

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：82111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25892029

研究課題名(和文) コアコレクションを用いたダイズのセシウム蓄積性に関する遺伝因子の探索

研究課題名(英文) Search for genetic factors involved in seed cesium accumulation using soybean core collections

研究代表者

高木 恭子 (TAKAGI, KYOKO)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター土壌肥料研究領域・任期付研究員

研究者番号：40707634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：遺伝的多様性を少数の系統で評価できるコアコレクションを用いてダイズの種子中セシウム濃度の調査を行ったところ、系統間に変異が認められた。セシウムは同族元素であるカリウムの輸送経路を介して植物体に蓄積すると考えられているが、両元素の種子中濃度の間には明確な関連性は認められなかった。また、単一の圃場で3年間栽培した種子の分析結果に基づいてセシウム低蓄積・高蓄積系統候補を選抜したところ、これらの系統のセシウム蓄積性の特徴は、他の圃場においても安定的に再現された。以上の結果から、ダイズの遺伝資源内には種子中セシウム濃度に関する遺伝的な多様性が存在すると考えられ、低蓄積品種育成への利用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we surveyed genetic variation for seed cesium (Cs) concentration in soybean core collections representing large genetic diversity. As a result of analyzing the core collections, we observed considerable variation in the seed Cs concentration. Although Cs is supposedly accumulated in plants via the potassium (K) transport system, there was no apparent relationship between Cs and K concentrations. We selected candidate accessions with high or low seed Cs accumulation on the basis of three years of seed Cs concentrations and confirmed phenotypic stability beyond planting year and field. These results suggest that genetic variation for seed Cs concentration is present in soybean germplasm and would be useful for breeding low Cs-accumulating varieties.

研究分野：植物遺伝育種学

キーワード：育種学 遺伝学 ゲノム

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年3月に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故に伴って放出された放射性物質は、日本農業に深刻な打撃を与えた。中でも放射性セシウム (^{137}Cs) は半減期が30年と長く、長期間に渡る被害が懸念されることから、効率的な除染方法の確立やセシウムを吸収しにくい品種の育成など、セシウムの作物への移行を低減させる技術開発が急務となっていた。

(2) ダイズは放射性物質による汚染被害が生じた地域で栽培が行われていることに加え、放射性セシウムの子実への移行係数(農作物中のセシウム濃度÷土壤中のセシウム濃度)はイネよりも高いとの報告がある。また、2012年産のダイズにおいても食品基準値(100Bq/Kg)を超えるものが見つかり、特に早急な対策が求められていた。

(3) 土壤中に元来含まれるセシウムは微量であり、植物の生育に必須な元素ではないことから、セシウムの吸収・蓄積に関する遺伝子についての報告は少なかった。また、ダイズではセシウム蓄積性に関する遺伝因子や遺伝的多様性はほとんど明らかになっていなかった。

(4) 農業生物資源ジーンバンクは1万系統以上のダイズ遺伝資源を保存・配布しており、SNP(1塩基多型)解析等に基づいて、これらの遺伝資源の中に存在する遺伝的多様性の大部分を少数の系統でカバーすることができる「コアコレクション」を開発していた。

2. 研究の目的

(1) ダイズの遺伝的多様性を少数の系統で評価できる「コアコレクション」を用いて、ダイズ遺伝資源内にセシウム蓄積性に関する遺伝的多様性が存在するかどうかを調査する。

(2) セシウムの蓄積には、同族元素(アルカリ金属)であるカリウムの吸収・蓄積機構が関与する可能性が高いと考えられていることから、種子中のセシウム濃度とカリウム濃度に関連性があるかどうかの調査等を行い、低セシウム蓄積品種の開発に向けた手がかりを得る。

3. 研究の方法

(1) 農業生物資源ジーンバンクが配布している「世界のダイズ(79系統)」および「日本のダイズ(78系統)」コアコレクションについて、2011、2012、2013年につくばみらい市の水田圃場(灰色低地土)で栽培した種子の非放射性セシウム (^{133}Cs) とカリウムの濃度を測定し、両元素濃度における変異と相関性を調査した。3年間共通してセシウム濃度が高い、あるいは低い値を示した17系統に

ついては、つくば市の畑圃場(黒ボク土)で2011、2012、2013年に栽培した種子のセシウム濃度も調査した。

(2) 各系統のセシウム、カリウム濃度は、105で20~24時間乾燥させた種子10粒を粉碎した後、濃硝酸を加えて110で2時間分解を行い、ICP質量分析装置を用いて定量した。

(3) 土壤中の交換性カリウムおよび交換性セシウム含量は、2mmの篩を通した風乾土に10倍量の1M酢酸アンモニウム溶液を加えて2時間抽出操作を行い、ICP質量分析装置を用いて定量した。

4. 研究成果

(1) つくばみらい市の水田圃場で2011、2012、2013年の3年間栽培した「世界のダイズ」、「日本のダイズ」コアコレクションについて、種子中のセシウム濃度を調査したところ、各栽培年とも系統間に5~15倍の濃度差が認められた(2011年:17~111 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、2012年:25~325 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、2013年:16~245 $\mu\text{g}/\text{kg}$)。また、2012年と2013年の間に比べて、2011年と2012年または2013年の間の年次間相関は低い傾向にあったが、いずれの栽培年の間でも有意な正の相関($r=0.27\sim 0.71$)が認められたことから、ダイズのセシウム蓄積性には遺伝的な多様性が存在することが示唆された。

一方、カリウム濃度は3年間とも15~25 g/kg の範囲内に収まり、どの栽培年の間でも高い年次間相関($r>0.7$)が認められた。2011年と2012-2013年の間では、栽培に使用した区画が異なっており、2011年に栽培を行った区画は、2012-2013年の栽培区からかなり離れていたことから、セシウムの蓄積はカリウムに比べて土壌条件等の環境条件による影響を受けやすいと考えられる。また、「日本のダイズ」は「世界のダイズ」に比べて全体的に種子重が大きく、開花期が早いといった表現型の違いがあるが、種子中のセシウム・カリウム濃度については、ほぼ同じ傾向が認められた。

(2) 種子中のセシウム濃度とカリウム濃度の間には、弱い負の相関が認められる場合もあったが、3年間共通する明確な関連性は認められなかった(表1)。

一方、セシウム濃度は開花まで日数と正の相関($r=0.30\sim 0.51$)を示したのに対し(表2)、カリウム濃度については負の相関($r=-0.46\sim -0.63$)が認められたことから(表3)、両元素の子実への蓄積は開花関連遺伝子の影響を受けている可能性が示唆された。この現象が生じた要因は現時点では不明だが、開花が遅い系統は全生育期間も長くなる傾向にあることから、開花が早い系統に比べて生殖生長後期の土壌溶液中のカリウム

含量が低下し、それに伴ってカリウム含量に対するセシウム含量が増加することにより、セシウムを吸収しやすい状態になったのかもしれない。しかしながら、セシウム濃度と開花まで日数の間の相関は弱く、同じ開花日の系統間でも種子中のセシウム濃度にはかなりの変異が認められた。

表1 種子中セシウム濃度-種子中カリウム濃度の相関係数

| | 栽培年 | 種子中セシウム濃度 (mg/kg 乾物重) | | |
|--------------------------|------|--------------------------|-------|---------|
| | | 全体 | 日本 | 世界 |
| 種子中カリウム濃度 (mg/kg 乾物重) | 2011 | -0.25** | -0.07 | -0.36** |
| | 2012 | -0.03 | -0.01 | -0.04 |
| | 2013 | -0.11 | -0.22 | 0.00 |

表2 種子中セシウム濃度-開花まで日数の相関係数

| | 栽培年 | 種子中セシウム濃度 (mg/kg 乾物重) | | |
|--------|------|--------------------------|--------|--------|
| | | 全体 | 日本 | 世界 |
| 開花まで日数 | 2011 | 0.51** | 0.31** | 0.59** |
| | 2012 | 0.30** | 0.32 | 0.31** |
| | 2013 | 0.30** | 0.39** | 0.25* |

表3 種子中カリウム濃度-開花まで日数の相関係数

| | 栽培年 | 種子中カリウム濃度 (mg/kg 乾物重) | | |
|--------|------|--------------------------|---------|---------|
| | | 全体 | 日本 | 世界 |
| 開花まで日数 | 2011 | -0.63** | -0.61** | -0.66** |
| | 2012 | -0.58** | -0.56** | -0.61** |
| | 2013 | -0.46** | -0.51** | -0.45** |

**と*はそれぞれ、1%、5%水準で有意であることを示す

一方、種子重は他のマメ科作物などでしばしば種子中の無機元素濃度との関連性が報告されているが、本研究における種子中セシウム・カリウム濃度と種子重の間には明確な関連性は認められなかった。また、コアコレクション内には多様な種皮色（黄、黒、茶、緑等）の系統が含まれているが、種皮色と種子中セシウム濃度の間にも関連性は見つからなかった。これらの結果から、種子中のセシウム濃度は開花まで日数の影響を受けやすい可能性はあるものの、種子中カリウム濃度や種子重、種皮色などの重要な農業形質とは関係なくセシウム低蓄積系統を選抜できる可能性が示唆された。

(3) つくばみらい市の水田圃場で栽培を行った場合に、3年間安定したセシウム蓄積性を示した17系統（セシウム高蓄積候補8系統、セシウム低蓄積候補9系統）について、土壌が大きく異なるつくば市の畑圃場で2011年～2013年に栽培した種子のセシウム濃度の調査を行った（図1）。その結果、つくば市の畑圃場における種子中のセシウム濃

度は水田圃場に比べて全体的に低く（2011年：7～29 μg/kg、2012年：12～42 μg/kg、2013年：8～28 μg/kg）系統間のセシウム濃度の差も4倍程度と少なくなった。この現象についても正確な要因はまだ明らかになっていないが、イネでは土壤中の交換性セシウム含量/交換性カリウム含量と玄米中のセシウム濃度との間に正の相関があることが報告されている（Kondo et al. 2015）。2013年のつくばみらい市の水田圃場（栽培後）における交換性セシウム含量/交換性カリウム含量は、つくば市の畑圃場（栽培後）よりも約3.5倍高かったことから、土壤中の交換性セシウム・カリウム含量の違いが種子中のセシウム濃度に影響を与えた可能性が考えられる。しかしながら、つくば市の畑圃場においてもセシウム高蓄積候補系統群と低蓄積候補系統群の間には3年間とも有意な差が認められ、異なる圃場でも各系統のセシウム蓄積性は同一の特徴を示すことが確認された。

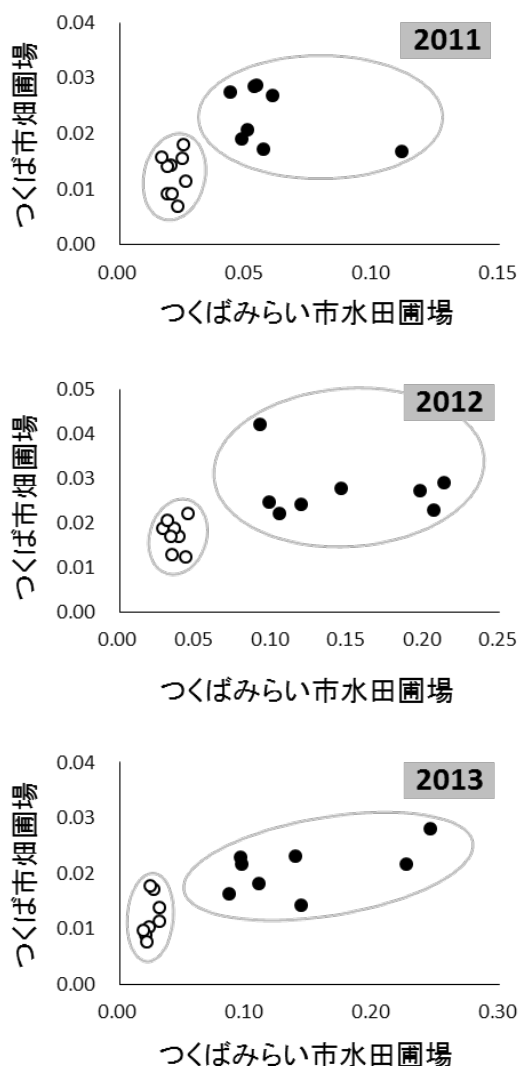


図1 2つの圃場で栽培したコアコレクション選抜系統の種子中セシウム濃度(mg/kg 乾物重)の比較。○はそれぞれ、つくばみらい市水田圃場で栽培した個体の種子分析結果から選抜したセシウム低蓄積候補系統と、セシウム高蓄積候補系統を示す。

以上の結果から、種子中のセシウム濃度は栽培環境や開花まで日数の影響を受けやすい可能性があるものの、栽培年や場所に関係なく安定したセシウム蓄積性を示す系統の存在が明らかになった。このことから、ダイズ遺伝資源にはセシウム蓄積性に関する遺伝的な多様性が存在すると考えられ、セシウム低蓄積系統の選抜やセシウム蓄積性の遺伝解析への利用が期待される。

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：

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0件)

〔学会発表〕(計1件)

高木恭子、加賀秋人、石本政男、羽鹿牧太、松永俊朗、ダイズ遺伝資源を用いたセシウム蓄積性の遺伝的多様性の解析、日本育種学会第127回講演会、2015年3月22日、玉川大学(東京都・町田市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 恭子 (TAKAGI KYOKO) 独立行政法人
農業・食品産業技術総合研究機構 中央農
業総合研究センター・土壌肥料研究領域・
任期付研究員
研究者番号：40707634

(2) 研究分担者

()