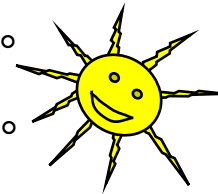


花粉の高温耐性を強化する

## はじめに

地球温暖化により、作物生産も深刻な影響を受けています。植物体の中でも特に花粉は高温や低温に弱く、穀類や果菜類、種子を利用する作物などでは耐性強化が課題となっています。

今回は、花粉の高温耐性の強化の試みを紹介します。



## 花粉の弱さ

花粉は、以下に述べる3つの原因により高温に弱いと考えられています。

まず、花粉は植物体全体が成長し、花芽分化した後に作られます。その際、減数分裂により体細胞の染色体数が半減し、花粉になる細胞が作られます。分裂では、タンパク質からできている細胞内骨格などが関わって細胞内で染色体が移動し、染色体が半減します。しかし高温下でタンパク質に異常が生じると、染色体が正常に半減しないため、正常な(稔性のある)花粉がつくれられません。

## 栄養供給の高温の影響

また花粉は、花粉を取り巻くタペート組織を経由して植物体からの糖を受け取ります。高温が続くとタペート組織に糖が十分供給されず、花粉も糖やデンプンを備蓄することができません。

花粉は、めしべの柱頭に付いた後、花粉管を胚珠まで伸ばして精核を運びます。これを花粉の発芽といいます。この**発芽する過程で多くのエネルギーを必要とするので、エネルギー源となる糖やデンプンが少ないと発芽力(稔性)が下がります。**

## 高温に対処するしくみ

さらに、高温に対処する分子レベルのしくみも花粉では不十分なようです。

高温によってタンパク質が変性(変質してしまうこと)し凝集すると、正常な活動ができなくなります。そこで微生物から植物、ヒトにいたるまで、**熱(ヒート)ショックタンパク質(HSP)**と略します)と呼ばれるタンパク質が働いて、変性したタンパク質の修理をし、修理しきれない場合は除去するしくみがあります。**HSP**は複数あり、分子の大きさで、例えば**HSP101**などというように呼ばれます。HSPは植物により若干の大きさの違いがありますが、大きさ毎に役割分担があります。

## 花粉のHSP101

高温によりタンパク質が変性するとHSP101が目印役として結合し、その後HSP40, HSP70が修理、分解を行うことが2000年に示されました(The Plant Cell vol.12、pp479-492)。

しかし、トウモロコシやダイズ、トマトなどの花粉にはHSP101(あるいはHSP100)がない例や、花粉では高温で誘導されない例などが報告されました。高温対策における分子レベルの不備が、明らかになったのです。

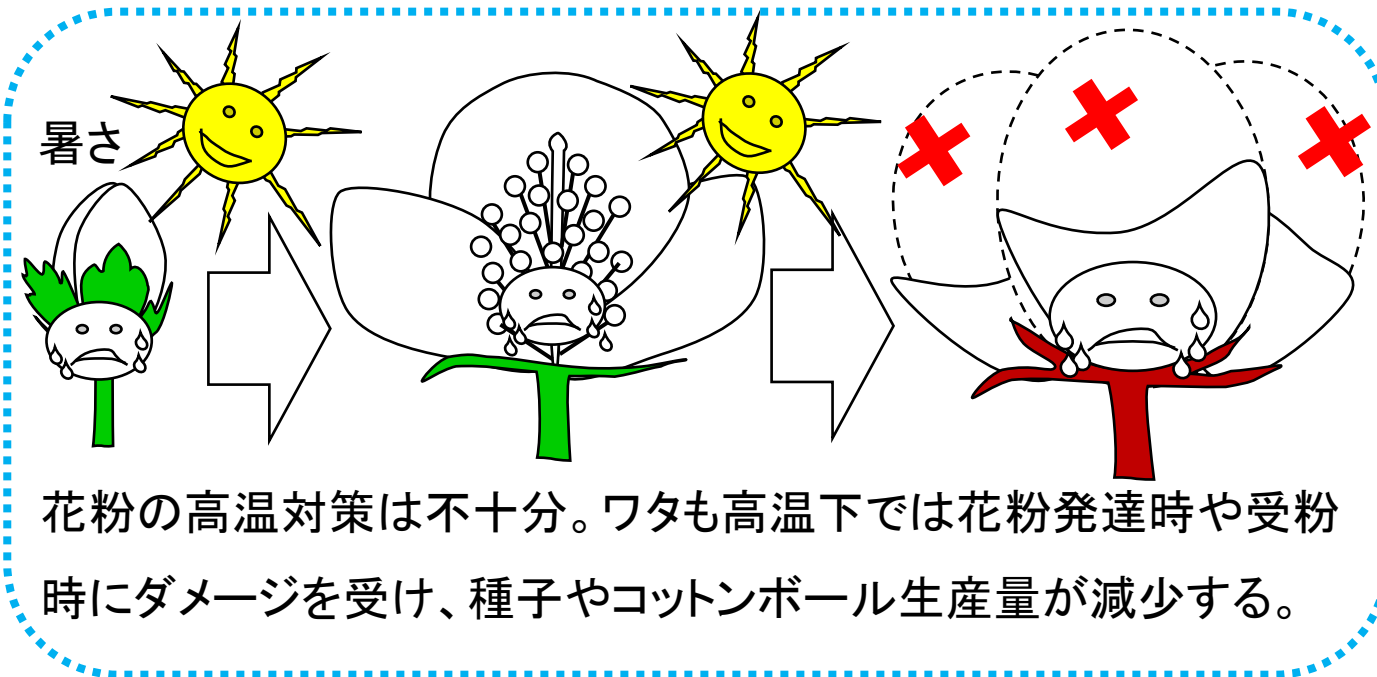
## 遺伝子組み換えによる高温耐性強化

そこで今回紹介する論文ではまず、タバコにシロイヌナズナの **HSP101** を常時(恒常的に)発現するような遺伝子を導入しました。

その遺伝子組み換えタバコの実生は、非組み換えタバコと比較すると高温下でも生育が良く、花粉管の伸長が良くなりました (PLOS ONE DOI:10.1371/ journal.pone.0122933 2015)。

## ワタの花粉の高温耐性強化

続いて同論文では、ワタに**HSP101遺伝子**を導入しました。ワタは、種子に付随したコットンボールが綿の原料となるので、花粉のダメージが生産量に影響します。



調査当時(2007年)のアリゾナでは、ワタが開花し、種子ができる頃の日中の気温は、ほぼ38°C以上の高温になったそうです。

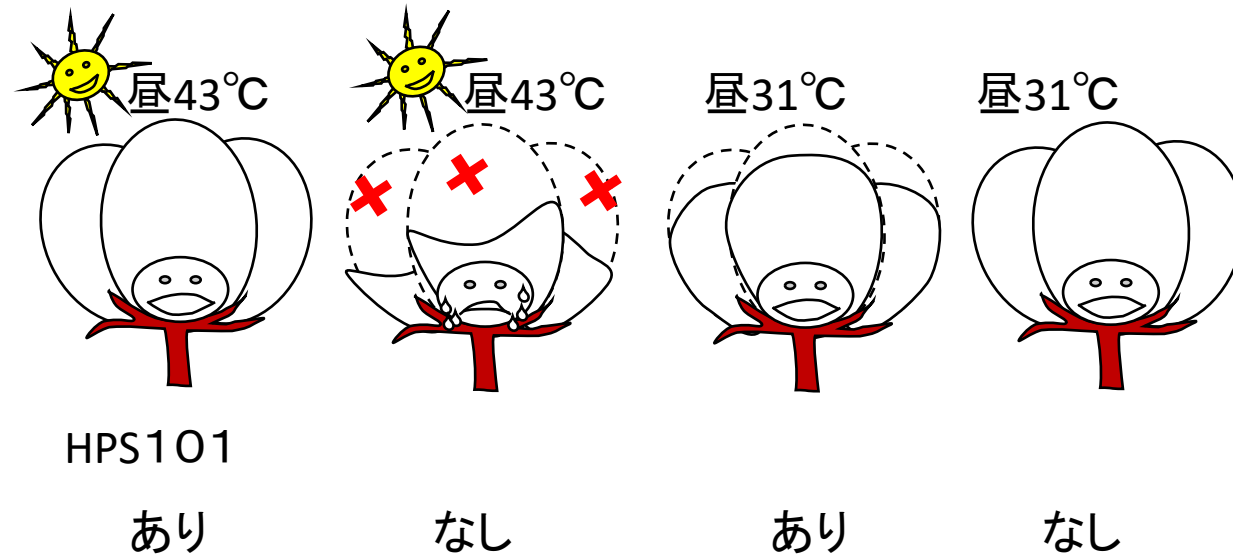
HSP101を恒常的に発現するような遺伝子組み換えワタの花粉を人工培地上に置床し、39°Cにおいても発芽すること、花を37°Cに数時間おいた後にも花粉の発芽がみられることが確認されました。

そして、高温となる温室(43°C/28°C、昼/夜)で栽培した場合でも、花粉の発芽率、花粉管の伸び共に適温時(31°C/27°C)と同様であることが示されました。



## 種子やコットンボールの生産向上

さらに高温栽培で栽培した場合、HSP101遺伝子組み換えワタの種子は、遺伝子が入っていないワタの5割増し、コットンボールは3倍の生産量となり、圃場レベルの効果も示されました。



## ワタの遺伝子組み換え

コットンボールは、アメリカでは重要な農産物の1つです。ワタでは、除草剤耐性遺伝子や害虫抵抗性遺伝子を導入した組み換え体が、すでに諸外国で実用栽培されています。高温耐性花粉のワタも、実用化されるようになるかもしれません。

## 花粉はあえて弱い？

ところで、花粉はあえて高温や低温に弱くできているのかもしれないとも考えられています。

高温や低温のような生育に適さない状況で、後代のための花粉への投資は割愛したい、あるいはその条件下で生育しない花粉は見限り、生き残る花粉で受粉するという自然の戦略かとも推測されています。

しかし、こう極端な暑さや寒さが続くと、圃場などでも耐性を獲得した花粉ができるかもしれません。

## 今後

日本でも、今年はずでに梅雨の時期に夏日がありました。40°C以上の高温への対策も、現実のものになっています。