

サツマイモ近縁野生種のコブセンチュウ抵抗性の遺伝

三重大学名誉教授 塩谷 格 (Shiotani, Itaru PhD)

サツマイモは同質六倍体、その遺伝構造をゲノム式であらわすとBBBとなる。同質六倍体レベルでの遺伝様式の分析は後代の多くの個体数また長い世代を要するためになりにむつかしい。さいわい、サツマイモ近縁野生種 *Ipomoea trifida* には二倍体(ゲノムB)や同質四倍体(ゲノムBB)がある。この野生種は他殖性の多年生で、種子やクローンで増殖、維持できる。また、サツマイモとの交雑も可能である。

コブセンチュウを以後はRKN (root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*) とする。

二倍体ではRKN抵抗性の遺伝分析は比較的容易である。このレベルでの抵抗性遺伝子の発現や遺伝様式を明らかにした⁽¹⁾。なお一部、四倍体の抵抗性についても同様な分析をおこなった⁽²⁾。

RKNへの感受性の植物ではRKN幼虫が侵入、根内を移動、ゴール(根瘤)内の雌

成虫は卵塊を産み増殖する(写真1、2)。抵抗性植物は幼虫の侵入は許すが、生体防御反応により、幼虫は褐変細胞群に囲まれて死に、ネクローシス斑ができる(写真3、4)。根系の外観は正常である。このよう

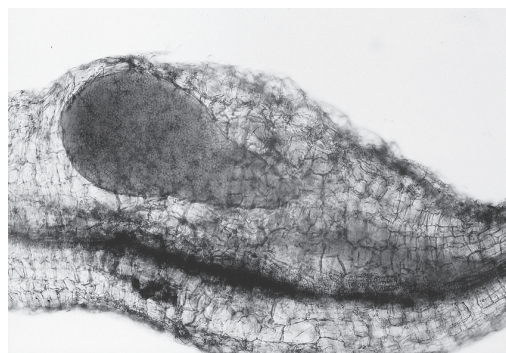


写真2 雌成虫

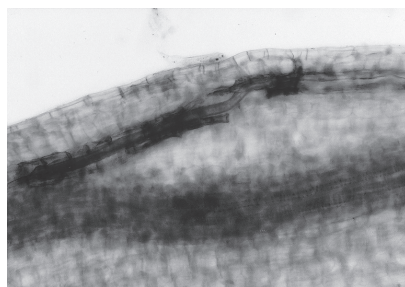


写真3 褐変細胞にかこまれた幼虫の死

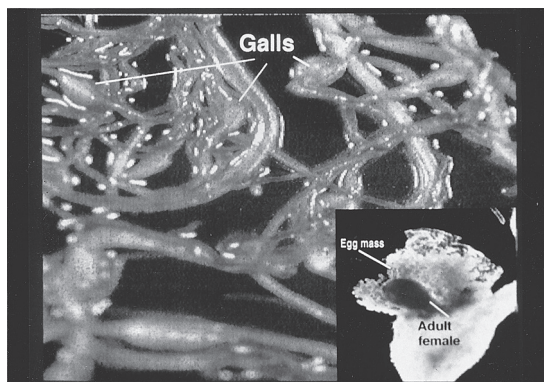


写真1 ゴール、雌成虫と卵塊

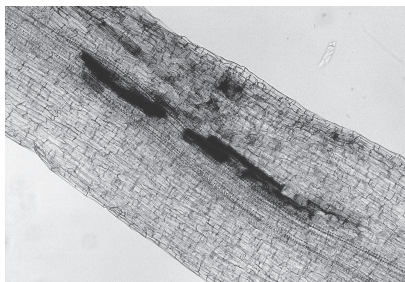


写真4 褐色の筋状のネクローシス斑

に二者のRKNへの反応の違いははっきりしている。

RKNはサツマイモの主要な病害である。RKN圃場抵抗性は量的形質としてあつかわれ、高い遺伝率が推定されている^(3,4)。主動遺伝子についての私たちの分析はサツマイモの抵抗性までは届かなかったが、その抵抗性を理解するための遺伝的基礎を提供した。

RKN株、植物材料、接種試験方法

全実験を通じてもちいたRKNは三重農業技術センター、病虫害研で分離した単一雌成虫に由来するレース（同祖雌系統）である。このRKNは感受性サツマイモ品種「蔓なし源氏」で周年増殖させた。

近縁野生種はメキシコ、グアテマラ、エクアドル産である。ガラス室内でポリポット植えの個体またはクローンの根元に個別に一定数の卵塊を接種した。対照にサツマイモ感受性品種をもちいた。一定期間生育させた後、根系のゴール数／生根1グラムおよび卵塊数／生根1グラムを計測、抵抗性または感受性を判定した（写真2）。

試験結果（1）：二倍体

表1は二倍体系統の分析結果の一部である。自殖性植物の遺伝分析と違い、他殖性植物では親クローンが遺伝的にヘテロのと

きは、F₁世代で分離する。表でのF₁分離の結果からは、二つの抵抗性親は優性抵抗性遺伝子をヘテロにもつと判断された。また、二つの感受性親間の後代では、1個体の例外があるが、全体を非分離とみて、両親を劣性ホモと推測した。

親クローンの遺伝子型の決定をするため、分離したF₁抵抗性個体をふたたび感受性個体（またはクローン）と交雑、検定交雑をした。検定交雑の結果は、例えば、表の最上段の場合、任意に選んだ39の抵抗性F₁個体をそれぞれ感受性個体に検定交雑した。20例の検定交雑の後代は分離比3：1を、9例では1：1を、残りの10例ではすべての後代が抵抗性で非分離となった。

2 遺伝子座モデル

2 遺伝子座モデルが、F₁世代や検定交雑後代が示したいろいろな分離比を説明できる唯一のモデルであった。優性抵抗性遺伝子を R_{m1} , R_{m2} また感受性遺伝子を r_{m1} , r_{m2} ($m < Meloidogyne$) とすると、各親の遺伝子型は次のようである。

抵抗性親4FR15-3および4FR18-1； R_{m1}

r_{m1} R_{m2} r_{m2}

感受性親1902および1911； r_{m1} r_{m1} r_{m2}

r_{m2}

表中のこのほかの二倍体の抵抗性クロー

表1. *Ipomoea trifida* 2倍体系統間交雑およびF₁の抵抗性と感受性の分離

交雑	F ₁ 世代				χ^2 -検定 (確率)
	個体数	抵抗性	感受性	理論分離比	
4FR15-3(R) × 4FR18-1(R)	100	91	9	15 : 1	1.29 (0.26)
4FR15-3(R) × 1911(S)	81	59	22	3 : 1	0.20 (0.67)
4FR18-1(R) × 1911(S)	91	74	17	3 : 1	1.94 (0.17)
1902(S) × 1911(S)	115	1 [#]	114	All S	

R、抵抗性、S、感受性。[#]例外的な分離個体。

ンについても遺伝子型を推測した。遺伝子型全体を通し、抵抗性の発現には、二つの座位のうちどちらかに一個の優性遺伝子があれば十分であると判明した。抵抗性二倍体の優性抵抗性遺伝子の数は1～4個がありうるが、抵抗性の強弱程度への遺伝子の量的効果はなかった。

試験結果（2）：四倍体

表2は四倍体系統の交雑、各交雑からの感受性個体の分離を示す。四倍体系統の抵抗性反応は、ゴール数および卵塊数の計測値の水準によって抵抗性（R）、やや抵抗性（MR）に区分された。感受性親との交雑の4例はF₁で分離を示し、1例はすべての後代が抵抗性で非分離となった。遺伝モデルへの適合性については、分離比ではなく感受性個体の出現頻度（%）とモデルの理論頻度との差をZ-検定をした。これは通常の χ^2 -検定と本質的に同じ検定である。

同質四倍体の遺伝様式は二倍体のそれに比べやや複雑である。4本の相同染色体の配分が任意染色体分離（RCS）または任意染色体分分離（RCDS）かで後代の感受性個体の出現頻度が異なるためである。1遺伝子座モデルおよび2遺伝子座モデルを検

討した。表にみるように、感受性の観測頻度は2遺伝子座モデルでRCSのときの理論頻度に良く適合した。1遺伝子座モデルでの適合度は低くここでは省略した。

ここでも二倍体と同じく2遺伝子座モデルが採択された。自然四倍体は二倍体のゲノムの重複であることを実証している。遺伝子型は次のようになる。

抵抗性親2606-7; $R_{mt1} R_{mt1} r_{mt1} r_{mt1}$,
 $R_{mt2} R_{mt2} r_{mt2} r_{mt2}$
やや抵抗性親2606-5; $R_{mt1} R_{mt1} r_{mt1} r_{mt1}$,
 $R_{mt2} r_{mt2} r_{mt2} r_{mt2}$
やや抵抗性親2232-33; $R_{mt1} R_{mt1} r_{mt1} r_{mt1}$,
 $r_{mt2} r_{mt2} r_{mt2} r_{mt2}$
感受性親2232-34; $r_{mt1} r_{mt1} r_{mt1} r_{mt1}$,
 $r_{mt2} r_{mt2} r_{mt2} r_{mt2}$

これらは暫定的に与えた遺伝子型（t<tetraploid、四倍体）である。理由は二つ；二倍体でおこなったような分離体個別の検定交雑の結果を欠いている。また感受性の僅少な観測頻度とその理論頻度との差についての統計学的解釈には、すくなくとも本調査のF₁個体数の3、4倍の個体数が望ましいためである。

次いで、抵抗性親K300-4の遺伝子型である。この遺伝モデルの前提からは、感受

表2. *Ipomoea trifida* 4倍体系統間交雑からのF₁の感受性個体の頻度および理論頻度との差についてのZ-検定

交雑	個体数	F ₁ 世代		感受性個体の理論頻度（%）とZ値†	
		抵抗性	感受性（%）	2遺伝子座モデル	
				RCS	RCDS
2232-34(S) × 2606-5(MR)	139	131	8 (5.8)	8.3 (0.92 ^{NS})	11.5 (1.99*)
2232-34(S) × 2232-33(MR)	208	177	31 (14.9)	16.7 (0.59 ^{NS})	21.4 (2.20*)
2232-34(S) × 2606-7(R)	157	153	4 (2.6)	2.8 (0.05 ^{NS})	4.6 (0.92 ^{NS})
2232-34(S) × K300-4(R)	197	All		0	0 - 3.6 [§]

R、抵抗性、MR、やや抵抗性、S、感受性。RCS、任意染色体分離、RCDS、任意染色体分分離

§ 親K300-4の遺伝子型によって理論頻度は異なる。

† Z-検定；（ ）はZ値、^{NS}、有意差なし、* 5%有意差

性分離がゼロの場合、抵抗性親の遺伝子型は9種類；いずれの一方の遺伝子座に3重あるいは4重の優性遺伝子をもつ場合がある。分析された四倍体の事例は少ない。しかし、四倍体レベルでは優性遺伝子の量的効果が示唆されている。優性遺伝子数は「やや抵抗性」親で2、3個、抵抗性親では4個であった。抵抗性程度の表現型には優性遺伝子の量的効果がある可能性が高い。

サツマイモ抵抗性育種についての提案

冒頭にあげたゲノム構成からみると、低倍数体は同質六倍体サツマイモのひな形をなし、その遺伝的システムの前提はそのままサツマイモにも延長できよう。

こうした観点でサツマイモのRKN抵抗性を考察する。同質六倍体では、感受性×抵抗性の後代で期待される感受性の頻度は、二遺伝子座－RCSのもとではゼロから50%の値をとる。いっぽう、サツマイモ育種の研究では、感受性×抵抗性の後代検定の結果が報告^(5,6,7,8)されているが、全体として、感受性個体の観測頻度は最低2%から最高60%である。理論値の範囲と観測値の範囲はおおむね一致している。

先の四倍体系統の遺伝分析では、感受性×抵抗性の後代で分離した感受性の頻度は、抵抗性親が保有する抵抗性遺伝子の数を直接反映すると推測した。同様なことがサツマイモの場合についても言えよう。抵抗性遺伝子をより多くもつ品種は交配母本としての価値が高い。

抵抗性育種で抵抗性親を選ぶとき、表現型によって選ぶのではなく、感受性との検定交雑後代に感受性分離がない品種を交配母本に選ぶことが望ましい。

抵抗性品種をRKN除去に利用しよう

RKNが寄生する植物はサツマイモに限らず多くの作物や野菜に及ぶ。あるサツマイモ生産地では、畑地のRKN汚染を恐れ、一作ごとに化学物質で消毒しているのが現状である。しかし、サツマイモ抵抗性品種を栽培すればその根群は土中のRKNを誘因・死滅させる。抵抗性品種は耕土の健全化にもっとみなおされてよいのではないか。

文献

1. Shiotani, I., M. Tokui, K. Noro, and M. Nakamura. 1995. Pp.99-109. in Proc. Final Research co-ordination Meeting. 1993 (IAEA-TECDOC-809). IAEA, Vienna, Austria.
2. Shiotani, I., S. Oyagi, and S. Okumura. 2000. Pp. 245-254. The Twelfth Symp. Intern. Soc. Trop. Root Crops. 2000, Tsukuba, Japan.
3. 菊川誠士、坂井健吉. 1969. 九州農業試験場彙報. 14: 365-396.
4. Jones, A. and P.D. Dukes. 1980. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 701-704.
5. Struble, F.B., L.S. Morrison, and H.B. Cordner. 1966. Pytopathology. 56: 1217-1219.
6. 坂本 敏. 1986. Pp. 121-130. 育種学最近の進歩. Vol. 27. 日本育種学会、東京.
7. 樽本 勲. 1992. Pp. 282-285. 線虫研究の歩み. 日本線虫学会. 東京.
8. 九州農業試験場. 1983. 甘しょの交配試験成績 九州農業試験場年報. 鹿児島.