

ふりがな いとう さゆり
氏名 伊藤 小百合
学位 博士(農学)
学位記番号 新大院博(農)第82号
学位授与の日付 平成20年3月24日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名

ダイズ根粒形成におけるオートレギュレーション機構の解析

論文審査委員	主査 教授	大山卓爾
	副査 教授	高橋能彦
	副査 教授	野中昌法
	副査 准教授	大竹憲邦
	副査 准教授	末吉 邦
	副査 准教授	原田直樹

博士論文の要旨

農業での窒素肥料の多量施用は、大規模な植物生産を可能にした反面、水環境の富栄養化や地下水の汚染など、周辺環境への負の影響を引き起こしてきた。人口増加による世界的な食料危機が予想される今後の農業においては、高生産性ととも、環境を保全する調和のとれた植物生産系の確立が必須である。一方、ダイズ等のマメ科植物は、根に根粒という器官を形成し根粒菌と共生することで、大気中の窒素ガスを還元し利用することができる。宿主である植物側は、生育状態に合わせて根粒の着生数を厳密に制御する。この抑制的な調節を根粒形成の自己制御機構(オートレギュレーション機構)と呼ぶ。これは根粒菌が感染すると地下部から茎葉部(地上部)へ感染シグナルが送られ、それを感受した葉身から地下部に抑制シグナルが送られることで、根粒原基の発達が停止されるという全身的な制御機構である。

根粒形成自己制御機構が低下又は欠損した変異株は、親株の数倍から10倍程度の数の根粒を形成し、根粒超着生形質を示す。これまで根粒超着生変異株における根粒超着生形質以外に関する表現型について、茎葉部の表現型に関する詳細な調査はほとんど行われていなかった。変異株の形質を総合的に理解することで、根粒形成自己制御機構というマメ科植物に特異的なシステムを、植物の器官分化調節の一部として捉えることが可能となるかもしれない。

そこで、本研究では、「ダイズ根粒形成におけるオートレギュレーション機構の解析」をテーマとし、主に根粒超着生変異株について根粒超着生形質以外の表現型を明確にすることを目的とし研究を行った。根粒超着生以外の形質に着目することで、根粒形成自己制御が個体全体としてどのように調節されているかを調査した。実験材料はダイズ品種 Williams より分離された根粒超着生変異株 NOD 系統 (NOD1-3、NOD2-4 及び NOD3-7) を用いた。

研究結果を以下の項目番号 1~3 にまとめる。

(1) 根粒形成自己制御機構は茎葉部の遺伝型がポイントになることから、光合成産物の分配が異なる可能性があると考え、根粒形成自己制御機構の抑制ターゲットとなる根粒原基の発達過程について、光合成産物の要求量を比較した。¹⁴C 標識した二酸化炭素を与え、植物体内での分配を調査した。親株においては、根粒菌接種 8 日後まで（根粒原基発達〜根粒分化期）は光合成産物の地下部への分配は増加せず、接種 10 日後（根粒肥大生長期）以降に増加することを示した。一方、根粒超着生変異株 NOD1-3 においても根粒原基発達期の光合成産物の分配は親株と同様であった。よって根粒超着生形質は、光合成産物の分配が原因ではないことを明らかにした。

(2) 根粒超着生変異株 NOD 系統の初期生育を親株と比較した。根粒菌接種処理区・非接種処理区を設け、播種 18 日後にサンプリングし、根粒を多数着生することに依存してあらわれる表現型と、根粒超着生形質に依存しない表現型に区別した。以下の結果を得た：

- 一般的に根粒超着生変異株は親株よりも生育が劣ると言われるが、これは根粒を多数着生し宿主の光合成産物の消費を増加させることに依存した二次的な影響であることを明らかにした。
- 部位別に比較すると、根粒菌接種の有無や培地中硝酸の有無に関わらず、NOD1-3 と NOD3-7 は葉身が親株よりも小さいままで展開を停止することを見いだした。反対に、NOD1-3 と NOD3-7 では新しい葉の展開開始が早いこと、又は側枝が高頻度で出現することを明らかにした。

これらの結果から、NOD1-3 と NOD3-7 の遺伝子変異は、根粒超着生形質の他に葉の生育にも影響を及ぼすことを明らかにした。

(3) 葉身の細胞レベルでの観察から、NOD1-3 と NOD3-7 は親株よりも 1 枚の葉身当たりの細胞数が少ないことを示した。さらに、NOD3-7 において地上部生長点を随時切り落としても葉の細胞数が親株程度に回復しなかったことから、葉身あたりの細胞数の減少は、新葉展開が早いことよりも上流の形質であることを示した。これらの結果から、根粒形成自己制御機構は葉の細胞増殖の調節と関連があることを明らかにした。

以上の研究結果から、根粒形成自己制御機構における感染シグナルは、葉の細胞増殖を促進する物質である可能性が示唆された。

審査結果の要旨

本研究は、世界的に重要なタンパク質、油脂資源であるダイズの生育・収量に関連の深い、根粒形成の自己制御機構について調べたものである。これまで、根に根粒菌が感染し根粒原基が形成されると、根から地上部に感染シグナルが伝えられ、地上部特に葉身でオートレギュレーションシグナルが形成され、それが、根における新たな根粒の形成を抑制することが知られている。しかしながら、両シグナル物質はいまだ同定されておらず、シグナル伝達についても不明である。伊藤さんは、ダイズ品種 Williams とその根粒超着生変異株 (NOD1-3, NOD2-4, NOD3-7) を用いて、根粒形成のオートレギュレーション機構の解析を行った。根粒形成初期には、地上部から光合成により取り込ませた ¹⁴C の地下部への分配は、根粒菌接種により特に高まることはなかった。したがって、根粒が窒素固定を開始した後は多量の光合成産物を必要とするが、オートレギュレーションが関係する根粒形成初期過程には、地上部から地下部への光合成産物の供給が関与していないことを確認した。また、根粒超着生変異株の生育が劣るのは、根粒が多数着生することによる二次的な影響であることを厳密な実験で確認した。さらに、根粒超着生系統のうち、NOD1-3 と NOD3-7 では、Williams と NOD2-4 とは、初生葉の大きさと細胞数、本葉の生育開始時期が異なることを発見した。このことから、根粒形成の自己制御作用が、葉の生長制御と共通点があることが考えられ、この分野の研究に大きな進展をもたらした。

本研究は、第 15 回国際窒素固定会議 (ケープタウン) で本人が口頭発表するとともに、国際誌である Soil Science and Plant Nutrition に 2 報、Plant Cell Physiology に 1 報、筆頭著者として発表するとともに、新潟大学農学部研究報告に筆頭著者として 2 報発表した。

本研究は、ダイズ根粒の研究に重要な進歩をもたらせたものであり極めて高く評価される。以上のことから、本申請論文は、博士 (農学) の学位論文として十分な内容を持つものと判定した。