

ビール大麦の耐湿性評価法及び育種素材

加藤常夫¹⁾・渡邊浩久・長嶺敬

摘要：ビール大麦の安定生産性の改善に必要な耐湿性について，簡易評価基準の検討及び有用遺伝資源のスクリーニングを行った．節間伸長前の生育期の黄化程度を示す「生育期黄化指数」は耐湿性指標として一般的に用いられている「稈長比」と有意な相関を示し，容易かつ他作業との競合のない時期の調査が可能であることから，耐湿性の一次スクリーニング基準として有用であると考えられた．また，ビール大麦育成品種・系統では九州二条18号や栃系324の耐湿性が優れ，大麦遺伝資源では春播六角麦などが育成品種・系統よりも優れる耐湿性を有するを見いだした．

キ - ワ - ド：耐湿性，評価法，ビール大麦，遺伝資源，育種

Evaluation Criteria and Genetic Resources in Breeding for the Waterlogging Tolerance of Malting Barley

Tsuneo KATO, Hirohisa WATANABE and Takashi NAGAMINE

Summary : We studied the evaluation criteria and genetic variation of waterlogging tolerance for malting barley breeding. The evaluation criterium "etiolation index at the stage before stem elongation" is effective and useful for waterlogging tolerance screening. This criterion has significant correlation with the "stem length ratio between flooded and normal growth condition" standard which has been used for waterlogging tolerance, and also has the advantage of easy examination and off-season evaluation for breeders. As the superior waterlogging tolerant lines, Kyushu Nijyo 18, Tochikei 324 were selected from among the malting barley breeding lines, and Harumaki rokkaku mugi from barley genetic resources.

Key words : waterlogging, evaluation method, malting barley, genetic resources, breeding

緒 言

大麦の耐湿性は小麦よりも弱く、栽培上の大きな問題となっている⁸⁾。実際に、栃木県内のビール大麦産地でも、排水性の劣る圃場を中心に、湿害によって、極端な短稈化や、穂数が大きく減少している湿害圃場がかなり多く見られる。極端な湿害の被害が見られない圃場であっても、暗渠部分は排水性がよいため、暗渠の伸びる方向に帯状に大麦の生育が優れている状態が一般的に見られる。このことから、湿害は、ビール大麦の生産に対して顕在的な被害だけではなく、潜在的にも生産性低下の大きな要因であることが推察される。

湿害への対策としては、暗渠施工やプラウ耕による透水性改良などの耕種の対策が一部の生産現場ではとり入れられているが、根本的解決のために耐湿性の優れた品種の育成が必要である。

ビール用品種の耐湿性は大麦のなかでも弱いとされている³⁾。湿害は、収量ばかりではなく、千粒重の低下¹⁰⁾や、不稔粒率の増大^{14,11)}といったビール大麦では特に重要な品質形質に対しても悪影響をもたらすことが知られている。しかし、ビール大麦の耐湿性育種は、これまでに十分な進展があったとはいえず、とくに栃木分場育成の品種・系統については耐湿性の品種間差異も明確になっていない。

そこで、本研究では耐湿性の優れたビール大麦品種を効率的に育成するために、1) 耐湿性の簡易選抜指標の検討、2) 栃木分場で育成したビール大麦の耐湿性の品種・系統間差異の評価、3) 耐湿性に関わる有望遺伝資源のスクリーニング、を実施した。

試験方法

1. 材料及び方法

1) 耐湿性の簡易選抜指標の検討及び栃木分場育成系統の耐湿性評価(2004年播き)

栃木分場育成品種・系統などのビール大麦63品種・系統、六条大麦4品種、小麦3品種の計70品種・系統を用いた。

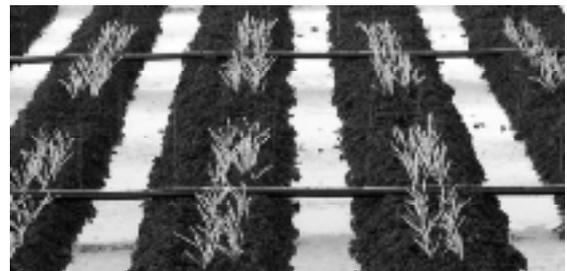
播種は、2004年11月10日で、二条千鳥2粒点播(条間10cm、株間10cm、畦間65cm、畦長1.5m)とした。施肥量は、10a当たりBBビール麦2号25kgと苦土入りPK化成40号40kg(合計のN:P₂O₅:K₂O=2:12.5:12kg/10a)及びおがくず堆肥1000kgを施用した。

試験区は出芽10日後(12月1日)からの幼苗期の3週間と節間伸長開始期(3月20日)からの6週間の計2回湛

水した処理区(2区制)と湛水処理を全く行わない無処理区(1区制)を設けた。湛水処理はかん水チューブで掛け流し、畦間が常時湛水する程度とした(第1図)。

生育期(2月19日)及び節間伸長期(4月15日)に植物体の黄化程度を黄化指数(7階級:0(無)~6(甚))として判定、分級した。また、黄熟期に各区5個体の稈長を測定し、稈長比(湛水処理区稈長/無処理区稈長の比率)を算出した。

稈長比を基に各品種の耐湿性を強(稈長比:90以上)、やや強(80~90)、中(70~80)、やや弱(60~70)、弱(60未満)に分類した。



第1図 圃場での耐湿性検定の様子(幼苗期)

2) 大麦遺伝資源の耐湿性簡易評価(2005年播き)

耐湿性の優れた有望母本のスクリーニングを目的として、大麦遺伝資源251品種・系統について、2005年10月17日に播種を行った。圃場の施肥・播種条件、幼苗期の湛水処理は2004年播と同様に行った。ただし、前年の結果を踏まえて、生育期黄化指数を耐湿性の簡易評価基準とし、2月19日の調査のみを行った。

結果及び考察

1. ビール大麦育成品種・系統の耐湿性の差異

湿害によって、大麦は稈長、穂長、穂数、稔実歩合、千粒重などが影響を受けることが報告されている³⁻⁵⁾。これら諸形質のなかで、稈長から算出する稈長比(=湿害処理区の稈長/無処理(対照)区の稈長)は、湿害による被害程度の評価基準として安定的に利用できることが報告されている³⁾。実際に、湿害発生圃場では被害程度に応じた矮化(場合によっては圃場内の排水不良程度に応じた傾斜的な稈長の低下)が見られ、稈長は湿害の影響が直接的に現れる形質であると考えられる。

そこで、栃木分場育成のビール大麦品種・系統を中心とした大麦の耐湿性を、稈長比を指標として調査した。稈長比は86.2(九州二条18号)~47.9(Harrington)の差

異が見られた。比較に供試した小麦3品種の稈長比はいずれも90以上で、耐湿性「強」であった。ビール大麦では稈長比が80以上の耐湿性「やや強」のものが6品種・

系統見られ、多くのものが「中」～「やや弱」であった(第1表)。

第1表 主なビール大麦品種・系統の耐湿性(稈長比による評価)

耐湿性クラス	系統数	主な品種・系統(生育期黄化指数)
やや強(稈長比:90~80)	6	九州二条18号(2.5), みょうぎ二条(2.8), 栃系317(2.8), 栃系324(2.5)
中(稈長比:80~70)	19	サチホゴールドン(2.5), スカイゴールドン(2.8), なす二条(3.5), 栃系331(3.0)
やや弱(稈長比:70~60)	28	ミカモゴールドン(3.5), タカホゴールドン(3.3), 関東二条29号(3.0), 関東二条37号(3.5)
弱(稈長比:60未満)	9	大系HL138-8-7(3.5), 大系HL99(3.5), Harrington(4.5)

注 生育期黄化指数: 0(黄化なし), 1(最下葉先端が黄化), 2(最下葉の1/2が黄化), 3(下から2葉目の1/3が黄化), 4(下から3葉目の黄化先端が黄化), 5(下から3葉目の1/2が黄化)

2. 耐湿性の簡易評価基準

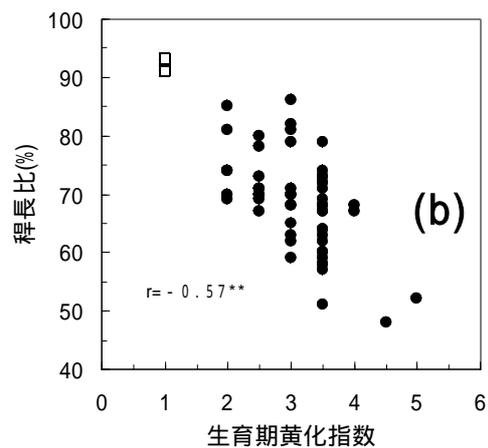
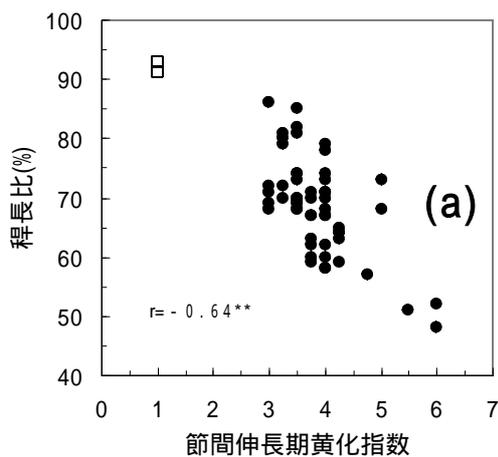
稈長比は、湿害処理区に加えて無処理区を設け、登熟期まで生育させて稈長調査をする必要があるため、多くの系統・遺伝資源の耐湿性スクリーニングに用いるのは難しい。

湿害を受けた麦は、生育期、節間伸長期を問わず、下位葉が黄化し、耐湿性の優れる系統は黄化程度が小さいことが経験的に知られており、耐湿性選抜の目安となっている。実際に耐湿性検定の評価基準として、黄化程度が利用されている^{5,6)}。

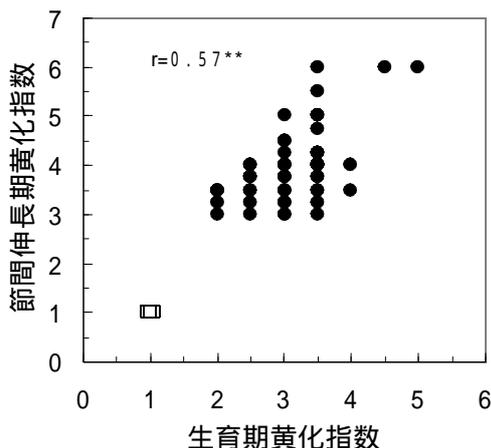
そこで、ビール大麦品種・系統を中心とした材料を用いて、稈長比と生育期あるいは節間伸長期の黄化の関係

を調べた(第2図)。その結果、最終的な稈長比と有意な相関が、節間伸長期が盛んな4月15日の黄化程度(節間伸長期黄化程度, $r = -0.64^{**}$)だけではなく、節間伸長期開始以前の2月19日の黄化程度(生育期黄化程度, $r = -0.57^{**}$)でも見られることが分かった。

なお、節間伸長期と生育期の黄化程度にも、有意な正の相関($r=0.57^{**}$)が見られ、黄化程度を簡易スクリーニング指標とするならば、節間伸長期まで生育を待たなくても、生育期の黄化程度を指標にできると判断できた(第3図)。



第2図 節間伸長期(a)あるいは生育期(b)の黄化指数と稈長比との関係は小麦



第3図 生育期と節間伸長期の黄化指数の
相関 (2004年) は小麦

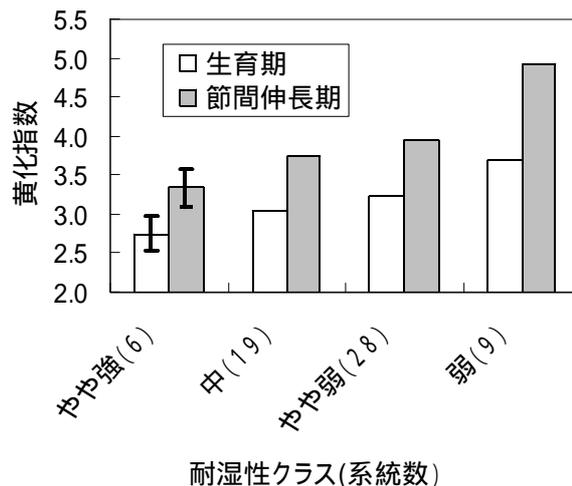
なお、稈長比を指標とした耐湿性分級によって、供試品種・系統はやや強から弱の4階級に分類され、生育期及び節間伸長期の黄化指数は耐湿性に応じた差異が確認された(第4図)。主なビール麦品種・系統でも、生育期黄化指数は概ね耐湿性を反映する数値となっていた(第1表)。これらのことから、黄化指数は、稈長比と有意な相関があり、耐湿性系統の簡易選抜指標としては有用であると判断された。特に、生育期黄化指数は大量スクリーニングに有用な指標であると考えられた。

すなわち、調査労力や調査までの生育期間が長くかかり、他の圃場作業との作業競合の多い節間伸長期や登熟期の調査が必要な稈長比や節間伸長期黄化指数ではなく、耐湿性については生育期黄化指数を用いた大量一次スクリーニングが育種的に有用であると考えられた。

3. 耐湿性の優れた大麦遺伝資源のスクリーニング

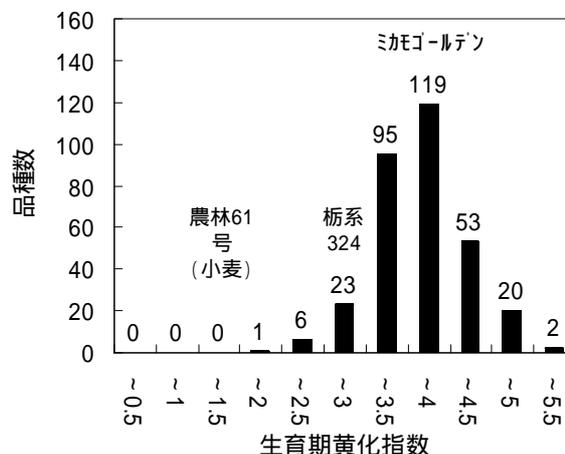
耐湿性の優れた有望母本のスクリーニングを目的として、大麦遺伝資源251品種・系統を供試して、生育期黄化指数を指標とした耐湿性評価を行った。その結果、生育期黄化指数には1.5(春播六角麦)~5.0(Deter2)の差異が見られた。2004年播評価で、耐湿性「やや強」と優れた栃系324の生育期黄化指数(2.8)を下回る有望系統が29系統見いだされた(第5図)。ただし、比較の小麦農林61号(1.0)に及ぶものは見あたらなかった。黄化指数2.0以下の特に有望な系統は、春播六角麦, Eurylepia, Tambis, CIho5930, Lyallpur, IRAKU OOMUGI 1の6品種であった。

春播六角麦は岡山大学での耐湿性評価で見いだされた



第4図 耐湿性クラス別の生育期と節間伸長期
の黄化指数 (2004年)
バーは最小有意差(5%水準)

耐湿性遺伝資源¹⁴⁾であり、今回の実験でももっとも有望な品種であった。また、その他の有望系統の多くは南アジア原産の品種であった。耐旱性の強い大麦は耐湿性も強い傾向があるとの報告¹²⁾もあり、耐湿性の機構解明の面からも興味深い。



第5図 大麦遺伝資源の生育期黄化指数の分布
図中の数値は品種数

4. 総合考察

日本でのビール大麦における耐湿性の重要性は、古くから言及されてきたところであるが、その育種改良は順調に進んできたとはいえない。その原因としては、耐湿性の評価に労力がかかることや、複数の生理的要因が耐湿性には関与するために育種が難しいことなどが挙げられよう。

本研究では、簡易スクリーニング指標として、湛水処理後の生育期の黄化程度について検討を行い、その遺伝的変異について解析した。その結果、生育期の黄化指数が耐湿性の簡易指標として利用できることが明らかとなり、育成系統や遺伝資源の中から相対的に耐湿性の優れる系統を見いだすことができた。

今後、本格的な耐湿性品種を育成するためには、1) 小麦並みの耐湿性を有する遺伝資源のスクリーニング、2) 湿害耐性に関わる生理的機構やその遺伝様式の解明、3) 実際の育種事業運営のなかへの実用的な耐湿性選抜操作の導入など課題は多い。耐湿性遺伝資源の検索はこれまでも数多くの品種・系統が供試されていることから¹⁴⁾、今後、飛躍的な耐湿性母本を見いだすことは難しいかもしれない。しかし、耐湿性に関わる因子として知られている根組織中への通気組織の形成能^{1,2)}、不定根発生の多少⁴⁾、アルコール脱水素酵素の活性¹³⁾、根の呼吸量¹⁰⁾など個別の生理的因子についての評価はあまり進んでおらず、これらの個別形質についての遺伝的変異の解析、優良形質の集積を図る必要がある。

ただし、今回の研究における耐湿性の遺伝的変異や、これまでの他場所での耐湿性育種の進展状況から考えて、本格的な耐湿性ビール大麦品種の育成にはまだ相当の時間がかかると思われる。

現在すでに問題となっている栃木県内のビール大麦の湿害被害を軽減するためには、耕種的対応を普及させることが現実的には最も重要である。栃木県内ではかなりの湿害の被害が発生しているにもかかわらず、九州や北陸の大麦産地に比べて、耕種的対応が不十分である。暗渠、明渠の設置やプラウ、サブソイラー耕の実施あるいは畦立ドリル播きなどの湿害対応耕種技術の紹介・普及も、耐湿性育種の研究と同様に重要な課題である。

謝辞

本研究の一部は農林水産省指定試験事業、プロジェクト研究「低コストで質のよい加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」により実施したものであり、関係者各位に感謝申し上げます。また、大麦遺伝資源を分譲いた

だいた岡山大学資源生物科学研究所・武田和義博士、佐藤和広博士、中央農業研究センター北陸センター・伊藤誠治博士、研究材料の養成、調査に協力いただいた大塚孝、田中良張、荒川秀樹の諸氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

1. 有門博樹 (1955) 通気系の発達と耐湿性との関係. 第5報. 麦類及び二, 三の牧草類に於ける通気系について. 日作紀23:287-290.
2. 有門博樹 (1955) 通気系の発達と耐湿性との関係. 第6報. 麦類及び数種牧草類の湛水処理に対する生態学的並に解剖学的反応. 日作紀24:53-58.
3. 浜地勇次・古庄雅彦・伊藤昌光 (1985) 節間伸長期におけるビールオオムギの耐湿性. 日作九支報52:81
4. 浜地勇次・古庄雅彦 (1989) ビール大麦の過湿条件下での根の障害および分布. 日作九支報. 56:82-85.
5. 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦 (1989) ビールオオムギの耐湿性の遺伝率. 育種39:195-202.
6. 浜地勇次・吉田稔・古庄雅彦・吉田智彦 (1990) ビールオオムギにおける耐湿性選抜の指標形質. 育種40:361-366.
7. 池田利良・東駿次・川出武夫・西郷昭三郎 (1954) 麦類品種の耐湿性に関する研究. 第1報. 麦類品種の耐湿性検定法に関する研究. 東海近畿農試研報1:21-26.
8. 池田利良・東駿次・川出武夫・西郷昭三郎 (1955) 麦類品種の耐湿性に関する研究. 第2報. 麦類に於ける耐湿性の品種間差異. 東海近畿農試研報・栽培部2:1-16
9. 池田利良・東駿次・川出武夫・西郷昭三郎 (1955) 麦類品種の耐湿性に関する研究. 第3報. 麦類品種の耐湿性と幼植物地上部呼吸作用及び出穂早晚との関係. 東海近畿農試研報・栽培部2:17-21.
10. 池田利良・東駿次・川出武夫 (1957) 麦の生育諸時期における土壌過湿の影響. 東海近畿農試研報・栽培部4:30-37.
11. 石川越三・貞広林逸・白石憲郎 (1956) 麦の枯れ熟れの研究. 第3報. 伸長期および登熟期における土壌の乾湿と裸麦の生育並に稔実に就いて. 四国農業研究1:14-15.
12. 徐亨洙 (1980) 韓国におけるオオムギの耐湿形質と品種育成に関する研究. 東京農大農学博士学位論文 pp. 221.
13. Mayne, R.G. and Lea, P. J. (1984) Alcohol dehydrogenase in *Hordeum vulgare*: Chnages in isoenzyme levels under hypoxia. *Plant Sci. Lett.* 37:73-78.

14. 大久保和男・武田和義(1991)オオムギの幼植物における耐湿性の品種変異．育雑41(別2):396-397.
15. 佐々木昭博(1984)オオムギの節間伸長期における耐湿性の品種間差異．育雑．34:79-86.