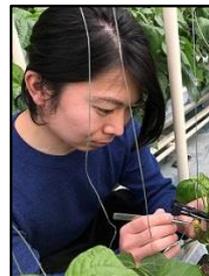


令和 5 年度終了 豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

- 1 課題名 DNA マーカーによる小豆ダイズシストセンチュウ抵抗性系統の選抜強化事業



- 2 研究実施者

研究代表者 (地独)北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

研究部 豆類畑作グループ 研究主任 長澤秀高

分担 同 十勝農業試験場 研究部 生産技術グループ

- 3 実施期間 令和 3 年度～令和 5 年度（3 年間）

- 4 試験研究の成果概要

- (1) 試験研究の目的

ダイズシストセンチュウ（以下、SCN と記載）抵抗性 DNA マーカーの高精度化を図り、DNA マーカー選抜を活用した反復戻し交配により、基幹品種に SCN 抵抗性を導入した実用的な新品種の早期育成。

- (2) 実施計画、手法

- 1) DNA マーカーの高精度化及び不良農業形質との連鎖検証（生物工学 G、豆類畑作 G、生産技術 G）

養成した材料について DNA マーカー検定を行い、第 1, 8, 9 染色体の QTL 領域内で組換えを起こしている個体を探索する。組換え個体について SCN 抵抗性検定を行い、この結果から、QTL 座乗領域の絞り込みを行う。また、SCN 抵抗性 QTL が小粒や極晩性等をはじめとした不良農業形質と関係があるかどうかを調査する。

- ① QTL 座乗領域の絞り込みと SCN 抵抗性検定

供試材料：「エリモショウズ」又は「きたろまん」×「Acc2766」の F₂ 世代以降

SCN 抵抗性検定：レース 3 優占の圃場検定；各 10 個体×3 反復。レース 1 接種の室内検定；各 5 個体。各 DNA マーカーの遺伝子型及び寄生程度を調査。

- ② SCN 抵抗性 QTL と不良農業形質の連鎖の有無の調査

供試材料：「エリモ 167」又は「エリモショウズ」×「Acc2766」（「十交 2041」又は「十交 2044」）の反復戻し交配 BC₃F₃ 世代で 3 つの QTL が「Acc2766」型

又は「エリモショウズ」型、「エリモ 167」型で固定した個体由来 27 系統

- 2) 反復戻し交配系統の養成と選抜強化（豆類畑作 G、生物工学 G）

- 1) で作成した DNA マーカーを用いて交配親を選抜し、反復戻し交配を進める。

供与親：抵抗性遺伝資源「Acc2195」及び「Acc2766」

反復親：基幹品種「きたろまん」、「エリモ 167」及び「エリモショウズ」

3) 畑輪作における SCN 抵抗性小豆導入の効果検証 (生産技術G、豆類畑作G)

2017 年に SCN 抵抗性小豆系統あるいは感受性小豆を栽培。その後、ばれいしょ、緑肥エン麦、てん菜 (全て SCN 非宿主) で 4 年輪作した試験区に感受性小豆を栽培し、その間の土壌中の線虫密度の推移および小豆収量を調査する。

供試内容：各 4 m²×2 処理×3 反復×1 品種 (「きたひまり (十育 170 号) 」)。

(3) 成果の概要

1) DNA マーカーの高精度化及び不良農業形質との連鎖検証

①SCN 抵抗性検定の結果から、「Acc2766」由来の SCN 抵抗性 QTL の座乗領域を絞り込み、抵抗性を選抜可能な DNA マーカーを開発した (図 1)。反復戻し交配 BC₃F₃ 系統について SCN 抵抗性 QTL 全てが抵抗性型であった 8 系統をレース 3 優占の圃場検定に供試し、全て抵抗性と判定された (表 1)。

②抵抗性 QTL の DNA マーカー型が異なる「エリモ 167」×「Acc2766」BC₃F₃ 系統 (十交 2041、花粉親同一) を 13 株ずつ十勝農試圃場に供試し、反復親に類似する表現型を示す有望な 3 系統を選抜した (表 2)。抵抗性 QTL と不良農業形質 QTL についての関係は判然としなかった。

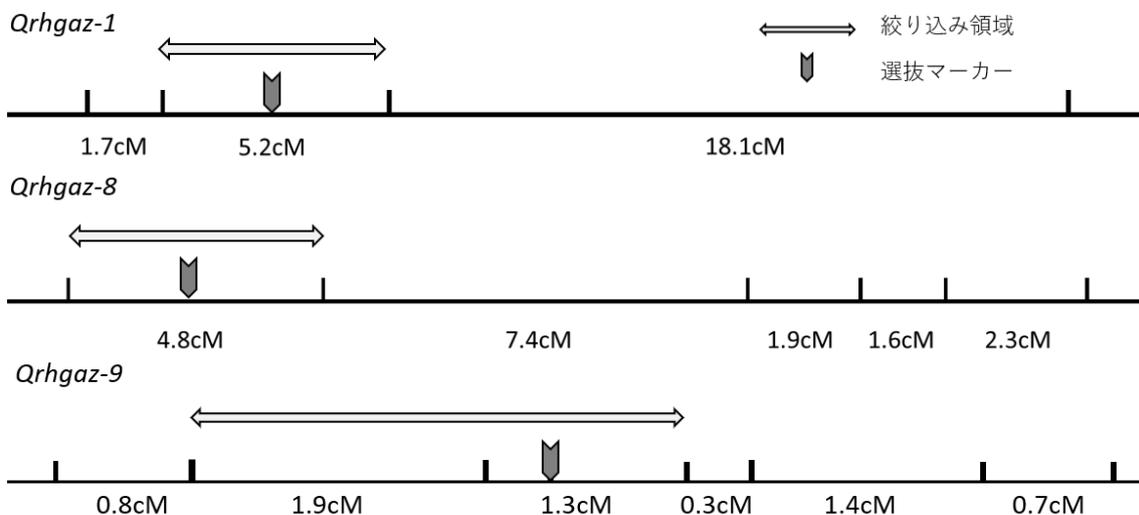


図 1 抵抗性 QTL の座乗領域および開発した選抜 DNA マーカー

表1 SCN レース3 優占の圃場検定結果 (令和5年)

分類	反復親	品種系統名	シスト寄生程度	判定
感受性大豆		ハヤヒカリ	43.3	S
抵抗性大豆		ユキシズカ	5.6	R
感受性小豆		しゅまり	29.8	S
抵抗性小豆		十系1219号	0.9	R
		Acc2766	2.2	R
		Acc2993	4.5	R
		Acc2195-a	1.9	R
		Acc2195-b	2.3	R
供試系統		十交2041①-45	0.4	R
		十交2041①-147	0.4	R
	エリモ167	十交2041③-42	0.3	R
		十交2041③-55	0.3	R
		十交2041③-122	0.8	R
	きたろまん	十交2043②-60	1.0	R
	エリモショウズ	十交2044③-56	0.8	R
	十交2044④-29	0.9	R	

注1) 供試系統の一回親は全て「Acc2766」。抵抗性小豆「Acc2195」は遺伝資源として導入したものが分離しており、DNAマーカー型および接種検定から抵抗性が強い異なる2個体由来を純系分離した。

注2) シスト寄生程度: 根に着生するシスト数によって寄生指数を計測。指数から寄生程度を計算。3反復の平均値を示した。寄生指数は以下の通り(シスト数=寄生指数)。0~9=0~0.9、10=1、11~20=1.5、21~50=1.7、51~100=2、101~500=3、501~=4。
寄生程度=寄生指数合計/調査個体数×4×100

注3) 判定: 寄生程度<10=R(抵抗性)、10≤寄生程度=S(感受性)。

表2 「十交2041」及び「十交2044」の表現型 (各BC₃F₃世代、令和5年)

品種名 または マーカー型	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	主茎長 (cm)	倒伏程度	葉落 良否	子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)	品種名 または マーカー型	開花期 (月・日)	成熟期 (月・日)	主茎長 (cm)	倒伏程度	葉落 良否	子実重 (kg/10a)	百粒重 (g)
エリモ167	7.16	9.3	78	1	3	252	11.7		7.18	9.13	90	2	4	268	11.4
エリモショウズ	7.16	9.3	84	1	4	349	12.6		7.28	9.13	87	2	4	304	11.4
	7.16	9.1	82	2	4	230	11	ABB	7.29	9.16	92	2	4	280	12.3
	7.17	9.4	80	1	4	235	11		8.1	9.19	86	2	4	310	11.5
	7.18	9.4	82	3	4	265	11		8.4	9.20	109	2	4	356	12.1
	7.16	9.3	85	2	4	223	9.2		7.21	9.8	94	2	4	320	10.4
AAA	7.24	9.15	104	2	4	351	11.1	BAB	7.29	9.11	92	2	4	365	10.6
	7.26	9.15	98	2	4	262	10.7		8.3	9.20	93	2	4	216	11.4
	7.27	9.8	96	3	4	312	9.1		8.6	9.30	93	3	4	95	11.6
	7.27	9.21	113	2	4	282	11.1	BBA	7.18	9.1	82	1	4	318	11.1
	8.8	9.30	121	3	4	274	9.9		7.19	9.3	79	2	4	281	11.3
	8.10	未達	114	3	4	523	10.7		7.17	9.3	83	2	4	304	11.9
	8.13	未達	102	3	4	328	11.4	BBB	8.4	9.19	95	2	4	316	10.9
									8.9	10.1	112	3	4	250	13.9
								AAA (十交2044)	7.17	9.10	88	2	4	220	9.9
									8.8	9.20	119	2	4	363	9.6

注1) マーカー型はSCN抵抗性DNAマーカーについて、Aが抵抗性型、Bが感受性型を示し、左からChr1、Chr8、Chr9を示す。表中右下AAA(十交2044)のみ反復親が「エリモショウズ」、それ以外は反復親が「エリモ167」(十交2041)を示す。

2) 倒伏程度は観察により0(無)~4(甚)で評価。

3) 太字は反復親「エリモ167」と類似した表現型の系統を示す。

2) 反復戻し交配系統の養成と選抜強化

各組み合わせ合計6回の反復戻し交配を実施した系統を作出した(表3、4)。反復戻し交配3回目以降、DNAマーカーで選抜した交配親のF₂を採種し、派生系統を養成した。

表3 反復戻し交配の世代別獲得粒数

反復親 (母)	一回親 (父)	F ₁	BC ₁		BC ₂		BC ₃		BC ₄		BC ₅		BC ₆
		獲得 粒数	獲得 粒数	内 ヘテロ	獲得 粒数								
きたろまん	Acc2195	144	194	3	16	2	16	2	159	7	160	6	113
	Acc2766	155	130	5	98	4	122	4	362	21	335	7	292
エリモ167	Acc2195	87	129	1	39	0							
	Acc2766	146	139	5	72	1	206	10	273	5(19)	200	8	212
エリモショウズ	Acc2195	80	133	0									
	Acc2766	97	110	4	85	4	173	7	475	39	27	2	19

注1) BC3までは前課題で実施した。

2) 内ヘテロ: 獲得粒の全てまたは一部を播種し、健全個体をDNAマーカー検定。抵抗性QTL3座全てがヘテロであった個体数を示す。BC1およびBC5の反復親「きたろまん」は獲得粒の一部(64~107粒)の結果。「エリモ167」のBC4はF₂の個体数、()はF₁の個体数を示す。

表4 反復戻し交配の組み合わせ番号

反復親(母)	供与親(父)	F ₁	BC ₁	BC ₂	BC ₃	BC ₄	BC ₅	BC ₆
きたろまん	Acc2195	1936	1946	2029	2042	2135	2233	2335
きたろまん	Acc2766	1937	1947	2030	2043	2136	2234	2336
エリモ167	Acc2195	1934	1944	2027				
エリモ167	Acc2766	1935	1945	2028	2041	2134	2334	2438
エリモショウズ	Acc2195	1932	1942					
エリモショウズ	Acc2766	1933	1943	2032	2044	2137	2235	2337

3) 畑輪作におけるSCN抵抗性小豆導入の効果検証

SCNが高密度(平均106卵/g乾土)に存在する柰圃場において、2017年にSCN感受性の「きたろまん」及びSCN抵抗性の「十系1219号」を栽培した結果、後作のばれいしょ植付け時のSCN密度は感受性跡で平均476卵/g乾土であったのに対し、抵抗性跡では71卵であった。その後、てん菜定植時に抵抗性跡では平均11卵まで減少した。SCN感受性小豆「きたひまり」播種時の密度は、感受性跡で平均31卵、抵抗性跡で平均11卵となり、有意差が認められた(p<0.05、片側t検定)(図2)。「きたひまり」の子実重は感受性跡よりも抵抗性跡で重い傾向があった(図3)。以上から、畑輪作にSCN抵抗性小豆を導入することで、SCN密度の低下が認められ、線虫害による減収を軽減できることから、抵抗性小豆を輪作に導入する利点は大きいと考えられた。

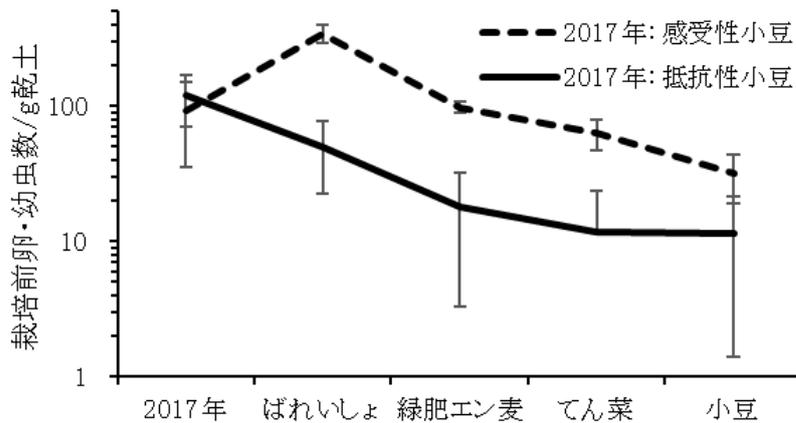


図2 SCN 抵抗性小豆を導入した輪作中における土壌中 SCN 密度の推移 (枠圃場、2017～2021年播種時)

バーは標準偏差。n=3。
2017年 SCN 抵抗性小豆「十系 1219 号」、感受性小豆「きたろまん」、2018年ばれいしょ、2019年緑肥エン麦、2020年てん菜、2021年感受性小豆。

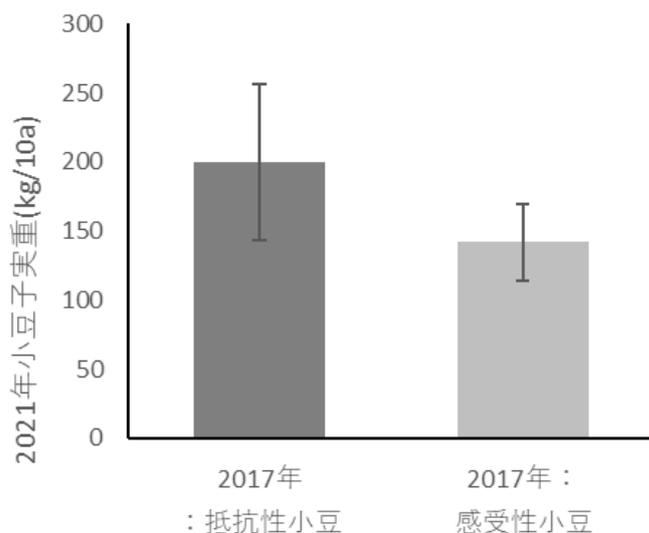


図3 輪作後の SCN 感受性小豆の収量 (2021年に「きたひまり」を栽培)

(5) 成果の波及効果

開発した DNA マーカーは、小豆における SCN 抵抗性の効率的な選抜に活用する。回復戻し交配系統は、円滑な普及が可能で SCN 発生圃場において栽培可能な小豆有望系統の早期育成に活用する。「十系 1219 号」を導入した輪作の試験成績は、事例を積み重ねたのち、本系統と同程度の SCN 抵抗性を有する優良品種の普及に活用する。なお、「十系 1219 号」は 2015 年に育成系統としては廃棄した。

(6) 論文、特許等

相馬ら論文投稿中。