

栽培条件の違いが特性の異なるビール大麦の 収量および品質に及ぼす影響

渡邊浩久¹⁾・高山敏之・沖山毅・五月女敏範・大関美香・
春山直人・長嶺 敬²⁾・加藤常夫³⁾

摘要：播性程度や草型等の特性の異なるビール大麦系統を用いて、冬期寒暖の相違や地力の相違および湿害の影響を想定した栽培試験を行い、収量および麦芽品質に及ぼす影響を検討した。

冬期寒暖の相違を想定した作期移動試験では、早播は凍霜害の影響により収量や麦芽品質の変動が大きくなった。播性程度Ⅲ～Ⅳの関東二条 43 号や播性程度Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 は播種時期による整粒重に有意な差は見られず、変動が小さかった。この要因は、これら 2 系統が播性程度Ⅰの品種・系統に比べ、春先の幼穂長が短く、早播の幼穂凍死が少なかったためと考えられた。

地力の相違を想定した施肥量試験では、少肥において収量や麦芽品質の変動が大きく、播性程度Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 や穂数型の関東二条 42 号は施肥量による整粒重の変動が小さかった。

湿害の影響を想定した圃場湛水試験では、穂数、1 穂粒数および千粒重が減少し低収となった。播性程度Ⅲ～Ⅳの関東二条 43 号と播性程度Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 および大粒型の関東二条 40 号は整粒重の変動が小さく収量が安定していた。

麦芽品質では、作期移動試験・施肥量試験において、穂数型の関東二条 42 号、播性程度Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 および低蛋白系統の大系 RD0381 は変動が小さく、麦芽品質が安定していた。

キーワード：ビール大麦，収量，麦芽品質，安定性

Effect of yield and quality at different cultivation conditions by malting barley with different characteristics

Hirohisa WATANABE, Toshiyuki TAKAYAMA, Takeshi OKIYAMA, Toshinori SOTOME,
Mika OOZEKI, Naoto HAUYAMA, Takashi NAGAMINE and Tsuneo KATO

Summary: We investigated the influence that the cultivation condition exerted on the yield and the malting quality using malting barley with a different characteristic.

A yield and molting quality became unstable by early sowing. As for "Kanto Nijo 43" and "Daikai RD0521", of the winter habit type barley, the change of the yield by the sowing date was small. The stem length of "Kanto Nijo 43" and "Daikai RD0521", was shorter than that of the spring cultivars in winter period, and percentage of injured spike primordia by freezing on was low.

In the examination that changed the amount of applied fertilizer, when the amount of applied fertilizer was a little, the change of yield and the quality was large. As for "Daikai RD0521" and "Kanto Nijo 42" the change of the yield was stable even if changed with amount of fertilizer.

A yield has decreased due to the wet injury. However,, the yield of "Kanto Nijo 43" and "Daikai RD0521"and"Kanto Nijo 40" was stable.

As for the malting quality, "Kanto Nijo 42" and "Daikai RD0521"and" Daikai RD0381" were stable.

Key words: malting barley, Yield , malting quality, stability

I 緒言

栃木県における 2009 年産二条大麦の作付面積は 9,480ha で、全国の約 3 割を占める産地である¹²⁾。近年、暖冬の影響により麦の生育が進み春先の凍霜害や、まとまった降雨による湿害、圃場の地力ムラ等により収量や品質が安定しないため、生産者や実需者からは安定生産が求められている。

品質の中で、粗蛋白質含量は高すぎると香味や濁りに影響し、低すぎると酵母の栄養が不足したり泡持ちに影響するため、2001 年産から品質目標が 10.0~11.0%に変更されている¹⁰⁾。2001 年産以降の粗蛋白質含量の構成比を見ると、品質目標値内(10.0~11.0%)は 33.7~51.4%で、7 割近くが品質目標から外れる年がある。特に、2003 年産は品質目標値以上の割合が最も多く、2005 年産と 2007 年産は品質目標値以下の割合が多かった¹²⁾。

一方、栃木県における 2000~2009 年産の単収は平均 370kg/10a で、最も多いのは 2000 年の 420kg/10a、最も少ないのは 2007 年の 306kg/10a と、最高と最低で約 100kg/10a の差があり年による変動が大きい¹²⁾。

ビール大麦の育種は、早生・短稈化や、多収・高品質化の品種育成は進んでおり^{4) 11)}、今後は、収量や品質の安定性が優れる品種の育成が重要である。

生産安定には、主に秋播性を有する品種・系統により研究が行われ、秋播性は春先の凍霜害による幼穂凍死率が低いことが報告され^{8) 9)}、秋播性を付与した系統の育成が進められている。また、大麦の耐湿性は小麦より弱く、収量や千粒重の低下など問題となっており^{1) 2)}、加藤らは安定生産性の改善に必要な耐湿性が優れる育種素材を見出している⁵⁾。品質に関する育種では粗蛋白質含量の低い品種の開発が行われ、醸造用低蛋白質二条大麦中間母本「大系 HC-15」(二条大麦中間母本農 1 号)が育成され³⁾、その後も低蛋白質含量の特性を持つ系統の育成が進められている。

そこで、特性の異なるビール大麦系統を用いて、暖冬年や地力ムラ、さらに湿害を想定した栽培試験を行い、収量や子実粗蛋白質含量に及ぼす影響を検討したので報告する。

II 材料および試験方法

1. 作期移動試験(冬期寒暖の相違を想定)

栃木県農業試験場栃木分場内の水田裏作圃場にて、2006~2008 年度の 3 か年で実施した。供試材料は、スカイゴールデン(標準品種)、関東二条 40 号(大粒型)、関東二条 42 号(穂数型)、関東二条 43 号(播性Ⅲ~Ⅳ)、大系 RD0381(低蛋白)、大系 RD0521(播性Ⅱ~Ⅲ)の播性や草型が異なる 6 品種・系統とした。播種様式は条間 25cm の 4 条ドリル播きとし、試験規模および区制は 1 区 6.24 m²(1.3m×4.8m)、2 反復の分割区法とした。2006 年度の施肥量は BB500(N:P₂O₅:K₂O=5:20:20)を 80kg/10a(N 4.0kg:P₂O₅ 16.0kg:K₂O 16.0kg)施用し、2007 年度および 2008 年度は BB ビール麦エース(N:P₂O₅:K₂O=14:18:14、窒素量の 40%は被覆尿素=LP40)を 43kg/10a と苦土入り PK 化成(N:P₂O₅:K₂O=0:20:20)を 25kg/10a(併せて N 6.0kg:P₂O₅ 12.7kg:K₂O 11.0kg)施用した。農業特性調査はビール大麦合同品種比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った。麦芽品質は 2006 年度および 2007 年度の 2 か年で実施し、60g 製麦により分析した。

処理要因は、冬期寒暖の相違を想定して、播種時期を早播、標播、遅播の 3 水準設けた(第 1 表)。

2. 施肥量試験(地力の相違を想定)

供試圃場・供試年度・供試材料・播種様式・試験規模および区制は作期移動試験と同じで、播種時期は 11 月 9~14 日とした。農業特性調査および麦芽品質分析は作期移動試験と同様とした。

処理要因は、地力の相違を想定して、施肥量を少肥、標肥、多肥の 3 水準設けた(第 1 表)。肥料は作期試験と同様、2006 年度は BB500 を、2007 年度および 2008 年度は BB ビール麦エースと苦土入り PK 化成を使用した。

3. 圃場湛水試験(湿害の影響を想定)

栃木県農業試験場栃木分場内の圃場にて、2008 年度に実施した。供試材料は作期移動試験と同様 6 品種・系統とし、播種様式は畦間 65cm、条間 10cm、株間 5cm の 2 条点播とし、3 反復の分割法とした。農業特性調査はビ

第 1 表 各試験の処理内容

試験名	作期移動試験(播種時期:月/日)			施肥量試験(施肥量:窒素成分量/10a)			圃場湛水試験(湛水期間)		
	2006年度	2007年度	2008年度	2006年度	2007年度	2008年度	2008年度		
年度									
早播	11/1	10/24	10/23	少肥	2.0kg	3.0kg	3.0kg	無処理	無し
標播	11/14	11/9	11/10	標肥	4.0kg	6.0kg	6.0kg	分けつ期処理	2/13~4/9
遅播	11/25	11/26	11/23	多肥	6.0kg	9.0kg	9.0kg	登熟期処理	4/10~5/15

ール大麦合同品種比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った。

処理要因は、湛水時期を分けつ期、登熟期の2水準設け、対照として無処理区を設けた(第1表)。

Ⅲ 結 果

試験期間中の気象および栃木分場における生育概況は概ね次のとおりであった。

2006年度は11月上旬から3月上旬まで気温が高めに推移したことにより初期生育は促進され、茎立期は平年より10日程度、出穂期は平年より5~8日早く、成熟期は平年並みであった。12月下旬の降雨により葉の黄化や生育不良などの湿害が一部の圃場で見られた。また3月中旬の低温により幼穂凍死が発生し、幼穂凍死率は5~10%であった。稈長は平年より5~6cm長く、穂数は平年比128~131%、一穂粒数は114~116%と多かった。千粒重は平年並からやや軽く、整粒歩合および整粒重は平年並であった。

2007年度は12月上旬から1月中旬まで気温が高くその後は気温が低く推移したが、3月中旬以降は平年並から高くなり、出穂期は平年並であった。登熟期間中は気温の変動が大きく、成熟期は平年より1~2日早まった。稈長は平年に比べ10~15cm長く、穂数は平年比127~146%で、千粒重が平年より重いことから、収量は平年比106~119%と多かった。なお、登熟期間中まとまった降雨があり、ほとんどの系統で倒伏し、穂発芽が散見された。

2008年度は暖冬の影響により、草丈は平年を上回り、茎立期は平年より2~3日早い3月7~10日であった。茎数は3月上旬まで平年並みに推移したが、茎立期以降に無効分けつの整理が進み、3月下旬では平年比79%と少なかった。出穂期は平年に比べて3~5日、成熟期は3~4日早まった。平年と比べ稈長は4~8cm長く、穂長はほぼ平年並であった。1穂粒数はやや多かったが穂数は少

なく、収量は平年比89~109%と品種により差が大きかった。また降雨の影響で湿害がみられ、4月中旬の高温により一部の系統で不稔の発生が見られた。

1. 供試系統の農業特性

供試品種・系統の標準栽培(施肥量は標肥、播種時期は標播、湛水無し)における3か年の農業特性を第2表に示した。関東二条40号は千粒重が50.1gと供試系統中最も重く穂数は少ない傾向であった。関東二条42号は標準品種のスカイゴールデンに比べ千粒重以外の農業特性に有意な差はなかったが、穂数は707本/m²と供試系統の中では最も多かった。関東二条43号は播性程度Ⅲ~Ⅳで、出穂期および成熟期はスカイゴールデンと比べ有意な差はなかった。大系RD0381の子実粗蛋白質含量は8.7%と供試系統の中では低い傾向であり、大系RD0521は播性程度Ⅱ~Ⅲで出穂期と成熟期が遅く、整粒重は重い傾向であった。

2. 作期移動試験

農業特性の変動係数は、穂数と整粒重で大きく、出穂期・成熟期・1穂粒数・容積重・子実粗蛋白質含量で小さかった(第3表)。麦芽品質は、エキスの変動は小さかったが、麦芽β-グルカン・評点の変動が大きく、ジアスターゼ力の変動はやや大きかった(第4表)。

1) 出穂期・成熟期

早播は標播に比べ出穂期は6日、成熟期は2日早く、登熟期間は4日長かった。遅播は標播に比べ出穂期は4日、成熟期は3日遅く登熟期間は1日短かった。

関東二条43号の出穂期は4月13日とスカイゴールデンに比べ1日遅いが、登熟期間が短く成熟期は5月25日とスカイゴールデンより1日早かった。大系RD0521の出穂期は4月14日、成熟期は5月27日とスカイゴールデンに比べ1~2日遅く、大系RD0381の出穂期は4月9日で供試系統中最も早かったが、粒の水分や茎葉の緑色が抜けず成熟期は5月29日と最も遅かった(第3表)。

第2表 供試品種・系統の農業特性

品種・系統名	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	1穂粒数	整粒重 (kg/a)	千粒重 12.5%(g)	整粒歩合 (%)	原麦 粗蛋白(%)	播性程度 (特性検定)
スカイゴールデン	4/13 bc	5/26 a	97.0 ab	5.8 bc	647	24.6 b	43.4	41.3 e	91.6	9.4	I
関東二条40号	4/12 b	5/26 ab	92.3 ab	6.3 b	599	25.9 b	51.2	50.1 a	94.8	9.4	I
関東二条42号	4/13 bc	5/26 a	93.3 ab	5.9 bc	707	24.6 b	48.7	43.8 cd	93.0	9.2	I
関東二条43号	4/14 cd	5/26 a	97.9 b	6.2 bc	650	27.4 a	51.5	43.1 de	92.5	8.8	Ⅲ~Ⅳ
大系RD0381	4/9 a	5/27 b	90.2 a	5.8 c	669	25.2 b	52.4	45.9 b	91.8	8.7	I
大系RD0521	4/15 d	5/27 b	96.2 ab	6.7 a	610	27.7 a	54.4	45.6 bc	92.9	8.8	Ⅱ~Ⅲ
	**	**	*	**	n. s.	**	n. s.	**	n. s.	n. s.	

注1. 2006~2008に実施した標準栽培(施肥量は標肥、播種時期は標播、湛水無し)の平均。

2. **, *: 1%, 5%水準で有意。n. s.: 有意差無し。表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し。

3. 農業特性調査はビール大麦合同比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った。

4. 播性程度は、特性検定によりⅠ~Ⅶで判定。

2) 稈長・穂長・穂数・1穂粒数

稈長は、早播で短く変動が大きく、関東二条43号と大系RD0521は稈長が長く変動が小さかった。

穂長は、播種時期が遅くなるほど長くなり遅播で変動が大きく、大系RD0521は穂長が6.8cmと長く変動が大きかった。

穂数は早播725本/m²>標播647本/m²>遅播522本/m²と播種時期が遅くなるほど減少し、遅播の変動が大きかった。スカイゴールデンに比べ変動が小さい系統は大系RD0381、関東二条42号および関東二条40号で、最も変動が大きい系統は大系RD0521であった。

1穂粒数は播種時期が遅くなるほど多くなり、早播の変動が大きかった。1穂粒数の多い関東二条43号と大系RD0521の変動は小さかった(第3表)。

3) 千粒重・整粒歩合・整粒重

千粒重は早播39.1g<標播45.0g<遅播48.1g、整粒歩合は早播81.4%<標播92.8%<遅播95.2%と、播種時期が遅くなるほど千粒重が重くなり整粒歩合が高くなった。

整粒歩合の変動は早播で大きかった。関東二条40号は千粒重が48.9gと大きく、整粒歩合が高く変動が小さかった。また関東二条42号は千粒重・整粒歩合の変動が小さかった。

整粒重は、早播で38.0kg/aと低収となり、標播と遅播では有意な差は見られなかったが、遅播で低収になる傾向であった。

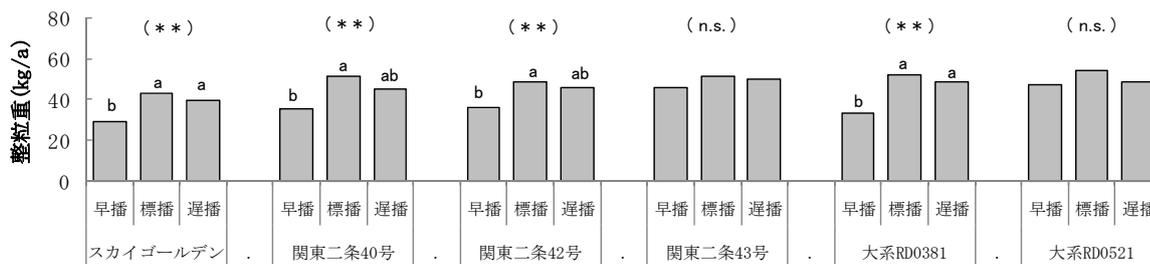
播性Iのスカイゴールデン、関東二条40号、関東二条42号および大系RD0381は標播に比べ早播で有意に減収したが、播性III~IVの関東二条43号と播性II~IIIの大系RD0521は有意な差が見られなかった(第1図)。また、これら2系統は、整粒重が50kg/a前後と他の系統より多収で、変動が小さかった(第3表)。

第3表 供試品種・系統の播種時期と主要農業特性との関係

処理	出穂期		成熟期		稈長		穂長		穂数		1穂粒数	
	月/日	C.V.	月/日	C.V.	cm	C.V.	cm	C.V.	本/m ²	C.V.		C.V.
播種時期A	**		**		**		**		**		**	
早播	4/6 a	2.1	5/24 a	3.1	82.3 a	10.1	5.5 c	7.9	725 a	14.6	24.6 c	11.1
標播	4/12 b	2.0	5/26 b	1.2	94.5 c	6.3	6.1 b	7.5	647 b	12.0	25.9 b	7.4
遅播	4/16 c	2.3	5/29 c	1.4	91.0 b	5.6	6.7 a	10.4	522 c	19.7	26.4 a	6.8
品種・系統B	**		**		**		**		**		**	
スカイゴールデン	4/12 c	4.5	5/26 ab	2.4	91.2 bc	7.7	5.9 c	9.8	608 ab	19.7	24.3 c	7.6
関東二条40号	4/11 b	4.6	5/26 b	2.4	85.1 a	11.9	6.1 bc	9.9	564 b	18.9	25.2 b	7.4
関東二条42号	4/12 c	4.3	5/26 ab	2.5	87.5 ab	8.7	6.0 c	10.4	667 a	18.5	24.4 c	8.7
関東二条43号	4/13 d	3.1	5/25 a	2.1	94.5 c	5.6	6.2 b	10.0	619 ab	20.1	27.5 a	5.5
大系RD0381	4/9 a	4.2	5/29 d	2.4	84.9 a	10.6	5.7 d	10.1	684 a	15.2	24.8 bc	9.0
大系RD0521	4/14 d	5.3	5/27 c	2.3	92.6 c	6.2	6.8 a	13.4	645 a	24.2	27.4 a	6.4
年度C	**		**		**		**		n. s.		**	
2006	4/12 b	3.5	5/29 c	1.2	88.1 a	9.4	6.2 b	10.3	646	19.4	25.9 b	7.4
2007	4/12 b	5.5	5/27 b	2.2	86.6 a	10.0	5.8 c	9.0	621	15.4	23.9 c	8.9
2008	4/11 a	4.5	5/24 a	2.3	93.1 b	7.2	6.4 a	13.9	627	24.8	27.1 a	5.8
A×B	**		**		n. s.		**		n. s.		**	
A×C	**		**		n. s.		**		**		**	
B×C	n. s.		**		**		**		n. s.		*	
A×B×C	*		**		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	

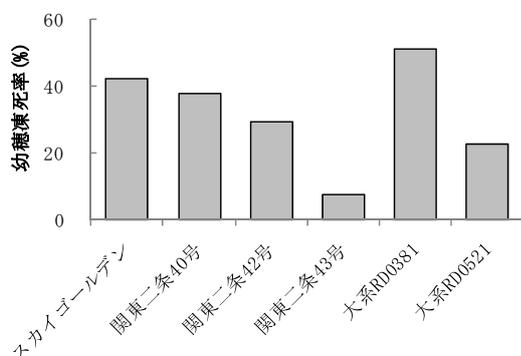
処理	千粒重(12.5%)		整粒重		整粒歩合		子実粗蛋白質含量	
	g	C.V.	kg/a	C.V.	%	C.V.	%	C.V.
播種時期A	**		**		**		**	
早播	39.1 c	6.6	38.0 b	24.5	81.4 c	9.7	8.7 b	6.9
標播	45.0 b	6.6	50.3 a	15.6	92.8 b	4.6	9.0 a	6.9
遅播	48.1 a	7.7	46.3 a	20.1	95.2 a	2.5	9.1 a	6.1
品種・系統B	**		**		**		**	
スカイゴールデン	40.7 e	8.5	37.4 b	27.8	89.5 bc	8.5	9.2 a	6.5
関東二条40号	48.9 a	10.8	43.9 ab	23.4	92.8 a	5.8	9.1 ab	6.5
関東二条42号	43.4 c	7.9	43.7 ab	20.4	90.9 ab	7.0	9.0 ab	7.0
関東二条43号	42.4 d	10.3	49.1 a	15.1	89.5 bc	9.2	8.7 b	8.3
大系RD0381	44.3 b	9.6	44.9 a	24.6	87.1 c	14.1	8.7 b	6.2
大系RD0521	44.6 b	10.8	50.1 a	16.7	89.1 bc	7.4	9.0 ab	5.1
年度C	**		*		**		**	
2006	-		42.5 b	27.2	86.2 c	10.5	9.2 a	6.5
2007	44.9 a	10.7	46.8 a	17.8	92.5 a	4.6	8.8 b	5.9
2008	43.2 b	11.2	45.3 ab	22.3	90.7 b	9.6	8.9 b	7.7
A×B	**		n. s.		**		n. s.	
A×C	**		**		**		**	
B×C	**		n. s.		**		n. s.	
A×B×C	**		n. s.		**		n. s.	

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差無し. 表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し.
 2. 播種時期は第1表に示した.
 3. 農業特性調査はビール大麦合同比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った.



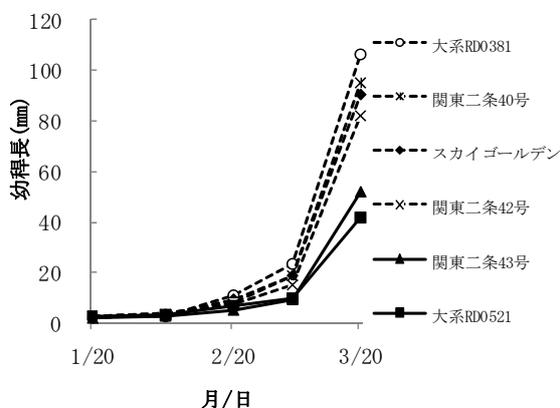
第1図 供試品種・系統の播種時期と整粒重の関係 (2006~2008年の3か年平均)

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差なし. 図中の同一アルファベットは5%水準で有意差無し.
2. 播種時期は第1表に示した.



第2図 供試品種・系統の早播区における幼穂凍死率 (2006~2008年の3か年平均)

注. 調査個体数は, 5本 (主茎および上位4本の分けつ茎) × 8株, 合計40本調査. 全凍死した幼穂を100とし, 部分凍死は達観により10段階に等級して算出した.



第3図 供試品種・系統の幼穂長の推移 (2008年度 標播)

注. 播性程度は, 関東二条43号 (III~IV), 大系RD0521 (II~III), その他品種・系統 (I).

第4表 供試品種・系統の播種時期と主要麦芽品質との関係

	麦芽エキス		麦芽粗蛋白		可溶性窒素		コールパツハ数		ジアスターゼ力		評点		麦芽β-グルカン								
	dm%	C.V.	dm%	C.V.	dm%	C.V.	%	C.V.	WK/TN	C.V.	C.V.	C.V.	mg/l	C.V.							
播種時期A	n. s.		**		n. s.		**		**		**		n. s.								
早播	81.7	1.0	8.4	b	8.4	0.74	10.4	55.6	b	13.6	223	a	18.9	35.4	b	58.6	30	a	65.4		
標播	81.7	0.9	8.7	b	5.5	0.76	9.4	55.2	b	9.0	208	b	13.3	37.5	b	43.6	31	abc	57.9		
遅播	81.5	0.9	9.2	a	6.0	0.75	7.6	51.4	a	8.7	201	b	12.3	51.0	a	33.6	32	abc	61.2		
品種・系統B	**		*		**		**		**		**		**								
スカイゴールデン	81.9	a	0.4	8.9	ab	6.1	0.81	c	7.6	57.2	c	9.8	209	bc	13.7	34.5	b	51.4	20	a	41.6
関東二条40号	81.0	b	1.2	8.8	ab	5.5	0.80	c	5.0	56.8	bc	7.3	187	c	10.7	27.2	b	53.3	35	bc	55.4
関東二条42号	82.1	a	0.6	9.0	a	4.0	0.74	a	11.6	51.2	a	12.8	216	ab	17.8	53.6	a	29.0	25	ab	63.9
関東二条43号	81.2	b	1.1	8.4	b	12.6	0.70	b	4.1	53.0	abc	13.8	223	ab	20.3	40.4	ab	57.1	31	abc	54.6
大系RD0381	81.6	a	0.7	8.5	ab	6.7	0.73	ab	7.5	53.5	abc	9.5	199	c	10.6	40.8	ab	37.8	42	c	54.6
大系RD0521	81.9	a	0.6	8.8	ab	7.0	0.74	a	7.4	52.8	ab	11.1	230	a	11.0	51.5	a	34.1	32	abc	65.7
年度C	**		**		**		**		**		**		**								
2006	9.2	a	0.4	8.9	a	6.5	0.72	a	8.2	50.4	a	9.9	189	b	8.5	51.2	a	32.6	45	a	34.6
2007	8.8	b	1.1	8.6	b	8.2	0.79	b	7.5	57.7	b	8.1	232	a	13.7	31.4	b	52.3	16	b	33.5
A×B	*		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.								
A×C	*		n. s.		*		**		**		*		n. s.								
B×C	**		n. s.		**		n. s.		**		n. s.		n. s.								
A×B×C	n. s.		n. s.		*		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.								

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差無し. 表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し.
2. 播種時期は第1表に示した.
3. 麦芽品質は60g製麦により分析した.

4) 子実粗蛋白質含量

試験を実施した3か年とも子実粗蛋白質含量は8.9～9.2%と品質目標値(10.0～11.0%)より低かった。

標播に比べ早播は8.7%と有意に低く、標播と遅播では有意な差は見られなかったが、遅播で高くなる傾向であった。

スカイゴールデンに比べ、関東二条43号と大系RD0381は有意に低く、変動係数は大系RD0521と大系RD0381で小さかった(第3表)。

5) 凍霜害

3か年とも早播で幼穂凍死が発生し、特に2006年度は供試品種・系統すべてに幼穂凍死が見られた。

早播における幼穂凍死率は、関東二条43号は3か年とも供試系統中で最も低く、平均して7.3%であった。次いで大系RD0521の22.5%、関東二条42号29.4%、関東二条40号37.8%、スカイゴールデン42.1%で、大系RD0381は51.1%と最も高かった(第2図)。

6) 幼穂長の推移

2008年度の標播における幼穂長の推移は、2月20日以降から系統により差が出始め、3月20日調査では播性Ⅰの系統は80～110mmに対し播性程度Ⅲ～Ⅳの関東二条43号と播性程度Ⅱ～Ⅲの大系RD0521は40～50mmと短かった(第3図)。

7) 麦芽エキス・麦芽粗蛋白

麦芽エキスは播種時期による有意な差は見られなかったが、スカイゴールデンに比べ関東二条40号と関東二条43号は低く、変動がやや大きかった。

麦芽粗蛋白は播種時期が遅くなるほど高くなる傾向が見られ、特に遅播で有意に高くなり、変動は早播で大きかった。なお、スカイゴールデンと供試系統では有意な差は見られなかった(第4表)。

8) 可溶性窒素・コールパツハ数・ジアスターゼ力

可溶性窒素は、播種時期による有意な差は見られず、変動は早播で大きかった。品種・系統では、スカイゴールデンと関東二条40号は高くなり、変動は関東二条42号で大きかった。

コールパツハ数は遅播で低く、変動は早播で大きかった。関東二条43号、関東二条42号および大系RD0521は変動が大きかった。

ジアスターゼ力は早播で有意に高く、播種時期が遅くなるほど低くなる傾向を示し、変動は播種時期が早まるほど大きくなった。大系RD0521、関東二条43号および関東二条42号はジアスターゼ力が高く、大系RD0381、関東二条40号および大系RD0521は変動が小さかった(第4表)。

9) 評点

播種で有意に高く、変動は早播になるほど大きくなった。関東二条42号および大系RD0521は、評点が52.0および54.6と供試した系統の中で高く、また変動が小さかった(第4表)。

10) 麦汁β-グルカン

播種時期による有意な差は見られないが、播種時期が遅くなるほど高まる傾向を示し、変動は標播で小さかった。スカイゴールデンに比べ関東二条40号と大系RD0381は有意に高く、変動は大系RD0521と関東二条42号で大きかった(第4表)。

3. 施肥量試験

変動係数は、作期移動試験と同様に農業特性は穂数と整粒重が大きく、麦芽品質は麦汁β-グルカンと評点の変動が大きかった(第5表、第6表)。

1) 出穂期・成熟期

少肥は標肥に比べ出穂期・成熟期とも1日早く、登熟期間は同じであった。多肥は標肥に比べ出穂期は2日、成熟期は1日遅く登熟期間は1日短かった。

出穂期は、スカイゴールデンに比べ大系RD0381で4日早く、大系RD0521は2日遅かったが、成熟期は両系統ともスカイゴールデンに比べ2～3日遅かった。大系RD0381は作期移動試験同様、粒の水分や茎葉の緑色が抜けないため成熟期が遅くなった(第5表)。

2) 穂長・穂長・穂数・1穂粒数

穂長は多肥101.7cm>標肥94.5cm>少肥90.5cmの順で長く、多肥で変動が大きかった。スカイゴールデンに比べ、大系RD0381は穂長が短く関東二条42号は変動が小さかった。

穂長は6.1～6.2cmで有意な差はなく、変動は少肥で大きかった。大系RD0521は作期移動試験同様、穂長が長く変動が大きかった。

穂数は多肥769本/m²>標肥647本/m²>少肥572本/m²と施肥量が少なくなるほど減少し、少肥で変動がやや大きかった。関東二条42号と大系RD0381の穂数は700本/m²以上と他の系統より多く、関東二条40号は600本/m²以下と少なかった。変動は大系RD0521と大系RD0381が小さくスカイゴールデンは大きかった。

1穂粒数は多肥で26.6粒と多く、標肥と少肥は有意な差は見られなかった。関東二条43号と大系RD0521は1穂粒数が多く、変動は関東二条40号と関東二条42号でスカイゴールデンより小さかった(第5表)。

3) 千粒重・整粒歩合・整粒重

千粒重は多肥44.6g≤標肥45.0g≤少肥45.3gと少肥に

第5表 供試品種・系統の施肥量の違いによる主要農業特性との関係

処理	出穂期		成熟期		稈長		穂長		穂数		1穂粒数	
	月/日	C.V.	月/日	C.V.	cm	C.V.	cm	C.V.	本/m ²	C.V.		C.V.
施肥量A	**		**		**		n. s.		**		**	
少肥	4/11 a	1.9	5/25 a	1.8	90.5 a	5.9	6.2	8.8	572 c	15.8	25.7 b	7.4
標肥	4/12 b	2.0	5/26 b	1.1	94.5 b	6.3	6.1	7.5	647 b	12.0	25.9 b	7.4
多肥	4/14 c	1.8	5/27 c	1.2	101.7 c	6.7	6.2	6.9	769 a	13.7	26.6 a	5.6
品種・系統B	**		**		**		**		**		**	
スカイゴールド	4/13 c	1.2	5/25 a	1.5	97.5 bc	7.0	5.9 cd	4.4	655 abc	19.1	25.1 c	5.8
関東二条40号	4/12 b	1.4	5/26 a	1.5	93.8 ab	8.6	6.3 b	5.2	596 c	18.0	26.0 b	4.7
関東二条42号	4/13 bc	1.0	5/26 a	1.6	94.2 ab	6.7	6.0 c	5.2	726 a	17.9	25.2 c	5.5
関東二条43号	4/13 c	1.5	5/25 a	1.4	98.8 c	7.8	6.2 b	5.1	653 abc	17.2	27.1 a	6.4
大系RD0381	4/9 a	1.6	5/28 b	1.6	91.4 a	7.8	5.7 d	4.9	709 ab	16.7	25.4 bc	7.0
大系RD0521	4/15 d	1.3	5/27 b	1.1	97.6 bc	7.8	6.8 a	5.6	635 bc	16.6	27.6 a	6.1
年度C	*		**		**		**		**		**	
2006	4/12 ab	1.8	5/28 c	0.9	93.5 a	6.7	6.3 a	7.2	690 a	15.8	26.3 b	6.1
2007	4/13 b	2.7	5/27 b	0.9	92.9 a	7.1	5.9 b	6.1	671 ab	20.2	24.6 c	5.0
2008	4/12 a	1.8	5/24 a	1.4	100.2 b	7.6	6.4 a	7.0	626 b	18.2	27.4 a	4.8
A×B	n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	
A×C	n. s.		**		**		n. s.		*		**	
B×C	**		**		*		n. s.		n. s.		**	
A×B×C	n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	

処理	千粒重(12.5%)		整粒重		整粒歩合		子実粗蛋白質含量	
	g	C.V.	kg/a	C.V.	%	C.V.	%	C.V.
施肥量A	*		**		n. s.		**	
少肥	45.3 a	6.3	45.5 c	14.9	93.3	3.1	8.8 b	5.6
標肥	45.0 ab	6.6	50.3 b	15.6	92.8	4.6	9.0 b	6.9
多肥	44.6 b	7.7	63.3 a	12.3	92.5	3.6	10.2 a	6.7
品種・系統B	**		**		**		**	
スカイゴールド	41.4 e	1.5	46.2 b	22.3	91.8 b	3.7	9.7 a	8.9
関東二条40号	50.3 a	1.9	53.4 a	19.1	95.4 a	2.9	9.7 a	9.2
関東二条42号	44.0 c	2.7	52.5 ab	18.1	92.6 b	3.4	9.5 ab	9.1
関東二条43号	42.8 d	2.3	53.9 a	20.4	92.7 b	3.3	9.0 bc	8.7
大系RD0381	45.2 b	4.0	54.2 a	19.4	91.9 b	5.3	8.9 c	8.0
大系RD0521	46.1 b	2.2	57.8 a	17.0	92.8 b	3.1	9.3 abc	8.1
年度C	**		n. s.		**		n. s.	
2006	-		52.7	22.8	90.5 c	4.2	9.2	7.4
2007	44.5 b	6.4	52.0	17.7	92.2 b	2.7	9.3	9.6
2008	45.4 a	7.1	54.3	19.4	95.9 a	1.6	9.5	10.2
A×B	*		n. s.		n. s.		n. s.	
A×C	n. s.		**		**		n. s.	
B×C	**		n. s.		*		n. s.	
A×B×C	*		n. s.		n. s.		n. s.	

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差無し. 表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し.
 2. 施肥量は第1表に示した.
 3. 農業特性調査はビール大麦合同比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った.

第6表 供試品種・系統の施肥量の違いと主要麦芽品質との関係

処理	麦芽エキス		麦芽粗蛋白		可溶性窒素		コールドパッサ数		ジアスターゼ力		評点		麦芽β-グルカン	
	dm%	C.V.	dm%	C.V.	dm%	C.V.	%	C.V.	WK/TN	C.V.	C.V.	C.V.	mg/l	C.V.
施肥量A	**		**		**		**		n. s.		**		n. s.	
少肥	82.0 a	0.8	8.7 b	8.8	0.77 a	9.0	55.9 b	9.9	210	15.0	37.7 b	44.7	31	60.9
標肥	81.7 b	0.9	8.7 b	5.5	0.76 a	9.4	55.2 b	9.0	208	13.3	37.5 b	43.6	31	57.9
多肥	81.3 c	1.2	9.7 a	5.9	0.86 b	12.1	53.0 a	10.4	214	12.3	46.3 a	44.3	36	64.2
品種・系統B	**		**		**		**		**		**		**	
スカイゴールド	82.0 a	0.8	9.2 ab	7.2	0.86 b	7.3	58.9 b	7.4	210 ab	12.7	28.8 cd	49.9	22 a	55.9
関東二条40号	81.4 bc	1.2	9.2 ab	10.2	0.86 b	6.6	58.9 b	7.6	189 c	15.7	21.6 d	70.3	41 cd	65.4
関東二条42号	82.0 a	0.7	9.3 a	7.9	0.77 a	12.2	52.1 a	13.4	218 ab	12.5	52.0 ab	34.7	26 ab	59.5
関東二条43号	81.2 c	1.3	8.6 b	9.6	0.72 a	7.8	52.6 a	7.0	221 a	14.7	45.4 ab	26.8	30 abc	52.9
大系RD0381	81.7 ab	1.1	8.6 b	6.8	0.74 a	6.4	54.2 a	5.5	201 bc	9.7	40.6 bc	23.6	41 d	55.4
大系RD0521	81.7 ab	0.9	9.1 ab	7.5	0.75 a	8.7	51.8 a	8.5	225 a	8.8	54.6 a	26.5	35 bcd	54.0
年度C	**		n. s.		**		**		**		**		**	
2006	82.2 a	0.4	9.0	8.2	0.75 a	9.5	52.0 a	10.2	190 b	10.8	48.7 a	36.7	48	b 31.6
2007	81.1 b	1.0	9.0	9.1	0.82 b	9.7	57.5 b	7.0	231 a	8.1	32.3 b	45.4	16 a	36.0
A×B	n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	
A×C	**		**		**		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	
B×C	**		n. s.		**		*		n. s.		n. s.		*	
A×B×C	**		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差無し. 表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し.
 2. 施肥量は第1表に示した.
 3. 麦芽品質は60g製麦により分析した.

なるほど重くなり、変動は多肥で大きかった。関東二条40号は千粒重が50.3gと重く、大系RD0381は変動が大きかった。

整粒歩合は有意な差は見られなかったが、少肥になるほど高くなる傾向が見られ、関東二条40号は他の系統に比べ整粒歩合が高く、大系RD0381は変動が大きかった。

整粒重は多肥 63.3kg/a > 標肥 50.3kg/a > 少肥 45.5kg/a と施肥量が多くなるほど多収となり、多肥で変動が小さかった。スカイゴールドに比べ、他の系統は多収で変動が小さく、特に大系RD0521や関東二条42号の変動が小さかった(第5表)。

4) 子実粗蛋白質含量

試験を実施した3か年とも子実粗蛋白質含量は9.2~9.5%と品質目標値(10.0~11.0%)より低かった。

多肥は10.2%と有意に高く、標肥と少肥では有意な差は見られなかったが、少肥で低くなる傾向であった。変動は少肥でやや小さかった。

スカイゴールドに比べ、大系RD0381と関東二条43号は子実粗蛋白質含量が低く、大系RD0381と大系RD0521は変動が小さかった(第5表)。

5) 麦芽エキス・麦芽粗蛋白

施肥量が多くなるほど麦芽エキスが低くなり、変動が大きくなった。関東二条42号はスカイゴールドと同様に麦芽エキスが高く変動が小さかったが、関東二条43号は麦芽エキスが低く、変動が大きかった。

麦芽粗蛋白は多肥で高くなり、少肥で変動が大きかった。スカイゴールドと供試系統との有意な差は見られなかったが、関東二条42号に比べ関東二条43号および大系RD0381は有意に低く、また大系RD0381は変動が小さかった(第6表)。

6) 可溶性窒素・コールパツハ数・ジアスターゼ力

可溶性窒素は多肥で高く変動が大きく、コールパツハ数は多肥で低く変動が大きかった。

可溶性窒素およびコールパツハ数とも、スカイゴールドと関東二条40号は高くなり、関東二条42号は変動が大きかった。

ジアスターゼ力は施肥量の違いによる有意な差は見られなかったが、変動は施肥量が少なくなるほど大きくなった。大系RD0521、関東二条43号、関東二条42号およびスカイゴールドはジアスターゼ力が高く、大系RD0521および大系RD0381は変動が小さかった(第6表)。

7) 評点

多肥で高く標肥と少肥で有意な差はなかったが、変動は標肥で小さかった。スカイゴールドに比べ大系RD0521と関東二条42号は評点が高く、また変動が小さかった(第6表)。

8) 麦汁β-グルカン

施肥量の違いによる有意な差はなかったが、変動は標肥で小さく、多肥で大きかった。スカイゴールドに比べ大系RD0521、大系RD0381および関東二条40号は有意に高く、変動は関東二条40号と関東二条42号で大きかった(第6表)。

4. 圃場耐湿性試験

変動係数は、穂数と整粒重および子実粗蛋白質含量で大きかった(第7表)。

1) 穂数・1穂粒数

穂数は無処理に比べ分けつ期処理・登熟期処理とも有意に少なくなり、変動が大きかった。品種・系統では、スカイゴールドに比べ他の系統は変動が大きかった。

1穂粒数は登熟期処理で無処理区に比べ有意に少なかったが、分けつ期処理との有意な差は見られなかった(第7表)。

2) 千粒重・整粒歩合・整粒重

千粒重は無処理 46.5g > 分けつ期処理 43.7g > 登熟期処理 41.4g と有意な差が見られた。関東二条40号や大系

第7表 供試品種・系統の湛水処理と主要農業特性との関係

処理	穂数		1穂粒数		千粒重(12.5%)		整粒重		整粒歩合		子実粗蛋白質含量	
	本/㎡	C.V.		C.V.	g	C.V.	kg/a	C.V.	%	C.V.	%	C.V.
湛水内容A	**		**		**		**		**		**	
無処理	613 a	8.2	28.3 a	4.2	46.5 a	6.9	66.2 a	11.1	95.3 a	1.8	11.3 a	6.7
分けつ期処理	479 b	16.8	27.8 ab	4.4	43.7 b	8.0	37.7 b	32.0	89.8 a	6.8	11.6 a	11.1
登熟期処理	453 b	23.8	27.0 b	5.5	41.4 c	10.4	28.5 c	30.3	81.8 b	14.3	13.7 b	11.7
品種・系統B	*		**		**		**		*		**	
スカイゴールド	571 a	13.1	27.2 b	6.3	39.5 d	9.9	35.9 c	51.2	83.2 b	17.9	13.7 a	13.8
関東二条40号	451 b	22.2	27.4 ab	3.2	48.8 a	5.7	47.4 ab	37.7	95.2 a	2.7	11.8 bc	7.3
関東二条42号	568 a	20.6	27.2 b	2.5	43.2 bc	6.4	43.1 abc	50.5	86.3 a	12.6	12.8 ab	14.9
関東二条43号	502 ab	19.9	28.2 ab	5.4	41.6 cd	4.4	41.7 bc	35.5	89.5 ab	7.2	11.5 bc	12.7
大系RD0381	486 ab	23.3	27.0 b	4.2	44.4 bc	9.0	42.9 bc	42.2	88.3 ab	9.2	11.2 c	10.2
大系RD0521	512 ab	21.9	28.9 a	4.7	45.9 ab	5.3	53.5 a	39.8	91.1 ab	6.1	12.1 bc	10.9
A×B	n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	

注1. **, *: 1%, 5%水準で有意. n. s. : 有意差無し. 表中の同一アルファベットはTukeyの多重比較(P<0.05)で有意差無し.

2. 湛水処理期間は第1表に示した.

3. 農業特性調査はビール大麦合同比較試験(栃木分場慣行)に準じて行った.

RD0521 は千粒重が重く変動が小さかった。また、これらの系統は整粒歩合の変動も小さかった。

整粒重は無処理に比べ分げつ期処理・登熟期処理とも有意に低く、変動が大きかった。関東二条 43 号、大系 RD0521 および関東二条 40 号は整粒重の変動が他の系統より小さく安定していた（第 7 表）。

3) 子実粗蛋白質含量

無処理に比べ、登熟期処理で子実粗蛋白質含量が高く、分げつ期処理・登熟期処理とも変動が大きかった。関東二条 40 号、大系 RD0381 および大系 RD0521 は変動が小さかった（第 7 表）。

IV 考 察

1. 作期移動試験（冬期寒暖の相違を想定）

早播は標播や遅播に比べ、整粒重が軽く変動が大きくなり、子実粗蛋白質含量が低かった。低収の要因としては、早播により冬期間の生長が促進され、春先の凍霜害による影響が大きいことが、整粒重と幼穂凍死率から推察された（第 8 表）。品種・系統では標準品種のスカイゴールデンに比べ、関東二条 43 号、大系 RD0521 は整粒重が重く、変動が小さかった。両系統は播性程度がそれぞれⅢ～ⅣとⅡ～Ⅲで、早播しても春先の幼穂長の伸びが播性程度Ⅰの他の系統に比べ遅いことから、凍霜害の影響が小さかったと考えられる。

麦芽品質は、今回の試験では蛋白質含量が 10% 以下と低く、材料としては適当ではないと考えられた。麦芽品質の変動では、すべての項目において早播の変動係数が最も大きく、早播は麦芽品質が安定しなかった。系統では、評点の高い関東二条 42 号、大系 RD0521 および大系 RD0318 は変動が小さく、麦芽品質が優れていた。

以上のことから、冬期寒暖の相違を想定した作期移動試験では、暖冬年を想定した早播において収量や麦芽品質が不安定になりやすく、生産性の安定には播性Ⅲ～Ⅳの関東二条 43 号および播性Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 が、麦芽品質の安定には穂数型の関東二条 42 号と大系 RD0521、低蛋白系統の大系 RD0381 が効果的な特性を有すると考えられた。

2. 施肥量試験（地力の相違を想定）

施肥水準が低くなるにつれ低収となった。収量構成要素の中で整粒重と穂数との相関が高いことから、肥料不足により穂数が確保されなかったことが低収の主な要因と推察された（第 8 表）。一般的に穂数型の品種は収量が安定するといわれており、今回の試験において、穂数型の関東二条 42 号は整粒重の変動が小さかった。

麦芽品質は作期移動試験と同様に蛋白質含量が低く、材料としては適当ではないと考えられた。少肥は麦芽エキス以外の項目は標肥と有意な差は見られないが、多肥はジアスターゼ力と麦芽β-グルカン以外の項目で標肥と有意な差が見られた。また麦芽品質の変動は、各項目とも少肥または多肥で大きく、標肥は比較の変動が小さかったことから、肥料分の過剰または不足の両条件により麦芽品質が変動すると考えられた。品種・系統では、作期移動試験同様、評点の高い関東二条 42 号、大系 RD0521 および大系 RD0381 は変動が小さく、麦芽品質が優れていた。

以上のことから、地力の相違を想定した施肥量試験では、低い地力を想定した少肥において収量や麦芽品質が不安定になりやすく、生産性の安定には穂数型の関東二条 42 号が、麦芽品質の安定には関東二条 42 号と播性Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 および低蛋白系統の大系 RD0381 が効果的な特性を有すると考えられた。

3. 圃場湛水試験（湿害の影響を想定）

節間伸長期の湿害による減収は、穂数と千粒重¹⁾、穂数と 1 穂粒数⁶⁾および穂数と稔実歩合⁷⁾の低下によると報告がある。今回の試験においても、無処理区に対し、分げつ期処理・登熟期処理とも穂数、1 穂粒数および千粒重が減少し低収となった。特に、湛水することにより穂数と整粒重の変動が大きくなることから、生産性の安定には穂数の安定的な確保が必要と考えられた。

一方、系統で見ると、千粒重の変動が小さい関東二条 43 号と大系 RD0521 および関東二条 40 号は整粒重の変動が小さいことから、穂数の確保とあわせて千粒重の安定化が重要である。

以上のことから、生産性の安定には、過湿状態において穂数が確保され千粒重が安定している播性Ⅲ～Ⅳの関

第 8 表 供試品種・系統の整粒重および子実粗蛋白質含量と農業特性との関係(2006～2008年)

項目	播種期試験					施肥量試験			
	穂数	1穂粒数	千粒重	整粒歩合	幼穂凍死率	穂数	1穂粒数	千粒重	整粒歩合
整粒重	0.14 n.s.	0.42 **	0.39 **	0.46 **	-0.61 **	0.64 **	0.40 **	0.17 n.s.	0.45 **
子実粗蛋白質含量	0.08 n.s.	0.10 n.s.	0.32 **	0.22 *	-0.13 n.s.	0.60 **	0.24 *	0.05 n.s.	0.07 n.s.

注1)**、*：1%、5%水準で有意。n.s.：有意差無し

2)n=108、ただし千粒重は2か年のためn=72、幼穂凍死率は反復無しのためn=54。

東二条 43 号と、播性Ⅱ～Ⅲの大系 RD0521 および大粒型の関東二条 40 号が効果的な特性を有すると考えられた。

最後に、作期移動試験・施肥量試験・圃場湛水試験を総合すると、収量および麦芽品質の安定した品種育成には、①秋播性、②穂数型、③蛋白安定型の3つの特性を有することが重要であると考えられる。ただし、すべての特性を有する品種育成には時間と労力が必要であるため、当面は栽培技術で安定化を図る必要がある。天候不順や異常気象と毎年のように言われる現在、収量や麦芽品質の安定化には、①排水対策、②土づくり、③適正施肥、④適期播種などの基本技術を実施することが重要であり、栃木県で推進している畝立て同時播種栽培は、湿害回避の効果が期待できるため収量や品質の安定化には有効である。さらに、本県で普及しているスカイゴールデンやサチホゴールデンについては、安定栽培に関する報告があり¹³⁾¹⁴⁾、基本技術とあわせて品種に適した栽培管理を行うことが、安定栽培には重要である。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「加工プロ」(31505)で行ったものであり、関係者各位に感謝申し上げます。また本研究を遂行するにあたり、試験圃場の管理並びに調査、麦芽品質分析等には大塚孝、荒川秀樹、田中良張の諸氏にご協力いただき、心から感謝の意を表する。

引用文献

- 池田利良・東駿次・川出武夫(1957)麦の生育諸時期における土壤過湿の影響. 東海近畿農試研報・栽培部 4:30-37.
- 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 2:11-16.
- 石川直幸・大塚 勝・徳江紀子・小玉雅晴・加藤常夫・神永 明・佐々木昭博・桐生光広・田谷省三・伊藤 浩・天谷正行・早乙女和彦・小松田美津留・氏原和人・関口忠男(1996)醸造用低タンパク質二条大麦中間母本「大系 HC-15」(二条大麦中間母本農 1 号)の育成. 栃木農試研報 44:67-82.
- 加藤常夫・長嶺 敬・糸川晃伸・山口恵美子・大野かおり・渡邊浩久・大関美香・関和孝博・渡邊修孝・谷口義則・山口昌宏・大塚 勝・小田俊介・常見謙史・五月女敏範・加島典子・仲田 聡・河田尚之・石川直幸・小玉雅晴・野沢清一・福田 暎・佐藤圭一・早乙女和彦・徳江紀子・宮川三郎・神永 明(2006)二条大麦新品種「サチホゴールデン」の育成(二条大麦農林 22 号). 栃木農試研報 58:59-77.
- 加藤常夫・渡邊浩久・長嶺 敬(2007)ビール大麦の耐湿性評価法及び育種素材. 栃木農試研報 59:55-60.
- 桐山 毅・井手義人・吉富研一・小西猛朗(1956)麦類耐湿性の品種間差異(予報). 九州農業研究 17:57-58.
- 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. 育種 34:79-86.
- 早乙女和彦・伊藤 浩・五月女敏範・福田 暎・宮川三郎(1994)秋播性二条オオムギ品種の気象変動に対する生産安定性. 栃木農試研報 42:53-64.
- 早乙女和彦ら(1995)二条オオムギ品種「ヤチホゴールデン」の対凍性ならびに出穂特性. 育種学雑誌 45(別 1):221.
- 谷口義則(2002)ビール用二条大麦における品質育種の成果と今後の方向. 農業技術 57(8):337-342.
- 谷口義則・小田俊介・常見謙史・大塚 勝・関和孝博・糸川晃伸・山口昌宏・五月女敏範・福田 暎・早乙女和彦・河田尚之・石川直幸・加藤常夫・加島典子・宮川三郎・神永 明・小玉雅晴・佐々木昭博・仲田 聡・徳江紀子・桐生光広・野沢清一・佐藤圭一・伊藤 浩(2001)二条大麦新品種「スカイゴールデン」の育成(二条大麦農林20号). 栃木農試研報50:1-18.
- 栃木県農政部(2010)平成 22 年度稲麦大豆等生産推進資料:139-161.
- 山口恵美子・糸川晃伸・谷口義則・山口昌宏・渡邊修孝・関和孝博・加藤常夫(2004)ビール大麦「スカイゴールデン」の高品質安定栽培法. 栃木農試研報 53:35-41.
- 渡邊浩久・加藤常夫・糸川晃伸・大野かおり・山口恵美子・大関美香・春山直人・関和孝博・長嶺敬(2007)ビール大麦「サチホゴールデン」の高品質安定多収栽培法. 栃木農試研報 59:37-43.