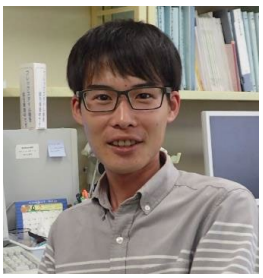
様式 3

令和 7 年度終了　豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

1　課題名　　道央地域で安定生産できる中晩生小豆品種の開発強化



2　研究実施者

研究代表者　　北海道立総合研究機構　中央農業試験場
作物開発部　作物G　研究主任　道満剛平

分担　　北海道立総合研究機構　中央農業試験場
作物開発部　生物工学G

同　十勝農業試験場　研究部　豆類畑作G

同　上川農業試験場　研究部　水稲畑作G、生産技術G

3　実施期間　令和 5 年度～7 年度（3 年間）

4　試験研究の成果概要

（1）試験研究の目的

道央地域で中晩生小豆の早期開発を目標に、道央地域における初中期世代からの現地選抜、後期世代での道央地域での適応性評価を実施する。茎疫病抵抗性を確実に付与するため圃場検定を実施する。また、茎疫病抵抗性を高精度に判別可能な DNA マーカーを開発することにより、中晩生小豆品種の開発を強化する。

（2）実施計画、手法

1）収量性に優れた中晩生小豆の選抜強化：①現地選抜　系統選抜(F5～F6 世代)では普通小豆、大納言系統をのべ 806 系統供試、一区面積 2.1 ㎡（反復なし）。②適応性評価（収量試験）　小規模生産力検定予備試験（以下小生予、F6～F7 世代）では、前年度系統選抜した普通小豆、大納言系統をのべ 156 系統供試。一区面積 4.2 ㎡（乱塊法 2 反復）。系統適応性検定試験（F7 世代以降）では、普通小豆、大納言の十系系統をのべ 56 系統供試。一区面積 6.3 ㎡（乱塊法 3 反復）。

2）茎疫病抵抗性に優れる系統の選抜強化

系統選抜世代のべ 620 系統および小生予世代のべ 130 系統を供試した。7 月下旬に茎疫病菌レース 3,4 の混合摩砕液を圃場に接種後、湛水処理し、8 月中旬頃に発病度調査を行った。

3）茎疫病抵抗性 DNA マーカーの開発と利用

①「きたひまり」由来の茎疫病抵抗性 DNA マーカーの高精度化：「きたひまり」と「エリモショウズ」の交雑後代系統を用いて茎疫病菌レース 4 の接種検定を行い、抵抗性判定を行い、座乗候補領域の DNA マーカーの遺伝子型を判定した。

②反復戻し交配による抵抗性導入有望系統の作出：基幹品種（「エリモショウズ」・「しゅまり」）へ茎疫病抵抗性を導入するために、反復戻し交配を実施した。

③由来の異なる抵抗性に関する DNA マーカーの開発：高精度な DNA マーカーの開発のため、抵抗性遺伝資源「Acc1142」と「エリモショウズ」（感受性品種）との交雑後代個体について、抵抗性遺伝子の候補座乗領域内にある DNA マーカーの遺伝子型を調査した。

（3）成果の概要

1）収量性に優れた中晩生小豆の選抜強化

成熟期、倒伏程度、収量、粒大、品質および茎疫病抵抗性の圃場検定結果により、系統選抜では 3 年間でのべ 138 系統を選抜した（表 1）。小生予では同様にのべ 34 系統を有望として選抜した（表 1）。系統適応性検定では、茎疫病菌レース 1,3,4 抵抗性を有し、道央地域に向く有望系統として中生の普通小豆系統「十育 187 号」、「十育 189 号」、「十育 190 号」を、晩生の大納言系統として「十育 188 号」を選抜した。表 2 のとおり、普通小豆 3 系統は、対照とする「エリモ 167」「きたひまり」より安定して多収で、耐倒伏性にも優れた。また、これらの系統は対照品種より胚軸長が長い特徴を持つことから、中生のコンバイン収穫向け品種として省力栽培にも貢献できると考えられる。

大納言系統「十育 188 号」は「とよみ大納言」「ほまれ大納言」を対照とし、3 年間を通じて大粒で収量性が優れた。さらに、茎疫病抵抗性をはじめとする土壌病害抵抗性も両立していることから、道央地域での安定生産に貢献できると考えられる。

表 1．課題期間中に供試した系統数と選抜数

試験名	試験名	世代	2023年		2024年		2025年	
			供試	選抜	供試	選抜	供試	選抜**
初中期世代選抜および生産力検定（中央農試）	個体選抜	F_4	8400	121	8430	272	−	−
	系統選抜	F_{5-6}	251*	45（再24）	273*	50（再10）	282	53（再38）
	小生予	F_{6-7}	52*	7（再6）	51*	13（再3）	53	14（再6）
	系統適応性検定	F_7～	19*	十育187, 188号（再3）	17*	十育189号（再7）	20	十育190号, 5（再6）
茎疫病抵抗性圃場検定（上川農試）	系統選抜	F_{5-6}	267	148	146	71	207	179
	小生予	F_{6-7}	58	37	34	32	38	37
	特性検定	F_7～	26	14	−	−	−	−

注1）括弧内の再は再試験として選抜した系統を、茎疫病抵抗性検定の選抜数は抵抗性”中”以上の系統数を示す。
注2）中央農試供試の*印は前年まで別課題の十勝農試の選抜、前課題の選抜系統（個体）が含まれる。
注3）**印は中央農試で有望または再試験と評価した数を示す。

表２．有望系統の中央農試での累年試験結果

系統名または品種名	年次	茎疫病抵抗性（レース）			成熟期	胚軸長	倒伏程度	残葉程度	主茎長	莢数	子実重	対照品種比	百粒重	検査等級
		1	3	4	（月日）	（cm）			（cm）	（/株）	（kg/10a）	（%）	（g）	
十育187号（十系1461号）	2023～2025	**R**	**R**	**R**	**9.8**	**ML**	**0.0**	**4.0**	**57**	**48**	**310**	**113**	**13.4**	**3等中**
エリモ167		S	S	S	9.7	S	2.0	3.9	69	47	275	100	11.6	3等中
きたひまり		R	R	R	9.7	S	0.8	3.1	75	44	280	102	12.3	3等中
十育189号（十系1475号）	2024～2025	**R**	**R**	**R**	**9.5**	**ML**	**0.2**	**3.9**	**63**	**50**	**350**	**111**	**15.5**	**3等中**
エリモ167		S	S	S	9.7	S	2.1	3.9	65	52	314	100	12.5	3等中
きたひまり		R	R	R	9.8	S	0.7	2.7	74	48	302	96	13.4	3等中
十育190号（十系1481号）	2024～2025	**R**	**R**	**R**	**9.8**	**ML**	**0.8**	**3.8**	**78**	**39**	**359**	**114**	**15.8**	**3等中**
エリモ167		S	S	S	9.6	S	1.8	3.9	63	40	314	100	12.2	3等中
きたひまり		R	R	R	9.7	S	0.8	2.7	75	39	330	105	13.0	3等中
十育188号（十系1464号）	2023～2025	**R**	**R**	**R**	**9.13**	**S**	**2.0**	**3.7**	**77**	**37**	**311**	**109**	**20.7**	**3等中**
とよみ大納言		S	S	S	9.8	M	2.4	4.0	69	39	274	100	19.4	3等下
ほまれ大納言		R	R	S	9.15	S	4.0	4.0	97	37	253	93	18.1	3等中

注1）茎疫病抵抗性はR(抵抗性)、S(感受性)、注2）胚軸長はS(短)、M(中)、ML(やや長)、倒伏程度と残葉程度は0(無)～4(甚)の5段階。
注3）子実重および百粒重は水分15%換算。

２）茎疫病抵抗性 DNA マーカーの開発と利用

前課題までに、「きたひまり」由来の茎疫病抵抗性遺伝子を選抜する第 9 染色体上の DNA マーカー「pa097150」を開発し、この DNA マーカーの選抜精度が約 87%と推定されることを明らかにした（佐藤ら 2022）。本課題では「きたひまり」由来の茎疫病抵抗性 DNA マーカーの高精度化を試みた。具体的には、図 1 のように抵抗性遺伝子の座乗候補領域内で遺伝的組換えが生じた個体を選抜し、抵抗性を接種検定で評価するとともにその領域内の複数の DNA マーカーの遺伝子型と抵抗性評価結果の対応関係を調査した。その結果、候補領域が約 600 kb（遺伝的距離で示すと約 3 cM）まで絞り込まれた。さらに、この領域内の DNA マーカーが抵抗性型を 95%以上の確率で選抜できる高精度マーカーであることを確認し、実際の育種事業での活用が図られている。さらに、将来の茎疫病菌レースの変遷に備えて、「きたひまり」由来の抵抗性だけでなく、抵抗性の遺伝資源「Acc1142」由来の抵抗性を効率的に選抜する DNA マーカーの開発も進めた。「Acc1142」と「エリモショウズ」との交雑後代のうち F2 個体群を用いた遺伝解析と発病調査を進め、「きたひまり」由来の抵抗性遺伝子の絞り込みと同様の手法で、座乗候補領域の絞り込みと DNA マーカーの高精度化に取り組んでいる。

約 1,200kb の領域

マーカー名	pa097150	pa091660	Vi09Gcat1	Vi09Gag2	Vi09Gtatg1	Vi09Gtta1	SSR①	発病度平均	有意差	判定
物理位置(kb) 品種系統名	0.0	2,157.5	2,355.2	2,646.2	3,322.8	3,369.4	4,575.0			
きたひまり(P2)	A	A	A	A	A	A	A	11.7	対照	抵抗性
1911_9	C	A	A	A	A	A	A	6.7		抵抗性
1911_54	C	C	A	A	A	A	A	15.0		抵抗性
1911_42	C	C	C	C	C	A	A	70.0	***	感受性
しゅまり(P1)	C	C	C	C	C	C	C	66.7	***	感受性

† 物理位置は「pa097150」を起点にしたゲノムデータベース上の位置

†† 「A」は「きたひまり」型、「C」は「しゅまり」型の遺伝子型を示す

††† n=3, ***P<0.001 vs 対照(Dunnett test)、「きたひまり」より有意に発病度が高いものを感受性と判定

図 1. 抵抗性遺伝子の候補座乗領域の絞り込みの例（佐藤ら 2023）

各個体のマーカー遺伝子型が「きたひまり」型（A）かつ抵抗性および「しゅまり」型（C）かつ感受性の DNA マーカーの位置関係から抵抗性遺伝子が座乗する候補領域を絞り込む。この例でさらに絞り込む際には、「pa091660」と「Vi09Gtta1」の間で A 型と C 型に分離した（遺伝的組換えが生じている）個体を新たに選抜し、同様に抵抗性判定とを見比べて、候補領域を絞り込む。

また、「きたひまり」に由来する茎疫病抵抗性を導入するために、「エリモショウズ」および「しゅまり」を反復親、「きたひまり」を抵抗性の導入親とした反復戻し交配を実施してきた（表３）。さらに反復戻し交配を進め、反復親の農業特性に近い系統を選抜していく予定であり、その際には上記で開発した高精度な DNA マーカーを活用することで、より効率的に交配親の選定や抵抗性を導入した個体の選抜が可能になる。

表３．「きたひまり」由来の抵抗性遺伝子の導入を目指した反復戻し交配の状況

交配年	反復親:エリモ167			反復親:しゅまり			備考
	世代	交配番号	採種数	世代	交配番号	採種数	
2020				F_1	十交2051	30	前課題で実施
2021				BC_1	十交2138	140	〃
2022	F_1	十交2237	38				〃
2023	BC_1	十交2340	39	BC_2	十交2338	116	本課題で実施
2024 夏	BC_2	十交2440	286				〃
2024 冬	BC_3	十交2441	90	BC_3	十交2439	44	〃
2025	BC_4	養成中		BC_4	養成中		〃

注1）種子親は反復親、花粉親を一回親（「きたひまり」）とし、以降、花粉親を交配で得られたF_1またはF_2世代とした。

注2）2022年に両組合せの花粉親が生育不良により、十分な量の交配種子を得ることができなかった。このため、目的のDNAマーカー型を持つ次代の個体が得られず、反復親「エリモ167」は単交配（F1）から再交配、反復親「しゅまり」は「十交2138」のF2世代種子から目的のDNAマーカー型の個体を選抜し、花粉親として交配を進めた。

（４）今後の課題

選抜された系統は十勝農試で世代を進め、優良品種化を目指して選抜を継続する。高精度化した「きたひまり」由来の抵抗性の DNA マーカーは育種事業で活用し、「Acc1142」由来の抵抗性の DNA マーカーは、遺伝解析を進めて候補領域を絞り込み高精度化を図る。

（５）成果の波及効果

本課題で選抜された有望系統は、道央地域の温暖な気象条件下で、安定した収量や品質を確保できると考えられる。これらの系統が優良品種化され、普及することで、小豆生産者の所得向上を図り、作付面積の維持拡大と生産性の向上により、道産小豆の実需者や消費者への安定供給に貢献できる。

（６）論文、特許等

・佐藤ら（2023）日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報　第 64 号 6-7.
・道満ら（2023）日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報　第 64 号 8-9.
・道満ら（2025）育種学研究（別 1）185.