

Part A. 放射線加工によるキトサン植物生長促進剤の製造およびポット・フィールド試験に関するカントリーレポートサマリー (仮訳)

(1) バングラデシュ(Salma Sultana氏、バングラデシュ原子力委員会(BAEC))

オリゴキトサンを使用した場合、対照群に比べてハウレンソウの収量等に良い結果が現れた。オリゴキトサンの量を増やすと、ハウレンソウの収量等も上昇した。100ppmのオリゴキトサンを使用すると、対照群に比べて3倍の収量が得られた。75ppmのオリゴキトサンを使用した場合、対照群に比べてアマランスの収量と他のパラメータに良い結果が現れた。オリゴキトサンは、バナナの成熟に大きな影響を与えた。バナナに与えるオリゴキトサンの濃度を上げると、病気の発生率(%)、重症度、重量の減少、可溶性固形物が減少する。ナスには異なる濃度のオリゴキトサン(1000~5000ppm)が使用され、ホモプシス根腐病菌の菌糸生長を大幅に低下させ、最高濃度である5000ppmの時に最も菌糸生長が抑止された。5日後、対照群の平均的な菌糸生長は78.33mmであったのに対し、5000ppmのオリゴキトサンで処理した場合菌糸生長は見られなかった。また、菌糸生長の抑止率は対照群がゼロであったのに対し、5000ppmのオリゴキトサンを使用した場合は74.79%であった。

(2) インドネシア(Darmawan Darwis氏、インドネシア原子力庁(BATAN))

照射キトサン(オリゴキトサン)は、エビ殻から化学的に抽出しガンマ線を照射して製造した。照射キトサンは植物に対して、生長促進剤やエリシターのような効果をもたらす。また、微生物による病気を低減するための抗生物質としても利用される。照射キトサンは、ゴムノキ、サボジラ、ジャガイモ、キャベツ、トウモロコシ等の様々な植物について、セミ・フィールド試験が行われた。概してキトサンで処理された全ての植物は、キトサンで処理をされていない対照群と比べて収量が増え、早熟になり、耐病性が向上し、果実の質が上がると言える。濃度50ppmのオリゴキトサンを週に1回葉に噴霧したジャガイモは、対照群に比べて収量が最大300%増加した。加えて、オリゴキトサンで処理をしたゴムノキは、対照群に比べてゴムの産出量が倍増した。砂質土壤に作付けされたエシャロットに対し、超吸水材ハイドロゲルとオリゴキトサンを併用して処理すると、効率的に水を利用することができ、灌漑の頻度が減り、植物の生産力も上がる。

(3) 日本 (長澤尚胤氏、日本原子力研究開発機構)

キチンナノファイバーを含む細粒化されたカニ殻にガンマ線を照射して得られるオリゴキトサンにより、植物生長促進剤の製造費用を抑えることができる。水溶性オリゴキチンはエリシターとして効果的である。オリゴキチンにより、イネ(金南風と日本晴)に対するエリシター能力が向上した。すでにエリシターとしての性質があることで知られている、酵素

で分解されたオリゴキトサンと比べ、1000kGyのガンマ線を照射して得られたオリゴキチンには、例えばファイトアレキシンの生産、防御タンパク質の製造、活性酸素といった、より高いエリシター能力がある。イネの生長に関する予備試験において、100kGyのガンマ線を照射して得られた膨潤状態のオリゴキチンには、水耕栽培されている日本晴の根に対する好影響があった。

(4) カザフスタン (Sergey Kotov氏、 JSC原子力技術パーク)

2014 年以來、カザフスタンは植物生長促進剤のような製品を大規模に製造できる新たな 5MeV の電子加速器を稼働させている。カザフスタンにおける植物生長促進剤の製造については、キトサンを製造する工場が無いため、原材料を選定しなければならない。

(5) マレーシア (Maznah Mahmud氏、マレーシア原子力庁(Nuclear Malaysia))

マレーシア原子力庁(Nuclear Malaysia)において、放射線加工を用いた異なる分子量のオリゴキトサン製造方法が確立された。2014 年には、放射線加工されたキトサンの農業利用を多様化させるために、いくつかのプロジェクトが実施された。

イネへの利用

2014 年の第二四半期、分子量 10kDa(ダルトン: 微小な 質量 を表す 単位)のキトサンを、液体バイオ肥料および燻煙液と共に使用し、イネ(MR219)とイネ突然変異体(MR219-4 および MR219-9)に対する効果を研究した。マレーシア原子力庁により開発された液体バイオ肥料には生きた微生物が含まれており、植物の栄養摂取および植物の生長を助けている。加えて燻煙液もまた、天然殺虫剤として処理パッケージに取り入れられている。燻煙液は、ヤシ殻を焼く時に発生する煙を凝縮して製造する。オリゴキトサン、液体バイオ肥料、燻煙液は、以下の通り 3 種の異なる処理パッケージに組み込まれた。

T1: 液体バイオ肥料+ヤシ殻燻煙液

T2: 液体バイオ肥料+ヤシ殻燻煙液+オリゴキトサン

T3: 対照群(農家における通常の方法)

T4: ヤシ殻燻煙液+オリゴキトサン

この研究は、マレーシアの北部地域であるプルリス州において、MR219、MR219-4、MR219-9 に対して行われた。MR219 はマレーシアの農家に最も好まれている品種の一つであり、耐病性が高く、成熟期が短く、収量が多い。しかし、高収量を得るためには十分な水管理と高額な肥料が必要である。MR219-4 と MR219-9 は、MR219 に 300kGy を照射することで生まれた突然変異品種である。さらに、MR219-4 と MR219-9 は MR219 の特性を受け継ぎ、最低限の水分条件下(有酸素)で高い収量を上げることができる。3 つの異なる処理パッケージ(上述)と、1 つの対照群(現地農家の通常の方法…T3)が研究された。結果は、T2 で処理した場合、MR219(親品種)と MR219-9 に比べ、MR219-4 は 15%高い収量を得られた。一方 MR219 は T1 と T4 で処理すると、T2 で処理した時に比べて 15%収量が向上した。T3 では最も収量が少なかった。バイオ肥料とオリゴキトサンの組み合わせで同じ処理を行った場

合、MR219 の収量に良い結果は現れなかった。MR219-4 を T2 で処理すると、T1 で処理した時に比べて 25%、T4 で処理した時に比べて 36%収量が上がった。しかし T3 では、処理を行った場合よりも高い収量を得られた。MR219-9 では、処理を行った全ての場合において、対照群よりも高い収量を得られた。T2 と T4 は T1 よりも 8%収量が高かった。この試験により、処理パッケージを利用することで MR219 とその突然変異品種の収量が上がることが分かった。対照群(T3)と比べた場合、MR219 と MR219-9 ではパッケージ処理を行うと収量が上がったが、MR219-4 では上がらなかった。しかし MR219-4 では、同じ処理を施した MR219 や MR219-9 と比べると、T2 の場合に最も高い収量を得られた。二度目の試験は、最初の試験を裏付けるため、最小パラメータを用いて 2014 年末に開始された。

唐辛子への利用

マレーシア原子力庁において、放射線加工したオリゴキトサンを、滴下施肥法システムを用いてクライ唐辛子の混合種に使用した。今回の試験では、3つの異なる分子量のキトサンと、1つの対照群(水)を使用した。この試験は 2014 年 12 月に開始したため、報告する結果は幼苗期のものである。分子量 6.5kDa のキトサンでは、18kDa(80%)および 38.8kDa (56.3%)のキトサンを使用した場合と対照群(69.1%)に比べて、最も高い発芽率(85.2%)を示した。分子量が高くなるほど、発芽率は下がった。草丈と葉数については有意な差は見られなかった。しかし、分子量 38.8kDa のキトサンでは、草丈も葉数も数値が低かった。結果によると、38.8kDa のキトサンは唐辛子の種の発芽率と幼苗の生長率にストレスを与えている可能性がある。分子量 6.5kDa および 18kDa のキトサンを使用した場合と対照群では、幼苗の生長率に有意な差は無かった。しかし、キトサン(6.5kDa および 18kDa)を利用すると、対照群に比べて発芽率には非常に大きな影響があった。

技術移転

放射線技術を用いて異なる分子量のキトサンを製造する技術と、放射線加工したキトサン利用が、二国間協力プログラムを通じて KACST(キングアブドゥルアジズ科学技術都市)の研究者に移転された。この研究者はプログラムを通じ、様々な技術(過酸化水素水を併用する場合としない場合、固体の場合と液体の場合)を利用して異なる分子量のキトサンを製造する機会を得た。さらに、イネや唐辛子へのキトサンの利用といったフィールド活動に参加する機会も与えられた。

商業化

商業化目的では、マレーシア原子力庁は 2つの地元企業(Avid Focus Resources および Persada Agro Ent)と契約した。2014 年には、1 トンを超えるキトサン溶液が販売された。

(6) フィリピン(Charito T. Aranilla氏、フィリピン原子力研究所(PNRI))

「天然高分子の放射線加工によるバイオスティミュラントとエリシター」に関するプログラムについて、3つの連携する政府機関(PNRI、PRRI、NCPC-UPLB)による2014年～2015年

にかけての実施継続について、科学技術省が承認した。本プログラム一年目の成果は下記の通りである(温室とフィールドにて研究を実施した。)

1. プロジェクト1(温室)：40ppmのオリゴキトサンを使用した場合のリョクトウの収量は、株あたり0.72gから2.81gへの増加(290%)であつが、60ppmのオリゴカラギーナンを使用した場合、株あたり0.72gから3.74gに増加(419%)した。ピーナツの場合、80 ppmのオリゴキトサンを使用すると、収量は278%(株あたり3.87gから14.64g)の増加であつたが、60 ppmのオリゴカラギーナンを使用すると、346%(株あたり3.87gから17.28g)上がった。
2. プロジェクト2(温室)：オリゴカラギーナンとオリゴキトサンの処理により、植物の草丈、分けつ数、葉緑素含量(葉に含まれる窒素)といった農業形質が向上した。また、施肥基準の粒状肥料に加え、25 ppmのオリゴキトサンを使用すると収量が32%上がった。
3. プロジェクト3(温室とフィールド)：使用したカップカラギーナンとキトサンの濃度(50、100、150 ppm)にかかわらず、胴枯れ病の重症度は低下した。周辺にはツマグロヨコバイヤツングロ病に感染した田畑があつたにもかかわらず、カップカラギーナンとキトサンで処理した地区ではツングロ病への感染は無かつた。施肥基準の粒状肥料に加えて100 ppmのキトサンを与えたとき、20日で益虫の総数が最多となり、35日と45日で減少した。
4. ウィーンで開催されたIAEA第58回総会、韓国で開催されたIRaP、フィリピンの様々な地域で開催された国家科学技術祝賀会における技術振興。

2015年～2018年に向けた計画としては、オリゴカラギーナン植物成長促進剤と市販の製品を対比したフィールド試験、イネの生理への影響に関するフィールド試験、農家の田畑におけるイネの誘導病虫害抵抗性に関するフィールド試験、経済分析が挙げられる。

(7) タイ (Phiriyatorn Suwanmala氏、タイ原子力技術研究所(TINT))

キチンは自国のエビ殻から製造した。製造したキチンは、化学反応によりキトサンに変換した。製造したキトサンの分子量を減らしてオリゴキトサンを得るために放射線分解を利用した。作製したオリゴキトサンの植物生長促進剤としての利用の可能性について試験を行った。タイ唐辛子苗へのオリゴキトサンの生長と生産性の効果について調査した。試験は完全乱塊法(RCBD)を用いて行い、10回反復した。濃度 20、30、40、80ppm のオリゴキトサンを化学肥料とともに葉面散布した(分子量は 15,000Da 以下)。これらのオリゴキトサン処理した唐辛子苗の生長と生産性について、オリゴキトサン処理を施していない唐辛子苗と比較した。タイ唐辛子へのオリゴキトサンの効果と生産性について、植物の草丈、唐辛子の総数、唐辛子の総質量、青唐辛子の総数、赤唐辛子の総数、収穫期、唐辛子ごとの質量の点で調査した。その結果、80ppm のオリゴキトサンを肥料と混ぜた場合、唐辛子の大きさ、唐辛子の数、青唐辛子の総数、赤唐辛子の総数、唐辛子ごとの質量において統計学上有意な効果が確認され、生産性は 34%向上した。オリゴキトサンは、アブラムシの感染から唐辛子を守るだけでなく、唐辛子苗の収穫サイクルを短縮させる働きもあることが

示された。唐辛子苗のオリゴキトサン処理は唐辛子の成長と生産性に大きな効果を示した。これらの結果は、オリゴキトサンをタイ唐辛子の生長促進剤として利用できる可能性を示している。唐辛子に関する良い結果が出た後、ナコーンナーヨック県において植物生長促進剤をマップランに用いたフィールド試験を実施した。結果として、植物生長促進剤を使用するとマップランの生産高が最高 23%向上した。パトゥムターニー県にあるタイ照射センターに、月 15,000 リットルを製造できるパイロット・プラントが設置された。

(8) ベトナム (Nguyen Quoc Hien氏、ベトナム原子力研究所(VINATOM))

β グルカンオリゴは、10%のβ グルカンと 0.5%の過酸化水素水の混合物に、10～15kGy の線量範囲でコバルト 60 ガンマ線を照射して製造した。得たβ グルカンオリゴは、最適濃度の 75mg/L でカラシナに対する強い生長促進効果を示し、対照群に比べて生体重が約 30%増加した。オリゴアルギン酸は、4%のアルギン酸と 0.5%の過酸化水素水の混合物に、8kGy のコバルト 60 ガンマ線を照射し製造された。オリゴアルギン酸は、最適濃度の 75mg/L でレタスに対する高い生長促進効果が見られ、対照群に比べて生体重が約 45%増加した。オリゴアルギン酸の液体肥料としての登録が現在進行中である。オリゴキトサンもまた、キトサンと過酸化水素水の混合物にコバルト 60 ガンマ線を照射して製造した。異なる分子量 (9000、5000、2.500g/mol)のオリゴキトサンについて、ホーチミン市ハイテク農業センターの温室にて、唐辛子苗に対するエリシターや生長促進剤としての効果が研究されている。さらに、ニワトリに 500 mg/kg のβ グルカンオリゴのサプリメントを与えると、対照群に比べて体重が 24%増加した。