

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05540

研究課題名（和文）3D画像解析と簡易型風洞を利用したイネの気象障害抵抗性の解析

研究課題名（英文）Analysis of weather damage resistance in rice using 3D image analysis and simple wind tunnels

研究代表者

小林 和広（KOBAYASI, Kazuhiro）

島根大学・学術研究院農生命科学系・准教授

研究者番号：90234814

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：台風などによる風をともなう気象災害は農業生産を大きく低下させるものの、突発的に発生するためにその実態の解明が困難である。本研究では、簡易型風洞を使って、風速を制御しながら、潮風害を中心に風がイネの成長、受精、登熟に及ぼす影響を調査した。簡易型風洞では12m/sまでの風速を実現することができ、群落内部では風速が1/3程度になることから標準レベルの台風であれば風の影響が解析できるようになった。風速と開花時刻の関係を調査した結果、2次曲線の関係が得られ、風速が3.52m/sでもっとも開花時刻が早まった。穂ばらみ期、開花期、登熟期において潮風害における風の影響を解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

風による気象災害は農業生産を大きく低下させ、しかも近年、進行している地球温暖化によってその影響はさらに甚大なものとなると予想されている。しかし、風による気象災害は突発的に起こるので、現場で現象を捉えるのも、実験的に再現するのも難しい。風速を0～12m/sの間で制御できる簡易型風洞内に模擬的な群落を導入することによって潮風害などの気象災害を再現し、どのようなイネにこのような気象災害に抵抗する能力があるかを明らかにすることを目的に今回の実験を行った。この実験系を利用することによって、気象が不安定になりつつある近年の農業生産への対策を備えることが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Although wind-related weather disasters such as typhoons greatly reduce agricultural production, it is difficult to elucidate the actual situation because they occur suddenly and unexpectedly. This study investigated the effects of wind on rice plants' growth, fertilization, and ripening using simplified wind tunnels with controlled wind speeds, focusing on tidal wind damage. Wind speeds of up to 12 m/s were attained in the simplified wind tunnel, and wind speeds were reduced to one-third inside the community, allowing analysis of the effects of standard typhoons. The relationship between wind speed and flower opening time was investigated, and a quadratic curve was obtained, with the earliest flower opening time occurring at a wind speed of 3.52 m/s. The effect of wind on the tidal wind damage was analyzed at the booting stage, flower opening, and ripening stage.

研究分野：作物学

キーワード：作物の気象災害 開花 潮風害 簡易型風洞 風速

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化と付随するさまざまな異常気象現象は差し迫った作物生産への脅威となりつつある。とりわけ 2018~20 年と連続して、異常な高温、巨大台風の複数回にわたる上陸および接近、台風にもなうフェーン現象などが発生した。さらにこのような異常気象と地球温暖化との関連も否定できない。しかし、このような気象災害（高温、熱風、潮風など）に対する抵抗性の育種あるいは栽培技術的な対応は今のところ不十分である。フェーンや潮風害などの突発性の気象災害は、事後の調査にとどまることがほとんどで、圃場レベルでの再現もリアルタイムの調査も難しい。さらにイネにおける開花期の高温障害は近年の地球温暖化の進展で日本でも発生が危惧されるようになった。しかしながら人工気象室で行われた多数の実験を元に提案されたいくつかの高温障害抵抗性を導入したイネが圃場レベルではその抵抗性に再現性がみられないことがわかってきている。一方、圃場実験データを元にした微気象モデルなどの利用で、地球温暖化が作物生産に及ぼす影響を定量化したシミュレーションが求められ、その検証が必要となる。すなわち人工気象室、気象災害の起きる現場圃場、それらを利用したシミュレーションモデルがあり、その間を仲立ちする実験系が必要となっている。

そこで簡易型風洞に模擬的な群落を配置し、その中に実験個体を導入することによって風をともなう気象災害における気象災害抵抗性に関する研究を進める実験手法の開発を進めてきた。

2. 研究の目的

イネの穎花、葯、花粉、止葉などの構造が気象によるさまざまな気象障害（高温障害、フェーン、潮風害）への抵抗性にどのように寄与しているかを、模擬構造を導入した簡易型風洞を用いて解析することをこの研究の目的とした。1) 簡易型風洞に導入できる模擬群落構造を作成すること、2) 簡易型風洞における微気象（風速、気温、湿度、日射量、光組成など）を 3D 画像解析を利用して、より広範囲の条件で設定できるようにする、3) 簡易型風洞に導入した稲体本体とそれに付随する模擬構造の導入によって、穂周辺の微気象と、穂、止葉の形態・位置関係を解析し、穂、穎花などの構造がその微気象を介して、気象障害への抵抗性をどのように発揮しているかを明らかにすること、以上の 3 点を目的として今回の研究を実施した。

3. 研究の方法

簡易型風洞内に矮性イネ（大黒）と 3D 画像解析で設計した模擬構造を導入し、模擬群落を再現し、乱流も含めた気流の流れをハイスピードカメラで可視化することによって、微気象の影響を明らかにしようとした。気象災害に対する抵抗性への形態的要因の寄与を定量化し、解析した。圃場に近い状態の模擬環境において高温、熱風害や潮風害などの気象災害を再現する方法の一つとして、イネ植物体といっしょに微気象を操作し、解析するために模擬群落を簡易型風洞に導入した。強風下でもフェーン現象のような気温と湿度などの制御をできるだけ可能にするために設計と試作、運転を繰り返し、設定できる微気象条件を拡大した簡易型風洞を改良を進めた。この簡易型風洞を用いて、以下の 3 つのストレスを対象にイネの実験を行った。

開花期における高温障害

35 以上の高温下にある風洞内に開花期のイネを搬入し、風の温度、湿度、速度などを種々に設定して、穂に吹き与えることによって、風が高温障害にどのように関与しているかを明らかにしようとした。

開花、出穂期における熱風害（フェーン害）の研究

風洞内においてフェーン現象で発生する熱風を再現し、穂周辺の気流を含めた微気象と白穂発生の関係を調査した。

出穂期から登熟期における潮風害の研究

作成した風洞内において台風の強風によって発生する潮風害を再現し、穂周辺の気流を含めた微気象と白穂発生の関係を調査する。人工海水をスプレーで風洞内部から散布することによって、潮風害を調査した。

4. 研究成果

初年度では、簡易型風洞では 12m/s までの風速を安定的に稲体に向けて与えることができた。群落の外に吹く風のおよそ 1/3 程度の風速が群落内部に吹くと想定されるので、標準レベルの台風までであれば、穂や風に当たる風を再現できると考えられる。この風洞で風がイネの開花時刻に与える影響を解析した。イネの開花時刻は開花期高温障害を始め、開花期に起こる気象災害（潮風害、フェーン）において大きな影響がある要因である。その結果、大黒における 50% 開花時刻において、風速が 3m/s になるまでは開花時刻は少し早くなり、風速が 3m/s を超すと開花時刻は遅くなり、特に 9m/s を超すと急激に遅くなった。雷雨のあった日には開花時刻が遅くなる傾向があったので、その結果を除去すると風速と 50% 開花時刻の関係は 2 次曲線で示された。2 次曲線の式から最も開花が早くなる風速は 3.52m/s となった（図 1）。天気によっても開花時刻

が異なることから、大黒以外の供試品種もまとめて、晴れ、曇り、雨の3種類で、風速と開花時刻の関係を調べたところ、どの天気でも2次曲線の関係を得ることができ、晴れの日の開花時刻が早くなる傾向がみられた(図2)。開花撮影についてはレンズにルーペ接続したデジカメと深度合成の組合せで、ピントの合う範囲は狭くなるが、花器内(葯、柱頭、花粉など)にピントが合った精細な拡大画像を得ることができた。

作成した簡易風洞で0, 2, 4m/sの風を与えながら、海水とほぼ同程度の濃度(3.15%)の食塩水を散布し、数品種のイネについて、栄養成長期および穂ばらみ期において潮風害の影響を調査した。熱線風速計で穂の周囲の風速を経時的に測定し、処理日とその1週間後に乾物重、SPAD値などを測定した。塩分処理によって乾物重やSPADは低下し、風速が高くなるにともない、その低下程度が著しくなる結果を得た。

2年目では開花期に0~8m/sの範囲の風速を与え、イネの開花時刻がどのような影響を受けるかを調査した。日本型、インド型品種を含む10品種程度のイネを実験に供試した。開花直前の午前9時ごろから開花がほぼ終わる正午まで風速処理を行った。屋外での風処理は自然風の弱い日を選んで行ったが、およそ外気の風速が±1m/sの範囲で変動はあり、風洞だけで完全に風速を安定させることは難しかった。大黒、朝日、神力において、風速と開花時刻の関係は2次曲

線で近似された。2次曲線の式から最も開花が早くなる風速は大黒においては3~4m/s、朝日においては1.5~2m/s、神力においては1.5~2m/sとなった。インド型品種の方が日本型品種より開花時刻が最も早くなる風速が高かった。穂の形態が風処理に与える影響を調査するためにこれまで使用していた3Dスキャナーよりも改良された小型の3Dスキャナー(Revopoint 3DScanner Mini)を使うことで、これまでよりも高精細な穂の3D画像を得ることができた。

最終年度では栄養成長期および穂ばらみ期による潮風害の影響に加えて、開花期および登熟期においても潮風害実験を行った。0, 2, 4m/sの風を与えながら、海水とほぼ同程度の濃度(3.15%)の食塩水を該当時期に散布し、数品種のイネについて潮風害の影響を調査した。風による葉の擦傷を模擬的に再現するために、イネの葉同士を人為的にこすり合わせる処理も追加した。熱線風速計で穂の周囲の風速を経時的に測定し、処理日とその1週間後に乾物重、SPAD値などを測定した。栄養成長期および穂ばらみ期における塩分処理によって乾物重やSPADは低下したのに対し、開花期および登熟期の塩分処理では明確な差が検出できなかった。ハナエチゼンなどでは風速が高くなるにともない、乾物重がむしろ増加した。これは2023年は実験地・松江市は37℃を超す高温が襲来し、対照区も高温障害を受けた結果、強風がかえって高温障害を抑制したとも考えられた。葉をこすり合わせる処理はみかけの観察では葉の老化が早まり、成長が抑制されたように見えたが、乾物重やSPAD値において有意差は検出できなかった。風による葉同士の裂傷を人為的に再現する方法として見込みはありそうだが、さらなる改良が必要と考えられた。穂ばらみ期においても潮風害処理を今年度も行い、次のような品種間差異を検出した。潮風害の影響を受けなかったヒノヒカリに対して、ハバタキは潮風害の影響を受けて、地上部乾物重が低下した。しかし、ハバタキの穂の乾物重は潮風害の影響はあまり受けなかった。地上部乾物重に対する穂の乾物重の割合は地上部乾物重が低下した場合に高くなった。ハバタキは強風によって乾物生産量が低下した場合、1穂穎花数の指標となる穂へ分配される乾物の割合を高めることによって、収量への影響を低減していると考えられた。

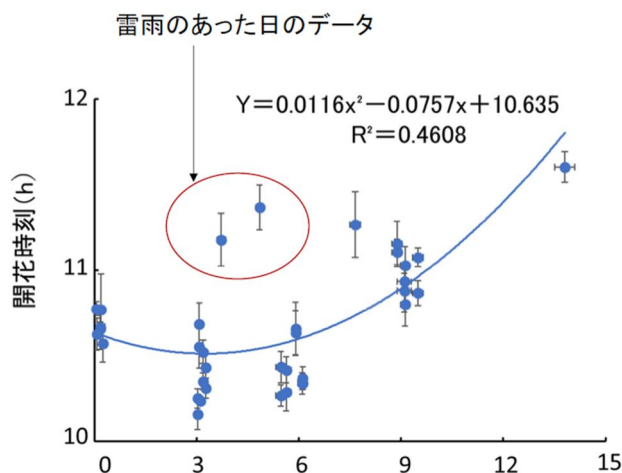


図1 風速と開花時刻の関係(品種:大黒)

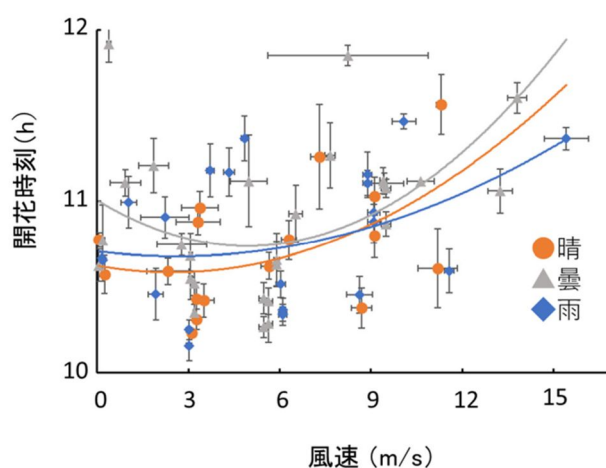


図2 風速と開花時刻の関係(3品種の日本型稲について気象条件で比較)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松井 勤 (MATSUI Tsutomu) (70238939)	岐阜大学・応用生物科学部・教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関