

環境に適応して変化するハナノキ

3610 加藤沙彩 3502 安藤光佳莉 3617 鈴木結葉 3506 大竹宝良

要旨

恵那高校に植栽されたハナノキと天然のハナノキを比較すると、8月頃に植栽の異常落葉が見受けられた。私たちはその原因を解明し、保全活動に繋げるべく、調査を行った。道管、孔辺細胞、葉の面積の3種類を計測したところ、「道管1本の平均面積」「道管 $1\mu\text{m}^2$ あたりの葉面積」の比較において、天然より植栽の方が小さいことが分かった。よって、植栽は環境に適応して、道管や葉を小さく変化させたと考える。

1. 背景

恵那高校の校章はハナノキの葉が用いられており、恵那高校にハナノキが植えられていたため、ハナノキに興味を持った。ハナノキは、東海丘陵要素(東海地方固有の植物)の1つであり、湧水湿地や栄養分に乏しい土地など他の植物が生育しにくい環境に多く生息する。その多くは絶滅危惧種に指定されている。

恵那高校のハナノキは8月に異常落葉が見られ、水不足を疑った。水ストレスがかかると、蒸散量を減らすために、落葉するということが分かった。また、水ストレスにより、エンボリズムが引き起こる可能性が高いと分かった。水不足である木は、エンボリズムを回避するために道管の半径を小さくしている。ハーゲンポアズイユの法則より、道管の半径が小さくなると、体積流量は大きく減少する。

エンボリズムについて

エンボリズムとは、道管にかかる強い張力によって通導組織に気泡が発生し(キャビテーション)、水の流れが遮断された状態のことである。張力には、蒸散による上方からの張力と重力による下方への張力があり、土壌水分が大きく低下すると蒸散による張力は強くなる。

ハーゲンポアズイユの法則

$$Q = \Delta P \times \pi r^4 / 8 \mu L$$

Q = 体積流量

ΔP = 圧較差

r = カテーテル半径 L = カテーテルの長さ

μ = 流体粘度

r (道管の半径) $\times 2 \rightarrow Q$ (体積流量) $\times 16$

ΔP (圧較差) $\times 2 \rightarrow Q$ (体積流量) $\times 2$

ハーゲンポアズイユの法則より、道管の半径が縮小すると、単位道管あたりの蒸散量が減少することで、道管内にかかる圧力差は小さくなり、道管内の体積流量は減少する。

2. 目的

東海丘陵要素の内、植栽のハナノキ(以下植栽と表記する)と天然のハナノキ(以下天然と表記する)を比較し、それぞれの特徴を発見することで、自生地以外の環境下では生育しにくい原因を解明し保全活動に繋げる。



天然
(瑞浪市日吉町)

植栽
(恵那高校玄関前)

3. 実験 1

(1) 仮説

ハーゲンポアズイユの法則より、植栽はエンボリズムを起こさないよう、天然と比較して道管を細く、孔辺細胞を小さく、単位道管あたりの葉面積を小さく変化させているのではないか。

(2) 実験器具・ソフト・試料

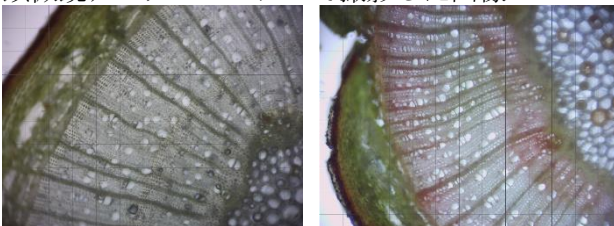
- ・簡易マイクロトーム(ケニス株式会社)
- ・顕微鏡デジタルシステム
- ・GIMP for Windows(画像処理ソフト)
- ・Surface Go & Surface pen
- ・ImageJ(画像解析ソフト)
- ・染色液(赤 102 号 0.12%)
- ・実験試料…天然(瑞浪市日吉町大洞池付近)
1 個体から前年枝 3 本(天 1・天 2・天 3)そのうち共通の 3 年枝から 2 本(天 1・天 2)
- 植栽(恵那高校玄関前)
1 個体から前年枝 3 本(植 1・植 2・植 3)

(3) 実験の手順

《実験 A》

- ① 実験試料を染色液に浸し、道管が使用されていることを確認する。
- ② ミクロトームを用いて染色した茎を 10 μm の厚さに薄く切り、断面を採取する。
- ③ 顕微鏡デジタルシステムを用いて②で採取した断面を撮影、観察する。
- ④ imageJ を用いて③で撮影した画像を解析し、蒸散に使用された道管の面積を測定する。

顕微鏡デジタルシステムで撮影した画像



天然

植栽

ImageJ.exe による画像解析後の画像



天然

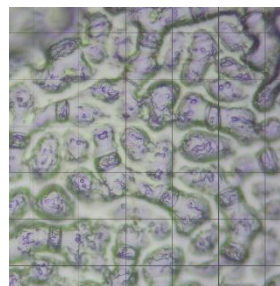


植栽

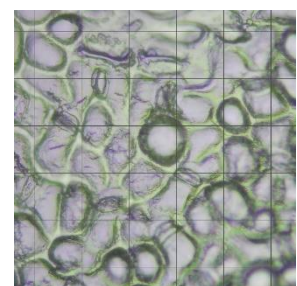
《実験 B》

- ① 実験試料の葉(前年枝 1 本あたり 3 枚)の背軸面にトップコート塗り、乾かす。
- ② セロハンテープをトップコートの塗布部に貼り付け剥がし、テープに付着した孔辺細胞を採取する。
- ③ プレパラートに孔辺細胞の付着したセロハンテープを張り、顕微鏡デジタルシステムで孔辺細胞を含む葉の背軸面の細胞を撮影、観察する。
- ④ ImageJ を用いて③で撮影した画像を解析し、孔辺細胞の面積を測定する。

顕微鏡デジタルシステムで撮影した画像

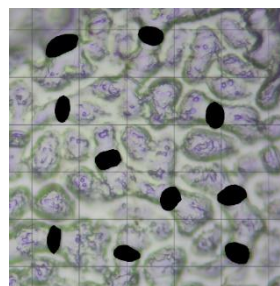


天然

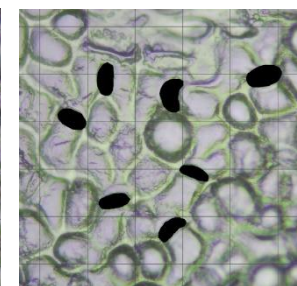


植栽

ImageJ による画像解析後の画像



天然



植栽

《実験 C》

- ① 実験 A で使用した部分よりの葉を採取する。
- ② 複写機を用いて①で採取した葉を撮影する。
- ③ GIMP for Windows と ImageJ を用いて葉面積を測定する。

各実験は天然、植栽の各個体の地上から 2.5m 付

近のシュート(芽鱗痕)を3か所採取し、シュートごとにそれぞれ3か所計測した後平均した。

(4) 結果

《実験A》

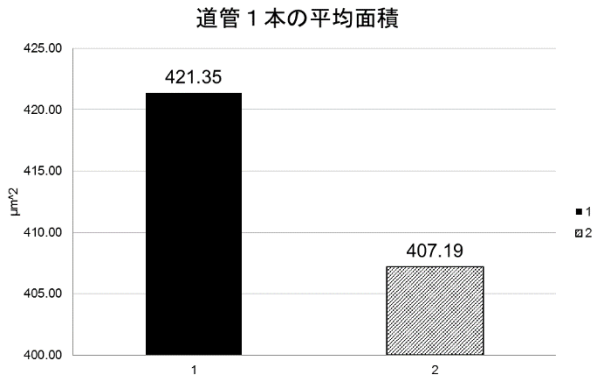


図1

道管1本の平均面積は天然より植栽の方が約14.16 μm²小さい。

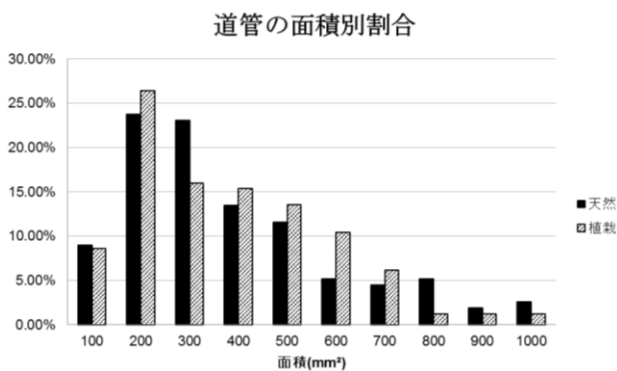


図2

植栽は、天然と比べ800 μm²以上の面積を持つ道管の数の割合が少ない。

《実験B》

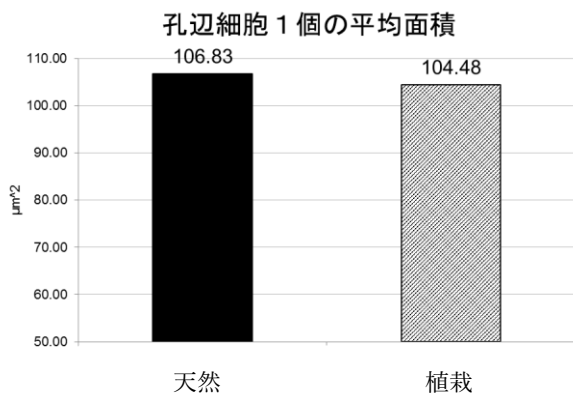


図3

孔辺細胞1個の平均面積は天然と植栽で大きな

変化は見られなかった。

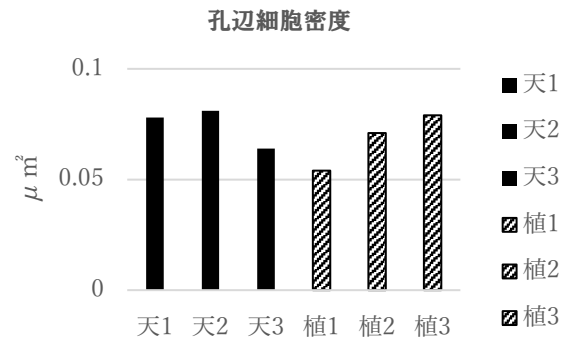


図4

孔辺細胞の密度に大きな変化はない。

《実験C》

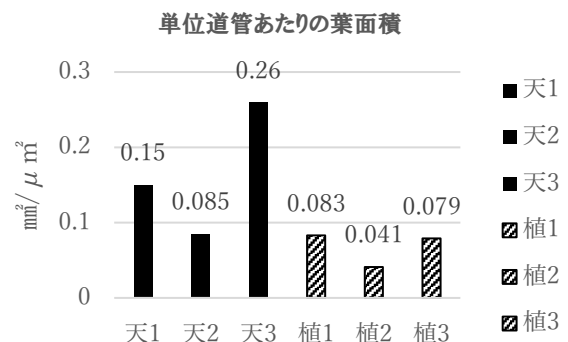


図5

単位道管面積あたりの葉面積は天然より植栽の方が小さい傾向にある。

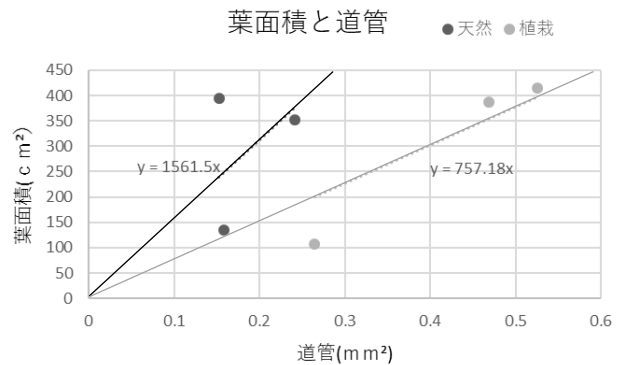


図6

道管の増加量に対しての葉面積の増加量は、天然より植栽の方が小さい。

(5) 考察

①図1より、植栽は道管を小さく変化させた。また、図2より植栽の道管には、天然のものとは比べ面積の800 μm²以上の大きな道管が少ない。よって、植栽は面積の大きな道管を減少させエ

ンボリズムが起こることを回避している。

図3・4より、植栽されたハナノキは、孔辺細胞1個の平均面積や密度をあまり変化させていないことが分かる。

図5より植栽は単位道管面積あたりの葉面積を小さくすることで水の通導を遅らせ、蒸散量を減少させた。それにより、蒸散による張力は弱くなりエンボリズムを起りにくくしている。

図6より、道管の増加量に対する葉面積の増加量は、植栽の方が天然のものよりも小さいことから道管より葉面積を優先的に小さく変化させていることが分かる。

②植栽は、単位道管面積当たりの葉面積や道管1本の平均面積を小さく変化させて体積流量を減少させようとしていると考えられる。そのことから、植栽は水不足が原因で落葉時期が早い可能性が高い。しかし、落葉時期が早い原因には日照度や土壌肥沃度、周辺気温の違い等も考えられる。

4. 実験2

(1) 仮説

水を与えられた植栽（以下ハナノキAとする）は水を与えていない植栽（以下ハナノキEとする）と比べ道管の面積や葉面積を大きく変化させるのではないか。

(2) 実験器具・ソフト・試料

- ・簡易マイクローム(ケニス株式会社)
- ・顕微鏡デジタルシステム
- ・GIMP for Windows(画像処理ソフト)
- ・Surface Go & Surface pen
- ・ImageJ(画像解析ソフト)
- ・実験試料…植栽(恵那高校玄関前)

ハナノキAから前年枝3本

※1日1本3L(降水量3mm分)水を与える。[6週間/雨天を除く]

植栽(グラウンド付近)

ハナノキEから前年枝3本

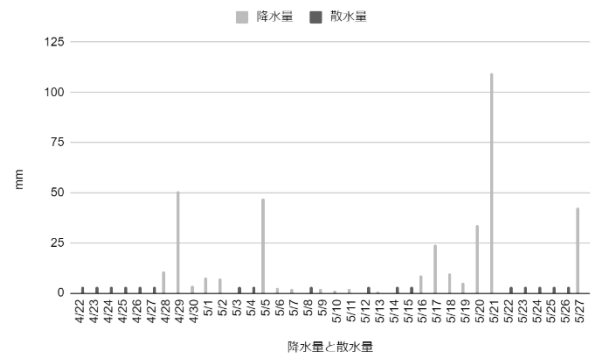


図7

(3) 実験の手順

《実験D》

- ① 1週間毎に、A・Eの枝をそれぞれ3本ずつ採取する。
- ② 実験Aの②-④と同様に道管の面積を測定する。
- ③ 実験Cの①-③と同様に葉面積を測定する。
- ④ 上記を6週間繰り返す。

(4) 結果

A 当年個数

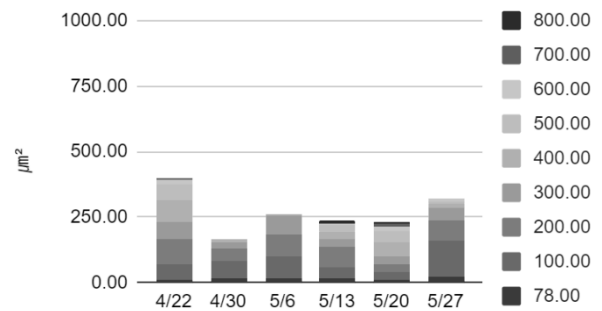


図8

E 当年個数

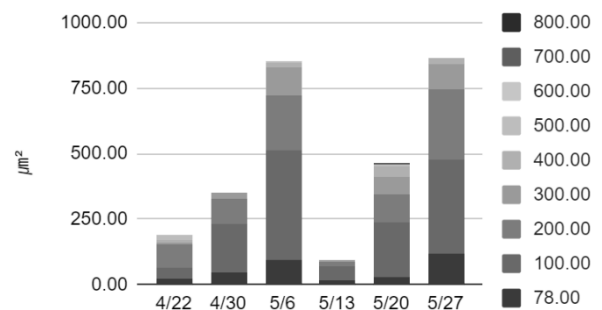


図9

A 当年 個数 割合

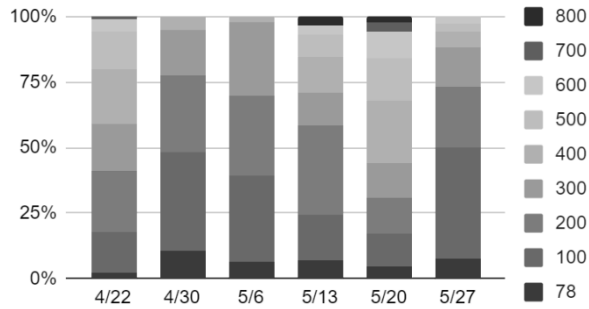


図 10

E 当年 個数 割合

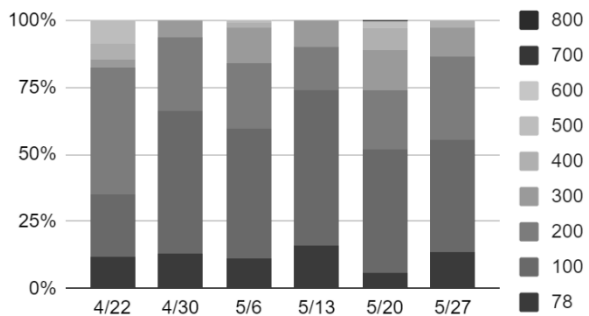


図 11

個数、割合ともに全体を通して規則性がない。
Aの方が当年道管の平均面積が大きい。

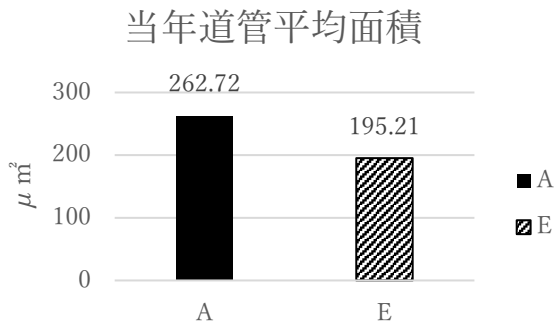


図 12

ハナノキ Aの方が当年道管の平均面積が大きい。

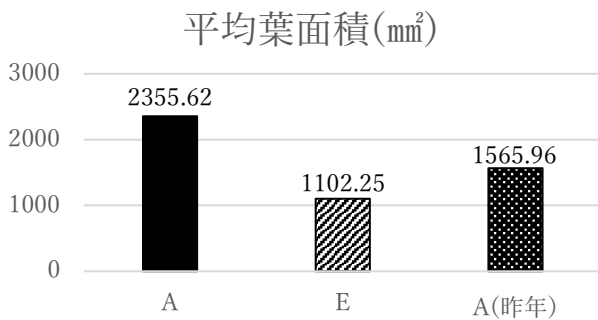


図 13

今年の A の平均葉面積の方が、昨年の A の平均葉面積より大きい。

葉面積/道管(mm²/μm²)

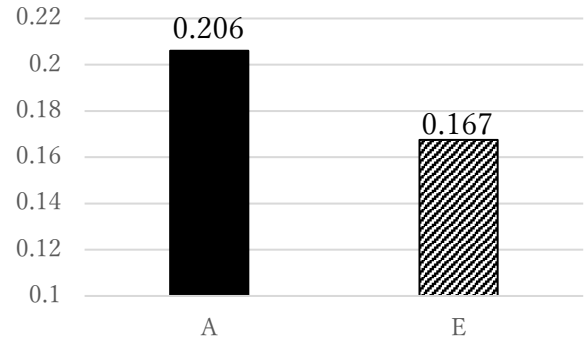


図 14

単位道管あたりの葉面積は E より Aの方が大きい。

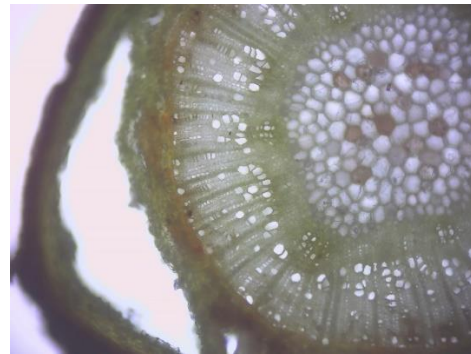


写真 1

葉が展開する前の春先に大きな道管を整備し、成長につれて大きな道管を減少させている。

(5) 考察

図 12 より、当年道管の平均面積はハナノキ Aの方が大きい、図 8~11、より、A・Eともに全体を通して変化に規則性がないことから、ハナノキ A はもともと樹勢が強い可能性がある。また実験を開始した 4 月 22 日以前に道管が完成されていた可能性も考えられる。

図 13 より、平均葉面積は今年の Aの方が昨年の Aより大きいことから、水を与えた植栽は葉面積を大きく変化させていることが分かる。図 14 より、ハナノキ A は葉面積を優先して大きく変化させたと考えられる。よって、ハナノキ A

は土壌の水分環境に適応して、葉面積を大きく変化させた。これは、道管内の体積流量の減少によりエンボリズムが引き起こる可能性が低下することで、蒸散量を増やし、水の循環効率を上げたと考えられる。

写真1より、春先に大きな道管を整備しているため、若葉の広がる4月頃から夏にかけての時期の土壌水分量が異常落葉に関係する。

5. 結論

植栽は植えられた環境に応じて道管の面積や道管面積あたりの葉面積を小さく変化させた。

水を与えた植栽（ハナノキA）は、葉面積を優先的に変化させ単位道管あたりの葉面積を大きくした。また、水不足が原因で落葉時期が早いといえる。

6. 今後の展望

- ・同じ実験試料の当年枝・前年枝・三年枝で各実験を行い、道管と葉面積の実験結果から、年代別の水の吸収量・排出量の変化を調べる。
- ・ハナノキと同じ東海丘陵要素であるシデコブシや、同じカエデ科であるイロハモミジでも同様の実験を行い、ハナノキの環境による変化の特徴を調査する。
- ・同実験を繰り返し、正確性を高める。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの方にご指導、ご協力をいただき心より御礼申し上げます。実験に使用する試料を提供して下さった渡邊和巳さん、恵那高校用務員の藤井敬也さん、担当教員伊藤英紀先生に深謝致します。

8. 参考文献

若い読者に贈る美しい生物学講義 - 感動する生命のはなし更科功 - ダイヤモンド社 2019年

植物生理・組織学的観察のための水揚げ染色法の研究とその教材化 (1)

木材科学講座2 組織と材質 編者 古野毅・澤辺攻 海青社 1994年

2. 木材の組織構造

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsms1963/28/310/28_310_671/_pdf

導管(道管)

<https://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E5%B0%8E%E7%AE%A1%EF%BC%88%E9%81%93%E7%AE%A1%EF%BC%89>