

審査の結果の要旨

氏名 矢部 志央理

ゲノミックセレクション (GS) は、動植物の育種のための有望な方法の一つである。GS では、マーカー遺伝子型から選抜候補の遺伝的能力を予測して選抜するため、選抜時に栽培試験を行う必要が無く、植物育種の効率化・高速化への貢献が期待されている。しかし、植物育種における GS の有用性は明らかではない。植物育種では、対象植物の交配様式や増殖様式、対象形質の遺伝様式、育種集団の遺伝構造、従来利用されている育種法など、対象とする植物特有の状況を考慮した上で、GS の有用性を評価する必要がある。本研究では、様々な状況を想定したシミュレーション研究、および、実際の選抜試験を行い GS の有用性を評価した。また、GS 利用育種の効果をシミュレーションで確認するためのコンピュータ言語を開発した。

第 1 章では、他殖性植物における GS の有効性をシミュレーションで評価した。集団選抜は他殖性植物の重要な育種法の一つである。本研究では、牧草や普通ソバなど集団選抜が行われている植物を想定してシミュレーションを行い、GS が表現型選抜 (PS) や従来のマーカー利用選抜 (MAS) に比べ改良効率が高いことを示した。また、GS が高い効率を示す条件や、GS が費用対効果で PS を上回る条件を明らかにした。また、受粉後にはじめて親を選抜できる形質では、PS による改良効率が低下したが、GS では低下しないことを示し、その背後にある機構を明らかにした。

第 2 章では、自殖性植物における GS の有効性をシミュレーションで評価した。イネ等の自殖性植物では集団育種法や系統育種法が用いられるが、いずれも交雑後に自殖を繰り返しながら選抜するため、新しい遺伝子の組み合わせが生じにくい。本研究では、自殖性植物の育種に GS を用いた循環選抜を利用することを想定してシミュレーションを行った。また、集団遺伝学における島モデルを育種に応用し、遺伝的多様性を保ちながら選抜を行う手法を新たに提案した。日本のイネ品種のマーカー遺伝子型を用いたシミュレーションの結果、GS を用いた循環選抜は、自殖系統を選抜する従来法に比べ、改良効率が高いことが分かった。また、GS を用いた循環選抜では、複数家系の交配後代を利用し、島モデルを用いることで、最も高い遺伝的獲得量が達成できることを明らかにした。

第 3 章では、GS 利用育種におけるラベル間違いの影響をシミュレーションで評価した。GS

ではマーカー遺伝子型に基づき選抜を行うため、手順が従来法よりも煩雑であり、ラベル間違いのような人為ミスが起りやすい。栄養繁殖するキャッサバなどの植物では、ラベル間違いの影響が長期間続く。本研究では、ラベル間違いが 5~50%生じる想定でシミュレーションを行い、GS の効率を評価した。その結果、ラベル間違いの割合が 10%以下であれば、GS の効率への影響はほとんどないことを示した。また、ラベル間違いが遺伝的多様性を増加させ、選抜に対する応答を高めることを明らかにした。

第 4 章では、普通ソバを材料に GS と PS を用いた選抜実験を行い、選抜後集団の栽培試験により効果の評価を行った。単位面積あたりの種子収量を改良対象として 2 年間選抜を行った。なお、個体単位で計測できる 7 形質から単位面積あたりの種子収量を予測する選抜係数を作成し、それをもとに選抜を行った。GS 育種では、年 2 回の選抜を行い、予測モデルは毎年更新した。PS 育種では年 1 回の選抜を行った。GS と PS の改良効果を比較するため、2013 年に選抜過程で採取された種子の栽培試験を行った。2 年間の GS で、花房数と種子数はそれぞれ 49%増加し、選抜指数は 15%増加した。いっぽう PS では、選抜指数の増加は 4%にとどまり、初期集団との差が統計的に有意ではなかった。このように実際の選抜試験でも GS の PS に対する優位性が示された。また、選抜時に収集されたデータの事後解析を行い、連鎖不平衡パターンの変化に対応するためのモデル更新の重要性を示した。

第 5 章では、シミュレーションを用いて GS 利用育種の効果を確認するためのシミュレーション言語を新たに開発した。同言語は簡単かつ柔軟に利用できる点が特徴で、対象植物種の特徴や育種のスキームを細かく定義できる。同言語を用いれば、育種家は、様々な育種スキームの中から最良のものを選択できる。

以上のように、本研究では、シミュレーション研究と実際の選抜実験を通して、様々な条件下における GS の有用性や問題点を明らかにした。得られた知見は、今後様々な植物の GS 育種に重要な示唆を与えるものである。また、島モデルを利用する新育種法の提案や、シミュレーション言語の開発も行った。これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。