

アジア・アフリカの不良環境における生産性向上に向けた植物遺伝資源の作物学的評価

井関光太郎（国際農林水産業研究センター）

アジア・アフリカでは、人口増による耕作不適地への農地拡大や既存の農地の土壌劣化に加え、近年の気象不安定化による耕地の不良環境化が進行している。多様な環境において選抜を受けてきた植物遺伝資源は、様々な不良環境に対して適応をもたらす遺伝子の供給源と考えられるが、その育種利用においては遺伝資源の適正な評価・選抜を行わなければ生産性向上につなげることができない。本業績はイネの抗酸化能力の遺伝的多様性の評価と東南アジア天水稲作におけるその生産性への影響の解明を通して、実験室環境と圃場環境の乖離について問題を提起し、遺伝資源の評価に先立って対象環境を明確にすることの重要性を示した。また、マメ科野生遺伝資源の遺伝的多様性の評価を通して、作物の近縁野生種が持つ育種的価値とその利用可能性を示した。さらに重要形質の簡易評価手法を開発し、西アフリカにおける主要畑作物の遺伝資源利用にむけた評価情報の集積に寄与した。これらの研究を通じ、今後、植物遺伝資源の育種利用を進めるために必要な戦略を提示した。得られた成果は以下のように要約される。

1. 東南アジア天水稲作における生産性向上に向けた光酸化傷害の遺伝的多様性の解明

活性酸素は乾燥ストレスにより光合成電子伝達系などで増加し、細胞膜タンパク質やDNAの損傷（光酸化傷害）を引き起こすことが知られ、光酸化障害に対する耐性が作物生産の安定化に寄与することが期待されてきた。そこで、イネのコアコレクションを用いて抗酸化能力の遺伝的多様性を実験室環境で簡便な幼苗検定により評価した。広範な品種・系統の調査から、乾燥ストレス耐性と抗酸化能力との間に関連性をみいだすとともに、インド型品種よりも日本型品種で抗酸化能力が高いことを明らかにした（業績1）。東北タイの稲作環境において生じる光酸化傷害の程度を調査した結果、天水田稲作の条件において生じる軽度の土壌乾燥では、エネルギー調節機構によって光酸化傷害の発生は低く抑えられていることを明らかにした（業績2）。さらに、圃場環境では生育途中に環境への順化がおり、光酸化傷害の程度は栽培期間の経過とともに緩和されることを発見した（業績3）。実験室環境で選抜した抗酸化能力の異なるイネ系統を天水条件で栽培した場合、抗酸化能力の高い系統は湛水条件と比較してバイオマスが相対的に維持されるが、同時にこれらの系統は湛水条件におけるバイオマスの絶対量が小さかった（業績4）。以上のことから、抗酸化能力が乾燥耐性に有効な場面は強度の乾燥条件に限ることが示唆された。この結果は実験室中心の生理学的な評価結果が圃場環境において必ずしも再現されないことを端的に表しており、遺伝資源評価の際にはまず研究対象とする地域の耕地環境を明確にし、実験室ではそれに準じたスクリーニング条件を設定する必要があることを示した。

2. *Vigna* 属野生種の乾燥および塩ストレス耐性の遺伝的多様性の解明

Vigna 属はアジア原産のアズキやリョクトウ、アフリカ原産のササゲやバンバラマメなど9種類の栽培種を含むマメ科のグループであり、およそ100種を超える近縁野生種はアジア・アフリカの幅広い環境に自生することから、これらを利用した栽培種の遺伝的改良に期待が寄せられている。そこで、39種69系統からなる*Vigna* 属野生種群について乾燥ストレス耐性および塩ストレス耐性の遺伝的多様性を温室内の評価試験によって明らかにした（業績5、7）。乾燥耐性評価の際、前述のイネの研究経験にもとづき、ストレスの強度を段階的に設定するとともに、圃場により近い環境で土壌乾燥が進行するような栽培系を確立することで、乾燥条件によって耐性を示す系統が異なることを示した。耐塩性については、細胞内イオン濃度をイオンメータを用いて簡易に測定する手法を開発し（業績6）、これを用いた複数の塩ストレス耐性系統の評価と、野生種群の分子系統解析の知見から、それらの系統が独自に進化し異なる耐性メカニズムを有することを示唆した。*Vigna* 属を用いた一連の研究により、野生種のストレス耐性育種における利用、とくに乾燥および塩ストレス耐性に優れた野生種を利用した栽培種の改良可能性が明らかになった。

3. 西アフリカにおける主要畑作物の育種強化に向けた迅速・簡便な遺伝資源評価手法の開発

西アフリカは現地の主要畑作物であるササゲやホワイトギニアヤム（以下、ヤム）の多様性中心であり、現地研究機関には多様な遺伝資源が数多く保存されているが、その育種利用は進んでいない。その原因として、経済的、技術的理由から遺伝資源の体系的な形質評価が行われていないことが挙げられ、重要な形質について簡便、安価に評価できる手法が求められている。ヤムはイモによる栄養繁殖であるうえ、生育期間が長く栽培に労力を要するため、植物の破壊サンプリングを伴う基本的な生育調査なども困難であり、評価できる系統数は多くとも数十程度に限られる。さらに、ツル性のため栽培に支柱を用いることから他作物で利用されている分光反射測定による地上部バイオマス評価は適用できない。そこで、低価格の分光反射センサーを縦方向に走査することで短時間かつ非破壊的に地上部バイオマスを推定する手法を開発した（業績8）。これを200以上の個体からなるヤムの交雑集団に適用し、生育中期の地上部生育量と最終的なイモ収量の関係性を明らかにするとともに、この関係性に遺伝的な差異が存在することを示した。また、乾燥ストレスが大きな問題となっているササゲについて、ストレス指標の一つである気孔コンダクタンスを熱画像から簡易に推定する手法を開発した（業績9）。従来用いられてきた手法よりも日射や湿度、気温の変化に対する頑健性が高く、異なる気象条件下でも絶対評価による比較が可能である。これを248系統からなるササゲのミニ・コアコレクションに適用し、生育時期別に気孔コンダクタンスの遺伝的多様性を明らかにした。上記いずれの手法も安価な機器による簡便・迅速な評価が可能である上、ヤムやササゲ以外の作物へも適用することができ、西アフリカにおける主要畑作物の遺伝資源利用促進に大きく貢献するものである。

本業績は、植物遺伝資源の利用を通じたアジア・アフリカの不良環境における作物生産性の向上にむけ、対象環境の明確化、多様な遺伝資源の利用、簡便・迅速な評価手法の選択が重要であることを示した。これは、実験室環境と圃場環境の乖離、育種材料における多様性の喪失、評価手法の不均一性および煩雑性など、遺伝資源利用に係る一連の障壁を克服するための具体策を提示するものであり、今後さらなる発展が期待されることから、日本作物学会研究奨励賞に十分値する業績と評価される。

研究業績

1. Iseki K, Homma K, Shiraiwa T, Jongdee B, Mekwatanakarn P. (2013). Genotypic variation of photosystem II photoinhibition and energy partitioning in relation to photosynthetic adaptability to mild soil water deficiency of rice cultivation in northeast Thailand. *Field Crops Research*, 144, 154-161.
2. Iseki K, Homma K, Irie T, Endo T, Shiraiwa T. (2013). The long-term changes in midday photoinhibition in rice (*Oryza sativa* L.) growing under fluctuating soil water conditions. *Plant Production Science*, 16, 287-294.

3. Iseki K, Homma K, Endo T, Shiraiwa T. (2013). Genotypic diversity of cross-tolerance to oxidative and drought stresses in rice seedlings evaluated by the maximum quantum yield of photosystem II and membrane stability. *Plant Production Science*, 16, 295–304.
4. Iseki K, Homma K, Shiraiwa T, Jongdee B, Mekwatanakarn P. (2014). The effects of cross-tolerance to oxidative stress and drought stress on rice dry matter production under aerobic conditions. *Field Crops Research*, 163, 18-23.
5. Iseki K, Takahashi Y, Muto C, Naito K, Tomooka N. (2016). Diversity and evolution of salt tolerance in the genus *Vigna*. *Plos One*, 11: e0164711. DOI: 10.1371/journal.pone.0164711
6. Iseki K, Marubodee R, Ehara H, Tomooka N. (2017). A rapid quantification method for tissue Na⁺ and K⁺ concentrations in salt-tolerant and susceptible accessions in *Vigna vexillata* (L.) A. Rich. *Plant Production Science*, 20, 144-148.
7. Iseki K, Takahashi Y, Muto C, Naito K, Tomooka N. (2018). Diversity of drought tolerance in the genus *Vigna*. *Frontiers in Plant Science*, 9, 729. DOI: 10.3389/fpls.2018.00729
8. Iseki K, Matsumoto R. (2019). Non-destructive shoot biomass evaluation using a handheld NDVI sensor for field-grown staking Yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Plant Production Science*, 22, 301-310.
9. Iseki K, Olaleye O. (2019). A new indicator of leaf stomatal conductance based on thermal imaging for field grown cowpea. *Plant Production Science*, in press. DOI: 10.1080/1343943X.2019.1625273