

第 I 章 序 論

1. 研究の背景と目的

農耕地に施用された肥料中の窒素は、環境中で様々な形態に変化し、肥料等が過剰になった場合は環境汚染物質として問題となる。河川や湖沼に流出した有機態窒素やアンモニア態窒素は富栄養化を招き^{76,102)}、硝化または脱窒の過程で大気中に放出された亜酸化窒素は地球温暖化やオゾン層破壊を促進し^{12,72)}、浸透溶脱した硝酸態窒素は地下水汚染^{34,41,42,56,69,75,77)}を引き起こすなど、施肥窒素が環境汚染の一因となっている。

環境庁は、平成11年2月22日に、水質汚濁に係わる人の健康の保護に関する環境基準および地下水の水質汚濁に係わる環境基準に硝酸性窒素を追加し、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素を10mg L⁻¹以下と定めた。したがって、作物に施用する窒素量は、生産性だけでなく、環境に配慮することが必要である^{39,40)}。このことは、環境基準を意識した上で、作物が必要とする窒素量を施肥し、土壌中の残存窒素を減らすことが重要であり、生産性を落とすことなく、施肥窒素を削減するために、理論に基づいた低減化技術を開発する必要がある。

施肥量決定の一般的な考え方は、目標収量を得るために必要な窒素吸収量から土壌の供給窒素量を引き、それを施肥窒素の利用率で除したものである。したがって、減肥を考える上で、利用率を高めるための施肥位置の改善、施肥時期の改善および肥料の選択、並びに施肥前の土壌中残存窒素の利用が重要である⁶⁰⁾。

本論では、施肥位置の改善として局所施肥を検討した。局所施肥は、作物の根が分布する位置にしぼってあらかじめ肥料を施用し、効率良く肥料成分を吸収させる施肥法である。根圏周辺の狭い範囲に施肥することで大幅な減肥が期待できるが、多量の肥料を集中して施用することから、濃度障害を回避するために、肥料の形態も考慮しなければならない。局所施肥法には、施肥範囲の広い頃に、マルチ内施肥^{59,62)}、畦内施肥⁶¹⁾、条施肥⁶⁰⁾、植溝施肥^{14,113,114)}、側条施肥^{76,115)}、植穴施肥³³⁾、ポット内施肥^{54,55)}、セル内施肥および^{14,30,51)}育苗箱施肥^{35,37,38,40)}などがある。ここでは、著者が考案した新しい局所施肥法であるネギのチェーンポット内施肥^{126,127)}を検討した。

次に、施肥時期の改善として汁液栄養診断を検討した。汁液栄養診断は、生育期間中に作物の養分の過不足をリアルタイムに判定する方法である。本診断は、作物の汁液中の硝酸濃度を測定し、それに基づいて施肥量を算出するので、作物の要求に即した施肥法と考えられる。生体試料を搾汁または摩砕して得た汁液を用いて、作物の

栄養状態を知ろうとする研究は、海外では1960年代頃から見られるが²⁹⁾、国内では、本格的な汁液栄養診断に関する研究は1990年代に数多く見られるようになった¹⁰⁶⁾。対象作物は主にキュウリ^{32,65)}、イチゴ⁶⁶⁾、ナス⁶⁷⁾、トマト^{32,34,119,122)}などの果菜類およびバラ⁵⁸⁾、シクラメン¹⁰⁵⁾などの花卉類である。これらの研究は、施設における栽培期間の長い作物において、適切な施肥時期および施肥量の決定を検討している。これまで、汁液栄養診断では、土壌残存窒素と施肥窒素の関係が全く明らかにされていないことに注目して、ここではこの点を重視してトマトの汁液栄養診断^{128,129,130)}を検討した。

土壌残存窒素^{18,19)}を考慮した施肥法としては、ニンジン⁵⁸⁾、トマト¹²⁸⁾などで検討されてきた。土壌残存窒素をどの程度の深さまで考慮するかを検討し、同時に、根部の養分吸収力は地温に依存するため、土壌中残存窒素と地温の関係を検討した。ここでは、施肥前の土壌残存窒素を考慮した施肥窒素量をダイコン¹²⁹⁾で検討した。

このように、減肥には幾つかの技術があるが、比較的施肥量の多い野菜類で肥料の低減化を図ることは、重要かつ有意義と考える。

本研究の目的は、窒素の多施肥が招く様々な環境汚染を回避すべく、減肥技術を駆使した窒素施肥量の検討である。また、土壌に残存する窒素をいかに利用するかを検討した。これらのことは、野菜の生産性を落とすことなく、理論に基づいた施肥窒素低減化技術を開発することであった。著者のこれまでの研究を「野菜栽培における窒素低減化技術の開発に関する研究」として、ここに整理した。

2. 研究の構成

本研究の内容は、大きく3つに分けられる。

第1は、施肥位置の改善策として、ネギのチェーンポット内施肥を取り上げた。これは、ネギの育苗用チェーンポットの培養土の中に直接、肥効調節型肥料を混和する施肥技術の開発である。具体的には、チェーンポット内施肥と追肥を組み合わせた施肥技術¹²⁶⁾およびネギが収穫までに必要とする窒素を施用するチェーンポット内全量施肥技術¹²⁷⁾である。特に、本施肥法における栽培跡地の土壌残存窒素に及ぼす影響も検討した(第II章)。

次に、施肥時期の改善策として、トマトの葉柄汁液の硝酸濃度に基づく追肥技術¹²⁸⁾を取り上げた。ここでも、土壌残存窒素と汁液栄養診断に基づく施肥窒素量の関係を検討した。さらに、トマトでは自根に比べて養分吸収

力の強い台木を利用した接ぎ木栽培における汁液栄養診断に基づく施肥窒素量削減¹²⁰⁾を取り上げた。それらに基づいて、本施肥法の現地における実用性を検証した¹²⁹⁾ (第III章)。

第3として、土壌残存窒素を考慮した窒素肥料低減化技術として、ダイコンを取り上げた。ダイコンが土壌残存窒素を吸収するのに地温が深く関係すること、およびどれだけの深さの土壌窒素を利用するかを検討した。併せて、本施肥法の現地における実証を行った¹²⁹⁾ (第IV章)。

謝辞

本論文を取りまとめるに当たっては、千葉大学園芸学部渡邊幸雄教授、犬伏和之教授、篠原 温教授、坂本一憲准教授並びに渡辺正巳准教授には、懇至なご指導とご校閲を賜った。

千葉県農業総合研究センター藤家梓前センター長並びに松嶋一彦現センター長には、本研究の課題化に当たりご配慮をいただいた。

千葉県農業総合研究センター生産環境部長松丸恒夫博士には、本研究に着手して以来8年の長きにわたるご指導をいただくとともに、本論文のご校閲を賜った。また、同センター次長安西徹郎博士並びに生産環境部土壌環境研究室長金子文宜博士には、身近にあつて論文執筆中、常に叱咤激励をいただいた。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター土壌作物分析診断手法高度化研究チーム田中福代博士には、作物栄養診断の考え方を教示いただくとともに、本論文の執筆に際し暖かいご指導を賜った。

全国農業協同組合連合会肥料農薬部(元、独立行政法人農業技術研究機構中央農業総合研究センター土壌肥料部長)原田靖生博士には地力窒素と施肥技術に関して、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター研究管理監荒木陽一博士には野菜の生理・生態に関して、埼玉県園芸研究所六本木和夫博士には作物栄養診断の手法に関して、いずれも懇切な教示を賜った。

千葉県農業総合研究センター甲田暢男元次長には、野菜の生理・生態および台木栽培に関して教示を賜った。同育種研究所果樹植木育種研究室山本洋子元首席研究員には、統計学および統計処理について、ご指導をいただいた。

千葉県農業総合研究センター生産環境部環境機能研究室青柳森一元室長(現、北総園芸研究所長)並びに同僚の川上敬志氏(現、砂地野菜研究室長)には野菜の生理・生態および栽培技術について、真行寺孝氏(現、環境機能研究室長)並びに大塚英一氏(現、病害虫防除課)には土壌や水の分析について、草川知行氏(現、野菜研究室)並びに山本幸洋博士には研究の取り組み方について、同土壌環境研究室斉藤研二氏には現地における土壌調査とその分析について、それぞれご指導をいただいた。

また、生産環境部環境機能研究室の農業技術員の皆様には、野菜の栽培管理および調査分析において絶大なるご協力をいただいた。

さらに、東葛飾、印旛、山武および長生の各農林振興センターの方々には、現地実証試験を行うにあたり、熱心な農家を紹介していただくと共に、調査等に多大なご協力をいただいた。

これらの方々から感謝の意を表します。