

オオムギ縞萎縮病がビール大麦の収量および麦芽品質に及ぼす影響

山口昌宏・谷口義則・関和孝博・大塚勝¹⁾・五月女敏範²⁾・小田俊介³⁾

摘要： オオムギ縞萎縮病ウイルス I・III 型系統の常発圃場と無発病圃場に、I・III 型系統の両方に抵抗性のビール大麦品種(抵抗性遺伝子 *ym3* を単独または *ym3* と *ym5* を共に持つ)と I 型系統にのみ抵抗性の品種(*ym5* のみを持つ)及び罹病性の品種(*ym3* も *ym5* も持たない)を播種し、収量と麦芽品質に及ぼす影響を調査した。3 年試験した結果、I・III 型系統に抵抗性のスカイゴールデンと関東二条 34 号は、常発圃場が肥沃であるため子実重が 23%、24% それぞれ増加したのに対し、罹病性のあまぎ二条は稈長が 23%、穂数が 52% と著しく減少し子実重は 60% 減少した。I 型系統のみ抵抗性のタカホゴールデン、ミカモゴールデンはあまぎ二条ほど稈長、穂数が減少せず、子実重がそれぞれ 12%、20% 減少した。発病が麦芽品質に及ぼす影響について、粗蛋白含量は常発圃場で、罹病性・抵抗性のいずれの品種も極端に高まったため不明瞭であったが、罹病性のあまぎ二条では麦芽エキスの減少と、麦汁粘度の上昇が明らかになった。タカホゴールデン、ミカモゴールデンの品質低下はあまぎ二条より小さかった。以上の結果から、ビール大麦の高品質安定多収生産のためには、I・III 型系統抵抗性品種の育成と普及が重要である。

キーワード： オオムギ縞萎縮病 III 型系統, 麦芽品質, 二条大麦

Effects of Barley Yellow Mosaic Virus Infection on Yield and Malting Quality of Barley

Masahiro YAMAGUCHI, Yoshinori TANIGUCHI, Takahiro SEKIWA, Masaru OHTSUKA, Toshinori SOTOME, Shunsuke ODA

Summary: The effects of barley yellow mosaic virus (BaYMV) infection on yield and malting quality were analyzed in virus-resistant and susceptible malting barley cultivars. The cultivar 'Sukai Golden', which has the virus-resistance genes *ym3* and *ym5*, and the cultivar 'Kanto Nijo No. 34', which has only *ym3*, are resistant to both strains I and III of BaYMV. The cultivars 'Takaho Golden' and 'Mikamo Golden', which have only *ym5* for a virus-resistance gene, are resistant to only strain I of BaYMV. The cultivar 'Amagi Nijo' has neither *ym3* nor *ym5* and is susceptible to strains I and III of BaYMV. Seeds of these cultivars were sown and grown in a non-infested field and a field infested by BaYMV strains I and III and the yield and malting quality were compared for three years of the test period. While 'Sukai Golden' and 'Kanto Nijo No. 34' had 23% and 24% more grain yield, respectively, in the infested field, due to the fertility of the field, the susceptible 'Amagi Nijo' had 60% less grain yield in the infested field and was 23% and 52% less in the culm length and the number of ears, respectively. The strain I-resistant cultivars 'Takaho Golden' and 'Mikamo Golden' had 12% and 20% less grain yield, respectively, in the infested field, but the losses in the culm length and number of ears in these cultivars were not as severe as in the case of the virus-susceptible 'Amagi Nijo'. As for the effects of infection on malting quality, total protein contents in both the resistant and susceptible cultivars were exceedingly high in the infested field and no clear conclusion was obtained. However, the amount of malt extract was decreased and the wort viscosity was increased in the susceptible cultivar 'Amagi Nijo'. The loss in malting quality was smaller in the cultivars 'Takaho Golden' and 'Mikamo Golden' than in 'Amagi Nijo'. From the results obtained, it is concluded that the breeding and general distribution of cultivars resistant to strains I and III of BaYMV are essential for maintaining high quality and high yield in the production of malting barley.

Key Words: BaYMV strain type III, malting quality, two-rowed barley

1) 現 栃木県農業大学校, 2) 現 栃木県農業試験場, 3) 現 農林水産省農林水産技術会議事務局

I 緒言

オオムギ縞萎縮病は根に寄生する菌の一種である *Polymyxa graminis* に媒介されるオオムギ縞萎縮病ウイルス⁵⁾ (Barley Yellow Mosaic Virus, 以下BaYMVと略記) により発生する土壌伝染性の病害である^{19, 5)}。発病すると葉に細長いかすり状の退緑モザイク様病斑が現れ、株全体が黄化し萎縮症状を呈する。発病程度によっては収穫皆無になる重要病害の一つで²¹⁾、栃木県内では県南主産地を中心に、1950年頃からこの病害に弱いビール大麦に被害が拡大し、1980年代にピークに達した³⁾。耕種的防除法や薬剤防除法などが開発されたが^{11, 12, 23)}、効果・コストの面で十分な対策とならず、抵抗性品種の開発が待たれた。この間抵抗性遺伝資源の探索が行われ、国内外の六条大麦の在来種に抵抗性を示すものが見いだされた¹⁵⁾。その中で中国在来種の「木石港3」は各地の耐病性検定で抵抗性を示したため¹⁶⁾、各育成地で抵抗性品種育成の母本に用いられた。栃木分場においても木石港3由来の抵抗性遺伝子 *ym5* を持つビール大麦品種の開発を進め、1985年に世界に先駆けて抵抗性品種ミサトゴールドデンを育成した¹³⁾。その後1987年には当時最高水準の麦芽品質を持つミカモゴールドデン²⁴⁾、1995年にはうどんこ病と複合抵抗性を持ち栽培性に優れるタカホゴールド⁸⁾などの抵抗性品種を育成し、病害防除と安定生産に成果を上げてきた。

BaYMVには病原性の異なる系統が存在し、1987年にミサトゴールドデンを侵すウイルス系統が確認された¹⁰⁾。その後BaYMVはI～III型に大別され⁹⁾、従来の大きな被害をもたらしていた系統をI型、*ym5*を侵す系統はIII型とされた。BaYMV III型系統による被害面積は現在栃木県南部や茨城県西部を中心に増加している¹⁴⁾。人為突然変異系統の「Ea52」で同定された遺伝子 *ym3* が²²⁾ I・III型系統に対して抵抗性であることが明らかにされている⁹⁾。栃木分場では1970年頃から、後に *ym3* を持つことが確認された「はがねむぎ」を交配母本に用いて抵抗性品種の育成に取り組み^{1, 7)}、中間系統を経て2001年に *ym5* と *ym3* の両方を持ちBaYMV I～III型系統に抵抗性であるスカイゴールドデンを育成した¹⁷⁾。

試験圃場を用いたBaYMV I型系統の被害解析についてはいくつか報告があり、抵抗性遺伝子を持たない品種では大幅に減収すると同時に、子実蛋白が高くなり麦芽エキスが低下するなど、品質面での悪影響が報告されている^{2, 9, 21)}。一方、*ym5* を持つ品種のBaYMV III型系統による被害については、茨城県でミサトゴールドデンを用いて稈長・子実重の解析が行われ²⁰⁾、栃木分場でもミカモゴールド

デンとタカホゴールドデンの被害解析を行っている¹⁷⁾。しかしながらいずれも麦芽品質面での被害解析は行われていない。スカイゴールドデン等のBaYMV I～III型系統抵抗性品種が主力品種となるまでは、ミカモゴールドデンなど *ym5* のみを持つ品種の作付が当面続くと予測されるので、BaYMV III型系統感染による麦芽品質への影響を把握しておくことは重要であると考えられる。そこで本研究では、現在作付されている主力品種をBaYMV I・III型系統混合発生圃場に播種し、BaYMV III型系統の発病が収量性および麦芽品質に与える影響を明らかにした。

II 試験方法

供試品種として、BaYMV I・III型系統の両方に抵抗性のスカイゴールドデン（抵抗性遺伝子 *ym5* と *ym3* を有する）と関東二条34号（同 *ym3* のみ）、BaYMV I型系統のみに抵抗性のミカモゴールドデンとタカホゴールドデン（共に同 *ym5* のみ）、両方に罹病性のあまぎ二条の5品種・系統を用いた。なおBaYMV II型に関しては5品種とも抵抗性である。試験は1998年度（播種年度）から2000年度の3か年間、栃木分場内のBaYMV I・III型の両系統が発生するオオムギ縞萎縮病常発圃場と同分場内の無発病圃場（対照区）で実施した。耕種概要は第1表の通りである。他の試験結果から、常発圃場は生育が旺盛であったため、無発病圃場よりも施肥量を減らした。発病程度は2月～3月のモザイク病斑・黄化・萎縮症状の達観調査により総合的に判断した。なお1998・1999年度に行った試験結果の一部については、すでに報告済みである¹⁷⁾。麦芽品質については、原麦250gを用いて浸漬度を41%にして製麦を行い、分析は既報の方法¹⁸⁾に従って実施した。

縞萎縮病による被害程度の品種間差異を検討するため、常発圃場と無発病圃場の測定データの差をとり、二段分割法で分散分析を行なった。また最小有意差法による品種の対比較と、縞萎縮病抵抗性が同じ品種をグループ化しシェッフェの方法による多重比較を行った。

第1表 試験区の耕種概要

年次 (播種 年度)	圃場	播種期 月・日	施肥量	堆肥	前作	播種量 粒/m ²	畦間	条間	株間	条数
			N : P ₂ O ₅ : K ₂ O kg/10a	施用量 kg/10a						
1998	I・III型常発	11. 2	3.0 : 9.3 : 7.7	0	なし	30.7	65cm	10cm	10cm	2条点播
	無発病	11.10	6.0 : 18.3 : 16.2	1300	水稻	192.3	130cm	20cm	2.6cm	6条点播
1999	I・III型常発	11. 5	4.0 : 18.6 : 16.4	1300	なし	30.7	65cm	10cm	10cm	2条点播
	無発病	11. 9	7.5 : 18.3 : 16.2	1300	水稻	192.3	130cm	20cm	2.6cm	6条点播
2000	I・III型常発	11. 6	2.0 : 9.3 : 8.2	1300	湛水	30.7	65cm	10cm	10cm	2条点播
	無発病	11. 9	8.0 : 18.0 : 16.0	1300	水稻	192.3	130cm	20cm	2.6cm	6条点播

Ⅲ 試験結果

1. 生育・気象概況および縞萎縮病発病程度

平年と比較した各年の生育の特徴を、累年データのあるあまぎ二条、ミカモゴールドン、タカホゴールドンの無発病圃場の成績で述べる。

1998年度は播種後の乾燥により初期生育、特に分けつが発生が抑えられた。しかし茎立期以降急速に生育が回復し、軟弱徒長気味になった。稈長は6cm程度短く、穂数、一穂粒数は90%程度であった。子実重はあまぎ二条で平年並、他品種は5~10%低く、千粒重、整粒歩合はほぼ平年並であった。

1999年度は生育初期の高温により、過度に草丈の伸長や茎数の増加、幼穂分化の早進がみられた。茎立期以降は低温と乾燥により生育が鈍化し、肥切れにより下葉が枯れ急速に茎数が整理された。出穂期・成熟期は5~6日早く、稈長は5~15cm短かった。穂数は5%増であったが、タカホゴールドンは30%多かった。一穂粒数は約10%少なく、子実重はあまぎ二条で平年並で他は5~10%低かった。千粒重は平年並からわずかに重かった。整粒歩合はあまぎ二条で5%程度高く、他はわずかに低かった。

2000年度は生育初期の乾燥により生育が抑制され、特にミカモゴールドンとあまぎ二条の一部の試験区で低温ストレスによると思われる生育不良がみられた。その後茎立期以降の高温により、急速な稈長の伸長がみられ、出穂期が3~5日、成熟期が5~6日早まった。稈長は5~10cm高く、穂数は5~15%多く、一穂粒数は平年並から5%減、子実重は10%程度増加した。あまぎ二条は千粒重が平年よりわずかに高く、整粒歩合は7.5%高かった。他は千粒重、整粒歩合とも平年よりわずかに低かった。

3か年とも常発圃場での縞萎縮病の発生は多く、あまぎ二条、タカホゴールドン、ミカモゴールドンには全ての株にモザイク病斑が見られた。1998年と1999年はあま

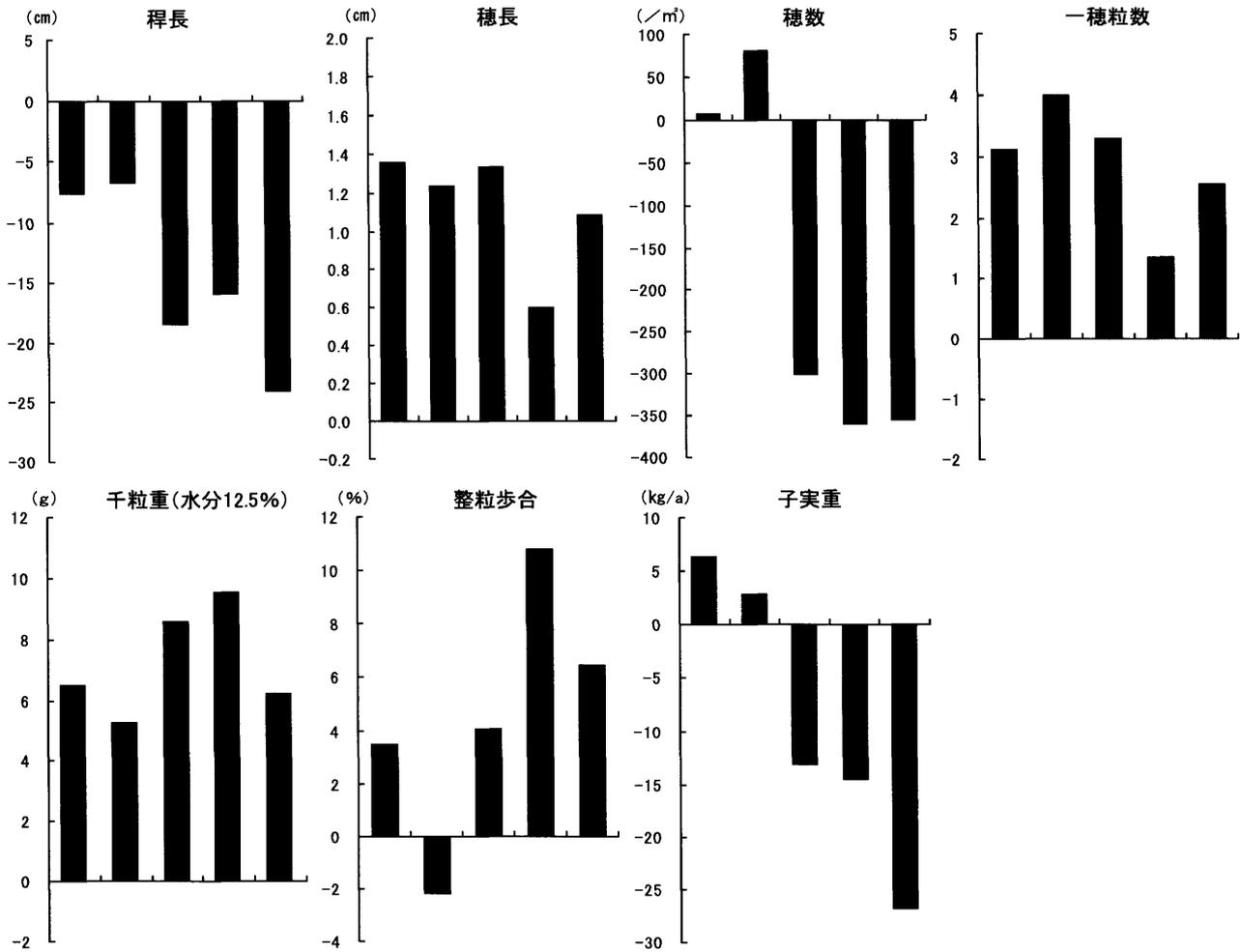
ぎ二条で黄化・萎縮症状が著しく発生程度「甚」、タカホゴールドンはあまぎ二条より症状が軽く「中」、ミカモゴールドンで「中~多」の黄化や萎縮症状が見られた。2000年はあまぎ二条で「多」、タカホゴールドンとミカモゴールドンで「中」であった。スカイゴールドンと関東二条34号に発病は見られなかった。

2. 収量および収量構成要素

前述の通り、関東二条34号を除く4品種の1998年度と1999年度の結果については既に報告しているので、2000年度の結果を中心に述べる。

2000年度の常発圃場と無発病圃場の差を品種間で比較した結果を第1図に示す。稈長はスカイゴールドンや関東二条34号よりタカホゴールドン、ミカモゴールドン、あまぎ二条の方が常発圃場での低下の幅が大きく、特にあまぎ二条で大きかった。穂数についてはスカイゴールドンと関東二条34号は同等か常発圃場の方が多いのに対し、他の3品種は常発圃場の方が明らかに少なかった。子実重についてスカイゴールドンと関東二条34号では常発圃場の方がやや高かったのに対し、タカホゴールドン、ミカモゴールドン、あまぎ二条は常発圃場の方が明らかに低く、特にあまぎ二条は際だって低かった。千粒重は全般に常発圃場の方が高かった。整粒歩合についてはミカモゴールドンの圃場間差が大きかった。品種間差は不明瞭ながら、スカイゴールドン、関東二条34号の抵抗性品種群より、タカホゴールドン、ミカモゴールドン、あまぎ二条の方が差異が大きい傾向が見られた。穂長、一穂粒数も常発圃場の方が長い(多い)が、縞萎縮病抵抗性との関係は見いだせなかった。

次に1998年度と1999年度を加えた3か年のデータを分散分析した結果を第2表に示す。稈長、穂数、子実重については縞萎縮病抵抗性による品種間差が有意であり、特に稈長と子実重は*ym3*を持つスカイゴールドンと関東二条34号、*ym5*のみを持つタカホゴールドンとミカモゴールドン、両方とも持たないあまぎ二条の3グループに



第1図 収量・収量構成要素・栽培特性の圃場間差異 (2000年度)

縦軸は [縮萎縮病 I・III型混合常発圃場] - [無発病圃場]

左から、スカイゴールデン、関東二条34号、タカホゴールデン、ミカモゴールデン、あまぎ二条

第2表 収量性・収量構成要素・栽培特性の分散分析結果 (3か年)

	稈長 cm	穂長 cm	穂数 /m ²	一穂粒数	千粒重 g	整粒歩合 %	子実重 kg/a
スカイゴールデン	88	6.8	691	26.3	45.0	94.3	54.7
関東二条34号	79	7.1	712	28.0	43.3	85.7	50.9
タカホゴールデン	84	6.6	435	26.3	47.5	91.9	39.3
ミカモゴールデン	78	6.4	472	26.0	43.0	90.7	34.3
あまぎ二条	67	7.0	317	27.6	39.3	80.4	18.7
スカイゴールデン	2a	1.0	47ab	3.4	4.3a	3.1a	9.7a
関東二条34号	4a	1.1	162a	3.8	1.7b	-4.0b	9.0a
タカホゴールデン	-7b	1.0	-174bc	3.5	4.5a	2.4a	-5.5b
ミカモゴールデン	-5b	0.9	-215c	3.0	5.6a	7.8a	-8.5b
あまぎ二条	-20c	1.0	-357c	3.6	1.2b	-6.4b	-28.3c
年度	0.45**	0.67**	0.11**	0.54*	0.64**	0.32*	0.04
品種	0.48**	-0.02	0.81**	-0.02	0.14**	0.26**	0.84**
交互作用	0.03*	0.07	0.06**	0.11	0.12**	0.26**	0.02

上段：常発圃場の3か年の平均値，中段：常発圃場－無発病圃場，下段：寄与率

多重比較は最小有意差法により異符号間に5%で有意差有り，*5%，**1%水準で有意

分けられた。また穂数はⅢ型系統に抵抗性のスカイゴールデン及び関東二条34号と罹病性の残り3品種の2グループに分けられた。千粒重と整粒歩合については、2000年度の結果では罹病性のグループの方がわずかに大きい傾向であったが、3か年の分析では年次との交互作用が大きく、品種間差に一定の傾向は見られないと判断された。なお、稈長と穂数にも有意な交互作用がみられたが、寄与率が低いと無視して良いと判断された。3か年の平均値で、タカホゴールデンとミカモゴールデンは縮萎縮病に罹病したことにより、稈長がそれぞれ8%と6%低くなり、穂数は29%と31%、子実重は12%と20%低下した。また、あまぎ二条は稈長が24%、穂数が53%、子実重が60%低下した。

3. 麦芽品質

縮萎縮病に罹病しないスカイゴールデンと関東二条34号の麦芽粗蛋白を圃場間で比較すると、無病圃場は平均8.9%と適正範囲とされる10~11%より低く、逆に常発圃場は13.3%と高く圃場間で大きな差が生じた(第3表)。縮萎縮病の影響を調べる上で必ずしも好適な条件とはならなかった。

3か年のデータを基に各品種で常発圃場と無発病圃場の差をとり、分散分析した結果を第3表に示す。麦芽可溶性窒素とコールパツハ数には有意な品種間差が見られなかった。一方、ジアスターゼ力、麦汁粘度、最終発酵度は品種間差が有意であったが、品種間の相対的な関係は各形質で異なった。麦汁粘度について、タカホゴールデンやあまぎ二条はスカイゴールデンや関東二条34号より有意に差が大きく、常発圃場での品質低下が認められた。最終発酵度について、あまぎ二条は関東二条34号よ

り差が大きかったが、スカイゴールデンの差も比較的大きかった。ジアスターゼ力について、あまぎ二条は常発圃場で低下する傾向があったが、スカイゴールデンやタカホゴールデンと有意差は見られず、縮萎縮病の影響は見られなかった。

麦芽粗蛋白及び麦芽エキスについても有意な品種間差異が見られたが、年次との交互作用も無視できないくらい大きかった。そこで第2図に麦芽粗蛋白と麦芽エキスの年次変動を示す。1999年は両形質とも品種間差異が大きく、麦芽粗蛋白は、あまぎ二条>ミカモゴールデン、スカイゴールデン、タカホゴールデン>関東二条34号の順で差が大きかった。麦芽エキスはあまぎ二条及びタカホゴールデンの差異が著しく大きく、ミカモゴールデン、スカイゴールデン、関東二条34号の順で小さくなった。1998年と2000年は1999年より品種間差異が比較的小さかった。

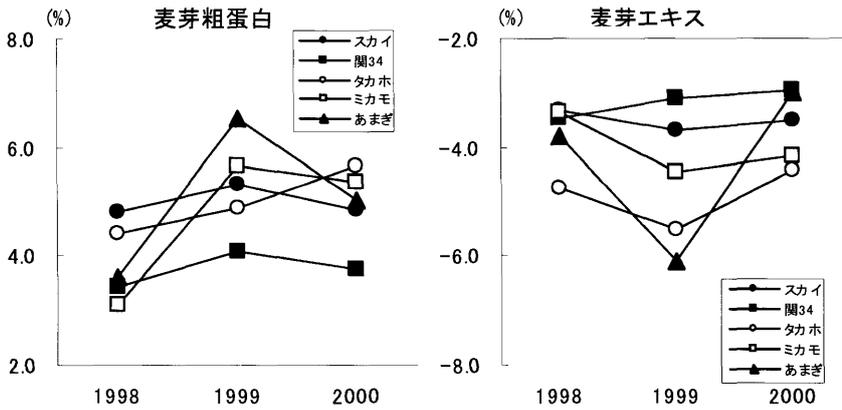
縮萎縮病抵抗性遺伝子型と被害程度との関連性を明確にするため、遺伝子型毎にグループ化し、常発圃場と無発病圃場の差を比較した(第3図)。麦芽エキスは、I型系統のみ抵抗性及び罹病性品種の方がI・Ⅲ型抵抗性品種よりも有意に大きく、常発圃場での品質低下程度が大きかった。麦汁粘度は罹病性品種の方がI・Ⅲ型抵抗性品種よりも有意に大きかった。麦芽粗蛋白及び最終発酵度は、罹病性品種、I型系統のみ抵抗性品種、I・Ⅲ型抵抗性品種の順に差が小さくなり、ジアスターゼ力は罹病性品種の低下が大きい傾向が見られたが、有意な差ではなかった。

第3表 麦芽品質の分散分析結果

	麦芽 粗蛋白 %	麦芽 エキス %	可溶性 窒素 %	コール パツハ数	ジアス ターゼ力 WK/TN	麦汁 粘度 mPa・s	最終 発酵度 %
スカイゴールデン	13.9	81.3	0.88	39.9	245	1.50	87.2
関東二条34号	12.7	82.0	0.80	39.4	262	1.54	85.4
タカホゴールデン	13.6	78.7	0.80	36.6	197	1.62	85.3
ミカモゴールデン	14.1	80.5	0.81	36.1	264	1.54	85.4
あまぎ二条	13.4	78.6	0.79	36.7	174	1.58	83.9
スカイゴールデン	5.0 b	-3.5ab	0.10	-15.1	0 c	0.02a	-3.8 bc
関東二条34号	3.8a	-3.2a	0.06	-12.1	29ab	0.03ab	-2.3a
タカホゴールデン	5.0 b	-4.9 d	0.10	-14.1	2 bc	0.07 c	-4.2 cd
ミカモゴールデン	4.7 b	-4.0 bc	0.08	-13.0	40a	0.05 bc	-3.1 b
あまぎ二条	5.1 b	-4.3 cd	0.11	-13.7	-26 c	0.08 c	-4.7 d
年度	0.37**	0.20**	0.44*	-0.06	0.36**	0.19	0.56**
品種	0.22**	0.37**	0.05	0.04	0.27**	0.37**	0.24**
交互作用	0.21*	0.23**	0.23**	0.26	0.05	-0.03	0.09*

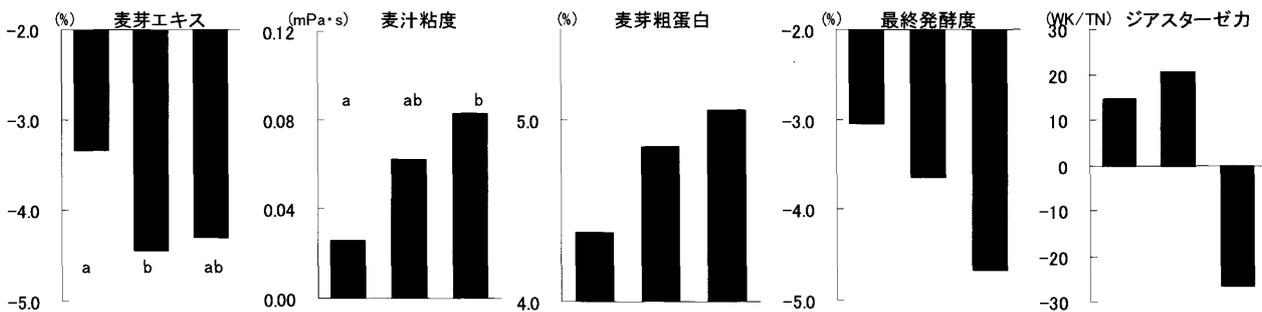
上段：常発圃場の平均値，中段：常発圃場－無発病圃場，下段：寄与率

多重比較は最小有意差法により異符号間に5%で有意差有り *5%、**1%水準で有意



第2図 麦芽品質の年次変動

縦軸は [縞萎縮病 I・III型混合常発圃場] - [無発病圃場]



第3図 抵抗性遺伝子型別の麦芽品質の圃場間差異

縦軸は [縞萎縮病 I・III型混合常発圃場] - [無発病圃場]

左から, *ym3* を持ち I・III型系統に抵抗性の品種群, *ym5* のみを持ち III型系統に罹病する品種群, 縞萎縮病罹病性の品種品種群の多重比較はシェッフエの方法により異符号間に5%で有意差有り

IV 考察

BaYMV I・III型系統による混合感染が収量及び収量構成要素に与える影響について、既報の1998-1999年度の2か年の結果¹⁷⁾と本報告の2000年度の結果を比較すると、I・III型系統に抵抗性であるスカイゴールデン及び関東二条34号と比べ、I型系統にのみ抵抗性のタカホゴールデンとミカモゴールデンは縞萎縮病常発圃場において有意に稈長・子実重が減少し、*ym3*と*ym5*を共に持たない罹病性のあまぎ二条ではさらに有意に低くなる点で完全に一致した。しかし穂数についてはスカイゴールデン及び関東二条34号より、タカホゴールデン・ミカモゴールデン・あまぎ二条が有意に低くなる点で一致したが、1998-1999年度で見られたI型系統にのみ抵抗性の品種とあまぎ二条の差異は2000年度では見られなかった。これは2000年度のあまぎ二条の発病程度が、1998-1999年度より低かったためと推察された。

3年平均でのBaYMV感染による子実重の減少は、*ym5*を持つタカホゴールデン・ミカモゴールデンで12~20%、あまぎ二条で60%であった。しかしスカイゴールデン・関東二条34号で逆に21~22%増収していることから、常発圃場は無発病圃場より肥沃度が高いと推察され、縞萎縮病罹病による実際の子実重の減少は更に大きいと考えられる。子実重と他の栽培性項目との相関係数を求めると、稈長と穂数にのみ有意な正の相関が得られた(稈長:0.74**, 穂数:0.88**)。これらの項目はいずれも縞萎縮病罹病に対する反応の品種間差が有意であった項目であり、収量低下の原因として稈長・穂数減が大きく寄与していると推察される。

氏原ら²¹⁾はBaYMV I型系統の発生している圃場に播種したあまぎ二条とはるな二条の生育・収量を同一圃場内の縞萎縮病の発生が見られない地点と激しく発生している地点で比較している。その結果、本報告と同様に縞萎縮病の発病が多くなるに従って子実重は減少したが、千

粒重・整粒歩合には一定の傾向が見られなかったと報告している。また氏原は抵抗性品種7品種と罹病性品種7品種の子実重を縞萎縮病発生圃場で比較した結果、罹病性品種の子実重は平均65%低かったと報告しており、一方藤井ら²⁾はBaYMV I型系統発病圃場と隣接する無発病圃場との比較から、あまぎ二条やアズマゴールデンなど罹病性品種の子実重が67~97%減少したと報告している。以上の減収率は本報告のあまぎ二条の減収率(60%以上)とほぼ一致しており、*ym3*、*ym5*を持たない罹病性の品種はBaYMV I型系統発生圃場とI・III型系統発生圃場でほぼ同程度の収量低下を示すと推察された。

戸嶋ら²⁰⁾は茨城県のIII型系統発生圃場であまぎ二条と*ym5*のみを持つミサトゴールデンとの比較を行い、ミサトゴールデンはあまぎ二条より縞萎縮病による生育・収量の影響は少なく、発病株率が100%近くに高まると稈長が7~8%低くなり、子実重が10~16%減少することを報告している。*ym5*を持つ品種の被害程度は持たない品種より小さい点で本報告と一致したが、減収率は本報告より低い。これは栃木分場の常発圃場に比べ、当時の茨城の圃場は被害が発生してから年数が少ないためと推察される。戸嶋らが指摘している様に連作により被害程度は増加するものと考えられる。

麦芽品質に関して、前述の氏原らによればあまぎ二条等I型系統に罹病する品種は、発病程度が激しくなるに伴って原麦粗蛋白、麦芽全窒素、可溶性窒素が高まり、麦芽エキス、コールパツハ数が低下すると報告しており²¹⁾、藤井らもBaYMV I型系統発生圃場のあまぎ二条等罹病品種の粗蛋白含量が隣接する無発病圃場より2~3%高いと報告している²⁾。本試験でも麦芽エキスと麦汁粘度に関して、あまぎ二条、タカホゴールデン、ミカモゴールデンでは有意に品質が低下する傾向が見られた。しかし、麦芽粗蛋白、可溶性窒素、コールパツハ数、ジアスターゼ力など、粗蛋白含量に関する品質については明確な差異が見られなかった。麦芽粗蛋白についてはタカホゴールデン、ミカモゴールデン、あまぎ二条を関東二条34号と比較すると、0.9~1.3%高くなっているが、スカイゴールデンと比較するとほぼ同程度であった。その理由として本報告の蛋白レベルは適正範囲の10~11%をはるかに越えており、そのため発病によるさらなる蛋白増加が不明瞭になった可能性がある。また、スカイゴールデンは各地での栽培試験結果から、窒素肥沃度が高く蛋白の高くなる圃場では他品種以上に粗蛋白含量が高くなる傾向が見られる(未発表)。そのためスカイゴールデンの常発圃場の粗蛋白含量が罹病性品種並に高くなった可能性は否定できない。以上から考察すると従来から

の縞萎縮病の罹病によって粗蛋白含量は増加するとの報告を否定することはできない。

本報告では縞萎縮病の罹病により麦汁粘度が高くなった。これは今まで報告がなく新しい知見である。麦汁粘度が高くなる原因としては一般に粗蛋白含量の増加があげられるが、本報告の中で麦汁粘度は粗蛋白含量を含め、他の品質項目との間で有意な相関が認められなかった。今後麦汁粘度が高くなった要因を検討する必要がある。

以上、縞萎縮病抵抗性遺伝子の有無とBaYMV罹病の影響をまとめると、*ym3*と*ym5*を共に持たない品種は稈長、穂数が著しく減少し、子実重が60%減少した。これに比べ*ym5*のみを持つ品種は稈長、穂数の減少程度が少なく、子実重の減少も12~20%であった。麦芽品質については収量性ほど明確な結果が得られなかったが、*ym3*と*ym5*を共に持たない品種で麦芽エキスが減少し、麦汁粘度が上昇した。一方*ym5*を持つ品種の品質も不明瞭ながら品質が低下する傾向が見られた。また、両グループとも縞萎縮病罹病により粗蛋白含量が増加する可能性を否定できなかった。従って品種本来の特性を十分に発揮させ品質を高位安定化するためには、スカイゴールデンのようなBaYMV I・III型系統抵抗性品種の育成と普及が重要であると考えられた。さらに、縞萎縮病の被害による麦芽品質の影響をより正確に把握するには、肥沃度が同程度の発病圃場と無発病圃場での比較試験、あるいは抵抗性遺伝子のみが異なり他の遺伝的背景が同一である準同質遺伝子系統対を用いた実験が必要である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、試験圃場の管理並びに調査等にご協力いただいた大塚孝氏、若槻淳氏、現原農農場佐野農場の石川武氏、麦芽品質の分析にご協力いただいた星野洋子氏、また本稿を執筆するにあたって多くの助言をくださった木村栄分場長、加藤常夫氏ほかビール麦研究室の方々に心から感謝の意を表します。

引用文献

1. 藤井敏男ほか。(1981)オオムギ縞萎縮病抵抗性ビールムギ品種育成に関する研究1。はがねむぎ由来の高度抵抗性二条オオムギ系統について。育雑(別)31:20-21.
2. 藤井敏男ほか。(1984)オオムギ縞萎縮病抵抗性ビールムギ品種育成に関する研究4。抵抗性系統の有用性。育雑34(別1)306-307.
3. 藤井敏男ほか。(1984)オオムギ縞萎縮病抵抗性ビールムギ品種育成に関する研究5。栃木県における「関東

- 二条22号」の実用性. 育雑34 (別1) 308-309.
4. 飯田幸彦ほか. (1992)大麦縞萎縮病ウイルス系統に対する大麦品種の抵抗性反応. 育雑. 42:863-877.
 5. Inouye, T. and Y. Saito. (1975) Barley Yellow Mosaic Virus. C. M. I. /A. A. B. Descriptions of plant Viruses No. 143
 6. Kashiwazaki, S. et al. (1989) Characterization of several strains of Barley Yellow Mosaic Virus. Ann. Phytopath. Soc. Japan. 55:16-25.
 7. Kawada, N. and M. Tsuru. (1987) Genetics and breeding of resistance to Barley Yellow Mosaic Virus. Barley Genetics V:651-657
 8. 河田尚之ほか. (1995)二条大麦新品種「タカホゴールド」の育成(二条大麦農林16号). 栃木農試研報. 43:107-126.
 9. 北原操一ほか. (1982)オオムギ縞萎縮病抵抗性ビールムギ品種育成に関する研究2. 病原圃場における抵抗性系統の収量. 育雑32 (別1) 34-35.
 10. 小川 奎ほか. (1987)オオムギ縞萎縮病抵抗性品種「ミサトゴールド」の罹病について. 日植病報53:123.
 11. 小川 奎ほか. (1990)オオムギ縞萎縮病の発生生態と耕種的な防除法. 農業技術45(1):25-29.
 12. 大兼善三郎ほか. (1988)二条大麦のオオムギ縞萎縮病防除. 栃木農試研報. 35:77-86.
 13. 瀬古秀文ほか. (1986)二条大麦新品種「ミサトゴールド」について. 栃木農試研報. 32:43-64.
 14. 五月女敏範ほか. (1997)BaYMVⅢ型系統の拡大及び抵抗性遺伝子 *ym3* を持つ品種の罹病について. 育雑47(別1):279.
 15. 高橋隆平ほか. (1966)大麦の縞萎縮病抵抗性に関する研究 第1報 二条および六条大麦品種の抵抗性検定試験. 農学研究. 51:135-152.
 16. 高橋隆平ほか. (1968)大麦の縞萎縮病抵抗性に関する研究. 第2報 品種の抵抗性程度と被害との関係ならびに異なる常発地の病原ウイルスに対する品種反応比較. 農学研究. 52:65-78.
 17. 谷口義則ほか. (2001)二条大麦新品種「スカイゴールド」の育成(二条大麦農林20号). 栃木農試研報. 50:1-18
 18. 栃木分場. (1998)「品種改良のためのビール麦品質検定法(第3版)」
 19. 遠山 明・草葉敏彦. (1970)オオムギ縞萎縮病の伝染について 第2報 *Polymyxa graminis* Led. による媒介. 日植病報. 36:223-229.
 20. 戸嶋郁子ほか. (1989)オオムギ縞萎縮病ウイルスⅢ型系統に対する二条オオムギ品種及び育成系統の反応とⅢ型系統感染による「ミサトゴールド」の被害解析. 関東東山病虫研報. 36:27-29
 21. 氏原和人ほか. (1984)大麦縞萎縮病とビールムギ品質. 育雑. 34(別1):302-303.
 22. 鶴飼保雄・山下 淳. (1980)オオムギにおける縞萎縮病抵抗性の突然変異. 育雑. 30:125-130.
 23. 渡辺 健ほか. (1989)晩播によるオオムギ縞萎縮病の被害軽減効果. 関東東山病害虫研究会年報. 36:30-32.
 24. 吉田 久ほか. (1988)二条大麦新品種「ミカモゴールド」(二条大麦農林13号)の育成. 栃木農試研報. 35:31-50.