



# Phenology Under Global Warming

Christian Körner and David Basle (2010)  
SCIENCE:**327** 1461-1462

2010.12.3 昼ゼミ

担当: 伊藤寛剛



# フェノロジーとは？

Phenology = 生物季節(学)

「季節的に起こる自然界の動植物が示す諸現象の時間的変化およびその気候あるいは気象との関連を研究する学問」

(岩波生物学辞典第4版)

Phenological Event

[ex] 芽吹き (bud break)、開花 (flowering)、  
各器官の老化 (senescence) など

# Phenological Event

拡大している地球温暖化の影響を受ける!!

具体的には・・・

- 温帯の春のフェノロジー : 10年ごとに約2.5日  
ずつ早まっている(1971年より調査)
- ◆ 温暖化が進むにつれて、樹木にとって春の  
到来や成長期間にどのような影響があるの  
だろうか？

# フェノロジーの制御

- 湿潤な温帯に優占する樹木  
→ フェノロジーをコントロールする3つの要因

## 1. 日長 (photoperiod)



# 日長 (photoperiod)

- 日長・・・年ごとの季節的な変化はほとんどない
- 気温・・・季節的な気温の経過は、年によって大きく変化

◆ 日長の変化に生活を合わせる  
→ 生育に適していない時期に、気温の変化に伴う致命的なダメージから植物を守る



紅葉前に積雪に遭うシラカンバの葉  
(2010年11月末、撮影:伊藤)

# 日長 (photoperiod)

日長の具体的な役割・・・特に夜の長さが大切

- 冬芽の形成、葉の離層の発達、耐凍性の獲得を誘発
- 成長・繁殖の引き金

→これらの役割から、「日長に対する感受性」が植物の生育に重要

# フェノロジーの制御

- 湿潤な温帯に優占する樹木  
→ フェノロジーをコントロールする3つの要因
1. 日長 (photoperiod)
  2. 気温 (temperature)

# 気温 (temperature)

フェノロジーの  
調整役

→主に視覚的な  
変化(葉の色  
など)を促進



紅葉するウダイカンバ  
(2010年11月上旬、  
撮影:伊藤)

# 備考1. 紅葉と気温

- アントシアニン(赤色)の合成  
1日の最低気温が $8^{\circ}\text{C}$ 以下になると紅葉が始り、  
 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 以下になると急激に進むと言われている

# フェノロジーの制御

- 湿潤な温帯に優占する樹木  
→ フェノロジーをコントロールする3つの要因
1. 日長 (photoperiod)
  2. 気温 (temperature)
  3. 冬の冷え込み (chilling)

# 冬の冷え込み(chilling)

- 休眠打破に必要

※春に日長の情報を受け始めるには、低温(chilling)要求を満たし、冬を乗り越えたという経験の情報が必要



## 備考2. 低温要求に必要な温度

- 低温要求

多くの植物で効果が認められているのは、0～12°C程度の低温（最も効果が高いのは7°C程度と言われている）

→果樹などの低温要求では、自発休眠の覚醒に必要な低温量は7.2°C以下が指標のようである

これら3つの要因に制御されると...

[ex]春の芽吹き

1. 低温 (cilling) 要求を満たす・・・休眠打破
2. 必要量の日長 ( photoperiod ) と気温 ( temperature ) を満たす
3. 芽吹きが起こる

上記のような段階を経て、適切な生育時期に芽吹きが起こるように制御されている

- 冬が温暖で厳しい低温 (chilling) を欠くと、芽吹きが遅れる
- 日長が延びたり、気温が上昇することで、低温が無くとも芽吹きを起こす種もいる
- ◆ 種によって、春のフェノロジー (芽吹き) を制御している要因が異なる

# 春のフェノロジー(芽吹き)の制御 に関わる要因による分類

- Chilling
- Photoperiod
- Temperature



*Fagus*

遷移後期種

- Chilling
- Temperature



*Carpinus*

遷移前期種

- Temperature



*Syringa*

園芸種

# 遷移後期種 (late successional species)

- 日長の感受性が高い

温帯のhackberry (*Celtis*・エノキ属), beech (*Fagus*・ブナ属), oak (*Quercus*・コナラ属) を亜熱帯の公園に移植

→ 高温環境にも関わらず、3月上旬より前に芽吹きは見られなかった

# 遷移後期種

## (late successional species)

- 日長によって植物の発達を抑制する遺伝子が発現している
- たとえ気温が高くても、日長条件が満たされなければ芽吹きは起こらない

「全ての種で温暖化に比例して出葉が早まるという考えは誤っている」

# 遷移前期種 (early successional species)

- 日長への感受性は低い
- 低温要求を満たしたら、その後は気温のみを感受して芽吹く

温帯のhornbeam (*Carpinus*・クマシデ属), hazel (*Corylus*・ハシバミ属), poplar (*Populus*・ハコヤナギ属), birch (*Betula*・カバンキ属) など

# 園芸種 (ornamental plants)

- ほんのわずかな低温要求を満たせば、気温のみを感受して芽吹く  
温帯のlilac (*Syringa*・ハシドイ属) など

# フェノロジーが変化した例

- ジュネーブ(スイス)のセイヨウトチノキの街路樹
  - ・・・地中海付近から移植したところ、出葉が明らかに早まる
- 中央アジア産の園芸品種のサクラ
  - ・・・開花が早い

## 大陸内陸部の地域

- 海からの距離が遠く、春の到来が極めて不変的である
  - ・・・気温に同調してフェノロジーが動いても、ほとんどリスク(おそらく晩霜害など)がない地域
- ◆このような地域での遷移前期種・園芸種のフェノロジーは、温暖化によって早まっていくと予想される

# まとめ

遷移後期種・・・日長の感受性が高い

- 温暖化によって、フェノロジーが早まったり生育期間が延びるわけでない
- 日長が遺伝子によって定められた閾値に達するまで、内的な制御によって成長は抑制される

# まとめ

遷移前期種、園芸種・・・日長の感受性は低い

- 温暖化に応じて、フェノロジーが早まったり、生育期間が延びる
- 温暖化による恩恵を受けるため、日長に敏感な種群よりも競争的に有利な可能性

# まとめ

- 急激な温暖化によって、「樹木内の制御」と「土壌有機物の無機化プロセス」間の不均衡が促進される(遺伝子レベルでも)
- 生態系内の養分不足の結果、樹木が温暖化に同調するのをやめる可能性

温暖化は樹木のさらなる成長にとって  
明らかにプラスであるとは見られない