：1992年，▤：1993年，▥：1994年，■：1995年，—：平年値。

2) 側面裂皮粒発生率の年次による品種間変動

各品種の年次ごとの側面裂皮粒発生率を第3図に示した。側面裂皮粒発生率が最も低かったのはあまぎ二条で、その平均値は0.04%、標準偏差は0.04%であった。ニシノゴールド、アサカゴールド、ミハルゴールドの側面裂皮粒発生率の平均値は、各々2.4、0.1、0.2%で標準偏差は各々2.1、0.1、0.1%であった。4品種のうちニシノゴールドは側面裂皮粒の発生が最も多く、その変動が最も大きかった。特に節間伸長期が寡照となった1991年と1994年に発生が多かった。また、ミハルゴールドは、平均値ではニシノゴールドよりも発生が少なかったものの、節間伸長期～出穂期に当たる3～4月が低温であった1992年にはニシノゴールドよりも発生が多かった。側面裂皮粒の発生は穎と子房の生長のバランスが崩れることが原因で、主に節間伸長期～出穂期の日照不足や低温が影響していると考えられている(浜地ら1989, 吉川ら1995a)ものの、本研究の結果から、ニシノゴールドでは節間伸長期の日照が、ミハルゴールドでは節間伸長期～出穂期の気温が穎の発達に大きく影響しているものと考えられ、品種によってその発生に影響を及ぼす気象要因が異なることが示唆された。

分散の一様性の検定の結果、各年次の分散分析の誤差分散は同様であった(第1表)。5年間の4品種における側面裂皮粒発生率について分散分析を行った結果を第2表に示した。品種間差は1%水準で有意であり、年次間差は有意ではなかった。品種と年次との交互作用は1%水準で有意であった。このことは、年次によって側面裂皮粒発生における品種間の相対的な差が異なることを示しており、通常の品種比較試験では、側面裂皮粒発生の品種間差の評価を行うことが困難であることが明らかとなった。また、品種間の平均平方値は、年次間や交互作用より大きかったが、これはニシノゴールドの側面裂皮粒の発生が他品種よりはるかに大きかったことによるものと考えられる。さらに発生が多かった1991年と1994年の2カ年について分散分析を行った結果、交互作用は検出されず品種間差のみが有意となった(第3表)。このことから、節間伸長期～出穂期に低温や寡照といった側面裂皮粒が発生しやすい条件で試験を行うことで、年次が異なっても品種の側面裂皮粒発生の評価が可能であるものと考えられる。



第3図 年次別の各品種の側面裂皮粒発生率

● : ニシノゴールド, ■ : アサカゴールド, ▲ : ミハルゴールド, ○ : あまぎ二条。

第1表 各形質についての年次別分散分析の誤差分散と一様性の検定結果

形 質	誤差分散					χ^2 値	P
	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年		
側面裂皮粒発生率	3.04	2.02	2.00	1.67	2.66	0.66	0.9<
凸腹粒発生率	0.55	0.00	0.62	5.40	0.27	12.71	*
検査等級	0.08	0.08	1.64	0.00	0.08	11.83	*

*: 5%水準で有意。

第2表 品種と年次を要因とした側面裂皮粒発生率, 凸腹粒発生率および検査等級についての分散分析

要因	側面裂皮粒発生率		凸腹粒発生率		検査等級	
	df	ms	df	ms	df	ms
ブロック	10	1.79ns	6	0.48ns	6	0.08ns
品種	3	170.73**	3	1.18ns	3	7.66ns
年次	4	15.78ns	2	0.12ns	2	164.78**
交互作用	12	21.23**	6	1.25ns	6	3.63**
誤差	30	2.28	18	0.48	18	0.08

df: 自由度, ms: 平均平方, **: 1%水準で有意, ns: 5%水準で有意性なし。
各年次の誤差分散の一様性の検定の結果, 凸腹粒では1992年と1994年において, 検査等級では1993年と1994年においてそれぞれ2カ年の分散が他の年次と異なったため, 分散分析から除外した。

第3表 1991, 1994年の2カ年における4品種の側面裂皮粒発生率についての分散分析

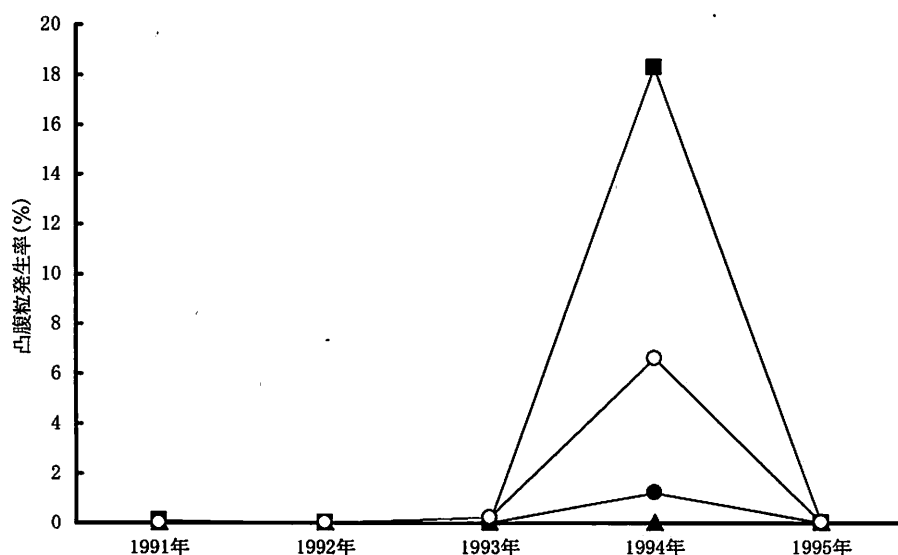
要因	df	ms
ブロック	4	0.62ns
品種	3	231.86**
年次	1	0.52ns
交互作用	3	2.68ns
誤差	12	2.35

df: 自由度, ms: 平均平方, **: 1%水準で有意, ns: 5%水準で有意性なし。

3) 凸腹粒発生率の年次による品種間変動

各品種の年次ごとの凸腹粒発生率を第4図に示した。凸腹粒の発生が最も少なかったのはミハルゴールドで、5年間全く発生が認められなかった。他の3品種は、1992年には発生がなかったものの、発生が顕著であった1994年以外にもごくわずかながら発生がみられた。ニシノゴールド、アサカゴールド、あまぎ二条の凸腹粒発生率の平均値は、各々0.2, 3.7, 1.4%で、標準偏差は各々0.4, 7.3, 2.7%であった。5年間のうち、凸腹粒が多発したのは1994年で、その発生はアサカゴールドとあまぎ二条で顕著であった。1994年は他の4カ年と比較すると登熟期である5月の降水量がかなり多く、しかも集中した降雨があったことから、これまでの報告(福田ら1993, 吉川ら1995a)にあるように登熟期の降雨が凸腹粒の発生に関与していることが示唆された。

各年次の誤差分散の一様性の検定では、1992年は分散がなく、1994年は分散が大きく、他の年次と異なった(第1表)。この2カ年を除外した分散の一様性を検定すると、 $\chi^2=0.07$ ($P>0.9$)となり、各年次の分散は一様であった。1992, 1994年を除外した凸腹粒発生率の分散分析の結果、品種間差、年次間差ともに有意性はなかった(第2表)。また、品種と年次の交互作用は検出されなかった。しかし、凸腹粒が多発した1994年のみについて分散分析を行うと品種間差が有意となった(第4表)。分散分析の値を併合できた1991, 1993, 1995年の登熟期の降水量は平年並みかそれ以下であり、このような年次のみでの試験では凸腹粒発生の品種間差を判定することは不可能であることが明らかとなった。一方、登熟期の降水量が多かった1994年には凸腹粒が多発し、しかも発生の品種間差が明らかとなったことから、登熟期の降雨と凸腹粒発生の関係を解析し、凸腹粒が発生しやすい条件を明らかにすることで、これを選抜に利用できる可能性が示唆された。



第4図 年次別の各品種の凸腹粒発生率

—●— : ニシノゴールド, —■— : アサカゴールド, —▲— : ミハルゴールド, —○— : あまぎ二条。

第4表 1994年における4品種の凸腹粒発生率についての分散分析

要因	df	ms
ブロック	2	16.39ns
品種	3	374.39**
誤差	6	5.40

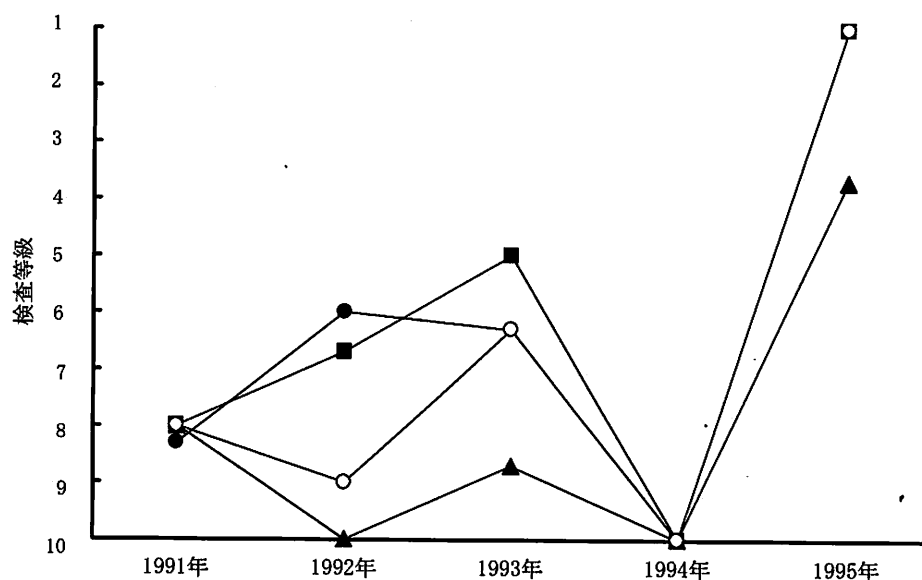
df：自由度，ms：平均平方，**：1%水準で有意，

ns：5%水準で有意性なし。

4) 検査等級の年次による変動

各品種の年次ごとの検査等級を第5図に示した。検査等級が最も良かったのはアサカゴールドで、その平均値は6.1、標準偏差は3.0であった。ニシノゴールド、ミハルゴールド、あまぎ二条の検査等級の平均値は、6.3、8.0、6.9で、標準偏差は各々3.0、2.5、3.2であった。4品種のうちでニシノゴールド、アサカゴールドは平均的には検査等級が良かったが、1991年と1994年は検査等級が低下した。これは、1991年と1994年のニシノゴールドでは側面裂皮粒の発生が、1994年のアサカゴールドでは凸腹粒の発生が影響していたものと考えられる。

各年次の誤差分散の一樣性の検定では1993年は分散が大きく、1994年は分散がなく、他の年次と異なった(第1表)。この2カ年以外の誤差分散は全て等しかった。1993年、1994年を除外した検査等級の分散分析の結果を第2表に示した。品種間差に有意性はなく、年次間差は1%水準で有意となった。品種と年次の交互作用は1%水準で有意となった。また、年次間の平均平方の値が、品種間や



第5図 年次別の各品種の検査等級

検査等級：1(1等上)～4(2等上)～7(等外上上)～10(規格外)。

●：ニシノゴールド，■：アサカゴールド，▲：ミハルゴールド，○：あまぎ二条。

交互作用よりもはるかに大きかった。以上のように検査等級では、交互作用が検出されたものの、主効果である品種間では有意差は認められず、さらに年次間の平均平方の値が、品種間や交互作用よりも大きかった。このことは、検査等級は年次によって品種の相対的な差が変動する上に年次間差が品種間差よりも明らかに大きく、その品種間差を評価することが困難であることを示している。検査等級は、収穫された穀粒の外観品質を総合的に判定するものであり、生育期間中の気象条件やそれによって変動する粒の充実度や被害粒の発生程度、粒の退色程度など様々な要因によって影響を受ける。これらの中でも粒の退色程度は収穫期の降雨の有無によって大きく異なる。このため、検査等級が優れる品種を選抜するためには、検査等級の累年成績による判断と併せて、被害粒の発生が少ない系統を選抜することが重要であると考えられる。

第3節 播種期、施肥量および出芽本数の違いによる側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生

播種期、施肥量、播種量といった栽培条件の違いによる側面裂皮粒および凸腹粒発生の差異については、これまでにいくつかの報告がある(吉野ら1992, 福田ら1993, 横尾・松雪1993)。しかし、これらの報告では、各栽培条件の違いによる被害粒発生の差異が考察されているのみで、それぞれの栽培条件が被害粒発生に及ぼす影響や交互作用については明らかにされていない。前節において、側面裂皮粒および凸腹粒の発生評価のためには、それぞれの被害粒が発生しやすい条件下で試験を行うことが重要であることを明らかにしたが、これらの試験を実施する場合においても、被害粒の発生を助長するような栽培条件を明らかにし、最適な栽培条件で試験を実施することが必要である。中でも播種期、施肥量および播種量は、栽培条件を検討する上で重要な要因であると考えられる。

そこで本節では、選抜法確立を目的として、被害粒発生に及ぼす播種期、施肥量および出芽本数の影響について検討した。

1. 材料および方法

1994, 1995, 1996, 1998年の4カ年に、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)の砂壤土圃場(前作は水稻)において試験を実施した。1994, 1995年には供試品種としてミハルゴールド(吉川ら1997)を用いた。1994年には、播種期は11月15日, 11月21日, 11月28日, 12月5日の4水準, 施肥量はa当たり窒素成分で基肥0.6+追肥0.3kgと基肥0.8+追肥0.4kgの2水準の区を設けた。なお、出芽本数は、11月15日, 11月21日, 11月28日播では m^2 当たり150本, 12月5日播で200本とした。1995年には、播種期は11月15日, 11月30日, 12月15日の3水準, 出芽本数は m^2 当たり100本, 150本, 200本の3水準の区を設けた。施肥量は窒素成分でa当たり基肥0.6+追肥0.3kgとした。1996, 1998年には供試品種としてほうしゅん(古庄ら1999)を用いた。1996年には、播種期は11月15日, 11月29日, 12月16日の3水準, 出芽本数は m^2 当たり100本, 150本, 200本の3水準とした。1998年には、播種期は11月26日, 12月4日, 12月16日の3水準, 出芽本数は m^2 当たり150本, 200本, 250本の3水準とした。また、施肥量は2カ年とも窒素成分でa当たり基肥0.6+追肥0.3kgとした。いずれの試験とも播種方法は畦幅150cm, 条間30cmの4条ドリル播とし、1区の試験面積 7.5m^2 で、分割区法(三留1960)により3反復で実施した。被害粒の調査は、各反復ごとに採取した整粒(粒厚 2.5mm 以上の粒)500粒について被害粒発生率を調査し、分散分析にはその発生割合を逆正弦変換(スネデカー・コ克蘭1967)した値を用いた。なお、福岡県におけるミハルゴールドの標準的な栽培法は、播種期11月25~30日, m^2 当たり目標出芽本数150本, 施肥量は窒素成分でa当たり基肥0.6+追肥0.3kgである。一方、ほうしゅん

の標準的な栽培法は、播種期12月1～5日、 m^2 当たり目標出芽本数150本、施肥量は窒素成分で a 当たり基肥0.6+追肥0.3kgである。

2. 結果および考察

1) 気象および生育概況

1994年は、播種後3月上旬までは高温少雨で経過し、生育は旺盛であったが、4月上旬～中旬は低温で経過したため、出穂期はほぼ平年並みとなった。登熟期間中の気温はやや低温で、降水量は平年より60%程度多く、しかも集中した降雨があったことにより、倒伏が発生した区もあった。成熟期は平年より3日程度遅れた。また、被害粒の多発、降雨による退色により検査等級は著しく低下したが、収量は多かった。1995年は、播種期～出穂期は低温少雨で経過した。特に3月上旬～4月下旬は平年より $1.7^{\circ}C$ 低く経過したために出穂期は平年より約2週間遅れた。登熟期は、気温は平年より約 $1^{\circ}C$ 高く、降水量は平年より60%程度少なく、高温多照で経過した。成熟期は平年より10日程度遅れた。また、登熟は良好で検査等級は良かった。しかし、12月15日播で成熟期が遅れた試験区では、降雨による退色が生じ外観品質が劣ったため、検査等級が低下した。1996年は、3月下旬まで高温少雨で経過したため、生育は旺盛で穂数は平年より多かった。出穂期は平年より2～3日早かった。登熟期間中の降水量および日照時間は平年並みであったが、5月上中旬の降雨により倒伏がわずかに発生した試験区もあった。11月中に播種した試験区では側面裂皮粒が多発した。成熟期は、登熟期間中がやや高温で経過したため、平年より3～4日早かった。収量はほぼ平年並であった。1998年は、3月中旬まで高温少雨で経過したため、生育は旺盛で穂数が多かった。出穂期は平年より1週間程度早かった。登熟期間中も天候は安定し、登熟は良好であった。しかし、4月中旬の風雨により生育が旺盛な試験区では倒伏が発生した。成熟期は平年より3日程度早かった。検査等級は、粒色が良く、被害粒の発生も少なかったため、良好であった。収量は、穂数が多く、登熟も良好であったことから多かった。

2) 播種期、施肥量および出芽本数がミハルゴールドの側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生に及ぼす影響

第5表に1994年と1995年のミハルゴールドにおける播種期、施肥量、出芽本数別の側面裂皮粒および凸腹粒の発生を、第6表にこれらの分散分析の結果を示した。側面裂皮粒の発生は、1994年では播種期が早くなるほど発生が多くなり、11月15日播と11月28日播および12月5日播の間、11月21日播と12月5日播との間で有意な差がみられた。施肥量の違いによる差はみられなかった。播種期と施肥量の交互作用は検出されなかった。1995年では1994年と同様、播種期が早くなるほど発生が多くなる傾向にあり、11月15日播と11月30日播との間で有意な差がみられた。出芽本数の違いによる差はみられなかった。1995年には播種期と出芽本数の交互作用が検出された。これは、11月30日播と12月15日播では、出芽本数の違いによって側面裂皮粒の発生に差はなかったものの、11月15日播では、出芽本数100本の区が0.9%の発生に対して、出芽本数150本、200本の区がそれぞれ1.8%、1.9%と多かったことによるものであった。以上のように、側面裂皮粒では、いずれの年次においても播種期間差が有意であり、施肥量間差や出芽本数間差が有意ではなかった。また、1995年では播種期の平均平方の値は、交互作用の平均平方の値よりも大きかった。このことから、側面裂皮粒の発生は施肥量や出芽本数よりも播種期の違いによる影響を強く受け、早播によって発生が増加するものと考えられる。したがって、側面裂皮粒の発生評価法を検討するに当たっては、早播にすることが重要で、施肥量や出芽本数については留意すべき点は少ないものと考えられる。

凸腹粒の発生は、1994年では播種期が早くなるほど発生が多くなり、11月15日播と11月28日播お

第5表 播種期、施肥量および出芽本数の違いによるミハルゴールドの側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生

試験 年次		側面裂皮粒 発生率	凸腹粒 発生率
1994年	播種期	**	**
	11月15日	3.2c	7.1b
	11月21日	2.1bc	2.6ab
	11月28日	1.1ab	0a
	12月 5日	0.5a	0a
	施肥量	ns	ns
	0.6+0.3	1.7	2.3
	0.8+0.4	1.7	2.5
	交互作用	ns	ns
1995年	播種期	*	—
	11月15日	1.5b	0a
	11月30日	0.3a	0a
	12月15日	0.5ab	0a
	出芽本数	ns	—
	100本	0.7a	0a
	150本	0.8a	0a
	200本	0.9a	0a
	交互作用	**	—

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。
各平均値に付けた同一英文字間には, TUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

第6表 播種期、施肥量および出芽本数を要因としたミハルゴールドにおける側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生率についての分散分析

試験 年次	要因	平均平方	
		側面裂皮粒発生率	凸腹粒発生率
1994	ブロック	1.40ns	37.37ns
	播種期	45.14**	307.26**
	施肥量	0.24ns	0.38ns
	交互作用	1.55ns	0.33ns
1995	ブロック	0.32ns	—
	播種期	46.25**	—
	出芽本数	1.71ns	—
	交互作用	5.68**	—

** : 1%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。

よび12月5日播との間で有意な差がみられた。一方、施肥量の違いによる差はみられなかった。播種期と施肥量の交互作用は検出されなかった。1995年では、いずれの試験区においても凸腹粒の発生は全くなく、播種期と出芽本数の影響については検討できなかった。以上のことから、凸腹粒は施肥量よりも播種期の影響を強く受けるものと考えられる。ただし、1994年には播種期が早いほど発生は増加したが、1995年には播種期が早いものでも発生がみられなかったこと、1994年では凸腹粒が多発した試験区がみられたのに対し1995年では全く発生がなかったことから、播種期などの栽培条件よりも年次間の影響が大きいことが推察される。特に登熟期間中の降水量が1994年では多く、1995年では少なかったことから、既報(福田ら1993, 吉川ら1995a)にあるように登熟期間中の降水量の影響を強く受けるものと考えられる。また、多発した1994年でも播種期の違いによって、発生の多少が異なることから、降雨時期も重要であると考えられる。したがって、凸腹粒の発生評価法を検討するに当たっては、施肥量よりも登熟期間中の降水量や時期について検討することが重要であると考えられる。

3) 播種期および出芽本数がほうしゅんの側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生に及ぼす影響

第7表に1996年、1998年のほうしゅんにおける播種期、出芽本数別の側面裂皮粒および凸腹粒の発生を示した。側面裂皮粒の発生は、1996年では播種期が早いほど発生が多く、11月15日播および

第7表 播種期および出芽本数の違いによるほうしゅんの側面裂皮粒ならびに凸腹粒の発生

試験 年次		側面裂皮粒 発生率	凸腹粒 発生率
1996年	播種期	**	**
	11月15日	6.5b	1.1a
	11月29日	6.9b	2.8b
	12月16日	1.0a	0.2a
	出芽本数	ns	ns
	100本	4.8a	1.4a
	150本	5.0a	1.4a
	200本	4.6a	1.3a
	交互作用	ns	ns
1998年	播種期	*	**
	11月26日	1.0b	0a
	12月4日	0.1a	0a
	12月16日	0.4ab	0.3b
	出芽本数	ns	ns
	150本	0.4a	0.03a
	200本	0.6a	0.1a
	250本	0.5a	0.2a
	交互作用	ns	ns

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。

各平均値に付けた同一英文字間には、TUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

11月29日播と12月16日播との間で有意な差がみられた。また、1998年にも1996年同様播種期が早いほど発生が多い傾向にあり、11月26日播と12月4日播との間に有意な差がみられた。いずれの年次も出芽本数による差はなく、交互作用も検出されなかった。したがって、ほうしゅんにおいてもミハルゴールドと同様、側面裂皮粒発生には播種期の影響が大きく、早播によって発生が増加する傾向にあり、側面裂皮粒発生評価法を検討するに当たっては、出芽本数よりも播種時期に留意することが重要であると考えられる。凸腹粒の発生は、1996年は11月29日播に発生が多く、11月15日播および12月16日播との間で有意な差がみられた。1998年は12月16日播でわずかであるが発生し、11月26日播および12月4日播との間で有意な差がみられた。両年とも出芽本数によって発生に差はなかった。凸腹粒の発生には、側面裂皮粒の発生と同様、播種期の影響が大きいものと考えられる。ただし、2カ年の播種期の早晚と凸腹粒発生の多少との関係は一定ではなく、ミハルゴールドと同様年次間差があり、5月上中旬に降雨がみられた1996年に発生が多く、登熟期に天候が良かった1998年には発生が少なかった。また、播種期の違いによって発生の多少が異なることから、検定法の確立に当たっては、登熟期間中の降水の時期や量を検討することが重要であると考えられる。

第4節 摘 要

品種と年次との交互作用を解析し、年次による品種間の被害粒発生の相対的な差の変動について検討した。また、発生評価法確立のために栽培条件の違いがこれら被害粒の発生に及ぼす影響について検討した。

- 1) 側面裂皮粒発生は、品種と年次との交互作用が1%水準で有意であり、年次によって品種の相対的な差が異なることが明らかとなった。また、節間伸長期～出穂期に低温や寡照といった側面裂皮粒が発生しやすい条件で試験を行うことで、年次が異なっても品種の側面裂皮粒発生の評価が可能であるものと考えられた。
- 2) 凸腹粒では、少雨年では品種間差、年次間差ともに有意性はなく、また、品種と年次の交互作用は検出されなかった。したがって、その品種間差を評価することは困難であった。しかし、発生の多い多雨年では品種間差が有意であったことから、登熟期の降雨と凸腹粒発生の関係を解析し、凸腹粒が発生しやすい条件を明らかにすることで、これを選抜に利用できる可能性が示唆された。
- 3) 側面裂皮粒の発生は、施肥量や出芽本数よりも播種期の違いによる影響を強く受け、早播によって発生が増加した。したがって、側面裂皮粒の発生評価法を検討するに当たっては、早播とすることが重要であると考えられた。
- 4) 凸腹粒の発生は、施肥量や出芽本数よりも播種期の違いによる影響を強く受けた。しかし、発生の年次間差が大きく、登熟期の降水量が多い年での発生が多いこと、播種期の早晚と発生の多少に一定の傾向はないことから、発生評価法を確立するに当たっては、登熟期間中の降水の時期や量を検討することが重要であると考えられた。

第Ⅲ章 側面裂皮粒発生評価法の確立

第1節 緒 言

側面裂皮粒は、穎と子房の生長バランスが崩れることによって発生する被害粒で、穎の伸長が盛んな節間伸長期～出穂期に植物体を寡照や低温条件下で栽培した場合に穎の発育が抑制されるため、発生が助長されることが報告されている(浜地ら1989)。また、前章で節間伸長期～出穂期に低温や寡照といった側面裂皮粒が発生しやすい条件で試験を行うことで、年次による交互作用の影響を避け、側面裂皮粒発生が少ない品種を選抜できる可能性があることを示唆した。さらに栽培条件のうち播種期が発生に関与しており、早播で発生が増加することを考察した。したがって、早播と節間伸長期～出穂期での寡照条件とを組み合わせた処理が側面裂皮粒発生の評価に有効であると考えられる。これまでに早播と寡照条件とを組み合わせた側面裂皮粒発生の検定法については、吉川ら(1995b)の報告があるが、育種の実用場面における側面裂皮粒の評価や選抜についての検討はない。

そこで、本章では早播と遮光処理を組み合わせた手法による側面裂皮粒の発生評価法について検討するとともに、本手法を利用して側面裂皮粒に耐性のある有望品種の選定を行った。

第2節 材料および方法

供試材料には、国内ビール大麦26品種(第9図)を用い、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)の砂壤土水田圃場において、1998年、1999年および2000年にそれぞれ2反復で試験を行った。播種期は、1998年が11月11日、1999年が11月10日、2000年が11月8日の早播とした。施肥量は、基肥を窒素、リン酸、カリでそれぞれa当たり0.6kg、追肥を本葉の5葉期に窒素およびカリでa当たり0.3kg施用した。播種様式は、条間25cm、株間5cmの1粒点播とし、いずれの供試材料も10粒ずつ播種した。遮光処理は、試験圃場全体を黒色寒冷紗で地上約160cmの高さで覆い50%の遮光を行った(第6図)。遮光期間は、全供試品種とも節間伸長期～出穂期の約1ヶ月間(1998年が3月10日～4月12日、1999年が3月13日～4月16日、2000年が3月12日～4月11日)を遮光した。さらに1998年には11月24日の適期播種で遮光処理を行わない区を設け、2反復で試験を行った。

各品種10個体のうち生育が中庸な3個体を選び、成熟期に収穫し、十分に天日乾燥させて脱粒した。内外穎の境目が開いた状態の粒を側面裂皮粒とし、全着粒数(500～1000粒)に対する側面裂皮粒の発生粒率を調査した。また、出穂期、成



第6図 早播・遮光処理区の遮光処理

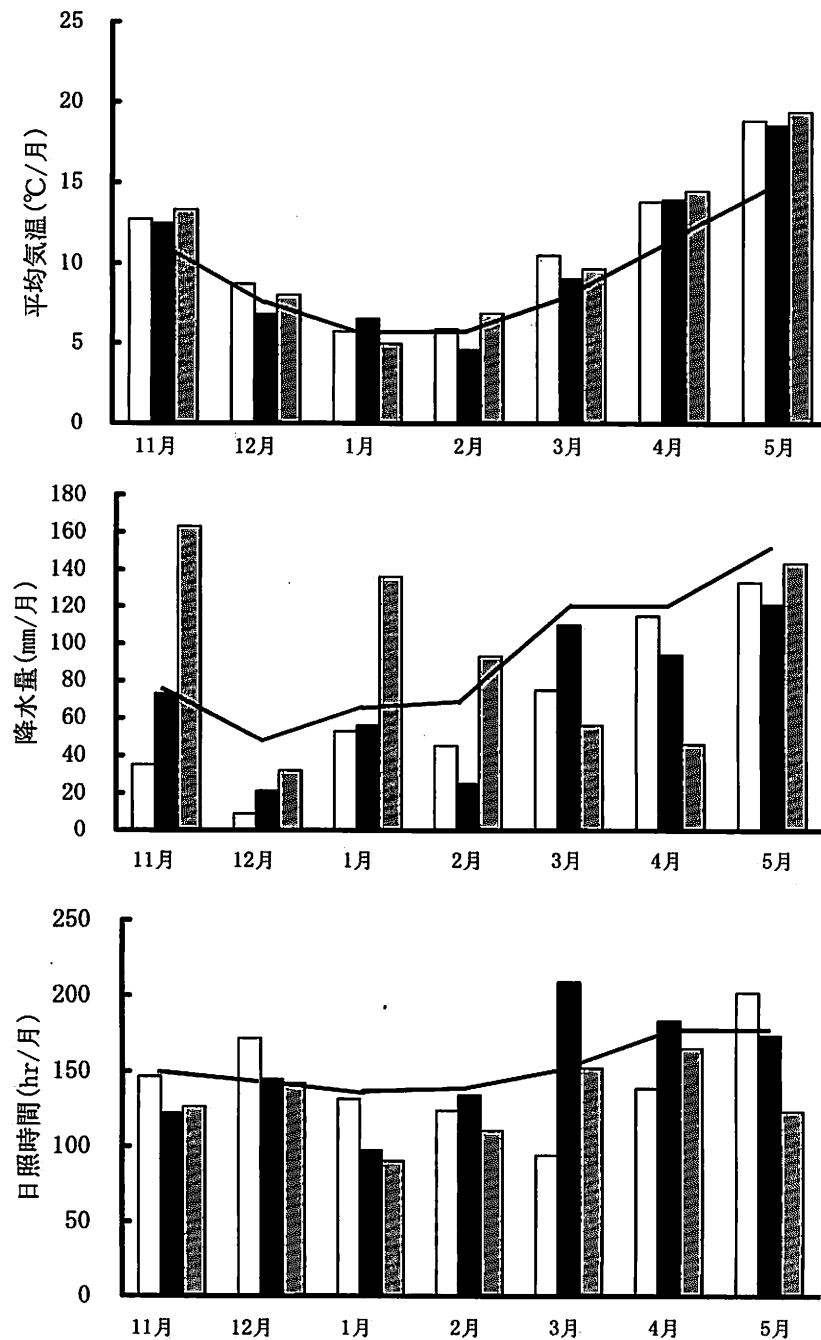
熟期、千粒重および子実重(個体当たり子実重、以下同じ)も併せて調査した。なお、粒の損傷や剥皮の発生を防ぐため、脱粒は穂を手もみして行った。早播・遮光処理による側面裂皮粒の品種間差

の分散分析には、側面裂皮粒発生率を逆正弦変換した値を用いた。

第3節 結果および考察

1) 試験年次における気象概況

試験期間中の平均気温、降水量および日照時間(福岡県太宰府アメダスデータ)を第7図に示した。



第7図 試験期間中の平均気温、降水量および日照時間

□ : 1998年, ■ : 1999年, ▨ : 1998-1999年 平均値。

1998年は、生育期間全般を通じて平均気温は平年並みかやや高めに推移し、3月は平年より1.6℃高かった。降水量は1月、4月はほぼ平年並であったが、その他は少なかった。生育期間中の降水量は平年の約70%と3カ年中最も少なかった。日照時間は、播種期～分けつ期頃の11月～2月と登熟期の5月は平年より多照であったが、節間伸長期～穂揃期頃の3月～4月は平年の約75%と寡照であった。1999年は、平均気温は平年より1月で高く2月で低かったが、その他の期間はほぼ平年並に推移した。降水量は、11月、1月および3月はほぼ平年並であったが、その他の期間は少なく、生育期間中の降水量は平年の約75%と1998年同様少雨年であった。日照時間は、1月を除いては平年並か多照に経過し、3カ年中最も多かった。節間伸長期頃の3月の日照時間は平年の約145%と特に多かった。2000年は、平均気温は生育期間全般を通じて平年よりやや高めに推移し、3カ年中最も高かった。降水量は、11月～2月の生育前半には平年の約170%と多かったが、その後は少雨で経過し特に3月～4月は平年の約40%と少なかった。生育前半の降水量が多かったことから生育期間中の降水量は3カ年中最も多かった。日照時間は、分けつ期頃の1月と2月、登熟期頃の5月で少なかったが、節間伸長期頃の3月を含めその他はほぼ平年並に推移した。生育期間中の日照時間は平年の約90%と3カ年中最も少なかった。

2) 供試品種の生育概況と側面裂皮粒発生に及ぼす早播・遮光処理の影響

3カ年とも全供試品種の出芽は良好であった。第8表に各試験年次の出穂期、成熟期、千粒重および子実重の26品種平均値および標準誤差を示した。1998年は、出穂期は、適期播・無処理区では平均で4月9日、早播・遮光処理区では平均で4月3日であった。平均値では、早播・遮光処理区の出穂期が有意に早かった(t 値=14.90, $P<0.001$)。成熟期は、適期播・無処理区では平均で5月26日、早播・遮光処理区では平均で5月23日であった。平均値では、早播・遮光処理区の成熟期が有意に早かった(t 値=54.08, $P<0.001$)。また、千粒重は、適期播・無処理区では平均で49.0g、早播・遮光処理区では平均で43.5gであった。平均値では、適期播・無処理区の千粒重が有意に重かった(t 値=14.72, $P<0.001$)。個体当たりの子実重は、適期播・無処理区では平均で11.1g、早播・遮光処理区では平均で7.8gであった。平均値では、適期播・無処理区の子実重が有意に重かった(t 値=5.33, $P<0.001$)。

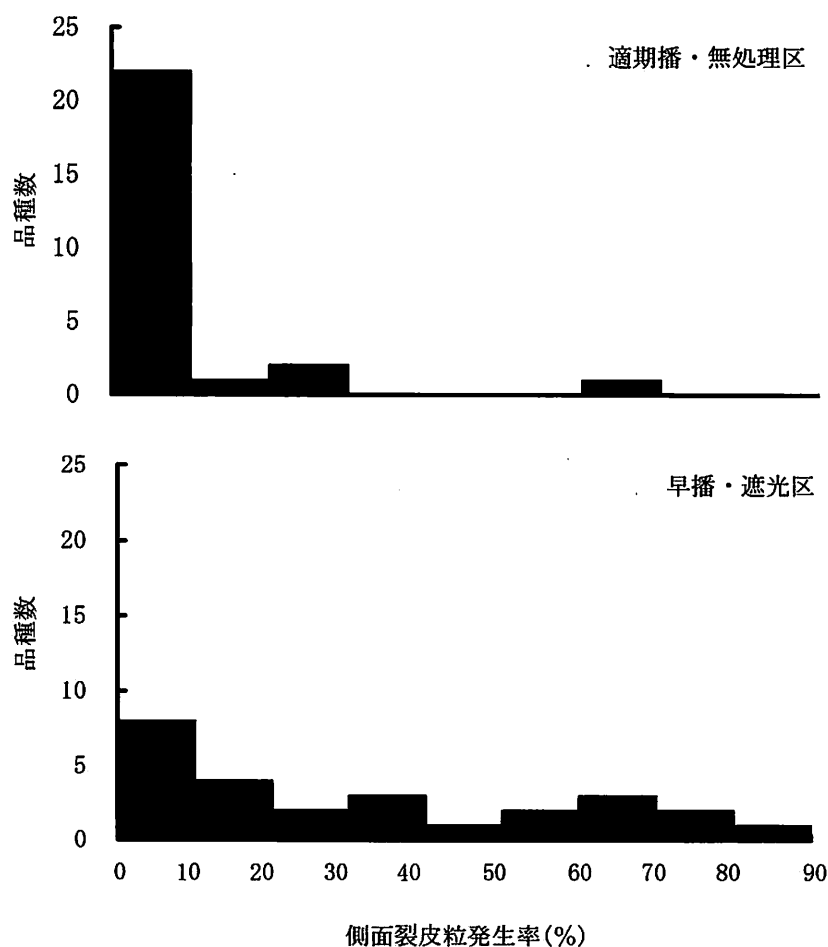
1999年は、出穂期、成熟期とも3カ年中最も遅く、出穂期が平均で4月6日、成熟期が5月25日であった。千粒重は3カ年中最も軽く43.0gで、子実重は9.5gであった。2000年は、出穂期、成熟期とも3カ年中最も早く、出穂期が平均で4月2日、成熟期が5月14日であった。千粒重45.7g、子実重10.1gと千粒重、子実重ともに3カ年中最も重かった。早播・遮光区における標準誤差は、出穂期、成熟期、千粒重および子実重とも3カ年を通じてほぼ等しかった。なお、3カ年とも特筆すべき湿害、病害の発生はなく、ビール大麦の主要な被害粒のひとつである凸腹粒(浜地・吉田 1989b)の発生は、いずれの年次、試験区とも26品種の平均で0.5%以下とほとんど発生しなかった(データ省略)。

第8図に、1998年に側面裂皮粒発生率を早播・遮光処理と適期播・無処理区で比較した結果を示した。側面裂皮粒発生率は、適期播・無処理区では最小で0%、最大は吉系15の61.0%であった。多くの品種は10%以下の発生であり、その平均は5.9%であった。一方、早播・遮光処理区では最小はきぬゆたかおよび九州二条16号で2.0%、最大は吉系15の86.5%であった。早播・遮光区の発生率は広い範囲に分布し、その平均は31.4%であった。平均値では、早播・遮光処理区の側面裂皮粒発生率が有意に高かった(t 値=6.25, $P<0.001$)。

以上のように早播・遮光処理を行うことで、側面裂皮粒発生率は適期播・無処理区の5.9%に対し31.4%と多くなった。また、早播・遮光処理区は適期播・無処理区に比べて、出穂期、成熟期ともに早く、千粒重および子実重は軽かった。早播・遮光処理によって側面裂皮粒の発生が多くなったのは、植物体を穎の伸長が盛んな節間伸長期～出穂期に寡照や低温条件に遭遇させることで穎の

第8表 各試験年次における供試品種の出穂期，成熟期，千粒重および子実重の平均値と標準誤差 (n=26)

試験年次	出穂期		成熟期		千粒重		子実重	
	平均	標準 誤差	平均	標準 誤差	平均	標準 誤差	平均	標準 誤差
	日	日	日	日	g	g	g/個体	g/個体
1998年 早播・遮光区	4月 3日	2.7	5月23日	2.0	43.5	3.5	7.8	2.7
1998年 適期播・無処理区	4月 9日	2.5	5月26日	1.9	49.0	3.4	11.1	3.2
1999年 早播・遮光区	4月 6日	2.6	5月25日	1.5	43.0	3.6	9.5	2.0
2000年 早播・遮光区	4月 2日	2.7	5月14日	1.1	45.7	3.1	10.1	2.3



第8図 26品種における早播・遮光処理および適期播・無処理区の側面裂皮粒発生率の度数分布 1998年のデータ。

発達抑制され、穎と子房のバランスが崩れることによるもの(浜地ら1989)と推察される。早播・遮光処理区は適期播・無処理区に比べて千粒重が軽く、側面裂皮粒の発生は少なくなると予想されたが、早播・遮光処理区の方が側面裂皮粒の発生が多かった。内外穎の長さや幅は止葉展開期から出穂期にかけて急激に発達し、出穂後1週間頃までに決定することが明らかとなっており、出穂2週間前～出穂期の遮光処理や分けつ期～出穂期の過湿処理が穎の発達を抑制することから、特に穎の発達が盛んな止葉展開期から出穂期の日照不足、湿害、低温が穎の発達を抑制すると考えられている(浜地ら1989, 浜地・吉田1989b)。したがって、側面裂皮粒の発生が多かった早播・遮光処理区の千粒重が、発生の少なかった適期播・無処理区の千粒重よりも軽かったことを考慮すると、早播・遮光処理により穎の伸長が抑制されたものと考えられる。いずれにしても早播・遮光処理は、側面裂皮粒の発生が少ない気象条件の年でも人為的に発生を助長させることができる側面裂皮粒発生評価のための有効な手法であると考えられる。

3) 早播・遮光処理による3カ年の26品種における側面裂皮粒発生

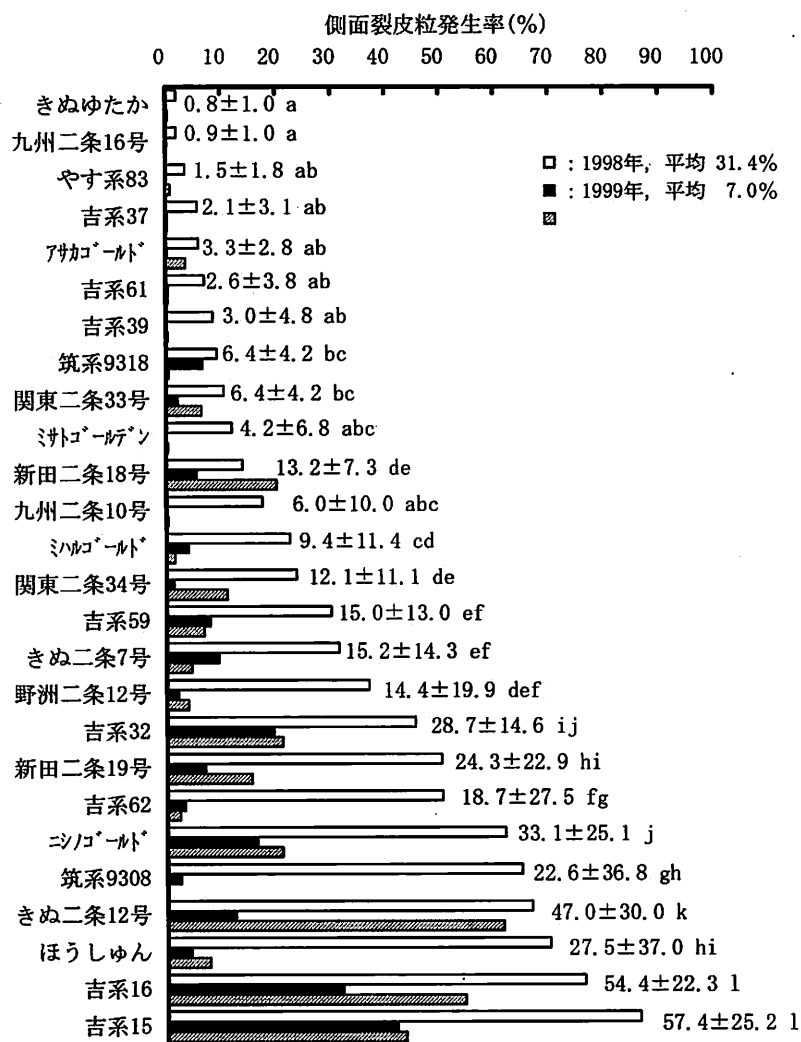
第9図に早播・遮光処理した3カ年の26品種における側面裂皮粒発生率とそれぞれの品種の3カ年平均値および標準誤差を示した。年次別にみると、1998年は最小がきぬゆたかと九州二条16号の2.0%、最大が吉系15の86.5%で、平均は31.4%と3カ年中最も発生が多かった。1999年は3カ年中発生が最も少なく、最小が吉系39の0%、最大が吉系15の42.1%で、平均は7.0%であった。また、吉系39に加えて、きぬゆたか、九州二条16号、やす系83、吉系37、アサカゴールド、吉系61、ミサトゴールデンおよび九州二条10号は1.0%以下と発生が少なかった。2000年は、最小がきぬゆたかの0.1%、最大がきぬ二条12号の61.7%で、平均は19.2%であった。いずれの年次も側面裂皮粒の発生は連続的な分布を示したが、品種間の相対的な差は年次によって異なった。3カ年の平均で見ると発生率が最も低かったのはきぬゆたかで0.8%、最も高かったのは吉系15で57.4%であった。

これらのデータについて側面裂皮粒発生率を逆正弦変換した値を用いて分散分析を行った結果を第9表に示した。品種間差、年次間差および品種と年次の交互作用は1%水準で有意であった。

第10表に早播・遮光処理した26品種の出穂期、成熟期、千粒重および子実重の3カ年平均値および標準誤差を示した。出穂期では、吉系61が3月27日と最も早く、関東二条33号が4月8日と最も遅く、26品種の平均は4月4日であった。成熟期では、ほうしゅんが5月17日と最も早く、関東二条33号が5月23日と最も遅く、26品種の平均は5月20日であった。千粒重では、関東二条34号が37.7gと最も軽く、吉系62が50.4gと最も重かった。26品種の平均は44.1gであった。子実重は、新田二条19号が5.3gと最も軽く、野洲二条12号が12.4gと最も重かった。また、26品種の平均は9.1gであった。

これら3カ年26品種の出穂期、成熟期、千粒重および子実重について、分散分析を行った結果を第11表に示す。出穂期、成熟期および千粒重では、品種間差、年次間差および品種と年次の交互作用は1%水準で有意であった。子実重は、品種間差および年次間差が1%水準で有意であったが、品種と年次の交互作用は有意でなかった。

早播・遮光処理した26品種の3カ年平均値の側面裂皮粒発生率と出穂期、成熟期、千粒重および子実重との相関は、出穂期が $r=0.032$ ($P>0.5$)、成熟期が $r=0.107$ ($P>0.5$)、千粒重が $r=-0.253$ ($P>0.2$)、子実重が $r=-0.063$ ($P>0.5$)といずれも有意ではなかった。また、年次ごとの側面裂皮粒発生の多少と出穂期と成熟期の早晩、千粒重と子実重の大小との間にも一定の傾向はみられなかった(第8表、第9図)。



第9図 早播・遮光処理による26品種における3カ年の側面裂皮粒の発生

各品種の棒グラフ右に付した数値は、3カ年平均値±標準誤差。
同一英文字間にはTUKEYの多重検定で5%、1%水準で差がないことを示す。
1998～2000年のデータ。

第9表 品種と年次を要因とした早播・遮光処理による側面裂皮粒発生率(Arcsin値)についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F 値
品種(V)	25	26087.34	1043.49	37.07 **
年次(Y)	2	12028.13	6014.06	213.64 **
V×Y	50	6371.66	127.43	4.53 **
誤差	77	2167.59	28.15	

** : 1%水準で有意。

第10表 早播・遮光処理による26品種における出穂期，成熟期，千粒重および子実重の3カ年の平均値と標準誤差(n=3)

品種名	出穂期		成熟期		千粒重		子実重	
	平均	標準	平均	標準	平均	標準	平均	標準
		誤差		誤差		誤差		誤差
	日		日		g	g	g/個体	g/個体
きぬゆたか	4月 8日	3.0	5月22日	7.2	41.1	2.0	9.1	1.1
九州二条16号	4月 4日	0.8	5月20日	5.3	45.8	1.7	8.9	1.2
やす系83	4月 4日	1.8	5月21日	6.5	44.6	1.2	11.5	2.1
吉系37	4月 4日	1.8	5月20日	5.7	45.2	1.6	8.2	2.6
アサカゴールド	4月 4日	2.3	5月19日	5.5	39.6	3.9	7.0	1.2
吉系61	3月27日	2.4	5月20日	6.1	44.7	1.4	9.9	0.9
吉系39	4月 3日	1.8	5月20日	6.1	46.6	3.3	10.7	1.1
筑系9318	4月 6日	1.8	5月21日	6.0	47.8	1.0	8.8	1.5
関東二条33号	4月 8日	3.6	5月23日	4.6	43.6	2.1	9.4	1.9
ミサトゴールド	4月 3日	2.8	5月20日	5.3	47.2	1.3	8.9	3.5
新田二条18号	4月 4日	1.2	5月20日	5.5	41.6	3.5	6.7	3.2
九州二条10号	4月 4日	1.5	5月20日	5.1	42.8	3.4	9.9	1.2
ミハルゴールド	4月 6日	1.3	5月21日	6.2	47.6	2.0	8.5	1.6
関東二条34号	4月 2日	2.8	5月19日	6.0	37.7	1.1	6.9	0.6
吉系59	4月 3日	4.5	5月20日	6.7	43.5	3.6	11.9	2.0
きぬ二条7号	4月 5日	1.8	5月21日	6.1	43.2	0.4	8.6	0.4
野洲二条12号	4月 4日	2.8	5月20日	5.6	47.0	2.4	12.4	1.6
吉系32	4月 6日	2.8	5月22日	6.7	45.5	1.7	10.8	2.8
新田二条19号	4月 6日	1.0	5月21日	5.6	45.7	0.8	5.3	1.9
吉系62	3月31日	3.8	5月21日	7.0	50.4	1.8	12.3	2.0
ニシノゴールド	4月 2日	2.0	5月19日	5.1	40.0	2.9	8.3	2.2
筑系9308	4月 4日	2.0	5月21日	5.3	45.4	0.5	8.8	3.7
きぬ二条12号	4月 5日	1.9	5月20日	5.8	40.8	4.4	6.9	3.4
ほうしゅん	4月 1日	1.8	5月17日	4.3	44.8	4.0	8.1	2.5
吉系16	4月 3日	2.6	5月21日	6.9	40.4	2.0	9.0	2.1
吉系15	4月 5日	3.0	5月22日	8.1	43.6	0.7	10.8	2.7
26品種平均	4月 4日	2.1	5月20日	5.9	44.1	1.5	9.1	1.2

第11表 品種と年次を要因とした早播・遮光処理による出穂期、
成熟期、千粒重および子実重についての分散分析

要因	自由度	平均平方			
		出穂期	成熟期	千粒重	子実重
品種 (V)	25	36.1**	9.0**	53.4**	19.8**
年次 (Y)	2	222.4**	1795.8**	111.3**	71.1**
V×Y	50	3.3**	2.9**	7.5**	6.8ns
誤差	77	1.8	0.3	3.2	5.2

** : 1%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。

今回の研究において、早播・遮光処理による品種別の側面裂皮粒発生は、年次によって異なり、分散分析の結果、品種×年次の交互作用が認められた。このことは、側面裂皮粒発生程度の品種間の年次による相対的な差が異なることを示している。ただし、本研究においては品種間差の分散は交互作用の分散よりはるかに大きいことから、早播・遮光処理による側面裂皮粒発生の品種間差を判定することは可能であると考えられる。また、分散分析の結果、早播・遮光処理による出穂期、成熟期、千粒重は品種間差、年次間差および品種×年次の交互作用のいずれも有意であったが、年次間の分散は交互作用の分散より明らかに大きかった。子実重は品種間差、年次間差が有意であった。このことから、出穂期、成熟期、千粒重および子実重は、品種や年次によって異なっていたと考えられる。しかし、品種や年次ごとの側面裂皮粒発生の多少と出穂期や成熟期の早晚、千粒重や子実重の大小との間には一定の傾向はみられなかった。したがって、本手法を用いることにより、品種特有の熟期の早晚性や千粒重の大小に影響を受けることなく、品種の側面裂皮粒発生の評価を行うことが可能であると考えられる。

側面裂皮粒は、穎と子房の生長バランスが崩れることにより発生する被害粒であることから、側面裂皮粒の発生には穎の伸長に影響する節間伸長期～出穂期と子房の肥大に影響する登熟期の環境条件が大きく影響しているものと考えられるが、これらの時期の気象条件がそれぞれ年次によって異なっていること、本手法では節間伸長期～出穂期は人為的に低温、寡照条件としているものの、登熟期は自然条件下での栽培となっていることに加えて、これらの環境条件に対する反応が品種により異なるものと推察され、これらのことが年次によって品種間の側面裂皮粒発生の多少の差が異なる原因と考えられる。このように、本手法を用い品種の側面裂皮粒発生に対する耐性の評価を単年度で行うことは困難である。したがって、側面裂皮粒が発生しにくい品種を確実に選ぶためには、同一の品種について2年以上の試験を行い、複数年を通して発生が少ない品種を選抜することが必要であると考えられた。

年次ごとの早播・遮光処理による側面裂皮粒発生率をみると、26品種の側面裂皮粒平均発生率は、1998年が31.4%、1999年が7.0%、2000年が19.2%と年次によって異なっていた。側面裂皮粒発生に関与すると考えられている節間伸長期～出穂期(浜地ら1989、吉川ら1995a)にあたる3～4月の気象概況を試験年次ごとに比較すると、顕著な違いがみられたのは日照時間であり、側面裂皮粒の発生が少なかった1999年ではこの時期の日照時間が3カ年中最も多く、一方、側面裂皮粒の発生が多かった1998年では日照時間が3カ年中最も少なかった。本手法での遮光処理は、黒色寒冷紗を用いて一律に50%の遮光を行っているため、植物体を受ける実際の日照量は年次による日照時間の多少によって異なっているものと推察される。主に節間伸長期～出穂期の寡照が側面裂皮粒の発生を助長しているという浜地ら(1989)の報告とあわせて考えると、一律に50%の遮光処理を行う本手法では節間伸長期～出穂期の日照時間の多少によって、側面裂皮粒の発生程度に年次間の差が生じるも

のと考えられる。そこで、品種間差を相対的に評価できる判別品種を入れて試験を行うことが重要である。本研究で供試した26品種の中で、3カ年で品種間差が大きく異なり、年次間での変動も比較的小さいきぬゆたかおよび九州二条16号(側面裂皮粒耐性強)、アサカゴールド(側面裂皮粒耐性やや強)、関東二条33号(側面裂皮粒耐性中)、吉系32(側面裂皮粒耐性やや弱)、吉系15(側面裂皮粒耐性弱)などは、今後、側面裂皮粒の発生程度の指標となる判別品種として利用できると考えられた。

ビール大麦では検査規格において、側面裂皮粒を含む被害粒の混入が3%以下でないとビール大麦としての上位等級である2等以上には格付けされない(農産物検査手帖1999)。今回供試した26品種のうち、側面裂皮粒が発生しやすい早播・遮光条件下においても3カ年を通してどの年次でも発生が3%以下と少なかった品種は、きぬゆたかと九州二条16号であった。したがって、これらは側面裂皮粒耐性品種育成のための交配親としての利用価値が高く、また、育成途中である九州二条16号は側面裂皮粒耐性品種としても有望であると考えられる。

第4節 摘 要

早播と節間伸長期～出穂期の遮光処理を組み合わせた手法の側面裂皮粒発生評価法について有効性を検討した。また、側面裂皮粒耐性選抜に利用できる指標品種の選定を行うとともに、耐性品種として今後有望な育成系統を選定した。

- 1) 早播と節間伸長期～出穂期の遮光処理を組み合わせることで、側面裂皮粒の発生を増加させることが可能であり、側面裂皮粒の発生が少ない気象条件の年でも人為的に発生を助長させることができる有効な手法であると考えられた。また、早播・遮光処理によって穎の伸長が抑制された結果、側面裂皮粒が増加したものと考えられた。
- 2) 早播・遮光処理によって多数の同一品種を3カ年評価した結果、品種と年次の交互作用が検出され、年次によって品種間の相対的な差が異なることが明らかとなった。したがって、耐性品種を選抜するためには、同一の品種について2年以上の試験を行うことが必要であると考えられた。
- 3) 早播・遮光処理による側面裂皮粒の発生程度は年次によって異なり、その要因として、節間伸長期～出穂期の日照時間の違いが考えられた。
- 4) きぬゆたかおよび九州二条16号(側面裂皮粒耐性強)、アサカゴールド(側面裂皮粒耐性やや強)、関東二条33号(側面裂皮粒耐性中)、吉系32(側面裂皮粒耐性やや弱)、吉系15(側面裂皮粒耐性弱)は、側面裂皮粒の発生程度の指標となる判別品種として利用できると考えられた。また、きぬゆたかや九州二条16号は側面裂皮粒の発生が少なく、側面裂皮粒耐性品種育成のための交配親としての利用価値が高く、また、育成途中である九州二条16号は側面裂皮粒耐性品種として有望であると考えられた。

第Ⅳ章 登熟期間の降水時期の違いによる凸腹粒発生と凸腹粒耐性検定法の確立

第1節 緒 言

第Ⅱ章で5年間4品種を供試した研究結果から、登熟期の降雨と凸腹粒発生を解析し、凸腹粒が発生しやすい条件を明らかにすることで、これを選抜に利用できる可能性を示唆した。また、検定法を確立するためには、登熟期間中の降雨時期や量を検討することが重要であることを述べた。これまで、凸腹粒発生と降雨時期やその量の関係については、成熟期直前の降雨により発生が多くなる(浜地・吉田1989b)、成熟期以後の降雨による凸腹粒の発生増加は認められない(吉野ら1992)、登熟中後期の100mm近い多雨条件で多発する(福田ら1993)、登熟後期と成熟期直前に降雨が多い場合に発生が多く、成熟期前2週間の間に30mm以上の降水日が2日以上必要である(吉川ら1995a)などの報告がある。しかし、これらは事例に基づいた報告や凸腹粒発生と気象要因を統計解析によって分析したものであり、実際に降雨条件を設定し、その再現性を確認した報告はみあたらない。

そこで本章では、人為的な散水处理によって凸腹粒発生を再現し、登熟期のいずれの時期の降雨が凸腹粒発生に関与しているかを明らかにした。さらに登熟後期の散水处理による凸腹粒耐性検定法についても検討した。

第2節 登熟期間中の散水時期の違いによる凸腹粒の発生

凸腹粒発生に関与する気象的要因としては、特に登熟期間中の降雨が影響していると考えられており、その時期については登熟中後期(福田ら1993)、登熟後期と成熟期直前(吉川ら1995a)、成熟期直前(浜地・吉田1989b)などの報告がある。しかし、これらは事例に基づいた報告や凸腹粒発生と気象要因との統計解析による報告である。したがって、人為的な処理によって凸腹粒の発生を再現し、登熟期間中のいずれの時期の降雨が凸腹粒発生に関与しているかを明らかにすることは、凸腹粒耐性検定法を確立するために重要である。

そこで本節では、登熟期を前期、中期、後期の3時期に分け、それぞれの時期に植物体に散水处理を行うことによって、いずれの時期が凸腹粒発生に関与しているかを明らかにした。

1. 材料および方法

供試材料には、国内ビール大麦20品種(第14図)を用い、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)の大豆作後の砂壤土水田圃場全天候型ハウス内において1999年に試験を行った。全天候型ハウスとは、散水装置を備えた雨よけビニールハウスで、散水装置が屋根の下に取り付けられており、圃場内に設置されたレール上を移動する施設である(第10図)。播種様式は、条間20cm、株間5cmの1粒点播とし、いずれの供試材料も8粒ずつ播種した。播種期は11月17日であった。施肥量はa当たり窒素成分で基肥0.25kg、追肥0.3kgとし、追肥は本葉の5葉期に行った。散水处理は、全供試品種とも遅れ穂を除く全ての穂が出そろった時期(出穂後7～10日後)から成熟期までを2週間ごとに分け、それぞれの時期に全天候型ハウスの散水装置を用いて散水し、登熟前期散水区(4月17日～4月30日散水处理)、登熟中期散水区(5月1日～14日散水处理)、登熟後期散水区(5月15日～5月28日散水处理)と全く散水もせず雨天には雨よけを行う対照区の4試験区を設けた。既報より(福田ら1993、吉川ら

1995a), 散水量は, 凸腹粒の発生を誘発すると考えられる1日当たり30mm以上の降水日が2日以上で各処理区合計100mm以上となるように設定し, 散水处理は, それぞれの時期に1回当たり10分間, 約6.7mmの散水处理を1日9:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00の5回行い, これを1週間に3~4日行った。ただし, 自然降雨がある場合は散水处理を停止した。試験は各試験区内ごとに2反復で行った。なお, 散水处理による倒伏を防ぐために倒伏防止ネットを設置した。

各品種8個体のうち生育が中庸な3個体を選び, 成熟期に収穫し, 充分に天日乾燥させて脱粒し, 凸腹粒発生率を調査した。凸腹粒発生率は, 調査した全粒数(調査粒数は500~1000粒)に対する凸腹粒の割合で求めた。なお, 粒の損傷や剥皮の発生を防ぐため, 脱粒は穂を手もみして行った。凸腹粒発生率の散水時期間差や品種間差の分散分析には, 凸腹粒発生率を逆正弦変換した値を用いた。



第10図 全天候型ハウス

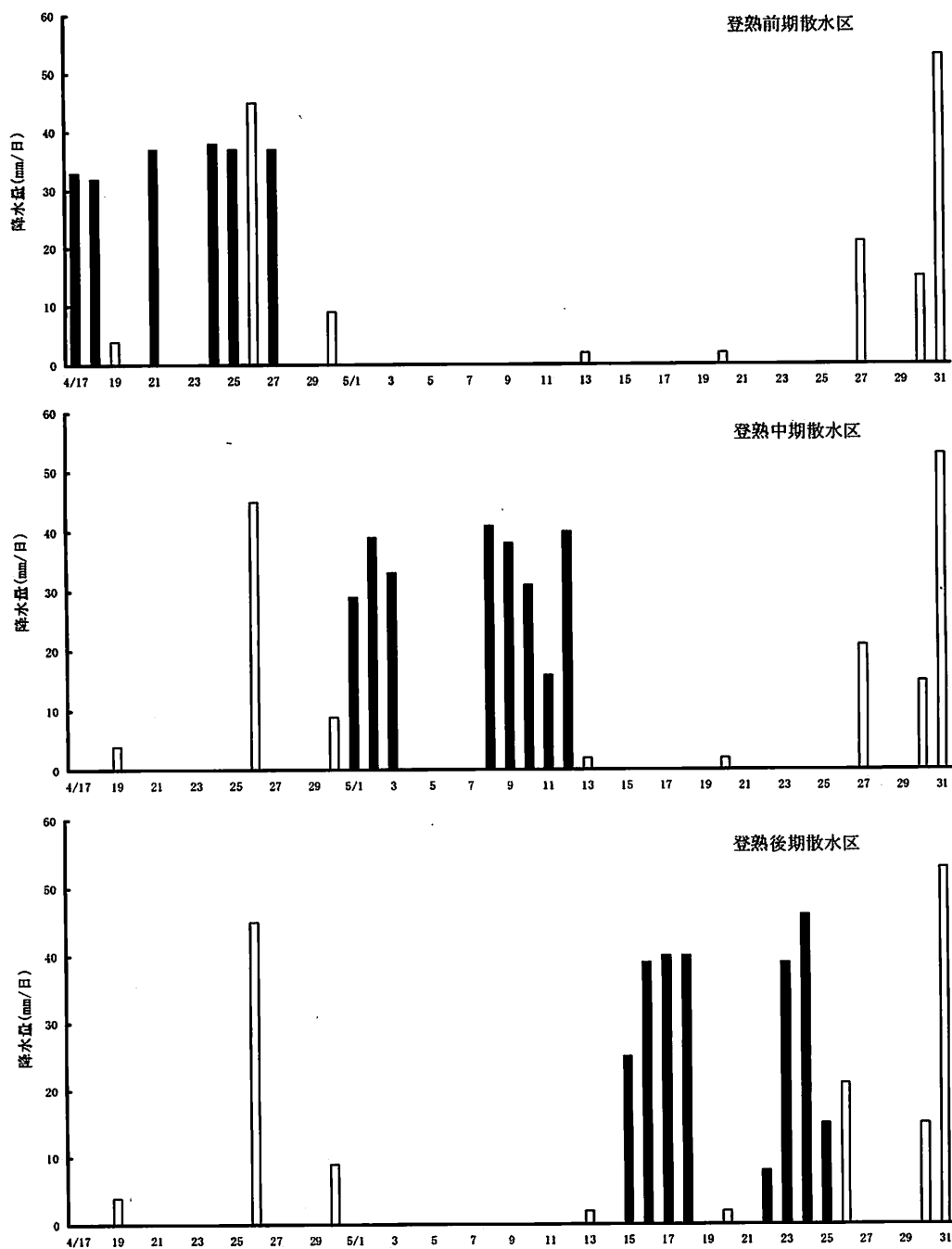
2. 結果および考察

1) 供試品種の生育および登熟期間中の散水处理状況

全供試品種とも出芽は良好であり, その後の生育も良好であった。出穂期は, 対照区では4月7日~12日に分布し平均で4月9日, 標準誤差1.8日, 登熟前期散水区では4月7日~13日に分布し平均で4月8日, 標準誤差1.7日, 登熟中期散水区では4月6日~13日に分布し平均で4月8日, 標準誤差1.9日, 登熟後期散水区では4月7日~15日に分布し平均で4月9日, 標準誤差1.9日であった。成熟期は, 対照区では5月24日~30日に分布し平均で5月27日, 標準誤差1.8日, 登熟前期散水区では5月25日~30日に分布し平均で5月27日, 標準誤差1.5日, 登熟中期散水区では5月26日~29日に分布し平均で5月28日, 標準誤差1.4日, 登熟後期散水区では5月25日~30日に分布し平均で5月27日, 標準誤差1.5日であった。以上のように各試験区間の出穂期, 成熟期の差は小さく, 散水处理による熟期の早進や遅延はなかった。

第11図に各処理区ごとの登熟期間における人工降水と自然降水の状況を示した。各処理区におけ

る散水处理期間内の人工降水と自然降水合計は、登熟前期散水区では272mm、登熟中期散水区では269mm、登熟後期散水处理区では290mmの降水量であった。なお、4月17日～5月30日の自然降水量の合計は132mmで、平年値(222.8mm、福岡県太宰府アメダスデータ1979～1998年平均)と比べると少雨であった。また、登熟前期、中期、後期における降水量の平年値はそれぞれ55.5mm, 99.5mm, 67.8mm(以上福岡県太宰府アメダスデータ1979～1998年平均)であり、いずれの処理区も平年の約3～5倍の降水量に相当した。



第11図 各処理区ごとの登熟期間中の人工降水量と自然降水量

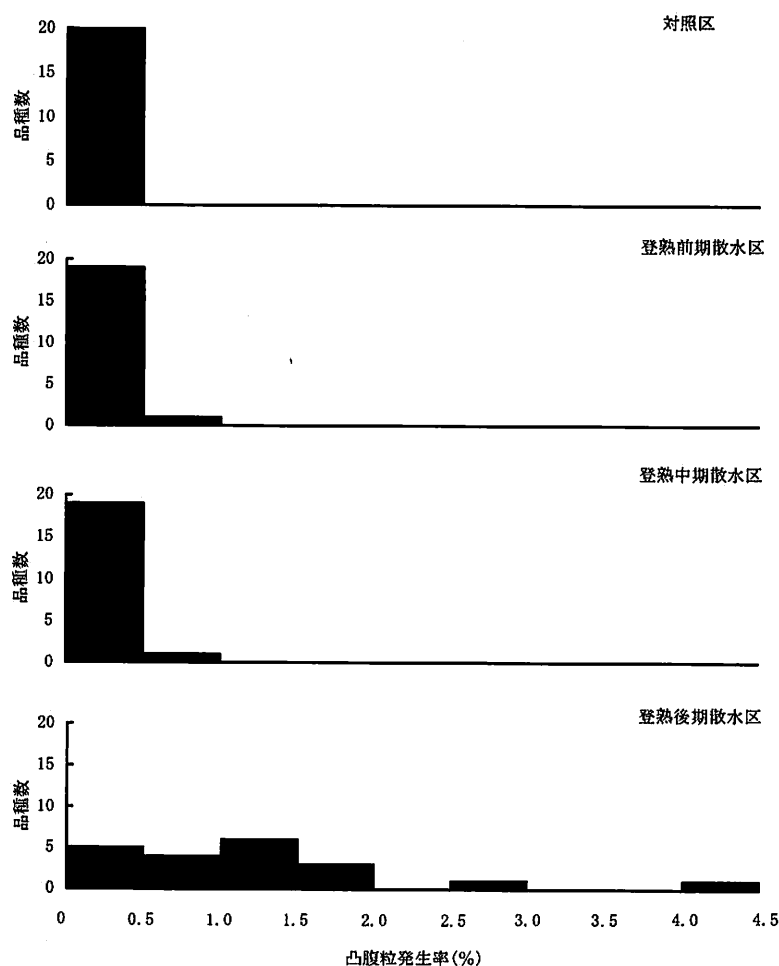
■：人工降水，□：自然降水。

2) 登熟期間中の散水時期の違いによる凸腹粒の発生

第12図に各試験区ごとの凸腹粒発生率の度数分布を示した。対照区では、いずれの品種も凸腹粒の発生はなかった。登熟前期散水区では、8品種において凸腹粒の発生はなかったが、12品種で凸腹粒がわずかながら発生し、最大値は吉系31の0.7%であった。登熟中期散水区では、登熟前期散水区と同様の傾向を示し、12品種では凸腹粒の発生はなかったが、8品種で凸腹粒がわずかながら発生し、最大値は吉系31の0.6%であった。一方、登熟後期散水区では、凸腹粒が発生しなかったのは九州二条15号とほうしゅんの2品種のみで残りの18品種は凸腹粒が発生し、最大値はあまぎ二条の4.3%であった。

これらのデータについて凸腹粒発生率を逆正弦変換した値を用いて、分散分析を行った結果を第12表に示した。各試験区の供試品種の凸腹粒発生率の平均値を用い、散水時期を主要因、各品種を反復として解析したところ、散水時期間差が1%水準で有意であった。処理区別に比較すると、登熟後期散水区が他の試験区に比べて凸腹粒発生が有意に多かった(第13図)。

これまで、過去の気象データを用いた解析から、凸腹粒の発生には登熟期のうち、後期の降雨が関与していることが報告されてきた(浜地・吉田1989b, 福田ら1993, 吉川ら1995a)。本研究において、登熟後期散水区で凸腹粒の発生が他の試験区よりも有意に多くなったことは、これまでの報告を支持する結果であり、ビール大麦の登熟後期の散水处理によって凸腹粒耐性の検定が可能であると考えられた。

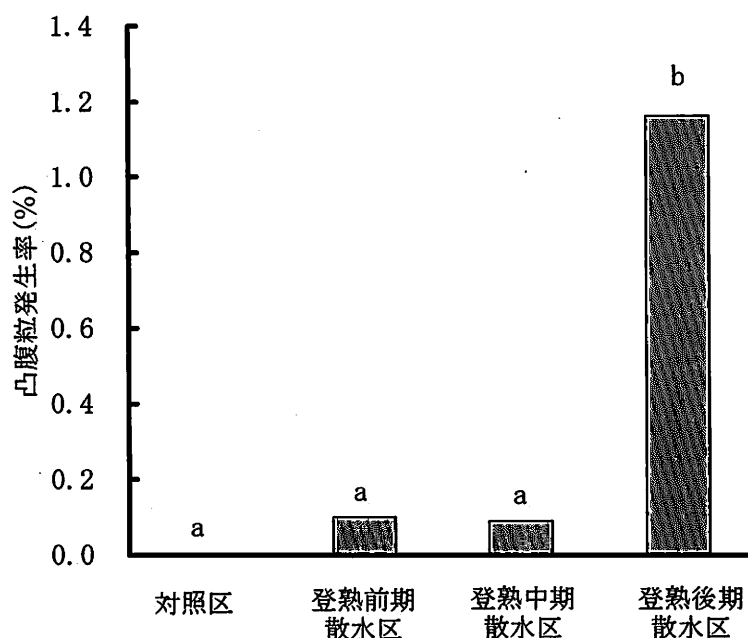


第12図 各試験区ごとの凸腹粒発生率の度数分布 (n=20)

第12表 散水時期を要因とした凸腹粒発生率についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F 値
反復	19	77.35	4.07	1.40ns
散水時期	3	309.65	103.22	35.40**
誤差	57	166.19	2.92	

** : 1%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。



第13図 各処理区における凸腹粒発生率

各棒グラフ上に付した同一英文字間には, TUKEYの多重検定で5%水準で差がないことを示す。

3) 登熟後期の散水による凸腹粒発生と品種間差

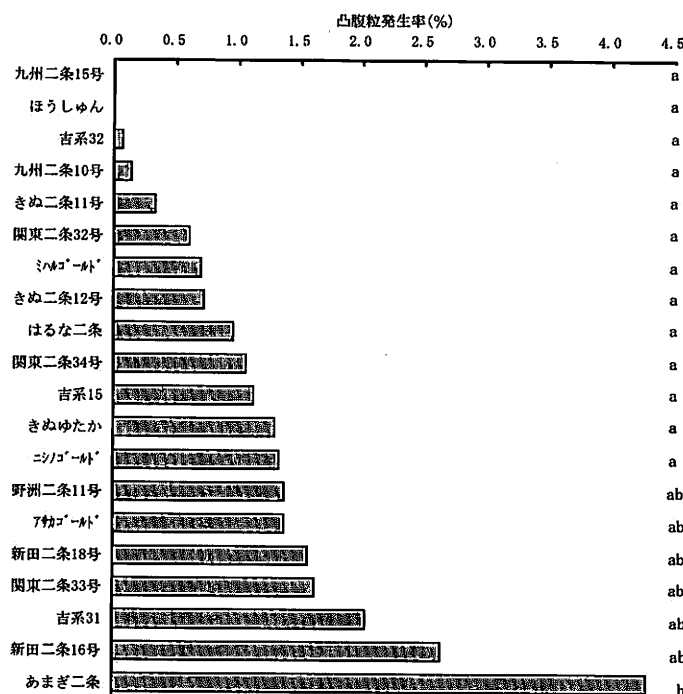
凸腹粒の発生がもっとも多かった登熟後期散水区におけるデータを用いて, 分散分析を行った結果を第13表に示した。凸腹粒発生率を逆正弦変換した値を用いた分散分析の結果, 品種間差が1%水準で有意となり, 20品種のうち発生が最も多かったあまぎ二条と発生率がニシノゴールド以下の13品種との間で有意な差が認められた(第14図)。ここで, 凸腹粒が多発した1994年の結果(第Ⅱ章, 第4図)と本研究での凸腹粒の発生を比較してみると, 1994年のミハルゴールド, ニシノゴールドおよびあまぎ二条の凸腹粒発生と本研究の発生程度はほぼ同程度であり, また発生程度の相対的順位も同様であった。一方, アサカゴールドでは1994年では18.3%もの発生がみられたが, 本研究では1.4%でニシノゴールドと同程度の低い発生率であり, 品種間の相対的順位が大きく異なっていた。また, 本研究における凸腹粒発生率は, ミハルゴールドでは0.7%, ほうしゅんでは0%であったが, 多発した事例ではミハルゴールドで7.1%(第Ⅱ章, 第5表, 播種期11月15日), ほうしゅんで2.8%(第Ⅱ章, 第7表, 播種期11月29日)の発生であった。これらのことから, 本研究で登熟後期の散水処理

が凸腹粒の発生を増加させることが明らかとなった。しかし、過去の結果と比べて、その発生程度が低いことや凸腹粒発生品種間の相対的順位が異なる現象が生じた。本研究では、登熟後期において1日当たり30～50mmの水をほぼ連続的に散水した(第11図)が、凸腹粒多発年の事例によると、凸腹粒の多発年には1回に100mm近い多量の降雨があったこと(福田ら1993)、成熟期13～7日前に30mm以上の降水量の日があり、さらに成熟期直前に40mm以上の降水量の日があったこと(吉川ら1995a)が報告されている。また、山口ら(2000)は登熟後期のビール大麦の穂を時期別にパラフィン紙で雨よけする試験を行い、この時期に25mm以上の降雨に2回以上遭遇することで凸腹粒が発生することを示唆し、成熟期前15日間の断続的な散水処理が凸腹粒発生の評価に有効であることを考察している。このため、今回の研究において、凸腹粒発生程度が低く、さらに凸腹粒発生品種間の順位が異なったのは、連続的な散水処理を行った方法によるものと考えられる。

第13表 登熟後期散水処理区における凸腹粒発生率の品種間差についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F 値
ブロック	1	0.96	0.96	0.17ns
品種	19	368.00	19.37	3.38**
誤差	19	108.76	5.72	

** : 1%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。



第14図 登熟後期散水処理区における凸腹粒発生率の品種間差

各棒グラフ右に付した同一英文字間には、TUKEYの多重検定で5%水準で差がないことを示す。

第3節 登熟後期における断続的な散水处理による凸腹粒耐性検定法

前節において、登熟後期の散水处理が凸腹粒の発生を増加させることを明らかにするとともに登熟後期の断続的な散水处理が凸腹粒耐性検定法確立のために重要であることを考察した。凸腹粒発生と降雨の量や回数については、凸腹粒の多発生には成熟期前2週間に30mm以上の降雨日が2日以上必要である(吉川ら1995a)、成熟期前15日間に1日当たり25mm以上の降雨に穂が2回濡れることによって凸腹粒が発生する(山口ら2000)という報告がある。

そこで、本節では登熟後期のビール大麦に多量の水を断続的に散水处理することによる凸腹粒耐性検定法の可能性について検討した。

1. 材料および方法

供試材料には、国内外ビール大麦26品種(第16図)を用い、福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)のガラス温室内において1999年に試験を実施した。栽培条件は、播種期が12月2日、施肥量がa当たり窒素成分で基肥0.6kg、追肥0.3kgとした。播種様式は、条間40cm、株間10cmの1粒点播とし、各品種・系統とも10粒ずつ播種し、2反復で実施した。全生育期間を通じて、ガラス室の天窓のみを閉じ、側窓は開けた状態で栽培した。散水方法は、畦溝に直接設置した灌水チューブ(商品名：エバフローK型、三井化学プラテック(株))を用い、登熟中の植物体全体に散水した。開始時期は、早生品種の出穂後5週目(成熟期20～25日前の登熟後期)とし、植物体に1日当たり50mmの雨量に相当する量を連続2日間、これを2日間隔で5回実施した。散水处理は、全供試品種とも同時期に処理し、1日当たりの処理は1時間当たり10mmの散水を5時間かけて行った。散水時は、風による散水むらを防ぐため、側窓を閉じて行い、無処理の2日間は天窓、側窓とも開放した。さらに散水による倒伏を防ぐために倒伏防止ネットを設置した(第15図)。



第15図 登熟後期の断続的な散水处理

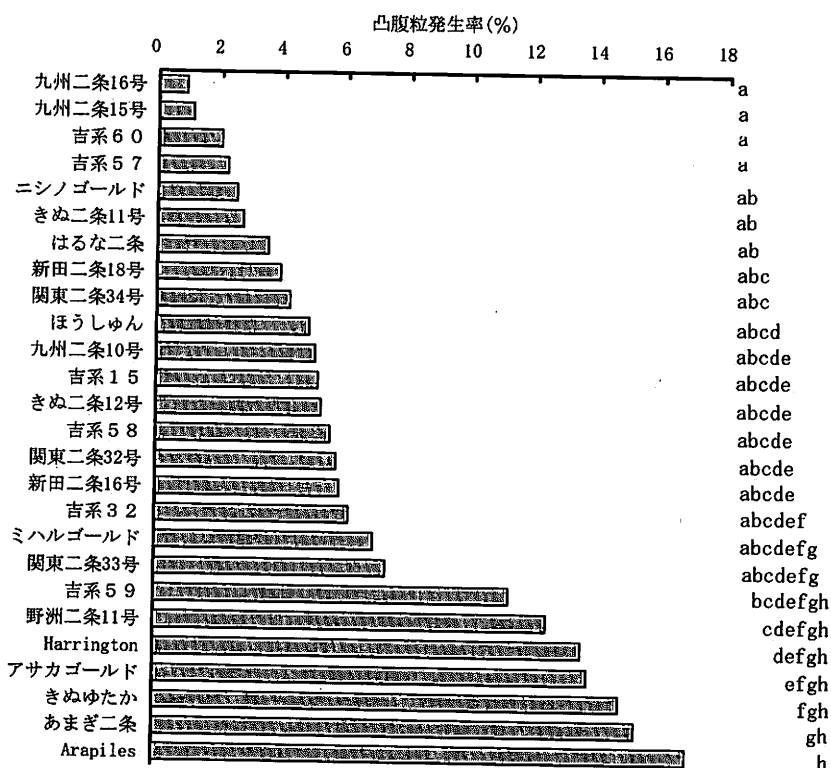
生育期間中には、出穂期と成熟期の調査を行った。収穫後の穀粒についての調査は、各品種10株のうち平均的な3株の着粒数(調査粒数は500~3000粒)について行い、整粒歩合(粒厚2.5mm以上の粒の割合)、千粒重、凸腹粒発生率および側面裂皮粒発生率を調査した。凸腹粒発生率および側面裂皮粒発生率は、全着粒数に対する各被害粒の割合で求めた。なお、粒の損傷や剥皮粒の発生を防ぐために、材料は十分に天日乾燥した後、穂を手もみして脱粒した。また、散水处理による凸腹粒の品種間差の分散分析には、凸腹粒発生率を逆正弦変換した値を用いた。過去の凸腹粒発生率には、標準栽培した7カ年のビール大麦育成系統合同比較試験での調査データを用いた。

2. 結果および考察

1) 散水处理による凸腹粒の発生と品種間差

供試品種の散水处理による凸腹粒発生率について第16図に示した。全ての品種で凸腹粒が発生した。その発生率は、平均で6.8%であり、最低が九州二条16号の0.9%，最高がArapilesの16.8%であった。散水の影響による倒伏は、全品種とも発生しなかった。散水处理における凸腹粒発生率を逆正弦変換し分散分析を行った結果、1%水準で品種間差があり(第14表)、九州二条16号、九州二条15号、吉系60、吉系57の4品種は、吉系59、野洲二条11号、Harrington、アサカゴールド、きぬゆたか、あまぎ二条、Arapilesの7品種に比べて、有意に発生が少ないなど、品種間でその発生率が異なった(第16図)。

以上のように登熟後期から成熟期にかけて、植物体に散水处理を断続的に行うことで、全ての供試品種で凸腹粒を発生させることができた。また、その発生率には、明らかな品種間差が認められた。



第16図 登熟後期の断続的な散水处理による各品種における凸腹粒発生の品種間差
各棒グラフ右に付した同一英文字間には、TUKEYの多重検定で5%水準で差がないことを示す。

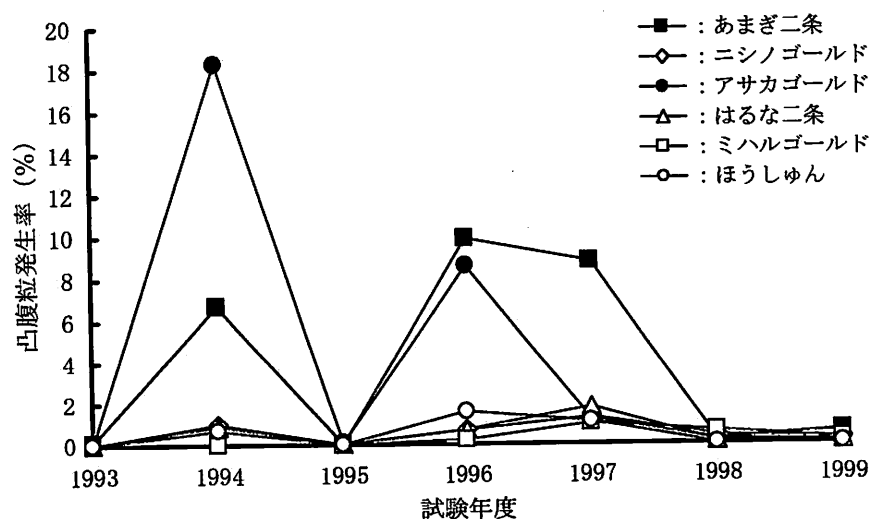
第14表 登熟後期の断続的な散水处理による凸腹粒発生率の
品種間差についての分散分析

要因	自由度	平方和	平均平方	F 値
ブロック	1	47.7	47.7	2.74ns
品種	25	1457.6	58.3	3.35**
誤差	25	434.9	17.4	

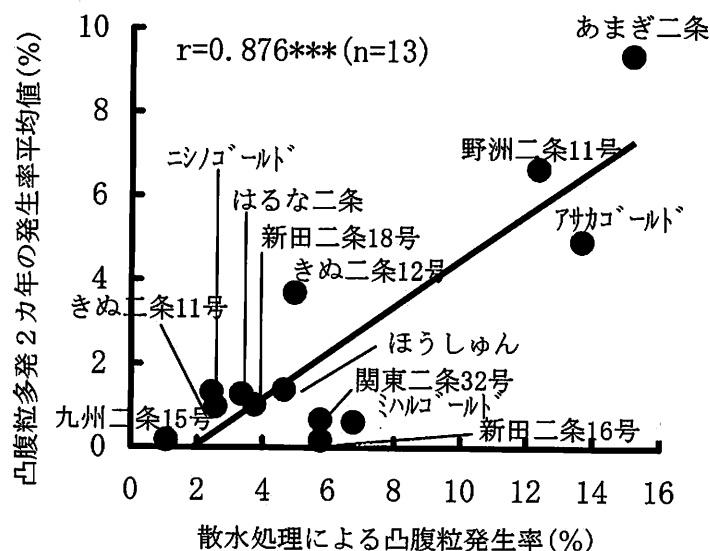
** : 1%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。

2) 凸腹粒発生の多発年と散水处理との関係

第17図に本研究と過去7カ年のビール大麦育成系統合同比較試験とで共通する6品種の各年度における凸腹粒発生率を示した。1994年、1996年および1997年には、あまぎ二条やアサカゴールドで凸腹粒が多発し、ニシノゴールド、はるな二条、ミハルゴールドおよびほうしゅんの発生率と差がみられた。しかし、1993年、1995年、1998年および1999年には6品種とも凸腹粒の発生が少なく、あまぎ二条とアサカゴールドの2品種と他の4品種との間の発生率は差がなかった。過去7カ年のうち、凸腹粒が多発した1996年および1997年の2カ年と今回の研究で共通してデータの得られた13品種について、多発年2カ年の凸腹粒発生率の平均値と散水处理による凸腹粒発生率との関係を第18図に示した。凸腹粒が多発した2カ年の凸腹粒発生率の平均値と散水处理による凸腹粒発生率との間には、0.1%の有意水準で正の相関関係が認められたことから、登熟後期の断続的な散水处理が、品種の凸腹粒耐性を評価するのに有効であると考えられた。また、ビール大麦での検査規格において、上位等級である2等以上の基準となる被害粒混入率は3%以下である(農産物検査手帖 1999)。凸腹粒が多発しやすい今回の研究において、凸腹粒発生率が3%以下の品種としては、九州二条16号、九州二条15号、吉系60、吉系57、ニシノゴールド、きぬ二条11号の6品種であった(第16図)。したがって、これらの品種は凸腹粒耐性品種育成のための交配親としての利用価値が高く、また、育成途中の九州二条16号、九州二条15号、吉系60、吉系57、きぬ二条11号は凸腹粒耐性品種として有望であると考えられる。



第17図 7カ年のビール大麦育成系統比較試験における凸腹粒発生率

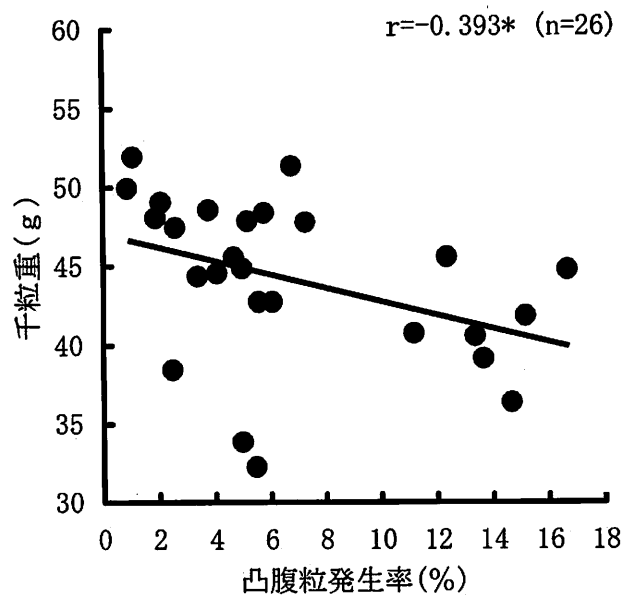


第18図 登熟後期の断続的な散水処理と凸腹粒多発年における凸腹粒発生の関係

*** : 0.1%水準で有意。

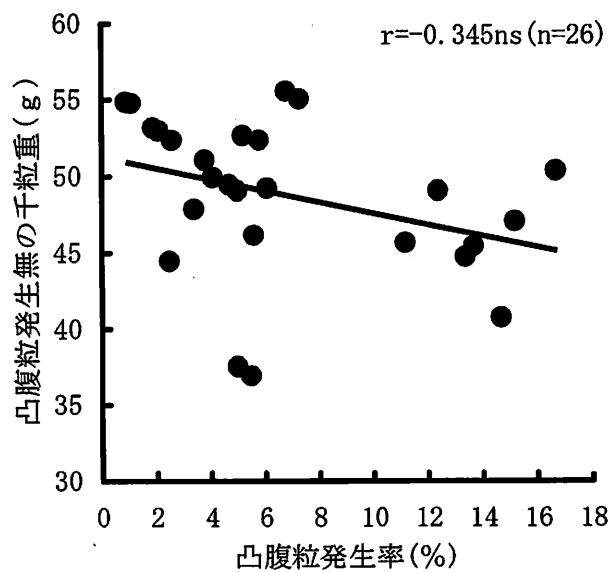
3) 散水処理による凸腹粒の発生と熟期、収量関連形質および側面裂皮粒発生との関係

散水処理による凸腹粒発生率と出穂期、成熟期、整粒歩合、千粒重および側面裂皮粒発生率との関係を解析した。なお、凸腹粒発生率と出穂期、成熟期との関係については、出穂期は4月1日を1として、成熟期は6月1日を1として、それぞれ相関係数を求めた。供試品種の出穂期は4月6～20日の範囲であり、成熟期は6月4～9日の範囲であった。凸腹粒発生率と出穂期および成熟期との相関係数は、それぞれ0.346、0.366と低く、熟期による凸腹粒発生率の偏りはみられなかった。これは、1日当たり50mmの散水を2日間行い、加えて散水の回数を2日間隔で5回としたことにより、早生～晩生の全ての品種が成熟期前15日間に必ず1日当たり25mm以上の水に2回以上濡れたためであると考えられた。これらのことから、本手法は早生～晩生の多数の品種の凸腹粒耐性評価を一度に実施できる有効な手法であると考えられた。また、収量関連形質のうち、凸腹粒発生率と整粒歩合との相関係数($r=-0.143$, $P>0.05$)はみられなかった。このことは、今回の処理方法では、整粒歩合の高低が、凸腹粒の発生に影響を及ぼさないことを示している。また、凸腹粒発生と側面裂皮粒発生との相関係数($r=0.128$, $P>0.05$)もみられず、凸腹粒と側面裂皮粒の発生に対する耐性には関連性がないというこれまでの報告(山口ら1999)と一致した。一方、凸腹粒発生と千粒重との間には5%の有意水準で負の相関係数が認められ、凸腹粒発生率が高いものほど千粒重が軽かった(第19図)。また、凸腹粒となった粒を除いた場合、千粒重と凸腹粒の発生との間には、相関係数は認められなかった(第20図)。これは、散水処理により、液状となった胚乳の一部が縦溝部分から外に溶出するという凸腹粒特有の現象によるもので(浜地・吉田1989b, 福田ら1993, 吉川ら1995a), 凸腹粒の発生が多かった品種・系統ほど胚乳の溶出が多く発生したことによるものであると推察された。



第19図 登熟後期の断続的な散水処理による凸腹粒発生率と千粒重との関係

* : 5%水準で有意。



第20図 登熟後期の断続的な散水処理による凸腹粒発生率と凸腹粒発生無の千粒重との関係

ns : 5%水準で有意性なし。

第4節 摘 要

人為的な散水处理によって凸腹粒発生を再現し、登熟期のいずれの時期の降雨が凸腹粒発生に関与しているかを明らかにした。さらに登熟後期の断続的な散水处理による凸腹粒耐性検定法について検討した。

- 1) ビール大麦の登熟期を前期、中期、後期の3時期に分け、それぞれの時期に散水处理を行った結果、登熟後期に散水处理することによって他の時期よりも顕著に凸腹粒の発生を再現することができた。このことから、登熟後期の降雨が凸腹粒発生に関与していることが明らかとなり、登熟後期の散水处理による凸腹粒耐性検定が可能であることが示唆された。
- 2) 登熟後期に1日当たり50mmの散水を連続2日間2日おきに断続的に5回散水することで、多発年と同程度の凸腹粒を発生させることができ、登熟後期の断続的な散水处理は、品種の凸腹粒耐性を評価するのに有効であると考えられた。
- 3) 登熟後期の断続的な散水处理においても凸腹粒の発生が少なかった品種は、九州二条16号、九州二条15号、吉系60、吉系57、ニシノゴールド、きぬ二条11号の6品種であった。これらは、凸腹粒耐性品種育成のための交配親としての利用価値が高く、また、育成途中の九州二条16号、九州二条15号、吉系60、吉系57、きぬ二条11号は凸腹粒耐性品種として有望と考えられた。
- 4) 登熟後期の断続的な散水处理における凸腹粒発生率と出穂期および成熟期との間には相関関係はなく、熟期による凸腹粒発生率の偏りはみられなかった。これらのことから、本手法は早生～晩生の多数の品種の凸腹粒耐性評価を一度に実施できる有効な手法であると考えられた。
- 5) 千粒重と凸腹粒発生率との間には5%の有意水準で負の相関関係が認められ、凸腹粒発生率が高いものほど千粒重が軽かった。一方、凸腹粒となった粒を除いた場合、千粒重と凸腹粒の発生との間には、相関関係は認められなかった。これは、凸腹粒の発生が多かった品種ほど胚乳の溶出が多く発生したことによるものであると推察された。

第Ⅴ章 被害粒耐性系統の育成およびビール大麦生産における適応性

第1節 緒 言

北部九州における稲麦二毛作体系において、ビール大麦は、水稻との作期競合が少ないことから重要な土地利用型作物として位置づけられている。しかし、天候不順年には外観品質が劣り上位等級比率が低下するため、高品質安定生産を行う上で問題となっている。特に被害粒である側面裂皮粒や凸腹粒の発生は、検査等級を低下させる主な原因(浜地・吉田1989b)となっている。側面裂皮粒は、早播すると穎の伸長期に日照不足や低温等の不良環境の影響を受けやすくなり、穎の発育が抑制されることから発生が多くなる(浜地・吉田1989b, 浜地ら1989, 吉川ら1995a, 松江ら2000)。このため、播種適期は11月25日～12月5日(馬場ら1997, 馬場ら1998b, 馬場ら2000)とされているが、一方で、この時期の降雨により播種作業が遅れるとその後の生育が遅延し、収量や品質が低下するといった問題点が生産現場より指摘されている。また、北部九州の稲麦二毛作体系の中で早生水稻の普及により収穫期が前進化したこともあり、現在のビール大麦の播種適期よりも早い時期から播種しても高品質生産が可能な品種の導入が望まれている。もう一つの主な被害粒である凸腹粒は、登熟後期の断続的な降雨によって発生する(福田ら1993, 吉川ら1995a, 山口ら2000)ため、ビール大麦の収穫期が入梅期の初めにあたる北部九州では、登熟後期に降雨に遭遇するような年には凸腹粒が多発することが報告されている(福田ら1993, 吉川ら1995a, 馬場ら1998c, 松江ら2000)。このため、凸腹粒に耐性を有する品種の導入が求められている。以上のことから、ビール大麦の高品質安定生産のためには、現在の播種適期より早い時期に播種しても側面裂皮粒の発生が少なく、かつ凸腹粒の発生が少ない早播適応性を有する被害粒耐性品種の育成が重要である。

そこで本章では、側面裂皮粒および凸腹粒耐性系統として選抜を重ねてきた九州二条16号について、その生育特性や農業特性を明らかにするとともに本系統の早播適応性について検討した。

第2節 被害粒耐性系統の育成経過および生育特性

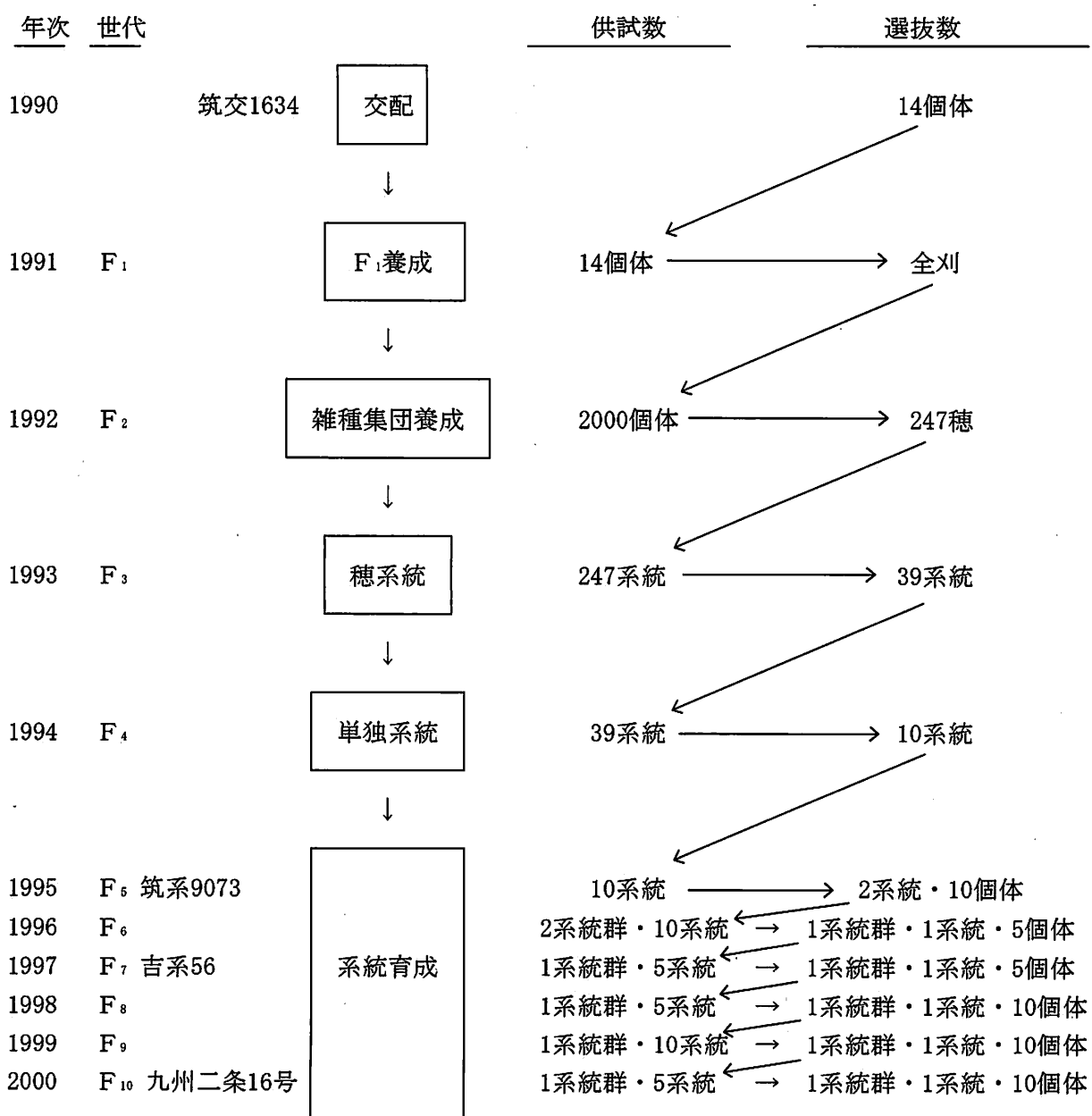
ビール大麦の高品質安定生産を行う上で、現在の播種適期より早い時期に播種しても側面裂皮粒の発生が少なく、かつ凸腹粒の発生が少ない被害粒耐性品種の導入が求められている。このため、品種育成においては、被害粒耐性品種の育成が重要な課題となっている。九州二条16号は、被害粒耐性を主な育種目標に第三章および第四章で確立した側面裂皮粒、凸腹粒耐性検定法によって選抜を行ってきた系統である。

そこで、本節においては、本系統の選抜経過について述べるとともにその特性について明らかにした。

1. 材料および方法

九州二条16号は、被害粒耐性、外観品質良、早生、高醸造適性、大麦萎縮病抵抗性およびうどんこ病抵抗性を育種目標に(吉系15/きぬゆたか)F₆を母、九州二条11号(後のミハルゴールド)を父とした組み合わせに由来する。母本の交配親である吉系15は、側面裂皮粒の発生は多いが、凸腹粒の発生は少ない。一方、きぬゆたかは凸腹粒の発生は多いが、側面裂皮粒の発生は少ない(浜地ら

1989, 浜地・吉田1989b, 吉川ら1995b, 山口ら1999, 馬場ら2001, 馬場ら2002)。父本であるミハルゴールドは、高い醸造適性を有する(吉川ら1997, 古庄ら1997, Furusho et al. 2000)。育種法は集団育種法によった。本系統の育成過程の各世代における供試個体・系統数は第21図のとおりである。特に被害粒耐性および外観品質選抜に関しては、単独系統としたF₄世代からF₇世代までは、被害粒発生程度および外観品質を達観によって調査、選抜した。F₈世代以降は、早播・遮光処理による側面裂皮粒耐性検定試験(馬場ら2002)を3カ年および登熟後期の断続的な散水処理による凸腹粒耐性検定試験(馬場ら2001)を2カ年実施し、あまぎ二条, ニシノゴールド, きぬゆたか, アサカゴールド, ミハルゴールドおよびほうしゅん(農林水産省生産局編2002)と被害粒発生率を比較し、被害粒耐性を明らかにした。また生産力検定試験は、ビール大麦育成系統合同比較試験として1996年～2000年の5カ年実施し、標準品種としてあまぎ二条, 参考品種としてニシノゴールドを用い、本系統の生育特性, 収量性および麦芽品質(川口1976b, 北原1981b, 佐々木1990)について明らかに



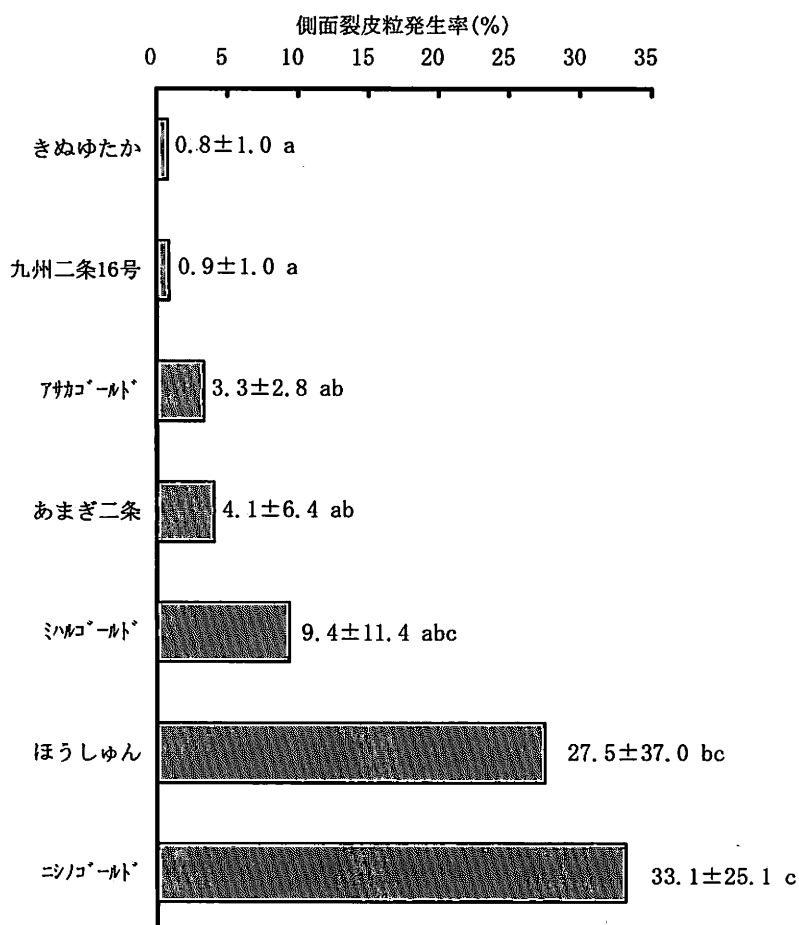
第21図 九州二条16号の育成経過

した。生産力検定試験の栽培概要は、播種期は11月下旬、播種方法は畦幅150cm、条間30cmの4条ドリル播、施肥量は、a当たり窒素成分で基肥0.6kg、追肥0.3kgとした。試験区は、1996年が1区7.5㎡で2反復、1997～1999年が1区15㎡で2反復、2000年が1区15㎡で3反復とした。なお、検査等級の格付けは福岡食糧事務所に、麦芽品質の分析は栃木県農業試験場栃木分場にそれぞれ依頼した。

2. 結果および考察

1) 九州二条16号の被害粒耐性

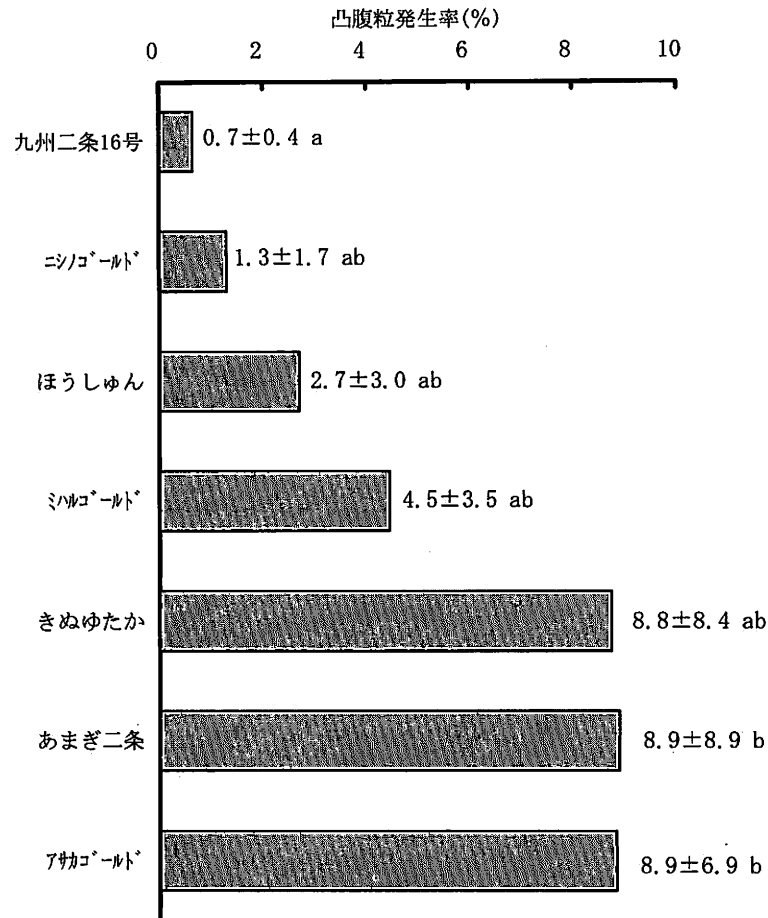
第22図に3カ年の早播・遮光処理による側面裂皮粒耐性検定試験の結果を、第23図に2カ年の登熟後期の断続的散水処理による凸腹粒耐性検定試験の結果を示した。九州二条16号の3カ年平均の側面裂皮粒発生率は0.9%ときぬゆたかとともに発生が少なく、ほうしゅんやニシノゴールドとの間で有意な差が認められた。また、九州二条16号の凸腹粒発生率は0.7%で凸腹粒の発生が少ないと報告されているほうしゅん(古庄ら1999)やミハルゴールド(吉川ら1997)よりもさらに発生が少なく、供試した7品種の中で最も少なかった。以上のことから、九州二条16号は、側面裂皮粒および



第22図 早播・遮光処理による側面裂皮粒発生の九州二条16号と主要品種との比較

各品種の棒グラフ右に付した数値は、3カ年平均値±標準偏差。

同一英文字間にはTUKEYの多重検定で5%水準で差がないことを示す。1998～2000年のデータ。



第23図 登熟後期の断続的散水による凸腹粒発生の九州二条16号と主要品種との比較

各品種の棒グラフ右に付した数値は、2カ年平均値±標準偏差。

同一英文字間にはTUKEYの多重検定で5%水準で差がないことを示す。1999、2000年のデータ。

凸腹粒に対して耐性を有するものと考えられ、被害粒耐性品種として有望であると考えられる。側面裂皮粒および凸腹粒発生の遺伝様式は量的遺伝子に支配されていると考えられている(呉ら1994, 武田・金谷1995, 金谷ら1996, 山口ら1999)。九州二条16号の両親のうち吉系15は、側面裂皮粒の発生は多いが、凸腹粒の発生は少ない。一方、きぬゆたかは凸腹粒の発生は多いが、側面裂皮粒の発生は少ない。したがって、九州二条16号の側面裂皮粒耐性はきぬゆたかに由来し、凸腹粒耐性は吉系15に由来するものと考えられる。また、各被害粒に対する耐性が異なる組み合わせから得られた後代系統について、早播・遮光処理による側面裂皮粒耐性検定および登熟後期の断続的散水处理による凸腹粒耐性検定によって選抜することで、両被害粒について耐性のある系統を育成できたことは、これらの検定法が被害粒耐性品種の育成を行う上で有効であることを示している。

2) 九州二条16号の生育特性

第15表に九州二条16号の生産力検定試験における生育特性を示した。あまぎ二条と比較すると、出穂期で4日、成熟期は3日早かった。さらに早生品種であるニシノゴールドよりも出穂期で3日、成熟期で1日早かった。稈長は、あまぎ二条やニシノゴールドよりも短く、穂長はあまぎ二条より短く、ニシノゴールドより長かった。また、穂数はあまぎ二条やニシノゴールドよりも多かった。

倒伏や病害の発生、下葉の枯れ上がりは、あまぎ二条やニシノゴールドよりも少なかった。以上のように、九州二条16号は早生、短稈で穂数が多く、病害や障害も少ないことから、栽培性に優れる系統であると考えられる。

第15表 九州二条16号の生育特性(1996～2000年度生産力検定試験平均、ドリル播・標肥)

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	赤か び病	うどん こ病	下葉 枯れ
九州二条16号	4. 8	5. 20	84	5. 7	514	0	0	0	1. 6
あまぎ二条	4. 12	5. 23	89	6. 2	506	0. 5	0. 5	1. 5	2. 4
ニシノゴールド	4. 11	5. 21	86	5. 4	486	0. 1	0. 4	2. 0	2. 9

倒伏程度、病害発生、下葉枯れ程度は0：無，1：微，2：少，3：中，4：多，5：甚の6段階評価。

3) 九州二条16号の収量および外観品質

第16表に九州二条16号の生産力検定試験における収量および外観品質について示した。あまぎ二条およびニシノゴールドよりも整粒歩合は高く、リットル重、千粒重は重かった。また、整粒重はあまぎ二条と同程度でニシノゴールドより重かった。被害粒の発生は、側面裂皮粒、凸腹粒ともに微発生で、側面裂皮粒の発生は、あまぎ二条と同程度でニシノゴールドより少なく、凸腹粒の発生はニシノゴールドと同程度であまぎ二条より少なかった。側面裂皮粒と凸腹粒の発生粒率の合計は5カ年平均で1.1%で、あまぎ二条やニシノゴールドよりも少なかった。外観品質は、あまぎ二条やニシノゴールドよりも優れた。検査等級は、5カ年平均で2等中であり、あまぎ二条やニシノゴールドよりも優れた。また、第24図に5カ年の各年次、品種別の側面裂皮粒および凸腹粒の発生率を、第25図に5カ年の各年次、品種別の検査等級を示した。九州二条16号は、1998年、1999年には側面裂皮粒および凸腹粒の発生は全くなかった。また、あまぎ二条と比較すると1996年、1997年および2000年にはあまぎ二条より側面裂皮粒の発生がやや多いものの、凸腹粒の発生はいずれの年次においてもきわめて少なかった。また、いずれの年次においてもニシノゴールドよりも側面裂皮粒および凸腹粒の発生は少なかった。側面裂皮粒と凸腹粒をあわせた被害粒の総計は、いずれの年次においてもあまぎ二条およびニシノゴールドより少なかった。一方、検査等級はあまぎ二条やニシノゴールドが、被害粒の発生が多かった1996年や1997年で大きく低下したのに対して、九州二条16号は5カ年を通じて被害粒の発生が少なく常に2等下以上の格付けを確保することができた。以上のように、九州二条16号は、複数年を通じて被害粒の発生が少なく、検査等級も高位で安定的に優れ、ビール大麦の高品質安定生産のために有望な系統であると考えられる。

第16表 九州二条16号の収量および外観品質(1996～2000年度生産力検定試験平均, ドリル播・標肥)

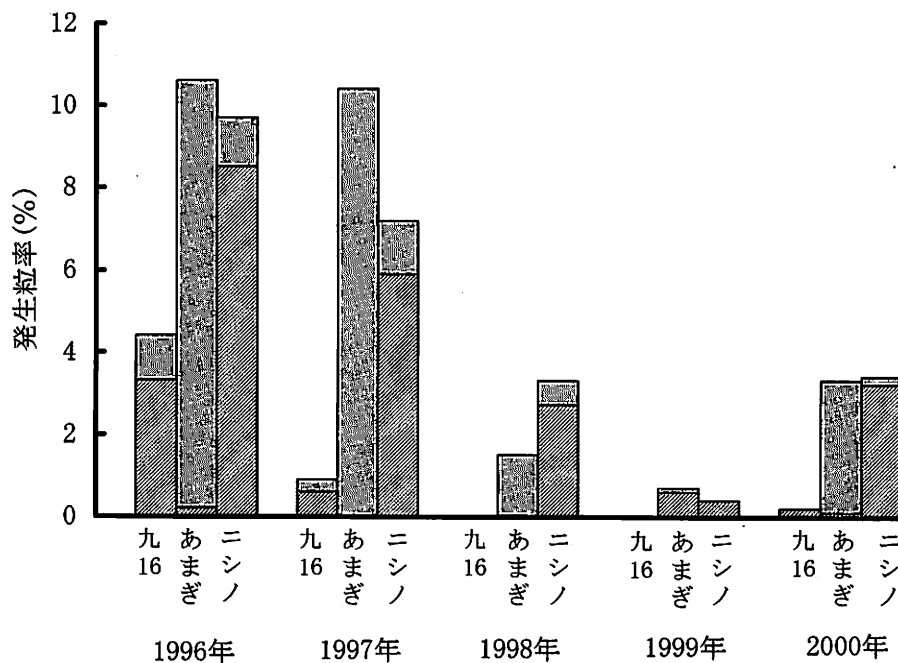
品種名	整粒歩合 %	リットル重 g	千粒重 g	整粒重 kg/a	標準比率 %	被害粒発生率 側面裂皮粒 %	凸腹粒 %	外観品質	検査等級
九州二条16号	92.3	702	41.0	35.1	97	0.8	0.3	2.4	4.9
あまぎ二条	88.5	693	34.5	36.0	100	0.2	5.1	4.9	6.7
ニシノゴールド*	86.1	683	33.1	27.9	77	4.1	0.7	4.5	5.8

整粒歩合は、粒厚2.5mm以上の粒の割合。

整粒重は、粒厚2.5mm以上の子実重。

外観品質は、1：上上，2：上中，3：上下，4：中上，5：中中，6：中下，7：下上，8：下中，9：下下の9段階評価。

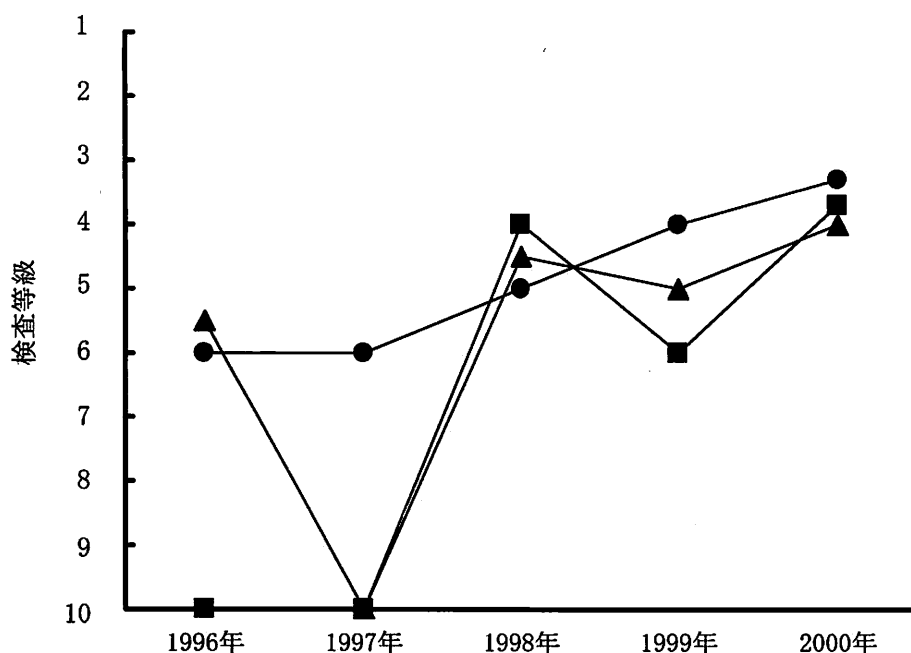
検査等級は、1：1等上，2：1等中，3：1等下，4：2等上，5：2等中，6：2等下，7：等外上上，8：等外上中，9：等外上下，10：規格外の10段階。



第24図 生産力検定試験における各年次、品種ごとの被害粒発生

▨：側面裂皮粒，■

九16：九州二条16号，あまぎ：あまぎ二条，ニシノ：ニシノゴールド。1996～2000年のデータ。



第25図 生産力検定試験における各年次、品種ごとの検査等級

●：九州二条16号，■：あまぎ二条，▲：ニシノゴールド。

検査等級：1(1等上)～4(2等上)～7(等外上上)～10(規格外)。

1996～2000年のデータ。

4) 九州二条16号の醸造適性

第17表に生産力検定試験における麦芽品質について示した。九州二条16号は、麦芽エキス、可溶性窒素、ジアスターゼ力があまぎ二条やニシノゴールドより高く優れ、特にジアスターゼ力が高かった。麦芽全窒素は、あまぎ二条やニシノゴールドと同様に適正な範囲であった。コールバッハ数は、あまぎ二条やニシノゴールドと同様に適正範囲より高かった。エキス収量はニシノゴールドと同程度であまぎ二条より優れ、最終発酵度はあまぎ二条やニシノゴールドより低かった。麦芽総合評点は、あまぎ二条やニシノゴールドより高く優れていた。ビール大麦の麦芽品質の諸形質は、遺伝的要因に支配されていると考えられており(佐々木ら1992)、特にジアスターゼ力の遺伝率が高いことが報告されている(関口ら1984、吉川ら1995c)。九州二条16号の父本であるミハルゴールドは高いジアスターゼ力を有することが報告されており(古庄ら1997、吉川ら1997、Furuscho et al. 2000)、九州二条16号の高いジアスターゼ力はミハルゴールド由来のものであると推察される。以上のように九州二条16号は、高い醸造適性を有することが明らかとなった。

第17表 九州二条16号の麦芽品質(1996～2000年度生産力検定試験平均, ドリル播・標肥)

品種名	麦芽 エキス %	麦芽 全窒素 %	可溶性 窒素 %	コルバ ツハ数 %	ジアスタ ゼ力 WK/TN	エキス 収量 %	最終 発酵度 %	麦芽 総合 評点	同左 標準 差
九州二条16号	84.1	1.65	0.81	48.3	241	77.5	84.8	86.1	13.7
あまぎ二条	81.3	1.62	0.75	45.9	195	75.1	86.0	72.4	0
ニシノゴールド	83.6	1.67	0.76	46.1	188	77.4	87.6	84.6	5.6

分析は栃木県農試栃木分場による。麦芽全窒素, コルバツハ数以外は数値が高いほど良い。麦芽全窒素は1.60～1.76が適正範囲。コルバツハ数は40～45が適性範囲。麦芽全窒素は1996～1999年の平均値。エキス収量は1997～1999年の平均値。あまぎ二条の最終発酵度は1996年, 1998年, 1999年の平均値。

第3節 被害粒耐性系統の早播適応性

前節において, 側面裂皮粒および凸腹粒に関して耐性を有する系統として選抜を重ねてきた九州二条16号の被害粒耐性, 生育特性, 収量性, 外観品質および醸造適性について検討した結果, 被害粒耐性を有し, 栽培特性や醸造適性に優れる系統であることを明らかにした。このように, 本系統は側面裂皮粒が発生しやすい早播条件下(浜地ら1989, 浜地・吉田1989b, 吉川ら1995a)で栽培しても被害粒の発生が少なく, 外観品質に優れ, 生産現場より求められている播種期の早進化に寄与できるビール大麦系統であると考えられる。

そこで, 本節では九州二条16号の播種期を早進化した場合の被害粒発生, 収量性, 醸造品質を調査し, 本系統の早播適応性について検討した。

1. 材料および方法

2000年および2001年の2カ年に, 福岡県農業総合試験場(福岡県筑紫野市)の砂壤土圃場(前作は水稻)において試験を実施した。2カ年とも供試品種として九州二条16号, 早生で側面裂皮粒の発生は少ないが凸腹粒の発生は多いアサカゴールド(吉田ら1991, 馬場ら2001, 馬場ら2002), 早生で側面裂皮粒の発生は多いが凸腹粒の発生は少ないニシノゴールド(伊藤ら1987, 馬場ら2001, 馬場ら2002)の3品種を用いた。播種期は, 2000年が11月8日, 11月16日, 11月29日の3水準, 2001年が11月8日, 11月16日, 11月28日の3水準を設けた。施肥量は2カ年ともa当たり窒素成分で基肥0.6+追肥0.3kgとし, m²当たり出芽本数は, 2カ年とも11月8日播が100本, その他の播種期が150本とした。いずれの試験区とも播種方法は畦幅150cm, 条間30cmの4条ドリル播とし, 1区の試験面積7.5m²の2反復で実施した。

出穂期, 成熟期, 収量関連形質について調査を行い, 2000年には麦芽品質もあわせて調査した。整粒(粒厚2.5mm以上の粒)500粒について被害粒発生率を調査し, 分散分析にはその発生割合を逆正弦変換(スネデカー・コ克蘭1967)した値を用いた。なお, 検査等級の格付けは福岡食糧事務所に, 麦芽品質の分析は栃木県農業試験場栃木分場に依頼した。

2. 結果および考察

1) 気象および生育概況

2000年は、播種後、1月中旬までは気象、生育とも平年並で経過したが、1月下旬～2月は降水量が多く分げつが押さえられたため、穂数が少なくなった。その後4月上旬までは気温が高く経過したため出穂期は平年より4日程度早くなった。登熟期間中は少雨で気温は平年並に推移したが、出穂期が早かったことから成熟期は平年より約2日早かった。登熟が順調に進んだことにより、千粒重は重く、整粒歩合は高かった。倒伏は発生しなかったものの、穂数が少なく、収量は平年よりやや少なかった。外観品質は良好であった。2001年は、播種後、1月中旬までの気温はほぼ平年並で経過した。1月下旬および2月下旬は降水量が多く分げつが抑制され、穂数が少なくなった。2月以降、4月上旬までは気温が高く経過したため出穂期は平年より8日程度早くなった。4月中旬～5月上旬は平年より降水量が多く、1日当たり15mm～40mmの断続的な降雨があった。また、5月15日に70mmを越える降雨があった。登熟期間中に降雨が多かったことから、いずれの品種でも11月8日、11月16日播で微～少の倒伏がみられた。出穂期は平年より8日程度早まったが、成熟期は平年より4日程度早くなるにとどまり、登熟期間は長かった。このため、千粒重は重く、整粒歩合は高かった。収量は、穂数が少なかったことからやや少なかった。外観品質は、登熟期間中降雨が多かったため、穀粒の退色により平年より劣った。

2) 播種期別の生育特性

第18表に品種別に播種期ごとの生育特性を示した。播種期を現在の播種適期である11月下旬より20～21日早くした場合、成熟期は2カ年平均でアサカゴールドは7日、ニシノゴールドは8日早くなったのに対し、九州二条16号は10日早くなった。また、播種期を11月下旬より12～13日早くした場合の成熟期は、2カ年平均でアサカゴールドは5日、ニシノゴールドは6日早かったのに対し、九州二条16号は7日早かった。一方、九州二条16号の成熟期は、2000年の11月8日播ではニシノゴールドとともに最も早かった。2000年の11月16日播、2001年の11月8日播および11月16日播では、供試品種中最も早かった。11月下旬播での九州二条16号の成熟期は、2カ年とも他の早生品種と同程度であった。稈長は、いずれの年次においても他の品種に比べて播種期の違いによる変動が小さく、短稈であった。穂数は、年次によって播種期の早晚と穂数の多少が異なり、2000年では播種期が早いほど増加する傾向にあり、2001年では11月16日播が最も多く、11月28日播が最も少なくなった。九州二条16号は2カ年ともいずれの播種期においても他品種と同等かそれ以上の穂数であった。このように、九州二条16号は、播種期を早くした場合の成熟期の早進化程度は大きく、稈長の播種期による変動は小さく短稈で、いずれの播種期においても他品種に比べて穂数の確保は容易であり、早播が可能であると考えられた。

3) 播種期、品種別の収量および外観品質

第19表に播種期、品種別の収量関連形質、側面裂皮粒および凸腹粒の発生ならびに検査等級について示した。整粒重は、播種期別にみると2000年では11月8日、16日播で多く、2001年では11月16日播で多く、年次によって播種期の早晚と整粒重の多少が異なった。これは、穂数が2000年では11月8日、16日播が多く、2001年では11月16日播が多かったことによるものと考えられた。品種別にみると九州二条16号は、いずれの年次においても供試品種中整粒重が最も多く、2001年ではアサカゴールドとともにニシノゴールドより有意に多収であった。また、播種期と品種の交互作用は検出されなかった。したがって、九州二条16号は、いずれの播種時期においても供試品種の中では多収

であり、11月下旬播よりも早い時期の播種で多収となるものと考えられる。整粒歩合は、2カ年とも播種期が早いほど低下する傾向にあり、2000年では各播種期間で、2001年では11月8日、16日播と11月28日播との間で有意な差がみられた。品種別にみると2000年には品種間差は有意ではなかったが、2001年には九州二条16号は、アサカゴールドとともにニシノゴールドより高かった。播種期と品種の交互作用は検出されなかった。播種期の違いによる千粒重は、整粒歩合と同様に2カ年とも播種期が早いほど軽くなる傾向にあり、2カ年とも11月8日、16日播と11月下旬播との間に有意な差がみられた。品種別にみると、2カ年とも九州二条16号は供試品種中最も重かった。播種期と品種の交互作用は検出されなかった。

第18表 品種、播種期別の生育特性

試験 年次	品種名	播種期 月. 日	出穂期 月. 日	成熟期 月. 日	稈 長 cm	穂 数 本/m ²
2000	九州二条16号	11. 8	3. 26	5. 15	84	622
		11. 16	4. 2	5. 16	84	643
		11. 29	4. 9	5. 23	84	482
	アサカゴールド	11. 8	3. 26	5. 16	89	635
		11. 16	4. 5	5. 18	91	540
		11. 29	4. 9	5. 22	86	369
	ニシノゴールド	11. 8	3. 26	5. 15	87	604
		11. 16	4. 4	5. 17	88	600
		11. 29	4. 10	5. 22	90	471
2001	九州二条16号	11. 8	3. 23	5. 8	80	403
		11. 16	3. 27	5. 13	77	458
		11. 28	4. 3	5. 19	77	347
	アサカゴールド	11. 8	3. 23	5. 12	87	369
		11. 16	3. 28	5. 14	90	393
		11. 28	4. 5	5. 20	83	317
	ニシノゴールド	11. 8	3. 24	5. 11	77	313
		11. 16	3. 29	5. 14	83	393
		11. 28	4. 6	5. 20	72	247

第19表 播種期、品種別の収量関連形質、側面裂皮粒、凸腹粒発生および検査等級

試験 年次	要 因	整粒重	整粒歩合	千粒重	側面裂皮粒	凸腹粒	検査等級
					発生率	発生率	
		kg/a	%	g	%	%	
2000年	播種期	**	**	**	**	ns	*
	11月 8日	41.8 b	85.5 a	35.2 a	7.7 b	0 a	7.2 b
	11月16日	40.6 b	89.8 b	35.6 a	2.4 a	0 a	4.8 ab
	11月29日	31.5 a	96.3 c	39.2 b	0.9 a	0.03 a	4.7 a
	品種	ns	ns	**	**	ns	ns
	九州二条16号	40.2 a	90.6 a	39.9 b	0.5 a	0 a	5.0 a
	アサカゴールド	38.3 a	90.9 a	35.9 a	0.4 a	0 a	5.0 a
	ニシノゴールド	35.4 a	90.2 a	34.6 a	9.9 b	0.03 a	6.7 a
	交互作用	ns	ns	ns	**	ns	ns
2001年	播種期	**	**	**	ns	ns	ns
	11月 8日	25.6 a	92.6 a	38.2 a	3.1 a	1.0 a	8.5 a
	11月16日	32.0 b	92.8 a	37.5 a	2.5 a	0.6 a	6.8 a
	11月28日	25.2 a	96.5 b	41.7 b	1.7 a	0.1 a	7.7 a
	品種	**	**	**	**	**	*
	九州二条16号	30.4 b	94.7 b	43.0 c	1.4 a	0.1 a	6.5 a
	アサカゴールド	29.5 b	95.0 b	38.7 b	0.7 a	1.3 b	8.3 b
	ニシノゴールド	22.8 a	92.3 a	35.7 a	5.2 b	0.3 a	8.2 b
	交互作用	ns	ns	ns	ns	*	ns

検査等級, 1(1等上)~4(2等上)~7(等外上上)~10(規格外)。

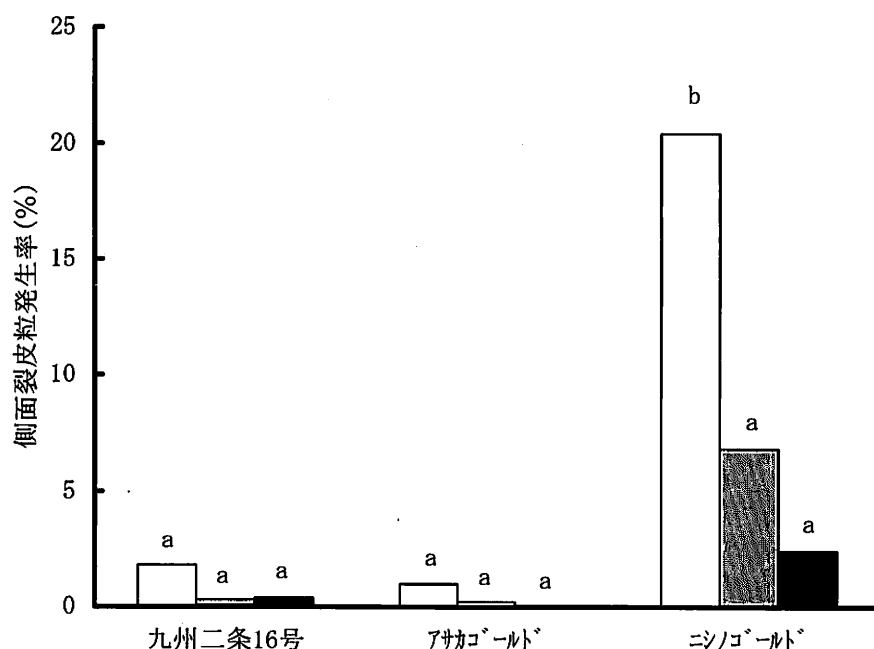
** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意, ns : 5%水準で有意性なし。

各平均値に付した同一英文字間には, TUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

被害粒のうち、側面裂皮粒の発生はこれまでの報告にあるように(浜地ら1989, 浜地・吉田1989b, 吉川ら1995a, 馬場ら1998b, 馬場ら2000)2カ年とも播種期が早いほど増加する傾向にあり、2000年には11月8日播と11月16日、29日播との間に有意な差がみられた。品種別にみると九州二条16号は、2カ年ともアサカゴールドとともにニシノゴールドより側面裂皮粒の発生が少なかった。また、2000年には播種期と品種の交互作用が検出された。2000年における品種ごとの播種期別の側面裂皮粒発生を第26図に示す。九州二条16号は、アサカゴールドと同様に側面裂皮粒の発生は少なく、また、播種期の違いによる差はみられなかった。一方、ニシノゴールドは、11月8日播で発生が多く、11月16日、29日播との間に有意な差がみられた。このように、九州二条16号は側面裂皮粒が発生しやすい条件である早播においても発生が少ないことが明らかとなった。凸腹粒は、2000年には各播種期、各品種ともほとんど発生せず、播種期間、品種間とも差はみられず、播種期と品種の交互作用も有意ではなかった。一方、2001年には播種期の間には差はなかったものの、品種間差は有意となり、九州二条16号とニシノゴールドで少なく、アサカゴールドで多かった。また、播種期と品種の交互作用が検出された。2001年における品種ごとの播種期別の凸腹粒発生を第27図に示す。九州二条16号は、ニシノゴールドと同様に、播種期の違いによる凸腹粒発生に差はみられなかった。一方、アサカゴールドは、11月8日、16日播で凸腹粒の発生が多く、11月28日播との間で有意な差がみられた。アサカゴールドの11月8日、16日播で発生が多くなったのは、4月中旬~5月上旬の断続的な

降雨によるものと考えられる(福田ら1993, 吉川ら1995a, 山口ら2000)。このように, 九州二条16号は, 凸腹粒が発生しやすい条件である登熟後期の断続的な降雨に遭遇してもその発生が少ないことが明らかとなった。

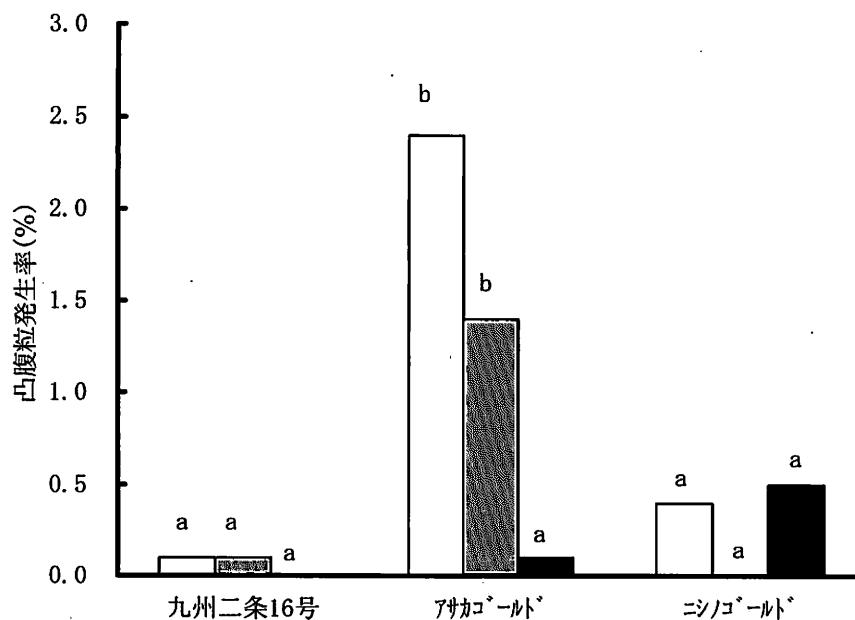
検査等級は, 2000年には比較的良好であったが, 2001年は登熟期間中の多雨による穀粒の退色のため全体的に不良であった。播種期別にみると, 2000年では播種期が早いほど検査等級は低下し, 11月8日播と11月29日播との間で有意な差がみられた。これは11月8日播では整粒歩合が低いことから粒の充実が十分でないためであるものと考えられる。2001年では播種期の違いによる検査等級の差はみられなかった。品種別にみると九州二条16号は, 2000年では他品種と差はなかったが, 2001年には供試品種中最も良好であった。これは, 九州二条16号が整粒歩合が高く, 千粒重が重いいった穀粒の充実に関与する形質が優れることとあわせて, 側面裂皮粒や凸腹粒の発生が少ないことによると考えられる。また, 播種期と品種の交互作用は検出されなかった。



第26図 各品種における播種期別の側面裂皮粒発生率(2000年)

□ : 11月8日播, ■ : 11月29日播。

棒グラフに付した同一英文字間には, 各品種ごとにTUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。



第27図 各品種における播種期別の凸腹粒発生率(2001年)

□ : 11月8日播, ▣ :

■ : 11月28日播。

棒グラフに付した同一英文字間には、各品種ごとにTUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

第20表に九州二条16号の年次、播種期別の穀粒形質について示した。整粒歩合と千粒重は、播種期が早いほど低下する傾向にあり、2000年では11月8日播で整粒歩合が大きく低下した。また、2001年では千粒重で11月8日、16日播が11月28日播より有意に軽かった。いずれの年次、播種期とも側面裂皮粒および凸腹粒の発生は少なく、両被害粒発生率の合計は、上位等級である2等以上の被害粒混入率の基準である3% (農産物検査手帖1999) 以下であった。検査等級は、2カ年とも11月16日播が11月8日播に比べて有意に優れた。2001年は、11月8日、28日播で検査等級の低下がみられたが、これは、2001年は登熟期間中の降雨が多かった年であり、これらの播種期では収穫直前に降雨に遭遇したため穀粒が退色し検査等級が低下した。一方、2000年は、登熟期間中の天候に恵まれ、また被害粒の発生も少なかったにもかかわらず、11月8日播は充実不足により11月16日、29日播に比べて低下した。

以上のことから、九州二条16号は多収であり、早播によって穂数が多く確保されるような条件下でさらに多収となる。また、早播を行っても側面裂皮粒の発生程度は小さく、登熟後期の断続的な降雨条件下でも凸腹粒の発生が少なく外観品質が優れ、収量や被害粒発生からみた早播適応性は高いものと考えられる。しかし、11月上旬播では整粒歩合が低下し、検査等級が低下する危険性があることから、高位安定的な検査等級を維持するためには、播種期の早限は11月中旬であると考えられる。したがって、現在の播種適期を10日程度早進化することが可能な系統であると考えられる。

第20表 九州二条16号における播種期別の穀粒形質

試験年次	播種期	整粒歩合	千粒重	側面裂皮粒 発生率	凸腹粒 発生率	検査等級
	月. 日	%	g	%	%	
2000年	11. 8	85.2 a	38.3 a	1.8 a	0 a	6.5 b
	11.16	91.2 a	39.7 a	0.3 a	0 a	3.5 a
	11.29	95.5 a	41.7 a	0.4 a	0 a	5.0 ab
2001年	11. 8	93.5 a	41.9 a	1.5 a	0.1 a	8.5 b
	11.16	93.8 a	41.6 a	1.2 a	0.1 a	4.0 a
	11.28	96.7 a	45.4 b	1.5 a	0 a	7.0 ab

検査等級：1(1等上)～4(2等上)～7(等外上上)～10(規格外)。

表中の数値に付した同一英文字間には、各品種ごとにTUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

4) 播種期別の麦芽品質

第21表に品種別に播種期ごとの麦芽品質を示した。九州二条16号の麦芽品質を3播種期平均値で見ると、麦芽エキス、可溶性窒素、コールバツハ数、ジアスターゼ力およびエキス収量が供試品種中最も高かった。麦芽粗蛋白は適正範囲にあり、最終発酵度はアサカゴールドやニシノゴールドより低かった。麦芽総合評点はアサカゴールド並であった。麦芽品質の播種期による変動は、ほとんどの項目で他品種と同程度であったが、ジアスターゼ力は、他品種に比べて変動が小さかった。以上のように、九州二条16号は麦芽エキス、可溶性窒素、コールバツハ数、ジアスターゼ力およびエキス収量で優れ、特にジアスターゼ力は、播種期による変動が小さく安定していた。播種期別に九州二条16号の麦芽品質の変動をみると、麦芽エキスは11月16日播で高かった。麦芽粗蛋白は、11月16日播で適正範囲よりやや低下し、可溶性窒素は11月16日播で低下した。コールバツハ数はいずれの播種期も適正範囲より高かったが、特に11月29日播が最も高かった。ジアスターゼ力は、11月29日播が最も高く、11月8日播と11月16日播は同程度であった。エキス収量および最終発酵度は11月16日播が最も高かった。以上のように播種期の早晩による品質の高低が麦芽品質の項目ごとで変動し、全ての項目で麦芽品質諸項目が優れる播種期は明らかでなかった。しかし、九州二条16号の麦芽品質の総合評点は、播種期が早いほど高い傾向にあり、麦芽品質面からも早播が可能な系統であると考えられる。

第21表 品種、播種期別の麦芽品質(2000年)

品種名	播種期	麦芽 エキス	麦芽 粗蛋白	可溶性 窒素	コーンバ ツハ数	ジ・アスター ゼ力	エキス 収量	最終 発酵度	総合 評点
	月・日	%	%	%	%	WK/TN	%	%	
九州二条16号	11. 8	83.8	10.5	0.82	48.6	270	78.3	84.3	82.8
	11.16	84.9	9.5	0.79	51.4	264	79.3	86.1	79.5
	11.29	83.9	10.0	0.84	52.2	303	78.9	85.1	75.0
	平均	84.2	10.0	0.80	50.7	279	78.8	85.2	79.1
	標準誤差	0.6	0.5	0.03	1.9	21	0.5	0.9	3.9
	変動係数(%)	0.7	5.0	3.1	3.7	7.5	0.6	1.1	5.0
アサコ・ールト	11. 8	81.8	10.0	0.66	41.5	215	76.7	87.0	78.5
	11.16	82.8	9.4	0.68	45.4	178	77.8	88.1	76.6
	11.29	82.5	9.6	0.69	44.9	220	77.6	88.3	84.1
	平均	82.4	9.7	0.70	43.9	204	77.4	88.0	79.7
	標準誤差	0.5	0.3	0.02	2.1	23	0.6	0.9	3.9
	変動係数(%)	0.6	3.2	2.3	4.8	11.2	0.8	1.0	4.9
ニシノゴ・ールト	11. 8	84.3	10.6	0.73	43.4	173	78.0	88.7	74.6
	11.16	83.7	9.0	0.67	46.7	198	78.4	89.9	64.1
	11.29	83.0	10.0	0.74	46.4	207	77.9	89.6	72.8
	平均	83.7	9.9	0.70	45.5	193	78.1	89.4	70.5
	標準誤差	0.7	0.8	0.04	1.8	18	0.3	0.6	5.6
	変動係数(%)	0.8	8.2	5.3	4.0	9.1	0.3	0.7	8.0

分析は栃木県農試栃木分場による。麦芽粗蛋白,コーンバツハ数以外は数値が高いほど良い。
麦芽粗蛋白は10~11が適正範囲。コーンバツハ数は40~45が適性範囲。

第4節 摘 要

側面裂皮粒および凸腹粒に関して耐性を有する系統として選抜を重ねてきた九州二条16号の生育特性や農業特性を明らかにした。さらに早播試験を行い、収量や品質面から本系統の早播適応性について検討した。

- 1) 九州二条16号は、側面裂皮粒および凸腹粒の発生が少なく、被害粒耐性品種として有望であった。九州二条16号の側面裂皮粒耐性はきぬゆたかに由来し、凸腹粒耐性は吉系15に由来するものと考えられた。
- 2) 生産力検定試験の結果から、九州二条16号は、早生、短稈で穂数が多く栽培性に優れ、複数年を通じて被害粒の発生が少なく、検査等級も高位で安定的に優れた。また、高い醸造適性を有していた。したがって、ビール大麦の高品質安定生産のために有望な系統であると考えられた。
- 3) 九州二条16号は、播種期を早くした場合の成熟期の早進化程度が大きく穂数の確保が容易であったこと、早播によって穂数が多く確保されるような条件下で多収となったこと、早播や登熟後

期の断続的な降雨など側面裂皮粒および凸腹粒が発生しやすい条件下でもこれら被害粒の発生が少なかったこと、麦芽総合評点は早播で優れたことから、早播適応性に優れるものと考えられた。しかし、11月上旬播では整粒歩合が低下し、検査等級が低下する危険性があることから、播種早限は11月中旬であり、本系統を用いることにより現在の播種適期を10日程度早進化できると考えられた。

第Ⅵ章 総合考察

北部九州は、稲麦二毛作体系を中心に水田農業の振興が図られてきた地域である(桐山1956, 中川1956, 藤井1976)。特にビール大麦は、水稻との作期競合が少ないことから、重要な土地利用型作物として位置づけられており、同地域は、国内でも主要なビール大麦の産地となっている(食糧庁2002)。また、麦の本作化に伴い、高醸造適性品種の作付による良質ビール大麦生産と規模拡大による生産コストの低減が急務となっている。しかしながら、生産の現状をみると収量や品質が不安定な地域であり、暖冬や多雨等の天候不順年には収量や外観品質が低下することが多く、ビール大麦の生産振興を図る上で大きな問題となっている。中でも外観品質は、検査等級および販売単価に直接影響することから重要な形質となっている(農産物検査手帖1999, 食糧庁2002)。また、実需者からは、醸造品質に優れるビール大麦の安定供給が要望されているが、北部九州産のビール大麦は、上位等級比率が不安定であり、契約数量未達成年が多いことが問題となっている(農産園芸局農産課1998)。したがって、気象変動に対して安定した良質ビール大麦栽培技術の確立と播種適期幅拡大の技術対策を機軸にした高品質安定生産や経営規模拡大の実現が重要な課題となっている。

近年、北部九州地域のビール大麦生産においては、側面裂皮粒や凸腹粒等の被害粒発生による外観品質の低下が問題となっており(浜地・吉田1989b, 松江ら2000)、これら被害粒に関する発生要因や発生回避のための栽培技術の確立に関する研究がなされてきた。側面裂皮粒は、穎の発育が抑制され穎と子房の大きさのバランスが崩れることによって発生する被害粒で、節間伸長期～出穂期の日照不足や低温によって発生が助長されることが明らかとなっており(浜地ら1989, 吉川ら1995a)、発生回避のためには早播を避け播種適期を11月6半旬～12月1半旬とする栽培法が確立された(馬場ら1998b, 馬場ら2000)。しかし、この栽培法は播種適期幅が狭いため、作付の規模拡大を図る上での制限要因となっている。凸腹粒は、登熟期の降雨が発生を助長することが報告されているが(浜地・吉田1989b, 福田ら1993, 吉川ら1995a)、発生回避のための有効な栽培法はない。さらに、各被害粒の発生に品種間差はみられるものの(大石ら1988, 浜地・吉田1989b, 吉野ら1992)、両被害粒に耐性を有する品種は見出されていない。また、ビール大麦生産におけるこれらの被害粒の発生被害は、海外では報告されておらず、一方、国内では北部九州地域での報告(浜地ら1988, 大石ら1988, 浜地・吉田1989b, 尾形ら1992b, 福田ら1993, 松江ら2000)がほとんどである。したがって、ビール大麦生産における側面裂皮粒および凸腹粒の発生被害は、被害粒の発生を助長させるような春先から収穫期にかけて日照不足や多雨といった気象条件となりやすい北部九州地域の特徴的な問題であると考えられる。このため、同地域の良質ビール大麦生産振興を図る上で、育種現場においては、これらの被害粒発生について耐性を有する品種育成が急務となっている。

本論文では、これらの課題に応えるため、被害粒発生に及ぼす環境要因解析の解析を行うとともに耐性選抜のための評価手法を確立した。さらに、確立した評価法を用いて、これら被害粒が発生しやすい早播や登熟後期の多雨条件でも被害粒の発生が少なく、早播適応性の高い品種の育成を行った。それらの経過は第28図に示した。

まず、被害粒耐性品種の選抜および評価法確立に関して基礎的な知見を得るため、被害粒発生に及ぼす環境要因の解析を行った。ビール大麦の被害粒発生が年次でどのように変動するかを解析した結果、側面裂皮粒では品種と年次の交互作用が検出され、年次によって被害粒発生の品種間の相対的な差が異なった。凸腹粒では品種間、年次間ともに差は認められなかった。以上の結果から、通常の品種比較試験では被害粒の耐性評価を行うことが困難であることを明らかにし、被害粒耐性品種育成のための評価手法確立の重要性を提案した。また、被害粒発生の年次変動は、側面裂皮粒では節間伸長期～出穂期の日照時間や低温、凸腹粒では登熟期の降水量に影響を受けることを示し

北部九州地域におけるビール大麦生産上の問題点

- ・側面裂皮粒，凸腹粒といった被害粒発生による品質の低下と不安定性
- ・側面裂皮粒発生回避を目的とした播種適期幅の制約による生産規模拡大の制限

被害粒発生に及ぼす環境要因の解析

- ・被害粒発生における品種と年次の変動の解析結果より，通常の品種比較試験における被害粒の発生評価の困難性を明らかにした。
- ・側面裂皮粒では，早播や寡照条件下での試験による耐性品種選抜の可能性を示した。
- ・凸腹粒では，登熟期間中の降雨時期や降水量と凸腹粒発生との関係解明が，耐性評価法確立上，重要であることを明らかにした。

側面裂皮粒耐性評価法

- ・早播と遮光処理を組み合わせた処理が側面裂皮粒発生評価に有効であることを確認した。
- ・耐性品種の選抜には，早播と遮光処理を組み合わせた処理による複数年の発生評価が必要であることを明らかにした。

凸腹粒耐性評価法

- ・再現試験によって，登熟後期の降雨が凸腹粒の発生を助長することを明らかにした。
- ・登熟後期の断続的な散水处理による凸腹粒の発生評価法を確立した。

高品質・被害粒耐性系統の育成および特性解明

- ・確立した発生評価法を用いて選抜した九州二条16号が，複数年を通じて被害粒の発生が少なく，検査等級も高位安定的に優れ，高醸造適性を有する系統であることを明らかにした。
- ・本系統が，側面裂皮粒や凸腹粒が発生しやすい条件下でもこれらの被害粒の発生が少ないこと，早播適応性が高いことを明らかにし，ビール大麦の現在の播種適期を10日程度早進化することが可能な系統であることを確認した。

第28図 本論文における成果のまとめ

た。次いで、播種期、施肥量および出芽本数といった栽培条件の違いが被害粒発生に及ぼす影響を調査した結果、側面裂皮粒、凸腹粒とも施肥量や出芽本数よりも播種期の影響が大きく、側面裂皮粒では播種期が早いほど発生が増加した。凸腹粒の発生は、播種期の影響が大きかったものの播種期の早晩と発生の多少に一定の傾向はなく、登熟期の多雨年で発生が多く年次変動が大きかった。これら被害粒について、品種と年次の解析および栽培試験の結果から、側面裂皮粒では早播や寡照条件で試験を行うことで耐性品種の選抜の可能性を示した。また、凸腹粒では、登熟期間中の降雨時期や降水量と凸腹粒の発生を解析することが、耐性評価法を確立する上で重要であると考えられた。

側面裂皮粒耐性評価法については、これまで吉川ら(1995b)によって、早播と節間伸長期～出穂期の遮光を組み合わせた処理の有効性が論じられていたが、本研究においても早播・遮光処理が側面裂皮粒の発生を助長し、発生評価に有効であることを確認できた。さらに、本研究においては、同手法の育種場面における実用性を検討するために早播・遮光処理によって多数の同一品種を3カ年評価した結果、品種と年次の交互作用が検出され、年次によって品種間の相対的な差が異なった。したがって、耐性品種を選抜するためには同一品種について2カ年以上の試験を行い、複数年を通じて発生が少ない品種を選抜することが必要であることを明らかにした。このことは、早播・遮光処理による側面裂皮粒発生評価法を実施する上での重要な留意点であると考えられる。また、早播・遮光処理による側面裂皮粒の発生は年次によって異なっていたが、これは遮光処理を行う節間伸長期～出穂期の日照時間が年によって異なることによるものと考えられ、品種間差を相対的に評価できるような判別品種の重要性が示唆された。そこで、本研究で用いた材料の側面裂皮発生程度やその変動を解析した結果、試験を実施した3カ年で品種間差が大きく異なり、年次間の変動が比較的小さい品種が選定できた。これらは、側面裂皮粒の発生程度の指標となる判別品種として耐性品種選抜に利用できるものと考えられる。

凸腹粒耐性評価法に関して、まず凸腹粒の発生を助長する登熟期の降雨時期を特定することを目的として、登熟期を前期、中期、後期の3時期に分け、それぞれの時期に植物体に人工的に散水処理を行った。その結果、登熟後期の散水によって凸腹粒が最も増加することが明らかとなった。過去の気象条件と凸腹粒発生の統計的解析から、登熟中後期の降雨が凸腹粒発生に関与しているとの報告(浜地・吉田1989b, 福田ら1993, 吉川ら1995a)がなされていたものの、その実証は行われていなかった。本研究によって、人工的な散水処理によって凸腹粒の発生を再現することができ、また登熟後期の散水が凸腹粒を助長させることを明らかにしたことは、凸腹粒発生評価法を確立する上で重要な知見であった。この結果をもとに、登熟後期に多量の水を断続的に散水し、多発年と同程度の凸腹粒を発生させることができた。さらにその発生程度は、多発年における品種間差とよく適合しており、供試品種の熟期の違いによってその発生程度が影響を受けることもなく、早生～晩生の多数の材料の凸腹粒発生評価を一度に実施できる有効な手法であることを明らかにした。なお、側面裂皮粒の発生機構については明らかにされているものの(浜地ら1989b)、凸腹粒については不明な点が多い。したがって、凸腹粒発生評価法を利用し、登熟後期の穀粒を経時的に調査することにより、凸腹粒の発生機構についての知見が得られるものと考えられる。

本研究において確立したこれらの被害粒発生評価法によって、側面裂皮粒と凸腹粒の両方に耐性を有する九州二条16号を選抜した。本系統は、生産力検定試験の結果から、複数年を通じて被害粒の発生が少なく、検査等級も高位安定的に優れ、高醸造適性を有することが明らかとなった。また、本系統は、側面裂皮粒および凸腹粒が発生しやすい早播や登熟後期の断続的な降雨などの条件下でもこれら被害粒の発生が少なかった。さらに早播によって穂数が多く確保されることで多収となり、麦芽総合評点も早播で優れたことから、早播適応性が高い系統であった。なお、11月上旬と中旬の早播条件のなかで高位安定的な検査等級を確保するための播種期は11月中旬であることが明らかと

なり、現在の播種適期を10日程度早進化することが可能な系統であると考えられた。以上のように育成した九州二条16号を導入することによって、早播による栽培が可能となり、播種期の早進化による播種適期幅の拡大によって経営規模拡大が図られるとともに、外観品質や醸造品質が優れる良質ビール大麦の安定生産によるビール大麦生産振興が期待できる。また、ビール大麦の生産振興を図る上で問題となっている被害粒について、育種の実用場面で有効な評価法を確立し、この評価法を用いて、被害粒の発生が少なく、早播が可能な系統を開発することができた。今後も被害粒発生評価法を選抜に利用することによって、耐性系統の選抜が確実に行われるものと考えられる。

近年、ビール大麦においてもDNA解析によって有用な遺伝子が明らかにされつつあり(Kaneko et al. 2001, Miyazaki et al. 2001, Okada et al. 2003)、育種場面への利用が試みられようとしている。DNAマーカー等の育種への利用は、養成途中の材料を用いた早期の形質評価が行えること、気象条件等環境の影響を受けにくいことなどから、選抜上有効であり、育種の効率化、早進化を図る上でも重要である(矢野1991, 1996)。今回の研究において確立した評価法は、品種が有する側面裂皮粒や凸腹粒発生の特性評価を行う際に有効であると考えられる。しかし、いずれの評価法も通常の栽培管理に加えて遮光や散水处理を行わなければならない労力を要すること、収穫した材料を調査しなければならないため播種から品種の評価を行うまでに時間がかかること、また側面裂皮粒発生評価法においては遮光処理期間の日照時間の影響を受けることから発生の少ない品種を単年度で選抜することが困難であることなどの問題がある。育種の効率化や早進化が求められている昨今、被害粒発生評価においてもDNAマーカーを利用した選抜技術の確立が重要であると考えられる。選抜に利用するDNAマーカーを選定するためには、DNAマーカーを用いた遺伝解析を行うことが不可欠であるが、まず重要になるのは対象となる形質の評価が的確に行えるか否かである。本研究で確立した被害粒発生評価法は、DNAマーカーによる解析に用いる材料の評価を行う際にも有効に活用できるものと考えられ、側面裂皮粒に関してはすでに早播・遮光処理による側面裂皮粒発生評価法を利用したDNAマーカーによる遺伝解析が進められている(甲斐ら2002)。今後は、側面裂皮粒や凸腹粒等の被害粒についてもDNAマーカーによる選抜技術の確立と耐性品種育成への利用が期待される。

第Ⅶ章 摘 要

北部九州地域におけるビール大麦の高位安定生産と生産振興のためには、近年問題となっている側面裂皮粒や凸腹粒が生じない特性を有し、早播しても品質が優れる品種の育成が重要な課題である。本論文は、これらの被害粒について、年次による品種間の相対的変動について明らかにするとともに、栽培条件の違いがその発生に及ぼす影響について検討を行った。また、側面裂皮粒耐性評価法の確立に関して、早播と遮光処理を組み合わせた評価法の実用性について検討し、その留意点について明らかにした。一方、凸腹粒では、凸腹粒発生に關与する登熟期の降雨時期を明らかにするとともに耐性評価法を確立した。さらにこれらの評価法を利用して選抜した耐性系統の農業特性を明らかにするとともに早播適応性について検討した。得られた結果は、以下のように要約される。

1. 側面裂皮粒と凸腹粒発生の年次による品種間の相対的な変動について解析した結果、側面裂皮粒発生では、品種と年次との交互作用が検出され、年次によって品種の相対的な差が異なった。一方、凸腹粒では、少雨年では品種間差、年次間差ともに有意ではなく、品種間差を評価することは困難であった。しかし、多雨年で凸腹粒が多発した年には品種間差が有意となった。以上の結果から、通常の品種比較試験では、これら被害粒の耐性評価を行うことが困難であり、耐性評価法の確立が重要であることを明らかにした。
2. 側面裂皮粒は、節間伸長期に寡照であった年には発生が多く、品種間差が認められ、年次と品種の交互作用は検出されなかった。このため、節間伸長期～出穂期が低温や寡照といった側面裂皮粒が発生しやすい条件で試験を行うことで、年次による交互作用の影響を避け、側面裂皮粒の発生しにくい品種を選抜できることを示した。また、側面裂皮粒の発生は、施肥量や出芽本数よりも播種期の違いによる影響を強く受け、早播によって発生が増加した。したがって、側面裂皮粒の評価法を検討するに当たっては、早播とすることが重要であった。
3. 凸腹粒の発生は、施肥量や出芽本数よりも播種期の違いによる影響を強く受けた。しかし、発生の年次間差が大きく、登熟期の降水量が多い年で発生が多いこと、播種期の早晚と発生の多少に一定の傾向はないことから、検定法確立に当たっては、登熟期間中の降水の時期や量を検討することが重要であった。
4. 早播と節間伸長期～出穂期の遮光処理を組み合わせることで、側面裂皮粒の発生を増加させることが可能であった。しかし、早播・遮光処理によって多数の同一品種を3カ年評価した結果、品種と年次の交互作用が検出され、年次によって品種間の相対的な差が異なることが明らかとなった。したがって、耐性品種を選抜するためには、同一の品種について2年以上の試験を行うことが必要であることを明らかにした。
5. ビール大麦の登熟期を前期、中期、後期の3時期に分け、それぞれの時期に散水处理を行った結果、登熟後期に散水处理することによって凸腹粒の発生が顕著に多かった。この結果から、登熟後期の降雨が凸腹粒発生に關与していることを明らかにし、登熟後期の散水处理による凸腹粒耐性検定が可能であることを示した。
6. 登熟後期に1日当たり50mmの散水を連続2日間2日おきに断続的に5回散水することで、多発年と

同程度の凸腹粒を発生させることができた。したがって、登熟後期の断続的な散水处理は、品種の凸腹粒耐性を評価するのに有効であった。

7. 側面裂皮粒および凸腹粒耐性評価法を利用して両被害粒の発生が少なく、検査等級も高位で安定的に優れ、高い醸造適性を有する九州二条16号を育成した。

8. 九州二条16号は、早播で多収になること、早播や登熟後期の断続的な降雨など側面裂皮粒および凸腹粒が発生しやすい条件下でもその発生が少なかったこと、早播で麦芽品質も優れたことから、早播適応性に優れる系統であることを明らかにした。また、この系統の高品質・安定生産のための播種の早限は11月中旬であることを明らかにし、現在のビール大麦の播種適期を10日程度早進化できることを明らかにした。

引用文献

- 阿部盟夫・野中義郎 1969. 前作がビール麦の収量と品質に与える影響. 栃木県農試研報13:53-59.
- 浅山聡・後藤英次・桃野寛・白旗雅樹・鈴木剛 1997. ビール大麦に対する被害粒(側面裂皮粒)の発生要因解明と軽減対策. 北海道立農試集報73:63-68.
- 馬場孝秀・山口修・古庄雅彦・水田一枝・吉川亮 1997. ビール大麦新品種「ミハルゴールド」の生育特性と安定栽培法. 日作九支報63:34-36.
- 馬場孝秀・古庄雅彦・山口修 1998a. ビール大麦系統「九州二条12号」の麦芽品質の安定性および耐病性遺伝子. 育雑48(別2):171.
- 馬場孝秀・古庄雅彦・山口修 1998b. ビール大麦新品種「ミハルゴールド」の高品質安定栽培法. 福岡農総試研報17:43-47.
- 馬場孝秀・山口修・古庄雅彦 1998c. ビール大麦の収量および外観品質における品種×年次交互作用. 日作紀67:510-515.
- 馬場孝秀・山口修・古庄雅彦 2000. ビール大麦新品種「ほうしゅん」の高品質安定栽培法. 福岡農総試研報19:32-36.
- 馬場孝秀・山口修・甲斐浩臣・古庄雅彦 2001. ビール大麦登熟後期の散水处理による凸腹粒耐性検定法. 育種学研究3:133-137.
- 馬場孝秀・甲斐浩臣・山口修・古庄雅彦 2002. 早播・遮光処理によるビール大麦側面裂皮粒の発生評価と耐性系統の選抜. 日作紀71:469-474.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development Vol.1 Theory and technique. Macmillan Publishing Co., New York. 247-260.
- 藤井定吉 1976. 九州における水田高度利用の現況と将来方向. 九農研38:19-20.
- 福田敬・中村大四郎・山本勇・三原実 1993. 1992年産麦における凸腹粒の発生について. 九農研55:17.
- 福岡県米麦品質改善協会 1999. 麦類種子被害粒. p. 1.
- 古庄雅彦・馬場孝秀・山口修 1997. ビール大麦新品種「ミハルゴールド」の麦芽品質の安定性および耐病性遺伝子. 育雑47(別2):262.
- 古庄雅彦・馬場孝秀・山口修・吉田智彦・浜地勇次・吉川亮・水田一枝・吉野稔 1999. ビール大麦新品種「ほうしゅん」の育成. 福岡農総試研報18:26-31.
- Furusuo, M., T. Baba, O. Yamaguchi 2000. Breeding of new malting barley cultivars 'Houshun' and 'Miharu Gold' with high malting quality and disease resistance. Barley Genetics VIII:241-243.
- Gravois, K.A., K.A. Moldenhauer and P.C. Rohman 1991. Genetic and genotype×environment effects for rough rice and head rice yields. Crop Sci.31:907-911.
- 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦 1988. ビール大麦における被害粒の発生実態. 九農研50:46.
- 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦 1989. ビール大麦における側面裂皮粒の発生に及ぼす環境条件の影響. 日作紀58:507-512.
- 浜地勇次・吉田智彦 1989a. 暖地ビール大麦の収量と気象条件の關係の統計的解析. 日作紀58:1-6.
- 浜地勇次・吉田智彦 1989b. 最近のビール大麦における品質低下の実態・原因・対策. 農及園64:395-402.
- 浜地勇次・吉田智彦 1990. ビール大麦における穀皮の厚さの品種間差. 日作紀59:733-736.

- 今林惣一郎・松江勇次・浜地勇次・吉田智彦 1997a. 北部九州の早生良食味水稻における品種と環境の交互作用. 第1報 収量について. 日作紀66:538-544.
- 今林惣一郎・松江勇次・浜地勇次・吉田智彦 1997b. 北部九州の早生良食味水稻における品種と環境の交互作用. 第2報 出穂期と稈長について. 日作紀66:545-550.
- 石丸治澄 1978. 九州における稲・麦の気象災害. 九農研40:7-8.
- 石丸治澄・宮川敏男・波多江政光 1977. 1976年産小麦の凶作要因. 日作紀九支報44:43-44.
- 伊藤昌光・浜地勇次・古庄雅彦・篠倉正住・北原操一・藤井敏男・鈴木崇之 1987. 二条大麦新品種「ニシノゴールド」の育成. 福岡農総試研報A-6:17-24.
- Jones, G.L., D.F. Matzinger and W.K. Collins 1960. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeat over locations and years with implications on optimum plot allocation. Agron. J. 47:195-199.
- 甲斐浩臣・馬場孝秀・塚崎守啓・古庄雅彦 2002. ビール大麦における側面裂皮粒に関するQTL解析. 育種学研究4(別2):282.
- 金谷良市・呉基日・武田和義 1996. 二条オオムギにおける側面裂皮粒率の品種間差異と家系分析. 育種46:67-71.
- Kaneko T., W. Zhang, H. Takahashi, K. Ito and K. Takeda 2001. QTL mapping for enzyme activity and thermostability of β -amylase in barley (*Hordeum vulgare* L.) Breed. Sci. 51:99-105.
- 加藤常夫・石川直幸・大塚勝・徳江紀子 1995. オオムギにおける β -グルカナーゼの環境変動と選抜効率. 栃木県農試研報43:127-138.
- 川口数美 1976a. 二条オオムギの醸造品質と育種(1) -講座 作物の育種とその生理 10-. 農業技術31:59-63.
- 川口数美 1976b. 二条オオムギの醸造品質と育種(2) -講座 作物の育種とその生理 10-. 農業技術31:111-114.
- 桐山毅 1956. 暖地水田裏作麦の品種について. 九州作物談話会報10:7-11.
- 桐山毅・前田浩敬・小西猛朗 1964. 異常な気象条件下で生産された大麦種子について. 九農研26:66-67.
- 桐山毅・田谷省三 1975. 麦類の生育時期と湿害について. 九農研77-78.
- 北原操一 1981a. 醸造用二条大麦をめぐる諸問題 -その1 社会諸問題とその対応-. 農業技術36:367-369.
- 北原操一 1981b. 醸造用二条大麦をめぐる諸問題 -その2 技術的諸問題とその対応-. 農業技術36:411-416.
- 松江勇次・吉野稔・今林惣一郎 1988. 1987年産小麦の品質低下について. 九農研50:45.
- 松江勇次・原田皓二・吉田智彦 1992. 北部九州産米の食味に関する研究. 第4報 品種および産地での食味の安定性. 日作紀61:545-550.
- 松江勇次・小田原孝二・比良松道一 1996. 北部九州産米の食味に関する研究. 第7報 食味の産地間差とその要因. 日作紀65:245-252.
- 松江勇次・山口修・佐藤大和・馬場孝秀・田中浩平・古庄雅彦・尾形武文・福島祐助 2000. 1998年における北部九州の麦類不作の要因解析とその技術対策. 日作紀69:102-109.
- 松尾孝嶺・印南友雄 1979. 作物の適応性に関する解析的研究. II. 温度およびN施肥料の変化に対するイネ品種の安定性について. 育種29:312-317.
- 三留三千男 1960. 農業実験計画法. 朝倉書店, 東京. pp. 252-276, pp. 311-318.
- Miyazaki, C., E. Osanai, K. Saeki, K. Ito, T. Konishi, K. Sato and A. Saito 2001.

- Mapping of quantitative trait loci conferring resistance to barley yellow mosaic virus in a chinese landrace Mokusekko 3. *Breed.Sci.* 51:171-177.
- 森下敏和・手塚隆久 2002. 九州における普通ソバ子実のルチン，粗蛋白および粗脂肪含量の品種間差異. *日作紀*71:192-197.
- 中川龍一 1956. 水田裏作麦の経営的考察. *九州作物談話会報*10:5-7.
- 長峰司・和田学 1982. 水稻の晩期乾田直播栽培における品種の適応性. *日作紀*51:190-195.
- 野中舜二 1971. ビール麦の栽培と研究の動向(1). *農業技術*26:1-5.
- 野々村利男・中村久郎 1966. 二条大麦子実蛋白含量の栽培学的研究. *滋賀県立短期大学学術雑誌* 7:49-55.
- 農林水産省・気象庁 1993. 累年の農作物被害と気象(1980年～1990年) 4 麦類. 21-31.
- 農林水産省生産局編 2002. 水稻・麦類・大豆奨励品種品種特性表. 農業技術協会，東京. 294-295.
- 農林水産省統計情報部 2002. 第76次農林水産省統計表 平成11年～12年. 農林統計協会，東京. 136-140.
- 農産物検査手帖 1999. 食糧庁検査課監修. 糧友社，東京. 115.
- 農産園芸局農産課 1998. 麦の生産に関する資料. 88.
- 尾形武文・水田一枝・川村富輝・原田皓二 1992a. 福岡県における平成3年産小麦の長雨による品質低下 第1報 品質低下の実態. *九農研*54:14.
- 尾形武文・川村富輝・原田皓二 1992b. 揺動選別機を用いた麦類種子被害粒の選別. *九農研*54:16.
- Okada, Y., S. Kashiwazaki, R. Kanatani and S. Arai 2003. Effects of barley yellow mosaic disease resistant gene *rym1* on the infection by strains of Barley yellow mosaic virus and Barley mild mosaic virus. *Theor. Appl. Genet.* 106:181-189.
- 大石博嗣・中村大四郎・横尾浩明 1988. 1987年産ビール麦に多発した被害粒について. *九農研*50:47.
- 大里久美・浜地勇次・松江勇次・吉田智彦 1996. 品種と環境要因の交互作用からみた米の食味評価. *日作紀*65:585-589.
- Peltonen, J. and E. Nissilä 1996. Pre- and post-anthesis duration of two-rowed barleys in relation to stability of grain yield at high latitudes. *Hereditas* 124:217-222.
- 榊浩行 2000. 生産努力目標の達成に向けて(国産麦の生産の現状と課題). *米麦改良*2000(12):2-12.
- 佐々木昭博 1990. 作物育種と食品加工 [4] ビールオオムギ. *農及園*65:537-542.
- 佐々木昭博・桐生光広・加藤常夫・神永明 1992. データベース利用による二条オオムギの麦芽品質変動の解析. *栃木県農試研報*39:75-86.
- 佐藤暁子・末永一博・高田寛之・川口数美 1988. 異なる土壌におけるコムギの生育と収量. 第1報 同一施肥水準におけるコムギの生育・収量とその品種間差. *日作紀*57:97-104.
- Sayre, K.D., S. Rajaram and R.A. Fischer 1997. Yield potential progress in short bread wheats in Northwest Mexico. *Crop Sci.* 37:36-42.
- 関口忠男・氏原和人・倉井耕一・伊藤浩・桐生光広 1984. ビールムギ品質の遺伝率. *育雑*34(別1):144.
- 食糧庁 2002. 食糧統計年報 平成12年版. 36-57, 91.
- スネデカー, G.R.・W.G. コ克蘭 1967. 統計的方法 原書第6版. 畑村又好・奥野忠一・津村善朗訳. 岩波書店，東京. 282-283, 312-313.
- 高橋隆平・武田元吉・林二郎・守屋勇 1981. 新・旧二条大麦品種の肥料反応の比較研究. *育雑*31:

183-198.

- 武田和義・金谷良市 1995. 二条オオムギにおける裂皮粒歩合のダイアレル分析. 育雑45:217-221.
- 田村貞治 1951. 暖地麦作の特質と栽培上の注意. 農業技術6(8):27-29.
- 戸田修 1993. 富山県における奨励品種決定調査試験データを用いた水稻品種の適応性評価. 日作紀43:575-588.
- 徳永初彦 1959. 小麦の登熟におよぼす生育末期の気象条件について. 日作九支報14:28-30.
- 呉基日・武田和義・金谷良市 1994. 二条オオムギのF₂集団における裂皮粒歩合のダイアレル分析. 岡大資生研報2:79-89.
- 山口修・馬場孝秀・古庄雅彦 1999. ビール大麦における側面裂皮粒および凸腹粒の遺伝様式と選抜法. 育種学研究1(別2):104.
- 山口修・馬場孝秀・古庄雅彦 2000. ビール大麦における凸腹粒の気象要因と発生時期. 育種学研究2:5-9.
- 山本晴彦・岩谷潔・鈴木賢士・鈴木義則・平嶋隆祥・濱野貴志 1999. 九州・山口地方における多雨・高温に伴う1998年産麦の被害実態. 日作紀68:310-315.
- 山野昌敏・長野洋司 1968. ビール麦の収量・品質におよぼす施肥量および播種量の影響について. 栃木県農試研報12:31-44.
- 山野昌敏 1969. 二条大麦における穀粒粗蛋白質含量の環境による変異について. 品質検定法確立のために. 栃木県農試研報13:43-52.
- 矢野昌裕 1991. 遺伝子地図の作成と育種への利用. 農業技術46:98-102.
- 矢野昌裕 1996. 作物育種の新戦略 -DNAマーカーを指標とした選抜法の確立に向けて-. 農業技術51:385-389.
- 横尾浩明・松雪セツ子 1993. ビール麦における施肥と生育収量, 被害粒の発生及び蛋白含量. 九農研55:18.
- 吉田重方 1980. 飼料カブ数品種の窒素施肥反応. 日作紀49:158-159.
- 吉田智彦・伊藤昌光・浜地勇次・古庄雅彦・篠倉正住・吉野稔 1991. ビール大麦新品種「アサカゴールド」の育成. 福岡農総試研報A-11:27-30.
- 吉田美夫・福岡寿男 1965. 小麦作の災害に関する研究(VII)九州地方における1963年産小麦の場所および品種別の被害様相. 九農研27:44-45.
- 吉川亮・水田一枝・山口修 1995a. ビール大麦の側面裂皮粒, 凸腹粒の気象的発生要因. 福岡農総試研報14:30-35.
- 吉川亮・水田一枝・山口修 1995b. ビール大麦の側面裂皮粒・凸腹粒の簡易検定法. 福岡農総試研報14:36-41.
- 吉川亮・水田一枝・山口修 1995c. 各種栽培条件下におけるビール大麦ジアスターゼ力の遺伝的安定性. 福岡農総試研報14:26-29.
- 吉川亮・浜地勇次・古庄雅彦・伊藤昌光・吉田智彦・水田一枝・山口修・吉野稔・篠倉正住 1997. ビール大麦新品種「ミハルゴールド」の育成. 福岡農総試研報16:17-22.
- 吉野稔・吉川亮・水田一枝 1992. ビール大麦における凸腹粒・側面裂皮粒の品種, 及び栽培条件による差異. 九農研54:18.
- 吉富研一・秀島礼太郎・山本栄・菅良治 1963. 小麦の登熟に及ぼす気象のえいきょうについて(第1, 2報)-小麦の千粒重に及ぼす気象要素のえいきょう-. 日作紀九支報20:53-57.

Summary

Studies on Breeding of Malting Barley for Damaged Grain Tolerance

by
Takahide Baba

Hull-cracked grain (HC) and grain with ventral swelling (GVS) are damaged grains that constitute deteriorated grain qualities in malting barley in Northern Kyushu. It is important to breed a high quality variety that has tolerance to these damaged grains and is high adaptability to early seeding in malting barley production.

In order to solve this problem by developing an evaluation method of occurrence of these damaged grains and to select a tolerant variety with early seeding adaptability: 1) The variation of the occurrence of these damaged grains was analyzed in terms of yearly variance regarding varietal difference, and the influences of different cultivation conditions were investigated. 2) A method for evaluating occurrence of HC in combination with early seeding and shading during the internode elongation stage was investigated. 3) The period of rainfall during the ripening stage that increases occurrence of GVS was investigated, and a method to evaluate the occurrence of GVS was established. 4) The characteristics of Kyushu Nijo 16, as selected by the method of evaluating HC and GVS occurrence was investigated during early seeding.

1. The variation of occurrences of HC and GVS was analyzed in terms of yearly variance in relation to varietal differences. There was a significant genotype $\times$ year interaction in the occurrence of HC. This result showed that varietal differences in the occurrence of HC varied with the year. On the other hand, no significant differences were seen within genotype and year in GVS in years experiencing little rain, but there were significant genotypic differences in rainy years. Therefore, evaluation of the occurrences of these damaged grains in the normal variety test was impossible, and thus effective evaluation methods should be improved.
2. There were no significant genotype $\times$ year interactions, but varietal differences were significant in years with relatively poor sunshine during the internode elongation stage. This result showed that it was possible to select HC-tolerant varieties using the variety test under conditions of low temperatures and poor sunshine during the internode elongation stage without the influence of genotype $\times$ year interaction. Seeding time had greater influence on the occurrence of HC than did the amount of fertilizer and the seeding rate, and the occurrence of HC increased following early seeding. Therefore, it was important to seed early when establishing a method for evaluation the occurrence of HC.
3. In the occurrence of GVS, seeding time had greater influence than did the amount of fertilizer and the seeding rate. However, its occurrence was variable depend on the year, but its occurrence increased in rainy years during ripening period, and no relationship was seen between seeding time and the occurrence of GVS. Therefore, it was important to investigate the period and the amount of precipitation during the ripening period.

4. The occurrence of HC was increased by combining early seeding and shading treatment during the internode elongation stage. However, there was a significant genotype $\times$ year interaction in the percentage of occurrence of HC, and the occurrence of HC varied with the year. Therefore, it is necessary to examine the frequency of HC for several years in order to evaluate HC tolerance.
5. When water was sprinkled on the barley materials in the early-ripening stage, the middle-ripening stage and the late-ripening stage, sprinkling during the late-ripening stage most notably reproduced the occurrence of GVS. Therefore, it was possible to evaluate the occurrence of GVS by water sprinkling during the late-ripening stage.
6. The artificial occurrence of GVS in the test variety was enabled by sprinkling five times of 50mm water/day in each day of continuous two days at 2-day intervals during the late-ripening stage, and its occurrence was similar to the percentage of GVS in the years showing severe damage under ordinary conditions. These results suggested that varieties with GVS tolerance could be selected by intermittent and artificial water sprinkling during the late-ripening stage.
7. The variety of Kyushu Nijo 16 was selected by means of the evaluation method for HC and GVS. This variety is HC- and GVS- tolerant and shows high agronomic performance with high inspection grade and malting quality.
8. The yield of Kyushu Nijo 16 was increased in early seeding at early and middle November. Kyushu Nijo 16 showed HC and GVS of low frequencies even in the conditions of early seeding and intermittent rainfall during the late-ripening stage. The overall malting quality of Kyushu Nijo 16 was superior with early seeding. These results showed that Kyushu Nijo 16 had high adaptability to early seeding. The limit of the early seeding of this variety was mid- November, and could advance the seeding time about 10 days in comparison with recommended seeding time of the presently used malting barley.

福岡県農業総合試験場特別報告
第19号

ビール大麦における被害粒耐性品種育成
に関する育種学的研究

発 行 平成16年3月
福岡県農業総合試験場
(福岡県筑紫野市吉木)

著 者 馬 場 孝 秀

印刷所 大同印刷株式会社