

氏名	矢野健太郎
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1101号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科農学専攻
学位論文題目	A theoretical study on the optimization of mass selection procedures in outcrossing crop plants (他殖性作物における集団選抜法の最適方式に関する理論的研究)

論文調査委員 (主査) 教授池橋宏 教授堀江武 教授佐々木義之

論文内容の要旨

これまで多くの選抜方式の理論的モデルが提案されてきたが、そのほとんどが作物の育種現場で適用されていない。従来、選抜効率を計る指標として遺伝獲得量の期待値 $E(R)$ を用いてきたが、育種家が同一交雑組合せの集団に対して複数の反復を設けることはほとんどなく、 $E(R)$ を基準とすることに問題があった。また、複数の対象集団に対して選抜を行う作物育種では、育種計画全体で利用可能な圃場面積や労力が限られているため、対象集団あたりの投入コスト(世代あたり個体数や選抜回数)が問題となる。しかし $E(R)$ を支配する変数に投入コストが含まれていないため、コストあたりの選抜効率が評価されなかった。さらに、実際に重要なことは、具体的な改良目標値(優良品種)を超える対象集団が得られるかどうかであり、従来のモデルのように、個々の集団で可能な最大の遺伝獲得量を達成することではない。従って、選抜効率の基準としては、 $E(R)$ ではなく投入コストあたりの改良目標の達成確率が適切と考えられる。本論文は以上のような緒言を第1章として合計6章よりなっており、第2章以降の概要は以下の通りである。

第2章では、選抜効率を計る新たな指標として、選抜効率指数 S/C (S は1つの集団で改良目標が達成される確率、 C は集団あたりの投入コスト)を提案した。この指数の値を大きくする選抜方式は、一定の総コストの下で改良目標が達成される機会を最大にする。この選抜効率指数を用いて、様々な選抜方法の最適化が期待できることを指摘した。

第3章では、選抜方式の最適化の最初の段階として、最も基本的であり、かつ、広く用いられている選抜方法の1つである集団選抜法を取り上げた。 S/C の計算に当っては、当該形質について固定した2つの系統の交雑による F_2 集団を出発集団とし、毎世代一定の比率で選抜した個体間の任意交雑によって一定の大きさの次代集団を育成しながら、選抜を繰り返す場面を想定した。選抜対象形質に関する遺伝子は互いに独立で、遺伝座間の交互作用がないものと仮定した。 S/C の値を決める諸変数の値を現実的に考えられる範囲に設定した計算結果から以下の結論を得た。選抜の実施に直接費やされるコストではなく、選抜目標の達成までに要する時間(年数)の損失が重視される場合には、2,000~3,000個体の集団に対して1%前後の強度の選抜を、2,3回から多くて数回行なうのがほぼ最適である。一方、時間の損失ではなく、直接費やされるコストに対する効率が問題とされる場合には、100個体以下の小さな集団に対して10~20%のゆるい強度で数回以上の選抜を繰り返すのが効率的である。優性効果は、優良遺伝子が大半の遺伝子座ですべて優性もしくは劣性でない限り、選抜回数などの最適値の変更要因とならないことを明らかにした。

第4章では、選抜を開花・結実後に行うことが、集団選抜の最適方式に与える影響を調べた。開花・結実後に選抜を行う場合には、開花・結実前に選抜を行う場合と比較して、選抜効率を最大とするために、より多くの選抜回数が必要となるが、選抜が開花・結実の前後のいずれに行われる場合でも、最適な集団の大きさと選抜強度に大きな差異はないことを示した。

第5章では、いくつかの変更要因が最適方式に及ぼす影響を調べた。出発集団における優良対立遺伝子頻度が、著しく片寄っていない限り、最適方式の変更要因とはならないこと、また、初期世代において緩い選抜を行い、選抜が進むにつれて

より強度の選抜を行わない限り、選抜効率に大きな影響はないことを示した。

第6章では、本研究の意義を述べた。従来の選抜理論が $E(R)$ に基づくものであったのは、第1に選抜理論の研究が、主に、 $E(R)$ が指標として適用できる家畜育種分野で進められてきたためである。第2に期待指数のほうが確率指数に比べて理解されやすく、かつ、数学的取り扱いが簡明であったためである。しかし、本論文で示したように確率指数による選抜方式の最適化の検討は、近年の計算機を用いることで可能となり、上記のような結果を導くことができた。

論文審査の結果の要旨

本論文では、作物育種のための選抜モデルが、従来の選抜理論からの視点では不十分であるとし、コストを考慮した効率的な選抜方式を決めるために新しい選抜効率指数の導入を検討し、また、作物育種における選抜方式の最適化を図る最初の段階として、広く用いられている集団選抜法における最適な選抜方式を研究した。評価すべき主な点は以下の通りである。

1. 従来の選抜モデルでは、遺伝獲得量の期待値 $E(R)$ を最大にする立場から多くの選抜方式が提案されてきた。しかし複数の対象集団を用いる育種家にとって、対象集団あたりに投入するコスト（圃場面積や選抜回数など）が問題となるが、 $E(R)$ の定式化において、投入コストから見た効率的な選抜方式が検討されなかったことを指摘した。そして、選抜効率を計る基準として、新たに選抜効率指数 S/C （ S は対象集団で目標遺伝獲得量が達成される確率、 C はそのために費やすコスト）の導入を行った。

2. 上記の考え方から新しく選抜効率指数を導入して、現在用いられている選抜モデルの効率性を明らかにし、より適切な選抜モデルを提言できることを示した。その最初の段階として、選抜理論において基本的であり、かつ、現場で広く用いられている集団選抜法の最適化について検討した。

3. 選抜目標の達成までに要する時間（年数）の損失が重視される場合には、2,000～3,000個体の集団に対して1%前後の強度の選抜を2回から多くて数回行なうのがほぼ最適であることを明らかにした。時間の損失ではなく、直接費やされるコストに対する効率が問題とされる場合には、100個体以下の小さな集団に対して10～20%のゆるい強度で数回以上の選抜を繰り返すことが効率的であることを明らかにした。

4. 優性効果は、優良遺伝子が大半の遺伝子座ですべて優性もしくは劣性でない限り、選抜回数など最適値の変更要因とならないことを示した。

5. 選抜が、開花・結実後に行われる場合では、開花・結実前に行われる場合と比較して、最適な選抜回数は増加するものの、最適な集団の大きさと選抜比率に大きな差異が無いことを示した。

以上のように本論文は、作物育種の対象集団あたりの投入コストと改良目標達成率からなる選抜効率指数を提案し、それを集団選抜法に適用して最適方式を明らかにしたもので、選抜の理論並びに植物育種学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成12年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分にあるものと認めた。