

種子の老化とDNA

はじめに

私事ですが、遺伝子の本体はDNAと習ってからほぼ半世紀が過ぎました。当時は、DNAは容易に壊れたりしない安定した高分子であると思っていました。

DNAは、細胞分裂で複製される時、あるいはタンパク質合成の指令を出す時、子孫を残すため生殖細胞になるときなど、あらゆる場面で間違いが許されません。そのため、壊れにくいとだけ思っていただけなのかもしれません。

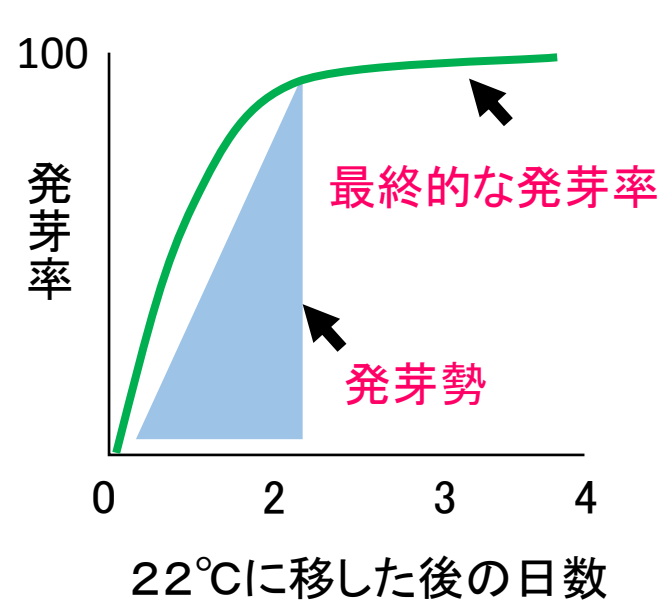
DNAもよく壊れる

21世紀になり、DNAも、1日あたり数万から数十万箇所
損傷が生じていることがわかってきました(化学と生物 Vol.5
4、pp123-129、2016)。DNAだけが、特別に安定ではなかった
ようです。

植物でも、DNA損傷の実態が明らかになってきました。今回
は、シロイヌナズナの**種子のDNA損傷に関する報告**を紹介し
ます。

シロイヌナズナの種子の発芽と老化

シロイヌナズナの種子は、4°Cで2日間吸水させてから22°Cに移すと、約30時間でほぼ100%発芽します。その最終的な発芽率に達するまでの勢いを、発芽勢といいます。



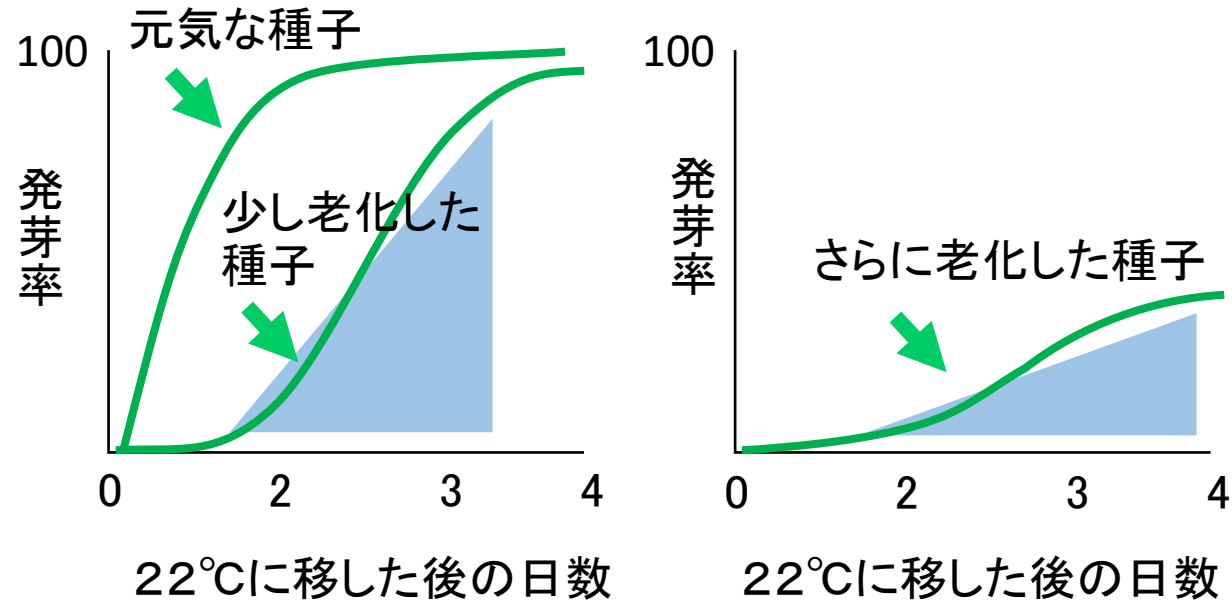
どちらも**種子の発芽力**を示す大事な情報となります。

シロイヌナズナ

野生株種子の発芽

PNAS113、9647-より改変

高い発芽力をもつ元気な種子も、長く保存すると発芽勢が落ち、最終的な発芽率も下がります。そのような発芽力の低下を**種子の老化**といいます。種子を高温多湿で保存すると、老化は進みます。



シロイヌナズナ野生株種子の老化と発芽

PNAS113、9647-より改変

種子の老化の原因

報告の著者等は、種子の老化の原因の1つは、DNAの損傷にあると考えました。

DNAには、二重らせんつまり二本鎖と、らせんがほぐれて一本鎖になっている状態があり、どちらの状態でも損傷する場合があります。そして、二本鎖DNAが損傷した場合はATM、一本鎖DNAの損傷ではATRという略称の酵素が損傷箇所に結合し、その後別の酵素が修復作業を行うことが、酵母や動物の研究で明らかになっています。

変異体の活用

ところで、シロイヌナズナには、損傷箇所に結合するはずのATMに不具合がある**atm**変異体、ATRに不具合がある**atr**変異体があります。これら変異体では、DNAの損傷は修復されません。

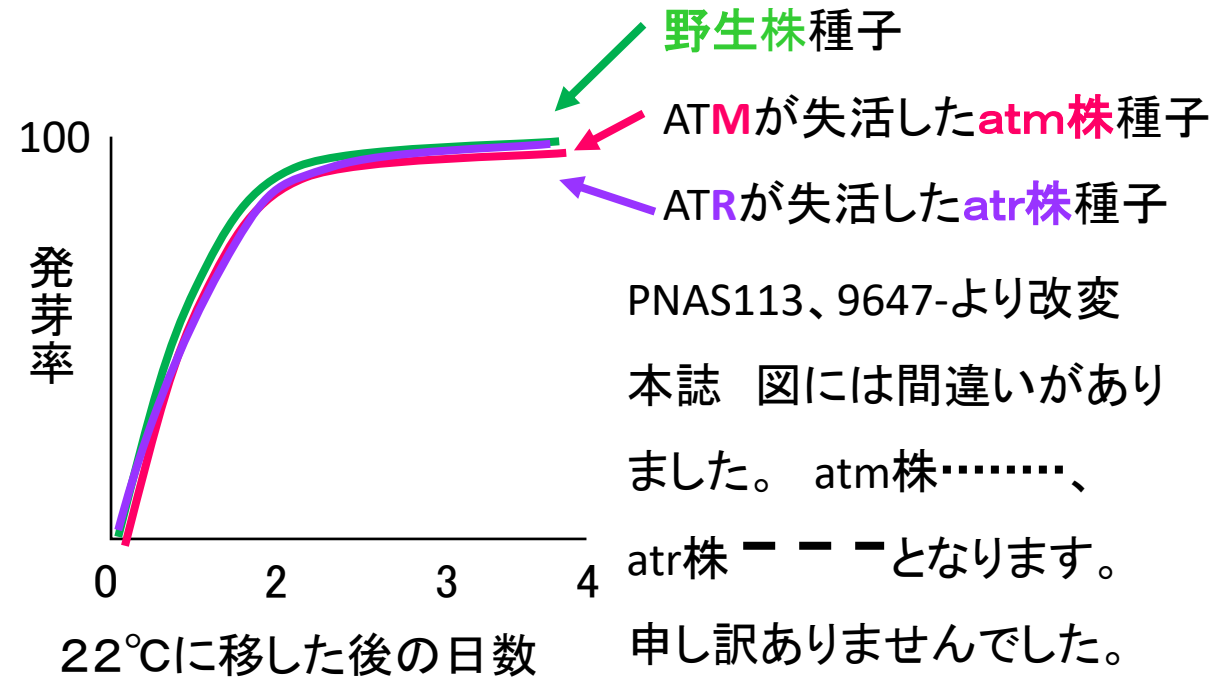
今回の報告ではそれら変異体の種子を人為的に老化させ、種子の老化におけるDNA損傷と修復の影響を調査しました。

種子の老化を促す

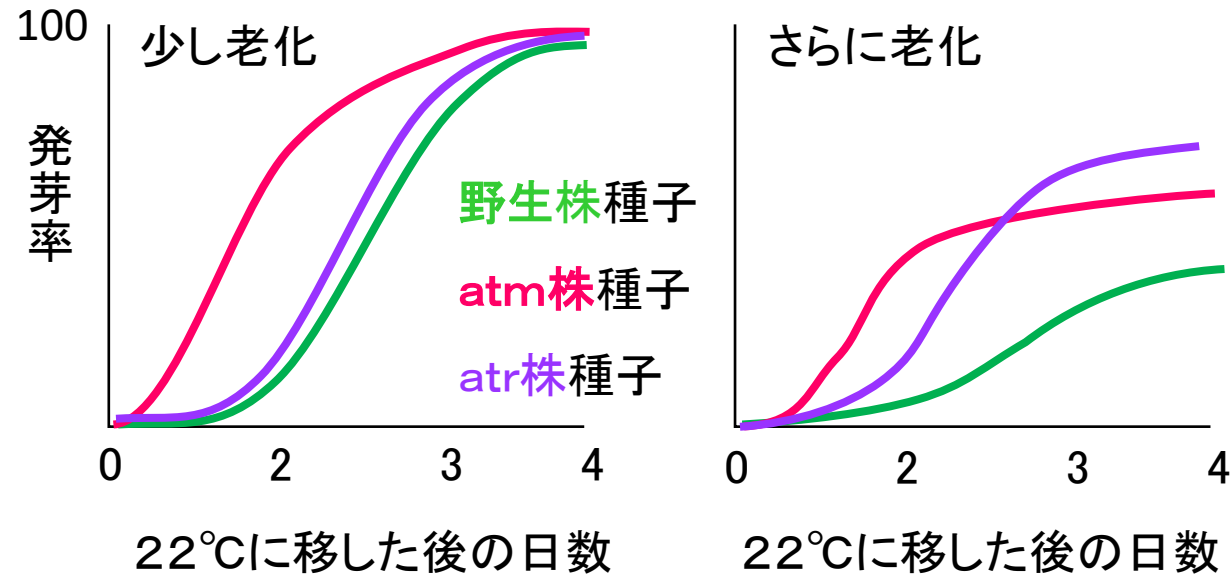
種子を人為的に老化させる方法として、**制御された高温多湿下に種子を何日間か保存**する方法が知られています。温度と湿度、保存する時間によって、老化の程度を調製することもできます。

今回の論文(PNAS、113(34)、pp9647- 9652、2016年)では、シロイヌナズナ野生株、そして**atm**、**atr**変異体種子を、高温(28あるいは35°C)、多湿(相対湿度約80%)に、1~3週間置き、老化させました。多湿にするために、種子は飽和塩化カリウム溶液とともに密閉庫内に置かれました。

老化処理を施さない野生株種子、変異体種子は、いずれも同様に発芽しました。種子が老化していなければ、DNAの損傷もなく、修復の必要がないためでしょう。



野生株の種子を老化させると、発芽勢、発芽率が低くなりました。
変異株の種子でも老化が進むと最終的な発芽率は、下がりました。
しかし発芽の早さ、発芽勢に注目すると、変異株種子では、老化
させても野生株種子ほどは遅れないという結果になりました。



PNAS113、9647-より改変

つまり、老化しても修復しなければ、あたかも老化していな
いかのように早く発芽するという結果になったのです。特に、
atm株の方が老化の影響が少なかったことから、ATMの方が
種子の老化においてより重要な役割を果たしていると考えら
れました。

そこで、老化した野生株とatm株の種子の胚を調べてみまし
た。

老化した野生株種子の実態

発芽が遅れの原因としては、**胚の細胞分裂の遅れ**が考えられます。**細胞分裂**は、DNAの材料(構成成分)である塩基が核へと取り込まれて**DNAが複製**されることから始まります。

老化処理を施した野生株の種子に、**蛍光を発する塩基類似物質**を取り込ませて発芽を促したところ、**DNAの複製が遅れることが示されました。**

このような試薬は高価ですが、有用だと思います。このような試薬がない時代は、放射性元素を利用していました。そして放射性物質は、隔離された施設内でしか扱うことができませんでした。

変異株種子の実態

一方 atm 株の種子では、DNAの複製の遅れはありませんでした。しかしその染色体を顕微鏡で観察したところ、多くの異常が観られました。野生株の種子では損傷箇所を修復してからDNAの複製、つまり細胞分裂に進みますが、 atm 株の種子では異常を抱えたまま、細胞分裂を進めたのでしょう。

さらに、遺伝子群の発現量、発現部位、および変異体の実験などから、 ATM の次に、 SMR という遺伝子群が働くことにより細胞分裂が停止し、発芽が遅れることが明らかになりました。

今後

種子が老化するとDNAの損傷も増え、その修復に手間取って発芽遅れることが、分子レベルで明らかになりました。

DNAの損傷を抑えたり、あるいは修復力を増強したりできれば、種子の老化が軽減されることになります。もちろん、他の分子の劣化の影響もあるはずですが。