

第17回農学部賞 受賞者

- ・中山 聖菜
生物資源生産科学コース 農学分野
- ・柳沢 知世
生物資源生産科学コース 生物生産環境工学分野
- ・井上 宙夢
応用生物科学コース 応用生命化学分野
- ・中村 紗彩
応用生物科学コース 食糧化学工学分野
- ・中園 理美
動物生産科学コース 水産科学分野

第17回生物資源環境科学府賞 受賞者

- ・ SURIYASAK Chetphilin (博士後期課程)
資源生物学専攻 作物学
「Study on Transgenerational Responses to High Temperature during Grain Filling in Rice (*Oryza sativa* L.)」
- ・ 高田 亜沙里 (博士後期課程)
環境農学専攻 水環境学
「データ寡少な東南アジア流域の利水・治水の課題解決に向けた多目的貯水池の最適操作規則の提案」

**Study on Transgenerational Responses to
High Temperature during Grain Filling in Rice (*Oryza sativa* L.)**

Suriyasak Chetphilin

Abstract

Rice is considered as one of the most important crops for global food consumption, especially in Asian countries. As the global temperature keeps rising, high temperature has profound effects on rice production. Therefore, adaptive traits to heat stress might be a way to improve rice yield and quality toward up-coming global warming. “Transgenerational effects” show that responses to environmental stresses of parent plants could be transferred to offspring. These effects are observed in wide range of plant species under various stress conditions as an adaptive strategy for offspring to accustom to new environment. However, the effects of heat stress during grain filling on offspring’s growth and development are remained to be studied. Thus, this study aims to elucidate the transgenerational heat stress effects during grain filling on offspring growth and development under natural condition.

In this study, we proposed the effects of heat stress during grain filling on rice development and phenotypic changes. First of all, heat stress causes elevated endogenous ROS content in developing grains, inducing up-regulations of GA biosynthesis, ABA catabolism and α -amylase gene expression, resulting in chalkiness occurrence. Application of antioxidant, DTT, could effectively improve grain quality via reducing endogenous ROS content in grains.

Secondly, seeds developed under high temperature showed significantly delayed germination rates compared to control. This delay in germination was due to changes in transcriptional levels of ABA metabolism and α -amylase genes during imbibition. DNA methylation level analysis revealed that hyper-methylation was observed in target genes, whose promoters contain CpG island for DNA methylation, causing transcriptional repression.

Next, plants developed from heat stressed seeds showed several phenotypic changes during vegetative growth under natural condition. Higher tiller number and reduced plant height during development are strategies for plants to produce more seeds per plants, which is considered as an adaptation toward stress. This phenomenon benefits human-being as it produces more seeds under the same condition as control, resulting in higher yield with the same cost. This suggests a novel and sustainable way of improving crop plant cultivation by using its own adaptation. It is expected that other plants, starting from cereals, might also have the same ability which is very interesting for study in the next future.

Although it has been known that environmental cues, especially temperature, could affect heading dates in rice. In *Arabidopsis*, maternal temperature could affect offspring's flowering date. Yet, how the temperature memory of the previous generation influence heading date of next generation has not yet well-studied. Here, we found a possibility that heading related-genes might play an important role in a relationship between transgenerational memory and current day-length environment for the final phenotypic determination.

Finally, heat stressed plants showed significantly higher thermotolerance during grain filling under heat stress as up-regulated gene expression of starch biosynthesis genes and higher photosynthetic rates were observed. This resulted in better grain quality in terms of less chalkiness occurrence under heat stress.

As our study has suggested many advantageous adaptive traits of rice plants treated with heat stress during grain filling, it has become an interesting thought that other cereal plants and also dicot plants might also acquire the similar adaptation. Therefore, we wish that this study would shed light on other interesting and astonishing research to improve world's agricultural production toward global warming in the next future.

氏 名 : 高田 亜沙里

研究課題名 : データ寡少な東南アジア流域の利水・治水の課題解決に向けた多目的貯水池の最適操作規則の提案

要 旨

東南アジア新興諸国では、人口増加や経済発展により様々な利用目的に対する需要水量が増加しており、必要水量の確保と効率的かつ適切な水供給が、持続可能な水資源管理のための重要な課題となっている。一方で、雨季の洪水による浸水被害が深刻な問題となっており、気候変動に伴う集中豪雨や海面上昇による浸水被害の増加が懸念されている。このように、東南アジア新興諸国の水管理においては、利水と治水のトレードオフ問題が顕在化しており、その効果的な解決策の提案が急務である。本研究は、統合的な流域水管理のために最も効率的なツールの一つである貯水池に焦点を当て、その操作規則であるルールカーブの最適化手法の開発、および最適化計算に不可欠な貯水池流入量を計算する分布型降雨流出モデルの開発を目的とした。解析対象はベトナム南部に位置する Dau Tieng 貯水池とした。同貯水池は、Ho Chi Minh 市の洪水防除と様々な需要に対する水供給を担う多目的貯水池であり、貯水位操作を規定したルールカーブをもとに放流・貯水操作が行われている。

まず、東南アジア流域のデータ寡少性の問題を克服しつつ、短時間で流出計算が可能な分布型長期流出モデルの開発を行った。地域開発に伴う土地利用変化や、熱帯地域特有の降雨の空間的不均一性にも対応可能とするため、流域を矩形メッシュの集合体で表現した分布型降雨流出モデルを構築した。入手した 90 m メッシュの各種データを 4500 m メッシュに粗視化することで計算時間を大幅に短縮させた。その一方で、流域内の土地利用状況を的確に表現するため、各メッシュに主要な土地利用である森林、水田、畑地、市街地における流出特性を表現可能なタンクモデルを配置した。さらに、時間的に安定した基底流成分を表現する流域地下水タンクモデルを設定した。実測データが入手できた 1999 年から 2009 年で日単位の流域流出量を計算した結果、各年の再現精度に差が確認されたものの、期間全体としても流域流出量を十分な精度で再現できた。本モデルは、適用性の高いモデルとして知られるタンクモデルを各土地利用からの流出計算に用いているため、既往研究を参考にパラメータ値が推定し易く、東南アジア新興諸国におけるデータ寡少性が問題となる流域に対しても適用可能性が高い。また、大域的最適化のような計算時間の短縮が必須な事例にも有効なモデルである。

次に、①洪水制御、②生活用水、③工業用水、④環境用水、⑤農業用水の供給を担う Dau Tieng 貯水池を対象に、下流域の渇水軽減と洪水防除の両目的を最も効果的に両立可能なルールカーブの最適化手法の開発を行った。Dau Tieng 貯水池のルールカーブは、貯水池操作における 5 つの基準水位である排除水位、上位水位、下位水位、限界水位、死水位から成る。また、各基準水位は需要水量や雨季・乾季を考慮して定められており、1 月から 12 月までの毎月 1 日の基準水位 12 点で構成されている。その時々貯水位が各基準水位を超過するか否かで、各用水項目に対する給水量、および洪水吐からの放流量が決定される。本研究では、長期間スケールの問題である渇水、および短期間スケールの問題である洪水を効果的に考慮するため、1 日単位ステップで貯水池の放流量・貯水量の計算を行い、ルールカーブを最適化した。最適化手法には、他の手法よりも強力な大域的探索能力を有する SCE-UA 法を採用した。現行ルールカーブでの充足率が十分に満たされていない、

環境用水と農業用水の水不足量の最小化を目指した 2 種類のサブ目的関数，および下流域の洪水防除と渇水軽減を目指した 6 種類のペナルティ関数を，各目的の重要性を示す重み係数を用いて単一の目的関数として定式化した．得られた最適ルールカーブでは，工業用水と環境用水の充足率が 100 %，農業用水の充足率が 79.1 %となった．これは現行ルールカーブの充足率に対して，工業用水が+2.7 ポイント，環境用水が+7.6 ポイント，農業用水が+12.7 ポイントの増加であり，各用水項目の充足率が大きく改善された．また，最適ルールカーブを用いると，工業用水，環境用水，農業用水に対する供給の制限日数が現行ルールカーブの場合より少なくなり，渇水に効果的であることが示された．また，洪水吐からの放流を行う日数が減少しており，下流の洪水防除に有効であることも示された．

以上，本研究では，**Dau Tieng** 貯水池の下流域における渇水軽減と洪水防除の両目的を最も効果的に両立可能なルールカーブの最適化手法，および計算時間やデータ寡少性の問題を克服できる分布型長期流出モデルを開発できた．データ寡少性の問題を考慮した本手法は，他流域にも適用可能性が高く，東南アジア新興諸国の水管理における利水・治水のトレードオフ問題の解決に資することが期待できる．