

抵抗性系統を利用したシュンギクべと病の防除

酒井 泰文

キーワード：べと病，防除，シュンギク，抵抗性系統

広島市安佐南区祇園町および安古市町（以下、現地とする）では、ハウス栽培を含めるとほぼ周年にわたってシュンギク（大葉種）が栽培されている（栽培面積は延べ20ha）。ところが、この地域に栽培されるシュンギク（*Chrysanthemum coronarium* L.）に1979年の初秋に原因不明の病害が多発した。病徴ならびに病原菌の観察により本病は沢田が台湾において発生を報告したべと病（*Peronospora Chrysanthemi-coronarii* (Sawada) S. Ito et Tokunaga）（伊藤，1936）であることが判明した。1980年および1981年には現地の全シュンギク栽培ほ場でべと病の発生が認められ、発生程度も著しく高く大きな被害をもたらした。べと病の発生は現地だけでなく、1980年以降は東広島市など県内の他のシュンギク栽培地域に拡大するとともに、西日本一帯および関東の一部にも認められるようになり、その対策が急務となった。しかし、我が国における本病の発生についての記載がなく、発生生態等が不明で防除対策が立てられない状況にあった。

1980年に現地ほ場を巡回調査した結果、べと病の発生程度には場間差が認められ、ヒロシマナの白さび病（酒井，2004）で明らかにしたように、品種の抵抗性を利用した防除法確立の可能性が示唆された。

そこで、べと病の発生が少ない農家からシュンギク種子の分譲を受け、これらの種子を基に抵抗性系統の選抜とその利用による防除効果を検討した。また、抵抗性系統の栽培が現地のべと病の発生に及ぼす影響を明らかにするため、巡回調査を実施しその効果を検証した。

その結果、抵抗性系統の選抜ができること、抵抗性系統の利用がべと病防除の有力な対策であることを明らかにしたので報告する。

材料および方法

1. 農業試験場における抵抗性系統の選抜と選抜系統の

発病抑制効果

接種試験における接種源の調整および維持管理は以下の方法によった。

1981年から1986年の期間、毎年9月中旬から10月上旬にかけて現地ほ場（広島市安佐南区祇園町・安古市町）よりべと病に罹病したシュンギク20株を農業試験場（東広島市八本松町原）に持ち帰り、これをポット（育苗土：粒状培土）に1株ずつ移植し第一次接種源とした。新鮮で多量の分生胞子を形成する第一次接種源の罹病葉を切除し、これを接種源に供試してポット栽培のシュンギク（後述するべと病感受性系統Si-N，10株/ポット）に接種し発病させた。接種については、殺菌水を軽く噴霧した感受性系統のシュンギク（第7～8本葉展開期の感受性系統Si-N）の茎葉に、第一次接種源から切除した罹病葉を軽くなすり付ける方法（以下、なすり付け法とする）によって行った。接種後は18℃の湿室に48時間保ち感染を促した。接種により発病した株は生育状態をみながら逐次間引きし、最終的にポット当たり1株の罹病株を新たな接種源（以下、接種源株とする）として残し継代接種をくり返した。接種源株は粒状培土を育苗土に用い、液肥（10-4-8）を適宜施用しながら管理した。なお、ポット栽培に供試したポットのサイズはすべてa/5000とした。

各年度とも接種時の湿室期間（18℃，48時間）を除くと、9月中旬から11月上旬までの期間における育苗および接種源株の管理は野外で行った。一方、11月中旬から4月中旬までの低温期には育苗を15～20℃の温室で、接種を18℃の湿室（48時間）で、その後の接種源株の管理を15～20℃の温室内に設けた隔離室（縦1.8m，横1.8m，高さ1.5mの木枠の周囲を透明ビニールシートで被覆し、床面の深さ約3cmに常に水を溜めて多湿状態に保った室）内で行った。

各年度とも8月下旬から翌年の2月下旬にかけておよそ20日間隔でシュンギクをは種し、9月中旬から翌年の3月中下旬までの期間に、およそ20日間隔で第7～8本

葉展開期の株に継代接種をくり返し、常時20株以上（20ポット以上）の新鮮な罹病株を用意し、各試験の接種源に供試した。

1) 農家が栽培する系統の抵抗性程度

(1) 自然感染によるほ場試験（雨除けハウス栽培）

べと病が激発した1980年の秋まき栽培で、発病が少なかったシュンギクを栽培する15農家（15系統）から種子の分譲を受けた。これらの種子を供試し、広島市安佐南区安古市町中筋の雨よけハウス栽培で試験を実施した。は種は1981年8月26日に行い、試験は1区1.5m²（1.5m×1m）の3区制で実施し、1区当たりの最終生育株数は60（株間0.1m、条間0.25m、6条植え）とした。同年9月29日および10月11日に1区30株、計90株について自然発病条件下における発病株率および同葉率とともに生育調査として葉数（1区10株、計30株）を測定した。なお、対照として市販種子（中葉種）および発病程度が極めて高かった1農家の種子（以下、感受性系統S₁とする）を供試した。栽培管理および害虫防除は現地の慣行に従った。

(2) 接種によるポット試験

上述したほ場試験と同様、農家から分譲を受けた15系統および対照の感受性系統（S₁）と中葉種（市販種子）を供試し、農業試験場において試験を実施した。1981年9月10日に供試系統の種子をポットには種（各系統10ポット、25株/ポット、250株）した。同年9月28日（第3～4本葉展開期）になすり付け法により接種を行い、接種後は18℃の温室に48時間保ち、その後野外に搬出し、接種源株の周囲に配置した。初発後、約1カ月にわたり発病株率と同葉率を経時的に調査した。なお、栽培管理は接種源株と同様に行った。

2) 抵抗性系統の選抜と抵抗性検定

前項1)の(2)の接種によるポット試験に供試した農家栽培系統の中から、抵抗性と判定された系統（後述する3系統：R₁, R₂, R₃）の未発病株を1株ずつポットで育成した。各系統20株（20ポット）を抵抗性系統の第1世代を選抜するための親株に供試した。抵抗性系統を選抜するための交配および採種は以下の方法によった。

1982年4月上旬まで隔離室内で管理された各抵抗性系統の親株は、開花直前の同年4月中旬に系統（各系統20株）毎にそれぞれ別の雨除け網室（3m×3m×2m：天井の部分を透明ビニールで被覆した寒冷紗網室）内に移植した。交配は同年4月中旬から6月中旬にかけて網室内で実施し、花粉の採集や受粉は株を区別せずに行い、

作業は柔らかい筆によった。花粉の採集および受粉は原則として毎日行い、受粉は1花につき3回以上（約5日間隔）実施した。対照の感受性系統（S₁）については、雨除け網室を農業試験場から直線距離で4km以上離れた場所（東広島市西条町寺家）に設け、同様にして交配を行った。採種は同年6～7月にかけて種子の登熟度を見ながら逐次花毎に行った。得られた第1世代（R₁-1, R₂-1, R₃-1, S₁-1）の種子については系統毎に20株分をまとめて乾燥した冷暗所で保管した。各系統の第1世代の抵抗性検定については以下の方法によった。

第1世代種子（R₁-1, R₂-1, R₃-1）を供試し、1982年8月下旬から9月下旬にかけて約10日間隔で4回、ポットには種（各は種時、各系統25ポット、20株/ポット、500株）した。平均気温が本病の発生適温の10～20℃となる9月中旬から10月中旬の期間に、約10日間隔で4回なすり付け法により接種（各系統500株×4回=2000株）した。なお、各接種時とも供試株の生育ステージは概ね第7～8本葉展開期であった。接種後は18℃の温室に48時間保ち、その後野外に搬出し、接種源株の周囲に配置した。初発後約1カ月間、発病株率および発病葉率を経時的に調査した。各系統とも抵抗性を有すると考えられる未発病株の中から、葉数が多く、葉色が濃く、葉縁の切れ込みが浅く、葉の幅が広い優良な形質をもつものを最終的に20株選抜した。選抜した株を1株ずつポットで育成し、抵抗性系統の第2世代を選抜するための親株に供試した。

1983年（第2世代）から1986年（第5世代）の間も、毎年前述した方法にしたがって交配をくり返し得られた種子を供試して、同様にして次世代の系統（R₁-N, R₂-N, R₃-N）の抵抗性を検定した。感受性系統（S₁-N）についても毎年同様にして次世代の種子を獲得し、得られた種子は抵抗性検定試験の対照に供試した。

なお、各年度とも抵抗性系統選抜のための親株については接種源株と同様に管理した。また、雨除け網室に移植した後の、親株の施肥については液肥（10-4-8）で適宜実施するとともに、アブラムシの防除を定期的に行った。感受性系統についてはメタラキシル水和剤（1000倍液、10～30日間隔で散布）を散布し、べと病の発生を抑えながら栽培した。

各系統の第3世代（R₁-3, R₂-3, R₃-3, S₁-3）の種子を供試し、1984年9～10月（秋季試験）、1985年1～2月（冬季試験）および同年3～4月（春季試験）に抵抗性検定を実施し、試験時期の違いが各系統の抵抗性の程度に及ぼす影響について検討した。秋季、冬季および春季の試験方法は以下のとおりである。

秋季試験

広島市安佐南区祇園町西原の露地栽培で試験を実施した。は種は1984年9月13日に行い、試験は1区1.5m²(1.5m×1m)の3区制で実施し、1区当たりの最終生育株数は35(株間0.15m, 条間0.3m, 5条植え)とした。同年10月27日に1区20株, 計60株について自然発病条件下における発病株率および同葉率を調査した。

冬季試験

農業試験場の温室および隔離室で試験を実施した。1985年1月4日に各系統の種子をポットには種(各系統10ポット, 50株/ポット, 500株)し, 育苗を15~20℃の温室内で行った。同年1月30日(第3~4本葉展開期)になすり付け法により接種を行い, 接種後は18℃の湿室に48時間保ち, その後15~20℃の隔離室で管理した。調査は同年2月28日に行い, 結果を発病株率および発病葉率で示した。

春季試験

農業試験場の温室および隔離室で試験を実施した。1985年2月22日に各系統の種子をポットには種(各系統10ポット, 50株/ポット, 500株)し, 育苗を15~20℃の温室内で行った。同年3月19日(第3~4本葉展開期)になすり付け法により接種を行い, 接種後は18℃の湿室に48時間保ち, その後15~20℃の隔離室で管理した。調査は同年4月20日に行い, 結果を発病株率および発病葉率で示した。

なお, 冬季および春季試験における供試株の育苗土には粒状培土を用い, 施肥は液肥(10-4-8)により適宜行った。

2. 農家における抵抗性系統の選抜

農家栽培系統のべと病に対する抵抗性程度を検定した1981年の試験結果から, 系統毎に抵抗性程度に差があることが明らかになった。このことから, 抵抗性系統の選抜が可能であること, 抵抗性系統の栽培がシュンギクべと病の有効な防除対策になることが示唆された。そこで, 現地のシュンギク栽培農家に, 1981年の秋季から各自の栽培系統の中から抵抗性系統を選抜するよう協力を求めた。すなわち, 多くの発病株に混じって少数ではあるが各農家のほ場に存在する未発病株を選ぶこと, 選ばれた未発病株の中から各自の採種基準に沿うものを親株として採種ほ場に移植すること, 移植後は現地の慣行にしたがって採種を行うことを指示した。1982年以降も毎年この手順をくりかえし, 産地全体が一体となって抵抗性系統の選抜に取り組んだ。

農家が抵抗性系統の選抜に着手して4年(4世代)が

経過した1985年の秋季に, 現地の8農家から8系統の種子を集めた。これらの種子を供試し, 広島市安佐南区安古市町中筋の露地栽培で試験を実施した。は種は1985年9月13日に行い, 試験は1区1.8m²(1.5m×1.2m)の3区制で実施し, 1区当たりの最終生育株数は48(株間0.15m, 条間0.25m, 6条植え)とした。同年10月23日および11月5日に1区30株, 計90株について自然発病条件下における発病株率および同葉率とともに生育調査として葉数(1区10株, 計30株)を測定した。なお, 対照には農業試験場で選抜した抵抗性系統(R₁-4, R₂-4, R₃-4)および感受性系統(S₁-4)を供試した。栽培管理および害虫防除は現地の慣行にしたがった。

3. 抵抗性系統の栽培と現地におけるべと病の発生状況

抵抗性系統の栽培以前の1979年から1981年および抵抗性系統の栽培が始まった1982年から1985年における秋まき栽培を対象に, 現地ほ場(広島市安佐南区祇園町および安古市町, 露地および雨除け栽培)でのべと病の発生状況を調査した。

各年度同一ほ場ではないが, 1981年の秋季以降, 抵抗性系統の選抜を続けている農家の50ほ場を対象に, 発生盛期(11月上中旬)における発生ほ場率および発生程度を調査した。なお, ほ場当たりの調査株数は40とした。

結 果

1. 農業試験場における抵抗性系統の選抜と選抜系統の発病抑制効果

1) 農家が栽培する系統の抵抗性程度

自然発病条件下におけるほ場試験および接種条件下におけるポット試験ともほぼ同じ結果を得たので, 表1にはほ場試験の結果を示した。表1に示したように, 各農家の栽培系統の抵抗性程度に差が認められた。供試した農家栽培系統の中では系統1, 2および3は, 接種条件下のポット試験でも抵抗性の程度が最も高く, 安定した抵抗性を持っているものと考えられた(以下, 系統1, 2および3をそれぞれR₁, R₂およびR₃とする)。R₁, R₂およびR₃系統は草姿や葉色等の形質にも優れ, 次年度以降の抵抗性系統選抜のための親株に供試した。これら3系統の他にもべと病に強い系統があったが, 草姿や葉色等の形質がやや劣るため抵抗性系統選抜の親株とはしなかった。一方, 発病の程度が特に高かったS₁系統については, 次年度以降の試験に対照として供試する感受性系統を選抜するための親株とした。なお, 市販品種の中葉種は感受性系統のS₁と同様べと病に対する抵抗性の程度が極

表1 農家栽培系統の抵抗性程度

(1981年)

系統	9月29日			10月11日		
	1株当葉数	発病株率 (%)	発病葉率 (%)	1株当葉数	発病株率 (%)	発病葉率 (%)
1(R ₁ 抵抗性)	19.4a	0a	0a	26.7a	23.3a	2.1a
2(R ₂ 抵抗性)	19.2a	0a	0a	28.9a	30.7a	2.6a
3(R ₃ 抵抗性)	17.4a	0a	0a	26.9a	33.2ab	3.1a
4	15.2a	0a	0a	24.9a	37.2ab	4.1a
5	16.4a	11.1a	2.3ab	26.0a	43.6b	4.2ab
6	17.6a	0a	0a	24.4a	43.3b	4.6ab
7	18.2a	6.7a	1.1a	27.2a	46.7bc	5.2ab
8	13.4a	10.0a	0.6a	22.7a	46.7bc	6.7b
9	15.9a	6.7a	1.1a	26.0a	50.0bc	7.7bc
10	15.5a	10.0a	1.3a	22.5a	56.7c	8.1c
11	19.9a	20.0b	1.4a	30.5a	50.0bc	10.4cd
12	17.6a	21.7b	3.8b	27.1a	50.3bc	11.9cd
13	16.3a	3.3a	0.2a	24.8a	51.8bc	14.5d
14	15.6a	3.3a	0.2a	27.1a	46.7bc	14.7d
15	20.6a	5.6a	0.4a	29.2a	53.3bc	14.7d
16(中葉種 市販)	27.4b	6.7a	0.3a	38.6b	76.7d	31.4e
17(S ₁ 感受性)	18.6a	47.0c	14.7c	30.5a	89.1e	38.6f

同じ英文字を付記する数値間には5%水準で有意差なし (Duncan's multiple-range test)

試験場所：広島市安佐南区安古市町中筋 (雨よけハウス栽培・自然発病)

めて低かった。

2) 抵抗性系統の選抜と抵抗性検定

1981年は各系統250株、1982年(第1世代)から1986年(第5世代)は各年度とも各系統2,000株を供試し、ポット栽培での接種試験(なすり付け法)により抵抗性の程度を検定した。図1および図2には、各世代における初発後約1カ月が経過した時点での各抵抗性系統(R₁, R₂, R₃)の発病状況を対照の感受性系統(S₁)とともに示した。いずれの抵抗性系統も現地での探索時に既に程度の高い抵抗性を持っていた(表1, 図1, 2)。図1に示したように、各抵抗性系統とも第1世代(1982年)における発病株率の低下はほとんど認められなかったが、第2世代で急激に低下した。しかし、各抵抗性系統とも第3世代以降の発病株率の低下はほとんど認められなかった。一方、図2に示した発病葉率は各抵抗性系統とも選抜開始以前の現地での探索時においても極めて低く、選抜をくり返してもさらに発病葉率が低下することはなかった。各世代における抵抗性系統の発病株率や発病葉率は感受性系統に比べると著しく低く、特にその傾向は発病葉率で顕著であった。また、表1に示したように抵抗性系統の初発病時期は感受性系統より遅れることも明らかにし

た。

第3世代の各系統(R₁-3, R₂-3, R₃-3, S₁-3)については抵抗性検定を秋季、冬季および春季に実施した。表2に示したように、秋季、冬季および春季いずれの時期の検定においても、各系統の抵抗性の程度に大きな変動はなかった。すなわち、抵抗性系統間の比較では、いずれの時期の検定においても概ねR₁の抵抗性の程度が最も高く、R₂がこれに次ぎR₃の抵抗性の程度が最も低かった。

2. 農家における抵抗性系統の選抜

1982年から1985年の4カ年にわたり交配をくり返して得られた農家選抜系統(第4世代)、8系統の抵抗性の程度を表3に示した。全体的にみると、農業試験場で選抜した対照の抵抗性系統(R₁-4, R₂-4, R₃-4)に比べると、抵抗性の程度が若干低かった。しかし、農家選抜系統の21および22の発病株率と同葉率はR₁-4, R₂-4およびR₃-4とほとんど差がなく、これら抵抗性系統とほぼ同程度の抵抗性を持っていた。これら2系統を含めて農家が選抜した8系統の抵抗性の程度を対照の感受性系統(S₁-4)と比較すると、概ね発病株率を1/3~1/6, 発病葉率を1/7~1/20に抑制した。したがって、農家

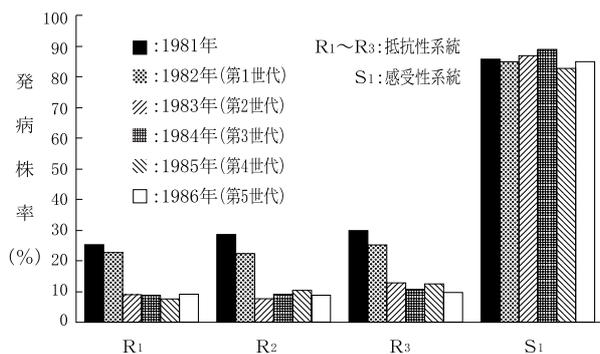


図1 農業試験場選抜系統の世代別発病株率の推移

注)

1981年：各系統250株供試（9月28日接種，10月9日初発，11月5日発病調査）
 1982年～1986年：各年度とも各系統2,000株供試（9月中旬から10月中旬にかけて約10日毎に4回接種，各接種時500株供試，各接種試験とも接種後10～14日に初発，初発約1カ月後に発病調査）

が選抜した系統もほぼ農業試験場の選抜系統と同程度の抵抗性を持つものと判断した。

3. 抵抗性系統の栽培と現地におけるべと病の発生状況

表4に示したように，各農家が抵抗性系統の選抜に取り組んだ翌年の1982年以降，べと病の発生は場率および発生程度が徐々に低下し始めた。1984年以降の巡回調査では，各農家が選抜した系統は多発した場合でも発病株率が30%以下で，その発病した株をみると，多くて3葉が発病するにとどまり，しかも病斑は小さくほとんど分生胞子を形成しない軽度なものであった。このように，各系統とも発病を完全に抑えることはできないものの，中程度の抵抗性を持っていた。

考 察

べと病菌は人工培養ができない。このため，現地から採集した罹病株を第1次伝染源にして，これをポット栽

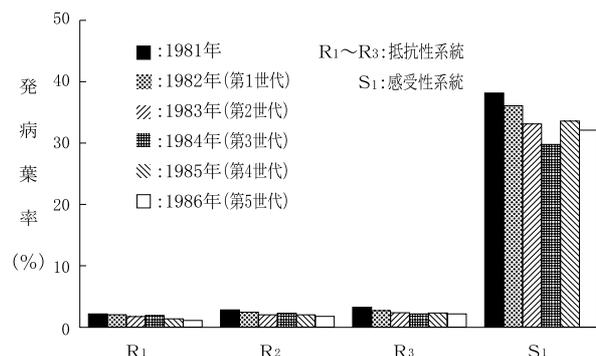


図2 農業試験場選抜系統の世代別発病葉率の推移

注)

図1参照

培のべと病感受性系統（S₁-N）に継代接種することで接種源を維持しなければならなかった。さらに，本病原菌は夏季の高温期に生育できないため，7～8月に病原菌を維持することができなかった。このことから，毎年9月中旬から10月上旬にかけて新たな第1次伝染源を現地から採集し，これを基に当該年度における試験の接種源を確保しなければならなかった。しかしながら，図1および図2の感受性系統（S₁）の発病株率や発病葉率の推移が示すように，各年度に供試した病原菌の病原力は極めて高く，しかも年次間差がほとんどなかった。このため，各年度とも供試菌の接種により感受性系統と抵抗性系統を明確に判別することができ，さらに，年次間における抵抗性の程度の比較も可能にした。このような結果が得られたことから，上述した接種源の確保と維持方法が本試験の目的を達成する上で適切であったと判断した。

現地におけるシュンギクの交配は，採種親株をビニールハウス内に移植し，翌春の開花時期にハウス側面のビニールを除去して雨除け状態に保ち，自然受粉（虫媒）により行われている。しかしながら，農業試験場の近傍ではべと病に対する抵抗性程度の不明なシュンギクが家庭菜園で栽培されているため，雨除け網室内に採種親株

表2 農業試験場選抜系統の抵抗性程度

(1984～1985年)

(系統—世代)	秋季検定 ^{a)}		冬季検定 ^{b)}		春季検定 ^{b)}	
	発病株率 (%)	発病葉率 (%)	発病株率 (%)	発病葉率 (%)	発病株率 (%)	発病葉率 (%)
(R ₁ -3)	6.7a	1.8a	13.9a	1.7a	17.1a	1.2a
(R ₂ -3)	13.3b	2.1a	16.7a	2.3a	33.3b	1.4a
(R ₃ -3)	15.0b	2.8a	20.9a	3.9a	25.0ab	2.9a
(S ₁ -3)	67.7c	27.2b	70.1b	31.0b	73.5c	33.3b

同じ英文字を付記する数値間には5%水準で有意差なし (Duncan's multiple-range test) (有意差は検定期毎の系統間で比較)

a) 広島市安佐南区祇園町西原 (露地栽培・自然発病)

b) 農業試験場 (温室内ポット栽培・接種試験)

表3 農家選抜系統の抵抗性程度

(1985年)

(系統—世代)	10月23日			11月5日		
	1株当葉数	発病株率 (%)	発病葉率 (%)	1株当葉数	発病株率 (%)	発病葉率 (%)
農家選抜系統						
(18-4)	16.3b	6.7b	2.4c	29.4ab	20.0b	2.7b
(19-4)	16.0b	11.1c	2.8c	29.2ab	25.5c	3.3bc
(20-4)	13.7a	7.8b	2.3c	26.5a	26.7c	3.6bc
(21-4)	15.8b	8.9bc	1.8c	28.4ab	13.3a	1.9ab
(22-4)	15.7b	6.7b	2.1c	29.1ab	16.7ab	3.6bc
(23-4)	16.6b	11.1c	2.6c	27.2ab	21.1b	3.3bc
(24-4)	15.8b	5.6b	3.3c	29.0ab	25.6c	3.1bc
(25-4)	15.8b	6.7b	3.0c	29.8ab	26.7c	5.4c
農業試験場選抜系統						
(R ₁ -4)	16.2b	1.7a	0.1a	30.5ab	11.1a	1.0a
(R ₂ -4)	15.9b	5.6b	0.7b	33.2b	13.3a	1.6a
(R ₃ -4)	15.9b	6.7b	1.9c	31.4ab	18.3b	2.1ab
(S ₁ -4)	16.9b	34.4d	11.6d	30.4ab	83.3d	35.4d

同じ英文字を付記する数値間には5%水準で有意差なし (Duncan's multiple-range test)

試験場所：広島市安佐南区安古市町中筋 (露地栽培・自然発病)

を移植し、人工受粉により交配を行う必要があった。この交配方法によっても、各系統 (R₁, R₂, R₃, S₁) とも発芽が良好な充実した種子が多量に得られ、毎年次世代の検定株の育成に供試することができた。

べと病に対する抵抗性の素材を探索する目的で、本病が激発した1980年に現地ほ場を巡回し、発病が少なかった15戸の農家から種子 (15系統) の分譲を受けた。それらの種子を1981年に現地試験 (自然感染条件下) および農業試験場でのポット試験 (接種) に供試し、同じ栽培条件下でのべと病に対する反応をみた。いずれの系統も前年に各農家のほ場で行った調査では高い抵抗性を示したが、栽培条件が同じ環境下での比較では系統間の抵抗性程度に差があった (表1)。しかしながら、R₁, R₂ および R₃ は現地およびポットの両試験において程度の高い抵抗性を示した。したがって、これら3系統を抵抗性系統選抜の基になる親株に供試した。

これら3系統の第3世代種子 (R₁-3, R₂-3, R₃-3) を供試し、秋季露地栽培、冬季ハウス栽培および春季ハウス栽培の条件下で抵抗性の程度を検討したところ、各系統ともいずれの栽培条件下においても中程度の抵抗性を示すことがわかった。したがって、これら3系統は異なった栽培環境下においても安定した抵抗性を示すものと考えられる。

農業試験場で選抜した抵抗性の3系統は、いずれも対照の感受性系統に比べると発病株率が1/4以下、発病葉

率が1/15~1/35と極めて低く、抵抗性系統の利用がシュンギクべと病の有力な防除対策になるものと考えられた。これら3系統の抵抗性は中程度のものであるが、その抵抗性には発病株率だけでなく、発病葉率を感受性系統に比べて著しく低下させ、さらに初発病時期を遅らせる効果もあった。この事実から、中程度の抵抗性系統の栽培であっても、生育期における現地ほ場での病原菌の伝染源密度を著しく低減するとともに、病勢進展率 (van der Plank, 1963) をも抑制し、現地におけるべと病の発生を著しく低減する効果を持つものと示唆された。

現地の農家では、各自が栽培するシュンギクの形質を最良のものとしてその維持管理 (自家採種による種子の確保) に努めてきた経緯がある。農業試験場で選抜した抵抗性系統は形質の点から現地に普及させることは難しい。したがって、各農家の栽培する系統の中から抵抗性系統を選抜しなければならなかった。そこで、各農家ともべと病が激発した1981年の秋季から抵抗性系統の選抜に取り組み始めた。選抜を始めて4年後の1985年に農家選抜系統の抵抗性の程度を検定した結果、多くの農家が農業試験場で選抜した系統と同程度の抵抗性、すなわち、中程度の抵抗性を持つ系統を既に栽培していた。農家が選抜した抵抗性系統も、農業試験場で選抜した系統と同様、発病株率とともに同葉率を感受性系統に比べると著しく低下させ、さらに初発病時期を遅らせた。既述のように中程度の抵抗性を持つ系統の栽培であっても、生育

表4 シュンギク産地（広島市安佐南区祇園町・安古市町）におけるべと病の年度別発生状況

年度	調査ほ場数	発生ほ場率 (%)	調査株数 ^{a)}	平均発生程度 ^{b)}
1979	50	80	2000	1.8
1980	50	100	2000	2.8
1981	50	100	2000	2.9
1982	50	60	2000	2.2
1983	50	40	2000	1.5
1984	50	38	2000	1.2
1985	50	38	2000	1.2

調査時期：各年度とも11月上中旬

a) 1ほ場当たり40株調査

b) 発生程度少のほ場（指数1）：発病株率が5%以下で、発病葉数が極めて少ないほ場

発生程度中のほ場（指数2）：発病株率が7.5～75%で、発病葉数が少ないほ場

発生程度甚のほ場（指数3）：発病株率が77.5%以上で、発病葉数が極めて多いほ場

$$\text{平均発生程度} = \frac{1 \times \text{発生程度少のほ場数} + 2 \times \text{発生程度中のほ場数} + 3 \times \text{発生程度甚のほ場数}}{50}$$

期における現地ほ場での病原菌密度が著しく低減されるとともに、初発病時期が遅れるために病勢進展率が抑制され、発病を有効に抑えることが可能と考えられた。事実、各農家が抵抗性系統の選抜に取り組み始めた翌年（第1世代）の1982年から現地におけるべと病の発生が徐々に低下し始めた。このように、中程度の抵抗性を持つ系統の栽培であっても、農家の要求に応えるだけの被害軽減効果が十分に得られることが実証された。

なお、シュンギクに使用できる登録農薬がなかったため、1985年まではべと病防除に有効な薬剤散布は実施されていない。また、発病が減少し始めた1982年から巡回調査を終了した1985年までの4カ年の気象条件は、べと病の発生を特に抑制するものではなかった。したがって、現地における発生ほ場率や発生程度の低下は、各農家が選抜した抵抗性系統の栽培に負うところが大きいものと考えられる。

農業試験場選抜系統の世代間の発病株率の推移をみると、第2世代（図1、1983年）以降、各系統とも抵抗性の程度がさらに高まるという結果は得られなかった。同様に、現地における1983年以降の発生ほ場率や発生程度にも目立った低下はみられなくなった。本試験におけるべと病に対するシュンギクの抵抗性系統の選抜方法は、理論的には真性抵抗性品種の育成法の概念に沿ったものである。しかし、真性抵抗性品種の育成に取り組むためには、少なくとも育成初期の段階において株を単位とした隔離条件下での厳密な交配が必要とされ、また、育種年限も長期に及ぶ。したがって、特別な隔離施設と交配作業に専門的な技術や多大な労力と時間を必要とし、さ

らに、品種育成までに長期間を要する育種法を農家に普及できない。このため、選抜（交配と採種）については農家が長年経験してきた方法に従った。すなわち、各抵抗性系統について複数の抵抗性親株を一つの集団にして交配をくり返す方法を毎年くり返した。このような交配方法では現地に分布するべと病菌のレースに対して真性抵抗性遺伝子をホモに持つ個体（株）、すなわち、高度な抵抗性を持つ個体（株）の比率を高めるには限界があると考えられ、世代を重ねても抵抗性の程度をさらに高めることはできなかった。

上記の理由により、各抵抗性系統の中には選抜の世代を経ても発病する株が少なからず存在した。しかしながら、これらの発病株をみると、発病葉数が極めて少なく、病斑上での分生胞子の形成が乏しく、初発病時期も遅く、発病の程度は感受性系統に比べると著しく低かった。これら発病程度の著しい低下は、ほ場抵抗性（江塚，1995；van der Plank, 1963）によるもので、農業試験場や農家が選抜した多くの抵抗性系統が程度の高いほ場抵抗性を持っていた。

イネのいもち病や白葉枯病（江塚，1995）あるいはジャガイモの疫病（van der Plank, 1963）の報告にあるように、これらの病害に対する真性抵抗性品種の栽培を続けられれば、真性抵抗性品種を侵す新たな病原菌のレースが出現する。したがって、シュンギクについても新たなべと病菌のレースの出現により抵抗性が打破される事態が予想される。真性抵抗性品種が栽培され始めてから新たな病原菌レースの出現によりその抵抗性が打ち破られるまでの期間は、その品種の持つほ場抵抗性に左右されると

されている(江塚, 1995; van der Plank, 1963)。農業試験場や農家が選抜したシュンギクの抵抗性系統の多くが、不完全ではあるが真性抵抗性に基づくと考えられる抵抗性ととも、程度の高いほ場抵抗性を合わせ持っていることは既に述べた通りである。シュンギクのべと病抵抗性系統の栽培が始まった1982年以降、べと病の発生ほ場率や発生程度が低く推移していることから(表4)、程度の高いほ場抵抗性に裏付けされた各抵抗性系統の抵抗性は長い年月にわたって安定的に維持されるものと考えられる。

産地が一体となって抵抗性系統の選抜に取り組むことができた理由は、ヒロシマナの白さび病(酒井, 2004)で報告した通りである。すなわち、①産地が小さく、しかも狭い地域内にシュンギクの栽培農家がまとまって存在するため、互いの技術情報の交換が容易であること ②抵抗性系統の選抜方法が簡単で誰にでもできること ③総ての農家が一斉に選抜に取り組まなければ抵抗性系統が得られないこと、すなわち、一農家でも選抜に手を抜けば、その採種ほ場の花粉が蜂に運ばれ抵抗性系統選抜の阻害となるとともに、そのほ場の発病が伝染源になり産地全体が被害を被ることの認識が生まれたこと ④防除薬剤がなく抵抗性系統の選抜と抵抗性系統の利用以外に有効な対策がないこと等が上げられる。したがって、農家の協力なしに防除対策を構築できないことを明記したい。

抵抗性品種の利用や耕種的方法を積極的に取り入れた病害虫の防除対策および病害虫の発生生態に基づいた合理的な減農薬栽培法の確立が、現在消費者に最も望まれている。本稿で述べた方法は今後の病害虫防除、特に、適用登録農薬がないか、あるいはあっても極めて少ない地域特産作物やマイナー作物の病害虫防除のあり方を示す一つの事例であり、農薬に過度に依存する現行の病害虫防除の実態を少しでも改善するための参考になれば幸いである。

摘 要

広島市安佐南区祇園町・安古市町のシュンギク(*Chrysanthemum coronarium* L.)栽培地域で、1979年の初秋に日本で始めてべと病(*Peronospora Chrysanthemi-*

coronarii (Sawada) S. Ito et Tokunaga)の発生が確認され、その後1982年にかけて大発生し大きな被害をもたらした。

べと病が激発した1980年に現地ほ場を調査した結果、発病程度にはほ場間差が認められた。この事実に着目し、ヒロシマナの白さび病(酒井, 2004)と同様に抵抗性系統の利用による防除法を検討し、以下の結果を得た。

1)べと病の発生が少ない農家の種子を供試し、1981年に農業試験場においてべと病菌の接種条件下で抵抗性の程度を判定した。その結果、べと病に抵抗性を持つ系統の存在を明らかにした。

2)接種により発病しなかった抵抗性株を供試し、1982年から1986年にかけて農業試験場において抵抗性系統選抜のための交配をくり返した。その結果、1984年(第3世代)に中程度の抵抗性を持つ系統を選抜できた。

3)各農家においても1982年から抵抗性系統の選抜に取り組んだ。その結果、各農家とも1985年(第4世代)に中程度の抵抗性を持つ系統を選抜した。

4)抵抗性系統の選抜と栽培に取り組んだ結果、現地におけるべと病の発生は1982年から減少し始め、1984年以降、本病による実質的な被害はほとんどみられなくなった。

謝 辞

本研究の実施に当たり、現地での調査および農家への技術の普及に多大なるご協力をいただいた元広島農業改良普及所の松原一彦氏ならびに現地におけるシュンギク栽培農家の諸氏に厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 伊藤誠哉. 1936. 大日本菌類誌 一第一巻 藻菌類—養賢堂. pp.218-219.
- 江塚昭典. 1995. 寄主の抵抗性による防除. 植物病理学辞典. 日本植物病理学会編. 養賢堂. pp.733-739.
- 酒井泰文. 2004. 抵抗性を利用したヒロシマナ白さび病の防除法. 広島農技セ研報. 76:19-25. (投稿中)
- van der Plank, J. E. 1963. Plant disease; epidemics and control. Academic press, N. Y., London. pp.171-259.

Control of Downy Mildew of Garland Chrysanthemum by Varietal Resistance

Yasufumi SAKAI

Summary

The occurrence of downy mildew (*Peronospora chrysanthemi-coronarii* (Sawada) S. Ito et Tokunaga) of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.) was first noticed at the fields near Hiroshima city in early autumn in 1979. It also broke out in 1980, 1981 and 1982 and caused serious damage to the crop. Because the disease has not occurred before in Japan, we had no information about its effective control measure. The crop is parasitized by many pests and suffered economical loss. However, there are few agricultural chemicals that can be used to control its pests officially because it is a minor crop.

In spite of extremely severe outbreak of the disease, only a few disease free plants were remained in almost every farmer's field in 1980. It also became apparent in the experiment in 1981 that the crossing among these disease free plants easily raised the disease resistant lines. Because every farmer has confidence about the quality of his own crop, he have been cultivating the crop by home seed-raising. Because of this reason, the farmers had to select the disease resistant lines by themselves. They began to make crossing among the disease free plants remained in their own fields in 1981. The crossing among the disease free plants was repeated thereafter and the resistant lines were selected until 1985.

As a result of cultivation of the disease resistant lines, the disease occurrence in farmer's fields significantly decreased from 1984, then the farmers did not suffer economical loss.

The selection of the pest resistant lines seems to be an ideal and effective method to control the pests for minor crops to which very few agricultural chemicals can be used officially.

Key words : control, downy mildew, garland chrysanthemum, resistant lines