

農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究

アグリバイオ研究

育種ビッグデータの整備および情報解析技術を活用した高度育種システムの開発

令和3年度 研究実績報告書

課題番号	18063602
研究実施期間	平成30年度～令和4年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究部門
研究開発責任者	米丸 淳一
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-7135
	FAX : 029-838-7408
	E-mail : yonemaru@affrc.go.jp
共同研究機関	国立大学法人 神戸大学
	国立大学法人 東京農工大学
	国立大学法人 東京大学大学院農学生命科学研究科
	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
	長野県農業試験場
	栃木県農業試験場
	福岡県農林業総合試験場
	国立大学法人 佐賀大学
	株式会社 ケツト科学研究所
	国立大学法人 京都大学
	国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学
	ListenField株式会社
	中原採種場株式会社
	横浜植木株式会社
	エスペックミック株式会社
	国立大学法人 茨城大学
	国立研究開発法人 理化学研究所
	一般財団法人 アグリオープンイノベーション機構
	龍谷大学
エバ・ジャパン株式会社	
全国農業協同組合連合会	

＜別紙様式2＞研究実績報告書

令和3年度 農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究 「育種ビッグデータの整備および情報解析技術を活用した高度育種システムの開発」 研究実績報告書

I. 研究の進捗状況等

今年度までに、ゲノム（遺伝子型）情報と形質評価情報がセットになった育種ビッグデータについてデータ形式の標準化が進むと同時に8000点以上のデータが集積されている。また、作物の表現型データを収録したデータベースおよび遺伝子型データを格納・可視化するツールを連携させたシステムおよび育種ビッグデータを利用してゲノムワイド関連解析等を行えるウェブ・アプリケーションが完成し、数十万SNP規模の実データを用いて実用性を検証した。また、環境応答を考慮した複雑形質におけるゲノム選抜手法を用いて、製粉性や穀粒成分などの品質関連形質を予測するシステム開発が進み、それらのシステムの検証と派生した育種素材の利用に対する検討が進んでいる。穀粒、草姿、病害等3種類以上の形質について、大豆の倒伏程度の計測や水稻の稈長予測、並びに子実収量やバイオマス予測への活用が進んでいる。

1. BAC1001 オントロジーを利用した統合ビッグデータ表示システムの開発

育種ビッグデータの管理からデータ解析までをサポートするデータベースを構築し、独自の形質オントロジー体系および気象データと連携させた。さらに、数十万SNP規模の実データで実用性が検証されたGS/GWASウェブ・アプリケーションを開発した。

育種バーチャルラボについては、WAGRIを通した育種データベースへのデータ集約、およびデータ分析システムの構築を完了した。

2. BAC1002 育種の自動化を加速するビッグデータの取得法と解析法の確立

小麦、稲、大豆について複数年の穀粒画像データを取得した。小麦や稲についてはテクスチャー特徴量の算出を行い、さらに小麦については特徴量を用いて製粉効率を目的変数とした予測モデル構築を試みた。稲の高温登熟性標準品種を含む複数品種を4年間栽培し、玄米品質等の形質データを取得するとともに、登熟種子サンプルを採取しRNA-Seqデータを取得した。これまでに稲等の葉や種子について約1000サンプルの可視・近赤外領域のスペクトルデータを取得した。

3. BAC1003 圃場データの取得方法の最適化とAI Breederの開発に向けた研究

初年度から今年度まで、圃場で栽培する稲、麦、大豆の多様な系統の画像データと付随する収量関連データを取得した。また、植生被覆率や草高についてUAV画像から算出する方法を構築し、その技術を用いた大豆の倒伏程度の計測や水稻の稈長予測、並びに子実収量やバイオマス予測への活用を開始した。画像データから導出した植生被覆率や草高に関わる遺伝子座を遺伝解析により同定し、DNAマーカーを用いた系統選抜を可能にした。また、AI技術を用いた麦や水稻の穂検知技術の改良を進めている。気象により発生しなかった麦の雪腐れ病以外については、予定していた研究を実施できており、今後は各形質予測手法の頑健性確認のための検証が必要である。

4. BAC1004 品種育成を加速する超世代短縮技術の開発

主要穀類の基本品種において開発した年5世代の世代短縮技術を高度化し、難適用品種での最適化を行った。また、R2年度に開発した外環境再現システムをR1年度の人工気象器に追加した。高度化した栽培環境エミュレータを1度に15室使用し、不良環境を含む過去の気象データから未来の温暖化環境まで構築し、水稻の様々な応答を環境データと紐付けて取得した。リーフレタスでは、オミクスデータからの環境応答などの予測モデルを構築した。この結果は、人工光型植物工場で取得した表現型データと密接な関係が確認された。

5. BAC1005 作物栽培を最適化するための要素技術の開発

光環境及び大気環境の精密制御、植物育成状態モニタリング及びデータ収録をIoT化した高機能人工気象器を実現した。植物の光受容体の能動的制御を目指し、紫外線-C放射LEDヘッド、近赤外線放射LEDヘッド、それらの均質光強度照射系を実現した。レタス栽培過程において、UV-A照射は成長に顕著な変化をもたらさなかったが、UV-C照射では矮小化が見られた。UV-Cの照射では有意な差異が生じると考えられる。機能性成分の分析の基礎として、サンプル前処理から機能性成分分析までの各プロセスの自動ワークステーションによる統合が実現した。多検体を効率的に自動分析するための基礎を築いた。

6. BAC2001 地域における水稻育種選抜の最適化に繋がるフィールドビッグデータの取得

2018～21年の4か年に渡り、寒冷地～暖地の環境条件下での業務・加工用、高温耐性等、のべ118品種・系統の収量と生育特性等のデータを取得した。日本水稻30品種について、根数、深根率、根乾物重、根の深さ指数等の根系表現型データを取得した。日本水稻146品種について収量、生育特性、最長根長、根数、深根率等の根系パラメータと強稈形質や葉身傾斜角度データを取得し、GWASにより水稻育種選抜に有効なQTLに関するピークを複数見出した。

7. BAC2002 コメ特性ビッグデータの取得による遺伝子型×環境要因相互作用の解析

2020年度にBAC2001の国内6ヶ所の試験圃場（全農含む）で栽培した合計175の水稻品種・系統の収穫米（精玄米）について、アミロース含有率、タンパク質含有率、胚乳元素成分および炊飯米物性等の食味特性を評価した。2018年度から2020年度の評価データを用いて、年次間や栽培地間の形質値の変動を調査した。また、2021年度にBAC2001で栽培した約150の水稻品種・系統の収穫米（精玄米）を受領した。さらに、食味特性の評価精度の向上を目指して、炊飯18時間後の物性評価手法、層別アミロース含有率測定、近赤外光分析等を試みた。研究は順調に進捗しており、課題の達成度は当初の予定通りである。

8. BAC2003 実需者ニーズに迅速に対応するための麦類加工適性ビッグデータ活用技術

3年間で小麦と大麦それぞれで約3,000点の表現型データ、小麦約3,400点、大麦約1,700点の遺伝子型データの収集を完了した。主働遺伝子の解析には、新たな遺伝子型判定法を導入してハイスループット化および自動化を実現した。また、コアマーカセットによるゲノムワイド遺伝子型データを用いて多様性解析や形質予測が可能であることを示した。

9. BAC2004 大豆フィールドビッグデータの取得とデータ活用システムの構築

気象条件の異なる全国6カ所で遺伝子環境相互作用評価系統群を栽培し、栽培環境、栽培特性、子実外観品質および成分のデータ収集を進めた。海外多収遺伝資源の子実ミネラル成分に関する遺伝要因を検出し、遺伝子と環境との相互作用を明らかにした。豆腐の加工適性に関する評価データを追加し、海外多収遺伝資源を用いた系統選抜にも適用可能な豆腐の硬さの予測モデルを精緻化した。このほか、開花関連遺伝子のハプロタイプとヒストリカルデータに基づいた開花期予測モデルの構築と実証、交配シミュレーションに基づく雑種集団の育成を進めた。