



スギナ栄養茎からの発芽・発根を制御する環境要因の解明

Environmental factors controlling bud outgrowth and rooting from vegetative shoot of *Equisetum arvense*

○*内田智尋¹, 佐久間洋², 加藤大貴² (¹愛媛大・理, ²愛媛大・院・理工)

Chihiro Uchida¹, Yoh Sakuma², Hirotaka Kato² (¹Fac. Sci., Ehime Univ., ²Grad. Sch. Sci. Eng., Ehime Univ.)

要旨

スギナはシダ植物トクサ属の多年生草本で、地上部は孢子茎(ツクシ)と栄養茎に分かれ、それらは地下部の根茎でつながっている。地上部を取り除いても根茎が地中で生き残り、耕作により根茎が分断され、節から新たに発芽・発根することで個体数が増殖する畑地や畦畔の強害雑草である。本研究では、スギナ栄養茎からの発芽・発根を制御する環境要因を探るため、無機塩類・空気・光・水の影響について栄養茎の水耕栽培法を用いて解析した。無機塩類の有無、エアレーションの有無、茎の下部に当たる光の有無、水に

導入

- 地上部は孢子茎(ツクシ)と栄養茎に分かれ、それらは地下部の根茎でつながる(図1)
- 茎の節から発芽・発根が起きる
- 根茎が分断されることで増殖

湛水が根茎からの発芽に及ぼす影響については調べられているが(中谷・野口, 1996)、栄養茎の発芽・発根に及ぼす影響については不明

研究目的: スギナ栄養茎からの発芽・発根を制御する環境要因を明らかにする

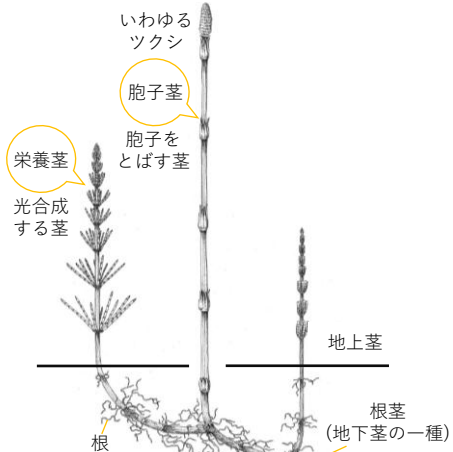


図1. スギナの形態. Tomescu et.al., 2015より改編.

2. エアレーションの影響

実験室で培養したスギナから栄養茎(9.6~13.9 cm)を採取し、下部を蒸留水に浸し、26~28°C、明期16時間・暗期8時間でエアレーションありまたはなしで14日間水耕栽培を行い、節からの発芽と発根を計測した

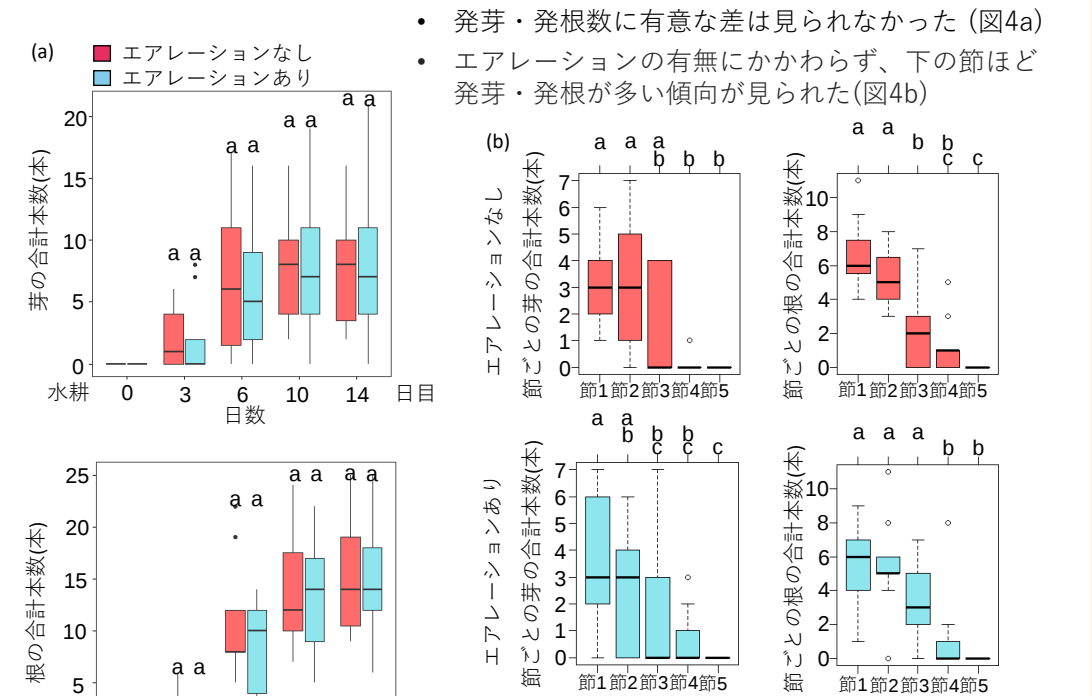


図4 エアレーションありとなしで水耕栽培したときのスギナの様子 (a)エアレーションの有無による栄養茎からの発芽・発根数への影響。上が芽、下が根の合計本数を示している。(b)節の位置による発芽・発根数の違い(水耕14日目)。左が芽、右が根の節ごとの本数を示している。一番下の節を節1とした。異なるアルファベットはTukey-Kramer検定における有意な差(p < 0.05, エアレーションなしn = 13, エアレーションありn = 11)を示す。

4. 節が浸水することによる影響

実験室で培養したスギナから栄養茎(13~20 cm)を採取し、1・2節目を水に浸け、3節目は何も覆っていない、4節目は寒天ブロックまたはワセリンで覆ったものと覆っていないものの3条件で、26~28°C、明期16時間・暗期8時間で13日間水耕栽培を行い、節からの発芽と発根を計測した

- 寒天やワセリンで覆われていない節からでも発芽・発根が確認できた(図6)
- (※図には示していないが、1節目を水に浸け、2節目は何も覆っていない、3節目は寒天ブロックまたはワセリンで覆ったものと覆っていないものの3条件も行った。この実験では、発芽の場合寒天やワセリンで覆われていない節からでも起き、発根の場合ワセリンの覆われていない節からでも起きた)

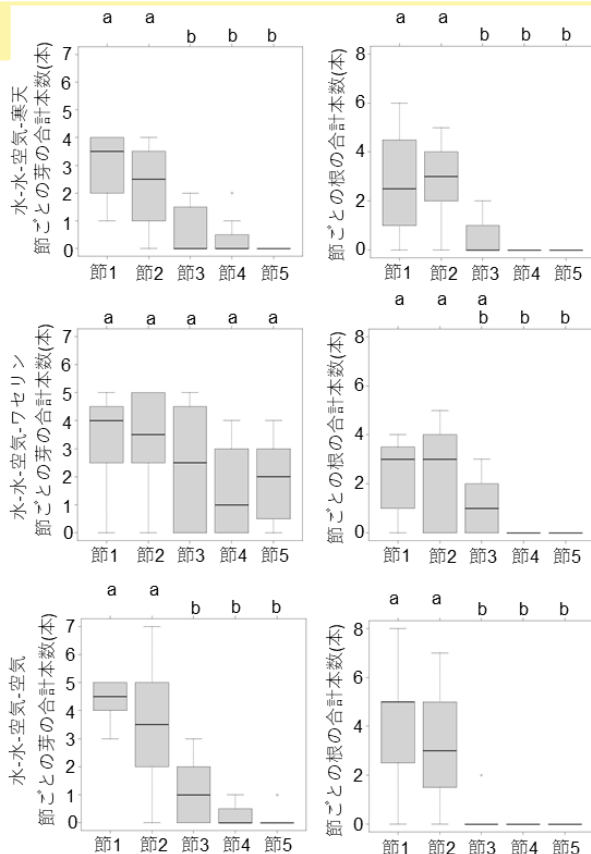


図6 栄養茎の下部のみを水に浸し、上部の節を寒天ブロックまたはワセリンで覆い、何も覆っていない節との比較を行ったときのスギナの様子。1・2節目を水に浸け、3節目は何も覆っていない、4節目は寒天ブロックまたはワセリンで覆ったものと覆っていないものの3条件で実験したときの節の位置による発芽・発根数の違い。図の上部が芽や下部が根の節ごとの本数を示している。一番下の節を節1とした。4節目を寒天ブロックで覆ったものを水-水-空気-寒天、ワセリンで覆ったものを水-水-空気-ワセリン、覆っていないものを水-水-空気-空気とした。水-水-空気-寒天はn = 8, 水-水-空気-ワセリンはn = 8, 水-水-空気-空気のみはn = 8。

浸かる深さを変えて実験を行ったところ、いずれの条件においても新たな芽や根の形成数に顕著な違いは見られなかった。次に最下部の節だけを水に浸し、上部の節を寒天またはワセリンで覆ったところ、覆われていない節からでも発芽・発根が確認できた。これらの結果から栄養茎に十分な水分があれば発芽・発根は誘導され、節が水に浸かっている必要はないことが示唆された。またいずれの条件においても形成される芽や根は下の節ほど数が多かったことから、先端基部軸に沿った発芽・発根を制御するシグナルの勾配があることが示唆された。

1. 無機塩類の影響

野外あるいは実験室で培養したスギナから栄養茎(2.4 cm~22.2 cm)を採取し、下部を蒸留水またはホーグランド溶液に浸し、25°C、恒常明条件で28日間水耕栽培を行い、節からの発芽と発根を観察した(図2)

- 野外サンプルは枯れやすく、枝がない栄養茎が萎れにくかった(図3a, b)
- 蒸留水を用いた培養でも栄養茎から発芽・発根すること、無機塩類による顕著な促進効果はないことが示された(図3b, c)

この結果により、以降の実験では「実験室で育てた栄養茎」の「枝を除き」培養液は「蒸留水」を用いることにした

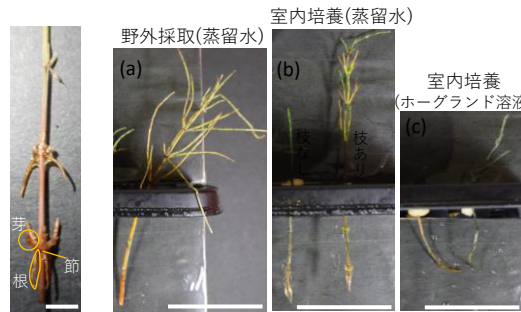


図2 栄養茎から発芽・発根の様子 (a)野外あるいは実験室で培養したスギナから栄養茎(2.4 cm~22.2 cm)を採取し、下部を蒸留水またはホーグランド溶液に浸し、25°C、恒常明条件で28日間水耕栽培を行い、節からの発芽と発根を観察した(図2)

3. 光と水位の影響

実験室で培養したスギナから栄養茎(12.29~19.19 cm)を採取し、下部を蒸留水に浸し、26~28°C、明期16時間・暗期8時間で「茎の下部の光の有無」と「水位5.5 cmまたは9.7 cm」を組み合わせた4条件で14日間水耕栽培を行い、節からの発芽と発根を計測した

- 観察を行った全5回(培養0, 3, 6, 10, 14日目)のうち、培養6日目で芽の数については、水位5.5 cm + 光なしと9.7 cm + 光ありの間でのみ有意な差が認められたが、それ以外の観察日の各条件の間で有意な差は見られなかった(図5a)
- どの4条件においても下の節ほど発芽・発根が多い傾向が見られた(図5b)

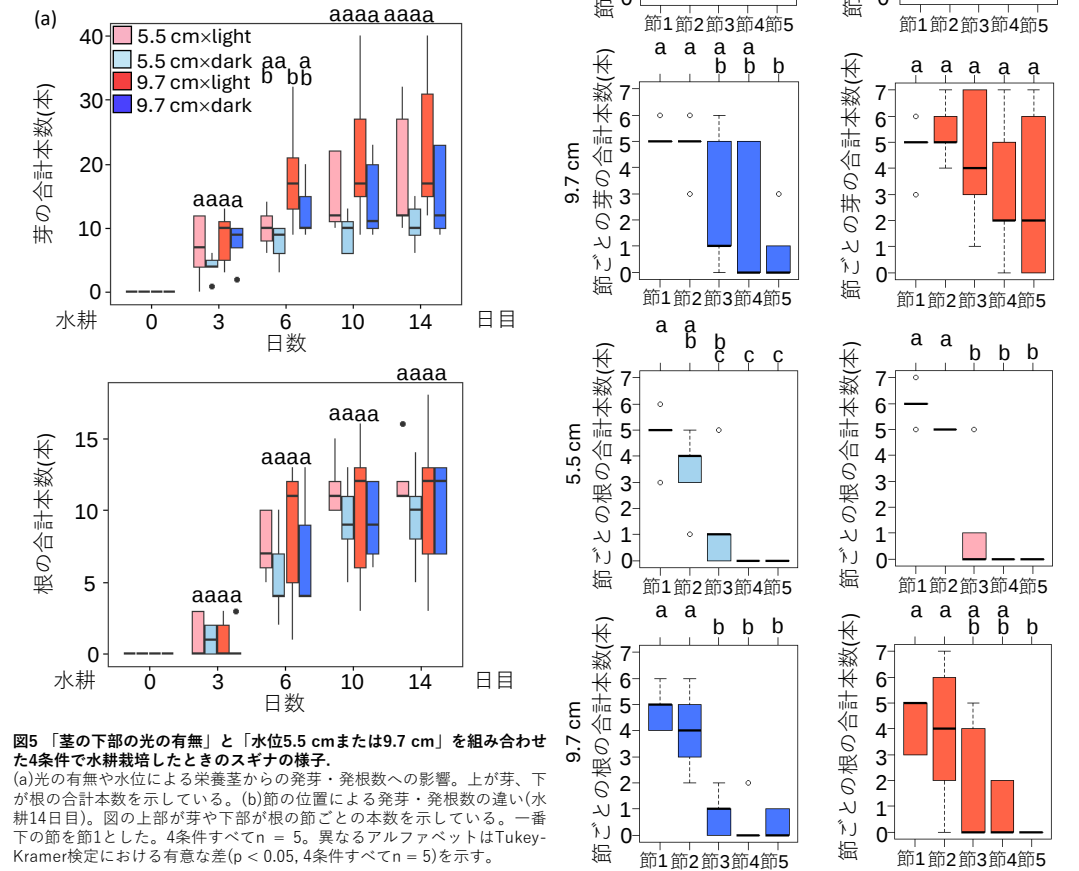


図5 「茎の下部の光の有無」と「水位5.5 cmまたは9.7 cm」を組み合わせた4条件で水耕栽培したときのスギナの様子。(a)光の有無や水位による栄養茎からの発芽・発根数への影響。上が芽、下が根の合計本数を示している。(b)節の位置による発芽・発根数の違い(水耕14日目)。図の上部が芽や下部が根の節ごとの本数を示している。一番下の節を節1とした。4条件すべてn = 5。異なるアルファベットはTukey-Kramer検定における有意な差(p < 0.05, 4条件すべてn = 5)を示す。

まとめ

- 栄養茎からの発芽・発根に無機塩類・エアレーション・光・水位は顕著に影響しない
- 植物全体として水が供給されていれば節の外部が水に触れている必要はない
- スギナ栄養茎からの発芽・発根は茎の下部で多く起きる
↳発芽・発根を制御する何らかの物質の濃度勾配が茎の内部にある可能性
- ヒメツリガネゴケの茎葉体において基部側に偏って分岐が起きる現象に、オーキシンやサイトカイニンが関与(Coudert et al., 2015)
- これらホルモンの生合成・信号伝達のしくみは陸上植物に共通 (Carrillo-Carrasco et al., 2023; Powell et al., 2023)
- シダ植物であるスギナの栄養茎からの発芽・発根にも関与している可能性

文献

Carrillo-Carrasco VP et al. (2023), The birth of a giant: evolutionary insights into the origin of auxin responses in plants, The EMBO Journal 42: e113018.

Coudert Y et al. (2015), Three ancient hormonal cues co-ordinate shoot branching in a moss, eLife 4: e06808.

Powell AE and Heyl A. (2023), The origin and early evolution of cytokinin signaling, Frontiers in Plant Science 14:1142748.

Tomescu AMF et al. (2017), Developmental programmes in the evolution of *Equisetum* reproductive morphology: a hierarchical modularity hypothesis, Annals of Botany 119: 489-505.

中谷敬子・野口勝司(1996), スギナの地下部繁殖器官の形成および死滅に及ぼす各種環境条件の影響, 雑草研究Vol. 41(3), 170-176.