

個体差を隠す熱ショックタンパク質

## はじめに

最近の気候変動により、気温や乾燥など作物にはストレスとなる状況が多くなりました。そのようなストレス下では、さまざまな生育不良がみられます。その程度は、生育が揃うように品種改良されている作物であっても一様ではありません。

いろいろな要因がありますが、**高温下で顕著になる個体差には、熱ショックタンパク質が関わる巧妙なしくみがある**ことがわかりました。

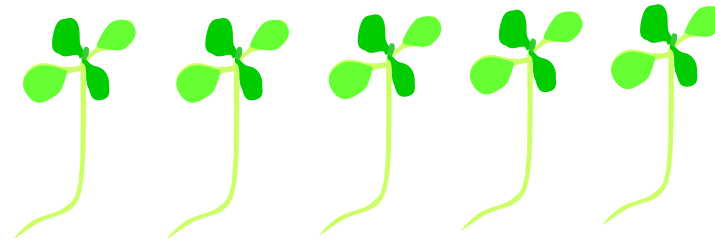
## シロイヌナズナ幼植物体の奇形

2002年、シロイヌナズナを播種する際、培地に**熱ショックタンパク質 (HSP90)**の阻害剤**ゲルダナマイシン**(略称**GDA**)を加えると、生育適温の22°Cであっても幼植物体の子葉や胚軸に奇形が生じることが報告されました(Nature 417, pp618 -624)。



この実験では、コロンビア (Col-0)、Lerといった系統が用いられました。これらの系統は、モデル植物として多くの実験で使われており、系統内でそれほどの個体差がみられるとは報告されていません。

シロイヌナズナの種子は自家受粉(自殖)により得られ、遺伝的に均一(ホモ)な系統を得やすい植物でもあります。



## 遺伝的なばらつきをなくす

念のため著者等は、**遺伝的にばらつきがないように、1粒由来の自殖系統を得る**ことにしました。

具体的には、さまざまな奇形が網羅できるように2系統を選び、それらの交配により雑種種子を得ます。その1粒を育て、その花の自家受粉(自殖)により次世代の種子を得ます。続いてその1粒から自殖により種子を得るということを繰り返します。**理論上は、8世代経ると遺伝的にばらつきのない自殖系統が得られます。**

こうして、雑種種子50粒からそれぞれ自殖を繰り返し、50の自殖系統を得ました。

## 自殖系統を用いた奇形調査

これら50の自殖系統の種子を阻害剤GDAを加えた培地に播種し22°Cで育てると、8系統で奇形がみられました。奇形のタイプは子葉や胚軸など計7つあり、5系統では各1つのタイプ、3つの系統では、2つあるいは3つのタイプが混在していました。奇形発生率はさまざまで、90%が奇形となる系統もありました。やや高温の27°Cで育てた場合も、奇形がみられました。また阻害剤GDAを加えず、22°Cで生育させた場合は、奇形の発生はより低頻度でした。

阻害剤GDA、27°C条件での奇形の出現頻度はばらばらで、いずれかで高くなるといった傾向はみられませんでした。

## やや高温時の熱ショックタンパク質

まとめますと、**熱ショックタンパク質(HSP90)の働きを抑えると奇形が生じる**ということになります。27°Cというやや高温では、高温ストレスでのタンパク質の立体構造の維持のため熱ショックタンパク質が使われ、熱ショックタンパク質が不足気味となり、GDAを添加したのと同じ状況になったと考えられます。

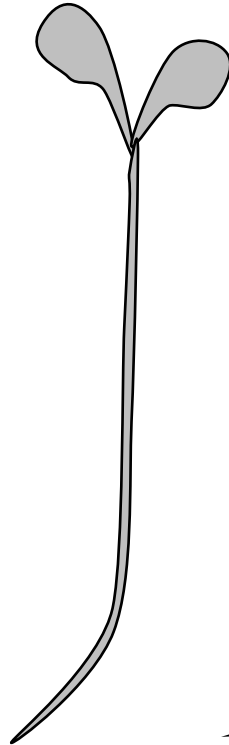
また、自殖系統により奇形発生率が異なりますが、どの系統でも100%奇形にならないということもわかりました。



## 成長の個体差

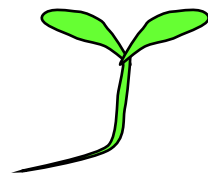
奇形の有無は、客観的判断が難しい場合もあります。そこで、**胚軸の長さの調査**が行われました。

暗



胚軸は、暗いとひよろひよろと長く伸び(徒長)、明るいとは短くがっちりした感じで伸びます。胚軸の長さは細胞の縦の伸長によるもので、成長のある1面の指標であり、容易に数値化される単純な実験系です。

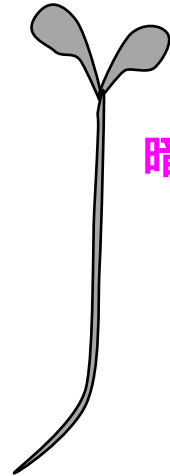
明



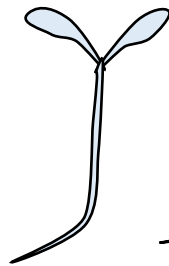
そして、胞伸長には、植物ホルモンのオーキシンやジベレリン、ブラシノステロイドなどが、関与することも明らかになっています。

先の50の自殖系統を、適温である22°C、**暗条件**で数日育てると、胚軸はひよろひよろ伸び、長さ13から23mm になりました。 **22°C明条件**での伸びは、全体的に暗条件の2割以下になります。明条件での各系統の減少率は、暗条件での伸びとは相関がありませんでした。

**暗条件**



**暗条件・GDA**



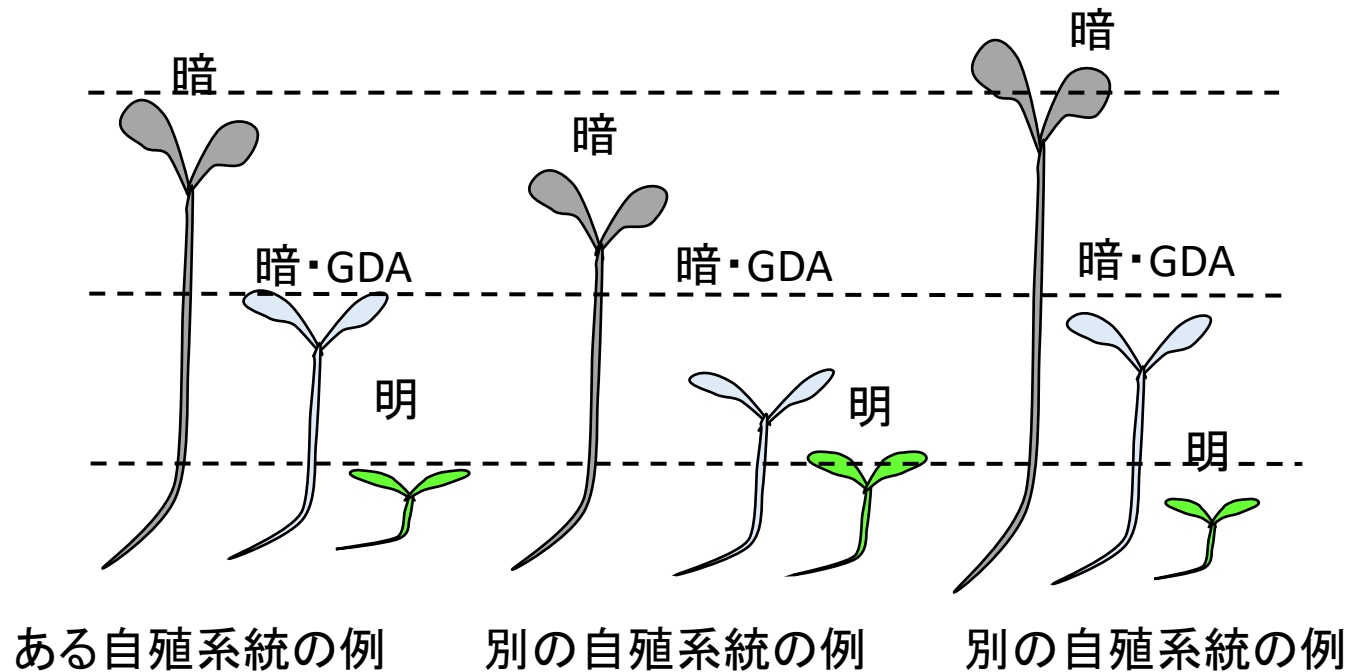
**明条件**



さて、**阻害剤GDA**を添加して暗条件で育てた胚軸の伸びは、おおよそ暗条件と明条件の間になりました。



そして、その伸び具合は、先の2条件のいずれとも相関がありませんでした。また、阻害剤GDAや光によって根の長さも短くなりますが、その割合も胚軸の長さの減少率とは相関がありませんでした。



## 隠された個体差と進化

奇形の出現や胚軸伸長といった特徴(表現型)には**自殖系統毎の特徴がみられたことから、遺伝的な要因つまり変異に原因**があると考えられます。しかしその変異は、常時は熱ショックタンパク質により隠される程度の軽微なものでした。高温などの非常時には熱ショックタンパク質が不足し、その変異が暴露されます。

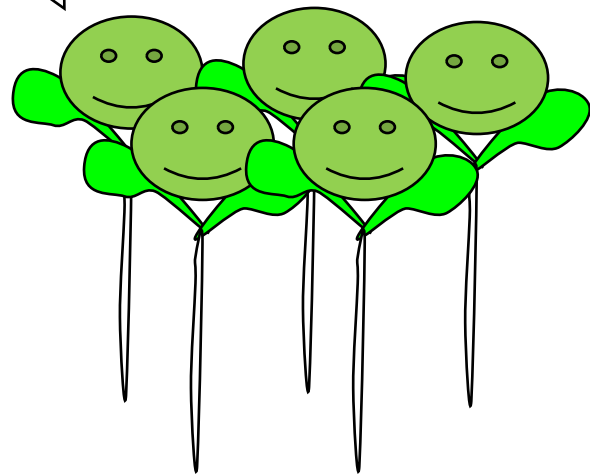
非常時に暴露された変異が生存に優位であればそこで選抜が行われ、進化が起こるかもしれません。

## 今後

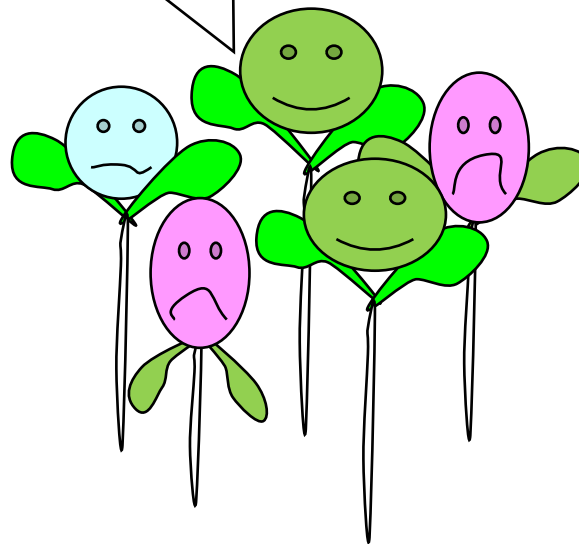
ところで今回の報告は、実験や調査をして給料をいただいてきた身として、感慨深いものでした。測定結果に誤差はつきものかもしれませんが、安易に考えてはならないということを改めて感じました。なぜなら、個体差のしくみが分子レベルで示されたからです。

また、系統内の一部にだけみられる特徴(表現型)があるということも、遺伝子や育種の研究において考慮した方がよいとも思いました。

ふだんは どれも良く育つ



熱ショックタンパク質不足で  
奇形が生じたりする



熱ショックタンパク質は個体差をうまく隠す