

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	田中佑
論文題目	Studies on Stomatal Traits Affecting Leaf Photosynthetic Capacity and Their Genetic Determinants in Soybean [<i>Glycine max</i> (L.) Merr.] (ダイズの個葉光合成能に関わる気孔形質およびその遺伝的要因)		
(論文内容の要旨)			
わが国のダイズ収量は低く、栽培技術と品種開発の両面の改良が求められる。米国の栽培品種には乾物生産力が日本品種よりも高いものが多く、それには個葉光合成能が関与することが指摘されている。本研究は、日本および米国のダイズ品種を主な対象として、圃場条件における個葉光合成能の変異における気孔をはじめとした形態形質の関わり、およびそれらに関与する遺伝的要因を明らかにすることで、個葉光合成能の遺伝的改良の可能性を提示したものである。本論文の内容は以下のように要約される。 1. 高い乾物生産性と収量性を有するとされる米国品種Stresslandと日本品種タチナガハの、子実肥大期間における上位葉光合成速度 (P_n) と関連形質を比較した。StresslandのP_nはタチナガハのP_nよりも高く推移した。両品種の交配後代F3のP_nには22.1から34.2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$までの変異があった。この変異は、従来光合成能に密接に関係するとされている比葉重および葉身窒素含量の変異との相関が明瞭でなかったのに対して、気孔コンダクタンス (g_s) の変異とは高い相関を示した。F4の8系統およびその両親品種において、群落上位葉のg_sを経時的に測定することによりg_sの最大値($g_{\max}$)を推定したところ、それは気孔密度(N_s)との間に高い相関を示した。これらより、P_nの品種間差にはg_sの差異が、g_sの最大値のそれにはN_sが大きく影響しうると考えられた。 2. 多様なダイズ品種における個葉の形態およびg_sの変異を解析した。日米の栽培品種を中心とした70以上の品種の、子実肥大初期における個葉の形態形質を調査したところ、N_sは148から334個 mm^{-2}まで変異し、面積あたり表皮細胞数と密接な正相関を示した。気孔を形成する孔辺細胞長 (L_g) には17.8から26.3 μmまでの変異が存在し、N_sと負の相関を示した。これらの品種間変異の傾向は、2年次の実験結果の間で安定していた。表皮細胞数に対する気孔分化頻度 (SI) の品種間変異は小さかった。気孔におけるガス拡散経路にもとづき、N_sとL_gからg_sの理論的ポテンシャル (g_p) を導いた。近年の米国品種は米国の旧品種や日本の新旧品種と比べて、N_sおよびg_pが大きいことが明らかとなった。さらに、g_pは圃場で測定した$g_{\max}$と密接な相関を示した。これらより、米国品種の高い乾物生産性には、個葉の形態に起因する高いg_pが寄与していると推察された。			

3. 茎伸育型が子実肥大期上位葉の形態および g_s に及ぼす影響を検討した。茎の伸育型を決定する *Dt1*座の遺伝子型を異にし、品種Clark、Harosoy、ElfおよびWilliamsの遺伝的背景を有する準同質遺伝子系統(NIL)4組合せを供試し圃場実験を行った。 g_{max} および N_s は、全ての組合せにおいて有限伸育型(*dt1*型)よりも無限伸育型(*Dt1*型)において高かった。葉脈密度および表皮細胞密度も*Dt1*型において高かった。一方、 L_g は*dt1*型で大きく、 SI は茎伸育型による違いはなかった。本実験においても、 g_{max} の変異は N_s および L_g から求めた g_p と密接な相関を示した。以上より、*Dt1*座もしくはそのごく近傍に存在する遺伝的要因の作用により、上位葉表皮の構造が全体に細密となり、それにより無限伸育型において g_{max} が高くなることが示唆された。

4. 気孔形態形質に関わる遺伝的要因を明らかにするために、Stressland×タチナガハの組換え自殖系統群を用いてQTL解析を行った。栄養生長期の第6複葉および子実肥大始期(R5)の最上位葉の N_s について、C2連鎖群上の早晩性遺伝子座*E1*およびL連鎖群上の茎伸育型遺伝子座*Dt1*の近傍に明瞭なQTLが検出された。R5期の上位葉だけでなく栄養生長期の第6複葉にもQTLが検出されたことから、*E1*座および*Dt1*座もしくはそれらの近傍領域は、茎伸育型や早晩性によって生じる系統ごとのR5期の葉位の違いとは無関係に、 N_s に影響しうるということが明らかとなった。 L_g に関するQTLも同領域に検出された。*E1*座および*Dt1*座もしくはそれらの近傍領域の形態形質への効果を確認するため、*E1*座を含む3つの早晩性遺伝子座(*E1*、*E2*、*E3*)の遺伝子型を異にしClarkの遺伝的背景をもつNIL計8系統、および前項で用いた*Dt1*座に関するNIL計8系統の第6複葉の N_s などを調査した。その結果、いずれのNILにおいても*E1*型および*Dt1*型で N_s が有意に増大していた。

以上より、ダイズの個葉光合成能には、気孔密度をはじめとする葉身の形態形質が大きく影響し、*E1*座および*Dt1*座もしくはそれらの近傍領域がそれら形態形質の変異に関与すると結論した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせ

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

わが国のダイズ品種の収量性は、イネなどに比べて改良の余地が大きいと指摘されている。収量性の遺伝的改良をはかるためには、圃場条件での生産機能を支配している重要形質とその遺伝要因を明らかにすることが求められる。本論文は、ダイズの個葉光合成能を高める基礎として、光合成能と密接に関連する形態形質の同定および関与する遺伝的要因を明らかにした研究を取りまとめたものであり、評価すべき点は以下のように要約される。

1. 環境により大きく変動する個葉のガス交換能を圃場条件で的確に評価する方法を考案した。すなわち、個葉の気孔コンダクタンス (g_s) の遺伝的変異がその葉身展開時の最大値 (g_{max}) によって安定的に評価できること、および気孔密度と孔辺細胞長から導かれる g_s の理論最大値が圃場で評価した g_{max} を密接に反映することを明らかにした。そのことにより、個葉のガス交換能関連形質の遺伝的変異を圃場条件において効率的に行うことを可能にした。

2. 多様なダイズ品種の g_p を調査することにより、 g_p の遺伝的変異とその要因を明らかにした。とくに、乾物生産性に優れるとされる近年の米国品種の g_p が、米国の旧品種および新旧の日本品種に比べて大きい特徴を有すること、およびそれが気孔密度などの葉の形態の細密化によってもたらされていることを初めて明らかにした。

3. 個葉のガス交換能を支配する形態形質に関与する遺伝子領域を明らかにした。すなわち、気孔密度が g_p の主要な支配要因であることを明らかにした上で、気孔密度が大きく異なる日米品種間の交配由来の組換え自殖系統群を用いたQTL解析を行い、明瞭なQTLがC2連鎖群上の早晩性遺伝子座 *E1* およびL連鎖群上の伸育型遺伝子座 *Dt1* の近傍に存在することをみいだした。さらに、*E1* 座および *Dt1* 座に関する同質遺伝子系統を用いて、気孔密度に対するこれらの領域の効果を確認した。

以上のように、本論文はダイズの光合成能が、気孔密度をはじめとする葉身の形態形質に強く左右されることを明らかにするとともに、それらに関わる遺伝子領域の同定を通じて、収量性の改良に向けた新たな知見を提出したものであり、作物学、育種学および作物生態学の発展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23年2月14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あるものと認めた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降