

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21380011

研究課題名（和文）バレイショの根貫通力と根吸水力の遺伝的変異に関する国際共同研究

研究課題名（英文）International cooperative research for genetic evaluation on root penetration ability and root water absorption ability in potato

研究代表者

岩間 和人（IWAMA KAZUTO）

北海道大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：70144219

研究成果の概要（和文）バレイショは他の畑作物に比べて根量が少なく、また根の伸長深さも浅いため、土壤乾燥害に弱い。本研究では根量に関係する量的形質遺伝子座（QTL）をオランダから導入した遺伝子マップ集団（2倍体）で調査し、根量に密接に影響する QTL を染色体 5 番上部に検出した。根量は早晩性や塊茎の早期肥大性と高い負の表現型相関を示し、両形質の QTL もほぼ同位置に検出された。

研究成果の概要（英文）：Potato plants are weak for drought stress because of its small root mass and less extension to deep soil layers. To enhance the improvement of root system in potato breeding, we examined the difference in root mass in a diploid CxE population introduced from the Netherlands and detected a effective QTL for root mass at Chromosome 5. The root mass showed highly correlations with plant earliness and early tuber bulking, of which QTLs were located at the same position of root QTL.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2012 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：作物学

科研費の分科・細目：作物・雑草

キーワード：遺伝的変異、乾燥抵抗性、根系、根長、早晩性、QTL、Solanum tuberosum

1. 研究開始当初の背景

バレイショは他の畑作物に比べて土壤の乾燥条件下での収量低下が大きい。この理由として、根量が少なく、根の伸長深度の浅いことによると考えられている。著者らは通常の交配分離集団から、既存の栽培品種に比べ

て、根量が著しく大きい系統を選抜し、根優品種として 2007 年に種苗登録した。この品種は北海道の圃場条件下において、既存品種に比べて根量が多く、特に深い土壤深度での根の発達に優れているため、降水量が少ない条件下で深い土壤からの吸水が活発になり、

収量の低下程度が少ないことが著者らの研究で明らかになった。しかし、根量の調査には多大な時間と労力を必要とするので、通常の育種過程で根量を選抜指標に用いることは不可能であり、著者らの研究以外では根量の育種的選抜は行われていない現状であった。

2. 研究の目的

通常栽培されているバレイショは同質 4 倍体であり、遺伝的な変異の同定が極めて難しい。そこで、オランダのワーゲンゲン大学で開発された、2 倍体の遺伝子マップ集団（遺伝子マーカーが染色体上に配置されている集団、CxE 集団）を入手し、この集団の根、地上部および塊茎形質を調査することによって、これら形質に関する QTL を検出し、形質間の遺伝的関係を明らかにするとともに、QTL を利用した DNA マーカー選抜に関する基礎的知見を得ようと考えた。

3. 研究の方法

オランダから導入した CxE マップ集団（101 系統、親系統を含む）を利用して、下記の方法で研究を行った。

(1)ポット栽培条件下で開花始めに根量と地上部および塊茎形質を測定し、測定形質の QTL を検出した。栽培は容積 3 リットルの塩ビ製ポットに人工土（培養土とバーミキュライトを混合）を充填し、屋外の天水条件下で行い、4 月から 7 月の期間に栽培した。灌水は毎朝行い（雨天以外）、敵失条件下での栽培とした。萌芽後 35 日目（第 1 花房開花始め）に地上部を採取後に地下部を洗浄して、根、地下部茎および塊茎を採取した。根は FAA 液に浸漬・保存した後に、画像解析装置を用いて根長を測定した。また、各器官の乾物重を測定した。なお、実験は 2 年間行い、各年次において各系統 4 反復を乱塊法で栽培し、Mactosh の混合モデルで分散分析を行った。その後、MapMarker で QTL を解析した。

(2)ポット栽培個体での根量の遺伝的変異が圃場条件下でも同様に検出できるかを明らかにするため、ポット栽培した系統で根量の異なる 8 系統を選び、既存 4 品種とともに圃場で慣行栽培し、作土層の根量を萌芽後 35 日目と地上部最大期に測定した。同時に、地上部形質および塊茎形質、ならびに茎葉黄変期と塊茎収量を測定した。実験は 4 反復で 2 年間行い、混合モデルで分散分析を行い、また表現型相関を計算した。

(3)ポットで明らかにした根形質と圃場条件下での地上部および塊茎形質ならびに早晩性（萌芽から茎葉黄変までの期間）との関係を明らかにするため、CxE 集団を圃場の天水

条件下で栽培し、萌芽後 35 日目に地上部および塊茎の乾物重を測定した。また、地上部最大期（開花終期）と茎葉黄変期および塊茎収量を測定した。実験は 2 反復で 2 年間行い、各年次において各系統 4 反復を乱塊法で栽培し、Mactosh の混合モデルで分散分析を行った。その後、MapMarker で QTL を解析した。

(4)ポットで明らかにした根形質と圃場条件下での乾燥抵抗性との関係を明らかにするため、CxE 集団と既存の根量の異なる栽培品種を雨よけハウスを設置した圃場と天水条件の圃場で同時に栽培し、塊茎収量を指標として土壌乾燥ストレスに対する抵抗性の遺伝的変異を調査した。実験は 2 反復で 1 年間行い、Mactosh の混合モデルで分散分析を行った。その後、MapMarker で QTL を解析した。

(5)根量および根系分布と土壌からの吸水能力との関係を明らかにするため、根量の大きく異なる既存 4 品種（根優品種を含む）を圃場条件下で栽培し、各品種の地上部最大期前後に 2 回、深さ 1m までの深さ別の根長密度を測定した。また同時期に地上部の葉面積、茎葉乾物重および光合成速度と木部水分ポテンシャル、ならびに収穫期の塊茎収量を測定した。さらに、土壌水分ポテンシャルセンサーを土壌に埋設して、土壌水分ポテンシャルの生育に伴う推移を測定した。

4. 研究成果

研究成果については未発表のものがあるため、概略のみを記述し、また図表も挿入しない。発表終了後に差し替えを行う。

(1)ポット栽培した萌芽後 35 日目の個体において、根量（根乾物重および根長）は集団内で大きな変異を示した。調査を分散させるために、4 反復を異なる期日に順次植え付けたが、反復間の相関係数は極めて高く、また反復と系統との相互作用の平均平方は小さかった。このため、系統間における根量の差異を正確に同定できた。この根量の差異は地上部乾物重とは正の、塊茎乾物重とは負の、いずれも高い相関関係を示した。これら形質の QTL を解析したところ、染色体 5 番の上部にいずれも高い LOD 値の QTL が検出された。この場所は、他の研究者による報告で早晩性に関係する QTL が検出されており、表現型の相関関係で認められた形質間の関係はほぼ同一の染色体領域にある極めて効果の高い遺伝子の影響に起因している可能性が示唆された。なお、バレイショ根量の QTL 検出はこの研究が初めてであり、2011 年に開催されたヨーロッパバレイショ研究協会の講演会で発表した。

(2) ポット栽培個体での根量は、圃場における萌芽後 35 日目の根量と極めて高い正の相関関係を示した。このため、ポット栽培個体で認められた根量の QTL は圃場栽培での根量でも同様に認められるものと推察された。しかし、ポット栽培個体での根量と圃場における地上部最大期（開花終期）の根量との関係は不明確であった。この理由として、通常の栽培品種では地上部最大期は開花終期に該当し、この時期に根量も最大になり、早晩性に密接に関係する根量の差異を示すことがこれまでの研究で明らかになっている。しかし、CxE 集団では晩生系統が高温に経過する 8 月に下葉の枯れ上がりが認められるにもかかわらず、9 月中旬過ぎまで花が咲き続けた。このため、晩生系統では葉面積の最大期と地上部最大期が一致せず、根量を調査した地上部最大期にはすでに根量が減少していたと考えられた。葉の枯れ上がりの理由は不明であるが、この集団は夏疫病に弱いことが世界の他地域での研究で報告されており、試験を行った 2 年間で平年に比べて 8 月に高温で経過したので、夏疫病による葉の枯れ上がりが晩生系統で生じた可能性が考えられた。

(3) ポット栽培個体での根量は圃場における萌芽後 35 日目の地上部乾物重と正の、塊茎乾物重とは負のいずれも高い相関関係を示し、根量の QTL と同じく、地上部乾物重と塊茎乾物重でも 5 番染色体上部に高い LOD 値を示す QTL が検出された。また、圃場における地上部茎葉の枯凋期には大きな系統間差異が認められ、2 年間の相関関係も高く、年次と系統との相互作用の平均平方は小さかった。このため、系統の早晩性の遺伝変異を正確に同定できたと推察された。さらに、枯凋期でも、上述した根量や地上部および塊茎乾物重の QTL とほぼ同一の染色体位置で高い LOD 値の QTL が検出された。このため、これまで栽培品種や交配分離集団で認められていた開花期における根量と葉面積および塊茎重との表現型の相関関係は、5 番染色体に座乗する遺伝子の影響に起因したことが示唆された。この位置では塊茎形成に関与する日長反応性に影響する遺伝子が報告されており、根量は塊茎との間で光合成産物の分配について競合関係にあるので、この遺伝子が根量の遺伝的差異にも影響している可能性が考えられた。

(4) 乾燥抵抗性の系統間差異を判定するため、圃場に雨よけハウスを設置して乾燥区を設けた。塊茎乾物収量について天水区の個体に対する乾燥区の個体の割合を乾燥抵抗性として定義し、乾燥抵抗性とポットでの根量との関係を検討したところ、両形質間には明確な関係は認められなかった。試験は最終年

次に 1 年間だけ行ったので、現在も試験を継続中であり、2 年間の実験結果に基づき、最終的な結論を出す予定である。

(5) 圃場において根量の多い品種は深い土壌層からも水を吸水でき、雨よけハウスを接した乾燥区では葉面積指数や塊茎乾物収量と高い正の相関関係を示した。また根吸水能力の品種間差異について、根量と単位根量当たりの吸水量（根の通導コンダクタンス）の 2 要因に分けて検討したところ、根の通導コンダクタンスにおける品種間差異は小さく、根吸水能力の品種間差異は主として根量の差異に起因することが明らかになった。

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 岩間和人、バレイショの非生物的ストレス
(2) 作物間および品種間での根系の差異、*北農*、78、372-379、2011、査読無
- ② 岩間和人、バレイショの非生物的ストレス
(1) 根系の調査方法、*北農*、78、252-257、2011、査読無
- ③ Deguchi et al. (Iwama K. 8/8, 責任著者)、Aboveground characteristics, yield potential and drought tolerance in “Konyu” potato cultivars with large root mass、*Potato Research*、53、331-340、2010、査読有

〔学会発表〕（計 6 件）

- ① Iwama K. 2013. Varietal difference in water conductivity between root to leaf in potato. The 17th Joint Meeting of EAPR Breeding and Varietal Assessment Section and EYCARPIA Section Potatoes, June 30 – July 4 2013, Carbona ホテル (ハンガリー)
- ② 高橋陽平・新谷浩樹・市川伸次・岩間和人 2012. 2 倍体バレイショ集団における乾燥抵抗性と根形質の関係。育種・作物学会北海道談話会報 53 : 33-34. 2012 年 12 月 2 日北海道大学 (札幌市)
- ③ Iwama K. 2012. Most important genetic position controlling potato root mass is located at Chromosome 5. ISSR conference, 26-29 June 2012, Dundee University (UK)
- ④ Iwama K. 2011. QTL analysis for root length and dry weight in a diploid potato population. The 18th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 24-29 July 2011, Aulu Conference Senter (Finland)
- ⑤ 桑原亘平・岩佐倫希・三浦紗土・吉川亜紗子・市川伸次・岩間和人 2010. バレイショ

根量の品種間差異におけるポット栽培と圃場栽培との比較. 育種・作物学会北海道談話会報 51: 49-50. 2010年12月5日 北海道大学(札幌市)

⑥三浦紗土・岩佐倫希・桑原亘平・吉川亜紗子・市川伸次・Visser R・岩間和人 2010. バレイショ CxE マップ集団における根形質の年次間相関. 育種・作物学会北海道談話会報 51: 51-52. 2010年12月5日 北海道大学(札幌市)

[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:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.agr.hokudai.ac.jp/rfoa/res/res1-1.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩間和人 (IWAMA KAZUTO)

北海道大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号: 70144219

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号:

(3) 連携研究者

Visser Richard ()

オランダ・ワーゲニンゲン大学・研究部・教授