

学 位 論 文 題 名

カルシウム栄養状態の改善による 作物生育とその品質の向上策

学位論文内容の要旨

北海道内の野菜畑や普通畑において、1970 年以後、土壌の塩基バランスの崩れなど土壌化学性の悪化に加え、心土におけるち密度の増加など土壌物理性の悪化が問題となっている。その結果、1980 年ころから、土壌物理性に関わる栄養生理障害が増え、1996 年以後、園芸作物を中心に、カルシウム欠乏の報告が増えている。

作物体のカルシウム濃度に影響する要因や、カルシウム欠乏の改善方策は多数報告されており、これらを組み合わせればカルシウム欠乏の改善は可能と考えられる。一方、カルシウム欠乏の発生をカルシウム含有率のみでは説明できないとする報告も多い。したがって、カルシウム欠乏の危険性を判断する指標項目や指標値は明確でなかった。そこで、農業試験場に持ち込まれたカルシウム欠乏について発生要因を検討した。ブロッコリーのカルシウム欠乏では発症の危険性を表す指標を設定し、それに基づいて優先すべき対策を検討し、中でも効果が大きかった根域深や窒素施肥法について改善目標値を策定した。さらに、根域深の改善に土地改良が有効であることをデンサイの低収事例で検討した。

以上のように、本研究では、欠乏対策を考えるうえで、指標項目の設定が重要と考え、カルシウム欠乏に係る各種要因について検討し、その中から改善効果が大きく優先すべき指標項目を明確にすることが出来た。これら検討で得られた結果は以下のとおりである。

1) カルシウム欠乏の発生要因解析

トマトのチャック果や窓あき果、イチゴの着色不良果（先白果）について、正常果と障害果の養分濃度を比較した結果、これらはカルシウム欠乏に起因することを示した。また、圃場調査の結果から、これら障害は①施肥過剰により茎葉生育が旺盛となったことによる果実へのカルシウム配分の減少、②カルシウムと吸収が拮抗する交換性カリウムやマグネシウム含量、有効態リン酸含量の過剰、③圃場の排水性が劣り、根張りが浅く制限されている圃場での多発、を明らかにした。したがって、これらカルシウム欠乏を軽減するためには、土壌塩基バランスの改善、土壌・作物診断に基づく適正な施肥、排水改善や根域深角田委など土壌物理性の改善など、総合的な対策方を提案した。

2) カルシウム欠乏の抑止対策

夏から初秋に収穫期を迎える作型で多発するブロッコリーの花蕾腐敗病の発病は、花蕾部の窒素濃度に加え、カルシウム濃度が影響していることを明らかにした。発病株率は花蕾部の窒素濃度、カルシウム濃度の比（Ca/N比）で変化しており、これは花蕾腐敗病に罹病する危険性を表す作物体の一指標となると判断された。花蕾部のC

a/N比が 0.2 以上では発病株率が 10%以下で、Ca/N比が 0.3 以上では発病が認められないことを示した。花蕾のカルシウム濃度を高めて発病を抑止するには、窒素施肥の適正化に加え、トマトやイチゴのカルシウム欠乏と同様に、土壤の交換性カルシウム含量を高めること、作土を深く膨軟にし、下層土の当排水性を良好にすることが重要と考えられた。

そこで、窒素施肥、根域深の拡大やカルシウム資材の施用が花蕾のカルシウム濃度に及ぼす影響を調査した。その結果、花蕾のカルシウム濃度を高め、花蕾腐敗病を抑えるには、まず、灌水、易効性有効水分孔隙量が少ない土壤では根域深の拡大により吸水量を増やすことが重要で、次に、茎葉生育が過剰とならないように、窒素施用量の適正化や分肥、易効性有効水分孔隙量が多く窒素濃度が高い土壤では根域を深くしすぎないようにし、最後に、土壤の塩基バランスの適正化、カルシウム資材の施用すべきことを明らかにした。

そこで、これら対策の中で、効果が大きく、対策としての優先順位が高い根域深と窒素施用量について、具体的指針について検討した。その結果、Ca/N 比を 0.2 以上とするには、根域の易効性有効水分量を 20mm 以上とすべきこと、そのためには火山性土や泥炭土は 15cm 程度、台地土や低地土は 20～30cm 程度の根域深が必要なことを明らかにした。また、一般的な品種「緑嶺」について、Mサイズで表面の凹凸が少ない花蕾を得るための窒素供給量（施肥量＋土壤からの窒素供給量）は 200kgN ha⁻¹ であること、この場合、花蕾の Ca/N 比は 0.2 程度で、発病株率は約 10%以下に抑えられることを示した。なお、生産現場で行われている定植 1 月目の追肥について、その要否判定基準を検討し、中位葉の葉柄硝酸濃度が 6g NO₃ kg⁻¹、定植 1 月目の地上部重が 150～250g/株を満たしていればMサイズで表面がなめらかな花蕾を得られる事を明らかにした。

3) 土地改良による土壤物理性改善効果

夏期は寡雨で、かつ、土壤物理性に劣る土壤が多い網走支庁管内北見・遠紋地域において、テンサイ収量は有効土層の深さ、硬盤層の出現深と硬度の影響を受けていること、収量は有効土層の易有効水分量（RAW）が 40～60mm まで増加すること、RAW が 40～60mm となる有効土層深は火山性土で 30cm 以上、低地土や台地土で 50cm 以上であることを示した。

次に、収量に影響する項目に対する土地改良施工の影響を調査し、客土、心土破碎や暗渠施工により硬盤層が深くなり、その硬度は心土破碎で低下すること、客土により有効土層深は拡大することを明らかにした。また、これら土地改良により RAW は約 14mm 増加するので、RAW が 26mm、28mm と限られる低地土や台地土の RAW は土地改良を施工することで 40mm 前後に増加し、その収量は網走管内の平均反収以上になることを実規模で明らかにできた。

これら知見を活用すれば、ブロッコリーの栽培が盛んな道央地域の水田転換畑の土壤改良につながり、その高品質安定生産が図られることが期待された。

4) まとめ

以上のように、本研究においてカルシウム欠乏の原因、欠乏の危険性を表す指標項目を作成し、さらに対策の中でも優先すべき事項を明らかにした。また、効果が大きかった項目については、詳細な解析を進め改善目標値を策定した。なお、これらの結果のうち、ブロッコリーのカルシウム欠乏対策やテンサイの低収問題策については農業改良普及センターを介して生産現場に普及させ、安定生産が図られる用になった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 崎 満
副 査 教 授 波多野 隆 介
副 査 客員教授 信 濃 卓 郎
副 査 助 教 渡 部 敏 裕

学 位 論 文 題 名

カルシウム栄養状態の改善による 作物生育とその品質の向上策

本論文は和文 85 頁、図 29、表 35、7 章からなり、参考論文 2 編が付されている。

北海道内の野菜畑において、近年、土壌理化学性の悪化とともに、カルシウム欠乏の報告が増えている。

作物体のカルシウム欠乏の対策に関する報告は多く、これらを組み合わせればその改善は可能と考えられるが、優先されるべき項目や、カルシウム欠乏の危険性を判断する指標項目は明確でなかった。そこで、カルシウム欠乏の発生要因を検討し、カルシウム欠乏では発症の危険性を表す指標を設定し、優先すべき対策を検討し、根域深や窒素施肥法について改善目標値を策定した。さらに、根域深の改善に土地改良が有効であることを検討した。

その結果、本研究では、カルシウム欠乏に係る各種要因について検討し、その中から改善効果が大きく優先すべき指標項目と指標値を明確にすることが出来た。これら検討で得られた結果は以下のとおりである。

1)カルシウム欠乏の発生要因解析

トマトのチャック果や窓あき果、イチゴの着色不良果は、カルシウム欠乏に起因することを示した。また、圃場調査の結果から、これら障害は①施肥過剰により茎葉生育が旺盛となり収穫部へのカルシウム配分が減少、②カルシウムと吸収が拮抗する交換性塩基の過剰、③排水性が劣り、根張りが浅く制限されている圃場での多発、を明らかにした。さらに、土壌塩基バランスの改善、施肥の適正化、排水改善や根域深拡大など、総合的な対策方を提案した。

2)カルシウム欠乏の抑止対策

ブロッコリーの花蕾腐敗病の発病は、花蕾部の窒素濃度に加え、カルシウム濃度が影響していることを明らかにした。発病株率は花蕾部の窒素とカルシウムの濃度比(Ca/N比)で変化しており、これは同病に罹病する危険性を表す作物体の一指標となる

こと、Ca/N比が0.2以上で発病株率が10%以下となることを示した。花蕾のカルシウム濃度を高めて発病を抑止するには、窒素施肥の適正化、土壌の交換性カルシウム含量を高めること、作土を深く膨軟にし、下層土の透排水性を良好にすることが重要と考えられた。

そこで、窒素施肥、根域深の拡大やカルシウム資材の施用が花蕾のカルシウム濃度に及ぼす影響を調査した。その結果、花蕾のカルシウム濃度を高めるには、まず、灌水や、易効性有効水分孔隙量が少ない土壌では根域深の拡大により吸水量を増やすことが重要で、次に、窒素施用量の適正化や分肥、易効性有効水分孔隙量が多く窒素濃度が高い土壌では根域を深くしすぎないこと、最後に、土壌の塩基バランスの適正化、カルシウム資材の施用すべきことを明らかにした。

これら対策の中で、優先順位が高い根域深と窒素施用量について、具体的指針を検討した。その結果、Ca/N比を0.2以上とするには、根域の易効性有効水分量を20mm以上とするため、火山性土や泥炭土は15cm程度、台地土や低地土は20～30cm程度の根域深が必要なこと、窒素供給量（施肥量＋土壌からの窒素供給量）は 200kgN ha^{-1} であること、このとき、外観品質に優れる花蕾を得ることを明らかにした。なお、定植1月目の追肥について、同時期に中位葉の葉柄硝酸濃度が $6\text{g NO}_3\text{ kg}^{-1}$ 、地上部重が150～250g/株を満たしていれば無追肥でも外観品質に優れる花蕾を得られることを明らかにした。

3) 土地改良による土壌物理性改善効果

夏期は寡雨で、かつ、物理性に劣る土壌が多い北見・遠紋地域において、テンサイ収量は有効土層の深さ、硬盤層の出現深と硬度の影響を受けていること、収量は有効土層の易有効水分量（RAW）が40～60mmまで増加すること、RAWが40～60mmとなる有効土層深は火山性土で30cm以上、低地土や台地土で50cm以上であることを示した。

次に、客土、心土破碎や暗渠施工により硬盤層が深くなり、その硬度は心土破碎で低下すること、客土により有効土層深は拡大すること、RAWは約14mm増加してRAWが少なく限られる低地土や台地土のRAWは40mm前後に増加し、その収量は地域平均以上になることを実規模で明らかにできた。

これら知見を活用すれば、ブロッコリーの栽培が盛んな道央地域の水田転換畑の土壌改良につながり、その高品質安定生産が図られることが期待された。

以上のように、本研究においてカルシウム欠乏の原因、欠乏の危険性を表す指標項目を作成し、さらに対策の中でも優先すべき事項を明らかにした。また、効果が大きかった項目については、詳細な解析を進め改善目標値を策定した。なお、これらの結果のうち、ブロッコリーのカルシウム欠乏対策やテンサイの低収問題策については農業改良普及センターを介して生産現場に普及させ、安定生産が図られるようになった。以上の様に、複雑なカルシウム欠乏の機構を解明し、また、それに基づく普及技術を確立したことは、学問的に高く評価される。

よって審査員一同は、中村隆一が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。