

3. 大豆の耐性育種の成果と展望

松 川 勲*

はじめに

十勝農試に大豆育種指定試験地が設置されたのは1956年であり本年で40周年になる。十勝農試の大豆育種の歴史は古く、試験地が設置される41年前の1915年から純系分離育種を、1927年から人工交配による育種が開始された¹⁾。1947年には「十勝長葉」が育成され、本品種は1953～1954年に十勝地方の大豆面積約4万haのおよそ50%に作付された²⁾。しかし、1954年の冷害により大きな被害を受けたことから耐冷性に強い品種の育成が求められ、さらには豆類の過作により被害が現れ始めたダイズシストセンチュウ抵抗性品種の育成が急がれ、1956年、十勝農試に試験地が設置されるに至った³⁾。その後、1961年に大豆の輸入自由化に伴って、良質(高蛋白)とマメシンクイガ抵抗性品種の育成のため1単位が増設され、2単位となったが、1966年には1単位が削減され、代って中央農試に道央、道南地域を対象とする試験地が設置された。その後当場は、北海道の東部、北部地域に適する品種育成を行う試験地として現在に至っている。

指定試験地の育種目標は、この間多少の変更があり、マメシンクイガ抵抗性や中晩熟多収品種の育成は中止となり、現在は、「寒地北東部向け耐冷性、センチュウ抵抗性、機械化適性、高品質、多収品種の育成」に加えて、道費予算による「ダイズわい化病抵抗性の品種育成」である。これらのうち、耐冷性、耐病虫性、難裂莢性等についてその経過と成果について以下に述べる。

1. 耐冷性育種

北海道東部、北部はおよそ4年に1度冷害にみまわれることから、大豆の収量を安定させるためには耐冷性を強化することが最も重要である。その豆類の冷害には三つのタイプがあり、表1のように分類できる。水稻では障害型冷害と遅延型冷害の二つに分けられるが、豆類ではもう一つ、生育不良型冷害が加わる。過去の冷害年の

タイプ別被害程度を見ると障害型による被害が最も多く、次いで生育不良型の被害が多い(図1)。従って、冷害年に対応できる耐冷性品種の育種強化を図るには、この冷害の型に応じた選抜、検定方法が必要である。

1) 耐冷性の選抜、検定方法

十勝農試における耐冷性に関する研究は1954年、1956

表1 豆類の低温に対する生育反応の分類
(山本1982、後藤・成河1968から作表)

生育不良型：	生育初期あるいは全生育期間が低温のため生理機能の低下
障害型：	開花前後の低温による花器の機能低下
遅延型：	開花の遅れにともなう子実肥大の不良

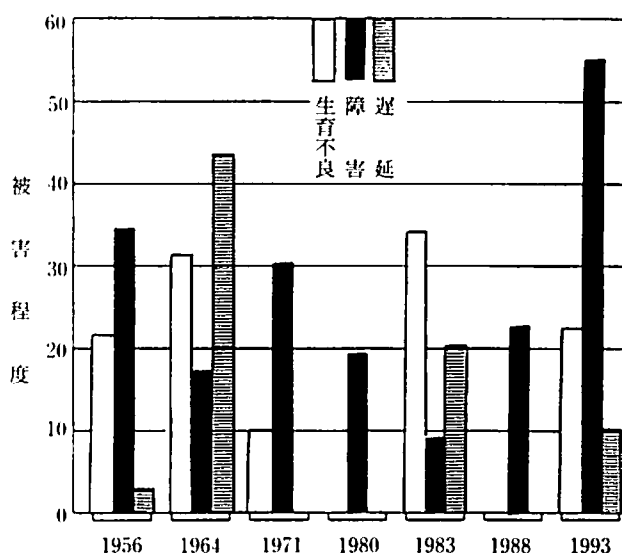


図1 主な冷害年のタイプ別被害程度

注) 佐々木・神谷(1984)の計算式により算出した。

表2 耐冷性に関する選抜・検定の場所

1961年：	「低温恒温室」の新設
1964年：	陸別に現地選抜圃(1972年まで)
1966年：	「低温育種実験室」の新設
1979年：	大樹に現地選抜圃(1983年まで)
1982年：	細霧冷房装置の新設
1983年：	土士幌に現地選抜圃(現在に至る)
1994年：	「豆類低温育種実験室」の新設

*北海道立十勝農業試験場
大豆育種指定試験地

年の大冷害を契機として 1961 年に新設された「低温恒温室」の利用に始まり、その後は表 2 の施設および現地選抜圃を使用して耐冷性の選抜、検定を行ってきた。

低温育種実験室等の施設を利用した検定は開花期前後の低温処理を中心としており、障害型冷害を対象にした検定方法である。

障害型冷害は、開花前から開花期にかけての低温により花芽分化、花粉および受精などに障害を受け着莢数や 1 英内粒数が低下することによる減収である。日平均気温が 15～17℃以下で 2～3 週間継続すると障害が発生する。成河ら (1970) は、開花始から 2 週間、15℃(昼)－12℃(夜)の低温処理によって品種、系統間の障害程度を評価する方法を提案した⁷⁾。その後も処理時期、期間、温度等に検討が加えられ、現在は開花期から 3 週間、18℃(昼)－13℃(夜)の低温処理を行い、品種および系統の減収程度によって障害型の評価を行っている⁸⁾。しかし、低温育種実験室は、供試できる材料数が限られ雑種集団や多数の系統の選抜はできないことから、後期世代の系統の耐冷性検定にとどまっている。集団や系統など大量の育種材料の選抜ができる方法を検討する必要がある。

生育不良型冷害は、生育初期あるいは全生育期間が低温のため生理機能が低下して生育量が劣ることによって生ずる減収である。三分一 (1979 a) は、大豆の生育および収量は、6 月および 7 月の生育量と密接な関係にあり、初期生育力の大きい品種は耐冷性が強いことを明らかにしている (表 3)。また、低温年の生育、収量を正常年のそれらと比較した耐冷性指数 (Cool tolerance index, CTI) を求めて、既存の耐冷性品種は弱品種に比べ CTI が高いことを明らかにしている (表 4)。これらの成果をもとに、生育不良型冷害に対する育種は、十勝農試に比べ夏季の気温が 1～2℃低い山麓、沿海の現地選抜圃に育種材料を供試して、生育量の旺盛な個体や系統

表 4 品種の耐冷性の評価 (三分一 1979 b)

品種名	障害型	遅延型	生育不良型	実際の冷害
シンセイ	5	5	4	76.7
キタムスメ	4	4	5	71.9
カリカチ	4(*)	3	5	71.4
北見白	4	3	3	69.1
トヨスズ	2	2	4(*)	59.5
十勝長葉	1(?)	1	2	59.0
ワセコガネ	3(?)	4	1	58.7
ホウライ	1	1.5	2.5	53.8
ホッカイハダカ	1	2.5	1	53.5
コガネジロ	1	1.5	1	45.2

注 1) 評価の根拠は、障害型：開花期低温処理、英数×1 英内粒数、遅延型：成熟期及び開花後の子実の肥大、生育不良型：生育初期低温処理、初期生育力、

2) * は従前の結果に修正を加えてのもの。

3) ? は試験年数が少なく、確信がもてないもの。

3) 評価は、5：最強、1：最弱。

4) 実際の冷害：冷害年 (1964、66、71)、正常年 (1965、67、68、70) から求めた子実収量の耐冷性指数 (CTI) = (冷害年/正常年) × 100 (%)

を選抜している。

低温育種実験室を利用する生育不良型冷害の検定は、6 月下旬から 7 月中旬の生育初期に 15℃(昼)－10℃(夜)の低温処理を行う⁹⁾。この方法は、処理終了後に新しい花をつけ、これが着莢して無処理より多収になることがあるので、処理とは関係ない英は除いて評価するなどの注意を要する。

2) 耐冷性品種の育成

耐冷性の育種は、多収性ととともに十勝農試が育種に着手した当初から主要な育種目標の一つである。具体的に低温下における生育、収量等を調査して耐冷性の検定を行うようになったのは、低温育種実験室が設置された後であり、最初に育成された品種は「キタムスメ」¹¹⁾である。

耐冷性の遺伝資源は「上春別在来」「樺太 1 号」「大谷地 2 号」「カリカチ」等北海道東部を中心とする在来種もしくは在来種を母材に育成された品種、スウェーデン産品種、多毛性品種等を用いてきたが、1968 年に育成された「キタムスメ」の耐冷性を上回る品種は現在まで育成されていないのが実状である。これら耐冷性遺伝資源は全て褐毛、褐目品種であり、実需者が要望する白目品種に耐冷性を付与することは相当困難であった。この間育成された「キタホマレ」¹²⁾は耐冷性強であるが褐目品種で熟期が中生の晩であるため十勝地方には適さなかった。また、1988 年に育成された「トヨコマチ」¹³⁾は開花期の低温による脐周辺着色粒の発生は少ないが障害型冷害に対する被害は他の白目品種と同様に発生した。これ

表 3 初期生育力の品種間差異 (三分一 1979 a を改表)

品種名	耐冷性	初 期 生 育 力					
		1977 ¹⁾	1977 ²⁾	1978 ¹⁾	1978 ²⁾	1978 ³⁾	平均
キタムスメ	強	5	5	5	5	5	5.0
カリカチ	強	5	4	5	5	5	4.8
シンセイ	強	4	4	4	4	3	3.8
北見白	強	4	3	3	4	4	3.6
トヨスズ	中	4	3	2	3	5	3.4
十勝長葉	弱	3	2	1	2	3	2.2
ホッカイハダカ	弱	2	2	1	1	1	1.4
コガネジロ	弱	1	1	1	1	2	1.2

注 1) 初期生育力は 5：高い、4：やや高い、3：中、2：やや低い、1：低い

2) ¹⁾：戸外の茎長で評価、²⁾：低温室 (12－15℃) の茎長で評価、³⁾：戸外の乾物率で評価。

に対し 1994 年に育成された「トヨホマレ」¹⁴⁾は従来の白目品種に比べ節数および開花数が多く、開花期がやや遅いなど、「キタムスメ」に類似の特性を持ち 1993 年の障害型冷害にもやや強い、耐冷性強の品種である。

3) 臍周辺着色抵抗性品種の育成

もう一つの低温障害として、白目品種の臍及び臍周辺の着色がある。この現象は、開花期の約 1 週間後に 17～18℃以下の低温が約 10 日程度続くと、黄色の臍が淡褐～褐色になる。あるいは、臍に直角にハケで画いたようにヒゲ状になる品種がある^{15)、16)}。着色しやすい品種を弱、しにくい品種を強とすると、表 5 のように分類できる。「トヨムスメ」「カリユタカ」は弱、「トヨホマレ」は臍そのものは淡褐を呈するがヒゲ状にはなりにくい。臍のみ着色するのを臍着色、臍の周辺にヒゲ状に着色するのを臍周辺着色と呼んで区別している。前者は検査等級に影響することはほとんどないが、後者は発生程度によっては落等し、特定加工用大豆扱いになる。1993 年、十勝地方は 8 月上旬が 17℃前後の低温であったため、「トヨムスメ」には着色粒が多発した。この他臍周辺着色粒が多発した年は 1987 年、1991 年があり、このような年には着色粒の選抜は圃場でできるが、平常年には選抜できないため、効果的な選抜方法を今後検討する必要がある。

4) 問題点と将来展望

耐冷性育種を強化するためには次の二つの問題点が指摘される。

一つは強度耐冷性の遺伝資源の探索および作出である。

耐冷性品種は、褐目品種の「キタムスメ」「キタホマレ」に次いで「トヨコマチ」「トヨホマレ」など白目の耐冷性やや強～強の品種が育成されてきた。しかし、その耐冷

性は「キタムスメ」を上回るものではない。また、「キタムスメ」も 1993 年の極低温年には著しい減収となっていることから、より一層耐冷性の強い品種の探索が必要である。また、既存品種の耐冷性遺伝子の集積を行い、耐冷性の強化を図らなければならない。さらに、他作物の耐寒性遺伝子の導入など遺伝子工学の技術を積極的に活用する手法開発が必要である。

二つ目には、着莢障害抵抗性および着色抵抗性の選抜方法の開発である。現在、地方配布系統等の少数の育成系統は、低温育種実験室を利用して選抜、検定を行っているが、集団や系統等、大量の育種材料の耐冷性選抜は現状の小規模な低温育種実験室では困難である。同様のことが着色抵抗性の選抜についても言える。これまでは、数年に 1 度の低温年に自然選抜を行っていたに等しい。耐冷性の選抜効率を高めるためには早急に解決しなければならない問題である。

2. ダイズシストセンチュウ抵抗性育種

十勝地方の豆類の作付率は 1950 年代の 35～40%から 1960 年には 67%までに達し、その後、豆類の面積は徐々に減少したが、過作状態は 1970 年代まで続いた¹⁷⁾。このためダイズシストセンチュウが各地に多発し被害がではじめた。これに対処するため十勝農試では線虫抵抗性育種を目標に 1953 年から交配を始めた。現在までに、「下田不知」系（レース 3）抵抗性を有する品種として 1966 年育成の「トヨスズ」をはじめ「ホウライ」¹⁸⁾、「トヨムスメ」¹⁹⁾、「トヨコマチ」¹³⁾、「大袖の舞」²⁰⁾の 5 品種が育成された。また、より強度の「Peking」系（レース 1）抵抗性因子の導入育種は 1960 年から行われた。実用品種の育成は「トヨスズ」が育成されてから 14 年後の 1980 年に納豆用の小粒種「スズヒメ」²¹⁾が育成された。現在は豆

表 5 低温処理による臍色抵抗性の品種間差異 (十勝農試 1993、1994)

部位	臍			
	抵抗性	弱	中	強
臍周辺	弱	キタコマチ		
		トヨムスメ		
		カリユタカ		
	中	十系 817 号	スズヒメ	
		十系 824 号	十系 847 号	
	強	トヨコマチ	ワセコガネ	十育 225 号
		トヨホマレ	十育 223 号	十育 229 号
		十育 228 号		十系 793 号

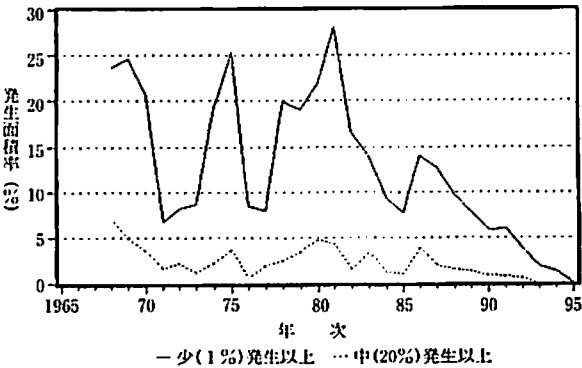


図 2 十勝地方の線虫発生面積の推移 (大豆) (病害虫発生予察事業年報 1968-1995)

れている (Arnold and Leonard 1965、酒井・砂田 1987)。この場合、抵抗性と感受性品種の組合せでは F_2 世代で抵抗性個体が得られる確立は 253 分の 3 と極めて少数である (表 6)。

以上の結果から、線虫抵抗性は初期世代の選抜で確保し、その後、中・後期世代で他の特性の選抜を行う方法を取る必要がある。

3) 抵抗性品種の育成

抵抗性の育成は、最初は、東北地方の遺伝資源である「黒炭三本木」系を使い、その後「下田不知」系の「ゲデンシラズ 1 号」、「東北 3 号」および「ネマシラズ」等を用いた²⁰⁾。これらの母本は十勝地方では極晩熟であり、耐倒伏性も劣った。しかし、子実は中粒の白目品種で品質も優れていた。これらの早生化を目標に「十支第 7910 号」、「鈴成」および早、中生種の育成系統などを片親として交配を始めた。1955 年に交配した 2 組合せから 1965 年、1966 年にそれぞれ「ホウライ」、「トヨスズ」が育成された。線虫抵抗性の育成規模は、1955～1965 年は 1 年に 3～4 組合せ、全組合せの約 20% が線虫抵抗性の組合せであった。その後線虫抵抗性の組合せは増加して 1975 年以降は 40～50%、1985 年前後は 60%、1995 年前後は 80～90% を占める状況にある²¹⁾。

「トヨスズ」は白目、大粒、良質で実需者の評価も良く、1975 年前後には十勝地方の大豆面積の半数以上を占めるに至った。しかし、「トヨスズ」は十勝地方では熟期がやや遅く作付地域が限定されることから、1971 年から「トヨスズ」の早生化、さらには多収性、耐冷性、難裂莢性等の形質の付与を目標に育成が進められた。1971 年および 1975 年に交配された組合せから中生、大粒良質の「トヨムスメ」および中生の早、中粒良質の「トヨコマチ」が育成された。「トヨコマチ」は片親に早熟で耐冷安定性の「樺太 1 号」を用い組合せであり、育成過程で耐冷性現地選抜圃にも供試して選抜が加えられたことから耐冷性がやや強の特性も持ちあわせている。

「Peking」系の抵抗性育成は 1960 年から交配が行われた。遺伝資源に用いた「PI 84751」、「PI 90763」および「Peking」等は、線虫抵抗性は極強（「下田不知」系の抵抗性が強に対し「Peking」系の抵抗性は極強と表している）であるが種皮色は黒色で粒大は極小粒、晩熟で耐倒伏性が弱い等、農業形質は著しく劣る品種である。また、「Peking」系を用いた交雑は、後代における抵抗性個体の出現頻度が低く、早熟個体および黄色種皮個体の出現頻度も低いなど、全ての特性を満たす希望個体の出現頻度は極めて低いことから、大きな雑種集団を養成する必要

があり、他形質を対象とする育種とは異なる操作が必要であった。1960 年に交配した「PI 84751」×「コガネシロ」の組合せから中熟、種皮と脐色が黄色の系統を選抜し、「十系 421 号」の系統番号を付した。この系統の根に侵入した幼虫は、その 96～99% が 2～3 令幼虫で生育を停止するので成虫にまで達する頻度が極めて低い。本系統は小粒のため利用方法が無く、 F_{10} ～ F_{14} 世代は品種保存に編入された。その後、白目小粒の納豆用として用途が開かれたので、再度個体選抜を行い F_{17} 世代で「十育 182 号」の系統番号を付して生産力検定試験等に供試した。1980 年に北海道の奨励品種に採用され、「スズヒメ」²²⁾ と命名された。

その後、線虫抵抗性極強の中間母本を利用して白目大粒系統の「十育 213 号」や「十育 218 号」を育成したが、耐倒伏性や収量性の改良がさらに必要である。

4) 問題点と将来展望

線虫抵抗性育成を進める上で次の三つの問題点が指摘される。

一つは抵抗性の選抜および検定を行う場所の維持である。選抜および検定を行うための線虫汚染圃場は、線虫密度が高く、かつ均一性が求められる。しかし、実際に選抜、検定を毎年行っていくと大豆の連作障害によって線虫密度が低下する。また、抵抗性強の材料が大量に供試されると線虫の増殖が抑制される。その結果、試験開始後、数年から 10 年経過すると線虫密度は低下し、さらに線虫分布が不均一になる。これを解決するには輪作を行う方法があるが、現実にはかなり難しい。なぜなら、試験圃約 50 a を維持するためには 4 年輪作した後に 1 年間、線虫の増殖に感受性大豆を栽植するため、試験圃の 5 倍の面積、250 a を必要とする。これだけの面積を確保するためには現地農家の理解とそれに伴う予算措置が必要である。

当面は財政の理解を得て現地選抜圃の維持、拡大を図ることを検討中である。将来的にはバイオテクノロジー技術を導入し、RFLP による抵抗性の判別方法²³⁾ を利用していきたい。この手法を併用すると、初、中期世代は実験室で RFLP による選抜を行い、予備試験以降の後期世代のみを圃場検定すると、従来の 5 分の 1 以下に圃場面積を減少することができ、輪作も実現可能である。

二つ目は、十勝農試における線虫抵抗性に使用している遺伝資源が限定されていることである。レース 3 の抵抗性は「ゲデンシラズ 1 号」に由来する品種および中間母本のみである。また、レース 1 の抵抗性に用いた材料は、レース 3 よりも広いものの、「PI 84751」、「PI

90763」、「Peking」の3品種に由来する品種および系統に限られている。遺伝資源を制限してきたのは、抵抗性遺伝資源が野生種に近く、また北海道の品種とは遠縁であるため、劣悪形質が発現して単交配のみで実用品種を育成することが困難なところにある。しかし、抵抗性を安定して維持していくためには新たな抵抗性遺伝資源を導入し、幅広い中間母本の養成が必要である。今後は1年に1組合せは新しい線虫抵抗性品種を交配に使用し、中間母本の拡大を図って行きたい。

三つ目は、レース1、3以外の新しいレースの抵抗性育種の取組みである。十勝地方の主なレースは前述のレース1、3であるが、極く低頻度にレース5が検出されている(清水1987)。また、百田・串田(1993)は、単シスト培養系を用いて培養、接種を繰り返すことによって新たなレース6が分離されることを示唆している。未知のレースに対する品種育成は現状では不必要であるが、ブリーダーとしては新たなレースに対する知見、関心を常に持ち続けなければならない。

3. ダイズわい化病抵抗性育種

ダイズわい化病は、発病率と減収率の間に高い相関があり(谷村、玉田1976)、現地農家の被害状況は、発病率に0.9を乗じた値が減収率に相当し、収量に大きな影響を及ぼしている(図4)。また、発病個体は、正常個体が成熟した後もまだ緑色を保っているためコンバイン収穫時の汚粒発生の一因にもなっている。このように、収量

性およびコンバイン収穫の両方の阻害要因であるわい化病に対する育種は、中央農試では1966年から、遺伝資源の探索、選抜方法の確立等、基礎研究を行うかたわら、実用品種の育成を行ってきた。その詳細は別章に述べられている。十勝農試では1984年に小規模な選抜を開始したが、本格的な育種に着手したのは、鹿追町に現地選抜圃が設置された1993年からである。

1) 十勝地方のわい化病発病状況

ダイズわい化病は、道央、道南地方では1965年以降、恒常的に発生するようになった(玉田1975)。十勝地方ではやや遅れて1971～1973年に多発した後は、1983年、1991～1996年と発生のピークに約10年の間隔がみられた。しかし、最近では1991年から現在まで、ほぼ連続して発生している(図5)。各地の発病率をみると(表7)、鹿追町、大樹町など牧草地の多い山麓、沿海地域で高い

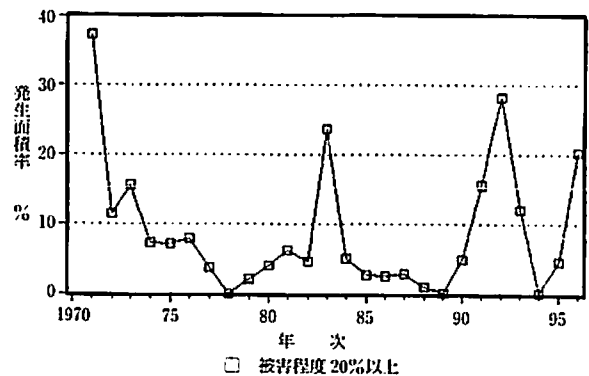


図5 十勝地方のわい化病被害発生面積率の推移
(病害虫発生予察事業年報1971～1996)

表7 十勝地方のわい化病発病率(%)

市町村	1992	1993	1994	1995	1996	平均
鹿追町	52	94	15	87	79	65
大樹町	45	64	16	43	81	50
幕別町	54	35	0	44	17	38
帯広市	45	58	8	28	—	(34)
更別村	—	—	0	29	62	(30)
新得町	13	13	0	48	48	24
上士幌	25	20	0	29	43	23
本別町	12	25	1	8	35	16
清水町	—	—	0	11	37	(16)
豊頃町	20	16	—	6	14	(14)
士幌町	21	6	1	4	20	10
浦幌町	4	10	3	4	—	(5)
平均	29	34	4	28	44	(27)

注1) 調査場所は大豆奨励品種決定現地調査地。

2) 調査品種は「トヨムスメ」、ただし、上士幌、更別は「キタムスメ」。

3) —は未調査。

4) 市町村平均の()は3～4年の平均値。

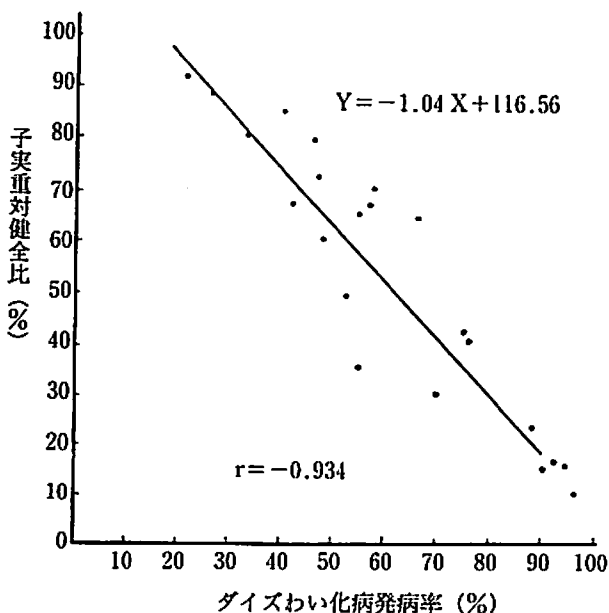


図4 ダイズわい化病発病率と子実重対健全比
(谷村・玉田1976)

傾向にあり、それらに隣接している新得町、清水町、上士幌町、更別村などは最近ほど発病率が高くなっている。また、中央部でも幕別町、帯広市は平均すると高い発病率を示している。

一方、年次でみると高温年であった1994年の発病率は平均で4%と低い、その前後の冷涼年はいずれも30~40%と高い発病率である。

2) 抵抗性育種

十勝農試では1983年の多発生を契機に翌1984年から、当時からわい化病の発生が多い大樹町の農家圃場に1~2組合せの集団または系統を栽培し、小規模な選抜を始めた。1990年からは十勝農試の育成系統は中央農試の現地選抜圃にも供試し、1993年から鹿追町に独自の現地選抜圃を設置して本格的に育種試験を開始した。

十勝地方の現地選抜圃における指標品種のわい化病発病率は、伊達市の発病率と遜色なく、むしろ品種間差異がより明確に現れている(表8)。1996年のわい化病の発生は例年以上に多く、鹿追町および大樹町の両圃場とも抵抗性弱品種は80~90%の高い発病率である。この年に最も発病率が低いのは「Adams」の18~29%、次いで「黄宝珠」、「十育231号」であった。「Adams」は従来から発病率が最も低い品種の一つとして認められていたが、交配母本に使用するとその後代において「Adams」同様の種皮に裂皮が多発し、耐倒伏性も弱いため中央農試ではその後代の大部分は廃棄されてきた。それに比べると「黄宝珠」は、わい化病抵抗性は若干劣るもののその後代の子実の品質は良く、草姿も比較的安定していることから「ツルコガネ」をはじめ中間母本もいくつか育成されている。十勝農試では中央農試で育成された抵抗性品種および系統を母本に1984年以降1年に2~3組合せの交配を始めた。これまで「十育225号」「十育230号」「十系824号」などを育成してきたが、熟期や草姿が劣る等のた

め品種には至っていない。先にあげた「十育231号」は、「中育24号」(後の「ツルムスメ」)×「十系777号」の組合せでわい化病抵抗性は「ツルムスメ」より強い傾向にあるが、熟期が「トヨスズ」並の中生の晩で線虫抵抗性がない等の欠点があり、なお一層の改良が必要である。

3) 問題点と将来展望

わい化病抵抗性育種においては次の二つの問題点が指摘される。

一つは、より強度な抵抗性遺伝資源の探索が必要である。既存品種の抵抗性は圃場抵抗性であり、ウイルス毒性が強い時や伝染源のジャガイモヒゲナガアブラムシの頭数が多い場合には、抵抗性品種であっても発病率、被害ともに著しく高くなることから、真性抵抗性を含む強度抵抗性品種が必要である。

中央農試では1966年から1981年までの間に3,100品種の検定を行い、抵抗性16品種を明らかにした。その中では「黄宝珠」や「Adams」などは比較的草姿がよく抵抗性も強であるが、接種試験ではほぼ100%感染し、被害も現れる。その後、1982年から1994年までの間に1,000品種の検定を行い、抵抗性18品種を得ている(表9)。しかし、これらの抵抗性も「黄宝珠」や「Adams」を上回るものではなかった。「黄宝珠」が育成されたのは中国であるが、中国の遺伝資源はその数が約17,000品種以上と言われており³⁰⁾、「黄宝珠」とは異なるタイプ、あるいはより強度な抵抗性の遺伝資源の可能性も考えられる。

二つ目は、効率的な選抜方法の開発が必要である。現在の選抜方法は、わい化病の発生が比較的高い現地選抜圃において選抜・検定を行っているが、表7、8に示されるように場所によってまた年次によって発病率が大きく変動している。試験精度を高める方法として人工接種法があるが、アブラムシの飼育、ウイルスの回収、接種作業等、多大な時間と労力が伴うため大量の育種素材の

表8 現地選抜圃における指標品種のわい化病発病率(%)

品種名	鹿 追 町					大 樹 町					伊 達 市				抵抗性
	1993	1994	1995	1996	平均	1993	1994	1995	1996	平均	1994	1995	1996	平均	
Adams	3	6	1	18	7	21	3	6	29	15	15	28	47	30	強
黄宝珠	16	8	4	48	19	33	7	9	58	27	13	19	28	20	強
ツルコガネ	19	13	29	33	24	35	3	5	68	28	8	39	39	29	強
ツルムスメ	22	9	16	63	28	48	16	14	65	38	42	51	54	49	やや強
スズマル	58	23	21	53	39	20	10	23	79	33	—	73	58	(44)	中
トヨムスメ	94	91	66	79	83	78	20	29	97	56	97	85	82	88	弱
トヨコマチ	81	74	64	78	74	86	31	51	89	64	—	69	77	(73)	弱
カリユタカ	93	76	58	85	78	86	34	42	98	65	98	99	89	95	弱
十育231号	—	—	20	46	(33)	—	—	20	54	(37)	—	9	52	(31)	やや強
平均	48	38	31	56	—	51	16	22	71	—	46	52	58	—	

表9 わい化病抵抗性遺伝資源の探索（中央農試 1966～1995）

年 次	供 試 品種数	抵抗性 品種数	抵 抗 性 品 種 名
1966～ 1981	3,100	16	黄宝珠、Adams、Bavender special 7、Calland、Harbinska 231、Kimame、Pando、Peking、PI 89772、PI 90763、Timi. 144、840 2-7、赤仁田、極早生千島、北京黒大豆、吉岡中粒
1982～ 1995	1,000	18	吉林8号、吉林14号、吉林15号、集体4号、集体5号、合豊22号、小金黄1号、中勝1号、平頂4号、中国産-6、水里紅、青豆（以上、中国）、メチタ（ロシア）、白雲コン、長葉コン（以上、韓国）、もやし豆、青御前、呉豆（以上、長野県）、

選抜には不向きである。今、注目されるのは、中央農試畑作部・生物工学部が共同研究を行っている「DNAレベルでの抵抗性選抜技術の開発」に期待をかけている³⁷⁾。この技術の活用はわい化病の選抜のみならず、多くの育種方法に画期的な技術革新をもたらすであろう。

4. 機械化適性育種

畑作地帯における大豆の10a当り労働時間はピーンハーベスター・にお積み体系が11.8時間に対してコンバイン収穫体系は7.3時間に短縮され、さらに機械除草を導入して手取除草を省略すると3.1時間と大幅に短縮できる³⁸⁾。コンバイン収穫に必要な特性は裂英性、最下着英位置、耐倒伏性、早生化等が上げられる。裂英性は英のはじけ易さであり、コンバイン収穫時の衝撃で子実が飛散するのに影響する。裂英にくい特性を難裂英性と呼んでいるが、ここではその難裂英性品種の育種について述べる。

1) 裂英性の検定方法

難裂英性品種の育種は1975年ころから開始された。土屋・砂田(1978)は裂英性の検定方法として表10の三通りについて検討した。一つは自然裂英法であり、成熟期後、2～3週間圃場に放置しておき、自然状態での裂英性を調査する。この方法は、晩生種は圃場では裂英しないため評価ができない、また年次によって自然裂英が生じない年には検定が全くできない等の欠点がある。二つ目のガラス室乾燥法は、温室やガラス室を利用する方法で自然法に比べると品種間差異が大きく現れる。十勝農

試では成熟後の集団および系統を10月下旬から11月中旬に、裂英検定室に入れ、約1週間放置後、裂英しない個体を選抜する。現在、初中期世代の選抜にこの方法を利用している。三つ目の熱風乾燥処理法は、60℃3時間乾燥機にかけた後、戸外に出し裂英率を測定する。この方法は処理条件が一定で熟期に関係なく検定でき、年次間で結果が安定していることから品種固有の裂英性を判定するのに有効である。欠点は高温処理するため検定に用いた子実は種子に使用できない。

2) 裂英性の品種間差異と遺伝

1975年115品種を供試して熱風乾燥処理により裂英性を検定した。その結果、「トヨスズ」「キタムスメ」「北見白」等、有限伸育型の北海道品種は裂英性が易であり、米国、中国の無限伸育型品種は大部分が難裂英性であった(表11)。

裂英性に関与する遺伝子数は、Piper and Morse(1923)、永井(1926)は1対、Caviness(1963)は4対を示唆している。土屋(1986)は、易裂英性が難裂英性に対して不完全優性と推定し、多くの場合比較的少数(1～2対)の遺伝子が関与していると推察している。

3) 難裂英性品種の育種

1972年から1996年までにタイ国、米国、中国等の難裂英性因子を導入した組合せは353組合せになる(表12)。タイ国から導入した難裂英性の遺伝資源はタイ国の優良品種「SJ-2」に由来する。この品種と北海道品種の交配した後代から「タイ7012」系統を選抜したが、これらは子実が小粒で収量性がやや劣り、かつ倒伏しやすい等の難点があった。米国から導入した難裂英性の遺伝資源には「Harosoy」、「Clark」があるが、これらは無限伸育型であり、北海道品種と交配した後代も長莖で耐倒伏性が劣るなど問題があった。これらに比べて無限伸育型「Clark」の同質有限型系統「Clark Dt₂」を難裂英性因子に用い、北海道品種と交配した後代は、伸育型は有限で莖長は短、中莖が多く、草姿の良い個体が多かった。こ

表10 裂英性の検定方法と裂英率（土屋 1977）

検定方法	平均裂英率 (%)
自然裂英法	5.4
ガラス室乾燥法	13.1
熱風乾燥処理法	47.3

注) 52品種供試

表 11 裂莢性検定による品種の類別 (土屋 1986)

裂莢性	品 種 名		
	A 群	B 群	C 群
難		Acme、Adams、Altona、Harosoy、Chippewa、克霜、呼蘭-1、元宝金、黄宝珠、満倉金、他	ワセコガネ、テンボクシロメ、トカチシロ
中	鈴成、蘭越 1 号、細葉 1 号、白千石、本育 65 号、早生緑、白鶴の子、	Burewell、Comet、Pagoda、Fiskeby III-20、紫花 4 号	コガネジロ、ナガハジロ、ホウライ、テンボクワセ
易	奥原 1 号、大谷地 2 号、カリカチ、イスズ、シンセイ、ユウヅル、北見白、十勝長葉、トヨスズ、キタムスメ、他	Agate、Hidatsa、Pando、Sioux、牡丹江、634-13-46-8	

注) A 群：有限伸育型の日本品種、B 群：無限及び有限伸育型の導入品種、
C 群：有限と無限の交雑による品種

表 12 難裂莢性を目標とする組合せ数と開発経過 (土屋 1993 に追加)

年 次	組合せ数	開 発 段 階
1972-75	10	育種目標設定。耐裂莢性検定法と品種間差異の検討。タイ国、USA、中国品種の利用。
1976-79	18	耐裂莢性の遺伝、最下着莢位置の検討。
1980-83	64	難裂莢性系統の育成と中間母本としての利用。十育 207 号(タイ 7012/十系 423 号)、十育 208 号(キタムスメ/タイ 7012)
1984-87	40	十育 211 号 (コガネジロ/Harosoy Dt2)、十育 214 号 (ヒメユタカ/Clark Dt2)。難裂莢性と耐病性の複合化目標。
1988-91	78	カリユタカの育成。難裂莢性と耐病性を複合化した有望系統の選抜。
1992-96	143	十育 230 号 (ツルコガネ/十育 205 号)、十育 231 号 (中育 24 号/十系 777 号)。難裂莢性、耐冷性、耐病性の複合化育種。
合計	353	

の組合せは、F₄ 世代はガラス室乾燥法により、F₅ 世代は熱風乾燥処理法により裂莢生の選抜をおこなった。さらに、着莢、草型が良く中生で大粒の系統を選抜して「カリユタカ」⁴⁵⁾の育成に至った。しかし、「カリユタカ」は耐冷性や耐病性に欠点があり、現在、「カリユタカ」に早熟性、耐冷性、線虫抵抗性、わい化病抵抗性の特性を導入する方向で育種を進めている。

難裂莢性の遺伝資源は比較的多く、前述の三通りの選抜方法の開発により、他の育種目標に比べ選抜方法が簡易であり、その効果も高いことから、難裂莢性品種の育種は、耐冷性やわい化病育種に比べると効率良く実施できるようになった。

5. 将来展望

北海道の大豆は、かつては 95,400 ha (1954 年) あった作付面積が近年では 1986 年の 23,700 ha をピークに年々減少している。これは大豆の収益性の低下や冷害やわい化病による低収、さらには機械収獲の対応の遅れが

大きな要因となっている。しかしながら、北海道の畑作を維持、発展させるためには豆類を入手した 4 年以上の輪作体系が必要であり、とりわけ大規模経営においては労働力不足から省力栽培が可能な大豆を導入する作付体系が見直されている。一方、実需者においては、北海道産大豆の外観品質や美味しさ、さらには農薬使用量が少ないことから安全性においても評価が高く、道産大豆の安定供給が強く求められている。

このため、当面の育種目標はコンバイン収獲ができる安定多収品種を目指し、現在の主要品種に他の特性を 1 ～ 2 付加させることに重点をおいている。例えば機械化適性品種「カリユタカ」にわい化病抵抗性と耐冷性を導入する。また、線虫抵抗性の「トヨムスメ」には難裂莢性とわい化病を導入する。次のステップとして耐冷性、耐病虫性、難裂莢性および多収性の複合特性を有する高品質品種の育成を図る。これらを達成するためには、耐冷性とダイズわい化病に関しては、より強度な抵抗性遺伝資源の探索、収集が必要である。ダイズシストセンチュウ抵抗性と難裂莢性に関しては遺伝資源としてはほぼ

整っており、これらを有効に利用しながら選抜を強化するとともに、新しい遺伝子型を導入して中間母本の種類を広げることも重要である。一方、耐冷性や耐病虫性育種を進めるには、特定の選抜圃場の維持、管理が必要である。また、調査、選抜に多大な労力を要することから、効率よく精度の高い選抜を行うための新たな方法として、DNA マーカーを利用した選抜、検定方法が早期に開発されることを期待している。

現在、個々の育種目標についてはおおむね目標どおりの品種が育成されているが、既存品種は複数形質の障害抵抗性を持っていないため現実には栽培上の障害となっている。そこで、現段階は、前述の2～3形質を持った品種を5年後を目処に育成することとし、次の段階では全ての形質を持った高品質品種を10年後を目処に育種に取り組んでいる。これらの育種目標が達成された時には、用途は豆腐、納豆を中心に一部煮豆にも利用できる複数の品種を組合せて栽培することにより、道東、道北の大豆の平年単収は300～330 kg/10 a、冷害年の単収は200 kg/10 a 前後が期待できるであろう。

引用文献

- 1) 北海道立十勝農試編 (1966), 66 年のあゆみ。大豆, 29-38.
- 2) 砂田喜與志 (1980), これからの大豆育種の方角, 北海道における豆類に関する研究収録, 農林水産省北海道農業試験場, 12-23.
- 3) 砂田喜與志 (1978), 研究業績, 豆類(2)北海道立十勝農業試験場試験地, 農林水産技術会議事務局編, 指定試験事業 50 年史, 130-134.
- 4) 山本 正 (1982), 豆類, 冷害発生の仕組み, 北海道の農業気象, 北海道協同組合通信社, 100-101.
- 5) 後藤寛治・成河智明 (1968), 第4章 大豆の耐冷性に関する育種学的研究, 福井重郎編, 大豆の育種, ラテイス社, 80-97.
- 6) 佐々木紘一・紙谷元一 (1984), 過去の主な冷害年における十勝農試の大豆の被害型解析, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 24: 26.
- 7) 成河智明・三浦豊雄・松川 勲 (1970), 豆類の耐冷性に関する一考察, 北農, 37(12): 41-45.
- 8) 北海道立十勝農業試験場編 (1970-1995), 大豆新品種育成試験成績書, 昭和45年度～平成7年度.
- 9) 三分一 敬 (1979 a), 大豆の耐冷性に関する育種学的研究, 北海道立農試報告, 29: 1-57.
- 10) 三分一 敬 (1979 b), 大豆における耐冷性検定の一考察, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 19: 42.
- 11) 斎藤正隆・三分一敬・佐々木紘一・酒井真次・土屋武彦 (1969), 大豆優良品種「キタムスメ」について, 北農, 36(7): 1-13.
- 12) 砂田喜與志ら (1981), だいち新品種「キタホマレ」の育成について, 北海道立農試集報, 45: 79-88.
- 13) 佐々木紘一ら (1990), だいち新品種「トヨコマチ」の育成について, 北海道立農試集報, 60: 45-58.
- 14) 湯本節三ら (1995), ダイズ新品種「トヨホマレ」の育成について, 北海道立農試集報, 68: 33-49.
- 15) 岡 啓・高橋 幹・王連敏 (1989), 白目大豆のへそ周辺着色粒の発生に及ぼす低温時期と期間の影響, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 29: 22.
- 16) 湯本節三・佐々木紘一 (1990), 白目大豆野低温処理による着色粒発生程度の検定, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 30: 39.
- 17) 農林省帯広統計事務所編 (1976), 日高・十勝・釧路農作物累年統計, 33-48.
- 18) 砂田喜與志・後藤寛治・斎藤正隆・酒井真次 (1966), 大豆優良品種「ホウライ」及び「トヨスズ」, 北農, 33(11): 16-28.
- 19) 佐々木紘一ら (1988), だいち新品種「トヨムスメ」の育成について, 北海道立農試集報, 57: 1-12.
- 20) 湯本節三ら (1993), ダイズ新品種「大袖の舞」の育成について, 北海道立農試集報, 65: 45-59.
- 21) 砂田喜與志ら (1981), だいち新品種「スズヒメ」の育成について, 北海道立農試集報, 45: 89-100.
- 22) 北海道病害虫防除所十勝支所・道立十勝農試編 (1971-1995), 病害虫発生予察事業年報, 昭和46年度～平成6年度.
- 23) 清水 啓 (1987), 北海道におけるダイズシストセンチュウのレース——十勝地方を中心として——, 植物防疫, 41: 117-123.
- 24) Golden, A.M. et al. (1970), Terminology and identity of infraspecific forms of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*), Plant Dis. Rep. 54: 544-546.
- 25) 酒井真次, 斎藤正隆, 砂田喜與志 (1975), 大豆のダイズシストセンチュウ抵抗性個体選抜の一方法——半根法——, 北海道立農試集報, 32: 18-24.
- 26) 後藤寛治・砂田喜與志 (1968), 大豆シスト線虫に対する抵抗性の導入に関する研究, 福井重郎編, 大豆の育種, ラテイス社, 38-66.
- 27) 白井和栄・富田 謙一・土屋武彦 (1991), ダイズシ

- ストセンチウのレース3に対するダイズの「下田不知」系抵抗性の遺伝。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報。31:54.
- 28) 杉山信太郎・広間勝巳(1968)。大豆品種のダイズシストセンチウ抵抗性に関する研究1。抵抗性の品種間差異。育種。18:80-87.
- 29) Caldwell, B.E., C.A. Brim and J.P. Ross(1960). In-heritance of registance of soybeans to the cyst nematode, *Heterodera glycines*. Agron. J. 52: 635-636.
- 30) 酒井真次・砂田喜興志(1987)。寒地におけるダイズシストセンチウ抵抗性育種。わが国におけるマメ類の育種。明文書房。124-153.
- 31) Arnold L.M. and F.W. Leonold(1965). Evidence of a fourth gene resistance to the soybean cyst nema-tode.Crop Sci. 5: 477.
- 32) Concibido, V. et al.(1993): RFLP mapping of cyst nematode resisittance genes in soybeans. Soybean Gentices Newsle. 20: 136-139.
- 33) 百田洋二・串田篤彦(1993)。ダイズシストセンチウ地域個体群におけるレースの混在とレース分化。北海道農業試験場年報 平成5年度。62-64.
- 34) 谷村吉光・玉田哲男(1976)。ダイズわい化病抵抗性の育種的研究。I 抵抗性の品種間差異。北海道立農試集報。35: 8-17.
- 35) 玉田哲男(1975)。ダイズわい化病に関する研究。北海道立農試報告。25: 1-144.
- 36) 常汝鎮(1989)。国内外大豆遺伝資源的搜集, 研究和利用。大豆科学。8(1): 87-96.
- 37) 紙谷元一・木口忠彦・高宮泰宏・白井和栄(1996)。大豆のダイズわい化病抵抗性に関する RAPD マーカーの探索。育種。46(別2): 74.
- 38) 道見邦彦・道場三喜雄・犬塚秀一(1994)。豆類の機械化栽培。明日の豆作り(平成6年)。日本豆類基金協会。215-253.
- 39) 土屋武彦・砂田喜興志(1978)。大豆の裂莢性に関する育種学的研究。II 裂莢性の検定方法と品種間差異。北海道立農試集報。39: 19-26.
- 40) Piper, C.v. and W.J. Morse(1923). The soybean. Mc Graw-Hill, New York. 329p.
- 41) 永井威三郎(1926)。ダイズの遺伝に就て。農業及び園芸。1: 4-14.
- 42) Caviness, C.E.(1963). A physiological and genetic study of shattering in the soybean. University of Missouri, Ph.D. Dissertation. 1-120.
- 43) 土屋武彦(1986)。ダイズの耐裂莢性に関する育種学的研究。北海道立農試報告。58: 1-53.
- 44) 土屋武彦(1993)。ダイズの難裂莢性品種育成の現状と展望。農業技術。48(5): 193-197.
- 45) 田中義則ら(1993)。ダイズ新品種「カリユタカ」の育成について。北海道立農試集報。65: 29-43.