

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17380011
 研究課題名（和文） ダイズの莢先熟発生機構の解明：遺伝子×環境相互作用の評価と遺伝子領域の探索
 研究課題名（英文） The Mechanism of Delayed Stem Senescence in Soybean: Evaluation of Gene by Environment interaction and Investigation of Novel Genetic Regions.
 研究代表者
 白岩 立彦（SHIRAIWA TATSUHIKO）
 京都大学・農学研究科・教授
 研究者番号：30154363

研究成果の概要：ダイズの種子成熟期に茎葉が緑色と水分を残す現象である莢先熟は、機械収穫の深刻な障害となっているが、発生機構が解明のままである。そこで、莢先熟を起こしやすい品種タチナガハと起こしにくい品種 Stressland の交雑系統などを用いて、莢先熟発生の遺伝的要因として伸育型遺伝子 Dt1 座が極めて強い作用と持つこと、Dt1 遺伝子の違いに由来する茎の伸長性および導管液の老化抑制物質サイトカイニン濃度の違いが発生に関与することを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,200,000	0	4,200,000
2006年度	4,100,000	0	4,100,000
2007年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2008年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
総計	14,600,000	1,890,000	16,490,000

研究分野：

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：ダイズ、適応性、莢先熟、RIL、シンク、遺伝子環境相互作用、窒素、サイトカイニン

1. 研究開始当初の背景

ダイズの莢先熟（莢実が熟期に達しているにもかかわらず茎葉が緑色と水分を残している現象）は、機械収穫を困難にするだけでなく、場合によっては収量低下をとまなうこともあり、その発生機構と対応技術の解明が強く求められている。

莢先熟の発生には品種間差異があり、とくに寒冷地の育成品種を暖地で栽培すると多発することがよく知られている。遺伝的要因として、早晩性と伸育性をそれぞれ支配する E1 座および Dt1 座が関与し、ともに劣勢遺伝

子型 (e1, dt1) で莢先熟が発生しやすいことがわかっている。しかし、これらの遺伝子がどのような機構で、またどの程度支配的に莢先熟を促進するかは明らかでない。早晩性が植物が圃場で受ける土壌水分や温度環境に差異をもたらすように、遺伝子の効果と環境の効果との間の密接な相互関係が、莢先熟のように圃場で表現される形質の遺伝的制御の解明を困難にしていると思われる。

2. 研究の目的

本研究では、莢先熟関連遺伝子 (e1, dt1) の効果を、上述のモデルにおいて環境応答パラメータ化することで定量的に評価するとともに、シミュレーションモデルでは再現しえない変異に着目しながら、莢先熟に関連する新たな遺伝子領域の探索を試みるものである。そのために、(1) 既に育成中の、莢先熟発生程度が明らかに異なる2品種の交雑後代から、Dt1座の遺伝子型で分類された系統群を作成する。(2) それらを圃場条件下で栽培し、dt1遺伝子が莢先熟発生に及ぼす影響を評価する。(3) dt1の効果が発現する、作物生理的機構を、生育および地下部からのサイトカイニンの供給動態から明らかにする。(4) 莢先熟について dt1 遺伝子型とは無関係な遺伝的変異をみせる系統群を選び、それらを対象に莢先熟特性と連鎖の可能性のある新たな遺伝子領域を探索する。

3. 研究の方法

(1) Dt1 座の遺伝子型で分類された系統群作出：既に育成している F2 約 700 系統の中から、開花期、成熟期、伸育型、莢先熟程度、乾燥時のストレス反応の表現型にもとづいて F3 世代 300 系統を選んで圃場栽培した。それらを世代促進するとともに、その一部を対象にして葉身 DNA の SSR マーカー分析を行った。

(2) dt1 遺伝子が莢先熟発生に及ぼす影響の評価：Dt1 座遺伝子型によって分類した F4 系統 (有限伸育型 12 系統, 無限伸育型 6 系統) を圃場栽培し、子実肥大期間における葉形質の推移および莢先熟発生程度ならびに関連形質を調査した。また、Peking×タマホマレ交配由来の PILs を用いた QTL 解析も合わせて行った。

(3) dt1 の効果の発現機構の解明：

品種タチナガハを圃場栽培し、開花から子実肥大期間を通じての導管液中サイトカイニン濃度の推移をサイトカイニン種別に測定した。Stressland×タチナガハ、および Peking×タマホマレ交雑由来の RILs から莢先熟易および難系統を選抜し、それらを圃場栽培して、莢先熟関連形質を調査した。

(4) dt1 遺伝子型以外の新たな遺伝子領域の探索；Dt1 および dt1 ホモの遺伝子型を有する Stressland×タチナガハ交雑由来 RILs を各 8 系統選抜し、それぞれの遺伝子型グループ内における莢先熟発生程度とその関連形質の変異を調査した。

4. 研究成果

(1) Dt1 座の遺伝子型で分類された系統群作出

表現型とマーカー遺伝子型により Dt1 座の優性および劣勢ホモ系統を選抜し、その莢

先熟特性を調査した。莢先熟発生程度の表現型は、F4 および F5 世代間の相関が認められた (第1図)。

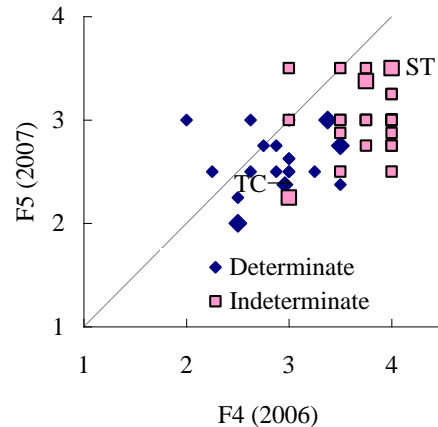


Fig. 1. DSS score for F4 and F5 progenies of a cross between cvs. Stressland (ST) and Tachinagaha (TC).

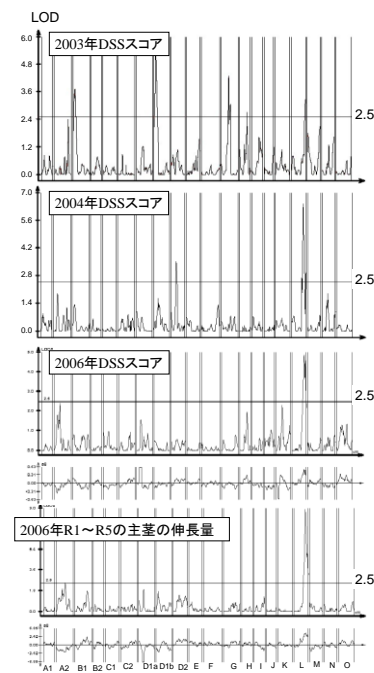


Fig. 2. Peking×タマホマレ由来のRILsを用いた莢先熟性(DSSスコア)および主茎伸長性のQTL解析結果。a.d.の値はこれが正のとき、Peking型の遺伝子型を持つことで表現型値が大きくなることを示す。

(2) dt1 遺伝子が莢先熟発生に及ぼす影響の評価：

タチナガハ×Stressland 交雑分離集団の

莢先熟発生程度は、遺伝的各伸育型グループ間で比較的明瞭に分かれ、有限伸育型で発生が顕著だった（第1図）。

Peking×タマホマレ交雑由来 RILs を用いた QTL 解析でも、莢先熟発生について Dt1 座のみに安定的な QTL が検出された。また莢先熟性と主茎の伸長程度の間に密接な関連がみいだされた（第2図）。これらより、莢先熟性に対する Dt1 座の関与が極めて強いものであることがわかった。

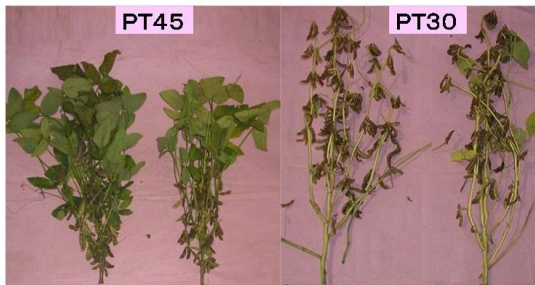


Fig. 3. Peking×タマホマレ交雑由来 RILs から選抜した莢先熟易系統 (PT45) および莢先熟難系統 (PT30)

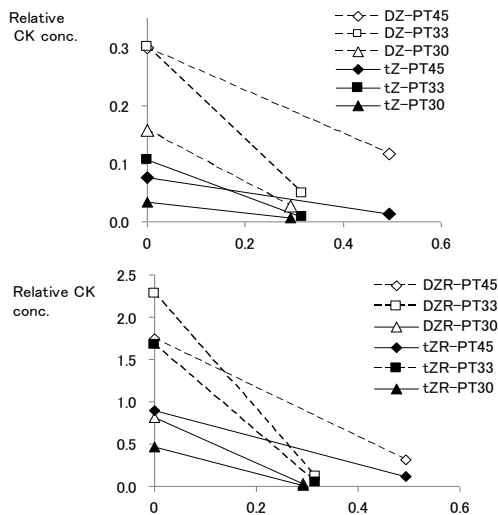


Fig. 4

DSS発生程度が異なる系統における導管液サイトカニン濃度の変化

DZ:ジヒドロゼアチン

tZ:トランスゼアチン

DZR:ジヒドロゼアチンリボシド

tZR:トランスゼアチンリボシド

(3) dt1 の効果の発現機構の解明:

Peking×タマホマレ交雑由来 RILs から選抜した莢先熟易系統と同難系統では、子実肥大期間における導管液サイトカニン濃度が明らかに異なり、易系統でジヒドロゼアチンリボシド、トランスゼアチンリボシド、ジヒドロゼアチン、トランスゼアチンが高かった（第3、4図）。

品種タチナガハを用いた圃場試験結果から、莢先熟程度が様々に異なるダイズの子実肥大期間における生育過程を解析し、莢先熟の発生程度が子実肥大期間の前半の栄養体・莢実間乾物分配比を強く反映すること（第5図）、および同期間の導管液中サイトカニン輸送量と密接な相関を示すこと（第6図）を明らかにした。これらの知見から、ダイズの莢先熟は、何らかの環境ストレスに起因する莢実シンクの相対的な不足がしばらく続き、それによる炭水化物や窒素の余剰により子実肥大期間中の地下部の活性を高く維持され、地上部へのサイトカニンの供給を通じて、地上部の老化が遅延する、という莢先熟発生スキームを考案した（第7図）。

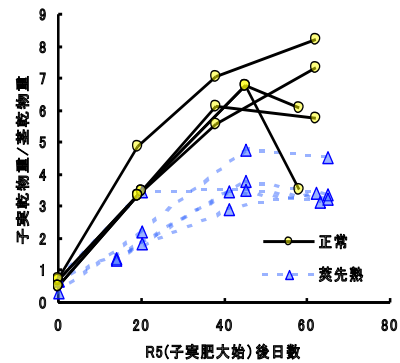


Fig. 5. 子実重の莖重に対する割合の推移

Table 1.

t-ZR輸送量、t-ZR濃度および出液速度とDSSとの相関係数

	子実肥大期間		
	r 初期	中期	終期
t-ZR輸送量	-0.09	-0.54 * *	-0.59 * *
t-ZR濃度	-0.13	-0.73 * *	0.25
出液速度	-0.54 * *	-0.44 * *	-0.71 * *
n	17	23	28

*5%水準で有意 **1%水準で有意

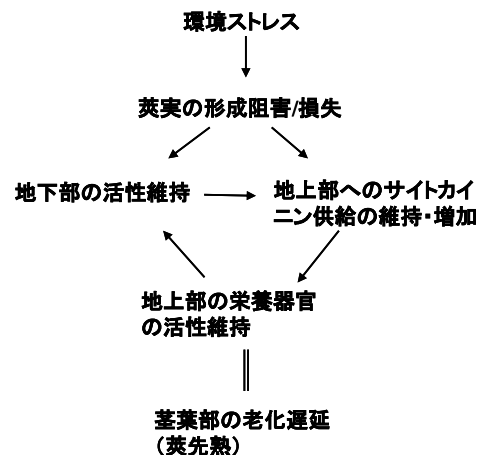


Fig. 6 莢先熟発生の作物物生理的機構のスキーム



Stressland 740 262 1037 Tachinagaha
無限伸育型 有限伸育型

Fig.7. 有限伸育型系統群にみられる莢先熟発生程度の変異

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Yu Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa, Azusa Nakajima, A., Junko Sato, Tetsuya Nakazaki, T.: Leaf gas exchange activity in soybean as related to leaf traits and stem growth habit, *Crop Science*, 48: 1925-1932 (2008)、査読有り.

2. Junko Sato, Tatsuhiko Shiraiwa, Makoto Sakashita, Yasuhiro Tsujimoto and Ryoji Yoshida: The occurrence of delayed stem senescence in relation to trans-zeatin riboside level in the xylem exudate in soybeans grown under excess-wet and drought soil conditions. *Plant Production Science* 10: 460-467(2007)、査読有り.

3. 辻本泰弘, 佐藤順子, 白岩立彦, 田中良典, 堀江武: ダイズ“青立ち”現象の発生原因に関する現地実態調査, *近畿作物・育種研究* 51: 37-43(2006)、査読有り.

[学会発表] (計9件)

1. 白岩立彦: Agronomical and crop physiological characteristics of Japanese commercial varieties as compared to US modern varieties, *Syposium on Enhancement of Soybean Productivity*, 2009年3月29日, つくば国際会議場.

2. 辻岡志保, 白岩立彦, 田中佑: ダイズの耐倒伏性を支配する地下部形質, *日本作物学会第227回講演会*, 2009年3月28日, つくば国際会議場.

3. 佐藤順子, 白岩立彦, 田中佑, 西島隆明, 中崎鉄也: ダイズの莢先熟発生機構—発生に関連する木部液サイトカイニン物質の特定—, *日本作物学会第226回講演会*, 2008年9月24日, 神戸大学.

4. 田中佑, 白岩立彦: ダイズの伸育型が個葉の形態および気孔コンダクタンスに及ぼす影響, *日本作物学会第226回講演会*,

2008年9月24日, 神戸大学.

5. Yu Tanaka, Tatsuhiko Shiraiwa, Azusa Nakajima, Junko Sato and Tetsuya Nakazaki: Morphological approach for genetic improvement of stomatal conductance in soybean, 5th WCSC, Cedu, Korea.

6. 松山 治樹, 白岩立彦, 佐藤 順子, 中崎鉄也, 田中 佑: ダイズの莢先熟発生機構—‘莢先熟性’の関連形質と遺伝的要因—, *日本作物学会第224回講演会*, 2007年9月26日, 金沢大学.

7. 田中佑, 白岩立彦, 佐藤 順子, 中崎鉄也: ダイズ交雑分離集団における気孔コンダクタンスおよび個葉特性の変異とその要因解析, *日本作物学会第224回講演会*, 2007年9月26日, 金沢大学.

8. 中嶋梓, 白岩立彦, 田中佑, 本間香貴, 堀江武: ダイズの乾物生産力の日米品種間差異における群落受光態勢および個葉光合成能の寄与: *日本作物学会第222回講演会*, 2006年10月29日, 香川大学.

9. 田中佑, 白岩立彦, 中崎鉄也, 中嶋梓, 佐藤順子, 堀江武: 伸育性が異なる大豆品種とその交雑分離集団における光合成能力の支配要因の解析, *日本作物学会第222回講演会*, 2006年10月29日, 香川大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白岩立彦 (SHIRAIWA TATSUHIKO)
京都大学・農学研究科・教授
研究者番号: 30154363

(2) 研究分担者

中崎鉄也 (NAKAZAKI TETSUYA)
京都大学・農学研究科・准教授
研究者番号: 60217693
本間香貴 (HOMMA KOKI)
京都大学・農学研究科・助教
研究者番号: 60397560

(3) 連携研究者

