



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Use of genetic diversity on DNA markers to increase forage yield in timothy (Phleum pratense L.) [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	田中, 常喜
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	乙第6935号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57146
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Tsuneki_Tanaka_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学） 氏 名 田中 常喜

審査委員	主査	教 授	山 田 敏 彦
	副査	教 授	荒 木 肇
	副査	教 授	大 原 雅
	副査	准教授	星 野 洋一郎
	副査	教 授	貴 島 祐 治（大学院農学研究院）

学 位 論 文 題 名

Use of genetic diversity on DNA markers to increase forage yield
in timothy (*Phleum pratense* L.)
(チモシーにおける収量性改良のためのDNA多型の利用)

ヘテロシスを最大化させる F_1 雑種法を採用しているトウモロコシ (*Zea mays* L.) では、収量性の遺伝獲得量が約 20 (%/10 年) で、系譜や DNA 多型などから遺伝距離 (GD) を求め、ヘテロシス程度を予測しようとする試みも報告されている。一方、多年生・他殖性を特徴とする牧草類の品種改良による収量性の増加は低く、ヘテロシス利用が課題である。本研究では、北海道で最も重要な牧草のチモシー (*Phleum pratense* L.) に焦点をあて、ヘテロシス効果を最大限に発揮し収量性の改良効果を高めるために、主に早生の育種材料に用いて遺伝解析を行い、DNA マーカー多型を利用した新しい育種法の提案を検討した。

まず始めに、1960 年代以降に北海道各地で実施された収量性試験データを解析し、チモシー早生品種群の収量性の遺伝獲得量は、3.1 (%/10 年) と推定された。多交配後代検定 11 試験での収量データを混合効果モデルで解析した結果、母系間の遺伝率は中程度 ($h^2 = 0.43$) であった。親栄養系とその後代系統 15 組を供試した親子同時検定の結果、母系内個体間の遺伝率は極めて低かった ($hN^2 = 0.03$)。これら結果をもとに選抜シミュレーションから、相加効果の改良により期待される収量性の遺伝獲得量は、最大で 5.4 (%/10 年) で、飛躍的な改良にはヘテロシス利用が必要であることが示された。

合成品種および多交配後代系統について、DNA マーカーの一つ SSR マーカー 28 ペアの多型データから算出した母材間の GD と後代の収量性の関係を調査した。親栄養系の一般組合せ能力 (GCA) が高いにもかかわらず後代の収量が対照的な 2 つの合成品種を用いた試験では、親栄養系相互間の GD の平均値は、多収であった系統で 0.74、収量の低かった系統では 0.68 であった。一つの多交配群内の後代系統とその親栄養系の試験では、後代系統の収量性と親の群内平均遺伝距離 (GGD) の間に有意な正の相関 ($r = 0.45$) があり、母材間の GD と後代の収量性との関係性が明らかになった。また、多交配後代系統の収量と GGD の回帰分析の結果、回帰残差項の分散は有意であった。DNA マーカーによる解析から、ヘテロシス効果と相加効果を識別できる可能

性が示された。

DNA 多型による遺伝変異と表現型値の評価は、ヘテロシスの発揮が期待される優良な親個体の選抜に貢献できる。北海道優良品種「オーロラ」を花粉親、早生育種母集団を種子親としたトップ交配後代系統を用いて、母材間の GD と後代の収量性の関係を調査した。GD と収量性の相関は、0.68 ($p < 0.001$) と比較的高かった。一般的な相反循環選抜の行程では、ヘテロティックグループ (HG) 間の特定組合せ能力 (SCA) の改良にトップ交配後代検定が用いられる。DNA 多型の遺伝解析とトップ交配後代検定の採用によって、ヘテロシスあるいは SCA を利用した多収性育種の実現の可能性が示された。

2 つのトップ交配後代系統を組み合わせて合成する CSS (clone and strain synthesis) 法は、3 つの母材 (種子親 2 栄養系および花粉親 1 系統) により構成され、相反循環選抜での HG の利用に適した合成品種法の変法である。本試験では、(i) 合成 2 代の収量における GCA と SCA の相対的な寄与と (ii) 流通種子の世代に相当する後期世代における CSS 系統の能力安定性を検討した。トップ交配後代 6 系統を材料に CSS 法により合成した 15 ($=6C_2$) 系統 (CSS 系統) の合成 2 代の収量を重回帰に当てはめた結果、トップ交配後代の収量性、種子親の GCA、種子親－花粉親間の GD および種子親間の GD の説明変数の候補から、種子親の GCA と種子親間の GD が選択され、それらの標準化回帰係数は、それぞれ 0.55, 0.53 であった。このことから、効率的に多収系統を育成する初期段階として、各 HG から CSS 系統の種子親栄養系候補を選抜することが妥当であると考えられた。その後、上記 15 系統のひとつ「北系 04306」では、世代経過に伴って僅かな収量の低下 (-1.7% , 合成 2~4 代) がみられたが、合成 4 代は、「オーロラ」に比べ 109%と多収であった。CSS 系統の流通種子に相当する世代で、近交弱勢の起きる危険がないことを確認できた。

以上の試験結果をもとに選抜シミュレーションから、DNA 多型を利用した相反循環選抜法を提案した。選抜サイクル当たりの収量性の増加は 6.2%で、選抜サイクルに要する期間を 6 年と仮定すると、従来法の期待値の約 2 倍に相当する 10.3 (%/10 年) の遺伝獲得量が見込まれた。また、提案法の相加効果の増加は従来法と同程度と示された。初期に育成した CSS 系統が現在検定中で、2018 年の北海道優良品種登録を目指している。また、DNA マーカーセットによる HG の候補を選定し、相反循環選抜法の展開を開始した。

本研究の提案育種法の活用により、収量性を飛躍的に改良したチモシー新品種開発が加速され、北海道の酪農畜産業における飼料基盤の強化と自給粗飼料を主体とした環境保全型農業の推進に貢献することが期待できる。

よって、申請者は博士 (環境科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。