

数字に見る 科学と未来 Vol.10

節水型耐乾性コムギを開発 乾燥地帯を世界の穀倉に変える

今年4月、国連世界食糧計画(WFP)などは、世界で1.1億人以上の人が飢餓に陥っていると発表した。人口増加に加え、地球温暖化による世界的な砂漠化や干ばつも食糧不足に拍車をかけている。2100年には全陸地面積の56パーセントが乾燥地帯になるという予測も出される中、乾燥化と食糧不足への対策として期待されるのが、水資源を有効活用できる「節水型耐乾性コムギ」だ。その開発に尽力する宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センターの岡本昌憲助教の取り組みに迫る。



世界的に増えるコムギの消費

コムギ、イネ(コメ)、トウモロコシは世界の3大穀物といわれ、人類にとって重要な食糧だ。農業技術の進歩や作物の品種改良などによって生産量は増加したが、農業に必要な水資源を十分に確保できない乾燥地帯は広がり続けている。世界人口の増加と乾燥地帯の拡大により、食糧不足は深刻化している。

「現在でも陸地の約40パーセントは乾燥地に分類され、そこに全人類の35パーセントが住んでいますが、乾燥地帯は今も広がっています。水の少ない地域でも良く育つコムギを開発できれば、穀物の生産量を増やすことができるでしょう」と岡本さんは研究の意義を語る。

岡本さんがコムギに着目した理由の1つに、コムギの需要増加がある。地球人口の増加に加え、それまでコムギを食べていなかった人たちがコムギを食べるようになったことも要因だ。日本でもコメの消費量が減って、コムギ

の消費量が増加しているが「アフリカのスーダンでも主食のソルガムの消費量が減少し、コムギの輸入量が増えています。コムギの消費量増加は世界的な潮流になっています」と岡本さんは指摘する。コムギはイネやトウモロコシと比べて、栽培面積こそ広いが、収量は低く留まっている。そこで、コムギの安定供給には乾燥地帯での栽培を可能にし、収量を増やすことが有効だと考えた。

気孔を閉じるホルモンに着目

植物はどうすれば乾燥に強くなるのだろうか。その鍵を握るのが植物ホルモンだ。動物が生きていく上で性ホルモンや成長ホルモンが重要な役割を果たすように、植物もホルモンを利用して生きている。地上の植物は共通したホルモンを持ち、1つのホルモンがさまざまな役割を果たす。植物の耐乾性に関与するのが、複雑な機能を持つ植物ホルモンの1つ、アブシシン酸だ。

植物の葉には光合成のガス交換を行うための気孔があり、気孔からは水分が蒸散している。アブシシン酸がこの気孔を閉じる動きを担っていることは知られていたが、「この仕組みが詳細に解明されたことで研究が大きく前進したのです」と岡本さんは話す。

通常的环境では、気孔を閉じるシグナルの伝達を担うSnRK2酵素はPP2C酵素により阻害されていて、気孔は開いた状態だ。しかし、乾燥などの環境ストレスによりアブシシン酸が生産されると、アブシシン酸と結合した受容体がPP2C酵素の働きを阻害する(図1)。これにより、SnRK2酵素が働くようになり、気孔が閉じるという仕組みだ。

単純に考えれば、アブシシン酸を増やせば気孔を閉じることができそうだが、そう簡単ではない。植物ホルモンが働く経路は複雑なため、どの部分に手を加えるのが良いのかを考える必要があった。岡本さんが選んだのは、複数あるアブシシン酸受容体の1つを増やす方法だった。

まずはモデル植物であるシロイヌナズナを用いて実験を開始した。2000年に植物としては初めて全ゲノム解析が完了しており、植物の特徴と遺伝子の関係が比較的良好にわかっているという利点があった。アブシシン酸受容体の遺伝子をシロイヌナズナのゲノムに導入し、受容体を多く持つ個体を作成して調べたところ、乾燥に強いことが確認できた。同様の操作をコムギに対して行えば、同じように乾燥に強いコムギができるはずだが、シロイヌナズナでの成功をコムギに応用するのは容易なことではない。

遺伝子導入で光合成も効率化

岡本さんはその理由をこう説明する。「コムギ(パンコムギ)のゲノムサイズはイネの40倍、ヒトの5倍と非常に大きい上、3種類の植物の交雑から生まれたこともありゲノムの構成が複雑です。コムギゲノムの解読には13年を要して、ようやく完了したのは18年のことです。研究を開始した当時には、断片的なゲノム情報しか無く、地道にアブシシン酸受容体遺伝子を探すことから始めました」。

9種類のアブシシン酸受容体遺伝子を単離して、それらの特徴を調べていくと、どの受容体が最も耐乾性の向上に寄与するのかが予想できた。そこで、遺伝子組み換え技術でその受容体を多く作らせようとしたが、コムギへの遺伝子導入は、非常に難しいことが知られていた。日本国内で数人だけが可能な匠の技だったが、協力を得た岡本さんは受容体を多く持つコムギを生み出すことに成功した。このコムギを育てると、シロイヌナズナと同様に、期待通り乾燥に強くなることがわかった(図2)。

耐乾性コムギの開発には、耐乾性向上以外にも課題があった。シロイヌナズナを中心とした多くの先行研究では、耐乾性の向上と引き替えに生育阻害が起き、生産性が低下してしまうことが問題となっていた。気孔が閉じると水の蒸散は抑えられるが、同時に光合成

に必要な二酸化炭素を取り込む量も減少するためだ。しかし、岡本さんが開発した耐乾性コムギでは、生育阻害は見られず、さらに乾燥条件で育てても種子の大きさが変わらなかった(図3)。

「効率的に光合成が行われているため、少ない水と二酸化炭素でも普通のコムギと同じように成長し、種子が収穫できると考えられます。なぜ、光合成が活発に行われるようになるのかは、今後の研究課題です」と岡本さん。

より少ない水で同じ収穫量が見込める岡本さんのコムギは、節水型の耐乾性コムギであるといえる。栽培に必要な水1リットル当たりの収量は、普通のコムギと比較して35パーセントも増加していた。

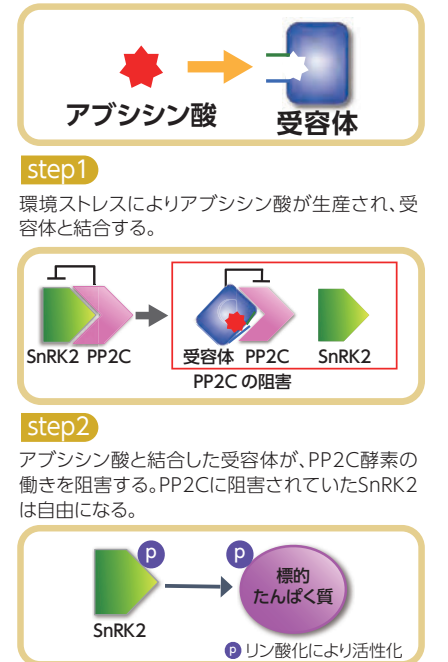
「第2の緑の革命」を起こせるか

今回開発された節水型耐乾性コムギは、遺伝子組み換えの技術を使っているため、安全であっても社会に受け入れられない可能性がある。そこで模索しているのが、遺伝子組み換えを使わない方法だ。

「アブシシン酸受容体を増やす遺伝子を持つ可能性がある野生のコムギをすでに見つけています。この野生種を使って、交配など従来の品種改良技術で節水型耐乾性コムギを作れるでしょう。ゲノムの解読によって効率的に品種改良が行えるようになったので、近い将来実現できると期待しています」と力を込める。現在は実用品種の作出に向け、ビニールハウス内で疑似乾燥区を作り、交配種の生育評価なども進めている。

1960年代から70年代にかけて穀物生産量の飛躍的な増加を可能にした「緑の革命」の要因の1つが、風の影響を受けにくく、種子が多く実っても倒れにくい草丈の低いコムギやイネの開発だった。少ない水で栽培できる乾燥に強いコムギの開発と普及は、乾燥地帯を世界の穀倉に変える「第2の緑の革命」になる可能性も秘めている。

■図1 気孔が閉じる仕組み。アブシシン酸が直接、気孔を閉じるのではなく、複数の分子が関与する複雑な仕組みになっている。少量の植物ホルモンで、植物全体をコントロールするために必要な仕組みだと考えられている。



step1 環境ストレスによりアブシシン酸が生産され、受容体と結合する。

step2 アブシシン酸と結合した受容体が、PP2C酵素の働きを阻害する。PP2Cに阻害されていたSnRK2は自由になる。

step3 SnRK2酵素が活性化し、標的たんぱく質を活性化させる。



■図2 普通のコムギと耐乾性を高めたコムギの比較。普通のコムギ(左)では枯れてしまうほど少ない水の量で育てても、耐乾性を高めたコムギ(右)は枯れずに青々と茂っている。



■図3 収穫したコムギの比較。十分な水がある環境で育成した場合(上段)は、普通のコムギと耐乾性コムギの種子に大きな違いは見られない。しかし、乾燥条件では、普通コムギ(左下)が萎縮するのに対して、耐乾性コムギ(右下)ではあまり影響がないことがわかる。