

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1 / 3)

研究題目	基質伝導音を利用した害虫防除および受粉技術の開発	報告書作成者	小池卓二
研究従事者	小池卓二, 高梨琢磨, 柴田健吾		
研究目的	<p>作物の安定生産のためには病虫害の防除が必要不可欠である。現在、病虫害の対策として化学農薬を使用した化学的防除方法が主流であるが、長期にわたる農薬の使用による害虫の薬剤抵抗性の発達や、環境への影響が懸念されている。そこで、我々は化学農薬を用いない新たな害虫防除方法として、葉や茎などの植物体を介して害虫に伝わる基質伝導音を用いた防除技術の開発を行っている。多くの昆虫はコミュニケーションの手段として基質を媒介とした振動波を利用することが分かっているが、低周波数の振動では運動の停止や驚愕反応などの忌避行動を示し、産卵行動にも影響があることが明らかになっている。そこで本研究では、基質振動を用いた新たな害虫防除方法を開発する。吸汁加害や病気の虫媒伝染などの被害をもたらすコナジラミ類のオンシツコナジラミを対象とし、ビニールハウス栽培のトマトに対し振動デバイスを用いて振動を与える実地試験を通し、基質振動による害虫防除技術の有用性を検討する。</p> <p>また、害虫防除効果と並行して基質振動を利用した受粉技術の開発も試みる。商品として流通する農作物の生産には十分な受粉が必要不可欠である。現在、受粉の手段としてミツバチやマルハナバチなどの媒介虫に花粉を雄しべに運ばせる方法や、農業従事者が一つ一つの花に対し手作業で受粉させる方法などがある。手作業で受粉させる方法では、加振器具で一つ一つの花を振動させ花粉を飛散させ受粉させる方法や、筆で雌しべに触れて花粉を付け、その筆で雄しべに触れ花粉を付着させる方法などが用いられている。しかし、媒介虫を用いる受粉方法では、媒介虫のコストが農業従事者の負担となり、手作業での受粉では、作業の手間が負担となっている。また、これらの受粉作業に加え、果実の着果及び肥大を促すホルモン剤を併用した栽培方法が広く行われているが、ホルモン剤は化学農薬の一種であることから、過度な使用は弊害をもたらすことが懸念されている。本研究では、これらの受粉方法に代わる、コスト面および農業従事者の身体的負担を軽減した受粉方法の開発を目的として、トマトの施設栽培をターゲットとして研究を進める。トマトの国内施設栽培は、栽培延面積 7336 ha、生産量シェア 84 %と、国内において非常に盛んであり経済効果も大きい。施設栽培の施設の構造や栽培方法を利用し、少ない加振デバイスで広範囲の栽培物に振動を伝達し、花粉を飛散させ受粉させる方法を考案する。安価で効率よく振動を発生させることが可能な加振デバイスの開発し、この加振デバイスを用いた実地試験を行う。また、花粉の飛散に必要な花の振動条件の検討として、トマトと同じナス科植物を用いた受粉過程の計測も併せて行う。</p>		

研究内容

・ナス科植物ワルナスビを用いた振動受粉に必要な振動条件検討

花に振動を与えることで花粉を飛散させ受粉を促進する方法を検討する上で、花粉が最も効率的に飛散する振動条件を知ることが重要である。そこで、トマトと同じナス科植物であり容易に入手しやすい、被子植物双子葉植物綱離弁花類ナス目ナス科ナス属ワルナスビ (*Solanum carolinense*)を用いて振動受粉に必要な花の加振条件の検討を行った。ナス科の植物は、花柱 (style) が葯 (anther) で囲まれた形態をしており、2 室からなる葯の一部に小孔 (Confucius) が開くかまたは縦裂する。ワルナスビでは、葯の内部で生成された花粉が葯の先端の小孔から放出される (図 1)。本実験の実験系を図 2 に示す。加振装置として超磁歪加振装置 (湘南メタルテック株式会社, GMM ノッカ) を用いた。GMM ノッカにはファンクションジェネレータ (エヌエフ回路設計ブロック, DF1906) で生成した正弦波の信号をアンプ (エヌエフ回路設計ブロック, HSA4011) で増幅し入力した。GMM ノッカへ入力する電流はデジタルパワーメータ (横川計測株式会社, WT210) を用いて計測した。GMM ノッカを万力で固定し石台上に設置した。花托から 5 mm 離れた部分の花柄を切断し、図 3 のように花托 (torus) から花柄 (floral) の先端までをプラスチック板 (10×7×1 mm) にホットボンドで固定した。葯の小孔が下向きになるようにプラスチック板を GMM ノッカの駆動部先端に取り付けた。花粉の飛散の有無を確認するため小孔の下に黒色紙を設置した。加振周波数は 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz とし、それぞれの周波数で加速度を変化させ、花粉の飛散状態を観察した。各周波数 5 個の花を計測対象とした。さらに、10 個の花を計測対象とし、加振周波数を 500 Hz に固定した状態で加速度を変化させ、花粉の飛散状態を観察した。これらの計測では静止状態から加速度を上昇させ、花粉が飛散した時点の加速度を花粉飛散加速度とした。なお、計測に先立ち、GMM ノッカの駆動部の振動速度をレーザドップラ振動計 (ONO SOKKI, LV-1720A, LDV) で計測し、GMM ノッカへの入力電流と発生加速度の関係を求め、これらの結果を基に、花に与える加速度を入力電流によって制御した。小孔の下に取り付けた黒色紙上で明確に花粉を確認できた時点を花粉の飛散と判断した。約 1 秒の加振を 3 度繰り返すことを 1 回の試行とした。1 回の試行の中で、3 回の加振すべてにおいて黒色紙上で花粉が認められた場合を花粉の飛散と定義した。

・実地試験による基質振動を利用した害虫防除効果および振動受粉効果の評価

2018 年秋から翌年春まで宮城県農業・園芸総合研究所の研究協力 (別事業により実施) によって圃場において実地試験を行った。試験は 5×12 m のトマト栽培のビニールハウス内で行った。ビニールハウス内にはトマトを誘引するための独立したパイプが 3 列設置されている。パイプには金属製の誘引線が吊るしてあり、トマトは誘引線に括り付けられている。振動子として磁歪材クラッド鋼を用いて新たに開発した加振器 (東北特殊鋼株式会社) をパイプ上に設置し駆動すると、パイプから誘引線、トマトの株へと振動が伝達される。試験周波数は、トマトの花柄から花にかけての共振周波数が 30 Hz 程であることから、受粉効果を狙った 30 Hz と、防除効果を主に狙った 300 Hz とし、各周波数の試験はそれぞれ別のビニールハウスで行った。ハウス内は加振区 2 列と無加振区 1 列を設けており、1 列には 18 株のトマト株が定植されている。トマトの果実の実成には受粉のタイミングが重要 (午前中) であることから、振動条件 30 Hz (受粉効果) のハウスでは、加振区の 1 列に対しては午前中 2 回 60 秒間の振動を与え、加振区の別の 1 列に対しては比較のため 6~17 時まで 1 時間毎に 60 秒間の振動を与えた。300 Hz (防除効果) のハウスでは、加振区の両列とも害虫の振動への慣れを防止するために、6~17 時まで 1 秒間振動 9 秒間停止を 6 回繰り返すことを 1 セットとし、15 分毎にセットを繰り返し行った。害虫防除効果を検討するためにオンシツコナジラミの虫数の推移を調査し、受粉促進効果を検討するために果実の着果数などを調査した。

<p>研究のポイント</p>	<p>本研究では、振動により害虫防除と受粉のダブル効果を実現することがポイントとなっている。これまでに受粉に必要な花の振動条件は定量的には検討されていないため、まず始めに花の振動加速度に着目し、花粉を飛散させるための振動条件の定量的検討を行った。また、害虫防除効果については、実際に圃場にて加振を行い、昆虫数をカウントし、防除効果を直接確認した。本研究で検討している害虫防除および効率的振動受粉は、専用の栽培施設を開発するのではなく、一般農家で使用されている既存のビニールハウスに振動デバイスを付加することで振動受粉を実現することを目指している。そのため加振デバイスは、安価な材料を使用したものを開発し、コスト面での負担や、重量を抑えデバイスの取り付けの負担を軽減するなどの工夫を行っている。実地試験においては、加振器で発生した振動を効率よくトマトの株に伝達させるため、加速度ピックアップセンサを用いてパイプ上とトマト株上の加速度を計測しながら、トマトを効率よく振動させるための振動伝達媒体の検討も行っている。</p>
<p>研究結果</p>	<p>振動受粉に必要な花の加振条件の計測の結果として、400 Hz、500 Hz、600 Hz における、花粉が飛散した花の個数の割合と花に与えた加速度との関係を図 4 に示す。加振周波数 600 Hz においては 20～30 m/s² の範囲で花粉が飛散し始める花が多いことが分かる。400 Hz においても、飛散開始加速度が 36 m/s² のものが1つあったものの、その他の 4 つの花では 20～30 m/s² の範囲で花粉が飛散し始める花が多いことが分かる。また、加振周波数 500 Hz においては、花粉が飛散し始める加速度は 400 Hz と 600 Hz に比べ大きかった。本結果より、花粉の飛散には振動加速度の他に周波数も関係する可能性が明らかとなった。</p> <p>実地試験の試験期間中のオンシツコナジラミの複葉毎の幼虫寄生数は、無加振区よりも加振区の虫数が減少していることから、振動による防虫効果が示唆された。また、無加振区の虫数が最大となる 2 月では、加振区の虫数は無加振区の虫数の半数まで抑制されている。幼虫数の減少の理由として、成虫の産卵等の行動の阻害と幼虫の発育への影響が考えられる。</p> <p>受粉効果の検討として、加振区の着果数が無加振区よりも増加する傾向が得られた。この結果より、30 Hz の加振はトマトの生育に影響を及ぼさず、受粉を促進させる効果があることが示唆された。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>ワルナスビを用いた振動受粉に必要な振動条件の検討は行ったが、実地試験において、実際に加振器で振動を与えた時のトマトの花の振動は計測できていない。現在、実地試験における受粉の評価は、果実の数と状態に基づいた評価のみとなっている。今後は、ハイスピードカメラを用いて実際にトマトの花の振動を計測し動画を解析することで、花粉の飛散に必要な振動条件を十分に満たしているか検討を行う。また、振動により葯から花粉が飛散し柱頭に付着するまでの過程も併せて計測を行う。</p> <p>実地試験では振動以外の環境的な要因が虫数の推移に影響を与えた可能性も考えられるため、今後の追加試験で反復を増やす必要がある。更に、特定の葉に寄生する幼虫を継続して調査することで、幼虫数の減少の理由が発育への影響か産卵抑制の影響なのかを調査する。また、トマトの株に伝わる加速度の大きさによるトマトの生育への影響や害虫防除効果を検討するために、同じ周波数で加速度の大きさを変えた試験区を設定した試験の実施も考えている。</p>

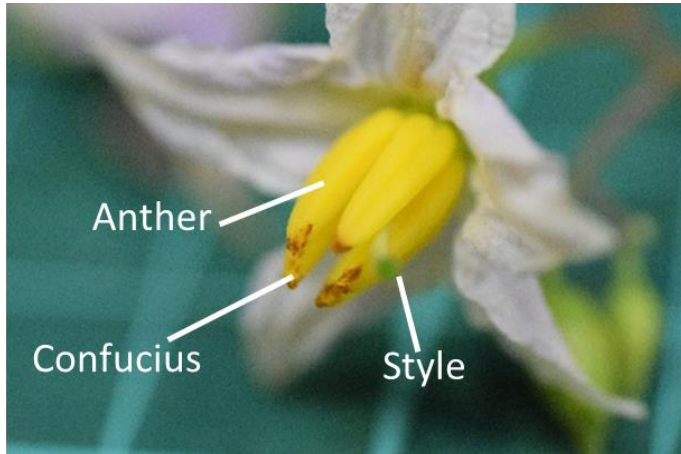


Fig. 1 Picture of Solanum carolinense

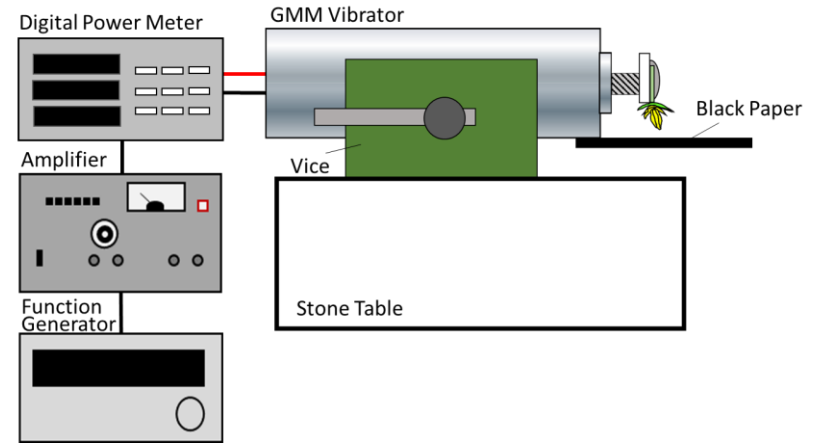


Fig. 2 Experimental setup

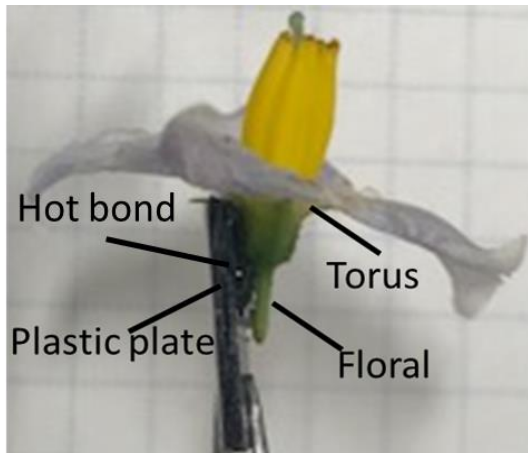


Fig. 3 Flower fixing method

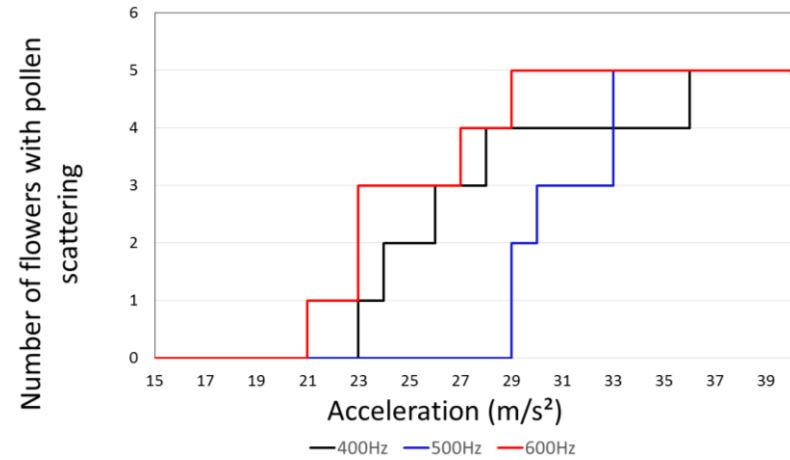


Fig. 4 Relationship between acceleration and percentages of flowers with pollen scattering at 400 Hz, 500 Hz and 600 Hz