

北海道におけるアズキ土壤病害抵抗性育種の現状

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 ^{ふじ} 藤 ^た 田 ^{しょう} 正 ^{へい} 平
農業研究本部 中央農業試験場

はじめに

北海道のアズキ栽培面積は、近年 24,000 ha 前後で推移し、その生産量は全国の約 9 割を占める。道産アズキの品質は実需者から高い評価を受けており、畑作経営上も輪作作物として重要な位置を占めている。このため、道産アズキに対する実需者や生産者の期待は大きく、良質、安定生産、供給が強く求められている。

北海道のアズキ生産において、最も深刻な減収要因は冷害などの気象要因であるが、1970 年代以降に発生した土壤伝染性病害、すなわちアズキ落葉病 (*Cadophora gregata* f. sp. *adzukicola* : 以下「落葉病」と略)、アズキ茎疫病 (*Phytophthora vignae* f. sp. *adzukicola* : 以下「茎疫病」と略) およびアズキ萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *adzukicola* : 以下「萎凋病」と略) も、その発生に年次・地域間差があるものの重要な問題である。

落葉病は、1970 年にアズキ主産地の十勝地方で大発生し、その後、発生地域が拡大した。多発年には発生面積率が 50% 前後にまで達したことがあり (図-2)、現在でも最重要病害とされる。病原菌は初生葉展開期の 6 月中旬に根部から侵入し、葉柄の維管束細胞をえ死させ、発病株は 8 月下旬ごろより順次下位葉から落葉する。また、冷害年に多発して被害を拡大する (千葉, 1982)。

茎疫病は 1977 年に発生が確認され、上川および道央部の水田転換畑を中心に発生している。病徴は幼苗期には根部、胚軸が侵され立枯状となり、生育中期以降は主茎および下位分枝節に水浸状病斑を生じる。

萎凋病は 1980 年代前半から道央部で発生している。病徴は幼苗期から葉部に葉脈えそ・縮み症状が現れ、最終的に落葉・枯死する。

これらの病害が発生した場合、早期発病株は枯死し、生育中期以降の発病でも着莢数の減少、子実肥大の阻害をもたらすため、大きく減収する。耕種的・化学的防除が難しいため、抵抗性品種の育成が強く要望されている。北海道では、アズキ育成地である北海道立十勝農業試験場 (現、(地独) 北海道立総合研究機構十勝農業試

験場、以下「十勝農試」と略) を中心に、1976 年に落葉病、1978 年に茎疫病、1986 年に萎凋病に対する抵抗性育種を開始した。本報では北海道におけるアズキ病害抵抗性育種のこれまでの経過について概略を報告する。

I 病害抵抗性育種の開始から実用品種の育成まで

1 育種に利用できる検定法の開発

抵抗性育種を開始するにあたり、病理研究者との連携は不可欠であった。病理研究者が病原菌の同定、レース分化および発生生態等の詳細な解明を行うのと並行し、育成場はその知見をいかに育種に応用するかという観点で検討を加えた。抵抗性品種の育成には、①検定法の確立、②抵抗性遺伝資源の探索、③抵抗性の遺伝様式の検討、④交雑による抵抗性遺伝子の導入、⑤雑種後代からの抵抗性選抜が必要であるが、上記②と⑤の目的達成のためには、大量の材料 (最低でも栽植個体数で 3 ~ 4 万個体/年) の抵抗性を評価できる簡便な検定法の開発が必要である。このため、病害発生が確認されている農家圃場、あるいは罹病残さ・病土を無病圃に投入し、極短期輪作することで発病の助長・均一化を図った多発圃場 (20 ~ 30 a) を新たに造成し、その中で選抜・検定を行った。茎疫病については、水媒伝染する特性も利用し、開花期ごろに一時的な湛水処理を行い検定精度の向上を図った (田引ら, 1990)。圃場検定は気象などの環境条件の影響により発病程度が変動するため、実際の選抜・検定では比較品種を必ず同時に供試し、それとの比較で各系統の抵抗性を判定した。これらの検定法は、現在でも利用され、検定精度の高さが証明されている。ただし、試験の性格から抵抗性品種・系統を短期輪作することから、検定圃場の優占レースが変動して検定精度が低下する問題が生じており、その対策が必要となっている。

2 病害抵抗性遺伝資源の探索と育種への利用

(1) 抵抗性遺伝資源の探索

十勝農試では造成した検定圃場を利用し、保有していた国内外のアズキ在来種などの抵抗性検定を行い、育種のための抵抗性供給源を得ようとした。落葉病と茎疫病については、約 10 年間で各々 1,000 点以上を検定した。萎凋病については、落葉病抵抗性品種のほとんどが萎凋病抵抗性も同時に有していたため、試験開始後、速やか

に抵抗性供給源が見つかり、その後試験を縮小した。これらの結果、抵抗性遺伝資源として落葉病 67 点、茎疫病 20 点、萎凋病 18 点が得られた（藤田，2003）。抵抗性遺伝資源を来歴別に見ると、落葉病抵抗性は東北地方（特に岩手県）と韓国の品種に多く、茎疫病抵抗性は韓国（特に慶尚北道）の品種に集中するといった興味深い知見が得られた（藤田ら，1995）。

（2）抵抗性遺伝資源の育種への利用

得られた抵抗性遺伝資源は、順次、北海道在来種や育成品種系統と交配し、その雑種後代から抵抗性系統の選抜を行った（表-1）。抵抗性遺伝資源はすべて道外から導入されたものであり、北海道では極晩生となるため、早熟性も重要な選抜形質であった。また、交配母本の選定にあたっては、一つの遺伝資源に集中せず、複数の抵抗性供給源を育種材料の中に取り込むように配慮した。これは、特定の母本の組合せ能力が劣る、あるいは致命的な欠点を有する等のリスクを分散させるためであった。このことは後に、茎疫病菌新レースの発見から 2 年で、新レース抵抗性の地方配付系統（‘十育 149 号’：現在は十勝農試品種保存）が奨励品種決定基本調査に供試できたという結果を生んだ。

抵抗性遺伝資源と感受性品種系統の雑種後代を用いて、遺伝様式の検討を行った。その分離比から落葉病

（千葉，1987）、萎凋病（近藤，1995）はいずれも、抵抗性が感受性に対して優性の一遺伝子座の支配が大きいと推察された。また前述の通り、落葉病抵抗性品種のほとんどは萎凋病抵抗性であることから、落葉病と萎凋病の抵抗性遺伝子が強連鎖している可能性が示唆された。茎疫病については、抵抗性個体と感受性個体の明確な区分が難しく、詳細な検討が行われていない。しかし、初期分離世代で抵抗性個体の頻度が高く、抵抗性が優性である少数遺伝子座が関与している可能性が高いと推察される。このような遺伝様式であったため、各病害とも抵抗性個体の選抜は比較的容易であった。

3 病害抵抗性品種の育成

落葉病に対しては、抵抗性育種開始から 10 年後に北海道で初めての抵抗性品種‘ハツネショウズ’（1986 年：育成年，以下同じ）を育成した。また、茎疫病に対しては、開始 14 年後に茎疫病抵抗性と落葉病抵抗性を合わせ持つ‘アケノワセ’（1992 年）を育成した。しかし、両品種は収量性、耐冷性および品質が劣ったため大きな普及には至らなかった。これは、抵抗性起源がいずれも本州あるいは韓国の在来種であり、北海道の品種と遺伝的に遠縁であるため、これらを直接交配した組合せの後代に病害抵抗性以外の農業形質が優れる系統が少なかったことによる。このため‘ハツネショウズ’育成以後、農業

表-1 交配に利用した主な病害抵抗性遺伝資源（1993 年まで）

育種目標	導入時品種名または十勝農試保存番号 ^{a)}	導入先 (由来)	交配利用 開始年 (年次順)	育成した耐病性品種（育成年） ^{b)}
落葉病 (および 萎凋病) 抵抗性	赤豆	韓国	1976	ハツネショウズ (1986), アケノワセ (1992) きたのおとめ (1994), きたほたる (2004), <u>きたろまん (2005)</u> , <u>きたあすか (2010)</u> しゅまり (2000), ときあかり (2001), <u>きたあすか (2010)</u> とよみ大納言 (2001), ほまれ大納言 (2008), <u>きたろまん (2005)</u>
	小納言 (刈 57 号)	東北地方	1977	
	円葉 (刈 63 号)	東北地方	1978	
	黒小豆 (岡山)	東北地方	1978	
	丸葉 (刈 68 号)	東北地方	1978	
	小長品-10	東北地方	1980	
	Acc86	岩手	1984	
	Acc1238 (ヤブツルアズキ)*	新潟	1986	
	Acc 951 (ヒメツルアズキ)*	韓国	1986	
	そのほか 11 品種			
茎疫病 抵抗性	能登小豆	石川	1978	アケノワセ (1992), きたほたる (2004), きたろまん (2005) しゅまり (2000), ほまれ大納言 (2008), きたあすか (2010)
	浦佐 (島根)	島根	1983	
	Acc 787	韓国	1989	
	Acc 830	韓国	1992	
	Acc 820	韓国	1993	
	Acc 826	韓国	1993	
	そのほか 2 品種			

^{a)} Acc：十勝農試品種保存番号。*：アズキ近縁野生種。

^{b)} 下線：耐病性の由来が二つあることを示す（重複記載）。

形質の向上を目標に耐冷、多収、良質の‘エリモショウズ’（1981年）を積極的に交配に利用するとともに、落葉病、茎疫病および萎凋病抵抗性の複合化を目指した。抵抗性の育成系統同士を交配することで、北海道に適応した優良遺伝子が集積し、有望系統が多数育成された（藤田，2003）。これらの中から、現在でも病害抵抗性品種の基幹品種となっている耐冷性が強く、良品質の落葉病・萎凋病抵抗性品種‘きたのおとめ’（1994年）および我が国で初めての落葉病・茎疫病・萎凋病複合抵抗性の良質品種‘しゅまり’（2000年）が育成された。抵抗性品種の収量性・品質・耐冷性等は、両品種に至って初めて一般品種並みに大きく改善できた。このため品種の育成における抵抗性の特性は、その後、「病害抵抗性品種」といった枠ではなく、一般品種における必須あるいは重要特性の一つとして位置づけられるようになった。十勝農試では、その後も五つの北海道優良品種‘とよみ大納言’（2001年）、‘きたほたる’（2004年）、‘きたろまん’（2005年）、‘ほまれ大納言’（2008年）および‘きたあすか’（2010年）を育成してきたが、これらはすべて落葉病・萎凋病抵抗性であり、‘とよみ大納言’以外の品種は茎疫病抵抗性も合わせ持つ（表-1）。

4 病害抵抗性品種の普及による防除効果

図-1に落葉病あるいは茎疫病の発生圃場における、抵抗性品種・系統の発病度と子実重を示した。感受性の

‘エリモショウズ’が発病度80以上となる激発条件であっても、‘きたのおとめ’と‘十系494号’（十勝農試品種保存、‘しゅまり’の母親）ではほとんど発病が認められない。子実重は‘エリモショウズ’が68～119 kg/10 aと低収である一方で、‘きたのおとめ’と‘十系494号’は250 kg/10 a以上の多収を示すなど、育成された抵抗性品種による防除効果は高いものであった。また、‘きたのおとめ’と‘しゅまり’の抵抗性は、それ以前の‘ハツネショウズ’と‘アケノワセ’よりも強く、このことは抵抗性起源の違いにより抵抗性レベルが異なることが原因と推察された（表-1）。

図-2に病害の発生面積率と抵抗性品種の普及率を示した。現在の抵抗性品種の普及程度は約50%であるが、病害の発生圃場に優先的に導入されている。その結果、落葉病の発生は低下し、萎凋病については1990年代中ごろから発生が皆無となった。その一方で、茎疫病の発生面積率は横ばい傾向にある。これは、‘しゅまり’と同レベルのレース抵抗性を有する品種がまだ十分に普及していないことも一因と考えられる。‘しゅまり’並みの強い抵抗性を有する‘きたあすか’と‘ほまれ大納言’（表-1）が、茎疫病の主な発生地帯である道央以南で今後普及することが見込まれており、その効果に期待したい。

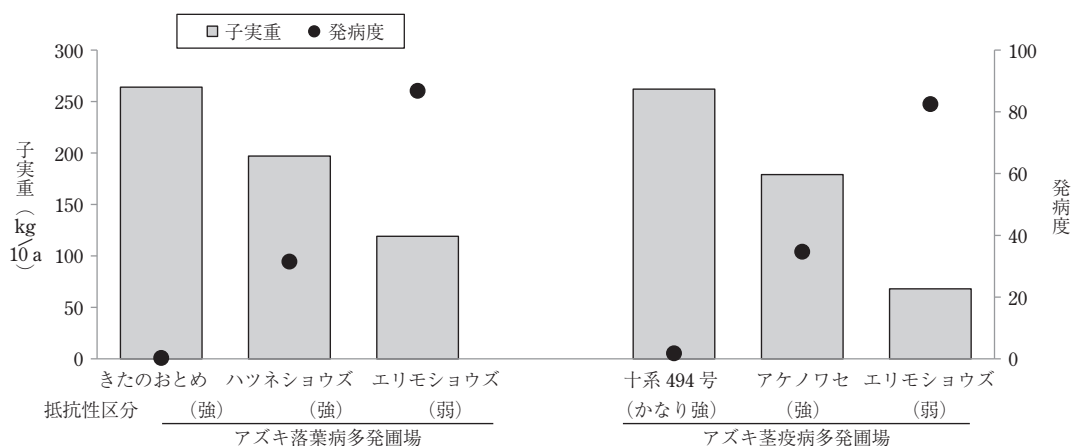


図-1 育成した病害抵抗性品種の病害多発圃場における子実重と発病度

注1) 3年平均。

注2) 発病度 = $|\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別発病株数}) / (4 \times \text{調査株数})|$

発病指数

アズキ落葉病 0: 発病が認められない, 1: 軽い発病が認められる

2: 病徴が下位葉にとどまる, 3: 病徴が全体に及んでいる, 4: 枯死。

アズキ茎疫病 0: 発病が認められない, 1: 病斑が認められる,

2: 病斑が明瞭に認められる, 3: 病斑が進んでいる, 4: 枯死。

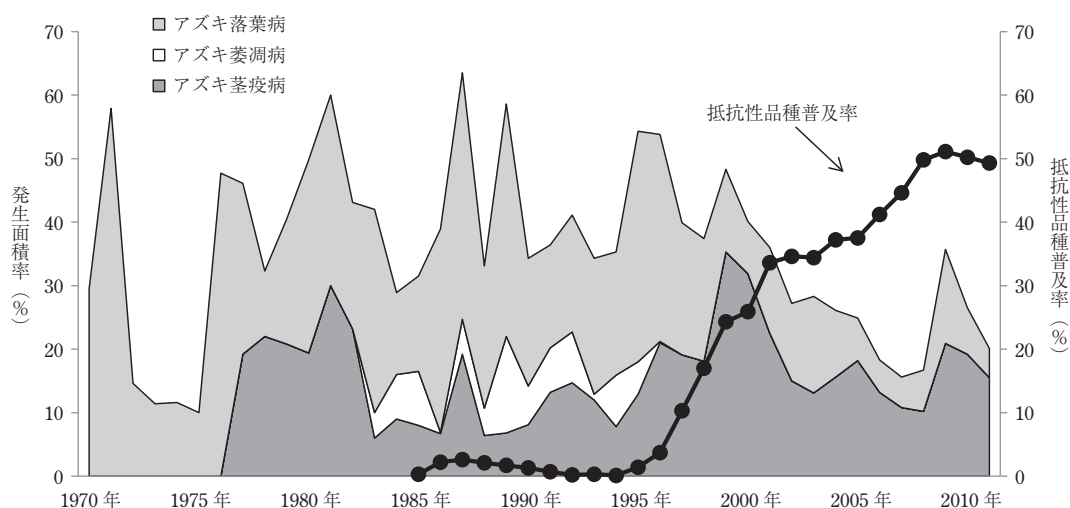


図-2 北海道における各病害の発生面積率と抵抗性品種の普及率

注) 発生面積率は農作物有害動植物発生予察事業年報, 抵抗性品種普及率は北海道農政部資料による。

II 落葉病と茎疫病のレース分化と育種的対応

1 抵抗性品種の罹病化

‘きたのおとめ’や‘しゅまり’は、強い抵抗性を有し、適正な輪作の中ではほとんど発病しないと予想していた。しかし‘きたのおとめ’が育成された1994年に、十勝農事場内および北海道大学農学部農場の落葉病試験圃で、本品種が落葉病に激しく罹病した。これらの圃場はアズキを連作あるいは短期輪作で栽培してきた圃場であった。当時、アズキ落葉病菌はレースの存在が明らかではなかったが、罹病化の原因として‘きたのおとめ’を侵すレースが存在する可能性が最も高いと推察された。一方、茎疫病についても、‘しゅまり’育成中の1999年に、農家圃で実施した奨励品種決定現地調査の一部で、本品種が茎疫病に激しく罹病した。アズキ茎疫病菌については、当時から北海道内に三つのレースが存在することが報告されていたが、‘しゅまり’を侵すレースは確認されていなかった(牧野ら, 1997)。しかし、同じ *Phytophthora* 属菌によるダイズ茎疫病 (*Phytophthora sojae*) では世界的に多数のレースが確認されていることから、新レース出現の可能性が高いと考えられた。

2 アズキ落葉病菌・茎疫病菌の新レースの発見

‘きたのおとめ’が大きく罹病した試験圃場を含む複数の圃場の土壌や罹病個体から分離したアズキ落葉病菌6菌株について、浸根接種法により‘きたのおとめ’、‘エリモショウズ’および‘ハツネショウズ’に対する病原性を調査した。この結果、‘エリモショウズ’はすべての菌株

に感受性であったのに対して、‘きたのおとめ’では抵抗性を示す菌系と感受性を示す菌系に明瞭に分かれ、この結果‘きたのおとめ’に病原性を持たないレース1と病原性を持つレース2のレース分化を初めて明らかにすることができた。さらに、‘ハツネショウズ’は両レースに対して中間的な抵抗性を示し、両品種と反応が異なった。レース×品種間の反応に交互作用が認められたため、‘きたのおとめ’以外の主要な落葉病抵抗性4品種系統についても調査した結果、①レース1に抵抗性でレース2に感受性(‘きたのおとめ’、‘しゅまり’、‘十育125号’), ②両レースに対して中間的な抵抗性(‘ハツネショウズ’), ③レース1に抵抗性でレース2に中間的な抵抗性(‘中育132号’)の3タイプに分類でき、この違いは抵抗性起源の違いによるものと推察されたが、レース2に抵抗性のものは認められなかった(Kondo et al., 1998; 表-2)。

茎疫病については、1999年の奨励品種決定調査で抵抗性品種‘しゅまり’の発病個体から分離した茎疫病菌の菌株を‘エリモショウズ’、‘能登小豆’、‘寿小豆’、‘浦佐(島根)’および‘しゅまり’の幼苗に接種し、その病原性を調査した。その結果、これらの菌株は供試したすべての品種・系統に病原性を示し、これまで確認されているレースの反応と異なったことから、これらの菌系をアズキ茎疫病菌の新レース、すなわちレース4とした(Notsu et al., 2003; 表-3)。

3 新レースの北海道における地理的分布

アズキ落葉病菌と茎疫病菌の新レースは、‘きたのおとめ’や‘しゅまり’等普及を期待された病害抵抗性品種

表-2 異なるアズキ落葉病菌株に対する各品種系統の反応性

レース	エリモシヨウズ	きたのおとめ [円葉 (刈 63 号)] ^{a)}	ハツネシヨウズ [赤豆]	十育 125 号 [丸葉 (刈 68 号)]	十育 132 号 [Acc86]	しゅまり [黒小豆 (岡山)]
1	S ^{b)}	R	I	R	R	R
2	S	S	I	S	I	S

^{a)} 品種系統名の下段 [] 内は、各々のアズキ落葉病抵抗性母本（十勝農試品種保存）。

^{b)} R：抵抗性，I：中間的，S：感受性。

表-3 レース 4 を加えたアズキ茎疫病菌のレースと判別品種

レース	品種名			
	エリモシヨウズ	寿小豆	能登小豆	しゅまり 浦佐 (島根)
1	S ^{a)}	R	R	R
2 ^{b)}	S	S	R	—
3	S	S	S	R
4	S	S	S	S

^{a)} S：感受性，R：抵抗性，—：未検定。

^{b)} レース 2 の菌株は近年まで見つかっていないため，‘しゅまり’，‘浦佐（島根）’に対する病原性調査ができない。

に対しても病原性を有していた。抵抗性崩壊のリスク評価の一環として、北海道におけるレース分布を調査した。

アズキ落葉病菌については 1997～99 年に、北海道各地のアズキ栽培歴のある圃場土および‘きたのおとめ’の落葉病罹病個体（2 圃場）を収集し、アズキ落葉病菌を分離してレース判定を行った。その結果、39 圃場（19 市町村）から分離した全 483 菌株は、86.1%がレース 1 であり、レース 2 は 13.9%と少なかった。しかし、圃場単位で見ると 39 圃場のうち 61.5%からレース 2 の菌株が分離された（KONDO et al., 2002）。

アズキ茎疫病菌については、1999～2001 年に道内各地のアズキ栽培歴がある 146 地点の圃場土のうち、63 地点からアズキ茎疫病 107 菌株を分離した。レース判定の結果、非病原性であった 1 菌株を除いた 106 菌株は、レース 1 が 24.5%，レース 3 は 49.1%，レース 4 が 26.4%であり、レース 2 は確認されなかった。レース構成には地域間差が認められ、道北部（留萌，上川）および道央部（石狩，後志，胆振，後志）ではレース 3 が約半数を占め、次いでレース 4 が多く、レース 1 が最も少なかった。これに対して十勝地方ではレース 1 が最も多く、次いでレース 3 であり、レース 4 は 1 菌株のみであった（KONDO et al., 2005；図-3）。

これらの結果は、アズキ落葉病菌・茎疫病菌の新レー

ス（レース 2・レース 4）が広域に分布していることを示している。ただし、アズキ落葉病菌レース 2 は菌密度が低いことから、適正な輪作の中では早急な抵抗性崩壊のリスクは少ないと推察された。一方、アズキ茎疫病菌レース 4 は多発地帯である道央、道北で検出頻度が高く、抵抗性崩壊について十分注意する必要があると考えられた。

4 新たな抵抗性遺伝資源の探索と有望系統の育成

（1）アズキ落葉病菌レース 2 に対する育種的対応

新レースに対する抵抗性供給源を得るため、1995～99 年にかけて、保存していた遺伝資源をレース 1 優占圃とレース 2 優占圃で同時に検定を行うとともに、圃場での発病が低かった遺伝資源については浸根接種法で抵抗性を確認した。供試品種としては、過去に落葉病抵抗性遺伝資源として選出されたものを優先した。この結果、過去に選出された抵抗性遺伝資源はレース 1 に対して強い抵抗性を示したものの、レース 2 に対してはほとんどが感受性であった。しかし、供試した 236 点のアズキ遺伝資源から、レース 2 抵抗性素材として 7 点が得られた。一方、新たにアズキ近縁野生種も 36 点供試した結果、抵抗性の割合はアズキよりかなり高く、レース 2 抵抗性素材として 16 点が得られた。この中から、レース 2 に対する抵抗性供給源としてアズキ‘Acc259’（愛媛県在来，十勝農試保存品種）と近縁野生種であるヤブツルアズキ‘Acc2515’（石川県自生，大阪府立大学より導入）を選定した。これらの母本と感受性の‘斑小粒系-1’とを交配した F₁ 世代および F₂ 世代の抵抗性と感受性の分離比を調査した結果、抵抗性は 1 遺伝子座の優性遺伝子の支配が大きいと推察された（藤田ら，2007 a）。

十勝農試では、落葉病菌レース 2 抵抗性で、かつその他の農業特性も優れる有望系統を速やかに得るため、当時の新品種‘しゅまり’を反復親，アズキ‘Acc259’あるいはヤブツルアズキ‘Acc2515’を 1 回親とした戻し交雑による育成を試みた。圃場検定あるいは浸根接種検定で抵抗性個体を選抜しつつ、‘しゅまり’を 3 回戻し交配し、その後、個体・系統選抜で世代を進めた。この結果、七つの育成系統のうち、3 系統がレース 2 に強い抵抗性を

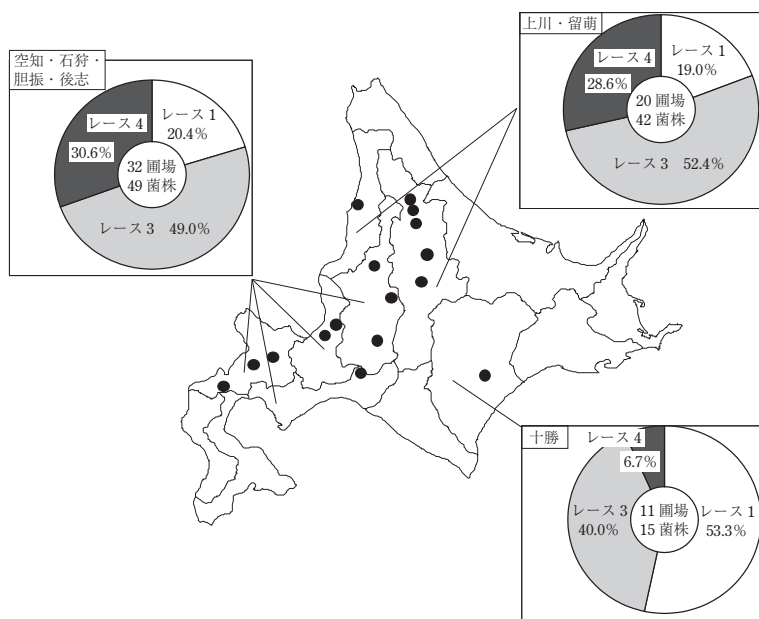


図-3 北海道内のアズキ茎疫病菌レースの地理的分布頻度 (1999～2001年)

注) 1. 全 106 菌株による。

2. 地図中のドットはレース 4 が確認された市町村を示す。

示し (図-4), このうち茎疫病抵抗性も同時に有する系統に‘十系 882 号’の系統名が付された (藤田, 2007 b)。

(2) アズキ茎疫病菌レース 4 に対する育種の対応

過去に選定した抵抗性遺伝資源 18 系統について幼苗接種法で, 各レースに対する抵抗性を検定した結果, すべての系統がレース 1 および 3 に抵抗性であるとともに, レース 4 に対しても 17 系統が抵抗性を示した。この中の‘Acc787’と‘Acc830’ (韓国在来, 十勝農試品種保存) はレース 3 抵抗性を目的に以前に交配に利用されており, レース 4 の発見時にはすでに中期世代系統まで世代が進んでいた。このため, これらを抵抗性起源に持つ 4 組合せ 42 系統について速やかにレース 4 抵抗性を検定した結果, 抵抗性 25 系統が得られ, この中から本レース抵抗性の‘十育 149 号’を選抜した (藤田, 2007 b, 表-4)。

(3) 落葉病, 茎疫病のレース抵抗性育種の現状

上記の育成系統は, 新レース (レース 2 およびレース 4) に対して抵抗性であるだけでなく, 既往のレースについても抵抗性であり, 病害抵抗性に優れる。十勝農試では, これらの材料を元に落葉病菌レース 2, 茎疫病菌レース 4 に対する抵抗性育種を継続し, 現在までに落葉病菌レース 2 抵抗性あるいは茎疫病菌レース 4 抵抗性の地方配付系統を 4 系統育成した (現在は試験中止, 十勝

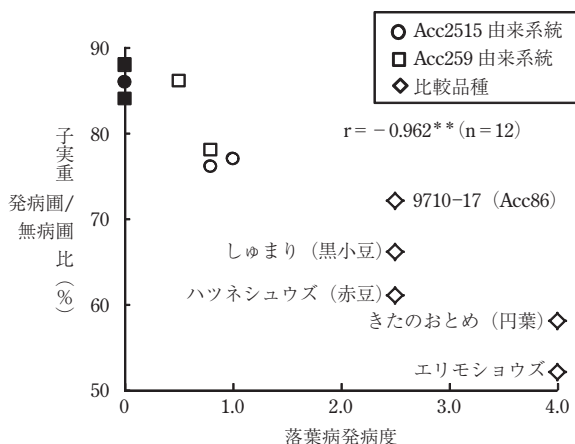


図-4 育成したアズキ落葉病菌レース 2 抵抗性系統の発病度と子実重の無病圃比

注) 1. 発病圃 (レース 2 優占圃場) と無病圃は 2 反復の平均値 (2002 年)。

2. 比較品種横の () は各々アズキ落葉病抵抗性起源。

3. 黒いドットは幼苗接種検定でレース 2 に抵抗性を示した系統。

4. 落葉病発病度は, 図-1 のアズキ落葉病の発病指数 (0～4) に準じて評価。

5. 各系統は‘Acc259’あるいは‘Acc2515’を 1 回親, ‘しゅまり’を反復親とした BC₃F₆ 世代系統。

表-4 アズキ茎疫病菌レース4抵抗性の優良系統の特性(2000年)

品種名 または 系統名	生育調査成績 ^{b)}							病害抵抗性(幼苗接種検定) ^{c)}					
	成熟期	主茎長 (cm)	主茎 節数 (節)	子実重 (kg/10 a)	子実 重比 (%)	百粒重 (g)	種皮色	茎疫病			落葉病		萎凋病
								レース 1	レース 3	レース 4	レース 1	レース 2	レース 3
十系 799 号 (十育 149 号) ^{a)}	9 月 13 日	102	15.5	373	98	17.9	淡赤	R	R	R	R	S	R
十系 796 号 (十育 150 号) ^{a)}	9 月 15 日	101	14.9	389	103	18.1	淡赤	R	R	R	R	S	R
エリモシヨウズ	9 月 11 日	91	14.9	379	100	14.2	淡赤	S	S	S	S	S	S
しゅまり	9 月 10 日	101	14.9	335	88	14.3	淡赤	R	R	S	R	S	R

^{a)} 組合せ：十育 137 号/十系 651 号，抵抗性供給源 ‘Acc787’ (韓国在来，十勝農試品種保存)。

^{b)} 2000 年十勝農試における生産力検定予備試験成績。1 区 6 m²，乱塊法 3 反復の平均値。

ただし，‘エリモシヨウズ’，‘しゅまり’は同試験内の 9 区平均。

^{c)} R：抵抗性，S：感受性。

農試品種保存)。また，新レースを含む落葉病菌と茎疫病菌の既知のレースすべてに抵抗性を有する系統の育成を試み，その複合化にも成功している(藤田，2007b)。

一方，現地の農家圃場では，現在のところ新レースによる被害が僅少にとどまっている。このため，新レース抵抗性品種のニーズは必ずしも高くなく，新レースに対しては適正な輪作を遵守するといった耕種的対応が当面の対策となっている。しかし，新レース自体は全道的に広く分布することが明らかになっており，その動向に注視していく必要がある。将来のリスクマネジメントのため，育種材料の中に新レース抵抗性の材料を一定の割合で維持し，農業形質の向上を図っていく必要がある。

III 近年のアズキ病害抵抗性育種の進展

1 病害抵抗性遺伝子のゲノム解析

(1) 落葉病抵抗性遺伝子の品種間・レース間の異同の解析

前述の通り，落葉病抵抗性にはレースに対する反応の違いで多様な変異が存在し，各レースに対する抵抗性には異なる遺伝的機構が存在することが明らかになった。しかし，一つのレースに対する系統間，あるいは一つの系統におけるレース間の抵抗性遺伝子の異同については明らかではなかった。近年，この点についてゲノムレベルの解析が行われ，新たな知見が得られている。すなわち，主要な落葉病抵抗性母本である‘黒小豆(岡山)’，‘円葉(刈 63 号)’および‘小長品-10’のレース 1 に対する抵抗性遺伝子(*Pga1*)は同一起源であるのに対し(鈴木ら，2005)，レース 2 抵抗性の‘Acc259’と‘赤豆’は *Pga1* を持っておらず，レース 1 と 2 の抵抗性を同時に支配する

抵抗性遺伝子 *Pga2* を有し，この *Pga1* と *Pga2* は対立遺伝子あるいは強連鎖しているものと推察された(鈴木ら，2012)。さらに，萎凋病菌レース 3 抵抗性遺伝子がアズキ落葉病菌レース 1 抵抗性遺伝子 *Pga1* の同一連鎖群内のごく近傍で連鎖している一方で(武田ら，2007)，‘Acc259’のアズキ萎凋病抵抗性遺伝子は *Pga2* と独立して別の遺伝子を有していることが推察された(小倉ら，2010b)。

(2) 落葉病・萎凋病抵抗性にかかわる DNA マーカーの開発と育種への応用

ゲノム解析の目的の一つは，育種で実用化できる DNA マーカーの開発であったが，アズキ落葉病菌レース 1 抵抗性遺伝子 *Pga1* と‘Acc259’由来の落葉病菌レース 1，2 抵抗性遺伝子 *Pga2* についてはマーカーが開発され，すでに F₅ 世代以降系統の検定手法として実用化され，年間約 1,000 系統について選抜が行われている。また，ゲノム解析により系統間とレース間の抵抗性遺伝子の異同が明らかになったことで，よりの確な抵抗性選抜計画が策定できるようになり，落葉病・萎凋病抵抗性選抜は大幅な効率化と精度向上が図られた。さらに，圃場検定の優占レース変化の問題についても対応が可能となった。

(3) 茎疫病圃場抵抗性育種への転換

茎疫病菌は落葉病菌よりレース分化が著しく，一般栽培において，単一のレース特異的な抵抗性が有効な期間は落葉病抵抗性より短いと考えられ，現行のレース特異的な抵抗性の集積だけでは制御しきれない可能性が高い。このため現在，アズキ茎疫病に対する圃場抵抗性の導入を試みている。

アズキ茎疫病抵抗性の現地選抜場である北海道立上川農業試験場(現, 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 上川農業試験場)では, レース 1, 3 および 4 に汚染された検定圃場を造成し, この中で精度の高い圃場抵抗性の検定手法を開発した(小倉ら, 2010 a)。またこれに先行して, 各レースに感受性で, かつ圃場で発病が軽微である遺伝資源を探索し, 数点の遺伝資源を得ている。このうちの一つ, ‘Acc1398’(石川県在来, 十勝農試保存品種)と‘エリモショウズ’の雑種後代から, レース抵抗性を有さないのにもかかわらず発病が極めて少ない早生系統が得られ, 圃場抵抗性品種育成の可能性が示された(田澤ら, 2009)。

お わ り に

現在, 落葉病菌レース 1 および 2 に抵抗性の‘Acc259’や茎疫病菌レース 4 抵抗性の遺伝資源を侵すことが可能な新たなレースがすでに確認されている(KONDO et al., 2005; 小倉, 2008)。ただし, これらは試験圃という特殊な環境の中で確認されたものであり, 今すぐ一般圃の病害抵抗性品種の抵抗性を打破するというものではない。アズキの病害抵抗性育種において, 抵抗性の高度化は目指すべき目標であるが, 高度抵抗性品種の育成や病理的な研究が進展するに伴い, さらに新たなレースが確認されるといった問題が付随してきている。今後の育種戦略上, どこまでのレースを取り上げそれに対応すべきなのかを見極めていく必要がある。

アズキ病害抵抗性育種を開始して約 40 年が経過したが, 現在の抵抗性品種の普及率は 50% 程度である。リスク回避のためには抵抗性品種を作付けしたほうが有利であるが, 現在でも感受性の‘エリモショウズ’が基幹品種としてあり続けている。このことは, 生産者の品種選

択の基準において, 収量性・品質・耐冷性等が総合的に優れていないと本当の意味で普及しないことを表している。今後は, 収量性・品質・耐冷性等の点においても‘エリモショウズ’を凌駕する病害抵抗性品種の育成が目標となる。

育種は育成場だけでできるものではなく, 今回の病害抵抗性育種に限っても, 病理研究者, 遺伝子工学研究者さらに抵抗性現地選抜試験に協力いただいた各農試の担当者等, 数多くの協力が不可欠であった。また, 今回報告した内容の大部分は財団法人日本豆類基金協会(現, 公益財団法人日本豆類協会)の多大なご支援をいただき実施された。この場をお借りして改めて感謝申し上げる。

引 用 文 献

- 1) 千葉一美 (1982): 北海道立農試集報 48: 56 ~ 63.
- 2) ——— (1987): 同上 56: 1 ~ 7.
- 3) 藤田正平ら (1995): 育種・作物学会北海道談話会会報 36: 118 ~ 119.
- 4) ——— (2003): わが国における食用マメ類の研究, 総合農業研究叢書 第 44 号, 農林水産省農業研究センター, つくば, p. 234 ~ 243.
- 5) ———ら (2007 a): 育種学研究 9: 87 ~ 95.
- 6) ——— (2007 b): 北海道立農試報告 115: 1 ~ 46.
- 7) 近藤則夫 (1995): 北大農邦文紀要 19(5): 411 ~ 472.
- 8) KONDO, N. et al. (1998): Plant Dis. 82: 928 ~ 930.
- 9) ——— et al. (2002): J. Gen. Plant. Pathol. 68: 284 ~ 291.
- 10) ——— et al. (2005): ibid. 71: 360 ~ 363.
- 11) 牧野 華ら (1997): 日植病報 63: 530 (講要).
- 12) NOTSU, A. et al. (2003): J. Gen. Plant. Pathol. 69: 39 ~ 41.
- 13) 小倉玲奈 (2008): 日植病報 74: 79 (講要).
- 14) ———ら (2010 a): 平成 21 年普及奨励ならびに指導参考事項, 北海道農政部, 札幌, p. 442 ~ 445.
- 15) ———ら (2010 b): 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 51: 87 ~ 88.
- 16) 鈴木孝子ら (2005): 日植病報 71: 81 (講要).
- 17) ———ら (2012): 平成 24 年普及奨励ならびに指導参考事項, 北海道農政部, 札幌, p. 476 ~ 477.
- 18) 田引 正ら (1990): 北海道立農試集報 60: 133 ~ 142.
- 19) 田澤暁子ら (2009): 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 50: 7 ~ 8.
- 20) 武田 藍ら (2007): 日植病報 73: 218 (講要).