

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660015

研究課題名(和文) 受粉生態からみた温暖化条件におけるイネの理想型

研究課題名(英文) Ideotype of rice under global warming from a view point of pollination ecology

研究代表者

松井 勤 (MATSUI, Tsutomu)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：70238939

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)：4Lのポットに栽培した開花期のイネ(品種：IR72)をイネ群落(品種：全両優681)の中に設置した種々の高さの台に置き、葉群内の穂の深さ、穂周囲の環境と受粉・稔実との関係を調べた。稔実から見て最適な穂の深さが認められ、稔実には最適な風速があると考えられた。穂の周辺の風速が毎秒0.5メートル以下になると不安定になることが認められたが、強風条件下では受粉が安定しており、受粉の安定性から強風条件下での稔実の低下を説明することはできなかった。

研究成果の概要(英文)：The relationship between depth of florets in foliage, meteorological factors, pollination and seed setting were examined with a model experiment in which flowering rice grown in the 4L pots were set in canopy at different heights. There was an optimum height of florets in the view seed set percentages. Under low wind condition below 0.5 meter per second made the pollination unstable. Variation of pollination under the different depths was well explained by wind velocity around the florets, but did not completely correspond to seed sets.

研究分野：作物学

キーワード：受粉 稔実 風速 穂の深さ イネ

1. 研究開始当初の背景

地球の温暖化により、近い将来、コメの生産が不安定となる可能性がある。世界の人口の半分はイネを重要なカロリー源としており、温暖化条件下におけるコメの安定供給は作物生産科学の重要な課題である。イネの草型改良は、群落の光合成速度を増し、耐肥性を高めることで収量の増加に大きく貢献してきた。現在も草型の改良は収量増加のための重要な手段の一つである。しかし、草型の改良が、収量を決定付ける生殖に及ぼす影響については全く検討されていない。

現在、多収のために世界的に進められているイネの草型の改良は、「上位葉の直立を保ったまま長くする」「穂を低くする」ことが中心となってきている。光合成速度の低い穂による遮光を避ける事で、群落の光合成能力を高めるとともに、低い穂には倒伏のリスクを回避するメリットもある。報告者らは、2003年に、長江流域で高温不稔が大発生したことをきっかけに、同地域においてハイブリッドライスと先進的な草型を持つ、いわゆる“スーパーライス”の受粉生態と温度耐性に関する調査を続け、群落内の深い位置で開花する品種の受粉が不安定となる場合のあることに気がついた。そして、イネの群落構造と受粉の安定性との関係を解明し、地球の温暖化条件下で発生する受粉不良のリスクと群落光合成の両面からみて最適な群落の構造を明らかにする必要がある、と考えるに至った。

地球の温暖化がコメ生産に及ぼす影響の中で、現在、最大かつ明確な懸念は、高温による受粉不良に起因するイネの不稔の頻発である。本研究により、イネの草型とそれによる穂の周辺環境の変化が受粉に及ぼす影響を量的に明らかにできれば、これまでの草型育種や栽培理論の常識とは異なる方向の、温暖化シナリオに対応した草型や栽培法を提示することができる。また、風とイネの受粉の安定性が量的に明らかにされれば、大きな幅を持って予測されているイネの高温不稔発生の予測精度を高めることにも貢献できると考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、主として品種と施肥により形成されるイネの草型・群落構造と受粉の安定性、稔実の安定性との関係を群落内の微気象環境を通じて可能な限り量的に理解し、特に温暖化条件下において収量からみた理想的なイネの形を理論的に示すことである。

3. 研究の方法

平成 25 年度

中国のイネコアコレクションから、穂の深さをはじめとする群落の構造が大きく異なる 12 品種を選抜し、2 反復の乱塊法に従い、1 区面積 6m^2 ($2 \times 3\text{m}$) として、高温不稔が頻発する中国荊州市において 4 作期栽培した。

群落構造、群落内環境と受粉、稔実との関係を調査した。12 品種の選抜にあたっては、あらかじめ中国のイネコアコレクションを圃場条件で栽培し、予備的な調査を行った。草型をあらわすデータとしては、葉の高さ、穂の高さ、開花中の花の高さ、穂の高さでの積算 LAI、平均的な葉身角度 (Li-cor 社 LAI2000 による)、群落全体の LAI、葉身角度の平均値を取り上げた。

平成 26 年度

4L ポットに栽培した開花期のイネ (品種 IR72) をイネ群落 (品種: 全両優 681) 内に設置した種々の高さの台に置くことで、葉群内の開花位置 (高さ) を違い、開花時に花周辺の環境と稔実を、成熟期には稔実率を調査した。高温不稔が発生しやすい中国荊州市の長江大学附属農場水田区において実験を行った。

平成 27 年度

平成 26 年度に引き続き、高温不稔が発生しやすい中国荊州市長江大学において水田を用いたモデル実験を行った。4L のポットに栽培した開花期のイネ (品種: IR72) をイネ群落 (品種: 全両優 681) の中に設置した種々の高さの台に置くことで葉群内の穂の高さを違えた。開花時に受粉の状態と穂の周囲の環境を成熟期に稔実率を計測し、葉群内の穂の深さ、穂周囲の環境と受粉・稔実との関係を調べた。特に穂周囲の風速については、熱線風速計 (日本カノマックス社製) を用いて正確に計測した。

4. 研究成果

平成 25 年度

8 月上旬に日最高気温が 36 に達し、不稔率は開花中の前品種の平均値で 32% 、もっとも高い品種で 64% に達した。日々の不稔率の変化は、最高気温でよく表されたが、受粉動態との関係は明確には認められなかった。一方、稔実の品種間差異は、受粉が不安定な穎花の割合でよく説明できた。すなわち、不稔の直接の原因は、従来、制御環境下で明らかにされてきたような受粉や花粉発芽の不良によるものではなく、花粉発芽以降のプロセスに生じる不具合によること、そして同時に、「安定した受粉は高温耐性の形質の一つとして有効であること」が圃場条件で実際に示されたといえる。

柱頭上で発芽した花粉の数が不十分な花の割合の日々の変化は、開花時の風速でよく説明でき、品種間差異は葉群内の花の深さと葯基部の裂開の大きさによりよく説明でき、花が深いほどかえって受粉が安定する傾向が認められた (寄与率 72%)。さらに、調査期間中に出穂した穂の不稔率は、花の深さ、葯基部の裂開の大きさ、開花期間 3 日間の日最高気温の平均値で説明でき、稔実から見ても深い花は有利な傾向が認められた (寄与率

55%) .

平成 26 年度

稔実率は花の位置が深いほど低く、草冠からの深さが 6 cm の位置でもっとも高くなった。それ以上浅い場合にはかえって稔実率が低くなる傾向が認められた。柱頭上での花粉の発芽数が不十分な花の割合は、穂が深くなるほど低下する稔実の傾向とよく一致した。柱頭上での発芽花粉数が十分でない花の割合は、開花後、柱頭に付着していた花粉の数が不十分であった花の割合とよく一致した。また、受粉不良の花の割合は開花時刻における群落内の花の高さにおける風速の 2 次曲線でよく表され、風速 0.5ms^{-1} 以下で多かった。この結果から、稔実から見て、葉群に対する花の深さには適正な値があり、花の深さと稔実との関係には、風速と受粉が関与していると考えられた。

平成 27 年度・まとめ

27 年度は風の強い日が多く、26 年度のデータを補完することができた。強風時には穂が葉群の深い位置にあるほうが稔実率は高く、弱風時に浅い位置にあるほど高かった。平成 26 年度の実験では、風は中庸な条件で、稔実から見て最適な穂の深さが認められたことから、稔実には最適な風速があると考えられた。受粉については、2 年間の実験を通じて、穂の周辺の風速が 0.5ms^{-1} 以下になると不安定になることが認められたが、強風条件下では受粉が安定しており、受粉の安定性から強風条件下での稔実の低下を説明することはできなかった。草型の異なるイネを群落状態で栽培した場合には、穂の位置が葉群内の高い位置にある品種や草丈自身が高い品種で受粉が不安定になる傾向が認められ(平成 25 年度結果)、モデル実験の結果と一致しない。一般に穂の位置が高い品種では、出穂・開花時より穂が傾く傾向がある。そこで、岐阜大学の研究圃場において、ポット栽培したイネを開花時に傾け、穂の傾斜と受粉の安定性との関係を調べたところ、穂が 30° 以上傾くと、受粉が不安定となることが確認された。以上の結果から、穂の受粉の安定性は、穂の位置だけではなく当初想定していなかった穂の傾きの影響を強く受け、これが草丈の高い品種や葉群内の穂の位置が浅い品種の受粉が不安定となることの要因の一つであると考えられた。

以上の結果から、穂を深くする現在の育種の方向が実際に受粉と稔実の不安定化を招くことが示された。温暖化条件では、高温不稔の発生を避けるために、より高い位置で花が咲くように改良することが求められる。また、現在開発される多収品種は、大きな穂を持つ傾向があり、このような品種では開花中に穂が垂れ始める傾向がある。穂の傾きは受粉を不安定にすることから、温暖化条件では過度な大穂化は避けたほうがよいと考えら

れる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Zhao, L., Zhao C.F., Zhou, L.H., Lin, J., Zhao, Q.Y., Zhu, Z., Chen, T., Hasegawa, T., Matsui, T. Wang, C.L. 2016, QTL mapping of dehiscence length at the basal part of thecae related to heat tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) Euphytica, in press. (査読有)

Tazib, T., Kobayashi, Y., Koyama, H., Matsui, T. 2015. QTL analyses for anther length and dehiscence at flowering as traits for the tolerance of extreme temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 203:629-642. DOI 10.1007/s10681-014-1291-1 (査読有)

[学会発表](計 2 件)

Tazib T, Makoto M, Yushi M, Matsui T. Identification of quantitative trait locus for anther dehiscence at the basal part under heat stress at flowering in rice (*Oryza sativa* L.) [Abstract]. 日本作物学会紀事 83 巻, 別 1 号, 第 237 回講演会要旨・資料集: 332-333. (ISSN 0011-1848) [平成 26 年 3 月 29 日 - 30 日, 千葉大学西千葉キャンパス].

Tazib T, Matsui T., Yamada S. QTL analyses of longitudinal anther dehiscence at flowering in rice (*Oryza sativa* L.). 日本作物学会紀事 82 巻, 別 2 号, 第 236 回講演会要旨・資料集: 332-333. (ISSN 0011-1848) [平成 25 年 9 月 10 日 - 11 日, 鹿児島大学都元キャンパス].

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 勤 (MATSUI, Tsutomu)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号: 70238939

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし