

平成 30 年 4 月 23 日現在

機関番号：84407

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25450233

研究課題名(和文)揺れる植物の適応的意義

研究課題名(英文)Adaptive significance of trembling plants

研究代表者

山崎 一夫 (Yamazaki, Kazuo)

地方独立行政法人 大阪健康安全基盤研究所・微生物部・主任研究員

研究者番号：30332448

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：植物の葉の受動的な動きが植食者からの防御になっているという仮説を検証した。(1)野外でポプラの葉を固定して葉を動きにくくする実験を行った。葉の食害は変わらなかったが、固定した葉でややアブラムシの数が増える傾向があった。(2)葉が動きやすいポプラと葉が動きにくいヤナギの葉上に幼虫を置き、扇風機で風を当て落下傾向を調査した。ポプラの方がヤナギより幼虫が高頻度で落下した。(3)野外で同所的に生育する葉が動きやすいヤマナラシと葉が動きにくいヤナギで、昆虫による食害レベルを比べると、ヤマナラシで食害レベルが低かった。風による葉の動きは植食性昆虫による食害や昆虫の行動に影響を与えることが示された。

研究成果の概要(英文)：The hypothesis that the passive leaf movement may operate as an anti-herbivore defense was tested. (1)When Populus leaves were fixed to reduce leaf movement in the field, leaf damage did not change but aphid abundance was tended to become higher. (2)In the laboratory, lepidoteran caterpillars were placed on Populus mobile leaves or Salix immobile leaves and exposed to moderate wind using an electric fan. Then, the caterpillars fell from Populus leaves more frequently than from Salix leaves. (3)Leaf damage level on Populus and Salix that grew sympatrically was compared in the field. Consequently, Populus incurred less damage than Salix. Wind-mediated passive leaf movement appears to affect herbivory and behavior of phytophagous insects.

研究分野：生態学

キーワード：受動的な葉の動き 植食性昆虫 風 対植食者防御

1. 研究開始当初の背景

(1)植物は植食者に対してさまざまな物理的、化学的防御をしていることが示されてきた。しかしながら、動物は捕食者回避のために動きを利用することが多いが、植物は静的であり、ハエトリソウなどの食虫植物やマイハギなどが急速に動く例は知られているものの(Braam, 2005)、動きを植食者に対する防御に用いているとは考えられてこなかった。

(2)ほとんどの陸上植物は風雨により断続的に動かされている。風雨による動きは、植物種によって大きく異なることが知られていた(Vogel, 1989)。一方、植食性昆虫にとって、寄主植物から引き離されることが重要な死亡要因になることも示されていた(Perovic et al., 2008)。

2. 研究の目的

(1)少しの風でも揺れる植物は、その受動的な動きによって植食者による食害を回避しているという仮説を考案した。植物の動きは、植食性昆虫を振り落したり、産卵や配偶行動を阻害したり、植食性昆虫を天敵に見つかりやすくする可能性があるからである(Yamazaki, 2011)。この受動的な葉の動きによる対植食者防御仮説を検討するのが第一の目的である。

(2)一方で、植食性昆虫の側でも、植物の動きに対する適応が想定される。スペシャリストの樹木食昆虫は、樹木から落下すると、元の寄主植物に復帰するのはかなり困難であると考えられる。背の低い草本植物が寄主ならば、危機回避の際に落下する戦略をとることも考えられる。これらの可能性を検討するのが第二の目的である。

3. 研究の方法

(1)葉の風による受動的な動きが、植食や植食性昆虫の数を減少させるかを、3つの方法で検討した。

(a)カロリナポプラ(少しの風でも葉が揺れる樹種)の葉を園芸用ワイヤを用いて固定すると、コントロール(葉を固定しないようにワイヤを巻く)よりも食害が多くなるかどうか、野外で3シーズン実験した。



左:ワイヤで葉を固定、右:固定せず(コントロール)

(b)カロリナポプラとマルバヤナギ(葉が揺れにくい樹種)の枝に葉を1枚残し、その上にチョウ目幼虫を置いて安定させた後、DCモーター扇風機を用いて風速2.5m/sの風(中程度の風に相当)にさらし、落下するか否かと落下までの時間を測定した。おもに草本食と樹木食の4種のチョウ目幼虫で実験を行った。

(c)本州中部に同所的に生育する2種の近縁植物、ヤマナラシ(葉が揺れやすい樹種)とヤマネコヤナギ(葉が揺れにくい樹種)において、食害レベルと植食性昆虫群集を2シーズンにわたって調査した。

(2)アブラムシ科は種多様性の高い吸汁性植食性昆虫であり、寄主植物の動きに対して抵抗する場合と落下する場合がある。近畿地方の山地、里山、公園、本州中部地方山地などで、各種のアブラムシが植物の動き(人為的に植物をゆする)に対して、どのような反応をするかを4シーズン調査した。これは、植食性昆虫の寄主植物の動きに対する適応を明らかにするためである。

(3)どのような植物で風による受動的動きをしやすいか、野外観察をおこなった。また、葉の動きは強風時のダメージを減らす効果があるとも言われている。台風後に枝折れを調査することによりこの仮説を検討した。また、風による葉の動きを移動分散に利用するチョウ目幼虫の生態について調査した。

4. 研究成果

(1)(a)都市公園のカロリナポプラにおいて、ワイヤで葉を固定したシュートとコントロールのシュートの間で、葉面積消失に差はなかった。これは、調査地において食葉性昆虫の発生量が少なかったことが関係しているであろう。また、固定したシュートではコントロールに比べてケアブラムシの一種(*Chaitophorus* sp.)が多くなる傾向はあったが、GLMMで統計的に有意な差は検出できなかった。より植食性昆虫の多い条件下で、実験規模を拡大した研究が必要だと考えられた。

(b)ポプラかマルバヤナギの葉にチョウ目老齢幼虫を配置し扇風機で送風する実験においては、葉が大きく動くポプラの方が葉が動きにくいヤナギより、幼虫の落下率が高く、落下までにかかった時間も短かった。また、おもに草本食のハスモンヨトウや樹木も草本も摂食するシロヘリキリガで落下しやすかったのに対して、樹木食のオオミズアオは激しい葉の動きに対して抵抗してほとんど落下しなかった。一部の樹木食幼虫は植物の

動きに対して落下を防ぐ物理的適応を発達させていることが示唆された。

(c)本州中部山地において、ヤマナラシとヤマネコヤナギの植食性昆虫による食害レベルを比較すると、季節を通じてヤマナラシの方がヤマネコヤナギより食害が少ない傾向があった。また、春季と夏季において、ヤマネコヤナギの方がヤマナラシより植食性昆虫の個体数が多かった。おもな植食性昆虫は、キリガ類幼虫、フユシヤク類幼虫、サクツクリハバチ幼虫、ヤマナラシハムシ、ヒゲボソゾウムシ類、アワフキムシ類であった。

以上から、風による葉の動きは植食性昆虫による食害を減少させる可能性が示唆された。ただし、野外での操作実験に関してはさらなる取り組みが必要である。

(2)近畿地方などでの野外観察から、約70種のアブラムシにおいて植物の動きに対する反応を調査した。多くの種は植物体から離れようとせずに抵抗したが、一部に落下する種があった。落下する種は、草本食(ソラマメヒゲナガアブラムシなど)や灌木食(ナシミドリオオアブラムシなど)であるか、大型種(ヒゲナガアブラムシ類、オオアブラムシ類)であった。また、落下する種でも、落下するのは成虫や老熟したニフであることが多く、これらは落下しても生存可能なのであろう。大型種は歩行能力が高かったり、寄主植物の茎や幹から吸汁可能であることも、落下しやすい理由であろう。ケヤキヒゲマダラアブラムシなどのように成虫が飛翔して逃げる種もあった。以上から、アブラムシの寄主植物の動きに対する反応は、寄主植物が高木であるか否か(高木から落下すると寄主植物に復帰するのは困難)、アブラムシの発育段階、歩行能力、系統関係により決まることが示唆された。落下は捕食者回避にも有効だと考えられるが、ほとんどの種は落下しないことは、落下を防ぐ適応があることを示している。

(3)野外観察から、葉が少しの風でも動きやすい植物は、ポプラ、ヤマナラシ、フウ、アメリカフウ、ハリギリ、クスノキ、ナンキンハゼ、イタヤカエデ、ユリノキ、ヤシ類などであった。これらは、比較的広い面積の葉身を持ち、葉柄が長くて柔軟な特徴があった。ササ類は葉柄は短い柔軟で揺れやすいようであった。

2014年8月の台風通過後に、都市公園において葉が揺れやすい樹種(ユリノキ、クスノキ、ナンキンハゼ)と揺れにくい樹種(ソメイヨシノ、ナラガシワ、ケヤキ)で、葉単位で落下したか枝単位で落下したかを調査した。葉が揺れやすい樹種では葉のみの落下で済む傾向があったが、葉が揺れにくい樹種では枝

ごと切断されるケースが多かった。風雨による葉の動きは、植物の物理的損傷の規模を減少させる効果があることが示唆された。

防御には完全なものはほとんどないものである。キバガ科の一種で寄主植物の葉の動きを用いて移動分散し、地表でその落下葉を摂食することを見出し、その習性を調査した。

植物の葉の風による動きが植食性昆虫による食害を退けることは、Yamazaki (2011)の仮説提唱の後、Warren (2015)、Leonard et al. (2016)などにより支持されている。今後は野外での操作実験で検証を行うこと、農林業の現場で害虫防除の可能性を探ることが課題である。

<引用文献>

- Braam, J. (2005) In touch: plant responses to mechanical stimuli. *New Phytologist*, 165: 373-389.
- Leonard, R.J., McArthur, C., Hochuli, D.F. (2016) Exposure to wind alters insect herbivore behaviour in larvae of *Uraba lugens* (Lepidoptera: Nolidae). *Austral Entomology*, 55: 242-246.
- Perovic, D.J., Johnson, M-L., Scholz, B., Zalucki, M.P. (2008) The mortality of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) neonate larvae in relation to drop-off and soil surface temperature: the dangers of bungy jumping. *Australian Journal of Entomology*, 47: 289-296.
- Vogel, S. (1989) Drag and reconfiguration of broad leaves in high winds. *Journal of Experimental Botany*, 40: 941-948.
- Warren, J. (2015) Is wind-mediated passive leaf movement an effective form of herbivore defence? *Plant Ecology and Evolution*, 148: 52-56.
- Yamazaki, K. (2011) Gone with the wind: trembling leaves may deter herbivory. *Biological Journal of the Linnean Society*, 104: 738-747.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 1件)

山崎一夫 (2016) 植物の昆虫擬態. 第28回日本環境動物昆虫学会大会. 信州大学(上田市)講演要旨集 p.43 (2016.11.12-13).

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 一夫 (YAMAZAKI,
Kazuo)

研究者番号：30332448

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：

(4) 研究協力者

杉浦真治 (SUGIURA, Shinji)