

### 1 - 3 穂発芽耐性研究及び育種の展開方向

作物研究所・麦類研究部・小麦育種研究室 藤田 雅也

#### 1. はじめに

収穫期が梅雨と競合するわが国の小麦作では、平成3年、平成10年の九州、平成7年の北海道などで見られるように、穂発芽は作柄を不安定にする大きな一因である(図1)。また、収量の低下にまで至らなくても、低アミロ化などによって品質が著しく低下する危険性があり、穂発芽耐性は日本の小麦品種において必須の形質である。

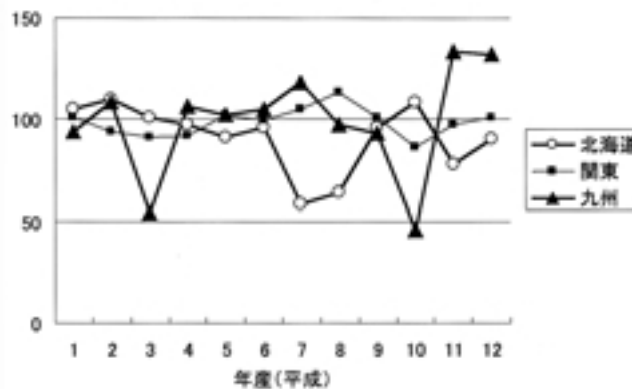


図1. 地域別小麦作況指数

#### 2. 小麦穂発芽耐性育種の現状

小麦の穂発芽には、以下に述べるいくつかの異なる要因の穂発芽(低アミロ)があり、それぞれについて検討する必要がある。

RPAA (retained pericarp -amylase activity)

種子発育初期の果皮のアミラーゼ活性。種子発達初期の果皮のアミラーゼ活性ということで、青粒のようなものが混入しなければ特に問題はない。

PMAA (pre-maturity -amylase activity)

発芽していないが -アミラーゼ活性が高い。見掛けは種子が発芽していないが、低温高湿で登熟するとアミラーゼ活性が上がったままになって低アミロになる。西南暖地ではあまり見られないが、北海道で低アミロ麦としては問題になる。Lancerなどの品種。

PrMS (pre-maturity sprouting)

成熟期前の未熟発芽期の降雨による穂発芽。成熟期前に若干穂発芽に弱い時期があり、成熟期の検定では穂発芽強と判定されても、実際には圃場で穂発芽が観察される場合がある。例としてはチクゴイズミがあり、成熟期の何日か前に採って穂発芽検定を行う必要がある。

PoMS (post-maturity sprouting)

成熟期後の降雨による穂発芽。成熟期以降の、いわゆる種子の休眠性に関係。

最近育成された品種の穂発芽耐性は向上してきており、西南暖地の小麦品種の多くは、中から難の穂発芽耐性を持つ。しかし、品質の安定化のためには、より耐性のある品種が必要であると考えられる。また、北海道においても、より耐性の向上が必要で、西南暖地並の穂発芽耐性品種の育成が必要である。

各育成地で使われている主な遺伝資源としては、西南暖地で最も耐性があるとされているゼンコウジコムギと伊賀筑後オレゴン、そのほか農林61号、ニシカゼコムギ、ニシホナミ、しゅんよう、東山22号、キヌヒメなどが使われている。

東北・北海道地域では、ネバリゴシ、きたもえ、北系1354、長内系統などがある。また、これらの地域でも、前述の西南暖地の春播き品種が遺伝資源として用いられている。

検定方法に関しては、成熟期に採穂して雨濡れ処理を行うのが一般的であるが、PrMSの検定には採穂時期の問題がある。また、処理温度や期間も、育成地で少しずつ異なるが、早い世代から効率的に検定、あるいは選抜できるようにそれぞれの育成地で工夫がなされている。北海道のPMAAなど、外見は発芽していないが低アミロになっているというのは、フォーリングナンバーなどの検定が必要である。（遺伝資源・検定法の各育成地での詳細は、参考を参照のこと）

### 3. 穂発芽耐性研究の現状と今後の方向

次に、わが国における穂発芽耐性研究の現状について述べると、これまで行われてきた麦緊急開発プロジェクトなどの課題では、以下にあげるような問題が取り上げられている。

まず、登熟期の低温高湿条件下での品質劣化の生理的要因として、先に述べた北海道で問題となっているPMAAと、植物ホルモン（ABA）や穂発芽の酵素関係について、北海道農研・畑作部・品質チームで研究が行われている。ABA感受性に関連して、東北農研では中村らがミナミノコムギのVP1遺伝子について研究を行っている。

DNAマーカーやQTLに関しては、帯広畜産大学がゼンコウジコムギや春播きのACDomainについてQTLがあることを明らかにしている。また、北海道グリーンバイオでは、秋播きコムギの穂発芽耐性DNAマーカーの開発を行っている。

種皮色に関しては、岡山大学資源生物研で、アントシアンの合成系の酵素と穂発芽についての検討がされています。また、北海道農研においてもゼンコウジコムギの白粒突然変異を材料に、今後検討を行う予定である。

以上のような現状を踏まえて、平成14年度以降、21世紀プロジェクトでは以下のような課題が実施予定である。

- ・穂発芽関連遺伝子の集積技術と極難穂発芽系統の開発（作物研・小麦育種研）
- ・穂発芽耐性極強遺伝資源から導入した高度耐性系統の育成（道立北見農試・小麦科）
- ・種子休眠関連遺伝子の穂発芽抑制効果の解明（東北研・品質評価研）
- ・種子色変異系統を用いた穂発芽関連遺伝子の発現解析（北農研・適応生態研）
- ・穂発芽関連遺伝子群の解析による選抜技術の開発（帯広畜産大・作物科学・麦類応用遺伝学チーム）
- ・種子色関連遺伝子と穂発芽耐性発現との関係解明（岡山大・資源生物研・遺伝制御）
- ・麦類の休眠・穂発芽性要因の解析と関与する遺伝子の同定（作物研・麦類栽培生理研）

多くは、前述の研究を発展する形で課題がたてられており、育成課題が2課題。VP1 遺伝子関連と QTL に関しては、より研究を深めていくもので、3群に乗っている QTL がもしかすると VP1 と相同性があるかもしれないというところまで来ている。また、アントシアン合成系 (CHS, CHI, F3H, DFR) の遺伝子についても、さらに解明を進めていくということで、粒色については北海道農研のゼンコウジコムギの白粒突然変異と関係がある。

今後研究を進め、品種育成と結びつけていくという意味から、研究課題間や育種研究室との間でも、材料や情報交換を積極的に行っていく必要がある。

(参考) 各育成地の耐穂発芽遺伝資源、育成系統、選抜方法など

#### 北見農試

現状の穂発芽耐性のレベルですが品種ではようやく「きたもえ」でやや難になり、育成系統では更に強い難のものがある。また、現在選抜しているものでは難より強い極難の系統もある。ただし、秋播小麦なので熟期が春播小麦や本州の品種と異なり、耐性レベルの比較がきちんと出来ていない。

現在、通常の育種では主として「きたもえ」とその交雑後代系統を良粉色、穂発芽性の親として用いており、更に穂発芽性の難以上をねらった交配では北見春 617 (北見 30 号 / 農林 61 号), OS21-5 (ゼンコウジコムギ / Tordo), ニシカゼコムギ, ゼンコウジコムギ, 農林 61 号, RL4137 等を使っている。ただしこれらは農業形質については改良が必要である。

帯広畜産大学ではゼンコウジコムギ, BW148 (AC Domain) 等を使ってマーカー選抜のための試験を行っているが、現在のところ 3 A, 第 4 群, 7 D 染色体に比較的効果の大きい遺伝子があるのではないかと結果である。

今後のマーカー選抜の可能性として、試験研究としては、

1. 少数のマーカーで穂発芽性の強いものが認識できるか。
2. 他の組合せでも同様に利用できるのか。
3. 穂発芽性が強い要因がある程度わかるか。

育種としては、

1. 他の組合せでも利用できる。
2. 現状の穂発芽性検定より精度が同じぐらいで簡便である。

以上のような試験や確認が必要ではないかと思われ、まだ利用できるかどうかはわからないといった状況ではないかと思われる。

#### 北海道農研

##### 1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名 (過去 3 年)

北海 255 号, 札系 222 号, 月系 8950

北見 70 号, 北見 72 号, 北見 75 号, 北系 1354, 北系 1629, 北系 1724, OW-104

東北 206 号 (ネバリゴシ), しゅんよう, 東山 31 号

##### 2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度

難 月系 9430

(極難：OW-104，難：月系 9430，やや難：北見 72 号，中：ホクシン，やや易：チホクコムギ，易：月寒 1 号)

### 3. 現在行っている(今後行う予定の)選抜方法・手法

1) 穂発芽処理による集団淘汰 16 ， 4 ~ 6 日間加湿処理，400 穂程度使用

集団養成試験 (F2 ~ F4) に適用

2) 穂発芽検定試験 16 ， 7 日間処理，5 ~ 7 穂使用

系統選抜試験 (F3) 以降，派生系統選抜試験 (F5) 以降

3) 低アミロ選抜 成熟期及び成熟期 7 日後の収穫種子の FN 測定

生産力検定予備試験 (F5 ~ F7) 以降の芽系系統，勝系系統，北海系統全系統

### 4. 今後の研究及び育種の方向

収穫期以降の穂発芽以外に北海道(本年の場合，十勝地方などの太平洋東部沿岸部)では，登熟期後半の低温・多湿条件により種子の水分乾減が進まずアミラーゼ活性が高く維持される結果，“低アミロ”化する現象がしばしば認められている。北海道では穂発芽耐性向上とともにこの“低アミロ”耐性が極めて重要であるが，生理的・遺伝的な研究が進んでおらず当面する重要な研究課題である。育種試験では上記したように低アミロ選抜を実施しているが，播種までの選抜には利用できていないうえ積極的な選抜とはなっていないため選抜効率を高めるような手法が必要である。

## 東北農研

### 1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名

小麦：関東 107 号，西海 173 号(ニシホナミ)，しゅんよう，東北 206 号(ネバリゴシ)など(いずれも難)

大麦：ミユキオオムギ(やや難)

### 2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度

小麦：難(盛系 C-1031a，盛系 c-1149a，盛系 C-130a-1，もち盛系 C-B3142，ネバリゴシなどで，これらはいずれもナンブコムギより耐穂発芽性はやや強い)

因みに，キタカミコムギ：易，ナンブコムギ：やや難

大麦：中~やや難(盛系 C-200，東北皮 3 4 号)

因みに，べんけいむぎ：やや易，ミノリムギ：易，シュンライ：易

### 3. 現在行っている(今後行う予定の)選抜方法・手法

小麦・大麦とも，中後期世代の系統は，成熟期，成熟期 5 日後の 2 回穂発芽検定を行う。成熟期に 10 穂採取し，5 穂は成熟期検定用，残りの 5 穂は成熟期 5 日後検定用とする。1 日自然乾燥後，流水中に約 4 ~ 6 時間浸漬し，育苗箱に穂同士が重ならないよう横に並べて，17 ~ 18 にセットされた穂発芽検定器内(暗黒化，4 時間連続降雨，4 時間無降雨，これの繰り返し)に入れ，11 日間雨ぬれ処理する。

1 穂ずつ発芽粒数を数え，0：発芽なし，1：1 粒発芽，2：2 粒発芽，3：3 粒発芽，4：4 粒発芽，5：

5粒以上発芽の基準で、1穂ずつ判定する。そして、5穂平均を穂発芽性程度し、2回検定の平均値を算出する。初中期世代の系統は、成熟期5日後の1回処理のみを行い、成熟期に7穂を採取して、上記と同様の方法で検定する。

#### 判定基準

成熟期と成熟期5日後	成熟期5日後のみ
難：0-0.5	難：0-0.9
やや難：0.6-1.5	やや難：1.0-1.9
中：1.6-2.5	中：2.0-2.9
やや易：2.6-3.5	やや易：3.0-3.9
易：3.6-4.5	易：4.0-4.9
極易：4.6-5.0	極易：5.0

(数字は2時期平均値)

#### 4. 今後の研究及び育種の方向

小麦の穂発芽耐性については、育成系統の多くは難又はやや難と強くなってきており、これ以上強く出来ないレベルまできていると思われる。なお、穂発芽耐性とアミロ値が合わない東北205号(穂発芽耐性やや難、アミロ値やや低)をパン用・耐病性の遺伝資源として多く用いているので、東北205号との組合せでは、今後難穂発芽性で高アミロ値の系統をいかに選抜していくかが課題である。

大麦は穂発芽難の遺伝資源が見あたらないので、遺伝資源の探索を行い、育成系統に抵抗性の導入を図る必要がある。

雨ぬれにより穂発芽とともに退色粒が発生し、外観品質が低下するので、穂発芽・退色のどちらもしにくい品種育成が必要ではないかと思われる。小麦の退色の原因は、穂発芽耐性ととともに、内外穎の縫合程度、粒表面のワックスの量などの違いが関係しているのではないかと推測している。

#### 作物研

##### 1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名

ゼンコウジコムギ、伊賀筑後オレゴン、キヌヒメ、きぬあずま、関東123号(白粒)

##### 2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度

きぬあずま、関東123号(白粒の中では)

##### 3. 現在行っている(今後行う予定の)選抜方法・手法

成熟期に収穫後、軽く乾燥して-20℃に保存。

その後、16℃と22℃(本年度は12℃と16℃)で、1週間処理。各2回検定。

##### 4. 今後の研究及び育種の方向

ゼンコウジコムギまたは伊賀筑後オレゴンの穂発芽極難を導入した、早生短稈系統の育成(使いやすい穂発芽性極難系統)。

検定温度の検討(よりシビアな条件)。

関東123号/ゼンコウジコムギのDH系統を作成中。

#### 群馬県農試

1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名  
伊賀筑後オレゴンなどありますが、特に利用している品種系統はありません。
2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度  
農林61号並～やや強程度で特になし。
3. 現在行っている（今後行う予定の）選抜方法・手法  
成熟期間近な穂を収穫し直ちに15℃にて処理。日に2回散水，5～7日後に調査
4. 今後の研究及び育種の方向  
試験時の温度を低くする方向で検討している。

#### 長野県農試

1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名  
ゼンコウジコムギ，東山22号，キヌヒメ，東山31号，32号
2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度  
東山22号，キヌヒメ（極難）
3. 現在行っている（今後行う予定の）選抜方法・手法  
ゼンコウジコムギ（極難），フクホコムギ（やや難～中），シラネコムギ（やや易～易），東山18号（極易）を比較品種として毎年検定材料と同様に栽培し，検定材料ともども成熟期に採種し，15℃に保存する。  
比較品種を吸水させて覆いをして恒温槽16℃から22℃の間，2℃ずつ変え10日後に極難から中が判断できる温度，易からやや難が判断できる温度を選定する。  
その結果を元に，温度を2段階に設定した恒温槽を準備する。  
苗箱を逆さにし，検定材料と比較品種の穂を立て，十分吸水させて，恒温槽に入れ，7日後，10日後に発芽状況を比較品種と比べて穂発芽難易を評価する。
4. 今後の研究及び育種の方向  
ドライケムを用いた簡易選抜ができないか検討中。  
成熟期直前の立毛選抜で育成後代の絞込みを可能にし，選抜効率を高めることができないか検討中。

#### 愛知県農試

1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名  
農林61号，はつほこむぎ，愛知小麦6号など  
今年から，20品種を使って，熟期別基準品種を選定する試験を開始した。
2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度  
愛知小麦6号（難）農林61号並かやや劣る程度
3. 現在行っている（今後行う予定の）選抜方法・手法  
・成熟期サンプリング後発芽検定

- ・ 出穂後経過期間別の穂発芽検定
- ・ 刈り遅れ検定（出穂 70 日目）
- ・ 温室内散水検定（立毛状態）
- ・ 熟期別基準品種の選定

以上を基にして，イワイノダイチの穂発芽耐性を確定したいと思われる。

- ・ 他の育種場所が保有する穂発芽検定装置がないので導入が必要である。

#### 4. 今後の研究及び育種の方向

- ・ 耐湿性（多湿環境耐性）の重要項目として育種を進める。
- ・ 熟期別基準品種を用いた比較
- ・ R V A を利用したでんぷん粘度変化の測定
- ・ D N A マーカーの利用

### 近中四農研

#### 1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名

近中四農研ではとりたてて穂発芽耐性を高めることを意識した交配を行っていないが，ゼンコウジコムギが有用な遺伝資源だと考えている。

#### 2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽性耐性のある系統の耐性程度

中国 147 号が比較的強く，農林 61 号並みだと思われる。

#### 3. 現在行っている（今後行う予定の）選抜方法・手法

成熟期に採取した穂を 18℃ で 24 時間浸水処理を行ったのち，トップジン M 1000 倍液（防かび剤）にくぐらせて，ポリ袋内に立てて 18℃ 暗黒条件で 7～8 日放置して発芽率を調査している。

大きな問題は，この方法で調べるとチクゴイズミは穂発芽難，シロガネコムギは穂発芽易という結果になるが，近中四農研の育種圃場で普通に収穫された種子を見ると，シロガネコムギは穂発芽していることはほとんどないのに対し，チクゴイズミは穂発芽していることがよくある。従って，実際の穂発芽耐性はチクゴイズミの方が弱いと思われるが，穂発芽検定ではその様にはならない。成熟前も含めて 2～3 回検定すればいいのであろうが，労力的に困難なため，今のところ良い解決策がない。

#### 4. 今後の研究及び育種の方向

近畿中国四国地域ではダイチノミノリやチクゴイズミの穂発芽が問題になっているが，農林 61 号，シラサギコムギ，きぬいろははそれほど問題になっていないので，当面はこの程度の耐性で良いと思っている。

### 九州沖縄農研

#### 1. 穂発芽耐性の遺伝資源として利用している品種・系統名

穂発芽性のみ：伊賀筑後オレゴン，ゼンコウジコムギ，  
栽培性も期待するとき：ニシカゼコムギ，農林 61 号

#### 2. 手持ちの育成系統で最も穂発芽耐性のある系統の耐性程度

西海 183 号 最近 5 年間の検定で 2 (極難) ~ 3 (難)

(シロガネコムギ: 6 (やや易) 農林 61 号: 3 (難) とした場合)

### 3. 現在行っている (今後行う予定の) 選抜方法・手法

#### 1) 現在行っている方法

下記の方法で穂発芽検定を行い、選抜の参考としている。

サンプリング: 成熟後, 一斉サンプリング 軽く天日乾燥 (1 晩くらい)

保存: - 20 または 5 で保存 (できるだけ 2 週間以内に試験する。)

試験: 消毒後, 1 晩流水, 18 に設定した穂発芽検定器に入れる。

調査: 5 - 7 日後に調査する。次の基準に従って発芽程度を調査

0 : 1 穂中発芽無し (無)            1 : 1 ~ 2 粒発芽 (微)

2 : 3 ~ 5 粒発芽 (少)            3 : 5 ~ 10 粒発芽 (中)

4 : 発芽粒が多 (多)            5 : 発芽粒が甚 (甚)

供試材料: 予備 , 予備 及び生検, 平成 12 年度で 150 品種・系統

#### 2) 今後の予定

成熟期前 1 週間のサンプリングによる検定法を検討中。

### 4. 今後の研究及び育種の方向

#### 1) 研究

サンプリング時期による穂発芽耐性の違い, 及び同一品種・系統内でも穂によって穂発芽程度が違ふこと等について検討し, 検定法の改良を進める。

#### 2) 育種

九州地域では, 平成になって 3 年, 8 年及び 10 年にシロガネコムギ及びチクゴイズミで穂発芽が大発生している。現在, 農林 61 号以上の穂発芽耐性をもった品種育成を目標にしているが, 優良な母本が少ないこと, また, 現在の穂発芽検定法は欠点が多く, 有効な選抜に結びつきにくい等のため, 一進一退を繰り返している状況である。

### 5. その他

各育成地で, 有効な穂発芽耐性系統等を推薦しあう, また, 有効な検定法, 選抜法等の紹介により, 現状打開を図る必要がある。