

| | |
|---------|--|
| | マサ ヨウジク |
| 氏 名 | 舩谷 悠祐 |
| 本籍（国籍） | 宮城県 |
| 学位の種類 | 博士（農学） |
| 学位記番号 | 連研 785 号 |
| 学位授与年月日 | 令和 3 年 3 月 2 3 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士 |
| 研究科及び専攻 | 連合農学研究科 生物生産科学 |
| 学位論文題目 | 気候変動下のイネ乾物生産における表現型可塑性の品種特性 (Phenotypic plasticity of dry matter production of rice cultivars under climate change) |
| 学位審査委員 | 主査 岩手大学教授 下野 裕之 副査 程 為国(山形 教授),石川 隆二(弘前 教授),熊谷 悦史(岩手 客員教員) |

論 文 の 内 容 の 要 旨

大気中の二酸化炭素（CO₂）の増加や気温の上昇などの気候変動は、資源の増加を介してイネの生産性を高めることが期待される。本研究では、栽培稲であるアジアイネ *Oryza sativa* L.とアフリカイネ *O. glaberrima* Steud.の幅広い遺伝的背景をもつ品種群を供試し、気温や CO₂濃度の上昇に対する乾物生産の応答から、近未来に想定される環境下で有利な乾物生産の鍵となる生理形態的特性を明らかにすることを目的とした。

第 2 章では、供試した幅広い遺伝的背景のイネ 17 品種の潜在的な生産力を評価した。乾物重には 8.6 g plant⁻¹から 29.5 g plant⁻¹の大きな変異がみられた。品種による乾物重の変動の 81%は個体あたり葉面積により説明でき、葉面積の変動の 56%は、個体に着生している葉の総数よりも、個葉のサイズ（1 枚あたり葉面積）の品種間差により説明できた。

第 3 章では、高 CO₂処理に対する乾物生産の応答、すなわち表現型可塑性を評価した。17 品種中 15 品種で乾物重が CO₂の上昇（外気 CO₂条件に対し高 CO₂条件（+200 ppm））に伴って最大+45%の増加が認められ、高 CO₂に対する表現型可塑性に大きな品種間差を確認した。この高 CO₂に対する乾物重の表現型可塑性の品種間差の要因を解析すると、葉面積の増加程度が単位葉面積あたりの乾物生産の増加程度よりも強く作用し、全変動の 36%を説明した。さらに葉面積の応答の品種間差は個葉のサイズの応答で 46%が説明できた。個葉のサイズは多くの品種で高 CO₂処理により減少する傾向を示し、品種により−51%から+15%（平均−13%）変動した。すなわち、高 CO₂環境下における乾物生産に対して、個葉のサイズを高 CO₂環境下で減少を抑える品種特性が有利に作用することを明らかにした。

第 4 章では、気温に対する乾物生産の表現型可塑性を評価し、いずれの品種でも気温の上昇に伴う乾物重の増加が認められた。その程度は単回帰の傾きで 1℃あたり 1.23 g から 2.96 g の間で品種による変異があり、温度に対する表現型可塑性の品種間差を確認した。この温度応答の品種間差異は、単位葉面積あたりの乾物生産よりも個体あたりの葉面積の応答性の違いにより変動の 96%が説明できた。さらに個体あたり葉面積の応答性は個葉のサイズの応答性

で52%が説明できた。すなわち1枚あたり葉面積を高温下で、より増加させる品種特性が、気温の上昇に対して優れた表現型可塑性に寄与していた。

第5章では、これらの表現型可塑性の品種間差を定量的に評価するため、乾物生産を気温の変化に伴う葉面積の変動と単位葉面積あたりの生産力との間のトレードオフを表現する簡易な成長モデルを構築した。このモデルは平均平方二乗誤差 7.4 g plant^{-1} (決定係数 0.55) の精度で乾物重を予測できた。このモデルを用いて、コシヒカリを基準品種として設定し、2パラメータをそれぞれ各品種のパラメータと交換すると、前者を交換した場合で28% (-5%から+35%)、後者で18% (-49%から+158%) 乾物重が増加し、乾物生産が気温の上昇・CO₂の増加に伴う資源の増加を、葉を薄く広く展開し個葉のサイズを拡大する能力により依存していることを定量的に明らかにした。

以上、本研究は幅広い遺伝背景を持つイネ品種群を供試して気温および大気CO₂に対する表現型可塑性を評価し、高温・高CO₂環境に適した品種特性として、葉を薄く広く拡大する能力の重要性を定量的に明らかにした。

論文審査の結果の要旨

大気中の二酸化炭素 (CO₂) の増加や気温の上昇などの気候変動は、資源の増加を介してイネの生産性を高めることが期待される。本研究では、栽培稲であるアジアイネ (*Oryza sativa* L.) とアフリカイネ (*O. glaberrima* Steud.) の幅広い遺伝的背景をもつ品種群を供試し、気温やCO₂濃度の上昇に対する乾物生産の応答から、近未来に想定される環境下で乾物生産を高める生理生態的特性を明らかにすることを目的とした。

第1章では、イネの生産の現状と気候変動が拡大する将来の課題について整理した。第2章では、供試した幅広い遺伝的背景のイネ17品種の潜在的な生産力を評価した。乾物重には大きな変異がみられた。品種による乾物重の変動の81%は個体あたり葉面積により説明でき、葉面積の変動の56%は、個体に着生している葉の総数よりも、個葉のサイズの品種間差により説明できた。

第3章では、高CO₂処理に対する乾物生産の応答、すなわち表現型可塑性を評価した。17品種中15品種で乾物重がCO₂の上昇に伴って最大+45%の増加が認められ、高CO₂に対する表現型可塑性に大きな品種間差を確認した。この高CO₂に対する乾物重の表現型可塑性の品種間差の要因を解析すると、葉面積の増加程度が単位葉面積あたりの乾物生産の増加程度よりも強く作用し、全変動の36%を説明した。さらに、葉面積の応答の品種間差は個葉のサイズの応答で46%が説明できた。個葉のサイズは多くの品種で高CO₂処理により減少する傾向を示し、品種により-51%から+15%変動した。すなわち、高CO₂における乾物生産を高めるためには、高CO₂による個葉のサイズの減少を抑える品種特性が有効であることを明らかにした。

第4章では、気温に対する乾物生産の表現型可塑性を評価し、いずれの品種でも気温の上昇に伴う乾物重の増加が認められた。その程度は単回帰の傾きで1℃あたり1.23 gから2.96 gの間で品種による変異があり、温度に対する表現型可塑性の品種間差を確認した。この温度応答の品種間差異は、単位葉面積あたりの乾物生産よりも個体あたりの葉面積の応答性の違いにより変動の96%が説明できた。さらに個体あたり葉面積の応答性の変動の52%は個葉のサイズの応答性で説明できた。すなわち、個葉サイズを高温下でより増加させる品種特性が、将

来の高温下で有効であることを明らかにした。

第5章では、これらの表現型可塑性の品種間差を定量的に評価するため、乾物生産を気温の変化に伴う葉面積の変動と単位葉面積あたりの生産力との間のトレードオフを表現できる簡易な成長モデルを構築した。このモデルは平均平方二乗誤差 7.4 g plant^{-1} の精度で乾物重を予測できた。このモデルを用いコシヒカリの葉面積に関わるパラメーターをアフリカイネ「CG14」とすると+20%乾物重が増加することを明らかとした。

以上、本研究は幅広い遺伝背景を持つイネ17品種を供試して気温および大気CO₂に対する表現型可塑性を評価した結果、高温・高CO₂環境において、葉を薄く広く展開できる品種特性が乾物生産を高める上で有効であることを定量的に明らかにした。

本学位論文の成果は以下の3点に要約される。

- 1) イネ品種群の乾物生産能力に大きな変異があり、その多くの部分が葉を薄く広げる資源分配能力に依存することを明らかにした。
- 2) 大気中CO₂濃度上昇に対する乾物生産能力の表現型可塑性の品種間差は高CO₂下で葉を薄く維持する能力に依存することを明らかにした。
- 3) 気温の上昇に対する乾物生産能力の表現型可塑性の品種間差は高温でより効率的に葉を薄くする能力によることを明らかにした。

イネ品種群の乾物生産の気候変動に対する応答性について、葉の形態的特性が重要である点を定量的に明らかにし、将来の世界の食料生産の発展に資する成果といえる。

本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. Masuya, Y., Kumagai, E., Matsunami, M. and Shimono, H.(2021) Dry matter partitioning to leaves differentiates African and Asian rice genotypes exposed to elevated CO₂. *Journal of Agronomy and Crop Science* Vol. 207 Issue 1. pp. 120 – 127.