

コンニャク根腐病とミョウガ根茎腐敗病のメタラキシル剤耐性菌の出現と防除対策*

群馬県農業技術センター ^{うるしばら} 漆原 ^{としひこ} 寿彦・^{しばた} 柴田 ^{さとし} 聡

はじめに

コンニャク (*Amorphophallus konjac* K. Koch) とミョウガ (*Zingiber mioga* (Thunb.) Roscoe) は、群馬県の特産物として古くから生産されている農作物である。コンニャクは、明治後期には北海道、青森、沖縄を除くほぼ全国の都府県で栽培されており、1953年(昭和28年)以降は群馬県が生産量全国1位となった。関東農政局前橋統計・情報センター編(2005)によれば、群馬県における2004年産の栽培面積は4,010 ha(全国5,050 ha)、収穫量は63,300 t(全国71,400 t)であり、生産量における群馬県のシェアは89%となっている。まさに群馬県を代表する農作物と言える。

一方、ミョウガは、昭和初期に榛名山南麓の倉沢村(現高崎市)で自生していたミョウガ(花ミョウガ)を畑地で栽培したのが始まりである。戦後になって栽培への関心が高まり、栽培面積・収穫量とも徐々に増加し、1966年(昭和41年)には隣接の吾妻町(現東吾妻町)と連携し、「群馬みょうが」として市場出荷するようになった。現在、ミョウガの生産量は、ハウスによる周年栽培を行っている高知県が圧倒的に多く、それに大きく差を広げられる形で夏期の露地栽培として群馬県と秋田県が続いている。

しかし、近年、両作物の主要病害であるコンニャク根腐病(病原菌:*Pythium aristosporum*)とミョウガ根茎腐敗病(病原菌:*Pythium zingiberis*)が多発し、その被害が問題となっている。特にミョウガは、本病の発生により栽培面積が減少し、産地を維持するうえで大きな問題となっている。その原因として、両病害の防除薬剤として使用されてきたメタラキシル剤(商品名:リドミル粒剤²⁾)の防除効果の低下が考えられた。ここでは、両病害に対するメタラキシル剤の防除効果と感受性検定法、またメタラキシル剤に替わる防除法を紹介する。

Appearance and Control of Metalaxyl-resistant Strains of Konnyaku and Mioga Root-rot in Gunma Prefecture. By Toshihiko URUSHIBARA and Satoshi SHIBATA

(キーワード:コンニャク根腐病, ミョウガ根茎腐敗病, メタラキシル剤, 薬剤耐性菌)

* 本稿の内容は2007年3月31日に開催された殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムにて発表した。

I コンニャク根腐病に対するメタラキシル剤の防除効果低下

根腐病は、最近の10年間ではコンニャク栽培面積の20%を超える発生面積で推移している。特に、1999年には栽培面積の約75%で発生し、被害は甚大であった(図-1)。

根腐病対策として、化学的には土壤くん蒸剤と土壤殺菌剤を組み合わせた処理、耕種的には耐病性品種への更新、種いも選別の徹底、高畦栽培・心土破碎などによる排水性改善等であり、これらが総合的に実施されている。群馬県の2004年度主要農作物作況調査成績書によると、土壤くん蒸剤や土壤殺菌剤は93%の圃場で使用されており、化学的防除法の占める役割がかなり高い状況である。化学的防除法は、土壤くん蒸剤による土壤消毒を基本とし、その後に汚染土の流入や保菌した種いもが植え付けられた場合に土壤殺菌剤の処理が効果を発揮する体系で行われている。土壤消毒は、マルチ同時土壤消毒機によるクロロピクリン剤の処理が広く普及している。

一方、土壤殺菌剤は、昭和後期にはそれまで有効であったエクロメゾール粉剤(商品名:バンソイル粉剤)の効果低下が認められたため(原因は不明)、その後実用化されたメタラキシル剤が普及した。しかし、1995年ごろから本病の発生が増加し、本剤の防除効果の低下が考えられた(図-1)。このような圃場の発病株から根腐病菌を分離し、本剤の防除効果試験を行ったところ、防除効果が著しく低下した根腐病菌が確認された(表-1; 柴田, 1999)。したがって、本病の発生増加は、現地圃場で本剤の耐性菌が出現したことが原因であると判断された。また、本剤の防除効果が著しく低下していた圃場において、本剤の使用を4年間中止してコンニャクを栽培した後でも、本剤の耐性菌が存在することが確認された(柴田, 未発表)。

II ミョウガ根茎腐敗病に対するメタラキシル剤の防除効果低下

1972年ごろから本県のミョウガ主産地である倉沢村と吾妻町で根茎腐敗病の発生が認められ、その後、被害が急速に拡大した。1983年の調査では、両町村で被害

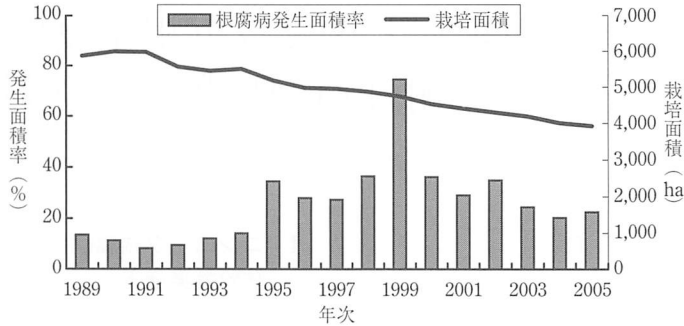


図-1 群馬県におけるコンニャク根腐病の発生面積率の推移 (群馬県農業局, 1989～2005より作成)

表-1 コンニャク根腐病菌に対するメタラキシル粒剤の防除効果の差異 (柴田, 1999を一部改変)

供試菌株名	薬剤処理	発病株率 (%)			球茎発病度
		8月13日	8月20日	9月2日	
Py950603 菌	有	10.0	47.6	72.4	67.4
	無	60.0	95.0	100.0	96.3
Py951201 菌	有	0.0	0.0	0.0	0.0 *
	無	70.0	100.0	100.0	96.3
Py951804 菌	有	0.0	0.0	3.7	1.1 *
	無	43.3	80.0	90.0	64.0
無接種	無	0.0	0.0	0.0	0.0

注1) 発病程度別基準 (球茎表面積に占める病斑面積の比率による) は, 0:健全, 1:1～10%, 2:11～40%, 3:41%以上. 球茎発病度 = $\sum(\text{階級値} \times \text{球茎数}) / (3 \times \text{調査球茎数}) \times 100$.

注2) 薬剤処理: メタラキシル2%粒剤の10 kg/10 a 植溝土壌混和.

注3) *: t検定により5%水準で有意差があることを示す.

注4) 数値は3反復の平均値である.

面積が約9 ha (被害面積率12.5%) に達しており, 本病によりミョウガが全滅した圃場も確認された (白石・贅田, 1984). 薬剤による防除試験を行った結果, メタラキシル剤の防除効果が高いことが明らかとなった (梅本ら, 1984; 白石・贅田, 1986). 本剤は, 1986年に本病に農業登録になり, 防除薬剤として現地に導入された.

ところが1996年ごろから再び本病が多発し, その被害拡大とともに栽培面積が減少し, 問題となっている. 現地では, その原因としてそれまで効果の高かったメタラキシル剤の耐性菌が出現したためではないかと考えられていた. 現地からの強い要望もあり2000年と01年に倉渕村のミョウガ栽培圃場における本病の発生実態調査を行った. その結果, 本剤を処理しているにもかかわらず,

本病が多発している圃場が複数確認され, 本剤の防除効果低下が疑われた (表-2). そこで, このうちの1圃場を使って2002年に本剤の効果試験を行ったところ, 本剤を処理しても無処理と同等の発病が見られ, 本剤の防除効果が著しく低下している圃場が存在することが確認された (図-2). 次に, 現地発病圃場の発病株から分離した根茎腐敗病菌を用いて, 本剤の効果試験を行った. その結果, 供試した7菌株中6菌株で本剤の防除効果の著しい低下が確認された (表-3). 以上から, 現地圃場における本病の多発は, 本剤の耐性菌が出現したことが原因であると判断された (漆原ら, 2005).

III メタラキシル剤の感受性検定法

前章までに述べたとおり, コンニャク根腐病とミョウガ根茎腐敗病でメタラキシル剤の耐性菌の出現が確認された. しかし, いずれの病原菌も本剤の感受性検定法が確立されておらず, 実験室内での耐性菌検出が困難である. そこで, 本剤の感受性検定法を検討し, 耐性菌検出の可能性を探った (柴田, 1999).

まず, V-8 ジュース寒天培地にメタラキシル剤の濃度が0, 0.06, 0.25, 1, 4, 16 および 64 ppm になるように加え, コンニャク根腐病菌の含菌寒天ディスクを置床して EC₅₀ 値を算出した (以下, V8 寒天置床法). しかし, この検定法では, 表-1 に示した供試3菌株とも EC₅₀ 値が1 ppm となり, 菌株間に感受性の差異は認められず, いずれも感受性菌と診断された. 次に, 本剤を同様の濃度になるように滅菌水に溶解し, 薬液中含菌寒天ディスクを浸漬して菌糸伸長を確認する方法を検討した. 検定は, 24 ウェルのマイクロプレートに各濃度の薬液を1ウェル当たり1.5 ml 分注後, 含菌寒天ディスクを浸漬し, 25℃で24時間培養後に倒立顕微鏡下で菌糸伸長を観察し, MIC 値を算出した (以下, 薬剤浸

表-2 現地圃場におけるミョウガ根茎腐敗病の発病とメタラキシル剤の散布状況 (漆原ら, 2005)

圃場名 ^{a)}	圃場面積 (a)	発病状況	発病面積率 ^{b)} (%)	発病時期	薬剤散布状況		
					回数	散布月日	量 (kg/10 a)
00-1	1.5	全面	95	7月下旬	2	6月2日, 7月5日	20, 20
00-2	5	坪状	70	7月下旬	2	6月16日, 6月30日	10, 20
00-3	5	全面	95	7月下旬	2	6月7日, 6月26日	10, 20

01-1	1	坪状	50	7月10日	2	6月29日, 7月15日	15, 15
01-2	5	全面	60	7月25日	2	6月15日, 7月10日	18, 18
01-3	7	全面	50	7月30日	2	6月15日, 7月20日	20, 20

^{a)} 圃場 00-1 ~ 00-3 は 2000 年 8 月 30 日調査。圃場 01-1 ~ 01-3 は 2001 年 8 月 30 日調査。^{b)} 発病面積率は、茎葉が発病によって倒伏した部分を発病面積として算出した。

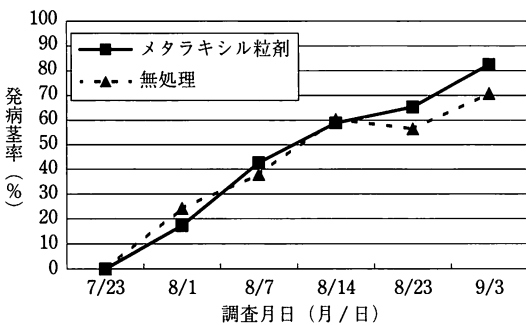


図-2 メタラキシル剤処理および無処理の発病推移 (漆原ら, 2005)

試験場所：倉渕村農家発病圃場 (表-2 の 01-2 圃場)。品種：陣田早生。植付け：2002 年 4 月 10 日。区制：1 区 4 m² (20 株) 3 反復。薬剤散布：6 月 14 日と 7 月 10 日の 2 回, 20 kg/10 a 相当量を土壌表面散布。

漬法)。この方法では、本剤の防除効果が低下していた Py950603 菌株で MIC 値が 64 ppm より高くなり、耐性菌と診断された (表-4)。

ミョウガ根茎腐敗病菌についてもコンニャク根腐病の場合と同様な方法で検定を行った (漆原ら, 未発表)。その結果, V8 寒天置床法では、供試菌株の EC₅₀ 値が 1 ppm または 0.25 ppm でいずれも感受性菌と診断された。一方、薬剤浸漬法では、メタラキシル剤の防除効果が高かった M-1 菌株の MIC 値が 0.25 ppm であったのに対し、防除効果が低下していた M-3 菌株と M-5 菌株の MIC 値が 64 ppm より高くなり、耐性菌と診断された (表-5)。

以上から、薬剤浸漬法は、実験室内においてコンニャク根腐病とミョウガ根茎腐敗病の耐性菌検出が可能であると考えられた。しかし、本法は、植物体から分離後、菌株の保存期間が長くなると感受性値が変動するなどの

表-3 ミョウガ根茎腐敗病に対するメタラキシル剤の防除効果 (漆原ら, 2005)

供試菌株名 ^{a)}	現地圃場における発病面積率 ^{b)} (%)	発病株数/調査株数	
		メタラキシル無	メタラキシル有
M-1	33	10/10	0/10
M-2	5	10/10	7/10
M-3	50	10/10	7/10
M-4	50	10/10	7/10
M-5	10	10/10	8/10
M-6	90	10/10	10/10
M-7	40	10/10	8/10

NBRC30818 (感受性菌対照)	—	4/10	0/10

^{a)} NBRC30818 菌株はメタラキシル剤の淘汰圧なし (生物遺伝資源センターより分譲)。M-1 ~ 7 菌株は、現地発病圃場の発病株から分離。^{b)} M-1 ~ 5 菌株は 2001 年 8 月 30 日調査。M-6 と M-7 菌株は 2002 年 8 月 29 日調査。

問題点があった。メタラキシル剤の感受性検定法として確立するためには、検定に用いる菌株の保存期間を検討し、検定法としての安定性を高める必要がある。

IV メタラキシル剤施用に替わる防除法

1 コンニャク

コンニャク根腐病の対策としては、輪作の有効性が既に確認されている (祝迫, 1987)。また、ライムギ種子をコンニャクの畦上に散播して被覆栽培すると防除効果があることも確認されている (倉井ら, 1999)。そこで、これを基に群馬県版のグニャグラスの緑肥輪作とムギ類散播被覆栽培を組み合わせた体系防除を検討した (加藤ら, 2002)。ムギ類には、ライムギ (サムサシラズ)、コムギ (マルチムギ, シラネコムギ)、ライコムギ

表-4 コンニャク根腐病菌のメタラキシル剤感受性検定 (柴田, 1999)

菌株名	検定方法	観察項目	メタラキシル濃度 (ppm)							感受性値
			0	0.06	0.25	1	4	16	64	
Py950603	V-8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	33.0	31.0	22.5	9.0	9.0	10.0	9.5	EC ₅₀ = 1 ppm
		菌糸伸長程度	++	++	++	++	++	++	++	MIC > 64 ppm
Py951201	V-8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	51.5	49.5	29.0	11.5	8.5	10.0	12.0	EC ₅₀ = 1 ppm
		菌糸伸長程度	+	+	+	-	-	-	-	MIC = 1 ppm
Py951804	V-8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	29.5	29.0	22.0	9.5	8.5	8.0	7.0	EC ₅₀ = 1 ppm
		菌糸伸長程度	+	+	+	-	-	-	-	MIC = 1 ppm

菌糸伸長程度は、++：含菌寒天ディスク直径 (5 mm) 以上の密な菌糸伸長が見られる。+：含菌寒天ディスク直径 (5 mm) 以上のまばらな菌糸伸長が見られる。-：含菌寒天ディスク直径 (5 mm) 以下のまばらな菌糸伸長が見られる。

表-5 ミョウガ根茎腐敗病菌のメタラキシル剤感受性検定 (漆原ら, 未発表)

菌株名	検定方法	観察項目	メタラキシル濃度 (ppm)							感受性値
			0	0.06	0.25	1	4	16	64	
M-1	V8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	26.3	26	20	8	0	0	0	EC ₅₀ = 1 ppm
		菌糸伸長程度	++	+	-	-	-	-	-	MIC = 0.25 ppm
M-3	V8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	29.8	26.8	13.5	7	0	0	0	EC ₅₀ = 0.25 ppm
		菌糸伸長程度	++	++	++	++	++	++	++	MIC > 64 ppm
M-5	V8 寒天置床 薬剤浸漬	菌叢直径 (mm)	54	48.5	43.3	24.5	12.8	10.5	9.3	EC ₅₀ = 1 ppm
		菌糸伸長程度	++	++	++	++	++	++	++	MIC > 64 ppm

++：含菌寒天ディスクの周りに密で長い菌糸伸長が見られる。+：含菌寒天ディスクの周りにまばらで短い菌糸伸長が見られる。-：含菌寒天ディスクの周りに全くまたはほとんど菌糸伸長が見られない。

(PRESTO) のいずれかを全面散播して被覆栽培した。また、体系防除として前年にギニアグラスを栽培してすき込み、翌年春にライムギ、コムギ、ライコムギのいずれかを全面散播して被覆栽培した。その結果、いずれのムギ類の散播被覆栽培でも慣行連作に比べて根腐病の発病が抑制された。さらに、これらにギニアグラスの緑肥輪作を組み合わせることで安定した高い発病抑制効果が認められた (表-6)。

現在は、各地域または標高差によるムギ種の選定やコンニャクの初期生育に影響のない播種方法・播種量・播種時期等の検討を行い、現地に導入するためのガイドライン作りを進めている。

一方、2年生の種いもを生産するために生子 (種いも) を植え付ける1年生栽培では、草丈が短いためムギ類の散播被覆栽培は利用できない。しかし、前述した2年生以上の栽培に利用できる防除体系の防除効果を高めるためには健全な種いもを確保することが不可欠である。そこで、生子の温湯消毒による根腐病の伝染防止法を確立するため、温湯消毒機の開発を進めている。

2 ミョウガ

ミョウガ根茎腐敗病は、地温 20℃前後で地下茎が褐変し、地温が高くなるほど褐変程度が激しくなり、30℃以上で著しいことが報告されている (本間, 1977)。また、本病の病原菌 *P. zingiberis* の菌糸生育は高温では良好であり 15℃ではわずかであること、遊走子形成は 25℃では良好であり 15℃では極度に低下することが報告されている (小倉・吉本, 1981)。さらに、本病が南あるいは東向きの緩い傾斜および平坦な圃場で多発することが明らかになっている (白石・贄田, 1991)。

そこで、遮光資材を使った夏期の地温上昇抑制による本病の防除効果を検討した (小泉ら, 1996)。その結果、遮光率 70% のアルミ蒸着遮光資材で遮光処理すると、夏期の平均地温が 2℃前後低下し、本病の発生が抑制され、防除効果が高いことが確認された (表-7)。ただし、遮光率が高かったため、花蕾が軟白化して細くなり品質と収量の低下が見られた。この成果を受け、倉淵村では、1996 年から品質・収穫量に影響の少ない遮光率 60% の遮光資材による雨よけハウスを利用した遮光処理

表-6 ギニアグラス輪作とムギ類散播被覆栽培との組み合わせによるコンニャク根腐病の抑制（加藤ら，2002を一部改変）

栽培体系		発病株率 (%)		
		7月27日	8月12日	8月25日
連作 (前作：コンニャク 作付け)	ライムギ (サムサシラス) 散播被覆栽培	1	11.5 ab	24 ab
	コムギ (マルチムギ) 散播被覆栽培	2.1	8.3 ab	16.7 b
	コムギ (シラネコムギ) 散播被覆栽培	0	0 b	4.2 b
	ライコムギ (PRESTO) 散播被覆栽培	2.1	2.1 b	4.2 b
輪作 (前作：ギニアグラス 緑肥栽培)	ライムギ (サムサシラス) 散播被覆栽培	0	1.4 b	4.2 b
	コムギ (マルチムギ) 散播被覆栽培	0	0 b	3.1 b
	コムギ (シラネコムギ) 散播被覆栽培	0	0 b	3.2 b
	ライコムギ (PRESTO) 散播被覆栽培	0	2.1 b	9.4 b
対照：連作	オオムギ (万力) 条播間作	2.8	20.9 a	45.4 a

異なる英小文字を付した平均値間には、Ryanの多重比較 ($\alpha = 0.05$) により有意差がある。

表-7 ミョウガ根茎腐敗病に対する遮光処理効果（小泉ら，1996）

処理法	発病面積率 (%)		
	7月22日	8月4日	9月4日
遮光処理	0	0.1	0.1
無処理	0	15	15

倉湖村の発病圃場において7月24日から9月30日まで遮光率70%のアルミ蒸着遮光資材で遮光。

が導入されている。また、ミョウガ栽培農家は共同してカラマツの国有林約3haに種茎を植え付け、天然の遮光を利用した林地栽培も始めた。

これまで現地の農家は、本病が多発すると、その圃場での栽培をあきらめ、未発生の圃場にミョウガを植え付けて栽培を行っていた。しかし、本病がまん延したことから未発生の圃場を探すことが困難となっている。そこで、発病圃場を土壤消毒し、改植することを目的とした茎頂培養利用による無病種茎の増殖、および防除効果の高い新規薬剤の適用拡大に取り組んでいる。

おわりに

コンニャク根腐病とミョウガ根茎腐敗病に対するメタラキシル剤の防除効果の低下は、両作物の安定生産を確保するうえで大きな問題となっている。そのため、現地

では、本剤に替わる防除法の確立が強く望まれている。そうした中、コンニャクではムギ類の散播被覆栽培、ミョウガでは遮光処理の有効性がそれぞれ確認され、現地への導入が進められている。また、コンニャクの種も温湯消毒法、ミョウガの改植のための無病種茎増殖および新規防除薬剤の検討も合わせて行っている。今後は、これら防除対策を組み合わせた総合防除体系を構築し、両作物の安定生産の確保に努めていきたいと考えている。

また、メタラキシル剤の感受性検定法として紹介した薬剤浸漬法は、検定法としての有効性が示唆されたが、菌株の保存期間によって感受性値が変動するなどの問題点がある。そこで、本法の再検討を進めるとともに、近年、他の糸状菌で行われている遺伝子分析技術を用いた耐性菌検定法についても今後検討が必要であると考えている。

引用文献

- 1) 本間宏基 (1977): 関東病虫研報 24: 59 ~ 61.
- 2) 祝迫親志 (1987): 茨城農試特研報 5: 1 ~ 114.
- 3) 加藤 見ら (2002): 群馬農試研報 7: 11 ~ 20.
- 4) 小泉丈晴ら (1996): 関東病虫研報 43: 99 ~ 101.
- 5) 倉井耕一ら (1999): 栃木農試研報 48: 1 ~ 12.
- 6) 小倉寛典・吉本 均 (1981): 高知大学研報 30: 129 ~ 139.
- 7) 柴田 聡 (1999): 関東東海農業の新技術 16: 218 ~ 222.
- 8) 白石俊昌・賛田裕行 (1986): 関東病虫研報 33: 128.
- 9) _____ (1991): 群馬農業研究 D 園芸 6: 17 ~ 26.
- 10) 梅本清作ら (1984): 関東病虫研報 31: 73 ~ 74.
- 11) 漆原寿彦ら (2005): 日植病報 71: 246 ~ 247.