



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	トマトにおける窒素栄養についての診断法と生理に基づいた養液土耕栽培技術 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	坂口, 雅己
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11382号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55704
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Masami_Sakaguchi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 坂 口 雅 己

学 位 論 文 題 名

トマトにおける窒素栄養についての診断法と生理に基づいた養液土耕栽培技術

(Diagnostic technique for nitrogen nutrition and drip-fertigation based on nitrogen nutritional physiology of tomato)

施設栽培において過剰な施肥が行われると土壌の塩類集積を引き起こし、生理障害の発生や圃場外へ硝酸態窒素を流亡させる恐れがある。施設土壌で作物を持続的に生産するためには、施肥量を作物が必要とする分にとどめ、土壌の塩類集積を防ぐ必要がある。そこで、代表的な施設野菜であるトマトについて窒素栄養生理に基づいた肥培管理技術を構築した。

1. ハウス夏秋どりトマトの窒素栄養診断法の確立と実証

葉柄汁液等の硝酸濃度から作物体の窒素栄養状態を測定する窒素栄養診断は施肥量の調節に有効な手段である。はじめに、北海道で多く作付けされている夏秋どりトマトについて窒素栄養診断法を確立した。下位葉の葉柄硝酸濃度は上位葉と比べ高く、積算窒素施肥量との相関も高いためトマトの窒素栄養状態を反映していた。特に、第1果房直下葉の葉柄硝酸濃度は積算窒素施肥量と常に高い相関を示したことから、第1果房直下葉を窒素栄養診断の採取葉位とした。1999年と比べ多収であった2000年では窒素吸収量が多く、葉柄硝酸濃度は低かった。これは吸収された硝酸が速やかに同化され、葉柄に蓄積する硝酸の量が減ったためと考えられた。収量は2カ年とも葉柄硝酸濃度 $6,000\text{mg-NO}_3\text{ L}^{-1}$ 程度で最大となり、 $4,000\text{mg-NO}_3\text{ L}^{-1}$ 以下では大きく減少した。また、葉柄硝酸濃度が高まるに伴って窒素吸収量/窒素施肥量比が低下し、跡地の硝酸態窒素含量が高まった。収量、施肥効率および跡地の残存窒素を考慮し、葉柄硝酸濃度の基準値を $4,000\sim 7,000\text{mg-NO}_3\text{ L}^{-1}$ と設定した。

次に、トマトの窒素栄養診断法を農業後継者の圃場で実証した。2カ年の実証では、土壌診断および栄養診断によって減肥が図られ、栽培跡地の土壌硝酸態窒素が低く抑えられた。また、栄養診断実践圃では慣行圃場と同等以上の果実収量が得られ、果実生産額が高くなったことに加え、肥料コストが削減され、経済性の面においても優位であった。これらのことから、栽培初心者であっても栄養診断技術を用いることで適切な施肥管理が可能と考えられた。

2. 栄養診断に基づく夏秋どりトマトの養液土耕技術

1) 生育時期別の適正施肥量と窒素栄養診断基準の設定

点滴チューブを用いて株元に肥料と水を同時に与える養液土耕は施設土壌の塩類集積を防ぐ有効な手段である。施設土壌を用いた養液土耕に関する既往の研究では、硝酸態窒素など土壌からの窒素供給の影響を受け、養液土耕による窒素施肥が収量や施肥窒素利用率に与える影響について十分解明されていなかった。そこで、本研究では土壌硝酸態窒素を低く抑えた条件で、養液土耕がトマトの果実生産に与える影響を慣行施肥と比較するとともに、養液土耕における各生育時期別の適正窒素施肥量を検討した。養液土耕区では慣行施肥区と比べ果実収量や吸収窒素の果実生産効率が高い傾向にあった。慣行施肥区では果実の肥大に伴い葉の窒素含有率が低下したが、養液土耕区では葉の窒素含有率が維持されていたことから、養液土耕区では多頻度の分施により安定的に窒素が供給されたことが葉の窒素含有率を維持し、光合成を衰えさせず果実生産を高めたと考えられた。果実収量は総窒素施肥量が 230 kg ha^{-1} を超えると頭打ちになり、施肥窒素利用率は総窒素施肥量 $210\sim 230\text{ kg ha}^{-1}$ で最高となった。これらのことから、トマトの養液土耕における各生育時期の適正窒素施肥量は定植から第1果房肥大期までが $1.5\text{ kg ha}^{-1}\text{ d}^{-1}$ 、第1果房肥大期から摘心までが $3.0\text{ kg ha}^{-1}\text{ d}^{-1}$ 、摘心後1ヶ月間が $1.5\text{ kg ha}^{-1}\text{ d}^{-1}$ と考えられた。この施肥条件にお

ける施肥窒素利用率は 63～69%であった。

次に、養液土耕における窒素栄養診断基準を設定するにあたり、窒素施肥量が葉柄硝酸濃度に及ぼす影響と葉柄硝酸濃度が果実収量や葉の窒素含有率に及ぼす影響を検討した。葉柄硝酸濃度は葉柄採取前 20 日間程度の累積窒素施肥量を反映した。葉柄硝酸濃度は葉柄採取時における葉の窒素含有率や葉柄採取後 30～60 日間における果実収量と高い正の相関を示した。そのため、葉柄硝酸濃度は葉柄採取時における作物の窒素栄養状態を反映し、開花から果房肥大盛期にあたる果房の収量を予測する指標になると考えられた。葉の窒素含有率を維持し収量を確保するためには、葉柄硝酸濃度の下限値は第 1 果房肥大期では $1,000 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ 、第 2 果房肥大期以降は $4,000 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ と考えられた。また、過剰な施肥を避ける観点から葉柄硝酸濃度の上限値は $7,000 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ と考えられた。

2) 土壌無機態窒素が蓄積した圃場における養液土耕の窒素施肥対応

養液土耕システムを導入した生産者圃場について、トマトの生育、葉柄硝酸濃度などを調査した結果、土壌硝酸態窒素が蓄積した圃場において生育の制御が難しくなる事例が見受けられた。そこで、硝酸態窒素残存時における養液土耕の窒素施肥対応を検討した。窒素基肥を残存窒素に見立てた基肥+養液区を設け、慣行施肥区および養液土耕区と収量等を比較した。基肥+養液区は慣行施肥区と比べ窒素吸収量と果実収量が多い傾向にあり、これは多頻度分施による効果と考えられた。基肥+養液区の果実収量は養液土耕区とほぼ同等であったが、収穫指数と果実乾物生産効率は低い傾向にあった。基肥+養液区では窒素栄養状態が高まり栄養生長が旺盛になったため、収穫指数や果実乾物生産効率が低下したと考えられた。養液土耕では定植前の残存無機態窒素はない方が望ましく、定植前土壌の硝酸態窒素含量が 50 mg kg^{-1} 以上の場合、定植から第 1 果房肥大期までの窒素施肥は不要と考えられた。

次に、生育のなるべく早い時期に窒素栄養状態の過不足を検知するため、第 1 果房肥大期より早い段階の窒素栄養診断法を検討した。定植時苗の葉柄硝酸濃度は $0 \sim 500 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ であり、定植後、葉柄硝酸濃度は窒素施肥量や土壌無機態窒素量に応じて変動した。生育初期における窒素栄養状態の診断時期は第 2 花房開花始が適当と考えられ、その時期における葉柄硝酸濃度の下限値は $500 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ 、上限値は $5,000 \text{ mg-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ が妥当と考えられた。

これらの結果から土壌診断と栄養診断に基づくトマトの養液土耕栽培のフローを作成した。

本研究ではトマトについて収量の面だけではなく、施肥効率や土壌の残存窒素蓄積を考慮した作物窒素栄養診断基準を設定した。これまで、土壌の環境面を根拠に栄養診断基準の上限値を設定した事例はなく、初めて環境面に配慮した作物窒素栄養診断技術となる。また、トマトの養液土耕について、施肥効率や収量の向上について要因が十分に解明されていなかったが、本研究では多頻度の分施が葉の窒素濃度を維持させることなどを明らかにした。作物栄養診断は慣行施肥、養液土耕いずれにおいてもトマトの追肥量判断に有効な手段であり、栽培初心者においても適切な施肥管理が可能になる。また、養液土耕についても土壌および作物の窒素栄養診断に基づく栽培技術を確立した。これらの技術は、施設栽培において土壌の塩類集積を回避し、持続的な野菜生産に寄与できる。