

葉位別感受性指数によるイネ品種の葉いもち圃場抵抗性の評価

石川 浩 司*・黒田 智 久**・佐藤 秀 明***・岩田 大 介

Kouji ISHIKAWA, Tomohisa KURODA, Hideaki SATO, Daisuke IWATA :

Evaluation of the partial resistance to leaf blast using the susceptibility indexes of individual leaves

圃場抵抗性の弱い品種は強力な伝染源として機能し、地域におけるいもち病菌のレース頻度に影響するとされている。そこで、レース頻度予測の基礎データとするため品種の圃場抵抗性の数値化を試みた。約9~12葉のイネ品種「トドロキワセ」、「こしいぶき」、「コシヒカリ」、「わたぼうし」に噴霧接種を行い、病斑数を調査した。葉齢が進むに従い病斑数は急速に減少し、病斑数やその減少程度には品種間差が認められた。接種試験における病斑数と圃場で調査した病斑の大きさから、最も発病の多かった「わたぼうし」を基準に各品種の相対的な感受性指数を葉位別に設定し、葉いもちの発病進展シミュレーションモデルBLASTLのパラメータとして演算を行った。演算結果は3カ年の圃場試験における各品種の病斑数の差や発病の推移を概ね再現していた。以上より、設定した品種の葉位別感受性指数は品種の圃場抵抗性の評価に利用可能と考えられた。

キーワード：イネ、いもち病、圃場抵抗性、感受性指数、シミュレーション、BLASTL

Key words : Partial Resistance, *Pyricularia oryzae* Cavara, Susceptibility Index, Simulation, BLASTL

緒 言

新潟県では2005年にコシヒカリマルチライン「コシヒカリ新潟BL」(石崎, 2010)を約9.4万haに導入した。コシヒカリマルチラインはイネの重要病害であるいもち病(病原: *Pyricularia oryzae* Cavara)の発病をイネの持ついもち病に対する真性抵抗性を利用して抑制する方法である。イネいもち病を対象としたマルチラインで慣行の防除体系と同等の発病抑制効果を得るには、非親和性品種の混植割合を70~80%とする必要がある(小泉・谷, 1996; 小島ら, 2003; 石川, 2004; 堀ら, 2002)。しかし、いもち病菌のレース頻度は作付け品種の変更に伴い変化する(本田ら, 1998; 岩野・山田, 1983; 矢尾板ら, 1977)ため、マルチラインを継続して利用するに

は、レース頻度の変化に対応して非親和性品種の混植割合が70~80%以上となるよう維持する必要がある。このため、マルチラインの継続的な利用には、マルチライン圃場の周辺に存在する、他の品種が単植で栽培されている圃場の影響も考慮し、レース頻度の変化を予測することが重要となる。

植物の抵抗性には病斑の形成をほぼ完全に抑制する真性抵抗性の他に、発病はするがその発生量の多少に影響する量的な抵抗性の圃場抵抗性がある(Ezuka, 1972; 浅賀, 1981)。イネいもち病では、同じ菌株による感染でも品種により病斑の数、病斑の幅や長さが異なることが知られている(安田, 2015)。レース頻度は真性抵抗性の異なるイネの間を、いもち病菌が移入・移出し、真性抵抗性による選択を受け変化すると考えられる。圃場

新潟県農業総合研究所作物研究センター Niigata Agricultural Research Institute, Crop Research Center, 857 Nagakura-cho, Nagaoka, Niigata 940-0826

*現在:新潟県病害虫防除所 Present address: Niigata Prefectural Plant Protection Office, 857 Nagakura-cho, Nagaoka, Niigata 940-0826

**現在:新潟県農業総合研究所園芸研究センター Present address: Niigata Agricultural Research Institute, Horticultural Research Center, 177 Mano, Seirou, Niigata 957-0111

***現在:新潟県農業総合研究所佐渡農業技術センター Present address: Niigata Agricultural Research Institute, Sado Agricultural Technology Center, 351 Nakaoki, Sado, Niigata 952-1211

E-Mail: ishikawa.koji2@pref.niigata.lg.jp

抵抗性の弱い品種は強い品種より発病が多くなり、圃場外へ移出するいもち病菌の量が発病の少ない品種より多くなるため、地域のレース頻度に対する影響が大きいと考えられており（松本ら, 1979; 園田ら, 1989; 芦澤ら, 1997）、レース頻度の推定モデル（Kiyosawa and Yabuki, 1976）のパラメータの一つとなっている。しかし、圃場抵抗性がレース頻度にどの程度影響するか、定量的に解析した報告はない。

その理由の一つに圃場抵抗性の評価方法があると考えられる。評価は、主に品種の育成過程で畑晩播試験によって行われている。畑晩播試験は多数の品種・系統の圃場抵抗性を簡便に評価するのに適した試験方法であるが（平野ら, 1972）、葉齢の若い時期に発病度によって評価を行うため、葉齢の進展に伴うイネのいもち病への感受性の変化（吉野, 1979）や、個々の病斑の大きさなどを把握することは出来ない。

葉いもちの発病進展シミュレーションモデルにBLASTL（橋本ら, 1984）があり、パラメータとして葉位別の感受性を設定できる。しかし、BLASTLの葉位別感受性のパラメータは、JPP-NET版（根本, 2004）で1つの初期値が設定されているだけで品種別のパラメータはないため、品種による発病進展の違いを比較することはできない。異なる品種についてBLASTLのパラメータを作成してシミュレーションを行えば、品種間の葉いもち発生量や発病進展の違いを比較できる可能性があるが、それらを検討した報告はない。

本研究では、品種の圃場抵抗性の差がレース頻度に与える影響を明らかとするため、新潟県で栽培されている圃場抵抗性の異なる4品種に葉位別に接種を行い、病斑数で葉齢の進展に伴う感受性の変化を評価するとともに、品種による病斑の大きさの違いも考慮して感受性変化のパラメータを作成した。そして、作成したパラメータの妥当性を、作成したパラメータを使用した葉いもちのシミュレーションモデルBLASTLの演算結果と圃場における発病進展とを比較して検証した。

材料および方法

1. 接種による葉位別病斑数

品種「コシヒカリ」（葉いもち圃場抵抗性：弱）、「こしいぶき」（中）、「トドロキワセ」（強～中）、「わたぼうし」（弱）を用いた（朝隈ら, 1969; 星ら, 2001; 新潟県農林水産部, 2021; 上原, 1995）。

各品種の苗4本を1株として1/5000aワグネルポットに移植した。移植後は作物研究センターの野外に設置した簡易水田（ダイライト社製角形容器RL-500L、内寸1700×780×384mm）において湛水状態で管理した。1ポット当たり、基肥は塩化燐安（N:P:K=14:14:14）2.9g（N:0.6g）、溶出期間100日の緩効性肥料（N:P:K=42:0:0）を0.95g（N:0.4g）施用した。2007年6月15日（第9葉）、25日（第10葉）、7月5日（第11葉）、10日（第12葉）にレース037.1の菌株（060116菌株）を用い、 1×10^4 個/mlに調製した孢子懸濁液を1ポット当たり10ml噴霧し、24℃、相対湿度100%の接種箱に24時間静置した後、24℃に設定した人工気象室内で管理した。接種は、各接種時期、それぞれの品種4ポットに行った。接種前に葉齢を、接種10日後に株あたりの罹病性病斑数を調査した。

2. 圃場における発病

作物研究センター内試験圃場に、「トドロキワセ」、「こしいぶき」、「コシヒカリ」、「わたぼうし」を1株4本として栽植密度30×17cmで移植した。レース037.1の菌株をパンチ接種（三沢, 1959）し病斑を形成したイネを、6月中旬に試験区内に設置し、株あたり病斑数を30～60株について経時的に調査した。3カ年の移植日等の栽培条件を第1表に示した。

2007年7月10日に、同一の感染時期と推定される病斑を対象に、崩壊部の長さや幅を各品種50病斑測定した。

3. BLASTLによるシミュレーション

モデルは、PC版BLASTL Version 3.0.0.0（日本植物防疫協会）を使用した（根本, 2004）。気象データは、試験を行った作物研究センター最寄りのアメダス地点であるアメダス長岡のデータを、アメダス版BLASTAM Version 7.0.0.0（日本植物防疫協会）のBLASTL用気象データ作成機能を使い、推定結露時間とともに

第1表 圃場試験の条件

年	移植日	伝染源設置	伝染源の箇所数	調査株数	試験規模
2007年	5月10日	6月14日	2	1回目60株 2回目以降30株	22㎡（9条×48株） 反復なし
2008年	5月7日	6月16日	1	50株	53㎡（26条×40株） 反復なし
2009年	5月7日	6月16日	1	40株	24㎡（21条×22株） 2反復

BLASTLに読み込ませた(阿部・根本, 1999)。BLASTAMの感染好適条件推定の基準値は予め設定されている標準パラメータを使用した。BLASTLの演算は、6月4日から開始し、演算開始時の葉齢は第6葉とした。伝染源量の初期値として、感染日を圃場試験で用いた伝染源のパンチ接種を行った6月8日、感染葉位を第7葉、病斑数を1として設定した。各品種の葉位別感受性のパラメータは、JPP-NET版BLASTL(根本, 2004)で予め設定されている標準パラメータ(福島農試が「コシヒカリ」について設定した値)と接種による葉位別病斑数と病斑の大きさから算出した品種別の値を用いた。葉位別感受性以外の生育条件と、感染日および病斑数以外の栽培条件のパラメータは、JPP-NET版BLASTLで予め設定されている標準パラメータを使用した。

4. 統計解析

統計解析ソフトはEZR Version 1.54を用い、 $p < 0.05$ を統計的有意差ありとして判定した。

結 果

1. 接種による葉位別病斑数

試験結果を第2表に示した。株あたり病斑数は、いず

れの品種においてもイネの加齢に伴って著しく減少した。品種の病斑数は、第12葉接種で「わたぼうし」、「コシヒカリ」と「こしいぶき」、「トドロキワセ」の間で統計的な有意差が認められたが、それ以外の接種時期では統計的な有意差は認められなかった。病斑数の推移には品種間で異なる傾向があり、「わたぼうし」では他品種に比べ病斑数が多く推移し、加齢による病斑数の減少程度は小さかった。「トドロキワセ」では第10葉の病斑数が他品種に比べ少なく、その後の病斑数の減少程度も他品種に比べ大きかった。「こしいぶき」は第9葉から第10葉の間の病斑数の減少が他品種に比べ緩慢であったが、第10葉から第11葉で大きく減少し「トドロキワセ」よりやや多い病斑数となった。

2. 品種による病斑の大きさの違い

試験結果を第3表に示した。病斑の幅に品種間で統計的に有意な差が認められ、長さには品種間で統計的に有意な差は認められなかった。病斑の幅は、「わたぼうし」>「コシヒカリ」>「こしいぶき」=「トドロキワセ」の順に大きかった。病斑の大きさに相当する長さ×幅の積値は、病斑の幅と同様に、「わたぼうし」>「コシヒカリ」>「こしいぶき」=「トドロキワセ」の順に大きかった。

第2表 接種による各品種の葉位別病斑数

項目	品種	対象葉位・接種月日 a)			
		第9葉 6月15日	第10葉 6月25日	第11葉 7月5日	第12葉 7月15日
病斑数 ^{a)} (個/株)	トドロキワセ	170.5	15.0	7.5 a	0.75 b
	こしいぶき	177.8	66.8	9.8 a	0.50 b
	コシヒカリ	221.8	39.8	19.5 a	5.50 a
	わたぼうし	281.0	73.3	63.5 a	14.00 a
分散分析 ^{b)}		n.s.	n.s.	*	*
第9葉比	トドロキワセ	1	0.088	0.044	0.004
	こしいぶき	1	0.376	0.055	0.003
	コシヒカリ	1	0.179	0.088	0.025
	わたぼうし	1	0.261	0.226	0.050

a) 同一英小文字を付した病斑数の間に、統計的な有意差(Tukey法, $p < 0.05$)はない。

b) 分散分析の結果, n.s.: 有意差がない, *: 5%水準で有意なことを示す。

第3表 各品種のいもち病斑の崩壊部の大きさ

	幅 (mm) ^{a)}	長さ (mm)	幅×長さ ^{a)}
トドロキワセ	2.1 c	18.6	39.1 c
こしいぶき	2.1 c	19.6	41.2 c
コシヒカリ	2.5 b	18.8	47.0 b
わたぼうし	2.8 a	20.1	56.3 a
分散分析 ^{b)}	***	n.s.	***

a) 同一英小文字を付した数値の間に、統計的な有意差(Tukey法, $p < 0.05$)はない。

b) 分散分析の結果, n.s.: 有意差がない, ***: 0.1%水準で有意なことを示す。

3. 葉位別感受性指数の設定

設定した感受性指数を第4表に示した。PC版BLASTLは、葉位別の感受性指数を設定できるが、病斑の大きさを設定するパラメータはない。このため、接種による病斑数、病斑の幅、病斑の長さの積値で、感受性指数を算出した。本研究では第8葉期の接種試験を行っていないが、原澤(2002)は本研究と同様な試験を行い、「コシヒカリ」の第8葉と第9葉の病斑数の比を1:0.357としている。そこで、この値を各品種に当てはめ、葉位別感受性指数を最も発病の多い「わたぼうし」の第8葉の積

値に対する相対値として算出した。第7葉の感受性指数は4品種ともに1、第13葉の感受性指数は原澤(2002)を参考に、第12葉と同じとした。

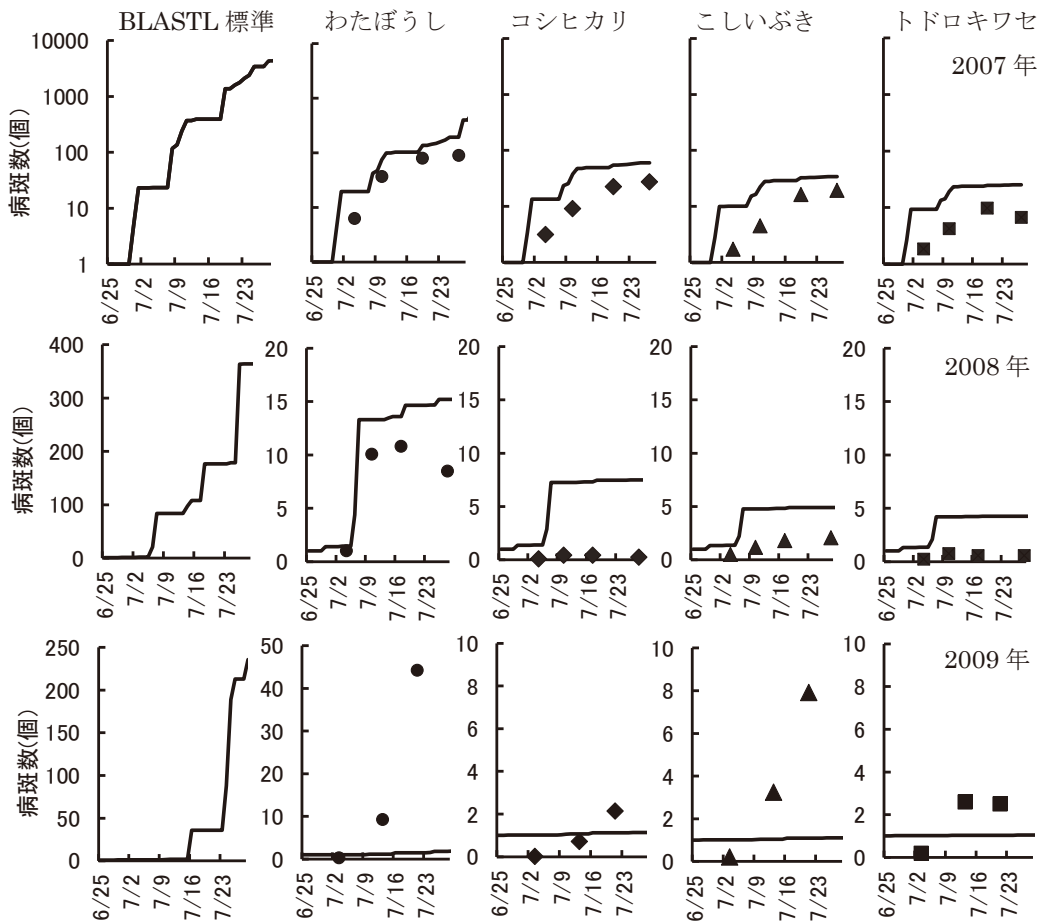
4. 圃場における発病とBLASTLの演算結果との比較

圃場試験とBLASTLのシミュレーションの結果を第1図に示した。圃場試験では、いずれの年も「わたぼうし」の発病が他の3品種に比べ明らかに多く、それ以外の3品種の病斑数の差は少なかった。2007年の圃場試験における葉いもち病斑数は、「わたぼうし」>>「コシヒ

第4表 BLASTLのシミュレーションに用いた各品種の葉位別感受性指数

	第7葉	第8葉	第9葉	第10葉	第11葉	第12葉	第13葉
トドロキワセ	1.000	0.421	0.151	0.013	0.007	0.001	0.001
こしいぶき	1.000	0.463	0.165	0.062	0.009	0.001	0.001
コシヒカリ	1.000	0.659	0.236	0.043	0.021	0.006	0.006
わたぼうし	1.000	1.000	0.357	0.093	0.081	0.018	0.018
BLASTL標準 ^{a)}	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.100	0.100

a) JPP-NET版BLASTLで予め設定されている標準パラメータ。



第1図 圃場における発病とBLASTLの演算結果

プロットが圃場調査の病斑数、折れ線がBLASTLの演算結果。

カリ」>「こしいぶき」>「トドロキワセ」の順に多く、いもち病の発病が進展するに従いその差は大きくなった。2008年の圃場試験における葉いもち病斑数は、「わたぼうし」>>「こしいぶき」>「トドロキワセ」≧「コシヒカリ」の順に多かった。2009年の圃場試験における葉いもち病斑数は、「わたぼうし」>>「こしいぶき」>「トドロキワセ」=「コシヒカリ」の順に多かった。

BLASTLの演算結果は、3か年ともBLASTL標準>>「わたぼうし」>>「コシヒカリ」>「こしいぶき」>「トドロキワセ」の順に多かった。2007年の演算結果は、圃場における各品種の発病推移や品種間の病斑数の差とよく近似していた。2008年の演算結果は、「わたぼうし」、「こしいぶき」、「トドロキワセ」では各品種の発病推移や品種間の病斑数の差と近似していたが、「コシヒカリ」では圃場における病斑数が「トドロキワセ」と同程度に低くなっており、「コシヒカリ」の演算結果は圃場試験の結果と異なった。2009年の演算結果は、品種間の病斑数の差を近似していたが、「わたぼうし」以外の3品種間の病斑数の差は少なく、3品種間の違いは明瞭でなかった。

BLASTL標準のパラメータを使った演算では、本研究で作成した品種別のパラメータによる演算に比べ、病斑数が多く推移し、圃場試験の最終調査時の病斑数は、各品種の病斑数に比べ18~135倍多かった。また、圃場試験では7月後半に発病が停滞し、本研究で作成した品種別のパラメータによる演算でも7月後半に発病は停滞したが、BLASTL標準のパラメータによる演算では病斑数が急増し発病推移に違いが認められた。

3か年の圃場での発病は、2007年が多発生、2008年は少発生、2009年はその中間であった。BLASTLの演算結果と圃場の病斑数を圃場の最終調査時の病斑数と比較すると、2007年、2008年では1.3~7.3倍（圃場試験の発病が少なかった2008年のコシヒカリは17.4倍）であったが、2009年はBLASTLの演算結果が圃場の発病の約1/2~1/30倍で傾向が大きく異なった。

考 察

接種による病斑数で、4品種の葉位別の第9葉から第12葉の感受性変化を評価した。このような接種試験では、条件のわずかな違いで反復内のポットで病斑数に違いが出てしまう。本試験でもポットによる病斑数のばらつきのため、第12葉接種を除き、品種間の病斑数の差は統計

的に有意でなかった。しかし、「コシヒカリ」の第9葉から第12葉にかけての病斑数の減少程度は、原澤（2002）の「コシヒカリ」を用いた同様な接種試験の結果と一致しており、品種間差の評価に十分な試験精度は保たれていたと考えられる。接種による病斑数は、「わたぼうし」>「コシヒカリ」>「こしいぶき」>「トドロキワセ」の順に多く、この順序は2007年の圃場試験における品種の病斑数の多い順序とも一致していた。4品種とも病斑数は加齢に伴い急激に減少したが、減少程度には品種間で差が認められ、「わたぼうし」の減少程度は他の3品種に比べ小さく、「トドロキワセ」で最も減少程度が大きかった。また、「こしいぶき」では第10葉の病斑数の低下程度が他の品種に比べ小さかった。

病斑の大きさにも品種間で差が認められ、病斑の長さには差はなかったが、病斑の幅は「わたぼうし」>「コシヒカリ」>「こしいぶき」=「トドロキワセ」の順に大きかった。いもち病の胞子は、病斑の崩壊部で多く形成されるため、病斑が大きいかほど多くの胞子を形成すると考えられる。そこで、BLASTLで使用するパラメータを、接種による病斑数と病斑の大きさの積値を規準に作成した。JPP-NET版BLASTL標準のパラメータとして使われている葉位別感受性指数は第10葉までが1、第11葉が0.5、第12、13葉は0.1となっており、今回作成したパラメータはBLASTL標準のパラメータに比べ感受性の低下する葉齢が早く、低下程度も大きかった。

BLASTL標準のパラメータによる演算結果は、圃場試験で発病が停滞した7月後半に病斑数の急増が認められ、発病の推移が圃場試験の結果と異なった。これは、感受性指数が第10葉期まで最高値の1に設定され、その後の感受性低下も少なく設定されているためと考えられた。作成した品種別の感受性指数をパラメータとしたBLASTLの演算結果は、2008年、2009年の「コシヒカリ」を除く、圃場試験における葉いもちの発病推移をよく表していた。2008年、2009年の「コシヒカリ」の病斑数は「トドロキワセ」と同程度で、演算結果に比べ少なかったが、一般栽培圃場における各品種のいもち病の発生量は「わたぼうし」>「コシヒカリ」>「こしいぶき」>「トドロキワセ」の順に多いため、2007年の圃場試験の結果が品種の圃場抵抗性の差を反映していると考えられる。したがって、BLASTLの演算結果と圃場における各品種の発病推移は適合しており、今回作成した4品種の葉位別感受性指数はBLASTL標準のパラメータよりも各品種の感受性変化を反映しており、品種の圃場抵

抗性評価に使用できると判断した。

ただし、2009年のBLASTLの演算結果は、圃場の病斑数と大きな違いがあり、圃場試験の結果への当てはまりが悪かった。PC版BLASTLでは病斑数の他に、推定湿潤時間の長さや湿潤時間内の温度から、その湿潤がどの程度感染に好適であったかを示す「侵入率比」(吉野, 1979)と、温度や日照などの影響を受けて変化するイネの「感受性」が出力できる(根本, 2002)。それらを見ると、6月22日に侵入率比0.957の感染に極めて好適な推定結露があり、圃場試験ではこの日の感染によると推定される病斑数の増加が7月13日の調査で確認されている。BLASTLではその日の感受性が1で極低かったため、好適な結露が感染に有効に働かず、演算結果では僅かに病斑数が増加したのみであった。したがって、2009年のBLASTLの演算結果と圃場の病斑数が大きく異なったのは、設定したパラメータの影響ではなく、BLASTL自体のイネ体の感受性推定の問題と考えられる。

本研究の葉位別感受性指数の作成では「わたぼうし」、「こしいぶき」、「トドロキワセ」の第8葉から第9葉への感受性の変化に「コシヒカリ」の試験結果を当てはめたが、この感受性変化にも第9葉以降のように品種間差が存在する可能性がある。このため、第8葉から第9葉への感受性の変化について接種試験を行って品種間差を明らかにすることで、演算によるより精度の高い発病推移の推定が可能になると思われる。

いもち病菌のレース頻度への品種の圃場抵抗性の影響について、1974、1976年の長野県において、*Pii*品種群に病原性を持ついもち病菌のレース頻度の増加が、*Pia*品種群に対する病原性を持つレース頻度の増加に比べ少なく、圃場抵抗性が強く*Pii*を持つ「トドロキワセ」の栽培が多いことが影響したと考察されている(松本ら, 1979)。また、1988年の福島県では、レース007の頻度が増加しており、*Pii*を持つ品種の増加と、*Pii*を持つ「初星」でのいもち病の激発が影響したと考察されている(園田ら, 1989)。さらに、1995、1996年の青森県南部地域では*Pia*品種の作付割合が95%と高かったが、レース007が優占しており、*Pia*、*Pii*を持ち圃場抵抗性がやや弱の「あきたこまち」の栽培が影響したと考察されている(芦澤ら, 1997)。これらの報告のように、圃場抵抗性はレース頻度に影響すると考えられているが、定量的な評価は行われていなかった。格子モデル(石黒, 2005)などで、仮想空間に圃場抵抗性の異なる品種を配置し、各圃場内で圃場抵抗性の差に応じていもち病菌が

増殖するとともに圃場間をいもち病菌が移入・移出を行い抵抗性遺伝子の選択によりレース頻度が変化するシミュレーションを行えば圃場抵抗性の影響を定量的に評価できると考えられる。本研究で設定した品種別の感受性変化は、そのモデル作成のパラメータとして有効と思われる。

新品種が普及すると、育成段階では想定していなかった病害虫が多発生して問題となることがある。それらの病害虫は、検定手段が確立されていなかったり、検定に多大な労力が必要などで育成過程の特性評価が行われていない場合が多いが、畑晩播試験で評価されているいもち病も例外ではない。そのため、品種育成の初期段階で畑晩播試験により大まかな圃場抵抗性を把握し、品種登録・普及が見込まれる有望な系統について、本研究のような接種試験による葉位別病斑数と病斑の大きさを把握しシミュレーションを行うことで、その品種の発病がどの程度となるか、過去が多発生年の気象条件等を用いて普及前に評価できると考えられる。

本研究で設定した品種の葉位別感受性指数を用い、シミュレーション等で圃場抵抗性がいもち病菌のレース頻度に与える影響を明らかにできれば、周辺的一般圃場を含めたマルチライン導入後のレース頻度の予測が可能となり、マルチラインの継続的な利用法の解明に寄与できると期待される。

引用文献

- 阿部清文・根本文宏(1999) JPP-NETを活用したイネいもち病の発生予察. 植物防疫53: 12-16.
- 浅賀宏一(1981) イネ品種のいもち病に対する圃場抵抗性の検定方法に関する研究. 農事研報35: 51-138.
- 朝隈純隆・加藤一郎・金井大吉・石坂昇助・小林 陽・浜村邦夫(1969) 水稲新品種「トドロキワセ」の育成経過と特性. 日作北陸会報5: 1-2.
- 芦澤武人・木野田みはる・園田亮一・善林 薫(1997) 1995年および1996年に青森県南部地域に分布したイネいもち病菌のレース. 北日本病虫研報48: 33-35.
- Ezuka, A. (1972) Field resistance of rice varieties to blast disease. Rev. Plant Prot. Res. 5: 1-21.
- 原澤良栄(2002) 流行過程の初期解析に基づいたイネいもち病(葉いもち)の防除. 新潟大学大学院自然科学研究科博士論文(未公刊).
- 橋本 晃・平野喜代人・松本和夫(1984) シミュレー

- シオンによる葉いもちの発生予察に関する研究. 福島農試特報2:1-104.
- 平野哲也・赤間芳洋・内山田博士(1972) 畑晩播による葉いもち抵抗性の変動. 日作東北支部報14:58-59.
- 本田浩央・本間 隆・佐藤智浩・内藤秀樹(1998) 山形県におけるイネいもち病菌レースの近年の分布推移. 北日本病虫研報49:5-7.
- 堀 武志・小潟慶司・藤巻雄一・辻本雅子・原澤良栄(2002) コシヒカリ同質遺伝子系統の混植によるいもち病発病抑制効果. 日植病報68:172 (講要).
- 星 豊一・阿部聖一・重山博信・小林和幸・平尾賢一・松井崇晃・田村隆夫・浅井善広・中嶋健一・金山洋・佐々木行雄・阿部徳文・東 聡志・近藤 敬・石崎和彦・樋口恭子・小関幹夫・原田 惇(2001) 良質・良食味水稻早生新品種「こしいぶき」の育成. 北陸作物学会報36:1-3.
- 石黒 潔(2005). イネいもち病抵抗性同質遺伝子系統上におけるいもち病菌病原性レース動態の格子モデルによる予測. 日植病報71:197 (講要).
- 石川浩司(2004) 新潟県におけるイネいもち病防除対策としてのマルチラインの利用. 農業技術59:72-76.
- 石崎和彦(2010) 新潟県における「コシヒカリ新潟BLシリーズ」の開発と普及. 育種学研究12:160-164.
- 岩野正敬・山田昌雄(1983) イネいもち病菌レースの分布とその変動要因に関する研究. 北陸農試報25:1-64.
- Kiyosawa, S., Yabuki, S. (1976) Modeling on the race frequency change in a host pathogen system with genes for resistance and avirulence. J. Breed. 26:237-246.
- 小泉信三・谷 俊男(1996) いもち病の発病抑制効果におけるササニシキ多系品種と圃場抵抗性強品種及び薬剤散布の比較. 愛知農試研報28:53-68.
- 小島洋一郎・蛭谷武志・金田 宏・土肥正幸・石橋岳彦・木谷吉則・向野尚幸・山口琢也・表野元保・山本良孝(2003). 水稻新系統「コシヒカリ富山BL」の育成と有効活用 II. BL系統の混合栽培におけるいもち病抑制効果. 富山農技セ研報20:33-40.
- 松本範裕・清沢茂久・寺沢 租・井上政勝(1979) イネいもち病抵抗性品種の作付面積率による病原性レース頻度の予測. 10:1-16.
- 三沢正生(1959) いもち病菌接種法についての考案. 植物防疫13:15-16.
- 根本文宏(2004) WEB版BLASTLの作成. 植物防疫58:437-441.
- 新潟県農林水産部(2021) 水稻栽培指針. pp.121.
- 園田亮一・藤田佳克・石垣政道・橋本 晃(1989) 1988年に宮城県・福島県で発生したイネいもち病菌レース. 北日本病虫研報40:9-10.
- 上原泰樹(1995) コシヒカリ. pp.78, 農山漁村文化協会, 東京.
- 矢尾板恒雄・岩田和夫・山田昌雄・岩野正敬(1977) 新潟県におけるイネいもち病菌レースの年次変化について. 新潟農試研報26:53-61.
- 安田伸子(2015) イネの葉いもち発病抑制に対する量的抵抗性遺伝子の組合せ効果: 量的抵抗性遺伝子の集積利用を目指して. 植物防疫69:645-648.
- 吉野嶺一(1979) いもち病菌の侵入に関する生態学的研究. 北陸農試研報22:163-22.

(2021年10月1日受理)