

種子休眠遺伝子を利用して穂発芽耐性を強化した 大麦育種素材の開発

1. 成果の要約

種子休眠遺伝子 *Qsd1* を利用することで、食用大麦では穂発芽性「やや難」で収量・品質が優れる栃系 390、栃木二条糯 53 号を開発した。ビール用大麦では穂発芽性「かなり難」かつ発芽特性が普及品種と同等であったが、総じて醸造品質が優れなかったため、さらに戻し交配等の育種の改良を図る必要がある。

2. キーワード

穂発芽耐性、戻し交配、*Qsd1*、種子休眠遺伝子

3. 試験のねらい

現在普及しているビール大麦品種は、麦芽を製造する関係で休眠が浅く穂発芽に比較的弱い。また、食用大麦は利用価値を高めるために低褐変性 (ant-free) を持つ品種が普及しているが、穂発芽に著しく弱い。2014 年産では収穫期の長雨により大きな被害が発生し、今後も温暖化等の影響で被害リスクが高まることが予想される。本研究では、種子休眠遺伝子 *Qsd1* 強型アレルを導入した育種素材の実用化を目的とし、ビール用ではスカイゴールデン並の穂発芽性「難」品種、食用 ant-free ではサチホゴールデンとスカイゴールデンの中間の穂発芽性「やや難」品種の育成を目標とする。

4. 試験方法

(1) 材料

Qsd1 強型アレルを有し穂発芽耐性が極強である品種「すずかぜ」、「さやかぜ」を 1 回親とし、「ニューサチホゴールデン」、「栃木二条 49 号」(以上ビール用)、「もち絹香」(食用 ant-free) を反復親として戻し交配 (BC) 系統を育成した。なお、*Qsd1* 遺伝子型の判定は exon9 の SNP (Sato et al., 2016) を CAPS マーカーで判定し、H602 型を強型、はるな二条型を弱型とした。

(2) 穂発芽耐性及び発芽特性の評価

成熟期における発芽指数を穂発芽耐性として評価した。発芽指数は水入れ 2 日目から 8 日目 (2nd ~ 8th と表記) まで発芽粒をカウントし、次式より算出した。

$$\text{発芽指数} = (2\text{nd}\% \times 7 + 3\text{rd}\% \times 6 + 4\text{th}\% \times 5 + 5\text{th}\% \times 4 + 6\text{th}\% \times 3 + 7\text{th}\% \times 2 + 8\text{th} \times 1\%) / 7$$

また、ビール用 BC 系統は、成熟期サンプリング穂を 25°C で一定期間保存した後も発芽指数を求め、発芽指数の経時変化を発芽特性として評価した。さらに、9 月下旬に発芽勢及び水感受性を調査した。

5. 試験結果および考察

ビール用 BC 系統は反復親と比べて有意に成熟期発芽指数が低くなり穂発芽耐性がかなり強化され、「かなり難」と評価された (表-1)。しかし、成熟期 4 週後の発芽指数も低かったため、成熟期 16 週後まで追跡調査したところ、12 週後には反復親とほぼ同程度の発芽指数を示した (図-1)。また、9 月下旬 (成熟期 15 週後) の発芽勢、水感受性にも問題ないことが確認された。醸造品質は総じて低エキス傾向のため、さらに戻し交配等により改善を図る必要がある (表-2)。現在、栃木二条 49 号 BC 系統は BC4F3¹⁾まで世代を進めている。

食用 BC 系統についても穂発芽耐性の強化が認められ、サチホゴールデンとスカイゴールデンの中間の穂発芽耐性「やや難」と評価された。この BC 系統は生産力検定試験において収量・品質が優れたため、栃系 390 を付して選抜した (表-3)。また、BC 由来ではないが食用 ant-free の栃木二条糯 53 号も穂発芽耐性かつ収量・品質が優れたため有望視された。

¹⁾ 1 回親の「さやかぜ」に反復親の「栃木二条 49 号」交配し、得られた子孫に対し反復親を繰り返して 4 回交配し BC4 まで世代を進めた。その後 3 回自殖を行い F3 まで世代を進めた。

<栃木二条 49 号/さやかぜ//栃木二条 49 号*4>(F3)

※本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」の支援を受けて実施した。

(担当者 研究開発部 麦類研究室 石原島由依、塚原俊明*、青木純子、加藤常夫)

* 現下都賀農業振興事務所

表-1 *Qsd1*を置換したニューサチホゴールデンBC, 栃木二条49号BC系統の穂発芽耐性

系統名・品種名	<i>Qsd1</i> exon9	成熟期 発芽指数	穂発芽性	成熟期4週後 発芽指数	成熟期15週後	
					発芽勢	水感受性
ニューサチホゴールデンBC	強型	3 ± 1 b	かなり難	46 ± 8 b	100 ± 0	2 ± 1
ニューサチホゴールデン	弱型	33 ± 5 a	中	82 ± 6 a	100 ± 0	0 ± 0
栃木二条49号BC	強型	6 ± 3 b	かなり難	31 ± 4 c	99 ± 1	2 ± 3
栃木二条49号	弱型	25 ± 10 a	難	75 ± 5 a	100 ± 0	0 ± 0
参)スカイゴールデン	弱型	26 ± 2 a	難	84 ± 2 a	100 ± 0	1 ± 1
参)さやかぜ	強型	0 ± 0 b	かなり難	21 ± 6 c		

- 1) ニューサチホゴールデンBCは、さやかぜを1回親としたBC3の2系統、栃木二条49号BCは、さやかぜを1回親としたBC3の7系統。
- 2) *Qsd1* は、強型:はるな二条型、弱型:H602型を表す。
- 3) 表中のデータは平均値±標準偏差、同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

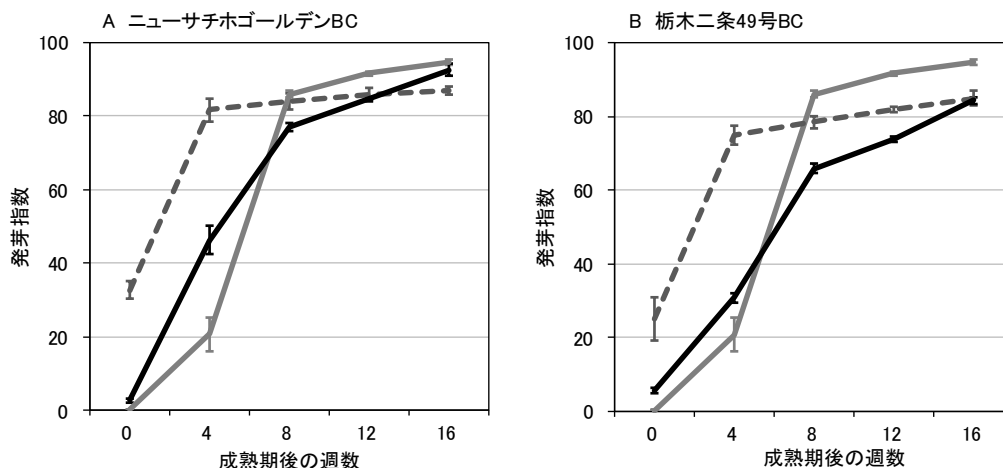


図-1 *Qsd1*を置換したニューサチホゴールデンBC, 栃木二条49号BC系統の発芽指数の経時変化

- さやかぜ
 - - ニューサチホゴールデン
 - ニューサチホゴールデンBC (1回親: さやかぜ)
 - さやかぜ
 - - 栃木二条49号
 - 栃木二条49号BC (1回親: さやかぜ)
- ※エラーバーは標準誤差を表す。

表-2 *Qsd1*を置換したニューサチホゴールデンBC, 栃木二条49号BC系統の醸造特性

品種系統名	麦芽 エキス dm%	麦芽 粗蛋白 dm%	可溶性 窒素 dm%	コル バツハ 数%	ジースタ ーゼ力 WK/TN	最終 発酵度 %	麦芽β- グルカン mg/l	麦芽 粘度 mPa·s	ろ過 速度 min	麦芽 色度 (目視)	評価
ニューサチホゴールデンBC	82.7 c	10.1 a	0.64 b	39.7 c	235 a	76.5 bc	75 a	1.64 a	14 a	4.5 a	低EX
ニューサチホゴールデン	85.0 a	8.8 a	0.64 b	45.2 b	246 a	77.1 b	62 ab	1.59 ab	12 a	5.0 a	-
栃木二条49号BC	83.5 b	9.9 a	0.63 b	39.9 c	250 a	75.8 c	46 b	1.55 b	9 a	4.8 a	低EX
栃木二条49号	85.6 a	8.6 a	0.61 b	44.7 b	231 a	75.9 bc	20 b	1.52 bc	12 a	5.2 a	-
標)サチホゴールデン	84.5 a	9.5 a	0.68 b	44.3 b	250 a	76.2 bc	57 ab	1.57 b	14 a	4.4 a	-
参)スカイゴールデン	84.5 a	9.3 a	0.78 a	52.6 a	276 a	78.5 a	23 b	1.48 c	12 a	4.8 a	-

- 1) ニューサチホゴールデンBCは、さやかぜを1回親としたBC3の2系統、栃木二条49号BCは、さやかぜを1回親としたBC3の7系統。
- 2) 表中の同一アルファベットの記述はTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差がないことを示す。

表-3 *Qsd1*を置換したもち絹香BC系統及び栃木二条糯53号の諸特性

系統名 品種名	成熟期 発芽指 数	4週後 発芽指 数	穂発芽 性	<i>Ant</i>	<i>Qsd1</i> exon9	成熟 期 月.日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	整粒 重 kg/a	対標 準比 %	精麦 時間 sec	砕粒 率 %	白度
栃系390(もち絹香BC)	38	64	やや難	free	強型	5.31	76	6.0	919	59.6	108	444	7.1	52.1
標)サチホゴールデン	42	80	中	nomal	弱型	5.26	82	6.3	902	55.4	100	268	63.2	45.5
参)スカイゴールデン	34	84	難	nomal	弱型	-	-	-	-	-	-	269	53.4	44.1
参)とちのいぶき	58	85	易	free	弱型	5.29	87	6.4	918	55.7	100	273	50.8	47.5
参)もち絹香	51	79	易	free	弱型	5.31	73	5.8	1006	62.6	113	400	12.6	52.4
栃木二条糯53号	39	54	やや難	free	強型	5.29	86	5.9	889	67.5	96	404	6.0	50.4
標)サチホゴールデン	43	83	中	nomal	弱型	5.28	89	6.9	769	70.3	100	319	26.6	46.3
参)スカイゴールデン	33	85	難	nomal	弱型	5.30	93	6.0	776	61.8	88	282	26.7	45.1
参)とちのいぶき	62	85	易	free	弱型	5.30	91	6.6	870	64.3	91	342	14.6	46.1
参)もち絹香	51	78	易	free	弱型	5.30	76	6.0	907	68.7	98	479	4.2	49.0

- 1) もち絹香BCの世代はBC2F4、栃系390を付して選抜、栃木二条糯53号の世代はF12。
- 2) 上段は、成熟期発芽指数は2か年平均値、他の形質は単年度成績、下段は、全ての形質が4か年平均値。
- 3) *Qsd1*は、強型:H602型、弱型:はるな二条型。