

学 位 論 文 題 名

サンテイにおける抽苔・開花に関する遺伝育種学的研究

学位論文内容の要旨

テンサイ (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera* ALEFELD) は、主に北半球の温帯地域を中心に栽培される砂糖生産を目的に、その原料となる栄養生長の産物である砂糖を蓄積した根部を収穫する作物である。その栄養生長期に、しばしば発生する生殖生長である当年抽苔・開花の現象は、根部の収量や糖分含有率の低下をもたらすだけでなく、製糖過程での砂糖の結晶化を妨げる有害性非糖分の増加や繊維含有量の増加による加工コストの増大など、砂糖生産の上で重要な減少要因であり、難当年抽苔が育種目標に常に掲げられている。

本研究は、テンサイの抽苔・開花を支配する遺伝機構を、広く近縁野生種も含めて、明らかにし、栄養生長期における難抽苔性の品種育成の遺伝資源の基礎的知見を得ることを目的とした。

1) 1年生系統を利用した開花早晩性および長日要求性の抽苔遺伝子の解析

通常のテンサイ系統（2年生）と非低温要求性の抽苔を支配する遺伝子（B）をホモ接合型で有する系統（1年生）の交雑後代で分離した開花早晩性ならびに高温・短日条件における抽苔を支配する遺伝様式を解析した。

開花早晩性の異なる F_1 個体に由来する F_2 では、家系間および家系内に開花早晩性の変異が観察された。 F_3 後代の解析から、開花早晩性の変異は、B 座の近傍に位置する長日要求性の抽苔遺伝子の存在が示唆される。また、それに加え、開花の早生性と晩生性の分離にはそれぞれ少なくとも2つ以上の遺伝子が関与していると推察された。

高温・短日条件における抽苔には、優性と劣性の2つの抽苔遺伝子が関与し、

そのうち優性遺伝子がB座と密接に連鎖していた。また、日長処理に対する反応から、これらの抽苔抑制遺伝子は比較的短い日長下で作用する遺伝子と考えられた。このことから、テンサイの1年生を支配するB座は、非低温要求性の優性抽苔遺伝子と長日要求性の劣性抽苔遺伝子が連鎖する遺伝子複合体として理解された。

2) 2年生系統の抽苔性および易抽苔変異体の遺伝様式の解析

抽苔性の異なる系統間の交雑後代において、抽苔性の分離様式は交雑組合せ、家系、および個体により異なり、抽苔性には多数の遺伝子が関与することが示唆された。また、抽苔性は複数のアイソザイム遺伝子座との連鎖関係が認められた。特に、抽苔性を支配する遺伝子のうち、1つはIdh₁アイソザイム遺伝子座と強く連鎖していることを明らかにした。易抽苔性は、比較的短い期間（8週間以内）の低温に感応して抽苔を誘導する抽苔遺伝子に支配され、また、長い期間（12週間以上）の低温を必要とする抽苔遺伝子に対し優性であると考えられた。また、抽苔性には、B座と連鎖する長日要求性の抽苔遺伝子の存在が示唆された。

品種「エマ」で見いだされた易抽苔変異体の遺伝様式は、20時間日長条件で非低温要求性の抽苔を支配するB座の対立遺伝子により説明されたが、自然日長条件では、それに加え、さらにB座と異なる複数の長日要求性の抽苔遺伝子の関与が示唆された。

自殖系統「N2n-35-70」で見いだされた易抽苔変異体は、B座とは異なる非低温要求性と長日要求性の抽苔遺伝子の存在が示唆された。

3) フダンソウおよび近縁野生種における抽苔性を支配する遺伝子の解析

中国および日本のフダンソウ在来系統について、播種当年の抽苔性を調査した結果、中国の四川省や江蘇省など低緯度地方の在来系統に抽苔個体が高頻度で観察された。抽苔性は、Idh₁と平均10.9%の組換え価で連鎖する非低温要求性の抽苔遺伝子が関与し、また、B座と異なる複数の長日要求性の抽苔遺伝子の関与が示唆された。

近縁野生種の1年生の遺伝様式を、テンサイ2年生系統との戻し交雑後代で解析した。B. vulgaris ssp. maritimaおよびssp. adanensisの1年生は、非低温要求性の抽苔を支配するB座の対立遺伝子と複数の長日要求性の抽苔遺伝子の関与を明らかにした。また、ssp. maritimaの有する長日要求性の抽苔遺伝子はテンサイの1年生系統の有する長日要求性の抽苔遺伝子の作用と比較して、抽苔を誘導する上でより長い日長を必要とする抽苔遺伝子として特徴づけられた。B. macrocarpaの1年生を支配する非低温要求性の抽苔遺伝子はB座の対立遺伝子に加え、それとは異なる非低温要求性の抽苔遺伝子が関与していた。

4) テンサイを含むBeta節植物の抽苔性は、低温要求性の抽苔遺伝子と複数の長日要求性の抽苔遺伝子に支配され、前者は後者の一つと連鎖し、遺伝子複合体を構成していた。B座と密接に連鎖している長日要求性の抽苔遺伝子座は、比較的短い長日の要求性、より長い長日の要求性など作用性の異なる対立遺伝子が分化していた。非低温要求性には、Idh₁と強く連鎖しているB座の対立遺伝子が関与し、非低温要求性、弱低温要求性および強低温要求性など作用性の異なる対立遺伝子が分化しており、テンサイならびにその近縁野生種の抽苔の低温要求性に多様な変異をもたらしていた。

5) 本研究の結果をもとに、テンサイの難抽苔品種の育成に関して考察した。抽苔性を支配する主要な遺伝子座であるB座での非低温要求性あるいは弱低温要求性の抽苔を支配する対立遺伝子から強低温要求性の抽苔を支配する対立遺伝子への置換が必要であろう。B座と密接に連鎖するIdh₁座は幼苗期での検定が可能であることから、生育初期における間接的な選抜の標識として有効であると考えられる。また、長日要求性の抽苔遺伝子も複数存在しているものと推察され、これらの改変による難抽苔品種の育成も期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 島 本 義 也

副 査 教 授 中 嶋 博

副 査 教 授 三 上 哲 夫

学 位 論 文 題 名

サンテイにおける抽苔・開花に関する遺伝育種学的研究

本論文は、図5、表51、引用文献101を含み、6章からなる総頁数126の和文論文である。別に、参考論文19編が添えられている。

テンサイ (*Beta vulgaris*) は、砂糖生産を目的に、その原料となる栄養生長の産物である砂糖を蓄積した根部を収穫する作物である。その栄養生長期に、しばしば生ずる生殖生長である当年抽苔・開花の現象は、根部の収量や糖分含有率の低下をもたらすだけでなく、製糖過程での砂糖の結晶化を妨げる物質の増加による加工コストの増大など、砂糖生産の上で重要な減収要因であり、難当年抽苔が育種目標に常に掲げられている。

本研究は、テンサイの抽苔・開花を支配する遺伝機構を、広く近縁種も含めて、明らかにし、栄養生長期における難抽苔性の品種育成の遺伝資源の基礎的知見を得ることを目的とした。

通常のテンサイ系統（2年生）と非低温要求性の抽苔を支配する遺伝子（B）をホモ接合型でもつ系統（1年生）の交雑後代 F_1 個体の開花早晚性の差異に由来する F_2 と F_3 世代の解析から、開花早晚性は、B 座の近傍に位置する長日要求性の抽苔を支配する遺伝子および他の少なくとも2つ以上の遺伝子が関与していた。また、高温・短日における抽苔には、B 座に加え2つの長日要求性の抽苔を支配する遺伝子が関与し、その1つが B 座と密接に連鎖していた。このことから、B 座は非低温要求性と長日要求性の抽苔遺伝子から成る遺伝子複合体として理解された。

抽苔性およびアイソザイム遺伝子の異なる2年生系統間の交雑後代において、抽苔性の分離様式は交雑組み合わせ、家系、個体により異なり、抽苔性には多数の遺伝子が関与することが示唆され、複数のアイソザイム遺伝子座との連鎖関係が認められた。特に、易抽苔性は比較的短い期間（8週間以内）の低温要求性の

抽苔を誘導する遺伝子に支配され、長い期間（12週間以上）の低温要求性の抽苔遺伝子に対し優性であり、Idh₁座の近傍に座位することを明らかにした。したがって、テンサイの抽苔性は、Idh₁座と強く連鎖しているB座およびその近傍に座位する非低温要求性、弱低温要求性および強低温要求性の作用性の異なる遺伝子の支配が示唆された。

品種「エマ」で見いだされた易抽苔変異体の遺伝様式は、20時間日長条件でB座の対立遺伝子により説明されたが、自然日長条件では、さらに複数の長日要求性の抽苔を支配する遺伝子の関与が示唆された。一方、自殖系統「N2n-35-70」で見いだされた易抽苔変異体は、B座とは異なる非低温要求性の抽苔遺伝子と長日要求性の抽苔遺伝子の支配が示唆された。

フダンソウ(*B. vulgaris*)の抽苔性には、20時間日長条件ではIdh₁と連鎖する非低温要求性の抽苔遺伝子の関与が、自然日長条件では複数の長日要求性の抽苔遺伝子の関与が示唆された。1年生の近縁野生種とテンサイ2年生系統との戻し交雑後代の解析から、*B. vulgaris* ssp. *maritima*およびssp. *adanensis*の1年生はB座の非低温要求性と複数の長日要求性の抽苔遺伝子の関与が明らかとなった。また、ssp. *maritima*の有する長日要求性の抽苔遺伝子はテンサイの1年生系統の有する長日要求性の抽苔遺伝子に比べて、抽苔を誘導する上でより長い日長を必要とする抽苔遺伝子として特徴づけられた。*B. macrocarpa*の1年生には、B座に加え、それとは異なる非低温要求性の抽苔遺伝子が関与していた。

テンサイにおける難抽苔性品種育成には、B座での非あるいは弱低温要求性から強低温要求性の抽苔性を支配する対立遺伝子への置換が必要であり、B座と密接に連鎖するIdh₁座は生育初期における検定が可能であることから、選抜の標識として有効であると考えられる。また、長日要求性の抽苔遺伝子も複数個存在しているものと推察され、これらの改変による難抽苔品種の育成も期待される。

本研究は、テンサイの抽苔性の遺伝的機構を明らかにし、学術上の貢献が大きく、学会においても高く評価されており、また、テンサイの難抽苔品種の育成に寄与することが期待され、産業上も高く評価できる。

よって、審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者 管 国平は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格があるものと認定した。