

緑化植物における食害率の評価

神戸大学大学院農学研究科

松原慧

1. はじめに

公園内には様々な樹木や草花が植えられ、花や実がなり、近隣住民の憩いの場としての機能に重要な役割を担う。しかし、植物には昆虫類やダニ類など様々な節足動物が集まり、葉などを食害する。これらの害虫は、一般的に人々から忌避され、公園の機能を低下させる恐れがある。そのため、植栽植物を維持・管理するために害虫防除が必要となる。効率的に植栽植物の害虫防除を実施するためには、どのような植物にどのような害虫種が発生し、どの程度の被害が生じるのかを調査する必要がある。

生態学分野の過去の研究において、植食性動物による植物の葉の食害量が調査されてきた (Heath & Wilkin 1970; Basset 1994; Filip 1995; Tateno 2003)。植物の葉の食害量は、リタートラップによる植食性昆虫の糞や、葉の被食面積等から推定されてきたが、様々な要因によって変化すると考えられている。例えば、植物による、植食性動物に対する防衛戦略の違いによって食害量は変化すると考えられている。防衛物質の質や量、展葉時期などが影響する (Basset 1994)。しかし、植物の葉の食害量は、これまで森林や草原などの定期的に人の手が入らない場所で調査されてきた (Heath & Wilkin 1970; Coley & Barone 1996)。森林や草原の生態系では、植食性動物とそれらの天敵が互いの個体数を調整することで、適度なバランスが保たれている。しかし、公園環境では、剪定や薬剤散布など人為的な影響により、特定の種の個体数が一時的に減少、もしくは増大することが予想される。そこで本研究では、公園などの頻繁に人の手が増えらる環境下において、植食性節足動物による食害がどの程度見られるのかを被食葉面積測定によって評価し、木本植物と草本植物で比較する。

2. 方法

調査対象

本研究では、神戸市内および丹波市内の木本植物3種(ノリウツギ *Hydrangea paniculata*、サンゴジュ *Viburnum odoratissimum*、ヒイラギモクセイ *Osmanthus × fortunei*)、草本植物3種(ギシギシ *Rumex japonicus*、イタドリ *Fallopia japonica*、オオバコ *Plantago asiatica*)を対象に調査を行った。これらは、公園環境において植樹されたり自生していたりする植物である。各対象種が複数個体見られた調査地において、ランダムに5個体を選び、各個体から6枚の葉を採取した。その際、本年に展葉したもの(当年枝)であることを確認した。また、各対象個体で葉の食害が見られた場合、個体全体を観察して植食性昆虫を探し、種

を同定した。調査地で植食性昆虫の同定が困難であった場合は、個体を採集し、研究室にて同定を行った（木本・滝沢 1994; 志村 2005; 安田 2010; 尾園 2014）。

葉面積と食害面積の算出

採取した葉は研究室に持ち帰り、スキャナーによりフルカラーのデジタル画像として保存した。その際、スケールとして定規とともにスキャナー画像を撮影した。スキャナー画像は、画像編集ソフト GIMP (GIMP Development Team, 2018) を用いて、葉と定規の部分のみを抽出した。植食性動物により葉が食害されていた場合、食害される前の葉面積を推定するために、正常な葉の形状から推定して画像を編集した (図 1B)。また、葉の表層部分のみを削り取られるように食害されていた場合、その部分も食害によって生成される穴と同じように扱うために、画像を編集した (図 1C)。つまり、1 枚のサンプル葉ごとに、推定された葉の全体の画像と食害された後の画像の 2 枚の画像データを生成した。以上によって得られた画像を、画像解析ソフト ImageJ (Rasband 2018) を用いて、フルカラーの画像を白黒の 2 値画像に変換し、推定された全体の葉面積と食害された後の葉面積をそれぞれ算出した。推定された全体の葉面積と食害された後の葉面積の差を被食面積と定義した。また、推定された全体の葉面積における被食面積の割合を食害率とした。



図 1 解析のための画像編集. (A) 編集前、(B) 食害前の編集、(C) 食害部分の編集

解析

食害率が木本植物と草本植物によって異なるかどうかを明らかにするために、線形混合モデル (LMM: Linear Mixed Model) を用いた。食害率を応答変数として、正規分布を仮定し、リンク関数を identity とした。対象種の植物型 (木本/草本) を説明変数に、植物種と植物個体番号を変量効果に設定した。解析は、統計ソフト R (Ver. 3.5.2) (R Development Core Team 2018) を用いて行った。LMM は、lme4 package 1.1.13 (Bates et al. 2017) を使用した。

3. 結果

いずれの植物においても、植食性節足動物による食害が観察された (図 2)。食害率は、それぞれ木本が $8.5 \pm 1.3\%$ (平均 \pm SE)、草本が $18.1 \pm 1.6\%$ であり、有意に異なった (表 2, 図 3; GLMM, $p < 0.01$)。主な植食性昆虫は、それぞれノリウツギではハマキガ科の一種 (チョウ目: ハマキガ科) の幼虫、サンゴジュではサンゴジュハマシ *Pyrrhalta humeralis* (コウチュウ目: ハムシ科)、ヒイラギモクセイではヘリグロテントウノミハマシ *Argopistes*

coccinelliformis (コウチュウ目：ハムシ科)、ギシギシではシロシタヨトウ *Sarcopolia illoba* (チョウ目：ハマキガ科) とハグロハバチ *Allantus luctifer* (ハチ目：ハバチ科)、イタドリではハグロハバチ、オオバコではオオバコトビハムシ *Longitarsus scutellaris* (コウチュウ目：ハムシ科) が見られた。



図2 各植物の食害されていない葉と食害された葉

表2 各植物種の推定された全体の葉面積および、食害量、食害率

	植物種	推定葉面積 (mm ²)	食害量 (mm ²)	N*	食害率 (%)
木本	ノリウツギ (アジサイ科)	1824.3 ± 134.2	170.4 ± 49.4	30	8.6 ± 2.0
	サンゴジュ (スイカズラ科)	2333.5 ± 136.7	268.9 ± 70.4	30	10.9 ± 2.9
	ヒイラギモクセイ (モクセイ科)	1886.8 ± 99.9	110.6 ± 32.7	30	6.0 ± 1.7
草本	ギシギシ (タデ科)	7708.6 ± 482.6	1669.8 ± 243.3	30	19.7 ± 2.5
	イタドリ (タデ科)	1659.3 ± 272.4	290.6 ± 74.6	30	16.7 ± 3.0
	オオバコ (オオバコ科)	784.6 ± 45.4	132.3 ± 19.9	30	17.9 ± 2.7

* Nは採取した葉の枚数を示す。

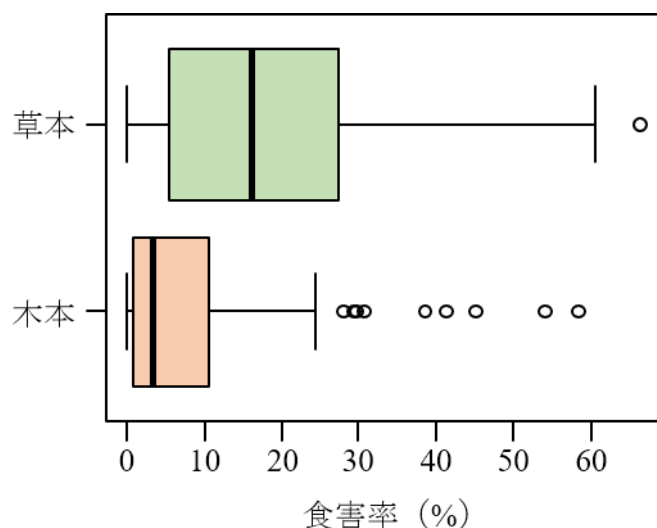


図3 草本植物と木本植物の食害率。箱内部の平行線は中央値、箱の上端と下端はそれぞれ第1四分位点の値と第3四分位点の値、垂直線は値の範囲を示す。丸印は外れ値を示す。

4. 考察

葉の食害率は、草本植物のほうが木本植物よりも高かった (図3)。これは、木本植物と草本植物の、植食性動物に対する防衛戦略の違いによるものと考えられる。木本植物の葉は、1年以上の寿命があり、長期間にわたって光合成を行うため、葉を長期間維持する必要

がある。そのため、木本植物は、一枚の葉に充てる防衛コストを大きくする戦略をとっていると考えられている (Coley 1983; Basset 1994)。また、本実験で用いた木本植物であるノリウツギ、サンゴジュ、ヒイラギモクセイは、草本植物であるギシギシ、イタドリ、オオバコよりも、葉が明らかに硬かった。これにより、物理的に木本植物の葉は草本植物の葉よりも、植食性動物にとって利用しにくいといえる。葉を物理的に硬くしたり、タンニン類やポリフェノール類などの化学物質を生成したりするにはコストが生じるが (Coley 1983)、防衛形質を高めることで植食性動物に食害されにくくなる。一方、草本植物は、一枚の葉に充てる防衛コストを小さくする代わりに、新しい葉を次々に生産することで、植食性動物の食害によって失われた葉を補償していると考えられる。

本調査では、コウチュウ目、ハチ目、チョウ目の植食性昆虫を確認した。特に、サンゴジュにおいて、調査を行った 5 個体のうち 2 個体で、著しい食害が見られた。この 2 個体では、いずれもサンゴジュハムシが高密度で発生していた。公園環境では、ある種の植物が 1 本だけ植樹されることも少なくない。その植物を食草とする植食性昆虫が移入してきた場合、植樹された個体以外の個体に分散することができず、集中して食害を及ぼすと考えられる。害虫の大量発生を避けるためには、予想される害虫種も考慮して、どのような植物をどのような配置で栽培すべきかを検討すべきであろう。また、本調査で見られたような植食性昆虫を餌とする昆虫類、鳥類、爬虫類なども植物上に集まると考えられる。植食性昆虫は、公園緑化植物を食害して景観を損ねる一方で、公園環境の生物多様性を高める要因になりうる。

本研究により、公園環境においても、草本植物のほうが木本植物よりも食害が大きいことが分かった。また、様々な種の植食性昆虫が見られ、それらを餌とする捕食性動物の移入も予想された。近年、農林業や博物館資料保存の分野において、総合的有害生物管理 (IPM) の考えに基づき、天敵を利用した害虫管理が注目されている (梅川ら 2005; Glare et al. 2012; 河村 2018)。IPM は、公園管理においても応用できると考えられる。食害の大きい植物では、化学農薬の利用を重視し、それ以外の植物では移入する天敵を活用することが効率的な公園管理につながるだろう。

参考文献

Basset Y (1994) Palatability of tree foliage to chewing insects: a comparison between a temperate and a tropical site. *Acta Oecologica*, 15: 181–191.

Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S, Christensen RHB, Singmann H, Dai B, Grothendieck G, Green P (2017) lme4: linear mixed-effects models using Eigen and S4.

- Coley PD (1983) Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs*, 53: 209–233.
- Coley PD & Barone JA (1996) herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 305–335.
- Filip V, Dirzo R, Maass JM, and Sarukhan J (1995) Within-and among-year variation in the levels of herbivory on the foliage of trees from a Mexican tropical deciduous forest. *Biotropica*, 27: 78–86.
- GIMP Development Team (2018) GIMP, GUN image manipulation program. <https://www.gimp.org/>. Accessed 21 February 2019.
- Glare T, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Köhl J, Marrone P, Morin L, & Stewart A (2012) Have biopesticides come of age? *Trends in biotechnology*, 30: 250–258.
- Heath JE & Wilkin PJ (1970) Temperature responses of the desert cicada, *Diceroprocta apache* (Homoptera, Cicadidae). *Physiological Zoology*, 43: 145–154.
- 河村友佳子 (2018) 紙素材の民族資料の保存, 生物被害対策. *文化財の虫菌害*, 75: 12–21.
- 木元新作・滝沢春雄 (1994) 日本産ハムシ類幼虫・成虫分類図説. 東海大出版.
- 尾園暁 (2014) ハムシハンドブック. 文一総合出版.
- R Development Core Team (2018) R, a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>. Accessed 18 December 2018.
- Rasband WS (2018) ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <https://imagej.nih.gov/ij/>. Accessed 19 February 2019.
- 志村隆 (2005) 日本産幼虫図鑑. 学習研究社.
- Tateno R, Morozumi S, & Takeda H (2003) Interspecific comparison of leaf area loss caused by insect herbivores in relation to leaf properties in a cool temperate deciduous broad-leaved forest. *Japanese Journal of Environmental Toxicology*, 45: 29–33.
- 梅川學・宮井俊一・矢野栄二・高橋健司 (2005) IPM マニュアル—総合的病害虫管理技術一. 養賢堂.
- 安田守 (2010) イモムシハンドブック. 文一総合出版.