

4. 教育研究活動

4-1 植物の耐乾性を向上させる化合物開発と分子育種

バイオサイエンス教育研究センター 助教 岡本 昌憲

■ 乾燥地の問題

日本に住む私たちにとって、乾燥地をイメージすると、アフリカ北部のサハラ砂漠やオーストラリアなど、特定の国や地域の問題に思えるかもしれませんが、しかし、乾燥地と定義される地域は、ほとんど雨の降らない極乾燥地域から非灌漑の農業を可能とする乾燥半湿潤までとされ、それらは全大陸の40%にもなります(図1)。さらに、地球の人口の約35%がこれら乾燥地で生活しています。つまり、人間にとって乾燥地は身近な存在と言えるでしょう。

一方で、産業革命以降、化石燃料の使用により、急速に大気中のCO2濃度が増加し、さらには、国際的な人類の肉食化に伴い、家畜などから発生する温暖化効果の極めて高いメタンガスが世界の温暖化を加速させています。温暖化は、砂漠化の拡大につながり、深刻な水不足をもたらします。水は人類の生存と生活に必須であるだけでなく、家畜や作物生産に不可欠であり、水不足は食糧確保の観点から人類にとって最大の脅威となります。私たち日本人には自然災害での最大の脅威とは地震や津波ですが、世界に視野を広げれば、歴史的に乾燥・干ばつは、飢餓を要因として多くの人類の生命を奪ってきました(図2)。このように、今後の私たち人類が持続可能な生活を営むためには、水の有効利用や、水の少ない環境で作物や植物の栽培を可能とする技術の開発が必要です。

■ 植物の耐乾性に関わるアブシジン酸

世界の作物生産において、収量の減少に関わる要因として乾燥が大きい(図3)。つまり、今後、拡大する乾燥地において、安定的な作物生産を行うには、植物の耐乾性を向上させる必要があります。植物の乾燥ストレス耐性には、低分子有機化合物のアブシジン酸(ABA)が重要な役割を果たします。植物が乾燥を感じると、ABAが合成され、乾燥に耐性を持てるようになります。ABAは陸上植物の生存に必須の物質であり、微量で効果が発揮される植物ホルモンとして認識されています。ABAは植物の乾燥ストレス耐性を付与する糖やアミノ酸などの様々な適合溶質の合成を促すだけでなく、葉の表面に存在する小さな穴があいた気孔の閉鎖を調節します。葉から失われる水の約90%はこの気孔を通じて行われます。したがって、ABAを活用し、上手く気孔の開度を調節することで、植物が消費する水の量もコントロールできると期待されています。

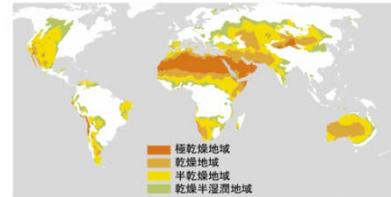
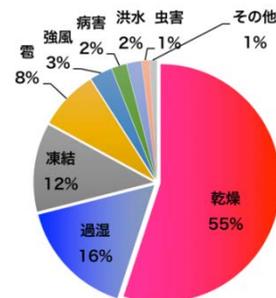


図1. 世界の乾燥地
Millennium Ecosystem Assessment(2005)
環境省資料より

1	1984年	干ばつ(エチオピア)	120万
2	1984年	干ばつ(スーダン)	50万
3	1973年	干ばつ(エチオピア)	50万
4	1976年	地震(中国)	30万
5	2010年	地震(ハイチ)	30万
6	2011年	干ばつ(東アフリカ)	26万
7	2004年	津波(インドネシア)	20万

図2. 自然災害による死者数(1970~2015年)



Source : World Bank
図3. 穀物の損失原因

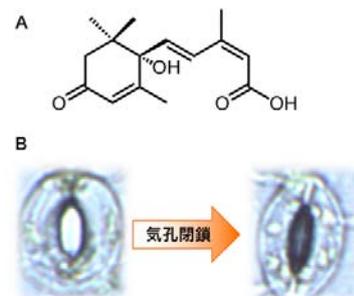


図4. A.アブシジン酸(ABA)の化学構造
B.ABAによる気孔の閉鎖

■植物の耐乾性を向上する化合物開発

ABAは植物の乾燥ストレスに有効的な作用がありますが、ABAそのものが化学的性質により不安定であり、植物の生体内ではABAを分解する酵素によって不活性化されてしまいます。そのため、ABA内生量の増加を促す化合物や、ABAと似た作用をもつ人工化合物は新たな耐乾性付与剤として利用できます。筆者は、ABAを分解する酵素遺伝子のCYP707Aについて長らく研究してきました。この酵素を遺伝子操作で破壊するとABAが蓄積し、耐乾性が向上します。遺伝子操作は、実用作物では形質転換が困難であることが多く、広く様々な作物で展開するには現実的に難しいのです。そこで、CYP707Aの酵素の機能を抑制する化合物(阻害剤)の利用法があげられます。化合物の投与は、植物種を選ばず、簡単に耐乾性を付与することが可能です。筆者らの研究グループは、CYP707Aの酵素を阻害する化合物を市販のP450阻害剤の中から見つけ出し、さらに、化合物を改良して、CYP707Aの活性を効果的に阻害するアブシナゾール-E3M(Abz-E3M)を開発しました(図5)。この化合物の投与により、葉からの蒸散量が抑制され、耐乾性に関わる遺伝子の発現が誘導され、植物の耐乾性が向上しました。また、筆者らは、ABAを受容する受容体に着目し、受容体に結合して、耐乾性を向上させる人工化合物(ABAアゴニスト)の開発にも成功しています。これらの作用機構が異なる二種の化合物は、実際の農業に利用するには、人間や環境への安全性の検証の問題が残っていますが、これらの問題が解決され、将来、乾燥地における食料の安定生産に利用されることを願っています。

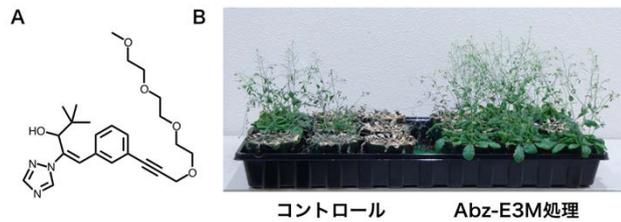


図5. A. ABA不活性化酵素阻害剤(Abz-E3M) B. Abz-E3Mの投与の効果

■節水型耐乾性作物の開発

日本のコムギの9割はアメリカ、カナダ、オーストラリアなどの海外に頼っており、多くは雨水に依存した非灌漑の乾燥地でコムギが栽培されています。干ばつにより、海外コムギの生産量が低下すると、国内のコムギ製品の供給や価格に影響します。したがって、乾燥地がない日本でも、海外の乾燥地農業にも目を向ける必要があります。筆者らは、モデル植物として知られるシロイヌナズナで得た知見をコムギに応用し、ABAの受容体を過剰発現させた形質転換体のコムギ(TaPYLox)を作成しました。TaPYLoxは期待通りに耐乾性が向上したほか、水の消費量を抑えながら穀物生産が可能な節水型の形質を有していることが判明しました(図6)。しかし、コムギの場合は、形質転換体を世界市場に流通させることは社会的な抵抗からほぼ不可能です。そのため、遺伝子組換えに頼らない方法で、様々な遺伝的背景を有するコムギから、ABAの感受性が向上した節水型耐乾性コムギの選抜を行っています。最終的には、選抜したコムギが世界の乾燥地におけるコムギの耐乾性を向上させるための育種素材として利用され、世界の食糧の確保に少しでも貢献できればと願いを込めて、研究を行っています。

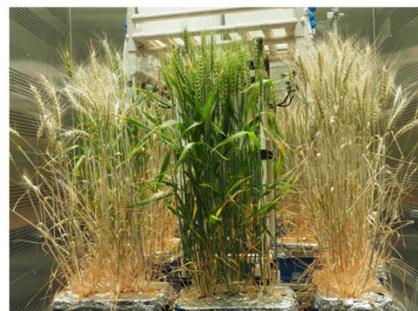


図6. 節水型耐乾性コムギ(中央)