

(別紙様式第3号)

## 学 位 論 文 要 旨

氏名: 北澤裕明

題目: イチゴの自家中毒に関する研究

Autotoxicity of strawberry

近年、養液栽培では環境への配慮や水、肥料の効率的利用のために培養液を系外に排出しない、いわゆる閉鎖系にすることが検討されている。これまでイチゴの養液栽培では、培養液を系外に排出する、いわゆる‘かけ流し式’が多く見受けられたが、上記のような観点から閉鎖系養液栽培が検討され始めている。しかし、閉鎖系の養液栽培では、根から滲出する生育抑制物質による自家中毒の発生が懸念される。これまで、ミツバ、トマト、キュウリなどの養液栽培において、根から滲出する生育抑制物質が培養液中に蓄積し、生育および収量の低下、すなわち自家中毒が引き起こされることが報告されている。また、イチゴの閉鎖系養液栽培において、生育後半に原因不明の収量低下が起こることが報告されている。そこで、イチゴの閉鎖系養液栽培において自家中毒が発生し、収量低下が引き起こされる可能性が考えられた。しかし、イチゴに関しては、根から滲出する化学物質による自家中毒の発生についての報告はほとんど無い。そこで本研究では、養液栽培におけるイチゴの自家中毒に関して、その有無を明らかにし、原因物質の同定および回避方法の模索を行った。また、併せて自家中毒の発生における品種間差異を明らかにすることにより、閉鎖系養液栽培におけるイチゴの安定生産を実現するための指針を提示することを目的とした。

1. 培養液非交換によるイチゴ自家中毒発生の有無について検討した。培養液を交換せずに栽培を行った場合、生育および収穫果実数は培養液を2週毎に交換した区(対照区)と比較して減少した。一方、培養液に活性炭を添加した場合、生育および収穫果実数は対照区と変わらなかった。培養液非交換による養液栽培において、根から滲出する生育抑制物質が培養液中に蓄積し、生育および収量の低下が引き起こされることが報告されている。また、培養液中に活性炭を添加することにより、根から滲出する生育抑制物質が吸着され、生育や収量の抑制が回避されることが報告されている。したがって本実験における培養液非交換によるイチゴの栄養生長および生殖生長の抑制は、自家中毒により引き起こされたと考えられ、活性炭添加によるそれら抑制の回復は活性炭による生育抑制物質の吸着によるものと考えられた。以上より、イチゴにおいて培養液非交換養液栽培である閉鎖系養液栽培を行った場合、根から滲出する生育抑制物質により自家中毒が発生し、生育および収量の低下が引き起こされる可能性が考えられた。また、培養液に活性炭を添加することにより、それらの抑制は回避されると考えられた。

2. 培養液中に活性炭を添加することにより、栄養生長および生殖生長の抑制が回避されたことから、根から滲出した生育抑制物質は培養液中に添加された活性炭に吸着されたと考えられた。そこで、培養液に添加された活性炭を回収し吸着された物質をGC-MS法により分析したところ、乳酸、安息香酸、*p*-ヒドロキシ安息香酸、アジピン酸およびコハク酸が検出された。これらの物質を培養液に添加し、イチゴ幼苗を用いたバイオアッセイを行ったとこ

ろ、安息香酸を添加した場合のみ、地上部生体重、地上部乾物重、地下部乾物重および最大根長は添加された全ての濃度において有意に減少した。したがって培養液に添加された、活性炭に吸着された安息香酸は、これらの抑制における主な原因物質と考えられ、閉鎖系養液栽培における生育および収量低下の主な原因物質であると考えられた。

3. 培養液非交換における 2,4-D および NAA の処理がイチゴ自家中毒の軽減に及ぼす効果について検討を行った。オーキシンは植物の発育に関して、多くの重要な役割を担っていること、およびイチゴの果実肥大および成熟を引き起こすことが知られている。一方、フェノール物質が植物の内生ホルモンのアンバランスを引き起こすことが示唆されている。そこで、根から滲出したフェノール酸である安息香酸がイチゴ体内に吸収され、ホルモンのアンバランスを引き起こす可能性が考えられた。特に、安息香酸と類似した構造を持つ物質や安息香酸の化合物がオーキシンの作用を阻害することが知られており、培養液中の安息香酸が根から吸収され、イチゴ体内におけるオーキシン作用を阻害する可能性が考えられた。そこで、外部からのオーキシン処理が、安息香酸によるオーキシン作用の阻害を軽減し生育および収量の減少が軽減される可能性が考えられた。イチゴ幼苗を用いたバイオアッセイにおいて、培養残液を用いて栽培を行った場合、幼苗の生育は抑制されたが、オーキシン処理を行うことにより生育は回復した。また、安息香酸を培養液に添加した場合、幼苗の生育は抑制されたが、幼苗の葉部を 2,4-D および NAA に 2 秒間浸漬処理することにより、その生育は回復した。また、培養液非交換の養液栽培において、開花数、収穫果実数および収量の減少がみられたが、5.4  $\mu\text{M}$  濃度の NAA を処理した場合、培養液の交換を行った対照区と同等であった。これらの結果より、培養液非交換のイチゴ養液栽培における根から滲出した生育抑制物質による開花数、収穫果実数および収量の抑制は NAA を処理することにより、回避されると考えられた。また、その場合の濃度は 5.4  $\mu\text{M}$  が適当であると考えられた。

4. フェノール物質を含む溶液中に電気分解処理を行うと、そこに含まれるフェノール物質が分解されることが報告されている。しかし、植物の根から培養液中に滲出される生育抑制物質分解の可能性についての報告は無い。そこで、培養液非交換における電気分解処理がイチゴの生育および収量に及ぼす影響について検討を行った。HPLC 分析より、培養液に添加された安息香酸は培養液を電気分解処理することにより分解されることが明らかとなった。また、安息香酸を添加した培養液および培養残液を用いてイチゴ幼苗によるバイオアッセイを行ったところ、幼苗の生育は抑制されたが、それぞれに電気分解処理を行った場合、その生育抑制は軽減された。また、温室での閉鎖系養液栽培システムにおいて第 3 花房収穫開始期以降に電気分解処理を行ったところ、栄養生長の抑制は回復しなかったが、生殖生長である花房数は対照区と同等となり回復したと考えられた。また、培養液非交換による収量の低下が軽減された。以上より、培養液へ電気分解処理を行うことにより、イチゴの根から滲出し培養液中に蓄積すると考えられるフェノール酸のひとつである安息香酸が分解され、イチゴ自家中毒の軽減につながる可能性が考えられた。

5. イチゴの栽培品種が多様化している現状をふまえ、自家中毒における品種間差異を、‘とよのか’、‘章姫’、‘越後姫’、‘とちおとめ’、‘さがほのか’ および ‘サマープリンセス’ の 6 品種を用いて調査した。供試した 6 品種のうち ‘章姫’ 以外の 5 品種において、培養液非交換により栄養生長および生殖生長が抑制された。また、培養液非交換による収量の低下は、‘越後姫’、‘とよのか’、‘サマープリンセス’、‘とちおとめ’ および ‘さがほのか’ の順に大きくなった。以上より、既に自家中毒の発生が判明している ‘とよのか’ 以外の ‘越後姫’、‘とちおとめ’、‘さがほのか’ および ‘サマープリンセス’ の 4 品種についても、閉鎖系養液栽培において自家中毒が引き起こされ、収量が低下する可能性が考えられた。また、培養液非交換により栄養生長および生殖生長が抑制されなかった ‘章姫’ は、閉鎖系養液栽培に適した品種である可能性が考えられた。