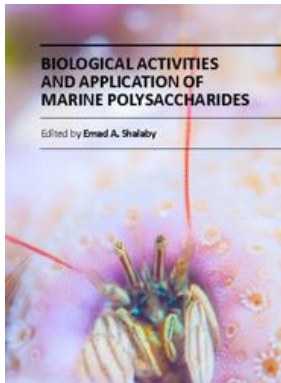


キトサンによる植物病害管理のための新たな挑戦

Chitosan in Agriculture : A New Challenge for Managing Plant Disease (2017)

「有機栽培における銅使用の削減戦略と代替可能性」イタリア植物病理研究センター 農業研究経済評議会



この論文は、有機農業における銅剤使用の削減計画と代替可能性ALT.RAMEINBIOのため、イタリア農務省「有機農業と食品品質システム」の資金提供によりイタリア植物病理研究センターにて研究されたものです。

海洋多糖の生物学的活性と応用
ISBN 978-953-51-2860-1
2017年1月11日発行

はじめに

農薬の使用とその影響は大きな懸念となっており、持続可能な農業を支持する新しい欧州政策に沿って、現在使用されている多くの植物保護製品（農薬）は環境への負担が低い物質に置き換えられている。作物病害管理のための農薬の代替的アプローチを開発することに多くの研究が集中している。

キトサンの抗菌活性

キトサンの最も研究されている特性のひとつは、真菌、細菌およびウイルスなどの多様な微生物に対するその高い抗菌活性である。キトサンの広範囲の殺菌活性として、例えばボトリチス菌 (*Botrytis cinerea*)、イチゴ黒斑病菌 (*Alternaria alternata*)、カンキツ炭疽病菌 (*Colletotrichum gleosporoides*) およびクモノスカビ (*Rhizopus stolonifer*) のような多くの病原性真菌の真菌増殖を阻害する。この阻害は、菌糸の成長、孢子形成、孢子の生存率および発芽、ならびに真菌毒性因子の産生などの異なる病原体発生段階で観察された。さらに抗菌活性は、ナシとブドウの黒斑病菌 (*A.kikuchiana*)、輪紋病菌 (*Phyalophora piricola*)、イチヨウの灰色かび (*B. cinerea*)、ドラゴンフルーツに対する炭疽病菌 (*C. gleosporoides*) などの多くの異なる植物病原体系においても実証された。またイネ紋枯病菌 (*R. solani*) に対する抗真菌活性が、透過型電子顕微鏡観察および病原性試験によって実証された。

キトサンは、キサントモナス (*Xanthomonas*)、シュドモナス・シリンガ (*Pseudomonas syringae*)、アグロバクテリアウム・ツメファシエンス (*Agrobacterium tumefaciens*) およびエルウィニア・カロトボラ (*Erwinia carotovora*) を含むいくつかの病原性細菌の増殖を防止する。しかし、キトサンの抗菌効果は細菌よりも真菌に対して高いと思われており、バクテリアの中では陰性菌に比べてグラ陽性菌に効果的であることが多かった。これは、細菌表面と細胞壁組成の異なる構造によって説明することができる。これらの作用の他に、キトサンは、抗ウイルス活性に関する研究がほとんど報告されていないにもかかわらず、ウイルスとウイロイドの複製を不活性化し、その広がりを制限することができる。

キトサンは、細菌や真菌の増殖に必要ないくつかの必須栄養素、金属イオン、微量元素をキレートすることができ、毒素産生や微生物の増殖を阻害する。

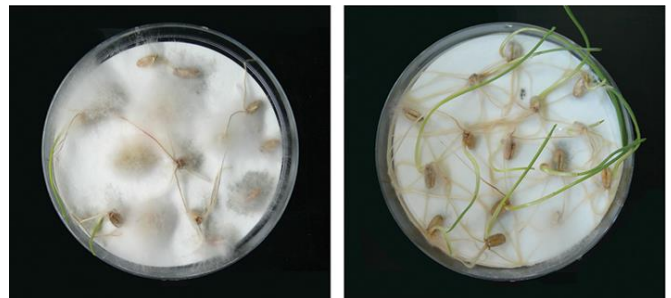
キトサンの植物抵抗性誘導

植物の防御機構を引き起こすことができるシグナルはエリシターと呼ばれ、それらは、オリゴ糖、脂質、ペプチド、およびタンパク質を含むいくつかの化合物で構成され、低濃度でさえ、植物が防御応答を誘発するように誘導するシグナル分子として作用することができる。

低分子量のキトサンやオリゴ糖は、植物防御応答を誘発し、病害に対する作物耐性を増加させる異なる経路を活性化することができる強力な生物学的エリシターとして作用することが知られている。リグニン、カロース、ファイトアレキシン、PRタンパク質（病原関連タンパク質）などのフェノール化合物、およびそれらに関連する代謝経路の主要酵素の活性の調節、PAL、ペルオキシダーゼ、キチナーゼなどの防御反応がある。

キトサンの種子処理

穀類の根および茎腐敗の原因物質のひとつであるフザリウム・グラミネアラム (*F. graminearum*) に人工的に感染したデュラムコムギ種子を25°Cで7日間の培養した種子の試験において、種子をキトサンおよびティーツリーオイルの溶液で被覆した。キトサン/ティーツリーオイル処理は、処理していない種子と比較して、種子の真菌感染を有意に減少させた。



左) 未処理

右) キトサン/TTオイル処理

種子とキトサンの相互作用によって生じる主な効果は、以下のように要約することができる

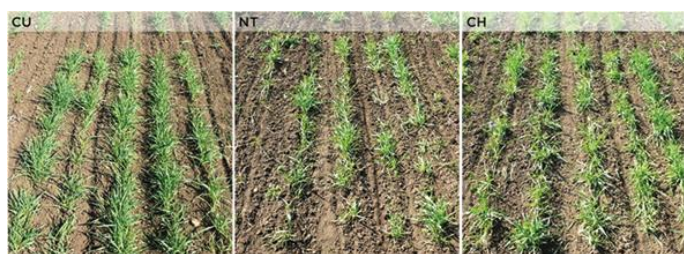
- 種子発芽指数が高められる
- 平均発芽時間および開花時間が短縮される
- 植物の生長（芽の高さ、根の長さ、苗、栄養生長力）および乾燥重量が増加する

トウモロコシ、イネおよびコムギでは、キトサン種子処理は発芽率およびストレス耐性を増加させ、苗木の活力を改善した。

キトサン種子処理は、フェノールや防衛関連酵素の活性などの重要な耐性マーカーの含量を増加させ、植物抵抗性を改善。デュラムコムギおよびヒマワリの生化学的分析により、PAL（フェニルアラニンアンモニアリアーゼ）、PPO（ポリフェノールオキシターゼ）、ペルオキシダーゼ、キチナーゼ活性、および苗木中のフェノール含量を増加させるキトサンの植物防御の誘導が確認された。

これらの植物防御機構の強化は、全身抵抗性の活性化を示唆している。キトサン抵抗性誘導に関する実験室の結果では、植物の数の増加および病気の重症度の低下（根腐れ、茎枯れ、べと病）が野外および温室条件下でも確認された。キトサン種子処理は、植物病原体からの防御の最前線のひとつと考えられる木質化プロセスを誘導した。キトサン処理の種子から得られた苗のリグニン含量は未処理種子よりも高かった。つまり、潜在的な病原体の侵入に対する植物の主たる防御となっている。

デュラムコムギ種子を播種した圃場試験では、人為的にフザリウム菌 (*F. graminearum*) に感染させ、キトサンと、有機農業における化学的処理として一般的に使用されている硫酸銅で処理した結果、キトサン処理は、未処理、銅処理と比較しても発芽した苗の数を増加させた。



硫酸銅処理 未処理 キトサン処理

キトサンの種子処理は、大豆の *Agrotis ypsilon* (タマナヤガ)、シンクイガ、およびアブラムシに対して報告されているように、害虫に対する忌避効果を有する全身抗体を生産するように植物を刺激するので、昆虫防除においても有効であり得る。

キトサン処理は、種子の発芽、生長および大豆収量の増加と共に、これらの昆虫すべてに対して80%以上の摂食抑制率という結果を残した。

キトサンの土壌改良

前述したように、キトサンは、植物の病気のレベルを低下させ、病気の広がりを防ぎ、作物収量および品質を維持するために、いくつかの方法で使用することができる。土壌改良としてのキトサンは、いくつかの植物種においてフザリウム属の腐朽を効果的に減少させることが見出された。キトサンで土壌処理した後、ソラマメ黒根病 (*Cylindrocladium floridanum*)、ジャガイモ夏疫病菌 (*Alternaria solani*) および黄色コウジカビ (*Aspergillus flavus*) 感染に対して同様の結果が報告された。

さらに、キトサン施用には多くの双子葉種においてカロース（細胞が外傷や微生物の侵入にさらされた時に増える多糖）、プロティアゼ・インヒビター（タンパク質分解阻害物質）およびフィトアレキシン（抗菌物質）の生合成を誘導することが報告されている。

大部分の土壌におけるバクテリアの豊富さと多様性、およびバクテリア集団のかなりの部分にキチナーゼ（キチン分解酵素）が存在すると推定され、土壌のキトサンはかなりの割合で分解される可能性があるため、キトサンによる土壌施用は環境にやさしい。

圃場の条件によっては、キトサンは根圏微生物の平衡を変え、微生物の病原菌を抑制し、バチルス、シュードモナス・フルオレッセンス、放線菌、菌根菌、根粒菌のような有益な微生物の活性を促進する。

キチンおよびキトサンによる土壌処理は、センチュウによる植物根の感染率を低下させ、土壌感染症に対する抑制性を高めることが示されている。すべての場合において証明されているわけではないが、キトサン有効性の背後にあるメカニズムは、土壌微生物の構造および活性の変化に最も関連していることが多い。

キトサンの有益な効果は、土壌微生物への影響だけでなく、植物そのものにも関連しているようである。最近の革新的なバイオレメディエーション（生物学的環境修復）計画では、キトサンがミネラルおよび他の栄養素をキレート化する能力を利用し、植物がミネラルを取り込むことを可能にしています。

結論

キトサンは、環境に有害な化学農薬の削減と代替の目的で、農業において多くの可能性のある用途を見出す活性分子である。これは従来の慣行栽培でも良い選択肢ですが、キトサンの用途は、効果的な管理ツールがないために不利となる有機農業で特に興味深いものとなるでしょう。

有機農業における植物病害防除、特に真菌および細菌病原体による病害防除は、現在銅剤処理に基づいています。しかし、この重金属の使用に関連する環境負荷の問題のために生態学的代替物の研究は必須である。キトサンは、前述のようないくつかの特性により、植物の病害管理と銅剤の代替、または銅剤使用の削減のための革新的で、環境にやさしい栽培手段である可能性がある。



低レベルの銅剤とキトサン併用によるジャガイモの疫病に対する防除効果

米ワシントン州立大学植物病理学部 (2006)

ジャガイモ疫病菌 (*Phytophthora Infestans*) に対して、低レベルの硫酸銅をキトサンと組み合わせた結果、次のような効果が確認された。

- ① 推奨量の40倍低レベルで疫病の抑制
- ② 銅剤によく起こる葉の黄変の抑制



試験の②硫酸銅剤(14μg/ml) + キトサン (25μg/ml)、をランドグリーンPROで置き換えると、希釈倍率は1200倍相当となる。