

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月10日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21658006

研究課題名（和文） イネの穂の遠赤外線乾燥特性と非生物的ストレス抵抗性に関する研究

研究課題名（英文） Study on dehydration characteristics of panicles by far infrared radiation and resistance to abiotic stresses in rice

研究代表者

津田 誠 (TSUDA MAKOTO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：30144231

研究成果の概要（和文）：イネにおける白穂発生は、非生物的ストレスによる減収要因である。白穂発生程度の違いを明らかにするために、新しい遠赤外線乾燥法を用いて穂に含まれる水分の構成を調べた。穂の水分には蒸発しやすい部分（成分1）、やや蒸発しやすい部分（成分2）があった。成分2は生育と気象変化に対して安定していたが、成分1は不安定であった。二つの成分が占める割合は品種で異なり、成分1が多い品種ほど塩害による白穂発生が大きい傾向があった。

研究成果の概要（英文）：Rice yield decreases with the occurrence of white head under abiotic stress conditions. To explore the characters that may be responsible for the white head, the water fraction of panicle was evaluated by a new dehydration method using far infrared radiation. The water included in the panicle comprises several fractions of water. Two of them were fraction-1 and fraction-2, which evaporated faster than fraction-1. Fraction-2 was more stable than fraction-1 in terms of developmental stages and meteorological conditions. It was observed that cultivars had a larger ratio of fraction-1 / 2 tended to have white heads in saline soils.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,700,000	0	2,700,000
2010年度	400,000	0	400,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
総計	3,500,000	120,000	3,620,000

研究分野：作物学

科研費の分科・細目：農学、作物学・雑草学

キーワード：イネ・白穂・遠赤外線乾燥法・穂の水分・非生物的ストレス・塩害

1. 研究開始当初の背景

イネの穂の非生物的障害の白穂は台風やフェーン、塩害、干害で共通に見られる障害であり、長年の課題である。わが国では1950年代に暴風による白穂発生、1970-80年代にフェーンによるイネの白穂発生が穂の水分維持に関係していると指摘されてきた。国外では干ばつによる白穂の発生

が研究され、やはり干ばつ条件でも穂の水分状態が高く維持される性質が白穂発生抵抗性と関連あると指摘されてきた。

穂の水分状態がどのように維持されるかについては、異なる意見があった。穂首の水通導性に依存している可能性が示される一方で、内外穎そのものが水分を失いやすいと考えられてきた。我々の観察では塩害や強風

害で穂軸が緑のままでも内外穎のみがひどく白化するのを、穂そのものの性質が白穂発生と強く関係していると考えられた。

穂には蒸散を調節する気孔があまり存在しないため、穂の表皮からの蒸散速度が水分状態に大きな影響を与えると考えられた。一般的に穂の内外穎にケイ素が沈着すると蒸散速度が低下するといわれていた。塩ストレスによる白穂発生について我々が調べたところ、白穂発生について抵抗性の品種はケイ素の初殻の沈着量が多いことが示された。しかし、近年穂の蒸散速度はケイ素の蓄積量には必ずしも対応しないことが指摘された。そして塩ストレスによる白穂の発生は穂のケイ素含有率が倍になっても、白穂発生率の低下は10%程度と小さいことが見出された。したがって、白穂抵抗性に関してはケイ素含有率などのような組成的なものではなく、穂に含まれる水分の特性そのものを評価する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

穂の蒸散特性はポロメータ法、送風による蒸散速度の測定などがあるが、精度が低いうえに穂に水分が十分にある条件の性質を評価するものであり、穂に含まれる水分の性質を測定するものではない。申請者は遠赤外線による乾燥によって乾燥特性を測定する方法を提案した。この方法で穂の乾燥過程はろ紙に比べて特異的であり、穂の組織的な脱水特性の違いを評価する斬新な方法を開発することができると考えた。

遠赤外線乾燥法で見いだされる穂に含まれる水分の構成を調べると同時に、それぞれの成分の特徴を探究する。一方で非生物学的ストレスによる白穂発生の程度を調べ、白穂発生と成分との関係が見いだされるかどうかを検討することを目的とした。

3. 研究の方法

遠赤外線乾燥装置は遠赤外線面状発熱体による乾燥ユニット、それを包むハウジング、および測定記録装置によって構成される。

遠赤外線面状発熱体を円筒状に曲げて、電子天秤をその中央に設置する。発熱体には温度センサーを付け、記録できるようにした。電子天秤の皿の上に網状の支持体を載せて、その上にイネの穂を寝かせておいた。電子天秤の数値は、接続されたコンピューターで自動記録された。上部に設置したデジタルカメラで穂の可視像を、赤外線画像温度計で穂の熱画像を記録した。これらの装置全体をアルミで内貼りしたハウジングで包み、風などによる測定誤差を少なくした。

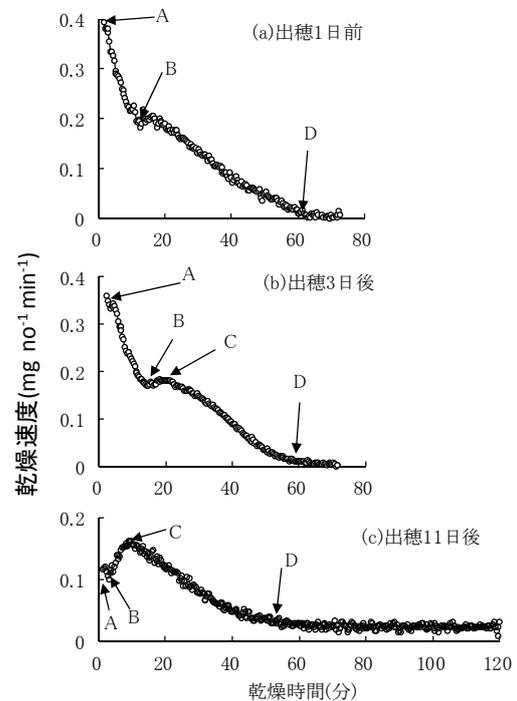
イネをポットで栽培して、出穂した穂を順

次遠赤外線乾燥装置で乾燥させて、重量変化から穂に含まれる水分の特性を分析した。一方で、イネに塩や水ストレス、乾燥風を与えて白穂を発生させて、その程度を調べた。

4. 研究成果

ろ紙を乾燥させると、乾燥開始後長い時間にわたって乾燥速度は一定に維持され、水分がなくなってくると乾燥速度が急激に低下する単純な変化をした。水稻品種坊主における穂の遠赤外線乾燥特性は、ろ紙のように単純ではなく、乾燥時間によって乾燥速度が変わる複雑なものであった(第1図)。そして穂の乾燥特性は、成熟するにしたがい変わった。

出穂3日後の穂を乾燥させると乾燥速度は、乾燥開始直後のA点で1穂あたり約 $0.4 \text{ mg no}^{-1} \text{ min}^{-1}$ と高かった(第1図bの矢印A)が、時間の経過とともに急速に減少した。そして乾燥速度は乾燥後12分ほどで一旦低い値のB点(第1図矢印B)になった後、再び少し高くなるC点(第1図矢印C)を経過して、次に徐々に低下した。乾燥速度は約乾燥60分後に最終的に大変低い値になるD点(第1図矢印D)になって、穂の水分はほとんど失われた。ただし、水分が完全に失われたわけではなく、さらに乾燥機で穂を乾燥させると、少し重量の減少が見られた。



第1図 遠赤外線による穂の乾燥過程の成熟にもなう変化。

出穂1日前の止葉葉鞘に包まれている穂の乾燥特性は、出穂3日後のものとよく似ていた(第1図a)。ただし、B点に達する時間が若干短くなり、再び乾燥速度が高まるC点は明瞭ではなかった。そしてD点で残っている水分は出穂後3日の穂に比べて、極めてわずかであった。

出穂11日後の穂の乾燥特性は、それまでとかなりの違いがあった(第1図c)。乾燥開始直後A点における乾燥速度は、 $0.1 \text{ mg no}^{-1} \text{ min}^{-1}$ を少し上回る程度で小さく、すぐにB点に到達した。乾燥速度が高くなるC点の値はA点より大きかったが、他の時期のC点の値に比べて小さかった。乾燥約60分後にはD点に到達したものの、その後も長時間にわたって重量の減少が続いた。この減少は成熟にしたがいが長く続くようになり、12時間後でも観察されることがあった。

以上の観測に基づいて穂に含まれる水分を3つの成分に分けて検討した。すなわちA点からB点までの成分1、B点からD点までの成分2、D点で残存する成分3である。

穂とは別にろ紙と木片、ならびにろ紙で木片を包んだ試料を作成して、乾燥特性を調べた。木片では乾燥速度は乾燥開始後から若干増加した後に徐々に低下し、出穂3日後の穂におけるB点からD点と類似した経過を辿った。木片をろ紙に包んだ試料では、乾燥速度は特徴的な経過を示した。乾燥速度は乾燥開始後しばらく一定で、丁度ろ紙の乾燥速度であった。その後、乾燥速度が急速に低下し始め、しばらくすると再び乾燥速度が低下しない時間ができた。それから乾燥速度は時間の経過にしたがいが比例的に低下した。このときの熱画像は、ろ紙部分が高温で木片が低温になっており、木片からの蒸発が継続していることが推察された。ろ紙と木片の乾燥特性から、ものが包まれているとき、初めに包んでいるものからの蒸発が進み、次に包まれているものからの蒸発が進むように見えた。これから推察して、穂の乾燥特性で見られる成分3は内外穎に包まれている玄米に含まれる水分、そして成分1と2は内外穎に含まれる水分であると考えられた。

穂に含まれる水分の成分は、日変化した。成分2と3は安定していて、日変化はほとんど見られなかった。これに対して、成分1は夜明け前に高くなり、昼に向かい減少していった。成分1の量は夕方にはまだ少なかったが、日が暮れると徐々に増加し、夜明け前までに高い値に回復した。日中の成分1の量は天候に左右され、雨天や曇天のときは日中でも存在したが、晴天のときはほとんど見られなくなった。

穂に含まれる水分のうち成分3は玄米の成長にしたがいが増加したが、他の二つの成分は成熟にしたがいが低下した。とくに成分1は、

成分2よりも早く低下した。成熟にしたがいが内外穎が乾燥した感じになることから、成分1は最も外側にある成分であると考えられた。これらのことから成分1は穂のみずみずしさを保つ成分であるが、成熟とともに失われると同時に環境条件に強く影響されるものであることが推察された。

イネにおける白穂の発生状況を品種で比較した。ポットで栽培したイネに出穂約1週間前に塩化ナトリウムを土壌に加えると出穂後に白穂発生が認められたと同時に、白穂発生程度は品種間で差があった。別の植物体を用いて出穂期に土壌を乾燥させたところ、出穂後に白穂が発生するとともに品種間差が認められた。さらに、出穂期に熱風を与えたところ、やはり白穂の発生が認められたが、品種間差は明瞭ではなかった。白穂発生の品種間差が認められた塩ストレスと水ストレスについてさらに解析を進めた。水ストレスの場合で穂の水分含有率と白穂程度の関係は、土壌水分に対して白穂発生程度が異なる品種の間で明瞭な差が認められなかった。塩ストレスで白穂が発生しやすい品種は、白穂発生する穂の水分含有率がわずかに低い傾向が認められた。一方、穂に含まれる水分のうち成分1と2の割合は品種で異なる場合があり、成分1がより多いものが認められた。成分1が多い品種は、水ストレスで白穂になりやすい品種と対応していないように見えたが、塩ストレスで白穂発生しやすい品種と一致する傾向があった。このことから成分1が多いことは塩ストレスによる白穂発生と関係が強いと考えられた。

本研究では穂に含まれる水分を蒸発しやすさによって分けることができることを示し、これまで不明であった穂の水分の組成を明らかにした。さらに、塩ストレスによって白穂の発生しやすい品種を穂に含まれる水分成分の違いによって判定できる可能性を示した。以上のように本研究はイネの穂の水分生理学を進展させると同時に、非生物的水ストレスによる白穂発生抵抗性品種を判定するための実用的な方法を提案した。これらの成果は国内外で初めて見いだされたことである。このように本研究の成果は、学術的・作物学的進歩に貢献している。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計2件)

①津田 誠、遠赤外線乾燥によって観測されるイネの穂に含まれる水分の日変化、日本作物学会第231回講演会、2011年3月30日~31日、厚木市東京農業大学農学部

②津田 誠、イネの穂の遠赤外線乾燥特性の
発育にともなう変化、日本作物学会第 229 回
講演会、2010 年 3 月 30 日~31 日、宇都宮市
宇都宮大学農学部

6. 研究組織

(1) 研究代表者

津田 誠 (TSUDA MAKOTO)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：30144231