

圃場における稈麦のオオムギ縞萎縮病の 発生と収量の関係について

牛田泰裕・森 充隆¹⁾・宮下武則・
川原清剛²⁾・松本英治³⁾・古市 智^{*4)}

(香川県病害虫防除所, *香川県綾歌農業改良普及所)

Relationship between the Occurrence of Yellow Mosaic of Naked Barley Caused by Barley Yellow Mosaic Virus and the Yield in the Field.

By Yasuhiro USHIDA, Mitsutaka MORI, Takenori MIYASHITA, Seigo KAWAHARA, Eiji
MATUMOTO and Satoshi FURUITI* (Kagawa Plant Protection Office, Busshozan-cho,
Takamatsu 761, *Ayauta Agricultural Extension Office)

は じ め に

香川県における稈麦のオオムギ縞萎縮病の発生は古く、1950年頃には多発生していた。このため、上原・葛西(1958)は発病環境と防除に関する研究を行い、遅播、移植、石灰窒素の施用が有効であると報告している。その後、発生は減少したが1980年代に入って再び増加し始め、近年は発生圃場率が90%を超えるようになった。

本病の被害解析については、二条大麦を対象とした草葉ら(1971)、河合(1984)の詳細な研究があり、本病の多発生により減収と品質低下がもたらされることが明らかにされている。六条大麦(皮麦)では安・吉野(1964)による研究があるが、稈麦における被害解析等は十分には行われていない。

一方、本県では、ここ数年間、稈麦の不作が続いており、なかでも2月から3月にかけて激しい黄化症状が発生する圃場では収量が低くなっている。オオムギ縞萎縮病に感染すると麦は黄化することが知られており、本病の多発が黄化症状の多発を促し、収量低下の一つの原因になるものと考えられている。そこで、オオムギ縞萎縮病の発生程度と収量低下との関係を明らかにするため、現地調査を行い、若干の知見を得たのでここに報告する。

オオムギ縞萎縮病ウイルス(BaYMV)の検定法をご教示いただくとともに、本調査の設計について貴重なご助言をいただいた四国農業試験場の岩崎真人主任研究官、および、本稿を取りまとめるに当たり種々のご助言をいただいた香川県病害虫防除所 都崎芳久所長に厚く御礼申し上げる。

試 験 研 究 方 法

調査圃場は、第1図に示すように、香川県綾歌農業改良普及所管内の坂出市で3圃場、綾南町で1圃場、綾歌町で1圃場の5圃場を選定した。試験には、1990年2月16日に縞萎縮病の発病状況を調査し、葉身のモザイク斑発生程度が圃場内の各地点で大きく異なった圃場を用いた。

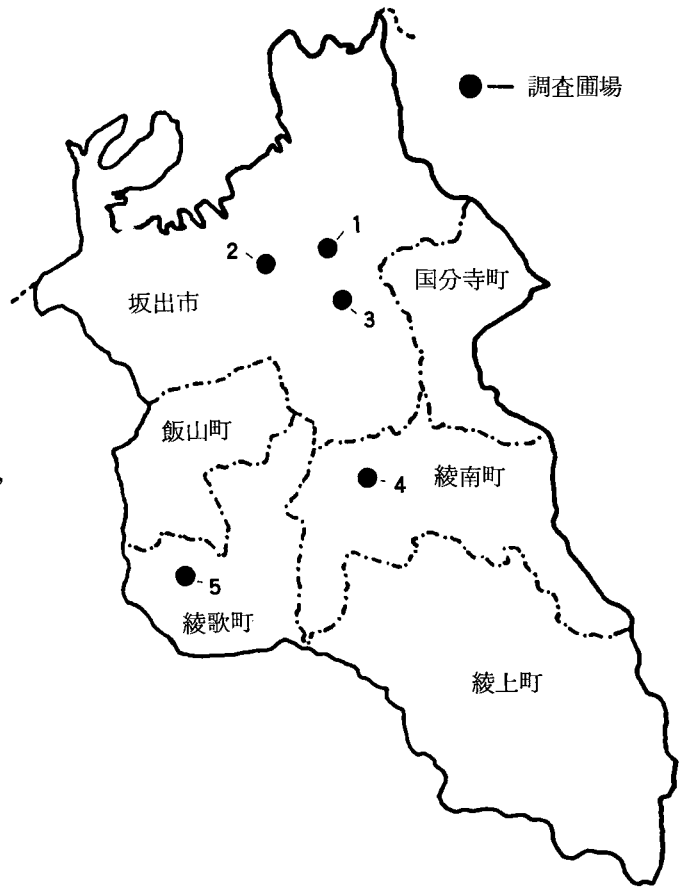
1) 現在 香川県農業試験場, 2) 現在 香川県綾歌農業改良普及所, 3) 現在 香川県農業試験場府中分場, 4) 現在 香川県農林水産部農政課

調査圃場内における調査地点は、第2図に示したように、圃場を発病のほとんど無い部分、中程度の部分、多い部分の3区に分け、各区に $1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^2$ の調査地点を3箇所設け、1圃場につき計9地点を設定した。

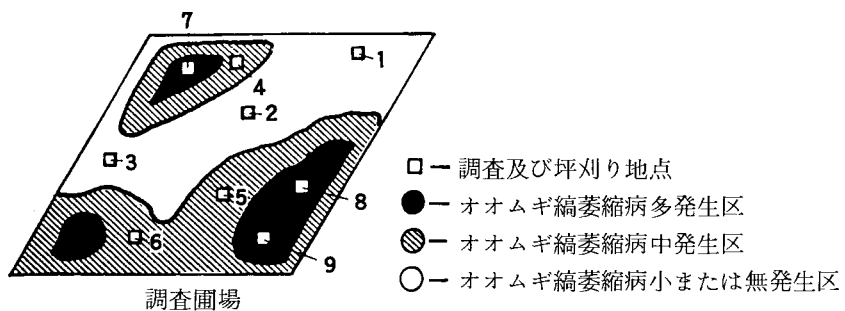
発病調査は2月26日、3月14日、4月9日に第1表の河合(1984)の葉身のモザイク斑程度、黄化症状程度基準に基づいて20株を調査し、各地点の発病程度を算出した。また、4月9日の発病調査時には調査地点に隣接する土壌を採取し、土壌中のpHも併せて測定した。収量調査は各地点 1 m^2 全体を5月21日に刈り取り、風乾後、子実重、稔実粒数、粒数、千粒重等を測定した。稈長、穂長は地点内の30茎及び穂について、穂数は地点内の全穂数を刈り取り時に測定した。

なお、1991年3月18日には、1990年に調査した5圃場から河合(1984)のモザイク斑程度基準に従い各程度3株づつを採取し、酵素結合抗体法(ELISA)による検定を行った。判定は肉眼と分光光度計(島津製作所:UV-120)による吸光値によって行った。

データの解析に当たっては45地点の内、結果的に倒伏面積率が80%以上の2地点、極端に厚播きとなり m^2 当りの穂数が700以上になった4地点を除き、残る39地点についてモザイク斑程度、黄化症状程度と収量及びその構成要素との相関を調べた。



第1図 綾歌地区における調査圃場



第2図 調査圃場内における調査地点の状況

第1表 オオムギ縞萎縮病及び黄化症状程度基準（河合 1984による）

指 数	オオムギ縞萎縮病 モザイク斑程度	黄化症状発生程度
0	発生なし	発生なし
1 (D)	ごく一部の葉身にわずかに認める	下葉にわずかに認める
2 (C)	小部分の葉身に明らかに認める	下葉に明らかに認める
3 (B)	かなりの葉身に明らかに認める	かなりの葉身に明らかに認める
4 (A)	大部分の葉身に明らかに認める	大部分の葉身に著しい

$$\text{地点のモザイク斑程度及び黄化症状程度} = \frac{4 \times A \text{株数} + 3 \times B \text{株数} + 2 \times C \text{株数} + 1 \times D \text{株数}}{4 \times \text{調査株数}} \times 100$$

結 果 及 び 考 察

1. 調査圃場の耕種概要

各調査圃場の耕種概要は第2表のとおりである。いずれの調査圃場も品種はサヌキハダカ、播種方法は全面全層播であった。播種量、施肥量はいずれの圃場でもほぼ同程度であった。播種時期は11月12日とやや早い圃場もあったが、他は本県の播種適期の範囲であった。最も早い11月12日播種と最も遅い11月25日播種圃場で調査地点の収量を比較したところ、圃場間での有意差はなく、播種期の早晚によるデータのふれは少なかったものとする。

調査圃場の収量は400 kg/10aから480 kg/10aの範囲にあり、いずれも本県の1990年産麦の平均収量365 kg/10aを上回るものであった。これは、試験圃場の選定にあたって、葉身のモザイク斑の発生程度だけでなく、排水等他の条件も考慮して、麦作に適した圃場を抽出したためと推測された。

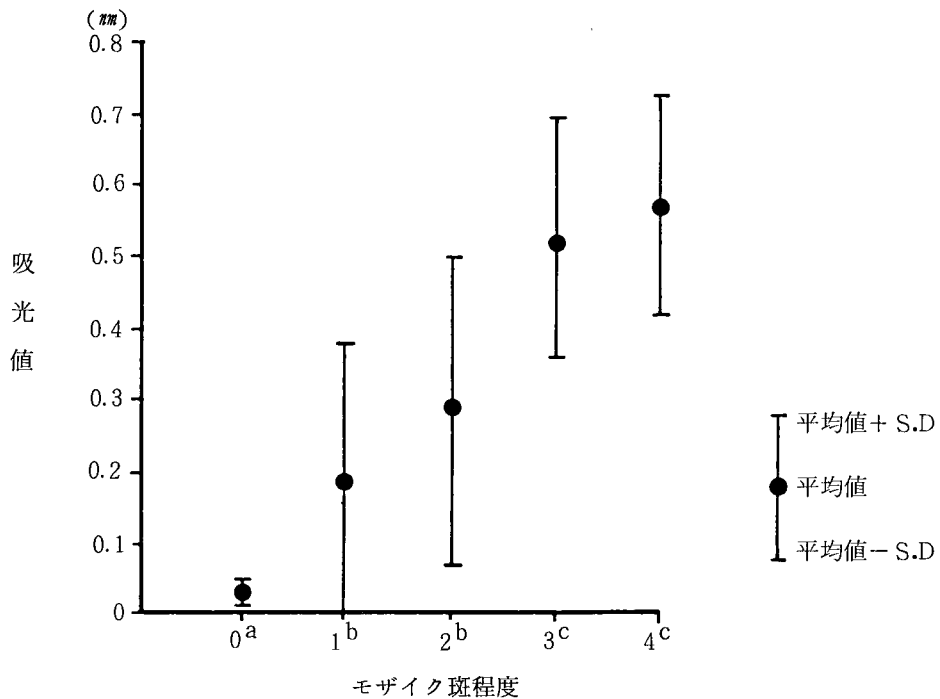
第2表 耕種概要、収量及び等級

圃場	播種方法	播種日	播種量	元肥量	追肥時期	追肥量	収穫日	収量	等級
1	全面全層播	11月25日	14 kg	9.4 kg	—	—	5月22日	450 kg	—
2	全面全層播	11月18日	13 kg	10.2 kg	—	—	5月22日	450 kg	2等
3	全面全層播	11月12日	14 kg	11.1 kg	—	—	5月27日	400 kg	—
4	全面全層播	11月20日	12 kg	6.8 kg	2月20日	3.4 kg	5月25日	420 kg	1等
5	全面全層播	11月20日	13 kg	10.2 kg	—	—	5月26日	480 kg	1等

2. モザイク斑程度とオオムギ縞萎縮病ウィルス (BaYMV) の関係

オオムギ縞萎縮病の葉身の症状にはモザイク斑と黄化症状、ネクロシス等があげられるが、河野ら(1964)はモザイク斑と縞萎縮病は密接な関係があり本病の肉眼的診断にはモザイク斑が最も適当であろうとしている。

本調査では、葉身を河合の基準に従って程度別に分けたが、これらのモザイク斑が病原のBaYMVによるものか否かを確認するため、1991年に前年と同じ圃場のモザイク斑について、ELISA法によるウィルス検定を行った。その結果、第3図のとおりモザイク斑程度が0のものに比べて1以上のものは吸光値が有意に高くなった。また、モザイク斑程度が高いほど吸光値も高くなる傾向が見られ、モザイク斑程度が高いほどウィルス濃度が高くなっていることが示唆された。さらに、肉眼による判定でも、第3表のとおり、モザイク斑程度が0では全て陰性反応(—)を示したのに対し、程度が2以上のものは全



第3図 モザイク斑程度と吸光値の関係

注) モザイク斑程度に付した a, b, c は 5%の危険率での有意差 (Duncan's multiple range test) を示す。

て偽陽性反応 (±) または陽性反応 (+) を示した。

以上の結果から、調査圃場のモザイク斑を示す株はその程度に差異はあっても、いずれも BaYMV の感染による発病株と判定して差し支えないものとする。

3. モザイク斑程度と黄化症状程度の関係

葉身のモザイク斑程度と黄化症状程度の関係は、第4表のとおり、2月、3月、4月いずれの調査時点でも1%の危険率で相関が認められた。相関係数は2月、3月ではほぼ同程度の値となったが、4月になるとやや低くなった。

ELISA法による検定で、葉身のモザイク斑は BaYMV によるものと判定されたが、黄化症状は BaYMV 以外にも湿害、土壌線虫、*Pythium* 属菌、窒素不足等さまざまな原因によって発生する。また、遠山・草葉 (1964 a, 1965) はオオムギ

第3表 エライザ法による縞萎縮病ウイルス検定の肉眼による判定結果

モザイク斑程度	検体数	判定結果		
		-	±	+
0	15	15	0	0
1	15	5	7	3
2	15	0	10	5
3	15	0	2	13
4	15	0	3	12

第4表 モザイク斑程度と黄化症状程度の相関

黄化症状程度	モザイク斑程度		
	2月26日	3月14日	4月9日
2月26日	0.75 **	-	-
3月14日	-	0.71 **	-
4月9日	-	-	0.51 **

* 5%の危険率で相関有り

** 1%の危険率で相関有り

縞萎縮病土に播種されたムギは*Pythium*属菌に対する感受性が増加することを報じており、複数の要因による相乗的な被害の場合もある。

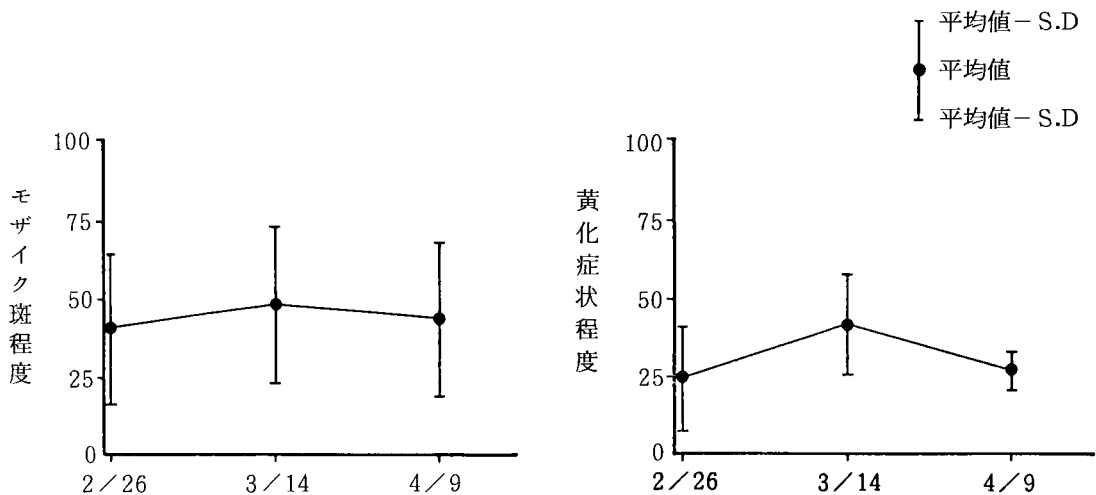
しかし、本調査における葉身の黄化症状は、モザイク斑程度と高い相関が認められたことから、病原ウィルスの感染に起因するところが大きいと推測された。

葉身のモザイク斑及び黄化症状程度の推移を第4図に示した。図は調査した45地点の平均値及び標準偏差を表わしたものである。モザイク斑程度は3月14日調査でやや高くなったが、標準偏差は2, 3, 4月調査を通してほとんど変わらなかった。一方、黄化程度は3月14日調査で最も高く、その後急速に低くなり、標準偏差も小さくなった。このことにより、4月のモザイク斑程度と黄化症状程度の相関も低くなった。

安ら(1957)によるとオオムギ縞萎縮病は日平均気温10~13℃で発病が多く、15℃以上、10℃以下では発病は少ないとしている。草葉ら(1971)は2条大麦でのモザイク斑のマスクングの限界温度を15~20℃、黄化症状は平均気温15℃以上になると終息するとし、河合(1984)は二条大麦に於てモザイク斑の発現から消失までを病徴第2期とし、この時期を2月中旬頃から4月上旬頃としている。また領家・江本(1963)、草葉ら(1971)は病徴の消失する時期に明確な品種間差異があることを報告している。

本試験においても、気温の上昇とともにマスクングがあらわれたものと考えられる。

マスクングはモザイク斑よりも、黄化程度においてより顕著であり、4月9日には多くの調査箇所を下葉にわずかに認める程度にまで減少した。この間(平成2年)の高松市仏生山町における4月第2半旬の平均気温は12.2℃で、それ以前にも13℃を超えることはなかった。したがってサヌキハダカでは黄化症状のマスクングが始まる温度は15℃より低いことが示唆される。同時期のモザイク斑は症状がやや軽くなる程度であったことから、モザイク斑の消失温度は黄化よりも高く15℃前後となるものと考えられる。しかしながら、これらの点については、今後病徴の推移に関する経時的調査が必要である。



第4図 モザイク斑及び黄化症状の発生経過

4. モザイク斑程度及び黄化症状程度と収量との関係

モザイク斑程度と黄化症状程度と収量及び収量構成要素との関係を第5表に示した。

2, 3, 4月のモザイク斑程度と収量には1%の危険率で負の相関があり、本病によって収量低下が引き起こされていることが推察された。また2, 3月の黄化症状程度と収量の間にも同様の関係が認められた。

第5表 モザイク斑程度，黄化症状程度と収量及び収量構成要素との相関

	2月26日		3月14日		4月9日	
	モザイク斑	黄化	モザイク斑	黄化	モザイク斑	黄化
収量	-0.76**	-0.66**	-0.63**	-0.61**	-0.68**	-0.40
稈長	-0.64**	-0.61**	-0.53**	-0.59**	-0.61**	-0.25
ワラ重	-0.57**	-0.68**	-0.57**	-0.72**	-0.70**	-0.49**
穂長	0.02	-0.21	0.03	-0.03	-0.10	-0.06
穂数	0.18	-0.22	0.11	-0.07	-0.03	-0.05
稔実粒数(一穂)	-0.28	-0.60**	-0.31	-0.43**	-0.41**	-0.45**
稔実粒数(m ²)	-0.28	-0.55**	-0.35*	-0.64**	-0.46**	-0.40**
一穂粒数	-0.32*	-0.49**	-0.23	-0.20	-0.38*	-0.30
千粒重	-0.39*	-0.12	-0.31*	-0.06	-0.21	-0.02
整粒歩合	-0.41**	-0.09	-0.28	-0.04	-0.20	-0.05
整粒千粒重	-0.49**	-0.32*	-0.35*	-0.13	-0.33*	-0.29

* 5%の危険率で相関有り

** 1%の危険率で相関有り

草葉ら(1971)，河合(1984)は二条大麦で黄化症状，ネクロシス程度及びモザイク斑程度と減収率，子実収量との関係を調査し，ネクロシス，黄化症状程度とは強い負の相関が得られたが，モザイク斑程度との相関は著しくないとしている。

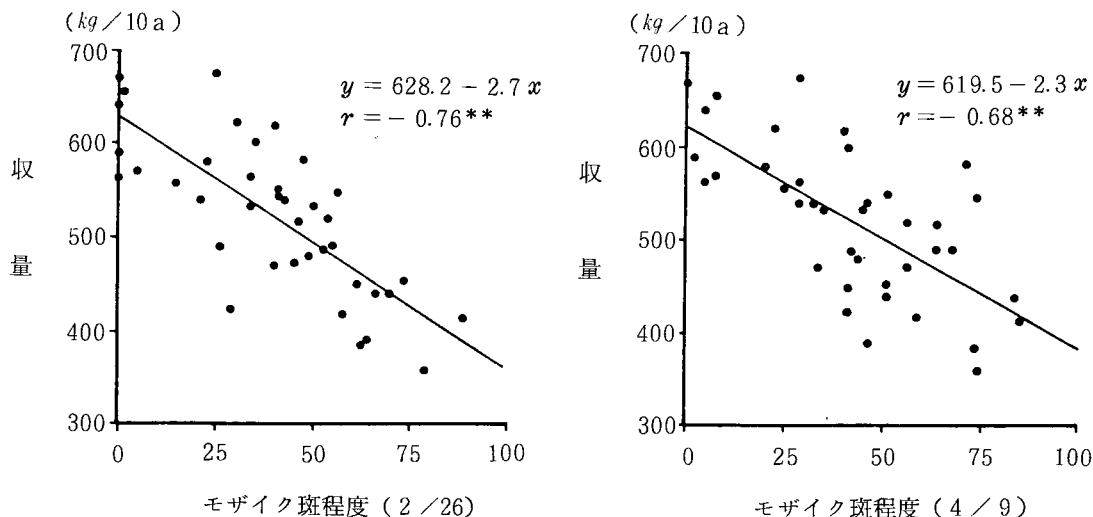
裸麦では，二条大麦と異なりモザイク斑程度と強い相関を示し，黄化症状程度との相関はモザイク斑程度ほど高くなかった。安・吉野(1964)，河野ら(1964)は，オオムギ縞萎縮病の病徴は2群に分けられ，六条大麦や裸麦ではモザイク斑症状は明瞭で，ネクロシス，黄化は軽いものが大部分であるのに対して，二条大麦ではモザイク症状は比較的軽いのに激しいネクロシス，黄化症状を示す場合があると報告している。モザイク斑程度との相関が高くなったのは，このような裸麦と二条大麦の病徴の差によるものと考えられた。また，4月には黄化症状程度と収量の相関が低くなったが，これは気温の上昇にともなうマスキングにより黄化程度の調査区ごとの差が無くなったことによるものと推測される。

オオムギ縞萎縮病の被害の程度については，二条大麦を対象として，安，吉野(1964)が収穫皆無になる場合があることを報じ，草葉ら(1971)は調査圃場の内，最も発病程度の高い圃場での減収率が80%程度にも達することを示している。また，六条大麦では，安・吉野(1964)が43%の減収率であったことを報告している。

本調査では，一回帰式によりモザイク斑程度から減収率を予測したところ，第5図のとおり，全ての株の大部分の葉身に明かなモザイク斑を認める状態で37~42%の減収がもたらされると推定された。これは2条大麦での最大減収率である80~100%と比べれば低く，六条大麦での減収率とほぼ一致する数値であった。

以上の事から，調査圃場においてはBaYMVに感染することにより葉身にモザイク斑，黄化症状が現れるとともに収量低下が引き起こされたと推測された。

一方，楠ら(1990)は香川県の収量の低い圃場の中には，葉身のモザイク斑が全く見られないにもかかわらず黄化症状が認められる圃場も相当数存在するとしており，近年の裸麦の不作の原因究明にあたっては，本調査では検討できなかったBaYMV以外の原因による黄化症状についても調査して行く必要があると考える。



第5図 モザイク斑程度と収量との関係

5. モザイク斑程度及び黄化症状程度と収量構成要素との関係

収量構成要素との関係では、第5表に示すとおり、モザイク斑程度とワラ重、稈長とは2、3、4月を通して高い相関が見られ、稈実粒数（一穂）、稈実粒数（ m' ）、一穂粒数、千粒重、整粒歩合、整粒千粒重との間には有意な相関が認められた。黄化症状程度はワラ重、稈長、稈実粒数（一穂）、稈実粒数（ m' ）、一穂粒数、整粒千粒重との相関が認められた。

一方、穂長、穂数については2、3、4月いずれの時点でも発病程度との相関は認められなかった。

本調査での黄化症状はモザイク斑程度との相関が高かったことから、オオムギ縞萎縮病に起因するものと考えられたが、縞萎縮病以外の要因によって黄化症状が発生し、これによって減収が起きている可能性も否定できない。

そこで、第6表のとおり、黄化症状程度からモザイク斑程度の影響を除いた偏相関係数を算出し、収量との関係を調べた結果、収量との相関は低く、特に4月で著しく低くなった。このことから、本調査を行った圃場では、他の要因による減収の可能性は

第6表 黄化症状程度と収量との偏相関

項目	黄化症状程度		
	2月26日	3月14日	4月9日
収量	-0.21	-0.30	-0.08

低いと考えられた。そこで、本病以外の要因の影響が最も少ないと考えられた4月調査におけるモザイク斑程度と収量構成要素等との関係を考察した。

4月調査でモザイク斑程度と高い相関が認められたのは稈長、ワラ重、稈実粒数（ m' ）、稈実粒数（一穂）であり、一穂粒数、整粒千粒重についても相関が認められた。千粒重、整粒歩合は4月調査では相関が低かったが2月または3月のモザイク斑程度とは相関が認められた。

河合（1984）は二条大麦で収量構成要素等との相関を調査し、黄変強度はすべての形質と負の相関があり、モザイク斑強度とは一穂粒重、千粒重にも負の相関があったことから、罹病個体は穂数、穂長の減少、稈実の不良により減収するとしている。また、黄変程度が高くなるほどリットル重、粒厚が低下し品質が低下することを明らかにした。本調査でも発病程度が高いほどワラ重、稈長、稈実粒数、一穂粒数、千粒重の減少する傾向がみられたことから、発病によって植物体の萎縮が起これるとともに一穂粒

数の減少、稔実不良により減収したものと考えられた。また、整粒歩合、整粒千粒重との相関がみられたことから、本病が品質低下の一因となっていることが推測された。

一方、穂長については相関が認められなかったが、稔実粒数（一穂）、一穂粒数とは負の相関があった。これは、稈麦の穂長の変動が、二条大麦に比べて粒数の変動の影響を受けにくかったためか、あるいは、小花数に大きな変化がなく、稔実率の低下によって一穂粒数の減少がもたらされたためと考えられた。しかし、今回の調査では小花数の測定を行わなかったため、その原因の特定はできなかった。

また、穂数についても相関が認められなかった。穂数が決定される小穂分化期は12～1月であり、縞萎縮病の感染から葉身の病徴出現までの時期にあたる。遠山・草葉（1964b）、河合（1984）は、オオムギ縞萎縮病に罹病したムギでは、影響の程度は葉身の病徴の出現以降ほど著しくないとしながらも、病徴の出現以前から根の活力低下、発根不良、発根長の減少が認められることを報じており、根部の発病が穂数の減少に結びつく可能性が考えられる。一方、穂数決定に影響する要因には播種密度、播種期、施肥量等が知られており、今回の調査では、圃場毎のこれらの値はほぼ同程度であったものの、完全に等しくはなかった。このため、本病の影響を強く受ける前に、圃場毎に異なる要因により穂数が決まり、発病程度との相関がなかったものと推測された。

6. 土壌 pH と大麦縞萎縮病の発病との関係

土壌中の pH とモザイク斑程度、黄化症状程度との相関を第7表に示した。2、4月のモザイク斑程度、2、3、4月の黄化程度との間に1%の危険率で正の相関が認められた。

第6図に、土壌中の pH が2、4月のモザイク斑程度に与える影響を一次回帰式により示したが、調査地点の pH が6.5を超えた場合にはモザイク斑程度が50以上となることが予測された。

安・吉野（1960）によると二条大麦のオオムギ縞萎縮病は pH 6.5 以上では発病が多く、pH 6.0 以下で少ないとしており、河合（1984）は土壌 pH の上昇がオオムギ縞萎縮病の病徴反応を促進し被害を増大させるとし、被害を最も大きくする pH は中性付近（6.6～7.2）であるとした。

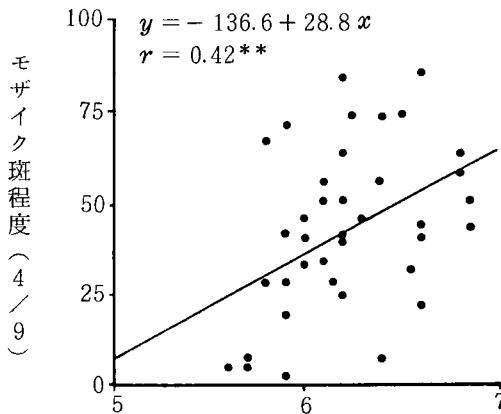
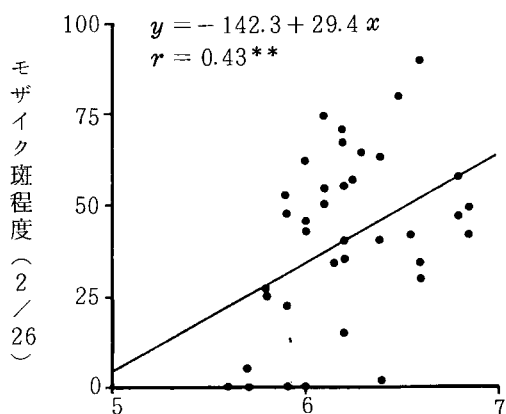
本調査は稈麦についても同様の傾向がみられることを示唆するものであるが、本病の発病を促進する pH については室内試験等より詳細な試験が必要であると考えられる。

第7表 土壌の pH と発病程度との相関

	土 壌 の pH		
	2月26日	3月14日	4月9日
モザイク斑程度	0.43**	0.36*	0.42**
黄化症状程度	0.56**	0.57**	0.43**

* 5%の危険率で相関有り

** 1%の危険率で相関有り



土 壌 の pH

土 壌 の pH

第6図 土壌の pH とモザイク斑程度との関係

摘 要

稈麦（サヌキハダカ）を対象として、オオムギ縞萎縮病の発生が収量等に与える影響について調査した。

まず、ELISA法による病原ウィルス（BaYMV）の検定により葉身のモザイク斑はBaYMVによるものであることが明らかになった。

次に、葉身のモザイク斑と黄化症状の程度との関係を調査したところ、1%の危険率で正の相関がみられ、本調査での黄化症状は病原ウィルスに起因するところが大きいと考えられた。

また、発病程度と収量との関係を調査したところ、モザイク斑程度、黄化症状程度と収量の間には負の相関が得られ、調査圃場においてはBaYMVに感染することにより収量低下が引き起こされたと推測された。

さらに、モザイク斑程度、黄化症状程度と収量構成要素との関係から、発病によって植物体の萎縮が起こるととも一種粒数の減少、稔実不良により減収したと考えられ、整粒歩合、整粒千粒重の減少により、本病が品質低下の一因となっていることが示唆された。

土壌中のpHと発病程度との関係では、土壌pHの上昇に伴いオオムギ縞萎縮病の発病が激しくなる傾向が認められた。

引 用 文 献

- 河合 洋（1984）：二条オオムギにおける縞萎縮病の被害様相と発生環境に関する研究。（著者自刊）1～88．
- 河野富香・宮本義行・萩原良雄（1964）：大稈麦黄枯病の病徴ならびに根部寄生菌*Pythium*について．中国農業研究，31：29～32．
- 草葉敏彦・遠山 明・油本武義・建部美次（1971）：二条オオムギにおけるオオムギ縞萎縮病の生態及び防除に関する研究．鳥取農試特別研究報告，2：1～108．
- 楠 幹生・秋山修一・都崎芳久（1990）：香川県仲多度地域における稈麦黄化症状について．四国植防，25：23～32．
- 領家武房・江本 透（1963）：採取地を異にした病土での神奈川8号の耐病性及びアサヒ9号のマスクング．中国農業研究，27：27～28．
- 遠山 明・草葉敏彦（1964a）：大麦縞萎縮病罹病根の病理生態，第1報，根の発育と*Pythium*菌の侵害状況および α -Naphthylamine 酸化力について．日植病報，29：269～270．
- 遠山 明・草葉敏彦（1964b）：大麦縞萎縮病根の α -Naphthylamine 酸化力について．中国農業研究，30：42～44．
- 遠山 明・草葉敏彦（1965）：オオムギ縞萎縮病株の根の褐変と*Pythium*菌との関係．日植病報，30：299．
- 上原 等・葛西辰雄（1958）：稈麦縞萎縮病の発病環境と防除．11：104～106．
- 安正 純・吉野正義・高瀬一太郎（1957）：大麦縞萎縮病の感染時期について．日植病報，22：18．
- 安正 純・吉野正義（1960）：オオムギ縞萎縮病発生と土壌反応との関係．日植病報，25：215．
- 安正 純・吉野正義（1964）：オオムギ縞萎縮病に関する生態的研究．埼玉農試報告，25：1～115．