

氏 名 (本籍) いし 石 づか 塚 じゅん 潤 じ 爾 (新潟県)

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 4 9 号

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 4 6 年 1 1 月 1 1 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当

最 終 学 歴 昭 和 3 1 年 3 月
東 北 大 学 農 学 部 卒 業

学 位 論 文 題 目 北 海 道 大 豆 の 生 育 ， 開 花 ， 結 実 に お け る
可 溶 性 窒 素 化 合 物 ， と く に ア ミ ノ 酸 お よ
び ア ラ ン ト イ ン の 作 物 栄 養 学 的 意 義

(主 査)
論 文 審 査 委 員 教 授 藤 原 彰 夫 教 授 志 村 憲 助

教 授 玉 利 勤 治 郎

論文内容要旨

大豆は肥培管理法の改善によって、増収をはかることが難しい作物であると見られている。窒素吸収量や乾物総生産量が高めることは、窒素肥料の多用によって容易に達成できるが、それを増収に結びつけることは難しい。その理由として、次の点が考慮されなければならない。

(1) 大豆では、落花、落莢が多いが、窒素の受容器官である莢の数が少なく決まると、それを充す以上の窒素の供給は、必然的に栄養生長の促進に働く。寒冷地の大豆では、暖地に比して、栄養、生殖両生長は長期にわたり競合し、それが、花器脱落の主因となっていると考えられる。

(2) 窒素の多用は根粒の着生を抑制し、固定-Nに対する依存度を低下させ、また、根粒の着生状況により、体内窒素成分組成が異っている可能性がある。このような窒素の多用によって生ずる窒素栄養条件が、栄養生長の促進にのみ作用する生理的機作を考慮しなければならない。

本研究は、大豆に対する窒素の多用が子実収量増に結びつきにくい理由を、上記の二つの可能性に関連させて検討し、さらに、生殖生長のための窒素源であると推定したアラントインの生成、集積の機作について検討したものである。

1. 落花、落莢の原因について

脱落花器の80%以上は莢への特定代謝産物の供給不足、不均衡により生ずると考えられているので、まず窒素の多用により、栄養生長が促進され、栄養生長と莢の発育との間の特定代謝産物に対する争奪が結莢率の低下をもたらしている実態を調査した。その結果

(1) 圃場で大豆を孤立状態で栽培することにより個体間の競合を排除し、そのことの子実収量増に対する効果を地上部、地下部に分けて調査したが、根域の拡大（地下部）による効果は約10%、受光条件の改善による効果（地上部）は50~100%であった。したがって、莢への供給量の低下が落莢の原因となる成分は、根から供給される物質（N、P、K）ではなく、光合成産物であると予想された。

(2) 圃場栽培大豆の莢の全-N、全糖濃度の推移を調査した。結莢期における全-N濃度には低下が認められなかったが全糖濃度は一時的に低下した。

(3) 黄化莢（発育停止莢）と健全莢の各種成分濃度を調査した。黄化莢の莢殻では、全-N、アミノ酸-N、硝酸-N、アラントイン-Nは僅かに高いが、全糖濃度が著しく低い。また、黄化莢の子実の全-N濃度は僅かに高いが、全糖、アミノ酸-Nが著しく低くかったので、窒素化合物の供給不足が、落莢の主因ではないと推定した。

(4) 窒素を増施し、栄養生長を促進させると下位節位の結莢率が低下する。

以上の結果から、莢の発育の制限因子は、窒素ではなく、光合成産物の供給量であり、窒素を多用し、栄養生長を促進させると結莢期における莢へのその供給が低下し、落莢の原因となると推定した。

2. 大豆のアラントインの抽出、分離、同定、および定量法の検討

大豆の可溶性窒素成分として、多量のアラントインの集積が確認されたので、その調査方法を確立した。

3. 大豆の栄養生長の支配要因

圃場で大豆「長葉白」, 「A62-1」, 「A62-2(A62-1と同一遺伝系統の根粒非着生系統)」と供試し, 窒素用量試験を行ない, 根粒着生状況, 各種体内窒素成分濃度などが栄養生長にどのような影響を及ぼしているかについて検討した。

(1) 栄養生長速度を相対生長率 (RGR) で示したが, 各品種とも窒素施用量が多いほど, RGR が大きかった (月7月上旬~8月上旬)。

(2) 茎葉の各種窒素成分濃度の推移

全-N: 根粒着生系統では窒素施用量による差が小さいが, 「A62-2」では窒素施用量が多いほど高い。

アミノ酸-N, 硝酸-N: 窒素施用量の多いほど高い。

アラントイン-N: 「A62-2」では著しく低い。根粒着生系統では, 窒素施用量が少なく, 根粒着生が良好なほど高い。

(3) 各窒素成分と RGR との相関関係

7月下旬~8月上旬の期間については, 全-N, アミノ酸-N, 硝酸-N とは正, アラントイン-N とは負の相関が認められた。とくに, アミノ酸-N との相関が顕著であった。

(4) アラントイン濃度とその他の体内成分濃度との相関関係を調査したが, 全-N, アミノ酸-N 硝酸-N との間には負, 全糖, 全糖/全-N との間には明瞭な関係はなかった。

以上の結果から大豆の茎葉におけるアラントインは窒素の貯蔵形態であり, 茎葉では分解利用されにくいと推定した。また, アミノ酸は, 窒素施肥によって濃度が上昇し, 茎葉の蛋白合成の直接の素材であり, 栄養生長に関与する。窒素の多用が茎葉の過繁茂をもたらすのは, アミノ酸濃度が上昇するためであり, 窒素施用量の少ない個体で, 全-N 濃度が高いにもかかわらず, 栄養生長が抑制されるのはアラントイン濃度が高いためであると推定した。

4. 大豆におけるアラントイン生成の場

大豆におけるアラントインの主な生成の場が根であり, 根粒の着生がアラントインの生成を促進する要因であることを下記の実験によって推定した。

(1) 茎を切断し, 溢泌液とその茎のアラントイン濃度との間に高い相関が示された。

(2) 大豆「A62-1」と「A62-2」を根ぎわより切り取り, 交互に接木し, 4週間後アラントイン濃度を定量した結果, 台木が「A62-1」の場合にのみアラントイン濃度が高かった。

(3) 滅菌土壌で「A62-1」をポット栽培し, その体内成分濃度を「A62-2」と対比したが, 差が認められなかった。通常, 両系統に見られるアラントイン濃度の差は, 根粒の着生によって生ずるものであると推定した。

5. アラントイン生成における根粒の役割

根粒は炭水化物を消費し, 固定-N をアンモニアの形で供給し, あるいは, 根の C/N 比を低下

させることにより、アラントインの生成を促進するとの推論を下記の実験によって検討した。

(1) 茎を切除し、根に対する光合成産物の供給を停止させると「A62-2」においても、アラントインの生成が促進される。この場合、根の全糖/全-N比が低下する。

(2) アンモニアを単一の窒素源として水耕栽培された大豆のアラントイン濃度は、硝酸-Nを含む水耕液で栽培した個体より高かった。

(3) 圃場における窒素用量試験の大豆の根の全糖/全-N比は、アラントイン集積量が多い個体ほど小さかった。

以上の結果から、根粒が根の全糖/全-N比を低下させ、あるいは、アンモニアを供給することにより、アラントインの生成を促進しているとの推論は可能である。

一方、BCBなどの生育抑制物質の投与によってもアラントイン濃度が上昇したので、根粒が供給すると考えられる生理的活性物質が大豆根の窒素代謝を攪乱し、アラントインの生成が促進されるとの推論も否定できない。

6. 大豆根におけるアラントインの生成経路について

植物におけるアラントインの生成経路としては、下記の二説がある。

- i 尿素とグリオキシル酸の縮合
- ii プリンの酸化分解

大豆のアラントインがどちらの経路によって生成されているかを¹⁴C-標識化合物を用いて検討した。

(1) iの経路によるアラントインの生成は認められなかった。

(2) iiについては、蟻酸-¹⁴C、プリン-8-¹⁴Cを投与し、¹⁴Cがアラントインのウレイド基に取り込まれることを確認した。しかし、アラントインの¹⁴C取り込み量に根粒着生の有無による差を認めることができなかった。

(3) 正リン酸-³²P、プリン-8-¹⁴C、蟻酸-¹⁴Cを投与し、大豆根のRNAを構成するプリンヌクレオチドの放射能取り込み状況を調査したが、根粒の着生の有無がRNA代謝に影響を及ぼしていると推定できる実験結果は得られなかった。

したがって、大豆ではiiの経路によってもアラントインが生成される可能性はあるが、それが大豆根における主要な生成経路であると判断することはできなかった。

7. 子実蛋白の生成におけるアミノ酸、およびアラントインの生理的役割

窒素肥料の多用による乾物総生産量の増大が子実収量の増大に結びつかない理由の一端は種皮のアミノ酸透過に対する選択性にあると想定し、¹⁴C-標識アミノ酸を用いて種皮透過性を検討した。その結果

(1) 分離莢にVaccum infiltration、または、切り口から蒸散流にのせて吸収させた7種のアミノ酸のうち、投与された形態のまま種皮を容易に透過し得るものは、Arg.とCanであった。他のアミノ酸の炭素鎖は主としてシュウクロースの形で種皮を透過していると推定された。

(2) シュウクロース-(u)-¹⁴C、Phe-(u)-¹⁴C、Leu-(u)-¹⁴C、を吸収させた莢中の胚のアミノ酸

の取り込み状況を調査したが、いずれの場合も Glu, γ -Aminobutyric acid, Ala の放射能が高かった。

以上の実験結果から、一般に栄養体のアミノ酸は、そのままの形では子実蛋白の形成に関与しにくく、そして、そのことが茎葉におけるアミノ酸濃度の上昇が栄養生長のみを促進する要因となっていると推定した。

アラントインの種皮透過性については直接の実験はなかったが、栄養器官では分解、利用されにくく、莢の形成後は莢に移行し、子実の肥大にともない、種皮を透過し、子実蛋白の形成の重要な窒素源となっていると推定できる。

8. 結 語

窒素肥料の多用は根粒の着生を抑制し、茎葉のアミノ酸、アミド濃度を上昇させ、栄養生長を過度に促進する。栄養、生殖の両生長の競合は、結莢期における莢への炭水化物の供給を抑制し、莢の発育阻害、花器脱落の原因となる。

このようにして、結莢期以後の同化産物の主要な受容器官である莢の数が決定すると、窒素肥料の多用による窒素の過剰吸収は、栄養生長のみを促進することになり、乾物生産量の増大が子実収量増に結びつかないことになる。

一方、窒素施用量の少ない場合は、茎葉のアミノ酸-N濃度が低く、子実蛋白形成の窒素源として、重要な役割を果していると考えられるアラントイン濃度が上昇するために、結莢期における莢と栄養体との間の生長競合が低下する。その結果として、下位節位の結莢率が向上し、同化産物の子実形成への配分比が上昇し、栄養生長が劣るにもかかわらず、子実収量が低下しないことになる。

審査結果の要旨

大豆は油脂および蛋白資源として重要な作物である。しかも大豆は肥培管理法の改善によって増収をはかることが難しい作物である。その原因としては窒素多用によって窒素吸収量や乾物総生産量を高めることは容易に達成されるが、それを子実の増収に結びつけることの困難さがあげられる。この困難さの一つには大豆では落花、落莢が多く、しかも寒冷地の大豆では、暖地に比して栄養、生殖兩生長は長期にわたり競合し、それが花器脱落の主因をなすものと考えらるべきものであることが確認された。これを明らかにするために圃場で大豆を孤立状態で栽培することによって個体間の競合を無くすると、地上部の受光条件の改善による増収効果が地下部の根域拡大による増収効果を大きく上廻ることを証明した。そして落莢の原因は主として光合成産物の供給量低下によるものと推察し得た。なお窒素化合物の代謝についても、詳細な追跡を行って、窒素化合物の供給不足が落莢の主因でないとの結果を得ている。

なお特記すべきことは大豆の可溶性窒素成分として、多量のアラントインの集積が確認されたことである。また窒素代謝を研究するために、普通品種、根粒着生系統、非着生系統を選んで栽培試験を行って大豆の茎葉におけるアラントインは窒素の貯蔵形態であり、茎葉では分解利用されにくい素材であることを確めている。そして窒素の多用が茎葉の過繁茂をもたらすのはアミノ酸濃度の上昇によるものであり、窒素施用量の少ない個体で全窒素濃度が高いにもかかわらず栄養生長が抑制されるのはアラントイン濃度の高いためであるとの推論を下した。

なお大豆におけるアラントインの主な生成の場が根であり、根粒の着生がアラントインの生成を促進する要因であることを認めている。さらに根粒の炭水化物を消費し、固定窒素をアンモニアの形で供給し、あるいは根の C/N 比を低下させることによりアラントインの生成を促進することも明らかになった。しかも大豆根におけるアラントインの生成経路については標識化合物を用いて、実験の結果、プリンの酸化分解ではないかと推定を得ている。その栄養体のアミノ酸はそのままの形では子実蛋白の形成に関与しにくく、そのことが茎葉におけるアミノ酸濃度の上昇が栄養生長のみを促進する要因となっていると推定している。

なおアラントインは栄養器官では分解、利用されにくく、莢の形成後は莢に移行し、子実の肥大にともない、種皮を透過し、子実蛋白の形成の重要な窒素源であることが認められた。

これらの事実から窒素施用量が適当に低い場合は茎葉のアミノ酸濃度が低く、アラントイン濃度が上昇するために、結莢期における莢と栄養体との間の生長競合が低下する。その結果として、下位節位の結莢率が向上し同化産物の子実形成への配分比が上昇し、栄養生長が劣るにもかかわらず、子実収量が低下しないことが明らかにされた。

要するに本論文は大豆の窒素代謝に関する栄養生理を明らかにしたのみならず、北海道における大豆の増産に対して重要な指針を与えたものであって、提出者は農学博士の学位を受ける価値があると審査員一同は認定したものである。